



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۱۵۶

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

21156

1st.Edition

2016

تعیین زیست تخریب پذیری بی هوازی مواد
پلاستیکی تحت شرایط دفن پسماند تسریع
یافته

**Determining anaerobic biodegradation of
plastic materials under accelerated landfill
conditions**

ICS: 13.030.40

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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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

«تعیین زیست تخریب پذیری بی‌هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط دفن پسماند تسریع یافته»

رئیس:

احمدی‌مقدم، مهدی
(دکتری مهندسی محیط زیست)

سمت و/یا نمایندگی

هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی
شاپور اهواز

دبیر:

قمی، متینه
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آذریان، علی‌رضا
(فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)

کارشناس مسئول حفاظت محیط زیست
اداره محیط زیست اهواز

احمدپور، الهام
(فوق لیسانس آب و فاضلاب)

کارشناس معاونت بهداشت

ارزانی، بهاره
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

کارشناس شرکت کیمیاکنکاش جندی شاپور

بهروزی، بهاره
(لیسانس مهندسی شیمی)

نماینده علمی شرکت دارویی

پهنود، رضا
(دکتری مهندسی شیمی)

کارشناس مناطق نفت خیز جنوب

بنی‌طرفزاده، بشری
(فوق لیسانس مهندسی آلودگی‌های محیط زیست)

کارشناس مدیریت پسماند

چرم‌زاده، مهرناز
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت کیمیا کنکاش جندی شاپور

خلقتی، نوشین
(فوق لیسانس فیتوشیمی)

کارشناس

کارشناس تدوین استاندارد اداره استاندارد خوزستان	دائی، مینا (فوق لیسانس شیمی آلی)
کارشناس شهرداری اهواز	سعادت، سجاد (فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)
کارشناس تدوین استاندارد اداره استاندارد خوزستان	فتاحی، مهناز (فوق لیسانس شیمی تجزیه)
هیات علمی پژوهشکده تکنولوژی تولید جهاددانشگاهی	گل محمدی، حامد (دکتری شیمی تجزیه)
کارشناس شرکت زرگستر روبینا	گیلاسی، فهیمه (فوق لیسانس شیمی آلی)
کارشناس HSE مناطق نفت خیز جنوب	مرادی، رضا (فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)
کارشناس آزمایشگاه شیمیایی نفت مسجدسلیمان	مکوندی، علی (فوق لیسانس شیمی تجزیه)
کارشناس شرکت زرگستر روبینا	نقدی، تینا (دکتری شیمی تجزیه)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ اصول آزمون
۳	۵ وسایل
۵	۶ مواد و/ یا واکنشگرها
۵	۷ تلقیح
۶	۸ آزمون
۶	۹ روش انجام آزمون
۸	۱۰ محاسبات
۹	۱۱ تفسیر نتایج
۱۰	۱۲ دقت و انحراف
۱۰	۱۳ گزارش آزمون
۱۲	پیوست الف (اطلاعاتی) کتابنامه

پیش گفتار

استاندارد " تعیین زیست تخریب پذیری بی هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط دفن پسماند تسریع یافته " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت زرگستر روبینا تهیه و تدوین شده است و در یکصد و شانزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۰ 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 می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های 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 مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM D 5526 : 2012, Standard Test Method for Determining Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Accelerated Landfill Conditions

تجزیه یک پلاستیک در شرایط محل دفن پسماند شامل فرآیندهای زیستی است که تجزیه دیگر مواد متصل شده به پلاستیک یا در مجاورت آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تخریب سریع پلاستیک قادر به افزایش امکان پذیری اقتصادی بازیابی گاز- دفن پسماند، به حداقل رساندن مدت زمان مراقبت بعدی دفن پسماند و امکان کاهش حجم پسماند به دلیل زیست تخریب پذیری در طول عمر فعال دفن پسماند می‌باشد. این روش کار به منظور اندازه‌گیری زیست تخریب پذیری بی‌هوازی فرآورده‌های پلاستیکی در هنگام قرار گرفتن در محیط‌های فعال زیستی مشابه محل دفن پسماند، توسعه یافته است.

با توجه به اینکه تخریب، به ناچار در یک محل دفن پسماند اتفاق می‌افتد، نکات مهم مورد توجه در این آزمون عدم تولید متابولیت‌ها یا محصولات نهایی سمی است. مخلوط‌های باقی‌مانده بعد از اتمام این آزمون که به‌طور جزئی حاوی مواد پلاستیکی یا محصولات استخراج هستند را می‌توان جهت ارزیابی خطرات زیست محیطی ناشی از شکست پلاستیک‌ها در محل‌های دفن پسماند استفاده نمود.

