



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۱۹۰

چاپ اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO  
17190

1st. Edition

Mar.2014

بسته بندی-آزمون های ارزیابی تجزیه مواد  
بسته بندی تحت شرایط معین کمپوست سازی

**Packaging-Evaluation of the disintegration  
of packaging materials in practical oriented  
tests under defined composting conditions**

**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 پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۴</sup> 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 استانداردهای 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 یکپارچه، 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 " بسته بندی-آزمون های ارزیابی تجزیه مواد بسته بندی تحت شرایط معین کمپوست سازی "

رئیس :

سمت یا نمایندگی

میرمحمد صادقی، گیتی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(دکترای مهندسی پلیمر)

دبیر

میری قلعه سری، سیده عظمت

اداره کل استاندارد مازندران

(فوق لیسانس مهندسی پزشکی)

اعضاء(اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسلامیان فخر، امیر

شرکت بهینه سامان آراین(بهسا)

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

بزرگی، علی

موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

بهبودی، ریحانه

سازمان مدیریت پسماند شهر تهران

(کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری)

جعفری، مریم

آزمایشگاه همکار سازمان استاندارد، بسپار فرایند پارس

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

دانشگاه صنعتی اصفهان

سیاف، مهسا

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فتحی، شیوا

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

اداره کل استاندارد مازندران

طبری نیا، فرزانه

(فوق لیسانس شیمی فیزیک)

سازمان مدیریت پسماند شهر تهران

مرادی کیا، سعید

(فوق لیسانس چوب و کاغذ)

سازمان ملی استاندارد

نادری، علیقلی

(لیسانس شیمی)

اداره کل استاندارد مازندران

نوحی لنگرودی، ساناز

(فوق لیسانس شیمی آلی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ت	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ح	پیش گفتار
۱	هدف و دامنه کاربرد ۱
۱	مراجع الزامی ۲
۲	اصطلاحات و تعاریف ۳
۳	اصول آزمون ۴
۴	وسایل ۵
۴	محیط کمپیوست سازی ۱-۵
۵	روش انجام آزمون ۶
۵	عملیات حین انکوباسیون ۱-۶
۱۰	تجزیه و تحلیل و کنترل فرایند ۲-۶
۱۲	محاسبات ۷
۱۳	اعتباردهی آزمون ۸
۱۳	گزارش آزمون ۹
۱۵	پیوست الف(اطلاعاتی)کتابنامه

استاندارد « بسته بندی-آزمون های ارزیابی تجزیه مواد بسته بندی تحت شرایط معین کمپوست سازی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده و در یکصد و سی و ششمین اجلاس کمیته ملی استاندارد بسته بندی مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است. اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

BS EN 14045:2003, Packaging-Evaluation of the disintegration of packaging materials in practical oriented tests under defined composting conditions.

بسته بندی-آزمون های ارزیابی تجزیه<sup>۱</sup> مواد بسته بندی تحت شرایط معین کمپوست سازی

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش هایی برای ارزیابی تجزیه مواد بسته بندی در آزمون کمپوست سازی هوازی، تحت شرایط معین است. روش های دیگری می تواند برای اندازه گیری زیست تخریب پذیری مواد بسته بندی به کار رود.

با اندازه گیری هایی نظیر تجزیه شیمیایی و آزمون های تعیین سمیت زیست محیطی بر روی کمپوست حاصل در انتهای فرایند کمپوست سازی، می توان اثر مواد بسته بندی را بر روی کیفیت کمپوست، مورد مطالعه قرار داد.

همچنین، این روش می تواند برای توصیف ظاهری و مستندسازی تصویری تجزیه مواد بسته بندی و ارزیابی اثر افزودن مواد بسته بندی روی فرایند کمپوست سازی به کار رود.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 EN 13193 2000 , Packaging – Packaging and the environment – Terminology.

2-2 ISO 3310-2, Test sieves – Technical requirements and testing – Part 2 : Test sieves of Perforated metal plate.

2-3 ISO 11261, Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.

2-4 ISO/DIS 14256-1, Soil quality - Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution - Part 1: Manual method.

2-5 ISO 11465, Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis Gravimetric method.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

رسیده شدن کمپوست<sup>۱</sup>

به مرحله پیشرفت تبدیل به کمپوست در فرایند کمپوست سازی (فرایند به طور کامل انجام شده است) اطلاق می‌شود.

۲-۳

مقدار کل ماده خشک<sup>۲</sup>

به مقدار جامد حاصل از جرم معینی از نمونه یا کمپوست و خشک کردن آن در دمای  $105^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به مقدار ثابت اطلاق می‌شود.

