Airborne concentrations of Polybrominated diethyl ether in residential homes

Sadeq Hazrati[1]
Soheila Rahimzadeh[2]

Received: June 23, 2009 Revised:August 15, 2009 Accepted : September 1, 2009

Abstract

Background and aim: Polybrominated diphenyl ethers (PBDE) have been widely applied to different home and offices' appliances as flame retardant additives to inhibit ignition and enhance the fire safety. Their toxicity, health effects, and resistance to environmental degradation are matters of great interested among scientists. Airborne concentrations of PBDE in residential homes were determined in this study.

Method: In a cross sectional study, 33 residential homes were selected and airborne concentrations of PBDEs were investigated using PUF disk passive air samplers. Also in two building the concentraction of PBDEs were monitored in two rooms of a department in each building for 12 months.

Results: Average airborne concentration of ΣPBDE (sum of congeners 17, 28, 47, 49, 66, 85, 99, 100, 153, and 154) for all locations monitored was 52 (4-245) pgm^{-3}. While in one of the buildings the contaminant level of bedroom was significantly higher than the living room, PBDE concentrations remained relatively constant for whole monitoring period.

Conclusion: The range of concentrations results to a wide variation between inhalation intakes of dwellers of the lowest and the highest contaminated homes (~50 folds).

Keywords: Polybrominated diphenyl ethers, PBDE, Indoor air, Air pollution, Homes

1. Corresponding author, Faculty Member of Ardebil University of Medical Sciences. Ardebil, Iran.
S.Hazrati@Arums.ac.ir
2. The Bsc of Occupational Health, Ardebil University of Medical Sciences. Ardebil, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

بررسی غلظت دی فنیل اتر های پلی برمه در هوای منازل مسکونی

صادق حضرتی[۱]، سهیلا رحیم زاده[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۲ تاریخ ویرایش: ۱۳۸۸/۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۶/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: دی فنیل اتر های پلی برمه (PBDE) کاربرد وسیعی به عنوان مهار کننده آتش برای مقاصد ایمنی در وسایل خانگی و اداری پیدا کرده است. پایداری PBDE در محیط و سمیت آن برای انسان و محیط زیست، توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. در این مطالعه غلظت PBDE در هوای داخل منازل مسکونی تعیین گردید.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی، غلظت PBDE در هوای ۳۳ منزل مسکونی با استفاده از دستگاه نمونه بردار غیر فعال مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در دو ساختمان غلظت این ماده در دو اتاق مستقر در یک واحد مسکونی به مدت یکسال پایش شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت ΣPBDE (حاصل جمع کانجینر های شماره ۱۷، ۲۸، ۴۷، ۴۹، ۶۶، ۸۵، ۹۹، ۱۰۰، ۱۵۳ و ۱۵۴) در هوای ساختمانهای مورد مطالعه، pgm^{-3} (۲۴۵-۴) ۵۲ می باشد. علیرغم اینکه در یکی از ساختمانهای مورد مطالعه غلظت آلاینده در هوای اتاق خواب بطور معنی داری از اتاق نشیمن بیشتر بود و لیکن تغییرات قابل توجهی در غلظت PBDE در طول سال برای هیچکدام از اتاقها مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: ثبات نسبی غلظت آلاینده در هوای داخل ساختمانها در طول سال حاکی از آن است که مقادیر اضافی PBDE حاصل از افزایش دمای هوای داخل ساختمانها در فصول گرم، با افزایش میزان تهویه طبیعی به هوای اتمسفری وارد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: دی فنیل اتر پلی برومه ، PBDE، هوای داخل، آلودگی هوا، منازل