محدودیت‌ها، به دلیل تغییرات وسیع در ساختار و عملیات محل‌های دفن پسماند و به خاطر الزامات تنظیمی برای محل‌های دفن پسماندی که بسیار زیاد تغییر می‌کنند، این روش آزمون برای محیط همه محل‌های دفن پسماند کاربرد ندارد. با این حال، انتظار می‌رود محیط یک محل دفن پسماند فعال زیستی را به‌دقت شبیه‌سازی کند. به‌طور بسیار ویژه، این استاندارد امکان ایجاد یک محیط آزمایشگاهی استاندارد جهت تعیین تجدیدپذیر و سریع زیست تخریب‌پذیری بی‌هوازی تحت شرایط دفن پسماند تسریع یافته را میسر می‌سازد، عین حال اینکه در همان زمان، مخلوط‌های تجدیدپذیری از پسماند خانگی حاوی مواد پلاستیکی که به صورت کلی یا جزئی تجزیه شده است، برای ارزیابی سمیت اکوسیستم تولید می‌کند.

تعیین زیست تخریب پذیری بی هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط دفن پسماند تسریع یافته

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی نوشته نشده است. در صورت وجود چنین مواردی مسئولیت برقراری شرایط ایمنی و سلامتی مناسب و تعیین قابلیت اجرای محدودیت‌ها قبل از استفاده بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روشی برای تعیین درجه و سرعت زیست تخریب‌پذیری بی‌هوازی مواد پلاستیکی در یک محیط آزمون تحت شرایط دفن پسماند تسریع یافته، می‌باشد.

هم‌چنین، این استاندارد برای تولید مخلوط‌های پسماند خانگی و مواد پلاستیکی پس از درجه‌های مختلف تجزیه تحت شرایطی مشابه شرایط دفن پسماند، کاربرد دارد.

مواد آزمون با پسماند خانگی پیش پردازش شده مخلوط می‌شود و در معرض یک تلقیح^۱ متان‌زا که از هاضم‌های بی‌هوازی پسماند خانگی پیش‌پردازش شده به‌دست آمده است، قرار می‌گیرند. تجزیه بی‌هوازی تحت شرایط خشک (جامدات کل بیش‌تر از ۳۰٪) و شرایط غیر مخلوط ساکن، اتفاق می‌افتد.

مخلوط‌های به‌دست آمده بعد از این استاندارد را می‌توان برای ارزیابی خطرات بهداشتی و زیست محیطی مواد پلاستیکی تخریب شده در محل‌های دفن پسماند، استفاده کرد.

این استاندارد برای تعیین درصد تبدیل کربن موجود در نمونه به کربن گازی تحت شرایط مشابه شرایط دفن پسماند کاربرد دارد. ممکن است این استاندارد کاملاً مشابه شرایط دفن پسماند، به‌ویژه محل‌های دفن پسماند که از نظر زیستی غیر فعال هستند، نباشد.

این استاندارد بسیار مشابه آن انواعی از شرایط دفن پسماند است که گاز تولید شده را بازیابی کرده یا حتی به‌صورت فعال تشدید می‌نماید، یا هردو، به عنوان مثال به‌وسیله تلقیح (رسوب همراه لجن بی‌هوازی و بازچرخش شیرابه بی‌هوازی)، کنترل رطوبت در محل دفن پسماند (بازچرخش شیرابه) و کنترل دما (هوادهی و حرارت دادن شیرابه بازچرخش شده) (مراجع ۱ تا ۷ در پیوست الف را ببینید).

این استاندارد برای مخلوط‌های تخریب شده جزئی پسماند جامد شهری و پلاستیک‌هایی کاربرد دارد که برای ارزیابی خطرات سمیت اکوسیستم مرتبط با تخریب بی‌هوازی پلاستیک‌ها، بعد از مراحل مختلف زیست تخریب‌پذیری بی‌هوازی در شرایط دفن پسماند، استفاده می‌شوند.

عملکرد این روش منحصراً مربوط به نتیجه حاصل از این آزمون بوده و جهت موارد دیگر کاربرد ندارد. گزارشات باید به وضوح درصد تخریب کربن گازی خالص تولید شده را هم برای آزمون و هم برای نمونه‌های مرجع در تکمیل انجام آزمون، بیان کند. علاوه بر این، نتایج نباید بعد از مدت زمان واقعی آزمون، برون‌یابی شوند.

این استاندارد برای ارزیابی زیست تخریب‌پذیری تحت شرایط بهینه یا کم‌تر از بهینه، 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 مدارکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۸۹۱؛ سال ۱۳۹۱، کیفیت آب- اندازه‌گیری کربن کل و کربن آلی موجود در آب به وسیله اکسایش دمای بالا و آشکارسازی کولومتری
۲-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۹۶۳؛ سال ۱۳۹۱، اندازه‌گیری کل نیتروژن کجلدال موجود در آب-روش آزمون

2-3 ASTM D 618, Practice for Conditioning Plastics for Testing¹

2-4 ASTM D 883, Terminology Relating to Plastics

2-5 ASTM D 1293, Test Methods for pH of Water

2-6 ASTM D 1888, Methods Of Test for Particulate and Dissolved Matter in Water

2-7 ASTM D 2908, D2908 Practice for Measuring Volatile Organic Matter in Water by Aqueous- Injection Gas Chromatography

2-8 ASTM E 260, Practice for Packed Column Gas Chromatography²

2-9 ASTM E 355, Practice for Gas Chromatography Terms and Relationships

2-10 APHA-AWWA-WPCF Standards 2540D, Total Suspended Solids Dried at 103°-105°C

2-11 APHA-AWWA-WPCF Standards 2540E, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C

2-12 APHA-AWWA-WPCF Standards 212, Nitrogen Ammonia

۱- استاندارد ملی ایران شماره ۵۵۳۶، سال ۱۳۸۰، عملیات آماده‌سازی پلاستیک‌ها برای آزمایش، جهت بهره‌برداری موجود است.
۲- استاندارد ملی ایران شماره ۵۱۹۲، سال ۱۳۷۸، اسانسها - روش عمومی تجزیه و شناسای اجزاء توسط دستگاه گازکروماتوگرافی با ستون پرشده، جهت بهره‌برداری موجود است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D 883، اصطلاح و تعریف زیر نیز به کار می‌رود.

۱-۳

تلقیح متانزا

پسماند آلی هضم شده به صورت بی‌هوازی که حاوی غلظت بالایی از میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی تولیدکننده متان است.

۴ اصول آزمون

۱-۴ این استاندارد شامل موارد توصیف شده زیر می‌باشد:

(۱) انتخاب و آنالیز ماده برای آزمون؛ (۲) آماده‌سازی پسماند جامد شهری پیش پردازش شده و یک تلقیح بی-هوازی تغلیظ شده حاصل از یک هاضم بی‌هوازی؛ (۳) قرار گرفتن مواد آماده شده در شرایط تخمیر بی‌هوازی به طوری که غلظت جامدات بیش از ۳۰٪ باشد؛ (۴) اندازه‌گیری کربن کل در گاز (CH_4 و CO_2) آزاد شده به صورت تابعی از زمان؛ (۵) خارج کردن نمونه‌ها برای تمیزکاری (اختیاری)، تثبیت شرایط، اندازه‌گیری و گزارش دادن؛ (۶) ارزیابی درجه زیست تخریب‌پذیری؛ و (۷) ارزیابی درجه زیست تخریب‌پذیری تحت شرایط کم‌تر از بهینه.

۲-۴ درصد زیست تخریب‌پذیری به وسیله تعیین درصد تبدیل کربن حاصل از ماده آزمون، به کربن در فاز گازی (CH_4 و CO_2) به دست می‌آید. این درصد زیست تخریب‌پذیری شامل مقدار کربن حاصل از ماده آزمون که به زیست توده سلولی تبدیل و سپس به CH_4 و CO_2 متابولیزه می‌شود، نخواهد بود.

۵ وسایل

۱-۵ ظروف شیشه‌ای مقاوم در برابر فشار، بیست و هفت ظرف، هر کدام با حجم ۴ l تا ۶ l، غیرقابل ورود نسبت به هوا و با قابلیت تحمل فشار مازاد 202 kPa . سرپوش‌های راکتورها مجهز به یک شیر فشارقوی (به منظور جلوگیری از فشار مازاد بالاتر از 200 kPa)، یک فشارسنج برای نمایش نوسانات فشار مازاد، یک درپوش غشایی برای نمونه‌گیری گاز و اندازه‌گیری دقیق فشار مازاد و در نهایت یک شیر برای خروج فشار مازاد (شکل ۱) هستند.

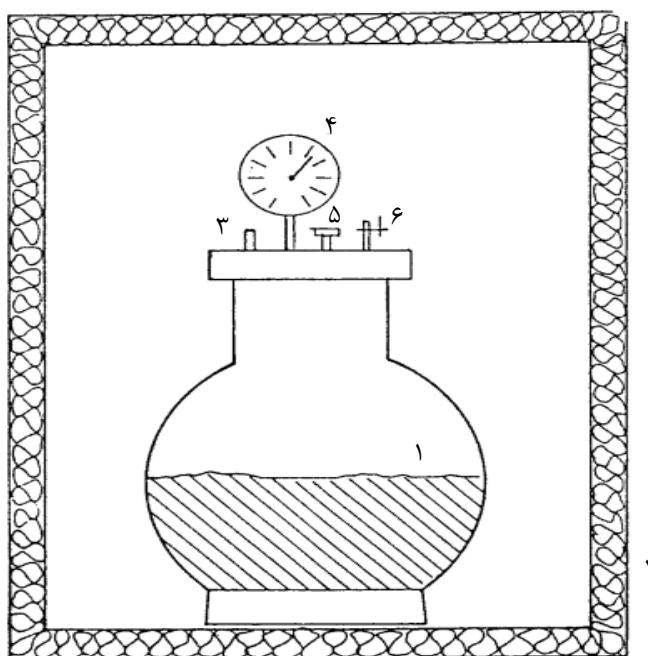
۲-۵ انکوباتورها، مناسب برای نگهداری ظروف شیشه‌ای در تاریکی و دمای 35 ± 2 °C در طی انجام آزمون

