مجله شیمی کوانتومی و اسپکتروسکوپی
۱٤:٤٥ (۱٤۰۳) ٥۳-٦٤
Journal of Quantum Chemistry and Spectroscopy (JQCS)

# اندازه‌گیری عناصر سنگین سرب، باریم، روی، کادمیوم و جیوه در موی سر با تکنیک طیف سنج جذب اتمی (مطالعه موردی: افراد ساکن در حاشیه رودخانه چالوس)

**محمدباقر پاشا زانوسی***
گروه شیمی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

تاریخ ثبت اولیه:۱۴۰۳/۰۱/۲۵، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده:۱۴۰۳/۰۴/۱۴ ، تاریخ پذیرش قطعی:۱۴۰۳/۰۴/۲۵

## چکیده

روش مناسب جهت اندازه گیری عناصر نادر در نمونه های موی انسان با استفاده از تکنیکهای اسپکترومتری بر پایه هضم توسط مخلوط اسید نیتریک و آب اکسیژنه استوار می باشد. در این تحقیق، نمونه‌های مو جهت اندازه‌گیری عناصر سرب، باریم، روی، کادمیوم و جیوه از افراد ساکن در مناطق مختلف حاشیهٔ رودخانه چالوس، به خصوص از افرادی که در روستاهای نزدیک به معادن سرب و معادن باریم سکونت داشته با جنسیت متفاوت و سنین مختلف (بین ۳۰ تا ۴۰سال) جمع‌آوری گردیده است.عناصر نادر در موی ۲۱ فرد (۱۰ مرد و ۱۱ زن) اندازه‌گیری شده است. تعیین غلظت عناصر فوق توسط دستگاههای طیف‌سنجی نظیر جذب اتمی (Atomic Absorbtion) و پلاسمای جفت شده القائی (Inductive Couple Plasma:ICP) انجام شده است. اندازه‌گیری عناصر سرب و روی توسط روش شعله (F.A.A)، عنصر جیوه با استفاده از تکنیک بخار سرد (Cold Vapor)، عنصر کادمیوم توسط تکنیک کورهٔ گرافیتی (Grafite furnace) و عنصر باریم توسط ICP اندازه گیری شده است. حد تشخیص (Detection Limite) برای عنصر سرب ۴۰/۳۸ ppm، عنصر روی ۱۳ ppm، عنصر کادمیوم ۱۷ppb ، عنصر جیوه ۲۷ppb و برای عنصر باریم ۰/۰۸۵ppb می‌باشد. با مقایسه نتایج بدست آمده برای عنصر فوق و حد مجازهای موجود برای عوارض بالینی، همگی این عناصر در محدوده نرمال قرار داشته و نتایج حاصل از آنالیز موی افراد نشان داده است که میانگین سرب، کادمیم، جیوه و باریم در آقایان بیشتر از خانم‌ها بوده و میانگین روی اندازه‌گیری شده در خانم‌ها بیشتر از آقایان می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی**: ***موی انسان، عناصر سنگین، رودخانه چالوس ، هضم***

## ۱. مقدمه

تعیین عناصر نادر در نمونه های بیولوژیکی از سالها پیش آغاز و هدف آن شناسائی و اندازه‌گیری این عناصر و برطرف نمودن آلودگیهای مربوط به آنها جهت تامین سلامتی انسان و پالایش محیط زیست می باشد[۱,۲]. امروزه اطلاعات تجزیه ای جهت تعیین

***عهده دار مکاتبات:** محمدباقر پاشا زانوسی
**نشانی:** گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
**تلفن:**۰۲۳۳۲۳۹۴۳۲۰ **پست الکترونیک:**E-mail: pashazanousi@gmail.com

