دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست- پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال بیستم، شماره ۱، صفحه ۳۰– ۱۸ (فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۶)

Iran South Med J 2017; 20(1): 18-30

بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در ذرات $PM_{2.5}$ در هوای آزاد منطقه دوازده شهر تهران

حسین ارفعی‌نیا [۱و۲]، سید عنایت هاشمی [۱]، رامین نبی‌زاده [۲]، علی‌اصغر اعلم‌الهدی [۳]، مجید کرمانی [۲*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
[۳] انستیتو آب و انرژی دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۱۸- پذیرش مقاله: ۹۵/۲/۲۱)

چکیده

زمینه: در چند دهه اخیر کیفیت هوای شهرها به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها تبدیل شده است، بخصوص شواهد و دلایل مستحکمی دال بر اثرات بهداشتی ذرات معلق بر جوامع شهری وجود دارد. علاوه بر غلظت ذرات معلق، بخش یونی ذرات معلق نیز از اهمیت خاصی برخوردار است، به‌طوری که برخی از مطالعات یون‌هایی مثل سولفات را عامل افزایش بیماری‌های تنفسی می‌دانند. لذا هدف این مطالعه، بررسی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و اجزای یونی آنها شامل آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی در منطقه ۱۲ شهر تهران، بهار ۱۳۹۲ می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی- مقطعی در هوای محدوده منطقه دوازده تهران انجام گرفت. غلظت $PM_{2.5}$ با نمونه‌برداری توسط frmOMNI^{TM}Ambient Air Sampler با فیلتر PTFE با قطر ۴۷ میلی‌متر و از طریق وزن‌سنجی محاسبه گردید. غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های مرتبط با ذرات $PM_{2.5}$ پس از آماده‌سازی نمونه‌های جمع‌آوری شده و از طریق تزریق به دستگاه یون کروماتوگرافی (IC) مدل متروهم (Metrohm) ۸۵۰ قرائت گردید. ماتریکس همبستگی بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزارهای Excel، SPSS ویرایش ۱۸ و آزمون آماری One-Way ANOVA انجام شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت روزانه ذرات $PM_{2.5}$ در طول مطالعه ۴۱/۱۹ میکروگرم برمترمکعب بود. آزمون One-Way ANOVA غلظت $PM_{2.5}$ در روزهای مختلف هفته اختلاف معنی‌داری را در سطح ۰/۰۵ نشان داد. مقادیر غلظت برای سدیم، پتاسیم، آمونیوم، کلسیم، منیزیم، سولفات، نیترات، کلرور به ترتیب برابر ۰/۲۸، ۰/۰۶، ۰/۴۹، ۰/۸۷، ۰/۶۳، ۳/۵۶، ۱/۴۳ و ۰/۷۱ میکروگرم بر متر مکعب به‌دست آمد و برای فلوئور و نیتریت نیز مقداری تشخیص داده نشد. تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها محاسبه شد و ضریب همبستگی (R^2) بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها ۰/۹۷۲ بدست آمد.

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ بالاتر از استانداردهای هوای ایران و WHO (۲۵ میکروگرم بر مترمکعب) و EPA (۳۵ میکروگرم بر مترمکعب) بود. در مطالعه ای نیز آزمون One-Way ANOVA بین غلظت ذرات در روزهای مختلف هفته نتایج مشابهی را نشان داد. سولفات و نیترات و بعد از آن کلسیم بیشترین غلظت‌ها را به خود اختصاص دادند. همبستگی بالایی بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها مشاهده شد. ماتریکس همبستگی بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها نشان داد که ترکیبات محتمل موجود در ذرات $PM_{2.5}$ می‌تواند $(NH4)_2SO_4$، $CaSO_4$، $CaCl_2$، KCl، K_2SO_4، NaCl و $Ca(NO_3)_2$ باشد.

واژگان کلیدی: ذرات معلق $PM_{2.5}$، آنیون، کاتیون، تهران

* تهران، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

E.mail: majidkermani@yahoo.com

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

مقدمه

امروزه کیفیت هوای شهرها به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها تبدیل شده است، بخصوص ارتباط بین آلودگی هوا و سلامتی مردم توجه خاصی را به خود جلب کرده است. داده‌های مربوط به مرگ ومیر نشان می‌دهند که حدود ۸–۴ درصد مرگ و میرهای زود هنگام ممکن است ناشی از مواجهه با ذرات معلق بویژه ذرات ریز ($PM_{2.5}$) موجود در هوای آزاد و یا هوای داخل ساختمان باشد (۴–۱).

معمولاً ذرات منتقله توسط هوا دارای اندازه‌ای با رنج ۵۰۰–۰/۰۰۱ میکرومتر هستند که بخش عمدهٔ آن را مواد ذره‌ای در رنج ۱۰–۰/۱ میکرومتر تشکیل می‌دهند تقریباً ۴۰ درصد ذراتی که دارای اندازه بین ۱ تا ۲ میکرون هستند در برونش‌ها و کیسه‌های هوایی باقی می‌مانند و ذراتی که اندازهٔ آنها بین ۰/۲۵ تا ۱ میکرون باشد در سیستم تنفسی کمتر باقی می‌مانند. ذراتی که اندازه آنها کمتر از ۰/۲۵ میکرون است به دلیل حرکت براونی در دستگاه تنفسی بیشتر باقی می‌مانند (۵). مطالعات توزیع ذرات معلق و فلزات مرتبط با آن نشان داده‌اند که فلزات سمی اکثراً در ریزترین کسر از ذرات معلق تجمع پیدا می‌کنند (۶ و ۷). این کسر از ذرات معمولاً در قسمت آلوئل‌های ریه ته نشست می‌کند جایی که راندمان جذب برای فلزات سمی ۸۰–۶۰ درصد می‌باشد (۳). علاوه بر فلزات، بخش یونی ذرات معلق نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. در حالی که برخی از مطالعات افزایش در سرطان ریه را ناشی از ذرات PM10 و $PM_{2.5}$ می‌دانند (۸ و ۹). برخی دیگر نیز ذرات معلق و سولفات را عامل افزایش بیماری‌های تنفسی می‌دانند (۱۲–۱۰) ولی به‌طور کلی درجه ارتباط بین انواع ذرات معلق و سلامتی در مطالعات مختلف به شکل: TSP>PM10>PM2.5>SO42- بوده است (۱۳ و ۱۴). علاوه بر این مسائل، سولفات و نیترات از جمله یون‌های بسیار مهم در آلودگی هوای شهرهاست به‌دلیل اینکه این یون‌ها از عوامل اصلی باران‌های اسیدی و تشکیل ذرات ثانویه می‌باشند که اثرات زیادی بر اکوسیستم‌ها، جنگل‌ها و آب‌های پذیرنده دارند (۱۵). با توجه به اهمیت غلظت و ترکیب شیمیایی ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون از نظر اثرات منفی بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست و اینکه شهر تهران در معرض منابع وسیع آلودگی هوا از قبیل صنایع مصرف کننده سوخت‌های فسیلی، فعالیت‌های تجاری و ساختمانی مختلف، سیستم‌های گرمایش خانگی و از همه مهم‌تر تعداد عظیم اتومبیل‌هایی که مجهز به فیلترهای ذرات و کاتالیست‌های به روز و مناسب نیستند قرار گرفته است و یکی از شهرهای آلوده دنیاست، در این مطالعه به بررسی غلظت $PM_{2.5}$ و اجزای یونی مرتبط با آنها پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

