نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۱۵، صفحات ۶۱ - ۵۱، (۱۳۷۶)

شناسایی و تعیین رادیوشمیایی عناصر منیزیوم، منگنز و مولیبدن در مواد زیست‌شناختی

احمد قریب و کاظم فاطمی
مرکز پژوهشی
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

تعیین مقدار منگنز، منیزیوم و مولیبدن به عنوان عناصر ضروری کم مقدار در مواد زیست‌شناختی[1] و غذایی اهمیت ویژه‌ای دارند، تداخل و همپوشانی فوتوپیکهای گامای این عناصر مانع اندازه گیری آنها از طریق INAA می‌شوند. از این رو چند روش رادیوشیمیایی (RNAA) بمنظور دستیابی به این هدف پیشنهاد شده است. این روشها نه تنها در مدت نسبتاً کوتاهی (کمتر از بیست دقیقه) انجام فرآیندهای شیمیایی را میسر می‌سازند بلکه بازدهی بسیار خوب را پس از عملیات شیمیایی نیز عرضه می‌دارند و خطاها را عمدتاً به سطح کمتر از ۱۰٪ کاهش می‌دهند.

۱- مقدمه

در چند دههٔ اخیر، شیوه‌های تجزیه هسته‌ای و در راس آنها تجزیه به روش فعال‌کردن نوترونی (NAA)[2] از برتری‌های خاص برخوردار بوده‌اند. بدین جهت، امروزه در طرحهای مهم مراکز تحقیقاتی، در مواردی که به تجزیه نیاز است اغلب، روشهای تجزیه هسته‌ای پیشنهاد می‌شود. یکی از محاسن روش NAA این است که تسهیلات و راههای مختلفی را در مقابله با مسائل تجزیه پیش روی متخصص تجزیه قرار می‌دهد. به عنوان مثال، استفاده از روشهای متداول تجزیهٔ شیمیایی و بکار گرفتن خواص رادیونوکلئیدی عناصر موردنظر بطور همزمان، راههای متعدد و متناسب با هدف تحقیق موردنظر به شمار می‌روند. در این مورد، برخی از کارهای تحقیقاتی گروه رادیوشیمی مرکز تحقیقات هسته‌ای انرژی اتمی، به ویژه تجزیهٔ نمونه‌های زیست‌شناختی به طریق «تجزیه به روش فعال کردن نوترونی» (INAA)[3] پیوسته مواجه با اشکالاتی در اندازه‌گیری منگنز و منیزیوم بوده است. زیرا تداخل فوتوپیک اصلی گامای ۸۴۷ Kev منگنز - ۵۶ با فوتوپیک اصلی گامای ۸۴۴ Kev منیزیوم - ۲۷، که حتی پس از گذشت چندین نیمه عمر از رادیونوکلئید منیزیوم - ۲۷ باز هم فوتوپیک گامای ۸۴۷ Kev منگنز، توام با پیکهای مربوط به رادیونوکلئیدهای بیگانه است که این امر نه تنها مانع اندازه‌گیری دقیق

۱- biological materials

۲- neutron activation analysis

۳- instrumental neutron activation analysis

منگنز می‌شود بلکه تعیین منیزیوم را نیز تقریباً بسیار دشوار می‌سازد زیرا، فوتوپیک گامای دیگر این رادیونوکلئید، یعنی Kev ۱۰۱۴، با فوتوپیک گامای Kev ۱۰۱۲ رادیونوکلئید مولیبدن - ۱۰۱ نیز همپوشانی دارد. علاوه براین، مقدار منیزیوم در مواد زیست‌شناختی خیلی بیشتر از منگنز است، از این‌رو، حتی پس از گذشت چند نیمه عمر از رادیونوکلئید منیزیوم باز هم مقداری از آن باقی می‌ماند و اندازه‌گیری این عناصر را مشکل می‌سازد. این اندازه‌گیری بدین لحاظ اهمیت دارد که عناصر موردنظر از عنصرهای ضروری مواد غذایی بشمار می‌روند [۱، ۳، ۶، ۷] و نقش بسیار مهمی در تعادل سوخت و ساز در بدن جانداران، به ویژه انسان دارند [۱، ۲، ۴، ۵، ۸].

