INSO
14389-1
1st. Revision
2017
Identical with
ISO 14855-1: 2012

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۴۳۸۹ -۱
تجدیدنظر اول
۱۳۹۵

تعیین حد زیست‌تخریب‌پذیری هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل‌شده کمپوست- به روش تجزیه کربن‌دی‌اکسید 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

shaghool.ir

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی:۶۱۳۹ - ۱۴۱۵۵تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار:۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http:// www.isiri.org

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.org

shaghool.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی سظریه‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

shaghool.ir

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«تعیین حد زیست تخریب پذیری هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل‌شده کمپوست- به روش تجزیه کربن‌دی‌اکسید آزاد شده- قسمت۱: روش کلی»
(تجدیدنظر اول)

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
آراسته منش، شهاب (دکتری شیمی پلیمر)	انجمن صنایع شیمیایی و سلولزی استان مازندران
دبیر:	
گرگانی فیروزجائی ، فرج‌اله (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	اداره کل استاندارد استان مازندران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ابوالحسنی، سیداعلا (کارشناسی مهندسی کشاورزی)	سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران
افضلی، سمانه السادات (کارشناسی ارشد میکروبیولوژی)	اداره کل استاندارد استان مازندران
بصیری، فرشید (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	اداره کل استاندارد استان مازندران
طالبی، جواد (دکتری شیمی کاربردی)	اداره کل استاندارد استان مازندران
عظیمی، سیده بهاره (دکتری شیمی آلی)	پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار ایران
علی اکبرخانی، کیومرث (کارشناسی شیمی کاربردی)	لوله و اتصالات وحید
قلی‌پور، محمد (کارشناسی ارشد سم‌شناسی)	دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی مازندران

shaghool.ir

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
ملاتبار، سمیه (کارشناسی شیمی محض)	اداره تعاون، رفاه و کار اجتماعی شهرستان ساری
ناصری، مطهره (کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)	آزمایشگاه همکار صدف‌ریز ساری
ویراستار:	
حسینی، سیدرضا (کارشناسی مهندسی معدن)	اداره کل استاندارد استان مازندران
صادقی‌پور، معصومه (کارشناس ارشد آلودگی محیط زیست)	اداره کل استاندارد استان گیلان

shaghool.ir

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش گفتار	ح
مقدمه	ط
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ اصول	۴
۵ محیط آزمون	۵
۶ واکنشگرها	۵
۶-۱ درجه سلولز (TLC) (کروماتوگرافی لایه نازک)	۵
۶-۲ ورمیکولیت	۵
۷ وسایل	۶
۸ روش اجرای آزمون	۸
۸-۱ تهیه مایع تلقیح	۸
۸-۲ تهیه مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع	۹
۸-۳ شروع آزمون	۹
۸-۴ زمان عمل‌آوری	۱۰
۸-۵ پایان آزمون	۱۲
۸-۶ استفاده از ورمیکولیت	۱۲
۸-۷ روش بازیابی و موازنه کربن در زمان استفاده از ورمیکولیت	۱۳
۹ روش محاسبه و بیان نتایج	۱۴
۱۰ اعتبار نتایج	۱۵
۱۱ گزارش آزمون	۱۶
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) اصول سامانه آزمون	۱۷
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از نمایش نمودار آزاد شدن کربن‌دی‌اکسید و منحنی تجزیه‌پذیری زیستی	۱۸
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) مثال اندازه‌گیری کاهش جرم	۲۰
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) آزمون دوره‌ای	۲۳
پیوست ث (آگاهی‌دهنده) فرم‌های نمونه	۲۴
کتابنامه	۲۷

shaghool.ir

پیش‌گفتار

استاندارد «تعیین حد زیست تخریب پذیری هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل‌شده کمپوست- به روش تجزیه کربن‌دی‌اکسید آزاد شده- قسمت۱: روش کلی» که نخستین‌بار در سال ۱۳۸۹ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در ۱۴۷ اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت 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 ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱-۱۴۳۸۹: سال ۱۳۸۹ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 14855-1: 2012, Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide -Part 1: General method

shaghool.ir

مقدمه

روش اصلی که در این استاندارد ملی ارائه شده‌است، استفاده از سامانه آزمون تنفسی در فاز جامد، براساس کمپوست (کود آلی) رسیده، به عنوان یک بستر جامد، یک منبع مواد مغذی و یک مایع تلقیح[1] غنی از میکروارگانیسم‌های گرمادوست است. کمپوست رسیده نمونه‌ای با ناهمگنی بالا و پیچیده است. از این‌رو، تعیین کمی نمونهٔ پلیمری باقی‌مانده در پایان آزمون در بستر به دلیل عدم تشخیص مولکول‌ها با جرم مولکولی کم حاصل از تجزیهٔ مواد پلیمری دشوار است، در نتیجه امکان انجام موازنه کربن وجود ندارد. اثر آغازین[2] عبارت است از اثر تجزیهٔ القایی پلیمرها، هنگامی‌که مواد آلی به مقدار قابل ملاحظه‌ای در کمپوست رسیده وجود داشته باشند. این پدیده تاثیر قابل توجهی در اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری زیستی دارد.

برای حل این مشکلات، بهبود و تسهیل روش آزمون، می‌توان کمپوست رسیده را با محیط معدنی جایگزین و به عنوان بستر کمپوست مورد استفاده قرار داد. این جابه‌جایی را می‌توان برای اندازه‌گیری تجزیهٔزیستی برحسب آزاد شدن CO_2 از نظر کمّی و تجزیه زیست توده و اجزاء مادهٔ پلیمری باقی‌مانده در پایان آزمون در بستر جامد استفاد کرد و موازنهٔ کربنی را به‌طورکامل انجام داد. برای اطلاعات بیشتر، این روش به طور غالب تحت تأثیر پدیده اثر آغازین قرار نمی‌گیرد، بنابراین می‌توان برای ارزیابی مواد باآگاهی از علت این مسئله در ارتباط با کمپوست رسیده، استفاده کرد. بستر مواد معدنی را می‌توان از نظر سم‌شناسی زیستی مبنی بر فقدان هرگونه فعالیت زیستی سمی در بستر، پس از تجزیهٔزیستی، ارزیابی و آزمون کرد.

1 - Inoculum
2-Priming effect

shaghool.ir

تعیین حد زیست تخریب پذیری هوازی مواد پلاستیکی تحت شرایط کنترل‌شده کمپوست- به روش تجزیه کربن‌دی‌کسید آزاد شده- قسمت۱: روش کلی

هشدار- فاضلاب، لجن فعال شده، خاک و کمپوست ممکن است بالقوه شامل میکروب‌های بیماری‌زا باشند. بنابراین هنگام کار باید احتیاط لازم صورت گیرد. آزمون سمیت ترکیبات و نمونه‌هایی که خصوصیات ناشناخته‌ای دارند باید با دقت انجام شوند.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین حد زیست تجزیه‌پذیری هوازی پلاستیک‌ها بر مبنای ترکیبات آلی، تحت شرایط کنترل شده تولید کمپوست از طریق اندازه‌گیری مقدار کربن‌دی‌اکسید آزاد شده و درجهٔ تجزیه‌پذیری پلاستیک در پایان آزمون است. این روش برای شبیه‌سازی شرایط کمپوست شدن هوازی جزء آلی زبالهٔ شهری مخلوط با مواد جامد طراحی شده است. نمونهٔ آزمون در معرض یک مایع تلقیح که از کمپوست گرفته شده، قرار می‌گیرد. این ترکیب در محیطی که دما، تهویه و رطوبت به دقت پایش و کنترل می‌شود، قرار می‌گیرد. روش آزمون براساس بازدهی درصد تبدیل کربن در مواد تحت آزمون به کربن دی اکسید آزاده شده و هم‌چنین نرخ تبدیل، طراحی می‌شود.

زیربندهای ۸-۶ و ۸-۷ یکی از روش‌های کار که در آن از یک بستر معدنی (ورمیکولیت)[1] تلقیح شده با میکروارگانیسم‌های گرمادوست به‌دست آمده از کمپوست همراه با یک فاز فعال کنندهٔ ویژه، به‌جای کمپوست رسیده، استفاده شده است را بیان می‌کند. این روش براساس درصد بازدهی تبدیل کربن درمادهٔ آزمون به کربن‌دی‌اکسید و نرخ تبدیل آن طراحی می‌شود.

شرایط ارائه شده در این استاندارد ممکن است همیشه با شرایط مطلوب برای حداکثر زیست تجزیه‌پذیری مطابق نباشد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

1-Vermiculite

shaghool.ir

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

1-2 ISO 8245, Water quality — Guidelines for the determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷۳۷۹: سال ۱۳۸۳، کیفیت آب- دستورالعمل‌های اندازه‌گیری کربن آلی- روش آزمون با استفاده از استاندارد ISO 8245: 1999 تدوین شده است.

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

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات با تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۱-۳

حد زیست تخریب پذیری هوازی

ultimate aerobic biodegradation

تجزیهٔ یک ترکیب آلی توسط میکروارگانیسم‌ها در حضور اکسیژن به کربن‌دی‌اکسید، آب و نمک‌های معدنی از سایر عناصر موجود (معدنی شدن) به‌علاوهٔ زیست‌توده‌های جدید است.

۲-۳

کمپوست‌سازی

composting

یک فرایند هوازی که برای تولید کمپوست طراحی شده است.

یادآوری- کمپوست یک بهبود دهنده آلی خاک است که از تجزیهٔ زیستی مخلوطی، شامل باقی‌مانده‌های گیاهی که اغلب همراه با مواد آلی دیگر و مقدار ناچیز مواد معدنی است، به‌دست می‌آید.

