



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۰۸۴۷-۶

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

10847-6

1st.Edition

2016

هوای داخلی - قسمت ۶: تعیین ترکیبات
آلی فرار در هوای داخلی و هوای محفظه
آزمون با نمونه برداری فعال روی جاذب
Tenax TA[®]، واجذب گرمایی و
کروماتوگرافی گازی با MS یا MS-FID

**Indoor air — Part 6: Determination of
volatile organic compounds in indoor and
test chamber air by active sampling on
Tenax TA[®] sorbent, thermal desorption
and gas chromatography method using
MS or MS-FID**

ICS: 13.040.20

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 انتشار 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

« هوای داخلی - قسمت ۶: تعیین ترکیبات آلی فرار در هوای داخلی و هوای محفظه آزمون با نمونه‌برداری فعال روی جاذب Tenax TA[®]، واجذب گرمایی و کروماتوگرافی گازی با MS یا

«MS-FID

رئیس:

قیصری، محمد مهدی
(دکتری شیمی)

سمت و / یا نمایندگی

مدیر پژوهشگاه مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی
خوراسگان

دبیر:

نبی، مهدی
(فوق لیسانس شیمی)

رئیس هیئت مدیره شرکت معیار دانش
پارس

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسماعیلیان، سید امین
(لیسانس مهندسی صنایع)

مدیر عامل شرکت معیار دانش پارس

چرم‌زاده، مهرناز
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت کیمیا کنکاش جندی
شاپور

حاجی حسینی، زهره
(لیسانس علوم دامی)

کارشناس تدوین استاندارد شرکت
معیار دانش پارس

حامدیان، مولود
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

مسئول فنی آزمایشگاه شیمی شرکت معیار
دانش پارس

حسینی، فروغ
(فوق لیسانس محیط زیست)

کارشناس محیط زیست

دایی، مینا
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان
خوزستان

رحیمی، ابراهیم
(دکتری بهداشت مواد غذایی)

عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد

شاکریان، امیر
(دکتری بهداشت مواد غذایی)

عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد

کارشناس اداره کل استاندارد استان
خوزستان

فتاحی نیا، مهناز
(فوق لیسانس شیمی)

معاونت بهداشت دانشگاه جندی شاپور اهواز

ملتجی، جلال
(لیسانس محیط زیست)

عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد

ممتاز، حسن
(دکتری میکروبیولوژی)

فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ب | آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران |
| ج | کمیسیون فنی تدوین استاندارد |
| و | پیش‌گفتار |
| ز | مقدمه |
| ۱ | ۱ هدف و دامنه کاربرد |
| ۱ | ۲ مراجع الزامی |
| ۲ | ۳ اصطلاحات و تعاریف |
| ۳ | ۴ اصول آزمون |
| ۳ | ۵ مواد و/ یا واکنشگرها |
| ۶ | ۶ وسایل |
| ۸ | ۷ تثبیت شرایط و ذخیره‌سازی لوله‌های جاذب |
| ۸ | ۸ نمونه‌برداری |
| ۱۱ | ۹ آنالیز |
| ۱۲ | ۱۰ شناسایی VOCهای مجزا |
| ۱۳ | ۱۱ غلظت آنالیت‌ها در هوای نمونه‌برداری شده |
| ۱۵ | ۱۲ مشخصه‌های عملکرد |
| ۱۶ | ۱۳ کنترل کیفیت |
| ۱۷ | ۱۴ گزارش آزمون |
| ۱۸ | پیوست الف (اطلاعاتی) مثال‌هایی از ترکیبات شناسایی شده در هوای داخلی و ناشی از محصولات ساختمانی در محفظه‌های آزمون |
| ۲۴ | پیوست ب (اطلاعاتی) حجم‌های نمونه‌برداری صحیح برای بخارات آلی انتخابی جمع شده روی جاذب Tenax TA® |
| ۲۷ | پیوست پ (اطلاعاتی) بازیابی حلال‌های ذخیره شده روی لوله‌های جاذب Tenax TA® |
| ۲۹ | پیوست ت (اطلاعاتی) تعیین ترکیبات آلی خیلی فرار و نیمه فرار در ارتباط با ترکیبات آلی فرار |
| ۳۶ | پیوست ث (اطلاعاتی) کتاب‌نامه |

پیش‌گفتار

استاندارد " هوای داخلی - قسمت ۶: تعیین ترکیبات آلی فرار در هوای داخلی و هوای محفظه آزمون با نمونه‌برداری فعال روی جاذب Tenax TA[®]، واجذب گرمایی و کروماتوگرافی گازی با MS یا MS-FID " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت معیار دانش پارس تهیه و تدوین شده است و در یک‌صد و بیستمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۸ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ISO 16000-6: 2011, Indoor air — Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA[®] sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID

مقدمه

استاندارد ISO 16000-1 الزامات عمومی مرتبط با اندازه‌گیری آلاینده‌های هوای داخلی و شرایط مهمی که در طول نمونه‌برداری از آلاینده‌های مجزا یا گروهی از آلاینده‌ها یا قبل از آن در نظر گرفته می‌شود را ارائه می‌کند. جنبه‌های اندازه‌گیری (نمونه‌برداری و آنالیز) و راهبرد نمونه‌برداری از آلاینده‌های ویژه یا گروهی از آلاینده‌ها در قسمت‌های دیگر استاندارد ISO 16000 مشخص شده‌اند.

استاندارد ISO 16000-5 (روش نمونه‌برداری VOC) ارتباط بین استاندارد ISO 16000-1 (استاندارد عمومی برقراری اصول) و این قسمت از مجموعه استانداردهای ISO 16000 که با نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های تجزیه‌ای سروکار دارد را برقرار می‌کند.

همچنین استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰۸۰۴ (بند ۲ و مرجع ۸ پیوست الف را ببینید) و استانداردهای ISO 12219 (مراجع ۳ تا ۷ پیوست ث) به اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار (VOCs)^۱ می‌پردازند.

هوای داخلی - قسمت ۶: تعیین ترکیبات آلی فرار در هوای داخلی و هوای محفظه آزمون با نمونه برداری فعال روی جاذب Tenax TA[®]، واجذب گرمایی و کروماتوگرافی گازی با MS یا MS-FID

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 می باشد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه گیری ترکیبات آلی فرار (VOCs) در هوای داخلی و هوای نمونه برداری شده، برای تعیین انتشار VOCهای حاصل از محصولات یا مواد ساختمانی و دیگر محصولات مورد استفاده در محیط های داخلی با استفاده از محفظه ها و سل های آزمون، است. در این روش از جاذب Tenax TA[®] ۱ و سپس واجذب گرمایی (TD) ۲ استفاده می شود و آنالیز با کروماتوگرافی گازی (GC) ۳ (مرجع ۱۳ پیوست ت را ببینید) مجهز به یک ستون یا ستون های موئینه و یک آشکارساز یونیزاسیون شعله ای (FID) ۴ و/یا آشکارساز طیف سنجی جرمی (MS) ۵ انجام می شود. این استاندارد برای اندازه گیری ترکیبات آلی فرار غیرقطبی و کمی قطبی در محدوده غلظتی کمتر از میکروگرم بر مترمکعب تا چند میلی گرم بر مترمکعب کاربرد دارد. این استاندارد، برای آنالیز ترکیبات آلی بسیار فرار (VVOCs) ۶ و ترکیبات آلی نیمه فرار (SVOCs) ۷ نیز کاربرد دارد (به پیوست ت مراجعه شود).

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱ - Tenax TA[®] نام تجاری یک محصول تولید شده توسط شرکت Buchem است. این اطلاعات برای سهولت استفاده کاربران از این استاندارد می باشد و محصول نام برده، مورد تأیید ISO نیست. می توان از محصولات معادلی که همین نتایج را ارائه دهند، نیز استفاده کرد.

2 - Thermal desorption
3 - Gas chromatographic
4 - Flame ionization detector
5 - Mass Spectrometric
6 - Very volatile organic compound (VVOC)
7 - Semi-volatile organic compound (SVOC)

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴، هوای داخلی، پیرامون و محل کار- نمونه برداری و تجزیه ترکیبات آلی فرار به وسیله لوله های جاذب/ واجذبی گرمایی/ کروماتوگرافی گازی مؤئینه ای- قسمت ۱: نمونه برداری با پمپ

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۹-۱۰۸۴۷، هوای داخل ساختمان، قسمت ۹: اندازه گیری انتشار ترکیبات آلی فرار از محصولات و اثاثیه ساختمانی- آزمون انتشار به روش محفظه

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۱۰۸۴۷، هوای داخل ساختمان، قسمت ۱۰: اندازه گیری انتشار ترکیبات آلی فرار از محصولات و اثاثیه ساختمانی- آزمون انتشار به روش اتاقک

2-4 ISO 16000-1, Indoor air — Part 1: General aspects of sampling strategy

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود:

۱-۳

ترکیب آلی نیمه فرار (SVOC)

ترکیب آلی با نقطه جوش در محدوده دمایی (C ۲۴۰ تا C ۲۶۰) تا (C ۳۸۰ تا C ۴۰۰)

یادآوری ۱- این طبقه بندی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO)^۱ تعریف شده است (مرجع ۱۴ پیوست ۳ را ببینید).

یادآوری ۲- تعیین نقاط جوش بسیاری از ترکیبات به این دلیل که قبل از جوشیدن در فشار اتمسفری تجزیه می شوند، دشوار یا غیرممکن است. فشار بخار معیار دیگری، برای طبقه بندی فراریت ترکیبات است که ممکن است برای طبقه بندی مواد شیمیایی آلی مورد استفاده قرار گیرد (مرجع ۱۵ پیوست ۳).

۲-۳

ترکیب آلی فرار (VOC)

ترکیب آلی با نقطه جوش در محدوده دمایی (C ۵۰ تا C ۱۰۰) تا (C ۲۴۰ تا C ۲۶۰) (یادآوری های ۱ و ۲ بند ۳-۱ را ببینید)

۳-۳

ترکیب آلی بسیار فرار (VVOC)

ترکیب آلی با نقطه جوش در محدوده دمایی کمتر از C ۰ تا (C ۵۰ تا C ۱۰۰) (یادآوری های ۱ و ۲ بند ۳-۱ را ببینید)

ترکیبات آلی فرار کل (TVOCs)^۱

مجموع ترکیبات آلی فرار، که روی جاذب Tenax TA[®] نمونه برداری شده و توسط هر کدام از حلال‌های نرمال‌هگزان و نرمال‌هگزاکان، روی یک ستون موئین غیرقطبی شسته شده و از طریق آشکارسازهای یونیزاسیون شعله‌ای (TVOC-FID) یا آشکارساز طیف‌سنج جرمی (TVOC-MS) آشکارسازی شده‌اند و با تبدیل سطح کل کروماتوگرام، یعنی پنجره تجزیه‌ای به جرم اسمی با استفاده از ضریب پاسخ کروماتوگرافی برای تولوئن (هم‌ارزهای تولوئن) اندازه‌گیری کمی می‌شوند.

یادآوری- در حالی که این استاندارد، تعیین VOCهای مجزا را مشخص می‌کند، در عمل، برای ایجاد مقدار غلظت واحد، برای مشخص کردن مقدار VOCهای کل موجود در هوا، به کار می‌رود. این مقدار، مقدار TVOC نامیده می‌شود (به بندهای ۱۱-۳ و ۱۳ مراجعه شود). باید تأکید کرد که مقدار TVOC این چنین بدست آمده، به نمونه برداری و روش‌های تجزیه‌ای مورد استفاده، بستگی دارد و بنابراین، باید با در نظر گرفتن توصیف کامل این روش‌ها، تفسیر شود.

۴ اصول آزمون

حجم مشخصی از هوای نمونه، از طریق یک (یا چند) لوله جاذب حاوی جاذب Tenax TA[®] از هوای اتاق، محفظه آزمون انتشار (استاندارد ISO 16000-9 را ببینید) یا سل آزمون انتشار (استاندارد ISO 16000-10 را ببینید) جمع‌آوری می‌شود. ترکیبات آلی فرار (VOCs) توسط لوله جاذب بازدار می‌شوند و سپس ترکیبات در آزمایشگاه آنالیز می‌شوند. VOCهای جمع‌آوری شده، توسط گرما و جذب می‌شوند و از طریق تله سرد یا تله جاذب تحت گاز حامل بی‌اثر به کروماتوگراف گازی مجهز به یک ستون یا ستون‌های موئین و آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و/یا طیف‌سنج جرمی (MS) منتقل می‌شوند.

۵ مواد و/یا واکنشگرها

- ۱-۵ ترکیبات آلی فرار، با خلوص کروماتوگرافی، برای کالیبراسیون
- ۲-۵ حلال رقیق‌سازی، برای تهیه محلول مخلوط کالیبراسیون برای اسپایک مایع، با خلوص کروماتوگرافی، عاری از ترکیباتی که همراه ترکیب (ترکیبات) مورد نظر شویس شوند.

یادآوری- در اکثر موارد سودمند است که از حلال رقیقی که به طور قابل ملاحظه‌ای فرارتر از VOCهای مورد آنالیز باشد، استفاده شود. معمولاً متانول این معیار را برآورده می‌کند. داده‌های سلامتی و ایمنی مربوط به ترکیبات آلی، برای مثال در برگه‌های ایمنی بین‌المللی مواد شیمیایی (ICSCs)^۲ ارائه شده است.

- ۳-۵ جاذب Tenax TA[®]، ذراتی با اندازه ۰٫۱۸ mm تا ۰٫۶۰ mm (با اندازه مش ۳۰ تا ۸۰)

1 - Total volatile organic compounds(TVOCs)

2 - International chemical safety cards (ICSCs)

جاذب Tenax TA[®]، یک پلیمر متخلخل بر پایه ماده ۲،۶-دی‌فنیل‌اکسید است. این جاذب‌های تولید شده شامل مقادیری از ناخالصی است که باید قبل از استفاده از آن‌ها برای نمونه‌برداری VOC، حذف شوند. در عملیات پاکسازی باید Tenax TA[®] را جهت تثبیت شرایط جاذب تحت جریان یک گاز حامل خالص قرار داد. شرایط پاکسازی را به گونه‌ای انتخاب کنید که ساختار پلیمر تخریب نشود. به طور مثال دمای ۳۰۰ °C برای لوله‌های به مدت ۱۰ ساعت با استفاده از نرخ جریان گاز حامل ۵۰ ml/min تا ۱۰۰ ml/min برای لوله‌های نمونه‌برداری پر شده. جاذب‌های Tenax TA[®] از قبل تمیز شده، را در لوله‌های نمونه‌برداری که به صورت محکم درزبندی شدند، بسته‌بندی کرده و در یک ظرف عاری از انتشار و بسته نگهداری کنید. موفقیت روند پاکسازی را با انجام آنالیز جاذب تمیز شده، بررسی کنید.

یادآوری- لوله‌های جاذب از پیش پر شده، تمیز و پوشش‌دار به‌طور تجاری در دسترس هستند.

۴-۵ اتمسفر استاندارد، با غلظت‌های مشخصی از ترکیبات موردنظر که با روشی شناخته شده، آماده شده است. روش‌های شرح داده شده در استانداردهای ملی ایران شماره ۱۱۰۵۱ (مرجع ۱ پیوست ۳ را ببینید) و ۱۳۶۳۲ (مرجع ۲ پیوست ۳ را ببینید)، برای این منظور مناسب هستند. اتمسفرهای استاندارد معادل، با غلظت حدود $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را تهیه کنید. اگر روش کار مذکور تحت شرایطی که گفته شده برای اندازه‌گیری غلظت‌های بسیار ناچیز، برای ساخت محلول‌های استاندارد اولیه از نظر جرم و/یا حجم به کار نرود یا اگر بی‌اثر بودن شیمیایی را نمی‌توان ضمانت کرد، غلظت‌ها باید با استفاده از یک روش کار مستقل تأیید شوند.

۵-۵ لوله‌های جاذب استاندارد، این لوله‌ها با اسپایک کردن اتمسفرهای استاندارد (بند ۴-۵) بارگذاری شده، با عبور حجم مشخصی از اتمسفر استاندارد از میان لوله جاذب به عنوان مثال به‌وسیله یک پمپ آماده می‌شوند.

حجم اتمسفر نمونه‌برداری شده نباید از حجم شکست ترکیب آنالیت- جاذب تجاوز کند. پس از بارگذاری، اتصال را قطع کرده و لوله را درزبندی کنید. استانداردهای تازه را با هر دسته از نمونه‌ها، آماده کنید. برای هوای داخلی و هوای محفظه آزمون، لوله‌های جاذب را برای مثال با حجم ۱۰۰ ml، ۲۰۰ ml، ۴۰۰ ml، ۱ l، ۲ l، ۴ l یا ۱۰ l از اتمسفر استاندارد انتخاب شده با غلظت $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بارگذاری کنید.

۶-۵ محلول‌های مخلوط کالیبراسیون برای اسپایک مایع

۱-۶-۵ کلیات، زمان‌های ذخیره‌سازی پایدار و ایمن محلول‌های مخلوط کالیبراسیون باید تعیین شوند. بنابراین، محلول‌های استاندارد باید به‌صورت تازه تهیه شوند به خصوص اگر نشانه‌ای از خراب شدن نمونه‌ها، به عنوان مثال واکنش بین الکل‌ها و کتون‌ها مشاهده شود. غلظت‌های محلول کالیبراسیون مناسب با توجه به سطوح آنالیت هدف مورد انتظار، در هر دسته از نمونه‌ها، تغییر می‌کند. مثال‌هایی از آماده‌سازی محلول برای محدوده‌ای از کاربردها در بندهای ۲-۶-۵ تا ۶-۶-۵ ارائه می‌شود.

۲-۶-۵ محلول حاوی هر ترکیب مایع با غلظت حدود $10 \text{ mg}/\text{ml}$ ، ۵۰ ml از حلال رقیق‌سازی را به یک بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ ml انتقال دهید. به درستی حدود ۱ g از ماده یا مواد موردنظر را به بالن حجم‌سنجی

۱۰۰ ml منتقل کنید، از ماده با حداقل مواد فرار شروع کنید. با حلال رقیق‌سازی تا خط نشانه به حجم برسانید، درپوش را قرار داده، تکان دهید تا مخلوط شود.

۳-۶-۵ محلول حاوی هر ترکیب مایع با غلظت حدود ۱۰۰۰ µg/ml، ۵۰ ml از حلال رقیق‌سازی را به بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ ml منتقل کنید. ۱۰ ml از محلول بند ۵-۶-۲ را به آن اضافه کرده و با حلال رقیق‌سازی تا خط نشانه به حجم برسانید، درپوش را قرار داده، تکان دهید تا مخلوط شود.

۴-۶-۵ محلول حاوی هر ترکیب مایع با غلظت حدود ۱۰۰ µg/ml، ۵۰ ml از حلال رقیق‌سازی را به بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ ml منتقل کنید. ۱۰ ml از محلول بند ۵-۶-۳ را به آن اضافه کرده و با حلال رقیق‌سازی تا خط نشانه به حجم برسانید. درپوش را قرار داده، تکان دهید تا مخلوط شود.

۵-۶-۵ محلول حاوی هر ترکیب مایع با غلظت حدود ۱۰ µg/ml، ۵۰ ml از حلال رقیق‌سازی را به بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ ml منتقل کنید. ۱۰ ml از محلول بند ۵-۶-۴ را به آن اضافه کرده و با حلال رقیق‌سازی تا خط نشانه به حجم برسانید. درپوش را قرار داده، تکان دهید تا مخلوط شود.

۶-۶-۵ محلول حاوی هر ترکیب مایع با غلظت حدود ۱ µg/ml، ۵۰ ml از حلال رقیق‌سازی را به بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ ml منتقل کنید. ۱۰ ml از محلول بند ۵-۶-۵ را به آن اضافه کرده و با حلال رقیق‌سازی تا خط نشانه به حجم برسانید. درپوش را قرار داده، تکان دهید تا مخلوط شود.

۷-۵ لوله‌های جاذب استاندارد اسپایک شده، این لوله‌ها از طریق تزریق قسمتی از محلول‌های استاندارد بر روی لوله‌های جاذب تمیز، تهیه می‌شوند.

انتهای لوله جاذب نمونه‌برداری با واحد تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) گرم نشده منطبق می‌شود (بند ۶-۱۰) که از طریق آن گاز پاکسازی بی‌اثر با سرعت ۱۰۰ ml/min عبور داده می‌شود و ۱ µl تا ۵ µl از محلول استاندارد مناسب از میان درپوش غشایی^۱ تزریق می‌شود. بعد از ۵ دقیقه، لوله جدا شده و درزبندی می‌شود. لوله‌های استاندارد را به صورت تازه با هر مجموعه نمونه تهیه کنید.

وقتی اجزا در فاز بخار به بستر جاذب می‌رسند، وارد کردن استانداردهای مایع، به داخل لوله‌های جاذب از طریق یک تزریق‌کننده GC، روشی بهینه برای ورود استاندارد مایع است. به‌طور جایگزین، استانداردهای مایع ممکن است با استفاده از یک سرنگ، به صورت مستقیم در بستر جاذب وارد شوند (بند ۶-۳). مخلوط‌های کالیبراسیون باید در شرایط دمای محیط کنترل شده، آماده‌سازی شوند. بنابراین، قبل از استفاده، محلول‌ها را تعدیل^۲ کنید.

یادآوری ۱- هنگام آماده‌سازی لوله‌های استاندارد دارای آنالیت‌های SVOC، اگر آرایش تزریق‌کننده به نوک سرنگ اجازه دهد که تماس آهسته‌ای با نگه‌دارنده جاذب (برای مثال توری یا لعاب) در داخل لوله داشته باشد، انتقال مؤثر افزایش می‌یابد.

یادآوری ۲- لوله‌های استاندارد حاوی VVOCها معمولاً از اتمسفرهای استاندارد (بندهای ۵-۴ و ۵-۵ را ببینید) یا از استانداردهای گاز غلیظ شده، با منبع تجاری، تهیه می‌شوند. برای استانداردهای گاز غلیظ شده بهتر است که از طریق یک تزریق‌کننده GC حرارت داده نشده، به انتهای لوله‌های جاذب نمونه‌برداری در جریان از گاز حامل وارد شوند.

1 - Septum

2 - Temper

یادآوری ۳- اگر لوله‌های استاندارد با وارد کردن قسمت‌هایی از بیش از یک محلول یا گاز استاندارد، آماده‌سازی شوند، مناسب‌تر است، ابتدا استاندارد حاوی اجزای با نقطه جوش بالاتر وارد شود و استاندارد دارای سبک‌ترین اجزا، آخر وارد شوند. این کار، خطر شکست آنالیت در طی فرایند بارگذاری لوله استاندارد را به حداقل می‌رساند.

۸-۵ لوله‌های استاندارد تجاری از پیش بارگذاری شده، این لوله‌های تایید شده، قابل دسترس می‌باشند و برای انجام کنترل کیفیت تجزیه‌ای و کالیبراسیون روزانه می‌توانند استفاده شوند.

۹-۵ گاز حامل بی‌اثر، برای مثال هلیوم، آرگون و نیتروژن. خلوص گاز حامل باید اجازه آشکارسازی یک تزریق 0.5 ng تولوئن را بدهد.

هشدار- کیفیت گاز حامل، بسیار مهم است، چون احتمالاً وجود آلاینده‌های موجود در گازها، سبب غنی شدن تله سرد همراه با مواد آنالیز شده، می‌شود.

۶ وسایل

از وسایل معمول آزمایشگاهی و ظروف شیشه‌ای به همراه وسایل زیر استفاده کنید:

۱-۶ لوله‌های جاذب، از جنس فولاد زنگ‌نزن یا شیشه، شامل حداقل 200 mg جاذب $\text{Tenax TA}^{\text{®}}$ (بند ۵-۳) با سرپوش‌های پیچی فلزی و بست‌هایی از جنس پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE)^۱

لوله‌هایی با قطر خارجی 6.4 mm ، قطر داخلی 5 mm و طول 89 mm مناسب هستند و در بسیاری از واجذب‌های گرمایی تجاری استفاده می‌شوند. از پشم شیشه غیرفعال یا مکانیسم‌های مناسب دیگر، مانند لعاب فولاد زنگ‌نزن، هم می‌توانید برای حفظ جاذب در لوله استفاده کنید.

لوله‌های جاذب از پیش تمیز شده حاوی $\text{Tenax TA}^{\text{®}}$ ، به صورت تجاری در دسترس هستند. به‌طور جایگزین، لوله‌های جاذب می‌توانند در آزمایشگاه به صورت زیر پر شوند.

مقدار مناسبی از جاذب سطحی را با استفاده از حداقل 200 mg جاذب در هر لوله به منظور حفظ ظرفیت جذب سطحی، وزن کنید. برای بسته‌بندی لوله، یک توپی از پشم شیشه غیرفعال یا یک توری از جنس فولاد زنگ‌نزن را در یک انتهای لوله قرار دهید. در صورت نیاز، به کمک مکش، جاذب را به درون لوله منتقل کنید. پس از جاذب، یک توپی یا توری دیگر قرار دهید تا جاذب را در لوله نگه‌دارد.

یادآوری- حجم شکست در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴، پیوست ب، تعیین می‌شود. حجم‌های شکست، متناسب با ابعاد لوله نمونه‌برداری و مقدار جاذب هستند. به طور تخمینی، با دو برابر کردن طول بستر، در حالی که قطر لوله ثابت است، مقدار حجم نمونه‌برداری ایمن (SSV)^۲ دوبرابر می‌شود.

۲-۶ اتصال‌های لوله جاذب، برای نمونه‌برداری، دو لوله جاذب، با استفاده از درپوش پیچی فلزی جفت شده با بستنی از جنس PTFE، به صورت سری متصل می‌شوند.

۳-۶ سرنگ‌های دقیق، با قابلیت خواندن حداقل $0.1 \mu\text{l}$

1 - Polytetrafluoroethene (PTFE)

2 - Safe sampling volume (SSV)

۴-۶ پمپ نمونه برداری، پمپ مورد استفاده باید مطابق الزامات استاندارد ASTM D3686 (مرجع ۱۰ پیوست ث) یا EN 1232 (مرجع ۱۱ پیوست ث) باشد.

۵-۶ لوله گذاری، از جنس پلی اتیلن (PE)^۱ یا پلی تترافلورواتیلن (PTFE) با قطر مناسب که برای اطمینان از نشتی نداشتن پمپ و لوله نمونه استفاده می شوند.

لوله های نمونه برداری نباید با لوله های پلاستیکی بالادست جاذب، استفاده شوند. مزاحمت های ناشی از لوله گذاری می توانند آلاینده ها را وارد کنند.

۶-۶ کالیبره کننده جریان سنج، حباب سنج یا هر وسیله مناسب دیگر برای کالیبراسیون جریان گاز.
۷-۶ سیستم کروماتوگرافی گازی (GC)، مجهز به یک آشکارساز یونیزاسیون شعله ای و/یا آشکارساز طیف سنج جرمی با قابلیت آشکارسازی حداقل ۱ ng تولوئن با نسبت سیگنال به نویز حداقل ۵ به ۱ در یک تزریق است.

۸-۶ ستون موئینه، یک ستون موئینه GC مناسب، برای جداسازی آنالیت ها در نمونه، انتخاب می شود. ستون های حاوی ۱۰۰٪ دی متیل پلی سیلوکسان پیوند شده با ابعاد ۳۰ m × ۶۰ m، قطر داخلی ۰٫۲۵ mm تا ۰٫۳۲ mm و ضخامت فاز ۰٫۲۵ μm تا ۰٫۵ μm، مثال هایی از ستون های تأیید شده اند که برای آنالیز VOC هوای داخلی، با آزمون انتشار به روش محفظه (مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۹-۱۰۸۴۷) و آزمون انتشار به روش اتاقل (مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۱۰۸۴۷) مناسب می باشند.

یادآوری - یک ستون دی متیل پلی سیلوکسان، برای مثال یک ستون HP-1^۲، با برنامه دمایی مشخص، ۳- کارن را از ۲- اتیل-۱- هگزانول جدا نمی کند و هم چنین متا و پارا- زایلین را نیز جداسازی نمی کند.

۹-۶ دستگاه واجذب گرمایی، برای دومرحله واجذب گرمایی از لوله های جاذب و انتقال بخارهای واجذب شده از طریق جریان گاز بی اثر در دستگاه کروماتوگرافی گازی می باشد.

یک دستگاه معمولی، دارای مکانیسمی برای نگهداری لوله های واجذب شده در حالی که تحت گرما قرار می گیرند و به طور همزمان با گاز حامل بی اثر پاکسازی می شود، می باشد. دما و زمان واجذب مانند نرخ جریان گاز حامل، قابل تنظیم است. دستگاه ممکن است همچنین دارای ویژگی های دیگر مانند بارگذاری لوله نمونه خودکار، آزمون نشت و یک تله سرد یا دستگاه های مناسب دیگر برای تغلیظ نمونه واجذب شده باشد. نمونه واجذب شده موجود در گاز پاکسازی، از طریق مسیر انتقال حرارت، به دستگاه GC و ستون موئین منتقل می شود.

۱۰-۶ وسیله تزریق، برای آماده سازی استانداردها با اسپایک مایع (اختیاری). برای آماده سازی استانداردهای کالیبراسیون یک واحد تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی متداول یا دستگاه معادل، ممکن

1 - Polyethylene

۲- HP-1 نام تجاری محصول تولید شده توسط شرکت Agilent می باشد. این اطلاعات برای سهولت استفاده کاربران این استاندارد است و محصول نام برده، مورد تأیید این استاندارد ملی نیست.

است به کار رود، که ممکن است به صورت در محل^۱ و یا به شکل جداگانه سوار شده باشد. توصیه می‌شود برای از بین بردن خطر انتقال حرارت به لوله و خطر مربوط به تخریب^۲ آنالیت، تزریق کننده، حرارت داده نشود. توصیه می‌شود در صورت ضرورت، برای متناسب بودن لوله نمونه، قسمت پشتی واحد تزریق با آن سازگار شود. این عمل با استفاده از جفت شدن^۳ فشاری با یک درزبند واشر^۴ به راحتی انجام می‌شود.

یادآوری - هنگام آماده‌سازی لوله‌های استاندارد حاوی آنالیت‌های SVOC، اگر وضعیت تزریق کننده، به نوک سرنگ اجازه دهد که اتصال ملائیمی با مکانیسم حفظ جاذب (برای مثال، توری یا لعاب) درون لوله، ایجاد کند، انتقال مؤثر، افزایش می‌یابد.

۱۱-۶ کالیبراسیون پمپ، پمپ را با استفاده از یک وسیله اندازه‌گیری خارجی کالیبره شده مناسب، با لوله جاذب سوار شده در خط، کالیبره نمایید.

۷ تثبیت شرایط و ذخیره‌سازی لوله‌های جاذب

۱-۷ تثبیت شرایط

قبل از هر نمونه‌برداری، شرایط لوله‌های جاذب از پیش تمیز شده را به مدت ۱۰ دقیقه در دمای $300 \pm C$ تحت گاز حامل بی‌اثر با نرخ جریان ۵۰ ml/min تا ۱۰۰ ml/min تثبیت کنید تا مواد آلی فرار ناچیزی که ممکن است در لوله به دام افتاده باشند از بین بروند. با استفاده از پارامترهای تجزیه‌ای معمول، تعدادی نماینده از لوله‌های تثبیت شرایط شده را برای مقدار شاهد، آنالیز کنید تا اطمینان حاصل کنید شاهد واجدبی گرمایی، به اندازه کافی، کوچک است. اگر پیک‌های محصول، بیشتر از ۱۰٪ مساحت پیک معمولی آنالیت‌های مورد نظر نباشد، مقدار شاهد لوله جاذب، قابل قبول است. اگر شاهد غیر قابل قبول باشد، لوله‌ها را با تکرار روش تثبیت شرایط، دوباره تثبیت شرایط کنید. اگر پس از تکرار روش تثبیت شرایط، شاهد هنوز غیر قابل قبول باشد، لوله‌ها باید دوباره پر شوند (روش آزمون بند ۶-۱ را ببینید).

۲-۷ نگهداری لوله‌های جاذب تثبیت شرایط شده قبل از نمونه‌برداری

لوله‌های جاذب تثبیت شرایط شده را با درپوش پیچی فلزی مجهز به بست PTFE درزبندی کرده و در ظرفی عاری از انتشار، در دمای اتاق نگهداری کنید. از لوله‌های نمونه‌برداری تثبیت شرایط شده، در طی ۴ هفته استفاده کنید. بعد از این مدت (۴ هفته)، قبل از نمونه‌برداری، لوله‌ها را دوباره تثبیت شرایط کنید.

۸ نمونه‌برداری

۱-۸ نمونه‌برداری از هوای داخلی

خط نمونه‌برداری را سوار کنید. چنانچه به‌منظور اطمینان از این‌که حجم شکست برای یک لوله و آنالیت موردنظر، بیشتر نمی‌شود، بیش از یک لوله استفاده می‌شود، یک مجموعه لوله را با اتصال لوله‌ها در

1 - in situ
2 - Breakthrough
3 - Coupling
4- O- ring

مجموعه‌هایی با یک اشتراک آماده کنید (بند ۶-۲). پمپ را به لوله جاذب یا مجموعه لوله با لوله‌هایی از جنس PE یا PTEF متصل کنید. پمپ را روشن کرده و نرخ جریان نمونه‌برداری یا قرائت ثابت^۱ را یادداشت و ثبت کنید، زمان شروع، دما و در صورت لزوم برای محاسبه، فشار اتمسفر را نیز یادداشت کنید. نرخ جریان نمونه‌برداری مناسب، در محدوده ۵۰ ml/min تا ۲۰۰ ml/min است. در پایان دوره نمونه‌برداری، نرخ جریان یا قرائت ثابت را یادداشت و ثبت کنید. پمپ را خاموش کرده و زمان، دما و در صورت لزوم فشار اتمسفر را یادداشت و ثبت کنید. لوله نمونه‌برداری را از خط نمونه‌برداری جدا کرده و دو انتهای آن را با استفاده از اتصالات درپوش پیچی با بست PTFE درزبندی کنید.

اگر نرخ جریان نمونه‌برداری با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری جریان یکپارچه، برای مثال، یک جریان‌سنج جرمی، تعیین شود، لوله نمونه‌برداری را به خط نمونه‌برداری متصل کرده و پمپ را روشن کنید و زمان و نرخ جریان یا قرائت ثابت را یادداشت و ثبت کنید. دما و در صورت لزوم فشار اتمسفر را یادداشت و ثبت کنید. نرخ جریان نمونه‌برداری مناسب، در محدوده ۵۰ ml/min تا ۲۰۰ ml/min است. در پایان دوره نمونه‌برداری، نرخ جریان یا قرائت ثابت را یادداشت و ثبت کنید، پمپ را خاموش کرده و زمان خاموش شدن پمپ را یادداشت و ثبت کنید. لوله نمونه‌برداری را از خط نمونه‌برداری جدا کرده و دو انتهای آن را با استفاده از اتصالات درپوش پیچی با بست PTFE درزبندی کنید.

نمونه‌برداری از هوای داخلی باید با در نظر گرفتن جنبه‌های کلی راهبرد نمونه‌برداری به صورت مشخص شده در استاندارد ISO 16000-1 انجام شود.

اگر آزمون‌گر، ضروری بداند، برای مثال تا قادر باشد زمان‌های نمونه‌برداری را طولانی‌تر کند، نرخ‌های جریان نمونه‌برداری، کمتر از ۵۰ ml/min ممکن است استفاده شوند.

۸-۲ نمونه‌برداری از هوای محفظه آزمون

خط نمونه‌برداری را سوار کنید. اگر نرخ جریان نمونه‌برداری با یک کالیبره‌کننده، تعیین می‌شود، پمپ را روشن کنید، نرخ جریان نمونه‌برداری را یادداشت و ثبت کنید. نرخ جریان نمونه‌برداری مناسب، در محدوده ۵۰ ml/min تا ۲۰۰ ml/min است. هنگام نمونه‌برداری از یک محفظه انتشار، جریان نمونه‌برداری نباید از ۸۰٪ نرخ جریان هوای محفظه، بیشتر شود. لوله نمونه‌برداری را به خروجی محفظه آزمون یا دریچه^۲ نمونه‌برداری دیگر محفظه آزمون انتشار، وصل کنید. زمان اتصال لوله را یادداشت و ثبت کنید. دما و در صورت لزوم فشار اتمسفر را یادداشت و ثبت کنید. در پایان دوره نمونه‌برداری، لوله نمونه‌برداری را از دریچه محفظه نمونه‌برداری، جدا کرده، زمان جدا کردن را یادداشت و ثبت کنید، تعیین جریان نمونه‌برداری را تکرار کنید و پمپ را خاموش کنید. لوله نمونه‌برداری را از خط نمونه‌برداری جدا کرده و دو انتهای آن را با استفاده از اتصالات درپوش پیچی با بست PTFE درزبندی کنید.

اگر نرخ جریان نمونه‌برداری با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری جریان یکپارچه، برای مثال، یک جریان‌سنج جرمی، تعیین شود، لوله نمونه‌برداری را به خط نمونه‌برداری و سپس دریچه محفظه

1 - Register

2 - Port

نمونه‌برداری، وصل کنید، پمپ را روشن کرده و زمان و نرخ جریان یا قرائت ثبات را یادداشت و ثبت کنید. دما و در صورت لزوم فشار اتمسفر را یادداشت و ثبت کنید. نرخ جریان نمونه‌برداری مناسب، در محدوده ۵۰ ml/min تا ۲۰۰ ml/min است. در پایان دوره نمونه‌برداری، نرخ جریان یا قرائت ثبات را یادداشت و ثبت کنید، پمپ را خاموش کرده و زمان خاموش شدن پمپ را یادداشت و ثبت کنید. لوله نمونه‌برداری را از خط نمونه‌برداری جدا کرده و دو انتهای آن را با استفاده از اتصالات درپوش پیچی با بست PTFE درزبندی کنید.

۳-۸ حجم‌های نمونه‌برداری

SSV ها، یعنی مقادیر گازی که بدون تخریب VOC ها می‌تواند نمونه‌برداری شود، در پیوست ب فهرست شده‌اند. به طور کلی، حجم‌های نمونه‌برداری مناسب، برای لوله‌های نمونه‌برداری دارای ۲۰۰ mg از Tenax TA[®]، هنگام نمونه‌برداری VOC ها از هوای داخلی غیر صنعتی، ۱ l تا ۵ l می‌باشد. در اندازه‌گیری‌های انتشار مواد، نوع و عمر مواد، عامل بارگذاری و نرخ تبادل هوا در محفظه، حجم‌های نمونه‌برداری مناسب را مشخص می‌کند. به طور کلی، حداکثر حجم نمونه‌برداری توصیه شده، ۵ l می‌باشد. حجم نمونه‌برداری تا غلظت‌های مورد انتظار، تنظیم می‌شود. هنگام نمونه‌برداری غلظت‌های ناشناخته، توصیه می‌شود که حداقل سه نمونه موازی با حجم‌های نمونه‌برداری متفاوت برداشته شوند. اگر نتیجه تجزیه‌ای به حجم نمونه‌برداری وابسته نباشد، هیچ گونه تخریب آنالیت‌ها رخ نداده است.

۴-۸ نگهداری نمونه‌های بارگذاری شده

لوله‌های نمونه‌برداری بارگذاری شده باید به طور محکم بسته شده و در ظرف بدون انتشار در دمای اتاق پیرامون، نگهداری شود. اثر ذخیره‌سازی هوای داخلی یا محفظه بر VOC بارگذاری شده، شناخته شده نیست، اگرچه چندین داده (پیوست پ را ببینید) نشان می‌دهد که ممکن است در طول چند ماه در دمای اتاق ثابت باشند. برای جلوگیری از تغییرات ممکن، توصیه می‌شود نمونه‌ها تا حد امکان، سریع، و ترجیحاً در چهار هفته پس از جمع‌آوری، آنالیز شوند.

۵-۸ شاهد‌های میدانی

شاهد‌های میدانی باید لوله‌های نمونه‌برداری Tenax TA[®] یکسان با لوله‌های مورد استفاده برای نمونه‌برداری VOC داشته باشند. این لوله‌ها، به جز برای دوره واقعی نمونه‌برداری، مانند لوله‌های نمونه، در معرض همان روش جابه‌جایی در میدان قرار می‌گیرند. شاهد‌های میدانی در توالی با نمونه‌های واقعی باید نشانه‌گذاری، نگهداری و آنالیز شوند. در یک سلسله عملیات اندازه‌گیری، حدود ۱۰٪ نمونه‌های آنالیز شده باید شاهد‌های میدانی باشند. اگر تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده، کم باشد، حداقل یک شاهد میدانی باید آماده‌سازی و آنالیز شود.

برای آنالیز، ترکیبات آلی فرار، به صورت گرمایی از لوله‌های نمونه‌برداری واجذب می‌شوند. با استفاده از ستون‌های موئینه در دستگاه کروماتوگرافی گازی، VOCهای مجزا را جدا کنید و با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و طیف‌سنج جرمی (MS) یا تنها با طیف‌سنج جرمی، آشکارسازی کنید. طیف‌سنج جرمی می‌تواند برای شناسایی و کمی‌سازی ترکیبات استفاده شود، در حالی که آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای به تنهایی، فقط برای کمی‌سازی ترکیبات به کار می‌رود.

هنگامی که آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای و طیف‌سنج جرمی، هم‌زمان برای آنالیز، استفاده می‌شوند، آشکارسازها می‌توانند هر دو با یک دستگاه کروماتوگرافی گازی یا با دو دستگاه متفاوت منطبق شوند. در مورد دوم، پارامترهای تزریق و جداسازی نمونه یکسان، برای تولید کروماتوگرام‌های قابل مقایسه، باید در هر دو دستگاه استفاده شوند.

هنگامی که کمی‌سازی با استفاده از آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای انجام می‌گیرد، مخلوط‌های استاندارد کالیبراسیون با غلظت‌های متفاوت یا حداقل یک کالیبره‌کننده تک سطح، برای بررسی عملکرد سیستم، با هر مجموعه از نمونه‌ها باید آنالیز شود.

هنگامی که طیف‌سنج جرمی برای کمی‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد، حداقل سه، یا بهتر، پنج یا هفت، غلظت‌های متفاوت از مخلوط‌های استاندارد کالیبراسیون برای به روز کردن کالیبراسیون، با هر مجموعه از نمونه‌ها، باید آنالیز شود.

استانداردهای داخلی برای مثال ترکیبات به صورت ایزوتوپی نشان‌دار شده، ممکن است برای کنترل عملکرد نمونه‌برداری و آنالیز استفاده شود.

۲-۹ واجذب گرمایی

زمان واجذب و نرخ جریان گاز واجذب را به گونه‌ای انتخاب کنید که اثربخشی واجذب برای اکتادکان بهتر از ۹۵٪ باشد. تعیین اثربخشی واجذب در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ بیان می‌شود.

شرایط واجذب معمولی برای آنالیز VOC با استفاده از یک تله سرد ثانویه و لوله نمونه‌برداری دارای mg ۲۰۰ تا ۲۵۰ mg جذب Tenax TA® در جدول ۱ فهرست شده است:

اگر جاذب‌های مختلف در لوله نمونه استفاده شود، ممکن است به دماهای واجذب جایگزین نیاز باشد (برای مثال، برای آنالیز VVOCها، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ یا پیوست ت یا برای بازیابی کمی SVOCها). اگر یک دمای واجذب متفاوت استفاده شود، در گزارش آزمون، باید شرح داده شود.

جدول ۱- شرایط واجذب معمولی برای آنالیز VOC

| | |
|---|---------------------|
| ۲۶۰ °C تا ۲۸۰ °C | دمای واجذب |
| ۵ دقیقه تا ۱۵ دقیقه | زمان واجذب |
| ۳۰ ml/min تا ۵۰ ml/min | نرخ جریان گاز واجذب |
| ۲۶۰ °C تا ۳۰۰ °C | دمای بالای تله سرد |
| ۳۰ °C تا ۲۰ °C | دمای پایین تله سرد |
| Tenax TA [®] | جاذب تله سرد |
| ۱۵۰ °C تا ۲۲۵ °C | دمای خط انتقال |
| توصیه می‌شود نسبت‌های تقسیم بین لوله نمونه و تله ثانویه و بین تله ثانویه و ستون تجزیه‌ای (اگر کاربردی باشد) بسته به غلظت اتمسفر مورد انتظار، انتخاب شود. (راهنمای مربوط به سازنده دستگاه واجذب گرمایی را ببینید). | نسبت‌های تقسیم |

یادآوری - ترکیبات آلی فرارتر VVOCs می‌توانند از طریق تله سرد، تحت این شرایط شکسته شوند و با آنالیز، به صورت کمی تعیین نمی‌شوند (پیوست ت را برای کسب اطلاعات در مورد چگونگی آنالیز VVOC و SVOC به صورت کمی، ببینید). جاذب‌ها و شرایط تجزیه‌ای جایگزین برای تطابق با محدوده گسترده‌تری از ترکیبات، در بند ۶-۱ پیوست ت فهرست شده است.

۳-۹ برنامه دمایی

هنگامی که آنالیز مخلوط‌های مواد، نشان‌دهنده تفاوت‌های بزرگ در نقاط جوش و قطبیت است، برنامه دمایی ستون تجزیه‌ای مورد نیاز است تا تفکیک خوبی در حداقل زمان، به دست آید.

۴-۹ آنالیز نمونه‌ها

ترجیحاً طی چهار هفته بعد از نمونه‌برداری، آنالیز نمونه‌های VOC را انجام دهید. شاهد‌های میدانی و استانداردهای مناسب را در توالی با نمونه‌ها، آنالیز کنید. VOCها را با طیف‌سنج جرمی شناسایی کنید و آن‌ها را با استفاده از کروماتوگرام آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای یا طیف‌سنج جرمی کمی‌سازی کنید.

۱۰ شناسایی VOC های منفرد

برای شناسایی VOC های منفرد و غیرهدف، نمونه‌ها را با آشکارساز MS در حال عملیات در حالت پوشش آنالیز کنید. VOC های منفرد آشکار شده در نمونه، را با استفاده از طیف‌سنج جرمی، کروماتوگرام یونی کل و زمان بازداری هر ترکیب شناسایی کنید. کروماتوگرام یونی کل را با طیف‌های جرمی ترکیبات خالص یا طیف‌های جرمی جمع‌آوری شده (کتابخانه‌ای) در دسترس تجاری، مقایسه کنید. کتابخانه‌هایی که توسط کاربر ایجاد می‌شود نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. مشابهت زمان بازداری با زمان بازداری ترکیب

مورد استفاده برای کالیبراسیون در یک ستون منفرد نباید منحصر به عنوان دلیل شناسایی، در نظر گرفته شود.

در صورت امکان، بسیاری از ترکیبات، به ویژه آن‌هایی که ۱۰ تا از بلندترین پیک‌ها را نشان می‌دهند و آن‌هایی که غلظت بالاتر از $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ دارند، را شناسایی کنید. فهرستی از VOCها که طبق تجربه در هنگام چاپ این استاندارد، به صورت مکرر، در هوای داخلی با آن‌ها مواجه شده و از مواد، منتشر شده‌اند در پیوست الف، ارائه می‌شود. در صورتی که مجموع سطح زیر پیک‌های کروماتوگرافی VOCهای شناسایی شده، متناظر با حداقل دو سوم سطح کل زیر تمام پیک‌ها در کروماتوگرام شوینده بین و دارای نرمال‌هگزان تا نرمال‌هگزادکان باشد، سطح رضایت‌بخش شناسایی به دست می‌آید.

حالت پایش یون انتخابی (SIM)^۱ عملیات طیف‌سنج جرمی نیز ممکن است استفاده شود. انتخاب آن به عهده آزمون‌گر که باید از تفاوت‌های بین پایش یون انتخابی و حالت‌های پویش، آگاه باشد، واگذار می‌شود.

۱۱ غلظت آنالیت‌ها در هوای نمونه برداری شده

۱-۱۱ کلیات

ترکیبات شناسایی شده با استفاده از ضرایب پاسخ مجزا، هنگامی که ترکیب مرجع آن‌ها در دسترس باشد، کمی‌سازی می‌شوند. در موارد دیگر، کمی‌سازی، به صورت هم‌ارز تولوئن، گزارش می‌شود. ترکیبات شناسایی نشده با استفاده از ضریب پاسخ تولوئن، کمی‌سازی می‌شوند.

۲-۱۱ ترکیبات آلی فرار (VOC)

ضرایب پاسخ ترکیبات ویژه و خطی بودن FID و MS برای ترکیبات موردنظر، با کالیبره کردن سیستم تجزیه‌ای با محلول‌های استاندارد (بندهای ۵-۵، ۵-۶-۵، ۳-۶-۵، ۴-۶-۵، ۵-۶-۵، ۶-۶-۵، یا ۹-۵) تعیین می‌شوند. با استفاده از حداقل سه غلظت متفاوت در محدوده خطی (استفاده از ۵ یا ۷ غلظت متفاوت بهتر است)، یک منحنی کالیبراسیون آماده کنید. پایین‌ترین غلظت مورد استفاده برای کالیبراسیون باید کمترین غلظت نمونه یا کمتر از آن باشد.

سطح زیر پیک‌های کروماتوگرام VOC منفرد، متناسب با جرم ترکیب تزریق شده می‌باشد. برای هر ترکیب، رابطه بین جرم آنالیت تزریق شده و سطح زیر پیک مربوطه تعیین می‌شود. شیب منحنی کالیبراسیون در محدوده خطی، ضریب پاسخ VOC مورد مطالعه است.

$$A_{St} = b_{St} m_{St} + c_{St} \quad (1)$$

که در آن:

A_{St} سطح زیر پیک آنالیت در کروماتوگرام استاندارد، بر حسب واحدهای سطح؛

b_{St} شیب منحنی کالیبراسیون؛

m_{St} جرم آنالیت در استاندارد بر حسب نانوگرم؛

c_{St} عرض از مبدأ منحنی کالیبراسیون، چنانچه منحنی کالیبراسیون از مبدأ صفر عبور کند $c_{St} = 0$ است. جرم آنالیت، m_A ، موجود در نمونه با استفاده از ضریب پاسخ آنالیت، از روی سطح زیر پیک آشکارساز، برحسب نانوگرم، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$m_A = \frac{A_A}{b_{St}} - c_A \quad (2)$$

که در آن:

A_A سطح زیر پیک آنالیت در کروماتوگرام نمونه، بر حسب واحدهای سطح؛
 b_{St} شیب منحنی کالیبراسیون؛
 c_A عرض از مبدأ منحنی کالیبراسیون، چنانچه منحنی از مبدأ صفر عبور کند $c_A = 0$ است.

غلظت جرمی VOC های شناسایی شده در نمونه هوا، ρ_A ، برحسب میکروگرم بر مترمکعب، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$\rho_A = \frac{m_A - m_{A0}}{V} \quad (3)$$

که در آن:

m_A جرم آنالیت موجود در لوله نمونه برداری، برحسب نانوگرم؛
 m_{A0} جرم آنالیت موجود در لوله شاهد، برحسب نانوگرم؛
 V حجم نمونه برداری، بر حسب لیتر می‌باشد.

در صورت لزوم، غلظت‌ها در دمای $23 \pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ و فشار 101.3 kPa تنظیم شده و غلظت جرمی VOC های شناسایی شده در نمونه هوا با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$\rho_{A;101.3;296} = \rho_A \frac{101.3(t + 273)}{p \cdot 296} \quad (4)$$

که در آن:

P فشار واقعی هوای نمونه برداری شده، برحسب کیلوپاسکال؛
 t دمای واقعی هوای نمونه برداری شده، برحسب درجه سلسیوس؛
 ترکیبات شناسایی نشده در نمونه با استفاده از ضریب پاسخ کالیبراسیون برای تولوئن کمی‌سازی می‌شوند.

۳-۱۱ ترکیبات آلی فرار کل (TVOCs)

غلظت TVOC به صورت زیر تعیین می‌شود.

کل مساحت کروماتوگرام بین نرمال‌هگزان و نرمال‌هگزادکان را در نظر بگیرید. با استفاده از ضریب پاسخ تولوئن، مساحت را به واحدهای جرم تولوئن، تبدیل کنید. با استفاده از رابطه ۳، غلظت جرمی TVOC را در

هوای نمونه برداری شده محاسبه کنید. با در نظر گرفتن زمینه^۱، مقدار TVOC لوله شاهد را با استفاده از همین روش محاسبه کنید و مقدار بدست آمده را از نتیجه TVOC نمونه، کم کنید تا یک مقدار TVOC تصحیح شده به دست آید.

پارامترهای «تنظیم طیف‌های استاندارد» یا پارامترهای آشکارساز MS معادل، باید هنگام استفاده از آشکارساز MS برای این هدف، تنظیم شود. در غیر این صورت، استفاده از یک آشکارساز FID ترجیح داده می‌شود.

یادآوری ۱- این پیشنهادات در جهت بهبود قابلیت مقایسه نتایج TVOC، ارائه می‌شود.

یادآوری ۲- TVOC تعیین شده بر حسب هم‌ارزهای تولوئن، نیمه کمی است، زیرا ضرایب پاسخ ترکیبات مجزا در مخلوط می‌توانند به صورت گسترده نسبت به ضریب پاسخ تولوئن متفاوت باشند.

۴-۱۱ ترکیبات SVOC و VVOC مشاهده شده خارج از محدوده TVOC

به دست آوردن اطلاعات، در مورد دیگر ترکیبات آلی موجود در هوای داخلی و یا مواد منتشر شده از محصولات درون هوای محفظه آزمون، نه تنها برای تعیین VOC، بلکه برای داشتن اطلاعاتی راجع به VVOC و SVOC، یعنی ترکیبات آلی شویش شده قبل از نرمال هگزان و بعد از نرمال هگزادکان، مناسب می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، به پیوست ت مراجعه کنید.

۱۲ مشخصه‌های عملکرد

قبل از استفاده از این روش، توصیه می‌شود مشخصه‌های عملکرد آن، مطابق با استاندارد ISO/IEC Guide 98-3 (مرجع ۹ پیوست ث) تعیین شود. این تعیین به عنوان یک حداقل، باید شامل برآورد مؤلفه‌های عدم قطعیت منابع زیر باشد:

الف) نمونه برداری:

(۱) جریان،

(۲) زمان،

(۳) دما،

(۴) فشار،

(۵) کارایی نمونه برداری؛

ب) یکپارچگی نمونه برداری:

(۱) اندازه و پایداری،

(۲) پایداری شاهد؛

پ) کارایی واجذبی؛

(ت) کالیبراسیون:

(۱) استانداردها،

(۲) عدم تناسب تابع کالیبراسیون؛

(ث) آنالیز:

(۱) تکرارپذیری،

(۲) سطح شاهد؛

(ج) اثرات محیطی:

(۱) دمای نمونه‌برداری،

(۲) رطوبت نمونه‌برداری،

(۳) مزاحمت‌ها؛

(چ) تکرارپذیری میدانی؛

(ح) روش‌های محفظه:

(۱) تبادل هوا،

(۲) آماده‌سازی نمونه.

درستی و تکرارپذیری روش اندازه‌گیری، عوامل مهمی هستند که باید به منظور ارزیابی نتایج و تناسب روش، در راستای اهداف مورد نظر، تعیین شود. درستی روش اندازه‌گیری VOC را در صورتی می‌توان تعیین کرد که اتمسفرهای سطح مشخص (میکروگرم‌ها بر مترمکعب) را بتوان به طور قابل اعتمادی، ایجاد نمود. این کار نسبتاً مشکل است و بنابراین، بیشتر محققین، تنها تکرارپذیری روش اندازه‌گیری‌شان را با نمونه‌برداری تکرار شده از یک اتمسفر ثابت تعیین می‌کنند.

در یک مطالعه از بوتادین‌های کلردار شده در هوای داخلی، عدم قطعیت نتایج اندازه‌گیری، بر اساس اصول استاندارد ISO/IEC Guide 98-3 (مرجع ۹ پیوست ث) ارزیابی شد. عدم قطعیت نسبی ترکیب، برای اندازه‌گیری هگزاکلوروبوتادین در سطح کسر حجمی $10^{-9} \times 0.6$ ، $\pm 12\%$ بود و عدم قطعیت نسبی بسط یافته (در سطح اطمینان 95%)، $\pm 23\%$ بود.

تکرارپذیری نمونه‌برداری هیدروکربن‌های غیرقطبی از اتمسفرهای سیلندر شامل شش VOC گزارش شده است (مرجع ۱۷ پیوست ث را ببینید). برای نمونه‌های I ۲، تکرارپذیری برای جاذب Tenax TA[®]، کمتر از 10% و برای نمونه‌های I ۰/۵، 12% بود.

یادآوری- در آزمون انتشار مواد، مقایسه‌های بین آزمایشگاهی جهت ارزیابی هماهنگی بین آزمایشگاههایی که مسئول آزمون‌های تعیین مشخصات انتشار VOCها از مواد و محصولات داخلی هستند، سازماندهی شد. نتایج این مقایسات داخلی منتشر شده است (مراجع ۱۸ و ۱۹ پیوست ث را ببینید).

۱۳ کنترل کیفیت

سطح مناسبی از کنترل کیفیت باید بکار برده شود که شامل تصدیق زیر است.

۱۳-۱ شاهد‌های میدانی، مطابق با بند ۸-۵ تهیه شده است.

- ۱۳-۲ سطح شاهد لوله جاذب، در صورتی قابل قبول است که پیک‌های ناشناخته^۱، بیشتر از ۱۰٪ سطح زیر پیک‌های نوعی آنالیت‌های موردنظر نباشد.
- ۱۳-۳ کارایی واجذبی VOCها می‌تواند مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ تعیین شود و باید بهتر از ۹۵٪ باشد. برخی توصیه‌های دیگر در مورد بررسی کارایی واجذبی در بند ت-۵-۲ ارائه می‌شود.
- ۱۳-۴ کارایی جمع‌آوری را می‌توان با استفاده از لوله‌های پشتیبان (مکمل) یا گرفتن نمونه‌ها از حجم‌های نمونه‌برداری مختلف، کمتر از حجم نمونه‌برداری ایمن، کنترل کرد.
- ۱۳-۵ تکرارپذیری روش اندازه‌گیری، برای مثال با استفاده از جمع‌آوری و آنالیز نمونه‌های تکراری، تعیین شده است. توصیه می‌شود نمونه‌های تکراری در ۱۵٪ موارد موافق باشند.
- نشان داده شده است که بازیابی هیدروکربن‌های شویش شده در محدوده کروماتوگرافی نرمال‌هگزان تا نرمال‌هگزادکان، بهتر از ۹۵٪ می‌باشد.

۱۴ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

- ۱۴-۱ روش آزمون استفاده شده مطابق این روش آزمون؛
- ۱۴-۲ هدف اندازه‌گیری‌ها؛
- ۱۴-۳ شرح مکان نمونه‌برداری؛
- ۱۴-۴ زمان و تاریخ نمونه‌برداری؛
- ۱۴-۵ شرایط نمونه‌برداری (دما، رطوبت نسبی)؛
- ۱۴-۶ شرح کامل روش انجام نمونه‌برداری؛
- ۱۴-۷ شرح کامل روش انجام تجزیه‌ای؛
- ۱۴-۸ آشکارسازی و محدودیت‌های تعیین کمیت روش تجزیه‌ای؛
- ۱۴-۹ غلظت‌های ترکیبات شناسایی شده که شامل اصول محاسبه و کالیبراسیون مورد استفاده است؛
- ۱۴-۱۰ عدم قطعیت نتایج گزارش شده.
- نتایج می‌تواند با غلظت جرمی TVOC_{FID} یا TVOC_{MS} در هم‌ارزهای تولوئن، کامل شود.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال‌هایی از ترکیبات آشکارسازی شده در هوای داخلی و ناشی از محصولات ساختمانی در محفظه‌های آزمون

جدول الف-۱- مثال‌هایی از ترکیبات آشکارسازی شده در هوای داخلی و ناشی از محصولات ساختمانی در محفظه‌های آزمون (مراجع ۲۰ و ۲۱ پیوست ث)

| نقطه جوش □ C | ترکیبات شیمیایی |
|------------------------|-------------------------------|
| هیدروکربن‌های آروماتیک | |
| ۱۷۶ | ۳،۲،۱-تری‌متیل‌بنزن |
| ۱۹۷ | ۵،۴،۲،۱-تترامتیل‌بنزن |
| ۱۶۹ | ۴،۲،۱-تری‌متیل‌بنزن |
| ۱۶۵ | ۵،۳،۱-تری‌متیل‌بنزن |
| ۲۰۳ | ۳،۱-دی‌ایزوپروپیل‌بنزن |
| ۲۰۳ | ۴،۱-دی‌ایزوپروپیل‌بنزن |
| | ۱-متیل-۲-پروپیل‌بنزن |
| ۱۷۵ | ۱-متیل-۳-پروپیل‌بنزن |
| ۱۷۵ | ۱-پروپنیل‌بنزن |
| ۱۶۵ | ۲-اتیل‌تولوئن |
| ۱۶۲ | ۳-اتیل‌تولوئن / ۴-اتیل‌تولوئن |
| ۱۲۳ | ۲-فنیل‌اکتان |
| ۲۵۱ ^a | ۴-فنیل‌سیکلو‌هگزان |
| | ۵-فنیل‌دکان |
| | ۵-فنیل‌اندکان |
| ۱۶۵ | α -متیل‌استایرن |
| ۸۰ | بنزن |
| ۱۳۶ | اتیل‌بنزن |
| ۱۴۴ | اتیل‌بنزن / اتینیل‌بنزن |
| ۱۵۲ | ایزوپروپیل‌بنزن |
| ۱۶۹/۱۶۸ | متا- / پارا- متیل‌استایرن |
| ۱۳۸/۱۳۹ | متا- / پارا- زایلن |
| ۲۱۸ | نفتالن |
| ۱۸۳ | نرمال بوتیل‌بنزن |
| ۱۵۹ | نرمال پروپیل‌بنزن |

جدول الف - ۱ - ادامه

| نقطه جوش □C | ترکیبات شیمیایی |
|---|---|
| ۱۷۱ | اورتو- متیل استایرن |
| ۱۴۴ | اورتو- زایلن |
| ۱۴۵ | استایرن |
| ۱۱۱ | تولوئن |
| هیدروکربن‌های آلیفاتیک n-C₆ تا n-C₁₆ | |
| ۱۷۱ | ۱- دکن |
| ۱۲۱ | ۱- اکتن |
| ۱۷۸ | ۲،۲،۴،۶،۶- پنتامتیل هپتان |
| | ۲،۴،۶- تری متیل اکتان |
| ۹۰ | ۲- متیل هگزان |
| ۱۶۷ | ۲- متیل نونان |
| ۱۴۳ | ۲- متیل اکتان |
| ۶۰ ^b | ۲- متیل پنتان |
| ۱۵۹ | ۳،۵- دی متیل اکتان |
| ۹۲ | ۳- متیل هگزان |
| ۱۴۳ | ۳- متیل اکتان |
| ۶۳ ^b | ۳- متیل پنتان |
| ۱۸۹ | ۴- متیل دکان |
| ۲۱۶ | ایزودودکان |
| ۱۷۴ | نرمال دکان |
| ۲۱۶ | نرمال دودکان |
| ۹۸ | نرمال هپتان |
| ۲۸۷ | نرمال هگزادکان |
| ۶۹ | نرمال هگزان |
| ۱۵۱ | نرمال نونان |
| ۱۲۵ | نرمال اکتان |
| ۲۷۱ | نرمال پنتادکان |
| ۲۵۴ | نرمال تترادکان |
| ۲۳۵ | نرمال تری دکان |
| ۱۹۶ | نرمال آندکان |
| سیکلوآلکان‌ها | |
| ۱۲۴ | ۱،۴- دی متیل سیکلو هگزان |
| ۱۶۷ | ۱- متیل -۴- متیل اتیل سیکلو هگزان (سیس / ترانس) |
| ۸۱ | سیکلو هگزان |

جدول الف-۱- ادامه

| نقطه جوش □C | ترکیبات شیمیایی |
|---------------------------------|---|
| ۱۰۱ | متیل سیکلو هگزان |
| ۷۲ | متیل سیکلو پنتان |
| ترین ها | |
| ۲۷۵ | β - کاربوفیلین |
| ۱۵۶ | α - پینن |
| ۱۶۴ | β - پینن |
| ۱۶۷ | ۳- کارن |
| ۲۶۲ | α - سدرن |
| ۱۵۸ | کامفن |
| ۱۷۶ | لیمونن |
| ۲۵۴ | لانگیفولن |
| ۱۵۰ تا ۱۸۰ | ترینتین |
| الکل ها | |
| ۱۱۸ | ۱- بوتانول |
| ۱۵۸ | ۱- هگزانول |
| ۱۹۴ | ۱- اکتانول |
| ۱۳۷ | ۱- پنتانول |
| ۹۷ | ۱- پروپانول |
| ۱۸۲ | ۲- اتیل-۱- هگزانول |
| ۱۰۸ | ۲- متیل- ۱- پروپانول (ایزوبوتانول) |
| ۸۲ | ۲- متیل- ۲- پروپانول |
| ۸۲ | ۲- پروپانول |
| ۲۶۵ | ۴،۲- دی- ترشیو- بوتیل- ۴- متیل فنول (BHT) |
| ۱۶۱ | سیکلو هگزانول |
| ۱۸۲ | فنول |
| ۲۵۴ | ۴،۲،۲- تری متیل- ۱،۳- پنتان دی ال ایزوبوتیرات |
| گلیکول ها و گلیکول اترها | |
| ۱۱۸ | ۱- متوکسی ۲- پروپانول |
| ۱۷۱ | ۲- بوتوکسی اتانول |
| ۲۳۱ | ۲- بوتوکسی اتوکسی اتانول |
| ۱۳۶ | ۲- اتوکسی اتانول |
| ۱۲۵ | ۲- متوکسی اتانول |
| ۲۴۵ | ۲- فنوکسی اتانول |
| ۲۳۵ | ۳- فنیل- ۱- پروپانول |

جدول الف - ۱ - ادامه

| نقطه جوش □C | ترکیبات شیمیایی |
|-------------------------------------|--|
| ۲۳۰ | ۲- (۲- بوتوکسی اتوکسی) اتانول |
| ۸۵ | دی متوکسی اتان |
| ۴۲ ^b | دی اتوکسی متان |
| ۱۸۹ | پروپیلن گلیکول |
| آلدهیدها | |
| ۱۰۴ | ۲- بوتنال |
| | ۲- دکنال |
| ۱۶۳ | ۲- اتیل هگزانال |
| ۱۶۲ | ۲- فوران کربوکسالدهید |
| ۹۰ تا ۹۱ در فشار ۵۰ میلی متر جیوه | ۲- هپتنال (سیس / ترانس) |
| ۱۰۰ تا ۱۰۲ در فشار ۱۵ میلی متر جیوه | ۲- نونال |
| ۱۱۵ تا ۱۲۵ | ۲- پنتنال |
| | ۲- آندکنال |
| ۲۱ ^b | استالدهید |
| ۱۷۹ | بنز آلدهید |
| ۷۶ | |
| ۲۰۸ | دکانال |
| ۱۵۳ | هپتانال |
| ۱۲۹ | هگزانال |
| ۱۹۰ | نونال |
| ۱۷۱ | اکتانال |
| ۱۰۳ | پنتانال |
| ۴۹ ^b | پروپانال |
| کتون ها | |
| ۸۰ | ۲- بوتانون (متیل اتیل کتون) |
| ۱۶۳ | ۲- متیل سیکلو هگزانون |
| ۱۳۹ | ۲- متیل سیکلو پنتانون |
| ۹۵ | ۳- متیل - ۲- بوتانون |
| ۱۱۷ | ۴- متیل - ۲- پنتانون (متیل ایزوبوتیل کتون) |
| ۲۱۴ | ۳،۵،۵- تری متیل سیکلو هگز - ۲- انون |
| ۵۶ ^b | استون |
| ۲۰۲ | استوفنون |
| ۱۵۵ | سیکلو هگزانون |
| ۱۳۰ | سیکلو پنتانون |

جدول الف-۱- ادامه

| نقطه جوش □C | ترکیبات شیمیایی |
|--------------------|-----------------------------|
| هالوکربن‌ها | |
| ۱۳۰ | ۱،۱،۱،۲- تتراکلرواتان |
| ۱۴۶ | ۱،۱،۲،۲- تتراکلرواتان |
| ۷۴ | ۱،۱،۱- تری کلرواتان |
| ۱۱۴ | ۲،۱،۱- تری کلرواتان |
| ۸۴ | ۲،۱- دی کلرواتان |
| ۱۷۳ | ۴،۱- دی کلروبنزن |
| ۷۶ | کربن تتراکلرید |
| ۱۳۱ | کلروبنزن |
| ۴۰ ^b | دی کلرومتان |
| ۱۲۱ | تتراکلرواتان |
| ۸۷ | تری کلرواتن |
| اسیدها | |
| ۱۶۴ | ۲،۲- دی‌متیل پروپانویک اسید |
| ۱۱۸ | استیک اسید |
| ۱۶۳ | بوتیریک اسید |
| ۲۲۳ | هپتانوئیک اسید |
| ۳۵۰ | هگزادکانوئیک اسید |
| ۲۰۲ | هگزانوئیک اسید |
| ۱۵۳ | ایزوبوتیریک اسید |
| ۲۴۰ | اکتانوئیک اسید |
| ۱۸۶ | پنتانوئیک اسید |
| ۱۴۱ | پروپانوئیک اسید |
| استرها | |
| ۱۵۶ | ۲- اتوکسی اتیل استات |
| ۱۹۸ | ۲- اتیل هگزیل استات |
| ۱۴۵ | ۲- متوکسی اتیل استات |
| ۱۹۲ | بوتوکسی اتیل استات |
| ۱۲۶ | بوتیل استات |
| ۱۰۷ | بوتیل فرمات |
| ۷۷ | اتیل استات |
| ۱۰۰ | اتیل آکریلات |
| ۱۱۸ | ایزوبوتیل استات |
| ۹۰ | ایزوپروپیل استات |

جدول الف-۱- ادامه

| نقطه جوش □C | ترکیبات شیمیایی |
|--|--|
| ۲۲۰ | لینالول استات |
| ۸۱ | متیل آکریلات |
| ۱۰۰ | متیل متاکریلات |
| ۱۰۲ | پروپیل استات |
| ۲۸۱ | ۴،۲،۲-تری متیل پنتان دیول دی ایزوبوتیرات |
| ۷۲ ^b | وینیل استات |
| ۳۴۰ | دی بوتیل فتالات |
| ۲۸۴ | دی متیل فتالات |
| ترکیبات دیگر | |
| ۱۰۱ | ۴،۱-دی اکسان |
| ۲۰۲ | ۱، متیل - ۲- پیرو لیدینون |
| بیشتر از ۱۲۰ | ۲- پنتیل فوران |
| ۱۸۴ | آنیلین |
| ۲۶۷ | کاپرولاکتام |
| ۱۸۲ | ایندن |
| ۲۱۱ | نیتروبنزن |
| ۱۱۶ | پیریدین |
| ۶۷ ^b | تترا هیدرو فوران |
| <p>یادآوری ۱- حجم های نمونه برداری ایمن برای بخارات آلی در پیوست ب ارائه شده است.</p> <p>یادآوری ۲- هنگام آنالیز VOC هایی که قبل از نرمال هگزان، شویس می شوند جاذب های مکمل ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ را می توان به کار برد.</p> | |
| <p>^a مقدار ۱- فنیل سیکلو هگزان</p> <p>^b ترکیباتی با نقاط جوش پایین تر از هگزان به طور کمی با جاذب Tenax TA[®] هنگام استفاده از اندازه لوله نمونه برداری و حجم های نمونه برداری توصیه شده در این استاندارد بازدارد نمی شوند.</p> | |

پیوست ب

(اطلاعاتی)

حجم‌های نمونه‌برداری صحیح برای بخارات آلی انتخابی جمع شده روی جاذب Tenax TA®

جدول ب-۱ اطلاعاتی در مورد حجم‌های بازداري برون‌یابی شده و SSVها برای بخارات آلی نمونه‌برداری شده در دمای ۲۰ °C روی لوله حاوی ۲۰۰ g جاذب Tenax TA® ارائه می‌دهد (مراجع ۱۲، ۱۵، ۲۲ و ۲۳ پیوست ت را ببینید).

جدول ب-۱- حجم‌های نمونه‌برداری صحیح برای بخارات آلی نمونه‌برداری شده روی جاذب Tenax TA®

| ترکیب آلی | نقطه جوش °C | فشار بخار (۲۵ °C) kPa | حجم نسبی I | SSV I | SSV بر گرم l/g | دمای واجذب °C |
|---------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| هیدروکربن‌ها | | | | | | |
| هگزان | ۶۹ | ۱۶ | ۶٫۴ | ۳٫۲ | ۱۶ | ۱۱۰ |
| هپتان | ۹۸ | ۴٫۷ | ۳٫۴ | ۱٫۷ | ۸۵ | ۱۳۰ |
| اکتان | ۱۲۵ | ۱٫۴ | ۱٫۶۰ | ۰٫۸۰ | ۳۹۰ | ۱۴۰ |
| نونان | ۱۵۱ | ۰٫۵ | ۱۴۰۰ | ۷۰۰ | ۳۵۰۰ | ۱۵۰ |
| دکان | ۱۷۴ | ۰٫۱۳ | ۴۲۰۰ | ۲۱۰۰ | $۱٫۰ \times ۱۰^۴$ | ۱۶۰ |
| آندکان | ۱۹۶ | ۰٫۱۴ | $۲٫۵ \times ۱۰^۴$ | $۱٫۲ \times ۱۰^۴$ | $۶٫۰ \times ۱۰^۴$ | ۱۷۰ |
| دودکان | ۲۱۶ | ۰٫۰۴ | $۱٫۲۶ \times ۱۰^۵$ | $۶٫۳ \times ۱۰^۴$ | $۳٫۰ \times ۱۰^۵$ | ۱۸۰ |
| بنزن | ۸۰ | ۱۰٫۱ | ۱۳ | ۶٫۲ | ۳۱ | ۱۲۰ |
| تولوئن | ۱۱۱ | ۲٫۹ | ۷۶ | ۳۸ | ۱۹۰ | ۱۴۰ |
| زایلین | ۱۳۸ تا ۱۴۴ | ۰٫۶۷ تا ۰٫۸۷ | ۶۰۰ | ۳۰۰ | ۱۵۰۰ | ۱۴۰ |
| اتیل‌بنزن | ۱۳۶ | ۰٫۹۳ | ۳۶۰ | ۱۸۰ | ۹۰۰ | ۱۴۵ |
| پروپیل‌بنزن | ۱۵۹ | ۰٫۳ | ۱۷۰۰ | ۸۵۰ | ۴۰۰۰ | ۱۶۰ |
| ایزوپروپیل‌بنزن | ۱۵۲ | ۰٫۴ | ۹۶۰ | ۴۸۰ | ۲۴۰۰ | ۱۶۰ |
| اتیل‌تولوئن | ۱۶۲ | - | ۲۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۵۰۰۰ | ۱۶۰ |
| تری‌متیل‌بنزن | ۱۶۵ تا ۱۷۶ | ۰٫۱۵ تا ۰٫۲ | ۳۶۰۰ | ۱۸۰۰ | ۸۹۰۰ | ۱۷۰ |
| استایرن | ۱۴۵ | ۰٫۸۸ | ۶۰۰ | ۳۰۰ | ۱۵۰۰ | ۱۶۰ |
| متیل‌استایرن | ۱۶۷ | ۰٫۳ | ۲۴۰۰ | ۱۲۰۰ | ۶۰۰۰ | ۱۷۰ |
| هیدروکربن‌های کلردار شده | | | | | | |
| کربن تتراکلرید | ۷۶ | ۱۲ | ۱۲ | ۶٫۲ | ۳۱ | ۱۲۰ |
| ۲،۱-دی‌کلرواتان | ۸۴ | ۸٫۴ | ۱۱ | ۵٫۴ | ۲۷ | ۱۲۰ |
| ۱،۱،۱-تری‌کلرواتان | ۷۴ | ۲٫۷ | روی جاذب Tenax TA® توصیه نمی‌شود | | | |
| ۲،۱،۱-تری‌کلرواتان | ۱۱۴ | ۲٫۵ | ۶۸ | ۳۴ | ۱۷۰ | ۱۲۰ |

جدول ب- ۱- ادامه

| ترکیب آلی | نقطه جوش □C | فشار بخار (۲۵ □C) kPa | حجم نسبی I | SSV I | SSV بر گرم I/g | دمای واجذب □C |
|------------------------------|----------------|-----------------------------|--|----------|-------------------|------------------|
| -۲،۱،۱،۱ تتراکلرواتان | ۱۳۰ | ۰،۶ تا ۰،۷ | ۱۶۰ | ۷۸ | ۳۹۰ | ۱۵۰ |
| -۲،۲،۱،۱ تتراکلرواتان | ۱۴۶ | ۰،۶۷ | ۳۴۰ | ۱۷۰ | ۸۵۰ | ۱۵۰ |
| تری کلرواتیلن | ۸۷ | ۲،۷ | ۱۱،۲ | ۵،۶ | ۲۸ | ۱۲۰ |
| تتراکلرواتیلن | ۱۲۱ | ۱،۸۷ | ۹۶ | ۴۸ | ۲۴۰ | ۱۵۰ |
| کلروبنزن | ۱۳۱ | ۱،۲ | ۵۲ | ۲۶ | ۱۳۰ | ۱۴۰ |
| استرها و گلیکول اترها | | | | | | |
| اتیل استات | ۷۱ | ۹،۷ | ۷،۲ | ۳،۶ | ۱۸ | ۱۲۰ |
| پروپیل استات | ۱۰۲ | ۳،۳ | ۳۶ | ۱۸ | ۹۲ | ۱۴۰ |
| ایزوپروپیل استات | ۹۰ | ۶،۳ | ۱۲ | ۶ | ۳۱ | ۱۲۰ |
| بوتیل استات | ۱۲۶ | ۱،۹ | ۱۷۰ | ۸۵ | ۴۲۰ | ۱۵۰ |
| ایزوبوتیل استات | ۱۱۵ | ۲،۷ | ۲۶۵ | ۱۳۰ | ۶۵۰ | ۱۳۰ |
| ترشیو- بوتیل استات | ۹۸ | - | روی جاذب Tenax TA [®] توصیه نمی شود | | | |
| متیل آکریلات | ۸۱ | ۹ تا ۱۱ | ۱۳ | ۶،۵ | ۳۲ | ۱۲۰ |
| اتیل آکریلات | ۱۰۰ | ۳،۹ | ۴۸ | ۲۴ | ۱۲۰ | ۱۲۰ |
| متیل متاکریلات | ۱۰۰ | ۳،۷ | ۵۵ | ۲۷ | ۱۳۰ | ۱۲۰ |
| متوکسی اتانول | ۱۲۵ | ۰،۸ | ۶ | ۳ | ۱۵ | ۱۲۰ |
| اتوکسی اتانول | ۱۳۶ | ۰،۵۱ | ۱۰ | ۵ | ۲۵ | ۱۳۰ |
| بوتوکسی اتانول | ۱۷۰ | ۰،۱ | ۷۰ | ۳۵ | ۱۷۰ | ۱۴۰ |
| متوکسی پروپانول | ۱۱۸ | ۱،۲ (در دمای ۲۰ □C) | ۲۷ | ۱۳ | ۶۵ | ۱۱۵ |
| متوکسی اتیل استات | ۱۴۵ | ۰،۲۷ | ۱۶ | ۸ | ۴۰ | ۱۲۰ |
| اتوکسی اتیل استات | ۱۵۶ | ۰،۱۶ | ۳۰ | ۱۵ | ۷۵ | ۱۴۰ |
| بوتوکسی اتیل استات | ۱۹۲ | ۰،۰۴ | ۳۰۰ | ۱۵۰ | ۷۵۰ | ۱۶۰ |

جدول ب-۱- ادامه

| ترکیب آلی | نقطه جوش °C | فشار بخار (۲۵ °C) kPa | حجم نسبی I | SSV I | SSV بر گرم I/g | دمای واجذب °C |
|--|----------------|-----------------------------|---------------|----------|-------------------|--|
| آلدهیدها و کتون‌ها | | | | | | |
| ۲- بوتانون (متیل اتیل کتون) | ۸۰ | ۱۰٫۳ | ۶٫۴ | ۳٫۲ | ۱۶ | ۱۲۰ |
| متیل ایزوبوتیل کتون | ۱۱۸ | ۰٫۸ | ۵۲ | ۲۶ | ۱۳۰ | ۱۴۰ |
| سیکلو هگزانون | ۱۵۵ | ۰٫۴۵ | ۳۴۰ | ۱۷۰ | ۸۵۰ | ۱۵۰ |
| ۳،۵،۵- تری متیل سیکلو هگز- ۲- انون | ۲۱۴ | ۰٫۰۵ | ۱۱۰۰۰ | ۵۶۰۰ | ۲۸۰۰۰ | ۹۰ |
| فوفورال | ۱۶۲ | ۰٫۵ | ۶۰۰ | ۳۰۰ | ۱۵۰۰ | ۲۰۰ |
| الکل‌ها | | | | | | |
| نرمال بوتانول | ۱۱۸ | ۰٫۶۷ | ۱۰ | ۵ | ۲۵ | ۱۲۰ |
| ایزوبوتانول | ۱۰۸ | ۱٫۶ | ۵٫۶ | ۲٫۸ | ۱۴ | ۱۲۰ |
| ترشیو- بوتانول | ۸۳ | ۱٫۱۷ | | | | روی جاذب Tenax TA [®] توصیه نمی‌شود |
| اکتانول | ۱۸۰ | کمتر از ۰٫۱ | ۲۸۰۰ | ۱۴۰۰ | ۷۰۰۰ | ۱۶۰ |
| فنل | ۱۸۲ | ۰٫۰۳ | ۴۸۰ | ۲۴۰ | ۱۲۰۰ | ۱۹۰ |
| ترکیبات دیگر | | | | | | |
| پیریدین | ۱۱۶ | ۱۶ | ۸ | ۴۰ | ۱۵۰ | - |
| آنیلین | ۱۸۴ | ۰٫۰۹ | ۴۴۰ | ۲۲۰ | ۱۱۰۰ | ۱۹۰ |
| نیتروبنزن | ۲۱۱ | ۰٫۰۲ | ۲۸۰۰۰ | ۱۴۰۰۰ | ۷۰۰۰۰ | ۲۰۰ |

پیوست پ

(اطلاعاتی)

بازیابی نگه‌داری حلال‌های روی لوله‌های جاذب Tenax TA®

جدول پ-۱ اطلاعاتی در مورد بازیابی نگه‌داری حلال‌های روی لوله‌های جاذب Tenax TA® (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴) ارائه می‌دهد.

جدول پ-۱- بازیابی حلال پس از ذخیره‌سازی آن روی لوله‌های جاذب Tenax TA®

| زمان ذخیره‌سازی ۱۱ ماه | | زمان ذخیره‌سازی ۵ ماه | | بارگذاری µg | ترکیب آلی |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| دقت (ضریب تغییر) % | بازیابی میانگین % | دقت (ضریب تغییر) % | بازیابی میانگین ^a % | | |
| هیدروکربن‌ها | | | | | |
| ۲۶٫۱ | ۱۰۰٫۸ | ۱۷٫۹ | ۹۳٫۶ | ۷٫۸ | هگزان |
| ۱٫۳ | ۱۰۰٫۰ | ۲٫۱ | ۹۹٫۵ | ۸٫۴ | هپتان |
| ۰٫۵ | ۱۰۰٫۰ | ۱٫۸ | ۱۰۰٫۱ | ۸٫۶ | اکتان |
| ۰٫۴ | ۱۰۱٫۰ | - | - | ۱۲٫۰ | نونان |
| ۰٫۵ | ۱۰۰٫۲ | ۱٫۵ | ۱۰۰٫۴ | ۹٫۲ | دکان |
| ۰٫۲ | ۱۰۰٫۲ | ۱٫۵ | ۱۰۰٫۷ | ۹٫۱ | آندکان |
| ۰٫۴ | ۱۰۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱۰۱٫۸ | ۹٫۹ | دودکان |
| ۰٫۸ | ۹۸٫۶ | ۲٫۰ | ۹۸٫۷ | ۱۱٫۰ | بنزن |
| ۰٫۶ | (۱۰۰٫۰) | ۱٫۸ | (۱۰۰٫۰) | ۱۰٫۹ | تولوئن |
| ۰٫۷ | ۹۹٫۸ | ۱٫۷ | ۹۹٫۹ | ۵٫۳ | پارا- زایلن |
| ۰٫۷ | ۹۸٫۸ | ۱٫۷ | ۱۰۰٫۰ | ۱۱٫۰ | اورتو- زایلن |
| ۱٫۳ | ۹۷٫۹ | ۰٫۴ | ۹۹٫۶ | ۱۰٫۰ | اتیل بنزن |
| ۰٫۷ | ۹۸٫۵ | ۱٫۵ | ۹۹٫۷ | ۱۰٫۵ | پروپیل بنزن |
| ۱٫۳ | ۹۷٫۲ | ۱٫۸ | ۹۸٫۹ | ۱۰٫۹ | ایزوپروپیل بنزن |
| ۱٫۲ | ۹۶٫۹ | ۱٫۷ | ۹۸٫۸ | ۱۰٫۵ | متا + پارا- اتیل تولوئن |
| ۰٫۷ | ۹۸٫۹ | ۱٫۶ | ۱۰۰٫۱ | ۵٫۴ | اورتو- اتیل تولوئن |
| ۰٫۵ | ۹۹٫۱ | ۱٫۳ | ۱۰۰٫۱ | ۱۰٫۸ | ۴،۲،۱- تری‌متیل بنزن |
| ۰٫۵ | ۹۹٫۱ | ۱٫۵ | ۱۰۰٫۰ | ۱۰٫۷ | ۵،۳،۱- تری‌متیل بنزن |
| ۰٫۸ | ۱۰۱٫۳ | ۰٫۵ | ۱۰۱٫۶ | ۱۰٫۲ | تری‌متیل بنزن |

جدول پ-۱- ادامه

| زمان ذخیره‌سازی ۱۱ ماه | | زمان ذخیره‌سازی ۵ ماه | | بارگذاری µg | ترکیب آلی |
|--|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| دقت (ضریب تغییر) % | بازیابی میانگین % | دقت (ضریب تغییر) % | بازیابی میانگین ^a % | | |
| استرها و گلیکول اترها | | | | | |
| ۲/۵ | ۱۰۰/۰ | ۱/۰ | ۹۷/۶ | ۱۰/۳ | اتیل استات |
| ۰/۸ | ۹۹/۱ | ۱/۷ | ۱۰۰/۵ | ۱۰/۹ | پروپیل استات |
| ۱/۴ | ۱۰۰/۰ | ۰/۴ | ۹۷/۰ | ۹/۴ | ایزوپروپیل استات |
| ۰/۶ | ۹۹/۹ | ۱/۶ | ۱۰۰/۳ | ۱۰/۸ | بوتیل استات |
| ۰/۷ | ۹۹/۸ | ۱/۴ | ۱۰۰/۲ | ۱۰/۷ | ایزوبوتیل استات |
| ۱/۶ | ۹۳/۱ | ۵/۷ | ۸۷/۳ | ۸/۹ | متوکسی اتانول |
| ۳/۳ | ۹۷/۲ | ۲/۵ | ۹۷/۶ | ۱۰/۴ | اتوکسی اتانول |
| ۳/۰ | ۱۰۰/۱ | ۴/۱ | ۱۰۰/۶ | ۱۰/۰ | بوتوکسی اتانول |
| ۱/۲ | ۹۹/۰ | ۳/۶ | ۹۵/۳ | ۱۰/۴ | متوکسی پروپانول |
| ۱/۴ | ۹۸/۹ | ۱/۴ | ۱۰۰/۶ | ۱۲/۵ | متوکسی اتیل استات |
| ۲/۶ | ۹۸/۷ | ۲/۲ | ۹۹/۸ | ۱۱/۴ | اتوکسی اتیل استات |
| ۱/۱ | ۹۹/۹ | ۱/۳ | ۱۰۱/۳ | ۱۱/۵ | بوتوکسی اتیل استات |
| آلدهیدها و کتون‌ها | | | | | |
| ۰/۶ | ۹۹/۱ | ۰/۸ | ۹۷/۴ | ۹/۲ | ۲- بوتانون (متیل اتیل کتون) |
| ۰/۵ | ۱۰۰/۷ | ۰/۶ | ۱۰۰/۷ | ۹/۳ | متیل ایزوبوتیل کتون |
| ۰/۶ | ۱۰۰/۷ | ۱/۲ | ۱۰۲/۴ | ۱۰/۹ | سیکلو هگزانون |
| ۱/۳ | ۱۰۱/۱ | ۰/۵ | ۱۰۱/۱ | ۱۰/۷ | ۲- متیل سیکلو هگزانون |
| ۰/۷ | ۱۰۳/۰ | ۱/۰ | ۱۰۳/۶ | ۱۰/۵ | ۳- متیل سیکلو هگزانون |
| ۰/۶ | ۱۰۲/۷ | ۱/۴ | ۱۰۳/۶ | ۱۰/۶ | ۴- متیل سیکلو هگزانون |
| ۱/۲ | ۹۷/۷ | ۰/۹ | ۱۰۱/۴ | ۱۰/۶ | ۵،۵،۳- تری متیل سیکلو هگز- ۲- انون |
| الکل‌ها | | | | | |
| ۱/۲ | ۹۶/۹ | ۳/۰ | ۹۴/۸ | ۹/۰ | بوتانول |
| ۱/۰ | ۹۶/۴ | ۳/۵ | ۹۳/۶ | ۸/۹ | ایزوبوتانول |
| ^a نرمال شده با تولوئن = ۱۰۰ | | | | | |

پیوست ت (اطلاعاتی)

تعیین ترکیبات آلی خیلی فرار و نیمه فرار مرتبط با ترکیبات آلی فرار

ت-۱ مقدمه

این پیوست، روش‌هایی برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری انتشار VVOC و SVOC مرتبط با انتشار VOC از مواد ساختمانی در محفظه‌ها و سلول‌های آزمون، را شرح می‌دهد. ترکیبات VVOC و SVOC، مطابق قرارداد، به صورت ترکیبات شویش شده، به ترتیب، قبل از نرمال‌هگزان و بعد از نرمال‌هگزادکان در یک ستون غیر قطبی (پلی‌دی‌متیل‌سیلوکسان) در نظر گرفته می‌شوند. این پیوست، استفاده از رهنمود ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ در مورد انتخاب و استفاده از جاذب‌های مناسب و شرایط تجزیه‌ای برای محدوده گسترده‌ای از ترکیبات آلی در فاز بخار را فراهم می‌سازد.

ت-۲ اصول آزمون

یک حجم اندازه‌گیری شده از هوا از محفظه یا سل آزمون انتشار، با یک نرخ جریان کنترل شده، از طریق لوله دارای ترکیبی از مواد جاذب آرایش یافته، به منظور افزایش قدرت جاذب پمپ می‌شود. مواد شیمیایی آلی فاز بخار، به صورت انتخابی روی جاذب‌ها هنگام عبور هوا در میان آن، به دام می‌افتند. در طی آنالیز متعاقب، ترکیبات نگه‌داشته شده، با استفاده از گرما و جریان معکوس گاز حامل، از لوله(ها) واجذب می‌شوند. این آنالیت‌های واجذب شده، از طریق یک تله متمرکز در دستگاه GC مجهز به ستون (یا ستون‌های) موئینه و آشکارساز MS، با FID اضافی اختیاری، جایی که شناسایی و اندازه‌گیری می‌شوند، به دام می‌افتند. جزئیات روش نمونه‌برداری و آنالیز VVOC و SVOC مرتبط با VOC به جز آن چه در زیر بیان می‌شود، به صورت مشخص شده در متن اصلی این استاندارد است.

ت-۳ مواد و/یا واکنشگرها

ت-۳-۱ مثال‌هایی از جاذب‌ها

ت-۳-۱-۱ پشم کوارتز یا دانه‌های شیشه/کوارتز^۱، تمیز بوده (یعنی دانه‌ها محصولات قابل توجه از نظر تجزیه‌ای ایجاد نمی‌کنند) و مستعد تشکیل ذره نیست.

ت-۳-۱-۲ Tenax TA[®]، با اندازه ذرات حدود ۰٫۲ mm تا ۰٫۵ mm (مش ۳۵ تا مش ۸۰). Tenax TA[®] یک پلیمر متخلخل، بر پایه ۲، ۶-دی‌فنیل‌اکسید می‌باشد.

ت-۳-۱-۳ ۳-جاذب‌های "کربن سیاه"، مانند Carbopack X[®] یا Carbograph 5 TD[®]، با اندازه ذرات mm ۰٫۲۵ تا ۰٫۵ mm (مش ۴۰ تا مش ۶۰). جاذب‌های کربن آگریز برای VVOC‌های دارای فشار بخار زیر فشارهای معمولی برای هیدرکربن‌های C₄، مناسب هستند.

1 - Glass/ quartz beads

ت-۳-۱-۴ جاذب‌های غربال مولکولی کربن (بسیار قوی)، از این جاذب‌ها همچنین می‌توان در انتهای لوله (که برای نمونه‌برداری استفاده نمی‌شود)^۲ برای به دام انداختن VOCها با فشارهای بخار بالاتر از فشار بخار معمولی برای هیدروکربن‌های C₄ استفاده کرد. با این وجود، توجه کنید که این جاذب‌ها کاملاً آبگریز نیستند. بنابراین، اگر چنین جاذب‌هایی مورد استفاده قرار گیرد، باید لوله‌ها قبل از آنالیز در جهت نمونه‌برداری با عبور هوا خشک شوند.

ت-۳-۲ آماده‌سازی لوله‌های استاندارد

لوله‌های استاندارد با وارد کردن استانداردها با فاز گاز یا مایع در انتهای نمونه‌برداری لوله‌های جاذب تثبیت شرایط شده در جریان ۵۰ ml/min تا ۱۰۰ ml/min گاز حامل به‌صورت شرح داده شده در بند ۴-۵، آماده‌سازی می‌شوند.

استانداردهای مایع، بهتر است در حلالی که توسط قوی‌ترین جاذب موجود در لوله (متانول، نمونه‌ای رایج است) بازدارنی نمی‌شوند یا در حلالی که به آسانی از ترکیبات کلیدی موردنظر، جدا می‌شود (از لحاظ کروماتوگرافی)، آماده‌سازی شوند. اگر در طول افزودن استاندارد مایع، مقدار زیادی از حلال به‌وسیله لوله جاذب بازدارنی شود، حجم تزریق، برای مثال تا ۱ µl یا کمتر، کاهش می‌یابد.

اگر محدوده ترکیبات موردنظر، به استانداردهای فاز گاز و استانداردهای فاز مایع نیاز داشته باشد، بهتر است استاندارد مایع ابتدا وارد شود و در صورت نیاز، حلال پاکسازی شود. سپس، استاندارد فاز گازی باید وارد شود. اطمینان حاصل کنید که در طول افزایش استاندارد، حجم‌های شکست بیشتر نمی‌شود.

ت-۴ وسایل

ت-۴-۱ لوله‌های فولادی زنگ‌نزن، شیشه‌ای یا فولادی دارای پوشش بی‌اثر، پر شده با یک یا چند جاذب. لوله‌ها با ابعاد مشخص شده در بند ۶-۱، ممکن است با سه جاذب، پر شوند تا محدوده فراریت آنالیت هدف را گسترش می‌دهد. چندین جاذب باید به منظور افزایش قدرت جاذب از انتهای نمونه‌برداری لوله، در بسترها (نوارها) مرتب شوند (شکل ت-۱ را ببینید).

جرم ۲۰۰ mg از Tenax TA[®] برای نمونه‌برداری و آنالیز VOC استفاده می‌شود و این مقدار همچنین با اندازه‌گیری کمی کسر فاز-بخار چند ترکیب با نقطه جوش بیشتر، برای مثال تا نقطه جوش n-C₂₂، سازگار است.

یادآوری ۱- چگالی Tenax TA[®]، متغیر است. با این وجود، ۲۰۰ mg از Tenax TA[®]، معمولاً عمق حدود ۴۰ mm در یک لوله فلزی دارای حفره ۵ mm و عمق حدود ۶۰ mm در یک لوله شیشه‌ای دارای حفره ۴ mm را پر می‌کند.

بازیابی مواد نیمه فرار (به ویژه موادی با نقطه جوش بالاتر از n-C₂₂) با جاسازی یک بستر کوتاه (۵ mm) تا

۱ - Carbopack X و Carbopack 5 TD نام‌های تجاری Supelco هستند. این اطلاعات برای سهولت استفاده کاربران از این استاندارد می‌باشد و محصول نام برده، مورد تأیید ISO نیست. اگر بتوان نشان داد که محصولات دیگر همین نتایج را ارائه می‌دهند، می‌توان از آنها استفاده کرد.

۱۰ mm) پشم کوارتز قرار داده شده به صورت آزاد در جلوی ۲۰۰ mg از Tenax TA[®]، آسان می‌شود. نمونه‌برداری کمی و آنالیز VVOC می‌تواند با افزودن ۲۰ mm بستر یک جاذب قوی‌تر مناسب، پس از Tenax TA[®] به دست آید.

یادآوری ۲- انتخاب Carbopack X[®] یا Carbograph 5 TD[®] به عنوان جاذب قوی‌تر، بازداري و آنالیز کمی ترکیبات دارای فراریت به اندازه ۱، ۳- بوتادیان را آسان می‌کند اما آب موجود در هوای محفظه یا سل را ننگه نمی‌دارد.

یادآوری ۳- به طور جایگزین، جاذب‌های حتی قوی‌تر، در دسترس هستند (برای مثال، الک‌های مولکولی کربن) که به ترکیبات فوق- فرار^۱ مانند هیدروکربن‌های C₃ و وینیل کلرید اجازه می‌دهند تا به دام بیفتند. با این وجود، لوله‌های پر شده با چنین جاذب‌های بسیار قوی، مستعد حفظ آب هستند (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ را ببینید) و قبل از آنالیز thermo(TD)-GC/MS(FID)، معمولاً به مرحله پاکسازی خشک دیگری نیاز دارند.

یادآوری ۴- لوله‌های (فلز) از جنس فولاد زنگ‌نزن یا فولاد زنگ‌نزن پوشش‌دار با حفره ۵ mm، دارای ظرفیت برای ۲۰۰ mg Tenax TA[®] و ۲۰ mm جاذب قوی‌تر هستند.

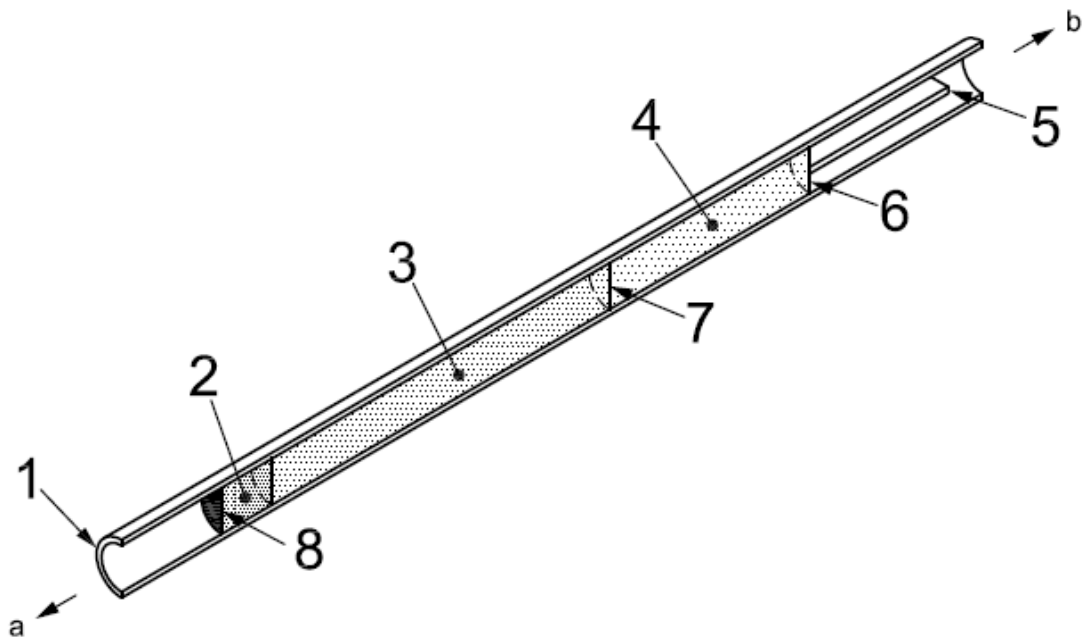
یادآوری ۵- پر کردن یک لوله فلزی با تمام سه جاذب بدون تحت تأثیر قرار دادن قابل توجه جرم Tenax TA[®]، ممکن می‌باشد. یک ترکیب نمونه، این چنین است: پشم کوارتز (۵ mm)، Tenax TA[®] (۱۷۵ mg)، حدود ۳۵ mm و ۲۰ mm از Carbograph 5 TD[®] یا Carbopack X[®]. تمام جاذب‌ها باید در قسمت مرکزی لوله (معمولاً ۶۰ mm) ننگه داشته شوند، یعنی قسمتی که در تماس مستقیم با گرم‌خانه و اجذبی لوله دستگاه است (شکل ت-۱ را ببینید).

یادآوری ۶- توصیه می‌شود تمام لوله‌های جاذب با جریان گاز حامل در جهت معکوس با جریان هوا در طول نمونه‌برداری، واجذب شوند (شکل ت-۱ را ببینید).

یادآوری ۷- تعیین حجم شکست در پیوست ب استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴، مشخص شده است. حجم‌های شکست یا حجم‌های بازداري، به عنوان اندازه قدرت جاذب (تمایل) برای بخارهای آلی، استفاده می‌شوند. آن‌ها به دما وابسته هستند و متناسب با ابعاد لوله نمونه‌برداری و مقدار جاذب می‌باشند. معمولاً SSV در ۲/۳ حجم شکست، تنظیم می‌شود. به عنوان یک اندازه تقریبی، دو برابر کردن طول بستر، در حالی که قطر لوله ثابت ننگه داشته می‌شود، حجم شکست را دو برابر می‌کند. به طور مشابه، هنگام اندازه‌گیری تقریبی، افزایش ۱۰°C در دمای لوله، در طول نمونه‌برداری، حجم شکست را نصف می‌کند. توجه کنید که بیشترین حجم شکست و داده‌های حجم نمونه‌برداری ایمن در ۲۰°C (برای مثال در پیوست ب استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴) گزارش می‌شوند.

یادآوری ۸- نرخ‌های بهینه جریان پمپ برای لوله‌های چندجاذب با ابعاد بیان شده، در محدوده ۲۰ ml/min تا ۱۰۰ ml/min می‌باشند.

یادآوری ۹- لوله‌های شیشه‌ای یا فولادی زنگ‌نزن دارای پوشش بی‌اثر، برای پایش ترکیبات بودار واکنش‌پذیر، ترجیح داده می‌شوند.



