



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۱۰۵۲

تجدیدنظر اول

۱۳۹۳

INSO

11052

1st.Revision

2015

هضم پسماند جامد با نیتریک اسید-آیین
کار

Nitric Acid Digestion of Solid Waste-
Standard practice

ICS:13.030.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به‌عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عبار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« هضم پسماند جامد با نیتریک اسید-آیین کار »
(تجدیدنظر اول)

رئیس:

بابائی، علی اکبر
(دکتری مهندسی بهداشت محیط)

دبیر:

حاتمی، امیر
(دکتری شیمی)

سمت و/یا نمایندگی

هیات علمی دانشگاه جندی شاپور اهواز

مدیر عامل شرکت پرشیا پژوهش شریف

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آتشی، مژگان
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس آزمایشگاه اداره حفاظت محیط
زیست

احمدپوره، الهام
(لیسانس مهندسی بهداشت محیط)

کارشناس پسماند معاونت بهداشت دانشگاه
جندی شاپور

آذریان، علیرضا
(کارشناس ارشد محیط زیست)

کارشناس مسئول آزمایشگاه اداره حفاظت
محیط زیست

افشاری، داود
(دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)

هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی اهواز

جولاباف، الهام
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس دانشگاه شهید چمران

چرم زاده، مهرناز
(فوق لیسانس شیمی)

مدیر کنترل کیفی شرکت شبنم خوزستان

دایی، مینا
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان
خوزستان

فتاحی نیا، مهناز
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان
خوزستان

کارشناس دانشگاه شهید چمران اهواز

کجباف، نسیم
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

گیلاسی، فهیمه
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس مسئول بهداشت حرفه‌ای معاونت
بهداشت دانشگاه

ملتجی، جلال
(کارشناس ارشد محیط زیست)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

نقدی، تینا
(فوق لیسانس شیمی)

پیش گفتار

استاندارد " هضم پسماند جامد با نیتریک اسید-آیین کار " نخستین بار در سال ۱۳۸۷ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط شرکت پرشیاپژوهش شریف و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در پنجاه و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه، ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۵۲: سال ۱۳۸۷ می‌شود.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D 5198: 2009, Standard Practice for Nitric Acid Digestion of Solid Waste

مقدمه

گاهی از ترکیب مواد غیرآلی پسماند اغلب برای انتخاب روش دفع مناسب آن مورد نیاز است. پسماندهای جامد ممکن است به شکل‌های مختلف وجود داشته و حاوی گستره‌ای از اجزای سازنده آلی و معدنی باشند. این استاندارد روش هضمی را شرح می‌دهد که به وسیله آن می‌توان بسیاری از اجزای سازنده غیرآلی سمی را حل کرد و محلولی مناسب برای اندازه‌گیری با روش‌هایی همچون اسپکتروسکوپی جذب اتمی، نشر اتمی و مانند آن به دست آورد. انتخاب مقدار نسبتاً زیاد نمونه از پسماندهای ناهمگن کمک می‌کند که نمونه، نماینده کل باشد. فاکتور رقیق‌سازی نسبتاً کوچک، حد تشخیص کوچک‌تری را نسبت به روش‌های هضم دیگر فراهم می‌کند. فلزات فرار، مانند سرب و جیوه در این روش هضم هدر نمی‌روند. با این وجود، جیوه و سرب آلی را ممکن است نتوان به طور کامل هضم کرد. عناصری مانند آرسنیک و سلنیم که قابلیت تشکیل هیدرید دارند ممکن است به طور جزئی هدر بروند. نمونه‌هایی با کل عناصر فلزی بیشتر از ۵٪ امکان دارد نتایج کم‌تری بدهند. مسئولیت تعیین قابل کاربرد بودن این روش برای پسماندهای جامد مورد آزمون، به عهده آزمون‌گر است.

هضم پسماند جامد با نیتریک اسید-آیین کار

هشدار- در این استاندارد به تمام موارد ایمنی مرتبط با کاربرد آن اشاره نشده است. در صورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری ایمنی، سلامتی و تعیین حدود قوانین کاربری قبل از استفاده به عهده کاربر می‌باشد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه آیین کار برای هضم پسماندهای جامد با نیتریک اسید، برای اندازه‌گیری بعدی اجزای سازنده غیرآلی به روش اسپکتروسکوپی نشر پلاسما یا اسپکتروسکوپی جذب اتمی است. با استفاده از این روش می‌توان عناصر آلومینیوم، بریلیم، کادمیم، کروم، مس، آهن، سرب، منگنز، جیوه، نیکل، فسفر، وانادیم و روی را حل کرد.

