



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۹۶۴۵

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

19645

1st.Edition

2015

اندازه‌گیری حلال‌ها در پسماندهای  
خطرناک به روش کروماتوگرافی گازی

**Determination of  
Solvents in Hazardous Wastes by Gas  
Chromatography method**

ICS:13.030.30

## 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 حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند 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 می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی 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 می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار 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

### « اندازه‌گیری حلال‌ها در پسماندهای خطرناک به روش کروماتوگرافی گازی »

#### رئیس:

علوی، نادعلی  
(دکترای مهندسی بهداشت محیط)

#### سمت و / یا نمایندگی

هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

#### دبیر:

حاتمی، امیر  
(دکتری شیمی)

مدیرعامل شرکت پرشیا پژوهش شریف

#### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آتشی، مژگان  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست  
استان خوزستان

ارزانی، بهاره  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس

اعلانزاد، محمد  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس مسئول آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط  
زیست استان خوزستان

اعرابی، سید مهدی  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

افشار، شقایق  
(فوق لیسانس محیط زیست)

کارشناس پسماند اداره کل حفاظت محیط زیست استان  
خوزستان

بابایی، علی اکبر  
(دکترای مهندسی بهداشت محیط)

هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

چرم زاده، مهرناز  
(فوق لیسانس شیمی)

مدیر کنترل کیفی شرکت صنایع شیمیایی شبنم  
خوزستان

دایی، مینا  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

کارشناس شرکت کیمیاکنکاش جندی شاپور

دوستی خواه، سمیرا  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

فتاحی نیا، مهناز  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

مهرمولایی، فاطمه  
(فوق لیسانس شیمی)

تکنسین آزمایشگاه اداره شیمیایی شرکت ملی مناطق  
نفت خیز جنوب

نجفی، زینب  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس

ویسی، مریم  
(فوق لیسانس شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه

عنوان

ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصول آزمون
۳	۴ مزاحمت
۴	۵ وسایل
۵	۶ مواد و/ یا واکنشگرها
۵	۷ آماده سازی استاندارد
۶	۸ جمع آوری، نگه داری و جابه جایی نمونه
۷	۹ روش انجام آزمون
۱۲	۱۰ محاسبات
۱۳	۱۱ کنترل کیفیت
۱۴	۱۲ دقت وانحراف

## پیش گفتار

استاندارد "اندازه‌گیری حلال‌ها در پسماندهای خطرناک به روش کروماتوگرافی گازی" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت شرکت پرشیا پژوهش شریف تهیه و تدوین شده است و در چهل و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۹۳/۱۱/۰۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک 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 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 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM D 5830: 2014, Standard Test Method for Solvents Analysis in Hazardous Waste Using Gas Chromatography

## اندازه‌گیری حلال‌ها در پسماندهای خطرناک به روش کروماتوگرافی گازی

### ۱ اهداف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، اندازه‌گیری کیفی و کمی ترکیبات جدول ۱ در نمونه‌های پسماند به روش کروماتوگرافی گازی می‌باشد.

این استاندارد برای استفاده به عنوان یک روش غربال‌گری با سطح گزارش معمول  $\% 0.1$  کاربرد دارد.

جدول ۱- ترکیبات موجود در نمونه‌های پسماند

دی کلرو دی فلوئورو متان	سیکلو پنتان	زایلن
تری کلرو فلوئورو متان	پنتان	استیرن
۲،۱،۱-تری کلرو-۲،۲،۱-تری فلوئورو اتان	هگزان	کلرو بنزن
متانول	هپتان	دی کلرو بنزن
اتانول	سیکلو هگزان	نیترو بنزن
ایزو پروپانول	ایزو اکتان	فلوئورو بنزن
n- پروپانول	نیترو پروپان	n- پروپیل بنزن
ایزو بوتانول	اتانول آمین	ایزو پروپیل بنزن
n- بوتانول	نیترو متان	ایزو بوتیل بنزن
tert- بوتانول	اتیلن کلرید	n- بوتیل بنزن
متیلن کلرید	بنزیل کلرید	۲-اتوکسی اتانول
کلروفرم	تترا هیدرو فوران	۲-بوتوکسی اتانول
کربن تترا کلرید	استون	۲-اتوکسی اتانول استات
۱،۱-دی کلرو اتان	متیل اتیل کتون	۲-متوکسی اتانول
۲،۱-دی کلرو اتان	متیل ایزو بوتیل کتون	برومو فرم
۲،۱-دی کلرو پروپان	سیکلو هگزانون	کاربیتول
۱،۱-دی کلرو اتیلن	اتیل استات	اتیل اتر
۲،۱-دی کلرو اتن	پروپیل استات	۴،۱-دی اکسان
۱،۱،۱-تری کلرو اتان	بوتیل استات	دی استون الکل
تترا کلرو اتیلن	بنزن	استو نیتریل
تری کلرو اتیلن	تولوئن	پیریدین
تترا کلرو اتان	اتیل بنزن	تولوئیدین
اتیلن گلیکول	پروپیلن گلیکول	

فهرست ترکیبات فوق مجموعه‌ای از حلال‌های خطرناک و دیگر اجزای تشکیل دهنده است که معمولاً در نمونه‌های پسماند خطرناک دیده می‌شود.

این استاندارد علاوه بر فهرست جدول ۱، برای ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار، مانند مخلوط‌های هیدروکربن مثل کروزن و مواد الکلی معدنی، مواد آلی با نقطه جوش بالا (ترکیباتی با نقطه جوش بالاتر از n- هگزا دکان) و دیگر ترکیبات آلی که تجزیه‌گر از طریق داده‌های زمان بازداری یا تجزیه کروماتوگرافی گازی/جرمی قادر به شناسایی است، کاربرد دارد.

این استاندارد برای شناسایی اجزای تشکیل دهنده حلال اصلی در نمونه‌های پسماند خطرناک کاربرد دارد. این روش برای کمک یا ارزیابی میدانی عملیات بازیافت، راهبری کارخانه‌ها یا برنامه‌های کنترل آلودگی کاربرد دارد.

## 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 تجدید نظرهای 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع 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

2-2 EPA Gas Chromatography/Mass Spectrometry Method 8260, Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical/ Chemical Methods, SW-846, Third Edition, Final Update

## ۳ اصول آزمون

نمونه‌های پسماند به وسیله تزریق مستقیم یا استخراج کربن دی‌سولفید، M- پیرویل یا حلال‌های مناسب دیگر و تزریق محصول استخراج به کروماتوگرافی گازی تجزیه می‌شود. آشکارسازی آن با استفاده از آشکارساز متناسب با نیاز آن برای مثال: آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID)<sup>۱</sup>، رایش الکترون (ECD)<sup>۲</sup>، هدایت گرمایی (TCD)<sup>۳</sup>، یونیزاسیون یونی (PID)<sup>۴</sup> یا انتخاب‌گر جرمی (MSD)<sup>۵</sup> انجام می‌شود. در این استاندارد از آشکارسازهای دیگری که در اینجا ذکر نشده هم می‌توان استفاده کرد.

