



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۱۸۰

چاپ اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO

17180

1st. Edition
Mar.2014

پلاستیک ها- تعیین زیست تخریب پذیری
هوازی مواد پلاستیکی نشان دار شده با
کربن-۱۴ (^{14}C) در محیط آبی یا کمپوست-
روش آزمون

**Determination of Aerobic Biodegradation of
Radiolabeled Plastic Materials in an
Aqueous or Compost Environment-
Test Method**

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 یکاه، 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

فهرست مندرجات

صفحه		عنوان
ب		آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج		کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د		پیش گفتار
۱	۱	هدف و دامنه کاربرد
۲	۲	مراجع الزامی
۳	۳	اصطلاحات و تعاریف
۴	۴	اصول آزمون
۴	۵	وسایل
۴	۱-۵	دستگاه کشت مایع
۷	۲-۵	کمپوست ساز
۱۰	۳-۵	دیگر کمپوست سازها
۱۰	۶	مواد
۱۲	۷	هشدار
۱۲	۸	آماده سازی های ماده پلاستیک نشان دار شده با ^{14}C
۱۳	۹	روش آزمون
۱۳	۱-۹	روش آزمون الف - محیط آبی
۱۳	۲-۹	روش ب - محیط کمپوست
۱۵	۱۰	بیان نتایج و روش محاسبه
۱۵	۱۱	تفسیر نتایج
۱۶	۱۲	گزارش آزمون
۱۶	۱۳	دقت و اریبی

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" پلاستیک ها- تعیین زیست تخریب پذیری هوازی مواد پلاستیکی نشان دار شده با کربن-
۱۴C¹⁴) در محیط آبی یا کمپوست- روش آزمون "

رئیس:

میرمحمد صادقی، گیتی

دکترای مهندسی پلیمر

دبیر

میری قلعه سری، سیده عظمت

فوق لیسانس مهندسی پزشکی

اعضاء (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسلامیان فخر، امیر

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

بزرگی، علی

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

جعفری بطرودی، رحمان

(دکترای صنایع چوب)

جعفری، مریم

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

سمت یا نمایندگی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

اداره کل استاندارد مازندران

شرکت بهینه سامان آراین (بهسا)

موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (متر)

سازمان صنعت، معدن و تجارت

آزمایشگاه همکار سازمان استاندارد، بسپار فرایند پارس

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سهرابی، مهدی

(دکترای فیزیک هسته ای)

دانشگاه صنعتی اصفهان

سیاف، مهسا

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فتحی، شیوا

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

اداره کل استاندارد مازندران

طبری نیا، فرزانه

(فوق لیسانس شیمی فیزیک)

سازمان ملی استاندارد

نادری، علیقلی

(لیسانس شیمی)

اداره کل استاندارد مازندران

نوحی لنگرودی، ساناز

(فوق لیسانس شیمی آلی)

پیش گفتار

استاندارد " پلاستیک ها- تعیین زیست تخریب پذیری هوازی مواد پلاستیکی نشان دار شده با کربن- ۱۴(14C) در محیط آبی یا کمپوست- روش آزمون" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهاردهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۵ 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 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 مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D6340-98(Reapproved 2007), Standard Test Methods for Determining Aerobic Biodegradation of Radiolabeled Plastic Materials in an Aqueous or Compost Environment

پلاستیک - تعیین زیست تخریب پذیری هوازی مواد پلاستیکی نشان دار شده^۱

با کربن-۱۴ (¹⁴C) در محیط آبی یا کمپوست - روش آزمون

هشدار = در این استاندارد موارد ایمنی و بهداشتی نوشته نشده است. با توجه به خطرات ناشی از کمپوست و پرتوایی، مسئولیت برقراری شرایط ایمنی و سلامتی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است. به بند ۷ مراجعه شود.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد ارائه روش هایی برای تعیین مستقیم نرخ و درجه اکسایش زیستی کربن در مواد پلاستیکی، زمانی که در محیط کمپوست شبیه سازی شده با پسماند های جامد شهری یا در محیط آبی تحت شرایط آزمایشگاهی قرار می گیرند، است.

۱-۲ در روش آزمون (الف)، از مخلوطی استفاده می شود که از محیط موردنظر آزمون (آب زائد، لجن فاضلاب، رقیق شده کمپوست و دیگر منابع محیطی) مشتق شده است و دما، اختلاط و هوادهی پایش و کنترل می شود.

۱-۲-۱ این روش به تعیین زیست تخریب پذیری در غلظت های رایج موجود در این محیط ها حساس است.

۱-۳ روش آزمون (ب)، ابتدا با کمپوست تازه^۲ شروع می شود و در یک فرایند عادی کمپوست تا شروع مرحله رسیده شدن^۳ پایش می رود و دما، هوادهی و رطوبت پایش و کنترل می شود.

۱-۳-۱ این روش می تواند برای تعیین مقادیر معمول زیست تخریب پذیری پلاستیک در پسماند جامد شهری، به کار رود.

۱-۴ در این آزمون ها، جزء موردنظر ماده پلاستیکی باید با استفاده از ماده پرتوای کربن-۱۴ سنتز شده باشد. با توجه به نوع ماده، قسمتی از کربن موجود در پلاستیک و یا کل کربن می تواند به طور یکنواخت با کربن-۱۴ نشان دار شود. این روش آزمون می تواند برای تعیین چگونگی متابولیسم شدن قسمت نشان دار شده با کربن-۱۴ و اکسایش زیستی بوسیله میکروارگانیسم ها در شرایط آزمون، بکار رود.

۱-۵ این روش آزمون می تواند برای هر ترکیب دارای کربن-۱۴، همانند مواد پلاستیکی که برای زیست تخریب شدن در محیط هوازی طبیعی فرموله شده اند، بکار رود.

۱ - نشان دار شده با کربن-۱۴ (radiolabeled): چنان چه یک ماده پرتوزا یا فلز سنگین درون یک مولکول (برای ردیابی پرتویی آن مولکول) گنجانده شود، به آن ماده، نشان دار شده با کربن-۱۴ گفته می شود.

۲ - کمپوست تازه: منظور کمپوستی است که عمل تخمیر در آن شروع شده ولی تجزیه و واکنشهای مربوطه کامل نگردیده است.