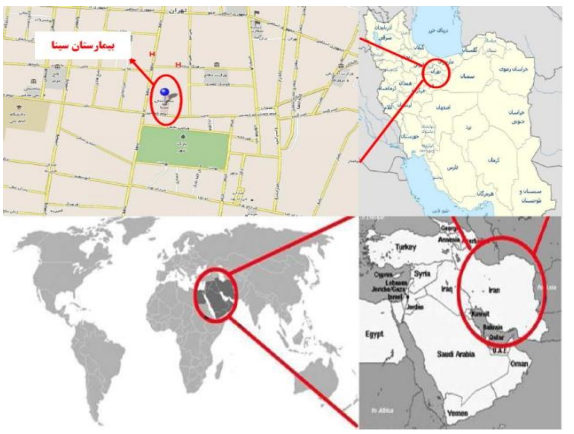
روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری مطالعه حاضر در هوای یکی از مناطق مرکزی شهر تهران یعنی در هوای محوطه بیمارستان سینای تهران صورت گرفت. جهت نمونه‌برداری از ذرات $PM_{2.5}$ از دستگاه نمونه‌برداری frm OMNItm Ambient Air Sampler و فیلتر PTFE با قطر ۴۷ میلی‌متر استفاده شد. قبل از شروع نمونه‌برداری، دستگاه نمونه‌بردار هم از نظر فنی مورد بازدید قرار گرفت و هم میزان دبی آن کالیبره گردید. فیلترها قبل از نمونه‌برداری با ترازو (Model: Sartoris 2004 MP) وزن شده و بعد درون فیلتر هولدر دستگاه قرار گرفته و در پشت بام ساختمان نگهبانی بیمارستان سینای این شهر در ارتفاع ۵–۴ متری از سطح زمین نصب شد. این محل نمونه‌برداری در یکی از مناطق مرکزی شهر و با تراکم بالای رفت و آمد مردم و ترافیک شهری بین دو میدان بزرگ شهر (میدان امام خمینی

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

و میدان حسن‌آباد) با مراکز اداری و تجاری زیاد قرار گرفته است (اطلاعات تکمیلی در شکل ۱ آمده است). بر اساس رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و امکانات در دسترس نمونه‌برداری در این تحقیق هر ۳ روز یکبار و دوره نمونه‌برداری از ابتدا تا انتهای فصل بهار سال ۱۳۹۲ بود که در پایان ۳۱ روز نمونه‌برداری انجام گرفت (۱۶).



شکل ۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه نمونه‌برداری (بیمارستان سینا)

مدت زمان نمونه‌برداری ۲۴ساعت (از ۸ صبح تا ۸ صبح فردا) بود و حجم هوای عبوری در این مدت ۷۲۰۰ لیتر بر دقیقه بود. که در این مدت نمونه‌های ذرات با دبی ۵ لیتر بر دقیقه بر روی فیلترهای PTFE جمع‌آوری شدند. فیلترهای حاوی ذرات بلافاصله بعد از اتمام مدت زمان نمونه‌برداری درون پلیت‌هایی قرار گرفت. داخل این پلیت‌ها با فویل‌های آلومینیومی پوشانده شده بود که به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و هر گونه آلایندهٔ آن از بین رفته بود. اطراف پلیت نیز با همان فویل آلومینیومی پوشانیده شد تا از تابش هر گونه نور به داخل آن و تجزیه ذرات جلوگیری شود. پس از آن پلیت‌ها شماره‌گذاری شده و در کنار یخ به آزمایشگاه حمل شده و نمونه‌ها تا زمان هضم و استخراج آنها درون فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت.

تعیین غلظت ذرات ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$)

قبل از نمونه‌برداری فیلترهای PTFE با قطر ۴۷ میلی‌متر و پور سایز ۰/۵ میکرون با ترازوی سارتوریوسوزن شده و بعد درون فیلتر هولدر دستگاه قرار گرفتند. پس از نمونه‌برداری نیز وزن شده و با توجه به اختلاف وزن اولیه و ثانویه و حجم هوای عبوری و از طریق معادله ۱ غلظت ذرات $PM_{2.5}$ محاسبه گردید.

$$PM_{2.5}=\frac{(W_f-W_i)\times 10^6}{V} \qquad (۱)$$

در این رابطه $PM_{2.5}$ نشان‌دهنده غلظت ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کوچک‌تر و مساوی ۲/۵ میکرون بر حسب میکروگرم بر متر مکعب، wf نشان دهنده وزن فیلتر در پایان نمونه‌برداری بر حسب گرم، wi نشان دهنده وزن فیلتر قبل از شروع نمونه‌برداری بر حسب گرم و v حجم هوای عبوری بر حسب متر مکعب می‌باشد.

