ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با ترکیبات آلی فرار (BTEX) در واحد رنگ یک صنعت خودروسازی

فاطمه دهقانی[۱]- فریده گلبابایی[۲*]- سید ابوالفضل ذاکریان[۳]- فریبرز امیدی[۴]- محمد علی منصورنیا[۵]
fgolbabaei@tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱۶

چکیده

مقدمه: اثرات سوء ترکیبات آلی فرار از اختلالات جزیی تا سرطان زایی برخی ترکیبات نظیر بنزن، شناخته شده اند. هدف از این مطالعه تعیین میزان مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX در یک صنعت خودروسازی و ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با این ترکیبات بوده است.

روش کار: در این مطالعه مقطعی که در واحد رنگ یک صنعت خودروسازی شامل کابین، پیش رنگ و سالن رنگ انجام شد،پس از جمع آوری نمونه و تجزیه ی آن با دستگاه GC-MS، ترکیبات BTEX به عنوان آلاینده های اصلی شناسایی شدند. در مرحله ی بعداز روش بهینه شده NIOSH1501 جهت نمونه برداری و آنالیز ترکیبات و از روش EPA برای ارزیابی ریسک استفاده شد.

یافته ها: نتایج آنالیز نمونه ها نشان داد که مقدار غلظت بنزن در کابین رنگ بیش تر از مقدار مجاز مواجهه شغلی می باشد. میزان ریسک سرطان زایی برای بنزن و اتیل بنزن به ازای هر ۱۰۰۰ نفر در کابین رنگ به ترتیب برابر با ۱۰ و ۲/۵، در پیش رنگ برابر با ۳/۶۳ و ۱/۸ و در سالن رنگ برابر با ۱/۲۷ و ۰/۳۹ به دست آمد. ریسک غیر سرطان برای بنزن در کلیه بخش ها و برای زایلن در کابین رنگ و پیش رنگ بالاتر از حد مجاز توصیه شده می باشد.

نتیجه گیری: با توجه به بالا بودن ریسک سرطان زایی ترکیبات بنزن و اتیل بنزن و هم چنین ریسک غیر سرطان برای دو ترکیب بنزن و زایلن، پایش بیولوژیکی کارگران، بهبود سیستم های کنترلی موجود وبه کار گیری اقدامات کنترلی فنی و مهندسی مدرن برای کنترل میزان مواجهه با این ترکیبات توصیه می شود.

کلمات کلیدی: *ارزیابی ریسک سرطان زایی و غیر سرطان زایی، ترکیبات آلی فرار، BTEX، صنعت رنگ*

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات عوامل محیطی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
۵- استادیار، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

مقدمه

چندین دهه است که کیفیت هوای محیط های شغلی به عنوان یک نگرانی اصلی مطرح می باشد. به خوبی اثبات شده که مواد شیمیایی مختلف باعث تخریب کیفیت هوای داخل محیط های کاری می شوند (۱). ترکیبات آلی فرار دسته ای گسترده از مواد شیمیایی هستند که از طریق فرآیندهای طبیعی و انسانی تولید می گردند. این ترکیبات به طور گسترده در فرآیندهای صنعتی نظیر لاستیک سازی، چاپ، اسباب بازی، پلاستیک سازی، صنعت تولید رنگ و خودروسازی استفاده می شوند (۲). بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن که از معروف ترین و رایج ترین ترکیبات آلی فرار هستند، به عنوان ترکیبات مضر و بعضا دارای اثرات بالقوه سرطانی برروی سلامتی انسان شناخته شده اند (۳, ۴). سازمان جهانی بهداشت (WHO) این گروه از ترکیبات آلی فرار را در دسته ی آلاینده های خطرناک هوا تقسیم بندی کرده است(۵). بنزن و اتیل بنزن به عنوان سرطان زا شناخته شده اند (۴). آژانس بین المللی تحقیق بر روی سرطان (IARC) و هم چنین آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA) بنزن را به عنوان سرطان زای قطعی انسانی تقسیم بندی کرده است (۶)و هم چنین مواجهه طولانی مدت با آن باعث تاثیر بر روی سیستم خون ساز، سیستم عصبی و تولید مثل می شود (۴). اتیل بنزن توسط آژانس بین المللی تحقیق بر روی سرطان (IARC) در گروه 2B (احتمالا برای انسان سرطان زا است) طبقه بندی شده است (۷). مواجهه با تولوئن باعث آسیب به سیستم عصبی مرکزی و دستگاه تولید مثلی می شود (۸). مواجهه مزمن با اتیل بنزن با اثرات نامطلوب بر روی سیتم عصبی و کلیه ها ارتباط دارد (۹). با توجه به اثرات سمی BTEX ها بر روی سلامتی افراد در محیط های شغلی، پایش این ترکیبات و ارزیابی ریسک بهداشتی آن ها به عنوان اولین راه جهت اتخاذ اقدامات کنترلی مواجهه شغلی یا این ترکیبات می باشد. هم چنین پیدایش اطلاعات جدید در مورد اثرات نامطلوب بهداشتی مواجهه با ترکیبات شیمیایی سبب گردیده که ارزیابی ریسک به عنوان یک ابزار توان مند و قوی برای کمی کردن ریسک به منظور اهداف نظارتی مورد استفاده قرار گیرد (۱۰). شورای تحقیقات ملی آمریکا (NRC) ارزیابی ریسک را به عنوان تعیین اثرات بهداشتی نامطلوب بالقوه مواجهه با خطرات محیطی تعریف می کند. (۱۱). روش های مختلفی برای تعیین مواجهه با مواد شیمیایی در محیط های شغلی وجود دارد و اندازه گیری مستقیم غلظت آلاینده در منطقه تنفسی فرد به عنوان معتبرترین روش برای اندازه گیری مواجهه می باشد. با ترکیب داده های مربوط به مواجهه و مقدار-پاسخ مواد شیمیایی می توان ریسک مربوط به مواد شیمیایی را محاسبه کرد (۱۲). در سال های اخیر مطالعات مختلفی به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با آلاینده های هوابرد در محیط های شغلی صورت گرفته است. نتایج مطالعه Tunsaringkarn و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان داد که مواجهه شغلی با BTEX ریسک ابتلا به سرطان را در کارگران پمپ بنزین افزایش می دهد (۴). حسینی و همکاران ریسک سرطان شغلی ایجاد شده از طریق مواجهه با بنزن در دو کارخانه تولید لاستیک را غیر قابل قبول گزارش کردند(۱۳). نتایج به دست آمده از مطالعه Sarigiannis و همکاران نشان داد که ریسک سرطان ناشی از مواجهه با ترکیبات آلی فرار در محیط های بسته همیشه بیش تر از مقدار ریسک قابل قبول می باشد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

(۱). علاوه بر این، نتایج مطالعه گلبابایی و همکاران در سال ۱۳۹۱که با هدف ارزیابی ریسک سرطان ناشی از مواجهه با بنزن در یک صنعت پتروشیمی انجام شد، نشان داد که بنزن با ضریب ریسک ۴/۵ تا ۵ بالاترین سطح ریسک را داشته است. (۱۴). نتایج اکثرمطالعات مشابه دیگری که به منظور برآورد ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با ترکیبات آلی فرار در محیط های مختلف انجام شده است، بیان گر ریسک قابل توجهی می باشد (۹, ۱۵). با توجه به این که حلال های آلی به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده در تولید رنگ ها می باشند، لذا کارگران شاغل در صنایع تولید رنگ و نقاشی با حلال های آلی مواجهه خواهند داشت. از این رو مطالعه حاضر با هدف ارزشیابی مواجهه شغلی با بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن(BTEX) در واحد رنگ یک صنعت خودروسازی و متعاقب آن ارزیابی ریسک بهداشتی کارگران شاغل در این صنعت طراحی و به اجرا در آمده است.

روش کار

محل مطالعه

این مطالعه به صورت مقطعی در سال ۱۳۹۵ در واحد رنگ یک صنعت خودروسازی صورت گرفت. واحد رنگ صنعت مورد مطالعه دارای سه بخش شامل کابین رنگ، پیش رنگ و سالن رنگ بود.

روش نمونه برداری

ابتدا برای تعیین نوع ترکیبات آلی فرار در صنعت رنگ با استفاده از لوله های جاذب ذغال فعال تعداد سه نمونه از محل های مختلف جمع آوری و با دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به دتکتور طیف سنج جرمیدستگاه کروماتوگرافی گازی مدل CP-3800 با طیف‌سنج جرمی مدل Saturn-2200 ساخت شرکت VARIAN آنالیز شد. پس از مشخص شدن نوع ترکیبات آلی، ترکیباتی که دارای اثرات بالقوه سمی می باشند مورد بررسی و تعیین کمی قرار گرفتند. به منظور اندازه گیری کمی میزان مواجهه کارگران باBTEX ها، از روش بهینه شده انستیتو ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH 1501) استفاده شد. نمونه های فردی از هوای منطقه تنفسی افراد شاغل در واحد رنگ مشتمل بر واحد های کابین، سالن رنگ و پیش رنگ از طریق تشکیل گروه های مواجهه همسان (SEG) انجام گرفت.

آماده سازی و آنالیز نمونه ها

پس از اتمام نمونه برداری، نمونه ها به آزمایش گاه منتقل شدند. ذغال فعال هر دو بخش عقبی و جلویی لوله نمونه بردار به ویال های جداگانه ای منتقل شد. استخراج نمونه ها با استفاده از ۱mL دی سولفید کربن (۹۹/۵%) انجام شد. پس از اضافه کردن دی سولفید کربن به ویال ها، برای استخراج کامل BTEX حداقل ۳۰ دقیقه زمان در نظر گرفته شد. پس از مرحله استخراج، نمونه ها به دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل CP-3008Varian مجهز به آشکار ساز یونش شعله ای دارای ستون کاپیلاری با حداقل طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر تزریق شد. از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با دبی ۲ میلی لیتر بر دقیقه استفاده گردید. حجم تزریق برابر با ۱ میکرولیتر و نسبت اسپلیت (Split ratio) برابر با ۵ در نظر گرفته شد. دمای اولیه ستون ۵۰ درجه سانتی گراد بود که پس از ۲ دقیقه و به میزان ۲۰ درجه سانتی گراد در دقیقه تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت و به مدت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

۱ دقیقه این دما حفظ شد. دمای محل تزریق نمونه در ۲۵۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون از محلول استاندارد مادر ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن استفاده گردید.

ارزیابی ریسک بهداشتی

با در نظر گرفتن سرطان زایی BTEX ها، بنزن و اتیل بنزن به عنوان سرطان زا و تولوئن و زایلن به عنوان غیر سرطان زا تقسیم بندی شده است (۲،۱۶). ارزیابی ریسک سرطان برای بنزن و اتیل بنزن و ارزیابی ریسک بهداشتی غیر سرطان زایی برای هر چهار ترکیب BTEX با استفاده از روش EPA انجام شد. برای انجام ارزیابی ریسک با این روش، در ابتدا لازم است که تراکم آلاینده ها در هوای محیط کار تعیین شود. پس از تعیین تراکم آلاینده ها، مقدار جذب تنفسی آلاینده ها از طریق فرمولی که در ادامه ذکر خواهد شد محاسبه و تعیین خواهد شد. در مرحله ی بعد برای ارزیابی ریسک سرطان زایی، مقدار جذب تنفسی محاسبه شده را در عامل ریسک سرطان زایی ضرب و ریسک سرطان زایی تعیین خواهد شد. هم چنین برای محاسبه ریسک غیر سرطان، مقدار جذب تنفسی محاسبه شده را بر سطح مواجهه رفرنس تقسیم و ریسک غیر سرطان زایی تحت عنوان شاخص خطر محاسبه خواهد شد. در ادامه مراحل ذکر شده با جزییات بیش تری توضیح داده خواهد شد.

مقدار جذب تنفسی مواد شیمیایی برای ارزیابی ریسک سرطان و ارزیابی ریسک غیر سرطان از طریق رابطه ی زیر محاسبه شد(۱۳):

$$I = (C \times ET \times EF \times ED) / AT$$

$I\ (\mu g/m^3)$ متوسط دریافت استنشاقی روزانه، $C\ (\mu g/m^3)$ غلظت ترکیب مورد نظر در نمونه فردی جمع آوری شده، $ET\ (hr/day)$ زمان مواجهه، $EF\ (days/year)$ فرکانس مواجهه، $ED\ (years)$ $AT\ (hours)$ متوسط عمر فرد. مقادیر پارامترهای ارزیابی مواجهه در جدول (۱) نشان داده شده است.

برای ارزیابی ریسک سرطان از فرمول زیر

جدول ۱. مقادیر پارامترهای ارزیابی مواجهه

پارامتر مواجهه	مقدار	نحوه جمع آوری اطلاعات
زمان مواجهه (ساعت / روز)	۸	پرسش نامه
فرکانس مواجهه (روز / سال)	۳۰۰	پرسش نامه
طول مدت مواجهه (سال)	۳۰	Cal/EPA, 2005
متوسط طول عمر (ساعت)	۶۱۳۲۰۰	Cal/EPA, 2005

جدول ۲. سطح مواجهه رفرنس و ریسک واحد سرطان برای BTEX ها

Agent	RELs $(\mu g/m^3)$	Cancer Unit Risk $(\mu g/m^3)^{-1}$	USEPA/ IARC class
Benzene	3	2.9×10^{-5}	A
Toluene	300	-------	
Ethyl benzene	2000	2.5×10^{-6}	2B
xylene	700	-------	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۳. نتایج شناسایی کیفی آلاینده های آلی موجود در ترکیبات رنگ

ردیف	نام ماده	فرمول مولکولی
۱	Ethylnitrate	$C_2H_5NO_3$
۲	1-Propanethiol	C3H8S
۳	Isobutyl acetate	C6H12O2
۴	Butyl ester, acetic acid	C6H12O2
۵	Benzene	C6H6
۶	Ethylbenzene	C8H10
۷	Xylene	C_8H_{10}
۸	Propylbenzene	C_9H_{12}
۹	1-ethyl-4-methylbenzene	C_9H_{12}
۱۰	1,2,3-Trimethylbenzene	C_9H_{12}
۱۱	1,2-Benzisoxazole	C7H5NO
۱۲	Toluene	C6H5-CH3

جدول(۴)- میانگین و انحراف معیار میزان مواجهه کارگران با ترکیبات مختلف BTEX

ترکیبات		بنزن			تولوئن			اتیل بنزن			زایلن		
بخش	تعداد نمونه	µg/m³	ppm	TLV-TWA	µg/m³	ppm	TLV-TWA	µg/m³	ppm	TLV-TWA	µg/m³	ppm	TLV-TWA
کابین رنگ (۲۲)	۸	۳۰۳۵±۰/۳	۰/۹۵	۰/۵	۱۰۳۵±۰/۱۹	۰/۲۸	۲۰	۸۶۸۵±۰/۲۲	۲	۲۰	۱۳۱۳۵±۰/۲۷	۳/۰۲	۱۰۰
سالن رنگ (۴۵)	۱۴	۳۷۳/۴±۰/۷۷	۰/۱۸	۰/۵	*N.D	*N.D	۲۰	۱۳۳۰±۰/۸۲	۰/۳	۲۰	۴۰۹۴±۰/۵۳	۰/۹۴	۱۰۰
پیشرنگ (۳۵)	۱۲	۱۰۶۷±۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۵	۳۴۰±۰/۷۵	۰/۱۴	۲۰	۶۱۵۳/۳±۰/۳۷	۱/۴۲	۲۰	۸۰۳۳±۰/۱۸	۱/۸۵	۱۰۰

* Not Detected

استفاده شد (۱۰):

Cancer risk = I (µg/m³) × cancer unit risk factors $(\mu g/m^3)^{-1}$

برای محاسبه ریسک های غیر سرطان مرتبط با مواجهه با مواد شیمیایی از روش شاخص خطر (Hazard quotient) از طریق تقسیم مقدار جذب تنفسی به سطح مواجهه رفرنس (REL= Reference Exposure Level) به صورت زیر استفاده شد (۱۷):

Hazard Quotient (HQ) = I (µg/m³) / RELs (µg/m³)

REL غلظتی است که در مقادیر کم تر آن هیچ گونه اثر بهداشتی نامطلوبی برای یک دوره مواجهه مشخص رخ نمی دهد. مقادیر REL ریسک واحد سرطان تنفسی (Inhalation cancer unit risk) در جدول (۲) ارایه شده است.

یافته ها

نتایج شناسایی کیفی آلاینده‌های موجود در رنگ

نتایج کیفی آنالیز نمونه های جمع آوری شده در جدول (۳) نشان داده شده است. در میان ترکیبات شناسایی شده، ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (ترکیباتBTEX) به لحاظ اهمیتی که در سلامت شاغلین دارند (۱۸) برای این مطالعه انتخاب شدند.

یافته های مربوط به میزان مواجهه فردی کارگران

جدول(۴) میانگین مواجهه کارگران مورد مطالعه با ترکیباتBTEX را بر حسب میکروگرم بر مترمکعب و ppm نشان می دهد. هم چنین تراکم

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

ترکیبات اندازه گیری شده در شکل (۱) نشان داده شده است.

به منظور ارزیابی مواجهه کارگران با مخلوط ترکیبات آلی از شاخص مواجهه (EI) استفاده می شود.جدول (۵) میزان مواجهه با مخلوط ترکیبات BTEX در بخش های مختلف را نشان می دهد. حاصل کسر زیر در مواجهه توام با ترکیبات BTEX در بخش کابین بیش از ۱ و در بخش های پیشرنگ و سالن کوچک تر از ۱ می باشد.

$$HI=\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_1}{T_2}+.....+\frac{C_n}{T_n}\leq 1$$

ارزیابی ریسک بهداشتی

مقادیر مربوط به جذب تنفسی مزمن برای مواجهه سی ساله کارگران بخش های مورد مطالعه در جدول (۶) ارایه شده است.

برای محاسبه ریسک غیر سرطان از شاخص نسبت خطر استفاده شد. جدول(۷) ریسک غیر سرطان محاسبه شده برای ترکیبات BTEX را نشان می دهد. همان طور که اطلاعات ارایه شده در جدول (۷) نشان می دهد، ریسک غیر سرطان برای بنزن در کلیه واحدها بیش از مقدار مجاز (بیش تر از یک) می باشد.

ریسک سی ساله سرطان شغلی برای دو ترکیب بنزن و اتیل بنزن به ازای هر ۱۰۰۰ نفر در شکل (۲) نشان داده شده است.

همان طور که شکل (۲) نشان می دهد کارگران شاغل در کابین رنگ دارای بیش ترین ریسک سرطان هم برای بنزن و هم برای اتیل بنزن می باشند. ریسک سرطان زایی برای بنزن و اتیل بنزن در کابین رنگ به

جدول ۵. میزان مواجهه با مخلوط ترکیبات BTEX

بخش	کابین	سالن رنگ	سالن پیشرنگ
مواجهه مخلوط	۲/۰۴	۰/۳۸	۰/۷۷

جدول ۶. میزان جذب تنفسی مزمن برای ترکیبات BTEX

نام بخش	میزان جذب تنفسی مزمن ($\mu g/m^3$)			
	بنزن	تولوئن	اتیل بنزن	زایلن
کابین رنگ	۳۵۶/۳۶	۱۲۱/۵۲	۱۰۱۹/۷۶	۱۵۴۲/۲۷
پیش رنگ	۱۲۵/۲۸	۳۹/۹۲	۷۲۲/۵	۹۴۳/۲
سالن	۴۳/۸۴	۰,۰	۱۵۶/۱۶	۴۸۰/۷

جدول ۷. ریسک غیر سرطان برای ترکیبات BTEX

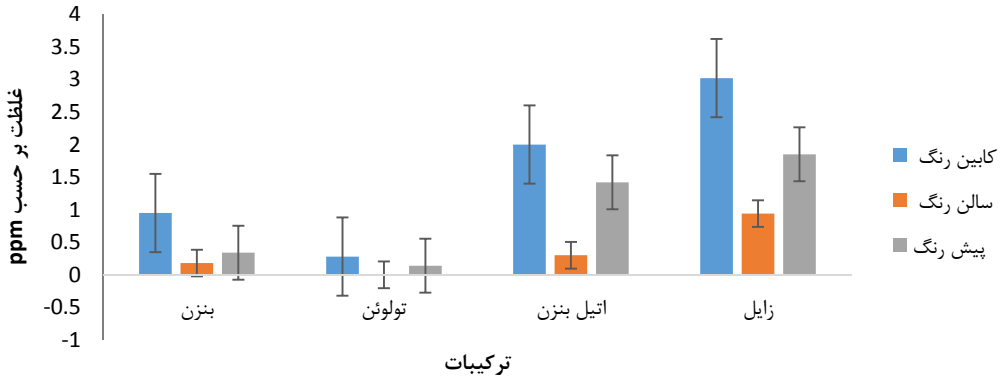
ماده شیمیایی	ریسک غیر سرطان (نسبت خطر)		
	کابین رنگ	پیش رنگ	سالن
بنزن	۱۱۸/۷۸	۴۱/۷۶	۱۴/۶۱
تولوئن	۰/۴۰	۰/۱۳	۰,۰۰
اتیل بنزن	۰/۵۰	۰/۳۶	۰/۰۷
زایلن	۲/۲۰	۱/۳۴	۰/۶۸

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

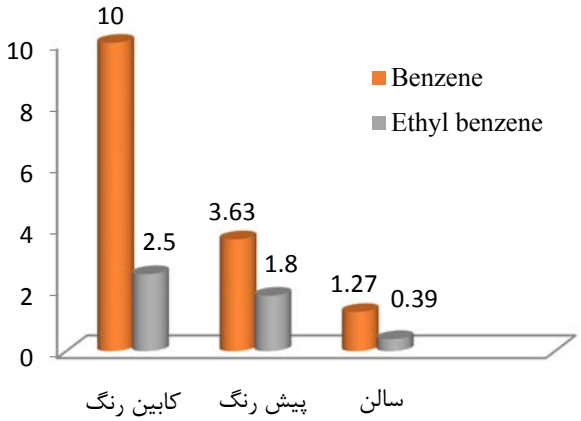
ترتیب برابر با ۱۰ و ۲/۵ نفر در هر ۱۰۰۰ نفر شاغل در این بخش است.

بحث

بر اساس نتایج آنالیز کیفی دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به دتکتور طیف سنج جرمی، ۱۲ ترکیب شناسایی شد(جدول ۳). از میان ترکیبات شناسایی شده، بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن به علت اثرات بهداشتی نامطلوب تر نسبت به سایر ترکیبات بر سلامت شاغلین و مخصوصاً سیستم اعصاب مرکزی می باشند (۱۸)، لذا در مرحله ی بعد میزان مواجهه با این ترکیبات در شاغلین صنعت رنگ توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به دتکتور یونش شعله ای کمی سازی شد. نتایج آنالیز ترکیبات BTEX نشان داد که تراکم بنزن در بخش کابین رنگ برابر با ۳/۰۳۵ میلی گرم بر مترمکعب (معادل با ۰/۹۵ ppm) می باشد که این مقدار بیش تر از حد مجاز مواجهه شغلی (۰/۵ ppm) ارایه شده توسط مرکز سلامت و محیط کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی می باشد (۱۹). علی رغم پایین بودن میزان مواجهه با سایر ترکیبات مورد مطالعه، نتایج مواجهه هم زمان کارگران باترکیبات BTEX نشان داد که میزان مواجهه با مخلوطی از ترکیبات BTEX در بخش کابین رنگ بیش از حد



شکل ۱. میانگین مواجهه با ترکیبات BTEX در بخش های مختلف



شکل ۲. ریسک سرطان زایی بنزن و اتیل بنزن به ازای هر ۱۰۰۰ نفر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

مجاز (≤۱) و در دو بخش سالن رنگ و پیش رنگ کم تر از مقدار مجاز مواجهه (≥۱) می باشد. این یافته ها بر نقش بنزن در میزان مواجهه غیر مجاز کارگران بخش کابین و مجاز بودن میزان مواجهه در بخش های سالن رنگ و سالن پیش رنگ تأکید دارد. کابین رنگ آلوده ترین محیط در میان دیگر بخش ها می باشد. از دلایل بالا بودن بنزن در این بخش می توان به وجود ناخالصی بنزن در حلال ها و هم چنین استفاده بی رویه از تینر در تمیز کردن سطوح اشاره کرد. این نتایج با یافته های حاصل از مطالعه گلبابایی و همکاران در سال ۱۳۸۹ نیز هم خوانی دارد (۲۰). در مطالعه ی دیگری که توسط گلبابایی و همکاران در یک صنعت پتروشیمی انجام شد، نشان داده شد که شاغلین سایت من و سایت آروماتیک با میانگین ۴/۲۹ پی پی ام بیش ترین مواجهه با بنزن را داشتند (۱۴). مطالعه ی Badjagbo و همکاران که در سال ۲۰۱۰ به منظور تعیین تراکم BTEX ها در گاراژهای تعمیر اتومبیل انجام گرفت، نشان داد که تراکم ترکیبات اندازه گیری شده شامل تولوئن، اتیل بنزن و زایلن کم تر از مقدار مجاز مواجهه شغلی تعیین شده برای این ترکیبات است و تنها در چند گاراژ ریسک سرطان زایی بنزن بیش تر از مقدار توصیه شده توسط EPA گزارش شد که بالا بودن مقدار بنزن در این چند مکان باعث بالاتر بودن ریسک بهداشتی در این گاراژها گردیده است (۲۱). نتایج تحقیقات انجام شده در ایران و جهان حاکی از آن است که در میان ترکیبات آلی فرار، هنوز بنزن علی رغم حذف آن در بسیاری از ترکیبات، نقش مهمی در به خطر انداختن سلامت شاغلین دارد. از آن جایی که میزان مواجهه یکی از عوامل مؤثر در میزان ریسک می باشد، لذا در این تحقیق میزان ریسک سرطان زایی و غیر سرطان زایی ترکیبات مورد مطالعه، بررسی شد. با توجه به توصیه ی EPA حد بالای ریسک سرطان قابل قبول برابر با یک مورد در هر ۱۰۰۰۰ نفر می باشد (۲۲). ریسک سرطان شغلی محاسبه شده برای بنزن و اتیل بنزن در کلیه ی واحدها (کابین رنگ، پیش رنگ و سالن) بالاتر از مقدار توصیه شده توسط EPA می باشد. در مطالعه ای که توسط Lan و همکاران با هدف ارزیابی ریسک بنزن انجام گرفت علی رغم پایین تر بودن مقادیر بنزن از حدود مجاز، با توجه به مقادیر ریسک نسبی به دست آمده برای بخارات بنزن، ریسک نسبی سرطان خون برای کارکنان این واحد برابر ۱/۱ گزارش شد. به عبارت دیگر ریسک ابتلا به سرطان خون و لوسمی در کارکنان مواجهه با بنزن ۱/ ۱برابر بیش تر از گروه فاقد مواجهه گزارش شد (۲۳). هم چنین مطالعه ای دیگر که توسط Larner و همکاران در کشور آرژانتین انجام گرفت از بین ترکیبات شناسایی شده میانگین غلظت بنزن در واحد رنگ با ۰/۷۷ بیش ترین مقدار بود. علاوه بر این، بالا بودن غلظت اتیل بنزن در بخش تعمیرات مسبب بیش تر بودن ریسک نسبی سرطان در این دو بخش بوده است (۲۴). در این مطالعه به منظور ارزیابی ریسک غیر سرطان از شاخص نسبت خطر استفاده شد. همان طور که اطلاعات جدول (۶) نشان می دهد این شاخص برای بنزن در کلیه ی بخش های اندازه گیری شده و هم چنین برای زایلن در بخش های کابین رنگ و پیش رنگ بالاتر از مقدار مجاز (یک) می باشد و در دیگر بخش ها، این شاخص در حد مجاز می باشد. گرچه استفاده از بنزن در حلال ها ممنوع شده است اما هنوز این ترکیب در حلال ها وجود دارد و کارگران در معرض مواجهه با این ترکیب هستند. تاکنون مطالعه ای در خصوص این که مقادیر شاخص خطر محاسبه شده بالاتر از ۱ تا چه اندازه می تواند سبب ایجاد آسیب های شغلی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

شود، گزارش نشده است. مواجهه با بنزن ممکن است باعث ریسک بالقوه اثرات بهداشتی نامطلوب در دوره کاری سی ساله شود. در چند سال اخیر مطالعات مختلفی به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با حلال های آلی صورت گرفته که در ادامه به برخی از آن ها اشاره شده است. Durmusoglu و همکاران با استفاده از روش EPA ریسک بهداشتی مواجهه با ترکیبات BTEX را در محل های دفن زباله برآورد کردند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که ریسک سرطان و غیر سرطان برای این ترکیبات در محدوده مجاز می باشد(۲۵). نتایج مطالعه حسینی و همکاران در یک کارخانه تایر سازی نشان داد که ریسک مواجهه شغلی با بنزن بیش تر از مقدار مجاز ارایه شده می باشد(۱۳).

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه بیان گر بالا بودن ریسک سرطان شغلی برای ترکیبات بنزن و اتیل بنزن در کلیه ی بخش های اندازه گیری شده می باشد. علاوه بر این ریسک غیر سرطان برای بنزن در کلیه ی بخش های اندازه گیری شده بسیار بالاتر از مقدار مجاز آن یعنی یک می باشد. هم چنین ریسک غیر سرطان برای زایلن در بخش های کابین رنگ و پیش رنگ بالاتر از مقدار مجاز می باشد که عمده ریسک بهداشتی کارگران واحد رنگ مربوط به ترکیبات بنزن و زایلن می باشد. بنابراین کنترل جدی تر ترکیبات فوق با استفاده از روش های مدرن فنی-مهندسی و هم چنین پایش متابولیت های آن ها در مایعات بیولوژیکی توصیه می شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده ی اول، خانم فاطمه دهقانی می باشد که با حمایت مالی دانش گاه علوم پزشکی تهران انجام شده است، لذا نویسندگان از دانش گاه علوم پزشکی تهران به خاطر حمایت مالی تقدیر و تشکر می کنند.

REFERENCES

1.Sarigiannis DA, Karakitsios SP, Gotti A, Liakos IL, Katsoyiannis A. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk. Environment international. 2011;37(4):743-65.

2. Aghaei H, Kakooei H, Shahtaheri S, et al. Evaluating Poly-Aromatic Hydrocarbons in respiratory zone of the asphalt workers in Tehran city. Journal of Health and Safety at Work. 2014;3(4):31-40.

3.Edokpolo B, Yu QJ, Connell D. Health risk assessment of ambient air concentrations of benzene, toluene and xylene (btx) in service station environments. International journal of environmental research and public health. 2014;11(6):6354-74.

4.Tunsaringkarn T, Siriwong W, Rungsiyothin A, Nopparatbundit S. Occupational exposure of gasoline station workersto BTEX compounds in Bangkok, Thailand. The international journal of occupational and environmental medicine. 2012;3(3 July).

5. Golhosseini M, Kakooei H, Shahtaheri S, et al. Evaluation of volatile organic compounds levels inside taxis passing through main streets of Tehran. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;5(4):152-158.

6. Organization WH. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants: WHO; 2010.

7.Lim SK, Shin HS, Yoon KS, Kwack SJ, Um YM, Hyeon JH, et al. Risk assessment of volatile organic compounds benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) in consumer products. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2014;77(22-24):1502-21.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

8.Walser T, Juraske R, Demou E, Hellweg S. Indoor exposure to toluene from printed matter matters: complementary views from life cycle assessment and risk assessment. Environmental science & technology. 2013;48(1):689-97.

9. Harati B, Shahtaheri SJ, Karimi A, et al. Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing. Journal of Health and Safety at Work. 2017;7(2):121-130.

10.Guo H, Lee S, Chan L, Li W. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. Environmental Research. 2004;94(1):57-66.

11.Council NR. Risk assessment in the federal government: Managing the process. Washington (DC), National Academy Press; 1983.

12.Nieuwenhuijsen M, Paustenbach D, Duarte-Davidson R. New developments in exposure assessment: the impact on the practice of health risk assessment and epidemiological studies. Environment International. 2006;32(8):996-1009.

13.Hosseini S, Rezazadeh-Azari M, Taiefeh-Rahimian R, Tavakkol E. Occupational Risk Assessment of Benzene in Rubber Tire Manufacturing Workers. International Journal of Occupational Hygiene. 2014;6(4):220-6.

14. Golbabaei F, Eskandari D, Azari M, Jahnagiri M, Rahimi A, Shahtaheri S. Health risk assessment of chemical pollutant in a petrochemical complex. Iran occupational health. 2011;9(3) 11-21 [Persion].

15.Du Z, Mo J, Zhang Y. Risk assessment of population inhalation exposure to volatile organic compounds and carbonyls in urban China. Environment international. 2014;73:33-45.

16. Henderson L, Brusick D, Ratpan F, Veenstra G. A review of the genotoxicity of ethylbenzene. Mutation Research/Reviews in Mutation Research. 2007;635(2):81-9.

17. Wang D-G, Alaee M, Byer JD, Brimble S, Pacepavicius G. Human health riskassessment of occupational and residential exposures to dechlorane plus in the manufacturing facility area in China and comparison with e-waste recycling site. Science of the Total Environment. 2013;445:329-36.

18. Gregersen P, Angelsø B, Nielsen TE, Nørgaard B, Uldal C. Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers: an occupational, neuropsychological, and neurological investigation. American journal of industrial medicine. 1984;5(3):201-25.

19. Ministry of Health and Medical Education, Center of Environmental and Occupational Health, .Occupational Exposure Limits. Fourth Edition. Hamedan. Daneshjoo press. 1395 [persion]

20. Golbabaei F, Kazemi R, Banafshe G, Pourtalari M, Shahtaheri SJ, Rismanchian M Influence of operational, technical and environmental factors on exposure of motor-vehicle painters to volatile organic solvents. Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research 2011; 8(4):63-71

21. Badjagbo K, Loranger S, Moore S, Tardif R, Sauvé S. BTEX Exposures among AutomobileMechanics and Painters and TheirAssociated Health Risks. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 16:2, 301-316, DOI:10.1080/10807031003670071.

22. Durmusoglu E, Taspinar F, Karademir A. Health risk assessment of BTEX emissions in thelandfill environment. Journal of hazardous materials. 2010;176(1):870-7.

23. Lan Q, Zhang L, Li G, Vermeulen R, Weinberg RS, Dosemeci M, et al. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. Science. 2004;306(5702):1774-6.

24. Lerner JC, Sanchez E, Sambeth J, Porta A. Characterization and health risk assessment of VOCs in occupational environments in Buenos Aires, Argentina. Atmospheric environment. 2012;55:440-7.

25. Durmusoglu E, Taspinar F, Karademir A. Health risk assessment of BTEX emissions in thelandfill environment. Journal of hazardous materials. 2010;176(1):870-7.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

Health risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) in a painting unit of an automotive industry

Fateme Dehghani[1], Farideh Golbabaei[2,*], Seyed Abolfazl Zakerian[3], Fariborz Omidi[4], Mohammad Ali Mansournia[5]

[1] M.Sc., Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[2] Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[3] Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[4] M.Sc., Research Center for Environmental Determinants of Health (RCEDH), Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

[5] Assistant Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Adverse effects of volatile organic compounds (VOCs) including general and specific effects like carcinogenic of benzene are well known. The aim of this study was to evaluate occupational exposure to BTEX compounds in the painting unit of an automotive industry and subsequently health risk assessment of exposure to these compounds.

Material and Method: This cross-sectional study was conducted in the paint unit of an automotive industry including painting cabin, pre-painting salon and painting salon sections. After analyzing samples, gathered from different sections, by GC-MS, BTEX compound were identified as the main contaminants. In the next step, NIOSH1501 and EPA methods were used to measure and analysis of BTEX and risk assessment, respectively.

Result: Findings showed that benzene concentration in painting cabin was higher than occupational exposure limits provided by the Environmental and Occupational Health Center of Iran. Life time cancer risk for benzene per 1000 has been reported10, 3.63 and 1.27in the painting cabin, pre-painting and salon sections, respectively. It was also for ethyl benzene 2.5m 1.8 and 38.0 in the mentioned sections, respectively. The non-cancer risk for benzene and xylene in the painting cabin and pre-painting sections were higher than recommended allowable level.

Conclusion: Regarding the high level of cancer risk values obtained for benzene and ethylbenzene in the studied units and also high values of non-cancer risk for benzene and xylene, it is recommended to conduct biological exposure assessmnet of the workers and improve existence control systems using modern engineering control systems.

Key words: *Cancer and Non-Cancer Health Risk Assessment; Volatile Organic Compounds; BTEX; Painting Industry.*

* Corresponding Author Email: *fgolbabaei@tums.ac.ir*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]