۱-۶ سنتز و آماده سازی پلاستیک نشان دار شده با کربن-۱۴، باید بر طبق روش ارائه شده در هر یک از روش های (الف) و (ب) باشد. پلیمرهای نشان دار شده با کربن-۱۴ ممکن است از آزمایشگاه های تجاری تهیه شوند.

۱-۷ این روش های آزمون می توانند شواهد زیست تخریب پذیری هوازی مستقیم و عینی را فراهم کنند. این مستلزم آن است که خلوص رادیوشیمیایی پلاستیک با استفاده از آزمون مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۰۶ سال ۱۳۸۵ تایید شود.

۱-۸ این روش های آزمون، فرصتی را برای تعیین نرخ اکسایش بیولوژیکی در یک محیط کمپوست کامل^۱ یا محیط آبی از طریق نمونه برداری دی اکسیدکربن در دوره های متناوب فراهم می کند.

۱-۹ با استفاده از این روش های آزمون، داده های زیست تخریب پذیری برای مقادیر مورد استفاده پلاستیک ها در چرخه کامل فرایند کمپوست یا یک سیستم آبی، بدست می آید.

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 موردنظر 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 موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۰۶ سال ۱۳۸۵، پلیمرها- تعیین وزن مولکولی متوسط وزنی و توزیع وزن مولکولی به روش کروماتوگرافی ژل تراوایی

2-2- ASTM D883 Terminology Relating to Plastics

2-3 ASTM D5209 Test method for Determining the Aerobic Biodegradation of Plastic Materials in the Presence of Municipal Sewage Sludge.

2-4 ASTM D5338, Test method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions.

2-5 ASTM D5512, Practic for Exposing Plastics to a Simulated Compost Environment Using an Extermally Heated Reactor.

2-6 http://en.wikipedia.org/wiki/Counting_efficiency.

2-7 http://en.wikipedia.org/wiki/Scintillation_cocktail.

2-8 http://en.wikipedia.org/wiki/Background_radiation.

2-9 <http://hps.org/publicinformation/ate/faqs/radiation.html>

۱- کمپوست کامل (Complete composting): منظور کمپوستی است که شرایط مناسب عمل تخمیر در آن ادامه یافته و در نتیجه مقدار بیشتری از مواد آلی تجزیه و نسبت C/N به کمتر از ۲۵ و میزان مواد آلی به حدود ۲۰٪ و مقدار ناخالصی ها به کمتر از ۱۰ الی ۱۵٪ تقلیل یافته است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

پرتوزایی ویژه (SA)^۱

به مقدار ماده پرتوزا در واحد جرم ترکیب (پلیمر، ...) اشاره دارد که بر حسب بکرل بر کیلوگرم بیان می‌شود.

۲-۳

بکرل (Bq)

یکای پرتوزایی در دستگاه SI. یکای قدیمی پرتوزایی، کوری^۲ است که یک کوری معادل با 3.7×10^{10} بکرل (1 curie=Ci= 3.7×10^{10}) است.

۳-۳

dpm^۳

بیانگر میزان فروپاشی در دقیقه است که برای اندازه گیری میزان رادیواکتیویته بکار می‌رود. مقدار dpm را می‌توان از شمارش در دقیقه (cpm^۴) طبق معادله زیر به دست آورد:

$$dpm = \frac{cpm - bkgd}{counting\ efficiency}$$

که در آن:

cpm، شمارش در دقیقه؛

bkgd^۵، شمارش زمینه و counting efficiency^۶، بهره شمارش است.

۴-۳

mCi، میلی کوری

1 - Specific activity(SA)

2 - Curie

3 -Disintegration per minute

4 - Counts per minute

۵ - شمارش زمینه(background): شمارش هایی است که دستگاه بدون ماده پرتوزا اندازه می‌گیرد.

۶ - بهره شمارش: به نسبت بین تعداد ذرات یا فوتون شمرده شده از طریق شمارشگر پرتو و تعداد ذرات یا فوتون همان نوع و انرژی نشر شده از طریق منبع تابش، بهره شمارش گفته می‌شود. بهره شمارش برای ایزوتوپ های مختلف ، درصد ترکیب نمونه و شمارش دستگاه سوسوزن مایع (liquid scintillation counting) متغیر است. بهره ضعیف می‌تواند به وسیله انرژی خیلی پایین با نرخ تبدیل نور(بهره سوسوزن ایجاد شود که حتی در حالت بهینه نیز مقدار کوچکی است. محاسبه شده است که فقط ۴٪ انرژی از نشر بتا به نور سوسوزن تبدیل می‌شود حتی با مخلوط سوسوزن با بیشترین بهره. شمارش حاصل از این مخلوط سوسوزن، یک روش آزمایشگاهی استاندارد برای اندازه گیری پرتو از نشر بتا ایزوتوپ های پرتوزا است.

یک هزارم کوری

۵-۳

μCi، میکروکوری

یک هزارم میلی کوری

۶-۳

پسماند جامد شهری^۱ (ماده آلی)

۴ اصول آزمون

۴-۱ روش آزمون الف به تعیین مشخصات ماده آزمونی، آماده سازی محیط کشت حاوی ماده تلقیحی^۲ که به طور طبیعی یافت می شود، کنترل محیط ماده تلقیحی^۳، جمع آوری و اندازه گیری دی اکسیدکربن نشان دار در طی زمان و همچنین به محاسبه و پردازش نتایج می پردازد. این نتایج ممکن است با نتایج حاصل از آزمون مطابق با استاندارد ASTM D5209 قابل مقایسه باشد.

۴-۲ روش آزمون ب، به تعیین مشخصات ماده آزمونی، آماده سازی ماتریس کمپوست، کنترل فرایند کمپوست کردن، جمع آوری و اندازه گیری دی اکسیدکربن نشان دار، با گذشت زمان و همچنین به محاسبه و پردازش نتایج می پردازد. این نتایج ممکن است با نتایج حاصل از آزمون طبق استاندارد ASTM D5512 و ASTM D5338 قابل مقایسه باشد.

