



بهینه سازی روش اندازه گیری عناصر کم مقدار آرسنیک و کروم در خون و سرم انسان به وسیله طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی^(۱)

محمد امین احمدی فقیه*، فریدون افلاکی

مرکز تحقیقات هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران

چکیده: تعیین عناصر کم مقدار^(۲) در مایعات زیست‌شناختی و شناسایی بیماریها و کنترل آنها به لحاظ تشخیص سلامتی حائز اهمیت بسیار است. افزایش غلظت این عناصر در خون ناهنجاریهایی به وجود می آورد که نتیجه آن اختلال در کار آنزیمها و سوخت و ساز (متابولیسم) بدن است. دو عنصر آرسنیک و کروم در خون معمولاً با روش فعال سازی نوترونی^(۳) اندازه گیری می‌شوند. با توجه به تقاضای روزافزون مراکز متعدد درمانی و دانشگاهی برای تعیین عناصر کم مقدار، استفاده از روش طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی (الکتروترمال) مورد توجه بیشتری قرار گرفته است، زیرا این روش از سهولت و حساسیت و سرعت عمل کافی برخوردار بوده و به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. در این کار پژوهشی روشهای مختلف سازی خون و سرم به منظور اندازه گیری عناصر ستمی کم مقدار آرسنیک و کروم بررسی شده و شرایط مناسب برای اندازه گیری این عناصر به وسیله دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی تعیین گردیده‌اند.

واژه‌های کلیدی: عناصر کم مقدار، طیف سنجی جذب اتمی، کوره گرافیتی

Optimization of Trace Elements Determination (*Arsenic and Chromium*) in Blood and Serum of Human by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry

M. A. Ahmadi Faghih*, F. Aflaki

Nuclear Research Center, AEOL, P.O.Box: 11365 - 8486, Tehran - Iran

Abstract: Trace elements play an important role in the biophysiology of cells by affecting their growth and contributions to various biological processes such as wound healing. Determination of toxic trace elements in biological fluids is an important subject of interest for toxicological purposes. Increasing the concentration of these elements in the blood levels, cause serious diseases in patients. Recently instrumental analysis procedures such as atomic absorption spectrometry have been used in clinical measurements for determination of many toxic trace elements in the biological samples. In this paper we are reporting the study of various methods of blood and serum samples preparation for determining the toxic trace elements of Arsenic and Chromium. The measurement of this elements performed by using electrothermal atomic absorption spectrometry. The best and reliable results for Chromium analysis was achieved by injection of diluted serum samples, where the samples were diluted with HCl 0.1N. In Arsenic analysis, the best results obtained by extraction of blood with aqueous solution of TCA. For determining all of these elements the RSD% was less than 5%.

Keywords: trace elements, atomic absorption spectrometry, electrothermal



مورد توجه بسیاری از محققین این عناصر قرار گرفته است. هم اکنون تعداد زیادی از عناصر کم مقدار که برای زندگی انسان ضروری است بخوبی شناخته شده‌اند و بیماریهای ویژه معالجه‌شدنی متعددی در ارتباط با زیاد یا کم بودن این عناصر در بدن نیز تشخیص داده شده‌اند. در رژیم‌های غذایی جوامع بشری، در کشورها یا مناطق مختلف ممکن است پاره‌ای از عناصر به مقدار کمتر از حد نیاز و یا بیشتر از حد مجاز وجود داشته باشند، بنابراین، آگاهی از تراز این عناصر در رژیم‌های تغذیه‌ای، همچنین در مایعات زیست‌شناختی به لحاظ سلامت و بهداشت جامعه و کنترل بیماریها حائز اهمیت است. هدف اصلی از تجزیه و تحلیل عناصر کم مقدار در محیط پزشکی، آشکارسازی کمبود یا حالت سمی بودن عناصر کم مقدار در محیط زیست انسان است. مهم‌ترین و رایج‌ترین مایع زیست‌شناختی در بدن انسان، خون و سرم است که عامل مؤثری برای انباشت مواد در بدن می‌باشد. با آنکه در مقالات متعددی ترازهای هنجار و ناهنجار عناصر عرضه می‌شوند، درطیف وسیعی از بیماریها، تراز ناهنجاری عناصر در اثر عاملهای فیزیولوژیکی و محیطی، تغییر می‌کند. مراجع و منابع متعددی درباره سادگی و دقت روشهای تجزیه وجود دارد، اما در آنها به عاملهای دیگری مانند تفاوت انحرافهای زیست‌شناختی به لحاظ انحرافات دستگاهی که باعث تغییر نتایج می‌شوند، توجه کافی نشده است [۶-۴].

