

ارزیابی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در هوای شهر تهران

فاطمه رضایی^۱، حسین کاکویی^۲، رضا احمد خانی‌ها^۳، کمال اعظم^۴، لیلی امید^۵، سید جمال الدین شاه طاهری^{*}

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک به عنوان آلاینده‌های اصلی موجود در هوای شهرها دارای اثر جهش‌زایی بوده و تغییرات فصلی بر میزان مواجهه با این ترکیبات موثر است. مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان مواجهه شغلی شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در هوای شهر تهران در دو فصل گرم و سرد سال و مقایسه میزان مواجهه در هر دو فصل طراحی و اجرا گردید.

روش بررسی: ارزیابی مواجهه شغلی با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک از طریق نمونه‌برداری فردی توسط روش ۵۵۱۵ موسسه ملی ایمنی و سلامت حرفه ای با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکارساز اسپکتروفتومتر جرمی انجام گردید. جهت ارزیابی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه آزمون *Mann-Whitney test* بکار گرفته شد.

یافته‌ها: مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی واقع در منطقه جنوب تهران با ترکیب سرطان‌زای بنزو آلفا پیرن در فصل تابستان با میانگین $0/148 \pm 0/010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در فصل پاییز با میانگین $0/417 \pm 0/041 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بیش از مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی در سایر موقعیت‌های جغرافیایی مورد بررسی بود. میزان مواجهه شاغلین با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک در فصل سرد بطور معنی‌داری ($p < 0/001$) بالاتر از میزان مواجهه آنان در فصل گرم بود.

نتیجه‌گیری: میزان مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی در فصل پاییز دو تا سه برابر بیش از میانگین مواجهه روزانه در فصل تابستان بود. شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی واقع در منطقه جنوب تهران مواجهه بیشتری با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک داشتند.

واژگان کلیدی: PAHs، مواجهه شغلی، موقعیت جغرافیایی، شاغلین

shahtaheeri@tums.ac.ir

- ۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- (نویسنده‌ی مسئول): دکترای بهداشت حرفه‌ای، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دکتری داروسازی، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- دکتری آمار زیستی، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک (Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)) متعلق به گروه آلاینده‌های آلی پایدار بوده (۱) و از اولین دسته‌های آلاینده‌های هوا برد سرطان‌زای شناخته شده‌اند که دارای دو یا تعداد بیشتری از حلقه‌های آروماتیک هستند (۲-۴). هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک و مشتقات آنها از سوختن ناقص مواد آلی طبیعی مانند احتراق جنگل‌ها انتشار می‌یابند (۳، ۵، ۶) اما بیشترین میزان انتشار از طریق فعالیت‌های انسانی مانند سوخت وسایل نقلیه، گرمایش مناطق مسکونی، آشپزی در منازل و فعالیت‌های تولیدی-صنعتی صورت می‌پذیرد (۳، ۷، ۸). PAHs به عنوان آلاینده‌های اصلی موجود در هوای شهرها دارای اثر جهش‌زایی بوده و همین مسئله سبب شده است که مواجهه با این آلاینده‌ها تبدیل به نگرانی در جوامع گردد (۸). آژانس بین‌المللی تحقیق بر روی سرطان International Agency for Research on Cancer (IARC)) بسیاری از این ترکیبات آروماتیک را در گروه‌های سرطان‌زای ممکن انسانی (2B) و سرطان‌زای احتمالی برای انسان (2A) طبقه‌بندی نموده است (۳). مطالعات زیادی در زمینه تایید همبستگی میان مواجهه با PAHs موجود در هوای شهرها و بروز سرطان ریه انجام شده است (۸).

براساس تخمین سازمان ملل متحد، بیش از ۶۰۰ میلیون نفر در مناطق شهری با سطوح خطرناکی از آلاینده‌های منتشر شده از ترافیک شهری مواجهه دارند. بخش زیادی از PAHs موجود در هوای شهرها از احتراق ناقص سوخت وسایل نقلیه سنگین و به خصوص موتورهای دیزلی ایجاد می‌شوند (۹). در هوای محیطی، PAHs در هر دو فاز گازی و ذره‌ای حضور داشته و تاثیر مستقیمی بر سلامت افراد می‌گذارند (۱۰). به دلیل اینکه بنزو آلفا پیرن بیش از سایر PAHs مورد مطالعه قرار گرفته است، اطلاعات مرتبط با سمیت و غلظت آن در محیط زیست بیشتر در دسترس است. میانگین غلظت سالیانه این ماده در هوای شهرها ۱ تا 10 ng/m^3 و در نواحی روستایی 1 ng/m^3 تعیین گردیده است (۸). ریسک مواجهه افراد با

PAHs موجود در اتمسفر به دلیل افزایش جمعیت شهرها، افزایش تعداد خودروها و پراکندگی کم آلاینده‌های اتمسفری افزایش یافته است (۱۱). همچنین نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که غلظت PAHs موجود در هوای شهرها در فصل سرد بیشتر از غلظت آنها در فصل گرم است. بر اساس یافته‌های مطالعات، غلظت PAHs در فاز ذره‌ای در فصل زمستان و تراکم PAHs در فاز گازی در فصل تابستان بیشتر است. در مقایسه با فصل تابستان، فاکتورهایی نظیر کاهش دما، کاهش میزان فتولیز و تجزیه رادیکال‌ها و کاهش رسوب ذرات به شکل مرطوب سبب افزایش غلظت PAHs در فصل زمستان می‌گردد (۱۱، ۱۲).

تعداد زیادی از افراد بواسطه شغل خود با PAHs موجود در هوای شهرها مواجهه دارند (۱۳، ۱۴). مطالعه Piccardo و همکاران (۱۳) نشان داد که میانگین مواجهه شاغلین غیر سیگاری کیوسک‌های روزنامه فروشی با ترکیب بنزو آلفا پیرن در فصل تابستان تفاوت معنی‌داری با میانگین مواجهه شاغلین در فصل زمستان داشته ($p < 0.005$) و میزان مواجهه در فصل گرم ۳۵٪ کمتر از میزان مواجهه در فصل سرد بود. سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا ۱۶ ترکیب از PAHs را در گروه آلاینده‌های زیست محیطی شاخص اولویت‌بندی نموده است (۵) و کنفرانس متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH)) حدود مجازی را برای دو ترکیب بنزو آلفا پیرن و بنزو بتا فلورانتین تعیین نموده و توصیه نموده است که مواجهه با این مواد از طریق کلیه راه‌های مواجهه به حداقل ممکن کاهش یابد (۱۵). مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان مواجهه شغلی شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی با ۱۶ ترکیب PAHs موجود در هوای شهر تهران در دو فصل تابستان و پاییز و مقایسه میزان مواجهه در هر دو فصل در سال ۱۳۹۲ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مقطعی ۱۵ کیوسک از کیوسک‌های روزنامه

