



پردازش زیستی پسماندهای جامد

مؤلفان

سانیل کومار و همکاران

مترجمان

دکتر مینا ترابی فرد

«عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی»

دکتر فاطمه رضویان

«عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی»

دکتر بهنوش خوش منش زاده خشکناز

«عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی»

دکتر سیدرضا میرعلیزاده فرد

«عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور»

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتابخوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

1. <https://farsi.khamenei.ir/message-content?id=2696>

شده است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده اند.

دانشگاه پیام نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه جا و همه وقت، به عنوان دانشگاهی کتاب محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره گیری از تجربه های گرانقدر استادان و صاحب نظران برجسته کشورمان، کتاب ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می رسانند، سپاسگزاری می نمایم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام نور را منزلگاه اندیشه سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام نور

فهرست مطالب

پیشگفتار سیزده

فصل اول. تعریف تصفیه زیستی پسماند جامد..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۱

۲-۱ سلسله مراتب پسماندهای جامد..... ۲

۳-۱ معیارهای ارزیابی جهت گیری و پردازش تصفیه پسماندهای جامد..... ۳

۴-۱ امکان سنجی فنی و اجتماعی در تصفیه پسماندهای جامد..... ۳

۵-۱ امکان سنجی هزینه و قابلیت تصفیه زیستی پسماندهای جامد..... ۵

۶-۱ سازگاری با طرح ماکروسکوپی متمرکز و غیرمتمرکز..... ۷

۷-۱ پیشینه تحقیقاتی پردازش زیستی پسماندهای جامد..... ۸

۸-۱ توسعه اقتصادی و فنی پردازش پسماندهای جامد..... ۹

۹-۱ جمع آوری، جداسازی پسماندهای جامد در پردازش زیستی..... ۱۱

۱۰-۱ بازار بین المللی پردازش زیستی پسماند جامد..... ۱۲

۱۱-۱ ملاحظات سیاسی برای قابلیت مانور پروژه..... ۱۴

۱۲-۱ نتیجه گیری..... ۱۴

منابع..... ۱۵

فصل دوم. پردازش سه آر در انواع مختلف مدیریت پسماندهای جامد..... ۲۱

۱-۲ مقدمه..... ۲۱

۱-۱-۲ پسماند و مدیریت پسماند..... ۲۱

۲-۲ بازیافت..... ۲۲

۱-۲-۲ مواد بازیافت..... ۲۳

۲-۲-۲ بازیافت پسماندهای مصرف کننده ها..... ۲۵

۲۷	۳-۲-۲ باز یافت پسماندهای صنعتی.....
۲۷	۴-۲-۲ باز یافت پسماند الکترونیکی.....
۲۹	۵-۲-۲ کدهای باز یافت.....
۳۱	۳-۲ استفاده مجدد.....
۳۲	۱-۳-۲ الگو برداری از طبیعت: باز پردازش زیستی در مدیریت پسماند.....
۳۲	۲-۳-۲ فرایند کمپوست کردن.....
۳۲	۲-۳-۲-۱ فرایند کمپوست کردن.....
۳۵	۳-۳-۲ هضم بی هوازی.....
۳۶	۴-۳-۲ سلول سوختی میکروبی.....
۳۸	۵-۳-۲ خشک کردن زیستی.....
۳۹	۴-۲ باز یافت انرژی.....
۴۱	۵-۲ تجزیه حرارتی.....
۴۲	۶-۲ باز یافت منابع.....
۴۳	۷-۲ نتیجه گیری.....
۴۴	منابع.....

فصل سوم: باز یافت انرژی مدرن از دفن پسماند قابل تجدید یا پوشش های زیستی سایت های دفن

۴۹	پسماند.....
۴۹	۱-۳ مقدمه.....
۵۰	۲-۳ اهمیت سایت دفن پسماند.....
۵۰	۳-۳ مدیریت دفن پسماند.....
۵۱	۴-۳ تاریخچه حفاری سایت دفن پسماند.....
۵۴	۵-۳ نوع سایت دفن پسماند.....
۵۴	۶-۳ انواع محل دفن پسماند جامد شهری.....
۵۶	۷-۳ سایت دفن پسماند تجدید پذیر.....
۵۷	۸-۳ راننده سایت دفن پسماند تجدید پذیر.....
۵۸	۹-۳ فرایند تثبیت آر ال.....
۶۰	۱۰-۳ مفاهیم استخراج سایت دفن پسماند در محل و خارج از محل.....
۶۰	۱۱-۳ روش استخراج فیزیکی.....
۶۲	۱۲-۳ روند حفاری.....
۶۳	۱۳-۳ جداسازی.....
۶۵	۱۴-۳ سایت دفن پسماند هوازی.....
۶۷	۱۵-۳ باز یافت منابع از مواد خوب مانند خاک.....
۶۸	۱۶-۳ باز یافت مواد شبه خاک.....
۶۹	۱۷-۳ باز یافت منابع از مواد شبه خاک.....
۶۹	۱-۱۷-۳ کاربرد به عنوان ماده پوششی برای سایر سایت های دفن پسماند.....

