مقایسه انواع مختلف سیستم های تولید کمپوست و نحوه کارکرد آنها

مزدک رساپور
کارشناس ارشد مکانیزاسیون،
کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

همایون رضا مدنی شاهرودی
معاونت آموزش و پژوهش سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

سید مسعود کمالی
کارشناس ارشد مکانیزاسیون،
کارشناس فنی کارخانجات تراکتورسازی ایران

سیاوش عباسی
کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

چکیده:
تولید کمپوست از مواد زائد دارای سابقه طولانی می باشد. از دیر باز روش‌های متفاوتی برای تولید کمپوست استفاده شده است. تولید کمپوست از جز آلی پسماندهای شهری نیز یکی از روش‌های مناسب بازیافت مواد محسوب می شود که امروزه در اکثر کشورهای دنیا بخصوص کشورهایی که درصد مواد آلی پسماند در این کشورها بالاست، مورد توجه قرار گرفته است. کمپوست تولیدی از مواد زائد شهری به خاطر ترکیب اولیه مواد، نسبت به کمپوست تولیدی از سایر مواد نظیر مواد زائد کشاورزی و دامپروری دارای کیفیت پائین تری است لذا امروزه در اکثر کشورهای دنیا تحقیقات متعددی به منظور افزایش کیفیت محصول صورت می گیرد که از جمله این تحقیقات، بررسی سیستم‌های تولید کمپوست می باشد. در بررسی انجام گرفته سعی شده که اصول کاری انواع مختلف این سیستم ها مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان سیستم تولیدی مناسب را با توجه به امکانات و محدودیت ها انتخاب کرد. لازم به ذکر است که سیستم‌های تولیدی معرفی شده در این بررسی شامل آن دسته از سیستم هایی است که در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد.

واژگان کلیدی: کمپوست، هوادهی فعال، هوادهی غیر فعال، سیستم ویندرو

سیستم‌های تولید کمپوست و معیارهای ارزیابی آنها

در حالت کلی سیستم‌های تولید کمپوست به دو دسته محلی(on-site) و غیر محلی(off-site) تقسیم می‌شوند. سیستم‌های محلی آن دسته را شامل می‌شوند که مواد کمپوست شونده در محل تولید، تبدیل به کمپوست می‌شود. در این سیستم‌ها فرآیند تولید به شکل کاملا طبیعی و کنترل نشده انجام می‌گیرد. اما در سیستم‌های تولید غیر محلی مواد کمپوست شونده جمع‌آوری شده و به محلی از پیش تعیین شده منتقل می‌شوند. در این سیستم‌ها فرآیند تولید به شکل کنترل شده دنبال می‌شود.

سیستم تولید محلی

در این روش که کاربرد قدیمی نیز دارد از یک مخزن شیب‌دار کاملا آب‌بندی شده استفاده می‌گردد. شیب این مخزن به خاطر فراهم نمودن امکان حرکت مواد به داخل مخزن طراحی شده است. مواد زائد و فاضلاب خانگی مستقیما به داخل این مخزن منتقل می‌گردند. علاوه بر آن مواد زائد خانگی نیز برای افزایش نسبت $\frac{C}{N}$ ترکیب توسط یک سیستم مشخص به داخل مخزن هدایت می‌شود. هوادهی در این روش از طریق مجاریی که در ارتباط مستقیم با هوای آزاد محیط اطراف هستند انجام می‌شود. مدت زمان تولید کمپوست در این روش خیلی طولانی تر از روش‌های معمول و تجاری است که حتی در بعضی شرایط این مدت تا حدود ۴ سال ادامه پیدا می‌کند.

سیستم‌های تولید غیرمحلی

فرآیند تولید کمپوست هم به صورت هوازی و هم به صورت بی‌هوازی صورت می‌گیرد ولی سیستم‌های تولید غیر محلی کاملا به صورت هوازی انجام می‌شوند که علت آن کم کردن طول مدت زمان تجزیه بیولوژیکی مواد زائد جامد می‌باشد. تقسیم‌بندهای مختلفی در مورد سیستم‌های تولید غیر محلی وجود دارد که عبارتند از:

۱- روش برگرداندن توده

۲- روش هوادهی فعال

۳- روش هوادهی غیر فعال

۴- روش تولید کمپوست در رآکتور

در بعضی از منابع، هوادهی طبیعی را نیز جزء این تقسیم‌بندی قرار داده‌اند. روش هوادهی چینی که یکی از قدیمی‌ترین روش‌ها می‌باشد نیز از جمله روش‌های تولید کمپوست محسوب می شود.