این استاندارد، برای تعیین غلظت‌های کل عناصر قابل بازیابی از روی نمونه پسماند کاربرد دارد. کل عناصر قابل بازیابی ممکن است بسته به عنصر موردنظر و بافت نمونه معادل با عناصر کل برابر باشند یا نباشند. بازیابی از بافت‌های نمونه دیرگداز مانند خاک معمولاً به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از غلظت‌های عناصر موجود است.

یادآوری- این استاندارد به صورت موفقیت آمیزی برای لجن‌های روغنی و استاندارد لجن هضم شده شهری (نمونه شماره ۳۹۷ آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA)^۱) کاربرد دارد. همچنین ممکن است برای عناصری که در بالا ذکر نشده‌اند مانند آرسنیک، باریم، سلنیم، کبالت، منیزیم و کلسیم کاربرد داشته باشد. عناصر دیرگداز مانند سیلیسیم، نقره و تیتانیم همچنین جیوه آلی با این روش قابل حل نیستند.

در این استاندارد دو روش الف و ب شرح داده می‌شود. در روش الف از یک صفحه داغ برقی و در روش ب از یک واحد هضم برقی استفاده می‌شود.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ : سال ۱۳۸۱، آب مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه -ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

۳ روش آزمون الف-روش صفحه داغ

۱-۳ اصول آزمون

یک قسمت وزن شده از نمونه پسماند با نیتریک اسید (۱:۱) درون بالن ارلن مایر مخلوط می‌شود. بالن به مدت دو ساعت در دمای 90°C تا 95°C به منظور حل کردن عناصر مورد نظر گرم می‌شود. پس از خنک‌سازی، محتویات بالن با آب واکنشگر، رقیق و صاف می‌شود. محصول صاف شده جهت اندازه‌گیری‌های بعدی به حجم مناسب رسانده می‌شود.

۲-۳ وسایل

- ۱-۲-۳ ترازوی تجزیه‌ای، با قابلیت توزین تا 0.01 g
- ۲-۲-۳ بالن ارلن مایر، با ظرفیت 125 ml
- ۳-۲-۳ استوانه مدرج، با ظرفیت 50 ml
- ۴-۲-۳ صفحه داغ برقی، قابل تنظیم با قابلیت تثبیت دمای 90°C تا 95°C
- ۵-۲-۳ شیشه ساعت
- ۶-۲-۳ دماسنج
- ۷-۲-۳ قیف، شیشه‌ای یا پلاستیکی
- ۸-۲-۳ بالن حجم‌سنجی، با ظرفیت 200 ml و درپوش شیشه‌ای
- ۹-۲-۳ کاغذ صافی، با عبور متوسط. از نوع واتمن شماره ۴۰ یا نوع معادل
- ۱۰-۲-۳ هود بخار
- ۳-۳ مواد و/یا واکنشگرها

در تمامی آزمون‌ها به جز در موارد ذکر شده، باید از مواد شیمیایی با درجه خلوص واکنشگر استفاده شود. درجات دیگر ممکن است استفاده شوند، به شرط آنکه اول مشخص شود که خلوص واکنشگر به اندازه کافی بالا بوده و استفاده از آن موجب کاهش درستی اندازه‌گیری نمی‌شود.

۱-۳-۳ آب، به جز در موارد ذکر شده، باید فقط از آب درجه ۲ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ استفاده شود.

۲-۳-۳ نیتریک اسید غلیظ، با درجه خلوص واکنشگر

۳-۳-۳ نیتریک اسید (۱:۱)، 200 ml نیتریک اسید غلیظ (HNO_3 با وزن مخصوص ۱.۴۲) را در حالی که هم می‌زنید به آرامی به 200 ml آب اضافه کنید. مخلوط را خنک کرده و درون یک بطری شیشه‌ای پینت^۱ تمیز نگهداری کنید.

هشدار ۱- مخلوط نیتریک اسید را به آرامی و در حالی که هم می‌زنید، به نمونه اضافه کنید. نمونه‌های حاوی کربنات ممکن است در طول افزودن اسید کف کرده و سبب اتلاف نمونه شوند. نیتریک اسید ممکن است با بعضی از نمونه‌های حاوی مواد آلی شدیداً واکنش دهد.

1- Pint glass bottle

هشدار ۲-افزودن اسید و هضم نمونه باید زیر یک هود با تهویه و حفاظ مناسب صورت گیرد تا از تماس با اکسیدهای نیتروژن، بخارات اسیدی یا گازهای سمی اجتناب شود.

۴-۳ روش انجام آزمون

۱-۴-۳ ۵ g از یک نمونه پسماند که کاملاً مخلوط شده است را با تقریب ۰/۰۱ g درون یک بالن ارلن مایر از قبل وزن شده، وزن کنید.

