

مقایسه انواع مختلف سیستم های تولید کمپوست و نحوه کارکرد آنها

مزدک رساپور^۱، همایون رضا مدنی شاهرودی^۲، سید مسعود کمالی^۳، سیاوش عباسی^۴

چکیده

تولید کمپوست از مواد زائد دارای سابقه طولانی می باشد. از دیر باز روش های متفاوتی برای تولید کمپوست استفاده شده است. تولید کمپوست از جز آلی پسماند های شهری نیز یکی از روش های 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 سیستم های 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 سیستم های 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

۱- کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

۲- معاونت آموزش و پژوهش سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

۳- کارشناس فنی کارخانجات تراکتورسازی ایران

۴ - کارشناس سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران

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 کاملاً 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 کاملاً آببندی شده استفاده می‌گردد. شیب این مخزن بخاطر فراهم نمودن امکان حرکت مواد به داخل مخزن طراحی شده است. مواد زائد و فاضلاب خانگی مستقیماً 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 مجاری که در ارتباط مستقیم با هوای آزاد محیط اطراف هستند، انجام می‌شود. مدت زمان تولید کمپوست در این روش خیلی طولانی‌تر از روش‌های معمول و تجاری است که حتی در بعضی شرایط این مدت تا حدود ۴ سال ادامه پیدا می‌کند.

سیستم‌های تولید غیر محلی

فرآیند تولید کمپوست هم به صورت هوازی و هم به صورت بی‌هوازی صورت می‌گیرد ولی سیستم‌های تولید غیر محلی کاملاً به صورت هوازی انجام می‌شوند که علت آن کم کردن طول مدت زمان تجزیه بیولوژیکی مواد زائد جامد می‌باشد. تقسیم‌بندی‌های 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 می‌شود.

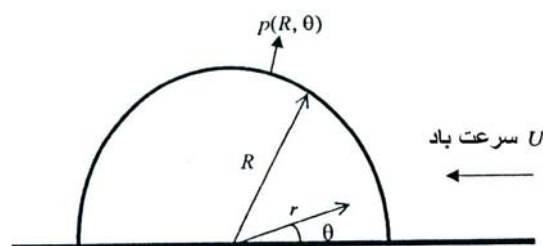
در طبقه بندی فوق سه گزینه اول به سیستم های غیر رآکتوری معروف هستند که در این روش تمامی فازهای تولیدی در محیط باز صورت می گیرد و برای تولید کمپوست با کیفیت مناسب در این روش نیاز به طراحی خاص توده به منظور هوادهی بهینه می باشد که در ادامه به اهم این موارد اشاره می شود. در ابتدای این بحث به سیستم های غیر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

روش هوادهی طبیعی

این روش، یکی از راحت ترین و ارزان ترین روش های هوادهی محسوب می شود که احتیاج به نصب تجهیزات از جمله لوله و سایر امکانات ندارد. هوادهی طبیعی به طور خیلی ساده ای از طریق همرفت و یا انتشار ایجاد می شود. 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 مطلوب تری صورت می گیرد. هوادهی طبیعی در اثر تغییرات فشار ایجاد می شود. این تغییرات به صورت یکنواخت نیست بنابراین تمام نقاط توده در معرض هوادهی یکنواخت قرار ندارد.

مدل سازی جریان هوا در داخل توده

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



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

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

با صرف نظر 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 [۱-۲] به صورت زیر حل می‌شود.

$$[1-2] \quad \varphi(r, \theta) = \frac{R^2 - r^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\varphi(R, v)}{R^2 + r^2 - 2r \cos(\theta - v)} dv$$

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 معمولاً 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 برگرداندن توده می‌باشد. طول توده نیز در این روش بطور دلخواه و بسته به میزان مواد زائد و مساحت زمین در دسترس برای تولید کمپوست می‌باشد. اما اندازه مناسب توده برای این روش در حدود ۱۲ متر طول، ۳ متر عرض و ۱/۵ متر ارتفاع است. دما می‌تواند در مرکز توده به حدود ۶۵ درجه سانتیگراد برسد. دو جنبه مهم در ساخت توده در این روش عبارتند از:

۱- ترکیب مواد گوناگون موجود که برای تولید کمپوست استفاده می‌شود

۲- شکل دادن مناسب به توده

اگر از مواد گوناگونی برای ساخت توده کمپوست استفاده 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 مناسب است، همچنین به هدایت یکنواخت اکسیژن در توده بخصوص در توده‌های بسیار بزرگ کمک شایانی می‌کند. همانطور که بیان شد توده در این روش می‌تواند ابعاد متفاوتی داشته باشد ولی در کل باید ابعاد به نحوی طراحی شود که اکسیژن بتواند به تمام نقاط راه پیدا کند. علاوه بر این دمای توده در یک محدوده قابل قبول حفظ شود. اگر توده خیلی بزرگ باشد اکسیژن بخوبی 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 می باشد. مثلا در روش های تجاری در فصل پاییز ارتفاع توده را در حدود ۲/۵ متر و در فصل زمستان این ارتفاع را در حدود ۳/۳ متر در نظر می گیرند. هدف کلی از برگرداندن توده در این روش فراهم کردن اکسیژن لازم برای فعالیت میکرو ارگانیسم ها و همچنین ترکیب مواد می باشد. در این روش نسبت به روش چینی تجزیه سریعتر صورت می پذیرد. نرخ هوادهی به تخلخل توده بستگی دارد. توده ای که از مواد پفکی شکل ساخته می شود می تواند بزرگتر از توده ای باشد که با مواد متراکم ساخته شده است. در توده های خیلی بزرگ و متراکم نقاط بی هوازی در داخل توده ایجاد می شوند که در هنگام برگرداندن توده منجر به تولید بوی نامطبوع در محیط اطراف می گردند. در اثر تجزیه بیولوژیکی از درصد تخلخل داخل توده کاسته می شود که برگرداندن توده معمولا به افزایش تخلخل کمک می کند. همچنین در زمان برگرداندن توده حرارت ذخیره شده در داخل توده تا حدودی آزاد می گردد و این عمل علاوه بر تبخیر آب منجر به تصاعد گازها از جمله گاز آمونیاک می گردد.

در زمان برگرداندن توده باید به دو نکته مهم توجه شود اول اینکه موادی که روی سطح توده قرار دارند در زمان برگرداندن در وسط 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 پذیرد که دمای توده یا بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد و یا پایین تر از ۳۲ درجه است.

برگرداندن توده توسط تراکتور و یا ماشین آلات مخصوص برگردان انجام می گیرد. فواصل زمانی برگرداندن توده با توجه به ارتفاع توده، کیفیت مواد زائد و مرحله زمانی تولید کمپوست می باشد. در این روش معمولا شیرابه از توده به بیرون جاری می شود. بنابراین محل تولید کمپوست در این روش باید طوری طراحی گردد که با استفاده از زه کشی شیرابه های خارج شده به محل مخصوص هدایت شوند، چون جاری شدن شیرابه ها و نفوذ آنها به آبهای زیرزمینی منجر به مشکلات عمده زیست- محیطی می گردد. در بعضی شرایط برای جلوگیری از تبخیر بیش از اندازه رطوبت از یک پوشش مخصوص بر روی توده کمپوست استفاده می شود. این پوشش علاوه بر این در کاهش تولید شیرابه نیز موثر است.

در بعضی شرایط این روش به صورت ترکیبی انجام می شود. یعنی در مرکز توده به صورت طولی از یک مجرای هوادهی برای ایجاد هوادهی طبیعی استفاده می کنند. در چنین شرایطی می توان عرض توده را بطور موثری افزایش داد.

اثرات فرکانس های برگرداندن توده

مطالعات مختلف نشان می دهد که افزایش فرکانس برگرداندن توده باعث کاهش درصد نیتروژن، مواد آلی و بذرهایی علف هرز و همچنین مدت زمان لازم برای رسیدگی کمپوست می گردد. کاهش درصد نیتروژن در تعدد برگرداندن توده

ناشی از این واقعیت است که برگرداندن بیش از اندازه توده باعث تصاعد سریعتر گاز آمونیاک از توده خواهد شد، ولی از طرف دیگر برگرداندن توده در فواصل زمانی کمتر باعث از بین رفتن و غیر فعال شدن بذره‌های علف هرز می‌گردد زیرا بذره‌های علف هرز در معرض دماهای ترموفیلیک قرار می‌گیرند. تعدد برگرداندن توده باعث کاهش اندازه ذرات و یکنواخت و همگن شدن توده می‌گردد و در این شرایط تثبیت توده تسهیل خواهد شد ولی باید به این نکته توجه داشت که تعدد برگرداندن توده به طور چشمگیری در رسیدگی توده تاثیرگذار نیست، زیرا این فرآیند نیاز به گذشت زمان دارد، حتی در سیستم های راکتوری که امکان مدیریت خیلی مناسب تری روی پارامترهای رطوبت و هوادهی وجود دارد باز هم در نهایت مدت زمانی برای رسیدگی کمپوست بعد از خروج از راکتور لازم است. فواصل زمانی برگرداندن توده با توجه به ارتفاع توده، کیفیت مواد زائد و مراحل زمانی تولید کمپوست می‌باشد. در این روش معمولا شیرابه از توده به بیرون جاری می‌شود بنابراین محل تولید کمپوست در این روش باید طوری طراحی گردد که با استفاده 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. مطالب بیان شده را می‌توان در جدول زیر خلاصه کرد.

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

تاثیر استفاده از ماشین آلات مختلف بر کیفیت کمپوست

مقایسه میان نتایج حاصل از دو روش برگرداندن توده اولی با استفاده از ماشین آلات مخصوص (همزن توده) و دیگری با استفاده از بیل لودر با روش هوادهی غیر فعال نشان می‌دهد که کمپوست تولیدی در روش هوادهی غیر فعال دارای درصد بالاتری نیتروژن و مواد آلی به خاطر تلفات کمتر نسبت به دو روش برگرداندن توده می‌باشد که دلیل این امر هوادهی کمتر و به تبع آن کاهش تجزیه ترکیبات آلی بوده است. همچنین میزان تمرکز نیتروژن و مواد آلی در روش

برگرداندن بوسیله 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

بستر زیرین توده نیز یکی از عوامل مهم مدیریتی به منظور تولید کمپوست است. بستر توده کمپوست ممکن است که خاک تسطیح نشده باشد و یا اینکه سطح زیرین آن شن و یا بتن باشد، 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 ماشین آلات خصوصا لودرها خاک زیرین به سهولت با کمپوست مخلوط می گردد و از کیفیت آن به شدت می کاهد. میزان درصد پتاسیم 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 لوله های سوراخ دار به منظور انجام هوادهی از طریق جریان همرفتی استفاده می شود. جریان هوا از طریق همرفتی به خاطر اختلاف دمای بین هوای داخل و خارج توده می باشد. در این روش هوادهی مناسب تحت تاثیر طراحی مناسب لوله های هوادهی می باشد. این لوله ها باید جریان مناسبی از هوا را فراهم نمایند و دارای کمترین میزان افت های اصطکاکی ناشی از اختلاف فشار پایین که حاصل از نیروهای بایانسی است، باشند.

نیروهای ویسکوز که در داخل لوله های هوادهی بوجود می آیند به خاطر اختلاف فشار می باشند که به شدت وابسته به سرعت هوا و اندازه لوله ها هستند. عدد گراشوف (Gr) بیان کننده نسبت نیروی بایانسی به نیروی ویسکوز می باشد که از آن برای ارتباط بین دمای توده کمپوست و جریان هوای همرفتی استفاده می شود. این عدد بیان کننده حجم هوای عبوری از یک سطح مقطع در داخل توده می باشد. این عدد با تغییرات سرعت هوا در توده کمپوست و همچنین خصوصیات فیزیکی توده کمپوست تغییر می کند.