میزان کل عنصر در نمونه را می‌توان توسط تکنیکهای گوناگون از جمله اسپکتروسکوپی جذب اتمی به دست آورد، که این امر مورد نیاز بسیاری از برنامه های کنترل و نظارت محیط زیست می باشد[۸-۳]. البته میزان کل عناصر نادر جهت کمک به تشخیص بیماری های مختلف و همچنین برای محققین علوم زیستی در خصوص نقش عناصر نادر در سلامت و بیماری بسیار مهم بنظر می رسد[۱۲و۵]. در این میان در سالهای اخیر توجه به آنالیز وگونه شناسی نمونه موی انسان بنا به دلایل سهولت در جمع آوری نمونه، خطر کمتر آن نسبت به سایر نمونه های بیولوژیکی، غلظت زیاد عناصر سمی ذخیره شده در مو نسبت به سایر بافتها و بی اثر بودن و همگن بودن شیمیائی مو بر خلاف نمونه های خون افزایش یافته است[۱۲]. در تحقیقات انجام شده برای اندازه گیری عناصر نادر، ابتدا نمونه های مو بطور کامل هضم شده، که برای این منظور روشهای گوناگونی از جمله روش خاکستر کردن خشک و تر برای اندازه گیری عناصر مس، روی و منگنز انجام شد[۱۳]. در پژوهش دیگر، روشهای دیگری مانند هضم توسط مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریک و اسید کلریدریک برای این منظور به کار برده شده است[۱۴]. همچنین افزایش میزان عناصر نادر در بدن انسان بطور حتم با خطرات جدی همراه خواهد بود، به طوری که افزایش میزان کادمیوم در بدن با بیماریهای برونشیت و کم خونی و سنگ کلیه همراه است [۴،۶و۷]. مطالعه دیگری نشان میدهد که، عنصر کادمیوم قادر است به طرز جبران ناپذیری صدمات کلیوی به بزرگسالان وارد نماید. بر اساس مطالعات WHO( سازمان بهداشت جهانی ) مقدار ۱۰ میکرو گرم در لیتر کادمیوم در کل خون به عنوان عدد آزمایشی انتخاب شده که در این غلظت اثرات نامطلوب برای انسان مشاهده نمی‌گردد[۹]. علاوه بر آن تاثیرات مخرب کروم در بدن انسان ناشی از کروم شش ظرفیتی بوده، به طوری که کروم شش ظرفیتی در انسان باعث نکروز کبد و التهاب کلیه و نهایتا مرگ می‌گردد[۱۰]. همچنین عمده ترین عوارض ناشی از مسمومیت با جیوه بروز اختلالات عصبی و کلیوی بوده که در اثر ترکیبات آلی و معدنی جیوه ظاهر شده، علاوه بر آن جذب بسیار بالای روی (۱ تا ۲ گرم ) در انسان با سردرد و تهوع و دردهای شکم و اسپاسم گوارشی همراه است. روی در مقابل کادمیوم که یک عنصر سمی است به عنوان عامل بازدارنده عمل می کند[۱۱]. بر طبق مقالات موجود در گزارشات علمی، اندازه گیری عناصرجیوه، سرب و کادمیم در خون، ادرار، مو و ناخن افراد ساکن در شهر منصورا کشور مصر انجام گردید. در این پژوهش که بر روی ۹۳ داوطلب (زن و مرد ) صورت گرفته است تاثیرات جنسیت و مصرف دخانیات و اثر آمالگام پرکننده دندان ( جهت بررسی تاثیر بر سطح جیوه) در نمونه های بیولوژیکی بررسی شده است. دراین مطالعه، نمونه ها توسط پرمنگنات پتاسیم و حرارت هضم شده و اندازه‌گیری عناصر توسط روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی و کوره گرافیتی انجام شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که فقط افزایش میزان سرب خون وابسته به جنسیت بوده و در مردان نسبت به زنان بیشتر است. همچنین سطح جیوه در خون و ادرار بطور مستقیم با آمالگام پرکننده دندان ارتباط دارد و میزان سرب و کادمیوم خون افراد سیگاری افزایش را نشان داد[۱۵]. همچنین مقایسه بین المللی بین نتایج حاصله از این مطالعه و سطوح مشابه در مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد که مقادیر کادمیوم در مو، سرب در خون، ادرار ، مو و ناخن و جیوه در خون و مو متناسب با متغیرهای زیست محیطی و برخی از فاکتورها مانند جنسیت و استعمال دخانیات و محل سکونت می‌باشد[۱۶]. با توجه به موارد اشاره شده و

اهمیت تاثیر آلاینده هایی نظیر عناصر سنگین بر بافت های نرم بدن، سعی شده است تا میزان عناصر سنگین نظیر سرب، باریم، روی، کادمیوم و جیوه در موی سر افراد ساکن در معرض آلاینده های فلزی در اطراف معادن شهرستان چالوس را اندازه‌گیری نماییم. لذا برای این منظور اندازه گیری عناصر سرب و روی توسط دستگاه جذب اتمی شعله (F.A.A)، عنصر کادمیوم توسط روش جذب اتمی با کوره گرافیتی، عنصر جیوه توسط روش بخار سرد وعنصر باریم توسط پلاسمای جفت شده القائی انجام شده است.

## ۲. مواد و روشها

### ۲-۱. دستگاهوری

برای اندازه گیری عناصر سرب، روی، جیوه و کادمیوم از دستگاه جذب اتمی Varian مدل Spectr AA 200 مجهز به کوره گرافیتی و VGA و برای اندازه‌گیری باریم از طیف‌سنج پلاسمای جفت‌شده القائی استفاده شده است. مشخصات تنظیم دستگاه برای اندازه گیری هر یک از عناصر ذکر شده بر طبق دستور کار کارخانه سازنده دستگاه می‌باشد.