راهنما:

- | | |
|---|--|
| ۱ | لوله فولادی زنگ‌نزن یا فولادی پوشش‌دار |
| ۲ | پشم کوارتز ۵ mm |
| ۳ | ۱۷۵ mg جاذب Tenax TA®، حدود ۳۵ mm |
| ۴ | ۲۰ mm جاذب قوی‌تر، به عنوان مثال Carbopack X یا Carbograph 5TD |
| ۵ | فنر نگه‌دارنده تور |
| ۶ | تور نگه‌دارنده جاذب |
| ۷ | تور نگه‌دارنده جاذب یا پشم کوارتز ۰٫۵ mm |
| ۸ | تور نگه‌دارنده جاذب |
| a | جریان گاز واجذبی |
| b | جریان هوای نمونه‌برداری |

شکل ت-۱- مثالی از یک لوله فلزی پر شده با چند جاذب جهت گسترش محدوده فراربت هدف

یک روش جایگزین، استفاده از لوله‌های حاوی جاذب‌های منفرد با طول بیشتر به صورت سری با لوله حاوی ضعیف‌ترین جاذب در ابتدای خط می‌باشد. گرچه، این، با توجه به منابع موردنیاز برای نمونه‌برداری و آنالیز روشی ناکارآمد است.

لوله‌های جاذب از پیش پر شده و از پیش تثبیت شرایط شده، از نظر تجاری در دسترس هستند. به طور جایگزین، لوله‌های جاذب را می‌توان در آزمایشگاه مطابق بند ۶-۱، پر کرد.

ت-۴- ستون GC موئینه، مطابق مشخصات ارائه شده در بند ۶-۸ باشد. در صورتی که VOCها مدنظر باشند، فیلم ضخیم‌تر و/یا ستون‌های موئینه بلندتر، ممکن است نیاز باشد.

ت-۳-۴- دستگاه واجذب گرمایی، آنالیز همزمان ترکیبات شامل محدوده وسیعی از ترکیبات فرار، VOCها، SVOCها، با استفاده از بیشتر از یک جاذب، آسان می‌شود. این وسایل به صورت

سری به ترتیب افزایش قدرت، هم در لوله نمونه و هم در تله تغلیظ و با استفاده از واجذبی شویش برگشتی، به کار می‌رود. شویش برگشتی، بدین معناست که جریان گاز مورد استفاده برای واجذبی نمونه از لوله جاذب یا تله تغلیظ باید در جهت معکوس با جریان مورد استفاده در طی نمونه‌برداری یا به‌دام اندازی^۱ باشد. در این روش، ترکیبات دارای نقطه جوش بالاتر، به دام می‌افتد و از جاذب‌های جلو (ضعیف‌تر) آزاد (واجذب) می‌شوند و هرگز در تماس با جاذب‌های عقب (قوی‌تر) قرار نمی‌گیرند.

ت-۵ نمونه‌برداری هوای محفظه آزمون یا هوای سل آزمون

ت-۵-۱ کلیات

مطمئن شوید که دمای لوله نمونه، تقریباً برابر دمای هوای محفظه است تا از خطر تغلیظ آب درون لوله نمونه، هنگام نمونه‌برداری از انتشار نمونه‌های مرطوب، جلوگیری شود.

ت-۵-۲ ذخیره‌سازی لوله‌های نمونه‌برداری شده

بلافاصله پس از نمونه‌برداری، درپوش لوله‌ها، باید گذاشته شود و درون ظرف نفوذناپذیر نسبت به هوا قرار داده شوند و در منطقه‌ای تمیز نگهداری شوند. لوله‌های پر شده با یک جاذب منفرد را می‌توان در دمای اتاق نگهداری کرد. لازم است لوله‌های حاوی چند جاذب نمونه‌برداری شده، تحت شرایط سرد نگه داشته شده، تا خطر مهاجرت آنالیت در لوله، حداقل شود. لوله‌ها را تا حد امکان، زود و در چهار هفته، آنالیز کنید. وقتی نمونه به حداقل دمای ذخیره‌سازی خود رسیده است، درپوش‌های ذخیره‌سازی طولانی مدت روی لوله‌های نمونه خنک شده، بهتر است مجدداً محکم شوند. قبل از باز شدن لوله‌های نمونه سرد شده برای آنالیز، بهتر است اجازه دهید این لوله‌ها با دمای اتاق به تعادل برسند.

یادآوری- اطلاعات در مورد بازیابی VOCها از لوله‌های جاذب، پس از ذخیره‌سازی، در این استاندارد و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ ارائه می‌شود.

ت-۶ آنالیز

ت-۶-۱ شرایط آنالیز

هنگام آنالیز ترکیبات شامل محدوده وسیعی از فراریت، بسیار مهم است، که از بیشتر بودن کارایی واجذبی از حداقل الزامات (یعنی بیش از ۹۵٪) برای هر ترکیب، اطمینان حاصل کنید. شرایط آزمون نوعی، مطابق جدول ت-۱ می‌باشد.

جدول ت-۱- شرایط آزمون نوعی

| | |
|----------------------|---|
| دمای واجذبی | ۲۰۰ °C تا ۳۲۰ °C |
| زمان واجذبی | ۵ دقیقه تا ۱۵ دقیقه |
| نرخ جریان گاز واجذبی | ۲۰ ml/min تا ۵۰ ml/min |
| دمای بالای تله سرد | ۲۵۰ °C تا ۳۳۰ °C |
| دمای پایین تله سرد | ۱۵۰ °C - (سیستم‌های TD cryofocusing) تا ۳۰ °C - تا ۳۰ °C + (جاذب در تله) |
| جاذب تله سرد | کوارتز/Tenax TA [®] /کربن سیاه (یا الک مولکولی کربن) |
| دمای خط انتقال | ۱۵۰ °C تا ۲۲۰ °C |
| برنامه گرمخانه GC | ۳۵ °C تا ۴۰ °C به مدت ۵ دقیقه، افزایش دما با نرخ ۵ °C/min تا ۱۰ °C/min تا ۳۰۰ °C، ۳۰۰ °C به ۳۰۰ °C به مدت ۵ دقیقه |

نسبت‌های تقسیم بین لوله نمونه و تله ثانویه و بین تله ثانویه و ستون تجزیه‌ای (در صورت کاربرد) باید با توجه به غلظت بخار مورد انتظار، انتخاب شود (به اطلاعات سازنده دستگاه واجذبی گرمایی مراجعه شود).

یادآوری- ممکن است تنظیم دماهای واجذبی کمتر و دماهای مسیر جریان کمتر (برای مثال ۸۰ °C تا ۱۲۰ °C) به منظور اطمینان از بازیابی کمی و آنالیز گونه‌های بودار واکنش‌پذیر، مانند مرکاپتان‌ها و آمین‌ها، ضروری باشد.

در مورد لوله نمونه، استفاده از مجموعه جاذب‌های افزایش‌دهنده قدرت در تله تغلیظ، محدوده فراریت آنالیت‌ها را گسترش می‌دهد که می‌توان آن را در یک عملیات اندازه‌گیری کرد. واجذبی تله شویش برگشتی، موردنیاز می‌باشد.

به منظور به حداقل رساندن مصنوعات، دماهای تمیزکاری و تثبیت شرایط لوله باید به صورت معمول، در ۱۰ °C تا ۲۰ °C بالاتر از دمای واجذبی تجزیه‌ای، تنظیم شود، ولی از حداکثر دمای جاذب پایدار از نظر گرمایی در لوله، بیشتر نشود.

ت-۶-۲ بررسی کارایی واجذبی

کارایی واجذبی می‌تواند یا با استفاده از روش مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ یا با انجام توالی تکرار آنالیزهای TD-GC/MS/FID از استاندارد واحد، تعیین شود. برای روش دوم، سیال خروجی تقسیمی^۱ از واجذب‌کننده (یعنی سیال خروجی تقسیمی در طی واجذبی (لوله) اولیه و/یا واجذبی (تله) ثانویه) از نظر کمی، در یک لوله جاذب تثبیت شده که برای آن مجموعه بخار مورد استفاده، یکسان است، دوباره جمع‌آوری می‌شود. وقتی نمونه دوباره جمع‌آوری شده آنالیز می‌شود، هر سیال خروجی

1 - Split effluent

تقسیمی، مجدداً جمع‌آوری می‌شود. این کار به توالی آنالیزهای تکرار شده، اجازه می‌دهد که در یک استاندارد واحد، انجام شود. اگر هر ترکیب، وقتی توالی انجام می‌شود، کمتر از بازیابی مورد انتظار (نسبت به نسبت تقسیم و/یا نسبت به بازیابی ترکیبات دیگر در استاندارد) را نشان دهد، کارایی واجدبی ضعیف برای آن ترکیب‌ها را نشان می‌دهد.

ت-۷ تعیین غلظت‌های بخارهای منتشر شده در هوای محفظه یا سل

VOCها و SVOCها ممکن است در آنالیز یکسان با VOCها تعیین کمیت شوند، که مراحل مناسب ارائه شده در طی نمونه‌برداری و آنالیز، به صورت بیان شده در این پیوست آورده می‌شود. نکات کلیدی شامل موارد زیر است:

- الف) استفاده از جاذب مناسب یا مجموعه جاذب‌ها در لوله نمونه‌برداری (بند ت-۴-۱ را ببینید)؛
 - ب) استفاده از جاذب مناسب یا مجموعه جاذب‌ها در تله تغلیظ (بند ت-۶-۱ را ببینید)؛
 - پ) انتخاب ستون GC و شرایط تجزیه‌ای GC سازگار با محدوده فراریت آنالیت گسترش یافته (بندهای ت-۴-۲ و ت-۶-۱ را ببینید).
- نمونه‌برداری و عملکرد تجزیه‌ای برای ترکیبات خارج از محدوده TVOC را می‌توان با استفاده از بررسی‌های شرح داده شده برای VOCها، تصدیق کرد، بند ۱۴ را ببینید.

یادآوری ۱- استفاده از سه جاذب، پشم کوارتز، Tenax TA[®] و کربن سیاه قوی (به صورت شرح داده شده در بند ت-۴-۱ و شکل ت-۱) در هر دو لوله نمونه و تله تغلیظ، همراه با واجدبی شویش برگشتی، اجازه آنالیز کمی همزمان ترکیب‌ها، در محدوده فراریت از n-C₄ تا n-C₂₆ و بالاتر را می‌دهد. این جاذب‌ها، آگریز هستند و بنابراین، هنگام آزمون انتشار از محصولات یا مواد مرطوب، خطر تداخل آب را افزایش نمی‌دهند، ارائه اقدامات احتیاطی معمول در مقابل تغلیظ، در بند ت-۴ بیان شده است.

یادآوری ۲- راهنمایی‌های بیشتر در مورد انتخاب جاذب برای نمونه‌برداری در بیش از محدوده گسترده فراریت، در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴ ارائه شده است.

پیوست ث
(اطلاعاتی)
کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۵۱، تجزیه گاز- الزامات گواهینامه گازهای کالیبراسیون و مخلوطهای گازی
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۶۳۲ (تمام قسمت‌ها)، تجزیه گازی، آماده‌سازی مخلوطهای گاز کالیبراسیون با استفاده از روش‌های حجم‌سنجی دینامیک
- [3] ISO 12219-1, *Indoor air of road vehicles — Part 1: Whole vehicle test chamber — Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors*
- [4] ISO 12219-2, *Indoor air of road vehicles — Part 2: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Bag method*
- [5] ISO 12219-3, *Indoor air of road vehicles — Part 3: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Micro-chamber method*
- [6] ISO 12219-4, *Indoor air of road vehicles — Part 4: Determination of the emissions of volatile organic compounds from car trim components — Small chamber method*
- [7] ISO 12219-5, *Indoor air of road vehicles — Part 5: Screening method for the determination of emissions of volatile organic compounds (VOC) from car trim components — Static chamber method*
- [۸] استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۰۴-۲، هوای داخل، پیرامون و محل کار- نمونه‌برداری و تجزیه ترکیبات آلی فرار به‌وسیله لوله‌های جاذب/ واجذبی حرارتی/ کروماتوگرافی گازی مؤئینه- قسمت دوم: نمونه‌برداری انتشاری
- [9] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*
- [10] ASTM D3686, *Standard Practice for Sampling Atmospheres to Collect Organic Compound Vapors (Activated Charcoal Tube Adsorption Method)*
- [11] EN 1232, *Workplace atmospheres — Pumps for personal sampling of chemical agents — Requirements and test methods*
- [12] MDHS 72, *Methods for the determination of hazardous substances — Volatile organic compounds in air — Laboratory method using pumped solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography*. London: Health and Safety Executive, 1993. Available (viewed 2011-11-16) at: <http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/pdfs/mdhs72.pdf>
- [13] TIRKKONEN, T., MROUEH, U-M., ORKO, I. *Tenax as a collection medium for volatile organic compounds*. Helsinki: NKB, 1995, 53 p. (NKB Committee and Work Reports 1995:06 E.)
- [14] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Indoor air quality: Organic pollutants*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1989. 70 p. (EURO Reports and Studies No. 111.) Available (viewed 2011-11-16) at: http://whqlibdoc.who.int/euro/r&s/EURO_R&S_111.pdf

- [15] LEWIS, R.G., GORDON, S.M. Sampling of organic chemicals in air. In: KEITH, L. H., editor. *Principles of environmental sampling*, 2nd edition, pp. 401-470. Washington DC: American Chemical Society, 1996
- [16] HAFKENSCHIED, T., WILKINSON, G. Assessment of the uncertainty of measurement results of hexachlorobutadiene in indoor air. In: *Indoor Air 2002 — 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 2002-06-30/07-05, Monterey, CA, pp. 926-931. Available (viewed 2011-11-16) at: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB6462.pdf>
- [17] DE BORTOLI, M., KNÖPPEL, H., PECCHIO, E., SCHAUBENBURG, H., VISSERS, H. Comparison of Tenax and Carbotrap for VOC sampling in indoor air. *Indoor Air* 1992, 2, pp. 216-224
- [18] ECA Report No 13, *Determination of VOCs emitted from indoor materials and products. Interlaboratory comparison of small chamber measurements*. Luxemburg: Commission of the European Communities, 1993, 90 p. Available (viewed 2011-11-16) at: http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report13.pdf
- [19] ECA Report No 16, *Determination of VOCs emitted from indoor materials and products: Second interlaboratory comparison of small chamber measurements*. Luxemburg: Commission of the European Communities, 1995, 76 p. Available (viewed 2011-11-16) at: http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report16.pdf
- [20] ECA Report No 18, *Evaluation of VOC emissions from building materials: Solid flooring materials*. Luxemburg: Commission of the European Communities, 1997, 108 p. Available (viewed 2011-11-16) at: http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report18.pdf
- [21] ECA Report No 19, *Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations*. Luxemburg: Commission of the European Communities, 1997. 56 p. Available (viewed 2011-11-16) at: http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report19.pdf
- [22] VERSCHUEREN, K. *Handbook of environmental data on organic chemicals*, 5th edition, 4 vols. Hoboken, NJ: Wiley, 2009. 4 358 p.
- [23] JOHNSON, P.C., KEMBLOWSKI, M.W., COLTHART, J.D. Practical screening models for soil venting applications. In: Proc. NWWA/API, *Conference on petroleum hydrocarbons and organic chemicals in groundwater*, Houston, TX, 1988-11-09/11, Vol. 2, pp. 521-546. Westerville, OH: National Ground Water Association, 1989. Available (viewed 2011-11-16) at: <http://info.ngwa.org/GWOL/pdf/890152158.pdf>
- [24] INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. *International Chemical Safety Cards*. Available (viewed 2011-11-16) at: <http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/index.htm>