مقدمه

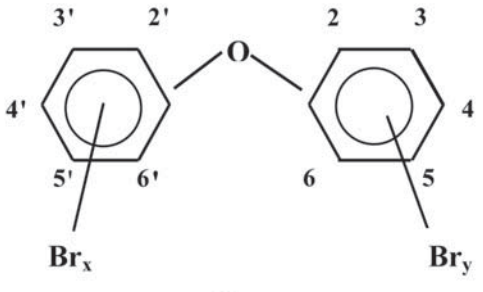
منازل به عنوان سرپناه از قرنها پیش توسط انسانها ساخته شده و مورد بهره برداری قرار گرفته است. کمیت، کیفیت و نوع مصالح ساختمانی بکار رفته در آنها اساسا" تابع وضعیت اقتصادی، اجتماعی و سیاسی حاکم بر جامعه بوده و با پیشرفت علم و دانش، مواد و مصالح ساختمانی نیز تنوع بیشتری پیدا کرده است. بحرانهای اقتصادی بویژه بحران انرژی، گاها" بشر را مجبور به استفاده از مواد شیمیایی آزمایش نشده ای در ترکیب مصالح ساختمانی نموده است. از جمله این موارد می توان به استفاده بی رویه کشورهای توسعه یافته از بی فنیل های پلی کلره به عنوان درز گیر درها وپنجره‌ها وهمچنین در ترکیب بتونهای ساختمانی به عنوان ماده عایق حرارت در دهه های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ اشاره نمود. با معلوم شدن خواص سمی و حتی سرطانزایی این گونه مواد شیمیایی و به تبع آن ممنوعیت استفاده از آنها در ساختمانها و منازل مسکونی [۱]، ترکیبات شیمیایی جدیدی از جمله دی فنیل اترهای پلی برمه (PBDE) به بازار معرفی و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. PBDE گروهی از هیدروکربنهای هالوژنه پایدار در محیط می باشند و فرمول عمومی آنها

۱- (نویسنده مسئول) عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، S.Hazrati@Arums.ac.ir
۲- کارشناس بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

$C_{12}H_{10-x}Br_xO$ ($x = 1-10$) می باشد (شکل شماره ۱). با توجه به تعداد اتم های برم متصل به حلقه دی فنیل، تعداد ۱۰ هومولوگ و با توجه به محل اتصال اتم های برم در هر هومولوگ، مجموعا" تعداد ۲۰۹ نوع ترکیب شیمیایی دی فنیل اتر های پلی برمه وجود دارد که هر کدام از این ترکیبات را کانجینر می نامند[۲]. PBDE ها تحت اسامی تجارتی متعددی (نظیر ۱۱۵ DE, Great Lakes DE-۶۰F Saytex ۷۰ ۵DE, Bromkal ۷۰, Bromkal ۷۰ و...) تولید و به بازار عرضه گردیده است [۳]. تا کنون تعداد ۳۳ کانجینر در ترکیبات تجارتی PBDE شناسایی شده است [۴]. به علت ثبات گرمایی، وجود اتمهای برم و قیمت ارزان؛ PBDE به عنوان مهار کننده آتش برای مقاصد ایمنی به پلیمرها و رزینها در غلظت های مختلف اضافه می گردد[۵]. کاربرد نهایی این ترکیبات معمولا" در وسایل الکتریکی و الکترونیکی (رایانه، تلوزیون و سایر وسایل خانگی)، روکش کابلها، فرش، موکت، اسفنج بکار رفته در صندلی، مبل، تشک و همچنین در ترکیب مواد بکار رفته در سقفهای کاذب و فوم های مورد استفاده در سقف ساختمانهای بتونی و ... می باشد [۱]. در سال ۲۰۰۲ میزان تقاضا برای PBDE حدود ۷۰۰۰۰ تن برآورد شده است که بیشترین آن را ترکیبات دکا (حاوی ۱۰ اتم برم) به خود اختصاص داده است [۶].

PBDE به علت مشابهت ساختاری با هورمون تیرویید (T۳ و T۴)، عملکرد آنها را مختل می نماید [۷]. اگر چه سمیت PBDE با افزایش تعداد اتم های برم در حلقه دی فنیل، کاهش می یابد و لیکن اثرات تجمعی آنها با سایر ترکیبات مختل کننده هورمون های آندوکرین ثابت شده است [۸]. اثر سوء بر سیستم عصبی حرکتی، یادگیری و عملکرد حافظه از دیگر



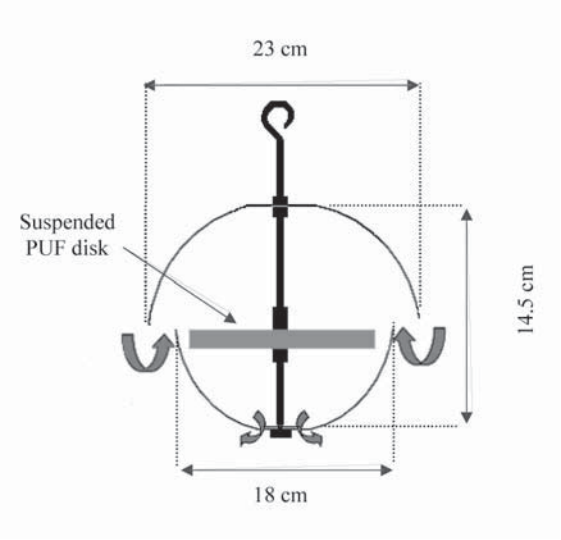
شکل ۱- فرمول عمومی دی فنیل اتر های پلی برمه