۵ وسایل

۵-۱ دستگاه کشت مایع

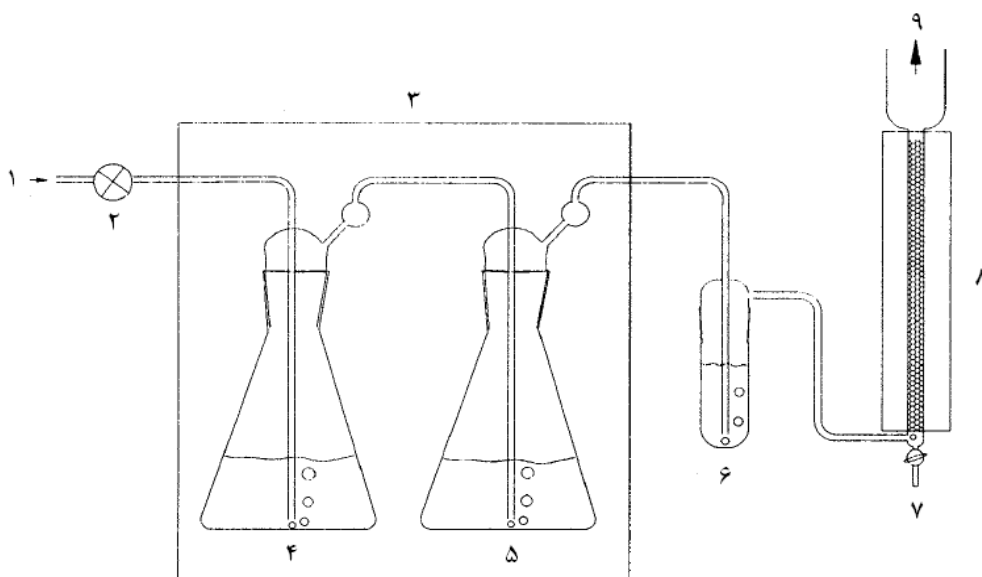
۵-۱-۱-۱ نمایی از دستگاه مورد نظر، در شکل ۱ آورده شده که نموداری از یک سیستم تک واحدی اندازه گیری کربن-۱۴ دی اکسیدکربن حاصل از زیست تخریب شدن پلیمر نشان دار شده با کربن-۱۴، در محیط کشت آبی، است. این نمودار شامل یک شیر سوزنی ریز برای کنترل دقیق جریان اکسیژن، یک ارلن آب و یک ارلن محیط کشت در محیط کنترل شده دمایی، یک تله اسیدی برای جداکردن آب از جریان گاز و اطمینان از وجود منوکسیدکربن در فاز گازی و یک ستون جاذب دی

1 - Municipal solid waste(organic matter)

۲ - ماده تلقیحی (inoculum)، ماده ای است که در مایه کوبی یا تلقیح به کار می رود، نظیر سلولهای که برای شروع به محیط کشت اضافه می شوند.

اکسیدکربن است. دی اکسیدکربن تولیدشده در روی یک دوره زمانی مشخص، می تواند از طریق جمع آوری دی اکسیدکربن جذب شده در انتهای هر دوره زمانی، از ستون نمونه برداری گردد(جمع آوری با دست یا بطور خودکار).

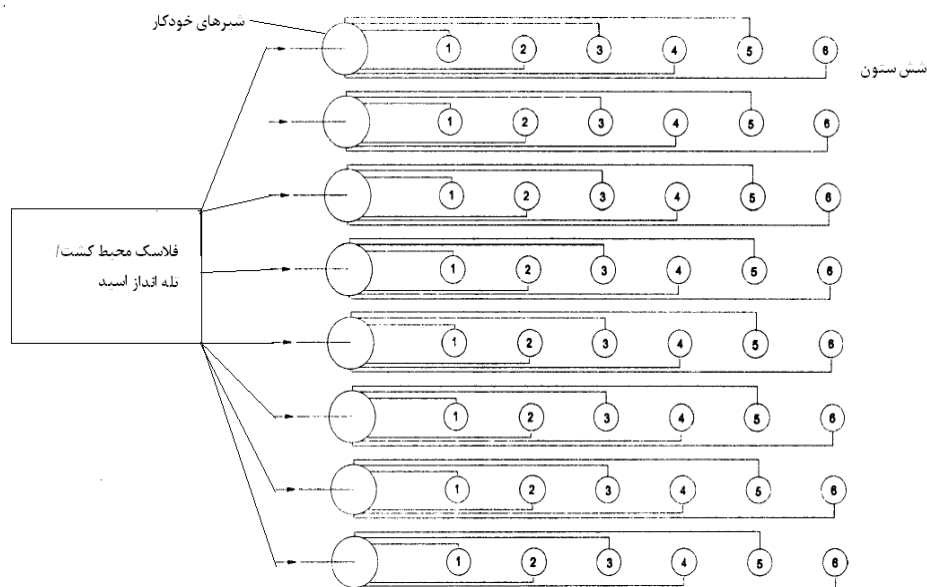
شکل ۲-۱-۵، یک سیستم هشت واحدی را با سیستم نیمه خودکار جمع آوری دی اکسیدکربن در طی زمان و شیر خودکار مجهز به ۶ خروجی(شش ستون)، نشان می دهد. گاز منتشر شده از ظرف کشت و تله اسیدی، به طور پیوسته از ستون جذب، عبور کرده و به طور دوره ای در ستون بعدی به جریان می افتد. بلافاصله قبل از سویچ به ستون ششم، پنج ستون قبلی خالی و مجدد پر می شود و اندکی بعد از اینکه ستون ششم سویچ شد، خالی و مجدد پر می گردد.



شکل ۱- سیستم تک واحدی برای دی اکسیدکربن نشان دارشده حاصل از زیست تخریب پذیری پلیمر نشان دارشده با کربن-۱۴

- | | |
|--|------------------------|
| ۱ اکسیژن | ۶ تله اسیدی |
| ۲ شیر سوزنی بسیار نازک | ۷ ستون جذب دی کسیدکربن |
| ۳ ناحیه تحت کنترل دما و هم زدن(مخلوط کردن) | ۸ ستون سردشده |
| ۴ آب | ۹ هواکش یا خروجی |
| ۵ محیط کشت(ماده تلقیحی) | |

۳-۱-۵ شکل ۳، سیستم تک واحدی از جمع آوری تمام خودکار دی اکسیدکربن را با دو ستون جاذب که برای تله دی اکسیدکربن مجهز شده اند، نشان می دهد. در حالی که یک ستون در حال جمع آوری دی اکسیدکربن از سیال خروجی است، ستون دیگر به یک ویال نمونه گیری^۱ تخلیه می گردد. مخلوط سوسوزن^۲ به ویال اضافه می شود و ستون به طور خودکار با جاذب دی اکسید کربن پر می شود.