برای رفع مشکلات این اندازه‌گیری در صدد برآمدیم که از روش‌های رادیوشیمیایی استفاده کنیم. بکار بردن این روش‌ها سبب می‌شود که در مدتی کمتر از ۲۰ دقیقه رادیونوکلئیدهای موردنظر از یکدیگر جدا و فرآیندهای بعدی به موقع پی‌گیری شوند.

آنچه که در این کار مورد توجه قرار گرفته است چگونگی برخورد با این مسئله و یافتن راه‌حلهای مناسب، بعبارت دیگر روش‌شناسی لازم، به منظور دستیابی به اهداف مطرح شده به صورت ابداع یا اقتباس است:

جدول ۱- مشخصات رادیونوکلئیدی عناصر منیزیوم، منگنز و مولیبدن [۹، ۱۰، ۱۱]

نام عنصر	درصد فراوانی ایزوتوپی	سطح مقطع مؤثر نوترون حرارتی	رادیونوکلئید تولید شده	نیمه عمر (برحسب دقیقه)	انرژی	درصد شدت فوتوپیک گاما
Mg	۱۱/۰۱	۰/۰۳۸ بارن	^{27}Mg	۹/۵	β- ۱/۷۵ Mev	
					γ- ۸۴۴ Kev	٪۷۰
					۱۰۱۴ Kev	٪۳۰
Mn	۱۰۰	۱۳/۳ بارن	^{56}Mn	۱۵۴/۸	β- ۲/۸۵ Mev	
					γ- ۸۴۷ Kev	٪۹۹
					۱۸۱۱ Kev	٪۲۹
					۲۱۱۲ Kev	٪۱۵
Mo	۹/۶	۰/۲ بارن	^{101}Mo	۱۴/۶	β- ۲/۳ Mev	
					γ- ۱۹۰ Kev	٪۷
					۱۹۱ Kev	٪۲۵
					۵۱۰ Kev	٪۱۵
					۵۹۰ Kev	٪۲۱
					۱۰۱۲ Kev	٪۲۵

۲- روش کار

قبل از بیان روشهای آزمایش لازم است چگونگی تهیه نمونه‌ها شرح داده شود:

۲-۱- تهیه نمونه

نمونه‌های استاندارد مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از:

جگر گوساله (Bovine liver)
آردگندم (Wheat flour) از NBS[1]
برگهای شبدر (Orchard leaves)

پودر شیر (Milk Powder) از IAEA[2] (آژانس بین‌المللی انرژی اتمی)

در ضمن، یک نمونه ترکیبی شامل منیزیوم، منگنز و مولیبدن برای مقایسه نیز تهیه شد. این عناصر به صورت اکسیدهای فوق‌العاده خالص توسط شرکت Johnson Matthey Chemical Limited تهیه شده بودند. غلظت این عناصر در محلول نهایی نمونه عبارت بودند از:

منیزیوم ۵۰۰μg/ml
منگنز ۲۰μg/ml
مولیبدن ۲۰μg/ml،

نمونه‌ها هم به صورت خشک و هم به صورت محلول تهیه می‌شدند. نمونه‌های خشک عموماً برای آزمایشهای INAA و نمونه‌های محلول برای RNAA مورد استفاده قرار می‌گرفتند.

۲-۱-۱- تهیه نمونه بصورت خشک

در این مورد، حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم از هر یک از نمونه‌های مورد مطالعه به دقت در ظرف پلی‌اتیلنی خالص توزین شده‌اند. برای هر نمونه یک میلی‌لیتر از محلول نمونه ترکیبی به عنوان استاندارد در یک ظرف پلی‌اتیلنی خالص دیگر نیز تهیه شده و با لامپ زیر قرمز تا خشک شدن حرارت داده شده است. سپس هر جفت از این نمونه‌ها را در ظرف پلی‌اتیلن بزرگتر قرار داده و برای تابش دادن به مدت ۳ تا ۵ دقیقه در رابیت[3] رآکتور مرکز تحقیقات هسته‌ای با شار نوترون حرارتی معادل $3/7\times10^{12}$ $ncm^{-2}S^{-1}$ بمباران شده‌اند.