عوارض ذکر شده برای PBDE می باشد [۴]. علیرغم اینکه استاندارد مواجهه شغلی برای این مواد تعیین نشده است و لیکن در سال ۲۰۰۸ اداره محیط زیست آمریکا میزان تماس روزانه ایمن با ۴ کانجینر مهم و معمول PBDE را از ۰.۱ تا ۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز تعیین نمود[۹]. عمده ترین راه ورود آنها به محیط زیست از طریق کارخانجات تولید کننده و همچنین کارخانجات استفاده کننده از این گونه ترکیبات شیمیایی، بکارگیری و دفع وسایل، مواد و تجهیزات اسقاطی حاوی PBDE می باشد. PBDE درهوا، آب، خاک، رسوبات رودخانه ها و دریا و بدن موجودات زنده و انسان در تمامی قاره ها شناسایی و سنجش شده است [۴]. در حال حاضر PBDE مورد استفاده در دنیا صرفا" توسط تعداد معدودی از کشورها تولید می شود [۱۰] بنابراین، بکارگیری وسایل حاوی این گونه ترکیبات، از مهمترین راههای ورود آلودگی به محیط زیست در سطح جهانی به شمار می رود. مهمترین راههای ورود این ماده سمی به بدن انسان از طریق گوارشی (غذا و بلع گردوخاک) و استنشاق هوای آلوده و به مقدار ناچیز از طریق تماس پوستی می باشد. با توجه به اینکه انسان بطور متوسط بیش از ۹۰ در صد از وقت خود را در منازل و محیطهای بسته سپری می کند و همچنین وجود منابع آلاینده هوا در درون ساختمانهای اداری و مسکونی (وسایل و تجهیزات حاوی PBDE) و گزارشهای متعدد از وجود غلظتهای بالا در هوای محیطهای بسته[۱۱-۱۳]؛ این مطالعه به منظور سنجش غلظت PBDE در هوای منازل و بررسی تغییرات غلظت آلودگی در سال ۱۳۸۲-۱۳۸۵ در شهر بیرمنگهام انگلستان انجام گرفت.

روش بررسی

تعداد ۳۳ منزل مسکونی به روش نمونه گیری آسان انتخاب و با استفاده از دستگاه نمونه بردار غیر فعال مورد بررسی قرار گرفت. عمل نمونه برداری در ۲ باب از منازل فوق بطور همزمان در دو اتاق (نشیمن و خواب) به مدت یکسال ادامه یافت. نمونه بردار غیر فعال متشکل از یک صفحه پلی اورتان فوم (با قطر ۱۴۰ میلی متر، ضخامت ۱۲ میلی متر و دانسیته ۰/۰۱۶۸۵ گرم بر سانتی متر مکعب) می باشد که توسط دو محافظ

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]



