J. of Nuclear Sci. and Tech.
No. 40, pp. 53-58, 2007

مجله علوم و فنون هسته‌ای
شماره ۴۰، صفحات ۵۸-۵۳، ۱۳۸۶

Sci. and Tech. note
یادداشت علمی و فنی

بهینه‌سازی روش اندازه‌گیری عنصر کم مقدار مولیبدن در ناخن انسان بوسیله طیف‌سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی

محمدامین احمدی فقیه*، لیلا فرزین، محمداسماعیل موسسی
پژوهشکده علوم هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی:۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران- ایران

چکیده: امروزه در دانش پزشکی تعیین عناصر کم مقدار مانند مولیبدن در نمونه‌های زیستی، به لحاظ نقش ضروری که در واکنشهای بدن دارند حائز اهمیت بسیار است. مولیبدن در ساختار آنزیمهای فلزی زانتین دی هیدروژناز، آلدئید اکسیداز و سولفیت اکسیداز در بدن موجودات زنده موجود می‌باشد. این آنزیمها در سوخت و ساز ترکیبات حاصل از نیتروژن، کربن و گوگرد نقش مهمی دارند. مولیبدن معمولا به مقادیر اندک در نمونه‌های زیستی به روش فعال سازی نوترونی اندازه‌گیری می‌شود. ولی با توجه به تقاضای روز افزون مراکز درمانی و دانشگاهی، برای تعیین عناصر کم مقدار، همچنین گران بودن این روش و عدم دسترسی آسان به آن، کاربرد روش طیف‌سنجی جذب اتمی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. شهرت عمومی این روش را می‌توان به کاربرد ساده و آسان آن در روشهای مختلف مربوط ساخت. بعلاوه حساسیت زیاد روش طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی در مقایسه با روشهای دیگر جذب و نشر اتمی در بسیاری از زمینه ها به ویژه در پزشکی مهم می‌باشد. در این کار پژوهشی روش مناسب نمونه‌سازی ناخن به منظور اندازه‌گیری مولیبدن بررسی شد و شرایط بهینه برای اندازه‌گیری این عنصر با دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی تعیین گردید. پس از بهینه کردن شرایط، غلظت مولیبدن در انواع نمونه‌های ناخن ارسال شده از مناطق مختلف در محدوده ۰/۱۱ تا ۵/۱۰ میکروگرم بر گرم بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: *طیف‌سنجی جذب اتمی، کوره گرافیتی، عناصر کم مقدار، مولیبدن، ناخن*

Optimization of Trace Molybdenum Content Determination in Human Nails by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry

M.A. Ahmadi Faghih*, L. Farzin, M.E. Moassesi
Nuclear Science Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O. Box: 11365-3486, Tehran - Iran

Abstract: The accurate determination of molybdenum (Mo) in biological materials is of considerable importance in medical science because of the essential role played by this element in human metabolism. Molybdenum is a component of enzymes responsible for the initial stages of nitrogen, carbon and sulfur metabolism of plants, animals and humans. This element is usually determined by neutron activation analysis (NAA) in variety of samples, but direct measurement of low levels of molybdenum in biological samples by NAA is difficult. Recently instrumental analysis procedures such as atomic absorption spectrometry (AAS) have been used in clinical measurements for determination of many trace elements in the biological samples. These techniques are much simpler and cheaper than NAA. In this paper we are reporting a method of sample preparation for determining molybdenum by using graphite furnace atomic absorption spectrometry (GF-AAS). This method is the most readily available technique for determination of molybdenum at the ng/g level in biological samples. It can be used for the routine hospital laboratory determination of molybdenum and has appropriate sensitivity and simplicity. The best and reliable results for molybdenum analysis was achieved by digestion of nails in HNO_3 2N and was determined in the range from 0.11 to 5.10 µg/g.

Keywords: *Atomic Absorption Spectrometry, Graphite Furnace, Trace Elements, Molybdenum, Nails*

*email: mahmadi@aeoi.org.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۱۰/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۹/۹

۱- مقدمه

مولیبدن عنصری است فلزی با جرم اتمی ۹۵/۹۴، عدد اتمی ۴۲ و ظرفیتهای ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ که در گروه VIB و دوره پنجم جدول تناوبی جای دارد. از یازده ایزوتوپ شناخته شده برای این عنصر، هفت ایزوتوپ آن پایدار می‌باشند. این عنصر به صورت فلز خاکستری رنگ یا گرد سیاه است که بطور آزاد در طبیعت یافت نمی‌شود. مولیبدن در اسید هیدروکلریدریک، هیدروکسید سدیوم، آب، آمونیاک، اسیدسولفوریک رقیق نامحلول است. با اسید سولفوریک گرم و غلیظ یا اسید نیتریک گرم و اسید کلریدریک جوشان واکنش می‌دهد و اندکی سمّی است.

غلظت مولیبدن در نمونه‌های زیستی از جمله ناخن بسیار پایین است، بعلاوه بسیاری از عناصر دراندازه‌گیری مولیبدن مزاحمت ایجاد می‌کنند. از طرفی اندازه‌گیری این عنصر در مواد زیست‌شناختی با توجه به نقش حیاتی آن در بدن موجودات زنده به ویژه در گیاهان، بسیار ضروری می‌باشد. بنابراین برای چنین اندازه‌گیری روشهای مختلفی وجود دارد که هر یک از آنها قابلیت‌ها و محدودیت‌هایی دارد. در اندازه‌گیریهای بالینی، امروزه بیشتر از روشهای تجزیه دستگاهی، ازجمله طیف‌سنجی جذب اتمی که روش ساده و دقیقی است استفاده می‌شود[۱]. این روش تجزیه در مورد تعیین بعضی از عناصر کم مقدار[۱] در نمونه‌های زیستی دقت مطلوبی دارد. روشهای تجزیه که برای اندازه‌گیری مولیبدن در مواد زیست‌شناختی در حد نانوگرم بر گرم بکار می‌روند عبارتند از پلاسمای جفت شده القایی (ICP)[۲]، فعال‌سازی نوترونی(NAA)[۳] [۲ و ۳] و طیف‌سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی(GF-AAS)[۴]. اخیراً نیز یک روش جدید فعال سازی نوترونی با استفاده از نوترونهای اپی‌ترمال[۵] برای تعیین مقادیر بسیار کم مولیبدن گزارش شده است[۴]. فعال سازی نوترونی با آنکه برای تعیین مقادیرکم روش مناسبی است، اما وقت گیر بوده و امکانات لازم برای اندازه‌گیری‌ها نیز به راحتی فراهم نمی‌شوند. لزوم استفاده از صافی‌های نوترون، همچنین سرعت پایین جریان نوترون همراه با هزینه بالای این روش، استفاده از این روش را به ویژه در کارهای روزمره محدود کرده است[۵]؛ در صورتی که با روش جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی می‌توان غلظتهای بسیار پایین در حد نانوگرم در گرم را در مدتی کمتر و با امکانات ساده‌تر اندازه‌گیری کرد.

ماهیت مکمل بودن توانایهای NAA با AAS برای تجزیه عنصری از ویژگیهای بارز این روش‌ها است. فعال‌سازی نوترونی یک تکنیک مرجع عالی برای تایید غلظت‌های بسیار کم عناصر اندازه‌گیری شده با روش‌های دیگر است ولی برای کارهای روزمره کارایی چندانی ندارد.

کاربرد کوره گرافیتی برای تولید اتم‌های آزاد در طیف‌سنجی جذب اتمی اولین بار توسط لوو در سال ۱۹۵۹ عرضه شد [۶]. یکی از ویژگیهای قابل توجه این روش امکان بررسی و اندازه‌گیری مستقیم عناصر در نمونه‌های جامد است. یادآوری می‌شود که برای نمونه‌های جامد مراحل پیش عمل حرارتی و اتمی شدن، مشابه با نمونه‌های مایع است. نمونه‌گذاری مستقل جامدات مزایای متعددی دارد. حذف مرحله نمونه‌سازی می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مدت عمل و سادگی کل روش تجزیه‌ای گردد. در مورد نمونه‌های جامد، از حساسیت جذب اتمی به طور کامل استفاده می‌شود، زیرا عنصر مورد اندازه‌گیری[۶] رقیق نمی‌شود و به مراحل اضافی جداسازی و غنی‌سازی نیازی نیست. در تجزیه عناصر کم مقدار، هر مرحله کار روی نمونه‌ها، معرفهای شیمیایی و وسایل آزمایشگاهی ممکن است باعث ایجاد یک منبع آلودگی و هدر رفتن عنصر مورد اندازه‌گیری شود. بنابراین اندازه‌گیری مستقیم جامدات کمترین مقدار خطاهای سیستماتیک را خواهد داشت. با این حال نمونه‌گذاری مستقل جامدات به دلیل عدم همگنی نمونه و مشکل معیار بندی، متداول نمی‌باشد زیرا نمونه‌های جامد را همیشه نمی‌توان با محلولهای مرجع مایع سنجید.

در روش خاکسترسازی مرطوب، ابتدا نمونه‌ها با اسید مخلوط سپس به دستگاه اندازه‌گیری تزریق می‌شوند. با استفاده از روش کوره گرافیتی، اندازه‌گیری عناصر در انواع نمونه‌ها توسعه بیشتری یافته و همواره در این زمینه مقالات جدیدی عرضه می‌شوند.

در حال حاضرتعداد بسیاری از عناصر کم مقدار که برای زندگی انسان ضروری هستند به خوبی شناخته شده‌اند و بیماریهای متعددی در ارتباط با زیاد یا کم بودن این عناصر در بدن نیز قابل تشخیص می‌باشند. بنابراین آگاهی از مقادیر لازم این عناصر در رژیمهای تغذیه‌ای، همچنین در بافتها و مایعات بدن به لحاظ سلامت و بهداشت جامعه و کنترل بیماریها حائز اهمیت بسیار است. در این کار پژوهشی نمونه‌سازی ناخن به منظور

اندازه‌گیری عنصر کم مقدار مولیبدن بررسی شده و شرایط مناسب دستگاهی برای اندازه‌گیری این عنصر تعیین شده است.

۲- خاصیت زیست - شیمیایی مولیبدن

دراوایل سال ۱۹۵۳ مولیبدن به عنوان یک عنصر لازم برای بدن موجودات زنده شناخته شد[۷]. این عنصر در ساختار سه آنزیم فلزدار زانتین دی هیدروژناز[۷]، آلدئید اکسیداز[۸] و سولفیت اکسیداز[۹] وجود دارد[۸]. زانتین اکسیداز، نقش تخریب پورین‌ها[۱۰] به اوریک اسید را بر عهده دارد. آلدئید اکسیداز و سولفیت اکسیداز به ترتیب، اکسیداسیون آلدئیدها و آمینواسیدهای شامل گوگرد را تسریع می‌کنند. بطور کلی مولیبدن به عنوان جزئی از آنزیمهایی که در مراحل ابتدایی سوخت و ساخت ترکیبات شامل نیتروژن، کربن و گوگرد شرکت دارند، نقش مهمی در تندرستی موجودات زنده بازی می‌کند. دریافت مولیبدن در بدن انسان تقریبا بالاست و در حدود ۲۵ تا ۸۰ درصد آن جذب بدن می‌شود. بیشتر جذب مولیبدن در معده و کمی هم در روده رخ می‌دهد. مس و سولفات‌های موجود در رژیم غذایی باعث کاهش در مقدار جذب مولیبدن می‌شوند. بالاترین مقدار مولیبدن در کبد (۰/۵۷ میکروگرم بر گرم)[۹] و کمترین مقدار آن در شیر انسان (۵ تا ۲۵ نانو گرم بر گرم)[۱۰] گزارش شده است. همچنین مولیبدن نقش مهمی در بند آمدن خون و جلوگیری از فساد دندانها بر عهده دارد[۵].

۳- اثرهای ناشی از کمبود مولیبدن در بدن

علیرغم عدم سمیت نسبی مولیبدن برای انسان در غلظتهای بالا، کمبود این عنصر در رژیم غذایی، مشکلات زیادی را برای سلامتی ایجاد می‌نماید. رژیم‌های غذایی با مقدارکم مولیبدن (۲۰ نانو گرم بر گرم) بر رشد تاثیر منفی می‌گذارند. این کمبود ممکن است باعث اختلالات عصبی، عقب ماندگی ذهنی در کودکان، سرطان و نقص در فعالیت آنزیمهای زانتین دی هیدروژناز و سولفیت اکسیداز و حتی مرگ زودرس شود. بعلاوه پیشرفت اختلالات عصبی در بیماران ممکن است منجر به حالت اغماء گردد.کودکانی که دارای نقص ذاتی در آنزیمهای شامل مولیبدن هستند ازعدم کنترل ادرار، اختلالات ذهنی و انحراف چشم به سمت چپ رنج می‌برند. در ضمن کمبود شدید مولیبدن در بدن باعث بیماری به نام کرن[۱۱] می‌شود که این بیماری با سندرمی که نشانه‌های آن سردرد، حالت تهوع، شب‌کوری و تیره و تار شدن میدان دید که در نهایت منجر به حالت اغماء می‌گردد، مشخص می‌شود[۱۱]. استفاده از افزودنیهای خوراکی نظیر مولیبدات آمونیوم وضعیت کلینیکی بیماران را بهبود داده و باعث نرمال شدن مقدار اسید اوریک خون می‌شود.

۴- روش کار

۴-۱ مواد شیمیایی و دستگاهها

اسید نیتریک، اسید بوریک، پراکسید هیدروژن، نیترات نیکل، نیترات استرانسیوم و محلولهای استاندارد مولیبدن که همه با بالاترین درجه خلوص ازشرکت مرک (Merck) تهیه شده‌اند،آب مقطر بدون یون که بوسیله دستگاه Mili-Q (Mili pore Co.) تهیه شده بود بکار رفت. برای اندازه‌گیری از دستگاه جذب اتمی مدل Spectra AA 220 مجهز به کوره گرافیتی مدل GTA-110 ساخت شرکت واریان(Varian) که به طور جانبی بوسیله دو الکترود گرم می‌شود استفاده شد.

۴-۲ آماده سازی نمونه

برای اندازه‌گیری عنصرکم مقدار مولیبدن در نمونه ناخن انسان از روش هضم مرطوب استفاده شد. هضم مرطوب متداولترین روش برای انحلال نمونه‌های جامد است و استفاده از اسیدهای معدنی یا مخلوطی از اسیدهای معدنی را در بر می‌گیرد. هضم اسیدی معمولا در ظروف شیشه‌ای یا تفلونی انجام می‌شود (تفلون کمتر درمعرض آلودگی قرارمی‌گیرد). ازآلودگی باید جلوگیری شود و اسیدهای بکار رفته باید حداقل از نوع درجه تجزیه‌ای[۱۲] یا فوق العاده خالص[۱۳] باشند. بدین منظور ابتدا پس از توزین نمونه‌ها (حدود ۰/۱ گرم از هر نمونه)، به هر یک مقدار ۲۰ میلی لیتر اسیدنیتریک ۲ مولار اضافه شد. از اسیدنیتریک برای اکسید کردن مواد آلی و فلزات مقاوم در مقابل سایر اسیدها استفاده می‌شود. سپس بشرهای حاوی اسید و نمونه حرارت داده می‌شوند (حرارت باید ملایم باشد). حرارت دادن را باید تا جایی ادامه داد که نمونه‌های ناخن در اسید نیتریک هضم شوند (حدود ۲ ساعت). در این مرحله به منظور کاستن زمان حرارت دهی و سرعت دادن به روند هضم اسیدی می‌توان از پراکسید هیدروژن به عنوان هضم کننده کمکی استفاده کرد. پس از سرد شدن، محلولهای نمونه در بالن‌های ۵ میلی لیتری با آب مقطر به حجم

نهایی رسانده شد (به علت غلظت کم مولیبدن در ناخن، نمونه‌ها نباید زیاد رقیق شوند). به منظور جدا کردن کربنهای هضم نشده، همه نمونه‌ها صاف شدند تا محلولهای شفافی بدست آید. باید توجه داشت که عدم تصفیه نمونه‌ها منجر به تزریق نامناسب و عدم تکرارپذیری می شود.

۴-۳ اصلاح کننده‌های شیمیایی

اصلاح کننده‌ها به روشهای مختلف در بسیاری از اندازه‌گیریهای طیف‌سنجی جذب اتمی با کوره گرافیتی بکار می‌روند. این اصلاح کننده‌ها توان نگهداری عنصر مورد نظر در دمای بالا، تقلیل جذب زمینه و کاستن مزاحمتهای شیمیایی را دارند.

در اندازه‌گیری مولیبدن، یونهای وانادیوم (+۵)، مس(+۲) وآهن(+۳) مزاحمتهای جدی اعمال می کنند؛ برای حذف مزاحمتهای ناشی از این یونها، می‌توان آنها را پوشاند[۱۲]. بدین منظور در این کار پژوهشی از نیترات نیکل ۰/۰۰۴ مولار، نیترات‌استرانسیوم ۰/۰۰۴ مولار و اسید بوریک ۰/۰۱ مولار به صورت جداگانه و مخلوط استفاده شده است.

۵-بحث و نتیجه‌گیری

به منظور تعیین مقدار مولیبدن در ناخن انسان، روش نمونه‌سازی ذکر شده مورد آزمایش قرار گرفت و تجزیه و تحلیل‌های متعددی انجام گرفت. پس از تهیه محلولهای نمونه و استاندارد، همچنین اسید نیتریک ۲ نرمال به عنوان محلول شاهد (به دلیل پایین بودن غلظت مولیبدن در نمونه‌های ناخن استفاده از محلول شاهد ضروری است) شرایط دستگاه برای اندازه‌گیری جذب محلولها بهینه گردید.

باید توجه شود که استفاده از اسید نیتریک غلیظ زمان هضم را کاهش می‌دهد ولی باعث مزاحمت در کوره گرافیتی می‌شود. فرچ و همکارانش روند اتمی شدن در سیستمهای پیچیده را مطالعه کردند[۶]. این مطالعات نشان داد که نیتروژن تولید شده از اثرهای اسید نیتریک در کوره باقی می‌ماند. بعلاوه، نیتروژن در جریان اتمی شدن ایجاد مزاحمت می‌نماید و این بدان معناست که هضم نمونه‌های ناخن حتی الامکان باید در اسید نیتریک رقیق انجام شود. یک مشکل بزرگ در تعیین مولیبدن بوسیله روش جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی تشکیل کاربید است. تشکیل کاربید بر سطح لوله، اثر حافظه را افزایش داده و باعث کاهش حساسیت می‌شود. همچنین کربنهای بجا مانده از نمونه‌های زیستی هم این اثر را افزایش می‌دهند.

فرایند اتمی شدن عنصر در کوره گرافیتی شامل سه مرحله اساسی در برنامه ریزی دمایی است که برای هر عنصر متفاوت بوده و به دست آوردن شرایط بهینه برای اندازه‌گیری عناصر درنمونه‌های مختلف، از موارد مهم این روش است. این سه مرحله عبارتند از خشک کردن ، خاکسترسازی، اتمی‌کردن؛ [۱۳].

برای تعیین مولیبدن در نمونه‌های ناخن، مراحل خاکسترسازی و اتمی شدن به ترتیب در محدوده‌های دمایی ۹۰۰ تا ۲۸۰۰ درجه‌سانتی‌گراد صورت گرفت. پس از بررسیهای انجام شده بر روی میزان جذب و تکرارپذیری نسبت به دما، مناسبترین دمای خاکسترسازی ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای اتمی کردن و اندازه‌گیری ۲۷۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. در این دماها دستگاه بالاترین مقدار جذب و بیشترین تکرارپذیری را نشان داد. جدول۱ برنامه ریزی دمایی مربوط به اندازه‌گیری مولیبدن بوسیله دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی را نشان می‌دهد. در ضمن تمام اندازه‌گیریها در طول موج ۳۱۳/۳ نانومتر و بدون استفاده از لامپ دوتریوم انجام شد.

پس از بهینه کردن شرایط دستگاهی با توجه به آنچه که در قسمت ۴-۳ گفته شد به منظور بالا بردن مقدار جذب و تکرارپذیری مناسب، از چندین اصلاح کننده شیمیایی استفاده شد. استفاده از نیترات استرانسیوم ۰/۰۰۴ مولار در مقایسه با

جدول ۱- برنامه ریزی دمایی مربوط به اندازه گیری مولیبدن بوسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی.

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
دما(°C)	۸۵	۹۵	۱۲۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰
زمان(s)	۵/۰	۴۰/۰	۱۰/۰	۵/۰	۱/۰	۲/۰	۱/۳	۲/۰
جریان گاز Ar (L/min)	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰

نیترات نیکل ۰/۰۰۴ مولار و اسید بوریک ۰/۰۱ مولار، همچنین مخلوطی از این سه اصلاح کننده نتایج بهتری را نشان داد.

برای بدست آوردن حداکثر مقدار جذب و بهترین تکرارپذیری در تمام اندازه‌گیریها سطح زیر پیکها[۱۴] به دلیل پهن بودن آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از اندازه‌گیری سطح زیر پیکها می‌توان بسیاری از اثرهای بافت زمینه را اصلاح کرد. جدول۲ مقایسه بین نتایج بدست آمده را در دو حالت محاسبه سطح زیر پیکها و ارتفاع پیکها[۱۵] نشان می‌دهد.

نمونه‌های ناخن تعیین مقدار شده که در محدوده سنی۱۲ تا ۶۵ سال به این مرکز ارسال شده بود به سه گروه A (بیماران مبتلا به سرطان)، B (یکی از افراد خانواده این بیماران که با آنها هم غذا بوده‌اند) و C (افراد سالم مقیم تهران) متعلق بوده‌اند؛ نتایج حاصل (جدول ۳) نشان داد که میانگین مولیبدن موجود در نمونه‌های ناخن افراد سالم گروه C بیشتر و این میانگین در بیماران گروه A نسبت به بقیه کمتر بوده است. در ضمن میانگین مقدار مولیبدن در بیماران این گروه از حد طبیعی نیز پایینتر می‌باشد. نتایج این تحقیق که برای اولین بار در کشور انجام می‌گیرد، ارتباط بین این بیماری با کاهش غلظت مولیبدن در ناخن و نیز ارتباط بین نوع رژیم تغذیه‌ای و مقدار مولیبدن را نشان می‌دهد. این نتایج اهمیت کنترل بیشتر عناصر کم مقدار و استفاده از مکمل‌های غذایی در مناطقی از کشور را که کمبود این عنصر وجود دارد تأیید می‌کند. در ضمن از مقایسه بین میانگین مقدار مولیبدن افراد گروه C (۱/۱۰ppm) با نتایج گزارش شده از کشور کره (۱/۹۰ppm) [۱۴] چنین بر می‌آید که غلظت این عنصر کم مقدار در افراد جامعه ما نسبت به این کشور پایینتر می‌باشد. بنابراین با توجه به نقش مهمی که مولیبدن در سلامتی و تندرستی انسان دارد، همچنین اثرهای ناشی از کمبود مولیبدن در بدن، توجه به رژیم غذایی مناسب و کنترل این عنصر حیاتی کم مقدار در بدن توصیه می‌گردد.

جدول۲- مقایسه بین نتایج بدست آمده در دو حالت محاسبه سطح زیر پیکها (۱) و ارتفاع پیکها (۲) در ۲۰ نمونه ناخن انسان.

کمیتهای مورد اندازه گیری	حالت (۱)	حالت (۲)
میانگین مقدار غلظت مولیبدن	۰/ ۵۴	۰/ ۲۹
RSD%	<۱۰	<۳۰

جدول۳- خلاصه نتایج تجزیه ای حاصل از اندازه گیری عنصر کم مقدار مولیبدن.

تعداد کل نمونه ها	۷۵
تعداد نمونه ها در هر گروه (C,B,A)	۲۵
نوع نمونه	ناخن
روش نمونه سازی	هضم اسیدی
حجم نمونه تزریق شده	۱۰ میکرولیتر
حجم اصلاح کننده تزریق شده	۵ میکرولیتر
حد نرمال اعلام شده در نمونه (ppm)	۰/۱۵ – ۵/۰۰
محدوده غلظتهای بدست آمده (ppm)	۰/۱۱ – ۵/۱۰
میانگین غلظتهای گروه A (ppm)	۰/۴۵
میانگین غلظتهای گروه B (ppm)	۰/۵۴
میانگین غلظتهای گروه C (ppm)	۱/۱۰
RSD%	< ۱۰

پی‌نوشت‌ها:

۱- Trace Elements

۲- ICP: Inductively Coupled Plasma

۳- NAA: Neutron Activation Aanalysis

۴- GF-AAS: Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry

۵- Epithermal

۶- Analyte

۷- Xanthine Dehydrogenase

۸- Aldehyde Oxidase

۹- Sulfhite Oxidase

۱۰- Purine

۱۱- Crohn

۱۲- Aanalytical Grade

۱۳- Suprapure

۱۴- Peak Area

۱۵- Peak Hight

References:

1. S.P. Ericson, M.L. Halsky, B. Jaselskis, Talanta, **34**, 271 (1987).
2. R. Pietra, E. Sabbioni, L. Umbertalli, E.Orvini, G. Vocaturo, F. Colombo, M. Zanoni, J. Radioanal. Chem., **92**, 247 (1985).
3. J. Versieck, CRC Crit. Rev. Clin. Lab. Sci., **22**, 97 (1985).
4. F. Chisela, D. Gawlic, P. Braetter, Analyst, **111**, 405 (1986).
5. Z. Marczenko, R. Lobinski, "Determination of molybdenum in biological materials," Pure and Appl.Chem. **63**, 1627 (1991).
6. L.H.J. Lajunen, "Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption and Emission," Academic Press, Finland (1998).
7. WHO Expert Committee, Report No. 532, p. 43, Geneva (1973).
8. H.J. Cohen, I. Fridovich, K.V. Rajagopalan, J. Biol. Chem., **246**, 374 (1971).
9. R. Zeisler, in NBS Special Publication, **656**, 83 (1983).
10. R. Dybczynski, A. Vejlia, O. Suschny, "Report No. IAEA/R-468," Vienna (1980).
11. N.N. Abumrad, A.J. Schneider, D. Steel, L.S. Rogers, "Trace elements in human and animal nutrition," J. Clin. Nutr. **34**, 2551 (1981).
12. M. Jamaluddin, M. Enamul, "A rapid spectrophotometric method for the determination of molybdenum in industrial, environmental, biological and soil samples using 5,7 dibromo-8-hydroxyquinoline," Anal. Sci. **18**, 433 (2002).
13. م.ا. احمدی‌فقیه "بهینه‌سازی روش اندازه‌گیری عناصر کم مقدار آرسنیک و کروم در خون و سرم انسان به وسیله طیف‌سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی،" مجله علوم و فنون هسته‌ای، شماره **۲۷** (۱۳۸۲).
14. Y. Chan, S. Kilee, J. Yang, S. Whan, K. Wook kim, K. Hyuck chung, M. Gyuchung, S. Young Choung, "Organ distribution of heavy metals in autopsy material from normal korean," J. Health Sci. **48**,186 (2002).