۲-۱-۲- تهیه نمونه بصورت مایع

حدود یک گرم از نمونه مورد مطالعه با حدود ۱۰ml اسیدنیتریک (1:1) به مدت یک ساعت در یک بالون حرارت داده می‌شود تا از طریق تقطیر برگشت‌پذیر انحلال صورت گیرد. پس از قطع حرارت و سرد شدن، ۳ تا ۵ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه می‌گردد و حرارت دادن به مدت نیم ساعت دیگر ادامه می‌یابد. اگر محلول کاملاً شفاف نباشد عمل تکرار می‌شود.

در مورد نمونهٔ برگهای شبدر، علاوه بر اسیدنیتریک، ۳ml اسید پرکلریک نیز اضافه

۱- National Bureau of Standards

۲- International Atomic Energy Agency

۳- rabbit

می‌شود. برای انحلال کامل، ممکن است گاهی لازم باشد در مرحلهٔ آخر جریان آب مبرد را قطع کرده تا حالت خشک حرارت داد، سپس مواد باقیمانده را دوباره در اسید رقیق حل نمود. در هر صورت، پس از سرد شدن کامل بالون، محتوی آن به بالون درجه‌دار ۲۵ میلی‌لیتری منتقل و با آب دوبار تقطیر شده به حجم موردنظر رسانده می‌شود.

از این محلول مقادیر ۱ تا ۲ میلی‌لیتر به ظرف پلی‌اتیلن خالص منتقل نموده و با هرکدام یک نمونه ترکیبی (طبق آنچه که در قسمت ۱-۱-۲ گفته شد) برای تابش دادن به رآکتور فرستاده می‌شود. این دسته از نمونه‌هانیز حدود ۳ تا ۶ دقیقه در رآکتور مرکز تحقیقات هسته‌ای با شار نوترون حرارتی $۳/۷\times۱۰^{۱۲}$ $ncm^{-۲}S^{-۱}$ بمباران می‌شوند.

۲-۲- *روشهای آزمایش*

۱-۲-۲- روش غیرمخرب

ابتدا به منظور بررسی میزان بازدهی این روش بررسیهایی به وسیلهٔ INAA [۱۴و۱۵] به شرح زیر بعمل آمد.

نمونه واستاندارد مربوط به آن پس از تابش دادن، بلافاصله و ۱۲۰ دقیقه بعد (زمانی که به طور معمول تصور می‌شود تمام رادیونوکلئید منیزیوم از بین رفته باشد) شمارش شده است. مقدار منیزیوم و منگنز از دو طریق قابل محاسبه است:

- از مقایسه فوتوپیک Kev ۱۸۱۱ منگنز در نمونه واستاندارد، مقدار منگنز حساب می‌شود و با تاثیر دادن عاملهای شدت فوتوپیک و بازده دستگاه شمارنده در انرژیهای مختلف می‌توان شدت فوتوپیک Kev ۸۴۷ منگنز را از روی فوتوپیک Kev ۱۸۱۱ محاسبه نمود. اگر مقدار اخیر از سطح کل زیر فوتوپیک مخلوط منگنز و منیزیوم کسر شود باقیمانده مربوط به منیزیوم خواهد بود. بدین ترتیب، مقدار منیزیوم نیز قابل محاسبه می‌گردد.
- طریق دیگر این است که فرض شود پس از ۱۲۰ دقیقه اثری از منیزیوم در طیف نمونه نمانده است. بنابراین سطح زیرفوتوپیک Kev ۸۴۷ باید کاملا مربوط به منگنز باشد که با استفاده از رابطه $A_t=A_0\ e^{-\lambda t}$ تبدیل به آکتیویتهٔ اولیه منگنز (در ۱۲۰ دقیقه قبل) می‌شود، اگر این مقدار از سطح زیرفوتوپیک مخلوط منگنز و منیزیوم کسر شود باقیمانده مربوط به منیزیوم خالص است. بدین ترتیب ممکن است مقدار منیزیوم نیز محاسبه شود. (به جدولهای ۲ و ۳ مراجعه شود).

