استاندارد ملی ایران

۱۴۳۸۹-۱

چاپ اول

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI

14389-1

1st. Edition

تعیین حد تجزیه پذیری بیولوژیکی هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل شده کمپوست- روش برمبنای تجزیه دی اکسید کربن آزاد شده

قسمت۱: روش کلی

Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide

Part 1: General method

ICS:83.080.01

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، 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 می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ 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 درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت 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 شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] 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 بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

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 درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، 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، گواهینامهٔ 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 حد تجزیه پذیری بیولوژیکی هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل شده کمپوست- روش برمبنای تجزیه دی اکسید کربن آزاد شده قسمت اول: روش کلی".

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
پاک نیت جهرمی، محمود (دکتری شیمی تجزیه)	عضو هیات علمی دانشگاه خلیج فارس
دبیر:	
ایزدپناه، امیر عباس (دکتری مهندسی شیمی)	عضو هیات علمی دانشگاه خلیج فارس
برکت، محمد (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان بوشهر
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
بهره مند، محمد رحیم (فوق لیسانس مهندس کشاورزی)	معاون فنی اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان بوشهر
بنه گزی، بیتا (لیسانس شیمی)	کارشناس آزمایشگاه مرکز مطالعات و تحقیقات زیست استان بوشهر
شریفی نسب اناری، حسین (لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان بوشهر
فرار، ناصر (فوق لیسانس حشره شناسی)	عضو هیات علمی مرکز مطالعات جهاد کشاورزی استان بوشهر
قانع، محمد علی (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان هرمزگان
کازرونیان، علی رضا (فوق لیسانس مهندسی عمران)	عضو هیات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر
کاشفی، مهرداد (فوق لیسانس فیتو شیمی)	کارشناس آزمایشگاه جهاد دانشگاهی
کریمی زارچی، مهدی (فوق لیسانس مهندسی کشاورزی)	عضو هیات علمی مرکز ملی تحقیقات ملی شوری ایران

گلکاری، رضا (فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)	عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر
عزیزی، علی (لیسانس صنایع غذایی)	رییس اداره آزمایشگاه های اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان بوشهر
مواجی، فریده (لیسانس مهندسی کشاورزی)	رییس اداره اجرای اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان بوشهر

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد	ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	د
پیش گفتار	و
مقدمه	ه
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مرجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ اصول	۳
۵ محیط آزمون	۴
۶ واکنشگرها	۴
۷ وسایل	۵
۸ روش کار	۶
۹ بیان نتایج	۱۲
۱۰ اعتبار نتایج	۱۳
۱۱ گزارش آزمون	۱۴
پیوست الف (اطلاعاتی)	۱۵
پیوست ب (اطلاعاتی)	۱۷
پیوست پ (اطلاعاتی)	۱۹
پیوست ت (اطلاعاتی)	۲۲
پیوست ث (اطلاعاتی) کتاب نامه	۲۳

پیش گفتار

استاندارد " تعیین حد تجزیه پذیری بیولوژیکی هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل شده کمپوست - روش برمبنای تجزیه دی اکسید کربن آزاد شده قسمت اول: روش کلی". که پیش نویس آن درهشتصد و پنجمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد صنایع شیمیایی و پلیمر مورخ ۸۹/۱۲/۲۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علـوم و خـدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل ایـن استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهـد گرفـت. بنـابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 14855-1: 2005 Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide.
Part 1: General method

مقدمه

کمپوست ترکیبی است غیرهمگن که پس از اکسیداسیون سریع، بیولوژیکی و گرمازای بخش قابل تجزیه مواد زاید اولیه از قبیل لجن فاضلاب، زباله های شهری، بقایای گیاهی و مخلوطی از آنها برجای می ماند. این ترکیب نامتجانس به عنوان نوعی کود آلی جهت بهبود ویژگی های فیزیکو شیمیایی خاک های می تواند مورد استفاده قرار گیرد. از دیگر مزایای تهیه کمپوست از مواد زاید جامدی نظیر زباله های شهری، لجن فاضلاب و بقایای گیاهی جلوگیری از آلودگی منابع آب و خاک و سایر آلودگی های محیط زیستی می باشد. این مهم در شهرهایی که دارای سطح آب زیرزمینی نزدیک سطح زمین می باشد از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. هم چنین تهیه کمپوست از مواد زاید جامد موجب کاهش هزینه های مربوط به دفن این مواد زاید می شود. هم چنین کمپوست کردن مواد زاید نیازی به زمین برای دفن(که در بسیاری از شهرها گران قیمت می باشد) ندارد که این مهم نیز یکی دیگر از مزایای کمپوست کردن می باشد. با توجه به اینکه میزان ماده آلی اکثر خاکهای ایران که در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته اند بسیار کم و عموما کمتر از ۰/۵ درصد است مصرف این نوع کود آلی می تواند موجب افزایش عملکرد در واحد سطح محصولات کشاورزی را فراهم ساخته و از مصرف کودهای شیمیایی بکاهد. هم چنین مصرف این کود می تواند زمینه دستیابی به کشاورزی پایدار را فراهم سازد.

هم اکنون در بسیاری از کشورها این ماده ارزشمند در بخش کشاورزی و فضای سبز شهری مورد استفاده قرار می گیرد. کمپوست سازی یک فرایند بیوشیمیایی است که طی آن مواد آلی از منابع مختلف به گاز دی اکسید کربن، آب، مواد معدنی و مواد آلی تثبیت شده (کمپوست) تبدیل می شود. به طور کلی فرایند کمپوست سازی را می توان بر اساس میزان اکسیژن قابل دسترس میکروارگانیسم های تجزیه کننده مواد آلی به دو روش هوازی و بی هوازی تقسیم بندی نمود. فرایند کمپوست سازی به روش هوازی میزان انرژی بیشتری تولید شده و کمپوست تولیدی نیز از کیفیت بیشتری برخوردار می باشد.

این استاندارد روشی را برای تعیین قابلیت تجزیه مواد پلاستیکی ارایه می دهد.

روش اصلی که در این استاندارد ملی آورده شده، استفاده از سیستم آزمون تنفسی درفاز جامد، بر اساس کمپوست (کود آلی) بالغ شده به عنوان یک بستر جامد، یک منبع مواد مغذی و یک اینوکلوم غنی از میکروارگانیسم های گرما دوست می باشد. کمپوست بالغ شده یک ماده بسیار غیر همگن و پیچیده است.

از این رو تعیین کمی ماده پلیمری باقیمانده در بستر در پایان آزمون، به دلیل عدم تشخیص ملکول های با جرم ملکولی کم که توسط مواد پلیمری در اثر تجزیه آزاد شده اند دشوار است، در نتیجه امکان انجام موازنه کربن وجود ندارد. مشکلات دیگری که در بعضی اوقات و در مواجه با کمپوست بالغ شده وجود دارد، اثر آغازین است. اثر آغازین عبارت است از اثر تجزیه القایی پلیمرها هنگامی که مواد آلی به مقدار قابل ملاحظه در کمپوست بالغ شده وجود داشته باشند، این پدیده تاثیر قابل توجهی در اندازه گیری تجزیه پذیری دارد. برای حل این مشکلات و بهتر واقعی نمودن روش آزمون، کمپوست بالغ شده را با محیط معدنی جایگزین نماییم، که به توان به عنوان بستر کمپوست مورد استفاده قرار گیرد و بدین ترتیب آزمون را تسهیل می نماید.

این جایگزینی باعث می شود امکان استفاده از تجزیه پذیری و تعیین آن بر حسب CO_2 آزاد شده از توده ی بیولوژیکی و باقیمانده ی مواد پلیمری است، که در انتها از بستر آزاد شده اند و بدین صورت امکان موازنه کربنی به صورت کامل بوجود می آید.

علاوه بر آن پدیده ی اثر آغازین در این آزمون تاثیر ندارد. بستر مواد معدنی می تواند تحت آزمون های سم شناسی بیولوژیکی قرار گیرد، تا از آزاد نشدن سموم به روش بیولوژیکی در بستر پس از تجزیه، اطمینان حاصل شود.