- 
- 1- flame ionization detector
  - 2- electron capture detector
  - 3- thermal conductivity detector
  - 4- photoionization detector
  - 5- mass detector



## ۴ مزاحمت‌ها

۴-۱ مزاحمت‌ها می‌تواند از هر ترکیب آلی که آشکارساز به آن پاسخ می‌دهد ایجاد شود و همچنین ممکن است در صورتی که تشخیص صرفاً بر اساس زمان بازداری باشد، شناسایی ترکیبات با شویش نزدیک به هم دچار مشکل شود.

زمانی که این گونه مزاحمت‌ها به وجود می‌آید، تجزیه‌گر باید برای شناسایی صحیح به منابع دیگر اطلاعات مانند زیر مراجعه کند.

۴-۱-۱ کروماتوگرافی گازی / اسپکترومتری جرمی (GC/MS) روش استاندارد EPA 8260 و روش تزریق مستقیم را ببینید.

۴-۱-۲ استفاده از ستون یا آشکارساز تایید کننده

۴-۱-۲-۱ این روش با استفاده از یک ستون شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱، یک آشکارساز (FID) و بهره‌گیری از سه حلال استاندارد و یک بررسی کنترل کیفیت روزانه می‌باشد. همچنین استفاده از ستون‌ها یا آشکارسازهای تاییدکننده یا هر دو نیازمند استفاده از سه حلال استاندارد (یادآوری بند ۷-۱) و بررسی کنترل کیفیت روزانه برای هر ستون یا آشکارساز تایید کننده یا هر دو می‌باشد.

۴-۱-۳ استفاده از برنامه‌های دمایی مختلف یا مقایسه استاندارد یا هر دو

۴-۱-۳-۱ همچنین برای استفاده از برنامه‌های تجزیه‌ای مختلف، استفاده از سه حلال استاندارد و بررسی کنترل کیفیت روزانه برای هر تغییر لازم است.

۴-۱-۴ برای مثال سابقه نمونه برای مثال یا هر گونه اطلاعات قابل دسترس از تولید کننده پسماند

۴-۱-۵ مشخصه‌های فیزیکی برای مثال، اشتعال پذیری، وزن مخصوص یا قابل امتزاج بودن با آب

۴-۲ همچنین مزاحمت ممکن است از باقی ماندن تزریق قبلی در سرنگ باشد، باید بعد از هر تزریق بلافاصله سرنگ را با کربن دی‌سولفید یا M-پیرول به طور کامل بشویید. در صورتی که نوع نمونه ایجاب کند حلال دیگر مانند متانول هم می‌تواند استفاده شود، اما دقت شود، در صورتی که حلال قبلی از سرنگ کاملاً شسته نشده باشد ممکن است مزاحمت ایجاد شود. قبل از هر تزریق سرنگ باید کاملاً با نمونه مورد تزریق، شسته شود که با پر و خالی کردن در یک ظرف پسماند جداگانه انجام می‌گیرد.

۴-۳ در صورتی که برای استخراج جامدات یا لجن‌ها که حاوی مقادیر قابل توجهی آب هستند، از کربن دی‌سولفید استفاده شود، بازیابی پایینی از حلال‌های امتزاج پذیر با آب ممکن است اتفاق بیفتد.

۴-۴ برخی از درجات کربن دی‌سولفید ممکن است حاوی مقادیر ناچیزی از بنزن باشند.

۴-۵ به نظر می‌رسد M-پیروول با گذشت زمان به آرامی تخریب می‌شود و ترکیبات حاصل از تخریب با غلظت پایین با برخی ترکیبات دیر شویس در برخی ستون‌ها مزاحمت دارند (تقریباً ۵ پیک کوچک).

۴-۶ در صورت استفاده از آشکارساز هدایت گرمایی ممکن است مزاحمت پیک حلال کربن دی‌سولفید اتفاق بیفتد.

۴-۷ هنگام استفاده از آشکارساز هدایت گرمایی دقت کنید که آب و همچنین ترکیبات اکسیژن دار برای مثال متیل ایزوبوتیل کتون و متیل اتیل کتون ممکن است باعث کاهش پاسخ آشکارساز شوند.

۴-۸ در صورتی که آشکارساز هدایت الکترولیتی<sup>۱</sup> (ELCD) یا آشکارساز گیرنده الکترون (ECD) باید مورد استفاده قرار گیرد، دقت کنید که کربن دی‌سولفید، M-پیروول (لازم برای برای یک ELCD) و غلظت‌های بالای ترکیبات هالوژنی ممکن است بار اضافی به دستگاه وارد کرده و باعث خرابی آشکارساز شود. پیشنهاد می‌شود فقط زمانی که حدتشخیص خیلی پایین ترکیبات هالوژنی مورد نظر است و تزریق مستقیم نمونه ممکن است، از این دو آشکارساز استفاده شود.

## ۵ وسایل

۵-۱ سیستم کروماتوگراف گازی، مجهز به قسمت‌های تزریق ستون موبینه یا پر شده یا هر دو، آشکارساز و سیستم داده پردازی

۵-۲ ستون‌های کروماتوگرافی پیشنهاد شده

۵-۲-۱ موبینه، با قطر خارجی میکرو<sup>۲</sup> یا مگا

۵-۲-۱-۱ DB-1701، ستونی با ۱۴٪ سیانوپروپیل-فنیل و ۸۶٪ متیل پلی سیلوکسان و با قطر داخلی ۰٫۲۵ mm × طول ۳۰M و ضخامت فیلم ۰٫۲۵ μm

۵-۲-۱-۲ DB-624، ستونی با ۶٪ سیانوپروپیل-فنیل و ۹۴٪ متیل پلی سیلوکسان و با قطر داخلی ۰٫۳ mm × طول ۳۰M و ضخامت فیلم ۱٫۸ μm

۵-۲-۲ پر شده، فولاد زنگ نزن یا شیشه

۵-۲-۲-۱ SP-1000، ۱٪، کربوپک<sup>۳</sup> B ۶۰/۸۰، با قطر داخلی (حدود ۳ mm)

۵-۲-۲-۲ SP-2100، ۱۰٪، کروموزورب<sup>۴</sup> ۱۰۰/۱۲۰، با قطر داخلی ۲ mm × طول ۲M

1-Electrolytic conductivity detector

2- Microbore

3-Carbopak

4-Chromosorb

یادآوری- به دلیل ارائه نتایج خوب توصیه می‌شود از ستون نامبرده استفاده شود. شرایط عملکرد هر یک در بند ۹ آورده شده است. ستون‌های معادل یا جایگزین یا هر دو بسته به کاربرد می‌تواند استفاده شود.

۳-۵ ویال‌های شیشه‌ای با درپوش پیچی یا نوع معادل، برای جمع‌آوری نمونه‌ها و نگه‌داری استاندارد‌ها. توصیه می‌شود برای آستر درپوش از پلی تترافلورو اتیلن یا مواد بی‌اثر دیگر استفاده شود.