۲-۲-۲- *روشهای رادیوشیمیایی*

روشهای رادیوشیمیایی مناسب بدین جهت قابل اهمیتند که اشکالات موجود در روشهای غیرمخرب می‌بایست با انتخاب سنجیدهٔ آنها مرتفع گردند. روشهای رادیوشیمیایی متعددی وجود دارند [۱۶، ۱۷ و ۱۸] که متاسفانه در زمینه طرح ما، کارایی چندانی ندارند.

با توجه به نیمه عمر رادیونوکلئیدهای مورد بررسی و هدف طرح دو روش بکار رفته است که در زمان نسبتا" کوتاه بتوان رادیونوکلئیدهای منیزیوم و منگنز را بطور کامل از هم جدا ساخت. استفاده از این دو روش نتایج نسبتا" خوبی به بار آورده است. روش دوم گرچه طولانی تر است ولی نتایج بهتری را عرضه می‌دارد.

الف - روش اول بر این اساس است که منگنز در محیط آمونیاکی و حضور یک اکسید کنندهٔ قوی، مانند آب اکسیژنه، به صورت $MnO(OH)_2$ رسوب می‌کند، در حالیکه منیزیوم، بخصوص در حضور یون آمونیم اضافی، به صورت محلول باقی می‌ماند بطوری که به آسانی و به سرعت می‌توان این دو عنصر را از هم جداکرد. این عمل به طریق زیر انجام می‌گیرد:

پس از ترخیص نمونه از رآکتور، کلیه محتویات نمونه واستاندارد مایع تابش دیده هر یک جداگانه به یک لوله سانتریفوژ ۵۰ میلی‌لیتری محتوی محلول «همراه برنده» منتقل می‌شود. (یک میلی‌لیتر محلول همراه برنده شامل ۱۰ میلی‌گرم منیزیوم و ۱۰ میلی‌گرم منگنز است) سپس ml ۳ کلرور آمونیوم اشباع شده و یک میلی‌لیتر آب اکسیژنه اضافه می‌گردد (در این حال، محلول آمونیاکی قطره قطره اضافه می‌شود تا رسوب بطور کامل تشکیل شود). پس از سانتریفوژ کردن با دور سریع به مدت ۵ دقیقه، محلول باقیماندهٔ روی رسوب که حاوی رادیونوکلئید منیزیوم است شمارش می‌شود. رسوب را چند بار شستشو داده و در مقدار کمی آب اکسیژنه و اسیدکلریدریک (۱:۱) حل و برای شمارش به ظرف مخصوص منتقل می‌نمایند.*

ب - در این روش منگنز بطور انتخابی با استفاده از شیوهٔ استخراج مایع - مایع از بقیه رادیونوکلئیدها جدا می‌شود. در اینجا از دی‌اتیل دی تیوکاربامیک اسید (DDTC) استفاده شده است [۱۹].

برای تهیه محلول دی‌اتیل دی تیوکاربامیک اسید، ml ۲۵ محلول کلروفرم حاوی ml ۲ سولفورکربن را با ml ۲۵ دیگر از محلول کلروفرم حاوی ml ۳/۵ دی‌اتیل‌آمین مخلوط نموده و حجم آن را با افزودن کلروفرم به ml ۲۰۰ می‌رسانند و در بطری شیشه‌ای قهوه‌ای رنگ نگهداری می‌کنند.

طرز عمل: محتویات نمونه تابش دیده را به یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری که حاوی محلول «همراه برنده» (شامل دومیلی‌گرم منگنز، دو میلی‌گرم مولیبدن و چهار میلی‌گرم منیزیوم) و ml ۱ اسیدکلریدریک است منتقل نموده و پس از چندبار شستشو و اضافه کردن محلولهای شستشو به بشر، محتویات آن تا حالت خشک حرارت داده می‌شود. جامد باقیمانده در ml ۲۰ آب مقطر حل، و pH آن بین ۵-۳ تنظیم می‌گردد. محلول حاصل به قیف جداکننده منتقل شده و یکبار با ۱۰ تا ۱۵ میلی‌لیتر محلول DDTC و