۳-۵ مبدل فشار، متصل به سوزن سرنگ برای اندازه‌گیری فشار فضای بالایی در ظرف نمونه

۴-۵ کروماتوگراف گازی، یا وسایل دیگر، مجهز به یک آشکارساز مناسب و ستون(ها) برای اندازه‌گیری غلظت-های متان و کربن‌دی‌اکسید در گازهای متصاعد شده

۵-۵ pH متر، با دقت ± 0.1 g، ترازوی تجزیه‌ای (± 0.1 mg)، دماسنج و فشارسنج

۶-۵ دستگاه‌های مناسب، برای اندازه‌گیری غلظت‌های اسیدهای چرب فرار به‌وسیله کروماتوگرافی تزریق آبی، کل نیتروژن کجدال، نیتروژن آمونیاکی، جامدات خشک ($105 \pm C$) و جامدات فرار ($550 \pm C$)



راهنما:

- ۱- هاضم
- ۲- محفظه انکوباتور^۲
- ۳- شیر فشارقوی
- ۴- فشارسنج
- ۵- درپوش غشایی
- ۶- شیر

شکل ۱- مجموعه آزمایشگاهی دفن پسماند تسریع یافته

1-Incubators
1- Incubation chamber

۶ مواد و/یا واکنشگرها

به جز موارد مشخص شده در این استاندارد در همه آزمون‌ها باید از واکنشگرهای خالص شیمیایی استفاده شود. مواد با درجات دیگر می‌توانند مشروط بر دارا بودن خلوص به اندازه کافی بالا و بدون کاهش درستی اندازه‌گیری استفاده شوند.

۱-۶ پسماند خانگی پیش‌پردازش شده، که از پسماند جامد شهری مخلوط شده بعد از همگن‌سازی، سرند توسط الک دارای منافذی با قطر ۴۰ mm تا ۸۰ mm و تثبیت بیولوژیکی هوازی از طریق دمیدن هوا به داخل ماده در طول یک دوره زمانی ۲ هفته تا ۴ هفته‌ای در دمای $(55 \pm 10)^\circ\text{C}$ و باقی‌ماندن محتوای $(5 \pm 5)\%$ ماده خشک، به دست می‌آید (به طور اختیاری: به جای پسماند خانگی پیش‌پردازش شده می‌توان با پسماند جامد که به صورت مشابه پیش‌پردازش شده است، استفاده کرد).

۲-۶ تلقیح بی‌هوازی، که از یک هاضم بی‌هوازی با عملکرد مناسب که ورودی آن منحصراً پسماند خانگی باشد و یا هاضمی که غالباً پسماند خانگی را تصفیه می‌کند، به دست می‌آید.

۳-۶ سلولز، با درجه خلوص تجزیه‌ای، برای کروماتوگرافی لایه نازک^۱ به عنوان کنترل مثبت آزمون

۴-۶ پلی‌اتیلن (اختیاری)، به عنوان یک کنترل منفی آزمون. به شکلی مشابه آنچه که در نمونه مورد آزمون است: فیلم پلی‌اتیلن برای نمونه‌های فیلمی، قرص پلی‌اتیلن در مواردی که نمونه به شکل قرص است و غیره.

۷ تلقیح

۱-۷ تلقیح ممکن است از هاضم مقیاس آزمایشگاهی یا مقیاس کامل یا هاضم ناپیوسته، در حال کار در دمای 35°C با ورودی مواد آلی پسماند خانگی تهیه شود. در مواردی که تلقیح از یک هاضم مقیاس آزمایشگاهی یا مقیاس کامل پیوسته تهیه می‌شود، هاضم باید برای یک دوره زمانی حداقل یک ماه با مواد آلی پسماند خانگی، با زمان ماند حداکثر ۳۰ روزه تحت شرایط مزوفیلی $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ کار کرده باشد. بازده تولید گازی در هر روز و در دما و فشار استاندارد باید حداقل برابر با ۱۵ میلی‌لیتر بیوگاز بر گرم جامدات خشک موجود در هاضم باشد (به مدت حداقل ۷ روز). در مواردی که تلقیح از هاضم ناپیوسته تهیه شده باشد، نرخ تولید بیوگاز باید بیش از یک لیتر در هر کیلوگرم پسماند در هر روز باشد و غلظت متان در آن می‌بایست بیش از ۶۰٪ باشد.

۲-۷ تلقیح آماده‌سازی شده باید تخمیر مزوفیلی کوتاه مدتی حدود ۷ روز در همان مقدار ماده خشک مشابه آنچه در هاضم اصلی داشته است را طی نماید. این کار به معنی آن است که تلقیح طی این مدت تغذیه نشده اما

1- Thin-layer chromatography

اجازه داده می‌شود به صورت بی‌هوازی تخمیر سریع خودبخودی انجام شود. این کار به منظور حصول اطمینان از تجزیه ذرات بزرگ با زیست تخریب‌پذیری سریع و همچنین به منظور کاهش سطح زمینه‌ای تخریب خودبخودی تلقیح می‌باشد.

