



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۸۲۸

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17828

1st. Edition

2014

بسته‌بندی – ارزیابی مقدماتی فروپاشی مواد
بسته‌بندی تحت شرایط مشابه کمپوست-
سازی در مقیاس آزمایشگاهی

**Packaging – Preliminary evaluation of the
disintegration of packaging materials under
simulated composting conditions in a
laboratory scale test**

ICS: 13.030.99; 55.040

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«بسته‌بندی – ارزیابی مقدماتی فروپاشی مواد بسته‌بندی تحت شرایط مشابه کمپوست‌سازی در مقیاس آزمایشگاهی»

رئیس:

صبرآموز، محمد

(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

سمت و/یا نمایندگی

کارشناس فنی گروه تحقیقاتی صنعتی مترا

(موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر)

دبیر:

اصحابی، لادن

(دکترای مهندسی پلیمر)

رئیس هیات مدیره گروه تحقیقاتی مترا

(موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر - مترا)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی، شروین

(دکترای مهندسی پلیمر)

مدیر مرکز رشد پژوهشگاه پلیمر و

پتروشیمی ایران

بهاری، سید فرشید

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

مدیرعامل شرکت ناباندیش

بهبودی، ریحانه

(کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری)

کارشناس پژوهش سازمان مدیریت پسماند

شهرداری تهران

بزرگی، علی

(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

مدیرعامل گروه تحقیقاتی صنعتی مترا

(موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر - مترا)

تقی‌پور، ماندانا

(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

سرارزیاب پژوهشکده سیستم‌های کیفیت و

بازرسی پژوهشگاه استاندارد

خستوان، مریم

(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

سرارزیاب پژوهشکده سیستم‌های کیفیت و

بازرسی پژوهشگاه استاندارد

عزیزی، حامد

(دکترای مهندسی پلیمر)

مدیر ارتباط با صنعت پژوهشگاه پلیمر و

پتروشیمی ایران

گرامی، میترا

(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

کارشناس استاندارد - گروه تحقیقاتی صنعتی

مترا (موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر)

مسوول واحد پژوهش سازمان مدیریت
پسماند شهرداری تهران

مرادی کیا، سعید
(کارشناس ارشد بازیافت چوب و کاغذ)

معاون استانداردها سازی و آموزش اداره کل
استاندارد استان تهران

مقندر، مهناز
(کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست)

کارشناس اداره کل استاندارد استان مازندران

میری، سیده عظمت
(کارشناس ارشد مهندسی پزشکی - بیومتریال)

پیش‌گفتار

استاندارد "بسته بندی- ارزیابی مقدماتی فروپاشی مواد بسته بندی تحت شرایط مشابه کمپوست سازی در مقیاس آزمایشگاهی" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر(مترا) تهیه و تدوین شده و در بیست و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۳/۲/۲۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

DIN EN 14806:2005, Packaging – Preliminary evaluation of the disintegration of packaging materials under simulated composting conditions in a laboratory scale test

مقدمه

این آزمون به بیوراكتور ویژه‌ای نیاز ندارد و می‌توان آن را در مقیاس آزمایشگاهی و در آزمایشگاه عمومی انجام داد. این آزمون به استفاده از پسماند مصنوعی همگن با مشخصات تعریف‌شده، نیاز دارد. اجزای پسماند مصنوعی ایمن، تمیز و خشک هستند و می‌توان آنها را در آزمایشگاه بدون اینکه مشکلی از نظر بو و سلامتی ایجاد کنند، نگهداری کرد. پسماند مصنوعی ترکیب ثابت و مشخصی دارد و از هر گونه مواد بسته‌بندی که سبب ایجاد خطا در ارزیابی نهایی مواد مورد آزمون شوند، عاری است.

بیوراكتورها کوچک هستند و مقدار پسماند مصنوعی ترکیب‌شده نیز کم (حدود سه لیتر) است. همچنین مقدار آزمون نیز خیلی کم و روش آزمون ساده شده است. این آزمون برای تعیین قابلیت زیست‌تخریبی مواد بسته‌بندی در شرایط کمپوست‌سازی کاربرد ندارد و ملاحظات سلامت محیط زیست و سمیت زیست محیطی را در نظر نگرفته است. برای ادعای قابلیت کمپوست‌شدن، نیاز به انجام آزمون‌های دیگری است. (بدین منظور به استاندارد ملی شماره ۱۷۱۹۰ سال ۱۳۹۳ مراجعه کنید).