### ۲-۲. مواد شیمیایی مورد استفاده

استون، اسید نیتریک، آب اکسیژنه، نیترات سرب، نیترات باریم، نیترات جیوه، نیترات کادمیوم، نیترات روی، آب مقطر، آب دیونیزه. تمام مواد بکار رفته در آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها و تهیه استانداردها محصول کارخانه Merck و با مرتبه تجزیه‌ای (Analytical grade) بوده است و بدون هر گونه خالص‌سازی بکار رفته است.

### ۲-۳. لوازم مورد استفاده

کاغذ صافی واتمن شماره ۱، فیلتر غشایی $0/45\mu m$ تفلونی همراه با ست فیلتراسیون میلوپار، پمپ خلاء، ترازوی دیجیتال مدل Metler با دقت $\pm 0/0001$ ، ارلن، بالن، میکروپیپت، هیتر، ترمومتر، بشر، پیپت.

### ۲-٤. روش آزمایش

نمونه‌برداری جهت بررسی و اندازه گیری میزان آلاینده های فلزی در موی سر از هر دو جنس زن و مرد و از مناطق مختلف در حاشیه رودخانه چالوس به خصوص در روستاهای نزدیک به معادن سرب (نظیر کلونگاه، دونا و ...) و معادن باریم (نظیر الیت، دلیر، مرزن‌آباد و ...) و شهر چالوس جمع‌آوری گردیده است. جهت گرفتن نمونه‌ها جنست، سن، موقعیت و مدت زمان زندگی داوطلبین بصورت پرسشنامه‌ای در اختیار داوطلبین قرار گرفته و تکمیل گردید (جدول۱). پس از جمع آوری نمونه‌ها، آنها را داخل کیسه های پلاستیکی قرار داده و ضمن آنکه بر روی هر کدام مشخصات آنها ذکر گردیده جهت آماده‌سازی و آنالیز به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه از هر نمونه مقدار ۰/۱ گرم توسط ترازو به دقت توزین گردید. هر نمونه بطور مجزا با استفاده از استن شسته و خشک گردید، سپس ۱۵ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک و آب اکسیژنه به نسبت ۲:۱ به نمونه ها افزوده شده و بمدت ۲-۱ ساعت بهمراه همزدن حرارت داده شد.

پارامترهای گوناگونی در هضم کامل نمونه ها شامل دما، زمان هضم نمونه و نسبت اسید به آب اکسیژنه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داده که محدوده دمائی بین ۲۰۰-۱۲۰ درجه سانتی گراد بهترین شرایط دمائی جهت هضم کامل نمونه ها است. زمان هضم نمونه ها از ۱۱۰-۳۰ دقیقه متغیر بوده که بر طبق مشاهدات صورت گرفته حداقل زمان ۴۵ دقیقه برای هضم کامل نمونه ها زمان مناسب بوده است. همچنین نتایج نشان داده که نسبت حجمی اسید نیتریک و آب اکسیژنه به نسبت ۲:۱ بهترین نتیجه زمانی بوده است. در نهایت پس از هضم کامل، نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و مجدداً توسط فیلتر غشائی 0.45µm تفلونی با استفاده از خلا صاف شدند. سپس هر کدام از نمونه ها در بالن ژوژه ۱۰۰mL با آب دی یونیزه به حجم رسانده شد و جهت اندازه گیری عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی نگهداری شدند. قبل از آنالیز عناصر، دستگاه طیف‌سنج براساس کارخانه سازنده توسط استانداردهای مشخص تنظیم گردید (جدول ۲). پس از تنظیم دستگاه، نمونه‌های مربوطه به دستگاه تزریق و غلظت نمونه‌ها محاسبه، که در جداول ۳ تا ۷ آمده است.

## ۳. نتایج و بحث

### ۳-۱. عنصر روی

بر طبق گزارشات و استانداردهای موجود حد مجاز روی در موی افرادیکه با این عنصر تماس شغلی ندارند و مدام در معرض آن نمی باشند میزان۰/۰۳۵-۰/۰۱۳ میلی گرم بر گرم می باشد و تا میزان ۰/۱ میلی گرم بر گرم هم عوارض جانبی بهمراه نخواهد داشت. البته در میزان بالاتر از آن هم اثرات بالینی خاصی گزارش نشده است. با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه و مندرج در جدول شماره۳، میزان روی در تمام نمونه ها در محدوده بدون عوارض بالینی قرار دارد. به طوری که بیشترین میزان غلظت روی در نمونه شماره ۲۰ مربوط به آقای ۳۶ ساله و به مقدار ppm ۰/۵۹۲۲ و کمترین میزان غلظت روی در نمونه شماره ۴ مربوط به آقای ۵۰ ساله و به مقدار ppm ۰/۲۱۱۳ می‌باشد. با توجه به میانگین حاصله می توان اظهار داشت که میانگین روی در خانم‌ها بیشتر از آقایان می‌باشد. بالاترین میزان روی متعلق به آقای ۳۶ ساله و کمترین مقدار آن متعلق به آقای ۵۰ ساله است.