تعیین غلظت اجزای یونی

پس از نمونه‌برداری توسط دستگاه OMNI جمع‌آوری نمونه بر روی فیلتر PTFE، ۱/۴ فیلتر را جدا و به قطعات ریز تقسیم و در داخل بشر که قبلاً با اسید شست و شو و در داخل فور (در دمای ۱۰۵درجه سانتی‌گراد) قرار داده شده بود، ریختیم، سپس ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده را به آن اضافه و پس از یک ساعت و حل شدن آنیون‌ها و کاتیون‌ها در آب مقطر، به مدت ۲ ساعت بر روی همزن قرار داده و پس از ته‌نشینی (به‌مدت زمان نیم ساعت) محلول حاصله را از طریق سرنگ از یک میکروفیلتر (HPLC گرید، ساخت Schleicher & Schuell) با اندازه روزنه ۰/۲ میکرومتر عبور داده (هر نمونه به‌طور جداگانه از یک میکروفیلتر مجزا) و محلول حاصله را به حجم رسانده و PH آن را با استفاده از PH متر مدل (۸۲۷PH Lab) تعیین و پس از آن محلول در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. آنیون‌ها (فلوئور-F، کلرور -Cl، نیتریت-NO_2، نیترات-NO_3 و سولفات--SO_4) و کاتیون‌های (سدیم +Na، آمونیوم +NH4،

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

پتاسیم +K، کلسیم ++Ca و منیزیم ++Mg) موجود در محلول به‌وسیله دستگاه یون کروماتوگراف[1] (مدل متروهم[2] ۸۵۰ ساخت کشور سوئیس) با فلوی ۰/۷ میلی‌لیتر در دقیقه قرائت گردید. از اسید نیتریک ۳/۲ میلی‌مولار به عنوان حلال‌های کاتیونی و هیدروژن سدیم کربنات ۷/ ۱میلی‌مولار ترکیب شده با کربنات سدیم ۱/۸ میلی‌مولار به‌عنوان حلال آنیونی استفاده گردید. به منظور تعیین آنیون‌ها و کاتیون‌ها به ترتیب ۲۰ و ۱۰ میکرولیتر نمونه به دستگاه تزریق شد. همزمان با تمام آزمایشات یک نمونه از فیلتر فاقد نمونه به همان روش هضم فیلترهای حاوی نمونه انجام و به عنوان شاهد استفاده گردید، که مقادیر حاصله از نتایج به‌دست آمده برای هر آنیون و کاتیون کسر گردید. البته نحوه عملکرد دستگاه یون کروماتوگرافی به‌صورتی است که قبل از تزریق نمونه باید از شش نمونه (آب شهری، نمونه استاندارد، آب مورد استفاده در تحقیق) به‌عنوان تست دستگاه تزریق و نتایج بررسی شود، تا میزان صحت و دقت اعداد دستگاه بررسی شود. حد تشخیص دستگاه یون کروماتوگرافی برای اندازه‌گیری آنیون‌ها ذیل برحسب نانو گرم در متر مکعب عبارتند از: سولفات (۰/۲)، نیترات (۰/۱)، کلرور (۰/۲)، فلوئور (۰/۱) و نیتریت (۰/۱) و کاتیون‌های منیزیم (۰/۴)، سدیم (۰/۶)، پتاسیم (۰/۱) و آمونیوم (۰/۴).

تحلیل اطلاعات

در نهایت پس از انجام آزمایشات و به‌دست آمدن نتایج، از نرم‌افزارهای Excel و SPSS ویرایش ۱۸ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. از آزمون Shapiro-Wilk جهت نرمال بودن داده‌ها قبل از آنالیز استفاده شد. علاوه بر این از آزمون‌های t-test و ANOVA هم جهت آنالیز داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

وضعیت هوای محل نمونه‌برداری به لحاظ غلظت ذرات PM2.5

غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در فصل نمونه‌برداری که به وسیله دستگاه frm OMNItm Ambient Air Sampler نمونه‌برداری شد در جدول ۱ نشان داده شده است.

مقایسه مقادیر غلظت‌های $PM_{2.5}$ در ماه‌های مختلف فصل بهار در جدول ۱ آورده شده است و طبق این جدول بالاترین میانگین ماهانه غلظت ذرات $PM_{2.5}$ مربوط به ماه اردیبهشت با میانگین ۴۸/۱۱ میکروگرم بر متر مکعب بود. برای مقایسه غلظت $PM_{2.5}$ در روزهای مختلف، روزهای هفته به سه گروه: تعطیل، یک روز بعد از تعطیلی و روزهای غیر تعطیل تقسیم شدند. نتایج برای این گروه‌ها نیز در جدول ۱ آمده است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ برابر۴۱/۱۹ میکروگرم بر متر مکعب بوده است بیشترین غلظت در طول نمونه‌برداری ۷۶/۴۵ میکروگرم بر متر مکعب بوده و مربوط به ماه اردیبهشت و کمترین غلظت ۱۷/۹۸ میکروگرم بر متر مکعب بوده و مربوط به ماه فروردین می‌باشد. همچنان که در این جدول مشاهده می‌شود، غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در گروه یک روز بعد تعطیلی بیشتر از دو گروه دیگر است. با آزمون One way-ANOVA میانگین غلظت‌ها در این سه گروه نیز مقایسه شد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در بین سه گروه مشاهده شد (P=۰/۰۱۴۲۷). همچنین مقایسه میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ بین سه ماه نمونه‌برداری (فروردین، اردیبهشت و خرداد) نیز انجام گرفت و مشاهده شد که با P=۰/۰۲۱۴۲ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌داری بوده‌اند.

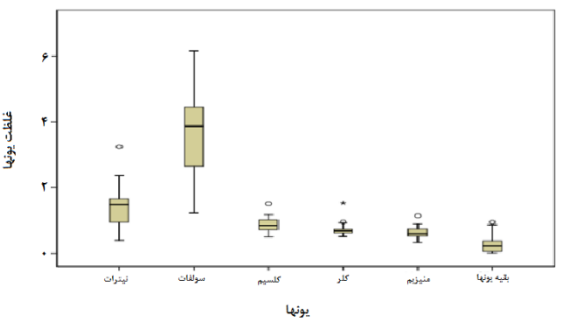
[1] Ion Chromatography
[2] Metrohm

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

جدول ۱) نتایج آماری مقادیر غلظت‌های ماهانه ذرات $PM_{2.5}$ برحسب میکروگرم بر مترمکعب ($\mu g/m^3$)