شکل ۲- طرح نمونه بردار استفاده شده در این مطالعه

بشقابی زنگ نزن با سایزهای متفاوت احاطه شده است (شکل ۲). نقش این محافظ ها جلوگیری از نشست ذرات گردوغبار و کاهش تاثیر سرعت جریانهای متفاوت هوا در سرعت نمونه برداری می باشد. ساختار نمونه بردار و مکانیسم نمونه برداری در مقاله ی جداگانه [۱۳] به تفضیل شرح داده شده است. به منظور برآورد دقیقتر میزان مواجهه با PBDE، نمونه برداری از هوا با حضور ساکنان و استفاده نرمال از منازل مسکونی انجام گرفت. سمپلرها پس از آماده سازی بمدت ۶-۴ هفته در داخل ساختمان (عموما" در اتاق نشیمن) و در ارتفاع یک و نیم متری از کف اتاق قرار داده شد. پس از اتمام زمان نمونه برداری، نمونه بردارها جمع آوری و جهت آنالیز به آزمایشگاه منتقل گردید. صفحات پلی اورتان فوم به مدت ۸ ساعت در داخل ساکسلت حاوی هگزان (با درجه HPLC) و در دمای مناسب قرار داده شد. حلال حاوی PBDE با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ، دی متیل سولفوکساید (DMSO) و ماده جاذب فلوروسیل آماده سازی و در دستگاه GC/MS در حالت +EI و با استفاده از ستون ۶۰ متری با پلاریته ۵٪ آنالیز و تعیین مقدار گردید [۱۱]. آستانه سنجش دستگاه برای هرکدام ار کانجینر های PBDE بطور معمول در حدود یک پیکوگرم بر مترمکعب هوا بود. کیفیت نمونه برداری، مراحل آماده سازی و سنجش نمونه ها از طریق آنالیز نمونه های شاهد و ۵ نمونه تکراری که بطور همزمان از یک اتاق گرفته شده بود، کنترل گردید. غلظت PBDE در نمونه های شاهد همواره کمتر از ۵ درصد نمونه های مورد بود و لذا هیچگونه تصحیحی از این بابت بر روی نتایج نمونه ها اعمال نشد. نتایج آنالیز ۵ نمونه هوای تکراری نیز نشان داد که متوسط انحراف معیار نسبی غلظت PBDE حدود ۱۸ درصد می باشد.

فلوی نمونه بردار غیر فعال از طریق کالیبراسیون آنها به مدت ۵۰ روز توسط نمونه بردار فعال در یک محیط بسته و با استفاده از روابط مربوطه برآورد گردید. مکانیسم و مراحل آن در مقاله ای دیگر به تفضیل توضیح داده شده است [۱۴]. بدین ترتیب فلوی نمونه برداری برای نمونه بردارهای بکار رفته در این تحقیق از ۱/۱۲ تا ۱/۹۵ متر مکعب در شبانه روز، به ترتیب مربوط به کانجینر های شماره ۹۹ و ۴۷، محاسبه و برای برآورد غلظت آلایندها مورد استفاده قرار گرفت. داده های تحقیق با استفاده از روشهای آماری متناسب توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

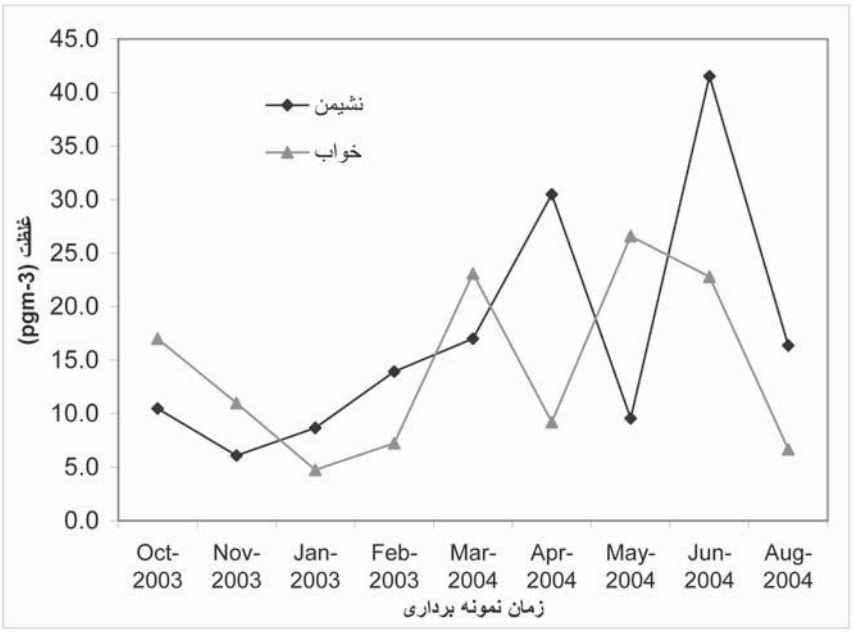
یافته ها

در این مطالعه صرفا" غلظت PBDE های حاوی ۳ تا ۵ برم اندازه گیری شد. خلاصه ای از نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه های هوا به تفکیک غلظت کانجینرها در جدول شماره ۱ ارایه شده است. میانگین غلظت ΣPBDE (حاصل جمع کانجینرهای شماره ۱۷، ۲۸، ۴۷، ۴۹، ۶۶، ۸۵، ۹۹، ۱۰۰، ۱۵۳و ۱۵۴) درهوای