شکل ۲- سیستم نیمه خودکار جمع آوری دی اکسیدکربن برای هشت واحد وشش دوره نمونه برداری

۴-۱-۵ شکل ۴، بیانگر یک سیستم شش واحدی و تمام خودکار است. این سیستم از طریق یک کامپیوتر و یک ریزپردازنده 1/0 کنترل می شود. شیرها و پمپ های اندازه گیری بوسیله یک منبع تغذیه کنترل الکترونیکی و رله ها، راه اندازی می شوند. دریافت کننده های جاذب دی اکسید کربن و

1 - Scintillation vial

۲ - Scintillation cocktail: شمارش از مخلوط سوسوزن، یک روش آزمایشگاهی استاندارد است که برای اندازه گیری پرتو تابش نشر بتا از ایزوتوپ های پرتوزا بکار می رود. مواد سوسوزن در انواع مختلف شمارشگرهای سوسوزن کاربرد دارند. شمارشگر سوسوزن یک ابزار آزمایشگاهی قدیمی است با دو لوله فتومالتی پلایر متضاد که شبیه ویال است و شامل یک نمونه و مایع سوسوزن است. وقتی که نمونه یک پرتو را نشر می کند(اغلب در انرژی پایین بتا) کوکتل به تنهایی به صورت آشکارساز عمل کرده و یک پالس نور می دهد.

مخلوط ویژه، کلیه شش واحد را، سرویس می دهند. ظروف نمونه گیری، در یک سینی مشبک (جالوله ای) هستند که این ظروف را برای هر دوره نمونه برداری جاگذاری می کند.

۵-۱-۵ دستگاه دیگری که قابلیت نگهداری دمای مناسب، کنترل جریان اکسیژن، رطوبت زنی^۱ جریان گاز و جمع کردن کامل دی اکسید کربن را داشته باشد نیز، می تواند به کار رود.

۵-۱-۶ دستگاه های دیگر می توانند به طور دستی یا بوسیله کامپیوتر کنترل شود .

۵-۲ کمپوست ساز

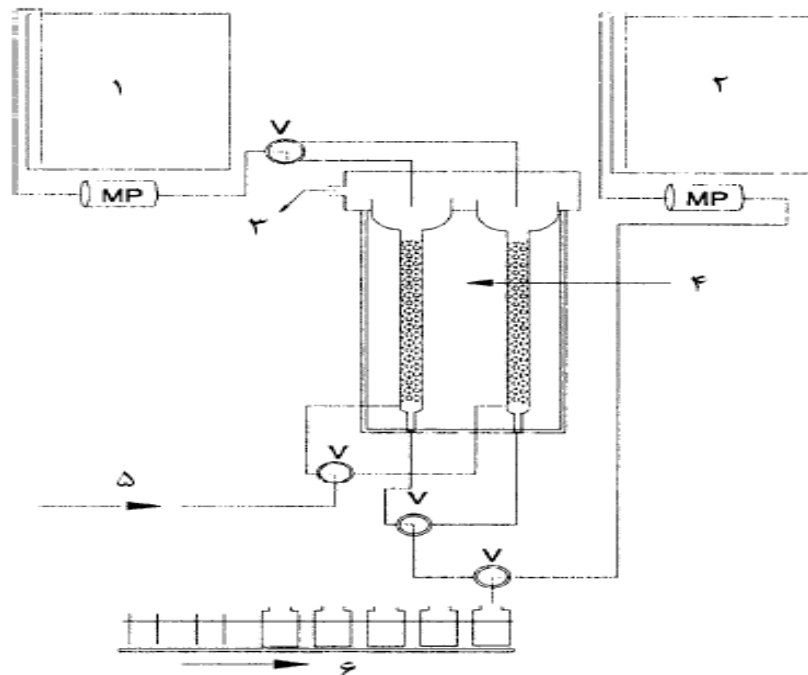
۵-۲-۱ شکل ۵ ، نمایی از کمپوست ساز رادیوشیمیایی را نشان می دهد. این دستگاه شامل یک ظرف شیشه ای کمپوست کردن (که بوسیله یک سطح پلاستیکی خالص درپوش گذاری می شود)، یک جریان هوای رطوبت دار کنترل شده ، یک محفظه حرارتی کنترل شده، یک تله اسیدی (سولفوریک اسید) و یک ستون جاذب دی اکسید کربن است .

۵-۲-۲ ظرف کمپوست، یک کتری واکنش از جنس شیشه بروسیلیکات یک لیتری است که با یک لبه شیشه ای مجهز شده و توسط یک واشر^۲ در مقابل سطح پلاستیکی چفت و بست می شود. هوای فشرده که بوسیله یک شیر سوزنی کنترل شده است از میان جریان سنج و سپس از میان یک تله آب که همدم با کمپوست نگهداری می شود ، عبور می کند یا به طور مستقیم از جریان سنج به کمپوست جریان می یابد (با نرخ جریان ۳ میلی لیتر بر دقیقه). ظرف کمپوست با یک شفت تو خالی از جنس فولاد زنگ نزن تثبیت شده است که این شفت از یک طرف در مرکز کمپوست و از طرف دیگر از یک صفحه سوراخدار توزیع کننده از زیر ظرف خارج شده است (مطابق شکل ۵). هوا از میان شفت به فضای زیرین صفحه توزیع کننده، به سمت پایین و سپس به درون کمپوست که در قسمت بالای صفحه قرار دارد جریان می یابد (جایی که از آنجا خارج می شود). شفت شامل میله هایی عمود بر شفت است. این شفت به یک موتور که شفت را در نرخ ۶ رادیان بر دقیقه می گرداند، وصل شده است. حرکت اختلاط برای مخلوط کردن، خرد کردن توده های کمپوست و انتقال رو به بالای کمپوست طراحی شده است. نتیجه این عمل، جابجا شدن کمپوست در ظرف و حفظ جریان یکنواخت هوا از میان کمپوست است.