۳-۳

واپاشی

disintegration

شکست فیزیکی یک ماده به تکه‌های بسیار کوچک است.

۴-۳

مجموع مواد جامد خشک

shaghool.ir

total dry solids

مقدار مواد جامد به‌دست آمده از حجم مشخصی از مواد آزمون یا کمپوست بعد از خشک شدن آن‌ها در ۱۰۵°C تا رسیدن به جرم ثابت است.

۵-۳

مواد جامد فرار

volatile solids

مقدار مواد جامد که با کم کردن باقی‌مانده حجم مشخصی از مواد آزمون یا کمپوست بعد از سوزاندن در دمای حدود ۵۵۰°C از مجموع مواد جامد خشک همان نمونه، به‌دست می‌آید.

یادآوری- مقدار جامدات فرار یکی از شاخص‌های میزان ماده آلی موجود است.

۶-۳

مقدار نظری کربن‌دی‌اکسید آزاد شده

theoretical amount of evolved carbon dioxide
th_{CO_2}

مقدار بیشینهٔ نظری کربن‌دی‌اکسید آزاد شده بعد از اکسایش کامل یک ترکیب شیمیایی که از رابطهٔ مولکولی محاسبه شده و برحسب میلی‌گرم کربن‌دی‌اکسید آزاد شده در هر میلی‌گرم یا گرم از ترکیب آزمون است.

۷-۳

فاز تأخیر

lag phase

زمان اندازه‌گیری شده برحسب روز، از لحظهٔ شروع آزمون تا زمان سازگاری میکروارگانیسم تجزیه کننده به دست آمده است و درجهٔ تجزیه‌زیستی یک ترکیب شیمیایی یا نمونهٔ آلی را تا حدود ٪ ۱۰ بیشینه سطح تجزیه‌زیستی افزایش داده است.

۸-۳

بیشینهٔ سطح تجزیه‌زیستی

maximum level of biodegradation

درجهٔ تجزیه‌زیستی اندازه‌گیری شده برحسب درصد از یک ترکیب شیمیایی یا یک مادهٔ آلی در یک آزمون تا جایی‌که تجزیه‌زیستی بیشتری در طول آزمون اتفاق نیفتد.

shaghool.ir

۳-۹

فاز تجزیهٔزیستی

biodegradation phase

به زمان اندازه‌گیری شده برحسب روز، از پایان فاز تاخیر یک آزمون تا حدود ٪۹۰ سطح بیشینهٔ تجزیهٔزیستی رسیده، گفته می‌شود.

۳-۱۰

فاز مسطح

plateau phase

زمان اندازه‌گیری شده برحسب روز، از پایان فاز تجزیهٔزیستی تا پایان آزمون است.

۳-۱۱

ورمیکولیت فعال شده

activated vermiculite

ورمیکولیت کلونی‌دار شده توسط یک جمعیت میکروبی فعال طی زمان ابتدایی فاز رشد است.

۴ اصول

این روش آزمون، حد زیست‌تجزیه‌پذیری و درجه تجزیه شدن مواد آزمون را تحت شرایط مشابه با فرایند کمپوست شدن هوازی شدید تعیین می‌کند. مایع تلقیح مورد استفاده شامل کمپوست رسیده تثبیت شده و درصورت امکان گرفته شده از جزء آلی زباله‌های جامد شهری کمپوست است.

نمونه‌های آزمون با مایع تلقیح مخلوط شده و به درون مخازن کمپوست‌کننده منتقل می‌شود، جایی‌که به شدت تحت شرایط بهینه از نظر اکسیژن، دما و رطوبت برای یک دوره آزمونی حداکثر شش ماه، کمپوست می‌شود.

در مدت تجزیهٔزیستی هوازی مادهٔ آزمون، کربن‌دی‌اکسید، آب، نمک‌های معدنی و سلول‌های میکروبی تازه تشکیل شده (توده‌زیستی) محصولات نهایی تجزیهٔ زیستی هستند. کربن‌دی‌اکسید تولید شده پیوسته تحت کنترل بوده یا در فواصل منظم، درون ظرف‌های آزمون و شاهد برای تعیین تولید تجمعی کربن‌دی‌اکسید اندازه‌گیری می‌شود. درصد تجزیهٔ زیستی از طریق نسبت کربن‌دی‌اکسید تولید شده از مادهٔ آزمون به مقدار بیشینهٔ کربن‌دی‌اکسید که می‌تواند در روش نظری از مادهٔ آزمون تولید شده، به دست آید. بیشینه مقدار

shaghool.ir

کربن‌دی‌اکسید تولید شده نظری از محتوای کل کربن آلی[1] اندازه‌گیری می‌شود، درصد تجزیهٔ زیستی شامل مقدار کربنی نیست که به سلول‌های جدید توده‌زیستی تبدیل می‌شوند و در عوض در طول دوره آزمون به کربن‌دی‌اکسید متابولیزه نمی‌شوند.

علاوه براین، درجه تجزیه‌پذیری مادهٔ آزمون و کاهش جرم مادهٔ آزمون در پایان آزمون تعیین می‌شود.

بهتر است ورمیکولیت به‌جای کمپوست رسیده استفاده شود.

الف- هر زمان که تعیین درجه تجزیهٔ زیستی تحت تاثیر القایی اثر آغازین مادهٔ آزمون قرار گیرد.

و/ یا

ب- زمانی‌که یک توازن نهایی کربنی با تعیین تودهٔ زیستی و بازیابی مادهٔ آزمون باقی‌مانده انجام شود.

بستر ورمیکولیت معدنی (غیر آلی) بوده که به‌طور ذاتی اثر آغازین را کاهش می‌دهد، بنابراین اعتبار روش را ارتقا می‌دهد. امتیاز دیگر استفاده از ورمیکولیت، آزاد شدن مقدار خیلی کم کربن‌دی‌اکسید در ظرف شاهد (تقریباً صفر)، به علت پایین بودن سطح فعالیت میکروبی است. در این شرایط برای سطوحی که فعالیت تجزیه کم است، تخمین به‌طور دقیق‌تری انجام می‌شود.

سرعت‌های معدنی‌سازی به‌دست آمده با ورمیکولیت فعال شده از نظر سطح تخریب نهایی و سرعت تخریب شدن با آن‌هایی که با کمپوست رسیده به‌دست می‌آیند، یکسان یا خیلی مشابه هستند.

۵ محیط آزمون

عمل‌آوری[2] باید در محیط تاریک یا نور غیرمستقیم، در یک محوطه یا اتاق در دمای ثابت °C (۲ ± ۵۸) و بدون بخارات بازدارندهٔ فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد.

در شرایط خاص، به عنوان مثال زمانی‌که نقطهٔ ذوب مادهٔ آزمون پایین است، دمای دیگری را می‌توان انتخاب کرد. این دما باید در طول آزمون در محدوده °C ۲ ± ثابت نگه داشته شود. هرگونه تغییر در دما باید به‌طور مشخص در گزارش آزمون آورده شود.

۶ واکنشگرها

۶-۱ درجه سلولز (TLC)[3] (کروماتوگرافی لایه نازک)

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

1 -Total organic carbon (TOC)
2 - Incubation
3 - Thin- layer chromatography

shaghool.ir

۶-۲ ورمیکولیت

ورمیکولیت خاک معدنی برای مقاصد ساختمانی است که به‌طور مشخص به عنوان یک مادهٔ حامل میکروبی مناسب شناخته شده است که امکان بقا و فعالیت کامل میکروب‌ها را می‌دهد. ترکیب مادهٔ معدنی طبیعی قبل از عمل‌آوری حرارتی شامل ترکیبات AL_2O_3 ٪۱۰، MgO ٪۳۰، CaO ٪۵، SiO_2 ٪۵۰ همراه با H_2O ٪۵ است. زمانی‌که که این مادهٔ معدنی تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد، با از دست دادن آب منبسط شده و ورمیکولیت منبسط ایجاد می‌کند. ورمیکولیت منبسط شده را باید به شکل ورقه‌ای استفاده کرد. ورمیکولیت منبسط شده ظرفیت بالایی برای ذخیره آب دارد و محتوای آبی قابل مقایسه با کمپوست رسیده در بستر می‌تواند تولید کند.

ورمیکولیت را می‌توان در سه نوع زیر دسته‌بندی کرد.

ورمیکولیت درشت:

چگالی ظاهری این نوع ورمیکولیت kg/m^3 (۱۶ ± ۸۰) (زمانی‌که این نمونه درون کیسه قرار داده شده است) بوده و ٪۸۰ از ذرات آن بین ۴ mm تا ۱۲ mm می‌باشند. تنها ٪۲ از ذرات از الک ۰٫۵ mm عبور می‌کنند.

ورمیکولیت متوسط:

چگالی ظاهری این نوع ورمیکولیت kg/m^3 (۱۶ ± ۹۰) بوده و ٪۸۰ ذرات بین ۱ mm تا ۶ mm است. ٪۲ از ذرات نیز از الک ۰٫۵ mm عبور می‌کنند.

ورمیکولیت ریز:

چگالی ظاهری این نوع ورمیکولیت kg/m^3 (۲۰ ± ۱۰۰) بوده و ٪۸۰ ذرات آن بین ۰٫۷ mm تا ۳ mm است و ٪۵ از ذرات از الک ۰٫۵ mm عبور می‌کنند.

در این استاندارد نوع ورمیکولیت درشت کاربرد دارد.

۷ وسایل

مطمئن شوید که تمام وسایل شیشه‌ای به‌طور کامل تمیز و عاری از مواد آلی یا سمی باشند.

۷-۱ ظروف کمپوست کردن، فلاسک‌ها یا بطری‌های شیشه‌ای که اجازه عبور گاز پالاینده[1] را در جهت رو به بالا می‌دهند.

کمینه حجم ۲ l برای رسیدن به الزامات مشخص شده (به زیربندهای ۸-۲ و ۸-۳ مراجعه شود) مورد نیاز است. براساس مادهٔ آزمون، حجم کم‌تری به‌منظور غربال‌گری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در صورت از

1 -Purge

shaghool.ir

دست رفتن، جرم مادهٔ آزمون باید اندازه‌گیری شود، هر یک از ظرف کمپوست‌کننده را در حالت خالی توزین کنید.

۷-۲ سامانه تأمین کننده هوا، با قابلیت پشتیبانی هر کدام از ظروف کمپوست‌کننده با هوای خشک یا اشباع با آب، در صورت نیاز عاری از کربن‌دی‌اکسید، جریان هوا با سرعت جریان از پیش تعیین شده که باید به اندازه کافی زیاد باشد، تا شرایط هوازی واقعی را در مدت زمان آزمون فراهم کند (به مثال ارائه شده پیوست الف مراجعه شود).

۷-۳ وسایل اندازه‌گیری کربن‌دی‌اکسید، طراحی شده برای اندازه‌گیری مسقیم کربن‌دی‌اکسید یا جذب کامل در یک محلول بازی و اندازه‌گیری کربن معدنی محلول[1] (DIC) (به مثال ارائه شده در پیوست آگاهی دهنده الف مراجعه شود). در صورتی‌که کربن‌دی‌اکسید در هوای خروجی به‌طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شود، برای مثال با یک دستگاه تجزیه‌کنندهٔ مادون قرمز پیوسته یا یک گازکروماتوگرافی، کنترل یا اندازه‌گیری دقیق سرعت جریان هوا نیاز است.

۷-۴ لوله‌های بدون نشت گاز، برای اتصال ظرف کمپوست‌کننده به منبع هوا و وسیلهٔ اندازه‌گیری کربن‌دی‌اکسید.

۷-۵ pH متر

۷-۶ تجهیزات تجزیه‌ای، برای اندازه‌گیری جامدات خشک (در ۱۰۵ °C)، جامدات فرار (در ۵۵۰ °C) و کربن آلی، برای تجزیهٔ عنصری مادهٔ آزمون و در صورت نیاز برای اندازه‌گیری کربن معدنی محلول.

۷-۷ ترازو (اختیاری)، با ظرفیت ۳ kg تا ۵ kg برای اندازه‌گیری جرم ظرف‌های آزمون حاوی کمپوست و مادهٔ آزمون.

۷-۸ تجهیزات تجزیه‌ای (اختیاری)، برای اندازه‌گیری مقدار اکسیژن در هوا، رطوبت، اسیدهای چرب فرار و نیتروژن کل (به ISO 5663 مراجعه شود).

۷-۹ راکتور زیستی برای فعال‌سازی ورمیکولیت، ظروف با حجم ۵ l و ۲۰ l که فعالانه هوادهی نمی‌شوند. در این شرایط در ظروف باید بسته باشند تا از خشک شدن بیش از حد محتویات جلوگیری شوند. روزنه‌هایی برای امکان تبادل گاز با اتمسفر و اطمینان از شرایط هوازی در کل مرحله فعال‌سازی باید ایجاد شوند.

مثالی از یک راکتور زیستی جعبه‌ای، ساخته شده از پلی پروپیلن یا مادهٔ مناسب دیگری است که دارای ابعاد ۳۰ cm × ۲۰ cm × ۱۰ cm (طول × عرض × ارتفاع) است. درپوش جعبه باید محکم بسته باشد تا مانع از

1 -Dissolved inorganic carbon

shaghool.ir

دست رفتن بخار آب شود. در وسط دو پهلوی با عرض ۲۰ cm، یک سوراخ به قطر 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 می‌دهند.

۸ روش اجرای آزمون

۸-۱ تهیه مایع تلقیح

کمپوست به‌خوبی هوادهی شده باشد، مایع تلقیح باید از یک مجتمع کمپوست‌کنندهٔ هوازی با عملکرد درست تهیه شود. مایع تلقیح باید همگن بوده و اشیاء بی‌اثر بزرگ مانند شیشه، سنگ یا قطعات فلز در آن نباشد و آن‌ها را باید با دست بردارید. سپس کمپوست را بر روی یک صفحه در حدود ۰٫۵ cm تا ۱ cm غربال کنید.

یادآوری ۱- به منظور اطمینان کفایت تنوع میکروارگانیسم‌ها در کمپوست، پیشنهاد می‌شود کمپوست از یک مجتمع کمپوست‌کننده جزء آلی زباله شهری تهیه شود. عمر کمپوست باید بین ۲ تا ۴ ماه باشد، در صورتی‌که این‌نوع کمپوست در دسترس نباشد، از کمپوست گیاهان اضافی باغی، مزرعه‌ای یا ترکیبی از پسماندهای باغی و پسماندهای جامد شهری می‌توان استفاده کرد.

یادآوری ۲- پیشنهاد می‌شود از کمپوست با تخلخل کافی استفاده شود تا نگه‌داری آن در شرایط هوازی ممکن باشد. اضافه کردن مواد ساختاری مانند ذرات چوبی کوچک یا مواد بی‌اثر ضعیف از نظر زیستی می‌تواند از چسبیدن کمپوست به‌هم و مسدود شدن هنگام آزمون جلوگیری کند.

مقدار جامدات خشک کل و جامدات فرار مایع تلقیح را اندازه‌گیری کنید. مقدار جامدات خشک کل باید بین ٪۵۰ و ٪۵۵ از جامدات مرطوب باشند و جامدات فرار باید حدود ٪۱۵ بیش از جامدات مرطوب (یا ٪۳۰ جامدات خشک) باشند. درصورت نیاز قبل از این‌که کمپوست استفاده شود، با اضافه کردن آب یا خشک کردن ملایم به عنوان مثال، هوادهی کمپوست با هوای خشک، مقدار آب را تنظیم کنید.

یک مخلوطی با ۱ قسمت مایع تلقیح و ۵ قسمت آب بدون یون تهیه کنید. با تکان دادن مخلوط را هم بزنید و pH را سریع اندازه‌گیری کنید و مقدار آن باید بین ۷٫۰ تا ۹٫۰ باشد.

یادآوری ۳- برای تعیین بیشتر خصوصیات مایع تلقیح، پارامترهای مناسب مانند مقدار کربن آلی کل، کل نیتروژن یا اسیدهای چرب را می‌توان به‌طور دلخواه در شروع و پایان آزمون اندازه‌گیری کرد.

فعالیت مایع تلقیح را در طول آزمون به‌وسیله مادهٔ مرجع زیست‌تجزیه‌پذیر (به بند ۶ مراجعه شود) و با اندازه‌گیری تولید کربن‌دی‌اکسید در ظروف شاهد بررسی کنید. مادهٔ مرجع باید به میزان ٪۷۰ یا بیشتر در پایان آزمون (به بند ۱۰ مراجعه شود) تجزیه شود. مایع تلقیح موجود در شاهد باید به ازای هر گرم از جامد فرار بعد از ۱۰ روز اول آزمون (به بند ۱۰مراجعه شود) بین ۵۰ mg و ۱۵۰ mg کربن‌دی‌اکسید تولید کند. اگر تولید کربن‌دی‌اکسید بسیار زیاد است، کمپوست را با هوادهی برای چند روز قبل از استفاده از آن در

shaghool.ir

آزمون جدید تثبیت کنید و اگر فعالیت بسیار کم است، از یک کمپوست دیگر به عنوان مایع تلقیح استفاده کنید.

۸-۲ تهیه مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع

کربن آلی کل مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۷۳۷۹ سال ۱۳۸۳، اندازه‌گیری کنید و بهتر است بر مبنای گرم کربن آلی کل به ازای هر گرم از جامدات خشک گزارش کنید. یا به شرط آن‌که مواد شامل کربن معدنی نباشند، این امکان وجود دارد که محتوای کربنی را با تجزیه عنصری تعیین کرد. مادهٔ آزمون باید دارای مقدار کافی کربن آلی باشد تا مقدار کربن‌دی‌اکسید برای اندازه‌گیری مناسب باشد. به‌طور معمول، حداقل ۵۰ g از کل جامدات خشک شامل ۲۰ g از کربن آلی کل برای هر ظرف نیاز است.

در صورتی‌که میزان کاهش جرم اندازه‌گیری می‌شود، کل جامدات خشک و جامدات فرار مادهٔ آزمون را اندازه‌گیری کنید.

یادآوری- کاهش جرم مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع هنگام آزمون به‌طور دلخواه به‌عنوان اطلاعات اضافی می‌توانند تعیین شوند. در مثال ارائه شده در پیوست پ، محتوای جامدات فرار مادهٔ آزمون در ابتدای آزمون اندازه‌گیری شده و با مقدار آن در پایان آزمون مقایسه می‌شود.

مادهٔ آزمون را به شکل دانه، پودر، لایه یا اشکال ساده (مثلاً دمبلی) استفاده کنید. حداکثر مساحت سطح هر قطعه مادهٔ آزمون باید حدود ۲ cm × ۲ cm باشد. اگر هر قطعه‌ای در مادهٔ آزمون اولیه بزرگ‌تر است، اندازه آن‌را کاهش دهید.

۸-۳ شروع آزمون

حداقل به تعداد زیر ظروف کمپوست‌کننده آماده کنید (به زیربند ۷-۱ مراجعه شود):

الف- سه ظرف برای مادهٔ آزمون؛

ب- سه ظرف برای مادهٔ مرجع؛

ج- سه ظرف برای شاهد.

مقدار مخلوط آزمون، شامل مایع تلقیح و مادهٔ آزمون استفاده شده در آزمون به کیفیت مادهٔ آزمون و اندازهٔ ظروف کمپوست‌کننده بستگی دارد (به زیربند ۸-۲ مراجعه شود). نسبت جرم خشک مایع تلقیح به جرم خشک مادهٔ آزمون باید حدود ۶:۱ باشد. اطمینان حاصل کنید که مقدار مساوی از کمپوست در هر ظرف وجود داشته باشد. در صورتی‌که مادهٔ بی‌اثر اضافه شود در این رابطه مورد توجه قرار نمی‌گیرد (به یادآوری ۲ زیر بند ۸-۱ مراجعه شود). حدود سه چهارم از حجم ظرف کمپوست‌کننده را از مخلوط آزمون پرکنید. فضای سرخالی کافی در ظرف را درنظر بگیرید تا تکان دادن دستی مخلوط امکان پذیر باشد.

shaghool.ir

به عنوان مثال، ظرف‌های کمپوست‌کننده با حجم حدود ۳ l تهیه کنید، مقداری از مایع تلقیح شامل ۶۰۰ g جامد خشک و مقداری از مادهٔ آزمون شامل ۱۰۰ g جامد خشک توزین کرده و به‌خوبی مخلوط کنید. مخلوط آزمون باید دارای همان مقدار آب (حدود ٪۵۰) برابر مایع تلقیح داشته باشد (به زیربند ۸-۱ مراجعه شود). این مخلوط باید تا حدودی چسبیده به نظر آید و زمانی که به آرامی با دست فشرده می‌شود دارای مقداری آب باشد. در صورت نیاز مقدار رطوبت مخلوط را با افزودن آب یا با هوادهی هوای خشک تنظیم کنید. مخلوط را درون ظروف کمپوست‌کننده قرار دهید.

یادآوری۱- توصیه می‌شود نسبت بین کربن آلی و نیتروژن (نسبت C/N) مخلوط آزمون چنان تهیه شود تا بتوان از یک فرایند کمپوست شدن خوب اطمینان حاصل کرد. نسبت C/N برای مخلوط آزمون باید ترجیحاً بین ۱۰ تا ۴۰ باشد. درصورت نیاز این نسبت را می‌توان با اوره تنظیم کرد. مقدار کربن آلی کل، مایع تلقیح و مادهٔ آزمون محاسبه شود. مقدار نیتروژن کل را می‌توان در نمونه‌ای نمایان‌گر از مخلوط آزمون به‌عنوان مثال با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری کرد (به ISO 5663 مراجعه شود).

ظروف کمپوست‌کننده را در شرایط آزمون در °C (۲ ± ۵۸) قرار دهید (به بند ۵ مراجعه شود) و هوادهی را با استفاده از هوای بدون کربن‌دی‌اکسید و اشباع شده با آب شروع کنید. هوادهی می‌تواند به‌وسیله عبور هوا از میان بطری شستشو پر شده با محلول سدیم هیدروکسید تولید شود (به پیوست آگاهی دهنده الف مراجعه شود).

یادآوری ۲- در صورتی‌که غلظت کربن‌دی‌اکسید خروجی به‌طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شود، هوای معمولی می‌تواند به جای هوای بدون کربن‌دی‌اکسید استفاده شود. در این حالت اندازه‌گیری غلظت کربن‌دی‌اکسید در ورودی و خروجی هر ظرف آزمون توصیه می‌شود. برای تصحیح، غلظت ورودی را از غلظت خروجی (که بسیار بالاتر خواهد بود) کم کنید.

از سرعت جریان کافی استفاده کنید، تا اطمینان حاصل شود که شرایط هوازی در مدت زمان آزمون در داخل هر ظرف کمپوست‌کننده برقرار است. به‌طور منظم جریان هوا را در هر خروجی کنترل کنید، به‌طورمثال با استفاده از بطری‌های گازشوی، اطمینان حاصل کنید که هیچ نشتی در قسمت‌های سامانه وجود ندارند.

یادآوری ۳- اندازه‌گیری منظم غلظت اکسیژن در هوای خروجی ظروف کمپوست‌کننده به نگه‌داری شرایط هوازی کمک خواهد کرد. در صورتی‌که این کار انجام شود، بهتر است غلظت اکسیژن کمتر از٪ ۶ نشود. بهتر است میزان اکسیژن در هفته اول با فواصل کم، به‌طور مثال با اندازه‌گیری حداقل دو بار در روز انجام شود. بعد از این، فاصله اندازه‌گیری را می‌توان بیشتر کرد. در صورت نیاز سرعت جریان را تنظیم کنید.

مادهٔ مرجع را طبق روش مادهٔ آزمون، آزمون کنید. ظروف مربوط به شاهد تنها حاوی مایع تلقیح هستند و باید از نظر مقدار جامدات خشک کل مانند ظروف محتوی مادهٔ آزمون باشد.

۸-۴ زمان عمل‌آوری

مقدار کربن‌دی‌اکسید آزاد شده از هوای خروجی هر ظرف کمپوست‌کننده را در فواصل زمانی بینابینی به‌طور مستقیم با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی، یک کربن آلی کل یا یک تجزیه‌گر مادون قرمز یا به‌طور

shaghool.ir

اختیاری کربن‌دی‌اکسید تجمعی آزاد شده به عنوان کربن معدنی حل شده بعد از جذب در محلول سدیم‌هیدروکسید طبق استاندارد ملی شماره ۷۳۷۹ سال ۱۳۸۳ اندازه‌گیری کنید (به پیوست آگاهی‌دهنده الف مراجعه شود). تعداد دفعات اندازه‌گیری‌شده به‌روش اندازه‌گیری مورد استفاده، دقت موردنظر در منحنی تجزیهٔزیستی و تجزیه‌پذیری‌زیستی مخلوط مادهٔ آزمون بستگی دارد. در صورتی‌که اندازه‌گیری مستقیم به‌کار گرفته شود، کربن‌دی‌اکسید آزاد شده را حداقل دوبار، در فواصل زمانی حدود h ۶ در مدت زمان تجزیهٔزیستی و یک‌بار در روز در طول دوره افقی شدن منحنی اندازه‌گیری کنید. اگر روش تجمعی استفاده می‌شود، کربن معدنی را یک‌بار در روز در حین فاز تجزیهٔزیستی و حدود دوبار درهفته در وضعیت ثابت فاز اندازه‌گیری کنید. ظروف کمپوست‌کننده را هر هفته تکان دهید تا از کانالی شدن بیش از حد جلوگیری و از حمله یکنواخت میکروارگانیسم‌ها به مادهٔ آزمون اطمینان حاصل شود.

یادآوری ۱- توصیه می‌شود که سامانهٔ تامین هوا و سامانهٔ اندازه‌گیری کربن‌دی‌اکسید قبل از تکان دادن، از ظروف کمپوست جدا شوند.

با مشاهده چشمی اطمینان حاصل کنید که رطوبت مادهٔ آزمون درون ظروف کمپوست‌کننده خیلی زیاد یا خیلی کم نباشد. نباید آب راکد آزاد یا توده‌ای از مواد وجود داشته باشند. شرایط خیلی خشک به‌طور نمونه، بدون تعرق در فضای بالای ظرف کمپوست‌کننده مشاهده می‌شوند. به صورت اختیاری رطوبت را با وسایل مناسب می‌توان اندازه‌گیری کرد. دراین حالت بهتر است مقدار رطوبت حدود ٪۵۰ نگه‌داری شود (به زیر بند ۸-۱ مراجعه شود). میزان رطوبت موردنظر با هوادهی مرطوب یا خشک حاصل می‌شود. تغییر قابل توجه‌ای در مقدار رطوبت، با اضافه کردن آب یا تخلیه از طریق ورودی هوا می‌تواند حاصل شود. تکان دادن ظروف کمپوست برای اطمینان از توزیع یکنواخت رطوبت مفید است. در صورتی‌که تنظیمات انجام شده، آزاد شدن کربن‌دی‌اکسید را به دقت کنترل کنید.

در مدت هم‌زدن هفتگی ظروف کمپوست‌کننده و در پایان مدت آزمون، هرگونه مشاهدات چشمی در رابطه با ظهور کمپوست، مانند ساختار، مقدار رطوبت، رنگ، رشد قارچ، بوی هوای خروجی و تجزیه مادهٔ آزمون را ثبت کنید.

ظروف کمپوست‌کننده را برای مدت زمانی که از شش ماه تجاوز نکند در °C (۲ ± ۵۸) که نمایان‌گر کمپوست با مقیاس کامل است، عمل‌آوری کنید. در صورتی‌که هنوز تجزیهٔزیستی قابل توجه‌ای از مادهٔ آزمون قابل مشاهده نباشد، مدت زمان عمل‌آوری می‌تواند تا رسیدن به یک دوره افقی شدن ثابت، گسترش یابد. در صورتی‌که دوره افقی شدن زودتر حاصل شود، مدت زمان عمل‌آوری را به‌طور اختیاری می‌توان کاهش داد.

pH را در فواصل منظم، مانند شروع آزمون اندازه‌گیری کنید (به زیر بند ۸-۱ مراجعه شود).

یادآوری ۲- اگر pH کمتر از ۷٫۰ باشد، به خاطر اسیدی بودن کمپوست از طریق تجزیهٔ سریع مادهٔ آزمون تخزیه‌پذیر، می‌تواند از تجزیهٔزیستی جلوگیری کند. دراین شرایط، برای بررسی اسیدی بودن محتوای ظرف کمپوست‌کننده، اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار به روش اسپکتروسکوپی پیشنهاد می‌شود. اگر بیش از g ۲ اسیدهای چرب فرار در هر کیلوگرم مواد جامد خشک

shaghool.ir

کل تشکیل شده باشد، پس این آزمون به خاطر اسیدی شدن و متوقف شدن فعالیت میکروبی نا معتبر است. برای جلوگیری از اسیدی شدن، در تمام ظروف از کمپوست اضافی استفاده کنید یا آزمون را با مادهٔ آزمون کمتر یا کمپوست بیشتر تکرار کنید.

۸-۵ پایان آزمون

در صورتی‌که کاهش جرم مادهٔ آزمون اندازه‌گیری می‌شود (به یادآوری زیر بند ۸-۲ مراجعه شود)، ظرف کمپوست‌کننده را همراه با مخلوط آزمون توزین کنید. نمونه‌هایی از مخلوط آزمون را از تمام ظروف بردارید. جامدات خشک کل و جامدات فرار را اندازه‌گیری کنید.

هرگونه مشاهدات چشمی در رابطه با ظاهر مادهٔ آزمون را برای اندازه‌گیری درجه تجزیه شدن ثبت کنید.

یادآوری- توصیه می‌شود که بررسی‌های بیشتر با هر مقدار مادهٔ آزمون باقی‌مانده، مانند اندازه‌گیری خواص فیزیکی ظاهری، تجزیه شیمیایی و عکس‌برداری انجام شود.

۸-۶ استفاده از ورمیکولیت

در صورت استفاده از ورمیکولیت به‌جای کمپوست، ابتدا ورمیکولیت به‌وسیلهٔ مایع تلقیح با محلول حاوی مواد آلی و مواد معدنی مغذی و کمپوست رسیده فعال می‌شود. ترکیب محلول مایع تلقیح مورد استفاده باید طبق جدول‌های ۱، ۲، ۳ باشد. نسبت ورمیکولیت به محلول مایع تلقیح باید ۳: ۱(حجم/ جرم) باشد.

عصارهٔ کمپوست مورد استفاده در محلول مایع تلقیح را با مخلوط کردن کمپوست رسیده با آب بدون یون (٪۲۰ جرم/ وزن) برای ۰٫۵ h و سپس فیلتر کردن مخلوط به‌وسیلهٔ یک صافی (اندازه دهانه ۱ mm) تهیه کنید. جداسازی بیشتر از میان کاغذ صافی یا سانتریفیوژ در حدود ۱۰۰۰ دور در ۱۵ min می‌تواند انجام شود.

جدول۱- ترکیبات ۱l محلول مایع تلقیح

اجزاء تشکیل دهنده	محلول معدنی (به جدول ۲ مراجعه شود)	نمونه غذایی مناسب برای مایع کوبی	اوره	نشاسته ذرت	سلولز	کمپوست استخراجی
مقدار	۵۰۰ ml	۱۳ g	۵٫۸ g	۲۰ g	۲۰ g	۵۰۰ ml

جدول۲- ترکیبات ۱l محلول معدنی

ترکیبات شیمیایی	KH_2PO_4	$MgSO_4$	$CaCl_2$ (محلول ٪۱۰)	NaCl (محلول ٪۱۰)	مقادیر عناصر جزیی محلول (به جدول ۳ مراجعه شود)
مقدار	۱ g	۰٫۵ g	۱ ml	۱ ml	۱ ml

shaghool.ir

جدول۳- ترکیبات ۱ l محلول عناصر جزیی

ترکیب شیمیایی	H_3BO_3	KI	$FeCl_3$	$MnSO_4$	$(NH_4)6Mo_7O_{24}$	$FeSO_4$
مقدار	۵۰۰ mg	۱۰۰ mg	۲۰۰ mg	۴۰۰ mg	۲۰۰ mg	۴۰۰ mg

مقادیر مورد نیاز از محلول ورمیکولیت و مایع تلقیح را تا رسیدن به یک محلول همگن مخلوط کنید و آن‌را به درون راکتور زیستی (حدود ۱ kg مخلوط در هرکدام) بریزید. هرکدام از راکتورهای زیستی را با محتوای آن‌ها توزین کنید و در ۲۵ ± ۲ °C) برای ۳ الی ۴ روز عمل‌آوری کنید.

هر روز راکتورهای زیستی را توزین کنید، در صورت نیاز، با اضافه کردن آب شهر بدون کلر، بدون یون یا آب مقطر به جرم اولیه برگردانید. علاوه براین، محتوای هر راکتور زیستی را هر روز با یک هم‌زن یا قاشق معمولی برای اطمینان از هوادهی هم بزنید.

به ورمیکولیتی که به این روش عمل‌آوری می‌شود «ورمیکولیت فعال شده» گفته می‌شود که می‌توان به‌عنوان بستر جامد به جای مایع تلقیح کمپوست رسیده در ظروف کمپوست‌کننده به‌کار برد (به زیربند ۸-۱ مراجعه شود). به طور معمول در هر ظرف کمپوست‌کننده ۸۰۰ g از ورمیکولیت فعال شده استفاده کنید.

مقادیر ورمیکولیت فعال شده و مادهٔ آزمون به اندازهٔ ظروف کمپوست‌کننده بستگی خواهد داشت. بهتر است نسبت بین جرم خشک ورمیکولیت فعال شده و جرم خشک مادهٔ آزمون ۴:۱ باشد. حدود نیمی از حجم ظرف کمپوست‌کننده باید با مخلوط آزمون پر شود. برای تکان دادن دستی مخلوط آزمون، فضای سرخالی کافی ظرف ضروری است.

به طور معمول از ظروف کمپوست‌کننده با حجمی حدود ۳ l استفاده کنید. مقدار ۲۰۰ g ورمیکولیت فعال شده از جامدات خشک و مقدار ۵۰ g مادهٔ آزمون از جامدات خشک را توزین کنید، و مخلوط را قبل از ریختن درون ظرف‌ها خوب بهم بزنید.

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

در پایان آزمون، بسترهای ورمیکولیت را می‌توان برای ارزیابی استخراج کرد و از نظر کمّی مقدار مادهٔ آزمون باقی‌مانده و میزان تجزیهٔ محصولات جانبی و یا توده‌زیستی موجود را اندازه‌گیری کرد. بستر هر ظرف کمپوست‌کننده به‌طور مستقل می‌تواند تجزیه شود یا محتوای تمام ظروف کمپوست‌کننده در هر سری روی‌هم اضافه شده و با هم تجزیه شوند. مقادیر به دست آمده را برای میزان توده‌زیستی، مقدار مادهٔ آزمون باقی‌مانده و مقدار محصولات جانبی در کنار مقدار کربن آزاد شده به صورت CO_2 در طول آزمون برای انجام یک موازنهٔ کربن نهایی می‌توانند مورد استفاده قرارگیرند. مقدار کربن در مادهٔ آزمون اولیه با مقدار کربن آزاد شده به صورت CO_2 طی آزمون، مقدار کربن تبدیل شده به توده‌زیستی و مقدار کربن در مادهٔ آزمون باقی-مانده و در محصولات جانبی تجزیه شده، در پایان آزمون مقایسه می‌شود. بدین طریق این امکان وجود دارد که نتیجهٔ به‌دست آمده برای میزان تجزیهٔ‌زیستی قابل قبول باشد.

shaghool.ir

استخراج‌ها را به ترتیب با استفاده از آب یا حلال‌های آلی باتوجه به ماهیت مادهٔ آزمون، می‌توان انجام داد. بدین منظور آزمون‌های حلالیت اولیه بر روی مادهٔ آزمون را برای انتخاب یک حلال مناسب انجام دهید.

روش‌های تجزیه‌ای که می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، اسپکتروسکوپی (IR, UV-Visible, NMR و غیره)، کروماتوگرافی، تجزیهٔ وزن‌سنجی، تجزیهٔ عنصری و غیره می‌باشند. این روش‌ها را می‌توان به‌طور مستقیم برای مواد استخراج شده و/ یا مواد استخراجی تغلیظ شده به‌کار گرفت. مواد استخراج شده را نیز می‌توان مورد آزمون‌های سمّی اکولوژیکی قرار داد.

۹ روش محاسبه و بیان نتایج

۹-۱ روش محاسبه مقدار نظری کربن‌دی‌اکسید

مقدار نظری کربن‌دی‌اکسید ($ThCO_2$) برحسب گرم برای هر ظرف که می‌تواند به‌وسیله مادهٔ آزمون تولید شود، طبق رابطه (۱) محاسبه کنید:

$$ThCO_2 = M_{TOT} \times C_{TOT} \times \frac{44}{12} \qquad (۱)$$

که در آن:

M_{TOT} جامدات خشک کل، برحسب گرم، در مادهٔ آزمون اضافه شده به ظروف کمپوست‌کننده در شروع آزمون؛

C_{TOT} نسبت کربن آلی کل در جامدات خشک کل در مادهٔ آزمون با نسبت گرم به گرم؛

۴۴ و ۱۲ به ترتیب جرم مولکولی کربن‌دی‌اکسید و جرم اتمی کربن می‌باشند.

۹-۲ روش محاسبه درصد تجزیه‌پذیری زیستی

با استفاده از مقادیر تجمعی کربن‌دی‌اکسید آزاد شده، درصد تجزیهٔ‌زیستی Dt مادهٔ آزمون را برای هر فاصلهٔ اندازه‌گیری طبق رابطهٔ (۲) محاسبه کنید:

$$D_t = \frac{(CO_2)_T - (CO_2)_B}{ThCO_2} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن:

$(CO_2)_T$ مقدار تجمعی کربن‌دی‌اکسید آزاد شده در هر ظرف کمپوست‌کننده شامل مادهٔ آزمون برحسب گرم ظرف؛

$(CO_2)_B$ مقدار تجمعی کربن‌دی‌اکسید آزاد شده در هر ظرف شاهد برحسب گرم ظرف؛

$ThCO_2$ مقدار نظری کربن‌دی‌اکسید که می‌تواند به‌وسیله مادهٔ آزمون تولید شود، برحسب گرم بر ظرف.

shaghool.ir

در صورتی‌که اختلاف بین نتایج مجزا کمتر از ٪۲۰ باشد، میانگین درصد تجزیه‌پذیری‌زیستی را محاسبه کنید. در غیر این‌صورت، برای هر ظرف کمپوست‌کننده مقادیر را جداگانه استفاده کنید.

از این رابطه برای درجهٔ تجزیهٔزیستی مادهٔ مرجع استفاده کنید.

۹-۳ روش محاسبه کاهش جرم

مثالی از محاسبه اختیاری کاهش جرم، براساس مقدار جامدات فرار در پیوست پ آمده‌است.

۹-۴ تفسیر نتایج

جدول‌هایی شامل اطلاعات اندازه‌گیری شده و محاسبه شده روی مادهٔ آزمون، مادهٔ مرجع و شاهدها برای هر روز اندازه‌گیری جمع کنید. برای این منظور مثال‌هایی از فرم‌ها در پیوست ث ارائه شده‌اند.

نمودار مقدار تجمعی کربن‌دی‌اکسید آزاد شده برای هر ظرف کمپوست‌کننده شامل شاهد، مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع با تابعی از زمان رسم کنید (به پیوست آگاهی دهنده ب مراجعه شود). نمودار تجزیهٔزیستی (درصد تجزیهٔزیستی با تابعی از زمان) برای مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع رسم کنید (به پیوست آگاهی دهنده ب مراجعه شود). اگر اختلاف‌های بین مقادیر مجزا کمتر از ٪۲۰ باشند، از مقادیر میانگین استفاده کنید. اگر چنین نباشد، منحنی‌های تجزیهٔزیستی را برای هر ظرف کمپوست‌کننده رسم کنید.

از دوره افقی شدن منحنی تجزیهٔزیستی، میانگین درجهٔ تجزیهٔزیستی را بخوانید و به عنوان نتیجه نهایی گزارش کنید.

اگر مادهٔ آزمون از تکه‌های مجزا تشکیل شده، به‌طور کیفی درجه تجزیه‌پذیری ماده را توصیف کنید. اطلاعات بیشتر مانند عکس‌ها و مقادیر اندازه‌گیری شده از خصوصیات فیزیکی ظاهری، در صورتی‌که وجود، اضافه کنید.

۱۰ اعتبار نتایج

درصورتی آزمون معتبر است که:

الف- درجه تجزیهٔزیستی مادهٔ مرجع بعد از ۴۵ روز بیش از ٪۷۰ باشد.

ب- اختلاف بین درصد تجزیهٔزیستی مادهٔ مرجع در ظروف مختلف در پایان آزمون کمتر از ٪۲۰ باشد.

ج- مایع تلقیح موجود در شاهد بیش از ۵۰ mg اما کمتر از ۱۵۰ mg از کربن‌دی‌اکسید به ازای هر گرم از جامدات فرار (مقادیر میانگین) بعد از ده روز عمل‌آوری تولید کرده باشد.

shaghool.ir

۱۱ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید در برگیرنده حداقل آگاهی‌های زیر باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

ب- تمام اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی و توضیح مادهٔ آزمون، مانند محتوای جامدات خشک و فرار، کربن آلی کل، که شامل شکل یا حالت ظاهری؛

پ- هرگونه اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی و توضیح مادهٔ مرجع و کربن آلی کل؛

ت- حجم‌های ظروف کمپوست‌کننده، مقادیر مایع تلقیح، مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع و خصوصیات عمده وسایل مورد استفاده برای تعیین کربن‌دی‌اکسید و آن‌هایی که برای اندازه‌گیری کربن به کار می‌روند؛

ث- اطلاعات مربوط به مایع تلقیح، مانند: منبع، سن، تاریخ جمع‌آوری، انبارداری، حمل، تثبیت، جامدات خشک کل، جامدات فرار، pH سوسپانسیون، کل مقدار نیتروژن یا اسیدهای چرب فرار در صورت امکان؛

ج- نتایج به‌دست آمده برای کربن‌دی‌اکسید آزاد شده و درصد تجزیهٔزیستی برای هر ظرف کمپوست‌کننده و مقادیر میانگین، به‌صورت جدول یا نمودار، هم‌چنین درجه نهایی تخریب مادهٔ آزمون و مادهٔ مرجع و فعالیت مایع تلقیح (تولید CO_2 بعد از ده روز درون شاهد)؛

چ- نتایج مشاهدات چشمی مایع تلقیح و مادهٔ آزمون در طول و پایان آزمون، مانند مقدار رطوبت، رشد قارچ، ساختمان، رنگ، بو و درجه تجزیه شدن، هم‌چنین اندازه‌گیری‌های فیزیکی و یا عکس‌ها؛

ح- جرم هر ظرف کمپوست‌کننده در آغاز و پایان آزمون و جزئیات هرگونه اندازه‌گیری‌های کاهش جرم در صورتی‌که انجام شده؛

خ- علت حذف نتایج هر آزمون؛

د- اطلاعات منبع، نوع و مقدار ورمیکولیت استفاده شده (درصورت کاربرد)؛

ذ- نتایج تعیین موازنهٔکربن، در صورتی‌که انجام شده باشد.

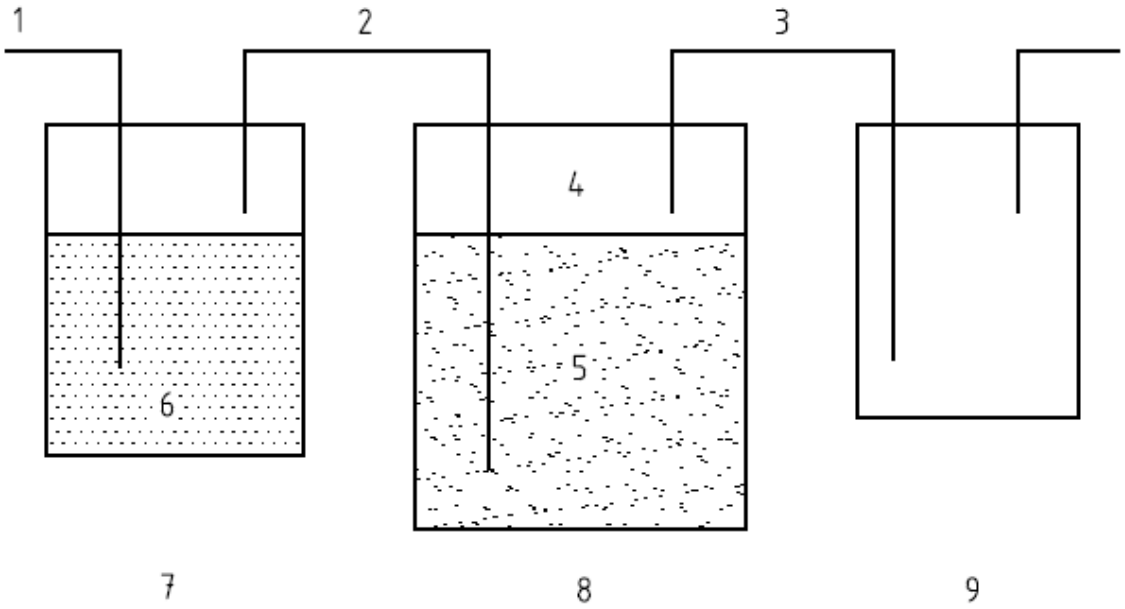
shaghool.ir

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

اصول سامانه آزمون

هوای مصنوعی عاری از کربن‌دی‌اکسید یا هوایی فشرده در فشار پایین و ثابت اعمال می‌شود. در صورتی‌که از هوای فشرده استفاده می‌شود کربن‌دی‌اکسید با عبور هوا از درون یک سامانهٔ جاذب کربن‌دی‌اکسید مناسب، حذف می‌شود. در صورتی‌که از محلول سدیم‌هیدروکسید در آب به عنوان سامانهٔ جذب استفاده می‌شود، هوا نیز هم‌زمان دارای رطوبت می‌شود. از تلهٔ[1] دوم شامل باریم‌هیدروکسید می‌توان برای نشان دادن عدم حضور کربن‌دی‌اکسید استفاده کرد.



راهنما:

1- هوا
2- هوای بدون CO_2
3- هوای خروجی
4- فضای بالا
5- مخلوط آزمون
6- محلول NaOH
7- سامانه حذف CO_2
8- ظرف کمپوست‌کننده
9- سامانه اندازه‌گیری CO_2

شکل الف- ۱- شمای کلی سامانه آزمون

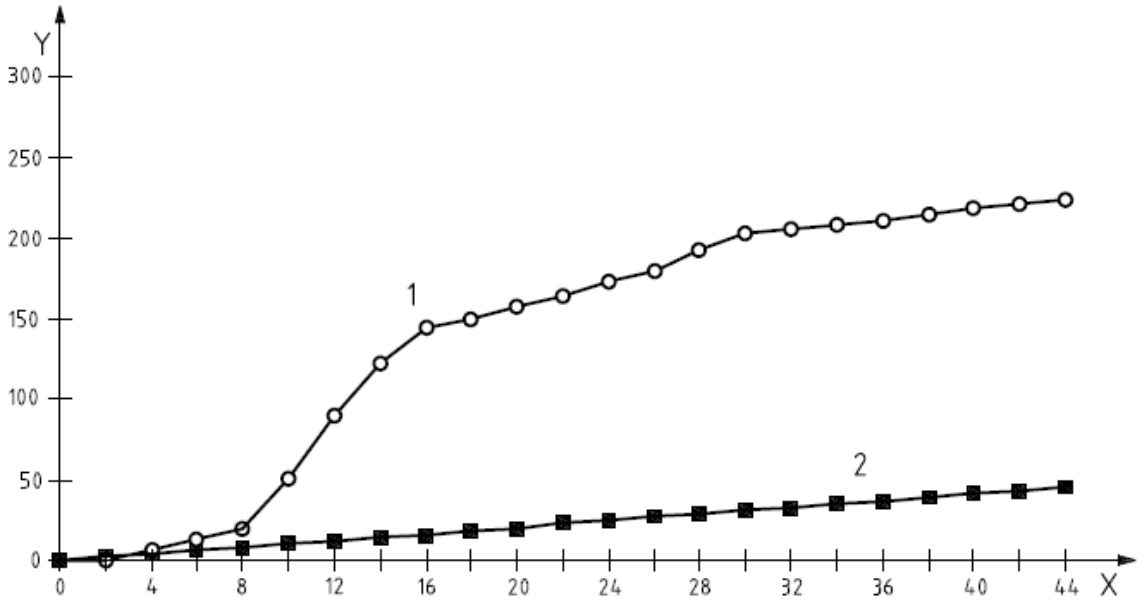
1 - Trap

shaghool.ir

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از نمایش نمودار آزاد شدن کربن‌دی‌اکسید و منحنی تجزیهٔ‌زیستی



راهنما:

X زمان (روز)

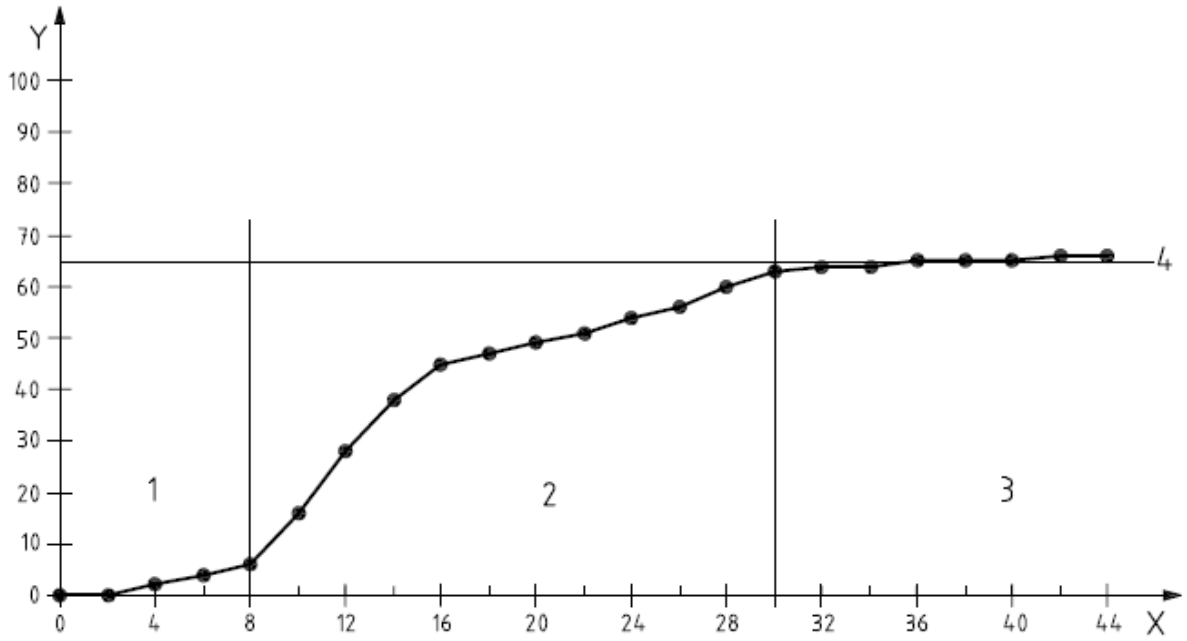
Y میزان CO_2 تولید شده (ظرف/ گرم)

1 مادهٔ آزمون

2 شاهد

شکل ب- ۱- منحنی آزاد شدن CO_2

shaghool.ir



راهنما:

X زمان (روز)

Y درجه زیست تجزیه‌پذیری (٪)

1 فار تاخیر

2 فاز تجزیه

3 فاز افقی شدن

4 درجه متوسط زیست تجزیه‌پذیری (٪۶۵)

شکل ب- ۲- منحنی تجزیهٔزیستی

shaghool.ir

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

مثال اندازه‌گیری کاهش جرم

اندازه‌گیری کاهش جرم مادهٔ آلی در یک مادهٔ آزمون در طول آزمون کمپوست شدن ممکن است اطلاعات کمّی مفید در پشتیبانی تجزیهٔ‌زیستی اندازه‌گیری شده اولیهٔ آزاد شدن CO_2 ارائه دهد. رویهٔ زیر یک روش محاسبه کاهش جرم اندازه‌گیری جامدات فرار مواد آزمون و مایع تلقیح کمپوست در ابتدا و پایان آزمون ارائه می‌دهد.

معادل فارسی	معادل انگلیسی	کوته‌نوشت
مایع تلقیح کمپوست	inoculum compost	com
مادهٔ آزمون	test material	mat
مخلوط مادهٔ آزمون و مایع تلقیح	mixture of test material and inoculums	mix
آب	water	wat
ظرف آزمون	test vessel	ves

زیربندها:

معادل فارسی	معادل انگلیسی	زیربندها
مادهٔ مرطوب	wet material	w
جامدات خشک کل	total dry solids	d
جامدات فرار	volatile solids	v
نسبت جامدات خشک کل به جرم مرطوب	ratio of total dry solids to wet mass	d/w
نسبت جامدات فرار به جامدات خشک کل	ratio of volatile solids to total dry solids	v/d
مادهٔ‌آزمون تجزیه شده	degraded test material	deg
ظرف آزمون	test vessel	f
شروع آزمون	start of test	s
پایان آزمون	end of test	e
ظرف آزمون خالی	empty test vessel (tare)	y
بررسی تکمیلی	addition check	a
آب افزوده	added water	add
شاهد (فقط مایع تلقیح)	blank (inoculum only)	B
مخلوط مادهٔ آزمون و مایع تلقیح	mixture of test material and inoculum	m
مقدار میانگین	mean value	mean

الف- برای به دست آوردن وزن ظرف (ves_y)، هریک از ظرف آزمون خالی را برحسب گرم توزین کنید.

shaghool.ir

ب- جرم مرطوب (mat_w)، جامدات خشک کل (mat_d) و جامدات فرار (mat_v) حدود g ۱۰ مادهٔ آزمون را اندازه‌گیری کنید و نسبت جامدات خشک کل به جرم مرطوب ($mat_{d/w}$) و جامدات فرار به جامدات خشک کل ($mat_{v/d}$) را محاسبه کنید.

پ- مقدار به‌دست آمده را برای جرم مرطوب مادهٔ آزمون اضافه شده به هر ظرف آزمون در شروع آزمون (mat_{wfs}) برای محاسبه نسبت جامدات فرار کل (mat_{vfs}) در هر ظرف ازمون طبق رابطه (پ-۱) استفاده کنید، نتیجه را حسب گرم به ظرف بیان کنید:

$$mat_{vfs} = mat_{wfs} \times mat_{d/w} \times mat_{v/d} \qquad (پ-۱)$$

ت- قبل از شروع آزمون، جرم مرطوب (com_{ws})، جامدات خشک کل (com_{ds}) و جامدات فرار (com_{vs}) حدود g ۱۰ از کمپوست به عنوان مایع تلقیح را اندازه‌گیری کنید. نسبت جامدات خشک کل به جرم مرطوب ($com_{ds/ws}$) و نسبت جامدات فرار به جامدات خشک کل ($com_{vs/ds}$) را محاسبه کنید.

ث- مقدار به‌دست آمده را برای جرم مرطوب کمپوست افزوده شده به هر ظرف آزمون در شروع آزمون (mat_{wfs}) برای محاسبه جامدات خشک کل در این کمپوست در هر ظرف طبق رابطه (پ-۲) محاسبه و نتیجه را بر حسب گرم به ظرف بیان کنید:

$$com_{vfs} = com_{wfs} \times com_{ds/ws} \times com_{vs/ds} \qquad (پ-۲)$$

ج- هر یک از ظرف آزمونی با مخلوط آزمونی مایع تلقیح و مادهٔ آزمون و هر یک از ظرف شاهد فقط دارای مایع تلقیح کمپوست در شروع آزمون (ves_{ms} و ves_{Bs}) و پایان آزمون (ves_{me} و ves_{Be}) توزین و نتیجه را برحسب گرم به ظرف بیان کنید.