بسته‌بندی – ارزیابی مقدماتی فروپاشی مواد بسته‌بندی تحت شرایط مشابه کمپوست‌سازی در مقیاس آزمایشگاهی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون در مقیاس آزمایشگاهی، جهت ارزیابی مقدماتی قابلیت فروپاشی بسته بندی می باشد. در این روش آزمون به کمک پسماند مصنوعی، شرایط محیطی کارخانه کمپوست سازی، شبیه سازی می شود. نتیجه منفی الزاماً بیانگر عدم فروپاشی مواد، تحت شرایط کمپوست سازی نیست. این روش آزمون، جایگزین آزمون فروپاشی مطابق استاندارد ملی ۱۷۱۹۰ و EN13432 نیست. این روش آزمون، میزان فروپاشی مواد مورد آزمون را در مقیاس آزمایشگاهی و در شرایط مشابه با فرآیند کمپوست سازی کاملاً هوایی، ارزیابی می‌کند. فاز جامد مورد استفاده در این آزمون شامل یک پسماند جامد مصنوعی به اضافه نمونه کمپوست صنعتی (ماده تلقیحی) است. نمونه‌های آزمون به همراه پسماند جامد مصنوعی، تحت فرآیند کمپوست سازی قرار می‌گیرند. میزان فروپاشی بعد از مرحله کمپوست سازی، تعیین می‌شود. بدین طریق که فاز جامد نهایی توسط یک الک ۲ میلی‌متر، به منظور بازیابی باقیمانده فروپاشی نشده آزمون، غربال می‌شود. وزن جدا شده از آزمون که از الک عبور کرده است به عنوان مقدار فروپاشی شده در نظر گرفته شده و برای محاسبه میزان فروپاشی استفاده می‌شود.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۵۰۰۲: سال ۱۳۸۴، الک‌های آزمون-الزامات فنی و آزمون -قسمت اول-

الک‌های آزمون با تور سیمی فلزی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۱۹۰: سال ۱۳۹۳، بسته‌بندی- آزمون‌های ارزیابی تجزیه مواد بسته‌بندی

تحت شرایط معین کمپوست‌سازی

2-3 EN13193:2000, Packaging – Packaging and environment – Terminology

2-4 EN13432:2000, Disposable and biodegradable herbal containers based on starch – Specifications and test methods

۳ اصطلاحات و تعاریف و اختصارات

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد EN 13193:2000 اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود.

۱-۳

کمپوست

ماده آلی بهبود دهنده خاک می باشد که حاصل تخریب زیستی یک مخلوط که عمدتاً شامل باقی مانده گیاهان، و گاهی به همراه مواد آلی دیگر است و مقدار کمی مواد معدنی دارد.

۲-۳

قابلیت کمپوست شدن

توانایی یک ماده برای تخریب زیستی در فرآیند کمپوست سازی

۳-۳

کمپوست سازی

فرآیند هوازی طراحی شده برای تولید کمپوست

۴-۳

فروپاشی

از هم پاشیدن فیزیکی ماده و تبدیل آن به قطعات کوچک

۵-۳

ماده تلقیحی^۱

ماده ای است که منشاء آن کمپوست است و به عنوان عامل شروع کننده تجزیه زیستی به نمونه مورد آزمون اضافه می شود (پسماند زیستی).

۶-۳

وزن خشک

وزن یک نمونه که پس از خشک کردن در (2 ± 105) درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت، اندازه گیری می شود و به صورت درصدی از وزن نمونه مرطوب بیان می شود.

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

۷-۳

جامدات خشک کل

جرم جامدات باقیمانده‌ی حاصل از قرارگیری مقدار مشخصی از مواد آزمون یا کمپوست در دمای حدود ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت

۸-۳

جامدات فرار

مقدار جامد حاصل از تفاضل باقیمانده جرم مشخص آزمون یا کمپوست بعد از سوزاندن در 550°C ، از کل ماده جامد مورد آزمون

یادآوری- مقدار جامدات فرار بیانگر مقدار مواد آلی در نمونه است.