در این کار پژوهشی روشهای مختلف نمونه‌سازی خون و سرم (مستقیم، استخراج، هضم) به منظور اندازه‌گیری عناصر کم مقدار آرسنیک و کروم بررسی شده و شرایط مناسب دستگاهی برای اندازه‌گیری این عناصر تعیین شده است.

۲- آرسنیک (As)

آرسنیک به عنوان عنصری غیرفلزی، دارای عدد اتمی ۳۳ است که در گروه VA و در دوره چهارم جدول تناوبی جای دارد. جرم اتمی آن ۷۴/۹۲۱۶، ظرفیت‌هایش ۲، ۳، ۴، ۵+ است و فقط یک ایزوتوپ پایدار دارد. آرسنیک غیرفلز فرّاری است که بویی شبیه بوی سیر از آن استشمام می‌شود. در مجاورت یک اکسیدکننده در اسید کلریدریک حل می‌شود، با اسیدنیتریک نیز واکنش داده و حل می‌شود. آرسنیک نیمرسانا می‌باشد. بلع و تنفس آن به شدت سمی بوده و سرطانزا شناخته شده است. در

برای اندازه‌گیری عناصر کم مقدار در مواد زیست‌شناختی روشهای مختلفی وجود دارد که هر یک از آنها قابلیت‌ها و محدودیت‌هایی دارند. در اندازه‌گیریهای بالینی امروزه بیشتر از روشهای تجزیه دستگامی، از جمله طیف سنجی جذب اتمی که روش ساده و دقیقی است استفاده می‌شود [۱]. این روش تجزیه در مورد تعیین بعضی از عناصر کم مقدار در مایعات زیست‌شناختی دقت مطلوبی دارد. روشهای دستگامی که برای اندازه‌گیری آرسنیک و کروم در مایعات زیست‌شناختی به کار می‌روند عبارتند از طیف سنجی جذب اتمی شعله‌ای، طیف سنجی نشری شعله‌ای، فعال‌سازی نوترونی، طیف سنجی نشری ICP^(۱) و طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی. فعال‌سازی نوترونی با آنکه برای تعیین مقادیر کم روش مناسبی است، اما وقت‌گیر است و امکانات لازم برای اندازه‌گیری‌ها نیز به راحتی فراهم نمی‌شوند. در بین روشهای مختلف جذب اتمی، دقت روش کوره گرافیتی بیشتر است و تعداد زیادی از عناصر را که حدّ اندازه‌گیری آنها با روش شعله‌ای بالا است، با این روش می‌توان در حدّ پایین‌تر (میکروگرم در لیتر) اندازه‌گیری کرد [۲]. یکی از ویژگیهای قابل توجه این روش امکان بررسی و اندازه‌گیری عناصر در نمونه‌های میکرولیتری می‌باشد و این موضوع در تجزیه‌های بالینی بسیار مهم است، اما به سبب رفتار غیر قابل پیش‌بینی مایعات زیست‌شناختی رقیق نشده در کوره گرافیتی، همچنین به علت اختلالهایی که آلودگی نمکی در اندازه‌گیری‌ها ایجاد می‌کند، معمولاً روش مستقیم تزریق این مایعات به کار نمی‌رود. برای این نوع اندازه‌گیری‌ها، معمولاً در مقالات عرضه شده، دو روش ارائه شده است: ۱- روش مستقیم، که روی نمونه کم مقدار، بدون عملیات مقدماتی، اما در شرایط دستگاهی مناسب، اندازه‌گیری اعمال می‌شود. ۲- روش خاکسترسازی مرطوب نمونه‌ها که در آن ابتدا هضم اسیدی صورت می‌گیرد سپس نمونه به دستگاه اندازه‌گیری تزریق می‌شود. با استفاده از روش کوره گرافیتی، اندازه‌گیری عناصر در انواع نمونه‌ها توسعه بیشتری یافته و همواره در این زمینه مقالات جدیدی عرضه می‌شوند [۳].

