

## مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از بطری‌های آب معدنی و ظروف پلاستیکی یکبار مصرف به آب در دماهای مختلف

علی کاظمی<sup>۱</sup>، حبیب اله یونسی<sup>۲</sup>، نادر بهرامی فر<sup>۳</sup>

دریافت: ۹۱/۰۹/۱۱ پذیرش: ۹۱/۱۲/۰۷

### چکیده

**زمینه و هدف:** بیس فنول A و نونیل فنول مواد زئوآستروژن هستند که به عنوان یک مونومر پلاستیک‌ها در حجم زیادی در تولید مواد پلاستیکی بخصوص بطری‌های آب معدنی و ظروف پلاستیکی یکبار مصرف استفاده میشوند. این مطالعه پتانسیل میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از لیوان‌های یکبار مصرف پلاستیکی به آب با دماهای مختلف و همچنین از جداره بطری‌های آب معدنی به آب در دماهای مختلف را مورد بررسی قرار داد.

**روش بررسی:** در تحقیق حاضر استخراج بیس فنول A و نونیل فنول در نمونه‌ها با روش استخراج مایع-مایع انجام شد. برای شناسایی و تعیین کیفی بیس فنول A و نونیل فنول از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکارساز طیف سنجی جرمی و برای تعیین کمی این دو ترکیب از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مجهز به آشکارساز فلورسانس استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق از میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از لیوان‌های یکبار مصرف به آب با دماهای مختلف نشان داد که با افزایش دما میزان مهاجرت این دو ترکیب به آب بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. همچنین نتایج مطالعه حاضر فقط حضور بیس فنول A را در آب بطری‌های آب معدنی نشان داد و اینکه با افزایش دما نیز میزان مهاجرت بیس فنول A به آب محتوی در بطری‌های آب معدنی افزایش می‌یابد. نتیجه‌گیری: بطور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عدم نگهداری صحیح بطری‌های آب معدنی و همچنین استفاده از ظروف یکبار مصرف بخصوص برای آشامیدن نوشیدنی‌های گرم، در معرض قرارگیری مصرف‌کننده را در برابر این دو ترکیب افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: بیس فنول A، نونیل فنول، بطری، آب معدنی، ظروف پلاستیکی یکبار مصرف

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران  
۲- (نویسنده مسئول): دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

hunesi@modares.ac.ir

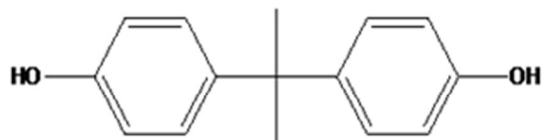
۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

## مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از بطری‌های آب معدنی و ظروف یکبار مصرف بطور یکنواخت در جهان روبه گسترش و فزونی بوده است (۱ و ۲). از دلایل اصلی این افزایش بخصوص بطری‌های آب معدنی را می‌توان نگرانی عمومی در مورد کیفیت آب‌های لوله‌کشی، حضور ترکیبات جانبی از گندزدایی، کمبود آب در مناطق توریستی بویژه در طول دوره‌های گرم، بازاریابی کارآمد و تغییر در عادات مصرف‌کننده‌ها در سال‌های اخیر دانست (۱). هر چند، سوالات زیادی در مورد امکان مهاجرت ترکیبات شیمیایی این مواد در طول زمان نگهداری بخصوص تحت شرایط نامناسب (درجه حرارت بالا، نور خورشید و غیره) به محتویات داخل آنها شامل آب و غذا وجود دارد (۳-۱). در مطالعات اخیر، گزارشات زیادی از حضور ترکیبات مختل‌کننده عملکرد غدد درون ریز که مقلد فعالیت هورمون استروژن در انسان هستند در محتویات بطری‌ها و ظروف یکبار مصرف گزارش شده است (۷-۳). از بین این ترکیبات می‌توان به ترکیبات شیمیایی صنعتی بیس فنول A و نونیل فنول که بطور گسترده در تولیدات گوناگون روزانه استفاده می‌شود نام برد (۴-۸).