۷۰	۲-۱۷-۳ کاربرد در اصلاح خاک / تهویه خاک
۷۰	۳-۱۷-۳ کاربرد در تصفیه فاضلاب
۷۰	۴-۱۷-۳ کاربرد در کشاورزی
۷۰	۱۸-۳ نتیجه‌گیری
۷۱	منابع

۷۷	فصل چهارم. کمپوست و مزایای محیط‌زیستی بازیافت منابع
۷۷	۱-۴ مقدمه
۷۸	۲-۴ توسعه فرمولاسیون مخلوط‌های کمپوست
۷۸	۱-۲-۴ اجزای مخلوط کمپوست
۸۰	۱-۱-۲-۴ افزودنی‌های معدنی
۸۱	۲-۱-۲-۴ عوامل شیمیایی
۸۲	۳-۱-۲-۴ تلقیح میکروبی
۸۲	۳-۴ شرایط بحرانی در نظارت و تنظیم پارامترها
۸۳	۱-۳-۴ دما
۸۴	۲-۳-۴ میزان رطوبت
۸۴	۳-۳-۴ نسبت کربن به نیتروژن
۸۵	۴-۴ تجزیه و تحلیل مواد خام و کمپوست
۸۶	۵-۴ مدل‌سازی ریاضی فرایند کمپوست پسماند جامد
۸۷	۶-۴ روش‌های کمپوست و هزینه‌های اجرایی
۸۸	۱-۶-۴ کمپوست به روش بادگیر
۹۰	۲-۶-۴ کمپوست استاتیک هوادهی شده
۹۱	۳-۶-۴ سیستم راکتور
۹۱	۱-۳-۶-۴ راکتور کمپوست سیلو
۹۱	۲-۳-۶-۴ راکتور کمپوست طبلی
۹۱	۳-۳-۶-۴ راکتور کمپوست مخزن هم‌زن
۹۲	۴-۳-۶-۴ راکتور کمپوست بستر همزن
۹۲	۴-۶-۴ هزینه‌های عملیاتی
۹۲	۷-۴ کیفیت و استفاده از محصول نهایی کمپوست
۹۴	۸-۴ عوامل بیماری‌زا و ملاحظات محیط‌زیستی
۹۶	۹-۴ مروری بر عملکرد کمپوست
۹۷	۱۰-۴ ملاحظات اقتصادی
۹۸	۱۱-۴ نیاز به تحقیقات مهم و آموزش پیشرفته
۹۸	۱۲-۴ روندهای فعلی و آینده کمپوست
۱۰۰	۱-۱۲-۴ فرایند کمپوست پیشرفته
۱۰۰	۲-۱۲-۴ کمپوست تجاری ترکیب شده با کمپوست در مزرعه

۱۰۱	۳-۱۲-۴ انرژی بازیافت شده از فرایندهای کمپوست
۱۰۲	۱۳-۴ نتیجه گیری
۱۰۲	منابع
۱۱۱	فصل پنجم. هضم بی هوازی مدرن و مکانیسم بازیافت انرژی از پسماند آلی جامد
۱۱۱	۱-۵ مقدمه
۱۱۱	۲-۵ مفهوم توسعه هضم بی هوازی
۱۱۳	۳-۵ پتانسیل تولید و بازیافت بیوگاز
۱۱۴	۴-۵ صنایع با استفاده از هضم کننده های بی هوازی
۱۱۶	۵-۵ موانع فعلی گسترش هضم بی هوازی
۱۱۷	۶-۵ تکامل استفاده از میکروارگانیسم ها و میکروب ها برای هضم بی هوازی
۱۱۹	۷-۵ مدل سازی ساختار میکروبی در هضم بی هوازی
۱۲۰	۸-۵ مدل سازی جنبشی و تکامل تأثیر هم افزایی در طول هضم بی هوازی
۱۲۱	۱-۸-۵ مدل های جنبشی اولیه
۱۲۳	۲-۸-۵ مدل هضم بی هوازی شماره ۱
۱۲۳	۳-۸-۵ مدل های آماری
۱۲۴	۴-۸-۵ مدل های CFD
۱۲۴	۵-۸-۵ سایر مدل های الگوریتمی
۱۲۵	۹-۵ نتیجه گیری
۱۲۵	منابع
۱۳۱	فصل ششم. انتشار گازهای گلخانه ای از طریق پردازش زیستی پسماندهای جامد و پتانسیل گرمایش جهانی آنها
۱۳۱	۱-۶ مقدمه
۱۳۲	۲-۶ روش شناسی انتشار بیوژنیک از منابع انتخاب شده
۱۳۲	۱-۲-۶ سایت دفن پسماند
۱۳۳	۲-۲-۶ عملیات کمپوست
۱۳۵	۳-۲-۶ تخریب بی هوازی
۱۳۶	۴-۲-۶ تخمیر پسماندهای جامد
۱۳۷	۵-۲-۶ واحدهای تصفیه زمین
۱۳۸	۳-۶ تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه ای از تصفیه های مختلف بیوژنیک
۱۴۱	۴-۶ کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در طی پردازش زیستی پسماندهای جامد
۱۴۸	۵-۶ نتیجه گیری
۱۴۹	منابع
۱۵۳	فصل هفتم. خشک کردن زیستی پسماند جامد
۱۵۳	۱-۷ مقدمه