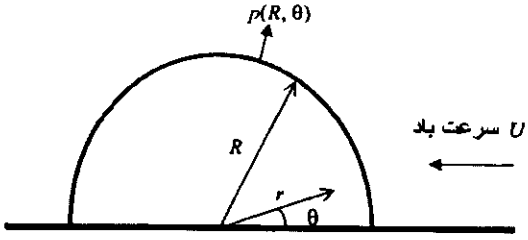
در طبقه بندی فوق سه گزینه اول به سیستم‌های غیر رآکتوری معروف هستند که در این روش تمامی فازهای تولیدی در محیط باز صورت می گیرد و برای تولید کمپوست با کیفیت مناسب در این روش نیاز به طراحی خاص توده به منظور هوادهی بهینه می باشد که در ادامه به اهم این موارد اشاره می شود. در ابتدای این بحث به سیستم‌های غیر رآکتوری و نحوه عملکرد آنها اشاره می شود.

روش هوادهی طبیعی

این روش، یکی از راحت‌ترین و ارزان ترین روش‌های هوادهی محسوب می‌شود که احتیاج به نصب تجهیزات از جمله لوله و سایر امکانات ندارد. هوادهی طبیعی به طور خیلی ساده‌ای از طریق همرفت و یا انتشار ایجاد می‌شود. میزان هوادهی در این روش به مشخصات فیزیکی مواد کمپوست شونده از جمله دانسیته و تخلخل و همچنین ابعاد توده تشکیل شده بستگی دارد. هر چه سطح توده در مقابل حجم آن بیشتر باشد هوادهی به طور مطلوب‌تری صورت می‌گیرد. هوادهی طبیعی در اثر تغییرات فشارایجاد می‌شود. این تغییرات به صورت یکنواخت نیست بنابراین تمام نقاط توده در معرض هوادهی یکنواخت قرار ندارد

مدل‌سازی جریان هوا در داخل توده

جریان هوا در داخل توده در دو بعد بررسی و فرض شده است که شکل هندسی توده به حالت نیم دایره باشد. چون تغییرات فشار ناچیز است می‌توان از تراکم پذیری هوا صرف نظر کرد. جریان هوا به داخل توده به خاطر اختلاف فشار محیط اطراف توده با خود توده می‌باشد، که این اختلاف فشار با توجه به رابطه زیر قابل محاسبه است:



[1-1]

$$2(P-P\infty)=\rho U^{2}(1-4\sin^{2}\theta)$$

که در فرمول فوق $P\infty$ فشار هوای محیط, U سرعت باد, P فشار سطح توده می‌باشد، ρ چگالی هوا و θ زاویه نشان داده شده در شکل می‌باشد.

با صرفنظر از تراکم پذیری هوا, معادله جریان هوا در داخل توده را می‌توان بر اساس معادله لاپلاس بیان کرد.

$$\frac{\partial^{2}\varphi}{\partial x^{2}}+\frac{\partial^{2}\varphi}{\partial z^{2}}=0$$

در معادله فوق φ بیان کننده پتانسیل سرعت در شرایط طبیعی است. با توجه به شرایط مرزی که در رابطه شماره [۱- ۱] بیان شده است معادله شماره [۲- ۱] به صورت زیر حل می‌شود.

[۱ -۲]

$$\varphi(r,\theta)=\frac{R^{2}-r^{2}}{2\pi}\int_{0}^{2\pi}\frac{\varphi(R,v)}{R^{2}+r^{2}-2r\cos(\theta-v)}dv$$

که در رابطه فوق $\varphi(R,v)$ با توجه به شرایط مرزی رابطه [۱- ۱] بدست می‌آید.