تعیین حد تجزیه پذیری بیولوژیکی هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل شده کمپوست- روش برمبنای تجزیه دی اکسید کربن آزاد شده قسمت اول: روش کلی

هشدار - فاضلاب، لجن فعال شده، خاک و کمپوست ممکن است، به صورت بالقوه شامل میکروب های بیماری زا باشند. بنابراین هنگام کار کرد با آنها باید رعایت احتیاط لحاظ شود. آزمون سمیت ترکیبات و آنهایی که خصوصیات ناشناخته‌ای دارند باید با دقت انجام شوند.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه روشی برای تعیین حد تجزیه پذیری بیولوژیکی هوازی پلاستیک ها بر مبنای ترکیبات آلی، تحت شرایط کنترل شده تولید کمپوست با اندازه گیری مقدار دی اکسید کربن آزاد شده و درجه تجزیه پذیری پلاستیک در پایان آزمون می باشد.

این روش برای شبیه سازی تا شرایط کمپوست شدن هوازی جز آلی زباله شهری مخلوط با مواد جامد طراحی شده است. مواد مورد آزمون در معرض یک اینوکلوم[۱] که بر گرفته از کمپوست می باشد قرار می گیرد. این ترکیب در محیطی که درجه حرارت، تهویه و رطوبت به دقت پایش و کنترل می شود، قرار داده شود. روش آزمون برای تعیین درصد عملکرد تبدیل کربن در آزمونه به دی اکسید کربن تولیدی به صورت میزان سرعت این تبدیل طراحی شده است. زیر بندهای ۶-۸ و ۷-۸ یکی از روش های کار که درآن که از یک بستر معدنی(ورمیکولیت[۲]) تلقیح شده با میکروارگانیسم های گرما دوست به دست آمده از کمپوست همراه با یک فاز فعال‌کننده ویژه به جای کمپوست رسیده استفاده شده است را بیان می کند.

این روش برای در صد عملکرد تبدیل کربن در ماده مورد آزمون به دی اکسید کربن و سرعت تبدیل آن طراحی شده است.

شرایط توضیح داده شده در این استاندارد ممکن است، همیشه مطابق با شرایط مطلوب برای حداکثر درجه تجزیه ای بیولوژیکی نباشد.

۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که به مدارکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها وتجدید نظرها بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر واصلاحیه های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع الزامی زیر برا ی استاندارد الزامی است.

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۷۳۷۹ : آب - دستورالعمل های اندازه گیری کربن آلی - روش آزمون

۱- inuculum

2 -vermiculite

2-2 ISO 5663:1984, Water quality - Determination of Kjeldahl nitrogen - Method after mineralization with selenium.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود.

۳-۱

حدتجزیه بیولوژیکی هوازی[1]

تجزیه یک ترکیب آلی توسط میکروارگانیسم ها در حضور اکسیژن به دی اکسید کربن، آب و نمک های معدنی سایر عناصر موجود(معدنی شدن) به علاوه زیست توده های جدید می باشد.

۳ -۲

کمپوست سازی[2]

یک فرآیند هوازی که برای تولید کمپوست طراحی شده است.

یادآوری-کمپوست یک بهبود دهنده آلی خاک است، که از تجزیه بیولوژیکی یک مخلوط شامل باقی مانده ها ی گیاهی، که گاهی اوقات همراه با مواد آلی دیگر و مقدار ناچیزی مواد معدنی است، بدست می آید.

۳-۳

تجزیه

شکست فیزیکی یک ماده به تکه های بسیار کوچک می باشد.

۳-۴

مجموع مواد جامد خشک

مقدار مواد جامد به دست آمده از حجم مشخصی از مواد مورد آزمون یا کمپوست بعد از خشک کردن آن ها در دمای ۱۰۵ °C تا رسیدن به جرم ثابت می باشد.

۳- ۵

مواد جامد فراری

مقدار مواد جامد که از کم کردن باقیمانده حجم مشخصی از ماده مورد آزمون یا کمپوست بعد از سوزاندن دردمای حدود ۵۵۰°C از مجموع مواد جامد خشک همان نمونه به دست می آید.

یادآوری- مقدار محتوای جامدات فرار یکی از شاخص های میزان ماده آلی موجود است.

۳-۶

مقدار تئوری دی اکسید کربن آزاد شده($ThCO_2$)

مقدار بیشینه تئوری دی اکسید کربن آزاد شده بعد از اکسایش کامل یک ترکیب شیمیایی، که از فرمول

---

1 -ultimate aerobic biodegradation

2 - Composting

مولکولی محاسبه شده و بر حسب میلی گرم دی اکسید کربن آزاد شده در هر میلی گرم یا گرم از ترکیب مورد آزمون بیان می شود.

۳ –۷

فاز تاخیر

زمان اندازه گیری شده برحسب روز، که از لحظه شروع آزمون تا پذیرش یا انتخاب میکروارگانیسم تجزیه کننده بدست آمده است و درجه تجزیه بیولوژیکی یک ترکیب شیمیایی یا ماده آلی را تا حدود٪۱۰بیشینه سطح تجزیه بیولوژیکی افزایش داده شده است.

۳-۸

بیشینه سطح تجزیه بیولوژیکی

تجزیه بیولوژیکی، اندازه گیری شده بر حسب درصد، از یک ترکیب شیمیایی و یا یک ماده آلی در یک آزمون، تا جایی که هیچ تجزیه بیشتری بالاتر از آن در طول آزمون اتفاق نیفتد.

۳-۹

فاز تجزیه بیولوژیکی

زمان اندازه گیری شده برحسب روز، از پایان فاز تاخیر یک آزمون تا زمانی که به حدود٪۹۰ از حداکثر سطح تجزیه بیولوژیکی رسیده باشیم.

۳-۱۰

فاز مسطح

زمان اندازه گیری شده برحسب روز، از پایان فاز تجزیه بیولوژیکی تا پایان آزمون می باشد.

۳-۱۱

ورمیکولیت فعال شده

ورمیکولیت کلونی دار شده توسط یک جمعیت میکروبی فعال طی زمان ابتدایی فاز رشد می باشد.

۴ اصول

این روش آزمون، حد تجزیه پذیری بیولوژیکی و درجه تجزیه شدن مواد مورد آزمون را تحت شرایط مشابه با فرآیند کمپوست شدن هوازی شدید را تعیین می کند. اینوکولوم مورد استفاده شامل کمپوست تکامل یافته تثبیت شده و در صورت امکان گرفته شده از جزء آلی زباله های جامد شهری کمپوست شده می باشد.
آزمونه ها با اینوکولوم مخلوط شده و به درون مخازن کمپوست شدن منتقل می شود. جایی که به طور شدید تحت شرایط بهینه از نظر اکسیژن، درجه حرارت و رطوبت برای محدوده زمانی آزمون که بیش از شش ماه تجاوز نمی کند، کمپوست می شود.
در طی تجزیه شدن بیولوژیکی هوازی آزمونه، دی اکسید کربن، آب، نمک های معدنی و سلولی های میکروبی تشکیل شده (توده زیستی) محصولات نهایی تجزیه ی بیولوژیکی هستند. دی اکسید کربن تولید شده به طور پیوسته تحت نظارت قرار گرفته یا در فواصل منظم، درون ظرف های آزمون و شاهد برای تعیین

تولید تجمعی دی اکسید کربن اندازه گیری می شود. درصد تجزیه شدن بیولوژیکی به وسیله نسبت دی اکسید کربن تولید شده از آزمونه بر مقدار بیشینه دی اکسید کربن که می تواند در روش تئوری از آزمونه تولید شود، ارائه می گردد. بیشینه مقدار دی اکسید کربن تولید شده تئوری از محتوای کل کربن آلی[1] اندازه گیری می شود، درصد تجزیه شدن بیولوژیکی شامل آن مقدار از کربنی که به سلول های جدید توده زیستی تبدیل می شوند، و در عوض در طول دوره آزمون به دی اکسید کربن متابولیزه نمی شوند، نمی باشد. علاوه بر این، درجه تجزیه شدن آزمونه در پایان آزمون تعیین می شود و هم چنین مقدار از دست رفته جرم آزمونه ممکن است، تعیین شود.

ورمیکولیت به جای کمپوست تکامل یافته باید مورد استفاده قرار گیرد.