	BDE ۱۷	BDE ۲۸	BDE ۴۹	BDE ۴۷	BDE ۶۶	BDE ۱۰۰	BDE ۹۹	BDE ۸۵	BDE ۱۵۴	BDE ۱۵۳	ΣPBDE
میانگین	۲	۷	۳	۱۸	۲	۳	۱۳	۱	۱	۲	۵۲
انحراف معیار	۳	۱۲	۷	۲۶	۵	۶	۱۷	۳	۳	۴	۶۰
مقار کمینه	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴
مقدار بیشینه	۱۷	۶۱	۴۰	۱۰۷	۲۸	۲۷	۸۰	۱۵	۱۷	۲۰	۲۴۵

جدول ۱- پارامترهای آماری برآورد شده برای غلظت PBDE (pgm^{-3}) درهوای منازل مسکونی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]



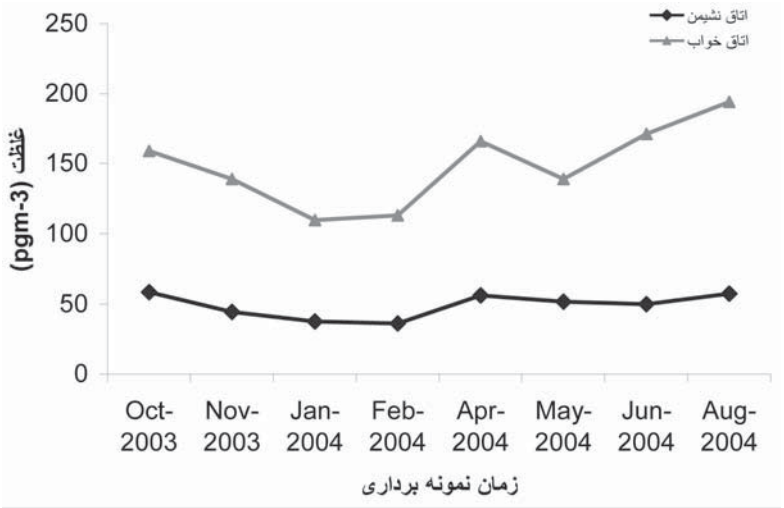
نمودار ۳- غییرات سالانه غلظت ΣPBDE در اتاق نشیمن و اتاق خواب در ساختمان شماره یک

ساختمانهای مورد مطالعه، معادل $۵۲pgm^{-۳}$ می‌باشد. همانگونه که در جدول شماره ۱ مشاهده می شود، تفاوت بسیار زیادی بین حداقل و حداکثر غلظت PBDEدر محلهای مورد بررسی وجود دارد که بیانگر حضورمنابع آلاینده گوناگون با قدرت نشرمتفاوت در داخل ساختمانها و یا تفاوت در میزان تهویه و جابجایی هوای داخل ساختمانها با هوای بیرون می باشد.

نتایج حاصل از تجزیه نمونه های جمع آوری شده در یکسال به تفکیک منازل مسکونی مورد بررسی، در نمودارهای شماره ۳ و ۴ نمایش داده شده است. نتایج مربوط به مقایسه آماری غلظت کانجینر های ۴۷؛۹۹ و ΣPBDEبرای اتاقهای واقع شده در یک ساختمان مسکونی نیز در جدول ۲ بیان شده است.

بحث و نتیجه گیری

غلظت آلودگی در هوای داخل منازل: غلظتهای PBDE



نمودار ۴- تغییرات سالانه غلظت ΣPBDEدر اتاق نشیمن و اتاق خواب در ساختمان شماره دو

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

	محل نمونه برداری	میانگین	انحراف معیار	T-test p-value	محل نمونه برداری	میانگین	انحراف معیار	T-test p-value
	ساختمان شماره ۱				ساختمان شماره ۲			
BDE 47	اتاق پذیرایی	۴	۲	۰.۹	اتاق پذیرایی	۱۹	۴	<0.01
	اتاق خواب	۳	۲		اتاق خواب	۶۵	۲۴	
BDE 99	اتاق پذیرایی	۸	۸	۰.۶۲	اتاق پذیرایی	۱۹	۳	<0.01
	اتاق خواب	۷	۵		اتاق خواب	۵۳	۱۲	
ΣPBDE	اتاق پذیرایی	۱۷	۱۲	۰.۶۳	اتاق پذیرایی	۴۹	۹	<0.01
	اتاق خواب	۱۴	۹		اتاق خواب	۱۴۹	۳۴	

