دو ماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست- پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال شانزدهم، شماره ۶، صفحه ۴۲۷ - ۴۱۹ (بهمن و اسفند ۱۳۹۲)

ISMJ 2014; 16(6): 419-427

بررسی میزان مواجهه با بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن (BTEX) به‌روش میکرواستخراج از فاز جامد و کروماتوگرافی گازی در پمپ بنزین‌های شهر یزد

محمدحسین مصدق مهرجردی[۱]، نسیم طهماسبی[۲*]، ابوالفضل برخورداری فیروزآبادی[۲]، حسین فلاح‌زاده[۳]، ساناز اسماعیلیان[۲]، کاظم سلطانی‌زاده[۴]

[۱] گروه فارماکولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
[۲] گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
[۳] گروه آمار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
[۴] شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران

دریافت مقاله: ۹۰/۷/۳۰- پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۴

چکیده

زمینه: بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، گزیلن (BTEX) از جمله ترکیبات آلی فرار می‌باشند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه دارند. BTEX موجود در بنزین مصرفی در اثر تبخیر بنزین از جایگاه‌های توزیع فراورده‌های نفتی وارد هوای شهرها می‌شود و کارکنان پمپ بنزین در مواجهه با آن قرار می‌گیرند. روش جدید استخراج ترکیبات آلی فرار به‌وسیله روش میکرو استخراج از فاز جامد (SPME) می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه بهینه‌سازی شرایط استخراج BTEX از نمونه‌های هوا به‌وسیله SPME و اندازه‌گیری میزان آلودگی پمپ بنزین‌های شهر یزد می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نمونه‌های هوا توسط کیسه نمونه‌برداری تدلار جمع‌آوری شدند و سپس توسط فیبر SPME به‌وسیله دستگاه گازکروماتوگرافی با دتکتور FID تجزیه شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که فیبر PDMS/CAR بیشترین سطح زیر منحنی را در مقایسه با دو نوع فیبر دیگر به‌خود اختصاص داده و نیز مدت زمان استخراج و بازیافت نمونه از فیبر به‌ترتیب ۳ و ۱ دقیقه تعیین شد. میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن به‌ترتیب ۸۰۷±۱۹۳۲، ۴۰۵±۶۶۷، ۸۹±۱۴۸ و ۲۱۶±۳۴۰ میکروگرم در متر مکعب بود.

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت بنزن هوا بالاتر از حد مجاز پیشنهاد شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور (PPM ۰/۵) می‌باشد. در حالی‌که غلظت تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن کمتر از حد مجاز می‌باشد.

واژگان کلیدی: ترکیبات آلی فرار، مدت زمان بازیافت و استخراج، میکرو استخراج از فاز جامد، پمپ بنزین

---

* یزد، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، دانشکده بهداشت

** این پروژه با حمایت مالی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران انجام گردیده است.

E-mail: nasimtahmaseby@yahoo.com

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

مقدمه

ترکیبات آلی فرار از عوامل آلوده‌کننده هوا می‌باشند که به‌صورت مایعات یا جامدات فرار می‌باشند. این ترکیبات که دارای کربن آلی بوده، از طریق فرآیندهای مختلف تولید می‌شوند و با سرعت زیادی تبخیر می‌شوند (۱).

بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، گزیلن (BTEX) از جمله ترکیبات آلی فرار می‌باشند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه دارند و در بین ترکیبات آلی فرار BTEX از اهمیت بیشتری برخوردارند و در صنایع داروسازی و شیمیایی به‌طور وسیعی کاربرد دارند.

این مواد از اجزاء اصلی تشکیل دهنده بنزین (۲) و از اصلی‌ترین حلال‌های مورد استفاده در صنایع (۳) می‌باشند. BTEX موجود در بنزین مصرفی از طریق اگزوز، موتور کاربراتور وسایل نقلیه و همچنین در اثر تبخیر بنزین از جایگاه‌های توزیع فراورده‌های نفتی وارد هوای شهرها می‌شود و بدین‌ترتیب کارکنان پمپ بنزین در مواجهه با این ترکیبات قرار می‌گیرند (۳). مشخصه اصلی این ترکیبات سرعت بالای تبخیر آن‌ها می‌باشد (۴).