### ۳-۲. عنصر باریم

گزارشات و استانداردهای موجود حد مجاز باریم را در موی افرادیکه با این عنصر تماس شغلی ندارند و مدام در معرض آن قرار ندارند را مقدار کمتر از میلی گرم بر گرم گزارش کرده است. به استناد همین گزارش مقدار میلی گرم هم هیچ عوارض جانبی بهمراه نخواهد داشت. با توجه به نتایج مندرج در جدول۴ مقادیر باریم در محدوده بدون عوارض جانبی گزارش شده است. به طوری که بیشترین میزان غلظت باریم در نمونه شماره ۹ مربوط به خانم ۴۰ ساله و به مقدار ppb۸۰/۶۴۹ و کمترین میزان غلظت روی در نمونه شماره ۱۴ مربوط به خانم ۳۵ ساله و به مقدار ppb ۸/۱۰۲ می‌باشد. با توجه به میانگین حاصله می‌توان اظهار داشت که میانگین باریم در آقایان بیشتر از خانم‌ها می‌باشد. بالاترین میزان باریم مربوط به خانم ۴۰ ساله و کمترین میزان آن متعلق به خانم۳۵ ساله می‌باشد.

**۳-۳. عنصر جیوه**

بر طبق گزارشات و استانداردهای موجود میزان جیوه برای افرادیکه با این عنصر تماس شغلی ندارند کمتر از ۲۰ میکرو گرم بر گرم گزارش شده است. به استناد همین گزارش اگر میزان جیوه در محدوده ۵۰-۳۵ میکرو گرم بر گرم باشد نیز بدون عوارض جانبی خواهد بود. همچنین اگر مقدار آن بالاتر از ۲۰۰ میکروگرم بر گرم گزارش گردد مسلماً عوارض بالینی را بهمراه خواهد داشت. نتایج بدست آمده از این مطالعه و مندرج در جدول۵ حاکی از آن است که میزان جیوه در تمام نمونه‌ها در محدوده مجاز می باشد. به طوری که بیشترین میزان غلظت جیوه در نمونه شماره ۸ ، مربوط به خانم ۳۰ ساله و به مقدار ppb ۲/۴۴ و کمترین میزان غلظت جیوه در نمونه شماره ۲۰، مربوط به خانم ۳۶ ساله و به مقدار ppb ۰/۰۶ می‌باشد. میانگین جیوه در آقایان بیشتر از خانم‌ها است. بالاترین مقدار آن متعلق به خانم ۳۰ ساله و کمترین مقدار آن مربوط به آقای ۳۶ ساله می‌باشد.

**۳-٤. عنصر کادمیم**

استانداردهای موجود میزان کادمیم را در موی افرادیکه با این عنصر تماس شغلی ندارند میزان ۴/۰۰ـ ۰/۲۲ میکرو گرم بر گرم گزارش کرده است. به استناد آن اگر مقدار کادمیم در محدوده ۱۰-۵ میکروگرم بر گرم باشد عوارض جانبی بهمراه نخواهد داشت. ولی مقدار ۲۰ میکروگرم بر گرم از این عنصر با عوارض بالینی همراه خواهد بود. نتایج مندرج در جدول۶ گویای آن است که کادمیم نمونه های مورد مطالعه در محدوده مجاز می‌باشد. به طوری که بیشترین میزان غلظت کادمیم در نمونه شماره ۱۰ مربوط به آقای ۴۵ ساله و به مقدار ppb ۲/۹۶۸ و کمترین میزان غلظت کادمیوم در نمونه شماره ۱۹ مربوط به آقای ۳۳ ساله و به مقدار ppb ۰/۲۹۱ می‌باشد. همچنین می‌توان اظهار داشت که میانگین کادمیم در آقایان بیشتر از خانم‌ها است. بالاترین میزان آن متعلق به آقای ۴۵ ساله و کمترین مقدار آن متعلق به آقای ۳۳ ساله می‌باشد.

**۳-۵. عنصر سرب**

استانداردهای موجود میزان سرب را در موی افرادیکه با این عنصر تماس شغلی ندارند را میزان ۲۰-۱۰ میلی‌گرم بر گرم گزارش کرده است. به استناد آن اگر مقدار سرب در محدوده۲۵ میلی‌گرم بر گرم باشد عوارض جانبی بهمراه نخواهد داشت. ولی مقادیر بالاتر از آن می‌تواند عوارض بالینی را با خود به همراه داشته باشد. نتایج مندرج در جدول۷ گویای آن است که سرب نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده مجاز می‌باشد. به طوری که بیشترین میزان غلظت سرب در نمونه شماره ۲ مربوط به آقای ۳۰ ساله و به مقدار ppm ۰/۹۹ که علت آن تماس بیشتر با هوای آلوده شده در حوالی معادن سرب بوده و کمترین میزان غلظت سرب در نمونه شماره ۶ مربوط به خانم ۳۶ ساله و به مقدار ppm ۰/۲۰ می‌باشد. همچنین می توان اظهار داشت که میانگین سرب در آقایان بیشتر از خانم‌ها است. بالاترین میزان آن متعلق به آقای ۳۰ ساله و کمترین مقدار آن متعلق به خانم ۳۶ساله می باشد.