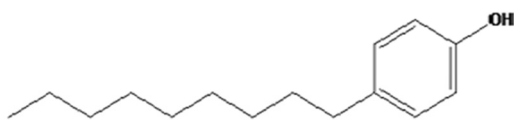
بیس فنول A با نام ۲، ۲-بیس (۴-هیدروکسی فنیل) پروپان یکی از بیشترین حجم ترکیبات شیمیایی در جهان است (۱، ۹ و ۱۰). بیس فنول A در سال ۱۳۸۵ در جهان ۳/۹ میلیون تن تولید می‌شد و این مقدار در سال ۱۳۸۹ به حدود ۶ میلیون تن افزایش یافت (۱۰). این ترکیب یک مونومر پلی کربنات پلاستیکی و اپوکسی رزین است که در حجم زیادی برای تولید ظروف یکبار مصرف، پوشش‌های داخلی قوطی‌های کنسرو، بطری‌های نگهداری آب و آب معدنی، شیشه‌های تغذیه اطفال و همچنین در دندانپزشکی، تجهیزات پزشکی، تجهیزات الکترونیکی و غیره در دنیا تولید و مصرف می‌شود (۱، ۱۱ و ۱۲). ساختار شیمیایی بیس فنول A در شکل ۱ نشان داده شده است. این ترکیب یکی از مواد زئورنی است که دارای فعالیت استروژنی ضعیف بوده و قابلیت دخالت در سیستم غدد درون‌ریز انسان و حیات وحش را داشته و موجب افزایش سرطان بیضه و سینه می‌گردد. علاوه بر این موجب کاهش باروری مردان، ماده شدن حیوان نر، ناهنجاری تکاملی جنسی،

تغییر در عملکرد غدد هیپوفیز و تیروئید، کاهش عملکرد دستگاه ایمنی و تأثیر منفی بر جنین می‌گردد (۱۴-۱۱).



شکل ۱: ساختار شیمیایی بیس فنول A

نونیل فنول نیز از ترکیبات شیمیایی مختل‌کننده غدد درون‌ریز در موجودات است که اثرات مضر بالقوهای روی سیستم هورمونی و ناهنجاری‌های جنسی در جانوران دارد (۷، ۱۱ و ۱۵). شکل ۲ ساختار شیمیایی نونیل فنول را نشان می‌دهد. نونیل فنول با نام ۴-(۲،۴-دیم تیل پتان-۳) فنول بطور گسترده‌ای در محیط زیست منتشر شده است، که نتیجه استفاده از ترکیب مورد نظر در صنعت بعنوان ماده افزودنی در رزین‌های اپوکسی برای تسهیل در ترکیب ذرات، خشک کردن و شکل‌پذیری و نرم کردن مواد پلاستیکی است (۱ و ۲).



شکل ۲: ساختار شیمیایی نونیل فنول

در ایران، با شرایط آب و هوایی متفاوت و داشتن فصول گرم و تابش شدید نور خورشید اصول صحیحی در نگهداری از بطری‌های آب معدنی در برابر این عوامل محیطی انجام نمی‌شود و در نتیجه امکان مهاجرت و شسته شدن بیس فنول A و نونیل فنول از جداره بطری به محتوی آب آن وجود دارد. همچنین اکثریت مردم در ایران از ظروف یکبار مصرف پلاستیکی (لیوان‌های یکبار مصرف پلاستیکی) که بیشتر با کیفیت پایین هستند بطور غیر اصولی و نادرست استفاده می‌کنند. از این لیوان‌های پلاستیکی برای نوشیدنی‌های گرم و سرد در مسافرت‌ها، مراسمات مختلف (جشن‌ها، تفریح‌ها، کنفرانس‌ها و غیره) و همچنین در حال حاضر از این ظروف یکبار مصرف در مهمانی‌های خانگی استفاده می‌کنند که استفاده

خشک باقیمانده را در ۱ mL متانول حل شد. در پایان جهت شناسایی و اندازه‌گیری کمی میزان بیس فنول A و نونیل فنول، محلول نهایی به دستگاه کروماتوگرافی گازی-اسپکترومتر جرمی (GC-MS) و دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا تزریق گردید (۱۶).