۳-۳

جامدات فرار<sup>۳</sup>

به مقدار جامد حاصل از تفاضل باقیمانده جرم مشخص آزمونه یا کمپوست بعد از سوزاندن در  $550^{\circ}\text{C}$ ، از کل ماده جامد مورد آزمون اطلاق می‌شود. مقدار جامدات فرار، بیانگر مقدار ماده آلی است.

۴-۳

نمونه

قسمتی از ماده بسته بندی مورد نظر که نماینده واقعی آن باشد.

۵-۳

مخلوط مورد آزمون

مخلوطی از کمپوست (پسماند زیستی) و نمونه که برای تجزیه مواد بسته بندی در فرایند کمپوست سازی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

---

1 - Maturity of compost  
2 - Total dry solid  
3 - Volatile solids



**یادآوری-** در این استاندارد، مخلوط مورد آزمون پس از مرحله کمپوست سازی، کمپوست نامیده شده است. اما از آنجا که ماده تلقیحی<sup>۱</sup> نیز از کمپوست تهیه شده است، کاربر باید دقت کافی در درک تفاوت کمپوست به عنوان ماده تلقیحی و کمپوست حاصل، به کار گیرد.

۳-۶

### ماده تلقیحی

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

### ۴ اصول آزمون

تحت شرایط معین کمپوست سازی در مقیاس آزمایشی، نمونه در غلظت دقیقی با پسماند زیستی مخلوط می شود (مخلوط مورد آزمون) و به مدت ۱۲ هفته در شرایط کمپوست سازی قرار داده می شود. بعد از آن، فرایند کمپوست سازی بیولوژیکی به طور خود به خودی آغاز می شود. جمعیت میکروبی طبیعی و موجود، فرایند کمپوست سازی را شروع می کند و افزایش دما به طور خود به خودی رخ خواهد داد. توده کمپوست به طور منظمی هم زده شده و مخلوط می گردد. به منظور اطمینان از فعالیت میکروبی مناسب و کافی، pH، مقدار رطوبت و مقدار گاز موجود در ماده کمپوست به طور منظمی پایش می شوند و باید الزامات خاصی را برآورده کنند. فرایند کمپوست سازی تا دستیابی به کمپوست تثبیت شده<sup>۲</sup> ادامه می یابد (بعد از ۱۲ هفته). در پایان چرخه کمپوست سازی، مخلوط مورد آزمون روی الک با قطر چشمه ۲ و ۱۰ میلی متر، الک می گردد. بعد از اجرای عملیات الک (بند ۱-۳-۲) و محاسبه موازنه جرمی، مقدار تجزیه ارزیابی می شود. در صورت امکان، جرم باقی مانده بر مبنای وزن ماده خشک و مرطوب محاسبه می گردد. کمپوست حاصل در انتهای فرایند کمپوست سازی می تواند برای اندازه گیری هایی نظیر تجزیه شیمیایی و آزمون های سمیت زیست محیطی به کار رود.

### ۵ وسایل

۱-۵ محیط کمپوست سازی

۱-۱-۵ کلیات

---

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.

محیط کمپوست سازی ممکن است یک ظرف بزرگ و مناسب کمپوست سازی در مقیاس نیمه صنعتی<sup>۱</sup>، یا توری قرار گرفته در یک ظرف کمپوست سازی در مقیاس نیمه صنعتی باشد (توری ها به شکل سبد هستند که درون ظرف قرار می گیرند).

حجم هر ظرف باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا فرایند خود گرم شدن طبیعی رخ دهد. هوادهی کافی باید به وسیله سیستم تهویه هوا فراهم گردد و توزیع هوا باید مناسب باشد.

**یادآوری ۱ -** برای استانداردسازی شرایط آزمون، کمپوست سازی می تواند در ظرف هایی انجام شود که این ظرف ها در یک محفظه دما و رطوبت<sup>۲</sup> با دمای محفظه ثابت یا عایق بندی شده، قرار داده شده اند.

اگر در فاز خود به خودی گرمادوست، دمای توده کمپوست به دمایی بالاتر از ۶۵ درجه سلسیوس برسد، تنوع گونه های میکروب کاهش می یابد. برای اینکه آرایه های میکروب های گرمادوست را به محیط برگردانید، این امکان وجود دارد که توده کمپوست را با کمپوست رسیده (یک درصد از جرم پسماند زیستی اولیه) از همان منشاء، که از تاریخ آن ۳ ماه نگذشته باشد، مجدداً تلقیح کنید. تلقیح مجدد می تواند بعد از اینکه پیک دما شروع شده است، انجام شود.

