INSO
15805
1st Edition
2019

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

استاندارد ملی ایران
۱۵۸۰۵
چاپ اول
۱۳۹۷

Modification of ASTM D5929: 2018

اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری زیستی مواد در معرض شرایط کمپوست‌سازی مزوفیلی با روش تنفس‌سنجی برای پسماند جامد شهری آلی با تفکیک از مبدأ- روش آزمون

Determining biodegradability of materials exposed to source-separated organic municipal solid waste mesophilic composting conditions by respirometry- Test method

ICS: 13.080.30

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۵۸۰۵ (چاپ اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

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.gov.ir

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.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به‌موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه 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 باتوجه‌به 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، به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان 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 به‌عنوان 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 بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات محیط‌زیستی 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 به‌منظور 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 درزمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت محیط‌زیستی، 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 ارتقاء 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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری زیستی مواد در معرض شرایط کمپوست‌سازی مزوفیلی با روش تنفس‌سنجی برای پسماند جامد شهری آلی با تفکیک از مبدأ- روش آزمون»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
شریعتی، فاطمه (دکتری بیولوژی دریا)	عضو هیأت علمی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
دبیر:	
آبادیان، محمدرضا (کارشناسی شیمی)	مدیرعامل- شرکت پویندگان بهبود کیفیت
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ابراهیمی، سیده مریم (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی)	مسئول کنترل کیفیت- شرکت کامپوره خزر
باقرزاده، آسان (دکتری محیط‌زیست و توسعه پایدار)	مدیر محیط‌زیست و کیفیت منابع آب- شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان
زبده فلاحتی، نسیم (کارشناسی ارشد شیمی)	مدیر کنترل کیفیت- واحد تولیدی لویه
زلفی‌نژاد، کامران (کارشناسی ارشد مهندسی شیلات)	مشاور رئیس پژوهشکده- مرکز ملی تحقیقات آبزیان استان گیلان
صادقی‌پور شیجانی، معصومه (کارشناسی ارشد علوم محیط زیست)	رئیس اداره هماهنگی و تدوین استاندارد- اداره کل استاندارد گیلان
فرحناک شهرستانی، لحیا (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	کارشناس- انجمن کارشناسان استاندارد استان گیلان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
فرهنگی، محمدباقر (دکتری بیولوژی خاک)	عضو هیأت علمی- دانشگاه گیلان
قماش‌پسند، مریم (دکتری شیمی معدنی)	مدرس- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
کاسبی، شیلا (کارشناسی علوم تغذیه)	مدیر کنترل کیفیت– شرکت چم چمال گوشت
مقبلی کهن‌زاد، فاطمه (کارشناسی مهندسی فناوری اطلاعات)	کارشناس پیگیری امور تدوین- اداره کل استاندارد استان گیلان
موقرحسنی، فرحناز (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس- شرکت آب و فاضلاب شهری استان گیلان
میرروشندل، اعظم السادات (دکتری شیمی تجزیه)	رئیس اداره امور آزمایشگاه‌ها- اداره کل حفاظت محیط زیست استان گیلان
ویراستار:	
پاغنده، معصومه (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	کارشناس استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ روش آزمون ۳
۵ اهمیت و کاربرد ۴
۶ دستگاه ۴
۷ مواد آزمون ۵
۸ واکنش‌گرها و مواد ۷
۹ مخاطرات ۸
۱۰ مادهٔ تلقیحی ۸
۱۱ روش‌کار ۸
۱۱-۲ پسماند جامد شهری ساختگی ۸
۱۱-۲-۲ تهیهٔ اجزای خشک ۹
۱۱-۲-۳ تهیهٔ مادهٔ تلقیحی ۹
۱۱-۳ آماده‌سازی نمونه ۹
۱۱-۴ ریختن درظرف واکنش ۱۰
۱۱-۵ آماده‌سازی اسکرابر ۱۰
۱۱-۶ اجرای راه‌اندازی ۱۰
۱۱-۷ اجرای عملیات ۱۰
۱۱-۸ پایان اجرا ۱۱
۱۲ محاسبه‌ها ۱۱
۱۳ تفسیر نتایج ۱۲
۱۴ گزارش ۱۳
۱۵ دقت و اریبی ۱۳
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد منبع ۱۷

پیش‌گفتار

استاندارد «اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری زیستی مواد در معرض شرایط کمپوست‌سازی مزوفیلی با روش تنفس‌سنجی برای پسماند جامد شهری آلی با تفکیک از مبدأ- روش آزمون» که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در دویست و بیست و نهمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۹۷/۱۱/۱۰ 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، به‌عنوان 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 زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهایملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ASTM D5929: 2018, Standard Test Method for Determining Biodegradability of Materials Exposed to Source-Separated Organic Municipal Solid Waste Mesophilic Composting Conditions by Respirometry

اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری زیستی مواد در معرض شرایط کمپوست‌سازی مزوفیلی با روش تنفس‌سنجی برای پسماند جامد شهری آلی با تفکیک از مبدأ- روش آزمون

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشتی و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهدهٔ کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائهٔ ویژگی‌های تجزیه‌پذیری زیستی یک ماده از طریق قرار دادن مواد به‌صورت تکرارپذیر، در شرایط نوعی کمپوست‌سازی پسماند جامد شهری (MSW)[1] آلی تفکیک شده از مبدأ است. یک ماده، در شرایط کنترل شده و با استفاده از محیط ساختگی کمپوست می‌شود و زمان سازگاری[2]، جذب اکسیژن تجمعی، تولید دی اکسیدکربن تجمعی و درصد تجزیهٔزیستی نظری در طول دورهٔ آزمون، تعیین می‌شود. این روش آزمون مناسب بودن محصول کمپوست‌شده را برای هر کاربرد تعیین نمی‌کند.

۱-۲ این آزمون در دماهای مزوفیلی[3] انجام می‌شود. برخی از عملیات کمپوست شهری در طول عملیات به دماهای ترموفیلی می‌رسد. دماهای ترموفیلی[4] می‌تواند بر تجزیه‌پذیری زیستی برخی مواد تاثیر بگذارد. این آزمون برای شرایط تکراری در عملیات کمپوست شهری که به دماهای ترموفیلی می‌رسد، در نظر گرفته نشده است.

۱-۳ مقادیر بیان‌شده برحسب واحدهای SI به‌عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند. سایر واحدهای اندازه‌گیری در این استاندارد گنجانده نمی‌شوند. مقادیر آورده شده داخل پرانتز فقط برای آگاهی است.

۱-۴ این استاندارد مطابق با اصول بین‌المللی شناخته شده استانداردسازی برای تصمیم‌گیری در مورد اصول توسعهٔ استانداردهای بین‌المللی، راهنماها و توصیه‌های سازمان تجارت جهانی (TBT) توسعه یافته است.

۲ مراجع الزامی

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

1- Municipal Solid Waste

2- Acclimation time

فرایند سازگار شدن جمعیت‌هایی از موجودات زنده با شرایط محیط‌زیستی معینی، که به‌منظور آزمایش مهیا شده است.

3- Mesophilic temperatures

4- Thermophilic temperatures

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای 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.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM D513 Test Methods for Total and Dissolved Carbon Dioxide.

2-2 ASTM D1129 Terminology Relating to Water.

2-3 ASTM D1293 Test Methods for pH of Water.

2-4 ASTM D2908 Practice for Measuring Volatile Organic Matter in Water by Aqueous-Injection Gas Chromatography.

2-5 ASTM D6247 Test Method for Determination of Elemental Content of Polyolefins by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry.

2-6 ASTM E1621 Guide for Elemental Analysis by Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry.

۳ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱ در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ASTM D1129، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۳-۲

زمان سازگاری

acclimation time

زمان مورد نیاز برای جذب اکسیژن تا رسیدن به ٪۱۰ کل جذب اکسیژن تجمعی اندازه‌گیری‌شده است.

۳-۳

مادهٔ تلقیحی

inoculum

مخلوطی از مواد آلی با درجات مختلف تجزیهٔ زیستی، به‌منظور فراهم‌کردن بستر غنی میکروبی برای انجام آزمون تجزیهٔ زیستی است.

۴-۳

جذب اکسیژن

oxygen uptake

اکسیژن تجمعی مصرف‌شده توسط موجود زنده در طول آزمون می‌باشد.

۵-۳

تولید دی‌اکسیدکربن نظری

theoretical carbon dioxide production ($ThCO_2P$)

بیشینه دی‌اکسیدکربن تولیدشده از یک ماده که از مقدار کربن ماده محاسبه می‌شود.

۶-۳

جذب اکسیژن نظری

theoretical oxygen uptake (ThOU)

بیشینه مصرف اکسیژن مورد نیاز برای اکسایش کامل یک ماده بر اساس محتوای عنصری ماده است.

۷-۳

کاغذ روزنامهٔ خام

virgin newsprint

رول کاغذ روزنامهٔ چاپ‌نشده می‌باشد.

۴ روش آزمون

۴-۱ این روش آزمون شامل موارد زیر است:

۴-۱-۱ نمونه‌ها با برش یا شکل دادن مواد به‌صورتی‌که بیشتر در جریان پسماند دیده می‌شود، تهیه می‌گردند. بیشینه تولید دی‌اکسیدکربن و جذب اکسیژن نظری از آنالیز عنصری تعیین می‌شود.

۴-۱-۲ مادهٔ تلقیحی از پسماند جامد شهری آلی تفکیک‌شده از مبدأ یا تاسیسات کمپوست پسماند باغی به‌دست می‌آید. مادهٔ تلقیحی از مخلوط کمپوست‌شده به‌مدت حداقل دو ماه، تهیه می‌شود.

۴-۱-۳ پسماند جامد شهری آلی ساختگی از کاغذ روزنامهٔ خام، پوست درخت کاج یا تراشه‌های چوب، نشاستهٔ ذرت، روغن ذرت، کازئین شیر گاو و اوره تهیه می‌شود. یک بافر/ آب رقیق‌سازی از منیزیم، کلسیم، آهن و یک بافر فسفات تهیه می‌شود.

۴-۱-۴ مواد آزمون، کمپوست ساختگی، مادهٔ تلقیحی و آب رقیق‌سازی ترکیب می‌شوند و در ظرف واکنش با دمای کنترل‌شده، قرار می‌گیرند که در آن میزان مصرف اکسیژن و دما پایش شده و کل دی‌اکسیدکربن خارج شده جمع‌آوری می‌گردد.

۴-۱-۵ سامانه پایش‌شده و میزان جذب اکسیژن، نیم‌رخ‌های دمایی و کل دی‌اکسیدکربن تولیدشده ثبت می‌شود.

۴-۱-۶ جذب اکسیژن و دی‌اکسیدکربن کل تولیدشده با مقادیر نظری حاصل از آنالیز عنصری مقایسه شده و درصد تجزیهٔ‌زیستی به‌دست می‌آید. اثرات منفی احتمالی مواد با مشاهدهٔ زمان سازگاری پسماند جامد شهری ساختگی و میزان جذب اکسیژن سنجش می‌شود.

۵ اهمیت و کاربرد

۵-۱ کمپوست‌سازی MSW به‌عنوان یک مولفهٔ مهم در راهبرد مدیریت جامع پسماند جامد مطرح است. کاهش حجم زباله‌ای که در کمپوست‌سازی ایجاد می‌شود، به‌همراه تولید یک محصول نهایی قابل استفاده (برای مثال کمپوست به‌عنوان اصلاح کنندهٔ خاک)، منجر به افزایش تعداد شهرداری‌هایی شده که کمپوست‌سازی MSW آلی جدا شده در مبدأ را به‌عنوان یک روش جایگزین برای دفع مواد آلی قابل تجزیهٔ‌زیستی در لندفیل (خاک‌چال)، انتخاب کرده و مورد بررسی قرار می‌دهند. این استاندارد روشی را برای آنالیز و تعیین اثر مواد در فرایند کمپوست و اجرا، مطلوبیت و امکان‌سنجی فرایند کمپوست به‌عنوان یک روش مدیریت مواد پسماند جامد آلی ارائه می‌دهد. با استفاده از این روش، پارامترهای کلیدی اجرای فرایند، از جمله جذب اکسیژن نظری (ThOU) و تولید دی‌اکسیدکربن نظری ($ThCO_2P$) تعیین می‌شود.

۵-۲ این روش آزمون، شبیه‌سازی روند کلی کمپوست را ضمن حفظ قابلیت تکرار فراهم می‌کند. در معرض قرارگیری مواد آزمون با انواع دیگر مواد آلی که به‌طورمعمول در MSW وجود دارند، محیطی را فراهم می‌کند که ویژگی‌های کلیدی فرایند کمپوست‌سازی شامل اندازه‌گیری مستقیم تنفس موجود زنده را مهیا می‌سازد.

۶ دستگاه

۶-۱ دستگاه تنفس‌سنجی کمپوست (به شکل ۱ مراجعه شود):

۶-۱-۱ حداقل ۶ ظرف واکنش، با حجم ۲ l تا ۶ l با مواد آزمون در سه تکرار و کنترل‌ها در سه تکرار. بهتراست ظروف واکنش با مواد مناسب عایق‌بندی شوند تا نسبت به گاز، غیرقابل نفوذ باشد و هدررفت گرما به‌حداقل برسد. بهتراست، مواد عایق فوم یورتان با ضخامت ۸ cm یا معادل آن باشد. از ظرف آب با دمای کنترل‌شده می‌توان به‌عنوان جایگزینی برای عایق‌سازی مخازن استفاده کرد.

۶-۱-۲ لوله‌گذاری با مقاومت بالا در برابر خروج گاز.

۶-۱-۳ پمپ پریستالتیک، برای کنترل و نگه‌داری جریان گاز از میان هر ظرف واکنش.

۶-۱-۴ مخزن اسکرابر[1] ۴ l، برای هر ظرف واکنش دارای درگاه نمونه‌برداری متناسب با محلول اسکرابر.

۶-۱-۵ سوئیچ فشار افتراقی، برای هر ظرف واکنش که در فشار بین ۵۱ mm و ۱۲۷ mm آب فعال شود.

۶-۱-۶ جریان‌سنج جرمی و سلونوئید

برای کنترل و اندازه‌گیری مقدار اکسیژن خالص (۹۹٫۹۹۷ +) که به سامانه افزوده می‌شود.

۶-۱-۷ پروب دماسنج، که در وسط کمپوست قرار می‌گیرد.

۶-۱-۸ سامانهٔ داده‌برداری و کنترل داده‌ها

برای اندازه‌گیری دما، کنترل و اندازه‌گیری افزایش اکسیژن به‌کار می‌رود.

۶-۲ سایر موارد

۶-۲-۱ اتاق کنترل دما، حمام آب یا هود برای حفظ دمای خارجی دستگاه در ۲ ± ۴۰ °C.

۶-۲-۲ جریان‌سنج، برای اندازه‌گیری گردش مجدد جریان در هر ظرف واکنش (اختیاری).

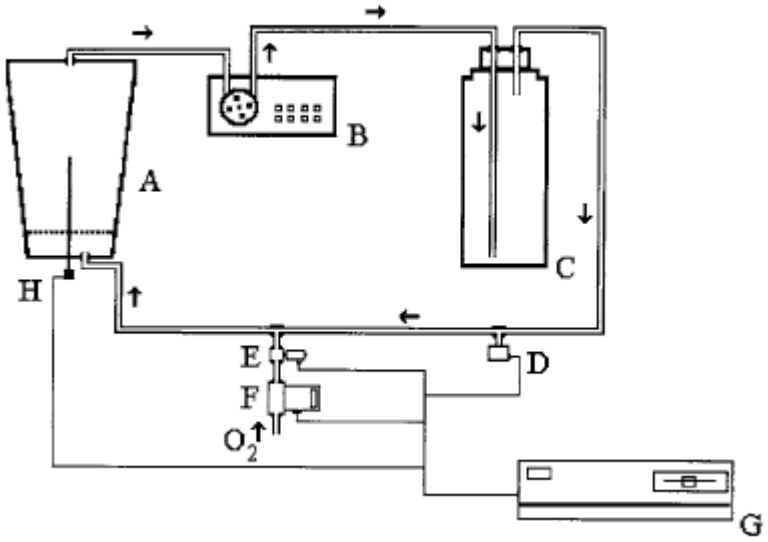
۶-۲-۳ کنترل رایانه‌ای پمپ پریستالتیک، برای کنترل خودکار گردش جریان (اختیاری).

۶-۳ دستگاه‌های مناسب برای اندازه‌گیری pH، جامدات خشک (۱۰۵ °C)، آنالیز عنصری مواد، محتوای دی‌اکسیدکربن اسکرابرها، وزن و حجم مواد کمپوست نهایی.

یادآوری ۱- توصیه می‌شود، تمامی اجزای دستگاه از مواد واکنش‌ناپذیر و غیرجاذب ساخته شوند.

۷ مواد آزمون

1- Scrubber



یادآوری- تنفس‌سنج کمپوست دارای یک مخزن ظرف واکنش ۴ l (A) عایق‌بندی شده با ۸ cm فوم یورتان است. ظرف آب (A) می‌تواند برای تنظیم حرارت به عنوان جایگزین عایق‌بندی به‌کار رود. هوا از میان ظرف واکنش به وسیلهٔ یک پمپ پریستالتیک (B) برای حفظ هوادهی کشیده می‌شود. گازهای خروجی از کمپوست از مسیر مخزن اسکرابر ۴ l (C) که دارای ۱٫۵ l سود (NaOH) ۵ M است، عبور می‌کند تا دی‌اکسیدکربن آن حذف شود. برای اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن خارج شده از کمپوست، طی ارزیابی، نمونه‌ها از محلول اسکرابر بیرون آورده می‌شود. با گذشت زمان، اکسیژن توسط موجودات زندهٔ ریز موجود در کمپوست مصرف می‌شود و بنابراین افت فشار رخ می‌دهد. این افت فشار به وسیلهٔ سوئیچ فشار بسیار حساس (D) تشخیص داده می‌شود. سیگنال افت فشار توسط سامانهٔ کنترل و داده‌برداری (G) دریافت شده و اکسیژن از دست رفته با اکسیژن خالص از طریق سلونوئید (E)، جایگزین شده و مقدار اکسیژن اضافه شده به‌وسیلهٔ یک جریان‌سنج جرمی (F) اندازه‌گیری می‌شود. سپس گازها به ظرف واکنش برگشت داده می‌شوند. به‌منظور پایش دمای کمپوست، ترموکوپل (H) در مرکز ظرف واکنش آزمون قرار می‌گیرد. برای جلوگیری از تداخل نوسانات فشار هوا، سامانه هوابندی می‌شود.

شکل ۱- نمودار عملکردی تنفس‌سنج کمپوست

۷-۱ مواد آزمون می‌تواند در هر شکلی باشد تا زمانی‌که ابعاد آن‌ها از ۳ cm در ۳ cm در ۱۲ cm بیشتر نشود. مواد آزمون باید به‌شکلی باشد که در جریان پسماند وجود داشته باشند. یک نمونهٔ نمایانگر باید با استفاده از روش‌های مناسب استانداردهای ASTM یا سایر روش‌های مستند به‌دست آید.

۷-۲ مواد آزمون باید از نظر کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن، فسفر، گوگرد و سایر عناصری که مشکوک به حضور در سطحی هستند که بر جذب اکسیژن و متابولیسم میکروبی اثر می‌گذارند، آنالیز شود. ThOU هر ماده باید محاسبه شود.

۷-۲-۱ می‌توان از استانداردهای ASTM E1621، ASTM D6247 یا سایر روش‌های قابل اطمینان برای آنالیز عنصری استفاده کرد.

۷-۳ $ThCO_2P$ را از محتوای کربن مواد آزمون محاسبه کنید. به زیربند ۲-۱۲ مراجعه شود.

۷-۴ اگر نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در مخلوط مادر بزرگ‌تر از ۴۰ باشد، بهتر است، محتوای نیتروژن MSW ساختگی افزایش یابد. این کار با افزودن مقداری اوره به MSW ساختگی، انجام می‌شود. MSW

ساختگی دارای نیتروژن کافی برای اضافه کردن g ۳۵ کربن است و با این کار نسبت C/N بیشتر از ۴۰ نمی‌شود. در صورت تنظیم مقدار اوره، تمام ظروف واکنش شامل کنترل‌ها باید دارای غلظت یکسان اوره باشند.

۸ واکنش‌گرها و مواد

۸-۱ محلول اسکرابر

حاوی سود (NaOH) N ۳٫۲۵ در آب مقطر است. آن را در ظرف پلاستیکی هوابندی شده نگه‌داری کنید. ۳۰mg فنل‌فتالئین به محلول اضافه کنید تا میزان مصرف اسکرابر را نشان دهد.

۸-۲ محلول رقیق‌سازی/بافر

دارای مواد زیر است:

مادهٔ شیمیایی	نقش	غلظت (g/l)
KH_2PO_4	یکی از اجزای بافر فسفات	۶٫۸
$Na_2HPO_4.7H_2O$	یکی از اجزای بافر فسفات	۵۵٫۶
$MgSO_4.7H_2O$	مواد مغذی	۰٫۰۲۲۵
$CaCl_2$	مواد مغذی	۰٫۰۲۷۵
$FeCl_3.6H_2O$	مواد مغذی	۰٫۰۰۰۲۵

۸-۳ پسماند جامد شهری ساختگی (MSW)

دارای اجزای زیر است:

اجزا	مادهٔ شیمیایی مورد استفاده	وزن خشک (٪)
مواد سلولزی	کاغذ روزنامهٔ خام، خردشده	۴۱
مواد خنثی	پوست درخت کاج یا تراشه‌های چوب	۳۹
کربوهیدرات‌ها	نشاستهٔ ذرت	۵٫۲
لیپیدها	روغن ذرت	۵٫۴
پروتئین‌ها	کازئین شیر گاو	۲٫۰
نیتروژن آلی	اوره	۱٫۴
بافر/ مواد مغذی	موارد فهرست شده در جدول ۸-۲	۵٫۸

۴-۸ پلی‌اتیلن یا یک مادهٔ دیگر غیرقابل تجزیهٔ‌زیستی، مادهٔ کنترل منفی است که بهتراست به‌شکل مواد آزمون باشد تا شرایط فیزیکی یکسان در همهٔ ظروف واکنش فراهم شود. MSW ساختگی به‌عنوان کنترل مثبت عمل می‌کند، تا زنده‌مانی[1] مادهٔ تلقیحی را بررسی کند. به زیربند ۱۳-۴ مراجعه شود.

۹ مخاطرات

۱-۹ در این روش آزمون از مواد شیمیایی مخاطره‌آمیزی استفاده می‌شود. از تماس با مواد شیمیایی اجتناب کنید و رویه‌های تولیدکننده و برگه‌های دادهٔ ایمنی را رعایت کنید.

۲-۹ در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشتی و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهدهٔ کاربر این استاندارد است.

۳-۹ گازهای با فشار و خلوص بالا در صورت استفادهٔ نامناسب می‌توانند خطرناک باشند. تمام احتیاط‌های ایمنی را رعایت کرده و برای اطمینان از کارکرد مناسب، اغلب سامانه را پایش کنید.

۱۰ مادهٔ تلقیحی

۱-۱۰ بهتر است این ماده از MSW یا پسماند باغی که به مدت دو تا چهار ماه به‌طور مناسب کمپوست شده است، به‌دست آید. توصیه می‌شود این کمپوست با الک کوچک‌تر از ۳ mm غربال شود.

۲-۱۰ این کمپوست می‌تواند تا ۴۸ h قبل از استفاده در دمای اتاق نگه‌داری شود. بهتراست این ماده خشک نشود.

۱۱ روش‌کار

۱-۱۱ این روش برای ۱۲ ظرف واکنش ۴ l با مخازن اسکرابر ۴ l است. سایر پیکربندی‌ها مستلزم تنظیم وزن و حجم برای حفظ نسبت‌های متناسب مایع به جامد اجزاء خواهد بود.

۲-۱۱ پسماند جامد شهری ساختگی

۱-۲-۱۱ آب رقیق‌سازی

مخلوط را برای تهیهٔ ۳۶۰۰ ml آب رقیق‌سازی، وزن کنید. این مقدار آب رقیق‌سازی موردنیاز برای ۱۳ ظرف واکنش را فراهم خواهد کرد:

1-Viability

ترکیب	مقدار در هرظرف واکنش	در هر ml ۳۶۰۰
KH_2PO_4	۱٫۸۷ g	۲۴٫ ۵ g
$Na_2HPO_4.7H_2O$	۱۵٫۲۹ g	۲۰۰g
$MgSO_4$	۰٫۰۰۳ g	۰٫۰۳۹ g
$CaCl_2,2H_2O$	۰٫۰۰۷۶ g	۰٫۰۹۹ g
$FeCl_3$	۰٫۰۰۰۲ g	۰٫۰۰۳ g
اوره	۴٫۰ g	۵۲g

۱۱-۲-۲ تهیهٔ اجزای خشک

۱۱-۲-۲-۱ ۱۲۰ g کاغذ روزنامهٔ خام خرد شده را وزن کرده و در یک کیسهٔ پلاستیکی هوابندی شده قرار دهید. هر کیسه را با وزن واقعی روزنامه علامت‌گذاری کنید.

۱۱-۲-۲-۲ ۱۱۵ g تراشه‌های چوب تازه یا درخت کاج به ابعاد ۲٫۵ cm در ۲٫۵ cm در ۰٫۶ cm (تقریبی) را در یک بشر پلاستیکی ۱ l با ۱۵٫۱ g نشاستهٔ ذرت و ۵/۹۵ g کازئین شیر گاو وزن کنید. از این مخلوط ۱۲ نمونه تهیه شود.

۱۱-۲-۳ تهیهٔ مادهٔ تلقیحی

۱۱-۲-۳-۱ حدود ۱ kg کمپوست کامل حاصل از کمپوست پسماند جامد شهری یا پسماند باغی را جمع‌آوری کنید.

۱۱-۲-۳-۲ کمپوست را با توری مش سیمی ۳ mm غربال کنید و بخش‌های کوچک‌تر از ۳ mm را تا زمانی‌که به‌عنوان مادهٔ تلقیحی استفاده می‌شود، حفظ کنید.

۱۱-۲-۳-۳ ۱۲ g مادهٔ تلقیحی را در هر ۱۲ سینی توزین، وزن کنید.

۱۱-۳ آماده‌سازی نمونه

۱۱-۳-۱ جامدات خشک مواد آزمون را تعیین‌کرده و آنالیز عنصری را انجام دهید. مقدار مواد آزمون موردنیاز برای تولید ۵۰ g ThOU (جذب اکسیژن نظری) را محاسبه کنید.

۱۱-۳-۲ نمونه‌های کنترل را با استفاده از پلی‌اتیلن تهیه کنید و آن را به اندازهٔ فیزیکی یکسان شکل یا برش داده و به‌صورت مواد آزمون شکل دهید.

۱۱-۴ ریختن در ظرف واکنش

۱۱-۴-۱ کاغذ روزنامهٔ خام خرد شده و مواد خشک را مخلوط کرده و آب رقیق‌سازی را به آن‌ها اضافه کنید. سپس مخلوط را به‌طورکامل هم بزنید تا زمانی‌که هیچ تودهٔ کاغذی یا شیمیایی وجود نداشته باشد.

۱۱-۴-۲ ۱۵٫۸ g روغن ذرت را مستقیم به مخلوط اضافه کنید و هم بزنید تا روغن در مخلوط، توزیع یکنواخت داشته باشد.

۱۱-۴-۳ محصول کنترلی یا آزمون را اضافه کرده و هم بزنید تا توزیع مخلوط یکنواخت شود.