روش برگرداندن توده

این روش یکی از قدیمی‌ترین روش‌های شناخته شده در تولید کمپوست می‌باشد. در این روش توده‌های تشکیل شده معمولا بین ۱ تا ۳/۵ متر ارتفاع دارند، عرض آنها متغیر و بین ۱/۵ تا ۶ متر است که عامل محدود کننده در افزایش عرض پشته ماشین‌آلات مخصوص به منظور

برگردانـدن توده می‌باشـد. طول توده نیـز در این روش به طور دلخواه و بسـته به میزان مواد زائد و مساحت زمین در دسـترس برای تولید کمپوست می‌باشـد. اما اندازه مناسب تـوده برای این روش در حـدود ۱۲ متر طول، ۳ متر عرض و ۱/۵ متر ارتفاع اسـت. دما می‌تواند در مرکز توده به حدود ۵۶ درجه سـانتیگراد برسد. دو جنبه مهم در ساخت توده در این روش عبارتند از:

۱- ترکیـب مـواد گوناگون موجـود که بـرای تولید کمپوست استفاده می‌شود.

۲- شکل دادن مناسب به توده.

اگـر از مـواد گوناگونی برای سـاخت توده کمپوسـت اسـتفاده می‌شود باید این مواد به خوبی باهم مخلوط گردند که این ترکیب برای توازن نسبت کربن به نیتروژن و پخش یکنواخت رطوبت در کل توده مناسـب اسـت، همچنین به هدایت یکنواخت اکسـیژن در تـوده بخصوص در توده‌های بسـیار بزرگ کمک شـایانی می‌کند. همانطور که بیان شد توده در این روش می‌تواند ابعاد متفاوتی داشـته باشـد ولی در کل باید ابعاد به نحوی طراحی شـود که اکسـیژن بتواند بـه تمام نقاط راه پیدا کند. علاوه بر این دمای توده در یک محدوده قابل قبول حفظ شـود. اگر توده خیلی بزرگ باشد اکسیژن به خوبی نمی‌تواند به مرکز نفوذ پیدا کند و برعکس اگر خیلی کوچک باشد گرم شدن توده مشکل خواهد شد.

حتی اندازه توده تحت تاثیر فصول کاری نیز می‌باشـد. مثـلا در روش‌های تجاری در فصـل پاییز ارتفاع توده را در حدود ۲/۵ متر و در فصل زمسـتان ایـن ارتفاع را در حدود ۳/۳ متـر در نظـر می‌گیرند هدف کلـی از برگرداندن توده در ایـن روش فراهـم کردن اکسـیژن لازم بـرای فعالیت میکروارگانیسـم‌ها و همچنین ترکیب مواد می‌باشد در این روش نسبت به روش چینی تجزیه سریعتر صورت می‌پذیرد. نـرخ هوادهی به تخلخل توده بسـتگی دارد. توده‌ای که از مواد پفکی شـکل ساخته می‌شود می‌تواند بزرگتر از توده‌ای که با مواد متراکم سـاخته شـده باشـد. در توده‌های خیلی بزرگ و متراکم نقاط بی‌هوازی در داخل توده ایجاد می‌شوند که در هنگام برگرداندن تـوده منجر به تولید بوی نامطبوع در محیـط اطراف مـی گردند. در اثر تجزیـه بیولوژیکی از درصد تخلخل داخل توده کاسته می‌شود که برگرداندن توده معمولا به افزایش تخلخل کمک می کند.همچنین در زمان برگرداندن توده حرارت ذخیره شده در داخل توده تا حدودی آزاد می‌گردد و این عمل علاوه بر تبخیر آب منجر به تصاعد گازها از جمله گاز آمونیاک می‌گردد.

در زمان برگرداندن توده باید به دو نکته مهم توجه شود اول اینکه موادی که روی سـطح توده قـرار دارند در زمان برگرداندن در وسـط توده قرار گیرند که تجزیه این مواد نیز سریعتر صورت پذیرد و دوم اینکه توده برگردانده شده کاملا حالت پفکی به خود بگیرد. برگرداندن توده باید زمانی انجام پذیـرد که دمـای توده یا بالاتر از ۵۰ درجه سـانتیگراد و یا پایین‌تر از ۳۲ درجه است.

برگرداندن توده توسط تراکتور و یا ماشین آلات مخصوص برگردان انجام می‌گیرد. فواصل زمانی برگرداندن توده با توجه به ارتفاع توده ،کیفیت مواد زائد و مرحله زمانی تولید کمپوست می‌باشـد. در این روش معمولا شیرابه از توده به بیرون جاری می‌شود بنابراین محل تولید کمپوست در این روش باید طوری طراحی گردد که با اسـتفاده از زه‌کشی شیرابه‌های خارج شده به محل مخصوص هدایت شوند، چون جاری شدن شیرابه‌ها و نفوذ آنها به آبهای زیرزمینی منجر به مشکلات عمده زیست محیطی می‌گردد. در بعضی شـرایط برای جلوگیری از تبخیر بیش از اندازه رطوبت از یک پوشش مخصوص بر روی توده کمپوست استفاده می‌شود. این پوشش علاوه بر این در کاهش تولید شیرابه نیز موثر است.