به علاوه، با تلقیح مجدد کمپوست رسیده (یک درصد از جرم پسماند زیستی اولیه) از همان منشاء، که از تاریخ آن ۳ ماه نگذشته باشد، بعد از دوره گرمادوستی در آزمون (به عبارت دیگر: در ابتدای دوره مزوفیل در آزمون به طور مثال ۴ یا ۶ هفته بعد)، امکان برگشت آرایه کاملی از میکروارگانیسم های مزوفیل (هوازی) نیز وجود دارد.

#### ۲-۱-۵ ظرف کمپوست سازی

##### ۱-۲-۱-۵ حجم و اتصالات

ظرف ها باید دارای حداقل حجم ۱۴۰ لیتر، از جنس ماده محکم و در برابر حرارت تا  $120^{\circ}\text{C}$  مقاوم باشد و زیست تخریب نبوده و هیچ تأثیری روی فرایند کمپوست و کیفیت آن نگذارند.

##### ۲-۲-۱-۵ سیستم زهکشی

یک سیستم زهکشی یا تخلیه (به طور مثال حالت ناودانی) باید در ساختار باشد به گونه ای که کمپوست سرریز نکند.

##### ۳-۱-۵ توری های نمونه

اگر توری مورد استفاده قرار می گیرد، باید ساختار شبه الک داشته باشد که قطر چشمه آن یک میلی متر و از جنس پلاستیک تجزیه ناپذیر باشد و تا دمای  $120^{\circ}\text{C}$  نیز مقاومت داشته باشد. حداقل حجم باید ۲۰ لیتر باشد.

##### ۲-۵ ابزار اندازه گیری دما

---

1- Pilot -scale  
2 - Climatic chamber

با گستره اندازه‌گیری  $1^{\circ}\text{C} \pm (100 - 0)^{\circ}\text{C}$

۳-۵ pH متر

۴-۵ دستگاه و لوازم برای تجزیه اکسیژن (به طور مثال گاز کروماتوگرافی)

۵-۵ الک‌هایی با قطر چشمه ۲mm و ۱۰ mm (مطابق استاندارد ISO 3310-2) و الک با قطر چشمه ۵۰ mm

## ۶ روش انجام آزمون

انجام آزمون شامل دو بخش است: عملیات حین انکوباسیون، تجزیه و کنترل فرایند

۱-۶ عملیات حین انکوباسیون

۱-۱-۶ شروع آزمون

۱-۱-۱-۶ آماده‌سازی پسماند زیستی

ماتریس حامل برای آزمون کمپوست سازی، شامل پسماند زیستی است. این نکته بسیار حائز اهمیت است که برای همه سری‌های آزمون، از پسماند زیستی همگن و یکنواخت، از یک منبع و دارای سن یکسان استفاده کنید. اندازه ذرات پسماند زیستی باید حداکثر ۵۰ میلی‌متر (که از طریق الک جدا شده‌اند یا به این ابعاد بریده شده‌اند) باشد. با توجه به نوع پسماند، مقدار ۱۰٪ تا ۶۰٪ پسماند زیستی، عوامل توده کننده (از اجزایی که از نظر ساختاری پایدار هستند، نظیر چپس چوب، پوست درخت و مشابه آن)، با اندازه ذرات بین ۱۰ تا ۵۰ میلی‌متر باید اضافه کنید.

به منظور اطمینان از یک فرایند کمپوست سازی خوب، پسماند زیستی باید معیارهای زیر را برآورده کند:

- نسبت کربن به نیتروژن (C/N) (پسماند زیستی تازه / مخلوط عوامل توده کننده) باید بین ۲۰ تا ۳۰ باشد.
- مقدار رطوبت باید بیش از ۵۰ درصد (وزنی) بوده و از مقدار ظرفیت نگهداری آب، بیشتر نباشد.
- مقدار جامدات فرار نباید بیش از ۵۰ درصد (وزنی) باشد.
- pH باید بالای ۵ باشد.

**یادآوری ۱** - مقداری از پسماند زیستی (که بیانگر نمونه واقعی از پسماند زیستی باشد) باید با آب دیونیزه شده به نسبت یک به پنج (1:5) (براساس وزن مرطوب) مخلوط و به مدت ۵ دقیقه اجازه نشست داده شود و سپس pH فاز مایع باید اندازه‌گیری شود.

**یادآوری ۲** - به منظور تصحیح نسبت C/N، می‌توان اوره اضافه کرد.

پسماند زیستی، از ماده ورودی یک کارخانه کمپوست (که منبع آن پسماند شهری آلی بوده و از مبدأ جداسازی شده است)، یا به طور مستقیم از فروشگاه‌ها و پسماند خانگی و ... به دست می‌آید. البته به طور انتخابی می‌توان از یک پسماند زیستی مصنوعی (خود کمپوست شده) استفاده کرد.