**جدول۱. مشخصات نمونه‌های برداشته شده از داوطلبین ساکن در روستاهای حاشیه رودخانه چالوس**

| مدت حضور | موقعیت | سن | جنسیت | شماره نمونه |
|---|---|---|---|---|
| ۲ ماه | نگهبان کارخانه تغلیظ سرب کلونگاه | ۴۰ | آقا | ۱ |
| ۱ ماه | نگهبان کارخانه تغلیظ سرب کلونگاه | ۳۰ | آقا | ۲ |
| ۱۲ ماه | نگهبان کارخانه تغلیظ سرب کلونگاه | ۳۸ | آقا | ۳ |
| ۳۳ سال | نگهبان کارخانه تغلیظ سرب کلونگاه | ۵۰ | آقا | ۴ |
| ۳۰ سال | محل زندگی- روستای کلونگاه | ۳۰ | آقا | ۵ |
| ۳۶ سال | محل زندگی- روستای کلونگاه | ۳۶ | خانم | ۶ |
| ۳۵ سال | محل زندگی-روستای کلونگاه | ۳۵ | خانم | ۷ |
| ۳۰ سال | محل زندگی-الیت | ۳۰ | خانم | ۸ |
| ۴۰ سال | محل زندگی-الیت | ۴۰ | خانم | ۹ |
| ۴۵ سال | محل زندگی-الیت | ۴۵ | آقا | ۱۰ |
| ۴۵ سال | محل زندگی-الیت | ۴۵ | آقا | ۱۱ |
| ۱۵ سال | نگهبان معدن باریت الیت | ۳۸ | آقا | ۱۲ |
| ۳۷ سال | محل زندگی- دلیر | ۳۷ | خانم | ۱۳ |
| ۳۵ سال | محل زندگی- دلیر | ۳۵ | خانم | ۱۴ |
| ۴۲ سال | محل زندگی- دلیر | ۴۲ | خانم | ۱۵ |
| ۴۵ سال | محل زندگی-چالوس | ۴۵ | خانم | ۱۶ |
| ۳۰ سال | محل زندگی-چالوس | ۳۰ | خانم | ۱۷ |
| ۳۰ سال | محل زندگی-چالوس | ۳۰ | خانم | ۱۸ |
| ۳۳ سال | محل زندگی-چالوس | ۳۳ | آقا | ۱۹ |
| ۳۶ سال | محل زندگی-چالوس | ۳۶ | آقا | ۲۰ |
| ۱۵ سال | محل زندگی-چالوس | ۴۰ | خانم | ۲۱ |

**جدول۲. استانداردهای مربوط به عناصر مورد آزمایش براساس دستورالعمل کارخانه سازندهٔ دستگاه طیف‌سنج**

| نوع عنصر | غلظت استانداردهای ساخته شده | | | |
|---|---|---|---|---|
| Cd | ۰/۵ ppb | ۱ ppb | ۱/۵ ppb | - |
| Ba | ۱۰۰ ppb | ۲۰۰ ppb | ۳۰۰ ppb | - |
| Hg | ۱۰ ppb | ۲۰ ppb | ۴۰ ppb | ۶۰ ppb |
| Zn | ۰/۲۵ ppm | ۰/۵ ppm | ۱ ppm | ۱/۵ ppm |
| Pb | ۱۰ ppm | ۱۰ ppm | ۱۵ ppm | ۲۰ ppm |