الف- هر زمان که تعیین درجه متلاشی شدن بیولوژیکی با یک اثر آغازین القایی به وسیله ماده مورد آزمون متاثر گردد.

و/ یا

ب- زمانی که یک توازن نهایی کربنی با تعیین توده زیستی و بازیابی آزمونه باقیمانده انجام شود.

بستر ورمیکولیت، معدنی (غیر آلی) بوده، بطور ذاتی اثرآغازین را کاهش داده، از این رو قابل اعتماد بودن روش را ارتقا می دهد. یک امتیاز دیگر استفاده از ورمیکولیت مقدار خیلی کم دی اکسید کربن آزاد شده در ظرف شاهد (تقریبا صفر) به علت سطح پایین فعالیت میکروبی است. این موضوع امکان پذیر می سازد، سطوحی که درآن ها فعالیت تجزیه شدن کم است، به طور دقیق تری انجام شود.

سرعت های معدنی سازی بدست آمده با ورمیکولیت فعال شده از نظر سطح تجزیه شدن نهایی و سرعت تجزیه ی شدن با آن هایی که با کمپوست تکامل یافته بدست می آیند، یکسان یا خیلی مشابه هستند.

۵ محیط آزمون

عمل آوری[2] باید در تاریکی یا نور غیر مستقیم، در یک محوطه یا اتاق در دمای ثابت ۵۸°C ± ۲°C و بدون بخارات کاهش دهنده فعالیت میکروارگانیزها باشد، در شرایط خاصی، به عنوان مثال زمانی که نقطه ذوب آزمونه پایین است، درجه حرارت دیگری می تواند انتخاب شود . این درجه حرارت باید در طول آزمون در محدوده ۲ °C ± ثابت نگه داشته شود. هرگونه تغییری در درجه حرارت باید به طور مشخص در گزارش آزمون آورده شود.

۶ واکنشگرها

۶-۱ درجه سلولز (TLC) (کروماتوگرافی لایه نازک)

از درجه سلولز TLC (کروماتوگرافی لایه نازک) با اندازه ذراتی کمتر از ۲۰μm به عنوان ماده مرجع کنترل مثبت استفاده کنید.

1 - total organic carbon (TOC)
2 - incubation

۶-۲ ورمیکولیت

ورمیکولیت خاک معدنی برای مقاصد ساختمانی می باشد، که به طور مشخص به عنوان یک حامل میکروبی مناسب شناخته شده است که امکان بقا و فعالیت کامل میکروب ها را می دهد. ترکیب ماده معدنی طبیعی قبل از عمل آوری حرارتی Al_2O_3 ٪۱۰، MgO ٪۳۰، CaO ٪۵ ، SiO_2 ٪۵۰ و همراه با H_2O ٪۵ ترکیب شده می باشد. زمانی که ماده معدنی تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد، آب ترکیب شده ی خود را از دست داده و منبسط می شود. و ورمیکولیت منبسط شده را ایجاد می نماید. ورمیکولیت منبسط شده باید در شکل ورقه ای استفاده کرد. ورمیکولیت منبسط شده ظرفیت بالایی برای ذخیره آب دارد و محتوای آبی قابل مقایسه با کمپوست تکامل یافته در بستر می توان تولید کند.

ورمیکولیت می تواند در سه گونه به صورت زیر دسته بندی شود.

ورمیکولیت درشت:

چگالی ظاهری این نوع ورمیکولیت ۱۶ ± ۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب(در زمانی که ماده درون کیسه قرار داده شده است). بوده و ٪۸۰ از ذرات آن بین ۴ تا ۱۲ میلی متر می باشد. تنها دو درصد ذرات از الک ۵ میلی متر عبور می کنند.

ورمیکولیت متوسط:

چگالی ظاهری این نوع ورمیکولیت ۱۶ ± ۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده، ۸۰ درصد ذرات بین ۱ تا ۶ میلی متر می باشند. ٪ ۲ از ذرات نیز از الک ۵ میلی متر عبور می کنند.

ورمیکولیت ریز:

چگالی ظاهری این نوع ورمیکولیت ۲۰ ± ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و ٪۸۰ ذرات آن بین ۰٫۷ تا ۳ میلی متر می باشند. هم چنین ٪ ۵ از ذرات از الک ۰٫۵ میلی متری عبور می کنند.

در این استاندارد نوع ورمیکولیت درشت کاربرد دارد.

این نوع ورمیکولیت در آدرس ذیل قابل خریداری و تهیه می باشد[1].

۷ وسایل

مطمئن شوید که تمام شیشه آلات کاملا تمیز شده اند و بدون مواد آلی یا سمی باشند.

۷-۱ ظروف کمپوست کردن: فلاسک یا بطری های شیشه ای که امکان عبور گاز ایده آل را در جهت روبه بالا می دهند حداقل حجم ۲ لیتر برای رسیدن به الزامات مشخص شده (بندهای ۸-۲ و ۸-۳ مراجعه کنید) مورد نیاز است. براساس آزمونه، حجم کمتری به منظور اهداف غربالگری می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که از دست رفتن جرم مواد مورد آزمون باید اندازه گیری شود، هر کدام از ظروف کمپوست کردن را در حالت خالی وزن کنید.

۷-۲ سیستم تأمین کننده هوا، با قابلیت پشتیبانی هر کدام از ظروف کمپوست کردن با هوای خشک یا اشباع با آب و در صورت نیاز عاری از دی اکسید کربن در یک سرعت جریان از پیش تعیین شده که به اندازه کافی زیاد باشد، تا شرایط هوازی واقعی را در مدت زمان آزمون فراهم کند.

---

1 – BPB plc, Park House, 15 Bath Road, Slough SL1 3UF, UK (mnw.bpb.com)

(مثال داده شده در پیوست اطلاعاتی الف را ببینید).

۷-۳ وسایل اندازه گیری دی اکسید کربن، طراحی شده برای اندازه گیری مستقیم دی اکسید کربن یا جذب کامل در یک محلول بازی و اندازه گیری کربن معدنی محلول[1] (DIC) (مثال داده شده در پیوست اطلاعاتی الف مراجعه کنید) در صورتی که دی اکسید کربن در هوای خروجی بطور مستقیم اندازه گیری می شود.برای مثال با یک تجزیه کننده مادون قرمز پیوسته یا یک کروماتوگراف گازی، کنترل یا اندازه گیری دقیق سرعت جریان هوا مورد نیاز است.

۷-۴ لوله های بدون نشت گاز، برای اتصال ظروف کمپوست کردن با منبع هوا و سیستم اندازه گیری دی اکسید کربن

۷-۵ pH متر،

۷-۶ تجهیزات تجزیه ای، برای اندازه گیری جامدات خشک (۱۰۵°C)، جامدات فرار (۵۵۰°C) و کربن آلی کل (TOC) ،برای آنالیز عنصری ماده مورد آزمون و در صورت نیاز برای اندازه گیری کربن معدنی محلول (DIC)

۷-۷ ترازو (در صورت نیاز)، برای اندازه گیری جرم ظروف آزمون محتوی کمپوست و آزمونه که در حالت عادی در محدوده ۵ Kg, ۳Kg می باشند.

۷-۸ تجهیزات تجزیه ای (بطور دلخواه) برای اندازه گیری مقدار اکسیژن در هوا، رطوبت، اسیدهای چرب فرار و نیتروژن کل (مثال روش کل در استاندارد ISO 5663 مشخص گردیده است).

۷-۹ راکتور زیستی برای فعال سازی ورمیکولیت، ظروف با حجم های بین ۵ لیتر و۲۰ لیتر که به طور فعالانه هوا دهی نشده اند. ظروف باید بسته شده باشند به طوری که مانع از خشک شدن بیش از حد محتویات شوند. روزنه هایی برای امکان تبادل گاز با اتمسفر و اطمینان از شرایط هوازی در کل مرحله فعال سازی باید ایجاد شوند.

مثال از یک راکتور زیستی جعبه ای، ساخته شده از پلی پروپیلن یا ماده مناسب دیگری است که دارای ابعاد ۳۰cm×۲۰ cm ×۱۰cm (طول × عرض × ارتفاع) باشد.