۴ مواد

۴-۱ پسماند جامد مصنوعی

برای انجام آزمون، پسماند جامد با ترکیب مندرج در جدول ۱ به کار می رود (مبنای محاسبات وزن خشک- شده‌ی مواد است):

جدول ۱ - ترکیب پسماند جامد مصنوعی

مواد	درصد وزن خشک
خاک اره	۴۰
ترکیب سبزیجات خوراکی	۳۰
کمپوست	۱۰
نشاسته	۱۰
شکر	۴
روغن ذرت	۴
اوره	۲
جمع	۱۰۰

خاک اره باید از چوب خام^۱ تهیه شود و قبل از استفاده از الک ۵ میلی‌متر گذرانده شود.

یادآوری - ترجیحاً، چوب درختان پهن برگ استفاده شود.

۱- بدون هیچگونه مواد افزودنی

ترکیب سبزیجات خوراکی یا غذای خرگوش محصولی بر پایه یونجه^۱ و غذاهای گیاهی می باشد. که ۸۰ درصد آن یونجه (خشک) و ۲۰ درصد سبزیجات تازه مانند کاهو، کلم، هویج، ذرت، جعفری، گشنیز و زیر یک درصد غلات است. مقدار پروتئین موجود در این ترکیب باید حدود ۱۵ درصد و مقدار سلولز آن حدود ۲۰ درصد باشد.

توصیه می شود که کمپوست خوب هوادهی شده حاصل از فرآیند کمپوست سازی هوازی به عنوان ماده تلقیحی استفاده شود. ماده تلقیحی کمپوست باید همگن و عاری از عوامل خنثی مانند شیشه، سنگ یا قطعات فلزی باشد. این ترکیبات را به وسیله دست خارج کرده و کمپوست را از الک با قطر چشمه حدود ۰٫۵ سانتی متر تا ۱٫۰ سانتی متر بگذرانید. برای اطمینان از وجود تنوع زیستی کافی ریز جاندارها، استفاده از کمپوست تهیه شده از جزء آلی پسماندهای جامد شهری، توصیه می شود. در صورت عدم دسترسی به این نوع کمپوست، استفاده از کمپوست تهیه شده از فرآوری پسماند مزارع یا مخلوط پسماند باغبانی و پسماند جامد شهری مجاز است. عمر کمپوست نباید بیش از ۴ ماه باشد.

پسماند مصنوعی با مخلوط کردن دستی اجزا مختلف نام برده شده در جدول ۱ آماده می شود. رواداری مجاز توزین اجزا از جمله آب، پنج درصد وزنی است. آب را به مخلوط اضافه کنید تا مقدار آب نهایی به حدود ۵۵ درصد وزنی برسد. اضافه کردن آب باید قبل از شروع عمل مخلوط کردن مواد انجام گیرد. نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در پسماند مصنوعی ترجیحاً ۳۰-۲۰ است. برای تنظیم این نسبت به مقدار مذکور، غلظت اوره می تواند تغییر کند. در این حالت، برای رسیدن جمع مواد به ۱۰۰، باید اجزا دیگر به همان نسبت تغییر کنند.

۵ وسایل لازم

۵-۱ راکتور تهیه کمپوست

راکتور تهیه کمپوست، جعبه ی است از جنس مواد بی اثر بر فرآیند کمپوست سازی و ترجیحاً طول آن ۳۰ سانتی متر، عرض آن ۲۰ سانتی متر و ارتفاع آن ۱۰ سانتی متر است. ابعاد این محفظه در یک مجموعه آزمون نباید بیش تر از ۵ درصد تغییر داشته باشد. جعبه باید مجهز به یک درپوش جهت جلوگیری از تبخیر اضافی و تضمین بسته بودن کامل راکتور باشد. علاوه بر این، آب بندی محل بسته شدن بین جعبه و درپوش، به وسیله نوار چسب مجاز است. در وسط دیواره های ۲۰ سانتی متری و در ارتفاع حدود ۶٫۵ سانتی متری از ته جعبه، باید سوراخی با قطر ۵ میلی متر تعبیه شود. این دو سوراخ ایجاد شده، جابه جایی گاز بین فضای درونی و محیط بیرونی جعبه را فراهم می کند.

یادآوری- سوراخها نباید به وسیله نوار چسب یا هر روش دیگری پوشانده شوند.

