

Evaluation of Indoor Air Pollution in Traditional Bazaars- Case Study in Naqsh-e-Jahan Square of Isfahan in 2018-2019

Arezoo Tavakoli

* Assistant Professor, Department of Nursing,
Faculty of Nursing, Islamic Azad University
Eghlid Branch, Fars, Iran.
Corresponding Author:
Email: a_tavakoli2003@yahoo.com

Received: 2019/10/12

Accepted: 2020/01/15

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Air quality in indoor environments such as shopping places is affected by vehicles, in consequence of vicinity with streets and overcrowding. Despite the effect of air pollutants on community health, less attention has been paid to air pollution in traditional bazaars with natural ventilation. The aim of this study is to evaluate concentration of some air pollutants in three traditional bazaars (Sarai-e-Mokhles, Ghanadiha and Ghahvehkashiha) in Isfahan, placed at the Naqsh-e-Jahan Square.

Materials and methods: The concentration of SO_2 , NO_2 , O_3 , Particulate Matters ($PM_{2.5}$ & PM_{10}) were determined by Aeroqual S500 using a direct assay method. The population of fungi and bacterial were determined by Flite 3 sampling pump (SKC) during a nine-month period from autumn 2018 to spring 2019.

Results: Based on results, the pollutant concentrations were much higher at the end of the weeks. In all stations, O_3 concentration was close to zero but the concentrations of SO_2 , NO_2 , $PM_{2.5}$ and PM_{10} demonstrated higher concentrations than that of the standards. The air quality in Sarai-e-Mokhles and Ghanadiha are more critical than Ghahvehkashiha. The gram-positive Bacillus and Penicillium sp were the most population of bacteria and fungi, respectively.

Conclusion: The lack of a ventilation system, various occupational activities, as well as the traffic of motorcycles increased the concentration of pollutants in the bazaars. Based on the long-term presence of market shopkeepers and high people density, it is necessary to pay more attention to air quality and to provide solutions to reduce air pollutant concentrations.

Keywords: Air pollution, Bazar, Measurement particles, Isfahan, Sulphur dioxide, Nitrogen dioxide

► **Citation:** Tavakoli A. Evaluation of indoor air pollution in traditional bazaars- Case study in Naqsh-e-Jahan square of Isfahan in 2018-2019. *Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2020;5 (4):273-282.

بررسی آلودگی هوا در بازارهای سنتی و سرپوشیده؛ مطالعه موردی میدان نقش جهان اصفهان در سال‌های ۱۳۹۷-۹۸

آرزو توکلی

* استادیار، گروه پرستاری، دانشکده پرستاری، دانشگاه
آزاد اسلامی واحد اقلید، فارس، ایران. (نویسنده مسئول):
پست الکترونیک:

a_tavakoli2003@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا در محیط‌های بسته نظیر مراکز خرید از طریق خودروها، به‌واسطه مجاورت با خیابان‌ها و ازدحام جمعیت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علی‌رغم تأثیر آلاینده‌ها در سلامت جامعه، آلودگی هوا در بازارهای سنتی با تهویه طبیعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی سطح برخی آلاینده‌های هوا در سه بازار سنتی اصفهان (سرای مخلص، قنادی‌ها و قهوه‌کاشی‌ها) واقع در میدان نقش جهان انجام شد.

مواد و روش‌ها: غلظت آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن، ازن و ذرات معلق با استفاده از دستگاه Aeroqual S500 با روش اندازه‌گیری مستقیم اندازه‌گیری شد و جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها با استفاده از پمپ نمونه‌گیری (Flite 3 (SKC) در یک دوره ۹ ماهه از پاییز ۱۳۹۷ تا بهار ۱۳۹۸ تعیین گردید. **یافته‌ها:** بر اساس نتایج، غلظت آلاینده‌ها در روزهای پایانی هفته به مراتب بالاتر است. در تمام ایستگاه‌ها غلظت ازن نزدیک به صفر بود، اما دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ذرات معلق بالاتر از حد استاندارد بود. کیفیت هوا در سرای مخلص و قنادی‌ها بحرانی‌تر از قهوه‌کاشی‌ها بود. بیشترین جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها به‌ترتیب متعلق به خانواده باسیل‌های گرم مثبت و گونه‌های پنی‌سیلیوم بود. **نتیجه‌گیری:** فقدان سیستم تهویه از یک‌سو و تردد موتورسیکلت‌ها همراه با فعالیت‌های شغلی متنوع، سبب افزایش غلظت آلاینده‌ها در بازار سنتی اصفهان شده است. با توجه به حضور طولانی‌مدت مغازه‌داران بازار و تردد مردم در این محیط، توجه به کیفیت هوا و ارائه راهکارهایی برای کاهش غلظت آلاینده‌های هوا ضروری است.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، اصفهان، اندازه‌گیری ذرات، بازار، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن

مقدمه

در سال‌های اخیر رشد جمعیت و توسعه صنعتی سبب افزایش غلظت آلاینده‌های هوا شده است. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، یک هشتم مرگ‌ومیرها ناشی از آلودگی‌های محیطی است که از یک‌سو سلامت افراد جامعه و محیط زیست را تهدید می‌کند و از سوی دیگر کنترل آن ناممکن و یا با هزینه‌های اقتصادی فراوان همراه است. منابع آلاینده هوا به دو گروه ساکن و متحرک تقسیم می‌شوند (۱، ۲). انتشار آلاینده‌های شیمیایی هوا ناشی از فعالیت‌های صنعتی، حمل‌ونقل، کشاورزی، تولید برق و انرژی و انتشار آلاینده‌های بیولوژیکی به دلیل گرده گیاهان و میکروب‌ها است (۳). تأثیر مخرب آلاینده‌های هوا در موجودات زنده با عواملی مانند ویژگی‌های ذاتی، اندازه و غلظت ذرات و زمان تماس آنها مرتبط است. اغلب آلاینده‌ها می‌توانند برای مدت طولانی در هوا معلق باقی بمانند و با ورود به سیستم تنفسی سبب بروز بیماری یا عوارضی نظیر آلرژی در فرد شوند (۴، ۵). افزایش تراکم آلاینده‌ها با علائمی مانند سردرد، خستگی، بی‌حالی، عدم تمرکز، تنگی نفس و خواب‌آلودگی همراه است (۶، ۷). تأثیر عوامل آلاینده در بروز خسارت‌های اقتصادی به ابنیه و ساختمان‌ها نیز قابل توجه است. از این‌رو شناسایی نوع و منشأ ذرات برای کاهش اثرات زیست‌محیطی حائز اهمیت است. ذرات معلق (PM)^۱ در هوا جزء رایج‌ترین عوامل آلاینده محسوب می‌شوند که بر اساس اندازه و سائز ذرات طبقه‌بندی شده و در محیط پایدار باقی می‌مانند. برخی ذرات معلق به شکل ذرات درشت (PM₁₀) و برخی با اندازه کوچک‌تر و ریز (PM_{2.5}) و ذرات معلق بسیار ریز (PM_{0.1}) طبقه‌بندی می‌شوند (۸). در حالی که ذرات بیش از ۱۰ میکرون توسط مژک‌های بینی متوقف می‌شوند، ذرات بین ۲-۱۰ میکرون در بخش‌های فوقانی سیستم تنفسی مانند برونش‌ها، نای و حفرات بینی وارد می‌شوند. ذرات کمتر از ۲ میکرون به نایژه‌ها نیز رسوخ می‌کنند و اگر اندازه آنها کمتر از یک میکرون باشد، با رسوب در کیسه‌های هوایی ظرفیت تنفسی را کاهش می‌دهند. از این‌رو

تماس طولانی با ذرات دو گروه ریزتر در تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی و سرطان ریه مؤثر است. در میان آلاینده‌های مختلف، سهم ذرات معلق در کاهش عمر بیش از سایر آلاینده‌ها است (۹). در مطالعه مختاری و همکاران بیش از ۸٪ از مرگ‌ومیر غیرتصادفی در اصفهان ناشی از ذرات معلق PM_{2.5} بود (۱۰). بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت به ازای هر ۱۰ میکروگرم در متر مکعب^۲ ذرات معلق، به میزان ۱-۳٪ مرگ‌ومیر افزایش می‌یابد. از آلاینده‌های رایج دیگر دی‌اکسید گوگرد (SO₂)^۳، دی اکسید نیتروژن (NO₂)^۴ و ازن (O₃)^۵ را می‌توان نام برد. گاز بی‌رنگ دی‌اکسید گوگرد از سوخت‌های فسیلی به‌ویژه گازوئیل تولید می‌شود. غلظت تا ۲۰ بخش در میلیون^۶ آن سبب سوزش چشم، سرفه و التهاب می‌شود، اما در غلظت ۴۰۰-۵۰۰ بخش در میلیون خطر مرگ وجود دارد. در مجاورت با رطوبت هوا اسید سولفوریک تشکیل می‌شود که تأثیر SO₂ بر سیستم‌های تنفسی و اعصاب را تشدید می‌کند. گاز دی‌اکسید نیتروژن نیز از سوخت‌های فسیلی، اتومبیل‌ها و صنایع منتشر می‌شود و تأثیر مخربی بر بافت‌های ریه و سیستم تنفسی دارد. در غلظت بالای ۱۵ بخش در میلیون بر چشم تأثیر و باعث و التهاب بینی می‌شود (۹). ازن به‌عنوان یک آلاینده ثانویه از اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌های فرار آلی ایجاد می‌شود. غلظت آن در فصول گرم و در طی روز افزایش می‌یابد. تأثیر ازن بر بدن در غلظت بیش از ۶۰ بخش در میلیارد^۷ با عوارض قلبی و انواع بیماری‌های مزمن و حاد تنفسی و آسم همراه است (۱۱). از این‌رو غلظت آلاینده‌ها در محیط‌های بسته حائز اهمیت است. در اماکنی نظیر رستوران‌ها، استفاده از منابع گرمایشی و شیوه‌های مختلف طبخ غذا سبب تولید انواع آلاینده‌ها در محیط‌های بسته می‌شود (۱۲، ۱۳). در مطالعات انجام شده در