	زمان	تعداد نمونه	میانگین	ماکزیمم	حداقل	میانه	انحراف معیار
ماه	فروردین	۷	۳۱/۶۹	۴۷/۸۷	۱۴/۳۲	۳۳/۷۶	۱۰/۳۰
	اردیبهشت	۱۳	۴۸/۱۱	۷۶/۴۵	۳۳/۹۷	۴۳/۳۲	۱۱/۳۸
	خرداد	۱۱	۳۹/۶۴	۵۷/۳۴	۲۷/۶۵	۳۸/۹۸	۸/۹۴
	کل مطالعه	۳۱	۴۱/۳۹	۷۶/۴۵	۱۴/۳۲	۳۸/۶۲	۱۲/۲۸
روز	روزهای تعطیل	۶	۳۹/۵۰	۵۳/۳۵	۱۷/۹۸	۳۹/۱۰	۱۳/۲۷
	یک روز بعد از تعطیلی	۵	۵۷/۹۹	۷۶/۴۵	۴۷/۸۷	۵۷/۳۴	۱۱/۶۲
	دیگر روزها	۲۰	۳۷/۴۹	۵۲/۱۲	۲۴/۶۷	۳۷/۷۶	۷/۷

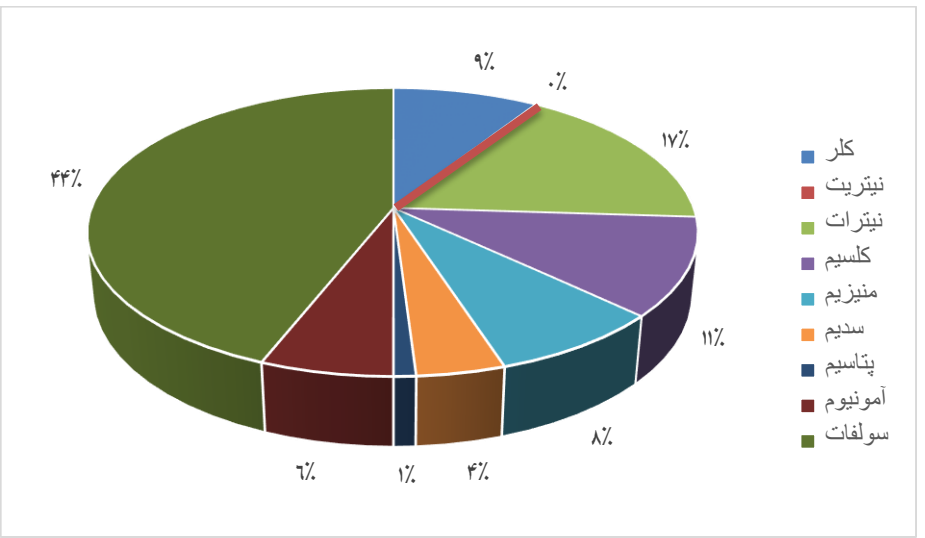
تعیین وضعیت غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول مطالعه



شکل ۲) نمودار جعبه‌ای (Boxplot)ای غلظت یون‌های محلول در آب در ذرات $PM_{2.5}$ در طول دوره نمونه‌برداری (بر حسب $\mu g/m^3$) (n=۱)
(منظور از Others در نمودار یون‌های سدیم، پتاسیم و آمونیوم می‌باشد.)

درصد مشارکت نسبی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$

درصد مشارکت نسبی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در نمودار ۱ آورده شده است که طبق این نمودار غلظت اجزای یونی به ترتیب از غلظت بالاتر به پایین‌تر در نمودار عبارتند از: سولفات، نیترات، کلسیم، کلرور، منیزیم، آمونیوم، سدیم و پتاسیم.



نمودار ۱) درصد نسبی مشارکت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول مطالعه

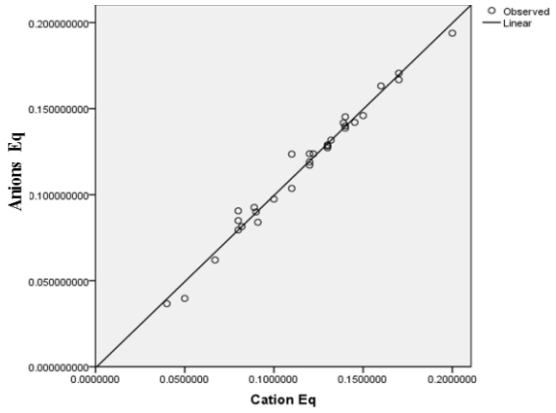
Fig 1) The relative percentage of anions and cations participation in PM $_{2.5}$ particles during the study

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول نمونه‌برداری

تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول نمونه‌برداری در شکل ۳ آورده شده است. ضریب همبستگی (R2) بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها ۰/۹۷۲ می‌باشد که نشان دهنده همبستگی بالای بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها است. (مقدار p-value برابر ۰/۰۳۱۱۲ بدست آمد که در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار بوده است.)



شکل ۳) تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول نمونه‌برداری

ماتریکس آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ و تعیین ترکیبات شیمیایی موجود در آن

ماتریکس ضرایب همبستگی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲) ماتریکس آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول مطالعه

	آمونیوم	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	کلرور	نیترات	سولفات
آمونیوم	۱							
پتاسیم	۰/۳۹	۱						
سدیم	۰/۴۶	۰/۶۴	۱					
منیزیم	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۱۶	۱				
کلسیم	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۰۹	۱			
کلرور	۰/۵۲	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۱۴	۰/۶۷	۱		
نیترات	۰/۲۴	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۵۶	۰/۱۶	۱	
سولفات	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۴۹	۰/۷۲	۰/۱۸	۱

بحث

وضعیت هوای محل نمونه‌برداری به لحاظ غلظت ذرات $PM_{2.5}$

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده شد بیشترین غلظت در بین ماه‌های نمونه‌برداری مربوط به اردیبهشت و کمترین آن مربوط به فروردین بوده است که دلیل این امر می‌تواند به تجمع و تعداد زیاد وسایل نقلیه در این روزها ارتباط داده شود. همچنین در بین روزهای مختلف هفته، مربوط به گروه یک روز بعد تعطیلی بوده است که دلیل این امر نیز می‌تواند به تجمع و تعداد زیاد وسایل نقلیه در این روزها ارتباط داده شود. با استفاده از آزمون One way-ANOVA میانگین غلظت‌ها در این سه گروه نیز مقایسه شد که اختلاف معنی‌داری را در سطح ۰/۰۵ در بین سه گروه نشان داد (P=۰/۰۳۲). طبق نتایج مطالعه لیلی (Leili) و همکاران تحت عنوان"مطالعه غلظت ذرات TSP و

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

PM10 و فلزات سنگین مرتبط با آن در هوای یکی از نقاط مرکزی تهران "غلظت ۴۴±۱۵۱ و ۳۸±۹۰ میکروگرم بر مترمکعب بوده است همچنین در مطالعه لیلی و همکاران غلظت ذرات در گروه یک روز بعد تعطیلی بیشتر از دو گروه دیگر بوده است (۱۷).