چ- بررسی کنید که مقادیر صحیح مادهٔ آزمون (mat_{wfs})، مایع تلقیح (com_{wfs}) و آب (watadd) به ظروف کمپوست‌کننده اضافه شده باشند و از رابطه (پ-۳) برای مخلوط آزمونی (vesam) و از رابطه (پ-۴) برای شاهدها (ves_{aB}) استفاده کنید:

$$ves_{am} = ves_y + ves_{ms} = ves_y + com_{wfs} + mat_{wfs} + wat_{add} \qquad (پ-۳)$$

$$es_{aB} = ves_y + ves_{Bs} = ves_y + com_{wfs} + wat_{add} \qquad (پ-۴)$$

ح- برای هر ظرف آزمون، مقدار مخلوط آزمون از مادهٔ آزمون و مایع تلقیح باقی‌مانده را در پایان آزمون (mix_{wfe}) با استفاده از رابطه (پ-۵) و برای هر شاهد مقدار مایع تلقیح (com_{wBe}) باقی‌مانده را با استفاده از رابطه (پ-۶) محاسبه و نتایج را برحسب گرم به ظرف بیان کنید:

shaghool.ir

$$mix_{wfe} = ves_{me} - ves_{y} \qquad (پ-۵)$$

$$com_{wBe} = ves_{Be} - ves_{y} \qquad (پ-۶)$$

خ- حدود ۱۰ g از مخلوط مادهٔ آزمون و مایع تلقیح از هر ظرف آزمون به عنوان نمونه‌های نماینده بردارید. جرم مرطوب (mix_{we})، جامدات خشک کل (mix_{de}) و جامدات فرار (mix_{ve}) را اندازه‌گیری کنید و نسبت جامدات خشک کل به جرم مرطوب ($mix_{de/we}$) و جامدات فرار به جامدات خشک کل ($mix_{ve/de}$) را محاسبه کنید. از روش مشابه برای اندازه‌گیری نسبت جامدات خشک کل به جرم مرطوب ($com_{de/we}$) جامدات فرار به جامدات خشک کل ($com_{ve/de}$) در شاهدها استفاده کنید.

د- با استفاده از رابطه (پ-۷) جامدات فرار در هر مخلوط آزمون در پایان آزمون (mix_{vfe}) و با استفاده از رابطه (پ-۸) جامدات فرار در مایع تلقیح کمپوست در هر ظرف شاهد (com_{vBe}) را محاسبه و نتایج را برحسب گرم در ظرف گزارش کنید:

$$mix_{vfe} = mix_{wfe} \times mix_{de/we} \times mix_{ve/de} \qquad (پ-۷)$$

$$com_{vBe} = com_{wBe} \times com_{de/we} \times com_{ve/de} \qquad (پ-۸)$$

ذ- مقدار متوسط جامدات فرار در شاهدها را در پایان آزمون ($com_{vBe,mean}$) محاسبه کنید.

ر- در پایان آزمون، مقدار جامدات فرار مادهٔ آزمون در هر ظرف آزمون را طبق رابطه (پ-۹) محاسبه و نتایج را برحسب گرم در ظرف گزارش کنید:

$$mat_{vfe} = mix_{vfe} - com_{vBe,mean} \qquad (پ-۹)$$

ز- از روی جامدات فرار، مقدار مادهٔ آزمون تجزیه شده (mat_{deg}) در هر ظرف آزمون را طبق رابطه (پ-۱۰) محاسبه و نتیجه را برحسب گرم در ظرف گزارش کنید:

$$mat_{deg} = mat_{vfs} - mat_{vfe} \qquad (پ-۱۰)$$

س- برای هر ظرف آزمون، درصد از دست‌رفتن جرم مادهٔ آزمون، یعنی درجه درصد تجزیهٔ‌زیستی D_v محاسبه شده از دست‌رفتن جرم در جامدات فرار را طبق رابطه (پ-۱۱) محاسبه کنید:

$$D_v = \frac{mat_{deg} \times 100}{mat_{vfe}} \qquad (پ-۱۱)$$

ش- مقدار متوسط $D_{v,mean}$ درجهٔ تجزیهٔ‌زیستی را محاسبه کنید.

ص- درصورت نیاز، طبق همین روش درجهٔ تجزیهٔ‌زیستی محاسبه شده از کاهش جرم مادهٔ مرجع را اندازه-گیری کنید.

shaghool.ir

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

آزمون دوره‌ای

یک آزمون دوره‌ای برای اعتباربخشی این روش آزمون انجام گرفت. مواد آزمون مورد استفاده کاغذ و کوپلیمری از پلی- بتا- هیدروکسیل بوتیرات و پلی- بتا- هیدروکسیل والرات بودند. سلولز با اندازه ذرهٔ کمتر از ۲۰ µm به عنوان مادهٔ مرجع استفاده شد. نتایج آزمون و پیشنهادها توسط شرکت کنندگان نشان داد که این روش، مناسب و کاربردی است و نتایج آزمون با مقدار پیش‌بینی بالا ارائه می‌دهد. این نتایج در مرجع [۶] ارائه شده‌اند (به کتاب‌نامه مراجعه شود).

shaghool.ir

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

فرم‌های نمونه

استاندارد ملی ایران ۱- ۱۴۳۸۹ آزمون کنترل هوازی کمپوست- گزارش آزمون

مادهٔ آزمون: ..... مادهٔ مرجع:

منبع کمپوست: ..... سن کمپوست: .....

حجم ظرف‌های آزمون: ..... روش اندازه‌گیری CO_2: .....

نتایج آزمون

	متوسط تجزیهٔ‌زیستی محاسبهٔ درصد آزاد شدن CO_2	متوسط تجزیهٔ‌زیستی محاسبهٔ درصد جرم نمونه آلی	دوره آزمون روزها	مشاهدات
مادهٔ آزمون				
مادهٔ مرجع				

عدم قطعیت

درجهٔ تجزیهٔ‌زیستی مادهٔ مرجع ۴۵ روز > ٪۷۰؟ بله ○ نه ○

اختلاف بین درصد تجزیهٔ‌زیستی مادهٔ مرجع در ظرف‌های مختلف در پایان ازمون ٪۲۰ > ؟ بله ○ نه ○

متوسط تولید CO_2 در ظرف شاهد بعد از ۱۰ روز در دامنه ۵۰ mg تا ۱۵۰ mg / g CO_2 جامدهای فرار؟ بله ○ نه ○

shaghool.ir

استاندارد ملی ایران ۱-۱۴۳۸۹ آزمون کنترل هوازی کمپوست- درجهٔ تجزیهٔزیستی محاسبه آزاد شدن CO_2

مادهٔ آزمون/ مادهٔ مرجع: ..... TOC: ..... g/g $ThCO_2$: ..... ظرف/g

تاریخ	روز	$(CO_2)_{B1}$ ظرف/g	$CO2)_{B2}$ ظرف/g	$(CO_2)_{B3}$ ظرف/g	$CO_2)_{B,mean}$ ظرف/g	$(CO_2)t1$ ظرف/g	$(CO_2)_{t2}$ ظرف/g	$(CO_2)_{t3}$ ظرف/g	$Dt1$ %	$Dt2$ %	$Dt3$ %	$Dt,mean$ %

اندازه‌گیری CO_2 تجمعی حاصل از شاهد = $(CO_2)_B$

اندازه‌گیری CO_2 تجمعی حاصل از مادهٔ آزمون یا مادهٔ مرجع در زمان t = $(CO_2)_t$

روش محاسبات:

$$(CO_2)_{B,mean} = \frac{(CO_2)_{B1} + (CO_2)_{B2} + (CO_2)_{B3}}{3}$$

$$D_t = \frac{(CO_2)_t - (CO_2)_{B,mean}}{ThCO_2}$$

$$D_t = \frac{D_{t1} + D_{t2} + D_{t3}}{3}$$

shaghool.ir

استاندارد ملی ایران ۱-۱۴۳۸۹ آزمون کنترل هوازی کمپوست- درجه زیست تجزیه‌پذیری محاسبه کاهش جرم نمونه آلی

نمونه‌آزمون: ..... مادهٔ مرجع: .....

$mat_{v/d}$:	$mat_{d/w}$:	mat_v (g):	mat_d (g):	mat_w (g):	نمونه‌آزمون (mat)
$com_{vs/ds}$:	$com_{ds/ws}$:	com_{vs} (g):	com_{ds} (g):	com_{ws} (g):	مایع تلقیح، شروع (coms)
$mix_{ve/de}$:	$mix_{de/we}$:	mix_{ve} (g):	mix_{de} (g):	mix_{we} (g):	مخلوط آزمون، پایان (mixe)
$com_{ve/de}$:	$com_{de/we}$:	com_{ve} (g):	com_{de} (g):	com_{we} (g):	مایع تلقیح، پایان (come)

Dv %	mat_{deg} g/ظرف	ma_{tvfe} /ظرف	mix_{vfe} g/ظرف	mix_{wfe} g/ظرف	ves_{me} g/ظرف	ves_y g/ظرف	ves_{am} g/ظرف	ves_{ms} g/ظرف	wat_{add} g/ظرف	mat_{vfs} g/ظرف	mat_{wfs} g/ظرف	**نمونه-آزمون**
												mat 1
												mat 2
												mat 3
												matmean

com_{vBe}	com_{wBe}	ves_{Be}	ves_y	ves_{aB}	ves_{Bs}	wat_{add}	com_{vBs}	com_{wBs}	**شاهد**
									com 1
									com 2
									com 3
									com_{mean}

برای کوته‌نوشت‌ها و زیربندها به پیوست پ مراجعه شود.

درجهٔ تجزیهٔ‌زیستی را برحسب جامدات فرار طبق رابطه: $D_v = mat_{deg} \times 100/mat_{vfs}$ محاسبه کنید.

shaghool.ir

کتاب‌نامه

[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)

[6] Pagga, U., Beimborn, D.B., Boelens, J., De Wilde, B. Determination of the Aerobic Biodegradability of Polymeric Material in a Laboratory Controlled Composting Test, Chemosphere, 31, pp. 4475-4487 (1995)

shaghool.ir