### آنالیز دستگاهی

شناسایی و تعیین کیفی بیس فنول A و نونیل فنول با دستگاه کروماتوگرافی گازی شرکت Agilent Technologies (HP) آمریکا مدل GC Av980، مجهز به ستون موئینه‌ای HP-5 MS، به طول ۳۰ m، قطر داخلی ۰/۲۵ mm، ضخامت فیلم ۰/۲۵  $\mu\text{m}$  و آشکار ساز طیف سنجی جرمی مدل C ۵۹۷۵ انجام شد. برنامه دمایی آن برای جداسازی پیکها شامل دمای اولیه ستون  $100^\circ\text{C}$  برای مدت ۱ min، سپس افزایش دما با میزان  $10^\circ\text{C}$  به ازای هر دقیقه تا رسیدن به دمای  $290^\circ\text{C}$  و در نهایت دمای آن به مدت ۱۰ min در همین دما نگه داشته می‌شود. دمای مکان تزریق  $280^\circ\text{C}$  قرار داده شد و از انرژی یونیزاسیون ۷۰ eV استفاده گردید. گاز حامل به کار رفته گاز بی اثر هلیوم با درجه خلوص ۹۹/۹۹٪ بود. حجم نمونه تزریق شده به دستگاه برای تعیین کیفی بیس فنول A و نونیل فنول به مقدار  $1\ \mu\text{L}$  بود و نوع تزریق به دستگاه در حالت اسپلیتلس (split less) بود. یون‌های انتخاب شده ۰/۷۳، ۰/۱۰۷، ۰/۱۲۱، ۱۳۵ و ۲۲۰ جرم بر بار برای نونیل فنول، ۲۱۳ و ۲۲۸ جرم بر بار برای بیس فنول A استفاده شد. همچنین تعیین کمی بیس فنول A و نونیل فنول با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) ساخت شرکت Knauer آلمان، مجهز به ستون تجزیه ای  $C_{18}$  به طول ۲۵۰ mm، قطر داخلی ۴ mm، قطر ذرات داخلی  $5\ \mu\text{m}$  و آشکار ساز فلوروسانس ساخت شرکت شیمادزو SHIMADZO ژاپن انجام شد. برای تهیه محلول‌های استاندارد بیس فنول A و نونیل فنول برای خط کالیبراسیون رنج بین  $10\ \text{ng/L}$  -  $1000\ \text{mg/L}$  شرکت آمریکایی سیگما در ماتریکس متانول به عنوان حلال استفاده شد. تنظیمات دستگاهی HPLC و آشکار ساز در جدول ۱ آورده شده است.

از این نوشیدنی‌های گرم و سرد امکان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از این لیوان‌های پلاستیکی به داخل نوشیدنی‌ها را بوجود می‌آورد.

بنابراین از اهداف اصلی این تحقیق می‌توان به، مقایسه میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از لیوان‌های یکبار مصرف پلاستیکی به آب با دماهای مختلف، و همچنین مقایسه میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از جداره بطری‌های آب معدنی به آب در دماهای مختلف اشاره کرد.

### مواد و روشها

#### نمونه‌برداری

در تحقق حاضر بر روی آب ۲۴ بطری آب معدنی برای هر شرایط دمایی ۸ نمونه با سه تکرار از یک مارک پر مصرف که در چهار شرایط مختلف شامل داخل یخچال (دمای  $4^\circ\text{C}$ ) و داخل آن (دماهای  $15^\circ\text{C}$ ،  $25^\circ\text{C}$  و  $40^\circ\text{C}$ ) که به مدت ۳۰ روز در این شرایط قرار داده شده بود، انجام شد. همچنین بررسی بر روی ۴۰ لیوان یکبار مصرف پلاستیکی موجود در بازار برای بررسی میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول به آب ریخته شده با دماهای مختلف ( $10^\circ\text{C}$ ،  $40^\circ\text{C}$ ،  $60^\circ\text{C}$  و  $80^\circ\text{C}$ ) استفاده شد.