**یادآوری ۳** - به طور مثال می‌توان اجزاء زیر را برای این پسماند مصنوعی استفاده کرد:

- مخلوط تازه از پسماند سبزی و میوه

- غذای خرگوش (دانه‌ها و سبزیجات اکستروود شده خشک)

- کمپوست رسیده

- اوره (برای تنظیم نسبت C/N)

- آب اضافی برای تنظیم مقدار رطوبت

- عامل توده‌کننده (چیپس چوب و ...)

**یادآوری ۴** - پس از الک کردن (در الک با قطر چشمه ۵۰ میلی‌متر)، پسماند زیستی (مخصوصاً پسماند زیستی شهری) نباید شامل تکه‌هایی از بسته‌بندی‌ها یا اقلام دیگر مشابه به آن باشد، زیرا ممکن است روی نتایج آزمون نهایی برای تجزیه بسته‌بندی مورد آزمون تأثیر بگذارند.

#### ۶-۱-۱-۲ آماده‌سازی نمونه

**الف** - اگر هدف از آزمون، فقط اندازه‌گیری مقدار تجزیه شدن، فرایند کمپوست سازی و کیفیت کمپوست است:

نمونه باید در شکلی یکسان با همان شکل در استفاده نهایی (شکل بسته بندی به طور مثال از نظر شکل و ضخامت)، آزمون شود. ابعاد مواد بزرگ می‌توانند تا اندازه  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  کاهش داده شوند.

**یادآوری ۱** - ممکن است به طور انتخابی برای آسان تر نمودن تفکیک مجدد، عامل رنگ آمیزی (نظیر دی اکسید تیتانیوم یا تری اکسید آهن) به نمونه اضافه شود.

**یادآوری ۲** - قبل از شروع آزمون، نمونه می‌تواند با افزودن آب و مخلوط کردن، پیش رطوبت دهی شود. آب اضافی دوباره جدا می‌شود. جرم آب اضافه شده باید یادداشت شود.

**ب** - اگر هدف از آزمون، تولید کمپوست برای آزمون های سمیت زیست محیطی باشد:

برای آزمون های سمیت زیست محیطی و به علاوه آزمون بند الف، نمونه باید به شکل پودر بسیار ریز یا گرانول افزوده شود. شکل بسیار ریز، از خیلی توده شدن یا پرحجم شدن مخلوط مورد آزمون جلوگیری می‌کند.

**یادآوری** - توصیه می‌گردد که قطر ذرات پودر نمونه، کوچکتر از  $500\ \mu\text{m}$  باشد.

## ۳-۱-۱-۶ تعداد سری آزمون

آزمون حداقل باید شامل سری های زیر باشد:

الف- ۲سری برای پسماند زیستی کنترلی و ۲سری برای تجزیه نمونه و کمپوست (مخلوط مورد آزمون)؛

ب- ۲سری برای تجزیه نمونه و کمپوست (ب-۱؛ 1b1) و به طور انتخابی (ب-۲؛ 2b2) آزمون های سمیت زیست محیطی؛

پ- ۲سری جداگانه فقط برای آزمون های سمیت زیست محیطی (که در ب-۲ انتخابی بوده است)

**یادآوری** - از آنجا که برخی مواد به سبب شکل پودری یا گرانول آنها (۹٪) که ممکن است توده شوند ، بچسبند یا با نمونه به شکل مذاب همراه شوند (۱٪) (درصد افزودن نمونه مطابق بند ۶-۱-۱-۴) منجر به تداخل با فرایند تجزیه و نتایج خواهند شد و نمی توان همزمان آزمون سمیت و تجزیه را انجام داد. لذا باید ۲سری آزمون جداگانه برای سمیت زیست محیطی، اجرا شود.

## ۴-۱-۱-۶ نسبت مخلوط کردن پسماند زیستی و نمونه

هر سری از آزمون کمپوست سازی، باید با مقدار یکسانی از پسماند زیستی عمل آوری شود (حداقل ۶۰ کیلوگرم وزن مرطوب). به منظور دستیابی به مقادیر یکسان جرم در هر ظرف، افزودن نمونه به پسماند زیستی در ظرف آزمون باید با افزودن همان مقدار از پسماند زیستی در ظرف های کمپوست کنترل شاهد همراه باشد. مقدار آب هر ظرف را باید بعد از افزودن نمونه یا پسماند زیستی (به منظور برآورده کردن الزامات بند ۶-۱-۱-۱) تنظیم کنید. مقدار نمونه که باید اضافه کنید، مطابق زیر است:

الف- برای اندازه گیری مقدار تجزیه نمونه و کمپوست: ۱٪ وزن مرطوب پسماند زیستی، که شکلی یکسان با استفاده نهایی دارد (منظور از شکل در استفاده نهایی، شکل بسته بندی است به طور مثال از نظر شکل و ضخامت)؛

ب- برای اندازه گیری تجزیه نمونه، تجزیه کمپوست و آزمون های سمیت زیست محیطی در یک سری آزمون (همزمان): مقدار ۱٪ وزن مرطوب پسماند زیستی که شکلی یکسان با استفاده نهایی دارد، به علاوه مقدار ۹٪ وزن مرطوب پسماند زیستی، در شکل پودر یا گرانول؛

پ- برای آزمون سمیت زیست محیطی در سری آزمون های جداگانه، به طور اختیاری هر یک از دو حالت زیر می تواند باشد:

پ-۱ مقدار ۱٪ وزن مرطوب پسماند زیستی که شکلی یکسان با استفاده نهایی دارد، به علاوه مقدار ۹٪ وزن مرطوب پسماند زیستی، در شکل پودر یا گرانول؛

پ-۲ مقدار ۱۰٪ وزن مرطوب در شکل پودر یا گرانول.

#### ۶-۱-۱-۵ آماده سازی مخلوط مورد آزمون

پسماند زیستی مورد استفاده باید همگن و بیانگر نماینده واقعی از کمپوست تدارک شده به عنوان ماده تلقیحی باشد (به طور تصادفی برداشته شود).

هر سری آزمونی را باید به طور جداگانه آماده و ظرف را پر کنید (تهیه کنید). برای سری حاوی نمونه، پسماند زیستی و نمونه باید به دقت توزین و قبل از وارد کردن به ظرف کاملاً مخلوط کنید.

اگر توری در ظرفهای کمپوست به کار می رود، در هر سری پسماند زیستی را باید درون ظرف قرار دهید، وزن کنید و به طور مرتب با نمونه کاملاً مخلوط کنید (البته باید به نسبت بیان شده در بند ۶-۱-۱-۴ اضافه گردد). این توری ها که مخلوط مورد آزمون (مطابق بند ۳-۵) را نگه می دارند باید با نوار پلاستیکی تخریب ناپذیر و مقاوم در برابر گرما، گره زده شوند و به طور مناسب نشانه گذاری گردند.

#### ۶-۱-۲ هم زدن<sup>۱</sup>

به طور منظم، مخلوط مورد آزمون را هم بزنید تا پشته ای و دسته ای بودن آن، درهم شکسته شود و مجدداً با آب، میکروارگانیسم ها و زمینه، مخلوط گردد. عمل هم زدن را به طور هفتگی در طی ۴ هفته اول و بعد از آن، دو هفته یک بار تا انتهای آزمون، انجام دهید. اگر توری به کار رفت، توری ها باید باز شوند و محتوای آنها مخلوط گردد.

#### ۶-۱-۳ اختتام آزمون

#### ۶-۱-۳-۱ دوره

دوره انکوباسیون، ۱۲ هفته است.

۶-۱-۳-۲ در انتهای آزمون، کل کمپوست حاصل از هر سری آزمونی را، باید از میان یک الک با قطر چشمه ۱۰mm، الک کنید. مقدار اضافی روی الک، باید به دقت برای ذرات بزرگ نمونه (بسته بندی) جستجو شود (ذرات بزرگ باید شکسته شوند). مواد الک شده کوچکتر از ۱۰mm را، به وسیله الک های استاندارد به دو قسمت تقسیم کنید، اندازه ذرات ۲mm تا ۱۰mm و کوچکتر از ۲ میلی متر. ذرات یا تکه هایی از کمپوست که از نظر رنگ، ساختار، ابعاد، تری، روشنی/براقیت، از کمپوست متفاوت نیستند، به عنوان کمپوست در نظر گرفته می شوند.

اگر ظرف کمپوست استفاده شد، برای آزمون هر یک از این قسمت های کمپوست، باید از کلیه ظرف ها، مقداری از نمونه همگن (ترجیحاً کل مقدار ظرف و یا حداقل ۵۰٪) برای تجزیه و تفکیک جدا کنید. و اگر از توری در ظرف استفاده شد، برای آزمون، کل محتوی توری ها، باید الک شوند.

برای هر قسمت، کل نمونه (ماده بسته‌بندی) بیرون آورده شده، در الک با قطر چشمه ۲mm قرار گرفته و با دقت تمیز می‌شوند (در صورت امکان زیر شیر آب). ذرات نمونه (ماده بسته بندی) تمیز شده باید (در دمای ۱۰۵°C یا در دمای ۴۰°C برای نمونه با دمای ذوب کمتر از ۱۰۵°C، تا رسیدن به وزن ثابت) خشک شوند و به طور مرتب توزین و برای مواد آلی تجزیه شوند (جامدات فرار). نهایتاً، وزن خشک ثبت شده (بر حسب گرم) باید نسبت به وزن خشک (بر حسب گرم) نمونه (ماده بسته‌بندی) در ابتدای آزمون، بیان گردد.