۱۵۴	۲-۷ سناریوی مدیریت پسماند.....
۱۵۴	۱-۲-۷ خشک کردن زیستی.....
۱۵۴	۱-۲-۷ خشک کردن زیستی ام بی تی.....
۱۵۵	۲-۲-۷ ضرورت اتوماسیون.....
۱۵۷	۳-۷ خشک کردن زیستی.....
۱۵۷	۱-۳-۷ فرایند عملیاتی خشک کردن زیستی پسماند جامد.....
۱۵۸	۲-۳-۷ پویایی راکتور.....
۱۵۹	۴-۷ خشک کردن زیستی و دسته‌بندی اندازه پسماند جامد با محتوای آب زیاد برای بهبود انرژی.....
۱۶۲	۱-۴-۷ تأثیر اندازه ذرات بر خشک شدن.....
۱۶۵	۵-۷ مدل جنبشی برای خشک کردن زیستی پسماند جامد.....
۱۶۶	۱-۵-۷ رویکرد مدل‌سازی استقرایی.....
۱۶۶	۲-۵-۷ رویکرد مدل‌سازی قیاسی.....
۱۶۷	۳-۵-۷ مدل‌سازی جنبشی برای خشک کردن.....
۱۶۹	۶-۷ نتیجه‌گیری.....
۱۷۰	منابع.....

فصل هشتم. روندهای اخیر در پردازش زیستی پسماندهای آنتی‌بیوتیک و ژن‌های مقاوم آن‌ها در

۱۷۵	پسماند جامد.....
۱۷۵	۱-۸ مقدمه.....
۱۷۶	۲-۸ آنتی‌بیوتیک‌ها و سرنوشت آن‌ها.....
۱۷۷	۱-۲-۸ کاربرد آنتی‌بیوتیک.....
۱۷۷	۱-۲-۸ مزایا.....
۱۷۸	۱-۱-۲-۸ کنترل بیماری حیوانات.....
۱۷۸	۲-۱-۲-۸ حفاظت از بهداشت عمومی.....
۱۷۸	۳-۱-۲-۸ افزایش تولید حیوانات.....
۱۷۹	۲-۱-۲-۸ خطرات.....
۱۸۰	۱-۲-۲-۸ تهدید بهداشت عمومی.....
۱۸۲	۳-۸ مقاومت آنتی‌بیوتیکی.....
۱۸۶	۱-۳-۸ پسماند آنتی‌بیوتیک.....
۱۸۷	۲-۳-۸ گسترش آنتی‌بیوتیک‌ها از طریق انسان.....
۱۸۸	۳-۳-۸ گسترش آنتی‌بیوتیک‌ها از طریق گاوهای خوراکی و سایر دام‌ها.....
۱۸۹	۴-۸ چشم‌انداز جهانی پسماندهای آنتی‌بیوتیک.....
۱۹۰	۱-۴-۸ تنظیم مقررات دارویی پسماندهای خطرناک در سراسر جهان.....
۱۹۱	۵-۸ فراوری زیستی پسماند جامد صنعتی تولیدکننده آنتی‌بیوتیک.....
۱۹۳	۱-۵-۸ روش‌های تشخیص باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک.....
۱۹۳	۱-۱-۵-۸ حسگرهای زیستی.....

۱۹۴	۸-۵-۲ کروماتوگرافی مایع و طیف‌سنجی جرمی.....
۱۹۴	۸-۵-۲ روش‌های پردازش زیستی پسماندهای آنتی‌بیوتیک.....
۱۹۴	۸-۵-۲-۱ جذب زیستی.....
۱۹۴	۸-۵-۲-۲ تخریب زیستی.....
۱۹۵	۸-۵-۳ فرایند هضم بی‌هوازی.....
۱۹۵	۸-۵-۴ فرایند بیوراکتور غشایی.....
۱۹۵	۸-۵-۵-۲ لجن فعال.....
۱۹۶	۸-۶ نتیجه‌گیری.....
۱۹۷	منابع.....

۲۰۳	فصل نهم. فراوری زیستی استخراج پسماند جامد و بازیابی منابع.....
۲۰۳	۹-۱ مقدمه.....
۲۰۵	۹-۲ تأثیرات استخراج.....
۲۰۵	۹-۲-۱ تأثیرات محیط‌زیستی فعالیت‌های معدنی جهانی.....
۲۰۶	۹-۲-۲ تأثیر بر سلامت انسان.....
۲۰۷	۹-۲-۳ تأثیرات روی گیاهان.....
۲۰۷	۹-۲-۴ تأثیرات اقتصادی استخراج معدن.....
۲۰۸	۹-۳ روش‌های اصلاح پسماندهای معدن.....
۲۰۹	۹-۳-۱ حذف و بازیابی فلزات سنگین توسط جاذب‌ها از پسماند جامد.....
۲۱۱	۹-۳-۲ تثبیت و مدیریت گیاهی فلزات سنگین توسط بیوشار از پسماند جامد استخراج.....
۲۱۲	۹-۳-۲-۱ تأثیر بیوشار در تثبیت گیاه در خاک آلوده سایت‌های استخراج.....
۲۱۴	۹-۳-۲-۲ تأثیر بیوشار بر فعالیت‌های میکروبی.....
۲۱۵	۹-۳-۳ استخراج فلزات سنگین گران‌بها از گیاهان جاذب آن (phytomining of precious heavy metal).....
۲۱۸	۹-۴ شکاف‌های فنی و چشم‌اندازهای آینده.....
۲۱۹	۹-۵ نتیجه‌گیری.....
۲۱۹	منابع.....