#### آنالیز شیمیایی

برای استخراج بیس فنول A و نونیل فنول در نمونه‌ها از روش استخراج مایع-مایع استفاده شد. بر طبق این روش ابتدا ۵۰g نمک کلرید سدیم را به ۵۰۰mL نمونه آب در قیف جداکننده افزوده شد و آن را تکان داده تا بطور کامل حل شدند، سپس محلول حاصل با اسید کلریدریک اسیدی ( $\text{pH} < 2$ ) شد. سپس برای استخراج بیس فنول A و نونیل فنول، نمونه آماده شده درون قیف جا کننده همراه با ۵۰mL از دی کلرو متان به مدت ۵ min دقیقه به شدت تکان داده شد و به مدت ۱۰ min رو پایه ساکن نگه داشته شد تا فاز آلی از فاز آبی جدا شود. این عمل دو بار تکرار شد. سپس پس از جداسازی فاز آلی از فاز آبی در هر دو مرحله استخراج، آب موجود در حلال استخراج شده را توسط انیدرید سولفات سدیم خشک کرده و حجم آنرا ابتدا با دستگاه تبخیر کننده دوار به ۱۰mL، سپس با گاز نیتروژن دی کلرو متان کامل خشک شد. سپس مواد

جدول ۱: برنامه زمان بندی فاز متحرک و دکتور و سرعت جریان فاز متحرک HPLC

فاز متحرک				آشکارساز فلئورسانس	
زمان (min)	شدت جریان فاز متحرک	در صد متانول	در صد آب	Excitation (nm)	Emission (nm)
۰/۰۰	۰/۳۰۰	۱۰	۹۰	۲۲۷	۳۱۳
۳/۰۰	۰/۳۰۰	۲۰	۸۰	۲۲۷	۳۱۳
۵/۰۰	۰/۵۰۰	۴۰	۶۰	۲۲۷	۳۱۳
۱۰/۰۰	۰/۵۰۰	۴۰	۶۰	۲۲۷	۳۱۳

در نهایت جهت ارزیابی کارایی روش حاضر، فاکتورهای صحت، دقت بررسی شد. در نتیجه در صد بازیابی بیس فنول A و نونیل فنول به ترتیب برابر ۹۲٪ و ۸۸٪ و در صد خطای نسبی کمتر از ۷٪ برای بیس فنول A و نونیل فنول از روش حاضر بود. و همچنین مقدار حد تشخیص دستگاه برای بیس فنول A و نونیل فنول به ترتیب برابر با ۱۴ و ۱۱ ng/L اندازه گیری گردیدند.

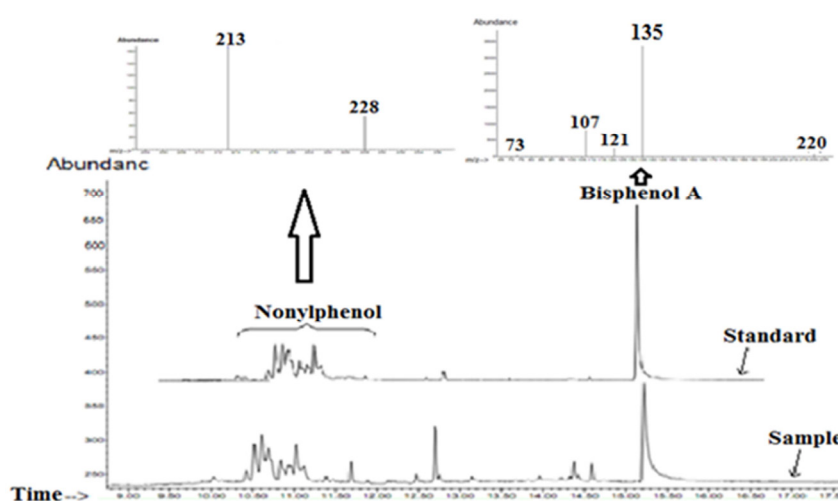
#### یافته‌ها

تحقق حاضر که بر روی آب، بطری‌های آب معدنی از یک مارک پر مصرف و ظروف یکبار مصرف انجام شد. نشان داد که در نمونه‌های آب معدنی فقط بیس فنول A، و در نمونه‌های آب ظروف یکبار مصرف هر دو ترکیب شناسایی و اندازه گیری شد. شکل ۳ کروماتوگراف و یون‌های انتخاب شده بیس فنول A و نونیل فنول را در نمونه‌ها و استاندارد جهت مقایسه و شناسایی نشان می‌دهد.