در ستون، حد تعیین کمی (Limit of quantification (LOQ))، و حد تشخیص (limit of detection (LOD)) در نظر گرفته شد. برای محاسبه حد تعیین کمی و حد تشخیص از روش blank determination method با ۱۰ نمونه شاهد استفاده شد (۱۸). روش ضریب تغییرات جهت اعتبار بخشی داخلی روش آنالیز (تعیین دقت و تکرار پذیری اندازه‌گیری‌ها) و شاخص‌های راندمان بازیافت و راندمان واجذب جهت اعتبار بخشی خارجی روش آنالیز (تعیین صحت داده‌های حاصل از آنالیز ترکیبات) به کار گرفته شد. با در نظر گرفتن نرخ تنفس $1/25 \text{ m}^3/\text{h}$ ، جذب تنفسی 100% و مدت مواجهه 8 h ، دز استنشاقی برای هر یک از PAHs با توجه به غلظت آنان محاسبه گردید (۱۴). به منظور ارزیابی خطرات سلامتی هر یک از PAHs، روش غلظت معادل بنزو آلفا پیرن (Benzo[a] pyrene equivalents (BaPeq)) بکار برده شد. بدین منظور، فاکتور معادل سمیت (Toxic equivalency factors (TEFs)) برای هر یک از PAHs که بیانگر توان نسبی سرطان‌زایی آن‌ها نیز است در غلظت‌های BaPeq هر ترکیب ضرب گردید. به عبارت دیگر در این روش توان سرطان‌زایی هر یک از PAHs نسبت به توان سرطان‌زایی بنزو آلفا پیرن ($\text{TEFs} = 1$) محاسبه گردید (۲۱-۱۹). آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 22 انجام و جهت ارزیابی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در هوای شهر تهران آزمون Mann-Whitney test بکار گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج بررسی نشان داد که زمان ماند ترکیبات PAH در ستون در دامنه $5/126 \text{ min}$ تا $27/87$ قرار داشت و کمترین زمان ماند مربوط به ترکیب نفتالن و بیشترین زمان ماند مربوط به ترکیب بنزو جی اچ آی پرلین بود. حد تعیین کمی ترکیبات PAH در دامنه 500 تا $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و حد تشخیص این ترکیبات در دامنه 250 تا $375 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بود. پایین حد ردیابی

فروشی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران از ۵ موقعیت جغرافیایی مرکز، شمال، جنوب، شرق و غرب شهر جهت بررسی بصورت تصادفی انتخاب شدند. ساعت کار کیوسک‌های روزنامه فروشی از ساعت ۷ صبح تا ۹ شب بود. میانگین سنی شاغلین مورد مطالعه $10/81 \pm 37/23$ سال و میانگین سابقه کار آنها $16/06 \pm 8/75$ سال بود. نمونه‌برداری با دریافت رضایت نامه کتبی از شاغلین انجام گردید. جهت بررسی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه شاغلین، ارزیابی میزان مواجهه روزانه در دو مقطع زمانی متفاوت صورت پذیرفت. در مجموع ۹۰ نمونه‌برداری فردی در فصل تابستان در ماه‌های تیر و مرداد و در فصل پاییز در ماه‌های آبان و آذر در داخل کیوسک انجام شد. نمونه‌برداری بصورت سه بار در هفته در ابتدا، وسط و انتهای هفته کاری صورت گرفت. میانگین دمای هوا در فصل تابستان $30/94^\circ\text{C}$ با حداقل مقدار $22/8^\circ\text{C}$ و حداکثر دمای $43/73^\circ\text{C}$ ثبت گردید. میانگین دما در فصل پاییز $17/02^\circ\text{C}$ با حداقل دمای $10/35^\circ\text{C}$ و حداکثر دمای $22/30^\circ\text{C}$ بود. شانزده ترکیب از ترکیبات PAHs که سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا آنها را در گروه آلاینده‌های زیست محیطی شاخص اولویت‌بندی نموده است، جهت آنالیز مواجهه روزانه انتخاب شدند. ارزیابی مواجهه شغلی از طریق نمونه‌برداری فردی و اندازه‌گیری غلظت PAHs با استفاده از روش ۵۵۱۵ موسسه ملی ایمنی و سلامت حرفه‌ای (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)) انجام شد (۱۶). جهت آنالیز نمونه‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکارساز اسپکتروفتومتر جرمی Agilent (Technologies, Palo Alto, CA) 6890- GC-MS) استفاده شد (۱۷). دمای اولیه ستون مورد استفاده DB-5MS capillary column ($30 \text{ m} \times 0.25 \text{ mm id}$, $0.25 \mu\text{m film thickness}$) جهت آنالیز 70°C بود که برای 1 min حفظ شد و سپس با نرخ افزایشی 10°C به 300°C رسید و برای مدت 7 min حفظ شد. دمای محل تزریق نمونه 290°C بود. زمان ماند هر یک از هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک

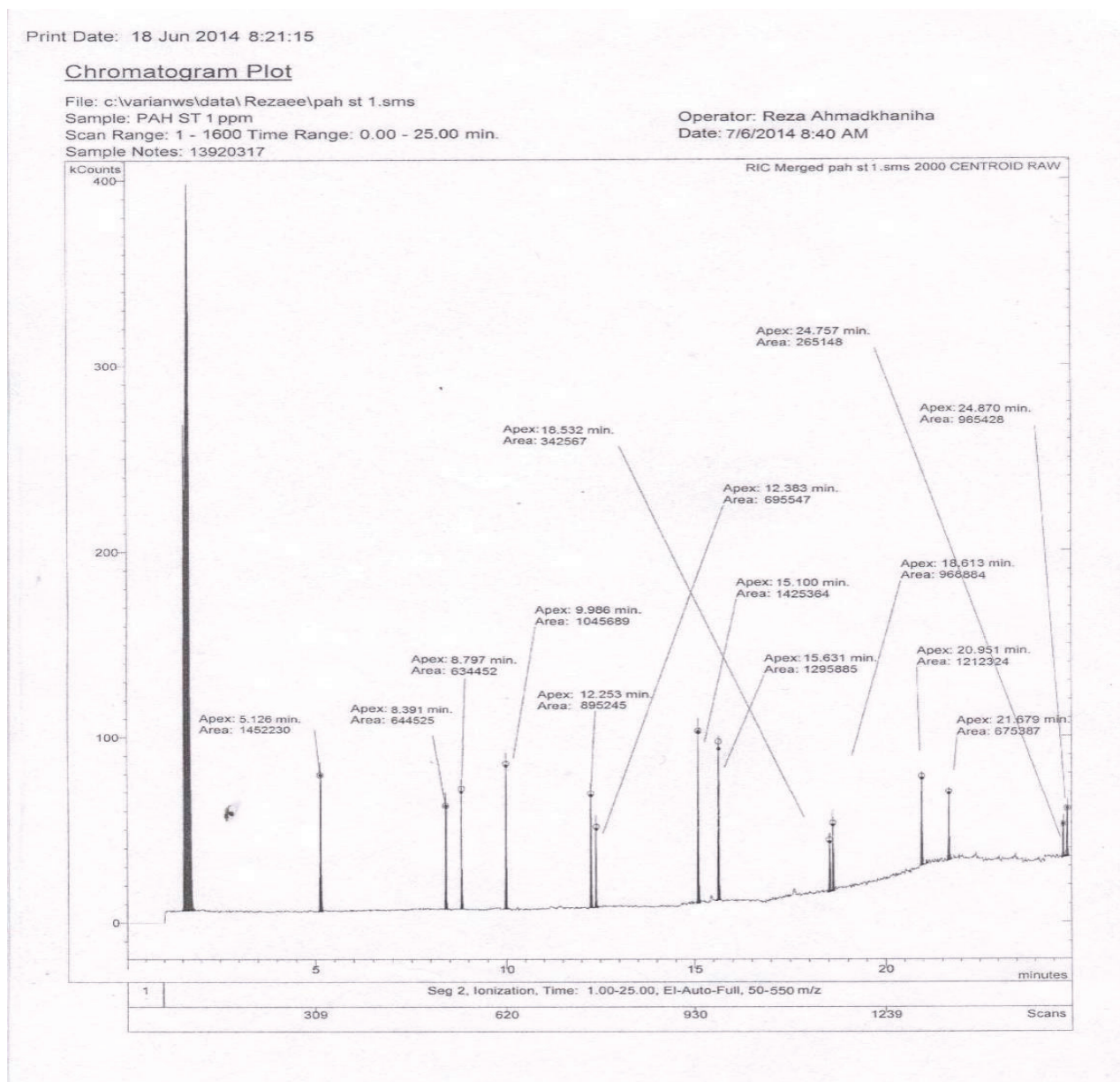
ترکیبات PAH در دامنه ۰/۹۹۹۲ و ۰/۹۹۹۹ بوده و کمترین ضریب همبستگی برای ترکیب بنزو آلفا آنتراسن ثبت گردید. جدول ۱ ویژگی‌های ترکیبات PAH مورد مطالعه را در آنالیز دستگاهی نشان می‌دهد.

کمی و حد تشخیص مربوط به ترکیب نفتالن و بالاترین مقادیر مربوط به ترکیب بنزو جی اچ آی پرین بود. حد تعیین کمی و حد تشخیص برای ترکیب بنزو آلفا پیرن به ترتیب ۷۵۰ و $375 \mu\text{g}$ به ازای هر نمونه گزارش گردید. ضریب همبستگی

جدول (۱): ویژگی‌های ترکیبات PAH مورد مطالعه در آنالیز دستگاهی

ضریب همبستگی	ضریب تغییرات (%)	حد تعیین کمی ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	حد تشخیص ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	زمان ماند (min)	هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
۰/۹۹۹۹	۶/۱۳	۵۰۰	۲۵۰	۵/۱۲۶	نفتالن (Naphthalene)
۰/۹۹۹۸	۷/۴۱	۵۰۰	۲۵۰	۸/۳۹	اسفتیلن (Acenaphthylene)
۰/۹۹۹۹	۵/۲۴	۵۰۰	۲۵۰	۸/۷۹	اسفتین (Acenaphthene)
۰/۹۹۹۹	۷/۲۳	۵۰۰	۲۵۰	۹/۹۸	فلورن (Fluorene)
۰/۹۹۹۵	۵/۴۴	۵۰۰	۲۵۰	۱۲/۲۵	فنانترن (Phenanthrene)
۰/۹۹۹۳	۶/۰۶	۵۰۰	۲۵۰	۱۲/۳۸	آنتراسن (Anthracene)
۰/۹۹۹۵	۷/۸۲	۵۰۰	۲۵۰	۱۵/۰۹	فلورانتن (Fluoranthene)
۰/۹۹۹۴	۵/۴۴	۵۰۰	۲۵۰	۱۵/۶۳	پیرن (Pyrene)
۰/۹۹۹۲	۵/۹۵	۵۰۰	۲۵۰	۱۸/۵۳	بنزو آلفا آنتراسن (Benz[a]anthracene)
۰/۹۹۹۸	۷/۰۳	۵۰۰	۲۵۰	۱۸/۶۱	کریزن (Chrysene)
۰/۹۹۹۷	۶/۶۲	۷۵۰	۳۷۵	۲۰/۹۵	بنزو بنا و بنزو کا فلورانتن (Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene)
۰/۹۹۹۴	۷/۹۳	۷۵۰	۳۷۵	۲۱/۶۷	بنزو آلفا پیرن (Benzo[a]pyrene)
۰/۹۹۹۶	۶/۸۶	۷۵۰	۳۷۵	۲۴/۷۶	ایندنو ۱,۲,۳-سی دی پیرن (Indeno[1,2,3-cd]pyrene)
۰/۹۹۹۶	۶/۸۶	۷۵۰	۳۷۵	۲۴/۷۶	دی بنزو آج آنتراسن (Dibenz[a,h]anthracene)
۰/۹۹۹۵	۷/۲۲	۷۵۰	۳۷۵	۲۴/۸۷	بنزو جی اچ آی پرین (Benzo[ghi]perylene)

شکل ۱ کروماتوگرام مربوط به محلول استاندارد با غلظت ۱ ppm را نشان می‌دهد.



شکل ۱: کروماتوگرام محلول استاندارد

فلورن (۰.۸۸/۳۴) و کمترین مقدار برای ترکیب بنزو جی اچ آی پرین (۰.۷۸/۶۶) گزارش شد. نتایج مطالعه نشان داد که در فصل تابستان میانگین مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی شهر تهران با ترکیب بنزو آلفا آنتراسن در هر ۵ موقعیت جغرافیایی بیش از مواجهه با سایر ترکیبات بوده است. میزان مواجهه شاغلین روزنامه فروش با ترکیب بنزو آلفا آنتراسن در منطقه جنوب با میانگین

نتایج بررسی اعتبار بخشی داخلی روش آنالیز نشان داد که کمترین ضریب تغییرات بر اساس مساحت پیک مربوط به ترکیب اسفتن (۰.۵/۲۴) بوده است (ضریب تغییرات کمتر از ۱۰٪ قابل پذیرش است (۱۴)). بالاترین درصد بازیافت از فیلتر برای ترکیب کریزن (۰.۹۵/۷۲) و پایین‌ترین مقدار برای دو ترکیب دی بنزو آچ آنتراسن و ایندنو ۱،۲،۳ سی دی پیرن (۰.۹۰/۶۹) و بالاترین درصد واجذب از جاذب برای ترکیب

کیوسک‌های شمال تهران گزارش گردید. جدول ۲ میانگین مواجهه شغلی شاغلین در فصل تابستان را در ۵ موقعیت جغرافیایی مورد بررسی نشان می‌دهد.

مواجهه $0.598 \pm 0.073 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بیش از میانگین مواجهه روزانه با این ترکیب در سایر موقعیت‌های جغرافیایی مورد مطالعه بود. کمترین میزان مواجهه روزانه برای ترکیب بنزو جی اچ آی پرین با میانگین $0.0003 \pm 0.0005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در شاغلین

جدول (۲): میانگین مواجهه شاغلین با ترکیبات PAH در فصل تابستان

غرب	مرکز	شرق	جنوب	شمال	هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0.115 ± 0.045	0.154 ± 0.014	0.145 ± 0.017	0.162 ± 0.013	0.130 ± 0.021	فتالن
0.216 ± 0.086	0.301 ± 0.030	0.301 ± 0.029	0.306 ± 0.018	0.170 ± 0.080	اسنفتیلین
0.228 ± 0.091	0.319 ± 0.032	0.315 ± 0.027	0.324 ± 0.019	0.179 ± 0.084	اسنفتن
0.167 ± 0.066	0.234 ± 0.023	0.222 ± 0.013	0.235 ± 0.014	0.131 ± 0.062	فلورن
0.201 ± 0.076	0.268 ± 0.026	0.246 ± 0.024	0.279 ± 0.018	0.166 ± 0.072	فنانترن
0.250 ± 0.100	0.330 ± 0.033	0.316 ± 0.021	0.325 ± 0.021	0.215 ± 0.086	آنتراسن
0.156 ± 0.066	0.203 ± 0.021	0.197 ± 0.015	0.225 ± 0.022	0.129 ± 0.064	فلورانتن
0.162 ± 0.068	0.212 ± 0.022	0.208 ± 0.013	0.233 ± 0.022	0.140 ± 0.042	پیرن
0.408 ± 0.185	0.526 ± 0.057	0.527 ± 0.001	0.598 ± 0.073	0.364 ± 0.137	بنزو آلفا آنتراسن
0.141 ± 0.066	0.181 ± 0.019	0.181 ± 0.013	0.208 ± 0.027	0.130 ± 0.044	کرین
0.091 ± 0.028	0.121 ± 0.013	0.113 ± 0.009	0.125 ± 0.007	0.073 ± 0.042	بنزو بتا و بنزو کافلورانتن
0.104 ± 0.035	0.142 ± 0.018	0.137 ± 0.010	0.148 ± 0.010	0.081 ± 0.053	بنزو آلفا پیرن
0.159 ± 0.055	0.222 ± 0.031	0.228 ± 0.029	0.229 ± 0.014	0.125 ± 0.078	اینندو ۱،۲،۳ سی دی پیرن
0.154 ± 0.054	0.211 ± 0.027	0.205 ± 0.011	0.220 ± 0.014	0.122 ± 0.075	دی بنزو آچ آنتراسن
0.001 ± 0.001	0.027 ± 0.004	0.026 ± 0.003	0.023 ± 0.004	0.0003 ± 0.0005	بنزو جی اچ آی پرین

پرین در موقعیت جغرافیایی شمال بود. نتایج آزمون Mann-Whitney در بررسی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه شاغلین با PAHs نشان داد که میزان مواجهه با کلیه ترکیبات PAH به جز بنزو جی اچ آی پرین ($p=0.089$) در فصل پاییز به طور معنی داری ($p<0.001$) بیش از میزان مواجهه روزانه شاغلین در فصل تابستان بود.

نتایج بررسی مواجهه شاغلین در فصل پاییز در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج، غلظت ترکیب بنزو آلفا آنتراسن در فصل پاییز نیز در هر ۵ موقعیت جغرافیایی بیش از سایر ترکیبات بوده و بالاترین میزان مواجهه نیز برای شاغلین در موقعیت جغرافیایی جنوب ثبت گردیده است ($1.66 \pm 0.212 \mu\text{g}/\text{m}^3$). کمترین میزان مواجهه روزانه مربوط به ترکیب بنزو جی اچ آی

جدول (۳): میانگین مواجهه شاغلین با ترکیبات PAH در فصل پاییز

غرب	مرکز	شرق	جنوب	شمال	هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
۰/۲۸۵±۰/۱۳۳	۰/۴۱۶±۰/۰۴۳	۰/۴۰۹±۰/۰۷۸	۰/۴۴۶±۰/۰۴۶	۰/۳۱۶±۰/۰۰۲	نفتالن
۰/۵۴۰±۰/۲۴۸	۰/۸۲۳±۰/۰۸۵	۰/۸۱۳±۰/۰۹۰	۰/۸۵۰±۰/۰۷۸	۰/۵۸۷±۰/۱۴۳	اسنفتیلن
۰/۵۵۴±۰/۲۹۱	۰/۸۷۵±۰/۰۹۰	۰/۸۶۳±۰/۱۰۷	۰/۹۵۰±۰/۰۸۴	۰/۶۳۹±۰/۱۱۷	اسنفتن
۰/۴۱۸±۰/۱۹۱	۰/۶۳۹±۰/۰۶۵	۰/۶۰۵±۰/۰۶۵	۰/۶۵۳±۰/۰۶۱	۰/۴۸۱±۰/۰۶۴	فلورن
۰/۵۰۲±۰/۲۲۷	۰/۷۳۳±۰/۰۷۵	۰/۷۰۹±۰/۱۲۶	۰/۷۷۴±۰/۰۷۱	۰/۵۷۹±۰/۱۰۹	فنانترن
۰/۶۱۳±۰/۳۱۶	۰/۹۰۵±۰/۰۹۳	۰/۸۹۴±۰/۱۴۹	۰/۹۷۸±۰/۰۹۵	۰/۶۷۱±۰/۲۳۴	آنتراسن
۰/۳۹۳±۰/۱۹۳	۰/۵۵۹±۰/۰۵۷	۰/۵۵۲±۰/۰۸۶	۰/۶۲۴±۰/۰۶۸	۰/۴۷۲±۰/۰۸۷	فلورانتن
۰/۳۹۸±۰/۲۱۶	۰/۵۸۲±۰/۰۶۰	۰/۵۸۷±۰/۰۹۸	۰/۶۴۷±۰/۰۶۹	۰/۴۴۹±۰/۱۲۹	پیرن
۰/۹۹۴±۰/۵۸۶	۱/۴۴±۰/۱۵۲	۱/۴۷±۰/۲۴۶	۱/۶۶±۰/۲۱۲	۱/۲۸±۰/۲۲۳	بنزو آلفا آنتراسن
۰/۳۵۷±۰/۱۸۷	۰/۵۰۰±۰/۰۵۳	۰/۵۱۴±۰/۰۹۶	۰/۵۸۱±۰/۰۷۹	۰/۴۴۷±۰/۰۸۵	کریزن
۰/۲۲۹±۰/۰۹۰	۰/۳۳۳±۰/۰۳۴	۰/۳۲۲±۰/۰۵۵	۰/۳۴۴±۰/۰۳۲	۰/۲۷۴±۰/۰۴۲	بنزو بتا و بنزو کا فلورانتن
۰/۲۶۵±۰/۱۰۹	۰/۳۹۵±۰/۰۴۳	۰/۳۸۹±۰/۰۶۴	۰/۴۱۷±۰/۰۴۱	۰/۳۴۰±۰/۰۲۰	بنزو آلفا پیرن
۰/۴۰۶±۰/۱۷۱	۰/۶۱۹±۰/۰۷۰	۰/۶۵۲±۰/۱۳۶	۰/۶۵۴±۰/۰۶۸	۰/۴۶۵±۰/۱۱۵	ایندنو ۱،۲،۳ سی دی پیرن
۰/۳۹۳±۰/۱۶۸	۰/۵۸۸±۰/۰۶۴	۰/۵۹۱±۰/۰۹۱	۰/۶۳۳±۰/۰۷۴	۰/۴۹۱±۰/۰۵۰	دی بنزو آچ آنتراسن
۰/۰۲۵±۰/۰۳۴	۰/۰۲۱±۰/۰۱۰	۰/۰۵۹±۰/۰۲۱	۰/۰۲۸±۰/۰۰۸	۰/۰۰۹±۰/۰۱۲	بنزو جی اچ آی پرین

مجموع میانگین PAHs سرطان‌زا در فصل تابستان $2 \mu\text{g}$ و در فصل پاییز $6 \mu\text{g}$ بود. جدول ۴ غلظت معادل بنزو آلفا پیرن (BaPeq)، فاکتور معادل سمیت (TEF) و دز استنشاقی را برای هر یک از ترکیبات PAH نشان می‌دهد.

نتایج نشان داد که بیشترین دز استنشاقی بر اساس میزان مواجهه در فصل تابستان و پاییز برای ترکیب بنزو آلفا آنتراسن به ترتیب $4/8 \mu\text{g}$ و 13 و کمترین دز استنشاقی برای ترکیب بنزو جی اچ آی پرین $0/1 \mu\text{g}$ و $0/2$ بود. دز استنشاقی برای

جدول (۴): غلظت معادل بنزو آلفا پیرن، فاکتور معادل سمیت و دز استنشاقی ترکیبات PAH

دز استنشاقی (μg)	BaPeq ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	میانگین مواجهه در پاییز (n=۴۵) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	دز استنشاقی (μg)	TEF	BaPeq ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	میانگین مواجهه در تابستان (n=۴۵) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک
۳/۷	۰/۰۰۰۳۷	۰/۲۸۵±۰/۱۳۳	۱/۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۴	۰/۱۴۱±۰/۰۲۷	نفتالن
۷/۲	۰/۰۰۰۷۲	۰/۵۴۰±۰/۲۴۸	۲/۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲۵	۰/۲۵۹±۰/۰۷۵	اسنفتیلن
۷/۶	۰/۰۰۰۷۶	۰/۵۵۴±۰/۲۹۱	۲/۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲۷	۰/۲۷۳±۰/۰۷۹	اسنفتن
۵/۵	۰/۰۰۰۵۵	۰/۴۱۸±۰/۱۹۱	۱/۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۹	۰/۱۹۸±۰/۰۵۶	فلورن

ادامه جدول (۴): غلظت معادل بنزو آلفا پیرن، فاکتور معادل سمیت و دز استنشاقی ترکیبات PAH

دز استنشاقی (μg)	BaPeq (μg/m ³)	میانگین مواجهه در پاییز (n= ۴۵) (μg/m ³)	دز استنشاقی (μg)	TEF	BaPeq (μg/m ³)	میانگین مواجهه در تابستان (n= ۴۵) (μg/m ³)	هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک
۶/۵	۰/۰۰۰۶۵	۰/۵۰۲±۰/۲۲۷	۲/۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲۳	۰/۲۳۲±۰/۰۶۱	فنانترن
۸/۱	۰/۰۰۰۸۱	۰/۶۱۳±۰/۳۱۶	۲/۹	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲۹	۰/۲۹۲±۰/۰۷۶	آنتراسن
۵/۲	۰/۰۰۰۵۲	۰/۳۹۳±۰/۱۹۳	۱/۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۸	۰/۱۸۲±۰/۰۵۱	فلورانتن
۵/۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۳۹۸±۰/۲۱۶	۱/۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۹	۰/۱۹۱±۰/۰۴۸	پیرن
۱۳	۰/۱۳	۰/۹۹۴±۰/۵۸۶	۴/۸	۰/۱	۰/۰۴۸	۰/۴۸۴±۰/۱۲۹	* بنزو آلفا آنتراسن
۴/۸	۰/۰۰۴۸	۰/۳۵۷±۰/۱۸۷	۱/۶	۰/۰۱	۰/۰۰۱۶	۰/۱۶۸±۰/۰۴۴	* کریزن
۳	۰/۰۳	۰/۲۲۹±۰/۰۹۰	۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۱۰۵±۰/۰۲۸	* بنزو بتا و بنزو کا فلورانتن
۳/۶	۰/۳۶	۰/۲۶۵±۰/۱۰۹	۱/۶	۱	۰/۱۲	۰/۱۲۲±۰/۰۳۶	* بنزو آلفا پیرن
۵/۵	۰/۰۵۵	۰/۴۰۶±۰/۱۷۱	۱	۰/۱	۰/۰۱۹	۰/۱۹۳±۰/۰۵۹	* ایندنو ۱،۲،۳ سی دی پیرن
۵/۳	۰/۵۳	۰/۳۹۳±۰/۱۶۸	۱/۲	۱	۰/۱۸	۰/۱۸۲±۰/۰۵۴	* دی بنزو آ اچ آنتراسن
۰/۲	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۲۵±۰/۰۳۴	۰/۱	۰/۱	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۱۵±۰/۰۱۲	* بنزو جی اچ آی پرین
۵/۷			۲			۰/۲۰۳±۰/۱۰۴	مجموع میانگین PAHs
۶			۲			۰/۲۰۹±۰/۱۳۹	مجموع میانگین PAHs سرطان‌زا

* PAHs سرطان‌زا

بحث

ارزیابی مواجهه و انجام مطالعات اپیدمیولوژیک در دنیای در حال توسعه مهم بوده و دارای مزایایی است. از سوی دیگر افزایش اطلاعات مرتبط با مواجهه با آلاینده‌های ناشی از ترافیک در هوای شهری، پایه و اساس علمی را برای کنترل آلاینده در مناطق محلی فراهم می‌آورد. به عبارت دیگر، انجام مطالعات مرتبط با سلامت انسان برای ارزیابی پیامدهای مواجهه بر سلامت عمومی جامعه و اولویت‌بندی

اقدامات کنترل زیست محیطی ضروری است (۹). با توجه به اینکه نتایج مطالعات نشان داده است که غلظت PAHs در فصول پاییز و زمستان بیشتر از غلظت این ترکیبات در سایر فصول است (۱۲) و همچنین بالا بودن مواجهه روزانه با این ترکیبات در برخی از گروه‌های شغلی مانند پلیس‌های ترافیک و شاغلین کیوسک‌های روزنامه‌فروشی (۱۳)، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه‌فروشی با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای

مواجهه تنفسی شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی و دست فروشان با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در هوای شهر رم در فصل تابستان مربوط به سه ترکیب فناترن ($31/28 \pm 11/63 \text{ ng/m}^3$)، فلورن ($14/53 \pm 1/76 \text{ ng/m}^3$) و آنتراسن ($7/12 \pm 2/61 \text{ ng/m}^3$) بود. در فصل زمستان نیز میزان مواجهه با ترکیبات ذکر شده بالاتر از میانگین مواجهه با سایر ترکیبات بود. مقایسه نتایج حاصل از مطالعه حاضر و مطالعه *Fioretti* (۱۴) نشان می‌دهد که میزان مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی در شهر تهران نیز با این ترکیبات قابل توجه بوده است اما بیشترین میزان مواجهه در شاغلین شهر تهران با دو ترکیب بنزو آلفا آنتراسن و آنتراسن گزارش گردید. این اختلاف به دلیل تفاوت در ترکیب سوخت مصرفی خودروها، حجم ترافیک بالاتر در شهر تهران نسبت به شهر رم و نمونه‌برداری در هر دو فاز ذره‌ای و گازی در مطالعه حاضر است. میانگین مواجهه با ترکیب بنزو آلفا پیرن در فصل تابستان در شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی واقع در جنوب شهر تهران $0/148 \pm 0/10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ و در فصل پاییز $0/417 \pm 0/041 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ بود. نتایج بررسی‌های *Piccardo* و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که میانگین مواجهه تنفسی شاغلین غیر سیگاری کیوسک‌های روزنامه فروشی شهر جنوا با ترکیب بنزو آلفا پیرن در فصل زمستان $1/0 \pm 0/32 \text{ ng/m}^3$ و در فصل گرم $0/65 \pm 0/25 \text{ ng/m}^3$ بوده که پایین‌تر از میزان مواجهه شاغلین در مطالعه حاضر است. میانگین غلظت سالیانه ترکیب بنزو آلفا پیرن در هوای شهرها ۱ تا 10 ng/m^3 تعیین گردیده است (۸) و مقایسه نتایج حاصل از این بررسی با مقادیر پیشنهادی نشان می‌دهد که میزان مواجهه شاغلین بسیار بالاتر از مقادیر پیشنهادی است.

ارزیابی تاثیر تغییرات فصلی بر میزان مواجهه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی با ترکیبات PAH حاکی از افزایش مواجهه شاغلین با این ترکیبات در فصل پاییز است. مانند نتایج مطالعات گذشته (۱۴-۱۱)، نتایج مطالعه نشان داد که میزان مواجهه شاغلین با PAHs موجود در هوای شهر تهران در فصل پاییز دو تا سه برابر بیش از میانگین مواجهه

آروماتیک موجود در هوای شهر تهران در دو فصل تابستان و پاییز انجام گردید.

نتایج مطالعه نشان داد که مواجهه روزانه شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی در هر دو فصل تابستان و پاییز با ترکیب بنزو آلفا آنتراسن بیش از مواجهه تنفسی با سایر ترکیبات PAH بوده است. در شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی واقع در موقعیت جغرافیایی جنوب تهران مواجهه تنفسی بیشتری با این ترکیب ثبت گردید. میانگین مواجهه شاغلین در کیوسک‌های واقع در جنوب تهران با ترکیب بنزو آلفا آنتراسن در فصل تابستان $0/598 \pm 0/073 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ و در فصل پاییز $1/66 \pm 0/212 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ گزارش گردید. همچنین بررسی میزان مواجهه شاغلین نشان داد که در هر دو فصل بیشترین میزان مواجهه با کلیه ترکیبات PAH به جز بنزو جی اچ آی پریلن در شاغلین کیوسک‌های واقع در منطقه جنوب تهران ثبت گردیده است. وجود پایانه‌های مسافربری متعدد، حجم بالای تردد و وسایل نقلیه و جمعیت شهری بالاتر نسبت به سایر مناطق جغرافیایی تهران از دلایل افزایش مواجهه با هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در هوای شهر در شاغلین این منطقه است. نتایج بررسی نشان داد که کمترین میزان مواجهه با ترکیب نفتالن موجود در هوای شهر تهران در هر دو فصل در شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی منطقه غرب وجود داشته است. در مورد سایر ترکیبات، کمترین میزان مواجهه با آنها در فصل تابستان در شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی منطقه شمال تهران گزارش گردید. بر خلاف انتظار، در فصل پاییز کمترین میزان مواجهه برای کلیه هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک مورد مطالعه به جز نفتالن و بنزو جی اچ آی پریلن در منطقه غرب مشاهده گردید. با توجه به اینکه جهت باد غالب در شهر تهران از غرب به شرق بوده و هوای غرب اغلب دارای آلاینده کمتری است (۲۲)، غلظت هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در هوای شهر در فصل پاییز در منطقه تنفسی شاغلین منطقه غرب کمتر بوده است. نتایج نمونه‌برداری از PAHs در فاز ذره‌ای توسط *Fioretti* و همکاران (۲۰۱۰) (۱۴) نشان داد که بیشترین

Applied Chemistry که مقادیر بازیافت ۸۰ تا ۱۰۰٪ را توصیه نموده‌اند (۱۴) توافق دارد. نتایج اعتباربخشی داخلی و خارجی روش آنالیز نشان داد که روش آنالیز مورد استفاده جهت آنالیز PAHs رویه‌ای مناسب جهت تعیین مقدار این ترکیبات بوده و می‌تواند به عنوان ابزار مفیدی جهت ارزشیابی مواجهه شغلی با PAHs مورد نظر قرار گیرد.

اگرچه میزان مواجهه شغلی شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی در کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری قابل توجه بود اما در کلیه ایستگاه‌ها میزان مواجهه شاغلین از حدود استاندارد توصیه شده توسط سازمان‌هایی مانند Occupational Safety and Health Administration (OSHA) and (آنتراسن، بنزو آلفا پیرن، کریزن، فنانترن و پیرن 0.2 mg/m^3 و نفتالن 10 ppm و NIOSH (0.1 mg/m^3) پایین‌تر بود (۲۵).

نتیجه‌گیری

شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی مواجهه شغلی قابل توجهی با PAHs موجود در هوای شهرها دارند. شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی واقع در جنوب شهر تهران مواجهه بیشتری با ترکیبات PAH را تجربه می‌کنند. بالاترین میزان دز استنشاقی مربوط به دو ترکیب بنزو آلفا آنتراسن و آنتراسن در فصل پاییز بود. میزان مواجهه شاغلین با PAHs موجود در هوای شهر تهران در فصل پاییز دو تا سه برابر بیش از میانگین مواجهه روزانه در فصل تابستان بود. روش آنالیز مورد استفاده جهت آنالیز PAHs رویه‌ای مناسب جهت تعیین مقدار این ترکیبات بوده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) طرح تحقیقاتی با عنوان «تعیین هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک در هوای تنفسی کارگران شاغل در کیوسک‌های روزنامه فروشی» مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۲ با کد ۲۴۷۳۷ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

روزانه در فصل تابستان است. فاکتورهای نظیر کاهش دما، کاهش میزان فتولیز و تجزیه رادیکال‌ها و کاهش رسوب ذرات به شکل مرطوب سبب افزایش غلظت PAHs در فصل پاییز و زمستان می‌گردد (۱۱، ۱۲).

بالاترین میزان دز استنشاقی در شاغلین کیوسک‌های روزنامه فروشی مربوط به دو ترکیب بنزو آلفا آنتراسن ($13 \mu\text{g}$) و آنتراسن ($8.1 \mu\text{g}$) در فصل پاییز بود. در مورد ترکیبات سرطان‌زای PAH، بالاترین میزان دز استنشاقی مربوط به ترکیب ایندنو ۱،۲،۳ سی دی پیرن ($5.5 \mu\text{g}$) بود. بالاترین دز استنشاقی حاصل در مطالعه Fioretti و همکاران (۲۰۱۰) (۱۴) در فصل تابستان ($312/8 \text{ ng}$) و زمستان ($422/7 \text{ ng}$) مربوط به ترکیب فنانترن بوده و دزهای استنشاقی گزارش شده پایین‌تر از مطالعه حاضر بود. ارزیابی ریسک سلامتی ترکیبات PAH از طریق محاسبه غلظت معادل بنزو آلفا پیرن (BaP_{eq}) صورت گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که غلظت معادل بنزو آلفا پیرن برای ترکیب بنزو آلفا آنتراسن در فصل پاییز ($0.13 \mu\text{g/m}^3$) بیش از مقدار آن در فصل تابستان ($0.048 \mu\text{g/m}^3$) است. نتایج بررسی Norramit و همکاران (۲۳) نشان داد که غلظت معادل بنزو آلفا پیرن برای ترکیب بنزو آلفا آنتراسن در ذرات قابل استنشاق در ایستگاه‌های نمونه‌برداری هوا در شهر بانکوک در فصول خشک (نوامبر ۲۰۰۲ تا آوریل ۲۰۰۳) در دامنه ng/m^3 0.03 تا 0.09 بوده که پایین‌تر از مقادیر حاصل از مطالعه حاضر است. غلظت معادل بنزو آلفا پیرن بالا در مناطق مسکونی و تجاری هشدار برای وجود ریسک آلاینده برای سلامت انسان بوده و پتانسیل سرطان‌زایی هر یک از PAHs را نشان می‌دهد. غلظت بالای PAHs ریسک مرتبط با سلامت را در مواجهه با این مواد شیمیایی افزایش می‌دهد (۲۴).

نتایج اعتباربخشی خارجی روش آنالیز نشان داد که درصد بازیافت ترکیبات PAH از فیلتر در دامنه 90.69% و 95.72% و از جاذب در دامنه 78.66% و 88.34% بود. میزان بازیافت ترکیبات PAH تقریباً با معیارهای پیشنهادی برای غلظت‌های پایین از سوی اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (International Union of Pure and (IUPAC))

منابع

- 1- Rashid Ashmagh F, Rezaei Kalantary R, Farzadkia M, Joneidy Jafari A, Nabizadeh R. Survey of phenanthrene biodegradation's model in contaminated soils by acinetobacter sp. Iranian Journal of Health and Environment. 2009;2(3):196-203 (in Persian).
- 2- Zare M, Shahtaheri SJ, Mehdipur P, Shekari M, Hajaghazadeh M, Shahriary A, et al. Urinary 1-hydroxypyrene as a biomarker of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in Iranian carbon anode plant workers. International Journal of Environmental Health Engineering. 2012,1(1):44.
- 3- Azimi Yancheshmeh R, Riyahi Bakhtiari AR, Mortazavi S. Ecological risk assessment of polycyclic aromatic compounds in the surface sediments of Anzali wetland in 2010. Iranian Journal of Health and Environment. 2014;7(2):157-70 (in Persian).
- 4- Zare M, Shahtaheri SJ, Mehdipur P, Abedinejad M, Zare S. The influence of CYP1A1 and GSTM1 polymorphism on the concentration of urinary 1-hydroxypyrene in cPAHs exposed Iranian anode

- plant workers. *Molecular & Cellular Toxicology*. 2013;9(3):303-309.
- 5- Moradi Rad R, Omidi L, Kakooei H, Golbabaie F, Hassani H, Abedin Loo R, Azam K. Adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons on activated carbons: Kinetic and isotherm curve modeling. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2014;6(1):43-49.
- 6- Shahtaheri SJ, Ibrahimi L, Golbabaie F, Hosseini M, Fouladi B. Optimization of sample preparation for 1-Hydroxypyrene as a major biomarker of exposure to PAHs prior to HPLC. *Iranian Journal of Public Health*. 2006;35(1):33-41.
- 7- Shahtaheri SJ, Ibrahimi L, Golbabaie F, Hosseini M, Fouladi Dehghi B. Solid phase extraction for 1-hydroxypyrene as a biomarker of occupational exposure to PAHs prior to high performance liquid chromatography. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2007;26(4):75-81.
- 8- Ćwiklak K, Pastuszka J, Rogula-Kozłowska W. Influence of traffic on particulate-matter polycyclic aromatic hydrocarbons in urban atmosphere of Zabrze, Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2009;18(4):579-85.
- 9- Han X, Naeher LP. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*. 2006;32(1):106-20.
- 10- Aghaei H, Kakooei H, Shahtaheri S, Omidi F, Arefian S, Azam K. Evaluating poly-Aromatic Hydrocarbons in respiratory zone of the asphalt workers in Tehran city. *Journal of Health and Safety at Work*. 2014;3(4):31-40 (in Persian).
- 11- Srogi K. Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2007;5(4):169-95.
- 12- Zhang Y, Tao S. Seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) emissions in China. *Environmental Pollution*. 2008;156(3):657-63.
- 13- Piccardo MT, Stella A, Redaelli A, Minoia C, Valerio F. Newsagents' daily personal exposures to benzo (a) pyrene in Genoa, Italy. *Atmospheric Environment*. 2003;37(5):603-13.
- 14- Fioretti M, Catrambone T, Gordiani A, Cabella R. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particulate matter: Validation and application of a gas chromatography-mass spectrometry analytical method. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2010;7(12):672-82.
- 15- ACGIH. TLVs and BEIs based on the documentation of the Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010.
- 16- Eller PM, Cassinelli ME. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th ed. Atlanta, GA: DHHS Publication; 1994.
- 17- Ozcan S, Tor A, Aydin ME. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in waters by ultrasound-assisted emulsification-microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 2010;665(2):193-99.
- 18- Sanagi MM, Ling SL, Nasir Z, Hermawan D, Wan Ibrahim WA, Naim AA. Comparison of signal-to-noise, blank determination, and linear regression methods for the estimation of detection and quantification limits for volatile organic compounds by gas chromatography. *Journal of AOAC International*. 2009;92(6):1833-38.
- 19- Hu Y, Bai Z, Zhang L, Wang X, Zhang L, Yu Q, et al. Health risk assessment for traffic policemen exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Tianjin, China. *Science of the Total Environment*. 2007;382(2):240-50.
- 20- Nisbet IC, LaGoy PK. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1992;16(3):290-300.
- 21- Boström C-E, Gerde P, Hanberg A, Jernström B, Johansson C, Kyrklund T, et al. Cancer risk assessment, indicators, and guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air. *Environmental Health Perspectives*. 2002;110:451-88.
- 22- Safavi S, Alikhani B. Survey of geographical agents in Tehran air pollution. *Geography Research*. 2007;58:99-112 (in Persian).
- 23- Norramit P, Cheevaporn V, Itoh N, Tanaka K. Characterization and carcinogenic risk assessment

- of polycyclic aromatic hydrocarbons in the respirable fraction of airborne particles in the Bangkok metropolitan area. *Journal of Health Science*. 2005;51(4):437-46.
- 24- Kong S, Ding X, Bai Z, Han B, Chen L, Shi J, et al. A seasonal study of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM_{2.5} and PM_{2.5-10} in five typical cities of Liaoning Province, China. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;183(1):70-80.
- 25- Pope AM, Rall DP. *Environmental Medicine: Integrating a Missing Element into Medical Education*. Washington DC: National Academies Press; 1995.

Assessing effects of seasonal variation on occupational exposure of newsagent kiosks to polycyclic aromatic hydrocarbons found in the urban atmosphere of Tehran Metropolitan

F. Rezaei¹, H. Kakooei¹, R. Ahmadkhaniha², K. Azam³, L. Omid¹, S.J. Shahtaheri^{1*}

¹ Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Department of Human Ecology, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Department of Epidemiology & Biostatistics, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: February 2015; Accepted: 4 May 2015 7

ABSTRACT

Background and Objectives: PAHs are main components of urban air pollution and are mutagenic for human being. Seasonal variations have effects on the amount of exposure to PAHs. The objectives of this research were to determine the amount of newsagent's exposure to PAHs found in the urban atmosphere of Tehran City during warm and cold periods and comparing exposure levels in two periods.

Materials and Methods: The assessment of personal exposure was performed based on NIOSH method 5515 and was analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS). Mann-Whitney test was used to determine the effects of seasonal variation on the amount of newsagent's exposure to PAHs.

Results: The mean levels of newsagent's exposure to benzo[a]pyrene in the south area of Tehran City were 0.148 ± 0.010 and 0.417 ± 0.041 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in summer and autumn seasons respectively. The amount was higher than the mean levels of newsagent's exposure in other geographic areas of city. The levels of newsagent's exposure to all PAHs ($p < 0.001$) were significantly higher in autumn compared with summer.

Conclusion: The levels of exposure to PAHs during autumn were 2 to 3 fold higher than the levels of exposure during summer. Newsagents in the south area of Tehran City were experiencing higher levels of exposures to PAHs.

Keywords: PAHs, Occupational exposure, Geographical location, Workers.

*Corresponding Author: shahtaheri@tums.ac.ir

Tel: +98 21 88951390 Fax: +98 21 88954781