استفاده از محفظه های دیگر با حجم بین ۵ لیتر و ۲۰ لیتر، مجاز است، مشروط بر این که از نظر عدم ایجاد شرایط بی هوازی نامساعد، مورد تأیید قرار گرفته باشند، محفظه باید جهت اجتناب از خشک شدن بیش از

1-Medic ago sativa

2- Micro Organism

حد محتویات، بسته شود، و قسمت‌های باز باید در آن وجود داشته باشد تا امکان تبادل هوا و اطمینان از شرایط هوایی در سراسر مرحله کمپوست سازی، فراهم گردد.

۵-۲ انواع الک، الک با قطر چشمه حدوداً ۰/۵ سانتی متر تا یک سانتی متر، الک با قطر چشمه دو میلی‌متر، الک پنج میلی‌متر و الک‌های استاندارد مطابق با استاندارد ملی شماره ۱-۵۰۰۲

۵-۳ کاغذ pH

۶ تهیه و آماده سازی نمونه ها

جهت تهیه آزمونه، مواد مورد آزمون باید به ابعاد تعریف شده در جدول ۲ بریده شوند. با توجه به ضخامت مواد، ابعاد آزمونه تغییر می‌کند.

وزن آزمونه از طریق خشک شدن مواد تا رسیدن به وزن ثابت، تعیین می‌شود. روش خشک کردن باید در این مرحله و در انتهای آزمون جهت ارزیابی وزن نهایی آزمونه، یکسان باشد (بند ۱۰-۲ را ملاحظه کنید).

جدول ۲- ابعاد آزمونه‌ها در آزمون فرو پاشیدگی

ابعاد آزمونه (میلی‌متر)	ضخامت مواد مورد آزمون (میلی‌متر)
۲۵×۲۵×۲۵ (ضخامت مواد)	≤۵
۱۵×۱۵×۱۵ (ضخامت، که کوچکتر یا مساوی ۱۵ است)	>۵

۷ روش انجام آزمون

۱-۷ شروع آزمون

برای هر ماده مورد آزمون، حداقل دو راکتور، آماده کنید. مقدار ۵ گرم تا ۲۰ گرم آزمونه را به ازای هر راکتور با توجه به حجم اشغال شده توسط آزمونه‌ها، با یک کیلوگرم پسماند مصنوعی مرطوب، مخلوط کنید. نسبت وزن آزمونه به وزن پسماند مصنوعی مرطوب، باید در محدوده (۲-۵/۰) درصد باشد. وزن آزمونه اضافه شده به هر راکتور را ثبت کنید. مخلوط را در قسمت کف راکتور، به صورت لایه یکنواخت پخش کنید. به منظور کمک به تبادل هوا، (حتی از قسمت‌های داخلی بستر مواد)، مخلوط نباید فشرده شود.

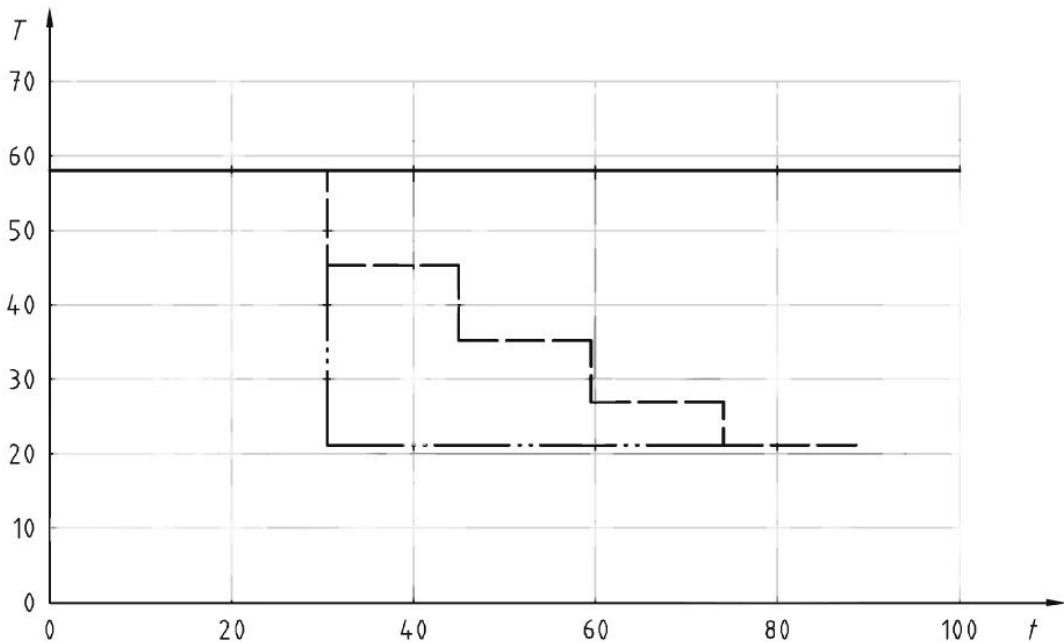
یادآوری- راه‌اندازی یک راکتور شاهد، بدون مواد آزمون همراه با راکتورهای آزمون به‌عنوان وسیله‌ای جهت کنترل پیشرفت فرآیند کمپوست سازی، می‌تواند مفید باشد.

