Archive of SID

مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره اوّل، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۴

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

تعیین میزان ترکیبات آلی فرار (VOCs) و هیدروکربن‌های کل (THCs) در هوای محیطی یک مجتمع پتروشیمی در ایران و متابولیت‌های ادراری آنها در کارکنان آن مجتمع

یعقوب حاجی زاده[۱]، شاهرخ نظم آرا[۲]، حکیمه طیری[۳]، ایمان پارسه[۴،۳*]

۱- مرکز تحقیقات محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۴
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۱
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۳/۳۱

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، مجتمع پتروشیمی، بیومارکر، ترکیبات آلی فرار، هیدروکربن‌های کل

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
iparseh97@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: در طول چند دهه گذشته، آلودگی هوا به دلیل افزایش مرگ و میرهای ناشی از آن، کانون توجهات جهانی شده است. در این مطالعه، آلاینده‌های آلی فرار (VOCs) و هیدروکربن‌های کل (THCs) در هوای محیطی یک مجتمع پتروشیمی در ایران سنجش شد. همچنین، ارتباط این آلاینده‌ها با برخی از متابولیت‌های ادراری‌شان در کارگران این مجتمع بررسی شد.

روش بررسی: آلاینده‌های مذکور طی دو مرحله، در بهار (۴۰ نمونه) و تابستان (۴۰ نمونه)، در هوای واحدهای مختلف مجتمع مذکور مورد سنجش قرار گرفت. همچنین، مقدار بیومارکرهای این آلاینده‌ها در ۳۱ پرسنل، مطابق روش‌های استاندارد NIOSH با استفاده از دستگاه GC-FID و TD/GC-MS سنجش شد.

یافته‌ها: میانگین کلی THCs در فصل بهار و تابستان به ترتیب ۱۴/۰۶ ppm و ۱۵/۸۵ ppm بود؛ این میزان برای VOCs ۱۴/۰۹ ppm و ۱۶ ppm بود. بیشترین مقدار THCs (۴۸/۱۹ ppm) و VOCs (۴۷/۶۳ ppm) در هوای محیطی واحد بازیافت سنجش شد. در تابستان، میانگین کلی متابولیت‌های ادراری شامل اسیدکاربولیک (فنل)، فنیل‌گلی‌اکسیلیک اسید، و ماندلیک‌اسید بر حسب واحد mg/g creatinine به ترتیب ۱۶/۶۷، ۳۴/۸، و ۶۷/۲۴ بود؛ در بهار، این میانگین بر حسب واحد mg/g creatinine به ترتیب ۱۵/۳۴، ۵۷/۳۴ و ۵/۳۰ بود.

نتیجه‌گیری: متغیرهای زمینه‌ای مثل سن، وزن، و سیگار اثرات متفاوتی بر روی متابولیت‌ها داشت. مقادیر آلاینده‌های سنجش شده از مقادیر رهنمود پیشنهاد شده توسط انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) کمتر بود. همچنین، مقادیر متابولیت‌های سنجش‌شده در ادرار، از شاخص مواجهه بیولوژیکی (BEI) ارائه شده توسط ACGIH کمتر بود.

Please cite this article as: Hajizade Y, Nazmara S, Teiri H, Parseh I. Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Total Hydrocarbons (THCs) in ambient air of a petrochemical complex in Iran and their urinary metabolites in employees. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(1):103-14.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

مقدمه

از آنجایی‌که انسان و اغلب موجودات زنده جهت زنده ماندن به هوا نیاز دارند، آلودگی هوا یک تهدید جدی برای آنها محسوب می‌شود. بنابراین در هر بار تنفس، هوا و آلاینده‌های موجود در آن وارد بدن انسان می‌شود (۱). ترکیبات آلی فرار (VOCs) و هیدروکربن‌های کل (THCs) آلاینده‌های کربن‌داری هستند که از طریق منابع طبیعی و مصنوعی (انسانی) وارد هوا می‌شوند (۲). انتشارات هیدروکربنی خروجی از منابع، بسته به نوع تکنیک اندازه‌گیری و کاربرد نهایی آنها تحت عنوان نام‌های مختلفی شناخته می‌شوند. THCs شامل انتشارات هیدروکربنی سنجش شده بوسیله دتکتور یونیزاسیون شعله (FID) است که توسط پروپان کالیبره شده است. این تعریف شامل ترکیبات هیدروکربنی اکسیژنه (مانند الکل‌ها و کربونیل‌ها و ...) نمی‌شود زیرا این ترکیبات توسط FID مشخص نمی‌شوند (۳). ترکیبات آلی فرار نیز شامل بخش فرار گازهای آلی کل (TOG)، به جزء متان، است. TOG نیز شامل THCs بعلاوه ترکیبات هیدروکربنی اکسیژنه است. پس اصطلاح VOCs و THCs همانند هم نیستند اما اغلب می‌توان گفت مقادیر آنها نزدیک به هم است (۳، ۴).

این آلاینده‌ها از طریق فرایندهای صنعتی و دارویی، صنایع نفت و گاز، احتراق، انتشارات ناشی از تاسیسات تصفیه خانه‌های فاضلاب، و منابع طبیعی مانند جنگل‌ها و آتشفشان‌ها وارد اتمسفر می‌شوند (۵، ۶). صنایع پتروشیمی یکی از مهمترین منابع انتشار این آلاینده به هوا است. از آنجایی‌که این آلاینده‌ها عمدتا فشار بخار بالایی دارند، معمولا از راه تنفسی وارد بدن انسان می‌شوند (۷، ۸).

ترکیبات VOCs و THCs این پتانسیل را دارند که سلامت انسان و محیط زیست را در سطح منطقه‌ای و جهانی تحت تاثیر قرار دهند (۹). از اثرات مشخص این ترکیبات می‌توان به نقش آنها در کاهش ازن استراتوسفری، گرمایش جهانی، اثرات سمی و سرطانزا بر سلامت انسان اشاره کرد (۱۰، ۱۱). همچنین این ترکیبات می‌توانند باعث بروز بیماری‌های قلبی و تنفسی، سردرد، ضعف، سقط جنین و یا کاهش وزن جنین، ایجاد بیماری‌های روحی و روانی و خودکشی شوند. بعلاوه اینکه غلظت بیش از حد مجاز برخی از اجزای این ترکیبات خاصیت سرطانزایی دارند (۱۶-۱۲). این ترکیبات بعد از ورود به بدن انسان، به ترکیب‌های مختلفی متابولیزه می‌شوند که تحت عنوان نشانگرهای بیولوژیکی (بیومارکرها) شناخته می‌شوند. امروزه نیز در محیط زیست از نشانگرهای بیولوژیکی (بیومارکرها) به منظور در معرض قرارگیری با انواع آلاینده‌ها استفاده می‌شود، و از پایش بیولوژیکی کارگران در معرض آلاینده، بعنوان مکمل پایش محیطی استفاده می‌شود (۱۷، ۱۸). به منظور پایش بیولوژیکی و تعیین متابولیت‌ها در افراد در معرض آلودگی، می‌توان از نتایج آزمایش بافت‌ها (مثل مو و ناخن)، مایعات بدن (مثل خون، بزاق و شیر) و محصولات دفعی (مثل ادرار و مدفوع) استفاده کرد (۱۹، ۲۰).

تا حالا مطالعات زیادی راجع به اندازه‌گیری VOCs در هوا و یا متابولیت‌های ادراری آنها انجام شده است (۲۴-۲۱). هدف این مطالعه تعیین غلظت VOCs و THCs در هوای محیطی واحدهای مختلف یک مجتمع پتروشیمی در ایران، و همچنین تعیین میزان بیومارکرهای ادراری این آلاینده‌ها شامل اسیدکاربولیک (فنل)، اسید ماندلیک، و اسید فنیل گلی

جدول ۱- مقادیر رهنمود BEI (Biological exposure indices) آلاینده های مذکور در آخر شیفت کاری ۸ ساعته (۲۳)

متابولیت	منشا محیطی	مقادیر رهنمود BEI
اسید کارولیک (فنل)	فنل	۲۵۰mg/g creatinine
	بنزن	۵۰mg/g creatinine
اسیدماندلیک	استایرن	۳۰۰mg/g creatinine
فنیل گلی اکسیلیک اسید	استایرن	۲۴۰mg/g creatinine

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

اکسیلیک اسید در افراد شاغل در واحدهای مختلف این مجتمع است. مقادیر رهنمود این متابولیت‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است، این بیومارکرها محصول متابولیزه شدن آلاینده‌های آلی فرار در بدن هستند (۲۷-۲۵).

مواد و روش‌ها

مشخصات هواشناسی

این مجتمع وسعتی بالغ بر ۴۰۸ ha دارد و در ارتفاع ۱۳۶۲ متری از سطح دریا قرار دارد. طبق اطلاعات ایستگاه سینوپتیک، تقریبا ۵۰ درصد بادها در فصل پاییز و زمستان آرام است، این در حالیست که در فصل بهار و بخصوص تابستان ۶۴ درصد بادها سرعتی بیش از ۱۲/۹ km/h دارند که جهت اغلب آنها شمال شرقی و شرق است. رطوبت سالیانه بین ۴۰ درصد (در تابستان) تا ۷۰ درصد (در زمستان) متغیر است. متوسط بارندگی سالیانه این منطقه بین ۲۶۶-۲۶۰ mm است، و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۲/۲ ^0C است. اقلیم منطقه نیز در نواحی نیمه خشک قرار دارد.

تعیین محل نمونه برداری از آلاینده‌های هوای مجتمع و تعیین تعداد نمونه برداری از ادرار پرسنل

در این مطالعه، ضمن بازدید از واحدهای مختلف به اتفاق ناظرین پروژه و مسئول طب کار مجتمع، تعداد ۲۰ ایستگاه شامل ۴ ایستگاه در واحد الفین، ۳ ایستگاه در واحد مخازن، ۳ ایستگاه در خط C1 (تولید اتیل بنزن و استایرن)، ۳ ایستگاه در خط C3 (تولید پلی استایرن)، ۴ ایستگاه در واحد بازیافت، و ۳ ایستگاه در واحد پالشینگ انتخاب گردید. نمونه‌های اخذ شده در این ایستگاه‌ها به منظور تعیین غلظت VOCs و THCs در دو نوبت بهار و تابستان مورد سنجش قرار گرفتند.

بیومارکرهای سنجش شده در ادرار افراد در این مطالعه شامل متابولیت‌های اسیدکاربولیک (فنل)، ماندلیک اسید، و فنیل گلی اکسیلیک اسید بودند. میزان این بیومارکرها را می‌توان در هوای بازدم، خون، و ادرار اندازه‌گیری نمود. در این مطالعه به دلیل سهولت و دقت بالا، از روش آنالیز ادراری به منظور تعیین متابولیت‌های آلاینده‌های مذکور استفاده شد. تعداد نمونه‌ها براساس نمونه گیری تصادفی ساده (Simple random sampling) برای هر واحد انجام شد. برای این منظور، با اعمال درصد غیبت پرسنل و تطبیق محل کار آنها با محل اخذ نمونه‌های هوای محیط تعداد ۳۱ نفر در واحدهای مختلف به منظور تعیین بیومارکر ادراری انتخاب شدند.

نمونه برداری و آنالیز نمونه‌های محیطی

در این تحقیق عمدتا از روش‌های ارائه شده توسط NIOSH به منظور نمونه برداری و آنالیز استفاده شد در جدول ۲ روش نمونه برداری از آلاینده‌های محیطی و بیومارکرهای ادراری آنها در پرسنل بطور اجمالی نشان داده شده است.

پمپ‌های نمونه برداری قبل از انجام عملیات نمونه برداری، توسط فلومتر و کالیبراتور DC-Lite کالیبره شد و دبی آنها در محدوده ۱ L/min تنظیم گردید. در حین نمونه برداری، کلیه شرایط نمونه برداری از جمله نوع پمپ، ساعت نمونه برداری، محل نمونه برداری، دما، رطوبت، جهت و سرعت باد، و مدت زمان نمونه برداری مشخص شد. همچنین به ازای هر سری از تیوب‌های نمونه برداری حاوی کربن جاذب، حداقل یک تیوب بعنوان شاهد (Blank) بدون عبور هوا از آن در نظر گرفته شد تا خطای احتمالی که در زمان نمونه برداری، انتقال، استخراج، و آنالیز بر روی نمونه‌ها تاثیرگذار است مشخص شود و در محاسبات منظور گردد.

جدول ۲- روش‌های نمونه برداری و آنالیز آلاینده‌های مذکور

آلاینده	منبع و کد روش	نام روش	دبی پمپ (L/min)	حجم نمونه برداری (L)	روش آنالیز	نمونه بردار
VOCs	NIOSH-2594	Volatile Organic CPDS	۰/۰۱-۰/۵	۱-۶	TD/GC-MS	CCT[a]
THCs	NIOSH-1500	Hydrocarbons, BP-36-126C^0	۰/۰۱-۰/۲	۲-۳۰	GC-FID	CCT

[a]: Coconut Shell Charcoal Tube

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

به منظور اطمینان از عدم فرار بیش از حد VOCs از تیوب‌های جاذب نمونه برداری، زغال‌های بخش پسین و پیشین تیوب‌های جاذب به طور جداگانه آنالیز شد. در صورتی‌که بیش از ۲۵ درصد کل نمونه‌ها در بخش پسین تیوب جذب شده باشد، احتمال فرار نمونه زیاد است. در این مطالعه این میزان در بخش پسین نمونه‌ها کمتر از ۱۷/۵ درصد بود بعد از عمل نمونه برداری، فورا دو طرف باز شده تیوب‌های جاذب توسط درپوش پلاستیکی مسدود و درون فلاسک با دمای حدود صفر درجه قرار داده شدند و جهت آنالیز به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

کارایی بازجذب لوله‌های کربن فعال طبق روش ASTM انجام شد و سپس با استفاده از معادله زیر درصد بازجذب برای هر لوله کربن فعال محاسبه گردید (معادله ۱):

$$D.E=۱۰۰(S_S-S_B/S_L) \quad (۱)$$

که D.E راندمان بازجذب زغال فعال، S_S سطح زیر منحنی ناشی از تزریق مایع بازجذبی غلظت‌های اضافه شده بر روی لوله‌های کربن فعال، S_B سطح زیر منحنی ناشی از تزریق مایع بازجذبی لوله‌های شاهد، و S_L سطح زیر منحنی ناشی از تزریق غلظت‌های اضافه شده مستقیم بر مایع CS_2 است.

برای محاسبه غلظت واقعی آلاینده موجود در نمونه از فرمول زیر استفاده شد (معادله ۲):

$$C_A=(C_S-C_B)/D.E \quad (۲)$$

که C_A غلظت واقعی موجود در نمونه، C_S غلظت اندازه گیری شده در نمونه، و C_B غلظت اندازه گیری شده در نمونه شاهد است.

در نهایت غلظت آلاینده‌ها در حجم هوای استاندارد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شدند (معادله ۳):

$$C=۴۵/۲۴\ m/V.M \quad (۳)$$

که ۲۴/۴۵ حجم مولی در شرایط STP، m جرم جمع آوری شده در زغال جاذب (mg)، V حجم هوای استاندارد (L)، و C غلظت آلاینده (ppm) است.

نمونه برداری و آنالیز نمونه‌های بیولوژیکی

نمونه‌های ادرار درون ظروف پلاستیکی حاوی گرانول‌های کوچکی از تیمول به منظور جلوگیری از رشد و تجزیه میکروبی جمع‌آوری شدند و بلافاصله درون یخدان در دمای نزدیک $۰\ ^0C$ قرار داده شدند، و به آزمایشگاه به منظور آنالیز آنها انتقال داده شدند. از آنجایی‌که نمونه‌ها حداکثر پس از ۳ روز مورد آنالیز قرار گرفتند، نیازی به فریز کردن آنها نبود. روش NIOSH 8305 پایداری نمونه‌های ادرار را در دمای $۲۵\ ^0C$ بمدت ۴ روز و در دمای $-۴\ ^0C$ بمدت ۳ ماه ذکر نموده است (۲۸).

مقدار بیومارکرهای اندازه‌گیری شده (فنل، ماندلیک اسید، فنیل گلی اکسیلیک اسید) بر مقدار کراتینین بدست آمده (بر حسب گرم در لیتر ادرار) تقسیم گردید و در نتیجه آن mg/g urine creatinine گزارش شد. میزان این متابولیت‌ها در ادرار، با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی مجهز به آشکارساز یونش شعله‌ای (GC/FID) اندازه‌گیری شد. میزان کراتینین ادرار نیز با استفاده از کیت آزمایشگاهی (مارک DARMANKAV) بر حسب گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. در این روش کراتینین با اسید پیریک در محیط قلیایی ایجاد کمپلکس نارنجی رنگ می‌کند و میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ nm قرائت می‌شود.

مشخصات فردی، سوابق شغلی، و سوابق بیماری افراد مورد آزمایش

به منظور اطلاع از وضعیت پرسنل و دستیابی به اطلاعات پایه مورد نیاز از جمله مشخصات فردی، سوابق شغلی، سابقه استعمال دخانیات، استفاده از وسایل حفاظت فردی، سابقه بیماری فردی و خانوادگی، و سابقه مصرف دارو، پرسشنامه‌ای با مشورت پزشک طب صنعتی این مجتمع پتروشیمی تنظیم و تدوین گردید. ارتباط بعضی از فاکتورهای مندرج در پرسشنامه مذکور با میزان آلاینده‌های هوا و متابولیت‌های ادراری آنها توسط نرم افزار SPSS 16 و با استفاده از تست‌های ANOVA و دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

یافته‌ها

اطلاعات جمعیت شناسی افراد مورد مطالعه

میانگین سن، وزن، سابقه کاری، و ساعت کار در هفته افراد مورد مطالعه به ترتیب ۵/۱±۳۴/۷ سال، ۱۱±۷۵/۴ kg، ۳/۷±۹/۱ سال، ۲۵/۱۶±۵۷/۷ h بود. جدول ۳ مشخصات پایه افراد مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- اطلاعات پایه جمعیت شناسی

متغیر	محدوده	فراوانی (تعداد)	درصد
سن (سال)	>۳۰	۱۰	۳۲/۳
	۳۰-۴۰	۲۱	۶۷/۷
وزن (kg)	≤ ۸۵	۲۲	۷۱
	>۸۵	۹	۲۹
سابقه کاری (سال)	> ۵	۱۲	۳۸/۷
	≥۵	۱۹	۶۱/۳
کار در هفته (h)	>۳۵	۱۲	۳۸/۷
	≥۳۵	۱۹	۶۳/۳
سابقه بیماری خاص	بله	۱۰	۳۲/۳
	خیر	۲۱	۶۷/۷
سیگار کشیدن	بله	۱۱	۳۵/۵
	خیر	۲۰	۶۴/۵

غلظت THCs در واحدهای مختلف مجتمع مذکور

میانگین کلی THCs در فصل بهار و تابستان به ترتیب ۱۴/۰۶ ppm و ۱۵/۸۵ ppm بود، ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۶۰۴). غلظت THCs در هوای محیطی واحد بازیافت در فصل بهار و تابستان به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بیشتر از سایر واحدها بود. بعد از آن واحد پالشینگ بیشترین آلاینده محیطی را داشت. کمترین مقادیر محیطی آلاینده نیز مربوط به واحدهای ذخیره‌سازی و الفین بود.

غلظت VOCs در واحدهای مختلف

میانگین غلظت کلی VOCs تابستان (۱۶ ppm) بیشتر از آن در فصل بهار (۱۴/۰۹ ppm) بود (P=۰/۵۷۷). بیشترین میزان VOCs (۴۷/۳۶ ppm) اندازه گیری شده مربوط به هوای محیطی واحد بازیافت در فصل تابستان بود. میانگین VOCs در این واحد هم در فصل بهار و هم در فصل تابستان، بطور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بیشتر از سایر واحدها بود (جدول ۴).

تعیین متابولیت‌ها در افراد شاغل در واحدهای مختلف

فنل: میانگین کلی غلظت فنل ادراری در فصل تابستان (۱۶/۶۷ mg/g creatinine) بیشتر از فصل بهار (۱۵/۳۴ mg/g creatinine) بود ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۲۷۴). میانگین کلی این متابولیت بعد از شیفت کاری (۱۶/۵۶ mg/g creatinine) بیشتر از آن قبل از شیفت کاری (۱۵/۴۵ mg/g creatinine) بود (P<۰/۰۰۰۱). همچنین مقدار این متابولیت در کارکنان شاغل

جدول ۴- میانگین VOCs و THCs سنجش شده در واحدهای مختلف در بهار و تابستان

نوع آلاینده	فصل نمونه برداری	غلظت آلاینده در واحدهای مختلف (ppm)					
		واحد الفین	واحد ذخیره سازی	خط C۱	خط C۳	واحد بازیافت	واحد پالشینگ
VOCs	بهار	۵/۰۷ ± ۱/۵	۵/۰۵ ± ۰/۴۵	۱۵/۵۷ ± ۲/۷	۱۱/۲۵ ± ۰/۹۶	۲۸/۴۲ ± ۱۲/۸	۱۷/۲۴ ± ۰/۹۷
	تابستان	۶/۶۵ ± ۱/۶	۵/۴۶ ± ۱	۱۳/۷ ± ۱/۳	۱۲/۸ ± ۱/۳	۳۲/۶ ± ۱۳/۱	۲۱/۲۸ ± ۰/۲۱
THCs	بهار	۵/۱۵ ± ۱/۷	۵/۰۱ ± ۰/۱۷	۱۰/۶ ± ۲/۳	۱۱/۲۸ ± ۰/۸۶	۲۸/۶ ± ۱۲/۸	۱۷/۱۲ ± ۰/۱
	تابستان	۶/۹۶ ± ۱/۸	۵/۶ ± ۰/۹	۱۳/۸ ± ۱/۴	۱۳ ± ۱/۳	۳۲/۳۵ ± ۱۲/۷۲	۲۱/۷۴ ±۰/۵۴

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

در واحـد بازیافـت بطور معنی‌داری بیشـتر از سـایر واحدها بـود. کمترین مقـدار آن نیز در ادرار کارکنان شـاغل در واحد ذخیره‌سازی مشاهده گردید.

ماندلیک اسـید: میانگین کلی این متابولیت در فصل تابسـتان (۴۳/۸ mg/g creatinine) بـه طور معنی‌داری (P<۰/۰۰۰۱) بیشـتر از فصل بهار (۳۰/۵ mg/g creatinine) بود. همچنین میانگین کلی این متابولیت در ادرار کارکنان در شـرایط بعد از شـیفت کاری (۳۹/۰۷ mg/g creatinine) به طور معنی‌داری (P<۰/۰۰۰۱) بیشـتر از مقـدار آن در شـرایط قبل از شـیفت (۳۵/۲۷ mg/g creatinine) بود. بعلاوه بیشـترین و کمترین مقـدار این متابولیت، بـه ترتیب در کارکنان شـاغل در واحد بازیافت و ذخیره‌سازی مشاهده گردید.

فنیـل گلـی اکسـیلیک اسـید: میانگیـن کلی این متابولیت نیز در فصل تابسـتان (۶۷/۲۴ mg/g creatinine) بطور معنـی‌داری (P<۰/۰۰۰۱) بیشـتر از فصل بهار (۵۷/۳۳ mg/g creatinine) بود. در شرایط بعد از شیفت کاری نیز غلظت کلـی این متابولیت (۷۴/۱۶ mg/g creatinine) به طور معنی‌داری (P<۰/۰۰۰۱) بیشتر از مقدار آندر شرایط قبل از شـیفت کاری (۵۰/۴۱ mg/g creatinine) بود. مقادیر این متابولیت به همراه سایر متابولیت‌ها در ادرار کارکنان شاغل در واحدهای مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است.

ارتباط مشخصات جمعیت شناسی با متابولیت‌های ادراری

سـن و وزن: طبق آنالیز آماری صورت گرفته (Independent Samples T-Tsest)، میانگین کلـی متابولیت‌های ادراری در افراد با سـن ۳۰ سال و بیشتر از ۳۰ سال (۴۳/۷ mg/g creatinine) بطور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در افراد با سن کمتر از ۳۰ سـال (۲۷/۵ mg/g creatinine) بـود (P=۰/۰۰۷). همچنین، میانگین کلی متابولیت‌های اندازه‌گیری شده در افراد بـا وزن کمتر یا مسـاوی ۸۵ kg (۴۰/۷ mg/g creatinine)، بیشـتر از افراد بیش از ۸۵ kg (۳۲/۹ mg/g creatinine) بود

جدول ۵- میزان متابولیت‌های آلاینده‌های سنجش شده در واحدهای مختلف

نوع متابولیت	زمان نمونه برداری		انحراف معیار ± میانگین متابولیت				
			واحد بازیافت	واحد C1	واحد C3	واحد اولفین	واحد ذخیره سازی
اسید کاربولیک (فنل)	بهار	ق.ش*	۲۳/۸۶ ± ۵/۶۶	۱۸/۷۴ ± ۳/۹۷	۱۴/۴۸ ± ۳/۷	۹/۱۶ ± ۲/۱۳	۹/۰۴ ± ۱/۸
		ب.ش*	۲۴/۸۶ ± ۵/۵	۱۹/۷ ± ۴/۲۸	۱۵/۶۳ ± ۳/۴	۱۰/۲۹ ± ۱/۹۵	۹/۸۹ ± ۱/۷۹
	تابستان	ق.ش	۲۳/۷۷ ± ۶/۴۷	۲۰/۷۴ ± ۳/۱۸	۱۶/۰۲ ± ۳/۴۹	۱۰/۳ ± ۲/۶	۱۰/۶۳ ± ۱/۴۵
		ب.ش	۲۴/۸۳ ± ۶/۷۶	۲۲/۲۸ ± ۲/۹۹	۱۶/۹۵ ± ۴/۱۴	۱۱/۷۴ ± ۲/۵۶	۱۱/۴۶ ± ۱/۴۵
ماندلیک اسید	بهار	ق.ش	۳۶/۶۸ ± ۸/۸	۳۱/۹۳ ± ۶/۰۵	۲۷/۵۶ ± ۲/۶۴	۲۴/۱۵ ± ۳/۷۳	۲۳/۱۸ ± ۴/۳
		ب.ش	۳۹/۱۲ ± ۸/۱۹	۳۶/۲۵ ± ۶/۴	۳۱/۳۶ ± ۵,۲	۲۸/۵۹ ± ۴/۹	۲۷/۰۵ ± ۴/۲۸
	تابستان	ق.ش	۴۹/۰۴ ± ۸/۶۵	۴۵/۲۷ ± ۶/۶۸	۴۱/۰۳ ± ۵/۱۲	۳۷/۴۴ ± ۵/۰۵	۳۷/۶۴ ± ۳/۷
		ب.ش	۵۳/۵۲ ± ۶/۶	۴۸/۰۹ ± ۶/۸۴	۴۴/۷۵ ± ۴/۶	۴۱/۴۸ ± ۵	۴۱/۵۳ ± ۳/۷۸
فنیل گلی اکسیلیک اسید	بهار	ق.ش	۹۶/۲ ± ۳۱/۷۵	۵۷/۴ ± ۲۸/۱	۴۰/۸۶± ۲۳	۲۵/۰۵ ± ۶/۱۳	۱۹ ± ۲/۸۲
		ب.ش	۱۱۸ ± ۲۶/۱	۸۳/۱ ± ۲۸/۲۲	۶۴/۱ ± ۳۷/۲۴	۴۲/۱ ± ۸	۳۵/۷ ± ۶/۲۸
	تابستان	ق.ش	۱۰۵/۳ ± ۳۴/۷	۶۷/۶ ± ۳۲	۴۷ ± ۱۹	۲۷/۹۳ ± ۷/۷	۲۵/۳ ± ۳/۱
		ب.ش	۱۳۲/۹ ± ۲۹/۹	۲۹/۰۷ ± ۱۱	۱۰۳/۱۹ ± ۲۴/۱	۵۲/۲۷ ± ۹	۴۳/۴۷ ± ۷/۲۳

* ق.ش=قبل شیفت کاری. ب.ش=بعد شیفت کاری

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۲۲۹).

استعمال دخانیات و سابقه بیماری: میانگین کلی میزان متابولیت‌های ادراری اندازه گیری شده در افراد سیگاری (۴۱/۲۳ mg/g creatinine) بیشتر افراد غیرسیگاری (۳۶/۹ mg/g creatinine) بود ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۵۵۴). همچنین، این میزان در افراد با سابقه بیماری (۴۳/۰۶ mg/g creatinine) بیشتر از افراد بدون سابقه بیماری خاص (۳۶/۳ mg/g creatinine) بود.

سابقه کاری و ساعت کار در هفته: همچنین طبق آنالیز صورت گرفته، میانگین کلی میزان متابولیت‌های ادراری اندازه‌گیری شده در افراد با سابقه کاری مساوی یا بیشتر از ۵ سال (۳۸/۶۵ mg/g creatinine) بیشتر از مقدار آن در افراد با سابقه کاری کمتر از ۵ سال (۳۸/۲۴ mg/g creatinine) بود. این میزان نیز برای افرادی که ساعت کاری آنها در هفته مساوی یا بیشتر از ۳۵ h بود (۴۱/۹ mg/g creatinine) بیشتر از افرادی که ساعت کاری آنها در هفته کمتر از ۳۵ h (۳۳/۹۶ mg/g creatinine) بود، هرچند این تفاوت‌ها معنی‌دار نبودند. مقدار متابولیت‌های ادراری در شرایط مختلف جمعیت شناسی در جدول ۶ نشان داده شده است.

بحث

تغییرات آلاینده‌های محیطی در شرایط مختلف

طبق نتایج حاصله، میانگین کلی این آلاینده‌ها در فصل تابستان بیشتر از بهار بود که دلیل آن می‌تواند بیشتر بودن دمای محیطی در تابستان نسبت به بهار، و در نتیجه تبخیر بیشتر این آلاینده‌ها باشد (۲۹). بیشترین مقدار THCs و VOCs سنجش شده به ترتیب ۴۸/۱۹ ppm و ۴۷/۳۶ ppm مربوط به هوای محیطی واحد بازیافت بود که خوشبختانه این مقادیر از رهنمود

جدول ۶- مقدار متابولیت‌های ادراری در شرایط مختلف جمعیت شناسی

متغیر	متابولیت	فنل		ماندلیک اسید		فنل گلی اکسیلیک اسید	
		SD* ±میانگین	P-value	SD* ±میانگین	P-value	SD* ±میانگین	P-value
سن (سال)	<۳۰	۱۱/۵۹±۳/۹۲	۰/۰۰۹	۳۲/۸±۴/۶۶	۰/۰۱۵	۳۸/۱۴±۱۹/۵۳	۰/۰۰۲
	≥۳۰	۱۸/۱۱±۶/۷۵		۳۹/۲۵±۷/۱۸		۷۳/۷۸±۳۷/۴	
وزن (kg)	≥۸۵	۱۶/۸۲±۷/۲۲	۰/۲۸۹	۳۸/۲۵±۷/۸۸	۰/۱۹۳	۶۷/۲۲±۳۸/۵۶	۰/۲۴۷
	<۸۵	۱۴±۴/۹		۳۴/۵۵±۳/۸۳		۵۰/۲۴±۲۹/۵۷	
سیگار	بله	۱۶/۶۹±۸/۰۳	۰/۶۷۹	۳۹/۱۳±۶/۹۵	۰/۲۶۱	۶۸/۸۸±۴۷/۵	۰/۵۹۲
	نه	۱۵/۶۶		۳۶/۱±۷/۱		۵۹/۲۱±۲۹/۸۴	
سابقه کاری (سال)	<۵	۱۶/۴±۵/۷۹	۰/۷۹۷	۳۶/۶۶±۷/۰۴	۰/۷۵۶	۶۱/۶۶±۲۹/۶	۰/۹۴۱
	≥۵	۱۵/۷±۷/۳۳		۳۷/۴۹±۷/۲۹		۶۲/۶۸±۴۱/۱	
ساعت کار در هفته	<۳۵	۱۳/۶±۵/۹	۰/۱۲	۳۵/۶۸±۶/۲۷	۰/۳۵۲	۵۲/۵۶±۳۱/۹۹	۰/۲۱۵
	≥۳۵	۱۷/۶±۷		۳۸/۲۳±۷/۷۷		۶۹/۸۶±۳۹/۳	
سابقه بیماری خاص	بله	۱۸/۰۲±۸/۱۴	۰/۲۵۴	۳۹/۹۵±۷/۸۶	۰/۱۳۴	۷۱/۲۱±۴۱/۹۶	۰/۳۵۷
	نه	۱۵/۰۵±۵/۸		۳۵/۸۵±۶/۴۷		۵۸/۰۴±۳۳/۹۴	

*SD نشان‌دهنده انحراف معیار است.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

Threshold limit value – time-weighted workplace average ارائه شده توسط ACGIH (۱۰۰ ppm) کمتر بود (۳۰). غلظت این آلاینده‌ها در هوای آزاد معمولا در حد ppb است. طبق مطالعه Aneja و همکاران در سال ۲۰۰۲ مقدار THCs در نقاط شهری ایالت متحده بین ۱/۳۹ تا ۱۱/۹۳ ppb بود (۳۱). همچنین مطالعه Lee و همکاران در سال ۲۰۰۲، میزان اتیل بنزن (نوعی VOCs) هوای شهر Hong Kong را کمتر از حد استانداردهای موجود نشان داد (۲۱). با این حال غلظت این ترکیبات در محیط‌های صنعتی بیشتر است و در برخی موارد ممکن است حتی از حد مجاز فراتر برود. در مطالعه Kim و همکاران بر روی سنجش VOCs و THCs در یک منطقه صنعتی در کره جنوبی، مقادیر مشاهده شده کمتر از استانداردهای موجود بود؛ با این حال آنها مشاهده کردند که غلظت THCs و VOCs در مناطق صنعتی شهر Ulsan کره جنوبی حدود ۴ برابر بیشتر از مناطق پایین دست این شهر است (۳۲). Cetin و همکاران در سال ۲۰۰۳ طی مطالعه‌ای بر روی سنجش VOCs محیطی در اطرف یک مجتمع پتروشیمی، مشاهده کردند غلظت VOCs در برخی نقاط از استاندارد وضع شده توسط ACGIH (۱۰۰ ppm) بیشتر است (۲۹). Rahimpoor و همکاران در سال ۲۰۱۵ نیز مشاهده کردند که میزان برخی از ترکیبات VOCs در هوای صنایع پتروشیمی ماهشهر، ایران از مقدارTLV توصیه شده توسط ACGIH بیشتر بود (۲۲).

تغییرات متابولیت‌های ادراری در شرایط مختلف

میانگین کلی متابولیت‌های ادراری افراد شاغل نیز در فصل تابستان به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در بهار بود. این امر می‌تواند به دلیل غلظت بالاتر آلاینده‌های محیطی در تابستان نسبت به بهار باشد؛ این آلاینده‌ها در کبد متابولیزه می‌شوند و نهایتا به متابولیت‌های مختلفی تبدیل می‌شوند. همچنین میانگین کلی متابولیت‌های ادراری بعد از شیفت کاری به طور معنی‌داری ($P<0/0001$) بیشتر از مقدار آن در شرایط قبل از شیفت کاری بود. دلیل این امر می‌تواند در معرض قرارگیری کارکنان با آلاینده‌های محیطی در طول شیفت کاری و متابولیزه شدن آنها در حین شیفت کاری باشد که در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است (۲۲، ۳۳-۳۶). طبق نتایج حاصله، بیشترین و کمترین میزان متابولیت‌های ادراری به ترتیب در افراد شاغل در واحد بازیافت و ذخیره‌سازی بود. دلیل این امر را می‌توان به بیشتر بودن غلظت آلاینده در هوای محیطی واحد بازیافت و کمتر بود این غلظت در هوای محیطی واحد ذخیره‌سازی مرتبط دانست. در معرض قرار گرفتن با غلظت بیشتری از یک دارو یا یک آلاینده، منجر به افزایش متابولیت‌های ادراری آن می‌شود (۳۷، ۳۸). بطور کلی میانگین متابولیت‌های PGA و MA سنجش شده در افراد شاغل در این مجتمع از بیشتر از متابولیت‌های ادراری در افراد عادی جامعه در مطالعه Jain و همکاران در سال ۲۰۱۵ بود (۳۹).

تاثیر مشخصات جمعیت شناسی بر میزان متابولیت‌های ادراری

سن و وزن: طبق آنالیز صورت گرفته، میانگین کلی متابولیت‌های ادراری سنجش شده در افراد ۳۰ سال و بیشتر از ۳۰ سال بطور معنی‌داری بیشتر از این میزان در افراد کمتر از ۳۰ سال بود. دلیل این امر می‌تواند پایین بودن فعالیت آنزیم‌های متابولیکی و یا پایین بودن دسترسی به کوفاکتورهای درون‌زاد در افراد جوانتر (زیر ۳۰ سال)، و در نتیجه کمتر بودن ظرفیت متابولیسم در این افراد باشد. همچنین طبق آنالیز صورت گرفته، میانگین کلی متابولیت‌های اندازه‌گیری شده در افراد با وزن کمتر یا مساوی ۸۵ kg به طور معنی‌داری بیشتر از افراد بیش از ۸۵ kg بود. دلیل این امر را می‌توان به بالاتر بودن احتمال بیماری و همچنین بالاتر بودن احتمال مصرف دارو در افراد با وزن بیشتر و در نتیجه پایین بود متابولیسم در این افراد نسبت به افراد با وزن کمتر دانست. با این حال عوامل دیگری مثل غلظت و میزان تماس با آلاینده، رژیم غذایی، بیماری، مصرف دارو و الکل نیز بر میزان متابولیسم کبدی تاثیرگذار هستند. همچنین هورمون‌ها که ممکن است در افراد مختلف با توجه به سن، وزن، و جنس، کمیت و کیفیت متفاوتی داشته باشد می‌توانند بر میزان متابولیسم آلاینده تاثیرگذار باشد (۳۷، ۳۸).

استعمال دخانیات: دود سیگار حاوی بیش از ۳۰۰۰ ترکیب

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

مختلف است که اغلب آنها القاکننده آنزیمی هستند (۳۷). معمولا در سیگاری‌های حرفه‌ای، برخی داروها و آلاینده‌ها خیلی سریعتر از غیرسیگاری‌ها حذف می‌شود. همچنین کارگران صنعتی در معرض برخی از آفت‌کش‌ها و دیگر آلاینده‌ها، داروهای خاصی را سریع‌تر از افراد دیگر متابولیزه می‌کنند. این امر ناشی از القای آنزیم است (۳۷، ۳۸). در مطالعه Jain و همکاران در سال ۲۰۱۵ نیز مشخص شد رابطه مستقیمی با استعمال دخانیات و افزایش متابولیت‌های ادراری وجود دارد (۳۹). در این مطالعه نیز، میانگین کلی متابولیت‌های ادراری سنجش شده در افراد سیگاری بیشتر از این میزان در افراد غیرسیگاری بود، که دلیل این امر می‌تواند اثر القاکنندگی آنزیمی سیگار و در نتیجه افزایش متابولیسم باشد.

سابقه کاری و ساعت کار در هفته: میانگین کلی متابولیت‌ها در افراد با سابقه کاری مساوی یا بیشتر از ۵ سال بیشتر از افراد کمتر از ۵ سال بود، که این نتایج برعکس مطالعه Rahimpoor و همکاران در سال ۲۰۱۴ بود؛ آنها دریافتند که با افزایش سابقه کاری، میزان متابولیت‌های ادراری ترانس، ترانس-موکونیک اسید کاهش می‌یابد (۲۲). علت این تفاوت را می‌توان زیاد بودن و حتی ناشناخته بودن برخی عوامل تاثیرگذار بر مقدار ترشح متابولیت‌های ادراری دانست؛ بعلاوه اینکه نوع متابولیت در این دو مطالعه با هم متفاوت است. همچنین میزان این متابولیت‌ها در ادرار افرادی که ساعت کاری آنها در هفته مساوی یا بیشتر از ۳۵ h بود، بیشتر از افراد با ساعت کاری کمتر از ۳۵ h در هفته بود. هر چند عوامل زیادی در فعالیت متابولیسمی بدن تاثیرگذار هستند، ولی طبق نتایج این مطالعه می‌توان گفت افزایش سابقه کاری و افزایش ساعت کاری (زمان تماس با آلاینده)، از طریق القای آنزیمی باعث متابولیز شدن آلاینده و در نتیجه افزایش متابولیت در ادرار می‌شوند (۳۸).

سابقه بیماری: در این مطالعه میانگین کلی متابولیت‌های سنجش شده در افراد با سابقه بیماری بیشتر از افراد سالم بود. این امر ممکن است به دلیل القای آنزیمی داروهای مصرف شده توسط افراد با سابقه بیماری باشد. بسیاری از بیماری‌ها و عفونت‌های میکروبی میزان متابولیسم کبدی و کلیرانس کلیه را کاهش می‌دهند. این امر به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های کبدی است. ولی همیشه اینطور نیست زیرا بعضی بیماری‌ها و مصرف بعضی داروها ممکن است اثر القای آنزیمی داشته باشند و منجر به افزایش متابولیسم شوند (۳۷، ۳۸).

نتیجه‌گیری

میانگین غلظت آلاینده‌ها در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بود که دلیل این امر می‌تواند دمای بیشتر در تابستان نسبت به بهار باشد یافته‌های این پژوهش نشان داد که هرچند در بعضی واحدها (واحد بازیافت و پالشینگ) غلظت آلاینده بیشتر است ولی مقادیر VOCs و THCs از مقادیر رهنمود پیشنهاد شده توسط سازمان‌های معتبر کمتر است. با این حال، با توجه به بیشتر بودن غلظت این آلاینده‌ها در هوای مجتمع نسبت به هوای شهر، لازم است تمهیدات لازم برای اقدامات پیشگیرانه در مواقع بحران در نظر گرفته شود. همچنین، مقادیر متابولیت‌های مذکور در افراد سیگاری، افراد مسن، افراد دارای سابقه بیماری، افراد دارای سابقه کاری بیشتر، و افراد با شیفت کاری زیاد، بیشتر بود. با این حال، عوامل بسیار زیاد دیگری از جمله رژیم غذایی، نوع داروهای مصرفی، عوامل ارثی و عوامل ناشناخته زیادی می‌تواند ترشح این متابولیت‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. مقدار شاخص مواجهه بیولوژیکی (BEI) هیچکدام از متابولیت‌های ادراری سنجش شده از مقادیر رهنمودهای پیشنهاد شده توسط سازمان‌های معتبر بیشتر نبود.

از کاستی این مطالعه می‌توان به مقطعی بودن آن اشاره کرد. در نهایت، می‌توان در مطالعات بعدی، تاثیر رژیم غذایی و نوع داروهای مصرفی را در ترشح میزان متابولیت‌ها سنجش کرد. همچنین، می‌توان آلاینده با متابولیت‌های اختصاصی دیگری را بررسی کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی و تعیین میزان ترکیبات آلی در هوای تنفسی در متابولیت‌های آنها" مصوب شرکت ملی صنایع پتروشیمی با کد ۸۰۱۷۵۴۴۹ است که با حمایت شرکت ملی صنایع پتروشیمی اجرا شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

منابع

1- Suhaimi NF, Jalaludin J. Biomarker as a research tool in linking exposure to air particles and respiratory health. BioMed Research International. 2015. doi:10.1155/2015/962853.

2- Mo Z, Shao M, Lu S, Qu H, Zhou M, Sun J, et al. Process-specific emission characteristics of volatile organic compounds (VOCs) from petrochemical facilities in the Yangtze River Delta, China. Science of the Total Environment. 2015;533:422-31.

3- Lindhjem CE. Conversion factors for hydrocarbon emission components. Washengton: Assessment and Modeling Division, U.S. EPA Office of Mobile Sources Technologies Division; 1997 Nov. Report No.: NR-002.

4- De Nevers N. Air Pollution Control Engineering. 2nd ed. Illinois: Waveland Press; 2010.

5- Chen X, Qian W, Kong L, Xiong Y, Tian S. Performance of a suspended biofilter as a new bioreactor for removal of toluene. Biochemical Engineering Journal. 2015;98:56-62.

6- Neal AB, Loehr RC. Use of biofilters and suspended-growth reactors to treat VOCs. Waste Management. 2000;20(1):59-68.

7- Al Zabadi H, Ferrari L, Sari-Minodier I, Kerautret M-A, Tiberguent A, Paris C, et al. Integrated exposure assessment of sewage workers to genotoxicants: an urinary biomarker approach and oxidative stress evaluation. Environmental Health. 2011;10(1):23. doi:10.1186/1476-069X-10-23.

8- Bahrami A, Jonidi-Jafari A, Folladi B, Mahjub H, Sadri Q, Zadeh MM. Comparison of urinary O-cresol and hippuric acid in drivers, gasoline station workers and painters exposed to toluene in west of Iran. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2005;8(7):1001-1005.

9- Karatum O, Deshusses MA. A comparative study of dilute VOCs treatment in a non-thermal plasma reactor. Chemical Engineering Journal. 2016;294:308-15.

10- Elbir T, Cetin B, Cetin E, Bayram A, Odabasi M. Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 2007;133(1-3):149-60.

11- Tiwari V, Hanai Y, Masunaga S. Ambient levels of volatile organic compounds in the vicinity of petrochemical industrial area of Yokohama, Japan. Air Quality, Atmosphere & Health. 2010;3(2):65-75.

12- Gurjar BR, Molina LT, Ojha CSP. Air Pollution: Health and Environmental Impacts. Boca Raton: CRC Press; 2010.

13- Holgate ST, Koren HS, Samet JM, Maynard RL. Air Pollution and Health. London: Academic Press; 1999.

14- Laurent O, Hu J, Li L, Kleeman MJ, Bartell SM, Cockburn M, et al. Low birth weight and air pollution in California: Which sources and components drive the risk? Environment International. 2016;92:471-77.

15- Ng CFS, Stickley A, Konishi S, Watanabe C. Ambient air pollution and suicide in Tokyo, 2001–2011. Journal of Affective Disorders. 2016;201:194-202.

16- National Toxicology Program. 12th Report on Carcinogens. North Carolina: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program; 2011.

17- Angerer J, Aylward LL, Hays SM, Heinzow B, Wilhelm M. Human biomonitoring assessment values: Approaches and data requirements. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2011;214(5):348-60.

18- Heinrich-Ramm R, Jakubowski M, Heinzow B, Christensen JM, Olsen E, Hertel O. Biological monitoring for exposure to volatile organic compounds (VOCs) (IUPAC Recommendations 2000). Pure and Applied Chemistry. 2000;72(3):385-436.

19- Lam PK, Gray JS. The use of biomarkers in environmental monitoring programmes. Marine Pollution Bulletin. 2003;46(2):182-86.

20- Slorach SA. Measurement of metabolites as indicators of exposure to chemicals. In: Tardiff RG, Goldstein BD, editors. Methods for assessing exposure of human and non-human biota. New York: John Wiley & Sons; 1991.

21- Lee S, Chiu M, Ho K, Zou S, Wang X. Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong. Chemosphere. 2002;48(3):375-82.

22- Rahimpoor R, Bahrami AR, Ghorbani F, Assari

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

MJ, Negahban AR, Rahimnejad S, et al. Evaluation of Urinary Metabolites of Volatile Organic Compounds and Some Related Factors in Petrochemical Industry Workers. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014;24(116):119-31 (in Persian).

23- Shiraishi N. Levels of formaldehyde, phenol and ethanol in dissection room air and measures for reduction. Japanese Journal of Occupational Medicine and Traumatology. 2006;54(1):1-10.

24- Sun H, Trabue SL, Scoggin K, Jackson WA, Pan Y, Zhao Y, et al. Alcohol, volatile fatty acid, phenol, and methane emissions from dairy cows and fresh manure. Journal of Environmental Quality. 2008;37(2):615-22.

25- IARC. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer (IARC), World Health Organization; 2002.

26- WHO. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2010.

27- Sams C, Loizou GD, Cocker J, Lennard MS. Metabolism of ethylbenzene by human liver microsomes and recombinant human cytochrome P450s (CYP). Toxicology Letters. 2004;147(3):253-60.

28- Eller PM. NIOSH Manual of Analytical Methods. USA: DIANE Publishing; 1994.

29- Cetin E, Odabasi M, Seyfioglu R. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. Science of the Total Environment. 2003;312(1):103-12.

30- ACGIH. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 1999.

31- Mohamed MF, Kang D, Aneja VP. Volatile organic compounds in some urban locations in United States. Chemosphere. 2002;47(8):863-82.

32- Na K, Kim YP, Moon K-C, Moon I, Fung K. Concentrations of volatile organic compounds in an industrial area of Korea. Atmospheric Environment. 2001;35(15):2747-56.

33- Foo S, Jeyaratnam J, Ong C, Khoo N, Koh D, Chia S. Biological monitoring for occupational exposure to toluene. The American Industrial Hygiene Association Journal. 1991;52(5):212-17.

34- Mendaš G, Vuletić M, Galić N, Drevenkar V. Urinary metabolites as biomarkers of human exposure to atrazine: Atrazine mercapturate in agricultural workers. Toxicology Letters. 2012;210(2):174-81.

35- Nise G, Attewell R, Skerfving S, Orbaek P. Elimination of toluene from venous blood and adipose tissue after occupational exposure. British Journal of Industrial Medicine. 1989;46(6):407-11.

36- Strickland P, Kang D. Urinary 1-hydroxypyrene and other PAH metabolites as biomarkers of exposure to environmental PAH in air particulate matter. Toxicology Letters. 1999;108(2):191-99.

37- Gibson GG, Skett P. Introduction to Drug Metabolism. 3rd ed. Cheltenham: Nelson Thornes; 2001.

38- Katzung BG, Masters SB, Trevor AJ. Basic and Clinical Pharmacology. New York: McGraw-Hill; 2011.

39- Jain RB. Levels of selected urinary metabolites of volatile organic compounds among children aged 6-11 years. Environmental Research. 2015;142:461-70.

www.SID.ir

Archive of SID

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Total Hydrocarbons (THCs) in ambient air of a petrochemical complex in Iran and their urinary metabolites in employees

Y Hajizade[1], Sh Nazmara[1], H Teiri[2], I Parseh[3,4,*]

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

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

3- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

4- Student Research Committee, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 14 March 2017
Revised: 7 June 2017
Accepted: 11 June 2017
Published: 21 June 2017

Key words: Air pollution, Petrochemical complex, Biomarker, THCs, VOCs

***Corresponding Author:**
iparseh97@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: During the past few decades, air pollution has due to an increase in deaths from been the focus of international attention air pollution. In this study, Volatile Organic Hydrocarbons (VOCs) and Total Hydrocarbons (THCs) in ambient air of a Petrochemical Complex, Iran, was measured. Also, the relationship between these pollutants and some of their urinary metabolites was evaluated in the petrochemical complex workers.

Materials and Methods: These pollutants were measured in two stages, in spring (40 samples) and summer (40 samples), in ambient air of the different units of the complex. Urinary metabolites were measured in accordance with the NIOSH standard method using a GC-FID and TD/GC-MS.

Results: Total average of THCs in the spring and summer was 14.06 and 15.85 ppm, respectively; this amount was 14.09 and 16 ppm for VOCs. In summer, the highest values of VOCs (48.19 ppm) and THCs (47.63 ppm) were measured in Recovery unit. Total average of the urinary metabolites including Phenol, Phenylglyoxylic acid (PGA) and Mandelic Acid (MA) was 16.67, 34.8, and 67.24 mg/g creatinine respectively; in spring, it was 15.34, 57.34, 30.5 mg/g creatinine respectively

Conclusion: Background variables such as age, weight, and smoking habit had different impacts on the level of metabolites. The values of measured pollutants were lower than the guideline values proposed by the American Association of Industrial Hygienists (ACGIH). In addition, the values of measured metabolites in urine were less than the biological exposure index (BEI) provided by ACGIH.

Please cite this article as: Hajizade Y, Nazmara S, Teiri H, Parseh I. Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Total Hydrocarbons (THCs) in ambient air of a petrochemical complex in Iran and their urinary metabolites in employees. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(1):103-14.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 10:15 IRST on Tuesday October 3rd 2017

www.SID.ir