جدول ۲- غلظت ۴۹- BDE و ۴۹- (۳-pgm) BDE در هوای اتاق پذیرایی و اتاق خواب

بدست آمده در این مطالعه از نتایج گزارش شده توسط سایر گروههای تحقیقاتی که در آنها از پمپهای با حجم بالا (Hi Vol) جهت نمونه برداری از هوا استفاده شده است، به مراتب کمتر می باشد. این مقادیر برای کشور انگلستان ۳-pgm-۲۱۰۰-۸۰ و برای کشور کانادا از ۶۰ تا ۱۵۵۰۰ ۳-pgm برای هوای داخل ساختمانهای اداری گزارش شده است [۱۱،۱۳]. غلظتهای گزارش شده در این مطالعه با نتایج تحقیقات وانر و همکاران [۱۵] که در کشور آلمان انجام گرفته است و طی آن میانه غلظت PBDE در هوای منازل ۳۹.۱ پیکو گرم در متر مکعب گزارش شده است، همخوانی دارد. ویل فورد و همکاران [۱۲] در کشور کانادا وگواو و همکاران [۱۶] در کشور کویت با استفاده از متد مشابه هوای داخل منازل مسکونی را نمونه برداری و به ترتیب غلظتی تقریبا" دو برابر ($Median = ۱۰۰ pg m^{-۳}$) و یک چهارم ($۱۵ pg m^{-۳}$) غلظت PBDE در این مطالعه، گزارش نموده اند. همچنین در کشور آمریکا غلظت PBDE در هوای ساختمانهای مسکونی معادل ۴۶۹ پیکو گرم در متر مکعب تعیین گردیده است [۱۷]. این اختلاف غلظت در آلودگی هوای قاره های آسیا، اروپا و آمریکا؛ در تحقیقاتی که بر روی نمونه های بافت چربی، شیر مادر و سایر نمونه های بیولوژیک انسانی انجام گرفته است نیز مشاهده شده است. بطوریکه میانگین غلظت PBDE درنمونه‌های بیولوژیک انسانی در امریکای شمالی ۲۰ تا ۵۰ برابر آسیا و اروپا می باشد [۱۸]. دلیل این موضوع را می توان به تفاوت در میزان مصرف ترکیبات PBDE و متعاقبا" تفاوت در تعداد منابع آلودگی داخل ساختمانها در سه قاره مذکور نسبت داد. نکته حائز اهمیت این است که بر اساس مطالعات انجام گرفته، بار آلودگی هوای داخل ساختمانهای اداری و خوردروها به مراتب بیشتر از منازل مسکونی می باشند [۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۹].

مواجهه با PBDE از طریق استنشاق هوای آلوده: مقدار آلاینده وارد شده به بدن از طریق هوای استنشاقی با استفاده از اطلاعات مربوط به متوسط غلظت آلودگی، متوسط حجم هوای استنشاق شده توسط انسان و نتایج زمان سنجی فعالیت روزانه مردم قابل محاسبه می باشد. با توجه به غلظت آلودگی ارائه شده در جدول شماره یک، میزان تماس استنشاقی افراد با PBDE در منازل با آلودگی بالا حدودا" ۵۰ برابر بیشتر از منازل با بار آلودگی پایین، می باشد. علاوه بر این PBDE به علت خواص فیزیکو شیمیایی خاص، تمایل بسیار زیادی به جذب شدن در مواد آلی موجود در گردو خاک را دارد. بطوریکه بسیاری از تحقیقات اخیر، ورود PBDE از طریق بلع گردوخاک موجود در ساختمانها را مهمترین راه مواجهه، به ویژه برای زیرگروههای جمعیتی خاص (نظیر کودکان زیر ۲ سال) دانسته اند [۲۰].

هوای داخل ساختمان به عنوان منبع آلودگی هوای اتمسفری: مقایسه غلظت آلودگی در داخل ساختمانها با نتایج گزارش شده برای هوای بیرون نشان می دهد که غلظت PBDE در هوای محیطهای بسته بطور متوسط ۲۰ برابر غلظت آن در هوای اتمسفری می باشد [۱۱]. بدین ترتیب، با تهویه و جابجایی هوای ساختمانها مقدار

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

متنابهی PBDE در اتمسفر آزاد شده و از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان می‌گردد. پایداری نسبی PBDE در برابر عوامل تجزیه کننده (نظیر تجزیه بیولوژیکی و تجزیه توسط رادیکالهای آزاد اتمسفری) باعث آلودگی محیط زیست و مواد غذایی شده و میزان مواجهه انسان (که در راس هرم زنجیره غذایی قرار دارد) از راه گوارشی را چند برابر می کند [۲۱].

