

بررسی تغییرات غلظت بنزن هوا در یک مسیر پرتراфик شهر اصفهان از طریق روش نمونه برداری غیر فعال

حمید پاکفرد^۱، محمد مهدی امین^۲، یعقوب حاجی زاده^۳، حمیدرضا پورزمانی^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: روش میکرو استخراج فاز جامد (Solid-phase microextraction یا SPME) به عنوان یک روش ابتکاری نمونه برداری هوا مورد توجه قرار گرفته است. مهم ترین مزیت این روش نسبت به سایر روش های غیر فعال، عدم نیاز به حلال برای استخراج می باشد و می تواند جهت اندازه گیری ترکیباتی مانند بنزن مورد استفاده قرار گیرد.

روش ها: در مطالعه حاضر کارایی روش SPME برای اندازه گیری گاز بنزن در داخل وسایل نقلیه عمومی مورد بررسی قرار گرفت و با نتایج حاصل از روش پمپ و جاذب مقایسه گردید. در مرحله اول، غلظت های مشخصی از بنزن در حجم معین استاندارد سازی و نمودار کالیبراسیون آن رسم شد. سپس نمونه بردارهای SPME در زمان های مشخص در داخل و خارج از اتوبوس نصب و به دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC یا Gas chromatography) تزریق شد. بدین ترتیب غلظت متوسط بنزن در هوا قابل اندازه گیری بود.

یافته ها: مقادیر اندازه گیری شده بنزن با استفاده از روش SPME در داخل و خارج اتوبوس به ترتیب حداکثر تا ۲۶ و ۸ میکروگرم بر مترمکعب بود. داده های حاصل از نمونه برداری با استفاده از روش SPME با داده های به دست آمده از روش معمول با استفاده از جاذب و پمپ آنالیز مقایسه گردید. بعد از رسم نمودار، R^2 به دست آمده حدود ۰/۹۸ بود. روش استخراج فاز جامد می تواند با دقت قابل قبولی برای اندازه گیری بنزن مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری: در فصل بهار در بیشتر مواقع آلودگی هوا از نظر بنزن هم در داخل و هم در خارج از اتوبوس ها در سطح استاندارد بود، اما این میزان در فصل تابستان مقداری بیشتر از حد استاندارد بود که این افزایش بیشتر در داخل اتوبوس ها مشاهده گردید. نتایج مربوط به اندازه گیری با استفاده از روش SPME و روش معمول پمپ و جاذب نزدیکی قابل قبولی را نشان داد.

واژه های کلیدی: آلودگی هوا، نمونه برداری، میکرو استخراج فاز جامد (SPME)، بنزن

ارجاع: پاکفرد حمید، امین محمد مهدی، حاجی زاده یعقوب، پورزمانی حمیدرضا. بررسی تغییرات غلظت بنزن هوا در یک مسیر پرتراфик شهر اصفهان از طریق روش نمونه برداری غیر فعال. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۲): ۱۷۴-۱۷۰

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۶/۱۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۰

مقدمه

طی چند دهه اخیر، گروهی از ترکیبات به نام زئوبیوتیک ها (Xenobiotics) وارد محیط شده اند. این ترکیبات به طور عمده در مقابل تجزیه طبیعی توسط میکروارگانیسم ها مقاومت زیادی نشان می دهند. بسیاری از ترکیبات شیمیایی آلی که به راحتی قابل تجزیه بیولوژیکی نمی باشند مانند بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلین (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylene) یا BTEX)، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (Polycyclic aromatic hydrocarbons یا PAHs)، بی فنیل های پلی کلرینه شده (Polychlorinated biphenyls یا PCBs) و دی اکسین ها که اثرات بهداشتی و زیست محیطی مخربی دارند را باید جهت شناخت وضعیت تجزیه پذیری مورد مطالعه و بررسی قرار داد (۱). سازمان بهداشت جهانی در گزارش سال ۲۰۰۰ خود تخمین زده است که مواجهه جمعیت های شهری با غلظت ۱/۷ میکروگرم در لیتر بنزن در طول زندگی، می تواند باعث افزایش ۱۰ مورد ابتلا به لوسمی به ازای یک میلیون نفر از ساکنان گردد (۲).

همچنین، وجود ترکیبات آلی کربن دار (Volatile organic compounds یا VOCs) در اتمسفر می تواند باعث افزایش تشکیل ازن و ترکیبات فتوشیمیایی شود که اثرات مضر این ترکیبات بر سلامتی انسان ها و اکوسیستم در مطالعات مختلف اثبات شده است. نتایج مطالعات مختلف در کشورهای توسعه یافته و صنعتی نشان می دهد که ترافیک، مهم ترین منبع آلودگی بالای شهرهای پرجمعیت و مواجهه انسانی هوای آزاد به این ترکیبات می باشد (۳). بنزن از بین تمام سموم صنعتی، بدترین شهرت را دارد و در نشریات پزشکی و صنعتی موارد بسیار زیادی از مرگ در اثر بنزن ذکر گردیده و بدون شک تعداد بسیار دیگری بدون ثبت اتفاق افتاده است (۴). آلایندگی های آلی مقاوم را می توان به صورت فعال و با استفاده از پمپ ها و مکش ترکیبات آلایندگی به داخل و عبور دادن از یک ماتریکس جاذب و یا از طریق نمونه برداری غیر فعال با مکانیسم های دیفیوژن یا جذب، از فاز گازی جدا کرد و به ماتریکس نمونه برداری منتقل نمود. نمونه برداری فعال به صورت متداول انجام می گیرد و تا حدودی گران است. بنابراین، فقط در موارد خاصی کاربرد دارد و با

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

۲- استاد، مرکز تحقیقات محیط زیست و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات محیط زیست و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: amin@hlth.mui.ac.ir

نویسنده مسؤول: محمد مهدی امین

برای قسمت اصلی مطالعه که مربوط به نصب نمونه‌برداری در اتوبوس واحد به همراه نمونه‌برداری پمپ و جاذب می‌باشد، ۳۲ عدد بود.

نمونه‌بردارهای SPME در هولدرهای محافظ نمونه‌برداری در داخل اتوبوس‌های مورد نظر نصب گردید. نمونه‌برداری در دو فصل و در داخل اتوبوس‌های شرکت واحد اتوبوسرانی در مسیر پرترد میدان آزادی به میدان جمهوری شهر اصفهان انجام شد و در هر سیکل نمونه‌برداری، نمونه‌ها جهت استخراج و آنالیز به آزمایشگاه ارسال می‌گردید.

پس از پایان نمونه‌برداری، آلاینده‌های جذب شده در فاز جامد بدون نیاز به روش‌های استخراج، به طور مستقیم از نظر مقدار غلظت بنزن با دستگاه GC طبق روش‌های استاندارد آنالیز شدند. در نهایت، نتایج به دست آمده با استانداردهای موجود برای آلاینده‌های ذکر شده مقایسه و تفسیر لازم در این زمینه ارایه گردید. داده‌های حاصل شده با استفاده از رگرسیون در نرم‌افزار Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

کالیبراسیون دستگاه GC و نمونه‌بردار SPME

جداسازی در دستگاه GC متصل به آشکارساز FID، با استفاده از ستون موئینه (میکرومتر) $df\ 1/50$ (میلی‌متر) 1.1×0.25 ، (متر) $L \times 60$ VOCOL™ صورت گرفت. ستون مذکور یکی از کاربردی‌ترین ستون‌ها در تجزیه ترکیبات آلی فرار با قطبیت بالا می‌باشد.

برای کالیبراسیون دستگاه GC-FID، استانداردهای مورد نیاز در دی‌سولفید کربن ساخته شد.

مقدار آنالیت که در مطالعه حاضر بنزن می‌باشد، روی یک نمونه‌بردار غیر فعال با رابطه ۱ تعیین گردید (۹).

$$n = (Dg.A/L).C.t \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه، n مقدار آنالیت تزریق شده به درون دستگاه تجزیه (قابل محاسبه با استفاده از منحنی کالیبراسیون)، Dg ضریب انتشار فاز گازی آنالیت، A سطح مقطع انتشار (بر حسب سانتی‌متر و قابل محاسبه برای هر نوع نیدل)، L طول مسیر انتشار (سانتی‌متر) و C غلظت آلاینده در محیط (میکروگرم بر مترمکعب) می‌باشد.

یافته‌ها

حد تشخیص در مطالعه حاضر بر اساس نسبت سیگنال به نویز (Signal to Noise ratio یا SNR)، ۳ تعیین گردید. بدین منظور، نمونه‌برداری در آزمایشگاه جهت کالیبراسیون در غلظت‌های مختلف برای نمونه‌های ساخته شده در حجم معلوم انجام گرفت. در هر مرحله، غلظت مورد استفاده در نمونه‌برداری کاهش یافت تا جایی که پس از نمونه‌برداری با SPME، نسبت مشاهده شده SNR برابر با ۳ گردد (میانگین سه بار اندازه‌گیری). در این قسمت از تحقیق، حد تشخیص قابل قبول، ۱ میکروگرم در مترمکعب هوا به دست آمد. مقادیر اندازه‌گیری شده بنزن با روش SPME همراه با مقادیر استاندارد در جدول ۱ ارایه شده است. اندازه‌گیری بنزن به روش SPME در دو فصل بهار و تابستان و در فواصل زمانی ۱۵ روزه صورت گرفت. دلیل اندازه‌گیری در فصول مختلف آن است که بر اساس نتایج مطالعات، دما شاخص مهمی در نمونه‌برداری با روش غیر فعال می‌باشد.

توجه به حجم هوای عبوری از نمونه‌بردار، غلظت مطلق ترکیبات از آن به دست می‌آید. این وسایل نمونه‌برداری به نگهداری توسط اپراتورهای ماهر نیاز دارند، دارای نیروی برق می‌باشند و واحد نمونه‌برداری اغلب حجم زیادی دارد. در صورتی که هدف از مطالعه، تهیه نقشه فضایی از چگونگی انتشار آلاینده‌های آلی در مدت زمان زیاد باشد، روش فعال گزینه مناسبی نیست. در چنین مواقعی، نمونه‌بردارهای غیر فعال کاربرد زیادی خواهند داشت. روش نمونه‌برداری غیر فعال ارزان و آسان‌تر است و نیاز به نگهداری ندارد. همچنین، بیشتر برای استفاده جهت نمونه‌گیری از داخل ساختمان و مکان‌های کاری مناسب است (۵).

به‌تازگی روش میکرو استخراج فاز جامد (SPME یا Solid-phase microextraction) به عنوان یک روش ابتکاری نمونه‌برداری هوا مورد توجه قرار گرفته است. فرایند انتقال جرم دینامیک برای SPME را می‌توان با مدل انتقال جرم دیفیوژنی توصیف کرد و میزان ماده جذب شده با قانون Fick قابل محاسبه می‌باشد. مهم‌ترین مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های غیر فعال، عدم نیاز به حلال برای استخراج است و اندازه‌گیری ماده مورد نظر به طور مستقیم از طریق وارد کردن اندازه‌گیر به داخل کروماتوگرافی گازی (Gas chromatography یا GC) امکان‌پذیر می‌باشد (۶). در این روش به دلیل حذف شدن مرحله استخراج از حلال، فرایند آنالیز بسیار ساده‌تر و آسان‌تر انجام می‌گیرد (۷).

Hook و همکاران در مطالعه خود به بررسی قابلیت کاربرد نمونه‌برداری مبتنی بر SPME و آنالیز با GC/Mass spectrometry (GC/MS) به عنوان روشی جهت اندازه‌گیری و تعیین مقدار سریع ترکیبات آلاینده هوا در محیط پرداختند. آن‌ها فیبرهای Polydimethylsiloxane (PDMS) و Divinylbenzene (DVB) را جهت استخراج و تعیین مقدار ترکیبات BTEX و هیدروکربن‌های خطی و آروماتیک مورد استفاده قرار دادند. نتایج بررسی آنان نشان داد که SPME روش بسیار مناسب، قابل اطمینان و مقرون به صرفه‌ای جهت اندازه‌گیری ترکیبات آلاینده آلی موجود در هوا می‌باشد (۸).

کلان شهر اصفهان با جمعیتی نزدیک به ۱۷۴۵۴۲۸ نفر، دومین شهر پرجمعیت و اولین شهر صنعتی ایران محسوب می‌شود که هوای آن در معرض آلاینده‌های متنوعی قرار دارد. تاکنون مطالعه‌ای در زمینه غلظت آلاینده‌های آلی مقاوم و مواجهه افراد با آن در هوای آزاد و هوای محیط‌های بسته به ویژه بنزن در این شهر انجام نشده است. بنابراین، ضروری است تحقیقاتی در زمینه شناسایی، ارزیابی و کنترل این گونه آلاینده‌ها در هوای محیط‌های آزاد و بسته با تراکم زیاد جمعیت صورت گیرد. در پژوهش حاضر، کارایی روش SPME برای اندازه‌گیری گاز بنزن در داخل وسایل نقلیه عمومی مورد بررسی قرار گرفت و با نتایج حاصل از روش‌های معمول مقایسه شد و همچنین، تحلیلی درباره میزان و دلایل وجود این غلظت‌ها از گاز بنزن صورت گرفت.

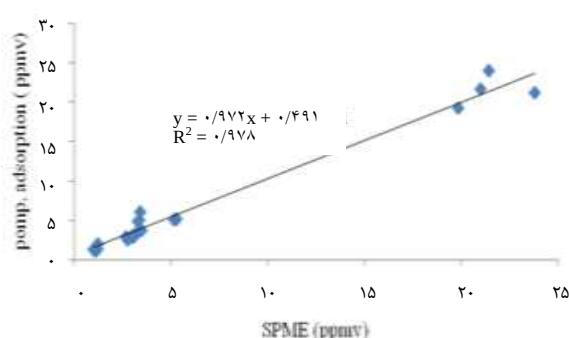
روش‌ها

در این مطالعه کاربردی، غلظت گاز بنزن در هوای آزاد و هوای محیط‌های بسته داخل وسایل نقلیه عمومی شهر اصفهان با روش نمونه‌برداری غیر فعال SPME (Passive) به عنوان روشی ساده و ارزان، نمونه‌برداری گردید و با دستگاه‌های تجزیه پیشرفته GC/Flame ionization detector (GC/FID) مورد آنالیز قرار گرفت. تعداد نمونه‌ها برای کالیبراسیون، ۴۰ عدد و

جدول ۱. اندازه گیری بنزن به روش Solid-phase microextraction (SPME) در دو فصل بهار و تابستان با فواصل زمانی ۱۵ روزه و مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست ایران

فصل سال	غلظت در داخل [میلی (میکروگرم بر مترمکعب)]	غلظت در خارج (میکروگرم بر مترمکعب)	استاندارد (میکروگرم بر مترمکعب)
بهار	۱	۱۲۰	۲۰۰
	۲	۱۵۴	۲۰۰
تابستان	۱	۱۹۷	۲۰۰
	۲	۱۲۰	۲۰۰

عنوان جایگزین مناسبی جهت روش های مبتنی بر حلال کنونی پیشنهاد شده است.



شکل ۱. مقایسه دو روش Solid-phase microextraction (SPME) و پمپ و جذب برای تعیین مقدار بنزن بر اساس نرخ نمونه برداری واقعی محاسبه شده

Chen و Pawliszyn در پژوهش خود از شیوه SPME و روش معمول جذب استفاده نمودند و تولوئن را در مناطق مختلف غیر شغلی نمونه برداری کردند. برای تعداد ۲۰ نمونه اخذ شده، ضریب همبستگی ۰/۹۶ با روش استاندارد NIOSH ۱۵۰۱ به دست آمد (۱۶).

ضروری است تحقیقاتی در زمینه شناسایی، ارزیابی و کنترل این گونه آلاینده ها در هوای محیط های آزاد و بسته با تراکم زیاد جمعیت صورت گیرد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در فصل بهار در بیشتر مواقع آلودگی هوا از نظر بنزن هم در داخل و هم در خارج از اتوبوس ها در سطح کمی بالاتر از استاندارد می باشد، اما در فصل تابستان، افزایش از حد استاندارد بیشتر است که این افزایش در داخل اتوبوس ها نسبت به هوای خارج مشهودتر بود. این امر را می توان ناشی از نشت بنزن در نتیجه دمای بالای وارد شده به تجهیزات پلاستیکی صندلی های داخل اتوبوس یا تهویه ناکافی هوای فضای داخلی اتوبوس دانست و شاید ارتباط زیادی با آلودگی هوای شهر ندارد.

با توجه به این که اتوبوس های انتخاب شده در مطالعه حاضر از سوخت Compressed natural gas (CNG) استفاده می کردند، احتمال نشت بنزن از موتور اتوبوس در نتیجه تبخیر سوخت متفی می باشد. لازم به ذکر است که بیشتر آلودگی هوای شهر اصفهان در فصل زمستان اتفاق می افتد و متداول ترین اتفاق، افزایش شاخص های زیست محیطی بیشتر از حد استاندارد به دلیل شرایط وارونگی دمایی است که در این فصل روی می دهد. به نظر می رسد انجام این تحقیق به صورت گسترده تر و در تمام فصول، می تواند نتایج بسیار ارزشمندی را در برداشته باشد.

در مطالعات مشابه نیز این مورد بررسی و تأیید شده است (۱۱، ۱۰). به طور کلی، ضریب انتشار با افزایش دما افزایش می یابد. بنابراین، در برداشت اولیه می توان تصور نمود که با افزایش دما، نرخ نمونه برداری نیز افزایش پیدا می کند.

در مطالعه حاضر نتایج حاصل از نمونه برداری با استفاده از SPME، با نتایج به دست آمده از روش معمول با استفاده از زغال فعال و پمپ آنالیز مقایسه گردید که R^2 به دست آمده حدود ۰/۹۸ بود و نشان دهنده شباهت نسبی نتایج حاصل از دو روش می باشد. نتایج به دست آمده در شکل ۱ ارایه شده است.

در جدول ۲ بنزن به روش پمپ و جذب در دو فصل بهار و تابستان و فواصل زمانی ۱۵ روز نمونه گیری اندازه گیری گردید و نتایج به دست آمده از آن با استاندارد سازمان محیط زیست ایران مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۲. اندازه گیری بنزن به روش پمپ و جذب در دو فصل بهار و تابستان با فواصل زمانی ۱۵ روزه و مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست ایران

فصل سال	غلظت در داخل [میلی (میکروگرم بر مترمکعب)]	غلظت در خارج (میکروگرم بر مترمکعب)	استاندارد (میکروگرم بر مترمکعب)
بهار	۱	۶/۹۷	۵
	۲	۱۲/۵	۵
تابستان	۱	۲۶/۸	۵
	۲	۲۵/۸	۵

بحث

در پژوهش حاضر روش SPME به طور موفقیت آمیزی در نمونه برداری و تعیین مقدار هیدروکربن زیان آور بنزن در شرایط داخل و خارج اتوبوس مورد استفاده قرار گرفت.

مطالعات متعددی نیز به طور موردی به بررسی و مقایسه روش SPME با روش های متداول بر پایه جذب و حلال پرداخته اند که از آن جمله می توان به پژوهش های Augusto و همکاران (۱۲)، Tsai و همکاران (۱۳) و Tsai و همکاران (۱۴) و Chang (۱۵) اشاره نمود. در مطالعات مذکور، کارایی روش های پیشنهاد شده با روش های موجود سازمان National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) یا Occupational Safety and Health Administration (OSHA) مقایسه شده است (۱۵-۱۲). در تمام این تحقیقات، SPME به

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از سازمان اتوبوسرانی درون شهری اصفهان که در مراحل مختلف انجام پژوهش و نمونه برداری همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می آورند.

نتیجه گیری

استفاده از روش نمونه برداری غیر فعال مانند SPME ساده است و می تواند کارایی زیادی برای اندازه گیری ترکیبات آلاینده هوا به صورت روتین داشته باشد. نتایج به دست آمده در روش SPME قابل مقایسه با روش معمول بر پایه پمپ های جاذب و نزدیک هم می باشد.

References

1. Cocheo V, Sacco P, Boaretto C, De Saeger E, Ballesta PP, Skov H, et al. Urban benzene and population exposure. *Nature* 2000; 404(6774): 141-2.
2. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe. Geneva, Switzerland: World Health Organization, Regional Office for Europe; 2000.
3. Atkinson R. Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. *Atmos Environ* 2000; 34(12): 2063-101.
4. Andrews LS, Lee EW, Witmer CM, Kocsis JJ, Snyder R. Effects of toluene on the metabolism, disposition and hemopoietic toxicity of [3H]benzene. *Biochem Pharmacol* 1977; 26(4): 293-300.
5. Harner T, Bartkow M, Holoubek I, Klanova J, Wania F, Gioia R, et al. Passive air sampling for persistent organic pollutants: Introductory remarks to the special issue. *Environ Pollut* 2006; 144(2): 361-4.
6. Bohlin P, Jones KC, Strandberg B. Occupational and indoor air exposure to persistent organic pollutants: A review of passive sampling techniques and needs. *J Environ Monit* 2007; 9(6): 501-9.
7. Isetun S, Nilsson U, Colmsjo A, Johansson R. Air sampling of organophosphate triesters using SPME under non-equilibrium conditions. *Anal Bioanal Chem* 2004; 378(7): 1847-53.
8. Hook GL, Kimm GL, Hall T, Smith PA. Solid-phase microextraction (SPME) for rapid field sampling and analysis by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Trends Analyt Chem* 2002; 21(8): 534-43.
9. Namiesnik J, Jastrzbska A, Zygmunt B. Determination of volatile aliphatic amines in air by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography with flame ionization detection. *J Chromatogr A* 2003; 1016(1): 1-9.
10. Van Lancker F, Adams A, Delmulle B, De Saeger S, Moretti A, Van Peteghem C, et al. Use of headspace SPME-GC-MS for the analysis of the volatiles produced by indoor molds grown on different substrates. *J Environ Monit* 2008; 10(10): 1127-33.
11. Cheremisinoff NP. Handbook of air pollution prevention and control. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann; 2002.
12. Augusto F, Koziel J, Pawliszyn J. Design and validation of portable SPME devices for rapid field air sampling and diffusion-based calibration. *Anal Chem* 2001; 73(3): 481-6.
13. Tsai SW, Tsai ST, Wang VS, Lai JS. Laboratory and field validations of a solid-phase microextraction device for the determination of ethylene oxide. *J Chromatogr A* 2004; 1026(1-2): 25-30.
14. Tsai SW, Kao KY. Diffusive sampling of airborne furfural by solid-phase microextraction device with on-fiber derivatization. *J Chromatogr A* 2006; 1129(1): 29-33.
15. Tsai SW, Chang TA. Time-weighted average sampling of airborne n-valeraldehyde by a solid-phase microextraction device. *J Chromatogr A* 2002; 954(1-2): 191-8.
16. Chen Y, Pawliszyn J. Time-weighted average passive sampling with a solid-phase microextraction device. *Anal Chem* 2003; 75(9): 2004-10.

An Investigation into Benzene Levels of Air in One of the High Traffic Routs of Isfahan, Iran, by Solid-Phase Microextraction Method

Hamid Pakfard¹, Mohammad Mehdi Amin², Yaghoub Hajizadeh³, Hamidreza Pourzamani³

Original Article

Abstract

Background: Solid-phase microextraction (SPME) has received much attention as a new approach for air sampling. SPME is an efficient solventless sample preparation method which can be easily applied to a variety of chemical compounds.

Methods: In this study, the efficiency and accuracy of SPME method for analysis of benzene exposure inside public vehicles was investigated and compared with results of present analytical and separation methods. In the first phase, different concentrations of benzene were standardized in specific volume of air and the calibration graph was drawn. In the next stage, SPME samplers were installed for specified periods inside and outside the bus. Then, the average concentration of benzene in the air was measured by injection of SPME fiber into the gas chromatography (GC) device.

Findings: Maximum concentration of benzene was about 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ inside the bus and 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ outside the bus. The comparison between measured values of SPME method and adsorbent tubes method provided a high degree of correlation ($R^2 = 0.98$), indicating that SPME method can measure benzene concentration with reasonable accuracy.

Conclusion: According to the present study results, a noticeable increase in the concentration of benzene was observed inside the bus during summer which exceeded the standard level and the measured values of benzene outside and inside the bus during spring, which was at the standard level. The results of the measurements using the conventional method of pumps and absorbent and SPME showed acceptable similarity.

Keywords: Air pollution, Sampling size, Solid-phase microextraction, Benzene

Citation: Pakfard H, Amin MM, Hajizadeh Y, Pourzamani H. **An Investigation into Benzene Levels of Air in One of the High Traffic Routs of Isfahan, Iran, by Solid-Phase Microextraction Method.** J Health Syst Res 2017; 13(2): 170-4.

1- MSc Student, School of the Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor, Environment Research Center AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Assistant Professor, Environment Research Center AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Mohammad Mehdi Amin, Email: amin@hlth.mui.ac.ir