جعبه باید دارای یک درپوش که به طور محکم بسته می شود، باشد. تا از دست رفتن بخار آب جلوگیری شود. در وسط دو پهلوی با عرض ۲۰cm، یک سوراخ ۵ mm باید در ارتفاع حدود ۶٫۵ cm از کف جعبه تعبیه شود. این دو سوراخ هستند که اجازه تبادل گاز بین اتمسفر داخل جعبه و محیط خارج را می دهند.

۸ روش کار

۸-۱ تهیه اینوکولوم

کمپوست بخوبی هوا دهی شده باشد، از یک مجتمع کمپوست کننده هوازی که به طور صحیح عمل می کند، باید به عنوان اینوکولوم استفاده شود. اینوکولوم باید همگن بوده و اشیاء بی اثر بزرگ مانند شیشه،

1 -dissolved inorganic carbon

سنگ یا قطعات فلز نداشته باشد. آن ها را با دست بردارید و سپس کمپوست را بروی یک صفحه در حدود ۰/۵سانتی متر تا یک سانتی متر غربال کنید.

یادآوری ۱- پیشنهاد می شود، که کمپوست از یک مجتمع کمپوست سازی جزء آلی زباله شهری به منظور اطمینان کافی از گوناگونی میکروارگانیسم ها استفاده شود. عمر کمپوست باید بین ۲ تا ۴ ماه باشد، در صورتی که این گونه کمپوست در دسترس نباشد. کمپوست گیاهان اضافی باغی، مزرعه ای یا ترکیبی از اضافات باغی و زباله های جامد شهری می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

یادآوری ۲- پیشنهاد می شود، که کمپوست با تخلخل کافی استفاده شود، تا قادر به نگهداری شرایط هوازی تا حد ممکن باشد. اضافه کردن مواد ساختاری مانند ذرات چوبی کوچک یا مواد بی اثر ضعیف از نظر تجزیه بیولوژیکی می تواند از چسبیدن کمپوست به هم و مسدود شدن در طی آزمون جلوگیری نماید .

محتوای جامدات خشک و جامدات فرار اینوکولوم را تعیین کنید. جامدات خشک باید بین٪۵۰ و ٪ ۵۵ از جامدات مرطوب باشد و جامدات فرار نباید بیش از حدود ٪ ۱۵ از جامدات مرطوب یا ٪۳۰ جامدات خشک باشد. در صورت نیاز قبل از این که کمپوست استفاده شود، با اضافه کردن آب یا خشک کردن ملایم (مثال هوا دهی کمپوست با هوای خشک محتوای آب را تنظیم کنید.)

یک مخلوط از یک قسمت اینوکولوم با پنج قسمت آب بدون یون تهیه نمایید. به وسیله تکان دادن مخلوط کنید و سریع pH را اندازه گیری کنید. مقدار آن باید بین ۷/۰ تا ۹/۰ باشد.

یادآوری ۳ - برای تعیین بیشتر خصوصیات اینوکولوم، پارامترهای مناسب مانند محتوای کربن آلی کل، کل نیتروژن یا اسیدهای چرب می توانند به طور دلخواه در شروع و پایان آزمون اندازه گیری شوند .

فعالیت اینوکولوم در طول آزمون را به وسیله مواد مرجع قابل تجزیه بیولوژیکی (طبق بند ۶) و به وسیله اندازه گیری تولید دی اکسید کربن در ظروف شاهد بررسی کنید. ماده مرجع باید به میزان ٪۷۰ یا بیشتر در پایان آزمون (طبق بند۱۰) تجزیه شود. اینوکولوم موجود در شاهد باید به ازای هر گرم از جامد فرار بعد از ده روز اول آزمون (طبق بند ۱۰) بین mg ۵۰ و mg۱۵۰دی اکسیدکربن تولید نماید. اگر تولید دی اکسید کربن بسیار زیاد است، کمپوست را بوسیله هوا دهی برای چند روز قبل از استفاده از آن در آزمون جدید تثبیت کنید و اگر فعالیت بسیار کم است، از یک کمپوست دیگر به عنوان اینوکولوم استفاده کنید.

۸-۲ آماده سازی آزمونه و ماده مرجع

کربن آلی کل (TOC) آزمونه و ماده مرجع را با استفاده از استاندارد ملی شماره ۷۳۷۹، اندازه گیری کنید و بهتر است بر مبنای گرم کربن آلی کل (TOC) به ازای هر گرم از جامدات خشک گزارش کنید. یا به شرط آن که مواد شامل کربن معدنی نباشند، این امکان وجود دارد، که محتوای کربنی را به وسیله تجزیه عنصری تعیین کرد. آزمونه باید میزان کافی کربن آلی داشته باشد، تا بتواند به میزان مناسب دی اکسید کربن برای اندازه گیری رسید. به طور معمول، حداقل ۵۰ گرم از کل جامدات خشک شامل ۲۰ گرم از کربن آلی کل (TOC) برای هر ظرف مورد نیاز است. در صورتی که میزان کاهش جرم باید اندازه گیری شود، کل جامدات خشک و جامدات فرار آزمونه را تعیین کنید.

یادآوری- کاهش جرم آزمونه و ماده مرجع در طی آزمون به طور دلخواه به عنوان اطلاعات اضافی می توانند تعیین شوند. محتوای جامدات فرار آزمونه که در ابتدای آزمون اندازه گیری شده و با مقدار آن در پایان آزمون مقایسه می شود.

آزمونه را به شکل دانه، پودر، لایه یا اشکال ساده مثل(دمبلی) استفاده کنید حداکثر مساحت سطح هر قطعه از آزمونه باید در حدود۲ cm × ۲ cm باید باشد. اگر هر تکه ای در آزمونه بزرگتر باشد، اندازه آنها را کاهش دهید.

۸-۳ شروع آزمون

حداقل به تعداد زیر ظروف کمپوست کننده آماده کنید.(طبق بند۷-۱)

۸-۳-۱ سه ظرف برای آزمونه

۸-۳-۲ سه ظرف برای ماده مرجع

۸-۳-۳ سه ظرف برای شاهد

مقدار مخلوط آزمون، شامل اینوکولوم و آزمونه، استفاده شده در آزمون بستگی به کیفیت آزمونه و اندازه ظروف کمپوست کننده دارد (طبق بند ۸-۲). نسبت جرم خشک اینوکولوم به جرم خشک آزمونه باید در حدود ۶:۱ باشد. اطمینان حاصل کنید، که مقدار مساوی از کمپوست در هر ظرف وجود دارد. در صورتی که ماده بی اثر، اضافه شود در این رابطه مورد توجه قرار نمی گیرد. (یادآوری۲ دربند۸-۱ مراجعه کنید). در حدود سه چهارم از حجم ظرف کمپوست کننده را از مخلوط آزمون پر کنید. فضای کافی در بالای ظرف برای امکان پذیر بودن تکان دادن دستی مخلوط آزمون بگذارید.

در یک حالت نمونه، ظرف کمپوست کننده که دارای حجمی در حدود سه لیتر باشد تهیه کنید. مقداری از اینوکولوم شامل ۶۰۰ گرم جامد خشک و یک مقدار از آزمونه شامل ۱۰۰ گرم از جامد خشک وزن نموده و بخوبی مخلوط کنید. مخلوط آزمون باید دارای همان مقدار آب (حدود ٪۵۰) برابر اینوکولوم داشته باشد. (طبق بند ۱-۸) باید تا حدودی چسبیده به نظر آید و دارای مقداری آب، زمانی که به وسیله دست به آرامی فشرده می شود باشد محتوای رطوبت مخلوط را در صورت نیاز، (به وسیله افزایش آب یا هوا دهی با هوای خشک تنظیم کنید) مخلوط را درون ظروف کمپوست کردن قرار دهید .

یادآوری ۱ - توصیه می شود، که نسبت بین کربن آلی و نیتروژن (نسبتC/N) مخلوط آزمون چنان بهینه شود، تا بتواند از یک فرآیند کمپوست شدن خوب اطمینان حاصل کرد.