تعیین وضعیت غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول مطالعه

خلاصه آماری غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول مطالعه و نمودار جعبه‌ای (Boxplot) غلظت یون‌های محلول در آب در ذرات $PM_{2.5}$ در طول دوره نمونه‌برداری در شکل ۲ آورده شده است. طبق شکل ۲ میانگین غلظت سدیم در طول مطالعه برابر ۰/۲۸ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت سدیم به ترتیب برابر ۰/۸۷ و ۰/۱۴ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. نتایج مطالعات وانگ (Wang) و همکاران نشان دادند که غلظت سدیم ۰/۹۷ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد (۱۸). در مطالعه‌ای که کانگ (Kang) و همکاران نشان دادندکه غلظت سدیم در کره جنوبی ۰/۹۷ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. در این مطالعه از بین کاتیون‌ها بیشترین غلظت مربوط به یون کلسیم و سدیم بوده است در حالی که در مطالعه وانگ کمترین غلظت مربوط به یون سدیم می‌باشد (۱۹). مطالعه‌ای که وانگ اینگ در بندر شانگهای چین انجام داد نشان داد که میانگین غلظت سدیم ۱/۹ میکروگرم بر متر مکعب بوده است (۲۰). میانگین غلظت پتاسیم در طول مطالعه برابر ۰/۰۶ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت پتاسیم به ترتیب برابر ۰/۳۴ و ۰/۰۱ میکروگرم بر مترمکعب بوده است.

پارک (Park) و همکاران بر اساس مطالعه‌ای که بر روی ذرات گرد وغبار آسیایی در کره جنوبی انجام دادند غلظت پتاسیم را در روزهای گرد و غباری ۰/۵۷ و در روزهای عادی ۰/۱۱ میکروگرم بر مترمکعب گزارش کردند (۲۱). در مطالعه دیگری که توسط ژائو (Zhao) همکاران در یکی از شهرهای چین انجام دادند نشان دادند که غلظت پتاسیم در ذرات TSP و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۲/۴۶ و ۱/۲ میکروگرم بر متر مکعب بوده است (۲۲). همچنین در یک مطالعه دیگر که توسط چنگ (Cheng) و همکاران بر روی گرد و غبار آسیایی تایوان انجام شد نشان داد که میانگین غلظت پتاسیم در ذرات PM10، ۱/۳ میکروگرم بر مترمکعب بوده است (۲۳). میانگین غلظت آمونیوم در طول مطالعه برابر ۰/۴۹ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت آمونیوم به ترتیب برابر ۰/۹۵ و ۰/۲۵ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. مطالعه تان (Tan) و همکاران در شهر گوانجوی چین نشان داد که میانگین غلظت آمونیوم در روزهای عادی حدود ۳/۵ میکروگرم بر مترمکعب بوده است (۲۴). مطالعات ژانگ (Zhang) و همکاران در سال ۲۰۰۵ در کشور چین نشان داد که غلظت آمونیوم در روزهای عادی حدود ۱/۲۷ میکروگرم بر متر مکعب بوده است (۲۵). میانگین غلظت کلسیم در طول مطالعه برابر ۰/۸۷ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت کلسیم به ترتیب برابر ۰/۴۹ و ۰/۲۵ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. مطالعه‌ای که توسط وانگ و همکاران انجام شد نشان داد که غلظت یون کلسیم ۹/۶ میکروگرم بوده است (۲۶). به‌طور کلی کلسیم از عناصر پوسته‌ای (Crustal) می‌باشد بنابراین از پوسته زمین نشأت می‌گیرد و در اثر بادهای محلی و منطقه‌ای غلظت آن در اتمسفر شهرها افزایش پیدا می‌کند.

مطالعه دیگری که توسط کیم (Kim) و همکاران انجام گرفت غلظت یون کلسیم در روزهای عادی ۳/۷ و در روزهای طوفانی ۱۸/۸ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شده است که نسبت غلظت یون کلسیم در روزهای طوفانی به روزهای عادی حدود ۶ می‌باشد که دلیل آن

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

همان‌طوری که گفته شد این است که کلسیم از عناصر پوسته‌ای (Crustal) می‌باشد بنابراین از پوسته زمین نشأت می‌گیرد و در اثر بادهای محلی و منطقه‌ای غلظت آن در اتمسفر شهرها افزایش پیدا می‌کند (۲۷). میانگین غلظت منیزیم در طول مطالعه برابر ۰/۴۴ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت منیزیم به ترتیب برابر ۰/۶۳ و ۰/۳۵ میکروگرم بر مترمکعب بوده است.

طبق نتایج مطالعه‌ای که توسط شن (Shen) و همکاران انجام گرفت میانگین غلظت منیزیم در روزهای گرد و غباری ۱ و در روزهای عادی ۰/۹ بوده است (۲۸). منیزیم نیز همانند کاتیون‌هایی مثل کلسیم و سدیم منشاء پوسته‌ای داشته و در روزهای طوفانی غلظت آن در اتمسفر شهرها افزایش پیدا می‌کند (۲۹). میانگین غلظت کلرور در طول مطالعه برابر ۰/۷۱ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت کلرور به ترتیب برابر ۱/۵۳ و ۰/۰۷۳ میکروگرم بر مترمکعب بوده است.

مطالعه‌ای که توسط ژائو (Zhao) و همکاران بر روی ذرات TSP انجام گرفت نشان داد که غلظت کلرور با افزایش غلظت ذرات TSP افزایش پیدا می‌کند بنابراین از عوامل مهم یون کلرور در هوای اتمسفر شهرها ذرات معلق می‌باشد (۳۰). علاوه بر ذرات معلق، سوزاندن مواد زائد و سوزاندن زغال سنگ نیز از عوامل انتشار کلرور به اتمسفر می‌باشد. یکی دیگر از عوامل انتشار کلرور به اتمسقر شهرها نمک‌های دریایی است که در اثر تبخیر آب دریاها و اقیانوس‌ها وارد اتمسفر می‌شوند (۲۹). میانگین غلظت نیترات در طول مطالعه برابر ۱/۴۳ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت نیترات به ترتیب برابر ۳/۲۵ و ۰/۴ میکروگرم بر مترمکعب بوده است.