2. $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3. Sulfur dioxide

4. Nitrogen dioxide

5. Ozone

6. Part per million (ppm)

7. Part per billion (ppb)

1. Particulate matter

مراکز تهیه غذا در ساری، میزان ذرات معلق $PM_{2.5}$ بیش از ۳ برابر و در آشپزخانه‌های طبخ غذاهای کرده‌ای میزان ذرات تا ۱۸ برابر حد استاندارد در محیط افزایش یافت (۱۴). علاوه بر آلاینده‌های گازی فوق، نقش مواد آلی مانند ترکیبات چند حلقه‌ای آروماتیک و مشتقات آن‌ها، فلزات، فرآورده‌های کربنی و سهم عوامل بیولوژیکی مانند انواع میکروب‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها) قابل توجه است. غلظت، تأثیر و پایداری آنها در محیط تابع عواملی مانند غلظت، دما، اندازه و شرایط محیطی است (۱۵، ۱۶). با توجه به افزایش آلودگی هوا و شرایط اقلیمی ایران، شناسایی عوامل آلاینده و اثرات آن بر سلامت جامعه نیاز به بررسی و مطالعه وسیعی دارد. یکی از مراکز مهم تجمع انسانی، بازارها و مراکز خرید هستند که از دیرباز در مناطق مختلف دایر بوده است. از آنجایی که برخی مراکز تجاری در محیط‌های بسته قرار دارند، تراکم افراد، نوع فعالیت و کیفیت تهویه ساختمان بر نوع و وضعیت آلاینده‌های هوا تأثیر مستقیم خواهد داشت. در بازارهای قدیمی به دلیل فقدان سیستم مناسب تهویه و افزایش تردد در ساعت یا ایام خاص، کنترل میزان آلودگی هوا حائز اهمیت است (۱۷، ۱۸).

معرفی منطقه مورد بررسی

میدان نقش جهان که به نام میدان امام نیز شناخته می‌شود، به عنوان دومین میدان بزرگ جهان، مجموعه‌ای از بناهای تاریخی مانند مسجد شیخ فضل الله و سردر قیصریه است که به عنوان میراث جهانی در یونسکو نیز ثبت شده است. این میدان مستطیل شکل با طول ۵۶۰ متر و عرض ۱۶۰ متر در بخش مرکزی شهر اصفهان واقع شده است. در ضلع شمالی آن سردر قیصریه قرار دارد که به عنوان بازار اصلی دارای یک دروازه اصلی و ۴ در فرعی می‌باشد و تا سردر مسجد اصفهان امتداد دارد که میدان امام را به میدان عتیق متصل می‌سازد و در آن بازارهای فرعی و اصناف متعددی حضور دارند. در این مطالعه ۳ بازار در میدان نقش جهان اصفهان مورد بررسی قرار گرفت که قدمت آنها به دوران صفوی باز می‌گردد و مطابق با معماری آن زمان ساخته شده و سال‌هاست که به عنوان بازار استفاده می‌شوند. اقشاری مانند کسبه بازار هر روز زمان طولانی را

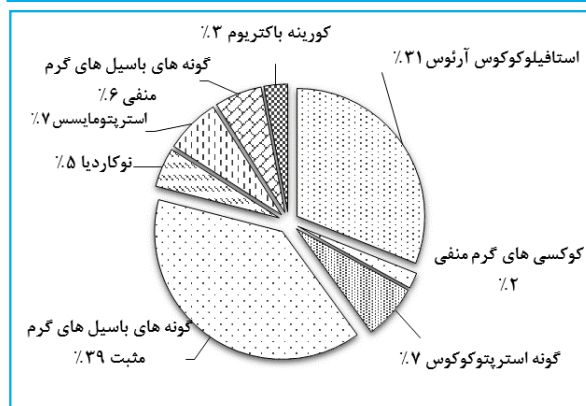
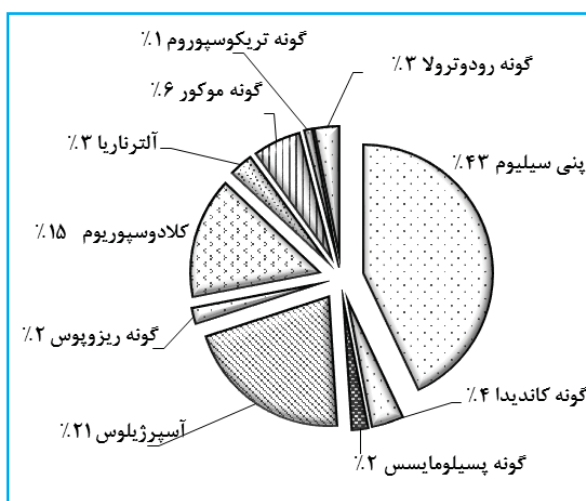
در آنجا سپری می‌کنند، از این رو توجه به کیفیت و وضعیت هوا حائز اهمیت است (۱۹). هم‌چنین با توجه به قدمت بنا، تنوع، طول بازارها و عدم تغییر در ساختار بازارها، ارزیابی آلاینده‌های هوا در آن‌ها حائز اهمیت است. تهویه بازارها به صورت طبیعی است و به دلیل تعدد و تنوع مغازه‌ها و حضور مردم، کیفیت هوا از جنبه بیولوژیکی و شیمیایی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. از طرفی حفظ این بنای سنتی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی میزان سطح برخی آلاینده‌های هوا در سه بازار سنتی اصفهان (سرای مخلص، قنادی‌ها و قهوه کاشی‌ها) واقع در میدان نقش جهان انجام شد.