۲۳۱	فصل دهم. تخریب زیستی آلاینده‌های آلی پایدار.....
۲۳۱	۱۰-۱ مقدمه.....
۲۳۵	۱۰-۲ فناوری‌های نوظهور برای تجزیه و تحلیل میرایی طبیعی و تصفیه بیولوژیکی آلاینده‌های آلی پایدار.....
۲۳۷	۱۰-۲-۱ استراتژی‌سازی نظارت بر پالایش زیستی.....
۲۳۷	۱۰-۲-۱-۱ اثر فرایند پالایش زیستی.....
۲۳۹	۱۰-۲-۱-۲ فناوری‌های نظارت بر پالایش زیستی.....
۲۳۹	۱۰-۲-۱-۳ نظارت بر باکتری‌های هدف.....
۲۴۵	۱۰-۲-۲ نظارت پالایش زیستی تخریب آلاینده‌ها.....

۳-۲-۱۰	مدل سازی ریاضی.....	۲۴۹
۳-۱۰	تکامل مسیرهای کاتابولیکی و سازگاری میکروبی با آلایندهای آلی پایدار (مواد شیمیایی صنعتی و سموم دفع آفات).....	۲۵۱
۴-۱۰	تجزیه و تحلیل زیست تصفیه آلایندهای آلی در محیط زیست های محدود.....	۲۵۷
۵-۱۰	مهندسی متابولیک و کاربردهای زیست کاتالستی ماشین آلات تخریب آلایندهای آلی پایدار.....	۲۶۲
۶-۱۰	تأثیر فلزات در تخریب زیستی آلایندهای آلی پایدار.....	۲۶۲
۷-۱۰	میکروارگانسیم ها و میکروب های مهندسی ژنتیک شده که در تخریب زیستی نقش دارند.....	۲۶۶
۱-۷-۱۰	تخریب با استفاده از باکتری های تقویت کننده رشد گیاه و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه.....	۲۶۸
۲-۷-۱۰	تخریب توسط میکرو چارچ و میکوریزا.....	۲۶۹
۳-۷-۱۰	تجزیه بیولوژیکی توسط فارچ های رشته ای، جلبک ها و تک سلولی ها.....	۲۷۰
۴-۷-۱۰	میکروارگانسیم های مهندسی شده ژنتیکی.....	۲۷۲
۸-۱۰	نتیجه گیری.....	۲۷۴
	منابع.....	۲۷۵

فصل یازدهم. تثبیت فلزات سنگین در زمان فراوری زیستی پسماند جامد.....		
۱-۱۱	چشم انداز جهانی آلودگی فلزات سنگین و رویکردهای متعارف برای حذف آن ها.....	۲۹۷
۱-۱-۱۱	پتانسیل استفاده از پسماند جامد آلی در کشاورزی.....	۲۹۷
۲-۱-۱۱	چشم انداز جهانی آلودگی فلزات سنگین از پسماند جامد.....	۲۹۹
۳-۱-۱۱	رویکردهای متداول در حذف فلزات سنگین یا کاهش سمیت از پسماند جامد آلی.....	۳۰۳
۲-۱۱	تثبیت فلزات سنگین با استفاده از مواد افزودنی مختلف به عنوان اصلاح کننده.....	۳۰۶
۱-۲-۱۱	استفاده از مواد افزودنی آلی به عنوان اصلاح کننده.....	۳۰۸
۲-۲-۱۱	اثر افزودنی غیر آلی به عنوان یک اصلاح کننده.....	۳۱۴
۳-۱۱	مکانیسم سکون فلزات سنگین با مواد افزودنی مختلف.....	۳۲۰
۴-۱۱	تغییرات فیزیکی و شیمیایی پسماند جامد در طی پردازش بیولوژیکی تثبیت فلزات سنگین.....	۳۲۲
۵-۱۱	نتیجه گیری.....	۳۲۶
	منابع.....	۳۲۷

فصل دوازدهم. تحولات اخیر در تصفیه هیدروکربن های نفتی و لجن نفتی از صنعت نفت.....		
۱-۱۲	مقدمه.....	۳۴۱
۱-۱-۱۲	بررسی اجمالی هیدروکربن های نفتی و لجن های نفتی.....	۳۴۳
۱-۱-۱-۱۲	تاریخچه و طبقه بندی.....	۳۴۴
۱-۱-۱-۱-۱۲	آلیفاتیک.....	۳۴۵
۲-۱-۱-۱-۱۲	معطر ها.....	۳۴۶
۳-۱-۱-۱-۱۲	رژین ها.....	۳۴۷
۴-۱-۱-۱-۱۲	آسفالتین ها.....	۳۴۷
۲-۱-۱۲	طبیعت، اندازه و توزیع منبع.....	۳۴۷