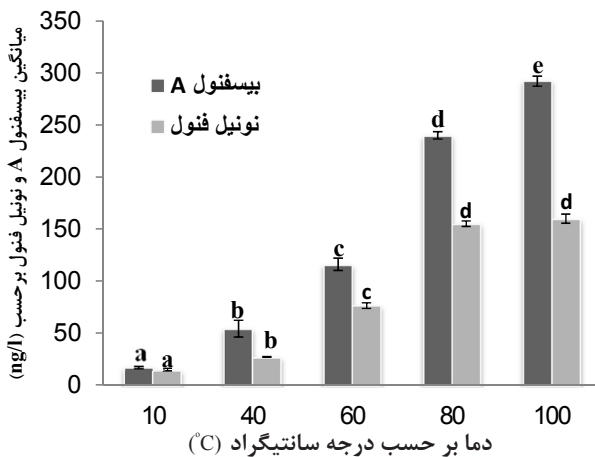
در نهایت جهت ارزیابی کارایی روش حاضر، فاکتورهای صحت، دقت بررسی شد. در نتیجه در صد بازیابی بیس فنول A و نونیل فنول به ترتیب برابر ۹۲٪ و ۸۸٪ و در صد خطای نسبی کمتر از ۷٪ برای بیس فنول A و نونیل فنول از روش حاضر بود. و همچنین مقدار حد تشخیص دستگاه برای بیس فنول A و نونیل فنول به ترتیب برابر با ۱۴ و ۱۱ ng/L اندازه گیری گردیدند.

#### آنالیز آماری

از نرم افزار SPPS-16.00 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. پس از تایید نتایج این دو آزمون مبنی بر نرمال بودن داده‌ها ( $Sig > 0.5$ ) و همگن بودن واریانس‌ها گروه‌ها



شکل ۳: کروماتوگراف و یون‌های انتخاب شده بیس فنول A و نونیل فنول در نمونه‌ها و استاندارد



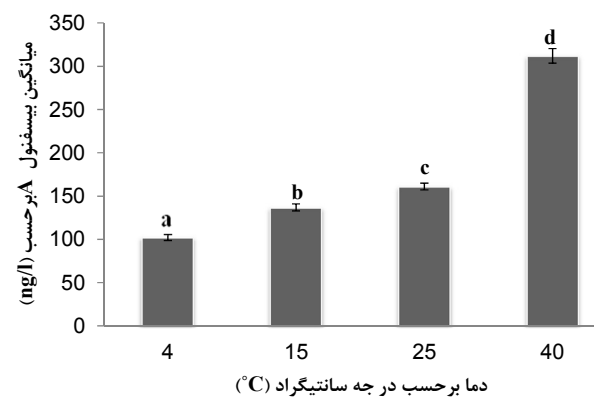
شکل ۵: مقایسه میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از ظروف پلاستیکی یکبار مصرف در دماهای مختلف

#### بحث

بیس فنول A و نونیل فنول دارای قابلیت مهاجرت از ساختار پلاستیک های حاوی آنها به مواد در تماس با پلاستیک ها از جمله نوشیدنی ها و غذا هستند (۱۱ و ۱۶). میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از این مواد پلاستیکی شامل بطری های آب معدنی و ظروف یکبار مصرف به نوشیدنی ها و غذا در تماس با آنها بستگی به زمان تماس و دما بستگی دارد (۲، ۱۱ و ۷). مطالعات قبلی حضور بیس فنول A و نونیل فنول را در آب بطری های آب معدنی مورد بررسی قرار دادند، که در بیشتر نتایج آنها نیز مانند نتایج ما فقط بیس فنول A شناسایی شد (۱۱).

همان طور که نتایج در معرض قرار دادن بطری های آب معدنی در دماهای مختلف به مدت ۳۰ روز نشان می دهد با افزایش دما میزان مهاجرت بیس فنول A به درون آب معدنی افزایش می یابد. همان طور که این نتایج نشان می دهد کمترین میزان مهاجرت در دمای ۴°C مشاهده شد. نتایج تحقیق Li و همکاران (۱) و Le و همکاران (۱۸) نیز نشان داد که میزان مهاجرت بیس فنول A از بطری های آب معدنی به آب محتوی آنها با افزایش دما افزایش می یابد. بنابراین در ایران به دلیل عدم نگهداری بطری ها آب معدنی در شرایط استاندارد بخصوص این بطری ها در معرض عوامل محیطی و دما بالا قرار می گیرند که این عوامل باعث افزایش مهاجرت بیس فنول A

نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه، آزمون دانکن تفاوت معنی داری را در میان میانگین غلظت بیس فنول A شناسایی شده در آب بطری های آب معدنی در چهار شرایط مختلف نشان داد ( $P < 0/05$ ). همان طور که شکل ۴ نشان می دهد بیشترین میزان مهاجرت اندازه گیری شده برای بیس فنول A در بطری های آب معدنی، در دمای ۴۰°C، بعد به ترتیب در دمای ۲۵ و ۱۵°C و کمترین مقدار در دمای یخچال (۴°C) اندازه گیری شد.



شکل ۴: مقایسه میزان مهاجرت بیس فنول A از بطری های آب معدنی در دماهای مختلف

همچنین نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه، آزمون دانکن نشان داد بین میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از ظروف یکبار مصرف به آب ریخته شده با دماهای مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ). بین میزان مهاجرت بیس فنول A در تمام دماهای مختلف اختلاف معنی داری مشاهده شد، که بیشترین میزان مهاجرت در دمای ۱۰۰°C و کمترین میزان مهاجرت در دمای ۱۰°C اندازه گیری شد (شکل ۵). همان طور که شکل ۵ نشان می دهد بین میزان مهاجرت نونیل فنول در دماهای ۱۰۰°C و ۸۰°C اختلاف معنی داری مشاهده نشد و بیشترین میزان مهاجرت نونیل فنول از ظروف یکبار مصرف به آب در این دو دما (۱۰۰°C و ۸۰°C) و کمترین میزان مهاجرت در دمای ۱۰°C اندازه گیری شد.

در معرض قرارگیری مصرف‌کننده به این دو ترکیب می‌شود. نتایج مطالعات قبلی سایر نویسندگان نیز موافق و مطابق با نتایج مطالعه حاضر بود (۲، ۵-۷، ۱۱ و ۱۷).

### نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عدم نگهداری صحیح بطری‌های آب معدنی با توجه به شرایط آب و هوایی ایران بخصوص در فصول گرم امکان مهاجرت ترکیبات شیمیایی مختل‌کننده سیستم غدد درون‌ریز را به آب محتوی آنها افزایش می‌دهد بنابراین باید این بطری‌های در شرایط استاندارد بخصوص دور از تابش مستقیم نور خورشید و در یخچال نگهداری شوند. همچنین نتایج از این مطالعه نشان داد که باید در مورد استفاده از ظروف یکبار مصرف بخصوص برای آشامیدن نوشیدنی‌های گرم و در نتیجه در معرض قرارگیری با این ترکیبات خطرناک هشدارهای لازم و اطلاع‌رسانی کامل انجام شود.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی بر روی مقادیر مواد آلی خطرناک در بطری‌های آب معدنی و ظروف یکبار مصرف که در دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۰ انجام شده است. همچنین نویسندگان بر خود لازم میدانند تا از همکاری صمیمانه آقایان مهندس جابر اعظمی، مهدی عبدالمهدی، امیر موتاب ساعی، مهدی ابراهیمی و نبی‌الله خیرآبادی کمال قدردانی و تشکر را داشته باشند.