روش کار

در این مطالعه کیفیت آلاینده‌های هوا در یک دوره ۹ ماهه (پاییز و زمستان ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸) در بازارهای سرپوشیده (بازار قنادی‌ها، بازار مخلص و بازار قهوه کاشی‌ها) واقع در میدان نقش جهان بررسی گردید. در ارزیابی شیمیایی غلظت گازهای SO_2 ، NO_2 و O_3 و میزان ذرات معلق (PM) اندازه‌گیری شد. میزان ذرات معلق با PM_{10} و $PM_{2.5}$ و غلظت گازهای دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ازن با دستگاه (New Zealand) Aeroqual S500 اندازه‌گیری شد. ارزیابی بیولوژیکی آلاینده‌ها بر اساس تعیین تعداد و نوع باکتری‌ها و قارچ‌های جدا شده از هوا بود. جمع‌آوری نمونه‌های هوا برای تعیین آلاینده‌های بیولوژیک در ساعات رایج کار بازار با استفاده از پمپ نمونه‌گیری (Flite 3 (SKC) (USA) و بر اساس استاندارد نایوش^۱ ۰۸۰۰ و دستورالعمل دستگاه تعیین گردید (۲۰، ۲۱). دستگاه با دبی ۱۴/۱ لیتر در دقیقه تنظیم شده و نمونه‌گیری مستقیم برای مدت ۵ دقیقه در ارتفاع ۱/۵ متری ادامه داشت (۲۲). برای تعیین آلاینده‌های قارچی، محیط سابرود دکستروز آگار حاوی کلرام فنیکل و برای عوامل باکتریایی از محیط نوترینت آگار حاوی آنتی‌بیوتیک سیکلوهاگزامید استفاده شد و نمونه‌ها پس از نمونه‌گیری سریعاً به آزمایشگاه منتقل گردید. محیط‌های

جدول ۱. تعداد کلنی‌ها در فصول مختلف در سه بازار میدان نقش جهان و فضای باز

زمان	تعداد کلنی در فضای باز	تعداد کلنی در بازار قنادی‌ها	تعداد کلنی در بازار مخلص	تعداد کلنی در بازار قهوه‌کاشی‌ها
بهار	۱۹۸	۴۲۱	۳۵۴	۲۷۲
تابستان	۲۳۴	۵۹۰	۴۵۴	۴۲۵
پاییز	۲۷۲	۶۴۵	۲۷۸	۴۰۵
زمستان	۱۶۵	۳۶۰	۶۸۴	۵۸۹



نمودار ۱. توزیع درصد فراوانی قارچ‌ها و باکتری‌های جدا شده

از نظر تعداد باکتری‌های و قارچ‌های جدا شده، بازار قنادی‌ها در مرتبه نخست و سپس بازار مخلص قرار داشت. در میان غلظت‌های اندازه‌گیری شده گازها، NO_2 و SO_2 بازار قنادی‌ها بیشتر از سایر موارد بود. غلظت NO_2 در فضای باز خارج از بازار (بخش ۰/۱۰۷ در میلیون و در بخش میانی بازار (مجاور حوض

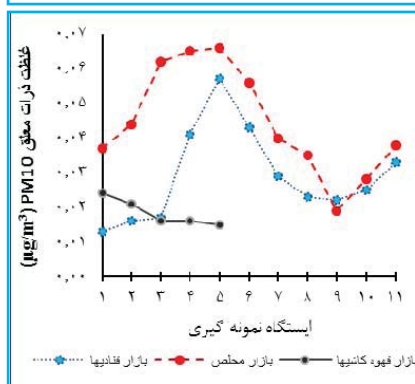
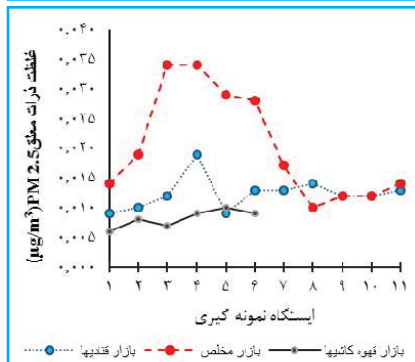
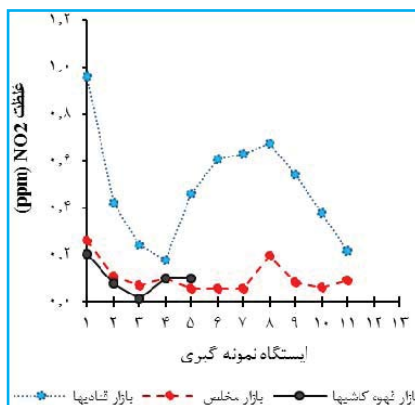
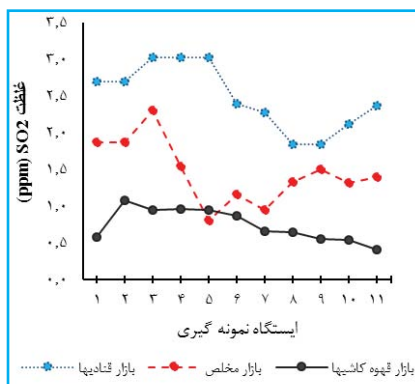
نوترینت آگار در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شده و نمونه‌های قارچی حداقل به مدت ۵ روز در دمای اتاق نگهداری شد. بررسی روزانه و مکرر از پلیت‌ها انجام و نتایج ثبت گردید. در نهایت تعداد کلنی‌ها تعیین و شناسایی آنها بر اساس ویژگی‌های مرفولوژیکی، خصوصیات بیوشیمیایی و رنگ‌آمیزی موارد جدا شده انجام گردید (۲۳). نمونه‌گیری در تمام موارد به صورت دوتایی انجام گردید. سپس نتایج نمونه‌گیری بیولوژیک و غیربیولوژیک، با میزان آلاینده‌های فضای باز در اطراف بازار مقایسه شد. تعداد کلنی‌های میکروبی (CFU) در هر متر مکعب از فرمول ذیل محاسبه شد (۵).