در بعضی شـرایط ایـن روش به صـورت ترکیبی انجام می‌شـود. یعنی در مرکز توده به صورت طولی از یک مجرای هوادهی برای ایجاد هوادهی طبیعی استفاده می‌کنند. در چنین شرایطی می‌توان عرض توده را به طور موثری افزایش داد.

اثرات فرکانس‌های برگرداندن توده

مطالعات مختلف نشـان می دهـد که افزایش فرکانس برگردانـدن توده باعث کاهش درصد نیتـروژن، مواد آلی و بذور علف هرز و همچنین مدت زمان لازم برای رسـیدگی کمپوست می گردد. کاهش درصد نیتروژن در تعدد برگرداندن توده ناشـی از این واقعیت است که برگرداندن بیش از اندازه توده باعث تصاعد سریعتر گاز آمونیاک از توده خواهد شد ولی از طـرف دیگر برگرداندن توده در فواصل زمانی کمتر باعث از بیـن رفتن و غیر فعال شـدن بذرهای علف هرز می‌گردد زیرا بذرهـای علف هرز در معرض دماهای ترموفیلیک قرار می گیرند. تعدد برگرداندن تـوده باعث کاهش اندازه ذرات و یکنواخت و همگن شـدن توده می گردد و در این شرایط تثبیت توده تسـهیل خواهد شـد ولی باید به این نکته توجه داشـت که تعـدد برگرداندن تـوده به طور چشـمگیری در رسیدگی توده تاثیرگذار نیست زیرا این فرآیند نیاز به گذشت زمان دارد، حتی در سیستم های رآکتوری که امکان مدیریت خیلی مناسب تری روی پارامترهای رطوبت و هوادهی وجود دارد باز هم در نهایت مدت زمانی برای رسـیدگی کمپوست بعد از خروج از رآکتور لازم اسـت. فواصل زمانی برگرداندن توده با توجه به ارتفاع توده ،کیفیت مواد زائد و مرحله زمانی تولید کمپوست می‌باشد. در این روش معمولا شیرابه از توده به بیرون جاری می‌شـود بنابراین محل تولید کمپوسـت در این روش باید طوری طراحی گردد که با استفاده از زه‌کشی شـیرابه‌های خارج شـده به محل مخصوص هدایت شوند، چون جاری شدن شـیرابه‌ها و نفوذ آنها به آبهای زیرزمینی منجر به مشـکلات عمده زیست محیطی می‌گردد. مطالب بیان شده را می توان در جدول زیر خلاصه کرد.

	درصد نیتروژن کل	درصد ماده آلی	رسیدگی	فعالیت بذرهای علف هرز
فرکانس بالای برگرداندن	کمتر	کمتر	بیشتر	کمتر
فرکانس پایین برگرداندن	بیشتر	بیشتر	کمتر	بیشتر

تاثیر استفاده از ماشین آلات مختلف بر کیفیت کمپوست

مقایسـه میان نتایج حاصـل از دو روش برگرداندن توده اولی با اسـتفاده از ماشـین آلات مخصوص (همزن توده) و دیگـری با اسـتفاده از بیل لودر بـا روش هوادهی غیر فعال نشـان می دهد که کمپوسـت تولیدی در روش هوادهی غیر فعال دارای درصد بالاتری نیتروژن و مواد آلی به خاطر تلفات کمتر نسـبت به دو روش برگرداندن توده می باشـد که دلیل ایـن امر هوادهی کمتر و به تبـع آن کاهش تجزیه ترکیبات آلی بوده است. همچنین میزان تمرکز نیتروژن و مواد آلی در روش برگرداندن بوسـیله بیل مکانیکی کمتر از ماشین آلات مخصوص بوده است که عامل اصلی آن مخلوط شدن خاک بستر در زمان برگرداندن توده می باشد که این عامل به شدت بر کیفیت کمپوست تولیدی تاثیر گذار است.