نسبت C/N برای مخلوط آزمون باید ترجیحاً بین ۱۰ تا۴۰ باشد. این مقدار می تواند در صورت نیاز با اوره تنظیم شود. محتوای کربن آلی می تواند از کربن آلی کل، اینوکولوم و آزمونه محاسبه شود. محتوای نیتروژن کلی می تواند در یک نمونه نماینده ای از مخلوط آزمون به عنوان مثال با استفاده از روش کجلدال چنان چه در استاندارد ISO 5663 مشخص شده اندازه گیری شود.

ظروف کمپوست کردن را در شرایط آزمون در حرارت 58°C ± 2°C قرار دهید. (طبق بند ۵) و هوا دهی را با استفاده از هوای بدون دی اکسید کربن و اشباع شده با آب شروع کنید. هوادهی می تواند به وسیله عبور هوا از میان بطری شستشو پر شده با محلول هیدروکسید سدیم تولید شود. (پیوست اطلاعاتی(الف)مراجعه کنید)

یادآوری ۲ – در صورتی که غلظت دی اکسید کربن خروجی به طور مستقیم اندازه گیری شود، هوای معمولی می تواند به جای هوای بدون دی اکسید کرین استفاده شود. در این حالت، اندازه گیری غلظت دی اکسیدکربن در ورودی و خروجی هر ظرف آزمون توصیه می شود .

برای تصحیح، غلظت ورودی را از غلظت خروجی (که بسیار بالاتر خواهد بود) کم کنید.

از سرعت جریان[1] به قدر زیاد و کافی استفاده نمائید، تا اطمینان حاصل شود که شرایط هوازی در مدت زمان آزمون در داخل هر ظرف کمپوست کردن برقرار است. به طور منظم جریان هوا را در هر خروجی کنترل کنید. به طور مثال با استفاده از بطری های گازشوی تا اطمینان حاصل کنید، که هیچ نشتی در قسمت های سیستم وجود ندارد.

یادآوری ۳– اندازه گیری منظم غلظت اکسیژن در هوای خروجی ظروف کمپوست کردن به نگهداری شرایط هوازی کمک خواهد کرد. در صورتی که این کار انجام شود، نباید اجازه داد، غلظت اکسیژن تا حدود ٪ ۶ کمتر پایین بیاید. سطوح اکسیژن باید در فواصل کم، (به عنوان مثال با اندازه گیری حداقل دو بار در روز) بعد از این زمان، فاصله ی اندازه گیری را می توان بیشتر کرد، در صورت نیاز سرعت جریان را تنظیم کنید.

با ماده مرجع به روش مشابه با آزمونه رفتار کنید. ظروف مربوط به شاهد تنها حاوی اینوکولوم هستند. آنها باید مقدار مشابه جامدات خشک مانند ظروف با آزمونه را دارا باشند.

۸-۴ زمان عمل آوری

مقدار دی اکسید کربن آزاد شده از هوای خروجی هر ظرف کمپوست کردن را در فواصل زمانی بینا بینی بطور مستقیم با استفاده از کروماتوگرافی گازی، یک کربن آلی کل یا یک تجزیه گر مادون قرمز یا به طور اختیاری دی اکسید کربن تجمعی آزاد شده به عنوان کربن معدنی حل شده (DIC) بعد از جذب در محلول هیدروکسید سدیم با استفاده از استاندارد ملی شماره ۷۳۷۹(پیوست اطلاعاتی الف مراجعه کنید) اندازه گیری کنید. تعداد دفعات اندازه گیری شده با روش اندازه گیری مورد استفاده، دقت مورد نظر در منحنی تجزیه شدن بیولوژیکی و قابلیت تجزیه شدن بیولوژیکی مخلوط آزمونه بستگی دارد. در صورتی که اندازه گیری مستقیم بکار گرفته شود، دی اکسیدکربن آزاد شده را حداقل دو مرتبه در فواصل زمانی در حدود شش ساعت در مدت زمان دوره تجزیه ی بیولوژیکی و یک مرتبه در روز بعد در طول دوره افقی شدن منحنی اندازه گیری کنید. در صورتی که از روش تجمعی استفاده شود، کربن معدنی حل شده را یک مرتبه در روز در مدت دوره تجزیه شدن بیولوژیکی و در حدود دو مرتبه در هفته در طی دوره افقی شدن منحنی اندازه گیری کنید. ظروف کمپوست کننده را هر هفته تکان دهید، تا از کانالی شدن بیش از حد جلوگیری شود و از حمله ی یکنواخت میکروارگانیسم ها بر آزمونه اطمینان حاصل شود.

یادآوری ۱– توصیه می شود، که سیستم تأمین هوا و سیستم اندازه گیری دی اکسیدکربن قبل از تکان دادن ظرف کمپوست جدا شوند.

با مشاهده چشمی اطمینان حاصل کنید، که رطوبت آزمونه، درون ظروف کمپوست کننده نه خیلی زیاد و نه خیلی کم باشد. هیچ گونه آب جمع شده یا توده ماده نباید وجود داشته باشد. شرایط خیلی خشک، به طور

1-flow rate

نمونه، بدون تعرق در فضای بالای ظرف کمپوست کننده مشاهده شود. رطوبت همچنین بطور اختیاری با وسایل مناسب می تواند اندازه گیری شود. در این حالت، محتوای رطوبت باید در حدود ٪۵۰ نگه داری شود. (طبق بند ۸-۱). میزان رطوبت مورد نظر به وسیله هوا دهی مرطوب یا خشک حاصل می شود. یک تغییر قابل توجه در محتوای رطوبت با اضافه کردن آب یا تخلیه از طریق ورودی هوا می تواند حاصل شود. تکان دادن ظروف کمپوست در اطمینان از توزیع یکنواخت رطوبت مفید است. در صورتی که تنظیمات انجام شده است، بر آزاد شدن دی اکسید کربن نظارت دقیق داشته باشید.

در مدت زمان بهم زدن هفتگی ظروف کمپوست کننده و در پایان مدت آزمون هر گونه مشاهده چشمی در رابطه با ظهور کمپوست، مانند ساختمان، محتوای رطوبت، رنگ، رشد قارچ، بوی هوای خروجی و تجزیه شدن آزمونه را ثبت کنید.

ظروف کمپوست کننده را برای مدت زمانی که از شش ماه تجاوز نکند در درجه حرارت ثابت ۵۸°C± ۲°C که نماینده کمپوست با مقیاس کامل می باشد، عمل آوری کنید. مدت زمان عمل آوری می تواند تا رسیدن به یک دوره افقی شدن ثابت، گسترش یابد، در صورتی که هنوز تجزیه ی بیولوژیکی قابل توجهی از آزمونه قابل مشاهده باشد، به طور اختیاری، مدت زمان عمل آوری را در صورتی که دوره افقی شدن زودتر حاصل شده می توان کوتاه نمود.

pH را در فواصل منظم، مانند شروع آزمون اندازه گیری کنید.

۸-۵ پایان آزمون

در صورتی که از دست رفتگی جرم آزمونه اندازه گیری شود،(طبق یادآوری ۸-۲) ظروف کمپوست کردن را با مخلوط آزمون توزین کنید. نمونه هایی از مخلوط آزمون از تمام ظروف بردارید. جامدات خشک و جامدات فرار را تعیین کنید.

هرگونه مشاهدات چشمی در رابطه با ظاهر آزمونه را برای تعیین درجه تجزیه شدن ثبت کنید.

یادآوری- توصیه می شود، که بررسی های بیشتر با هر مقدار ماده باقیمانده، مانند اندازه گیری خواص فیزیکی ظاهری، تجزیه شیمیایی و عکس برداری انجام شود .

۸-۶ استفاده از ورمیکولیت

در صورتی که از ورمیکولیت به جای کمپوست استفاده شود، ورمیکولیت ابتدا به وسیله تلقیح با محلول حاوی مواد آلی و هم مواد معدنی مغذی و کمپوست پوسیده فعال می شود. ترکیب محلول اینوکولوم مورد استفاده باید طبق جدول های ۱، ۲، ۳ باشد. نسبت ورمیکولیت به محلول اینوکولوم باید ۳:۱ (حجم / جرم) باشد.