**جدول۳. نتایج حاصل از اندازه‌گیری روی در نمونه‌های مو**

| نمونه(جنس) | ٪RSD | غلظت(میلی‌گرم بر گرم) | شماره نمونه |
|---|---|---|---|
| آقا | ۸/۵ | ۰/۵۰۵۹ | ۱ |
| آقا | ۱/۱ | ۰/۴۳۸۲ | ۲ |
| آقا | ۱/۰ | ۰/۲۶۸۴ | ۳ |
| آقا | ۱/۰ | ۰/۲۱۱۳ | ۴ |
| آقا | ۱/۲ | ۰/۳۰۳۰ | ۵ |
| خانم | ۱/۸ | ۰/۲۶۶۱ | ۶ |
| خانم | ۰/۱ | ۰/۲۵۸۱ | ۷ |
| خانم | ۰/۷ | ۰/۵۰۸۰ | ۸ |
| خانم | ۰/۰ | ۰/۲۱۷۰ | ۹ |
| آقا | ۱/۳ | ۰/۲۲۱۹ | ۱۰ |
| آقا | ۰/۱ | ۰/۳۳۵۹ | ۱۱ |
| آقا | ۰/۲ | ۰/۳۶۶۵ | ۱۲ |
| خانم | ۱/۰ | ۰/۴۳۱۸ | ۱۳ |
| خانم | ۰/۰ | ۰/۲۹۱۷ | ۱۴ |
| خانم | ۰/۱ | ۰/۳۹۸۳ | ۱۵ |
| خانم | ۰/۷ | ۰/۴۳۹۷ | ۱۶ |
| خانم | ۰/۷ | ۰/۲۸۶۷ | ۱۷ |
| خانم | ۰/۱ | ۰/۳۷۹۶ | ۱۸ |
| آقا | ۰/۸ | ۰/۲۷۱۵ | ۱۹ |
| آقا | ۰/۵ | ۰/۵۹۲۲ | ۲۰ |
| خانم | ۰/۰ | ۰/۵۴۰۴ | ۲۱ |

**جدول٤. نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت باریم در نمونه‌های مو**

| نمونه(جنس) | ٪RSD | غلظت(میکروگرم بر گرم) | شماره نمونه |
|---|---|---|---|
| آقا | ۲۶/۱ | ۲۰/۸۸۲ | ۱ |
| آقا | ۲۲/۸۱ | ۱۵/۱۵۸ | ۲ |
| آقا | ۰/۲۸ | ۲۸/۰۱۴ | ۳ |
| آقا | ۰/۷۳ | ۳۳/۸۹۰ | ۴ |
| آقا | ۴/۳۳ | ۴۶/۳۵۴ | ۵ |
| خانم | ۰/۸۴ | ۳۰/۴۱۸ | ۶ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| خانم | ۱/۴۴ | ۴۱/۷۴۷ | ۷ |
| خانم | ۰/۹۴ | ۴۳/۱۲۹ | ۸ |
| خانم | ۲/۰۰ | ۸۰/۶۴۹ | ۹ |
| آقا | ۰/۹۹ | ۴۶/۹۵۱ | ۱۰ |
| آقا | ۰/۳۷ | ۴۴/۶۸۰ | ۱۱ |
| آقا | ۰/۵۹ | ۶۴/۵۲۶ | ۱۲ |
| خانم | ۱/۶۲ | ۱۳/۱۵۸ | ۱۳ |
| خانم | ۰/۱۹ | ۸/۱۰۲ | ۱۴ |
| خانم | ۰/۸۱ | ۴۱/۶۳۳ | ۱۵ |
| خانم | ۰/۵۰ | ۱۱/۶۵۴ | ۱۶ |
| خانم | ۰/۸۰ | ۹/۸۷۷ | ۱۷ |
| خانم | ۰/۳۴ | ۱۱/۸۴۸ | ۱۸ |
| آقا | ۰/۲۹ | ۸/۷۵۶ | ۱۹ |
| آقا | ۰/۲۳ | ۱۰/۰۳۸ | ۲۰ |
| خانم | ۰/۱۹ | ۹/۴۸۸ | ۲۱ |

**جدول۵. نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت جیوه در نمونه‌های مو**

| نمونه(جنس) | ٪RSD | غلظت(میکروگرم بر گرم) | شماره نمونه |
|---|---|---|---|
| آقا | ۰/۹ | ۱/۷۵ | ۱ |
| آقا | ۰/۸ | ۱/۰۶ | ۲ |
| آقا | ۱/۱ | ۰/۸ | ۳ |
| آقا | ۰/۳ | ۱/۸۴ | ۴ |
| آقا | ۰/۸ | ۲/۰۹ | ۵ |
| خانم | ۰/۷ | ۱/۵۳ | ۶ |
| خانم | ۰/۳ | ۱/۳۵ | ۷ |
| خانم | ۰/۵ | ۲/۴۴ | ۸ |
| خانم | ۰/۶ | ۱/۴۳ | ۹ |
| آقا | ۰/۷ | ۱/۴۰ | ۱۰ |
| آقا | ۰/۳ | ۱/۱۶ | ۱۱ |
| آقا | ۰/۲ | ۰/۸۱ | ۱۲ |
| خانم | ۰/۴ | ۰/۴۸ | ۱۳ |
| خانم | ۱/۶ | ۰/۵۶ | ۱۴ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| خانم | ۰/۹ | ۰/۳۵ | ۱۵ |
| خانم | ۰/۴ | ۱/۵۳ | ۱۶ |
| خانم | ۰/۹ | ۰/۰۷ | ۱۷ |
| خانم | ۰/۶ | ۰/۱۷ | ۱۸ |
| آقا | ۱/۲ | ۰/۷۷ | ۱۹ |
| آقا | ۱ | ۰/۰۶ | ۲۰ |
| خانم | ۰/۸ | ۰/۰۸ | ۲۱ |