تاثیر بستر زیرین بر کیفیت کمپوست

بسـتر زیرین توده نیز یکـی از عوامل مهم مدیریتی به منظور تولید کمپوسـت است. بسـتر توده کمپوست ممکن اسـت که خاک تسطیح نشده باشـد و یا اینکه سطح زیرین آن شن و یا بتن باشـد، تحقیقات نشان داده کمپوستی که در بستر آماده نشده تولید می گردد نسبت به بسترهای آماده نظیر بتن میزان تمرکز نیتروژن و ماده آلی کمتری دارد زیرا در زمان کار ماشـین آلات خصوصـا لودرها خاک زیرین به سـهولت با کمپوسـت مخلوط می گردد و از کیفیت آن به شـدت می‌کاهد. میزان درصد پتاسـیم و همچنین pH در بسترهای آماده نشده کمتر است.

هوادهی غیرفعال

روش هوادهی غیر فعال برای اولین بار در سال ۱۹۷۸ میلادی طرح گردید. در این روش از یکسری لوله‌های سوراخ‌دار به منظور انجام هوادهی از طریق جریان همرفتی استفاده می‌شود. جریان هوا از طریق همرفتی به خاطر اختلاف دمای بین هوای داخل و خارج توده می‌باشد. در این روش هوادهی مناسب تحت تاثیر طراحی مناسب لوله‌های هوادهی می‌باشد. این لوله‌ها باید جریان مناسبی از هوا را فراهم نمایند و دارای کمترین میزان افتهای اصطکاکی ناشی از اختلاف فشار پایین که حاصل از نیروهای بایانسی است باشند.

نیروهای ویسکوز که در داخل لوله‌های هوادهی بوجود می‌آیند به خاطر اختلاف فشار می‌باشند که به شدت وابسته به سرعت هوا و اندازه لوله‌ها هستند. عدد گراشوف (Gr) بیان کننده نسبت نیروی بایانسی به نیروی ویسکوز می‌باشد که از آن برای ارتباط بین دمای توده کمپوست و جریان هوای همرفتی استفاده می‌شود. این عدد بیان کننده حجم هوای عبوری از یک سطح مقطع در داخل توده می‌باشد. این عدد با تغییرات سرعت هوا در توده کمپوست و همچنین خصوصیات فیزیکی توده کمپوست تغییر می‌کند.

[۱-۳]

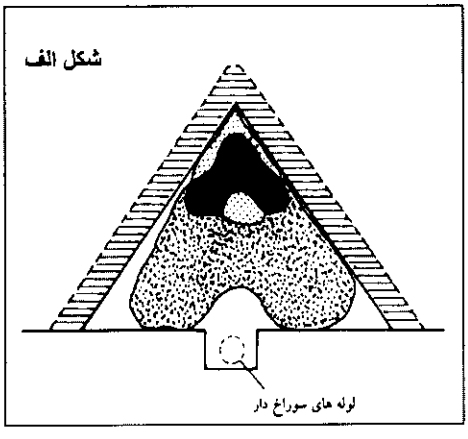
$$Gr = \frac{hA\varepsilon\rho^2 g(Tw-Ta)}{((Tw+Ta)/2)/\mu^2}$$

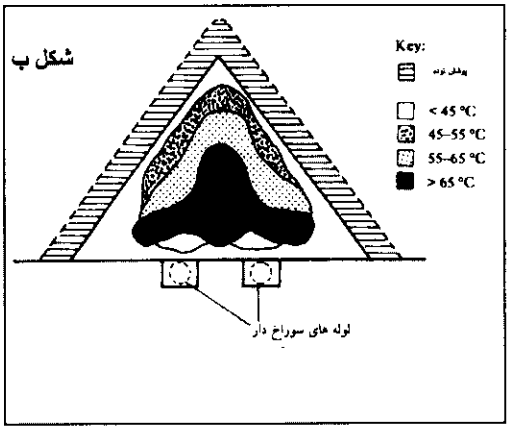
در فرمول فوق Gr عدد گراشوف و بی بعد است، h ارتفاع توده، A مساحت سطح مقطع توده، ε درصد تخلخل توده کمپوست، ρ چگالی هوا در دمای محیط بر حسب kg/m^3، g شتاب جاذبه بر حسب m/s^2 و Tw و Ta به ترتیب دمای هوای داخل توده کمپوست و هوای محیط بر حسب درجه کلوین می‌باشند. μ نیز ویسکوزیه هوای محیط بر حسب $kg\,m^{-1}/s^{-1}$ می‌باشد. این روش به خصوص در مواردی که تلفات ازت خیلی بالا است کاربرد دارد.