۲-۷ اعمال برنامه دمایی

درب هر راکتور را ببندید، آن را وزن کرده و در محفظه دمایی مجهز به گردش هوا دردمای ثابت (۲±۵۸) درجه سلسیوس قرار دهید. در صورت تمایل، می‌توانید بعد از ۳۰ روز، دما را کاهش دهید. محدوده دمایی

مجاز بین دمای اتاق ۲۱ درجه سلسیوس و ۵۸ درجه سلسیوس می باشد. حداکثر زمان آزمون ۹۰ روز است. شکل ۱ نمونه های از تنظیمات دمایی ممکن را نشان می دهد. پس از ۲۸ روز، افزودن ۲۵ گرم کمپوست^۱ (یا ماده تلقیحی) به هر راکتور، به عنوان تلقیح مجدد مجاز است. پس از اضافه کردن کمپوست، محتویات را به آرامی مخلوط کنید. نوع کمپوست، باید در گزارش نهایی، قید گردد.

یادآوری- در دمای بین (۳۸-۴۰) درجه سلسیوس، فعالیت میکروبی روی مواد لیگنوسلولزی بالاتر است. بنابراین پیشنهاد می گردد در هنگام آزمون مواد لیگنوسلولزی، پس از گذشت ماه اول آزمون، دمای آزمون به این مقادیر تغییر یابد. دمای محفظه حرارتی، باید در کل زمان آزمون، ثبت شود. همچنین می توان از یک دماسنج با قابلیت نمایش بیشترین و کمترین مقدار دما (برای ثبت تغییرات دمای واقعی)، استفاده کرد. دما باید به طور متناوب، کنترل شود. آزمون پس از ۴۵ روز متوقف می شود.



راهنما

T دما بر حسب درجه سلسیوس؛

t زمان بر حسب روز؛

نمودار الف: —————

نمودار ب: - - - - -

نمودار پ: - . - . - .

یادآوری- در نمودار "الف"، دمای آزمون ۵۸ درجه سلسیوس است. در نمودار "ب" کاهش اختیاری دما در گستره (۲۱ تا ۵۸) درجه سلسیوس، بعد از یک ماه نشان داده می شود. در این نمودار بیشترین حد مجاز کاهش دما نشان داده شده است. نمودار "پ" نمونه ای از تغییرات پله ای دما در محدوده مجاز است.

شکل ۱ - نمونه ای از برنامه دمایی

۱- کمپوست می تواند کمپوست صنعتی مثل ورمی کمپوست یا خاک غنی شده باشد.

۳-۷ کنترل رطوبت

برای انجام فرآیند کمپوست سازی مناسب، رطوبت باید مرتباً کنترل شود. شرایط بهینه وقتی فراهم می‌شود که مواد تحت فرآیند کمپوست سازی، مرطوب باشند ولی آب به صورت آزاد وجود نداشته باشد. بدین معنی که نباید مواد به حد اشباع از نظر قابلیت جذب برسند.

یادآوری- کاربر می‌تواند، وجود این شرایط را با فشردن مواد کمپوست کنترل کند. توصیه می‌شود در اثر فشردن مواد، مقدار کمی آب از آن، تراوش کند.

۴-۷ اختلاط

مواد کمپوست باید به صورت دوره‌ای، مخلوط شوند. هوادهی و اختلاط نه تنها برای توزیع آب اضافه شده (مطابق بند ۳-۷)، بلکه برای هوا رسانی به مواد کمپوست نیز، اهمیت دارد. روشی برای هوادهی به مواد کمپوست و نگهداری مقدار آب کافی در جدول ۳ پیشنهاد شده است. وزن راکتور پر شده با مخلوط مواد را، در ابتدای فرآیند کمپوست سازی، اندازه‌گیری کنید. در فاصله‌های زمانی متناوب، راکتور را وزن کنید و در صورت نیاز با اضافه کردن آب به صورت کلی یا کم‌کم، مطابق با دستورالعمل جدول ۳ آن را به وزن اولیه برسانید.

جدول ۳- نمونه‌ای از فرآیند کمپوست سازی

نوع عملیات		روز اجرای عملیات
شروع آزمون		روز صفر
هم‌زدن کمپوست	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به وزن اولیه	۱،۲،۳،۴،۷،۹،۱۱،۱۴
	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به وزن اولیه	۸،۱۰،۱۶،۱۸،۲۱،۲۳،۲۵،۲۸
هم‌زدن کمپوست	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به ۸۰٪ وزن اولیه	۳۰
	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به ۸۰٪ وزن اولیه	از ۳۰ تا ۴۵ روز در هفته
هم‌زدن کمپوست	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به ۸۰٪ وزن اولیه	۴۵
	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به ۸۰٪ وزن اولیه	از ۴۵ تا ۶۰ روز در هفته
	کنترل وزن و افزودن آب تا رسیدن به ۷۰٪ وزن اولیه	از ۶۰ روز به بعد در هفته

۵-۷ پایش فرآیند کمپوست سازی

۱-۵-۷ بو

در طی فرآیند تهیه کمپوست، احتمال به مشام رسیدن بوی خاصی به صورت پیاپی وجود دارد. در دو یا سه روز اول، پسماند مصنوعی بوی اسیدی دارد که به تدریج کاهش یافته و به سمت بوی آمونیاک تغییر می‌یابد. این تغییر از روز پنجم تا دهم شروع شده و به مدت ده روز ادامه می‌یابد. پس از این زمان، بوی خاصی وجود

ندارد یا این که بویی شبیه بوی خاک به مشام می‌رسد. هرگونه تغییراتی را غیر از موارد بیان شده، گزارش کنید.

۷-۵-۲ pH

پیشرفت فرآیند را می‌توان به راحتی به وسیله کنترل pH مواد کمپوست با کاغذ نشانگر PH، دنبال کرد. نوارهای کاغذ pH با مقداری کمپوست مرطوب می‌شوند. در طی ۱۰ تا ۱۵ روز اولیه، pH باید از مقادیر اولیه اسیدی (حدود ۶) به سمت مقادیر قلیایی (حدود ۸ تا ۹) تغییر کند و در انتهای آزمون به حالت خنثی قلیایی (حدود ۷ تا ۸) برسد. هر گونه اختلاف احتمالی با این روند را در گزارش آزمون ثبت کنید.

۷-۵-۳ بازرسی ظاهری

شکل ظاهری مواد در حین دو هفته ابتدایی فرآیند تهیه کمپوست، تغییر می‌کند. در طی هفته اول، رشد ریشه‌های قارچ^۱ بر روی مواد کمپوست را می‌توان دید. رنگ پسماند مصنوعی که در شروع فرآیند به دلیل وجود مقدار زیاد خاک اره، زرد روشن است، در طی ۱۰ روز به قهوه‌ای می‌گراید. هرگونه اختلاف با این روند را در گزارش آزمون ثبت کنید.

۷-۶ تجزیه و تحلیل شیمیایی

۷-۶-۱ تعیین وزن خشک و مقدار مواد فرار

وزن خشک و مقدار مواد فرار را در نمونه‌ی پسماند مصنوعی استفاده‌شده در ابتدای فرآیند و در نمونه‌های کمپوست تهیه‌شده در فرآیند کمپوست‌سازی پس از الک (بند ۱۰) اندازه‌گیری کنید. وزن خشک نمونه، با خشک کردن مواد در محفظه‌ی حرارتی ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به دمای ثابت، به دست می‌آید. وزن خشک به صورت درصدی از وزن کل نمونه بیان می‌شود. برای به دست آوردن مقدار مواد فرار، نمونه‌ای را که برای اندازه‌گیری وزن خشک، در محفظه‌ی حرارتی ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شده است به مدت شش تا هشت ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس بسوزانید. سپس وزن آن را اندازه‌گیری کنید. سوزاندن و در پی آن وزن کردن تا رسیدن به وزن ثابت را، تکرار کنید. کاهش وزن ناشی از سوختن، مقدار مواد قابل تبخیر را در نمونه نشان می‌دهد که به صورت درصدی از وزن خشک نمونه بیان می‌شود.