بر اساس نتایج مطالعات ژائو و همکاران، میانگین سالانه غلظت نیترات در اتمسفر شانگهای و پکن در چین، به‌ترتیب ۱۰/۳، ۹/۹ میکروگرم بر مترمکعب بوده است و همچنین حداکثر و حداقل غلظت اندازه‌گیری شده ۵۴ و ۰/۶ میکروگرم بر مترمکعب بوده است (۳۱).

مطالعات پروس پرو (Posperru) و همکاران نشان داد که نیترات ناشی از واکنش‌های خاک‌های منابع طبیعی و آلاینده‌های شهری دی اکسید نیتروژن است. لذا غلظت آن در مواقع گرد و غباری بیشتر می‌شود (۳۲). میانگین غلظت سولفات در طول مطالعه برابر ۳/۵۶ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد و بالاترین و پایین‌ترین غلظت سولفات به‌ترتیب برابر ۶/۱۶ و ۱/۲۳ میکروگرم بر متر مکعب بوده است. سولفات از جمله یون‌های بسیار مهم در آلودگی هوای شهرهاست به دلیل اینکه این یون از عوامل اصلی باران‌های اسیدی و تشکیل ذرات ثانویه می‌باشد. طبق یافته‌های وانگ و همکاران در چین یون سولفات همانند کلرور و پتاسیم در گروه Crustal-pollution قرار دارند (۳۳). بر اساس مطالعه ایینوز (Ichinose) و همکاران و همچنین مطالعه وانگ و همکاران، عمده منشاء سولفات در گرد و غبار آسیایی ناشی از ترکیب خاک‌های قلیایی با گازهای اسیدی مثل دی اکسید گوگرد می‌باشد (۲۶ و ۳۴). یون‌های نیتریت و فلوراید نیز در این مطالعه یافت نشد.

درصد مشارکت نسبی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$

در این مطالعه به‌ترتیب سولفات و نیترات و بعد از آن کلسیم بیشترین غلظت‌ها را به خود اختصاص دادند. سولفات و نیترات از عوامل اصلی ایجاد باران‌های اسیدی و همچنین ایجاد ذرات ثانویه می‌باشند و بر سلامتی انسان‌ها تأثیرگذار هستند (۳۵). علاوه بر اثرات سلامتی، یون‌هایی مثل سولفات و نیترات می‌توانند قابلیت حل شدن ترکیبات سمی مثل PAHs و N-Alkanes را از طریق نقش عوامل فعال سطحی (surface active agents) خود افزایش دهند و سلامتی انسان‌ها را به خطر

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

بیندازند.آنها همچنین می‌توانند سمیت این ترکیبات را بر سلامتی بشر بالاتر ببرند. (۱، ۳۹-۳۶).

با توجه به اینکه مطالعه حاضر در فصل گرم انجام شد غلظت بالای سولفات می‌تواند به تشکیل ذرات ثانویه از طریق فرایندهای فتوشیمیایی در فصول گرم ارتباط داده شوند. حدود ۱۹/۵ درصد غلظت ذرات را بخش یونی تشکیل داده است که این مقدار در مقایسه با برخی مطالعات مثل مطالعه شن و همکاران (۲۸) در چین (۴۰) چنگ و همکاران در تایوان با رنج ۱۵-۵ درصد در سطوح بالاتر و برخی دیگر مثل (۲۰) وانگ و همکاران در شانگهای چین با رنج ۳۲-۲۶ درصد در سطوح پایین‌تری قرار گرفته است. غلظت بالای گونه‌های آلاینده مثل نیترات و گونه‌هایی مثل کلسیم به ترافیک بالا و دیگر فعالیت‌های انسانی مثل ساخت وساز در تهران ارتباط داده می‌شود. همچنین غلظت بالای گونه‌هایی مثل کلسیم و آلاینده‌های ثانویه (مثل نیترات، سولفات و آمونیوم) نشان‌دهنده اینست که آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های ساخت وساز و فرایندهای ترافیک و صنعت از عوامل اصلی تخریب کیفیت هوای تهران می‌باشند. گونه‌هایی مثل پتاسیم، سدیم و کلرور با میانگین غلظت کمتر از یک میکروگرم بر مترمکعب کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج گزارش شده توسط خایوال راویندرا (Khaiwal Ravindra) و همکاران در بلژیک نیز نشان داد که پتاسیم و کلرور کمترین غلظت‌ها را به خود اختصاص داده است (۱). مطالعه‌ای که توسط جنگینگ شن (Chenging shen) و همکاران در جیانگ چین انجام شد گزارش شد که درصد نسبی مشارکت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در روزهای عادی در ذرات TSP و $PM_{2.5}$ به‌ترتیب برابر ۳۲/۹ و ۴۹/۱ درصد بوده است و بیشترین غلظت‌ها در این مطالعه نیز مربوط به یون‌های کلسیم، سولفات و نیترات بوده است (۲۸).

تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول نمونه‌برداری

یک شاخص برای تعیین صحت یون‌های اندازه‌گیری شده تعیین تعادل یونی بین غلظت‌های آنیون‌ها و کاتیون‌ها برحسب میلی اکی والان بر مترمکعب می‌باشد و در صورتی که این نسبت یا شیب خط به یک نزدیک باشد نشان‌دهنده اینست که یون‌های اندازه‌گیری شده شامل یون‌های اصلی می‌باشد و نتایج منطقی است. تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ در طول نمونه‌برداری در شکل ۳ آورده شده است. ضریب همبستگی (R2) بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها ۰/۹۷۲ می‌باشد که نشان‌دهنده همبستگی بالا بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها است. در مطالعه‌ای که شاهسونی و همکاران در سال ۲۰۱۲ در شهر اهواز انجام دادند نتایج مشابهی یافت شد و نشان داد که ضریب همبستگی (R2) بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها ۰/۹۶۳ می‌باشد که نشان‌دهنده همبستگی بالا بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها است (۲۹).

ماتریکس آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ و تعیین ترکیبات شیمیایی موجود در آن

در مطالعه حاضر همبستگی بالاتر از ۰/۵ بین برخی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها در ذرات $PM_{2.5}$ یافت شده است. برای مثال یک همبستگی قابل توجهی بین آمونیوم و کلرور، آمونیوم و سولفات، سدیم و کلرور، سدیم و سولفات، پتاسیم و سولفات، پتاسیم و کلرور، کلسیم و کلرور، کلسیم و سولفات، کلسیم و نیترات یافت شده است که با توجه به این ضرایب همبستگی ترکیبات موجود در ذرات $PM_{2.5}$ می‌تواند $(NH4)\ 2SO4$، $CaSO4$، $CaCl2$، KCl، $K2SO4$، $NaCl$ و $Ca(NO3)2$ باشد. نتایج مشابهی توسط برخی از مطالعات مثل وانگ و همکاران در شانگهای چین و لی (Lee) و همکاران در شهر یورومکی چین گزارش شده است (۲۰ و ۴۱).