تعداد بسیاری از عناصر کم مقدار را در حال حاضر می‌توان با دقت زیاد تعیین و اندازه‌گیری کرد. این امر در عرصه پزشکی

مهمترین آنها نیکل است. در مقالات متعددی سطح آرسنیک در خون از ۲ تا ۲۰ میکروگرم در لیتر گزارش شده است [۸].

۳- کروم (Cr)

کروم عنصر فلزی با عدد اتمی ۲۴ است که در گروه VIB و در دوره چهارم جدول تناوبی عناصر جای دارد. جرم اتمی آن ۵۱/۹۹۶، و دارای ظرفیت‌های ۲، ۳، ۶+ است و چهار ایزوتوپ پایدار دارد. در اسیدهای مختلف به جز اسید نیتریک و در قلیاهای قوی حل می‌شود. ترکیبهای شش ظرفیتی کروم بر پوست اثر سوزش‌آور داشته و بر روی آن زخمهایی تولید می‌کند. ایزوتوپ ۵۱ کروم دارای نیمه عمر ۲۶ روز است و پرتو گاما (۰/۳۲ Mev) تابش می‌کند که برای تشخیص حجم خون (به عنوان ردیاب) بکار می‌رود.

۳-۱- خاصیت زیست-شیمیایی کروم

کار اصلی کروم در بدن، کنترل سوخت و ساز (متابولیسم) گلوکز و لیپیدها است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که کروم عامل مهم و توانمندی برای فعالیت انسولین است. کاهش انسولین در بدن، یا فعال نبودن آن ممکن است در اثر کمبود کروم باشد. انسولین با عدم وجود کروم، به طور آشکار در تنظیم گلوکز مؤثر نخواهد بود. همچنین گزارش شده است کروم که ماده اصلی ظاهر شدن فعالیت انسولین در بدن می‌باشد، به مقدار زیاد در مخمر آبجو یافت می‌شود. در هر حال، در اثر وجود کروم در بدن، دوره تحمل عامل گلوکز افزایش می‌یابد، اما عملکرد زیست شیمیایی آن به طور کامل شناخته نشده است. محل اساسی جذب کروم در بدن روده می‌باشد و مقدار جذب کروم سه ظرفیتی اندک است. کروم سه ظرفیتی پس از جذب، به قسمتی از β -گلوبولین پروتئین‌های سرم به ویژه آنهایی که در ارتباط با آهن هستند، پیوند می‌خورد. و این گلوبولین‌ها به ظاهر در انتقال کروم به بافت‌های بدن نقش دارند [۸].

۳-۲- مسمومیت ناشی از کروم

کروم عنصری ضروری است که فقدان پیوسته آن خطر احتمالی بیماری دیابت را موجب می‌شود. کروم سه ظرفیتی نسبت به کروم شش ظرفیتی کمتر ایجاد مسمومیت می‌کند و

معادنی که با آرسنیک سروکار دارند احتیاط‌های ویژه‌ای باید صورت گیرد.

آب آشامیدنی، به ویژه آبهای زیرزمینی منبع اصلی آرسنیک محسوب می‌شود. مقدار اندکی آرسنیک در بسیاری از غذاها وجود دارد، و ظاهراً مقدار بسیار اندکی از آن برای سلامتی انسان لازم است و به عنوان محرک رشد عمل می‌کند [۷].

۲-۱- مسمومیت ناشی از آرسنیک

بررسی‌های متعدد نشان داده‌اند که آرسنیک در انسان سرطان‌زا است [۸]. سرطان ریه از استنشاق آرسنیک و سرطان پوست و کبد و احتمالاً سرطان ممانه و کلیه از بلعیدن آن حاصل می‌شود. شواهدی وجود دارد که سیگار کشیدن، و همزمان با آن تماس با آرسنیک محیط، در ایجاد سرطان ریه مؤثرتر است، یعنی اثر این دو با هم بیش از مجموع اثرهای جداگانه آنها خواهد بود. خطر غلظت‌های زمینه آرسنیک در محیط زیست برای سلامتی انسان شناخته شده است. اثر کشنده آن، وقتی که با دُز حاد بکار برده شود، به علت آسیب دیدن معده و روده موجب استفراغ و اسهال شدید می‌شود. ظاهراً مسمومیت As(III) بیش از As(V) است، گرچه As(V) در بدن انسان در اثر کاهشیدن به As(III) تبدیل می‌شود. اندیشه بر این است که سمی بودن بیشتر As(III) به این علت است که با اتصال به گروههای هیدروژن سولفید (S-H-) مدت بیشتری در بدن باقی می‌ماند. ترکیبات آلی آرسنیک‌دار به سبب قابلیت انحلال و دفع شدن از بدن، نسبت به ترکیبات آرسنیک‌دار معدنی کمتر سمی هستند. اخیراً ناراحتی‌های مزمن کبدی در رابطه با آرسنیک گزارش شده است. آرسنیک در مواد زیست‌شناختی بدن اساساً به لحاظ سم شناسی و ایجاد مسمومیت اندازه‌گیری می‌شود. با آنکه اندازه‌گیری آرسنیک به وسیله کوره گرافیتی سریع و مناسب به منظور تحقیقات شیمیایی و بالینی است، محققین متعددی مشکلات ناشی از تبخیر شدن آرسنیک، برهمکنش آن با کربن، مزاحمت‌های طیفی ناشی از فسفات‌ها و آلومینیوم و مزاحمت‌های ناشی از تعدادی از کاتیونها و آنیونها و اسیدها را تشریح کرده‌اند [۷].

برای کاستن ضایعات ناشی از فرار بودن آرسنیک در عمل خاکستر کردن آن، اصلاح‌کننده‌هایی پیشنهاد شده‌اند، که



۵-۱- روش هضم

با انجام دادن بررسیهای مختلف و آزمایشهای گوناگون [۱۲]، هضم نمونه خون و یا سرم به روش زیر صورت گرفت: پس از تهیه ظروف تفلونی دردار کوچک، در هر ظرف تفلونی به هر میلی لیتر خون یا سرم، یک میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (با بالاترین درصد خلوص) اضافه شد، و پس از محکم بستن در هر ظرف تفلونی، آنرا به مدت دو ساعت درون گرمخانه (آون) در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد قرار داده ایم. پس از سرد شدن نمونه‌ها، محلول‌های شفاف بدست آمده را در بالن‌های ۵ و ۱۰ میلی لیتری به حجم نهایی رسانده ایم.

۵-۲- روش استخراج با محلول TCA

برای تهیه محلول استخراج، ابتدا محلول‌های ۷ درصد TCA (تری کلرواستیک اسید) را با آب بدون یون و اسیدنیتریک ۲۰ درصد حجمی را تهیه کرده ایم. سپس محلول استخراج را از مخلوط کردن (۱:۱) این دو محلول بدست آورده ایم [۱۳].

مقدار ۵ میلی لیتر خون را در لوله آزمایش دردار ویژه ریخته و به آن ۵ میلی لیتر از محلول استخراج افزوده ایم و مدت دو دقیقه به شدت تکان داده و آن را حدود یک ساعت ثابت نگه داشته ایم تا عمل استخراج کامل شود. سپس لوله را در دستگاه سانتریفوژ ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت چند دقیقه قرار داده و در آخر محلول شفاف فوقانی را جدا کرده و برای اندازه گیری‌های لازم بکار برده ایم.

۵-۳- روش مستقیم

این روش برای اندازه گیری عناصر کم مقدار از سرم خون بکار می‌رود [۱۴]. برای این منظور، نمونه‌های سرم را با محلول ۰/۱ نرمال اسید کلریدریک به حجمهای مختلف رسانده و برای اندازه گیری عنصر مورد نظر از آنها استفاده کرده ایم.

۶- اصلاح کننده های شیمیایی

اصلاح کننده‌ها به روشهای مختلف در بسیاری از اندازه گیری‌های طیف سنجی جذب اتمی با کوره گرافیتی بکار می‌روند. این اصلاح کننده‌ها توان نگهداری عنصر مورد نظر را در دمای بالا، تقلیل جذب زمینه و همچنین کاهش مزاحمت‌های

محدوده عملکرد آن برای حفظ سلامتی در مقابل مسمومیتش وسیع است. روش عملکرد کروم در بدن مشخص نیست، هر چند خروج آن از بدن توسط ادرار مهم به نظر می‌رسد. عوارض حاصل از کروماتها، زخمهای ویژه (اولسر)^(۵) است که روی پوست ظاهر می‌شود و آنرا از سالها پیش می‌شناخته اند؛ صنعت آبکاری با کروم صنعت نسبتاً تازه‌ای است و عوارض حاصل از آن، زخم و یا سوراخ شدن جدار بینی^(۶) است که در اثر ذرات اسید کرومیک و بخار آن حاصل می‌شود. مسمومیت دیگری که در اثر کروم و کروماتها ایجاد می‌شود سرطان ریه است، اما تعداد موارد آن چندان زیاد نیست. با آن که سطح کروم در ادرار به طور وسیعی مطالعه شده است، درباره میزان کروم موجود در خون و سرم اطلاعات اندک است. زیرا در اندازه گیری غلظتهای کم کروم در خون و احتمال آلودگی کروم خون در طی جمع آوری و تهیه نمونه‌های مناسب برای تزریق، مشکلات تجزیه و تحلیلی وجود دارد [۹]. برای اندازه گیری کروم در این سطح کم باید روش بسیار حساسی بکار رود و در تهیه نمونه‌ها بیشتر دقت شود. حد هنجار کروم در سرم خون در منابع مختلف، کمتر از ۵ میکروگرم در لیتر گزارش شده است [۱۰ و ۱۱].

۴- مواد شیمیایی و دستگاهها

اسید نیتریک و اسید کلریدریک غلیظ، اسید تری کلرواستیک، نترات نیکل و نترات پالادیوم، محلول‌های استاندارد آرسنیک و کروم، همه با بالاترین درجه خلوص از شرکت مرک تهیه شده‌اند و آب مقطر بدون یون که به وسیله دستگاه Milli-Q (Milli pore Co.) تهیه شده بود بکار رفت. برای اندازه گیری‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل Spectra AA 220 مجهز به کوره گرافیتی استفاده شد.

۵- روشهای مختلف نمونه سازی

با توجه به نوع عنصری که اندازه گیری کرده ایم و به منظور بهینه‌سازی شرایط کار با دستگاهها، آزمایشهای متعددی با سه روش زیر انجام گرفت تا بهترین شرایط و مناسبترین جواب بدست آید:

- الف- مرحله خشک کردن نمونه شامل خارج ساختن حلال از محلول
- ب- در مورد مواد آلی و معدنی، عمل خاکستر کردن صورت گرفته است.
- ج- اتمی کردن نمونه و ایجاد اتمهای آزاد و قرار دادن در مسیر نور

در برنامه‌ریزی دمایی جدول ۱، دمای خاکستر کردن (۱۴۰۰ درجه سانتیگراد) و دمای اتمی کردن و اندازه‌گیری (۲۶۰۰ درجه سانتیگراد) در مورد تعیین آرسنیک در نمونه‌ها، نتایج بهتری نشان دادند. همچنین برای حذف مزاحمت‌های زمینه‌ای، از لامپ دوتریوم استفاده شد و تمام اندازه‌گیری‌ها در طول موج ۱۹۳/۷ نانومتر صورت گرفت.

در تعیین مقدار کروم، با هر سه روش آماده‌سازی نمونه، نتایج قابل قبولی به دست آمد. اما در مورد سرم خون با توجه به ساده‌بودن روش آماده‌سازی نمونه به طریق مستقیم، این روش برای تعیین نتایج برگزیده شد. در روش مستقیم اندازه‌گیری کروم در سرم خون بکارگیری اصلاح کننده اسید نیتریک، پاسخهای بسیار تکرار پذیر ($RSD < 2\%$) نشان داد.

در برنامه‌ریزی دمایی برای اندازه‌گیری کروم (جدول ۲)، دمای خاکستر کردن ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد و پاسخهای مناسبی با تکرارپذیری بهتر بدست آمد. تمام اندازه‌گیری‌ها در طول موج ۳۵۷/۹ نانومتر بدون استفاده از لامپ دوتریوم به انجام رسید.

شیمیایی را دارند. در نمونه‌های سخت، که باید عناصر فرّار در آنها اندازه‌گیری شوند، از اصلاح کننده‌های شیمیایی زیاد استفاده می‌شود. برای تثبیت آرسنیک در دماهای بالا، از اصلاح کننده نیکل، که یکی از اصلاح کننده‌های مهم است [۱۵]، استفاده کرده‌ایم.

همچنین در اندازه‌گیری کروم، به منظور تکرارپذیری و بهبود عمل [۱۴]، از اصلاح کننده اسید نیتریک استفاده شد.

۷- بحث و بررسی نتایج

برای تعیین آرسنیک، هر سه روش نمونه‌سازی پیش گفته مورد آزمایش قرار گرفت و تجزیه و تحلیل‌های متعددی انجام شد. تنها هنگامیکه اصلاح کننده‌های پالادیوم و نیکل بکار می‌رفت مقدار جذب آرسنیک بیشتر می‌شد. از سه روش پیش گفته، تنها روش استخراج با محلول TCA منجر به نتایج تکرارپذیر ($RSD < 5\%$)^(۳) شد؛ اما به سبب غلظت کمتر این عنصر در سرم خون (روش مستقیم) و مزاحمت‌های موجود در سرم، اندازه‌گیری‌های تکرارپذیری صورت نگرفت ($RSD > 10\%$). در روش هضم نیز به علت فرّاریت آرسنیک و مزاحمت‌های مختلف حاصل از هضم، پاسخهایی با تکرارپذیری بسیار کمتر بدست آمد ($RSD > 15\%$).

فرایند اتمی شدن عنصر در کوره گرافیتی، شامل سه مرحله اساسی در برنامه‌ریزی دمایی است که برای هر عنصر متفاوت بوده و به دست آوردن شرایط بهینه برای اندازه‌گیری عناصر در نمونه‌های مختلف، از موارد مهم این روش است. این سه مرحله عبارتند از:

جدول ۱- برنامه‌ریزی دمایی مربوط به اندازه‌گیری آرسنیک به وسیله دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
دما ($^{\circ}C$)	۸۵	۹۵	۱۲۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۶۰۰	۲۶۰۰
زمان (s)	۵/۰	۴۰/۰	۱۰/۰	۵/۰	۱۰/۰	۲/۰	۰/۶	۲/۰	۲/۰
جریان گاز (A) (l/min)	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۰/۰	۰/۰	۳/۰

جدول ۲- برنامه‌ریزی دمایی مربوط به اندازه‌گیری کروم به وسیله دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
دما ($^{\circ}C$)	۸۵	۹۵	۱۲۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۲۶۰۰	۲۶۰۰	۲۶۰۰
زمان (s)	۵/۰	۴۰/۰	۱۰/۰	۵/۰	۱۰/۰	۲/۰	۱/۲	۲/۰	۲/۰
جریان گاز (A) (l/min)	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۰/۰	۰/۰	۳/۰



است و تأثیر زیادی در مقدار خطاهای نسبی بدست آمده دارد [۸].

انتخاب نمونه‌های تعیین مقدار شده از افرادی بود که برای بررسی علل بیماری خود به این مرکز مراجعه کرده‌اند و نتایج حاصل در مورد ۱۰ بیمار مراجعه کننده نشان داد که میزان کروم موجود در سرم آنها خارج از حد نرمال است و برای معالجه به پزشکان مربوط احاله شد. نتایج این تحقیق لزوم کنترل سطح عناصر سمی کم مقدار موجود در مایعات زیست‌شناختی را در افراد مختلف نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری آرسنیک روی ۷۴ نمونه سرم خون از افراد مختلف در محدوده غلظتهای ۰/۲ تا ۱۵/۸۱ میکروگرم در لیتر صورت گرفت. اندازه‌گیری کروم نیز روی ۵۸ نمونه سرم خون در محدوده غلظتهای ۰/۱ تا ۱۶/۲۳ میکروگرم در لیتر انجام شد (جدول ۳).

حد بهنجار (نرمال) عناصر آرسنیک و کروم که در جدول ۳ عرضه شده توسط محققینی بدست آمده است که کار اندازه‌گیری را با روشهای مختلف در خون و سرم انجام داده‌اند. بررسی نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی نمونه یکی از مراحل مهم تجزیه کمی عناصر کم مقدار در مایعات زیست‌شناختی

جدول ۳- خلاصه نتایج تجزیه‌ای حاصل از اندازه‌گیری عناصر کم مقدار آرسنیک و کروم

عنصر	As	Cr
تعداد نمونه	۷۴	۵۸
نوع نمونه	خون	سرم
روش نمونه سازی	استخراج	مستقیم
حد نرمال اعلام شده در منابع (ppb)	۲-۲۰	<۵
محدوده غلظتهای بدست آمده (ppb)	۰/۲-۱۵/۸۱	۰/۱-۱۶/۲۳
تعداد نمونه‌هایی که در حد نرمال قرار دارند	۷۴	۴۸
تعداد نمونه‌های خارج از حد نرمال	-	۱۰
RSD%	<۵	<۲

پی‌نوشت‌ها:

۱ - electrothermal atomic absorption spectrometry

۲ - trace elements

۳ - neutron activation analysis

۴ - Inductively Coupled Plasma : کوتاه شده:

۵ - ulcer

۶ - nasal septa

۷ - Relative Standard Deviation

References:

1. E. Sievers, T. Arpe, U. Schleyerbach, D. Garbe- Schonberg and J. Schaub, "Plasma selenium in preterm and term infants during the first 12 months of life," *J.Trace Elements Med. Bio.* **14**. pp. 218-222 (2001).
2. C. D. Thomson, M. A. Packer, J. A. Butler, A. J. Duffield, K. L. Odonaghue, P. D. Whanger, "Urinary selenium and iodine during pregnancy and lactation," *J. Trace Elements Med. Bio.* **14**. pp. 210-217 (2001).
3. E. Rothery, "Analytical methods for graphite tube atomizers," Varian Australia Pty Ltd Mulgrave, Victoria, Australia Publication No. 85-100848-00 September (1988).
4. I. Al-Saleh, "Selenium status in Saudi Arabic," *J. Trace Elements Med. Bio.* **14**, pp. 154-160 (2000).
5. W. Leinfelder, K. Forchhammer, F. Zinoni, "Escherichia Coli Genes Whose Products are Involved in Selenium Metabolism," *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, **14**, 227-240 (2001).
6. R. Van Cauwenberg, H. Robberecht and H. Deelstra, "Selenium concentration levels in whole blood of Belgian blood bank donors, as determined by direct graphite furnace atomic absorption spectrometry," *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.* **4**, pp. 215-224 (1990).
7. Y. Pegon, "Direct determination of arsenic in blood serum by electrothermal atomic absorption spectrometry," *Analytical Chemica Acta*, **172**, pp. 147-156 (1985).
8. Seth Schonwald, Matthew J. Ellenhorn, "Medical Toxicology," Lippincott Williams and Wilkins LTD (1999).
9. Minoia C. et al. "Trace element reference values tissues from inhabitants of the European communit," *Sci. Total Envir.* **95**, 89 (1990).
10. Carl A. Burtis, Edward R. Ashwood, "Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry," 4th ed W. B. Saunders Company (1996).
11. Versieck J. and Cornielis R. "Normal levels of trace elements in human blood plasma or serum," *Anal. Chem. Acta* **116**, 217. (1980).
12. John Edward Cattle, "Atomic Absorption Spectrometry," Isevier Scientific Publishing Company INC. (1982).
13. Olle Nygren, Carel - Axel Nilsson, "Determination of lead in blood using flow injection and a Nebuliser interface for flame atomic absorption spectrometry," *J. Analyst*, **113**, pp. 591-594 (1988).
14. Jon C. Van Loon, "Analytical atomic absorption spectroscopy," Academic Press, INC. (1980).
15. Kenneth W. Jackson, "Electrothermal atomization for analytical atomic absorption spectroscopy," John Wiley and Sons LTD (1999).