---

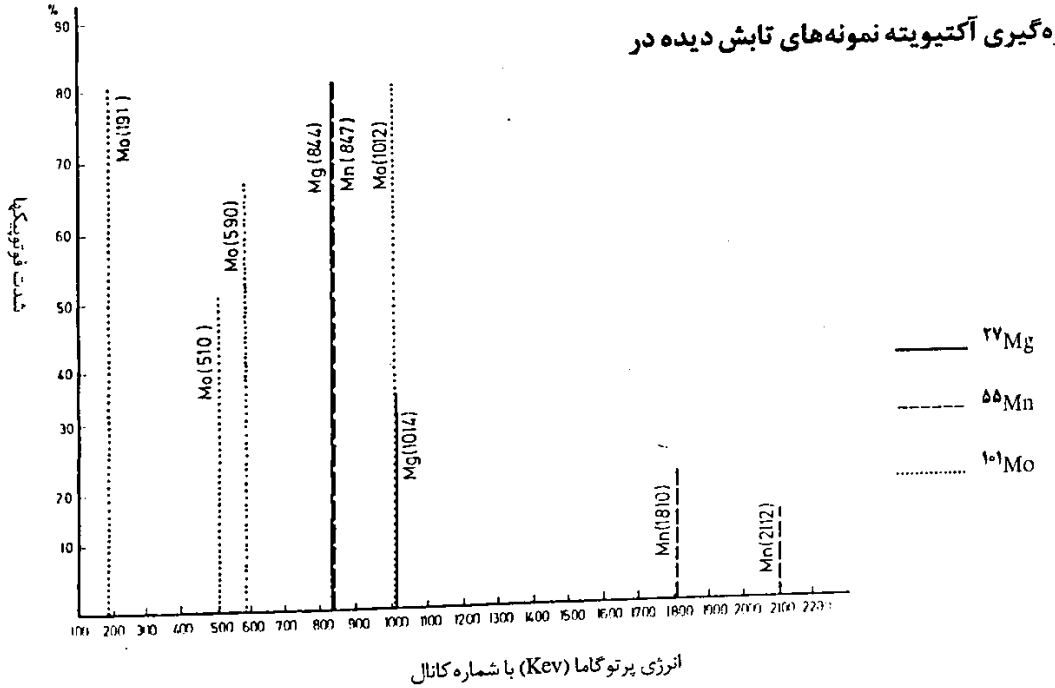
*- این اندازه‌گیری نسبت به زمان واپاشی و حجم نمونه برداشت شده ازحجم کل، تصحیح می‌شود.

سپس دوبار دیگر، هر بار با ۵ تا ۱۰ میلی‌لیتر از همین محلول، عمل استخراج مایع - مایع انجام می‌شود. این عمل، در واقع تا وقتی انجام می‌گیرد که محلول استخراج‌کننده بی‌رنگ بماند. در این حال منیزیوم در فاز آبی همراه با سایر رادیونوکلئیدهاست و فاز آلی صرفاً محتوی منگنز می‌باشد. بنابراین هر یک از محلول‌های اخیر را به حجم مطلوب رسانده و حدود ۱۵ ml از آنها برای شمارش به ظرف مخصوص منتقل می‌شود. لازم است در اینجا توضیح داده شود که Mo در هر دو روش در فاز آبی قرار می‌گیرد و مقدارش فوق‌العاده کم است. به همین جهت اندازه‌گیری کمی آن در شرایط کار ما مقدور نبود.

پایان عملیات شیمیایی، روی قسمتی از محلول نهایی (حدود ۵ ml) در ظرف پلی‌اتیلنی به وسیلهٔ آشکارساز Ge(Li) که وصل به دستگاه مولتی‌کانال بوده صورت گرفته و مدت شمارش معمولاً ۱۰۰ ثانیه انتخاب شده است. توان تفکیک آشکارساز حدود ۴ Kev برای فوتوپیک ۱۳۳۲ Kev کبالت - ۶۰ و ۳ Kev برای فوتوپیک ۶۶۲ سزیم - ۱۳۷ است. بازده کل دستگاه شمارنده باتوریم - ۲۲۸ تعیین و در محاسبات منظور شده است. محاسبات سطح زیر فوتوپیک‌ها با استفاده از روش Covell [۲۰] انجام گرفت. تصحیحات لازم با توجه به گذشت زمان و حجم نمونه برداشت شده از کل نمونه به عمل آمده است.