۴-۵ میکروسرنج، با گنجایش  $100 \mu\text{l}$  و  $10 \mu\text{l}$ ،  $10 \mu\text{l}$ ، با درستی  $0.0001 \text{ g}$

۵-۵ ترازوی تجزیه‌ای، با درستی  $0.0001 \text{ g}$

۶-۵ پیپت، شیشه‌ای، یک بار مصرف یا میکروپیپتور حجم سنجی یا نوع معادل

۷-۵ صافی‌های میکرو دیسک،  $0.45 \mu\text{m}$ ،  $1.0 \mu\text{m}$  یا  $5.0 \mu\text{m}$ ، اختیاری

۸-۵ سانتریفوژ، اختیاری

۹-۵ مخلوط‌کن از نوع گردابی

۶ مواد و / یا واکنشگرها

در طول تجزیه فقط از واکنشگرهای با خلوص تجزیه‌ای مشخص و فقط از آب مقطر یا آب با خلوص معادل استفاده کنید.

۶-۱ آب، به غیر از موارد ذکر شده، باید فقط از آب درجه دو مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۲۸ استفاده کرد.

۶-۲ نیتروژن یا هلیوم (با خلوص بالا)، برای گازهای حامل و جبرانی، هوا و هیدروژن (با خلوص بالا) برای گازهای سوخت. در صورت قابل دسترس بودن، گازها را می‌توان از تولید کننده گاز، با درجه خلوص پایین‌تر، یا از کیسول با خلوص بالا استفاده کرد.

۶-۳ کربن دی سولفید،  $\text{CS}_2$ ، با درجه خلوص کروماتوگرافی

۶-۴ M-پیرویل،  $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}$ ، قابل دسترس از چندین تامین‌کننده شیمیایی و منابعی مانند ۱- متیل ۲- پیرولیدون می‌باشد.

۶-۵ استانداردهای جداگانه برای هر جز مورد نظر، با خلوص  $99\%$

۷ آماده سازی استاندارد

۷-۱ محلول استاندارد ذخیره، محلول‌های استاندارد ذخیره از مواد استاندارد خالص تهیه می‌شود. توصیه می‌شود که استانداردها طوری تهیه شوند که هر جز  $5\%$  تا  $10\%$  وزنی استفاده شود. استانداردهای ذخیره باید با توزین مستقیم هر جز آماده شود. برای اجزای با فراریت زیاد مانند اتر و فریون، توصیه می‌شود از یک

استاندارد ذخیره جدید به صورت روزانه یا برحسب نیاز استفاده شود. در صورتی که در زمان آماده‌سازی استاندارد ذخیره، حلال رقیق مورد نیاز است، از همان محلول مورد استفاده در استخراج نمونه یا رقیق‌سازی در بند ۶ استفاده کنید.

**یادآوری** - به دلیل ناسازگاری برخی ترکیبات استاندارد به دلیل عدم امتزاج‌پذیری و همچنین به دلیل این که تعدادی از ترکیبات معمولاً از خروجی کروماتوگرافی تک است، توصیه می‌شود ۳ یا ۴ محلول استاندارد مرکب از ۱۰ تا ۱۵ ترکیب آماده شود. توصیه می‌شود یک مجموعه کروماتوگرام‌های استاندارد و جدول زمان بازداری به عنوان مرجع در دسترس باشد.

**۷-۲ استانداردهای کاری ثانویه**، این محلول‌ها از محلول استاندارد ذخیره با استفاده از حلال مناسب آماده می‌شود. استانداردهای ثانویه باید در محدوده خطی سیستم GC باشد.

**یادآوری** - برای همه آشکارسازها و سیستم‌های کروماتوگرافی مورد استفاده پاسخ و محدوده خطی برای تعیین کمی باید انجام شود. تجزیه نمونه و کالیبراسیون باید در محدوده خطی تهیه شده انجام شود.

**۷-۳ استاندارد بررسی کالیبراسیون**، توصیه می‌شود یک استاندارد بررسی کالیبراسیون تهیه شود. مخلوط استاندارد بهتر است یک بررسی کلی خوب از سیستم آشکارساز/ GC فراهم آورد. ترکیبات باید انواع ترکیبات عمده را پوشش دهد. برای مثال، الکل‌ها، ترکیبات آروماتیک، آلیفاتیک، کتون و ترکیبات هالوژن‌دار. یک کروماتوگرام استاندارد بررسی کالیبراسیون نوعی آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) در شکل ۱ نشان داده شده است.

## ۸ جمع‌آوری، نگهداری و جابه‌جایی نمونه

**۸-۱** بهتر است جمع‌آوری نمونه مطابق با روش‌های نمونه برداری مناسب باشد.

**۸-۲** نمونه‌ها باید در محفظه‌های شیشه‌ای دارای درپوش درزبندی شده جمع‌آوری شود. در صورتی که ترکیبات آلی با فراریت زیاد به طور ویژه مورد نظر است، بهتر است فضای فوقانی<sup>۱</sup> موجود در ظرف در حداقل نگه داشته شود.

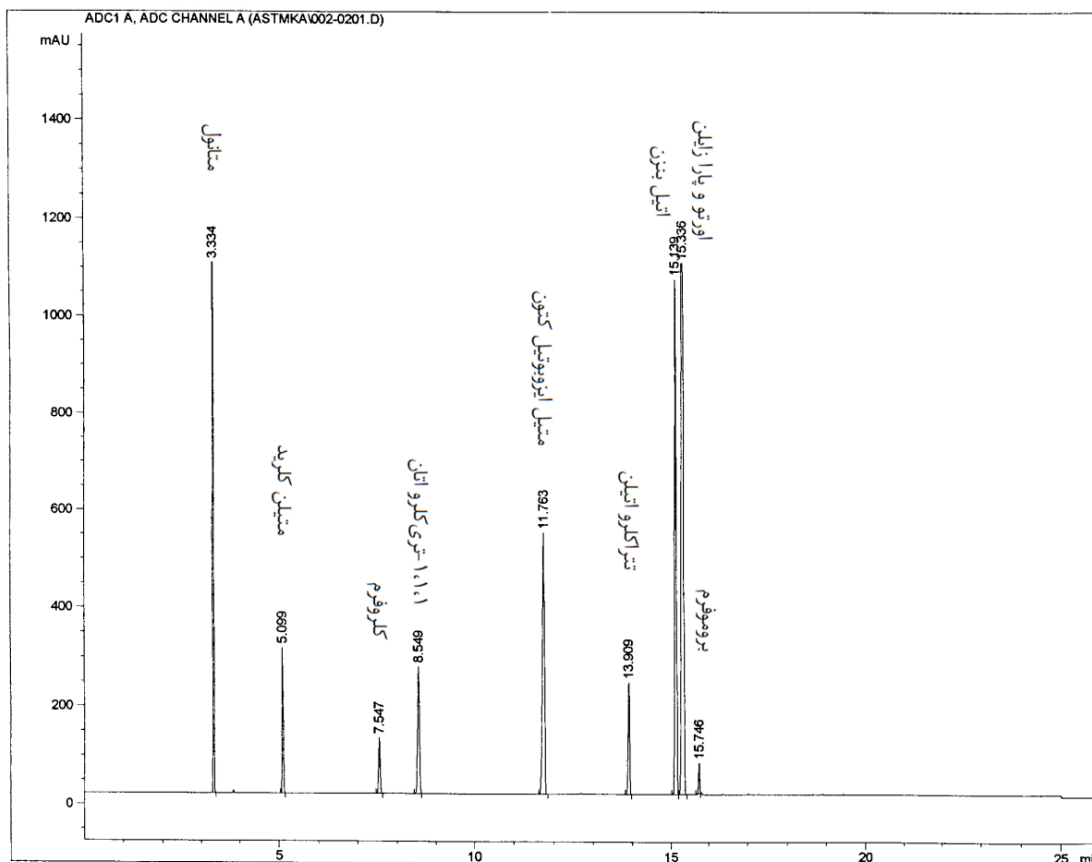
**۸-۳ انتقال نمونه**، لازم است بخش‌هایی از نمونه‌های پسماند موجود در محفظه‌های نمونه به محفظه‌های آزمایشگاهی انتقال یابد. نمونه‌های مایع می‌تواند با پیپت‌های یک بار مصرف و نمونه‌های جامد و نیمه جامد با استفاده از اسپاتول آزمایشگاهی متداول منتقل شود.