طرح کلی الک کردن در جدول یک آورده شده است:

جدول یک - طرح کلی الک کردن

عملیات اجرایی	کمپوست در انتهای آزمون با مقیاس آزمایشی
ذرات بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر: تفکیک و تعیین جرم خشک نمونه	قسمت یا جزء الک شده بزرگتر از ۱۰ mm
$10 \text{ mm} < \text{اندازه ذرات} < 0$ به آرامی مخلوط می‌شود: قسمتی از کمپوست برای تجزیه شیمیایی طبق بند ۶-۲-۳-۱ جدا می‌شود. به طور انتخابی: آزمون سمیت زیست محیطی انجام می‌شود.	قسمت یا جزء الک شده کوچکتر از ۱۰ mm
$10 \text{ mm} < \text{اندازه ذرات} < 2 \text{ mm}$ تفکیک و تعیین جرم خشک نمونه	قسمت یا جزء الک شده بزرگتر از ۲ mm
استفاده برای تجزیه انتخابی	قسمت یا جزء الک شده کوچکتر از ۲ mm

**یادآوری** - احتمال خارج کردن نمونه (ماده بسته‌بندی) باقی‌مانده از جزء الک شده ۲mm تا ۱۰mm می‌تواند با تقسیم نمونه به توزیع باریک‌تر اندازه ذرات (به طور مثال ۲mm تا ۵mm، ۵mm تا ۱۰mm) آسان شود.

همچنین باید نمونه بزرگی از قسمت یا جزء الک شده کوچکتر از ۱۰mm، نیز برای تجزیه کیفی کمپوست و آزمون‌های سمیت زیست محیطی برداشته شود.

کل کمپوست باقیمانده (اگر ۵۰٪ باقی مانده باشد) از میان الک با قطر چشمه ۱۰mm، الک می‌شوند. این قسمت به آرامی مخلوط می‌شود و به دو قسمت تقسیم می‌گردد. یک قسمت برای جداسازی باقی‌مانده‌های اجزاء بزرگ‌تر از ۲mm و قسمت دیگر برای تجزیه شیمیایی (بند ۶-۲-۳-۱) به کار می‌رود.

همچنین اگر آزمون‌های سمیت زیست محیطی باید انجام شوند، قسمتی از کل کمپوست الک شده (کوچکتر از ۱۰mm)، برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۳-۳-۱-۶ مشاهده چشمی

اگر مخلوط مورد آزمون بعد از ۱۲ هفته کاملاً تجزیه نشده است، اکیداً توصیه می‌شود که مشاهده چشمی مطابق روش زیر انجام گردد.

معیارهای توصیف شده در زیر، در ابتدا و حین آزمون، مورد ارزیابی چشمی قرار می‌گیرند:

- توزیع اندازه ذرات از تکه‌های نمونه (ماده بسته‌بندی) باقی‌مانده باید تخمین زده شود؛
- نشانه‌های کلونی شدن میکروبی نمونه (ماده بسته‌بندی) (رشد باکتری، قارچی شدن) باید تصویربرداری و توصیف شود.

حداقل ۱۰ تکه از نمونه (بسته‌بندی مورد ارزیابی)، که در گستره تجزیه کم تا تخریب شدید قرار دارند (به منظور تهیه مجموعه جامع تری از همه مشاهدات پدیده تجزیه شدن) مورد بررسی قرار گیرند. ذرات انتخاب شده باید به دقت با آب تمیز شوند و با معیارهای زیر، ارزیابی می‌شوند.

- ضخامت و ثبات<sup>۱</sup> مواد

- رنگ پریدگی

- سایش ماده (سوراخ‌ها، تونل‌ها و ...) و علامت‌های تجزیه در یک قسمت (علایم مربوط به خوردگی منطقه ای)

- رویت آسان تجزیه شدن و ارزیابی

نتایج هر ارزیابی برای آزمون باید ثبت و تصویربرداری شود.

#### ۲-۶ تجزیه و تحلیل و کنترل فرایند

##### ۱-۲-۶ شروع آزمون

الف - پسماند زیستی

در شروع آزمون، پسماند زیستی و عامل توده‌کننده، باید به طور جداگانه، تجزیه و تحلیل شوند (به بند ۱-۶-۱-۱ مراجعه کنید).

درصد ترکیب پسماند (ترکیبی از پسماند باغی و آشپزخانه) را باید تعیین مشخصات و مستند کنید.

