DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2850 Published by Vesnu Publications

بررسی تغییرات غلظت بنزن هوا در یک مسیر پرترافیک شهر اصفهان از طریق روش نمونه‌برداری غیر فعال

حمید پاکفرد[۱]، محمد مهدی امین[۲]، یعقوب حاجی‌زاده[۳]، حمیدرضا پورزمانی[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: روش میکرو استخراج فاز جامد (Solid-phase microextraction یا SPME) به عنوان یک روش ابتکاری نمونه‌برداری هوا مورد توجه قرار گرفته است. مهم‌ترین مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های غیر فعال، عدم نیاز به حلال برای استخراج می‌باشد و می‌تواند جهت اندازه‌گیری ترکیباتی مانند بنزن مورد استفاده قرار گیرد.

روش‌ها: در مطالعه حاضر کارایی روش SPME برای اندازه‌گیری 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، غلظت‌های مشخصی از بنزن در حجم معین استانداردسازی و نمودار کالیبراسیون آن رسم شد. سپس نمونه‌بردارهای SPME در زمان‌های مشخص در داخل و خارج از اتوبوس نصب و به دستگاه کروماتوگرافی گازی (Gas chromatography یا GC) تزریق شد. بدین ترتیب غلظت متوسط بنزن در هوا قابل اندازه‌گیری بود.

یافته‌ها: مقادیر اندازه‌گیری شده بنزن با استفاده از روش SPME در داخل و خارج اتوبوس به ترتیب حداکثر تا ۲۶ و ۸ میکروگرم بر مترمکعب بود. داده‌های حاصل از نمونه‌برداری با استفاده از روش SPME با داده‌های 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 می‌تواند با دقت قابل قبولی برای اندازه‌گیری بنزن مورد استفاده قرار گیرد.

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

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، نمونه‌برداری، میکرو استخراج فاز جامد (SPME)، بنزن

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

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۰ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۶/۱۵

مقدمه

طی چند دهه اخیر، گروهی از ترکیبات به نام زنوبیوتیک‌ها (Xenobiotics) وارد محیط شده‌اند. این ترکیبات به طور عمده در مقابل تجزیه طبیعی توسط میکروارگانیسم‌ها مقاومت زیادی نشان می‌دهند. بسیاری از ترکیبات شیمیایی آلی که به راحتی قابل تجزیه بیولوژیکی نمی‌باشند مانند بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylene یا BTEX)، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (Polycyclic aromatic hydrocarbons یا PAHs)، بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه شده (Polychlorinated biphenyls یا PCBs) و دی‌اکسین‌ها که اثرات بهداشتی و زیست محیطی مخربی دارند را باید جهت شناخت وضعیت تجزیه‌پذیری مورد مطالعه و بررسی قرار داد (۱). سازمان بهداشت جهانی در گزارش سال ۲۰۰۰ خود تخمین زده است که مواجهه جمعیت‌های شهری با غلظت ۱/۷ میکروگرم در لیتر بنزن در طول زندگی، می‌تواند باعث افزایش ۱۰ مورد ابتلا به لوسمی به ازای یک میلیون نفر از ساکنان گردد (۲).

همچنین، وجود ترکیبات آلی کربن‌دار (Volatile organic compounds یا VOCs) در اتمسفر می‌تواند باعث افزایش تشکیل ازن و ترکیبات فتوشیمیایی شود که اثرات مضر این ترکیبات بر سلامتی انسان‌ها و اکوسیستم در مطالعات مختلف اثبات شده است. نتایج مطالعات مختلف در کشورهای توسعه یافته و صنعتی نشان می‌دهد که ترافیک، مهم‌ترین منبع آلودگی بالای شهرهای پرجمعیت و مواجهه انسانی هوای آزاد به این ترکیبات می‌باشد (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).

آلاینده‌های آلی مقاوم را می‌توان به صورت فعال و با استفاده از پمپ‌ها و مکش ترکیبات آلاینده به داخل و عبور دادن از یک ماتریکس جاذب و یا از طریق نمونه‌برداری غیر فعال با مکانیسم‌های دیفیوژن یا جذب، از فاز گازی جدا کرد و به ماتریکس نمونه‌برداری منتقل نمود. نمونه‌برداری فعال به صورت متداول انجام می‌گیرد 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
نویسنده مسؤول: محمد مهدی امین Email: amin@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2850]

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، نمونه‌برداری 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 این‌گونه 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 برای قسمت اصلی مطالعه که مربوط به نصب نمونه‌بردارها 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 پرتردد 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 تفاسیر 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 ۱/۵۰، (میلی‌متر) I.D × ۰/۲۵، (متر) L × ۶۰ 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).

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

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.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2850]

جدول ۱. اندازه‌گیری 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 (میکرو گرم بر مترمکعب)
بهار	۱	۵۹	۱۲۰	۲۰۰
	۲	۸۸	۱۵۴	۲۰۰
تابستان	۱	۱۱۲	۱۹۷	۲۰۰
	۲	۱۰۲	۱۲۰	۲۰۰

در مطالعات مشابه نیز این مورد بررسی و تأیید شده است (۱۱، ۱۰). به طور کلی، ضریب انتشار با افزایش دما افزایش می‌یابد. بنابراین، در برداشت اولیه می‌توان تصور نمود که با افزایش دما، نرخ نمونه‌برداری نیز افزایش پیدا می‌کند.

در مطالعه حاضر نتایج حاصل از نمونه‌برداری 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 می‌باشد. نتایج به دست آمده در شکل ۱ ارایه شده است.

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

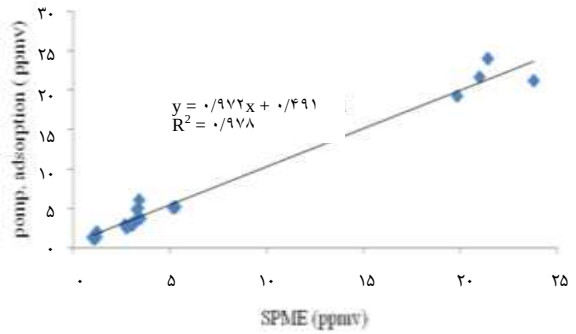
جدول ۲. اندازه‌گیری بنزن به روش پمپ و جاذب در دو فصل بهار و تابستان با فواصل زمانی ۱۵ روزه و مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست ایران

فصل سال		غلظت در داخل [میلی (میکروگرم بر مترمکعب)]	غلظت در خارج (میکروگرم بر مترمکعب)	استاندارد (میکروگرم بر مترمکعب)
بهار	۱	۱۴/۹	۶/۹۷	۵
	۲	۱۲/۵	۷/۱۰	۵
تابستان	۱	۲۶/۸	۷/۹۶	۵
	۲	۲۵/۸	۶/۲۰	۵

بحث

در پژوهش حاضر روش SPME به طور موفقیت‌آمیزی در نمونه‌برداری و تعیین مقدار هیدروکربن زیان‌آور بنزن در شرایط داخل و خارج اتوبوس مورد استفاده قرار گرفت.

مطالعات متعددی نیز به طور موردی به بررسی و مقایسه روش SPME با روش‌های متداول بر پایه جاذب و حلال پرداخته‌اند که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های Augusto و همکاران (۱۲)، Tsai و همکاران (۱۳) و Tsai و همکاران (۱۴) و Tsai و Chang (۱۵) اشاره نمود. در مطالعات مذکور، کارایی روش‌های پیشنهاد شده با روش‌های 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 عنوان جایگزین مناسبی جهت روش‌های مبتنی بر حلال کنونی پیشنهاد شده است.



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

Chen و Pawliszyn در پژوهش خود از شیوه SPME و روش معمول جاذب استفاده نمودند و تولوئن را در مناطق مختلف غیر شغلی نمونه‌برداری 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 این‌گونه آلاینده‌ها در هوای محیط‌های 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 اتوبوس‌ها در سطح کمی بالاتر از استاندارد می‌باشد، اما در فصل تابستان، افزایش از حد استاندارد بیشتر است که این افزایش در داخل اتوبوس‌ها نسبت به هوای خارج مشهودتر بود. این امر را می‌توان ناشی از نشت بنزن در نتیجه دمای بالای وارد شده به تجهیزات پلاستیکی صندلی‌های داخل اتوبوس یا تهویه ناکافی هوای فضای داخلی اتوبوس دانست و شاید ارتباط زیادی با آلودگی هوای شهر ندارد.

با توجه به این که اتوبوس‌های انتخاب شده در مطالعه حاضر از سوخت Compressed natural gas (CNG) استفاده می‌کردند، احتمال نشت بنزن از موتور اتوبوس در نتیجه تبخیر سوخت منتفی می‌باشد. لازم به ذکر است که بیشتر آلودگی هوای شهر اصفهان در فصل زمستان اتفاق می‌افتد و متداول‌ترین اتفاق، افزایش شاخص‌های زیست محیطی بیشتر از حد استاندارد به دلیل شرایط وارونگی دمایی است که در این فصل روی می‌دهد. به نظر می‌رسد انجام این تحقیق به صورت گسترده‌تر و در تمام فصول، می‌تواند نتایج بسیار ارزشمندی را در برداشته باشد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2850]

نتیجه‌گیری

استفاده از روش نمونه‌برداری غیر فعال مانند SPME ساده است و می‌تواند کارایی زیادی برای اندازه‌گیری ترکیبات آلاینده هوا به صورت روتین داشته باشد. نتایج به دست آمده در روش SPME قابل مقایسه با روش معمول بر پایه پمپ‌های جاذب و نزدیک هم می‌باشد.

تشکر و قدردانی

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

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 microextration 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.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2850]

DOI: *10.22122/jhsr.v13i2.2850* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research Received: 30.05.2016

Vol. 13, No. 2, Summer 2017 Accepted: 05.09.2016

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

Hamid Pakfard[1], Mohammad Mehdi Amin[2], Yaghoub Hajizadeh[3], Hamidreza Pourzamani[3]

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 $\mu g/m^3$ inside the bus and 8 $\mu g/m^3$ 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

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2850]