تغییرات غلظت PBDE در داخل ساختمانها: در ساختمان شماره یک هر دو اتاق مورد بررسی در یک طبقه واقع شده است ولی در ساختمان شماره ۲ اتاق نشیمن در طبقه همکف و اتاق خواب در طبقه فوقانی قرار داشت. به همین منوال در ساختمان شماره یک، غلظت PBDE در دو اتاق نیز تفاوت معنی داری با همدیگر ندارند (نمودار ۳). لیکن میانگین غلظت آلودگی اندازه گیری شده در اتاق خواب ساختمان شماره ۲ از نظر آماری بیشتر از اتاق نشیمن می باشد (جدول ۲). یکی از علل مهم وجود این تفاوت را می توان به صعود هوای گرم و آلوده اتاق نشیمن و تجمع آن در اتاق خواب نسبت داد. علیرغم این تفاوت در غلظت آلودگی در ساختمان شماره ۲، بررسی نتایج بدست آمده از نمونه برداری یکساله و آنالیز آماری کالموگوروو اسمیرنوف ($p>0.05$) حاکی از ثبات نسبی غلظت PBDE در هر یک از اتاقهای مورد بررسی در طول تحقیق می باشد (نمودار ۳ و ۴). با توجه به ثابت بودن تعداد منابع تولید آلودگی در هرکدام از اتاقهای مورد بررسی در طول تحقیق، به نظر می رسد مهمترین فاکتور کنترل کننده غلظت آلاینده در هوای داخل، دمای اتاق و میزان تهویه (جابجایی هوای درون با بیرون ساختمان) باشد. نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که با افزایش دما میزان نشر PBDE از مواد و تجهیزات حاوی ترکیبات مذکور نیز بیشتر می‌گردد [۲۲]. لذا چنین به نظر می رسد که در منازل مسکونی، افزایش غلظت PBDE ناشی از افزایش دمای هوای اتاق در فصول گرم سال با افزایش میزان تهویه طبیعی در این فصول، خنثی می گردد. بنابراین پیش بینی می شود که با ورود مقادیر زیادی از آلودگی محیطهای بسته به بیرون (از طریق باز شدن پنجره ها)، غلظت این گونه مواد در هوای اتمسفری در طول ماههای گرم سال افزایش یابد. این مسئله در مورد بسیاری از ترکیبات آلی پایدار از جمله بی فنیل های پلی کلره به خوبی مشاهده و گزارش شده است [۲۳].

با توجه به سیاستهای بخش مسکن و تغییر الگوی ساختمان سازی در کشور جمهوری اسلامی ایران و الزام سازندگان ابنیه به رعایت آئین نامه های ساختمانی، بویژه مقررات مرتبط با آکوستیک و عایق بندی ساختمانها؛ مواد سنتتیک و سبک نیزدر قسمتهای مختلف ساختمان بیش از پیش مورد استفاده قرارمی گیرند. اینگونه مواد ممکن است حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد شیمیایی کنترل کننده حریق و سایر مواد سمی باشند. با توجه به یافته های این مطالعه و امکان خروج تدریجی مواد شیمیایی و همچنین امکان آلودگی شدید هوای داخل ساختمانها؛ بررسی علمی و دقیق نوع مواد شیمیایی بکار برده شده در ترکیب مصالح ساختمانی مورد استفاده در ایران و همچنین میزان قابلیت تبخیر آنها در شرایط معمولی و در نهایت اندازه گیری غلظت اینگونه آلاینده ها در داخل منازل مسکونی و ساختمانهای اداری ضروری به نظر می رسد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی به جهت تامین هزینه های اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع

1. WHO, Polybrominated diphenyl ether, IPCS, Environmental Health Criteria 140, Geneva: World Health Organization. 1994.

2. Xu H.-Y.,Zou J.-W.,Yu Q.-S.,Wang Y.-H.,Zhang J.-Y., et al., QSPR/QSAR models for prediction of the physicochemical properties and biological activity of polybrominated diphenyl ethers. Chemosphere 66:1998-2010, 2007.