۷-۶-۲ تعیین نسبت C/N و pH

در صورتی که فرآیند تهیه‌ی کمپوست، به طور صحیح انجام نشود (بوی مواد در حالت اسیدی باقی‌ماند، رنگ مواد به سمت قهوه‌ای نرود، افزایش pH به مقادیر قلیایی مشاهده نشود)، پیشنهاد می‌شود نسبت C/N و pH نمونه‌های پسماند مصنوعی و نمونه‌های کمپوست تهیه شده بعد از الک کردن، با استفاده از روش‌های آزمون

استاندارد، اندازه‌گیری شود. اگر pH اسیدی باشد و نسبت C/N کاهش پیدا نکرده باشد، فرآیند تهیه کمپوست به‌طور صحیح شروع نشده است برای اعتبار دهی به آزمون، به بند ۹ مراجعه کنید.

یادآوری- در این آزمون مقدار کل کربنی که برای محاسبه نسبت C/N مورد استفاده قرار می‌گیرد از طریق مقدار جامدات فرار تقسیم بر دو، تخمین زده می‌شود.

۷-۷ پایان آزمون

۱-۷-۷ الک کردن

کمپوست تهیه شده در هر راکتور را توسط الک دو میلی‌متری الک و مواد باقی‌مانده از بسته بندی بر روی الکرا که اندازه آن‌ها بزرگ‌تر از دو میلی‌متر بوده است، جمع‌آوری کنید. برای این منظور، باید از الک‌های استاندارد مطابق با استاندارد ملی شماره ۱-۵۰۰۲، استفاده کرد. ذرات یا قطعاتی که بر روی الک مانده‌اند و اندازه بزرگ‌تر از دو میلی‌متر دارند ولی از نظر رنگ، ساختار، ابعاد، رطوبت ظاهری و براقیت، تفاوتی با کمپوست الک شده ندارند، به‌عنوان کمپوست در نظر گرفته می‌شوند.

یادآوری- برای سهولت الک کردن روش زیر پیشنهاد می‌شود. ابتدا از الک پنج میلی‌متر استفاده کنید. جزئی که از الک عبور نکرده است را جمع‌آوری و بررسی کنید. کلوخ‌های کمپوست را به آرامی خرد کنید و توجه داشته باشید به‌مواد باقی مانده بسته بندی گیر افتاده در داخل کمپوست، آسیب نزنید. این ذرات را از الک پنج میلی‌متری عبور داده و به ذرات کوچکتر از پنج میلی‌متر اضافه کنید. مواد باقی‌مانده بر روی الک که بزرگ‌تر از پنج میلی‌متر هستند را جمع‌آوری و نگاه‌داری کنید. سپس کمپوست را با الک استاندارد دو میلی‌متری، غربال کنید و مراحل را که با الک پنج میلی‌متری انجام شد، تکرار کنید. دو بخش متفاوت بزرگ‌تر از پنج میلی‌متر و بزرگ‌تر از دو میلی‌متر در نهایت به یکدیگر اضافه می‌شوند.

۲-۷-۷ تمیز کردن، خشک کردن، وزن کردن

جز باقی مانده بزرگ‌تر از دو میلی‌متر را عاری از کمپوست کنید و در صورت امکان با غوطه‌وری در آب آن را بشویید و سپس آن را در محفظه حرارتی تا رسیدن به وزن ثابت، از طریق قرارگیری در دمای (105 ± 2) درجه سلسیوس خشک کنید (به بند ۶ مراجعه کنید)، وزن نهایی را ثبت کنید.

یادآوری- روش تمیز کردن و شستن مواد باقی‌مانده را با دقت بسیار زیاد انجام دهید تا از هر گونه از بین رفتن اتفاقی مواد مورد آزمون، اجتناب شود.