۵-۲-۳ همان طور که هوا از ظرف کمپوست خارج می شود، از میان یک شیر یک طرفه و سپس از میان تله اسیدی عبور می کند. تله اسیدی، هوا را هیدراته می کند و اطمینان حاصل می شود که دی اکسید کربن در فاز گازی مانده است .

1 - Humidification

2 - O-ring



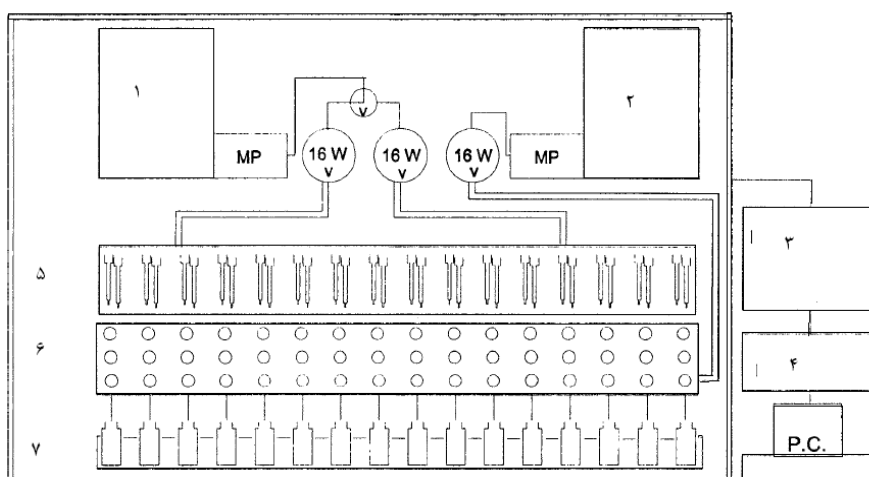
شکل ۳- سیستم تکواحدهی جمع آوری دی اکسید کربن-۱۴ (V:valve, MP: metering pump)

- | | |
|---|----------------------------------|
| ۱ | جاذب دی اکسید کربن |
| ۲ | مخلوط ویژه |
| ۳ | خروجی |
| ۴ | محفظه خنک |
| ۵ | ورودی از ارلن محیط کشت/تله اسیدی |
| ۶ | سینی (قرارگیری خودکار) |

۴-۲-۵ سپس هوا به یک ستون شیشه ای پر شده با مارپیچ های شیشه ای و یک جاذب دی اکسید کربن تجاری (متوکسی اتیل آمین)، جریان می یابد. مارپیچ های شیشه ای، حباب های گاز را شکسته و سطح موثر بیشتری را برای جذب دی اکسید کربن (فرآیند تصفیه) فراهم می کنند.

۵-۲-۵ این ستون دارای غلاف (یک محفظه شیشه ای بیرونی دارد) است که یک سرد کننده (پروپیلن گلیکول) در آن سیرکوله می شود.

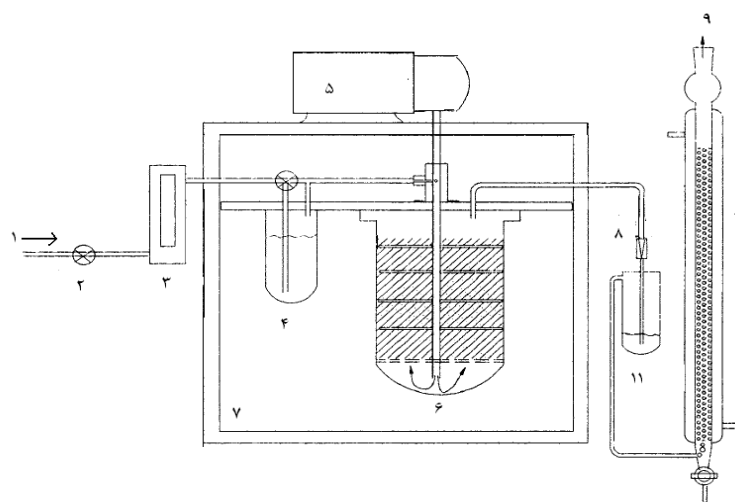
۶-۲-۵ یک شمارشگر سوسوزن که قابلیت شمارش اشعه بتا (با انرژی پایین) ساطع شده بوسیله ایزوتوپ کربن-۱۴ پرتوزا را دارد، برای اندازه گیری مقدار کربن-۱۴ پرتوزا از دی اکسید کربن تله انداخته شده، به کار می رود. ابزاری که می تواند شمارش را به صورت خودکار و صحیح انجام دهد ترجیح داده می شود.



شکل ۴ - سیستم شش واحدی تمام خودکار جمع آوری دی اکسید کربن
 ((V:valve, MP:metering pump, 16Wv=sixteen way valves)

۵ ستون جذب دی اکسید کربن
 ۶ شیرهای کنترل الکترونیکی
 ۷ ظروف نمونه گیری

۱ جاذب دی کسید کربن
 ۲ مخلوط ویژه
 ۳ منبع تغذیه و رله
 ۴ ریزپردازنده 1/0



شکل ۵- تجهیزات خودکار کمپوست ساز رادیوشیمیایی

۵-۲-۷ تحت کنترل بودن سیستم از نظر نشتی و اطمینان از عدم خروج دی اکسید کربن پرتوزا، بسیار مهم و حیاتی می باشد (برای صحت نتایج و برای سلامتی کارکنان آزمایشگاه).
 ۵-۲-۸ ستون ها را به یک هود رادیوشیمیایی تخلیه کنید .

۵-۲-۹ شیرهای یک طرفه که در آن ها هوا فقط به یک طرف جریان می یابد، بین فلاسک آزمون و اسید و بین اسید و جاذب قرار دارد.

۵-۳ دیگر کمپوست سازها

۵-۳-۱ در صورتی که کمپوست ساز دارای الزامات زیر باشد، می تواند مورد استفاده قرار گیرد:
۵-۳-۱-۱ اگر چه ظروف کمپوست می توانند بزرگتر از یک لیتر باشند، اما به سبب اینکه حجم زیادی از دی اکسید کربن تولید شده، باید کاملا جذب شود، بازدهی مناسب نخواهد داشت و ظرف بزرگتر از یک لیتر در عمل کارایی نخواهد داشت.

۵-۳-۱-۲ دمای کمپوست باید کنترل شود.