3. de Boer J.,Cofino W. P., First world-wide interlaboratory study on polybrominated diphenylethers (PBDEs). Chemosphere 46:625-633, 2002.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

4. de Wit C. A., An overview of brominated flame retardants in the environment. Chemosphere 46:583-624, 2002.

5. Rahman F.,Langford K. H.,Scrimshaw M. D.,Lester J. N., Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. Science of the Total Environment 275:1-17, 2001.

6. BSEF, In (Bromine Science and Environmental Forum), 2007; Vol. .

7. Hooper K.,McDonald T. A., The PBDEs: an emerging environmental challenge and another reason for breast-milk monitoring programs. Environmental Health Perspectives 108:387-392, 2000.

8. Hallgren S.,Darnerud P. O., Effects of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and chlorinated paraffins (CPs) on thyroid hormone levels and enzyme activities in rats. Organohalogen Compounds 35:391-394, 1998.

9. United States Environmental Protection Agency (USEPA), Available online at http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm?fuseaction=iris.showSubstanceList&list_type=alpha&view=all. 2009.

10. Palm A.,Cousins I. T.,Mackay D.,Tysklind M.,Metcalfe C., et al., Assessing the environmental fate of chemicals of emerging concern: a case study of the polybrominated diphenyl ethers. Environmental Pollution 117:195-213, 2002.

11. Harrad S.,Wijesekera R.,Hunter S.,Halliwell C.,Baker R., Preliminary assessment of UK human dietary and inhalation exposure to polybrominated diphenyl ethers. Environmental Science and Technology 38:2345-2350, 2004.

12. Wilford B. H.,Harner T.,Zhu J. P.,Shoeib M.,Jones K. C., Passive sampling survey of polybrominated diphenyl ether flame retardants in indoor and outdoor air in Ottawa, Canada: Implications for sources and exposure. Environmental Science and Technology 38:5312-5318, 2004.

13. Shoeib M.,Harner T.,Ikonomou M.,Kannan K., Indoor and outdoor air concentrations and phase partitioning of perfluoroalkyl sulfonamides and polybrominated diphenyl ethers. Environmental Science and Technology 38:1313-1320, 2004.

14. Hazrati S.,Harrad S., Calibration of polyurethane foam (PUF) disk passive air samplers for quantitative measurement of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs): Factors influencing sampling rates. Chemosphere 67:448-455, 2007.

15. Wanner A.,Heitmann D.,Fromme H.,Korner W., Polybrominated diphenyl ether (PBDE) in indoor air and house dust from homes in Southern Bavaria. Gefahrstoffe Reinhaltung Der Luft 68:71-77, 2008.

16. Gevao B.,Al-Bahloul M.,Al-Ghadban A. N.,Ali L.,Al-Omair A., et al., Polybrominated diphenyl ethers in indoor air in Kuwait: Implications for human exposure. Atmospheric Environment 40:1419-1426, 2006.

17. Allen J. G.,McClean M. D.,Stapleton H. M.,Nelson J. W.,Webster T. F., Personal exposure to Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in residential indoor air. Environmental Science & Technology 41:4574-4579, 2007.

18. Johnson-Restrepo B.,Kannan K.,Rapaport D. P.,Rodan B. D., Polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in human adipose tissue from New York. Environmental Science and Technology 39:5177-5182, 2005.

19. Mandalakis M.,Stephanou E. G.,Horii Y.,Kannan K., Emerging contaminants in car interiors: Evaluating the impact of airborne PBDEs and PBDD/Fs. Environmental Science & Technology 42:6431-6436, 2008.

20. Wilford B. H.,Shoeib M.,Harner T.,Zhu J.,Jones K. C., Polybrominated diphenyl ethers in indoor dust in Ottawa, Canada: implications for sources and exposure. Environmental Science and Technology 39:7027-7035, 2005.

21. Harrad S.,Diamond M., New Directions: Exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs): Current and future scenarios. Atmospheric Environment 40:1187-1188, 2006.

22. Kemmlein S.,Hahn O.,Jann O., Emissions of organophosphate and brominated flame retardants from selected consumer products and building materials. Atmospheric Environment 37:5485-5493, 2003.

23. Harrad S.,Mao H. J., Atmospheric PCBs and organochlorine pesticides in Birmingham, UK: concentrations, sources, temporal and seasonal trends. Atmospheric Environment 38:1437-1445, 2004.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]