۱۱-۴-۴ مادهٔ تلقیحی را اضافه کرده و به‌طورکامل با کمپوست مخلوط کنید. هنگام ریختن مخلوط در ظرف واکنش، مراقب باشید تا مخلوط کمپوست را فشرده نکنید.

۱۱-۵ آماده‌سازی اسکرابر

۱۱-۵-۱ مخازن اسکرابر را با ۱٫۵ l، محلول NaOH ۳٫۲۵ N پر کنید.

۱۱-۵-۲ ۳۰ mg معرف فنل‌فتالئین را به محلول اسکرابر اضافه کنید.

۱۱-۵-۳ برای به‌حداقل رساندن جذب دی‌اکسیدکربن هوا، ظرف اسکرابر را هوابندی کنید.

۱۱-۶ اجرای راه‌اندازی

۱۱-۶-۱ سامانهٔ ظرف واکنش آزمون را هم‌گذاری[1] کنید، اجازه دهید سامانه به دمای محیط برسد و دمای آن تثبیت شود.

۱۱-۶-۲ از ظروف اسکرابر نمونه‌برداری کرده و مقدار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از روش آزمون استاندارد ASTM D513 یا سایر روش‌های مناسب محاسبه کنید.

۱۱-۶-۳ پمپ گردش را در ۱۰۰ ml/min یا تا سرعتی که امکان هوادهی کافی بدون هدررفت گرمای بیش از حد را فراهم کند، تنظیم کنید. اگر دمای ظرف واکنش آزمون به بیش از ۴۲ °C رسید، به‌منظور حفظ دمای ظرف واکنش زیر ۴۲ °C، هوادهی را افزایش دهید.

۱۱-۷ اجرای عملیات

۱۱-۷-۱ واکنش‌گرها به مدت ۴۵ روز در ظروف واکنش عمل خواهند نمود. دمای محیط را در ۴۰°C حفظ کنید.

1- Assemble

۱۱-۷-۲ سامانهٔ جمع‌آوری داده‌های رایانه‌ای را تنظیم کنید و داده‌های دمایی و جذب اکسیژن را حداقل یک بار در هر دو ساعت ذخیره کنید.

۱۱-۷-۳ برای جلوگیری از ایجاد شیار در مواد، ظروف واکنش را یک بار در هفته به‌شدت تکان دهید.

۱۱-۷-۴ نباید در سامانه نشت وجود داشته باشد. لوله و اتصالات باید در ابتدای آزمون و پس از هر تکان دادن با محلول صابون، به‌طورکامل بررسی شود. هرگونه نشت باید بلافاصله گرفته شود. برای اطمینان از عملکرد مناسب، دستگاه آزمون باید روزانه پایش شود.

۱۱-۸ پایان اجرا

۱۱-۸-۱ از ظروف اسکرابر در دو تکرار نمونه‌برداری کرده و مقدار دی‌اکسیدکربن را آنالیز کنید.

۱۱-۸-۲ وزن کل مادهٔ کمپوست و غلظت جامدات خشک را اندازه‌گیری کنید.

۱۱-۸-۳ pH را با رقیق کردن ۱۰g نمونه در ۵۰ ml آب مقطر و پس از تکان دادن مخلوط، بلافاصله اندازه‌گیری کنید (به استاندارد ASTM D1293 مراجعه شود). اگر pH کمپوست زیر ۷ باشد، مقدار اسیدهای چرب فرار[1] (VFA) کمپوست را تعیین کنید (به استاندارد ASTM D2908 مراجعه شود). اگر VFA> 2 g/kg باشد، ظروف واکنش اسیدی شده و نتایج نامعتبر است.

۱۲ محاسبه‌ها

۱۲-۱ جذب اکسیژن نظری (ThOU) را از درصد وزنی هر یک از عناصر محاسبه کنید:

$$\text{ThOU mg } O_2/\text{mg} = C/37.5 + H/12.5 + N/29.2 + P/48.4 + S/66.7 - O/100 \quad (۱)$$

۱۲-۲ تولید دی‌اکسیدکربن نظری ($ThCO_2P$) نیز از آنالیز عنصری تعیین و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$ThCO_2P \text{ mg } CO_2/\text{mg} = (\text{درصد وزن کربن}) (3.667) \quad (۲)$$

۱۲-۳ جذب اکسیژن به‌وسیلهٔ مواد آزمون را با کم کردن میانگین اکسیژن جذب شده به‌وسیلهٔ مخلوط کنترل از هر مخلوط آزمون در هر نقطهٔ داده محاسبه کنید.

۱۲-۴ دی‌اکسیدکربن کل تولیدشده را از طریق کم کردن میانگین دی‌اکسیدکربن تولیدشدهٔ کنترلی از هر یک از مخلوط‌های آزمون محاسبه کنید.

۱۲-۵ درصد جذب اکسیژن و دی اکسید کربن نظری را با تقسیم کردن مقادیر اندازه‌گیری شده آن‌ها بر ThOU یا $ThCO_2P$ محاسبه شده و ضرب در ۱۰۰، محاسبه کنید.

۱۲-۶ انحراف معیار (S_d) نمونه‌های سه تکرار را محاسبه کنید:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2} \qquad (۳)$$

که در آن:

x_i هر نمونهٔ مجزا؛

N تعداد نمونه‌ها است.

۱۲-۷ میزان عدم قطعیت را براساس حدود/ دقت معلوم یا مشاهده شدهٔ دستگاه آزمون، از جمله تجهیزات اندازه‌گیری نشان دهید.

۱۲-۸ زمان سازگاری مواد آزمون و محیط کمپوست نقطه‌ای است که جذب اکسیژن از ٪ ۱۰ جذب کل اکسیژن برای مخلوط بیشتر شود.