$$\text{تعداد میکروب‌ها} = \frac{\text{تعداد کلونی‌ها} \times 10^3}{\text{میزان جریان هوا} \times \text{زمان نمونه‌گیری (دقیقه)}}$$

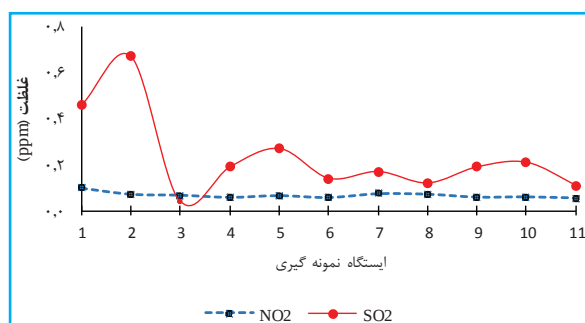
یافته‌ها

این پژوهش به بررسی وضعیت آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی هوا در بازارهای سنتی در میدان نقش جهان اصفهان پرداخته است. در جدول ۱ میانگین تعداد میکروب‌ها در هر متر مکعب (cfu/m^3) نشان داده شده است. بر اساس نتایج، تعداد جمعیت میکروارگانیسم‌ها در فضای بیرون کمتر از بازارهای سرپوشیده مورد بررسی بود. در نمودار ۱ فراوانی انتشار میکروارگانیسم‌های جدا شده نشان داده شده است. در بررسی نمونه‌ها، اغلب بیوآئروس‌های جدا شده جزء باکتری‌ها بودند. در میان باکتری‌های جدا شده، میکروکوکوس‌ها به ویژه استافیلوکوکوس آئروس و اپیدرمیدیس و انواع باسیل‌های گرم مثبت، بیشترین فراوانی را داشتند. بیش از ۸۰٪ موارد متعلق به خانواده باسیل‌ها و کوکوس‌های گرم مثبت بودند. در میان باکتری‌های گرم منفی، جنس‌های مختلف مانند اشیریشیاکلی و سراشیا بیشتر از سایر موارد مشاهده گردید. در میان قارچ‌ها و مخمرهای جدا شده، فراوانی پنی‌سیلیوم و گونه‌های آسپرژیلوس بیش از سایر موارد بود.

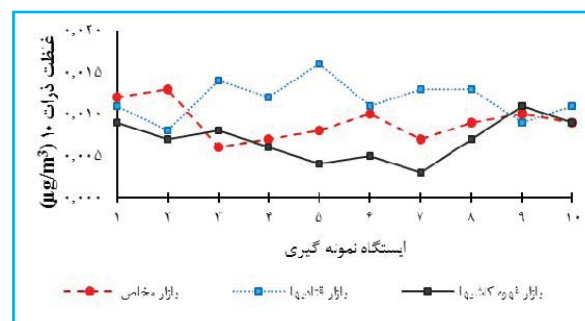
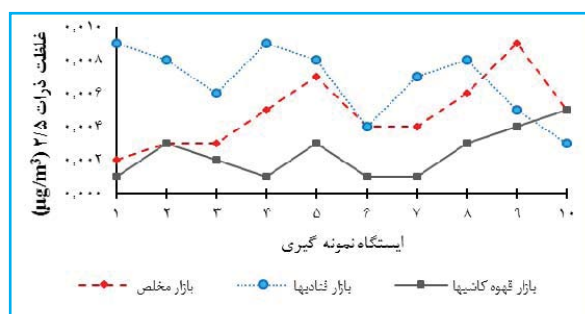
۰/۲۷۶ بخش در میلیون بود و میزان SO_2 در محیط باز ۰/۴۷ بخش در میلیون بود (نمودار ۲). غلظت ازن در هر سه بازار در حدود صفر در داخل و بیرون بازار بود. در بررسی تعداد ذرات معلق، غلظت ذرات ۲/۵ و ۱۰ در بازار مخلص به میزان قابل توجهی بیشتر از دو بازار دیگر بود (نمودار ۳). غلظت آلاینده‌ها و ذرات معلق در روزهای انتهایی هفته و تعطیلات که تردد جمعیت در بازار بیشتر بود، افزایش داشت (نمودار ۴).



نمودار ۴. بررسی غلظت آلاینده‌های مختلف



نمودار ۲. غلظت آلاینده‌های SO_2 و NO_2 در بازار قنادی‌ها



نمودار ۳. میانگین غلظت ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ در سه بازار مورد بررسی

بیوآئروسل‌ها، جزء آلاینده‌های بیولوژیک هستند که میزان آنها با توجه به شرایط محیطی تغییر می‌کند. میکروارگانیسم‌ها مقاومت متفاوتی را در برابر شرایط اقلیمی نشان می‌دهند. خشکی، دما، نور خورشید و ... می‌تواند بر جمعیت و فعالیت آنها مؤثر باشد. در بسیاری از موارد، هوا به عنوان یک عامل انتقال گر، سبب جابجایی ذرات می‌شود (۲۴). تعداد میکروب‌ها در نمونه‌های مورد بررسی در دو بازار قنادی‌ها و مخلص بیش از بازار قهوه کاشی‌ها بود که ناشی از تردد بیشتر و تراکم جمعیت می‌باشد، در حالی که بازار قهوه کاشی‌ها یک بازار فرعی است که به دلیل حضور عمده فروشی‌های خیاطی و خرازی، تردد کمتری در آن وجود دارد. در مقایسه نتایج جمعیت باکتری‌های جدا شده از هوا در این بررسی و تحقیقات دیگر مشخص گردید که فراوانی باکتری‌های گرم مثبت به شکل معناداری بیشتر از باکتری‌های گرم منفی است. باکتری‌های گرم مثبت در برابر شرایط سخت در هوا، مقاوم‌تر هستند. دیواره ضخیم‌تر پپتیدوگلیکان و حضور اسپور در برخی جنس‌ها نظیر باسیلوس‌ها، شانس بقای بیشتری را نسبت به باکتری‌های گرم منفی برای پایداری در هوا فراهم می‌سازد (۲۵، ۲۶). از آنجایی که رطوبت هوای اصفهان به‌ویژه در زمستان و تابستان کاهش می‌یابد، جمعیت مخمرها و قارچ‌ها نیز افزایش می‌یابد. با افزایش جمعیت آلاینده‌های بیولوژیک، تأثیر فرآورده‌ها و محصولات جانبی آنها نظیر مایکوتوکسین‌ها، ارگسترول و سایر سموم بیولوژیک تشدید می‌شود (۲۷). علی‌رغم اینکه حشرات، ویروس‌ها و مایت‌ها نیز جزء آلاینده‌های بیولوژیک هستند، اما در این تحقیق حضور آنها بررسی نشد. قدمت بازارها، فرسایش مصالح ساختمانی و تأثیر شرایط خشک اقلیمی، حضور ذرات معلق و برخی باکتری‌ها در هوا را توجیه می‌کند. از این رو، جداسازی جنس‌هایی مانند نوکاردیا و استرپتومایسیس از گردوغبار به‌ویژه در فضاهای قدیمی بازار قابل توجیه است (۲۵). عواملی نظیر رطوبت و دما در میزان حضور و نوع بیوآئروسل‌ها مؤثر می‌باشند. جمعیت میکروارگانیسم‌های جدا شده در تابستان نسبت به سایر فصول بیشتر بود که این امر نه تنها

با فاکتورهای محیطی، بلکه با تراکم جمعیتی و زمان نمونه‌گیری در بازار ارتباط مستقیمی دارد. با توجه به فضای محدود و دور بودن از محل تردد ماشین‌ها انتظار می‌رفت که غلظت آلاینده‌های NO_2 و SO_2 پایین‌تر از محیط و خیابان‌های اطراف باشد، اما این امر در تمام موارد صادق نبود. در بازار مخلص به دلیل ارتباط با راه‌های فرعی، تردد موتورسیکلت‌ها وجود دارد، در حالی که در بازار قنادی‌ها که از یک سو به محیط باز ارتباط دارد، غلظت دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد بیشتر از سایر بخش‌های بازار و حتی محیط باز اطراف بود. وضعیت تهویه طبیعی در بازارها نیز بر میزان آلاینده‌ها تأثیر داشت. به واسطه برخی حفرات در سقف بازارها یا مدخل‌های فرعی درون بازار، کیفیت میکروبی و آلاینده‌های شیمیایی تغییر می‌کرد. میزان آلاینده‌ها در روزهای انتهای هفته و تعطیلات بیش از روزهای عادی بود. نتیجه مشابهی در بررسی مراکز خرید در چین و هنگ کنگ و بازارهای سرپوشیده و سنتی زنجان گزارش شده است (۲۸، ۲۹). از نظر زمان‌بندی، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و ذرات معلق در بعد از ظهر بیشتر از صبح بود. مقایسه نمودار ۱ و ۳ تفاوت قابل توجه و افزایش غلظت آلاینده‌ها در انتهای هفته را تأیید می‌کند. ایستگاه و محل نمونه‌گیری در کیفیت آلودگی هوا و نوع آلاینده‌ها مؤثر بود. از آنجا که بازارهای نقش جهان سرپوشیده هستند، با نزدیک‌تر شدن به فضای باز و محوطه بیرونی، از شدت آلودگی ذرات معلق کاسته شد (۲۹)، اما در بررسی مراکز خرید در چین نتیجه متفاوتی ارائه شد که تفاوت آن بر اساس نوع بنا و شیوه تهویه قابل توجیه است (۳۰). البته این امر تابع فاکتورهای دیگر مانند نوع آلاینده، نوع و فعالیت مغازه‌ها و تراکم جمعیت و سطح ایمنی افراد است (۳۱). در بخش ابتدایی بازار قنادی‌ها که به فضای بیرون و هوای آزاد نزدیک‌تر است، تراکم جمعیت انسانی زیاد و مغازه‌های عطاری قرار دارند که با توجه به نحوه چیدمان سنتی ادویه‌ها و سبزیجات خشک در فضای بیرون مغازه‌ها، شدت ذرات معلق و آئروسل‌ها را توجیه می‌کند. در بازار قهوه کاشی‌ها، غالباً عمده‌فروشی‌های قدیمی لوازم

خیاطی قرار دارند و از یک سو به دلیل نوع فعالیت بازار و از سوی دیگر به دلیل موقعیت جانبی و دورتر این بخش نسبت به ورودی و مدخل بازارها، تراکم جمعیتی کمتر است. در بازار مخلص که حد فاصل بین دو بازار فوق است، تراکم جمعیت کمتر از بازار قنادی‌ها است. اصناف مختلفی نظیر مغازه‌های پوشاک در این بخش قرار دارند. به دلیل فاصله با فضای بیرون، تراکم ذرات معلق بیشتر از محیط بیرون است. هم‌چنین گاه از موتورسیکلت برای جابجایی بار در این بخش استفاده می‌شود. شدت و میزان آلودگی در ماه‌های مختلف سال متفاوت بود، زیرا در فصول سرد استفاده از برخی وسایل گرمایشی و یا سوزاندن چوب و ذغال باعث افزایش غلظت آلاینده‌ها در محیط بسته بازار می‌شود (۱۲). در برخی ایام مانند روزهای انتهایی اسفند و سایر اعیاد، تراکم جمعیت در بازار قابل توجه بوده که با افزایش چشمگیر غلظت ذرات معلق در بازار همراه بوده است. در مطالعه شانگ و همکاران که در فصول تابستان در چند بازار در چین انجام شد، تراکم جمعیت ارتباط مستقیمی با غلظت دی‌اکسیدکربن داشت (۱۶). البته در بررسی بازارهای میدان امام، غلظت دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری نشده است. بر اساس مطالعات گوناگون، نوع فعالیت انسانی و مغازه‌ها تأثیر بسزایی در نوع و میزان آلاینده‌های هوا دارد. آلودگی ناشی از غذایی فروشی‌ها، فروشگاه‌های مواد شیمیایی، نجاری و فروشگاه‌های لوازم آرایشی سهم مهمی دارند (۱۶، ۳۳). در بازارهای نقش جهان، حضور مغازه‌های قدیمی و سنتی که برخی عطاری و برخی برای فروش پوشاک هستند، الگوی آلودگی متفاوتی را نسبت به مطالعات دیگر فراهم می‌سازد. از آنجایی که برای حفاظت میدان نقش جهان، ورود و تردد ماشین متوقف شده و به دلیل فضای سبز در وسط میدان، آلودگی محیط بیرون بازار کاهش یافته، در حالی که تراکم ذرات معلق و برخی آلاینده‌ها در بازارها بیش از فضای باز است. در اغلب مطالعات نتیجه متفاوتی بین محیط باز و سربسته درون بازار مشاهده می‌شود (۱۶). در بررسی نسبت و منشأ آلودگی، نسبت آلودگی محیط داخل به فضای بیرون (I/O) اگر بیش از

یک باشد بیانگر آن است که منشأ آلودگی محیط بسته است و در صورتی که نسبت کمتر از یک باشد، منشأ آلودگی محیط بیرون است (۳۳). در مطالعه کلینمال و همکاران میزان I/O بیش از یک بود و نتیجه مشابهی در ارزیابی غلظت ذرات معلق در بازارهای میدان امام، مشاهده شد که نشان داد منشأ آلودگی ذرات، محیط درون بازارها است، در حالی که در بررسی پایوس و چای در بازار مالزی، این میزان اندکی کمتر از یک گزارش شد (۳۴).