عصاره کمپوست مورد استفاده در محلول اینوکولوم را با مخلوط کردن کمپوست پوسیده با آب بدون یون (جرم/ وزن ٪۲۰) برای مدت نیم ساعت و سپس فیلتر نمودن مخلوط به وسیله یک صافی (اندازه دهانه یک میلی متر) تهیه کنید. جداسازی بیشتر از میان کاغذ صافی یا سانتریفیوژ در حدود دقیقه/دور۱۰۰۰ برای مدت ۱۵ دقیقه می تواند انجام شود.

جدول ۱ – ترکیبات ۱ از محلول اینوکولوم

جزء اصلی تشکیل دهنده	محلول معدنی (به جدول ۲ مراجعه شود)	ماده غذایی مناسب برای مایع کوبی	اوره	نشاسته ذرت	سلولز	ترکیبات استخراجی
مقدار	۵۰۰mg	۱۳g	۵/۸g	۲۰g	۲۰g	۵۰۰mg

جدول ۲- ترکیبات ۱ I از محلول معدنی

ترکیبات شیمیایی	KH_2PO_4	$MgSO_4$	$CaCl_2$ ۱۰٪ محلول	NaCl ۱۰٪ محلول	مقادیر عناصر جزئی محلول (جدول ۳مراجعه کنید)
مقدار	۱ g	۰/۵g	۱ mg	۱ mg	۱ mg

جدول ۳ – ترکیبات ۱ I از عناصر جزئی محلول

ترکیب شیمیایی	H_3BO_3	KI	$FeCl_3$	$MnSO_4$	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	$FeSO_4$
مقدار	۵۰۰mg	۱۰۰mg	۲۰۰mg	۴۰۰ mg	۲۰۰ mg	۴۰۰mg

مقادیر مورد نیاز از محلول ورمیکولیت و اینوکولوم را تا رسیدن به یک محلول همگن مخلوط کنید، و آن را درون راکتور زیستی (حدود یک کیلوگرم در هر مدام) بریزید.

هر کدام از راکتورهای زیستی را با محتوای آنها وزن کنید و در درجه حرارت ۵۰°C ± ۲°C برای سه الی چهار روز عمل آوری کنید.

هر روز راکتورهای زیستی را وزن کنید، در صورت نیاز، با اضافه کردن آب شهر بدون کلر، آب بدون یون با آب مقطر به جرم اولیه برگردانید. علاوه بر این، محتوای هر راکتور زیستی را هر روز با یک همزن یا قاشق معمولی برای اطمینان از هوا دهی بهم بزنید.

به ورمیکولیت که به این روش عمل آوری می شود" ورمیکولیت فعال شده " گفته می شود. که می تواند در ظروف کمپوست کننده برای استفاده به عنوان بستر جامد به جای اینوکولوم کمپوست پوسیده به کار رود. (طبق بند ۸-۱) و به طور معمول در هر ظرف کمپوست کننده ۸۰۰ گرم از ورمیکولیت فعال شده استفاده کنید.

مقادیر ورمیکولیت فعال شده و آزمونه به اندازه ظروف کمپوست کننده بستگی خواهد داشت. نسبت بین جرم خشک ورمیکولیت فعال شده و جرم خشک آزمونه باید ۴:۱باشد. در حدود نیمی از حجم ظرف کمپوست کردن باید با مخلوط آزمونه پر شود. فضای کافی بالای ظرف برای این که قادر باشیم تا مخلوط مورد آزمون را به طور دستی تکان دهیم مورد نیاز است.

به طور معمول، ظروف کمپوست کردن که دارای حجمی حدود سه لیتر است، استفاده شود. یک مقدار از ورمیکولیت فعال شده متعلق به ۲۰۰ گرم از جامدات خشک و یک مقدار از آزمونه متعلق به ۵۰ گرم از جامدات خشک را توزین کنید، و مخلوط را قبل از ریختن درون ظرف ها خوب بهم بزنید.

۸-۷ روش بازیابی و موازنه کربن در زمان استفاده از ورمیکولیت

در پایان آزمون، بسترهای ورمیکولیت می توانند برای بازیابی مورد استخراج قرار گیرند و به طور کمی مقدار آزمونه باقیمانده و میزان تجزیه شدن محصولات جانبی و یا جرم زیستی موجود اندازه گیری شود. بستر هر ظرف کمپوست کردن بطور مستقل می تواند تجزیه شود. یا محتوای تمام ظروف کمپوست کردن در هر سری به روی هم ریخته شده و با هم تجزیه شوند. مقادیر بدست آمده برای میزان جرم زیستی، مقدار آزمونه باقیمانده و مقدار محصولات جانبی در کنار مقدار کربن آزاد شده به صورت CO_2 در طول آزمون برای انجام یک موازنه کربن نهایی می توانند مورد استفاده قرار گیرند. مقدار کربن موجود در آزمونه اولیه با مقدار کربن آزاد شده بصورت CO_2 در طی آزمون، مقدار کربن تبدیل شده به جرم زیستی و مقدار کربن در آزمونه باقیمانده و در محصولات جانبی تجزیه شده در پایان آزمون مقایسه می شود. بدین طریق، این امکان وجود دارد، که نتیجه بدست آمده برای درجه تجزیه شدن زیستی قابل قبول می شود.

استخراج ها به ترتیب با استفاده از آب و یا حلال های آلی، بسته به طبیعت آزمونه می تواند انجام می شود. بدین منظور، آزمون های حلالیت اولیه برروی آزمونه برای انتخاب یک حلال مناسب را انجام دهید.

روش های تجزیه ای که می توانند مورد استفاده قرار گیرند، اسپکتروسکپی (*IR*, *UV-Visible*, *NMR* و غیره)، کروماتوگرافی، آنالیز وزن سنجی، آنالیز عنصری و غیره می باشند. این روش ها می توانند به طور مستقیم بروی استخراج ها و یا تغلیظ شده استخراج ها به کار گرفته شوند. مواد استخراج شده هم چنین می توانند مورد آزمون های سمی اکولوژیکی قرار گیرند.

۹ بیان نتایج

۹-۱ محاسبه مقدار تئوری دی اکسیدکربن

مقدار تئوری دی اکسیدکربن ($ThCO_2$) ، برحسب گرم بر هر ظرف، که می تواند به وسیله آزمونه تولید شود. را با استفاده از معادله (۱) محاسبه کنید.

(۱)

$$ThCO_2 = M_{TOT} \times C_{TOT} \times \frac{44}{12}$$

M_{TOT} جامدات خشک، در آزمونه ریخته شده درون ظروف کمپوست کردن در شروع آزمون بر حسب گرم؛

C_{TOT} نسبت کربن آلی کل در جامدات خشک در آزمونه بر حسب گرم برگرم؛

۴۴ و ۱۲ به ترتیب جرم مولکولی دی اکسید کربن و جرم اتمی کربن می باشند.

۹-۲ محاسبه درصد متلاشی شدن زیستی

با استفاده از مقادیر تجمعی دی اکسید کربن آزاد شده، درصد متلاشی شدن D_t آزمونه را برای هر فاصله اندازه گیری با استفاده از معادله (۲) محاسبه کنید؛

(۲)

$$D_t = \frac{(CO_2)_T - (CO_2)_B}{ThCO_2} \times 100$$

که در آن؛

$(CO_2)_T$ مقدار تجمعی دی اکسیدکربن آزاد شده در هر ظرف کمپوست کردن شامل آزمونه برحسب گرم بر ظرف؛

$(CO_2)_B$ مقدار تجمعی دی اکسید کربن آزاد شده در هر ظرف شاهد برحسب گرم بر ظرف؛

$ThCO_2$ مقدار تئوری دی اکسیدکرین که می تواند به وسیله آزمونه برحسب گرم بر ظرف تولیدی؛

در صورتی که اختلاف بین نتایج مجزا کمتر از ٪۲۰ باشد، میانگین درصد تجزیه شدن بیولوژیکی را محاسبه کنید. درغیر این صورت، مقادیر را برای هر ظرف کمپوست کردن به طور جداگانه استفاده کنید.

۹-۳ محاسبه جرم از دست رفته

مثالی از محاسبه اختیاری کاهش جرم از دست رفته، براساس محتوای جامدات فرار در پیوست ها آمده است.

۹-۴ تفسیر نتایج

جدول های شامل اطلاعات اندازه گیری شده و محاسبه شده بر روی آزمونه، ماده مرجع و شاهد ها برای هر روز از اندازه گیری را جمع آوری کنید. مثال هایی از فرم پیوست اطلاعاتی در آورده شود.