۳-۲- *اندازه‌گیری آکتیویته*

اندازه‌گیری آکتیویته نمونه‌های تابش دیده در

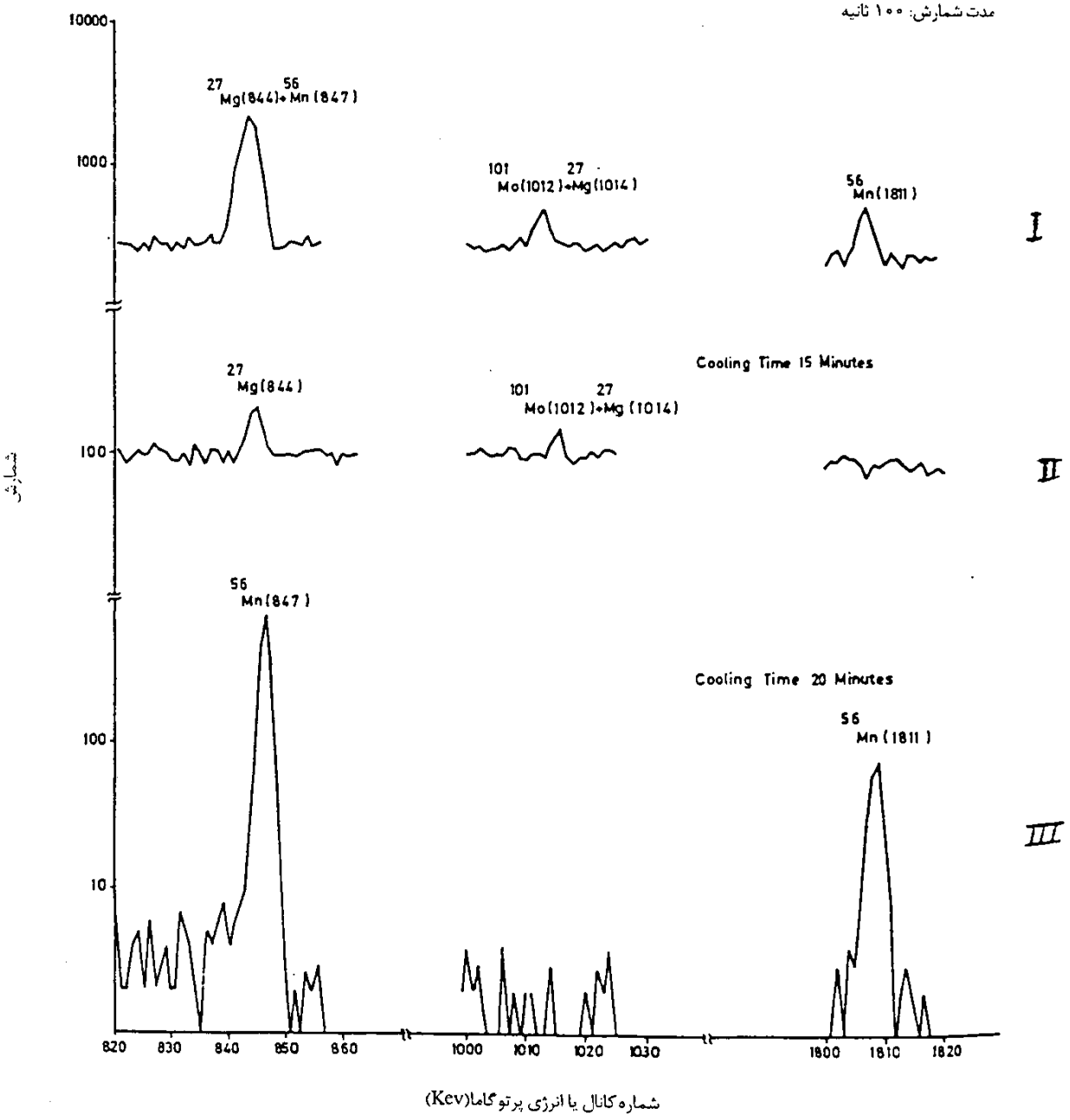


شکل ۱- نمای تداخل و همپوشانی فوتوپیکهای گامای عناصر مورد بررسی

نمونه: برگهای شبدر

مدت پرتودهی: ۵ دقیقه

مدت شمارش: ۱۰۰ ثانیه



شکل ۲- طیف گامای نمونه برگ شبدر پس از بمباران با نوترون حرارت $۶/۵\times۱۰^{۱۲}n/cm^{۲}.s$

I- قبل از عملیات شیمیایی. II- رادیونوکلئید منیزیوم وموالیبدن پس از عملیات شیمیایی. III- رادیونوکلئید منگنز پ ں از عملیات شیمیایی. زمان تابش‌دهی، ۵ ثانیه.