$$Gr = \frac{hA\varepsilon\rho^2g(Tw - Ta)}{((Tw + Ta)/2)\mu^2} \quad [1-3]$$

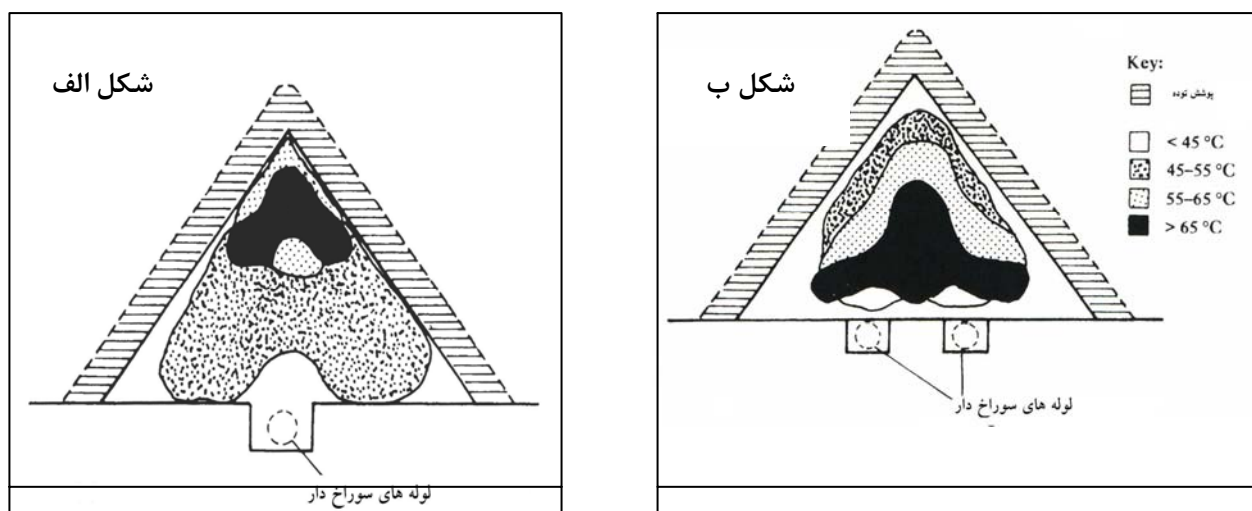
در فرمول فوق Gr عدد گراشوف و μ ویسکوزیته است، h ارتفاع توده، A مساحت سطح مقطع توده، ε درصد تخلخل توده کمپوست، ρ چگالی هوا در دمای محیط بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ ، g شتاب جاذبه بر حسب $\frac{m}{s^2}$ ، Tw و Ta به ترتیب دمای

هوای داخل توده کمپوست و هوای محیط بر حسب درجه کلون می‌باشند. μ نیز ویسکوزیته هوای محیط بر حسب $\frac{kg\ m^{-1}}{s^{-1}}$ می‌باشد. این روش به خصوص در مواردی که تلفات ازت خیلی بالا است کاربرد دارد.

هوادهی فعال

یکی از پربارترین روش های 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 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 می‌باشد. 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 می‌مکنند. 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 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.

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



توزیع غیر یکنواخت دما یکی از معضلات روش توده ثابت می باشد که این غیریکنواختی دما ممکن است باعث شود که پاتوژنها در لایه های فوقانی بصورت کامل غیرفعال نشوند. با این وجود کاهش رضایت بخش پاتوژنها در این روش حاصل می شود.

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

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 می گیرد که یکی مرحله تجزیه با نرخ بالا و دیگری مرحله تکمیل است. مرحله اول همواره در داخل راکتور تکمیل می شود 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 ویژگی های 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 می شود از یک وسیله پخش کننده مواد نیز در بالای راکتور استفاده می شود که مواد را به حالت یکنواخت به قسمت پایین راکتور هدایت نماید. هوادهی توسط مجاری و تحت فشار مشخص صورت می گیرد. هوادهی در جهت خلاف مسیر حرکت مواد در داخل راکتور صورت می گیرد. ارتفاع زیاد راکتور موجب ایجاد مشکل در کنترل فرآیند می شود. زیرا در این حالت نرخ های هوادهی بالاتری لازم است. برای کنترل بهتر دمای داخل محفظه بعضی کارخانجات مسیر حرکت هوا را از حالت عمودی به حالت افقی تغییر داده اند. 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 زباله های شهری کاربرد دارد.

نوع افقی دارای طرح های مختلفی است. مثلا ممکن است به حالت استاتیکی و یا دینامیکی طراحی شود. در نوع دینامیکی مواد علاوه بر هوادهی دائما هم زده می شوند. 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 می گیرد. سیستم دینامیکی بیشتر در سیستم های پیوسته کاربرد دارد ولی نوع استاتیکی بیشتر در سیستم های حجمی کاربرد دارد. در سیستم راکتوری کنترل بهتری روی دما و بوی نامطبوع صورت می گیرد بنابراین به خصوص در فاز فعال تولید کمپوست استفاده از این سیستم بسیار موثر است. می توان کمپوست تولیدی را برای تکمیل شدن آن به بیرون راکتور منتقل نمود و از یکی از روش های برگرداندن، فعال و یا غیرفعال برای تکمیل نمودن کمپوست استفاده نمود. راکتور نوع دینامیکی به خاطر اینکه مواد را دائماً هم می زند حالت یکنواخت تری به مواد زائد می دهد بنابراین خیلی بهتر برای ضایعات شهری که بیشتر از مواد ناهمگن تشکیل شده اند قابل استفاده و کاربرد می باشد.

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 می باشد. درصد مواد پس زده شده مربوط به موادی می شود 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. پایان نامه 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- Kulcu, 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.