مقادیر تجمعی دی اکسید کربن آزاد شده برای هر ظرف کمپوست کردن شامل شاهد، آزمونه و ماده مرجع به عنوان تابعی از زمان ترسم شود. (درپیوست اطلاعاتی (ب) مراجعه کنید) یک منحنی تجزیه ی بیولوژیکی (درصد تجزیه شدن به عنوان تابعی از زمان) برای آزمونه و ماده مرجع ترسیم کنید. (پیوست اطلاعاتی (ب)مراجعه کنید)، مقادیر میانگین را در صورتی که اختلاف های بین مقادیر مجزا کمتر از ٪۲۰ باشند استفاده کنید. در صورتی که چنین نباشد، منحنی های تجزیه شدن بیولوژیکی را برای هر ظرف کمپوست کردن رسم کنید.

از دوره افقی شدن منحنی تجزیه شدن بیولوژیکی میانگین درجه تجزیه شدن بیولوژیکی را بخوانید و آن را به عنوان نتیجه نهائی گزارش کنید.

در صورتی که آزمونه از تکه های مجزا تشکیل شده، بطور کیفی درجه تجزیه شدن ماده را توصیف کنید. اطلاعات بیشتر مانند عکس ها و مقادیر اندازه گیری شده از خصوصیات فیزیکی ظاهری، در صورتی که موجود باشند اضافه کنید.

۱۰ اعتبار نتایج

آزمون در صورتی دارای اعتبار می باشد که:

۱۰-۱ درجه تجزیه شدن بیولوژیکی ماده مرجع بعد از ۴۵ روز بیش از٪۷۰ باشد.

۱۰-۲ اختلاف بین درصد تجزیه شدن بیولوژیکی ماده مرجع در ظروف مختلف در پایان آزمون کمتر از ٪۲۰ باشد.

۱۰-۳ اینوکولوم موجود در مرجع بیش از ۵۰ میلی گرم اما کمتر از ۱۵۰ میلی گرم از دی اکسید کربن به ازای هر گرم از جامدات فرار(مقادیر میانگین) بعد از ده روز عمل آوری تولید کرده باشد.

۱۱ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل آگاهی های زیر باشد:

۱۱-۱ اشاره به شماره این استاندارد ملی؛

۱۱-۲ تمام اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی و توضیح آزمونه، مانند محتوای جامدات خشک و فرار، کربن آلی کل، که شامل شکل یا حالت ظاهری؛.

۱۱-۳ هر گونه اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی و توضیح ماده مرجع و کربن آلی کل؛

۱۱-۴ حجم های ظروف کمپوست کردن، مقادیر اینوکولوم، آزمونه و ماده مرجع و خصوصیات عمده وسایل مورد استفاده برای تعیین دی اکسید کربن و آن هایی که برای اندازه گیری کربن به کار ؛

۱۱-۵ اطلاعات مربوط به اینوکولوم، مانند: منبع، سن، تاریخ جمع آوری، انبارداری، حمل، تثبیت، جامدات خشک، جامدات فرار، pH سوسپانیون، کل محتوای نیتروژن یا اسیدهای چرب فرار در صورت امکان؛

۱۱-۶ نتایج بدست آمده برای دی اکسید کربن آزاد شده و درصد تجزیه شدن بیولوژیکی برای هر ظرف کمپوست کردن و مقادیر میانگین، به صورت جدول یا نمودار، هم چنین درجه نهایی تجزیه شدن آزمونه و ماده مرجع و فعالیت اینوکولوم (تولید CO_2 بعد از ده روز درون شاهد) ؛

۱۱-۷ نتایج مشاهدات چشمی برروی اینوکولوم و ماده آزمونه در طول و پایان آزمون، مانند محتوای رطوبت، رشد قارچ، ساختمان، رنگ، بو و درجه تجزیه شدن، هم چنین اندازه گیری های فیزیکی و یا عکس ها؛

۱۱-۸ جرم هر ظرف کمپوست کردن در آغاز و پایان آزمون و جزئیات هر گونه اندازه گیری های کاهش جرم در صورتی که انجام شده؛

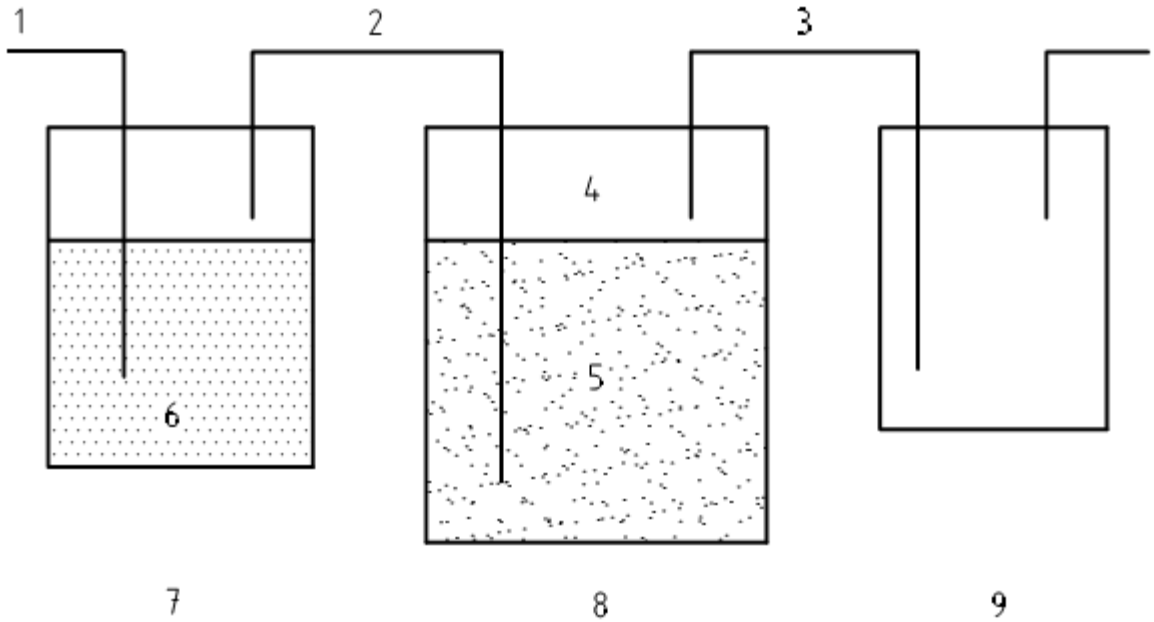
۱۱-۹ علت حذف نتایج هر آزمون؛

۱۱-۱۰ اطلاعات منبع، نوع و مقدار ورمیکولیت استفاده شده (اگر کاربرد دارند)؛

۱۱-۱۱ نتایج تعیین موازنه کربن درصورتی که انجام شده باشد.

پیوست الف
(اطلاعاتی)
اصول سیستم آزمون

هوای سنتزی عاری از دی اکسید کربن یا هوایی فشرده در فشار پایین و ثابت اعمال می شود. در صورتی که هوای فشرده استفاده می شود. دی اکسید کربن با عبور هوا از درون یک سیستم با جذب دی اکسید کربن مناسب حذف می شود. در صورتی که یک محول هیدروکسید سدیم در آب به عنوان سیستم جذب استفاده می شود، هوا نیز هم زمان دارای رطوبت می شود. یک تله شامل هیدرو کسید باریم می تواند برای نشان دادن عدم حضور دی اکسید کربن مورد استفاده قرار گیرد.