**۸-۴** نمونه‌ها باید با حفظ دستور کار آزمایشگاهی ایمن جابه‌جا شود. نمونه دارای خطرات ویژه باید به طور مناسب برچسب گذاری شود.

---

1- Head space

۵-۸ نمونه‌های استفاده نشده، رقت‌های آزمایشگاهی و پسماند حاصل از نمونه‌ها باید طبق مقررات مدیریت شود. با کارشناس یا سازمان ناظر یا هر دو جهت راهنمایی در جابه‌جایی مناسب و دفع پسماند آزمایشگاهی مشورت کنید.



شکل ۱- استاندارد روزانه QC (شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱ FID/DB-1701)

## ۹ روش انجام آزمون

### ۹-۱ آماده سازی نمونه

۹-۱-۱ بافت‌های مایع با ویسکوزیته نسبتاً پایین را با استفاده از تزریق مستقیم به کروماتوگراف گازی، به شکلی که دریافت شده‌اند یا بعد از رقیق‌سازی با کربن دی سولفید، M-پیرول یا حلال‌های مناسب دیگر، تجزیه کنید.

۹-۱-۲ نمونه‌های جامد یا نیمه جامد را به طریق زیر تجزیه کنید:

۹-۱-۲-۱ برای آماده‌سازی کربن دی سولفید یا M-پیرول، ۳ g نمونه پسماند را در یک ویال شیشه‌ای ۱۵ ml وزن کنید. ۳ g از کربن دی سولفید یا M-پیرول به ویال اضافه کنید و مخلوط را به شدت به صورت گردابی

مخلوط کنید. سپس اجازه دهید جامدها ته نشین شوند، محصول استخراجی CS<sub>2</sub> یا M-پیرول را به کروماتوگراف تزریق کنید.

۹-۱-۲-۲ در صورت نیاز از اندازه نمونه‌های جایگزین و حلال‌های استخراج با وزن متفاوت استفاده کنید. اندازه نمونه واقعی و وزن حلال باید در دفترچه یادداشت آماده‌سازی نمونه مناسب ثبت شود. برای درستی تجزیه نمونه پسماند ضروری است که اندازه نمونه کافی باشد تا از نماینده بودن آن اطمینان حاصل شود. در صورتی که اندازه نمونه جایگزین یا حجم حلال استخراج دیگری (یا هر دو) استفاده می‌شود، این موارد باید در محاسبات ضریب رقت در بند ۱۰ در نظر گرفته شود.

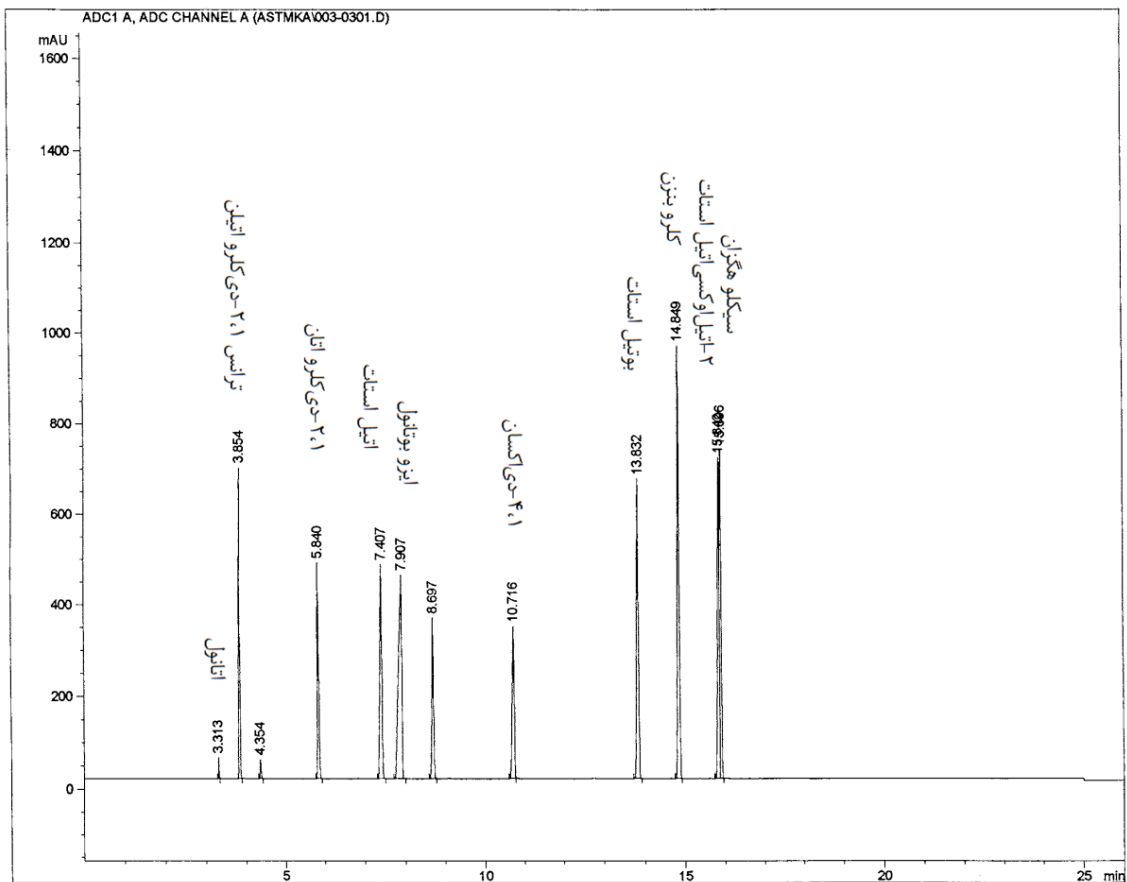
۹-۱-۳ فازها یا لایه‌های چندتایی معمولاً در نمونه‌های پسماند خطرناک مشاهده می‌شوند. بسته به الزامات تصفیه یا فرآیند، ضروری است که هر فاز یا لایه جداگانه تجزیه شود.