۵-۳-۱-۳ جریان منبع تغذیه هوا، باید تحت کنترل باشد و رطوبت زنی گردد.

۵-۳-۱-۴ برای حذف دو فاز شدن که در هنگام افزودن مخلوط سوسوزن به جاذب دی-اکسید کربن اتفاق می افتد و آب بیشتری جمع می شود، باید قبل از ستون تصفیه، هوا کاملا رطوبت زدایی شود.

۵-۳-۱-۵ ستون تصفیه باید به گونه ای طراحی شود که تماس با هوای مایع به میزانی باشد که تله انداختن دی اکسید کربن به طور کامل انجام شود.

۵-۳-۱-۶ بازدهی ستون جاذب باید از طریق قرار دادن ستون دیگر به طور سری و اطمینان از اینکه هیچ پرتوایی در آن ستون جذب نشده است، تایید گردد.

۵-۳-۱-۷ جاذب دی اکسید کربن نباید به سبب ناسازگاری با دیگر مواد، در اندازه گیری دقیق پرتوایی در شمارشگر سوسوزن، تداخل ایجاد کند.

۶ مواد

۶-۱ در این آزمون، کمپوست طبق دستورالعمل های بند ۶-۱-۱ و ۶-۱-۲، دستورالعمل کمپوست پسماند شهری یا کمپوست چوب، یا دستورالعمل توصیه شده مراکز فعال کمپوست پسماند حیاط و یا پسماند جامد شهری آماده می شود.

۶-۱-۱ کمپوست شبیه سازی شده بر اساس ماده آلی پسماند جامد شهری، حاوی مواد زیر، بر حسب ماده خشک آماده می شود:

بلغور یونجه ۳۵/۷٪، باریکه های روزنامه ۲۷/۲٪، خاک باغ ۱۳/۲٪، خاک اره چوب درخت سپیدار یا صنوبر ۱۰/۴٪، بلغور تخم پنبه ۶/۴٪، کود گاوی ۱/۶٪، کلسیم کربنات ۵/۳٪، سدیم بی کربنات ۰/۲٪. این مخلوط حاوی مواد بیو شیمیایی موجود در پسماند جامد شهری است که شامل:

سلولز لیگنینه شده^۱ (روزنامه، خاک اره درخت سپیدار یا صنوبر و بلغور یونجه) ؛ پروتئین (بلغور تخم پنبه و بلغور یونجه) ؛ ماده تلقیحی^۲ (خاک باغی و کود گاوی) ؛ کربوهیدرات های قابل حل و بافر برای تثبیت PH خنثی یا کمی بازی.

اندازه ذرات اجزاء کمپوست باید به گونه ای باشد که از یک غریبال با قطر چشمه ۶ میلی متر عبور کنند. میزان رطوبت برای آزمون، باید بین ۵۵ تا ۶۰ درصد تنظیم شده باشد (شکل ۷-۲)

۲-۱-۶ نوع انتخابی دیگر کمپوست که برای شبیه سازی کمپوست حیاط^۳ بکار می رود، طبق ASTM-ISR^۴ دارای ترکیبات زیر برحسب ماده خشک است که با رطوبتی بین ۵۵ تا ۶۵ درصد ساخته می شود: خرده چوب^۵ (brush) ، ۴۱/۴٪ ، برگ های خرد و خشک شده ۲۵/۴٪ ، چمن و سبزه های بریده شده^۶ ۲۵/۸٪ ، کمپوست کهنه^۷ ۷/۳٪ .

آماده سازی های مختلف کمپوست می تواند نرخ های متفاوت زیست تخریبی را سبب شود. کمپوست پسماند باغی و حیاط حاوی پلاستیک، می تواند موجب کندتر شدن نرخ تخریب شود .

۲-۶ با اندازه گیری میزان رطوبت هر جزء، محاسبه رطوبت مخلوط و افزودن آب تا رسیدن به درصد رطوبت مورد نظر، کمپوستی با رطوبت ۵۵ تا ۶۰ درصد بسازید. میزان رطوبت را می توانید با نمونه گیری از کمپوست، توزین، خشک کردن، توزین مجدد و محاسبه رطوبت از اختلاف دو توزین محاسبه و در صورت نیاز آب اضافه کنید. حین آزمون، میزان رطوبت را باید به طور هفتگی کنترل و در حدود ۵۵ تا ۶۰ درصد با رطوبت زنی هوا (حباب های هوا در آب)، در صورت نیاز، تنظیم و نگهداری کنید.

۳-۶ ماده تلقیحی مایع که از محیط آبی موردنظر آزمون آماده می شود و می توانید آن را به طور مستقیم استفاده کنید، شامل لجن فاضلاب^۸ یا لجن عمل آوری شده آب فاضلاب^۸ است. همچنین می توانید از رقیق شده^۹ کمپوست، یا ماده تلقیحی که با رشد محیط کشت مخلوط روی منبع کربنی غنی شده است نیز استفاده کنید.

۱- سلولز لیگنینه شده (Lignified cellulose) سلولزی است که مقدار لیگنین موجود در آن نسبت به سلولز بیشتر است، فرایندی که در آن عمل افزایش لیگنین به سلولز انجام می شود را lignifications یا چوبی کردن می گویند.

2 - Inoculums

3 - Yard compost

4 -ISR Degradable Polymeric Materials Program, Compilation of ISR Contractor Compost Test Report, ASTM, 1993.

5 - Brush

6 -Grass clippings

7 -Sewage sludge

8 - Waste water treatment sludge

۴-۶ محیط مورد استفاده برای محیط کشت مایع به محیط شبیه سازی شده بستگی دارد. برای آب فاضلابی یا لجن فاضلاب، یک محیط براس^۱ بر طبق مراجع میکروبی^۲ آماده می شود. در این محیط پلاستیک به عنوان منبع عمده انرژی پیوند کربنی محسوب می شود.

۵-۶ جاذب دی اکسیدکربن، متوکسی اتیلن آمین، برای جذب دی اکسید کربن در ستون های تصفیه به کار می رود.

۶-۶ مخلوط سوسوزن طراحی شده برای شمارش کربن-۱۴ لازم است. هر مخلوط سوسوزن تجاری که با جاذب دی اکسید کربن سازگار باشد، قابل پذیرش است.

۷ هشدار

۱-۷ کمپوست به عنوان یک ماده با ریسک سلامتی شناخته شده است که می توان با ابزار محافظ مناسبی نظیر دستکش و ماسک از خطرات آن جلوگیری کرد.

۲-۷ باز بسیار قوی برای جذب دی اکسیدکربن بکار می رود و کاربر باید کلیه الزامات ایمنی مربوطه را رعایت کند.

۳-۷ ترکیبات پرتوزا کربن-۱۴ باید بر اساس قوانین مصوب کشور جا به جا شوند.

۸ آماده سازی های ماده پلاستیک نشان دار شده با کربن-۱۴

۱-۸ علامت گذاری کربن در مولکول یا یک بخش از مولکول با ایزوتوپ پرتوزا کربن، درقابلیت تشخیص و شناسایی ایزوتوپ کربن-۱۴ از مقادیر بیشتر کربن -۱۲ در کمپوست، کاربرد دارد. تشخیص و شناسایی ایزوتوپ کربن-۱۴، برای پیگیری یا ردیابی پرتوزا بودن است که از خلوص رادیوشیمیایی ترکیب اطمینان حاصل شود و برای تایید اینکه فقط ترکیب مورد نظر نشان گذاری شده و هیچ نشانه گذاری روی ماده دیگری وجود ندارد، به کار می رود. این تاییدیه نیازمند به تکنیک های آنالیز است که می تواند پلیمر را جداسازی و تعیین کند که پرتوزایی به تنهایی و جداگانه در پلیمر قرار دارد و ساختار و توزیع وزن مولکولی (به ترتیب طبق آنالیز رزونانس مغناطیسی هسته ای^۳ و مطابق استاندارد ملی ایران طبق بند ۲-۱) معادل با همان پلیمری است که برای کاربرد تجاری، بوده است.

1 - BAM (broth minus glucose)

2 - R.M. Atlas, Handbook of Microbiological Media, CRI Press, Inc., 1993, p. 113.

3- NMR(nuclear magnetic resonance)

۸-۲ ضخامت فیلم پلیمری می تواند متغیر مهمی برای هر آزمون زیست تخریبی باشد. بنابر این ضخامت باید بوسیله یک میکرومتر اندازه گیری شود و با داده های مربوط به نرخ زیست تخریب شدن ماده پلیمری بیان شود. در تهیه آزمون از فیلم پلیمری، دقت کنید که ضخامت یکنواختی از فیلم تهیه شود.

۸-۳ پلاستیک نشان دار شده، باید با پرتوزایی ویژه کمینه 7000 dpm/mg ($7 \times 10^{-1} \text{ dpm/kg}$) آماده شود. پرتوزایی ویژه بیشتر از 10000 dpm/mg ($10 \times 10^{-1} \text{ dpm/kg}$)، شمارش های کافی برای آزمون های بیشتر فراهم می کند.

۹ روش آزمون

۹-۱ روش آزمون الف - محیط آبی

۹-۱-۱ ارلن مایرهای ۱۲۵ میلی لیتری را با افزودن ۷۵ میلی لیتر از محیط کشت براس، ۲ تا ۵ میلی لیتر از ماده تلقیحی و ۵۰ تا ۱۰۰ میلی گرم از پلاستیک نشان دار شده با کربن-۱۴ (بزرگتر از 50000 dpm) را برای انکوباسیون آماده کنید.

۹-۱-۲ از میان ارلن حاوی آب و ارلن های آماده شده طبق بند ۹-۱-۱ که در دمای 58 ± 5 درجه سلسیوس نگهداری شدند، اکسیژن با نرخ 2 ± 15 میلی لیتر بر دقیقه عبور دهید.

۹-۱-۳ فلاسک ها را با نرخ 10 ± 100 بار بر دقیقه (با چرخش یا نوسان) تکان دهید.

۹-۱-۴ گازهای خروجی از ارلن ها از میان تله اسیدی عبور کرده و سپس از میان ستون جذب دی اکسید کربن (حاوی ۴ تا ۵ میلی لیتر متوکسی اتیلن آمین که تا دمای بزرگتر از ۱۵ درجه سلسیوس سرد شده اند) یا درون یک ستون حاوی ۸ تا ۱۰ میلی لیتر متوکسی اتیلن آمین بدون سرد کردن، عبور می کنند.

۹-۱-۵ جریان گاز را به ستون جذب دیگری در وقفه زمانی ۴ تا ۸ ساعت بسته به مشاهدات آزمونی منتقل کنید و متوکسی اتیلن آمین را از ستون اصلی به ظرف نمونه گیری تخلیه کنید.

۹-۱-۶ ۱۰ تا ۱۵ میلی لیتر از مخلوط سوسوزن را به ظرف نمونه گیری اضافه و نمونه را در شمارشگر مخلوط سوسوزن تنظیم کنید تا میزان شمارش پرتو بتا از کربن-۱۴ اندازه گیری شود.

۹-۲ روش ب - محیط کمپوست

۹-۲-۱ نمونه پلاستیک نشان دار شده با کربن-۱۴، (تکه های حدود ۲ سانتی متر مربع برای فیلم) را به طور یکنواخت پخش کنید، و حدود ۳۰۰ گرم از کمپوست، به طوری که ظرف کمپوست پر شود

اضافه کنید. افزودن ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم پلاستیک برای هر ظرف کمپوست کافی است. نمونه های مقایسه ای باید دارای سطوح مشابه باشند.

۹-۲-۲ تله اسیدی را با اسید سولفوریک غلیظ تا اندازه ای پر کنید که آب خارج شده از جریان هوا را بزداید.

۹-۲-۳ ظرف کمپوست و تله رطوبت را در محفظه ای در دمای $58 \pm 5^{\circ}\text{C}$ نگهدارید. دمای هر کمپوست ساز را روزانه ثبت و اطمینان حاصل کنید که تقریباً با اختلاف ۵ درجه سلسیوس با محفظه است. دمای هوا را از طریق عبور از مارپیچ در محفظه ای حرارت داده شده، قبل از ورود به تله آب، تا ۵۸ درجه سلسیوس برسانید. به سبب ایجاد مقادیر زیادی از آب متابولیزه، در روزهای دوم و سوم عملیات آزمونی، این رطوبت های حبس شده را خارج کنید. از کمپوست سازها هر ۳ روز و به طور هفتگی برای تعیین درصد رطوبت کمپوست نمونه برداری کنید. اگر درصد رطوبت تا ۵۰ درصد افت کرد، هوا را از میان تله رطوبت عبور دهید. مقدار رطوبت کمپوست را بین ۵۰ تا ۶۰ درصد کنترل کنید.

۹-۲-۴ ستون جاذب دی اکسید کربن را با بیش از ۲۰۰ میلی لیتر متوکسی اتیلن آمین پر کنید. سپس ستون را تخلیه کرده و حجم را اندازه گیری کنید و مقدار ۲ میلی لیتر از آن را در ظرف نمونه گیری با ۱۵ میلی لیتر مخلوط سوسوزن، پر کنید. با استفاده از شمارشگر کالیبره شده بتا، مقدار کربن ۱۴-را اندازه بگیرید.

یادآوری ۱- در همان روزهای اول فرایند کمپوست، پایش گرانیوی متوکسی اتیلن آمین با مشاهده جریان حباب، بسیار اهمیت دارد. مقادیر زیادی دی اکسید کربن طی این دوره می تواند سبب جامد شدن متوکسی اتیل آمین گردد. معمولاً جمع آوری روزانه و پرکردن مجدد متوکسی اتیل آمین کافی خواهد بود. به منظور کاهش فراریت این آمین (با زنجیره کوتاه)، ستون می تواند بوسیله یک خنک کننده سرد شود (تا دمای کمتر از ۱۵ درجه سلسیوس). اگر ستون جاذب سرد نمی شود، باید ۲۰٪ اضافه تر از ماده جاذب استفاده شود.

یادآوری ۲- برخی اوقات به سبب مقادیر آب محبوس شده در متوکسی اتیل آمین، دو فاز شکل می گیرد که می توان با افزودن چند میلی لیتر متانول، این حالت دو فازی را بر طرف نمود. طی دوره کمپوست سازی مدت دار (بیش از ۲۰ روز) فواصل نمونه برداری را می توان بسته به مشاهدات آزمونی طولانی تر کرد.

۹-۲-۵ به منظور بررسی اکسایش کربن در پلاستیک که می تواند به طور شیمیایی تحت شرایط کمپوست سازی صورت گیرد، در صورت نیاز، می توان از یک نمونه استریل استفاده کرد. چنان چه براساس منابع معتبر، اکسایش شیمیایی در نمونه مورد آزمون رخ ندهد، نیازی به نمونه استریل نیست.

۱۰ بیان نتایج و روش محاسبه

۱-۱۰ کل تجزیه در دقیقه یک ظرف کمپوست در شروع آزمون (ST, dpm)، از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$ST, dpm = (SA)(LP)$$

که در آن:

SA پرتوزایی ویژه (dpm/mg)؛

LP میلی گرم پلاستیک نشان دار شده با کربن-۱۴ اضافه شده به ظرف است.

۱-۲ برای محاسبه مقدار پرتوزایی شناسایی شده (dpm) در جاذب دی اکسید کربن، حجم متوکسی اتیل آمین تخلیه شده از ستون جاذب را اندازه گیری کنید. سپس پرتوزایی را در مقدار مناسب ۲ میلی لیتر اندازه بگیرید. معادله زیر استفاده کنید.

$$C, dpm = [(AI - B) / C_v] / 2$$

که در آن:

C, dpm مقدار dpm کل در مقدار جمع آوری شده؛

AI مقدار dpm در ۲ میلی لیتر؛

B مقدار dpm زمینه و

C_v حجم مایع جمع آوری شده بر حسب میلی لیتر از هر ستون است.

۱-۳ درصد تجمعی تولید کربن-۱۴ دی اکسید کربن ($^{14}CO_2$) یا درصد اکسایش زیستی پلاستیک ($P_x, \%$) را با استفاده از معادله زیر بدست آورید.

$$P_x, \% = \sum_{i=1}^n (C, dpm / ST, dpm) \times 100$$

۱۱ تفسیر نتایج

۱-۱۱ $^{14}CO_2$ اندازه گیری شده در این روش های آزمون، یک شاخص مستقیمی از میزان اکسایش نمونه است. مقدار و نرخ اکسایش، به مخلوط ساخته شده کمپوست برای هر آزمون و شکل نمونه بستگی دارد. اگر چه نتایج این روش های آزمون، معمولاً قابل تکرار است (به سبب اینکه انتخاب اجزا کمپوست استاندارد شده است و اجزا تمایل به سازگاری دارند) پیشنهاد می گردد بسته به مشاهدات آزمون در هر سری آزمونی، آماده سازی استاندارد، از نرخ های تخریب معین انجام شود تا مقایسه آزمونی امکان پذیر باشد.

۱۲ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای اطلاعات زیر باشد:

۱-۱۲ داده ها با توجه به دما و رطوبت کمپوست

۲-۱۲ تولید روزانه (دوره ای) $^{14}\text{CO}_2$

۳-۱۲ مقدار تجمعی دوره ای $^{14}\text{CO}_2$

۴-۱۲ نمودار مقایسه ای آماده سازی از داده های $^{14}\text{CO}_2$

۵-۱۲ چنانچه تعداد آزمون و نتایج کافی در اختیار باشد مقادیر میانگین و انحراف معیار باید قید شود.

۶-۱۲ مشخصات کامل نمونه مورد آزمون

۱۳ دقت و اریبی^۱

۱-۱۳ از آنجا که اندازه گیری پرتوزایی، اندازه گیری مستقیم کربن پلیمر است، لذا اندازه گیری پلیمر نشان دار ذاتاً بدون اریبی است. لازم به ذکر است که اندازه گیری دقیق و صحیح زمانی حاصل می شود که شناسایی با بازدهی زیاد انجام شود، از تداخل گر ها ممانعت شود و کالیبراسیون مناسب انجام گردد. این کار می تواند به طور معمول، با روش های شمارش سوسوزن مایع همراه باشد.

۲-۱۳ داده های دقت و اریبی این روش های آزمون بین آزمایشگاهها، از طریق آزمون راند-روبین^۲ تعیین و مربوط به قبل از سال ۲۰۰۳ است.

1 - Bias
2 -Round-robin