هوادهی فعال

یکی از پربارترین روش‌های تولید کمپوست که در آن با اطمینان می‌توان از ایجاد دماهای ترمودینامیک و غیرفعال شدن موثر پاتوژن‌ها صحبت نمود روش هوادهی توده ثابت است این روش که اولین بار توسط اپستین و همکاران در سال ۱۹۷۶ میلادی معرفی شد. در این روش از لوله‌های سوراخ‌دار برای جاسازی در توده‌ها استفاده می‌شود. اندازه مناسب برای توده در این روش در حدود ۱۲ متر طول، ۶ متر عرض و ۲/۵ متر ارتفاع می باشد. لوله‌های داخل توده به یک دمنده و یا مکنده متصل هستند که یا هوا را به داخل توده می‌دمند و یا هوا را از داخل توده می‌مکند. میزان و نرخ هوادهی باید از قبل مشخص شود. در این روش برای جلوگیری از گسترش بوی نامطبوع، روی توده کمپوست شونده با کمپوست آماده شده از قبل پوشانده

شکل(۱-۱) توزیع دمایی در هوادهی دمشی(الف) و مکشی(ب)





می‌شود. کمپوست آماده در این حالت به عنوان یک بیوفیلتر عمل می‌کند. افزایش سریع دما تا حدود ۶۰ الی ۸۰ درجه سانتیگراد پس از ۳ تا ۵ روز در این روش حاصل می‌شود که این محدوده دمایی می‌تواند تا مدت زمان ۱۰ روز در توده حفظ شود.

توزیع غیر یکنواخت دما یکی از معضلات روش توده ثابت می‌باشد که این غیریکنواختی دما ممکن است باعث شود که پاتوژن ها در لایه‌های فوقانی بصورت کامل غیرفعال نشوند. با این وجود کاهش رضایت بخش پاتوژن ها در این روش حاصل می‌شود.

این سیستم اساسا تحت تاثیر دماهای پایین محیط نمی‌باشد و نیازی به برگرداندن توده نیست و به نیروی کارگری کمتر نیاز دارد. کیفیت کمپوست حاصل از این روش بسیار مطلوب می‌باشد. استفاده از کاغذ و یا برگ درختان که از مواد سلولزی هستند و دیر تجزیه می‌شوند کمک شایانی به حرکت هوا در داخل توده در این روش می‌کنند. در این روش معمولا از یک ترموکوپل به منظور کنترل نرخ هوادهی توده استفاده می‌شود. زیرا هوادهی بیش از اندازه موجب سرد شدن توده و همچنین تلفات زیاد ازت می‌گردد و پایین بودن دما نیز باعث ناپایداری حرارتی در داخل توده می‌شود.

سیستم تولید کمپوست راکتوری (in-vessel)

همانگونه که از نام این سیستم پیداست تولید کمپوست در داخل مخازن مشخص و در دو فاز کاملا متمایز صورت می‌گیرد که یکی مرحله تجزیه با نرخ بالا و دیگری مرحله تکمیل است. مرحله اول همواره در داخل راکتور تکمیل می‌شود ولی مرحله دوم ممکن است داخل راکتور و یا خارج از آن صورت پذیرد. شاید دقیقا نتوان این دو مرحله را از هم تشخیص داد ولی با توجه به ویژگی‌های خاص مرحله اول از جمله دمای بالای توده، پتانسیل تولید، نرخ تجزیه بالا و همچنین نرخ جذب اکسیژن بالا بتوان تا حدودی این مرحله را از مرحله دوم تمیز داد. راکتورتولید کمپوست ممکن است به حالت عمودی و یا افقی باشد. در نوع عمودی ارتفاع راکتور معمولا در حدود ۴ متر است. مواد زائد معمولا از بالای راکتور به داخل آن ریخته می‌شود از یک وسیله پخش کننده مواد نیز در بالای راکتور استفاده می‌شود که مواد را به حالت یکنواخت به قسمت پایین راکتور هدایت نماید. هوادهی توسط مجاری و تحت فشار مشخص صورت می‌گیرد. هوادهی در جهت خلاف مسیر حرکت مواد در داخل راکتور صورت می‌گیرد. ارتفاع زیاد راکتور موجب ایجاد مشکل در کنترل فرآیند می شود. زیرا در این حالت نرخ‌های هوادهی بالاتری لازم است. برای کنترل بهتر دمای داخل محفظه بعضی کارخانجات مسیر حرکت هوا را از حالت عمودی به حالت افقی تغییر داده‌اند. راکتور عمودی برای تیمار و تولید کمپوست از فاضلاب کارخانجات مناسب است. خصوصا زمانی که فاضلاب با سایر مواد حجم دهنده مخلوط و ترکیب شود ولی این نوع کمتر در مورد مواد زائد ناهمگن از جمله زباله‌های شهری کاربرد دارد.