۳-۷ مشخصات بیوشیمیایی تلقیح باید شامل موارد زیر باشد:

۱-۳-۷ pH، بین ۷٫۵ تا ۸٫۵ (مطابق استاندارد ASTM D 1293)؛

۲-۳-۷ اسیدهای چرب فرار (VFA)^۱، کم‌تر از ۱ g/kg وزن تر (مطابق استاندارد ASTM D 2908)؛

۳-۳-۷ نیتروژن آمونیومی (NH₄⁺-N)، بین ۰٫۵ g/kg و ۲ g/kg (مطابق استانداردهای APHA D 212 و استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۶۳)؛

۴-۳-۷ آنالیزها پس از رقیق‌سازی تلقیح با آب مقطر، با نسبت وزنی آب مقطر به تلقیح ۵ به ۱، بر مبنای وزن بیش از وزن اولیه، انجام می‌شوند.

۸ آزمون

۱-۸ آزمون باید دارای مقدار کربن کافی، آنالیز شده مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۸۹۱، باشد تا مقادیر متان و کربن دی‌اکسید به حدی باشد که به درستی با وسایل به دام اندازی^۲ توصیف شده، قابل جذب و اندازه‌گیری باشد. هنگامی که زیست تخریب‌پذیری کم‌تر است، آزمون بیشتری تا حداکثر ۱۰۰ g ماده خشک از آزمون، اضافه کنید.

۲-۸ آزمون می‌تواند به شکل فیلم، پودر، قرص یا اشیای شکل داده شده، یا استوانه‌ای شکل^۳ و مطابق استاندارد ASTM D 618 باشد. تجهیزات آزمون باید جهت کارکردن با اشیایی با ابعاد ۴ mm × ۵۰ mm × ۱۰۰ mm مناسب باشد.

۹ روش انجام آزمون

۱-۹ آماده‌سازی مخلوط‌ها:

۱-۱-۹ جامدات فرار، جامدات خشک و مقدار نیتروژن پسماند خانگی پیش پردازش شده و تلقیح را مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۶۳ و استانداردهای ASTM D 1888، APHA 2540 D و APHA 2540 E اندازه‌گیری کنید.

1- Volatile fatty acids
2- Trapping
3- Dog bone

۹-۱-۲ جامدات فرار، جامدات خشک و مقدار کربن تمامی مواد آزمون را مطابق استانداردهای APHA 2540 D و APHA 2540 E و استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۸۹۱ اندازه‌گیری کنید.

۹-۱-۳ اجزای تشکیل‌دهنده را وزن و مخلوط کنید و مقدار ماده خشک مخلوط‌های نهایی را با آب تنظیم کنید تا مقدار ماده خشک مطلوب برای هر ظرف به دست آید. به طور کلی ۶۰۰ g بر مبنای وزن خشک پسماند خانگی پیش پردازش شده، وزن کنید و آن را با ۱۰۰ g بر مبنای وزن خشک تلقیح بی‌هوازی مزوفیلی حاصل از یک هاضم پیوسته یا ۱۵۰ g بر مبنای وزن خشک تلقیح بی‌هوازی حاصل از هاضم ناپیوسته، مخلوط کنید. ۶۰ g تا ۱۰۰ g از ماده خشک مواد آزمون را اضافه کنید. آن قدر آب اضافه کنید تا مقدار ماده خشک نهایی مناسب به دست آید (به منظور دستیابی به مقدار ۶۰٪ ماده خشک در مخلوط، لازم است که در بعضی از موارد، قبل از ترکیب کردن اجزای تشکیل‌دهنده مختلف مخلوط، آب حذف شود. این عمل می‌تواند با خشک کردن پسماند خانگی پیش پردازش شده یا سانتریفیوژ کردن تلقیح بی‌هوازی انجام شود). مقادیر موردنیاز پسماند خانگی پیش پردازش شده، تلقیح و مواد آزمون را در یک ظرف کوچک به مدت دو دقیقه تا سه دقیقه مخلوط کنید. مخلوط را در ظرف وارد کرده و ظرف را با تمامی محتویات آن وزن کنید و آن را به صورت غیر قابل ورود نسبت به هوا ببندید. سه سری ظرف با قابلیت تحمل فشار بالا، هر سری حاوی مقادیر ماده خشک شامل ۳۵٪، ۴۵٪ و ۶۰٪ آماده کنید. بنابراین ۹ ظرف برای هر نمونه، موردنیاز است.

۹-۱-۴ نمونه‌های شاهد شامل ۶۰۰ g ماده خشک پسماند خانگی پیش پردازش شده و تلقیح بی‌هوازی در مقادیر کل ماده خشک مربوطه می‌باشند. به عنوان مرجع، می‌بایست سلولز در کروماتوگرافی لایه نازک به عنوان کنترل مثبت آزمون به کار رود. شاهد و مرجع به صورت سه سری در سه مقدار ماده خشک مختلف انجام می‌شود.

۹-۲ شروع روش کار، بعد از پر شدن و بسته شدن همه راکتورها، آن‌ها را در انکوباتورهای با دمای 35 ± 2 °C قرار دهید. راکتورها را حدود یک ساعت در این شرایط نگه‌دارید و فشار ناشی از افزایش دما را تا فشار اتمسفر آزاد کنید. راکتورها را به مدت یک دوره زمانی چهار ماهه در شرایط تاریک انکوباتور نگه‌دارید.

۹-۳ روش کار عملیاتی

۹-۳-۱ تولید گاز (که به صورت افزایش فشار اندازه‌گیری می‌شود) را حداقل هفته‌ای یکبار بررسی کنید. هنگامی که فشار مازاد بیشتر از ۷۰ kPa شد، فشار را به دقت با مبدل فشار اندازه‌گیری کرده و تا فشار اتمسفری رها کنید. مراقب باشید که به دلیل بازکردن انکوباتور یا اتاق انکوباسیون^۱ در طول اندازه‌گیری فشار مازاد، کاهش دما بیش‌تر از ۱ °C نشود.

1- Incubation room

۹-۳-۲ هر دو هفته یک بار، ترکیب اجزای گاز را آنالیز کنید. غلظت متان و کربن دی اکسید را با استفاده از وسایل تجزیه‌ای مناسب مانند یک کروماتوگراف گازی با آشکارساز مناسب، مطابق استانداردهای ASTM E 260 و ASTM E 355 اندازه‌گیری کنید. به‌طور ویژه دقت کنید نشتی از میان درپوش غشایی رخ ندهد.

۹-۴ پایان آزمون

۹-۴-۱ در صورتی که مقدار تولید گاز طی یک هفته بیش از شاهد نباشد و یا تا زمانی که کنترل مثبت آزمون بیش از ۷۰٪ تجزیه شود، می‌توان مدت آنکوباسیون را تمدید کرد.

۹-۴-۲ در انتهای آزمون، ماده خشک، اسیدهای چرب فرار و pH را برای هر یک از مخلوط‌های راکتور مطابق استانداردهای APHA 2540 E، ASTM D 2908 و ASTM D 1293 آنالیز کنید.

۹-۴-۳ ماده باقی‌مانده مناسب را از ظرف خارج کرده و آزمون سمیت اکوسیستم را مطابق روش‌های آزمون و آئین کارهای استاندارد (اختیاری) مناسب انجام دهید.

هشدار ۱- در این روش آزمون، از تلقیح و پسماند جامد شهری حاوی مواد فعال شیمیایی احتمالی و بیولوژیکی استفاده می‌شود که مشخص شده انواع بیماری‌ها را ایجاد می‌کنند. با پوشیدن دستکش و دیگر تجهیزات محافظتی مناسب، از تماس با این مواد اجتناب کنید. به‌منظور به حداقل رساندن تماس، بهداشت فردی را رعایت کنید.

هشدار ۲- ممکن است مخلوط پسماند جامد حاوی اجسام تیز باشد. جهت جلوگیری از آسیب دیدن، هنگام کار کردن با این مخلوط، بسیار مواظب باشید

هشدار ۳- این استاندارد شامل استفاده از مواد شیمیایی خطرناک است. از تماس با مواد شیمیایی اجتناب کرده و از دستورکارهای سازنده و برگه اطلاعات ایمنی مواد (MSDS)^۱ پیروی کنید.

هشدار ۴- متان تولید شده در طول روش آزمون، انفجاری و اشتعال‌پذیر است. هنگام رهاسازی بیوگاز از سیستم جمع‌آوری گاز، خروج بیوگاز به بیرون یا به طرف هود مراقب باشد.

۱۰ محاسبات

۱۰-۱ با استفاده از کربن کل موجود در نمونه، حداکثر میزان نظری تولید بیوگاز (کربن دی اکسید به‌علاوه متان) ناشی از زیست تخریب‌پذیری بی‌هوازی نمونه را بر اساس واکنش‌های بیوشیمیایی زیر محاسبه کنید:



هر میلی مول (۱۲ mg) از کربن آلی موجود در نمونه آزمون را می‌توان به یک میلی مول از CH₄ یا CO₂ گازی یا هر دو، تبدیل کرد. یک میلی مول از گاز تولید شده در دما و فشار استاندارد (STP)، حجمی معادل ۲۲٫۴ ml دارد.

1- Material safety data sheet

۲-۱۰ دما و فشار، درصدهای CH₄ و CO₂ را اندازه‌گیری کرده و حجم گازها را به شرایط STP تبدیل کنید. هم‌چنین فشار بخار و تغییرات فشار اتمسفری در طول آزمون را تصحیح کنید. مقدار کربن گازی را محاسبه کنید. میانگین (حاصل از سه بار اندازه‌گیری) کربن گازی خالص حاصل از زیست تخریب‌پذیری بی‌هوازی مواد آزمون را از طریق تفریق میانگین کربن گازی تولیدی از میانگین کربن گازی کنترل (سه بار اندازه‌گیری) شامل فقط تلقیح، محاسبه کنید.

۳-۱۰ درصد زیست تخریب‌پذیری را برای هر غلظت ماده خشک، با تقسیم میانگین کربن گازی خالص حاصل از ماده آزمون بر مقدار متوسط اصلی کربن کل ترکیب آزمون و ضرب کردن در عدد ۱۰۰ محاسبه کنید:

$$\% \text{زیست تخریب پذیری} = \frac{\text{mean } C_g(\text{test}) - \text{mean } C_g(\text{blank})}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

C_g مقدار کربن گازی تولید شده، بر حسب گرم؛

C_i مقدار کربن در ترکیب ماده اولیه اضافه شده، بر حسب گرم می‌باشد.

خطای استاندارد درصد زیست تخریب‌پذیری، s_e را با استفاده از رابطه ۳ محاسبه کنید:

$$s_e = \text{SQRT} \left((s_{\text{test}}^2 / n1) + (s_{\text{blank}}^2 / n2) \right) \times 100 / C_i \quad (3)$$

که در آن:

$n1$ و $n2$ به ترتیب تعداد تکرار هاضم آزمون و شاهد؛

s انحراف استاندارد کربن گازی کل تولید شده می‌باشد.

حدود اطمینان ۹۵٪ را با استفاده از رابطه ۴ محاسبه کنید:

$$95 \% \text{ CL} = \% \text{ زیست تخریب‌پذیری} \pm (t \times s_e) \quad (4)$$

که در آن:

t مقدار توزیع t برای احتمال ۹۵٪ با درجه‌های آزادی $(n1 + n2 - 2)$ است که بنابراین درجه آزادی $n = 3 + 3 - 2 = 4$ به‌دست می‌آید.

۱۱ تفسیر نتایج

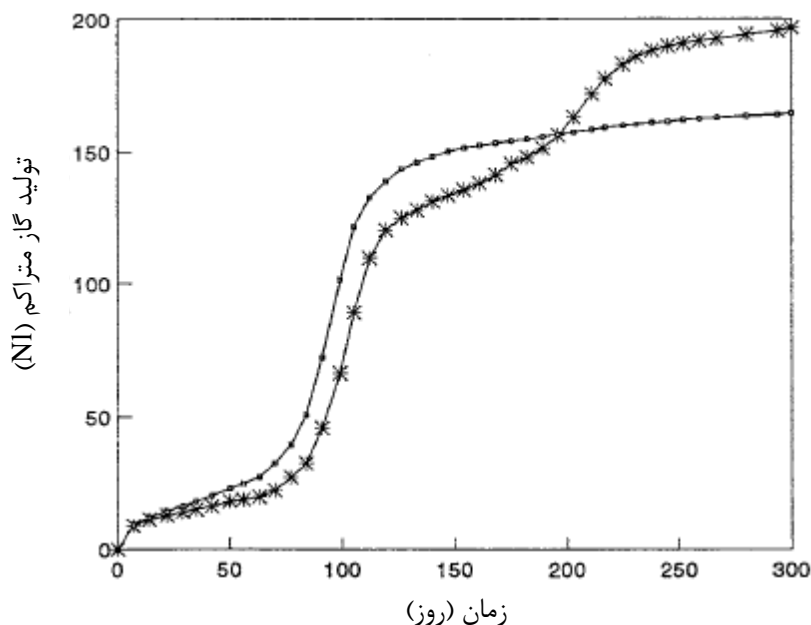
۱-۱۱ اطلاعات در مورد سمیت مواد پلاستیکی به صورت بالقوه برای تفسیر اثرات بازدارندگی تلقیح مفید است.

۱۱-۲ این استاندارد شامل استفاده از سلولز کروماتوگرافی لایه نازک به عنوان کنترل مثبت آزمون می‌باشد. اگر زیست تخریب‌پذیری کافی (حداقل ۷۰٪ برای سلولز) در طول آزمون مشاهده نشود، آزمون باید به صورت نامعتبر در نظر گرفته شده و با تلقیح جدید تکرار شود.

۱۲ دقت و انحراف^۱

۱۲-۱ دقت و انحراف روش آزمون ارائه شده در این استاندارد برای اندازه‌گیری زیست تخریب‌پذیری بی‌هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط دفن پسماند تسریع یافته، تعیین شده است.

۱۲-۲ نتایج مقدماتی در مقدار ماده خشک ۴۰٪ و دمای °C ۳۵ در شکل ۲ ارائه شده است. منحنی‌های شکل ۲، تولید بیوگاز در حجم بر حسب لیتر حاصل از ۱ kg پسماند خانگی پیش پردازش شده به علاوه ۱۰٪ تلقیح مزوفیلی بدون نمونه (شاهد) و با ۶۰ g سلولز (به علاوه کنترل مثبت آزمون) را ارائه می‌دهد.



شکل ۲- تولید بیوگاز مترکم در طی دوره‌ی زمانی ۳۰۰ روزه برای ۱ kg پسماند خانگی پیش پردازش شده به علاوه ۱۰۰ g تلقیح بی‌هوازی مزوفیلی بدون نمونه (شاهد) و با ۶۰ g سلولز (به علاوه کنترل مثبت آزمون)

۱۳ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

۱۳-۱ ارجاع به روش آزمون استفاده شده در این استاندارد ملی؛

۱۳-۲ اطلاعاتی در مورد تلقیح، شامل منبع، pH، اسیدهای چرب فرار (بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)، NH_4^+-N (بر حسب گرم در کیلوگرم وزن تر)، درصد جامدات خشک، درصد جامدات فرار، تاریخ جمع‌آوری و استفاده، زمان نگهداری و تثبیت شرایط، جابجایی و سازگاری بالقوه با مواد آزمون؛

۱۳-۳ اطلاعاتی در مورد پسماند خانگی پیش‌پردازش شده مورد استفاده برای تولید تلقیح و استفاده شده به عنوان ماده. در مواردی که از یک پسماند جامد مشابه استفاده می‌شود، ترکیب اجزای سازنده مخلوط را گزارش کنید. هم برای پسماند خانگی پیش‌پردازش شده و هم پسماند جامد شبیه‌سازی شده، منبع، pH، نوع پیش‌پردازش، NH_4^+-N (بر حسب گرم در کیلوگرم وزن تر)، درصد جامدات خشک، درصد جامدات فرار، تاریخ جمع‌آوری و استفاده، زمان نگهداری و تثبیت شرایط، جابجایی و انتقال را گزارش کنید؛

۱۳-۴ مقدار کربن مواد پلاستیک و کنترل مثبت و میزان نظری حداکثر تولید بیوگاز (کربن دی‌اکسید و متان) برای هر کدام؛

۱۳-۵ آزاد شدن گاز متراکم را در مقابل زمان، به صورت نموداری، نمایش و ثبت کنید؛

۱۳-۶ آنالیز گاز بر حسب درصد متان و درصد کربن دی‌اکسید برای هر قرائت در انتهای آزمون، یا هر زمانی که گاز در طول زمان آزمون به اتمسفر آزاد می‌شود. به طور پیوسته فشار بارومتر و دمای انکوباتور و وسیله جمع‌آوری گاز را گزارش کنید.

۱۳-۷ درصد تبدیل کربن به همراه شکل مواد پلاستیکی، یعنی ورقه، پودر، قرص و غیره را ثبت کنید. اطلاعات ویژه در مورد اندازه، شکل، حجم و ضخامت مواد پلاستیکی و مواد کنترلی آزمون شده را ثبت کنید.

۱۳-۸ درصد زیست تخریب‌پذیری مربوط به سلولز؛

۱۳-۹ انحراف استاندارد و حدود اطمینان $\% 95$ برای درصد زیست تخریب‌پذیری برای هر مجموعه سه تایی؛

۱۳-۱۰ در مواردی که تولید بیوگاز به یک شرایط پایدار نمی‌انجامد، برای ظروف با ماده خشک $\% 45$ و $\% 60$ ، تولید بیوگاز کل را به صورت درصد تولید بیوگاز کل در ماده خشک $\% 35$ گزارش کنید.

۱۳-۱۱ گستره دمای آزمون؛

۱۳-۱۲ اتلاف وزن تر (اختیاری)؛

۱۳-۱۳ هر گونه مورد غیر معمول مشاهده شده در حین اندازه‌گیری؛

۱۳-۱۴ هر گونه عملیاتی که در این استاندارد ملی بیان نشده یا به‌طور اختیاری در نظر گرفته می‌شود؛

۱۳-۱۳ نام و نام خانوادگی آزمون‌گر؛

۱۳-۱۴ تاریخ انجام آزمون.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] Campbell, D. J. V., and Croft, B., “Landfill Gas Enhancement: Brogborough Test Cell Programme,” Landfill Gas: Energy and Environment 90, United Kingdom Department of Energy, 1990, p. 281.

[2] De Baere, L. A., et al., “High-Rate Dry Anaerobic Composting Process for the Organic Fraction of Solid Wastes,” Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 15, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1986, p. 321.

[3] De Wilde, B., et al., “Dry Anaerobic Conversion of Source Separated Household Waste to Biogas and Humotex,” Journal of Resource Management and Technology, Vol 18, No. 1, 1990, p. 40.

[4] European Patent No. 84200801.3, 06.06.1984.

[5] U.S. Patent No. 4 684 468, 03.31.1986.

[6] Westlake, K., “Landfill Microbiology,” Landfill Gas: Energy and Environment 90, United Kingdom Department of Energy, 1990, p. 271.

[7] Suflita, J. M., et al., “The World’s Largest Landfill: A Multidisciplinary Investigation,” Environmental Science and Technology, Vol 26, No. 8, 1992, p. 1486.