**جدول٦. نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت کادمیوم در نمونه‌های مو**

| نمونه(جنس) | ٪RSD | غلظت(میکروگرم بر گرم) | شماره نمونه |
|---|---|---|---|
| آقا | ۰/۹ | ۰/۵۱ | ۱ |
| آقا | ۰/۹ | ۰/۵۶۸ | ۲ |
| آقا | ۱/۱ | ۰/۴۹۴ | ۳ |
| آقا | ۰/۳ | ۱/۵۲۰ | ۴ |
| آقا | ۰/۳ | ۱/۰۸۶ | ۵ |
| خانم | ۰/۳ | ۱/۳۳۷ | ۶ |
| خانم | ۰/۸ | ۰/۷۲۴ | ۷ |
| خانم | ۰/۶ | ۰/۸۸۷ | ۸ |
| خانم | ۰/۶ | ۰/۸۴۳ | ۹ |
| آقا | ۰/۳ | ۲/۹۶۸ | ۱۰ |
| آقا | ۰/۸ | ۰/۶۱۹ | ۱۱ |
| آقا | ۰/۸ | ۰/۶۵۲ | ۱۲ |
| خانم | ۰/۴ | ۰/۲۲۰ | ۱۳ |
| خانم | ۰/۸ | ۰/۶۱۴ | ۱۴ |
| خانم | ۰/۹ | ۰/۶۰۹ | ۱۵ |
| خانم | ۱/۵ | ۰/۴۴۲ | ۱۶ |
| خانم | ۰/۹ | ۰/۵۳۳ | ۱۷ |
| خانم | ۰/۹ | ۰/۴۱۵ | ۱۸ |
| آقا | ۱/۳ | ۰/۲۹۱ | ۱۹ |
| آقا | ۱/۰ | ۰/۴۷۱ | ۲۰ |
| خانم | ۱/۳ | ۰/۵۴۰ | ۲۱ |

**جدول۷. نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت سرب در نمونه‌های مو**

| نمونه(جنس) | ٪RSD | غلظت(میلی گرم بر گرم) | شماره نمونه |
|---|---|---|---|
| آقا | ۶/۵ | ۰/۹۸ | ۱ |
| آقا | ۱/۹ | ۰/۹۹ | ۲ |
| آقا | ۰/۹ | ۰/۲۴ | ۳ |
| آقا | ۵/۴ | ۰/۳۶ | ۴ |
| آقا | ۱۲/۴ | ۰/۲۴ | ۵ |
| خانم | ۱۲/۹ | ۰/۲۰ | ۶ |
| خانم | ۰/۱ | ۰/۲۱ | ۷ |
| خانم | ۸/۱۳ | ۰/۲۳ | ۸ |
| خانم | ۶/۹ | ۰/۲۷ | ۹ |
| آقا | ۲۶/۰ | ۰/۲۸ | ۱۰ |
| آقا | ۲/۸ | ۰/۲۳ | ۱۱ |
| آقا | ۸/۷ | ۰/۳۲ | ۱۲ |
| خانم | ۱۹/۲ | ۰/۲۷ | ۱۳ |
| خانم | ۱۹/۳ | ۰/۳۰ | ۱۴ |
| خانم | ۱۸/۸ | ۰/۲۶ | ۱۵ |
| خانم | ۳/۵ | ۰/۲۶ | ۱۶ |
| خانم | ۱۷/۶ | ۰/۳۲ | ۱۷ |
| خانم | ۱۷/۷ | ۰/۳۴ | ۱۸ |
| آقا | ۷/۷ | ۰/۳۱ | ۱۹ |
| آقا | ۱۴/۵ | ۰/۳۴ | ۲۰ |
| خانم | ۳/۷ | ۰/۲۳ | ۲۱ |

## ٤. نتیجه گیری

با توجه به موارد ذکر شده و نتایج حاصل از این پژوهش می توان نتیجه گیری کرد که تاثیر آلاینده های فلزی نظیر فلزات سنگین بر بافت های نرم بدن نظیر مو، بسیار حائز اهمیت است. همچنین برای افرادی که در معرض تشعشعات فلزات سنگین هستند می تواند به عنوان یک خطر جدی برای سلامت مورد توجه قرار گیرد. هدف از این پژوهش، اندازه گیری برخی از عناصر سنگین از یک طرف وآگاهی رسانی به افراد ساکن در حوالی معادن این گونه فلزات سنگین و نقش مخرب آنها بر روی سلامت افراد و از طرف

دیگر نحوه برخورد افراد و دور شدن از این فضای آلوده می باشد. در این تحقیق همچنین سعی شده تا وضعیت پساب خروجی کارخانه ها مورد بررسی قرار گرفته که ضرورت دارد تا به طور لازم و علمی با پساب های کارخانه ها بررسی تا کمترین آسیب به ساکنان و محیط زسیت وارد گردد.