مواجهه افراد با تولوئن می‌تواند منجر به عوارض متعدد از جمله تغییراتی در سیستم اعصاب مرکزی مانند خستگی، گیجی، فقدان هماهنگی و تأخیر در زمان واکنش و سرعت ادراکی فرد شود (۴). اتیل بنزن در برخی موارد باعث تحریک چشم‌ها و سیستم گوارشی شده است. تماس مستقیم با گزیلن پوست باعث تحریک آن شده که منجر به خشکی، ترک خوردگی، تاول زدن و درماتیت پوستی می‌گردد (۴).

لوسمی حاد میلوژنز و بیماری‌های خونی، آسیب سیستم ایمنی، اختلالات قاعدگی و تغییرات اندازه تخمدان نیز از جمله عوارض ناشی از مواجهه با بنزن می‌باشد (۵ و ۶). حدود مجاز این ترکیبات PPM ۰/۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ به‌ترتیب برای بنزن، تولوئن، گزیلن و اتیل بنزن می‌باشد (۷).

کروماتوگرافی گازی یکی از روش‌های آنالیز آلاینده‌ها و سموم می‌باشد، روش اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار بر اساس استانداردهای NIOSH، کروماتوگرافی گازی با استفاده از دتکتور FID بوده (۱۰– ۸) که روش استخراج در این متد به‌کارگیری ذغال فعال و جداسازی به‌وسیله دی‌سولفیدکربن می‌باشد. استخراج به کمک حلال علاوه بر ایجاد آلودگی محیطی بسیار وقت‌گیر می‌باشد. از روش‌های جدید استخراج روش SPME[1] می‌باشد. SPME برای اولین بار توسط پائولیزین (Pawliszyn) ابداع و به‌کارگیری آن در محیط‌های مختلف توسط دیگر محققین گسترش پیدا کرد (۸، ۹، ۱۳–۱۱).

از جمله موارد استفاده روش استخراج SPME آنالیز سریع ترکیبات آلی فرار در هوا می‌باشد (۱۱). این روش بدون نیاز به حلال بوده و با جذب ماده آنالیت بر سطح سیلیکای فیبر آن را مستقیما به دستگاه کروماتوگرافی گازی معرفی می‌نماید. از دیگر مزایای این روش استخراج حذف مراحل آماده‌سازی نمونه، کوتاه کردن مدت زمان استخراج و دقت بالا در اندازه‌گیری آنالیت‌ها می‌باشد (۱۶–۱۴).

در مطالعه‌ای که توسط لاگوریو (Lagorio) و همکاران صورت گرفت میانگین غلظت بنزن و تولوئن در پمپ بنزین‌ها به‌ترتیب ۱۶۹ و۴۲۴ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شد (۱۷). در دو مطالعه‌ای که توسط ایجی (Egeghy) و همکاران و گیتوری (Ghittori) و همکاران صورت گرفته است غلظت بنزن به‌ترتیب ۲/۹ و ۰/۷۳۶ میلی‌گرم بر متر مکعب گزارش شده است (۱۸ و ۱۹). بهرامی و همکاران مواجهه با بنزن در پمپ بنزین‌های شهر همدان را مورد بررسی قرار دادند. در

[1] Solid Phase Microextraction

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

مطالعه آن‌ها مقدار بنزن اندازه‌گیری شده در محدوده ppb ۱۰۶/۷۳ تا ۴۲/۱۷ گزارش شده است (۲۰).