جدول ۲- نتایج اندازه‌گیری Mn در نمونه‌های زیست‌شناختی با استفاده از تجزیه بطریق فعال کردن نوترونی

نمونه‌ها	روش INAA		روش RNAA		نتایج گزارش شده [۱۲و۱۳]
	فوتوپیک ۸۴۷ Kev	فوتوپیک ۱۸۱۱ Kcv	روش الف	روش ب	
جگر گوساله (۱۵۷۷)	۱۲/۲±۳/۰ ٪۲۴	۹/۷±۲/۶ ٪۲۷	۱۲/۱±۰/۸ ٪۶		۱۰/۳
برگ شبدر (۱۵۷۱)	۱۰۷±۱۱ ٪۱۰		۹۷±۱۲ ٪۱۲		۹۱
پودر شیر (A-11)	۰/۸۷±۰/۲۱ ٪۲۴	۰/۷±۰/۱ ٪۱۷	۰/۳۲±۰/۰۱ ٪۴	۰/۴۶±۰/۱۰ ٪۲۲	۰/۳۸
آرد گندم (۱۵۶۷)	۱۲±۲ ٪۱۶	۱۰±۲ ٪۲۰	۷/۴±۱/۰ ٪۱۳	۱۱/۳±۱/۷ ٪۱۵	۸/۵

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری Mg در نمونه‌های زیست‌شناختی با استفاده از تجزیه بطریق فعال کردن نوترونی

نمونه‌ها	روش INAA با استفاده‌ازفوتوپیک۸۴۴	روش RNAA		نتایج گزارش شده [۱۲و۱۳]
		روش الف	روش ب	
جگر گوساله (۱۵۷۷)	۵۹۷±۱۰۶ ٪۱۹	۶۰۸±۵۲ ٪۸		۶۰۴
برگ شبدر (۱۵۷۱)	۶۹۰۰±۳۶۰ ٪۵	۶۳۰۰±۷۵۵ ٪۱۲		۶۲۰۰
پودر شیر (A-11)	۱۱۰۰±۰/۱۲۴ ٪۱۱	۱۱۱۷±۷۶ ٪۷	۱۱۹۴±۴۲ ٪۴	۱۱۱۰
آرد گندم (۱۵۶۷)	۵۷۵±۱۰۶ ٪۱۸	۳۷۲±۴۷ ٪۱۳	۴۸۴±۱۷ ٪۳	-

یافته‌ها و نتیجه گیری

بطوریکه نتایج جدولهای ۲ و ۳ نشان می‌دهند یافته‌ها در روش‌های رادیوشیمی نسبت به روشهای غیرمخرب بهبود محسوس داشته‌اند. با وجوداین در مورد نمونه‌هایی که در آنها نسبت Mg/Mn بالاتر بوده است نتیجه‌های بدست آمده، مخصوصاً در مورد Mn، دقت کمتری را نشان می‌دهند. نکته‌ای که لازم است توجه شود اینکه عمدتاً در روش INAA به لحاظ وجود منابع خطاهای متعدد از جمله محاسبه سطح زیرپیک، تاثیر پارامترهای بازدهی، زمان، نسبت شدت فوتوپیک‌ها و غیره سبب می‌شود که در مجموع خطای محاسبات، در مقایسه با آنچه که باید بدست آید، افزایش محسوس نشان می‌دهد در عین حال، بخوبی مشاهده می‌شود در بکارگیری روشهای رادیوشیمی، گرچه هنوز جوابها با آنچه که باید بدست آید فاصله دارد، ولی به مراتب از دقت و قابلیت تکرار بیشتری برخوردار هستند.

شکل ۲، به صورتی جالب تداخل فوتوپیکها و بالا بودن سطح آکتیویته (آکتیویته زمینه) را در قسمت I نشان می‌دهد. در قسمتهای II و III چگونگی جداشدن این رادیونوکلئیدها از یکدیگر و از بقیه عناصر (که مطالعه نشده‌اند) به نمایش درآمده است.

می‌توان ادعا نمود که روشهای رادیوشیمی به علت کاهش سطح آکتیویته‌های اضافی و مجزاکردن رادیونوکلئید موردنظر از بقیه مخصوصاً رادیونوکلئیدهای مزاحم، زمینه‌ای را جهت حصول به نتایج قابل اعتماد فراهم می‌آورد. گذشته از این بطوریکه در جدولهای ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، روش ب، به سبب جداسازی انتخابی و بسیار دقیق نتایج بهتری را عرضه می‌دارد. ضمناً خاطرنشان می‌شود که بازدهی رادیونوکلئیدها در هر دو روش جداسازی، یا استفاد از «Radio Tracer Technique» به ترتیب در مورد روش الف برای هر دو رادیونوکلئید بهتر از ۹۵٪ و در مورد روش ب حدود ۹۹٪ بوده است.

References

1. E.J. Underwood, Trace Elements in Human and Animal Nutrition New York, Academic Press, 3rd ed., (1971).
2. I.J.T. Davies, The Clinical Significance of the Essential Biologioal Metals, sysingfield, Illinois: c-c Thomas (1972).
3. H.J.M. Bowen, Environmental Chemistry, 2, pp 70-93, (1982).
4. H. Bowen, Biochemistry of Trace Elements, -----P. 102, (1966).
5. H.W. Prins, and C.J,A. Vanden Hamer, The J. of Nutrition, Vol 110, No.1, P.151, (1980).
6. J.R. Vogt, Working paper for the Coordinated Research Programme (IAEA), Delft, Netherlands, Nov. 25-27, (1981).
7. R.M. Parr, Technical Reports Series No. 197, IAEA, Vienna, (1980).
8. D.R. Williams, The Metals of Life, van Norstrand Reinhold Company, (1971).
9. F. Adams, and R, Dams, Applied Gamma -Ray Spectrometry, Pergamon Press, (1970).
10. C.M. Lederer, and Shirley, Table of Isotopes, John Wiley & Sons, Inc (1978).
11. Ortec's Gamma -Ray library, 235903c 0875, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, 37830, U.S.A., July (1975).
12. NBS Special Publioation 260, Reference Materials Catalog, 1979-80 edition.
13. International Atomic Energy Agency, IAEA/RI/68. July (1980).
14. W.B. Strouble, et al, J. of Radionalytical Chemistry vol. 69, No. 1-2 pp. 453-462, (1982).
15. E.L. Gurey, Radioanalytical Chemistry, vol 67, P. 367...., (1981).
16. A.R. Byrne, Radiochem. Radioanal. Letters. vol. 52, P. 99, (1982).
17. R. Dams, J. of Radiochemistry, vol. 61. No. 1-2, 13-36, (1981).
18. F. Farha, and R.T. Iwamoto, Analytical Chemistry, vol. 38, No. 1, 141-143, (1966).
19. O.G. Koch, and G.A. Koch -Dedic, Handbuch der Spurenanalyse vol. 2, P. 813 Springer-verlage(1974).
20. D.F. Cowell, Analytical chemistry, 31 (11), p.p 1985-90, (1959).

AEOI Scientific Bulletin

No. 15, pp. 51-61, (1998)

METHODOLOGICAL PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF Mg, Mn AND Mo IN BIOLOGICAL MATERIALS

A. Gharib, K. Fatemi
Reaserch Center
Atomic Energy Organization of Iran

Abstract

Mn, Mg and Mo are classified as essential trace elements for human. Therefore, they play important role in foodstuff and biological materials from nutritionist point of view. Hence approaching to an appropriate method for the accurate measurement could be very much important.

In this work an effort has been carried out to set up a simultaneous Radiochemical Neutron Activation Analysis (RNAA) procedure for above elements. Using this method facilitate to omit various sources of error in compare to employ INAA in particular for biological material whenMg>Mn.