۸ بیان نتایج

۱-۸ محاسبات و میزان فروپاشی

کل مقدار مواد بسته بندی که بزرگتر از دو میلی‌متر هستند (مطابق بند ۷-۷)، به‌عنوان جز فروپاشی نشده‌ی پسماند و موادی که از الک عبور کرده‌اند به‌عنوان مواد فروپاشی شده در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین مقدار فروپاشی به صورت معادله زیر نشان داده می‌شود.

$$D = \frac{M_i - M_r}{M_i} \times 100$$

معادله (۱)

که در آن

D مقدار فروپاشی بر حسب درصد؛

M_i وزن خشک اولیه مواد مورد آزمون؛

M_r وزن باقیمانده خشک بزرگ تر از ۲ میلی متر (بند ۷-۷-۲) است.

میزان فروپاشی برای هر راکتور، به طور جداگانه محاسبه می شود.

۹ اعتبار سنجی آزمون

اگر در هر راکتور، درصد کاهش وزن بین پسماند مصنوعی اولیه و کمپوست به دست آمده در انتهای آزمون (R) بزرگتر یا مساوی ۳۰ درصد باشد، آزمون انجام شده، معتبر است. این کاهش وزن ناشی از تبدیل مواد آلی توسط ریز جاندارها است.

یادآوری - کاهش وزن به میزان حداقل ۳۰ درصد، معیار خوبی برای انجام فرآیند عادی تهیه کمپوست است.

برای محاسبه R از معادله زیر استفاده می شود:

$$R = \frac{(M_{SW} \times DM_{SW} \times VS_{SW}) - (M_C \times DM_C \times VS_C)}{(M_{SW} \times DM_{SW} \times VS_{SW})} \times 100 \geq 30\% \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن :

M_{SW} وزن اولیه پسماند مصنوعی مرطوب ورودی به راکتور؛

DM_{SW} درصد اولیه وزن خشک موجود در پسماند مصنوعی مرطوب؛

VS_{SW} درصد اولیه جامدات فرار موجود در پسماند مصنوعی؛

M_C وزن نهایی کمپوست مرطوب بدست آمده؛

DM_C درصد نهایی وزن خشک موجود در کمپوست به دست آمده؛

VS_C درصد نهایی جامدات فرار موجود در کمپوست به دست آمده.

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

۱-۱۰ ذکر نام و شماره استاندارد ملی ایران؛

۲-۱۰ نام و آدرس آزمایشگاه، نام و امضا فرد انجام دهنده آزمون؛

۳-۱۰ برنامه دمایی انتخاب شده (بند ۷-۲)

۴-۱۰ هرگونه اطلاعاتی که تعریف مناسب و مشخصات کافی از مواد، آزمون را ارائه دهد، به همراه توضیح

حالت فیزیکی آن ها، ضخامت یا وزن واحد سطح و ابعاد؛

- ۵-۱۰ توضیح در مورد پسماند مصنوعی، اجزا استفاده شده برای تهیه پسماند مصنوعی و مقدار آن‌ها، نسبت C/N در پسماند مصنوعی، وزن خشک به صورت درصدی از وزن تر نمونه پسماند و جزء فرار به صورت درصد وزن خشک نمونه، PH؛
- ۶-۱۰ هرگونه اطلاعات در مورد مواد تلقیحی استفاده شده در کمپوست مانند منبع، عمر، تاریخ جمع آوری، انبارش، سهولت دسترسی، پایدار سازی، مجموع جامد خشک، جامدات فرار، PH سوسپانسیون؛
- ۷-۱۰ توضیح در مورد تجهیزات: بیوراکتور و ابعاد آن، الک‌های استاندارد؛
- ۸-۱۰ برگه اطلاعات مربوط به هر راکتور شامل شماره راکتور، درصد کاهش کل اجزای فرار (R) مطابق با توضیحات بند ۸ و ۹؛
- ۹-۱۰ برگه اطلاعات مربوط به عملیات افزودن آب، و هم‌زدن مواد در هر راکتور، (روز، فعالیت انجام شده و مشاهدات، وزن راکتور، مقدار آب اضافه شده)؛
- ۱۰-۱۰ برگه اطلاعات هر راکتور حاوی اطلاعات مقدار اولیه مواد آزمون، مقدار بازیافت شده در انتهای آزمون، و میزان فروپاشی (میزان فروپاشی در این استاندارد میانگین نتایج حاصل از دو بار تکرار آزمون است).