۳۴۸.....	۲-۱۲ سمیت هیدروکربن‌های نفت و لجن.....
۳۵۰.....	۳-۱۲ پیشرفت‌های اخیر در روند اصلاح آلودگی پترو هیدروکربن.....
۳۵۰.....	۱-۳-۱۲ روش فنتون (Fenton).....
۳۵۱.....	۲-۳-۱۲ کمپوست‌سازی برای از بین بردن آلودگی.....
۳۵۲.....	۳-۳-۱۲ بازپس‌گیری انرژی و تبدیل به واسطه‌های طبیعی.....
۳۵۴.....	۴-۱۲ تخریب میکروبی آلودگی هیدروکربن.....
۳۵۵.....	۱-۴-۱۲ باکتری‌ها.....
۳۵۸.....	۲-۴-۱۲ قارچ.....
۳۵۸.....	۵-۱۲ متابولیسم و فیزیولوژی میکروبی.....
۳۵۹.....	۱-۵-۱۲ بیوکاتالیست‌های دخیل در تخریب هیدروکربن‌ها.....
۳۶۲.....	۲-۵-۱۲ روش‌های مولکولی.....
۳۶۲.....	۳-۵-۱۲ میکروب‌های بهبود یافته ژنتیکی.....
۳۶۳.....	۴-۵-۱۲ ژن‌های تخریب زیستی.....
۳۶۴.....	۵-۵-۱۲ دخالت ژن‌هایی با ریشه پلاستیکی.....
۳۶۴.....	۶-۵-۱۲ تخریب زیستی هیدروکربن توسط سلول‌های بی‌حرکت.....
۳۶۵.....	۶-۱۲ عواملی که روی تخریب هیدروکربن لجن و نفت تأثیر می‌گذارند.....
۳۶۶.....	۷-۱۲ فرصت‌ها و چالش‌های آینده.....
۳۶۸.....	۸-۱۲ نتیجه‌گیری.....
۳۶۸.....	منابع.....

پیشگفتار

مطابق برآورد بانک جهانی، حداقل ۱/۳ میلیارد تن از پسماندهای جامد، از طریق فعالیت‌های مختلف انسانی بر روی کره زمین تولید می‌شود و انتظار می‌رود که این میزان تا سال ۲۰۲۵ به ۲/۲ تن افزایش یابد لذا یافتن راه‌هایی برای ارتقاء ارزش پسماندهای جامد ضروری‌تر و مهم‌تر از روش‌های دفع پسماند است. تولید روز افزون پسماندهای جامد صنایع تولیدی، ساختمانی سبب گردیده که تأکید بیشتر جامع جهانی در مسئله پسماندها بر بازیافت بیشتر از منابع و استفاده مجدد، از آن‌ها متمرکز گردد.

پردازش زیستی پسماندهای جامد با استفاده از تخصص‌های مختلف مدیریت پسماند درصدد آن است که کاربردی‌ترین راه‌حل‌ها را برای بهبود و حل معضلات پسماند ارائه دهد. به‌ویژه آنکه هزینه‌های بالای دفع پسماند، یارانه‌های بازیافت و مالیات بر سایت دفن پسماندها نیازمند راه‌حل همیشگی و پایدار برای حل مشکل مدیریت پسماند است و راهکارهای موقت قبلی جوابگوی حل مشکلات مربوطه نبوده است.

در فصل ۱ کتاب سعی شده است ضمن در نظر گرفتن طیف وسیعی از مفاهیم

پسماندهای جامد زیستی و بازار بین‌المللی پردازش پسماندهای جامد، گزینه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی موجود برای تبدیل آن‌ها به پسماند ارزشمند همچون سوخت‌ها و مواد شیمیایی بررسی گردد.

فصل ۲ و ۳ بر سیاست‌گذاری سه آر (3R) در مدیریت پسماندهای جامد و

بازیافت منابع از سایت دفن پسماند تمرکز کرده است. لیکن در فصل ۳ جزئیات

بیشتری از انواع سایت‌های دفن پسماند، گزینه‌های استخراج و بازیافت انرژی نو از سایت‌های دفن پسماند شرح داده شده است.

فصل ۴ به مروری بر پسماندهای آلی جهان با تأکید بر کمپوست و مزایای زیست محیطی حاصل از بازیافت منابع پرداخته است؛ و فرایند تخریب زیستی، با توجه ویژه به عوامل کنترل‌کننده سرعت واکنش، با جزئیات کامل تجزیه و تحلیل گردیده است.

فصل ۵ به بررسی هضم بی‌هوازی مدرن و بازیافت انرژی از پسماندهای جامد معطوف گردیده است و به بررسی مشکلات مرتبط با دفع غیرقانونی و پردازش زیستی نادرست پسماندهای جامد پرداخته است.

فصل ۶ به بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق پردازش زیستی پسماندهای جامد و پتانسیل گرمایشی آن‌ها پرداخته است.

فصل ۷ به توضیح مرحله خشک کردن زیستی پسماندهای جامد و پیامدهای ناشی از انتقال آن‌ها در هنگام احتراق متمرکز گردیده است.

فصل ۸ روش‌های پردازش زیستی پسماندهای آنتی‌بیوتیکی و ژن‌های مقاوم در آن‌ها با توجه به تفاوت بین پسماند آنتی‌بیوتیک و سایر پسماندهای جامد تولید شده پرداخته است.