نوع افقی دارای طرح‌های مختلفی است. مثلا ممکن است به حالت استاتیکی و یا دینامیکی طراحی شود. در نوع دینامیکی مواد علاوه بر هوادهی دائما هم زده می‌شوند. در این نوع در مقایسه با راکتور نوع عمودی کنترل بهتری روی دما و رطوبت وجود دارد زیرا هوادهی در نوع افقی به علت تماس بیشتر هوا با مواد زائد بهتر صورت می‌گیرد. سیستم دینامیکی بیشتر در سیستم‌های پیوسته کاربرد دارد ولی نوع استاتیکی بیشتر در سیستم‌های حجمی کاربرد دارد.

در سیستم راکتوری کنترل بهتری روی دما و بوی نامطبوع صورت می‌گیرد بنابراین به خصوص در فاز فعال تولید کمپوست استفاده از این سیستم بسیار موثر است. می‌توان کمپوست تولیدی را برای تکمیل شدن آن به بیرون راکتور منتقل نمود و از یکی از روش‌های برگرداندن، فعال و یا غیرفعال برای تکمیل نمودن کمپوست استفاده نمود. راکتور نوع دینامیکی به خاطر اینکه مواد را دائما هم می‌زند حالت یکنواخت تری به مواد زائد می‌دهد بنابراین خیلی بهتر برای ضایعات شهری که بیشتر از مواد ناهمگن تشکیل شده‌اند قابل استفاده و کاربرد می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نوع ضایعات باید در طراحی سیستم تولیدی برای کمپوست تغییراتی را ایجاد نمود، نوع مواد مصرفی، چگونگی جداسازی مواد، کنترل فرآیند در طول مدت زمان تولید کمپوست، وسایل و امکانات بر روی کیفیت محصول نهایی موثر است. میان معیارهای ارزیابی متعددی که برای ارزیابی سیستم تولیدی کمپوست وجود دارد سه مورد از این معیارهای ارزیابی برای تولید کمپوست از مواد زائد شهری قابل بررسی و تامل هستند. ۱- کیفیت مواد تولیدی، ۲- درصد مواد پس زده شده از سیستم، ۳- نرخ بازیافت مواد.

کیفیت کمپوست در واقع مربوط به نوع عملکرد سیستم در مدت زمان تولید و همچنین میزان و درصد مواد مختلف در توده کمپوست می‌باشد. درصد مواد پس زده شده مربوط به موادی می‌شود که غیرقابل تبدیل به کمپوست هستند و باید دفن شوند که این مواد روی کیفیت محصول نهایی تاثیرگذار هستند.

منابع

۱- رسا‌پور، مزدک.۱۳۸۵.بررسی اثرات هوادهی بر روند فعالیت تولید کمپوست در روش هوادهی توده ثابت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز. گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی.

۲- کمالی، مسعود.۱۳۸۵. بازیافت مواد زاید با استفاده از تکنولوژی Composting : مقایسه فرآیند تولید کمپوست به سه روش بیومکانیکال، ویندرو و طبیعی. پایاننامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی.

3- Bari, Q.H., and Koenig, A. 2001. Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste. Resources Conservation & Recycling. 33: 93-111.

4- Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M., and Knight, W. 2003. Compost convective air flow under passive aeration. Bioresource Technology. 86: 259-266.

5- Bilitewski, B., Hardtle, G., Marek, K., Weissbach, A., and Boeddicker, H. 1997. Waste Management. Springer. pp. 218.

6- Kuleu, R. and Yaldiz, O. 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. Bioresource technology. 93: 49-57.

7- Polprasert, C. 1996. Organic waste recycling. John Wiley and sons. Second edition. pp. 69-102.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی