



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

مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک غیر سرطانزایی فلزات سنگین (باریم، کادمیوم، سرب) در رنگ موهای موجود در بازار تهران

فریبا خلیلی ناجی^۱، امیرحسین محوی^{۲*}، سیمین ناصری^۳، مسعود یونسیان^۴، بابک جاهد^۵، مهدی یاسری^۶

- ۱- دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- (نویسنده مسئول): مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۶- دکترای اپیدمیولوژی، استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۷- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران شهر
- ۸- دکترای آمار زیستی، استادیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: رنگ موهای شیمیایی از پرمصرف‌ترین محصولات آرایشی هستند. فلزات سنگین در این محصولات می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را به مخاطره بیندازد. برخلاف سایر محصولات آرایشی، تاکنون مطالعه‌ای بر روی میزان غلظت فلزات سنگین موجود در رنگ موهای شیمیایی صورت نپذیرفته است. مطالعه حاضر غلظت برخی از فلزات سنگین در این محصولات و ارزیابی ریسک اثرات غیر سرطانزای ناشی از این عناصر را مورد محاسبه قرار داد.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۱۱
تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۰۷
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۳/۱۷

روش بررسی: ۳۲ نمونه رنگ موی شیمیایی از ۸ برند (۳ برند داخلی و ۵ برند خارجی) و ۴ رنگ پرمصرف در بازار تهران جمع‌آوری شد. غلظت ۳ عنصر باریم، کادمیوم و سرب توسط روش ICP-MS تعیین گردید. اطلاعات مورد نیاز جهت ارزیابی مواجهه به کمک توزیع پرسشنامه در بین شهروندان تهرانی به دست آمد. ارزیابی مواجهه به کمک روش Monte Carlo و میزان ریسک غیر سرطانزا برای عناصر با محاسبه ضریب خطر Hazard Quotient (HQ) تعیین گردید.

واژگان کلیدی: کادمیوم، سرب، باریم، رنگ مو، ریسک بهداشتی

یافته‌ها: غلظت عنصر باریم بر حسب mg/kg ۰/۸۶ به دست آمد و غلظت عنصر کادمیوم و سرب بر حسب $\mu g/kg$ به ترتیب ۰/۴۵ و ۱۸۵/۳۴ به دست آمد. سرب با ضریب خطر برابر با $۷/۴۶ \times 10^{-۴}$ بیشترین ریسک و کادمیوم با ضریب خطر برابر با $۳/۵۷ \times 10^{-۵}$ کمترین ریسک را به خود اختصاص داد. همچنین، برند ساخت کشور ایران و رنگ بلوند بیشترین ریسک را دارا بودند.

نتیجه‌گیری: ضریب خطر محاسبه شده برای فلزات مورد مطالعه کمتر از ۱ است، لذا در صورت مصرف محصولات مورد بررسی، از لحاظ اثرات غیر سرطانزا، تهدید چشمگیری متوجه مصرف‌کنندگان نیست.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ahmahvi@yahoo.com

Please cite this article as: Khalili F, Mahvi AH, Nasser S, Yunesian M, Djahed B, Yaseri M. Risk assessment of non-carcinogenic heavy metals (Barium, Cadmium, and Lead) in hair color in markets of Tehran. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):27-40.

مقدمه

مواد آرایشی هزاران سال است که توسط انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱) و اولین استفاده از رنگ‌مو به ۴۰۰۰ سال پیش و به مومیان باستان باز می‌گردد (۲). در طی سال‌های اخیر پیشرفت چشمگیری در صنعت محصولات آرایشی مشاهده شده است که شامل تولید انواع مختلف این محصولات جهت زیبایی و مراقبت از پوست، مو، دندان، بدن و ناخن است، از جمله این محصولات می‌توان به صابون، کرم، پودر صورت، لوسیون، رنگ‌موها، خمیردندان، رژلب و غیره اشاره نمود (۳). روزانه میلیون‌ها نفر از لوازم آرایشی استفاده می‌کنند که باعث می‌شود این محصولات به‌طور مستقیم با پوست انسان در تماس باشد و محتویات آن جذب بدن شود (۴). در میان محصولات مختلف آرایشی رنگ‌موها یکی از پر فروش‌ترین محصولات هستند، به‌طوری‌که امروزه در اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن بیش از یک سوم زنان بالای ۱۸ سال و بیش از ۱۰٪ مردان بالای سن ۴۰ سال از رنگ‌مو استفاده می‌کنند (۵). بعضی از ترکیبات موجود در مواد آرایشی مثل فلزات سنگین به‌طور ناخواسته و یا در حین فرایند تولید در کارخانه وارد این محصولات می‌شوند (۱). فلزات سنگین یکی از مهمترین آلاینده‌های زیست محیطی هستند که تعداد بسیاری از آن‌ها در مقادیر کم هم برای انسان سمی هستند (۶). انسان روزانه از راه‌های مختلفی با این مواد مواجهه پیدا می‌کند. برخی از منابع انتشار این عناصر مثل اتمسفر به دلیل اینکه حجم بزرگی را شامل می‌شوند موجب نگرانی بیشتری برای سلامت انسان خواهد شد اما دیگر منابعی که به نظر از اهمیت کمتری برخوردارند نیز بایستی مورد توجه قرار گیرند، یکی از این منابع مواد آرایشی است (۷). بر پایه مطالعات صورت پذیرفته امروزه در اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن بیش از یک سوم زنان بالای ۱۸ سال و بیش از ۱۰٪ مردان بالای سن ۴۰ سال از رنگ‌مو استفاده می‌کنند (۵). همچنین یکی از مسائل نگران‌کننده در خصوص مصرف محصولات آرایشی، پایین آمدن سن استفاده از این محصولات در کشور ما است (۸). گزارشات

متعددی نشان داده‌اند، حضور فلزات سنگین در مواد آرایشی می‌تواند سبب به وجود آمدن مشکلات بهداشتی نظیر سرطان (۹-۱۱)، اختلالات در دستگاه تولیدمثل (۱۲) و سیستم‌های عصبی (۱۳) و ایجاد آلرژی‌های پوستی (۲، ۱۴-۱۶) شود. این عناصر می‌توانند به عنوان ناخالصی و یا مواد تشکیل‌دهنده وارد محصولات آرایشی عرضه شده در بازار شوند (۱۷). به گونه‌ای که از فلز کادمیوم برای تشکیل رنگ زرد تا نارنجی و سرب نیز با هدف تثبیت‌کنندگی رنگ و تولید رنگ قرمز (۱۸) و فلز باریم به منظور تشکیل رنگدانه‌های قرمز، زرد، نارنجی و آبی در محصولات آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹). مطالعات بسیاری در کشورهای ایتالیا (۴)، عربستان (۱۳)، پاکستان (۲۰) و دیگر کشورها به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین در مواد آرایشی انجام شده است اما متأسفانه تاکنون مطالعه‌ای بر روی میزان این عناصر در رنگ‌موهای شیمیایی انجام نشده است و از آنجایی که میزان مصرف این مواد آرایشی در جامعه بسیار زیاد است لذا هدف مطالعه حاضر تعیین غلظت برخی از فلزات سنگین در پرمصرف‌ترین برندهای رنگ موی شیمیایی موجود در بازار تهران و همچنین تعیین میزان مواجهه بانوان تهرانی با این عناصر و ارزیابی ریسک بهداشتی مربوط به این لوازم آرایشی است.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌گیری

در مطالعه حاضر، جهت تعیین میزان غلظت ۳ فلز سنگین Ba، Cd، Pb در نمونه‌های رنگ‌مو، پس از بررسی پرسشنامه، ۸ برند پرمصرف از رنگ‌موهای شیمیایی در بازار تهران انتخاب و از هر برند چهار رنگ مشکلی، بلوند، قهوه‌ای تیره و قهوه‌ای روشن که دارای بیشترین مصرف توسط بانوان شهروند تهرانی بودند نمونه‌برداری شد. لازم به ذکر است تمامی نمونه‌ها به صورت تصادفی از سطح بازار تهران انتخاب گردیدند. جمعا ۳۲ نمونه جهت تعیین غلظت فلزات سنگین مورد نظر به آزمایشگاه انتقال یافتند. جهت انجام فرایند هضم، ۱g از هر

– ارزیابی مواجهه و تعیین ریسک

ارزیابی ریسک بهداشتی به طور کلی شامل چهار مرحله (۱) شناسایی خطر (۲) ارزیابی دز- پاسخ (۳) ارزیابی مواجهه و (۴) توصیف خطر است (۲۱). ارزیابی مواجهه و تعیین مقدار دز ورودی به بدن یکی از مهمترین مراحل ارزیابی ریسک به شمار می‌رود. در این مطالعه از معادله ۱ جهت تعیین مقدار فلز سنگین وارد شده به بدن از طریق مواجهه پوستی با رنگ مو استفاده گردید (۲۲).

$$D_{dermal} = \frac{C \times SA \times SL \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (1)$$

در این معادله D (mg/kg.day) مقدار فلز سنگین وارد شده از راه پوست (Average Daily Dose)، C (mg/kg) غلظت فلز مورد نظر در رنگ مو (Concentration)، SA (cm²) مساحت پوست سر (Skin surface area avail-able for exposure)، SL (mg/cm) فاکتور جذب پوستی (Skin Adherence Factor)، ABS فاکتور جذب عمقی پوست (Absorption factor)، EF (day/year) فراوانی مواجهه (Exposure Frequency)، ED (year) مدت زمان مواجهه (Exposure Duration)، BW (kg) وزن بدن (Body Weight) و AT (day) زمان متوسط (Aver-age Time) است. پس از تعیین میزان دز ورودی به بدن، ارزیابی ریسک کیفی از معادله ۲ تعیین گردید. لازم به ذکر است پارامتر AT نیز از معادله ۲ مورد محاسبه قرار گرفت (۲۱).

$$AT = ED \times 365 \quad (2)$$

در معادله ۲، ED (year) میزان سال‌هایی است که هر شخص از رنگ مو استفاده می‌نماید که خود این پارامتر نیز از تفریق میان متوسط عمر در نظر گرفته شده برای هر فرد از سال آغاز استفاده از رنگ مو به دست می‌آید. پس از محاسبه میزان مواجهه با عناصر اندازه‌گیری شده، با استفاده از معادله ۳ ریسک اثرات غیرسرطانزا تعیین گردید (۲۳-۲۵).

$$HQ = \frac{D_{dermal}}{RfD} \quad (3)$$

نمونه داخل بشر قرار داده شد، و به آن ۵ mL اسیدنیتریک (HNO₃) اضافه گردید به گونه‌ای که تمام نمونه در تماس با اسید قرار بگیرد. سپس هر نمونه به مدت ۴ h بر روی هیتر در دمای ۸۵ °C قرار داده شد تا بخار زرد رنگ حاصل از واکنش نمونه و اسید به پایان برسد. پس از سرد شدن نمونه تا دمای اتاق ۱ mL هیدروژن پراکسید ۳۰٪ به آن اضافه گردید و حجم آن با آب مقطر دوبار تقطیر به ۵۰ mL رسانیده شد، سپس نمونه آماده شده از کاغذ واتمن عبور داده شد و تا زمان تزریق به دستگاه در ظروف پلی اتیلنی نگهداری شد (۲۰). غلظت هر ۸ فلز سنگین مورد نظر در تمامی نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط دستگاه Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. صحت روش دستگاهی به کار برده شده توسط تکرار نمونه‌ها (Duplication of Samples) و همچنین به کار بردن ماده رفرنس بعد از هر ۱۰ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. حد اندازه‌گیری برای فلزات Ba و Cd، ۰/۰۵ ppb و برای عنصر Pb به ترتیب ۱ ppb تعیین گردید.

– انتخاب جامعه آماری و توزیع و تکمیل پرسشنامه

در مطالعه حاضر تعداد ۳۷۰ پرسشنامه جهت تعیین پرمصرف‌ترین رنگ‌موی شیمیایی از نظر برند و رنگ تهیه و به دلیل نبود امکانات و غیرممکن بودن توزیع پرسشنامه‌ها در ۲۲ منطقه شهر تهران، پرسشنامه‌ها در ۶ منطقه شهر به گونه‌ای که چهار جهت جغرافیایی و مرکز شهر را تحت پوشش قرار دهد، از طریق افراد آموزش‌دیده توزیع گردید. همچنین برخی از پارامترهای کلیدی جهت ارزیابی مواجهه مانند وزن، سن شروع استفاده از رنگ‌موهای شیمیایی، تعداد دفعات مصرف ماهانه و مدت زمان ماندگاری رنگ روی پوست سر نیز از پرسش‌شوندگان پرسیده شد. لازم به ذکر است به دلایل فرهنگی، در ایران غالباً بانوان از رنگ‌مو استفاده می‌نمایند، لذا تصمیم گرفته شد که پرسشنامه‌های تهیه شده تنها در میان شهروندان زن توزیع گردند.

پرسش شونده خواسته شد که میزان دفعات استفاده از رنگ مو را در یک سال تعیین نمایند که نتایج نشان داد ۵۵/۱٪ از افراد پاسخ دهنده هر ماه موهای خود را رنگ می نمایند. همچنین ۶٪ از پاسخ دهندگان دارای وزن ۴۰-۵۰ kg، ۳۲/۹٪ وزن بین ۵۰-۶۰ kg داشتند، ۳۴/۶٪ و ۲۶/۲٪ از افراد نیز به ترتیب دارای وزن ۶۰-۷۰ kg و بالای ۷۰ kg بودند. به علاوه از پرسش شونده گان خواسته شد تا بیشترین رنگی که استفاده می نمایند و همچنین پر استفاده ترین برند رنگ مویی که مورد استفاده قرار می دهند را مشخص نمایند که نتایج نشان داد چهار رنگ بلوند، قهوه ای روشن، قهوه ای تیره و مشکی به ترتیب با ۳۳/۶٪، ۲۷/۴٪، ۱۹/۶٪ و ۱۴٪ بیشترین مصرف را در بین پاسخ دهندگان داشتند، همچنین ۸ برند پر مصرف رنگ مو به ترتیب متعلق به کشورهای ایتالیا (۱۹/۷٪)، ایران (۱۳/۶٪)، اسپانیا (۸/۳٪)، ایران (۶/۸٪)، اسپانیا (۶/۸٪)، ایران (۵/۳٪)، ایتالیا (۵/۳٪)، آلمان (۵/۳٪) بود. جهت تعیین غلظت عناصر مورد نظر در رنگ مو، از ۸ برند پر مصرف و چهار رنگ که مطابق با نتایج بدست آمده دارای بیشترین مصرف بودند، جهت آنالیز نمونه برداری شد. به این ترتیب جمعا ۳۲ نمونه جمع آوری و جهت تعیین عناصر مورد بررسی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه های جمع آوری شده، نوع توزیع و RfD مربوط به هر کدام از فلزات در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این معادله RfD (mg/kg.day) مقدار دوز رفرنس (Reference Dose) است، اگر مقدار HQ ضریب خطر (Hazard Quotient) محاسبه شده از ۱ بزرگتر باشد نشان دهنده آن خواهد بود که سطح ریسک قابل ملاحظه است و اگر مقدار شاخص مذکور از ۱ کمتر بود این به آن معنی است که ریسک قابل ملاحظه ای از لحاظ اثرات غیر سرطانزا وجود ندارد (۲۱، ۲۲، ۲۵). همچنین از روش مونت کارلو جهت انجام آنالیز عدم قطعیت استفاده گردید. بنابراین ابتدا نوع توزیع پارامترهای مورد نظر توسط نرم افزار Easy Fit Pro-Professional Version 5/5 تعیین گردید و سپس توسط نرم افزار Matlab R2013a و ۱۰۰۰۰ بار تکرار، مقادیر مواجهه و آنالیز عدم قطعیت مورد محاسبه قرار گرفت. همچنین از نرم افزار Excel جهت انجام سایر آنالیزهای آماری استفاده گردید.

یافته ها

نتایج حاصل از پرسشنامه های توزیع شده نشان داد که ۹۲/۱۹٪ از افراد پرسش شونده از رنگ مو استفاده می کردند، حدود ۱۹/۵٪ از شهروندان تهرانی از سن ۱۲ سالگی شروع به استفاده از رنگ مو نموده اند این در حالی است که بیشتر افراد پاسخ دهنده (۳۴/۷٪) از سن ۱۹ سالگی استفاده از رنگ مو را آغاز کرده بودند. همچنین حدود نیمی از پاسخ دهندگان (۴۹/۵٪) از رنگ موهای شیمیایی استفاده می کردند. از افراد

جدول ۱- میانگین، نوع توزیع، پارامترهای توزیع و RfD های مربوط به عناصر اندازه گیری شده

فلز سنگین	واحد	میانگین \pm SD	میانه	نوع توزیع	پارامتر توزیع	RfD _{derm} (mg/kg.day)
باریم (n=۳۲)	ppm	۰/۸۶±۱/۴۳	۰/۲	LogGamma	Alpha=۰/۱۶۷ Beta=۱/۹۴۹ Lambda=۰/۰۷	۰/۰۰۴۹
کادمیوم (n=۳۲)	ppb	۰/۴۵±۰/۳	۰/۴	Weibull	mu=۱/۵۶۴ Sigma=۰/۵۰۲	۰/۰۰۰۰۲۵
سرب (n=۳۲)	ppb	۱۸۵/۳۴±۹۰/۴۹	۱۵۵/۷	LogLaplace	Alpha=۲/۵۳۷ Beta=۲/۴۹ Delta=۱۵۷/۱	۰/۰۰۰۰۵۲

همچنین میزان متوسط غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در هریک از برندها بطور جداگانه تعیین گردید، نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در برندهای مختلف رنگ مو

برند	ساخت	باریم (ppm) میانگین \pm SD	کادمیوم (ppb) میانگین \pm SD	سرب (ppb) میانگین \pm SD
برند ۱ (n=۴)	ایتالیا	-	۰/۴۵ \pm ۰/۳۹	۲۴۰/۳ \pm ۱۰۶/۴
برند ۲ (n=۴)	ایران	۱/۰۷ \pm ۱/۳۴	۰/۳۳ \pm ۰/۱۵۲	۲۲۵/۱۲ \pm ۱۰۶/۱۶
برند ۳ (n=۴)	اسپانیا	۰/۴۹ \pm ۰/۴۱۷	۰/۸۵ \pm ۰/۴۹	۱۹۵/۱۷ \pm ۱۲۶/۹
برند ۴ (n=۴)	ایران	۰/۲۶ \pm ۰/۱۹۷	۰/۴۳ \pm ۰/۲۳	۱۵۵/۳۸ \pm ۲۵/۴۲
برند ۵ (n=۴)	اسپانیا	۰/۰۹ \pm ۰/۰۲۸	۰/۱۷ \pm ۰/۱۱	۱۵۵/۰۳ \pm ۵۳/۱۷
برند ۶ (n=۴)	ایران	۰/۱۲۵ \pm ۰/۰۷۷	۰/۷۵ \pm ۰/۲۱۲	۱۸۹/۹۵ \pm ۱۳۵/۵۷
برند ۷ (n=۴)	ایتالیا	۱/۶۹ \pm ۲/۴۴	۰/۵ \pm ۰/۱۴	۱۱۸/۵۶ \pm ۷۷/۷۹
برند ۸ (n=۴)	آلمان	۰/۳۷۶ \pm ۰/۲۶۱	-	۲۰۳/۲۳ \pm ۵۴/۱۹

غلظت فلز کادمیوم در برند ۳ با مقدار $0/85 \pm 0/49$ ppb بالاترین و در برند ۸ که ساخت کشور اسپانیا است با کمترین میزان را به خود اختصاص داد. همچنین برند ۸ نیز به دلیل آنکه در بیش از ۲۰٪ نمونه‌های آن قابل اندازه‌گیری نبود صرف‌نظر گردید. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میانگین فلز Pb در برند ۱ که ساخت

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، به دلیل آنکه در برند ۱ در ۲۰٪ نمونه‌ها عنصر Ba قابل تشخیص نبود، از بررسی ارزیابی ریسک این برند صرف‌نظر گردید. همچنین پایین‌ترین میزان عنصر Ba در برند ۵ ($0/09 \pm 0/28$ ppm) دیده شد بالاترین میانگین این فلز نیز در برند ۷ که ساخت کشور ایتالیا است تعیین گردید. مطابق جدول ۲، در مطالعه حاضر میانگین

می‌شود. به علاوه میانگین عناصر مورد بررسی در رنگ‌های مختلف نمونه‌های جمع‌آوری شده بطور جداگانه تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

کشور ایتالیا است بالاترین مقدار ($240/3 \pm 106/4$ ppb) را در میان برندهای مورد بررسی به خود اختصاص داده است، همچنین نتایج نشان داد که کمترین میانگین این فلز در برند ۷ که ساخت کشور ایتالیا است، ($118/56 \pm 77/79$) ppb مشاهده

جدول ۳- غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در رنگ‌های مختلف رنگ‌مو

کد رنگ	باریم (ppm) میانگین \pm SD	کادمیوم (ppb) میانگین \pm SD	سرب (ppb) میانگین \pm SD
مشکی (n=8)	1/08 \pm 1/67	0/483 \pm 0/285	169/9 \pm 106/59
بلوند (n=8)	-	0/5 \pm 0/37	228/7 \pm 100/36
قهوه ای روشن (n=8)	0/33 \pm 0/09	0/45 \pm 0/4	167/8 \pm 69/74
قهوه ای تیره (n=8)	1/14 \pm 1/9	0/32 \pm 0/17	174/93 \pm 84/09

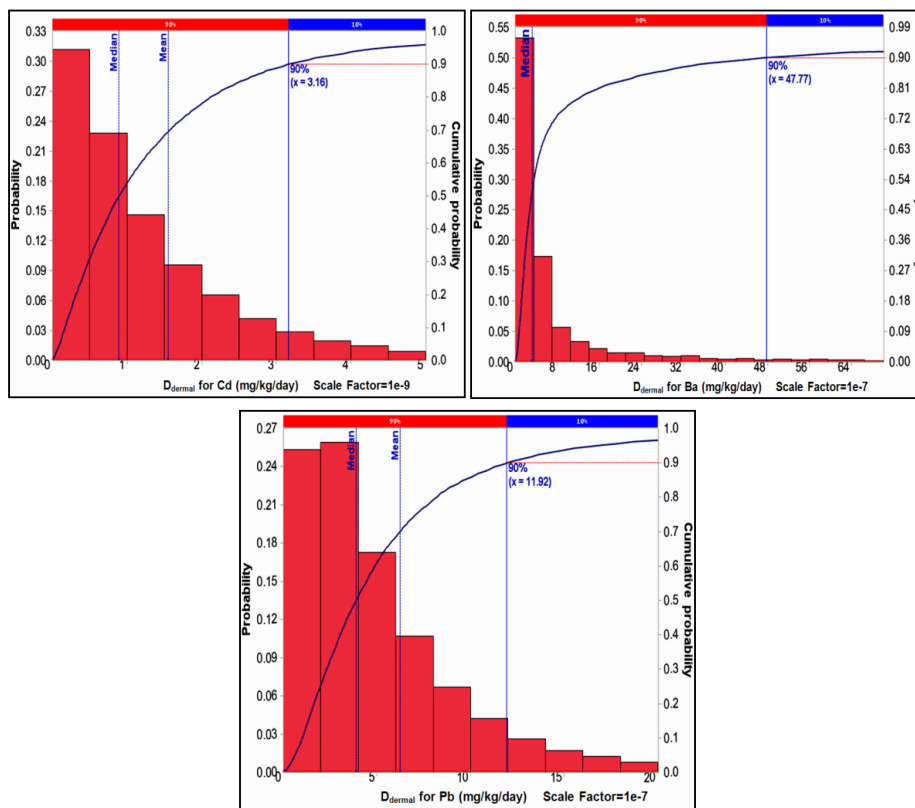
وضعیت میانگین غلظت این فلز در رنگ‌های مورد بررسی به صورت بلوند-مشکی-قهوه ای روشن-قهوه ای تیره مشاهده گردید. نتایج نشان داد نمونه‌های رنگ‌موی بلوند دارای بیشترین میانگین ($288/7 \pm 100/36$ ppb) مربوط به عنصر Pb بودند و کمترین میانگین فلز Pb در رنگ‌موهای قهوه‌ای روشن ($167/8 \pm 69/74$ ppb) دیده شد. وضعیت میانگین این فلز در رنگ‌موهای مورد بررسی به صورت بلوند-قهوه‌ای تیره-مشکی-قهوه‌ای روشن است. بر پایه محتویات فلزات سنگین تعیین شده در نمونه‌های جمع‌آوری شده و اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه و سایر مطالعات (جدول ۴)، ارزیابی مواجهه برای سه فلز سنگین Ba، Cd و Pb صورت پذیرفت.

مطابق جدول ۳، نتایج میانگین غلظت فلز Ba در چهار رنگ مورد بررسی رنگ‌موها نشان داد که رنگ قهوه‌ای تیره با میانگین $1/14 \pm 1/9$ ppm دارای بیشترین و رنگ قهوه‌ای روشن با میانگین $0/33 \pm 0/09$ ppm دارای کمترین غلظت از این فلز بودند. همچنین از بررسی رنگ‌موی بلوند به دلیل اینکه غلظت فلز Ba در بیش از ۲۰٪ از نمونه‌های آن زیر محدوده تشخیص بود صرف‌نظر گردید. وضعیت میانگین این فلز در رنگ‌های مورد بررسی به صورت قهوه‌ای تیره-مشکی-قهوه‌ای روشن بود. مطابق جدول ۳، میانگین غلظت Cd در رنگ بلوند بالاترین غلظت ($0/5 \pm 0/37$ ppb) و در رنگ قهوه‌ای تیره پایین‌ترین غلظت ($0/32 \pm 0/17$ ppb) را به خود اختصاص داد. همچنین

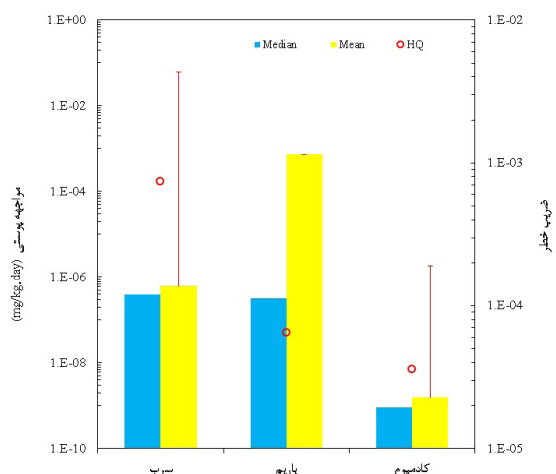
جدول ۴- مقادیر و نوع توزیع برای متغیرهای مورد نیاز جهت ارزیابی مواجهه

پارامتر	تعریف	واحد	نوع توزیع	پارامتر توزیع	رفرنس
SA	سطح پوست	Cm ²	Uniform	۶۰۰-۷۰۰	(۲۶)
SL	فاکتور چسبیدن به پوست	mg/cm ²	Uniform	۱۵-۳۰	(۲۷)
ABS	فاکتور جذب پوستی	Unitless	-	۰/۰۰۱	(۲۸, ۲۱)
EF	دفعات مواجهه	day/year	Polya	Alpha=۲/۸۱ Beta=۶/۰۴	پرسشنامه
ED	مدت مواجهه	year	Poisson	Lambda=۱۷/۰۶	پرسشنامه
BW	وزن بدن	kg	Slash	Mode=۶۳ Scale=۴/۴	پرسشنامه
AT	متوسط زمان	day	-	۳۶۵×۷۰	(۳۰, ۲۹)

لازم به ذکر است جهت ارزیابی مواجهه و محاسبه D_{dermal} (معادله ۱) از روش Monte Carlo و ۱۰۰۰۰ بار تکرار استفاده گردید که نتایج حاصل برای هر فلز در شکل ۱ مشاهده می شود.



شکل ۱- نمودار توزیع احتمال D_{dermal} برای عناصر Cd، Ba و Pb



نمودار ۱- مقادیر HQ، میانگین و میانه D_{dermal} برای عناصر مورد بررسی

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، از آنجایی که شاخص مرکزی میانه در تمامی سیمولیشن‌ها، در مقایسه با شاخص میانگین به بازه‌ای که دارای بیشترین احتمال است نزدیک‌تر است، لذا در تمامی محاسبات جهت ارزیابی ریسک از میانه مقادیر محاسبه شده برای ارزیابی مواجهه استفاده گردید. مطابق نمودار ۱، از نظر میانگین، بیشترین (۷/۲۹e-۴ mg/kg.day) و کمترین (۱/۵۵ e-۹ mg/kg.day) مواجهه با فلزات مورد بررسی به ترتیب مربوط به فلزات Ba و Cd می‌شود. مقادیر D_{dermal} بر حسب برندهای مختلف و همچنین رنگ‌های مختلف مورد محاسبه قرارگرفت که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- مقادیر میانگین، میانه و انحراف معیار D_{dermal} محاسبه شده برای برندها و رنگ‌های مختلف

نوع فلز	رنگ					برند				
	Exposure (mg/kg.day)					Exposure (mg/kg.day)				
	HQ	انحراف معیار	میانه	میانگین	کد	HQ	انحراف معیار	میانه	میانگین	کد
باریم	۸/۲۹e-۰۴	۱/۳۱e-۰۵	۴/۰۶e-۰۶	۶/۵۱e-۰۶	*۱	-	-	-	-	۱
	-	-	-	-	۲	۱/۵۸e-۰۴	۲/۳۹e-۰۶	۷/۷۶e-۰۷	۱/۱۷e-۰۶	۲
	-	-	-	-	۳	۷/۶۸e-۰۵	۱/۰۲e-۰۶	۳/۷۶e-۰۷	۵/۴۲e-۰۷	۳
	-	-	-	-	۴	۴/۱۱e-۰۵	۵/۳۷e-۰۷	۲/۰۱e-۰۷	۲/۸۶e-۰۷	۴
	۱/۵۰e-۰۴	۱/۹۵e-۰۶	۷/۳۴e-۰۷	۱/۰۱e-۰۶	۳	۱/۴۴e-۰۵	۱/۹۲e-۰۷	۷/۰۸e-۰۸	۹/۹۰e-۰۸	۵
	-	-	-	-	۶	۱/۹۸e-۰۵	۲/۵۳e-۰۷	۹/۷۰e-۰۸	۱/۳۶e-۰۷	۶
	۸/۵۰e-۰۴	۱/۱۴e-۰۵	۴/۱۷e-۰۶	۶/۴۷e-۰۶	۴	۳/۱۳e-۰۴	۴/۵۵e-۰۶	۱/۵۳e-۰۶	۲/۳۴e-۰۶	۷
	-	-	-	-	۸	۶/۲۹e-۰۵	۷/۹۴e-۰۷	۳/۰۸e-۰۷	۴/۴۵e-۰۷	۸
کادمیوم	۴/۶۵e-۰۵	۴/۰۹e-۰۹	۱/۱۶e-۰۹	۱/۷۱e-۰۹	۱	۱/۵۳e-۰۵	۱/۱۳e-۰۹	۳/۸۲e-۱۰	۵/۶۵e-۱۰	۱
	-	-	-	-	۲	۱/۰۷e-۰۵	۷/۳۷e-۱۰	۲/۶۷e-۱۰	۳/۷۸e-۱۰	۲
	۵/۶۰e-۰۵	۳/۷۷e-۰۹	۱/۴۰e-۰۹	۲/۰۶e-۰۹	۲	۲/۶۶e-۰۵	۱/۷۱e-۰۹	۶/۶۴e-۱۰	۹/۳۲e-۱۰	۳
	-	-	-	-	۴	۹/۵۲e-۰۶	۶/۰۷e-۱۰	۲/۳۸e-۱۰	۳/۲۹e-۱۰	۴
	۴/۷۶e-۰۵	۳/۰۰e-۰۹	۱/۱۹e-۰۹	۱/۷۷e-۰۹	۳	۱/۲۷e-۰۵	۸/۱۰e-۱۰	۳/۱۷e-۱۰	۴/۳۹e-۱۰	۵
	-	-	-	-	۶	۱/۶۸e-۰۵	۱/۱۰e-۰۹	۴/۲۱e-۱۰	۵/۸۶e-۱۰	۶
	۲/۹۷e-۰۵	۲/۰۵e-۰۹	۷/۴۲e-۱۰	۱/۰۵e-۰۹	۴	۱/۶۸e-۰۵	۱/۱۰e-۰۹	۴/۲۱e-۱۰	۵/۸۵e-۱۰	۷
	-	-	-	-	۸	-	-	-	-	۸
سرب	۸/۲۲e-۰۴	۱/۲۵e-۰۶	۴/۲۸e-۰۷	۶/۳۶e-۰۷	۱	۳/۶۶e-۰۴	۴/۹۷e-۰۷	۱/۹۰e-۰۷	۲/۷۰e-۰۷	۱
	-	-	-	-	۲	۳/۷۴e-۰۴	۵/۲۴e-۰۷	۱/۹۵e-۰۷	۲/۷۷e-۰۷	۲
	۱/۱۳e-۰۳	۱/۴۵e-۰۶	۵/۸۶e-۰۷	۸/۲۴e-۰۷	۲	۳/۵۱e-۰۴	۵/۴۱e-۰۷	۱/۸۲e-۰۷	۲/۶۱e-۰۷	۳
	-	-	-	-	۴	۲/۴۸e-۰۴	۳/۴۰e-۰۷	۱/۲۹e-۰۷	۱/۷۹e-۰۷	۴

* ۱ = مشکلی، ۲ = بلوند، ۳ = قهوه ای روشن، ۴ = قهوه ای تیره

ادامه جدول ۵- مقادیر میانگین، میانه و انحراف معیار D_{dermal} محاسبه شده برای برندها و رنگهای مختلف

رنگ				برند				نوع فلز	
Exposure (mg/kg.day)				Exposure (mg/kg.day)					
HQ	انحراف معیار	میانه	میانگین	کد	HQ	انحراف معیار	میانه		میانگین
۸/۸۴e-۰۴	۱/۱۱e-۰۶	۴/۶۰e-۰۷	۶/۴۰e-۰۷	۳	۲/۴۷e-۰۴	۳/۲۱e-۰۷	۱/۲۸e-۰۷	۱/۷۹e-۰۷	۵
					۳/۲۱e-۰۴	۴/۳۳e-۰۷	۱/۶۷e-۰۷	۲/۴۲e-۰۷	۶
۱/۰۳e-۰۳	۱/۳۴e-۰۶	۵/۳۸e-۰۷	۷/۵۳e-۰۷	۴	۱/۴۰e-۰۴	۲/۱۲e-۰۷	۷/۳۰e-۰۸	۱/۰۹e-۰۷	۷
					۳/۲۳e-۰۴	۴/۴۵e-۰۷	۱/۶۸e-۰۷	۲/۳۴e-۰۷	۸

* ۱=مشکی، ۲=بلوند، ۳=قهوه ای روشن، ۴=قهوه ای تیره

Ba رنگهای قهوه‌ای تیره و بلوند، برای فلز Cd نیز رنگهای بلوند و قهوه‌ای تیره، بیشترین و کمترین HQ را به خود اختصاص دادند.

بحث

فلزات سنگین یکی از آلاینده‌های مهم زیست‌محیطی هستند که وجود آنها در مواد آرایشی می‌تواند مخاطرات بهداشتی مختلفی را برای مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشد، مطالعه حاضر با بررسی ۳۲ نمونه رنگ‌موی پر مصرف موجود در بازار ایران، غلظت فلزات سنگین Ba، Cd و Pb را در آنها مشخص کرده و ریسک بهداشتی ناشی از مصرف این محصولات را تعیین نمود.

باریم فلز قلیایی است که در استخوان‌ها جایگزین کلسیم شده و رسوب می‌نماید، به‌علاوه این فلز موجب انقباض عروق، افزایش فشارخون و ایجاد سمیت در سیستم عضلانی می‌گردد (۳۱، ۳۲). مطابق با جدول ۱ میانگین این فلز در نمونه‌های جمع‌آوری شده 0.186 ± 1.43 ppm بدست آمد، این مقدار در مقایسه با سایر مطالعات صورت گرفته بر روی لوازم آرایشی مختلف بسیار پایین‌تر است، به‌طور مثال در مطالعه‌ای که Al-Qutob و همکاران بر روی لوازم آرایشی مختلف انجام دادند، میزان فلز Ba را در محصول حنا، 17.46 ppm و در برندهای مختلف محصول رژلب از 10.37 ppm تا

بر مبنای D_{dermal} محاسبه شده و RfD مربوط به هر آلاینده (جدول ۱)، ریسک فلزات مورد بررسی تعیین گردید. همانطور که در شکل ۱ دیده می‌شود با Pb با HQ برابر با $7.46e-4$ دارای بیشترین ریسک در میان فلزات مورد بررسی است، همچنین فلز Cd با HQ برابر با $3.57e-5$ کمترین مقدار HQ را به خود اختصاص داد. وضعیت HQ محاسبه شده برای فلزات مورد بررسی به صورت $Pb > Ba > Cd$ است. به‌علاوه مقادیر شاخص HQ به‌طور جداگانه برای برندها و رنگهای مورد بررسی محاسبه گردید.

بیشترین مقدار HQ در برندهای مورد بررسی مربوط به فلز Pb می‌شود بجز در برند ۷ که HQ مربوط به Ba بیشتر از Pb است. HQ محاسبه‌شده برای Pb در برندهای ۲ و ۷ به ترتیب بیشترین ($3.14e-4$) و کمترین ($1.4e-4$) مقدار را به خود اختصاص دادند. همچنین برند ۵ و ۷ نیز به ترتیب کمترین ($1.44e-5$) و بیشترین ($3.13e-4$) مقدار HQ محاسبه شده برای Ba را بدست آوردند. برند ۳ با مقدار $2.66e-5$ و برند ۴ با مقدار $2.66e-5$ نیز به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص HQ را در معادله با Cd بدست آوردند. همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، در تمامی رنگ‌های مورد بررسی مقادیر HQ برای فلز Pb بیشتر از سایر فلزات مورد بررسی به دست آمد، بیشترین و کمترین مقدار HQ محاسبه‌شده برای Pb به ترتیب متعلق به رنگ بلوند و مشکی است. برای فلز

میانگین غلظت این فلز در محصولات چینی (۳۳/۰۶ ppb) و کمترین میزان مربوط به محصولات تولیدشده در U.S.A (۰/۶ ppb) بود (۴). Sukender و همکاران نیز در مطالعه‌ای که بر روی رنگ‌موی طبیعی (Henna) صورت دادند میزان فلز Cd را ۱/۸۷۵-۰/۶۲۵ تعیین نمودند (۴۰). مقادیر فلز کادمیوم در نمونه‌های رنگ‌مو آنالیز شده در مطالعه حاضر در مقایسه با سایر مطالعات صورت پذیرفته در حد پایین‌تری قرار دارد. این در حالی است که مقادیر این فلز در تمامی نمونه‌ها به صورت چشمگیری از استانداردهای کشور کانادا (۵ ppm) و آلمان (۳ ppm) که برای غلظت این فلز در لوازم آرایشی-بهداشتی تعیین شده است، کمتر بود (۲۷، ۳۵، ۴۱). نتایج حاصل از ارزیابی ریسک ناشی از فلز Cd موجود در نمونه‌های گرفته‌شده (نمودار ۱) نشان داد که مقدار شاخص HQ محاسبه‌شده برای این فلز فاصله بسیار زیادی با یک دارد که این امر نشان‌دهنده بی‌خطر بودن استفاده از محصولات مورد بررسی از نظر وجود فلز Cd است. همچنین مطابق جدول ۵، با توجه به شاخص HQ مورد محاسبه برای برندها و رنگ‌های مورد بررسی می‌توان گفت که در هیچ‌کدام از رنگ‌ها و برندها تهدیدی متوجه سلامت مصرف‌کنندگان نیست.

فلز سرب یک عنصر غیرضروری برای انسان است که مسمومیت با آن می‌تواند باعث از دست دادن اشتها، ضعف، کم‌خونی، استفراغ و تشنج، ایجاد بیماری خودایمنی شود (۹). همچنین این فلز می‌تواند باعث موتاسیون و ایجاد سرطان شود (۳۶). به‌علاوه این فلز به سیستم عصبی مرکزی آسیب می‌رساند و باعث کاهش هوش کودکان می‌شود (۳۷). مطالعات نشان داده است که در دوران بارداری سرب می‌تواند از جفت عبور کرده و باعث مرگ جنین شود، همچنین زایمان زودرس و وزن کم نوزاد از دیگر اثرات مسمومیت با سرب است (۲۸، ۳۹). در مطالعه حاضر میزان این فلز در نمونه‌های رنگ‌مو ۸۵/۳۴ ppb به‌دست‌آمد، این میزان کمتر از مقدار میانگینی است که Amartey و همکاران در مطالعه خود

۱۸۹۵ ppm گزارش نموده‌اند (۲۰). Al-Dayel و همکاران نیز میزان این فلز در محصولات ریمل و سایه چشم از ۳/۶ تا ۹۶/۸ گزارش نمودند و تنها در یک نمونه ریمل این میزان را ۰/۹۵ ppm گزارش گردید (۳۳). مطابق نمودار ۱، نتایج حاصل از ارزیابی ریسک عنصر Ba نشان داد که در مجموع غلظت Ba موجود در نمونه‌های مورد بررسی سلامت مصرف‌کنندگان این محصولات را تهدید نمی‌نماید، همچنین مطابق جدول ۵، تمامی شاخص‌های HQ مورد محاسبه برای برندها و رنگ‌های مورد بررسی کمتر از ۱ بدست‌آمد که به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از برندها یا رنگ‌های بررسی‌شده در این مطالعه نمی‌تواند تهدیدی برای سلامت افراد مصرف‌کننده به‌شمار آید.

کادمیوم فلز سنگینی است که مواجهه با مقادیر کم آن نیز سیستم قلبی و عروقی انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، مطالعات نشان داده است که مواجهه با غلظت‌های بالای این فلز سمی با ایجاد دیابت و فشار خون بالا ارتباط مستقیم دارد (۳۴). همچنین تخریب استخوان‌ها از دیگر اثرات این فلز است (۳۵). به‌علاوه کادمیوم یک سم بالقوه برای سلول‌ها است که می‌تواند باعث مرگ سلول یا ازدیاد آن‌ها شود (۴). کادمیوم عامل موتاسیون است و برای کلیه‌ها سمی است (۳۶، ۳۷). میانگین فلز Cd در نمونه‌های اندازه‌گیری شده ۰/۴۵±۰/۳ ppm به‌دست‌آمد (۳۸). این فلز در بسیاری از لوازم آرایشی وجود دارد و در این محصولات از آن به عنوان رنگ‌دانه زرد پررنگ و نارنجی استفاده می‌شود. در مطالعه‌ای که Ullah و همکاران بر روی محصولات مختلف آرایشی صورت دادند (رژلب، پودر صورت، خط‌چشم، کرم و شامپو) میانگین این فلز را ۰/۲۳۸±۰/۰۰۰۱ ppb گزارش نمودند (۳۵). در مطالعه دیگری Adepoju-Bello و همکاران غلظت این فلز را در سه محصول (کرم، رژلب و برق لب) بین ۲۰۷-۴ ppb گزارش نمودند (۳۹). در مطالعه دیگری Volpe و همکاران میزان این فلز را در محصول سایه چشم تعیین نمودند که بیشترین میزان تعیین شده مربوط به

باریم، کادمیوم و سرب در پرمصرفترین رنگها و برندهای رنگموهای شیمیایی در بازار تهران و ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از مصرف رنگموها است. نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد زیادی از بانوان از رنگمو استفاده می کنند که استفاده از رنگ مو را از سنین پایین شروع نموده اند. همچنین نیمی از بانوان هر ماه یکبار موهای خود را رنگ می کردند. از طرف دیگر بررسی غلظت فلزات نشان داد که فلز باریم در رنگمو ساخت کشور ایتالیا و رنگ قهوه‌ای تیره دارای بیشترین غلظت بود. همچنین ارزیابی ریسک فلزات نشان داد که فلز سرب در رنگمو ساخت کشور ایران و رنگ قهوه‌ای تیره بیشترین ریسک را به خود اختصاص داد. نتایج بدست آمده نشان داد در هیچ یک از برندها و رنگهای مورد بررسی، مخاطره بهداشتی مصرف کنندگان را تهدید نمی نماید.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه با عنوان بررسی میزان فلزات سنگین در پرمصرفترین رنگ موهای مصرفی در ایران و ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از جذب آرسنیک در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۱ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. همچنین نویسندگان این مقاله از مرکز تحقیقات مواد زائد جامد پژوهشکده محیط زیست با کد طرح ۲۵۱۲۵ به دلیل حمایت مالی از این طرح تشکر می نمایند.

منابع

1. Ababneh FA, Abu-Sbeih KA, Al-Momani IF. Evaluation of allergenic metals and other trace elements in personal care products. *Jordan Journal of Chemistry*. 2013;8(3):179-90.
2. Nohynek GJ, Fautz R, Benech-Kieffer F, Toutain H. Toxicity and human health risk of hair dyes. *Food and Chemical Toxicology*. 2004;42(4):517-43.
3. Nnorom I, Igwe J, Oji-Nnorom C. Trace metal contents of facial (make-up) cosmetics commonly used in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*.

برروی پماد مو انجام دادند، آنها میانگین Pb را در ۳۴ نمونه آنالیز شده ppm ۸/۲۶۹ به دست آوردند (۶). در مطالعه‌ای دیگر Al-Qutob و همکاران میزان متوسط فلز سرب را در حنا، ppm ۱۷/۴۶ به دست آوردند (۲۰). همچنین مطالعه‌ای دیگر Sukender و همکاران میزان این فلز را در رنگ‌موی طبیعی (Henna)، ppm ۱/۴۷-۳۳ تعیین نمودند (۴۰). در مطالعه حاضر، مقادیر غلظت Pb موجود در محصولات مورد بررسی به صورت چشمگیری از استاندارد تعیین شده توسط WHO (۱۰ ppm) (۴۰)، که برای لوازم آرایشی تعیین شده است پایین تر است. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می شود کلیه مقادیر HQهای محاسبه شده برای غلظت Pb موجود در برندهای مورد بررسی کمتر از ۱ است و این امر نشان دهنده آن است که در صورت مصرف محصولات مورد بررسی، از لحاظ اثرات غیرسرطانزا، تهدید چشمگیری متوجه مصرف کنندگان نیست. همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می شود، تمامی HQهای محاسبه شده برای فلز Pb در رنگهای مورد مطالعه بسیار کمتر از ۱ است که این امر نشان می دهد خطری مصرف کنندگان محصولات مورد بررسی را تهدید نمی نماید.

نتیجه گیری

از آنجایی که میزان مصرف مواد آرایشی در جامعه بسیار زیاد است و بیشتر افراد از سن کم شروع به استفاده از مواد آرایشی می نمایند، لذا هدف مطالعه حاضر تعیین غلظت فلزات سنگین

2005;4(10):1133-38.

4. Volpe M, Nazzaro M, Coppola R, Rapuano F, Aquino R. Determination and assessments of selected heavy metals in eye shadow cosmetics from China, Italy, and USA. *Microchemical Journal*. 2012;101:65-69.
5. Gago-Dominguez M, Castelao JE, Yuan JM, Yu MC, Ross RK. Use of permanent hair dyes and bladder-cancer risk. *International Journal of Cancer*. 2001;91(4):575-79.
6. Amartey E, Asumadu-Sakyi A, Adjei C, Quashie F,

- Duodu G, Benti N. Determination of heavy metals concentration in hair Pomades on the Ghanaian market using atomic absorption spectrometry technique. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*. 2011;2:192-98.
7. Marinovich M, Boraso MS, Testai E, Galli CL. Metals in cosmetics: An a posteriori safety evaluation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2014;69(3):416-24.
 8. Kiani M, Mugouei F. Socio-economic factors influencing cosmetic products use by females under 20 years old in Yazdanshahr NajafAbad. *Dermatology & Cosmetic*. 2013;4(1):1-9.
 9. Gondal M, Seddigi Z, Nasr M, Gondal B. Spectroscopic detection of health hazardous contaminants in lipstick using laser induced breakdown spectroscopy. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;175(1):726-32.
 10. Ros MM, Gago-Dominguez M, Aben KK, Buende-Mesquita HB, Kampman E, Vermeulen SH, et al. Personal hair dye use and the risk of bladder cancer: a case-control study from The Netherlands. *Cancer Causes & Control*. 2012;23(7):1139-48.
 11. Koutros S, Silverman DT, Baris D, Zahm SH, Morton LM, Colt JS, et al. Hair dye use and risk of bladder cancer in the New England bladder cancer study. *International Journal of Cancer*. 2011;129(12):2894-904.
 12. Al-Saleh I, Al-Enazi S. Trace metals in lipsticks. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2011;93(6):1149-65.
 13. Al-Saleh I, Al-Enazi S, Shinwari N. Assessment of lead in cosmetic products. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2009;54(2):105-13.
 14. Pigatto P, Martelli A, Marsili C, Fiocchi A. Contact dermatitis in children. *Italian Journal of Pediatrics*. 2010;36:2-2.
 15. Nigam P, Saxena A. Allergic contact dermatitis from henna. *Contact Dermatitis*. 1988;18(1):55-56.
 16. Le Coz CJ, Lefebvre C, Keller F, Grosshans E. Allergic contact dermatitis caused by skin painting (pseudotattooing) with black henna, a mixture of henna and p-phenylenediamine and its derivatives. *Archives of Dermatology*. 2000;136(12):1515-17.
 17. Lee S-M, Jeong H-J, Chang IS. Simultaneous determination of heavy metals in cosmetic products. *Journal of Cosmetic Science*. 2008;59(5):441-48.
 18. Mohammadi M, Riyahi Bakhtiari A, Khodabandeh S. Determination of cadmium and lead concentration in cosmetics (sunscreen, lipstick and hair color). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(4):481-90 (in Persian).
 19. Rastogi SC, Pritzl G. Red lipstick: a source of barium to humans and the environment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1998;60(4):507-10.
 20. Al-Qutob MA, Alatrash HM, Abol-Ola S. Determination of different heavy metals concentrations in cosmetics purchased from the Palestinian markets by ICP/MS. *Advances in Environmental Sciences*. 2013;5(3):287-93.
 21. Liu S, Hammond SK, Rojas-Cheatham A. Concentrations and potential health risks of metals in lip products. *Environmental Health Perspectives*. 2013;121(6):705-10.
 22. Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. *Science of the Total Environment*. 2010;408(4):726-33.
 23. Emmanuel E, Pierre MG, Perrodin Y. Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers. *Environment International*. 2009;35(4):718-26.
 24. Muhammad S, Tahir Shah M, Khan S. Arsenic health risk assessment in drinking water and source apportionment using multivariate statistical techniques in Kohistan region, northern Pakistan. *Food and Chemical Toxicology*. 2010;48(10):2855-64.
 25. Sofuoglu SC, Kavcar P. An exposure and risk assessment for fluoride and trace metals in black tea. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;158(2):392-400.
 26. International Agency for Research on Cancer. Occupational exposures of hairdressers and barbers and personal use of hair colourants; some hair dyes, cosmetic colourants, industrial dyestuffs and aromatic amines. IARC monographs, volume 99. France: IARC; 1992.
 27. Bocca B, Pino A, Alimonti A, Forte G. Toxic metals contained in cosmetics: A status report. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2014;68(3):447-67.

28. Hashemi-Moghaddam H, Shiravi A, Shadab-Shamsabad F, Torabi M, Rezaei Taviraei M. Disposition of lead (Pb) in brain of rats following oral exposure to lipstick. *Journal of Paramedical Sciences*. 2015;6(2):79-84.
29. Naveedullah MZH, Yu C, Shen H, Duan D, Shen C, Lou L, et al. Concentrations and Human Health Risk Assessment of Selected Heavy Metals in Surface Water of the Siling Reservoir Watershed in Zhejiang Province, China. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014;23(3):801-11.
30. De Miguel E, Iribarren I, Chacon E, Ordonez A, Charlesworth S. Risk-based evaluation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid (Spain). *Chemosphere*. 2007;66(3):505-13.
31. Ramanathan R. Barium and barium salts. Washington DC: National Academy of Sciences; 2007.
32. Kojola W, Brenniman G, Carnow B. A review of environmental characteristics and health effects of barium in public water supplies. *Reviews on Environmental Health*. 1978;3(1):79-95.
33. Al-Dayel O, Hefne J, Al-Ajyan T. Human Exposure to Heavy Metals from Cosmetics. *Oriental Journal of Chemistry*. 2011;27(1):1-11.
34. Khalid A, Bukhari I, Riaz M, Rehman G, Ain Q, Bokhari T, et al. Determination of lead, cadmium, chromium, and nickel in different brands of lipsticks. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*. 2013;1(2):263-71.
35. Ullah H, Noreen S, Rehman A, Waseem A, Zubair S, Adnan M, et al. Comparative study of heavy metals content in cosmetic products of different countries marketed in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry*. 2013;doi:10.1016/j.arabjc.2013.09.021 (in Press).
36. Zazooli M, Bandpei AM, Ebrahimi M, Izanloo H. Investigation of Cadmium and Lead contents in Iranian rice cultivated in Babol Region. *Asian Journal of Chemistry*. 2010;22(2):1369-76.
37. Huang Z, Pan X-D, Wu P-G, Han J-L, Chen Q. Health risk assessment of heavy metals in rice to the population in Zhejiang, China. *PloS One*. 2013;8(9):e75007.
38. Lavilla I, Cabaleiro N, Costas M, De La Calle I, Bendicho C. Ultrasound-assisted emulsification of cosmetic samples prior to elemental analysis by different atomic spectrometric techniques. *Talanta*. 2009;80(1):109-16.
39. Adepoju-Bello A, Oguntibeju O, Adebisi R, Okpala N, Coker H. Evaluation of the concentration of toxic metals in cosmetic products in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*. 2012;11(97):16360-64.
40. Sukender K, Jaspreet S, Sneha D, Munish G. AAS estimation of heavy metals and trace elements in Indian herbal cosmetic preparations. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2012;2(3):46-51.



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

Original Article



Risk Assessment of Non-Carcinogenic Heavy Metals (Barium, Cadmium, and Lead) in Hair Color in Markets of Tehran

F Khalili¹, AH Mahvi^{2,3*}, S Nasseri^{4,5}, M Yunesian¹, B Djahed⁶, M Yaseri¹

¹ Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for Environment Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Department of Environmental Health Engineering, Schools of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁵ Center for Water Quality Research (CWQR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶ Department of Environmental Health, Faculty of Health, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 2 September 2015

Revised: 21 November 2015

Accepted: 28 November 2015

Published: 6 June 2016

Key words: Barium, Cadmium, Lead, Hair color, Risk assessment

***Corresponding Author:**
ahmahvi@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objectives: Chemical hair color are one of the most widely used cosmetics. The presence of heavy metals in these products can affect the health of consumers. Unlike other cosmetics, no study has been conducted on the heavy metal levels in the synthetic chemical hair colors. This study determined the concentration of heavy metals in these products and the risk assessment of non-carcinogenic effects by these elements were calculated.

Material and Method: 32 samples of chemical hair color from eight brands (3 local and 5 imported ones) and four most used colors were collected from the markets in Tehran. The concentration of cadmium, lead, and barium was determined using ICP-MS. The information required to assess exposure risk was gathered through a questionnaire distributed among citizens of Tehran. The assessment of exposure was conducted using Mont Carlo method and non-carcinogenic risk was determined using the index of Hazard Quotient.

Results: Barium concentration measured was 0.86 mg/kg and concentrations of Cadmium and Lead were 0.45 and 185.34 µg/kg respectively. Among the elements, Pb with Hazard Quotient equals to 7.46×10^{-4} had the most risk and cadmium with Hazard Quotient equals to 3.57×10^{-5} had the lowest risk. Moreover, the Iranian brand and blond had the highest risk among the samples.

Conclusion: Based on the index of Hazard Quotient, heavy metals in the studied samples had no risk for consumers of these products.

Please cite this article as: Khalili F, Mahvi AH, Nasseri S, Yunesian M, Djahed B, Yaseri M. Risk assessment of non-carcinogenic heavy metals (Barium, Cadmium, and Lead) in hair color in markets of Tehran. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):27-40.