نتیجه‌گیری

برای تعیین آلودگی هوا در بازارهای سرپوشیده نظیر بازارهای میدان نقش جهان استاندارد مشخصی وجود ندارد، اما با توجه به کیفیت هوا در سه بازار مورد بررسی، آلودگی SO_2 و NO_2 در بازار قنادی‌ها بیشتر از سایر بازارها بود، در حالی که میزان ذرات معلق در بازار مخلص بیش از سایر بازارها بود. با توجه به غلظت آلاینده‌ها، تعیین و اجرای راهکارهایی برای کاهش میزان آلاینده‌ها لازم است. تعدد مغازه‌های ادویه فروشی و تراکم بالای جمعیت در ابتدای بازار، مهم‌ترین دلیل حضور آلاینده‌ها در این بخش است. به دلیل ساختار تاریخی بازارها، امکان تغییر و بازسازی بنا وجود ندارد، بنابراین تغییر کاربری برخی مغازه‌ها همراه با حفاظت از این بنای تاریخی می‌تواند از شدت آلاینده‌های هوا بکاهد. از سوی دیگر ممانعت از ورود و تردد موتورسیکلت‌هایی که از ورودی‌های فرعی بازار وارد می‌شوند، توصیه می‌شود. بهسازی و کف‌سازی معابر و ترمیم دیوارها، سقف و بخش‌های آسیب دیده حائز اهمیت است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. هم‌چنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمام افرادی که ما را در تأمین تجهیزات و انجام نمونه‌برداری‌ها یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Sujith B, Sehgal M. Characteristics of the ozone pollution and its health effects in india. *International Journal of Medicine and Public Health*. 2017;7(1): 56-60.
2. Harbizadeh A, Goudarzi G, Salehshoshtari f. Investigation of microbial quantity of indoor and outdoor air of selected daycare centers in different districts and seasons of Ahvaz. *New Cellularand Molecular Biotechnology Journal*. 2018;8(29):78-96.[In persian]
3. Organization WH. Air quality guidelines for Europe. 2000.
4. Triadó-Margarit X, Veillette M, Duchaine C, Talbot M, Amato F, Minguillón MC, et al. Bioaerosols in the Barcelona subway system. *Indoor air*. 2017;27(3):564-575.
5. Luksamijarulkul P, Pipitsangjan S. Microbial air quality and bacterial surface contamination in ambulances during patient services. *Oman Medical urnal*. 2015;30(2):104-110.
6. Ghorani-Azam A, Riahi-Zanjani B, Balali-Mood M. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*. 2016;21.
7. Spuru P, Simona PL. A review on interactions between energy performance of the buildings, outdoor air pollution and the indoor air quality. *Energy Procedia*. 2017;128:179-86.
8. Mukherjee A, Agrawal M. World air particulate matter: sources, distribution and health effects. *Environmental Chemistry Letters*. 2017;15(2):283-309.
9. Rahila R, Siddiqui M. Review on effects of particulates; sulfur dioxide and nitrogen dioxide on human health. *International Research Journal of Environmental Sciences*. 2014;3(4):70-3.
10. Mokhtari M, Jafari N, Hajizadeh Y, Mohammadi A, Miri M, Abdollahnejad A. Estimation of health effects of PM 2. 5 exposure using Air Q model in Isfahan during 2013. *Health and Development Journal*. 2017;6(1):74-84.
11. Brown JS. Acute effects of exposure to ozone in humans: how low can levels be and still produce effects? : *American Thoracic Society*; 2009;180(3):200-202.
12. Hajian M, Mohaghegh S. Indoor air pollution in exercise centers. *International Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine*. 2015;5(1):22-31.
13. Lee SC, Li WM, Chan LY. Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong. *Science of the Total Environment*. 2001;12;279(1-3):181-193.
14. Javadi I, Yazdani Charati J, Mohammadyan M. Evaluation of cooking emitted particulate matter concentration and workers cancer risk assessment in the sari fast-food shops. *Health and Safety at Work*. 2019; 15;9(2):121-32. [In persian]
15. Kalisa E, Archer S, Nagato E, Bizuru E, Lee K, Tang N, et al. Chemical and biological components of urban Aerosols in Africa: current status and knowledge gaps. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(6):941.
16. Shang Y, Li B, Baldwin A, Ding Y, Yu W, Cheng L. Investigation of indoor air quality in shopping malls during summer in Western China using subjective survey and field measurement. *Building and Environment*. 2016;108:1-
17. Sahraei J, Sohrabi Pirdosti P. Indoor air quality assessment in a multistorey Car Park. *Journal of Environmental Sciences studies*. 2019;4(2):1389-1400. [In persian]
18. Tavakoli A. Evaluation of particulate matter (PM) and noise levels in underground terminals-Majlesi terminal of Isfahan. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2018; 15;11(1):137-148 [In persian].
19. Sobouti H, Alavi P. Comparative study of sustainability Iranian bazaar in traditional cities; case study: Zanjan and Tabriz. *Journal of Civil Engineering and*. 2015;5(6):242-248.
20. Ashley K, O'Connor PF. NIOSH manual of analytical methods (NMAM). 5th edition 2017;39-48.
21. NIOSH. Method 0800 Bioaerosol sampling (indoor air). In: Schlecht PC, O'Connor PF, eds. *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 4th edition. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2003-154, <http://www.cdc.gov/niosh/nmam>.
22. Valedeyni Asl, Hazrati S, Arzanlo M, Fazlzadeh M. Assessment of bacterial bio-aerosols types and its concentration in the ambient air of educational hospitals of Ardabil University of Medical Sciences in 2016. *Journal of Health and Safety at Work*. 20; 1;8(1):15-28. [In persian]
23. Kashi G. Investigation of the bio-aerosols concentration from high schools indoor air in Islamshahr county in 1392-1393.
24. Jafari AJ, Rostami R, Ghainy G. Advance in bioaerosol removal technologies; A Review. *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*. 2018;5(2):1007-16.
25. Khodarahmi F. Study of type and density of bacteria from Ahvaz air in normal and dusty conditions during different seasons. *Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2015;23(3):143-152.
26. Abdollahi A, Mahmoudzadeh S. Microbial profile of air contamination in hospital wards. *Iranian Journal of*

- Pathology. 2012;7(3):177-82.
- 27.Khan AH, Karuppayil SM. Fungal pollution of indoor environments and its management. Saudi Journal of Biological Sciences. 2012;19(4):405-26.
 - 28.Li W-M, SC, Chan LY. Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong. Science of the Total Environment. 2001;273(1-3):27-40.
 - 29.Tavakoli A. Distribution of fungal contamination in indoor bazaar-Zanjan, 19th International Congress of Microbiology of Iran.
 - 30.Hu J, Li N. Variation of pm 2. 5 concentrations in shopping malls in autumn, Changsha. Procedia Engineering. 2015;121:692-8.
 31. Prescott SL. Early-life environmental determinants of allergic diseases and the wider pandemic of inflammatory noncommunicable diseases. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2013;131(1):23-30.
 - 32.yazadan Dad H, Mojreian Sharghi F. Pollution of residential and office environments in urban areas and its refining. First National Conference on Sustainable Urban Development. 2011. [In persian]
 - 33.Klinmalee A, Srimongkol K, Oanh NTK. Indoor air pollution levels in public buildings in Thailand and exposure assessment. Environmental Monitoring and Assessment. 2009;156(1-4):581.
 - 34.Payus C, Chai C. Indoor air quality at shopping malls in Kota Kinabalu, Sabah (particulate matter and ozone). Annals of Tropical Medicine and Public Health. 2017;10(1):31.