ب - نمونه

نمونه (ماده بسته‌بندی) را باید از نظر نوع ماده، نسبت حجم به سطح یا ضخامت، نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، مقدار رطوبت و جامدات فرار، گزارش کنید.

---

۱ - منظور از ثبات (Consistency)، یکنواختی و عدم تغییر سطح ظاهری است.





یک آزمون همگن از " جزء کوچکتر از ۱۰mm" برای اندازه گیری جرم ماده خشک، جامدات فرار، pH، NH<sub>4</sub>-N، NO<sub>x</sub>-N، Kj-N و اسیدهای چرب فرار (VFA)<sup>۱</sup> و میزان رسیده شدن کمپوست، باید تجزیه و تحلیل شود. نتایج این تجزیه و تحلیل ها برای توصیف کیفیت کمپوست تولیدشده به کار می رود. همچنین این قسمت همگن از آزمون می تواند برای آزمون سمیت زیست محیطی بکار رود.

**یادآوری** - ارزیابی رسیده شدن کمپوست براساس ماکزیمم دما (T<sub>max</sub>) انجام می شود:

$$\text{روت گرید }^2 \text{ (I): (پسماند زیستی تازه) } T_{\max} = 61^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$$

$$\text{روت گرید (II): } T_{\max} = 51^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{روت گرید (III): } T_{\max} = 41^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$$

$$\text{روت گرید (IV): (پسماند زیستی تازه) } T_{\max} = 31^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$$

$$\text{روت گرید (V): (کمپوست رسیده شده) } T_{\max} = 20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$$

روت گرید یا رسیده شدن، یک روش تجزیه ای است که از طریق اندازه گیری ظرفیت خودگرمایش کمپوست، کیفیت کمپوست را ارزیابی می کند. می توانید به کتاب های تجزیه کمپوست و مراجع مندرج در کتابنامه مراجعه نمایید).

## ۶-۲-۳-۲ آزمون

وزن خشک کل " قسمت بزرگتر از ۲ mm" باید تعیین شود.

## ۷ بیان نتایج و روش محاسبه

$$D = \frac{m_{(1)} \cdot R - m(2)}{m_{(1)} \cdot R} * 100 \quad \text{مقدار تجزیه آزمون (D) بر حسب درصد برابر است با}$$

که در آن  $m_{(1)}$ : وزن خشک نمونه (به بند ۶-۱-۱-۴ مراجعه کنید) که در ابتدا اضافه شد؛

$m(2)$ : وزن خشک بازیافت شده نمونه "قسمت بزرگتر از ۲ mm"؛

$$R = \frac{\text{وزن کمپوست الک شده}}{\text{وزن کل کمپوست}} \quad \text{و R: (وزنی/وزنی)}$$

**یادآوری** - تجزیه آزمون "براساس وزن خشک" بزرگتر از ۲ mm" باید براساس نتایج تجزیه و تحلیل و تعیین وزن قسمت های الک شده، محاسبه شود. درجه تجزیه، با افزودن وزن نمونه (ذرات بسته بندی) همه قسمت های انتخاب شده از طبقه بندی

### 1 - Volatile Fatty Acids

۲ - کلمه Rottegrad، برگرفته از دو کلمه Rot و grade است که بیانگر مراحل رسیده شدن کمپوست است. در مرحله V، کمپوست پایدار و رسیده به دست می آید.

اندازه ذرات (به بند ۱-۴-۱-۶ مراجعه کنید) و به دنبال آن محاسبه نسبت، بین مقدار نمونه (بسته بندی) بازیابی شده در انتهای آزمون و افزوده شده در ابتدای آزمون، مشخص می‌شود.

## ۸ اعتباردهی آزمون

اگر شرایط زیر برآورده شود، آزمون مورد تصدیق قرار می‌گیرد:

۱-۸ برای همه ظرف‌ها یا توری‌ها در ظرف‌های حاوی پسماند زیستی و مخلوطی از پسماند زیستی - نمونه، دما در حین کمپوست سازی کمتر از  $75^{\circ}\text{C}$  است.

۲-۸ برای همه توری‌ها در ظرف‌ها یا ظرف‌های کنترلی فقط با پسماند زیستی

۱-۲-۸ برای حداقل یک هفته، دما بالای  $60^{\circ}\text{C}$ ؛

۲-۲-۸ برای حداقل ۴ هفته، دما بالای  $40^{\circ}\text{C}$ ؛

۳-۲-۸ در انتهای آزمون، pH باید تا بالای هفت افزایش یابد اما در هر حالت، نباید حین آزمون، کمتر از پنج باشد.

۴-۲-۸ برای اطمینان از کامل شدن فرایند کمپوست سازی معمولی، این کمپوست از پسماند زیستی، فقط بعد از ۱۲ هفته رسیده شده است (رسیده شدن کمپوست) به طور مثال (مرحله IV - V) در بند ۲-۶-۳-۱، و مقدار اسیدهای چرب فرار (VFA) کمتر از  $500\text{ mg}$  بر کیلوگرم (وزن مرطوب) است.

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید در بردارنده اطلاعات زیر باشد:

۱-۹ محل آزمون

۲-۹ ارجاع به این استاندارد ملی

۳-۹ هر نوع اطلاعات ضروری برای شناسایی و توصیف نمونه نظیر مقدار جامدات خشک و فرار، مقدار کربن آلی، شکل و یا شرایط ظاهری

۴-۹ منبع پسماند زیستی و نتایج تجزیه شیمیایی در ابتدای انکوباسیون

۵-۹ توصیف دقیقی از تنظیمات و تجهیزات کمپوست سازی (ظرف‌ها، توری‌ها برای آزمون در مقیاس آزمایشی)

۶-۹ حجم سری‌های آزمون کمپوست سازی، مقدار پسماند زیستی و نمونه

- ۷-۹ نتایج به دست آمده برای تجزیه، مقدار باقی مانده نمونه و میزان تجزیه (بند ۷ را ببینید). بعد از کمپوست سازی و الک کردن
- ۸-۹ نتایج تعیین مشخصات فرایند کمپوست که بیانگر پروفایل دمایی، تجزیه pH و رطوبت، غلظت اکسیژن باشد
- ۹-۹ نتایج تجزیه کمپوست در انتهای چرخه کمپوست سازی
- ۱۰-۹ نتایج شواهد حسی کمپوست پسماند زیستی و نمونه حین و انتهای آزمون نظیر توسعه قارچ، ساختار، رنگ و بو، تصویربرداری (اختیاری)
- ۱۱-۹ دلایل عدم پذیرش نتیجه آزمون برای هر نمونه
- ۱۲-۹ نام آزمون کننده و امضاء
- ۱۳-۹ گزارش آزمون باید در بردارنده اطلاعاتی از قبیل تلقیح مجدد (۱-۵)، افزودن اوره (۱-۱-۱-۶) یا تغییر جریان هوا (۱-۲-۲-۶) باشد.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

### کتابنامه

• میرمحمدصادقی، گیتی، میری سیده عظمت، پلیمرهای قابل کمیپوست، 0-538-463-964-978،

چاپ اول، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۲، ۳۲۶

- ISO 10634:1995 Water quality -- Guidance for the preparation and treatment of poorly water-soluble organic compounds for the subsequent evaluation of their biodegradability in an aqueous medium
- ISO 11734:1995 Water quality - Evaluation of the ultimate anaerobic biodegradability of organic compounds in digested sludge - Method by measurement of the biogas production
- ISO 14851:1999 Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium -- Method by measuring the oxygen demand in a closed respirometer
- ISO 14852: Determination of ultimate aerobic diodegradability of plastic materials in and aqueous medium - Method by analysis of evolved carbon dioxide
- ISO 14855-1:2005 Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 1: General method
- PD CEN ISO/TR 15462:2009 Water quality. Selection of tests for biodegradability
- ISO 10390:2005 Soil quality -Determination of pH
- ISO 11261:1995
- Soil quality - Determination of total nitrogen -- Modified Kjeldahl method
- ISO 11465:1993 Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method
- ISO/TS 14256-1:2003 Soil quality - Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution -- Part 1: Manual method
- Method Book for the Analysis of Compost including:
  - Measurement of pH and moisture content;
  - Measurment of dry and volatile solids;
  - Measurment of compost maturity(Rottegrad).

Publisher: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Hauptstraße 305, 51143 Cologne((New Address))  
Afvalstoffenanalysen- Compendium. Publisher: OVAM, Kan.De deckerstraat 22-26, B-2800

Mechelen-Belgium, Determination of VFA (Bepaling van vluchtige organische zuren)

- <http://www.cias.wisc.edu/wp-content/uploads/2008/07/artofcompost.pdf>
- <http://www.agrowingculture.org/2011/08/humanure-part-iii-thermophillic-bacteria-composting-stages-the-sanitization-of-compost-joe-jenkins/>
- <http://www.epa.gov/compost/pubs/ca-index.pdf>
- <http://sarasota.ifas.ufl.edu/compost-info>
- <http://www.ctahr.hawaii.edu/huen/nvh/compost.pdf>
- <http://www.greencat.it/site/wp-content/uploads/2011/10/vin%C3%A7otte-analysis.pdf>