راهنما:

۱- هوا
۲- هوای بدون CO_2
۳- هوای خروجی
۴- فضای بالا
۵- مخلوط آزمایشی
۶- محلول NaOH
۷- سیستم حذف CO_2
۸- ظرف کمپوست کردن
۹- سیستم اندازه گیری CO_2

شکل (الف) ۱- شمای کلی سیستم آزمون

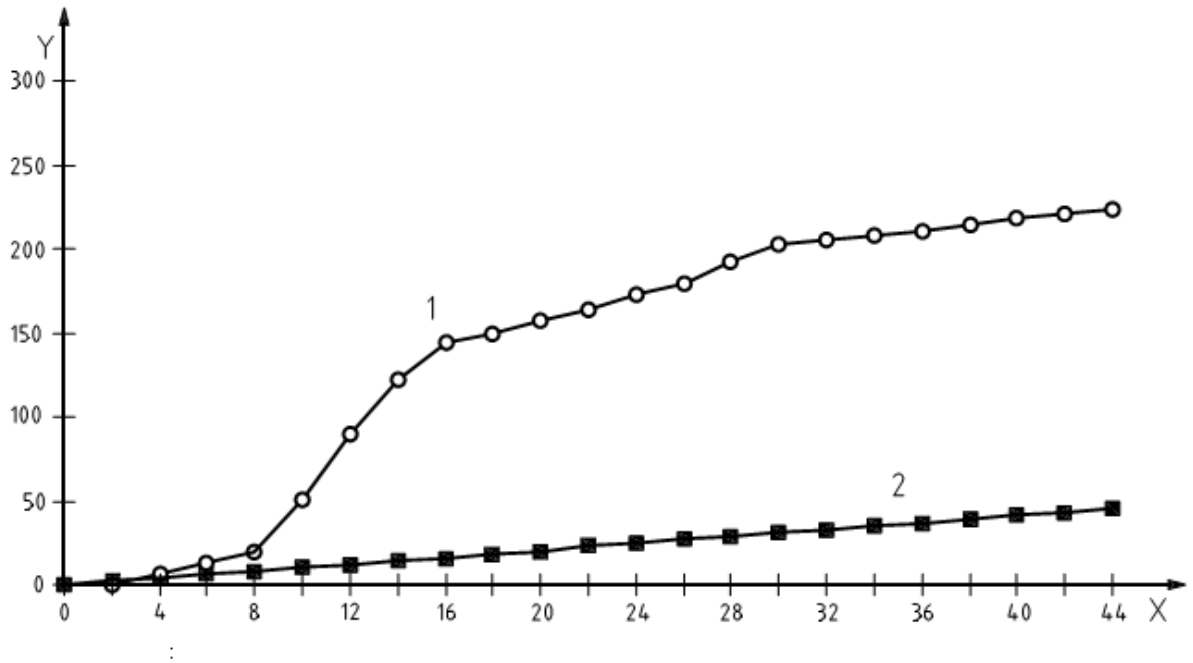
هوای مورد استفاده جهت هوا دهی مخلوط آزمونه، درون ظروف کمپوست کردن باید از کف وارد شود و تا حد ممکن به طور یکنواخت پراکنده شود. درصورتی که تجزیه شدن بیولوژیکی اتفاق نیفتد، دی اکسید کربن تولید گردیده و درون هوای خروجی خارج می شود.

CO_2 موجود در هوای خروجی را می توان بطور مستقیم به عنوان مثال با یک تجزیه گر مادون قرمز یا یک کروماتوگراف گازی اندازه گیری نمود، درا ین حالت، اندازه گیری و برآورد دقیق جریان گاز مورد نیاز است. بسته به وسیله اندازه گیری، ممکن است، لازم باشد که آب از هوا مثلاً بوسیله سرد کردن حذف شود. در صورتی که چندین ظرف کمپوست کردن یک وسیله اندازه گیری وصل شده باشند یک جابجایی گازی مناسب ممکن است مورد نیاز باشد.

هوای خروجی از ظرف کمپوست کردن می تواند در یک تله دی اکسید کربن به طور مثال شامل یک محلول ۲۰ لیتر/گرم هیدروکسید سدیم در آب جذب شود و CO_2 به عنوان کربن معدنی حل شده (DIC) مثلاً در تجزیه گر TOC مناسب اندازه گیری شود. (با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۷۳۷۹)

پیوست ب

(اطلاعاتی)



راهنما

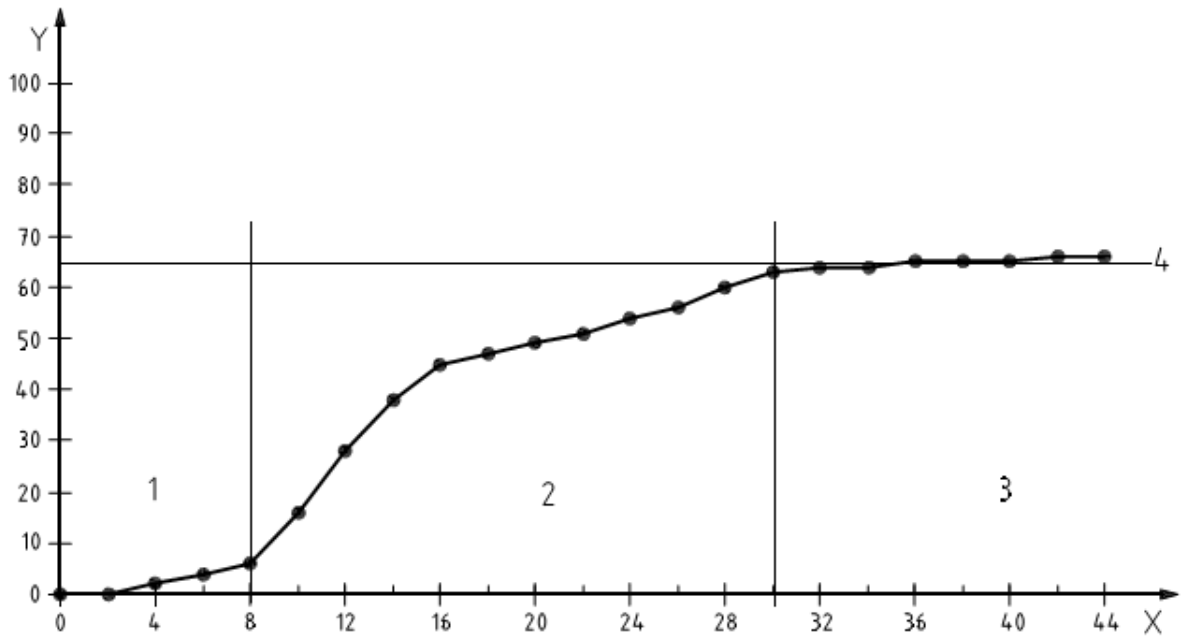
X زمان (روز)

Y میزان CO_2 تولید شده (گرم/ ظرف)

۱ آزمونه

۲ نمونه شاهد

شکل(ب) ۱– منحنی سیر تکاملی از CO_2



راهنما

X زمان(روز)

Y درجه تجزیه شدن بیولوژیکی (در صد)

۱ فاز تاخیر

۲ فاز تجزیه

۳ فاز افقی شدن

۴ درجه متوسط تجزیه شدن بیولوژیکی (۶۵ ٪)

شکل (ب)۲ – منحنی سیر تجزیه شدن بیولوژیکی

پیوست پ

(اطلاعاتی)

کتاب نامه

[1] PESENTI-BARILI, B., FERDANI, E., MOSTI, M., DEGLI-INNOCENTI, F. Survival of *Agrobacterium radiobacter* K84 on various carriers for crown gall control, *Applied and Environ. Microbiology*, **57**, pp. 2047-2051 (1991)

[2] BELLIA, G., TOSIN, M., FLORIDI, G., DEGLI-INNOCENTI, F. Activated vermiculite, a solid bed for testing biodegradability under composting conditions, *Polymer Degradation and Stability*, **66**, pp. 65-79 (1999)

[3] BELLIA, G., TOSIN, M., DEGLI-INNOCENTI, F. The test method of composting in vermiculite is unaffected by the priming effect, *Polymer Degradation and Stability*, **69,** pp. 113-120 (2000)

[4] DEGLI-INNOCENTI, F., TOSIN, M., BELLIA, G. *Degradability of plastics- Standard methods developed in Italy*, Presented at the International Conference "Biodegradable Polymers - Production, marketing, utilisation and residue management", Wolfsburg (Germany), 4-5 Sept. 2000

[5] DEGLI-INNOCENTI, F., BELLIA, G., TOSIN, M., KAPANEN, A., ITAVAARA, M. Detection of toxicity released by a biodegradable plastic after composting in activated vermiculite, *Polymer Degradation and Stability***73**, pp. 101-106 (2001)