به آب بطری‌های آب معدنی می‌شود و در نتیجه در معرض قرارگیری مصرف‌کننده را در برابر این ترکیب افزایش می‌دهد. در تحقیق Li و همکاران (۱) بر روی ۲۱ مارک بطری آب معدنی در نمونه‌های خریداری شده از مارک‌های مواد غذایی در چین مقدار بیس فنول A و نونیل فنول اندازه‌گیری شد. مقادیر ۱۷/۶ تا ۳۲۶ ng/L و ۱۰۸ تا ۲۹۸ ng/L به ترتیب برای بیس فنول A و نونیل فنول اندازه‌گیری کردند. که نتایج مطالعات آنها با مقادیر اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها تحقیق حاضر برای بیس فنول A که بین ۱۰۳ تا ۳۱۲ ng/L است مطابقت دارد اما در نمونه‌های آب معدنی این تحقیق نونیل فنول شناسایی نشد. همچنین Toyo'oka و همکاران (۲۰) در ۹ نمونه آب مختلف از بطری‌های آب معدنی خریداری شده از مارک‌های مواد غذایی ژاپن غلظت بیس فنول A را بین ۳ تا ۹ ng/L اندازه‌گیری کردند که مقادیر اندازه‌گیری شده توسط این محققین از مقادیر اندازه‌گیری شده در تحقیق حاضر کمتر بود.

بیشتر مردم از ظروف یکبار مصرف برای آشامیدن نوشیدنی‌های گرم و سرد در مسافرت‌ها و مراسمات مختلف در ایام سال در ایران استفاده می‌کنند. که در تحقیق حاضر میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از ظروف یکبار مصرف به این نوشیدنی‌های گرم و سرد بررسی شد. نتایج مطالعه حاضر در مورد میزان مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول از ظروف یکبار مصرف به آب ریخته شده با دماهای مختلف نشان داد که با افزایش دمای آب ریخته شده در این ظروف میزان مهاجرت این دو ترکیب افزایش می‌یابد. در نتیجه افزایش دمای آب باعث افزایش مهاجرت بیس فنول A و نونیل فنول به آب و

## منابع

1. Li X, Ying GG, Su HC, Yang XB, Wang L. Simultaneous determination and assessment of 4-nonylphenol, bisphenol A and triclosan in tap water, bottled water and baby bottles. *Environment International*. 2010;36:557-62.
2. Bach C, Dauchy X, Chagnon MC, Etienne S. Chemical migration in drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: a source of controversy. *Water Research*. 2012;46(3):571-83.
3. Amiridou D, Voutsas D. Alkylphenols and phthalates in bottled waters. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;185:281-86.
4. Loyo-Rosales JE, Rosales-Rivera GC, Lynch AM, Rice CP, Torrents A. Migration of nonylphenol from plastic containers to water and a milk surrogate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52:2016-20.
5. Wagner M, Oehlmann J. Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles. *Environmental Science and Pollution Research*. 2009;16:278-86.
6. Wagner M., Oehlmann J. Endocrine disruptors in bottled mineral water: Estrogenic activity in the E-Screen. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 2011;127:128-35.
7. González-Castro M, Olea-Serrano M, Rivas-Velasco A, Medina-Rivero E, Ordoñez-Acevedo LG, De León-Rodríguez A. Phthalates and bisphenols migration in Mexican food cans and plastic food containers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2011;86:627-31.
8. Fernandes AR, Rose M, Charlton C. 4-Nonylphenol (NP) in food-contact materials: Analytical methodology and occurrence. *Food Additives and Contaminants*. 2008;25:364-72.
9. Guart A, Bono-Blay F, Borrell A, Lacorte S. Migration of plasticizers phthalates, bisphenol A and alkylphenols from plastic containers and evaluation of risk. *Food Additives and Contaminants*. 2011;28:676-85.
10. Li X, Ying GG, Zhao JL, Chen ZF, Lai H J, Su HC. 4-Nonylphenol, bisphenol-A and triclosan levels in human urine of children and students in China, and the effects of drinking these bottled materials on the levels. *Environment International*. 2011;52:81-86.
11. Wang J, Schnute WC. Direct analysis of trace level bisphenol A, octylphenols and nonylphenol in bottled water and leached from bottles by ultra-high-performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2010;24:2605-10.
12. Ballesteros-Gómez A, Rubio S, Pérez-Bendito D. Analytical methods for the determination of bisphenol A in food. *Journal of Chromatography A*. 2009;1216:449-69.
13. Mol HG, Sunarto S, Steijger OM. Determination of endocrine disruptors in water after derivatization with N-methyl-N-(tert.-butyldimethyltrifluoroacetamide) using gas chromatography with mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*. 2000;879:97-112.
14. Ranjit N, Siefert K, Padmanabhan V. Bisphenol-A and disparities in birth outcomes: a review and directions for future research. *Journal of Perinatology*. 2009;30:2-9.
15. Sun W, Ni J, O'Brien K, Hao P, Sun L. Adsorption of bisphenol A on sediments in the Yellow River. *Water, Air and Soil Pollution*. 2005;167:353-64.
16. Kawahata H, Ohta H, Inoue M, Suzuki A. Endocrine disrupter nonylphenol and bisphenol A contamination in Okinawa and Ishigaki Islands, Japan—within coral reefs and adjacent river mouths. *Chemosphere*. 2004;55:1519-27.
17. Yamamoto T, Yasuhara A. Quantities of bisphenol A leached from plastic waste samples. *Chemosphere*. 1999;38:2569-76.
18. Le HH, Carlson EM, Chua JP, Belcher SM. Bisphenol A is released from polycarbonate drinking bottles and mimics the neurotoxic actions of estrogen in developing cerebellar neurons. *Toxicology letters*. 2008;176(2):149-56.
19. Votavová L, Dobiáš J, Voldřich M, Čížková H. Migration of nonylphenols from polymer packaging materials into food simulants. *Czech Journal of Food Sciences*. 2009;27:293-99.
20. Toyo'oka T, Oshige Y. Determination of alkylphenols in mineral water contained in PET bottles by liquid chromatography with coulometric detection. *Analytical Sciences*. 2000;16(10):1071-76.

## **Migration of bisphenol A and nonylphenol from mineral water bottles and disposable plastic containers into water at different temperatures**

**Ali Kazemi<sup>1</sup>, Habibollah Younesi<sup>1,\*</sup>, Nader Bahramifar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, P.O. Box 46414-356, Noor, Mazandaran, Iran.

Received: 1 December 2012 ; Accepted: 25 February 2013

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** bisphenol A and nonylphenol are xenoestrogen materials used as a monomer of plastics in widely volume in the production of plastic materials especially mineral water bottles and disposable plastic containers. In this study, we investigated the potential of migration of bisphenol A and nonylphenol from disposable plastic containers into water at different temperatures and also from mineral water into water at different temperatures.

**Materials and Methods:** We conducted bisphenol A and nonylphenol extraction from each sample through liquid-liquid extraction. For identification and quantitative determination of bisphenol A and nonylphenol, we used gas chromatography equipped with mass detector, and for quantitative determination of these two compounds, we used high-performance liquid chromatography equipped with fluorescence detector.

**Results:** We found that increasing temperature increased significantly the rate of migration of these two compounds in the water. Moreover, it was revealed that only the presence of bisphenol A in water of mineral water bottles was detected and the increase in temperature also increases the rate of migration bisphenol A into water.

**Conclusion:** In general, results of this study showed that improper storage of mineral water bottles and also use of disposable plastic containers for hot drinks would result in increasing consumer exposure to these compounds.

**Keyword:** bisphenol A, nonylphenol, disposable plastic containers, temperature, gas chromatography, high-performance liquid chromatography

---

\*Corresponding Author: [hunesi@modares.ac.ir](mailto:hunesi@modares.ac.ir)

Tel: +98 122 6253101- 3, Fax: +98 122 6253499 Mob: +98 9113141655