با توجه به مزایای روش جدید استخراج و اینکه تاکنون اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار در هوا با این روش در ایران صورت نگرفته است، تصمیم به اندازه‌گیری ترکیبات BTEX با روش میکرواستخراج از فاز جامد و کروماتوگرافی گازی گرفته شد. هدف از انجام این مطالعه بهینه‌سازی شرایط استخراج BTEX از نمونه‌های هوا و اندازه‌گیری میزان آلودگی پمپ بنزین‌های شهر یزد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی- مقطعی که در زمستان ۱۳۸۹ انجام شد، تعداد ۱۳ پمپ بنزین به‌صورت تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری از هوا در ۳۵ ایستگاه پمپ بنزین‌های مذکور پس از پایان شیفت صبح انجام گردید. پمپ نمونه‌برداری فردی استفاده شده مدل SKC ساخت کشور انگلستان می‌باشد. برای جمع‌آوری نمونه از کیسه‌های ۵ لیتری شرکت SKC انگلستان استفاده شد. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده (بنزن، اتیل‌بنزن، تولوئن، گزیلن، متانول، استونیتریل) در این مطالعه با درجه خلوص مناسب (HPLC Grade) برای تجزیه به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) مورد استفاده برای آنالیز نمونه Younglin مدل YL6100 ساخت کشور کره با دتکتور یونش شعله‌ای FID با ستون DB-5MS– J&W Scientific (طول ستون: ۶۰ متر، قطر داخلی ستون: ۰/۲۵میلی‌متر، ضخامت فیلم: ۰/۲۵ میکرومتر) می‌باشد. فیبرهای PDMS-DVB(۶۵µm)، PDMS-CAR(۷۵µm)، PDMS(۱۰۰µm) جهت استخراج نمونه‌ها از شرکت Supelco انگلستان خریداری و استفاده گردید.

استخراج و تجزیه نمونه

در این مطالعه از سه نوع فیبر شناخته شده جهت ترکیبات آلی فرار یعنی PDMS-DVB(۶۵µm)، PDMS-CAR(۷۵µm)، PDMS(۱۰۰µm) (۲۱) استفاده تا تأثیر نوع فیبر بر روی میزان استخراج بنزن مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به گازی بودن نمونه از روش استخراج مستقیم استفاده گردید. این روش بر مبنای به تعادل رسیدن غلظت بین دو فاز نمونه در فیبر انجام می‌شود. مدت زمان استخراج در محدوده ۷-۱ دقیقه و زمان بازیافت نمونه از فیبر ۱۸۰-۲۰ ثانیه مورد بررسی قرار گرفت. فیبرها مستقیماً در داخل نمونه قرار گرفتند تا نمونه توسط فیبر استخراج گردد. سپس فیبر از محل تزریق کیسه جدا شده و به دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) تزریق گردید.

نحوه استانداردسازی در کیسه‌های نمونه‌برداری

ابتدا محلول استاندارد مادر با غلظت (Analyte/acetonitrile) (v/v)۱۰۰۰: ۰/۵ برای هر یک از مواد ساخته شد و سپس استانداردهای کاری BTEX در کیسه‌های نمونه‌برداری در غلظت‌های ۸۷، ۴۳۸، ۲۶۳۰ و ۵۲۶۰ برای بنزن ۸۶، ۲۱۶، ۴۳۲ و ۱۷۲۰ برای تولوئن و ۴۳، ۸۶، ۲۱۴ و ۴۳۰ برای اتیل بنزن ۴۳، ۲۱۴، ۴۳۰ و ۸۶۰ میکروگرم بر متر مکعب برای گزیلن در کیسه نمونه‌برداری تهیه شد و پس از ۳۰ دقیقه (۲۲) نمونه به‌وسیله فیبر SPME استخراج و به دستگاه GC تزریق گردید و سطح زیر منحنی

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

متناظر با هر غلظت مشخص گردید. از متانول به‌عنوان استاندارد داخلی استفاده گردید.

نمونه‌برداری

کلیه نمونه‌ها در محدوده تنفسی کارگران در پایان شیفت صبح جمع‌آوری شدند. به‌این‌ترتیب که دبی پمپ روی ۰/۵ لیتر بر دقیقه تنظیم شد سپس با استفاده از شلنگ رابط پمپ را به کیسه نمونه‌برداری متصل نموده (در هر نمونه‌برداری ابتدا کیسه ۳ دفعه با هوای تمیز پر و خالی گردید) و برای مدت ۸ دقیقه نمونه‌برداری انجام شد تا حجم هوا به ۸۰ درصد (۴ لیتر) حجم کیسه برسد. سپس نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و توسط فیبر SPME استخراج و به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد تجزیه قرار گرفتند. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS (USA، Il،Chicago،SPSS Inc) ویرایش ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها

اندازه‌گیری غلظت BTEX با روش میکرواستخراج از فاز جامد و کروماتوگرافی گازی مورد بررسی قرار گرفت که اولین گزارش در نوع خود می‌باشد. با توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی مشابه این ترکیبات شرایط بهینه از نظر نوع فیبر، زمان استخراج و زمان بازیافت برای بنزن بررسی گردید که نتایج در شرح جدول ۱ آمده است.

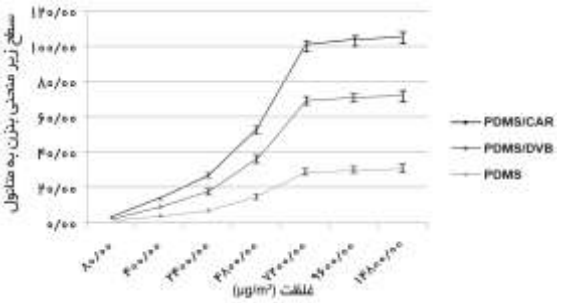
انتخاب نوع فیبر

نتایج حاصل از ارزیابی فیبرهای مورد استفاده جهت استخراج نشان داد که فیبر PDMS/CAR بیشترین سطح زیر منحنی را در مقایسه با دو نوع فیبر دیگر به‌خود اختصاص داده و کارایی و تأثیر بیشتری در جذب و استخراج بنزن دارد (نمودار ۱).

جدول ۱) غلظت BTEX در هوا به تفکیک هر ایستگاه

پمپ بنزین	شماره ایستگاه	بنزن $\mu g/m^3$	تولوئن $\mu g/m^3$	اتیل‌بنزن $\mu g/m^3$	گزیلن $\mu g/m^3$
۱	۱	۷۳۶	۲۹۸	۱۸۳	۷۳۵
	۲	۱۲۸۰	۳۲۱	۱۰۰	۲۳۳
	۳	۱۴۴۰	۳۰۰	۸۰	۴۰۰
۲	۱	۲۲۰۸	۶۳۰	۱۵۷	۲۶۹
	۲	۱۴۷۲	۳۲۰	۹۷	۱۲۸
	۳	۱۹۲۰	۴۲۰	۱۰۰	۱۲۴
۳	۱	۱۸۸۸	۵۹۶	۱۵۳	۳۱۳/۵
	۲	۲۸۸۰	۳۱۰	۷۹	۱۳۴
	۳	۳۰۴۰	۲۹۹	۸۷	۱۶۴
۴	۱	۲۰۴۸	۶۴۰	۷۵	۱۴۰
	۲	۲۸۱۶	۸۰۰	۱۲۲	۳۲۰
	۳	۳۵۲۰	۱۶۱۸	۲۴۰	۶۶۸
۵	۱	۱۲۴۶	۵۳۰	۷۸	۱۷۰
	۲	۱۶۰۰	۵۶۰	۸۹	۱۴۵
	۳	۱۹۲۰	۱۰۰۵	۲۰۷	۵۶۵
۶	۱	۱۵۰۴	۴۲۰	۱۱۰	۲۸۳
	۲	۳۵۲۰	۱۲۲۶	۲۲۶/۵	۶۱۵
	۳	۲۰۱۶	۷۴۰	۱۱۰	۱۴۰
۷	۱	۲۲۴۰	۵۸۰	۹۳	۳۲۰
	۲	۲۳۳۶	۷۶۶	۱۴۸	۳۲۲
	۳	۱۸۸۸	۳۸۰	۹۰	۱۶۰
۸	۱	۱۶۰۰	۳۲۵	۷۰	۲۱۰
	۲	۱۷۶۰	۹۴۰	۲۳۰	۴۳۰
۹	۱	۲۰۱۶	۵۸۶	۱۸۸	۴۵۵
	۲	۱۰۵۶	۳۴۰	۸۶	۲۳۳
۱۰	۱	۹۶۰	۲۹۸	۹۰	۱۳۰
	۲	۲۵۹۲	۸۶۰	۱۹۰	۴۳۰
۱۱	۱	۹۶۰	۴۲۰	۹۰	۲۰۰
	۲	۱۰۸۸	۴۱۰	۱۴۶	۳۲۰
۱۲	۱	۳۱۰	۳۰۰	۷۸	۱۵۶
	۲	۱۰۸۸	۸۵۵	۲۲۷	۴۸۰
	۳	۲۰۴۸	۱۶۰۰	۲۵۳	۷۶۵
۱۳	۱	۲۸۱۶	۱۴۸۶	۵۴۳	۷۵۴
	۲	۳۵۲۰	۱۶۰۰	۲۱۰	۸۵۶
	۳	۲۳۲۰	۵۶۶	۱۵۴	۱۳۵

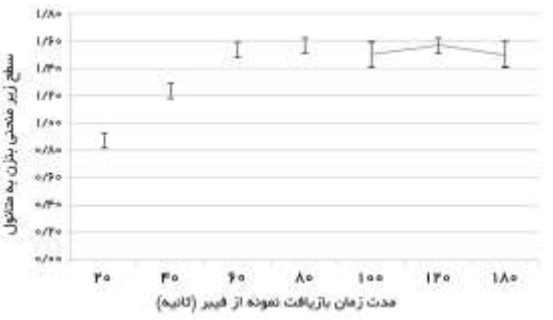
[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]



نمودار ۱) میزان استخراج بنزن از هوا به‌وسیله فیبرهای PDMS،PDMS-CAR ،PDMS-DVB

انتخاب مدت زمان استخراج

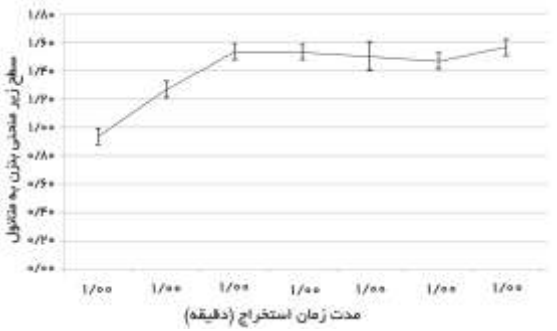
استخراج به‌روش SPME بر اساس به تعادل رسیدن غلظت بین دو فاز نمونه و فیبر صورت می‌گیرد. بر اساس گزارشات قبلی مدت زمان استخراج در محدوده بین ۱ تا ۷ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین سطح زیر منحنی پس از ۳ دقیقه قرار دادن فیبر در کیسه نمونه‌برداری به‌دست آمد. ضمناً مدت زمان استخراج بیش از سه دقیقه باعث بهبود میزان استخراج نمونه و افزایش سطح زیر منحنی نگردید (نمودار ۲).



نمودار ۲) میزان استخراج بنزن توسط فیبر PDMS/CAR در زمان‌های مختلف

انتخاب مدت زمان بازیافت نمونه از فیبر

کلیه نمونه‌های استخراج شده به‌وسیله فیبر در زمان‌های مختلف بین ۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه در محل تزریق دستگاه قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که تمامی نمونه مورد نظر در مدت زمان ۶۰ ثانیه از فیبر جدا شدند. به‌عبارتی قرار دادن فیبر بیش از ۶۰ ثانیه در محل تزریق دستگاه باعث افزایش سطح زیر منحنی نگردید. ضمن اینکه قرار گرفتن فیبر به‌مدت طولانی در معرض دمای زیاد ممکن است باعث کاهش طول عمر فیبر گردد. بنابراین مدت زمان ۶۰ ثانیه بازیافت برای آنالیز نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت (نمودار ۳).



نمودار ۳) میزان بازیافت بنزن از فیبر PDMS-CAR در زمان‌های مختلف

میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن از آنالیز نمونه‌ها به‌ترتیب ۸۰۷±۱۹۳۲، ۴۰۵±۶۶۷، ۸۹±۱۴۸ و ۲۱۶±۳۴۰ میکروگرم در متر مکعب می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲) مقایسه غلظت BTEX در نمونه‌ها

غلظت BTEX (میکروگرم بر متر مکعب)	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
بنزن	۳۵	۱۹۳۲	۸۰۷	۳۱۰	۳۵۲۰
تولوئن	۳۵	۶۶۷	۴۰۵	۲۹۸	۱۶۱۸
اتیل بنزن	۳۵	۱۴۸	۸۹	۷۰	۵۴۳
گزیلن	۳۵	۳۴۰	۲۱۶	۱۲۴	۸۵۶

همان‌طور که ملاحظه می‌شود میانگین غلظت بنزن و سپس تولوئن بیشتر از اتیل بنزن و گزیلن می‌باشد. در مقایسه با حدود مجاز ۰/۵ پی‌پی‌ام (۱۶۰۰ میکروگرم بر متر مکعب) برای بنزن مقدار میانگین به‌دست آمده بیشتر می‌باشد. میانگین تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

پمپ بنزین‌های مورد مطالعه پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد. میانگین دمای هوا ۲/۱±۱۴/۶ بوده است که رابطه‌ای بین غلظت این ترکیبات در هوا و میزان دمای هوا وجود نداشته است (P<۰/۰۵).

بحث

با توجه به این موضوع که اندازه‌گیری غلظت مواد آلی فرار (بنزن، تولوئن، گزیلن، اتیل بنزن) تاکنون در کشور در پمپ بنزین‌ها انجام نشده است لذا این مطالعه طراحی و انجام شد. با توجه به اینکه تاکنون روش میکرواستخراج از فاز جامد (SPME) با به‌کارگیری کیسه نمونه‌برداری تدلار برای اندازه‌گیری BTEX در هوا انجام نشده لذا مقایسه پارامترهای بهینه شده در این روش دارای تفاوت‌هایی با دیگر مطالعات می‌باشد. در عین حال فیبر PDMS/CAR در گروهی از مطالعات به‌عنوان فیبر انتخابی توصیه شده برای استخراج BTEX از نمونه‌های گازی توصیه شده است. (۲۵-۲۳).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقادیر میانگین غلظت ابتدا برای بنزن و سپس تولوئن بالاتر از دو ترکیب دیگر می‌باشد، همچنین میانگین غلظت بنزن هوا کمی بالاتر از حد مجاز پیشنهاد شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور (۰/۵PPM) می‌باشد که در مقایسه با مطالعه لاگوریو (S.Lagorio) و همکاران که هر دو مطالعه از روش نمونه‌برداری با ذغال فعال استفاده شده است، مقدار بیشتری را نشان می‌دهد (۱۷).

همچنین در مطالعه گیتوری (Ghittori) و همکاران نیز که با روش استخراج با ذغال فعال و اندازه‌گیری با کروماتوگرافی گازی صورت گرفت میزان میانه مواجهه بنزن ۷۳۶ میکروگرم بر متر مکعب بوده است که در مقایسه با میانه مواجهه در این مطالعه (۱۹۲۰ میکروگرم بر متر مکعب) مقدار کمتری می‌باشد (۱۹).

اختلاف نتایج شاید به‌دلیل توانمندی بالای فیبر انتخابی SPME برای استخراج این ترکیبات باشد. مقدار مواجهه بنزن به‌دست آمده با مطالعه ایجی (Egeghy) و همکاران (۵/۸±۲/۹) تقریباً هم‌خوانی دارد (۱۸).

غلظت بنزن به‌دست آمده در این مطالعه با برخی مطالعات هم‌خوانی دارد. لیست این مطالعات در جدول ۳ آمده است (۱۸، ۲۶ و ۲۷).

جدول ۳) مقایسه غلظت بنزن به‌دست آمده در مطالعات گذشته

سال	کشور	میانگین (mg/m^3)	مقدار بیشینه (mg/m^3)
۱۹۹۳	ایالات متحده	۱/۳	۸/۴
۱۹۹۷	ایالت متحده	۱/۳	۲/۷
۱۹۹۹	فنلاند	۰/۹	NR*
۲۰۰۰	ایالت متحده	۲/۹	۳۶

*NR گزارش نشده است

اکثر مطالعات بر روی اندازه‌گیری غلظت بنزن در هوای محیط‌های کاری از جمله پمپ بنزین‌ها تمرکز داشته‌اند و اندازه‌گیری تولوئن، گزیلن و اتیل بنزن در هوا به‌صورت محدود انجام شده است. مطالعه‌ای که بر روی اندازه‌گیری غلظت تولوئن و بنزن صورت گرفته است توسط لاگوریو (Lagorio) و همکاران می‌باشد که غلظت تولوئن و بنزن آن به‌ترتیب ۱۶۹ و۴۲۴ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شده است که در مقایسه با مطالعه اخیر مقدار کمتری را نشان می‌دهد.

غلظت BTEX در خون برای ارزیابی مواجهه در پمپ بنزین هم توسط بیکر (Backer) و همکاران اندازه‌گیری شده است. در آن مطالعه مقادیر دقیق این مواد در هوا عنوان نشده است (۲۷).

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

همچنین ارتباط معنی‌داری میان افزایش دما و غلظت BTEX یافت نشد (P>۰/۰۵) که این موضوع به‌علت انجام نمونه‌برداری در زمان‌هایی بود که دمای هوا کاهش یا افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشته است. از آنجائی‌که دامنه تغییرات غلظت‌های BTEX در هوا در این مطالعه بسیار وسیع می‌باشد، تعداد بسیار زیادی از نمونه‌های هوا نیاز می‌باشد تا اینکه بتوان دقیقاً میزان تماس افراد با BTEX را مشخص نمود. همچنین با توجه به اینکه امکان نمونه‌برداری از پمپ بنزین‌ها در یک روز و یک‌ساعت مشخص از روز وجود نداشت، و تهیه این تعداد کیسه نمونه‌برداری تدلار به‌دلیل هزینه‌بری ممکن نبود، نمونه‌ها را در روزهای مختلف با درجه حرارت نسبتاً متفاوت و وزش باد متفاوت با یکدیگر جمع‌آوری نمودیم. بنابراین از دلایل احتمالی زیاد بودن دامنه تغییر غلظت‌های BTEX می‌تواند مرتبط با این موضوع باشد. با توجه به مطالب فوق پیشنهاد می‌شود تا مطالعه‌ای در زمینه ارزیابی بیومارکر اثر مواجهه با بنزن در کارکنان مواجهه یافته با سطح بالای بنزن صورت گیرد.

سپاس و قدردانی

از همکاری صمیمانه جناب دکتر محمدحسن احرام‌پوش (رئیس محترم دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد)، سرکار خانم خبیری، سرکار خانم مهندس فریبا منصوری و مهندس محسن زارع تشکر و قدردانی می‌شود.

References:

1.Keshavarzi Shirazi H, Halek FS, Mir Mohamadi M. Investigation and evaluation of VOCs in indoor air and public places. J Environ Stud (JES) 2004; 32: 41-6.
2.Tang W, Hemm I, Eisenbrand G. Estimation of human exposure to styrene and ethylbenzene. Toxicology 2000; 144: 39-50.
3.Harbison RD, editor. Hamilton & Hardys Industrial Toxicology. 5th ed. USA: Mosby; 1998.
4.Wexler P. Encyclopedia of toxicology, Three-Volume Set: Chemicals and Concepts. 1st ed. Waltham, Massachusetts: Academic Press; 1998.
5.Boogaard PJ, van Sittert NJ. Biological monitoring of exposure to benzene: a comparison between S-phenylmercapturic acid, trans, trans-muconic acid, and phenol. Occup Environ Med 1995; 52: 611-20.
6.Lynge E, Andersen A, Nilsson R, et al. Risk of cancer and exposure to gasoline vapors. Am J Epidemiol 1997; 145: 449-58.
7.Iran Occupational Health Committee. Occupational Exposure Limit. Tehran: Center of environmental & occupational health; 2003.
8.Boyd-Boland AA, Pawliszyn JB. Solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography for the determination of alkylphenol ethoxylate surfactants in water. Anal Chem 1996; 68: 1521-9.
9.Chen J, Pawliszyn JB. Solid phase microextraction coupled to high-performance liquid chromatography. Anal Chem 1995; 67: 2530-3.
10.NIOSH Manual of Analytical Methods. Centers for Disease Control and Prevention. (Accessed in Sep 28, 2012, at http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/).
11.Arthur CL, Pawliszyn J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. Anal Chem 1990; 62: 2145-8.
12.Koziel J, Jia M, Pawliszyn J. Air sampling with porous solid-phase microextraction fibers. Anal Chem 2000; 72: 5178-86.
13.Almeida CM, Boas LV. Analysis of BTEX and other substituted benzenes in water using headspace SPME-GC-FID: method validation. J Environ Monit 2004; 6: 80-8.
14.Namiesnik J, Zygmunt B, Jastrzebska A. Application of solid-phase microextraction for determination of organic vapours in gaseous matrices. J Chromatogr A 2000; 885: 405-18.
15.Tumbiolo S, Gal JF, Maria PC, et al. Determination of benzene, toluene,

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

ethylbenzene and xylenes in air by solid phase micro-extraction/gas chromatography/mass spectrometry. Anal Bioanal Chem 2004; 380: 824-30.
16.Mosaddegh MH, Richardson T, Stoddart RW, et al. Application of solid-phase micro-extraction technology to drug screening and identification. Ann Clin Biochem 2001; 38: 541-7.
17.Lagorio S, Crebelli R, Ricciarello R, et al. Methodological issues in biomonitoring of low level exposure to benzene. Occup Med (Lond) 1998; 48: 497-504.
18.Egeghy PP, Tornero-Velez R, Rappaport SM. Environmental and biological monitoring of benzene during self-service automobile refueling. Enviro Health Perspect 2000; 108: 1195-202.
19.Ghittori S, Fiorentino ML, Maestri L, et al. Urinary excretion of unmetabolized benzene as an indicator of benzene exposure. J Toxicol Enviro Health 1993; 38: 233-43.
20.Bahrami A, Mahjoob H, Asary MJ. Investigation of Urinary Phenol and Benzene Concentration in Breating Zone of Gasoline Station Attendant. Urmia Med J 2002; 4: 180-6.
21.Ouyang G, Pawliszyn J. SPME in environmental analysis. Anal Bioanal Chem 2006; 386: 1059-73.
22.Hippelein M. Analysing selected VVOCs in indoor air with solid phase microextraction (SPME): a case study. Chemosphere 2006; 65: 271-7.
23.Larroque V, Desauziers V, Mocho P. Comparison of two solid-phase microextraction methods for the quantitative analysis of VOCs in indoor air. Anal Bioanal Chem 2006; 386: 1457-64.
24.Larroque V, Desauziers V, Mocho P. Development of a solid phase microextraction (SPME) method for the sampling of VOC traces in indoor air. J Environ Monit 2006; 8: 106-11.
25.Saba A, Cuzzola A, Raffaelli A, et al. Determination of benzene at trace levels in air by a novel method based on solid phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry. Rapid Commun Mass Spectrom 2001; 15: 2404-8.
26.Vainiotalo S, Peltonen Y, Ruonakangas A, et al. Customer exposure to MTBE, TAME, C6 alkyl methyl ethers, and benzene during gasoline refueling. Environ Health Perspect 1999; 107: 133-40.
27.Backer LC, Egeland GM, Ashley DL, et al. Exposure to regular gasoline and ethanol oxyfuel during refueling in Alaska. Environ Health Perspect 1997; 105: 850-5.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]

ISMJ 2014; 16(6): 419-27

Original Article

The investigation of exposure to benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) with Solid Phase Microextr action Method in gas station in Yazd province

MH. Mosaddegh Mehrjerdi [1], N. Tahmasebi [2], A. Barkhordari FiroozAbadi [2], H. Fallahzadeh [3], S. Esmaielian [2], K. Soltanizadeh [4]*

[1] *Department of Pharmacology, School of Pharmacy, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, IRAN*
[2] *Department of Health, School of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, IRAN*
[3] *Department of Statistics, School of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, IRAN*
[4] *National Iranian Oil Products Distribution Company*

(Received 22 Oct, 2011 Accepted 23 Feb, 2012)

Abstract

Background: Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) are volatile organic compounds which their physical and chemical characteristics are similar. Evaporation of BTEX from gasoline in petrol station into the air causes gasoline station attendants expose to them. A new extraction method of volatile organic compounds is solid phase microextraction (SPME). The aim of this study is to optimize extraction conditions of BTEX from air samples and then determination of gasoline station air contamination with BTEX in Yazd.

Material and Methods: In this study air samples were collected using Tedlar bags and then extracted and analyzed with SPME fiber and gas chromatography equipped with a flame ionization detector.

Results: Our results indicate that PDMS/CAR has the best peak area in comparison with two other fibers The Optimized extraction and desorption times are estimated 3 and 1 minutes, respectively Mean concentration of benzene, toluene, ethyl benzene and xylene in gas station's air were 1932±807, 667±405, 148±89, 340±216 µg/m3 respectively.

Conclusion: Benzene mean concentration is above threshold limit value (0.5PPM). Whereas, toluene, ethylbenzene and xylene mean concentration are lower than threshold limit values.

Keywords: volatile organic compounds, BTEX, SPME, gasoline station

*****Address for correspondence*: Department of Health, School of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, IRAN; E-mail: nasimtahmaseby@yahoo.com

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-10-30]