فصل ۹ خلاصه‌ای از توسعه فناوری مدرن در پردازش زیستی، بازیافت منابع و تأثیرات آن بر بخش‌های مختلف ارائه کرده است.

فصل ۱۰ فناوری‌های در حال ظهور برای اصلاح آلاینده‌های آلی و تأکید بر خطرات بالقوه آن‌ها، مزایا و معایب اصلاح زیستی را توصیف می‌کند.

در فصل‌های ۱۱ و ۱۲ به معرفی افزودنی‌های پرکاربرد و مقرون به صرفه برای حذف فلزات سنگین در هنگام پردازش زیستی پرداخته است و همچنین به بررسی فناوری‌های اخیر در تصفیه هیدروکربن‌های نفتی و لجن روغنی از صنعت نفت می‌پردازد.

این کتاب برای کلیه دانشجویان علوم و مدیریت محیط زیست و نیز کسانی که نگران حجم روزافزون پسماند و مشکلات پردازش زیستی توسط کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه هستند و همچنین کلیه افرادی که مایل‌اند بدانند که برای به حداقل رساندن ضایعات و ارزشمندسازی پسماند چه کارهایی می‌توانند انجام دهند مفید خواهد بود.

فصل اول

تعریف تصفیه زیستی پسماند جامد

۱-۱ مقدمه

با رشد سریع اقتصادی جوامع هر ساله مقادیر عظیمی از پسماند جامد زیستی در بخش‌های آلی پسماند جامد شهری، پسماند کشاورزی، کود حیوانی، لجن فاضلاب و غیره تولید می‌شود (کامپوزانو و گونزالز-مارتینز، ۲۰۱۶؛ فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). پسماندهای جامد زیستی حاوی مقدار زیادی مواد آلی و مغذی هستند که می‌تواند به‌عنوان کود بالقوه خاک مورد استفاده قرار بگیرند، اما هم‌زمان حاوی میکروارگانیسم بیماری‌زا، فلزات سنگین و سایر اجزای خطرناک نیز هستند (برنال و همکاران، ۲۰۰۹). مدیریت نامناسب این نوع از پسماندهای جامد باعث بروز مجموعه‌ای از مشکلات محیط‌زیستی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی و آلودگی فلزات سنگین خاک می‌شود که تهدیدی برای انسان است (هونگ و همکاران، ۲۰۱۷). لذا عملکرد مناسب و بازیافت مؤثر مواد آلی پسماندهای جامد به یک موضوع مهم در سراسر جهان تبدیل شده است. در دهه‌های اخیر، فناوری‌های مختلفی مانند دفن پسماند، سوزاندن، کمپوست، هضم بی‌هوازی و پیرولیزاسیون برای دفع پسماندهای آلی پیشنهاد و انجام شده است (مونستر و همکاران، ۲۰۱۵؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۷). در میان تمامی روش‌های تصفیه پسماند، دفن پسماند و سوزاندن در بسیاری از کشورها، روش‌های اصلی تصفیه پسماند محسوب می‌شوند. از طرف دیگر، دولت و جامعه کارشناسان علمی سیاست‌ها و معیارهایی را جهت حمایت و تسریع مدیریت پسماندهای جامد زیستی تدوین کرده‌اند (یاب و نیکسون ۲۰۱۵؛ جووانیک و

همکاران، ۲۰۱۶). با این حال، اثرات محیط‌زیستی تصفیه پسماندهای جامد نیز یک عامل مهم در نظر گرفته می‌شود. در این فصل مفهوم پسماندهای جامد زیستی تعریف خواهد شد، و احتمال و امکان ارزیابی فنی، اجتماعی، اقتصادی، و محیط‌زیستی مدیریت پسماندهای خشک مختلف بررسی می‌گردد.

۱-۲ سلسله مراتب پسماندهای جامد

به‌طورکلی، پسماندهای جامد به پسماندهای جامد و نیمه جامد به جا مانده از فرایندهای تولید، ساخت و ساز و سایر فعالیت‌های انسانی گفته می‌شود. پسماندهای جامد شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱. پسماندهایی که ارزش اصلی استفاده را از دست می‌دهند؛ ۲. پسماندهایی که ارزش استفاده را از دست نمی‌دهند اما رها می‌شوند؛ ۳. مواد سمی یا مضر گاز، مایع یا جامد، که در ظروف نگهداری قرار می‌گیرند؛ ۴. موادی که مربوط به مدیریت پسماندهای جامد هستند (شاره‌الی و همکاران، ۲۰۰۸؛ کالکارو همکاران، ۲۰۱۶).