۹-۲ شرایط کاری GC پیشنهادی برای ستون موئینه شرح داده شده در بند ۵-۲-۱-۱ (DB-1701) با آشکارساز FID در جدول ۲ ارائه شده است.

یادآوری - کروماتوگرام‌های نوعی در شکل ۲ نشان داده شده است.

#### جدول ۲- شرایط کاری پیشنهادی برای ستون موئینه DB-1701 با آشکارساز FID

نرخ جریان ستون	۱ تا ۱٫۵ ml/min
نرخ جریان گاز جبرانی	۳۰ تا ۶۰ ml/min
جریان تقسیمی	۶۰ cm <sup>3</sup> /min
دمای تزریق	۲۵۰ °C
دمای آشکارساز	۲۵۰ °C
جریان هوا (FID)	حدود ۳۰۰ ml/min
جریان هیدروژن (FID)	حدود ۳۰ ml/min
دمای اولیه گرمخانه	۳۵ °C
زمان اولیه	۶ min
نرخ سطح دمایی ۱	۶ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۱	۱۸۰ °C
نرخ سطح دمایی ۲	۱۰ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۲	۲۳۰ °C
زمان یک بار اندازه‌گیری	۴۰ دقیقه
آستانه	۴ واحد
عرض پیک	۰٫۰۴ دقیقه



شکل ۲- استاندارد حلال ۱ (شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱-۱-۱۷۱-DB/FID)

۲-۲-۹ شرایط کاری GC پیشنهادی برای ستون موینه شرح داده شده در بند ۵-۲-۱-۲-۱-۱۷۱-DB-624) با آشکارساز FID در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳- شرایط کاری پیشنهادی برای ستون موبینه DB-624 با آشکارساز FID

نرخ جریان ستون	۳٫۵ ml/min
جریان گاز جبرانی	۲۹ ml/min
جریان هوا (FID)	حدود ۳۰۰ ml/min
جریان هیدروژن (FID)	حدود ۳۰ ml/min
دمای تزریق	۲۷۵ °C
دمای آشکارساز	۲۷۵ °C
دمای اولیه گرم‌خانه	۳۵ °C
زمان اولیه	۵ دقیقه
نرخ سطح دمایی ۱	۵ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۱	۱۵۰ °C
زمان نگه‌داشتن سطح دمایی ۱	۴ دقیقه
نرخ سطح دمایی ۲	۲۰ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۲	۲۲۵ °C
زمان اندازه‌گیری	۴۵ دقیقه

۳-۲-۹ شرایط کاری GC پیشنهادی برای ستون پر شده شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱ (SP-1000) با آشکارساز FID در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- شرایط کاری پیشنهادی برای ستون موبینه SP-1000 با آشکارساز FID

نرخ جریان ستون	۴۰ ml/min
فشار هوا (FID)	۳۰۰ kPa
فشار هیدروژن (FID)	۱۳۰ kPa
دمای تزریق	۲۵۰ °C
دمای آشکارساز	۲۵۰ °C
دمای اولیه گرم‌خانه	۹۰ °C
زمان اولیه	۶ دقیقه
نرخ سطح دمایی ۱	۳ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۱	۱۲۰ °C
نرخ سطح دمایی ۲	۵ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۲	۱۸۰ °C
نرخ سطح دمایی ۳	۱۰ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۳	۲۳۰ °C
زمان اندازه‌گیری	۴۶ دقیقه



۴-۲-۹ شرایط کاری GC پیشنهادی برای ستون پرشده شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۲ (SP-2100) با آشکارساز FID در جدول ۵ ارایه شده است.

جدول ۵- شرایط کاری پیشنهادی برای ستون مویینه SP-2100 با آشکارساز FID

جریان گاز حامل	۳۰ ml/min
دمای تزریق	۲۵۰ °C
دمای آشکارساز	۳۰۰ °C
جریان هوا (FID)	حدود ۳۰۰ ml/min
جریان هیدروژن (FID)	حدود ۳۰ ml/min
دمای اولیه گرم خانه	۴۵ °C
زمان نگه‌داشت اولیه	۳ دقیقه
نرخ سطح دمایی ۱	۱۵ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۱	۹۰ °C
نرخ سطح دمایی ۲	۱۰ °C/min
مقدار نهایی سطح دمایی ۲	۱۹۵ °C
زمان اندازه‌گیری	۱۶/۵ دقیقه

۳-۹ تعیین محدوده خطی، روی هر سیستم GC برای اندازه‌گیری کمی باید خطی بودن و محدوده خطی هر ترکیب انجام شود. این کار باید سالانه یا بعد از هر سرویس و نگه‌داری یا تغییرات عمده پیکربندی، مانند تعویض آشکارساز انجام شود. اندازه‌گیری کمی نهایی هر ترکیب باید در گستره خطی آن ترکیب تعیین شود.

#### ۴-۹ کالیبراسیون (روش استاندارد خارجی)

۱-۴-۹ کالیبراسیون اولیه تک نقطه‌ای همه ترکیبات، باید هر ماه انجام شود. ۲۰۵ تا ۲۱۰ µl استاندارد کاری را که در بند ۷-۲ آماده شده تزریق کنید. سطح پیک را در برابر غلظت، جدول بندی کرده و ضریب‌های پاسخ RF را برای هر جز بیان کنید. این محاسبات در بند ۱۰-۱ نشان داده شده است. برای سهولت محاسبات پیشنهاد می‌شود که ضریب‌های پاسخ برحسب شمارش سطح در ۱٪ وزنی بیان شوند.

۲-۴-۹ ضریب‌های پاسخ باید روزانه یا بعد از هر ۲۰ نمونه تصدیق شود که بیشتر متداول است با تزریق ۰/۵µl تا ۲۱۰ µl از استاندارد بررسی کالیبراسیون انجام شود. این کار باید برای هر ستون مورد استفاده برای تعیین کمی انجام شود. در صورتی که پاسخ‌های پیش‌بینی شده از کالیبراسیون اولیه بیش از ۲۰٪ اختلاف داشت، اقدامات اصلاحی برای مثال سرویس و نگه‌داری سپتوم، آستر یا ستون یا ترکیبی از این موارد باید انجام

شود. در صورتی که این اختلاف با استفاده از اقدامات اصلاحی تصحیح رفع نشد، باید کالیبراسیون اولیه جدیدی اعمال شود.

## ۹-۵ تجزیه کروماتوگرافی گازی

۹-۵-۱ نمونه‌های مایع با تزریق مستقیم  $0.5 \mu\text{l}$  تا  $2.0 \mu\text{l}$  از نمونه به کروماتوگرافی گازی انجام می‌شود، که می‌تواند به شکل دریافت یا بعد از رقیق‌سازی یا استخراج با حلال مناسب انجام شود.

۹-۵-۲ توصیه می‌شود مواد جامد یا نیمه جامد مطابق با بند ۹-۱-۲ تهیه شده و با  $0.5 \mu\text{l}$  تا  $2.0 \mu\text{l}$  از محصول استخراجی تزریق شود.

یادآوری- به دلیل تعدد انواع مختلف ترکیبات معمول که در نمونه‌های پسماند خطرناک موجودند یا تزریق تک، مزاحمت‌های ناشی از هم‌شویی، ممکن است در صورتی که تشخیص صرفاً بر اساس زمان بازداری باشد، شناسایی ترکیبات با شویب نزدیک به هم دچار مشکل شود. توصیه می‌شود تجزیه‌گر از وسایل بند ۴-۱ یا اطلاعات در دسترس دیگری برای شناسایی صحیح ترکیب استفاده کند.

## ۱۰ محاسبات

۱۰-۱ غلظت ترکیب را با استفاده از رابطه ۱ به دست آورید.

$$Csamp = (Asamp / RF) \times D \quad (1)$$

که در آن:

$Csamp$  غلظت ترکیب در نمونه بر حسب درصد وزنی؛

$Asamp$  سطح پیک ترکیب در نمونه؛

$RF$  ضریب پاسخ؛

$D$  ضریب رقت.

$$RF = Astd / Cstd \quad (2)$$

که در آن:

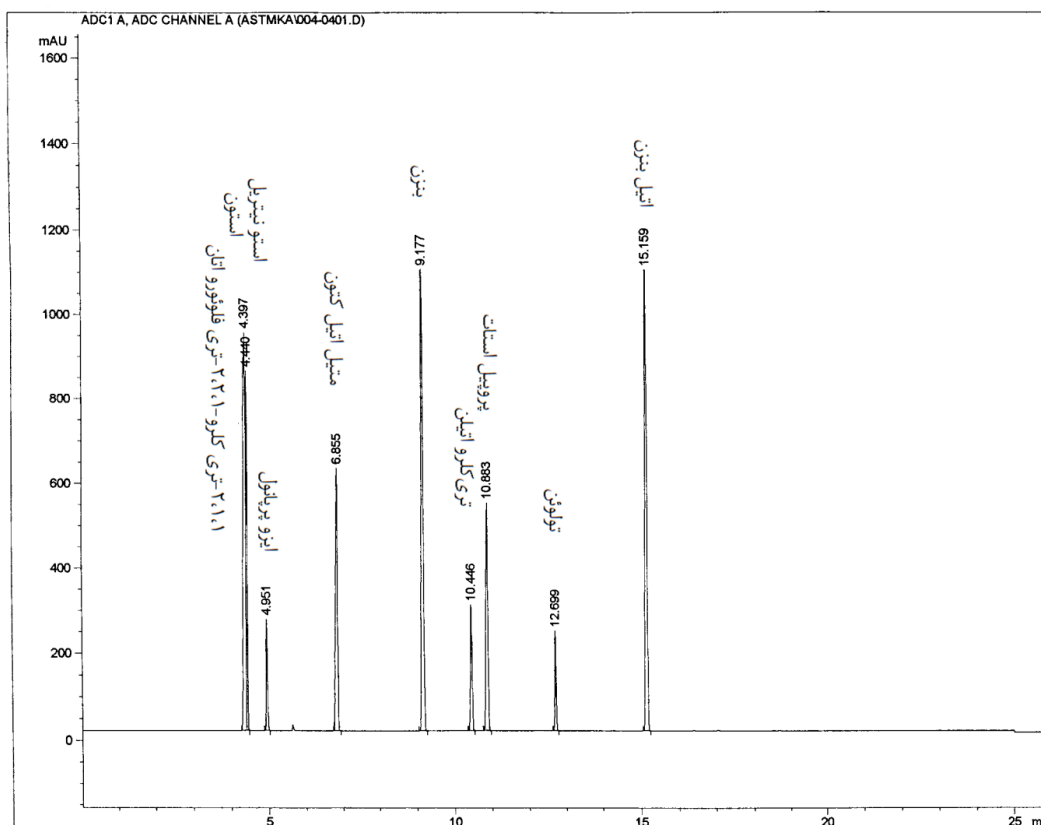
$Astd$  سطح پیک ترکیب در استاندارد؛

$Cstd$  غلظت ترکیب در استاندارد بر حسب درصد وزنی.

در این محاسبات فرض شده است که حجم تزریق، تجدیدپذیر است. در صورتی که نمونه اضافی یا مقادیر حلال برای استخراج مورد استفاده قرار گیرد ضریب رقت را باید به کار برد. برای مثال، در زمان استفاده از کربن دی سولفید در صورتی که به جای  $3 \text{ g}$ ،  $6 \text{ g}$  از کربن دی سولفید برای استخراج مورد استفاده قرار گیرد، ضریب رقت باید در  $Csamp$  زمانی که ترکیبات  $3 \text{ g}$  نمونه اصلی در  $6 \text{ g}$  کربن دی سولفید رقیق می‌شود، اعمال شود. این مسئله در صورت هر رقیق‌سازی قبل از تزریق مستقیم نمونه صحیح است.

یادآوری- در صورتی که ترکیبات جامد یا نیمه جامد در کربن دی سولفید یا M- پیرویل قابل حل هستند، یک ضریب رقت اضافی در محاسبات استفاده کنید. این مسئله برای نفت و لجن هم به طور عمده درست است.

۱۰-۲ بهتر است نتایج محاسبه شده برای مقادیر ۱٪ یا کم تر تا یک رقم با معنی و برای مقادیر بزرگ تر از ۱٪ تا دو رقم با معنی گزارش شود.



شکل ۳- استاندارد حلال ۲ (شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱-۱۷۱ FID/DB-1701)

## ۱۱ کنترل کیفیت

۱-۱۱ هر آزمایشگاه با استفاده از این روش آزمون یک برنامه کنترل کیفیت معمول اجرا خواهد کرد. حداقل الزامات این برنامه باید شامل اثبات قابلیت اولیه آزمایشگاه و تجزیه‌های در حال انجام شاهدی روش، نمونه‌های دوتایی و نمونه‌های اسپایک شده برای ارزیابی و داده‌ی مستند سازی کیفیت باشد.

۱۱-۲ قبل از پردازش هر نمونه، تجزیه‌گر باید از طریق تجزیه شاهد روش نشان دهد که مزاحمت‌های ناشی از سیستم تجزیه‌ای، شیشه‌آلات و واکنش‌گرها تحت کنترل هستند. هر زمان که یک مجموعه از نمونه‌ها آماده می‌شود یا یک تغییر در واکنش‌گرها وجود دارد، شاهد روش باید به عنوان یک محافظ در برابر آلودگی

آزمایشگاهی قدیمی در نظر گرفته شود. شاهد روش باید بین همه مراحل آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری انجام شود.

۳-۱۱ متناسب با پیشرفت کار، آزمایشگاه باید یک نمونه تکراری و اسپایک ماتریکس یا یک اسپایک ماتریکس و یک اسپایک ماتریکس تکراری را تجزیه کند. با این روش آزمایشگاهی دقت و انحراف به دست می‌آید.

۴-۱۱ به صورت ماهیانه، هر آزمایشگاهی باید توانایی شناسایی هر ترکیب را در سطوح گزارش شده نشان دهد. برای در نظر گرفتن هر علامت به عنوان یک پیک معتبر، باید نسبت علامت به نوفه بزرگ‌تر از ۱۰ باشد.

## ۱۲ دقت و انحراف

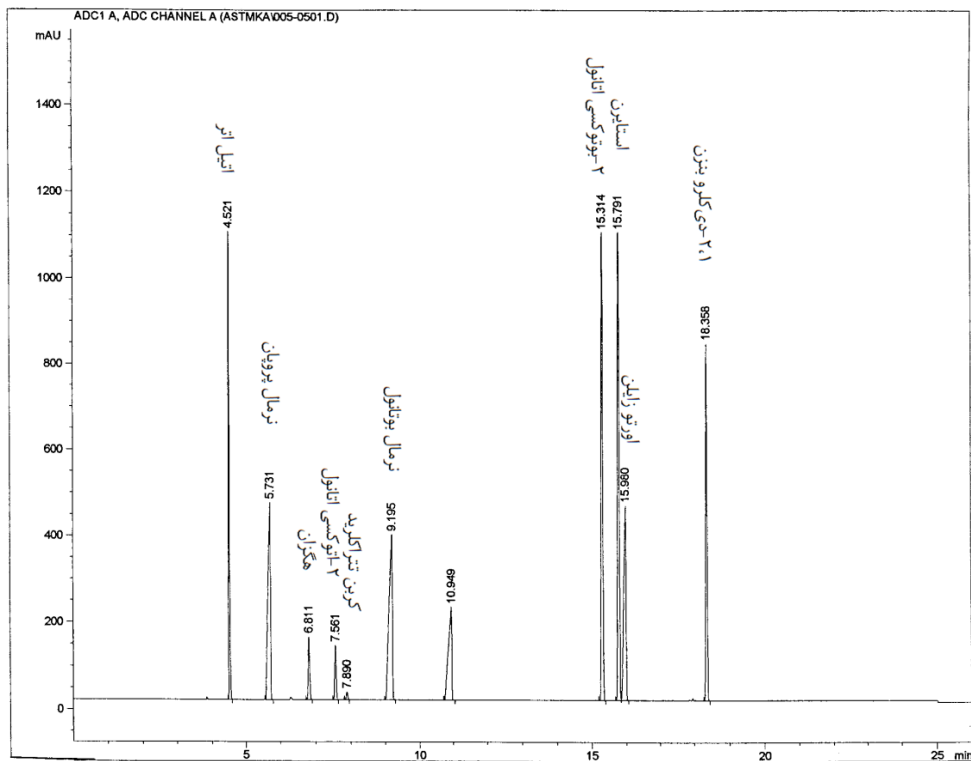
۱-۱۲ به جز رنگ تجاری، مخلوط‌های زیر به‌طور وزنی ساخته شده‌اند. کربن دی سولفید حلال عمده استفاده شده در استخراج و رقیق‌سازی در به دست آوردن جدول‌های ۶ تا ۹ در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۱- درصد تئوری، مقدار تئوری ترکیب موجود در مخلوطی که توسط تکنسین آزمون مشارکتی<sup>۱</sup> آماده شده را بیان می‌کند. میانگین، مقدار میانگین گزارش شده از همه آزمایشگاه‌ها است. % RSD. درصد انحراف استاندارد نسبی بین آزمایشگاه‌ها بر اساس مقدار میانگین گزارش شده است. میانگین بازیابی، میانگین بازیابی را براساس مقادیر گزارش شده و مقادیر تئوری بیان می‌کند. میانگین بازیابی داده برای حلال در رنگ‌های تجاری گزارش نشده است، زیرا مقادیر تئوری فقط به عنوان محدوده ارائه شده‌اند.

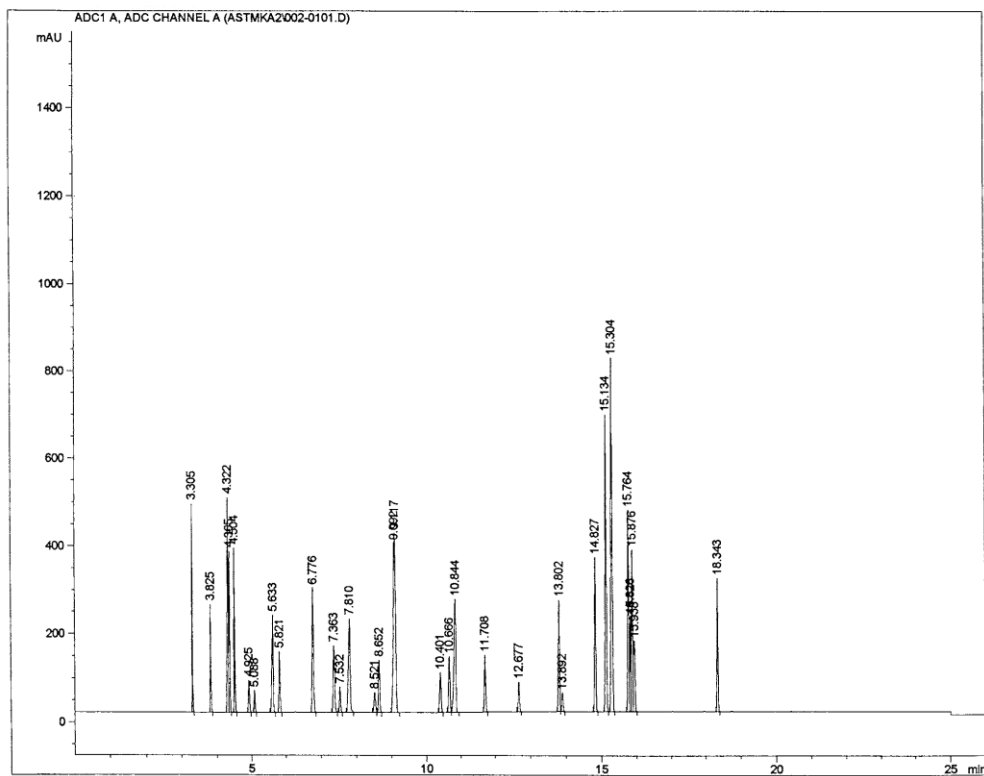
یادآوری ۲- همه داده‌های دقت و انحراف بر اساس تجزیه مشارکتی چند آزمایشگاهی است.

جدول ۶- حلال‌های روغن موتور، درصد شناسایی شده

ترکیب					
TCE <sup>e</sup>	TCA <sup>d</sup>	PERC <sup>c</sup>	MeCl <sub>2</sub> <sup>b</sup>	XYL <sup>a</sup>	شماره آزمایشگاه
۲٫۷	۶۲٫۵	۳٫۲	۳٫۷	۱٫۱	۱
...	۶۹٫۵	...	۳٫۹	۱٫۷	۲
...	۳۹٫۴	۱٫۴	۲٫۰	۰٫۵	۳
۲٫۴	۷۶٫۵	۲٫۷	۴٫۲	۲٫۱	۴
...	۵۹٫۷	۲٫۷	۳٫۰	۱٫۲	۵
۲٫۵	۷۱٫۱	۳٫۰	۴٫۰	۱٫۳	۶
۲٫۴	۶۷٫۷	۳٫۲	۳٫۹	۱٫۴	۷
۳٫۲	۵۹	۴٫۱	۵٫۱	۱٫۷	۸
۲٫۹	۶۵٫۹	۳٫۳	۴	...	۹
۲٫۷	۳۷٫۱	۵٫۲	۴٫۲	۱٫۱	۱۰
...	۵۰٫۶	...	۳٫۵	۱٫۸	۱۱
۲٫۳	۵۹	۳٫۳	۴٫۱	۱٫۴	۱۲
...	...	۲٫۷	۳٫۶	۱٫۲	۱۳
۲٫۲	۶۱٫۹	۳٫۰	۳٫۷	۱٫۵	درصد تئوری
۲٫۶	۵۹٫۸	۳٫۲	۳٫۸	۱٫۴	میانگین
۱۱٫۶	۲۰٫۳	۲۹٫۳	۸٫۹	۲۹٫۷	RSD %
۱۱۷	۹۷	۱۰۵	۱۰۳	۹۲	میانگین بازیابی
زایلین <sup>a</sup> متیلن کلرید <sup>b</sup> پرکلرو اتیلن <sup>c</sup> ۱،۱،۱-تری کلرو اتان <sup>d</sup> تری کلرو اتیلن <sup>e</sup>					



شکل ۴- استاندارد حلال ۳ (شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱-۱ FID/DB-1701)



شکل ۵- استانداردهای حلال ترکیب شده (شرح داده شده در بند ۵-۲-۲-۱-۱ FID/DB-1701)

جدول ۷- حلال‌های رنگ تجاری، درصد شناسایی شده

ترکیب				
XYL <sup>d</sup>	TOL <sup>c</sup>	MEK <sup>b</sup>	EB <sup>a</sup>	شماره آزمایشگاه
۲۵/۴	۱۳/۶	۳/۲	...	۱
۱۵/۸	۱۱/۲	...	۵/۸	۲
۲۷	۹/۳	۴/۴	...	۳
...	۱۵/۱	۴/۱	۵/۳	۴
۱۵/۵	۷/۵	۲/۲	...	۵
۱۷/۸	۸/۷	...	۳/۶	۶
۱۴	۶/۵	۲/۷	۲/۷	۷
۲۷/۴	۱۲	۴/۱	۵/۵	۸
...	۱۶	۴/۹	۶/۲	۹
...	۱۸/۲	۴/۵	...	۱۰
۲۲/۸	۱۰/۴	۳/۷	۳/۷	۱۱
۲۲/۸	۱۱/۴	۳/۲	۴/۷	۱۲
۲۳/۱	۷/۳	...	۲/۹	۱۳
۳۰-۲۳	۱۱-۱۰	۴-۳	...	درصد تئوری
۲۱	۱۱/۳	۳/۷	۴/۵	میانگین
۲۵	۳۱/۸	۲۳/۲	۲۸/۸	RSD %
اتیل بنزن <sup>a</sup> متیل اتیل کتون <sup>b</sup> تولوئن <sup>c</sup> زایلن <sup>d</sup>				

جدول ۸- VOC ها در متانول، درصد شناسایی شده

ترکیب					
TOL <sup>e</sup>	TCE <sup>d</sup>	TCA <sup>c</sup>	EB <sup>b</sup>	ChlBz <sup>a</sup>	شماره آزمایشگاه
۰٫۴	۰٫۳۹	۰٫۳۵	۰٫۳۶	...	۱
۰٫۴۴	۰٫۴۲	۰٫۳۵	۰٫۳۹	۰٫۱۳	۲
۰٫۳	۰٫۳	...	...	...	۳
۰٫۳	۰٫۲۷	۰٫۲۴	۰٫۲۶	۰٫۰۸	۴
۰٫۲۳	۰٫۲۳	۰٫۲	...	...	۵
...	...	...	۰٫۴	۰٫۱۳	۶
...	...	...	۰٫۲۳	...	۷
۰٫۳۵	۰٫۳۲	۰٫۲۸	۰٫۳	۰٫۱	۸
۰٫۳۷	۰٫۳۱	۰٫۲۶	۰٫۳۳	۰٫۰۹	۹
۰٫۳۷	۰٫۳۵	۰٫۲۹	۰٫۳۲	۰٫۱	درصد تئوری
۰٫۳۴	۰٫۳۲	۰٫۲۸	۰٫۳۲	۰٫۱۱	میانگین
۲۰٫۵	۱۸٫۷	۲۱٫۴	۱۸٫۲	۱۹٫۸	RSD %
۹۲	۹۲	۹۷	۱۰۰	۱۰۲	میانگین بازیابی
کلو بنزن <sup>a</sup> اتیل بنزن <sup>b</sup> ۱،۱،۱-تری کلرو اتان <sup>c</sup> تری کلرو اتیلن <sup>d</sup> تولوئن <sup>e</sup>					



جدول ۹- حلال در روغن، درصد شناسایی شده

ترکیب					
شماره آزمایشگاه	CCl <sub>4</sub> <sup>a</sup>	PERC <sup>b</sup>	TCA <sup>c</sup>	TCE <sup>d</sup>	TOL <sup>e</sup>
۱	۵٫۵	۵٫۳	۷٫۱	۴٫۷	۲٫۱
۲	۳٫۴	۶٫۰	۴٫۷	۴٫۰	۳٫۴
۳	...	۵٫۰	...	۴٫۶	۲٫۱
۴	۴٫۲	۳٫۸	...	۳٫۲	۱٫۵
۵	۴٫۱	۴٫۱	۵٫۸	۳٫۵	۱٫۶
۶	۴٫۷	۴٫۵	۶٫۲	۴٫۱	۱٫۷
۷	۵٫۸	۵٫۳	۸٫۵	۶٫۰	۲٫۳
۸	۶٫۱	۷٫۰	۴٫۶	۶٫۰	۲٫۷
۹	...	۳٫۹	۵٫۰	۳٫۲	۱٫۶
۱۰	۴٫۴	۵٫۰	۶٫۲	۳٫۱	۱٫۷
۱۱	۴٫۵	۵٫۳	۷٫۳	۴٫۶	۲٫۰
درصد تئوری	۵٫۱	۵٫۱	۷٫۲	۴٫۶	۱٫۹
میانگین	۴٫۷	۵٫۰	۶٫۲	۴٫۳	۲٫۱
RSD %	۱۸٫۷	۱۸٫۹	۲۱٫۱	۲۴٫۱	۲۷٫۲
میانگین بازیابی	۹۳	۹۸	۸۶	۹۳	۱۰۶
<p><sup>a</sup> کربن تترا کلرید</p> <p><sup>b</sup> پرکلرو اتیلن</p> <p><sup>c</sup> ۱،۱،۱-تری کلرو اتان</p> <p><sup>d</sup> تری کلرو اتیلن</p> <p><sup>e</sup> تولوئن</p>					