۱۲-۹ اگر منحنی جذب اکسیژن مواد آزمون، در ابتدای منحنی شیب منفی را نشان دهد، زمان سازگاری مواد آزمون در نقطه‌ای محاسبه می‌شود که شیب منحنی جذب اکسیژن به‌مدت حداقل ۲۴ h مثبت شود.

۱۳ تفسیر نتایج

۱۳-۱ زمان سازگاری می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد اثرات سمیت یا بازدارندگی مواد آزمون ارائه کند.

۱۳-۲ درصد جذب اکسیژن نظری سنجش خوبی برای تجزیه‌پذیری زیستی مواد آزمون است، زیرا معدنی‌شدن کربن به‌همراه تمام واکنش‌های اکسایش دیگر را نشان می‌دهد.

۱۳-۳ درصد تولید دی‌اکسیدکربن نظری می‌تواند برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری زیستی (با محدودیت‌ها) و نیز هم‌بستگی با نتایج سایر روش‌های آزمایش مبتنی‌بر تولید دی‌اکسیدکربن مورد استفاده قرار گیرد.

۱۳-۴ برای اطمینان از مادهٔ تلقیحی فعال و پایدار، جذب کل اکسیژن برای واکنش‌گرهای کنترل باید بیشتر از ۸۰ g باشد. اگر طی ۴۵ روز چنین نشد، آن‌گاه آزمون نامعتبر است و باید با مادهٔ تلقیحی جدید تکرار شود.

۱۳-۵ اگر انحراف معیار شاهد سه تکرار هنگام ارجاع به میانگین سه تکرار نتیجهٔ منفی نشان داد، آزمون نامعتبر است و بهتر است با یک مادهٔ تلقیحی جدید تکرار شود.

۱۴ گزارش

۱۴-۱ در صورت لزوم اطلاعات و داده‌های زیر را با فاصلهٔ اطمینان ٪۹۵ و انحراف معیار گزارش کنید:

۱۴-۱-۱ اطلاعات مربوط به منبع، جامدات خشک، شرایط ذخیره‌سازی و عمر مادهٔ تلقیحی؛

۱۴-۱-۲ ThOU و $ThCO_2P$ مواد آزمون با توجه به نتایج آنالیز عنصری؛

۱۴-۱-۳ مشخصات فیزیکی مواد آزمون شامل اندازه، شکل، وزن، وزن خشک، مشاهدات اولیه و نهایی مخلوط و روش نمونه‌برداری مورد استفاده؛

۱۴-۱-۴ درصد ThOU و $ThCO_2P$ برای هر مادهٔ آزمون؛

۱۴-۱-۵ کل اکسیژن جذب شده و منحنی جذب اکسیژن برحسب زمان برای کل مخلوط‌ها و مواد آزمون؛

۱۴-۱-۶ زمان سازگاری مواد آزمون؛

۱۴-۱-۷ کل دی‌اکسیدکربن تولید شده و نمودار دی‌اکسیدکربن تولید شده برحسب زمان، اگر نمونه‌های چندگانه طی آزمون آنالیز شوند؛

۱۴-۱-۸ نمودارهای دمای هر مخلوط؛

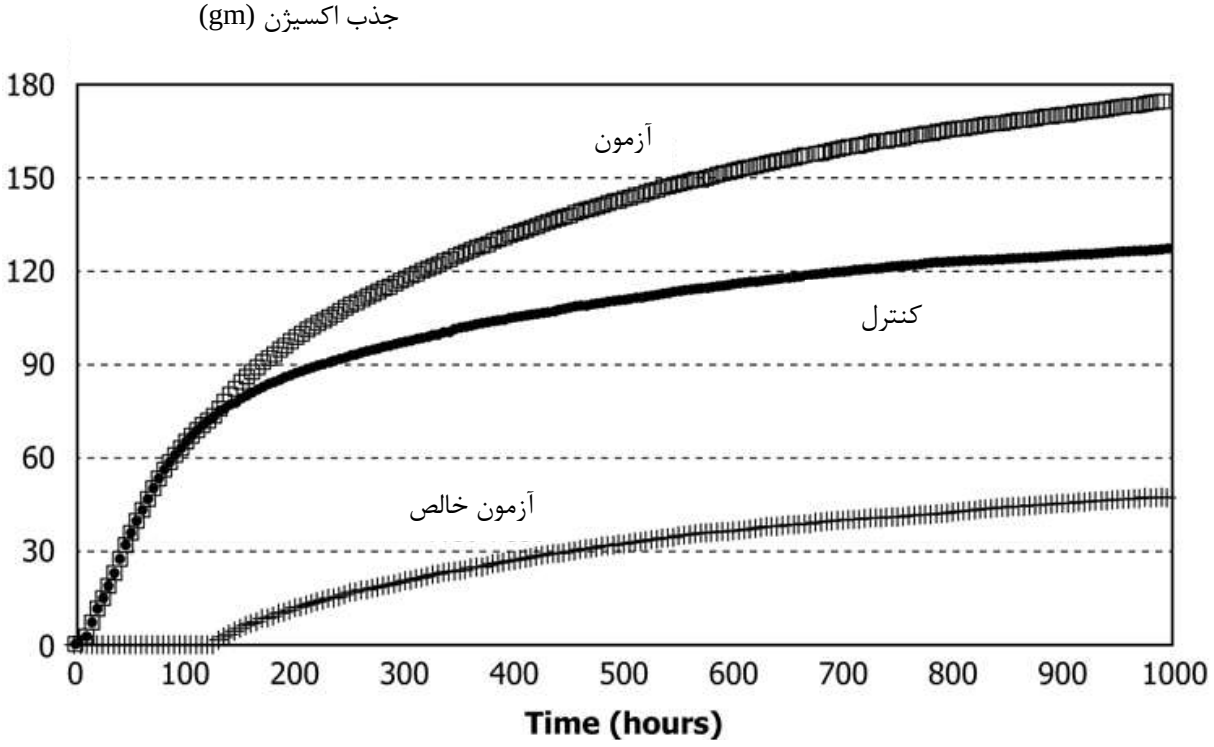
۱۴-۱-۹ وزن کل از دست‌رفتهٔ محتویات ظرف واکنش و وزن خشک پایانی محتویات ظرف واکنش؛