۲-۴-۳ ۲۵ ml نیتریک اسید (۱:۱) را با استوانه مدرج به آرامی به بالن اضافه کنید. بالن را بچرخانید تا نمونه به طور کامل تر شود.

۳-۴-۳ در حین آزمون یک نمونه شاهد ۲۵ ml از نیتریک اسید (۱:۱) را آزمون کنید.

۴-۴-۳ بالن را روی یک صفحه داغ خنک قرار دهید. بالن را با شیشه ساعت پوشانده و گرمکن را به صورتی تنظیم کنید که در دمای $90^{\circ}C$ تا $95^{\circ}C$ بماند.

۵-۴-۳ بالن و محتویات آن را به مدت دو ساعت حرارت دهید. گاهگاهی بالن را بچرخانید تا هرگونه نمونه چسبیده به کناره‌های بالن به سمت پایین برود. دمای محلول را با دماسنج کنترل کرده و در صورت لزوم حرارت دهید.

۶-۴-۳ پس از دو ساعت، بالن را از روی گرمکن برداشته و تا دمای اتاق خنک کنید. ۵۰ ml آب واکنشگر را در حالی که کناره‌های بالن را به سمت پایین شستشو می‌دهید، به بالن اضافه کنید. بالن را بچرخانید تا محتویات آن مخلوط شود.

۷-۴-۳ محتویات بالن را درون یک بالن حجم‌سنجی ۲۰۰ ml صاف کنید. بالن و کاغذ صافی را با چند بخش کوچک آب واکنشگر آبکشی کرده و محصولات آبکشی را به بالن حجم‌سنجی اضافه کنید.

۸-۴-۳ محلول درون بالن حجم‌سنجی را با آب واکنشگر تا خط نشانه به حجم رسانده و کاملاً مخلوط کنید. محلول اکنون برای تجزیه آماده است.

۴ روش آزمون ب-روش واحد هضم

۱-۴ وسایل

۱-۱-۴ ترازوی تجزیه‌ای، با قابلیت توزین تا ۰/۰۱ g

۲-۱-۴ هود بخار

۳-۱-۴ لوله‌های هضم مدرج

۴-۱-۴ استوانه مدرج، با ظرفیت ۵۰ ml

۵-۱-۴ صافی‌های لوله هضم

۶-۱-۴ واحد هضم، قابل تنظیم با قابلیت تثبیت در دمای $90^{\circ}C$ تا $95^{\circ}C$

۲-۴ مواد و/یا واکنشگرها

در تمامی آزمون‌ها به جز در موارد ذکر شده، باید از مواد شیمیایی با درجه خلوص واکنشگر استفاده شود. درجات دیگر ممکن است استفاده شوند، به شرط آنکه اول مشخص شود که خلوص واکنشگر به اندازه کافی بالا بوده و استفاده از آن موجب کاهش درستی اندازه‌گیری نمی‌شود.

۴-۲-۱ آب، به جز در موارد ذکر شده، باید فقط از آب درجه ۲ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ استفاده شود.

۴-۲-۲ نیتریک اسید غلیظ، با درجه خلوص واکنشگر

۴-۲-۳ نیتریک اسید (۱:۱)، ۲۰۰ ml نیتریک اسید غلیظ (HNO_3 با وزن مخصوص ۱/۴۲) را در حالی که هم می‌زنید به آرامی به ۲۰۰ ml آب اضافه کنید. مخلوط را خنک کرده و درون یک بطری شیشه‌ای پینت تمیز نگه‌داری کنید.

هشدار ۱-مخلوط نیتریک اسید را به آرامی و در حالی که هم می‌زنید، به نمونه اضافه کنید. نمونه‌های حاوی کربنات ممکن است در طول افزودن اسید کف کرده و سبب اتلاف نمونه شوند. نیتریک اسید ممکن است با بعضی از نمونه‌های حاوی مواد آلی شدیداً واکنش دهد.

هشدار ۲-افزودن اسید و هضم نمونه باید زیر یک هود با تهویه و حفاظ مناسب صورت گیرد تا از تماس با اکسیدهای نیتروژن، بخارات اسیدی یا گازهای سمی اجتناب شود.

۴-۳ روش انجام آزمون

۴-۳-۱ ۵ g از یک نمونه پسماند که کاملاً مخلوط شده است را با تقریب 0.1 g وزن کرده و به یک لوله هضم مدرج منتقل کنید.

۴-۳-۲ ۲۵ ml نیتریک اسید (۱:۱) را با استوانه مدرج به آرامی به لوله هضم اضافه کنید. لوله را بچرخانید تا نمونه به‌طور کامل، تر شود.