## ۵. مراجع


[۱] ع. اسماعیلی ساری،آلاینده و بهداشت و استانداردهای محیط زیست، ( ۱۳۸۱).

[۲] م. شفیعی، اثرات آتش سوزی چاه‌های نفت کویت، (۱۳۷۳).

[۳] ف. شریعت فیض آبادی، استانداردهای کیفی آب، (۱۳۷۷ ).

[۴] ع. اسماعیلی ساری، اندازه‌گیری ترکیبات PCBs در هوای تهران، مجله منابع طبیعی ایران، ش ۴۷.

[۵] ع. اسماعیلی ساری،.اندازه‌گیری ترکیبات PAHs در هوای تهران، مجله منابع طبیعی ایران،ش ۵۰.

[۶] ع. ریاحی، تعیین حد مجاز عناصر سنگین در فراورده‌های دریایی، (۱۳۸۰).

[۷] س. غفوری، اثرات مواد آلاینده بر حیات آبزیان در رودخانه چالوس، (۱۳۷۶).

[۸] آ. واردی، بررسی و تعیین عناصر سنگین در رودخانه چالوس، انتشارات مؤسسه تحقیقات و شیلات ایران، (۱۳۷۵).

[9] Clarkson, T. W., & Merian, E. (1991). *Metals and their compounds in the environment: occurrence, analysis, and biological relevance*. VCH.

[10] World Health Organization. (2000). *Air quality guidelines for Europe*. World Health Organization. Regional Office for Europe.

[11] Pagano, G., Aliberti, F., Guida, M., Oral, R., Siciliano, A., Trifuoggi, M., & Tommasi, F. (2015). Rare earth elements in human and animal health: state of art and research priorities. *Environmental research*, *142*, 215-220.

[12] Okereafor, U., Makhatha, M., Mekuto, L., Uche-Okereafor, N., Sebola, T., & Mavumengwana, V. (2020). Toxic metal implications on agricultural soils, plants, animals, aquatic life and human health. *International journal of environmental research and public health*, *17*(7), 2204.

[13] Chanchaeva, E. A., Lapin, V. S., Kuznetsova, Y. V., Kurilenko, T. K., & Aizman, R. I. (2020). Concentrations of heavy metals in animal hair in an urban setting in the Altai Republic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, *27*(12), 11-17.

[14] Dubey, P., Thakur, V., & Chattopadhyay, M. (2020). Role of minerals and trace elements in diabetes and insulin resistance. *Nutrients*, *12*(6), 1864.

[15] Binda, G., Spanu, D., Monticelli, D., Pozzi, A., Bellasi, A., Bettinetti, R., ... & Nizzetto, L. (2021). Unfolding the interaction between microplastics and (trace) elements in water: A critical review. *Water Research*, *204*, 117637.

[16] Cannas, D., Loi, E., Serra, M., Firinu, D., Valera, P., & Zavattari, P. (2020). Relevance of essential trace elements in nutrition and drinking water for human health and autoimmune disease risk. *Nutrients*, *12*(7), 2074.

# Determination of trace elements of lead, barium, zinc, cadmium and mercury in head hair by Atomic Absorption Spectroscopy Technique

## (Case study: people residing along the Chalus river bank )

**Mohammad Bagher Pasha Zanousi**

*Department of Chemistry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran*

Submited: 13 April 2024, Revised: 04 July 2024, Accepted: 15 July 2024

**Abstract**

The proper method of measuring rare elements in the samples of human hairs using the spectrometry techniques is based on digestion by the mixture of nitric acid and oxygenized water. Many parameters such as the effect of temperature and the effect of the digestion time of the samples and amout of mixture of asid combination are involved. In this study, different samples of hairs from the people living along the chalus river bank especially from the people residing in the sountries neigh bouring the lead and barium mines from different age and sex (between 30 to 40) have been collected to measure the elements of lead, barium, zinc, cadmium and mercury in the people mentioned above and the rave elements in the hairs of 21subjects (10 male and 11 female) have been measured. Determining the concentration of the above mentioned elements has been carried out by spectrometry machines such as Atomic Absorbtion and Inductively coupledplasma. Measurement of the elements of lead and zinc has been done by the technique of flame, element of mercury by the technique of cold vapor, element cadmium by the technique of grafite furnace and the element of barium by inductively couples plasma.The detection limit for the lead is 40.38 ppm, zinc is 13 ppm, cadmium 17 ppb, mercury 27 ppb, and for barium is 0.085 ppb. Comparing the results for the above mentioned elements and the limits for clinical effects it was found that all of these element are in normal levels and the results of studying and analyzing the hair of the subjects showed that the average of lead, cadmium, mercury and barium in men is more than women and the average of the measured zinc in women is more than that in men.

***Keywords:*** *Human hair, Trace elements, Chalus river, Digestion*