۱۴-۱-۱۰ pH نهایی کمپوست، نتایج بررسی‌های دیگر (غلظت اسیدهای چرب) اگر pH کمتر از ۷ است؛

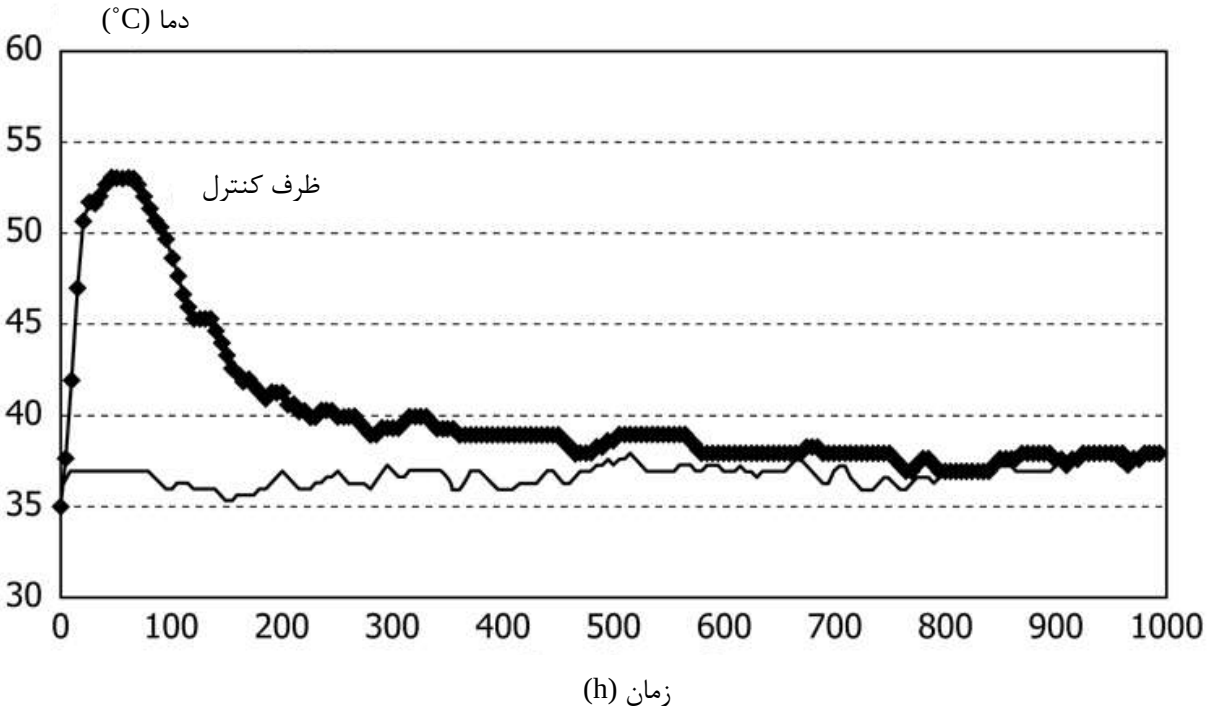
۱۴-۱-۱۱ توضیحات کامل دستگاه آزمون و مستندات هرگونه تغییر این روش آزمون.

۱۵ دقت و اریبی

۱۵-۱ نمودارهای نوعی جذب اکسیژن و دما در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. تکرارپذیری درون آزمونی حاصل از آزمایش سه مادهٔ آزمون در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش ۱ مخلوط‌های کنترل با پوست درخت کاج، آزمایش ۲ با تراشه‌های تازهٔ چوب و آزمایش ۳ با تراشه‌های چوب از قبل استفاده شده، می‌باشد.



شکل ۲- نمودار نوعی جذب اکسیژن برای ظرف کنترل، ظرف آزمون و ظرف آزمون خالص



شکل ۳- نمودار نوعی دما، تنظیم دمای محیط در ۳۷ °C

جدول ۱- تکرارپذیری درون‌آزمونی سه جزء پسماند جامد شهری ساختگی

اجرا	جذب اکسیژن (g)	انحراف معیار (%)	CO_2 تولیدشده (g)	انحراف معیار (%)
اجرای ۱، پوست درخت کاج	۱۳۱	۲٫۴	۱۱۱	۶٫۲
اجرای ۲، تراشه‌های تازهٔ چوب	۱۳۴	۰٫۸۲	۱۱۵	۴٫۰
اجرای ۳، تراشه‌های چوب از قبل استفاده شده	۱۱۵	۰٫۸۷	۹۱٫۴	۳٫۷

پیوست الف
(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد منبع

زیربند ۱-۴: با هشدار پس از عنوان استاندارد ملی در صفحهٔ اول، به‌منظور برآوردن الزام استاندارد ملی شمارهٔ ۵ جایگزین شده است.

زیربند ۳-۲: حذف و با زیربند ۳-۱ ادغام شده است.

در زیربند ۸-۲ عبارت **یکی از اجزای**.. در ستون وسط برای نقش دو مادهٔ شیمیایی KH_2PO_4 و $Na_2HPO_4.7H_2O$ اضافه شده است.