۴-۳-۳ در حین آزمون یک نمونه شاهد ۲۵ ml از نیتریک اسید ۱:۱ را آزمون کنید.

۴-۳-۴ لوله هضم را درون یک واحد هضم زیر هود بخار قرار دهید. واحد هضم را به صورتی تنظیم کنید که در دمای 90°C تا 95°C بماند.

۴-۳-۵ لوله و محتویات آن را به مدت دو ساعت حرارت دهید. تا زمانی که یک حجم ۱۵ ml باقی بماند.

۴-۳-۶ پس از دوساعت، لوله را از واحد هضم خارج کرده و تا دمای اتاق خنک کنید.

۴-۳-۷ محتویات لوله را با صافی لوله هضم صاف کنید.

۴-۳-۸ محلول را تا حجم ۵۰ ml رقیق کنید. اکنون محلول برای تجزیه آماده است.

۵ دقت و انحراف

از آنجایی که از این روش‌ها نتیجه‌ای کمی حاصل نمی‌شود، دقت و انحرافی برای آنها نمی‌توان در نظر گرفت. پیوست الف شامل نتایج نماینده به دست آمده با این روش (روش الف) و آنالیزهای بعدی است.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال نوعی از آنالیز نمونه‌ها پس از هضم با نیتریک اسید

جدول الف-۱- هضم با نیتریک اسید- آنالیز نمونه لجن استاندارد^۱

عنصر	غلظت واقعی mg/kg	غلظت به دست آمده mg/kg	درصد بازیابی
روی	۱۳۲۳	۱۳۰۰	۹۸
منگنز	۲۰۵	۲۳۵	۱۱۵
سرب	۵۱۹	۵۰۰	۹۶
کادمیم	۲۰/۸	۲۴/۱	۱۱۶
کروم	۲۰۴	۲۱۸	۱۰۷
آهن	۱۶۱۵۵	۱۶۴۰۰	۱۰۲
وانادیم	۱۳/۰	۱۲/۷	۹۸
مس	۱۰۹۵	۱۱۳۰	۱۰۳
نیکل	۱۹۸	۱۸۶	۹۴
آلومینیوم	۴۵۵۸	۴۵۰۰	۹۹
تیتانیوم	۲۱۲۱	۹۵	۴/۵
فسفر	۱۱۵۷۳	۱۱۸۰۰	۱۰۲
بریلیم	۰/۲۸	۰/۵	۱۷۹
آرسنیک	۱۷	۹	۵۳
نقره	۸۱	۷/۴	۹/۱
جیوه	۱۶/۳	۱۳/۶	۸۳

۱- نمونه شماره ۳۹۷ آزانس حفاظت از محیط زیست

جدول الف-۲- هضم با نیتریک اسید- تجزیه‌های تکراری روغن موتور کارکرده، mg/kg

عنصر	آزمون ۱	آزمون ۲	آزمون ۳
روی	۱۱۷۰	۱۱۵۰	۱۱۷۰
منگنز	۲/۵	۲/۱	۲/۱
سرب	۴۳	۴۰	۳۵
کادمیم	۰/۶	۰/۵	۰/۴
کروم	۲/۸	۲/۱	۲/۳
آهن	۷۴	۶۶	۶۶
وانادیم	۱/۳۲	۱/۰۴	۰/۹۲
مس	۳/۸	۳/۶	۳/۶
نیکل	ND ^a ۰/۷	ND ۰/۷	ND ۰/۷
باریم	۰/۶	۰/۵	۰/۵
بریلیوم	ND ۰/۰۴	ND ۰/۰۴	ND ۰/۰۴
جیوه	ND ۰/۰۸	ND ۰/۰۸	ND ۰/۰۸

^a در حد تشخیص نشان داده شده تشخیص داده نشد.

جدول الف-۳- هضم با نیتریک اسید-بازیابی بافت روغن موتور کارکرده اسپایک شده

عنصر	غلظت واقعی mg/kg	غلظت به دست آمده mg/kg	درصد بازیابی
منگنز	۳/۲	۳/۳	۱۰۳
سرب	۳/۴	۳/۰	۸۸
کادمیم	۲/۰	۱/۶	۸۰
کروم	۲/۰	۲/۴	۱۲۰
وانادیم	۲/۶	۱/۰	۳۸
مس	۲/۲	۴/۲	۱۹۱
نیکل	۲/۸	۲/۷۵	۹۸
باریم	۲/۳	۲/۱	۹۱
بریلیوم	۱/۶	۱/۳	۸۱
جیوه	۰/۰۸	۰/۰۹	۱۱۳