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر جهت بررسی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و اجزای یونی (Ionic Composition) این ذرات در هوای محدوده بیمارستان سینای تهران در بهار ۱۳۹۲ طراحی و انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ به‌ترتیب ۱/۶۴ و ۱/۲ برابر بیشتر از استانداردهای تعیین شده توسط WHO و EPA برای کیفیت هوای شهری است. سولفات و نیترات و بعد از آن کلسیم بیشترین غلظت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها همبستگی بالایی مشاهده شد. ماتریکس همبستگی بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها نشان داد که ترکیبات محتمل موجود در ذرات $PM_{2.5}$ می‌تواند 2SO4 (NH4)، CaCl2، KCl، K2SO4، NaCl، CaSO4 و Ca(NO3)2 باشد.

سپاس و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی غلظت ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) و ترکیب شیمیایی آن در هوای یکی از نقاط مرکزی شهر تهران"، مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۲، به کد ۲۱۰۴۶ می‌باشد که با حمایت پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران اجرا شده است. همچنین از انستیتو آب و انرژی دانشگاه صنعتی شریف به خاطر همکاری و در اختیار گذاشتن دستگاه‌های نمونه‌برداری تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

هیچ گونه تضاد منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References:

1.Ravindra K, Mittal AK, Van Grieken R. Health risk assessment of urban suspended particulate matter with special reference to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. Rev Environ Health 2001; 16(3): 169-89.

2.Kaushik CP, Ravindra K, Yadav K, et al. Assessment of ambient air quality in urban centres of Haryana (India) in relation to different anthropogenic activities and health risks. Environ Monit Assess 2006; 122(1-3): 27-40.

3.Pope CA, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. J Air Waste Manag Assoc 2006; 56(6): 709-42.

4.Geravandi S, Goudarzi G, Soltani F, et al. Sulfur dioxide pollutant and its effects on disease incidence and death among the citizens of Bushehr city. Iran South Med J 2016; 19(4): 598-607. (Persian)

5.Kenneh Wark CF, Wayne T. Air Pollution: Its Origin and Control. 3rd ed. India: Pearson, 1998, 267-83.

6.Espinosa AJF, Rodríguez MT, Barragán de la Rosa FJ, et al. Size distribution of metals in urban aerosols in Seville (Spain). Atmospheric Environment 2001; 35(14): 2595-601.

7.Wojas B, Almquist C. Mass concentrations and metals speciation of $PM_{2.5}$, PM_{10}, and total suspended solids in Oxford, Ohio and comparison with those from metropolitan sites in the Greater Cincinnati region. Atmospheric Environment 2007; 41(39): 9064-78.

8.Vineis P, Husgafvel-Pursiainen K. Air pollution and cancer: biomarker studies in human populations. Carcinogenesis 2005; 26(11): 1846-55.

9.Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 2002; 287(9): 1132-41.

10.Ozkaynak H, Thurston GD. Associations between 1980 U.S. mortality rates and alternative measures of airborne particle concentration. Risk Anal 1987; 7(4): 449-61.

11.Schwartz J. Harvesting and long term exposure effects in the relation between air pollution and mortality. Am J Epidemiol 2000; 151(5): 440-8.

12.Dockery DW, Pope CA, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

six US cities. N Engl J Med 1993; 329(24): 1753-9.
13.Lippmann M, Thurston GD. Sulfate concentrations as an indicator of ambient particulate matter air pollution for health risk evaluations. J Expo Anal Environ Epidemiol 1996; 6(2): 123-46.
14.Lippmann M, Ito K, Nadas A, et al. Association of particulate matter components with daily mortality and morbidity in urban populations. Res Rep Health Eff Inst 2000; (95): 5-82.
15.Likens GE, Driscoll CT, Buso DC. Long-term effects of acid rain: response and recovery of a forest ecosystem. Science 1996; 272(5259): 244-5.
16.EPA. Alternate 1 in 3 sampling and return shipping schedule. Environmental Protection Agency. (Accessed November 29, at https://www3.epa.gov/ttn/amtic/calendar.html)January 16, 2006
17.Leili M, Naddafi K, Nabizadeh R, et al. The study of TSP and PM10 concentration and their heavy metal content in central area of Tehran, Iran. Air Quality, Atmosphere & Health 2008; 1(3): 159-66. (Persian)
18.Wang Y, Zhuang G, Sun Y, et al. The variation of characteristics and formation mechanisms of aerosols in dust, haze, and clear days in Beijing. Atmospheric Environment 2006; 40(34): 6579-91.
19.Kang CH, Kim WH, Ko HJ, et al. Asian dust effects on total suspended particulate (TSP) compositions at Gosan in Jeju Island, Korea. Atmospheric Research 2009; 94(2): 345-55.
20.Wang Y, Zhuang G, Zhang X, et al. The ion chemistry, seasonal cycle, and sources of PM< sub> 2.5</sub> and TSP aerosol in Shanghai. Atmospheric Environment 2006; 40(16): 2935-52.
21.Park SH, Song CB, Kim MC, et al. Study on size distribution of total aerosol and water-soluble ions during an Asian dust storm event at Jeju Island, Korea. Environ Monit Assess 2004; 93(1-3): 157-83.
22.Zhao Z, Tian L, Fischer E, et al. Study of chemical composition of precipitation at an alpine site and a rural site in the Urumqi River Valley, Eastern Tien Shan, China. Atmospheric Environment 2008; 42(39): 8934-8942.
23.Cheng MT, Chou WC, Chio CP, et al. Compositions and source apportionments of atmospheric aerosol during Asian dust storm and local pollution in central Taiwan. J Atmo Chem 2008; 61(2): 155-73.
24.Tan JH, Duan JC, Chen DH, et al. Chemical characteristics of haze during summer and winter in Guangzhou. Atmospheric Research 2009; 94(2): 238-45.
25.Zhang R, Wang Z, Shen Z, et al. Physicochemical characterization and origin of the 20 March 2002 heavy dust storm in Beijing. Aerosol Air Qual Res 2006; 6(3): 268-80.
26.Wang Y, Zhuang G, Sun Y, et al. Water-soluble part of the aerosol in the dust storm season-evidence of the mixing between mineral and pollution aerosols. Atmospheric Environment 2005; 39(37): 7020-9.
27.Kim NK, Park HJ, Kim YP. Chemical composition change in TSP due to dust storm at Gosan, Korea: do the concentrations of anthropogenic species increase due to dust storm. Water Air Soil Pollut 2009; 204(1-4): 165-75.
28.Shen Z, Cao J, Arimoto R, et al. Ionic composition of TSP and PM 2.5 during dust storms and air pollution episodes at Xi'an, China. Atmospheric Environment 2009; 43(18): 2911-8.
29.Shahsavani A, Naddafi K, Haghighifard NJ, et al. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. Environ Monit Assess 2012; 184(11): 6683-92.
30.Zhao X, Zhuang G, Wang Z, et al. Variation of sources and mixing mechanism of mineral dust with pollution aerosol-revealed by the two peaks of a super dust storm in Beijing. Atmospheric Research 2007; 84(3): 265-79.
31.Yao X ,Chan CK, Fang M, et al. The water-soluble ionic composition of PM2. 5 in Shanghai and Beijing, China. Atmospheric Environment 2002; 36(26): 4223-34.
32.Prospero JM, Blades E, Mathison G, et al. Interhemispheric transport of viable fungi and

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. Aerobiologia 2005; 21(1): 1-19.
33.Alleman LY, Lamaison L, Perdrix E, et al. PM_{10} metal con centrations and source identification using positive matrix factorization and wind sectoring in a French industrial zone. Atmospheric Research 2010; 96(4): 612-25.
34.Ichinose T, Yoshida S, Hiyoshi K, et al. The effects of microbial materials adhered to Asian sand dust on allergic lung inflammation. Arch Environ Contam Toxicol 2008; 55(3): 348-57.
35.Raizenne M, Neas LM, Damokosh AI, et al. Health effects of acid aerosols on North American children: pulmonary function. Environ Health Perspect 1996; 104: 506-14.
36.Ravindra K, Sokhi R, Van Grieken R. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation. Atmospheric Environment 2008; 42(13): 2895-921.
37.Ravindra K, Stranger M, Van Grieken R. Chemical characterization and multivariate analysis of atmospheric PM2. 5 particles. J Atmos Chem 2008; 59(3): 199-218.
38.Ravindra K, Wauters E, Van Grieken R. Variation in particulate PAHs levels and their relation with the transboundary movement of the air masses. Sci Total Environ 2008; 396(2): 100-10.
39.Jacobson MC, Hansson HC, Noone KJ, et al. Organic atmospheric aerosols: Review and state of the science. Rev Geophys 2000; 38(2): 267-94.
40.Cheng MT, Lin YC, Chio CP, et al. Characteristics of aerosols collected in central Taiwan during an Asian dust event in spring 2000. Chemosphere 2005; 61(10): 1439-50.
41.Li J, Zhuang G, Huang K, et al. Characteristics and sources of air-borne particulate in Urumqi, China, the upstream area of Asia dust. Atmospheric Environment 2008; 42(4): 776-87.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]

Original Article

Studyof Concentrations of Available Cations and Anions in PM2.5 in the Air of Twelfth Region of Tehran City

H. Arfaeinia [1,2], S.E Hashemi [1], R. Nabizadeh [2] AA Alamolhoda [3], M. Kermani [2]*

[1] Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

[2] Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[3] Institutes of Water and Energy, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

(Received 7 Feb, 2016 Accepted 10 May, 2016)

Abstract

Background: In the last few decades, the city's air quality has become a major concern; especially there is strong evidence about health effects of particulate matter in urban communities.In addition to suspended particles concentration, the ionic part of suspended particles is also very important, So that some studies ions like Sulfate is the reson of increasing the respiratory diseases.So the aim of this study was to study of concentration of $PM_{2.5}$ particles and their ionic componentsincluding major anions and cations in twelfth region of Tehran city in 2013.

Materials & Methods: This cross - sectional study was conducted in the air of twelfth region of Tehran. $PM_{2.5}$ concentration was calculated with sampling by frmOMNITMAmbient Air Sampler with PTFE filter with a diameter of 47 mm and through the weight measurement.Concentration of anions and cations which had associated with PM2.5 particles was read after collected sample preparation and injection to device Ion Chromatography (IC) Metrohm 850 model. Correlation matrix was calculated between anions and cations. Data analysis was carried out by Excel and SPSS version 18 and One-Way ANOVA test.

Results: The mean daily concentration of $PM_{2.5}$ particles was 19.41 µg/m3 during the study. One-Way ANOVA test showed a significant difference at the 0.05 level between $PM_{2.5}$ concentrations on different days of the week. Concentrations for sodium, potassium, ammonium, calcium, magnesium, sulfate, nitrate, chloride were obtained 0.28, 0.06, 0.49, 0.87, 0.63, 56.3, 1.43 and 0.71 µg/m3, respectively, and no value was detected for fluoride and nitrite. Balance between anions and cations were calculated and the correlation coefficient (R^2) were obtained 0.972 between the anions and cations.

Conclusion The mean concentrations of $PM_{2.5}$ was higher than the air standards in Iran and WHO guidelines (25 µg/m3) and EPA standards (35 µg/m3). In a study reported that the One-Way ANOVA test between particle concentrations on various days of the week indicated similar results. Sulfate and nitrate, and after that calcium had the highest concentrations. A high correlation was observed between the anions and cations. Correlation matrix between the anions and cations indicated that probable compounds in $PM_{2.5}$ particles could be be $(NH4)_2SO_4$, $CaSO_4$, $CaCl_2$, KCl, K_2SO_4, NaCl and $Ca(NO3)_2$.

Key words: Suspended particles of $PM_{2.5}$, anions, cations, Tehran

©Iran South Med J. All rights reserved.

Cite this article as: Arfaeinia H, Hashemi S.E, Nabizadeh R, Alamolhoda AA, Kermani M. Studyof Concentrations of Available Cations and Anions in PM2.5 in the Air of Twelfth Region of Tehran City. Iran South Med J 2017; 20(1): 18-30

Copyright © 2017 Arfaeinia, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

*Address for correspondence: Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, E.mail: majidkermani@yahoo.com

Website: http://bpums.ac.ir
Journal Address: http://ismj.bpums.ac.ir

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.ismj.20.1.18]