مقدار پسماندهای جامد در سال‌های اخیر به‌سرعت افزایش یافته است و تخمین زده می‌شود که این میزان تا سال ۲۰۲۵ از ۲/۷۸ میلیارد تن به ۴/۱۶ میلیارد تن افزایش می‌یابد (ملی کو اوغلو و همکاران، ۲۰۱۳). پسماندهای جامد از منابع مختلف تولید می‌شوند و این به این معنی است که اجزای پسماند جامد پیچیده هستند (عبدالقادر و حمد، ۲۰۱۲؛ ایروان و همکاران، ۲۰۱۲). پسماندهای جامد می‌توانند در انواع مختلف طبقه‌بندی شوند. به‌عنوان مثال، بر اساس ترکیب، پسماندهای جامد را می‌توان به پسماندهای آلی و غیرآلی تقسیم کرد. از نظر فرم و شکل، می‌توان آن‌ها را به پسماند جامد، پسماند نیمه جامد، مایع و گازی طبقه‌بندی کرد. با توجه به خصوصیات آلودگی، می‌توان آن را به پسماندهای خطرناک و عمومی طبقه‌بندی کرد. بر اساس طبقه‌بندی منابع پسماند، پسماندهای جامد را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: پسماندهای جامد شهری، پسماندهای جامد صنعتی، پسماندهای جامد کشاورزی و پسماندهای خطرناک. این روش طبقه‌بندی به‌طور گسترده‌ای در کشور چین استفاده می‌شود. لذا در قانون مدیریت انواع مختلفی از پسماندهای جامد تعریف شده است. پسماندهای خطرناک باید تحت نظارت یک نهاد متخصص مجاز مدیریت شود علاوه بر این، پسماندهای

جامد شهری می‌بایست به یک مکان ثابت حمل و نقل شود. علاوه بر این آن‌ها می‌بایست در حمل و نقل از گرد و غبار و آب مصون بماند. این امر هم اکنون در چین پیشرفتی نکرده است اما امید می‌رود که در آینده بهتر شود.

۱-۳ معیارهای ارزیابی جهت‌گیری و پردازش تصفیه پسماندهای جامد

مدیریت پسماندهای جامد یک فرایند پیچیده است که بخش‌های مختلفی از جمله دولت، صنایع، شهروندان و کارشناسان را درگیر می‌کند (دی فیو و دی گسی، ۲۰۱۰). مطابق با ترکیبات و خواص مختلف پسماندهای جامد، روش‌های مختلف دفع پسماند (دفن پسماند، هضم بی‌هوازی، کمپوست، استحصال انرژی و غیره) استفاده می‌شود (هونگ و همکاران، ۲۰۱۷). با این حال، معمولاً، انتخاب روش مدیریت پسماند با شرایطی چون موقعیت، ظرفیت تصفیه‌خانه و فناوری متفاوت است. علاوه بر این، جهت انتخاب گزینه مناسب یا بهینه برای تصفیه پسماند باید معیارهای مختلف مربوط به هزینه‌ها و منافع اقتصادی و اثرات محیط‌زیستی (به‌عنوان مثال، خطرات سلامتی انسان، تخلیه منابع و آلودگی‌های محیط‌زیستی) و عوامل اجتماعی را در نظر گرفت (جوانوویچ و همکاران، ۲۰۱۶). ذینفعان همواره به دنبال انتخاب روشی هستند که منافع آن‌ها را به حداکثر و هزینه‌ها را به حداقل برساند. با توجه به دامنه و تنوع گزینه‌ها در تصفیه پسماند و تغییر در نگرش افراد، یک معیار واحد برای ارزیابی جهت‌گیری و پردازش پسماندهای جامد نمی‌تواند رضایت هدف‌های تصمیم‌گیرندگان را برآورده سازد (یاب و نیکسون، ۲۰۱۵). امروزه، ذینفعان نه تنها منافع اقتصادی را ارزیابی می‌کنند بلکه اثرات محیط‌زیستی تصفیه پسماند را نیز در نظر می‌گیرند. به‌منظور طراحی و اجرای بهینه تصفیه پسماند جامد و جلب رضایت کلیه ذینفعان معیارهای متعدد از جمله معیارهای محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی ارائه شده‌اند تا به ذینفعان در رابطه با بهداشت انسان و توسعه اقتصادی محیط‌زیستی کمک کند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۵).

۱-۴ امکان سنجی فنی و اجتماعی در تصفیه پسماندهای جامد

مقادیر زیادی از پسماندهای جامد هر روز تولید می‌شود. میزان پسماندهای جامد شهری در چین به ۱۷۸/۶ میلیون تن رسیده است. دفع و بازیافت پسماندهای جامد یک

مسئله اصلی در سراسر جهان است (سنل و لوتی، ۲۰۱۶). فناوری‌های مختلف مانند دفن پسماند، هضم بی‌هوازی، کمپوست، فناوری پلاسمای حرارتی و سوزاندن برای مدیریت پسماندهای جامد انجام شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ وو و همکاران، ۲۰۱۴؛ کامپوزانو و گونزالز مارتینز، ۲۰۱۶). در میان تمام روش‌های تصفیه پسماند، روش دفن پسماند به دلیل پردازش ساده، قابلیت رسیدگی زیاد و سرمایه‌گذاری کم بیشترین کاربرد را دارد. به ترتیب تقریباً ۹۰ درصد و ۵۴ درصد از پسماند در کشور چین و ایالات متحده دفن می‌شود (فنگ و همکاران، ۲۰۱۷). با این حال، روش دفن پسماند بخش زیادی از منابع زمینی را اشغال می‌کند و همچنین باعث آلودگی هوا، خاک و آب می‌شود. اثرات منفی سایت‌های دفن پسماند برای محیط‌زیست و بهداشت عمومی باعث جلب توجه مردم شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵). شیرابه موجود در سایت‌های دفن پسماند حاوی انواع مختلفی از آلاینده‌ها، مانند فلزات سنگین، آلاینده‌های آلی، عوامل بیماری‌زا و مواد شیمیایی خطرناک است، که زیست‌بوم خاک و سیستم‌های آبی را تهدید می‌کند (هان و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، گازهای سمی و گازهای گلخانه‌ای تولید شده از سایت‌های دفن پسماند نیز اثر گلخانه‌ای را تشدید کرده و به سلامتی ساکنان آسیب می‌رساند. از این‌رو، دفن پسماند برای پسماندهای جامد به تدریج کمتر شده است. سوزاندن پسماندهای جامد شهری به‌طور فزاینده‌ای در چین و در مقیاس وسیعی در بسیاری از کشورهای پیشرفته مانند ایالات متحده (۱۶ درصد)، ژاپن (۷۵ درصد) و آلمان (۵۰ درصد - ۴۰ درصد) رواج دارد (ما و همکاران، ۲۰۱۶). روش سوزاندن می‌تواند جرم جامد و حجم پسماند اصلی را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد و انرژی را بازیافت کند، اما سرمایه لازم برای نیروگاه پسماند سوز بالا است. همچنین به دلیل ماهیت‌های مختلف پسماندهای جامد، ارزش کالریک به‌اندازه مورد نیاز نمی‌رسد. از طرف دیگر، انتشار گازهای سمی و خطرناک (جیوه، دی کلورن دی بنزو-پی دی اکسین‌ها و پلی کلرینه دی بنزوفوران (پی سی سی دی/اف اس)) از پسماند سوز باعث آلودگی هوای محیط و سیستم محیط‌زیستی می‌گردد (لی و همکاران، ۲۰۱۷). لذا فناوری قابل اطمینان‌تر و کاربردی‌تر باید به‌کار رود تا عمل سوزاندن پسماندهای جامد را بهبود بخشد و همچنین گاز خروجی باید قبل از انتشار تصفیه شود. در میان همه روش‌ها، کمپوست کردن یکی از بهترین و سودآورترین

فناوری‌ها برای دفع پسماندها است که می‌تواند بخش آلی پسماندهای جامد را به یک محصول نهایی بهداشتی و غنی از مواد مغذی به نام کمپوست تبدیل کند (لی و همکاران، ۲۰۱۲).

با افزایش مقدار مواد آلی موجود در پسماندهای جامد، مواد مغذی و کیفیت کمپوست به تدریج افزایش یافته است. با این حال، ترکیب‌بندی پسماندهای جامد پیچیده است. می‌تواند حاوی پلاستیک، شیشه، باتری، نخاله‌های ساختمانی، پسماند غذایی و دیگر پسماندهای آلی و غیر آلی باشد. این ویژگی پسماندهای جامد بر کیفیت ترکیب‌بندی کمپوست تأثیر می‌گذارد و سختی عملیات را افزایش می‌دهد. در نتیجه، بهتر است پسماند جامد قبل از کمپوست شدن، جمع‌آوری و دسته‌بندی شود (ما و همکاران، ۲۰۱۶).

۱-۵ امکان سنجی هزینه و قابلیت تصفیه زیستی پسماندهای جامد

در ده سال گذشته، با بهبود عوامل اقتصادی و اجتماعی، فناوری‌های به کار رفته در دفع پسماند آلی نیز بهبود یافته است. این فناوری‌ها نه تنها بر مدیریت پسماندهای جامد، بلکه بر بازیافت پسماندها و تأمین انرژی نیز متمرکز هستند (مونستر و همکاران، ۲۰۱۵). ظرفیت سایت دفن پسماند بالا و سرمایه‌گذاری کم است اما معایب بسیار زیادی مانند تخریب چشم‌انداز، گرد و غبار و تولید شیرابه، گازهای گلخانه‌ای و انتشار گازهای آلاینده باعث جلب توجه مردم شده است (فرناندز-گونزالز و همکاران، ۲۰۱۷).

روش بهداشتی دفن پسماند به منظور کاهش اثرات محیط‌زیستی در سایت دفن پسماند، ارائه گردیده است. به نظر می‌رسد تجهیزات اضافی به کار رفته جهت کنترل شیرابه‌ها و گازها باعث افزایش هزینه‌های فناوری دفن بهداشتی می‌گردد، درحالی‌که جمع‌آوری گاز از سایت دفن بهداشتی حاوی مقدار زیادی متان است استفاده از این گاز برای تولید انرژی (برق و گرما) هزینه اجرای سیستم دفن پسماند را تا حدودی کاهش می‌دهد. اگرچه فناوری دفن بهداشتی پسماند برای مقادیر زیاد پسماندهای جامد کاربرد دارد، اما فضای زیادی از منابع زمینی را هم اشغال می‌کند (ما و همکاران، ۲۰۱۶).

سوزاندن پسماندهای جامد زیستی حجم و جرم پسماند جامد را کاهش داده و همچنین گرما تولید می‌کند. با این حال، انتشارات سمی (گرد و غبار، دیوکسین، فوران، جیوه، آرسنیک، و سرب) ناشی از یک کارخانه پسماند سوز به سلامت مردم آسیب می‌رساند و باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۱۷). به‌منظور کاهش آلودگی محیط‌زیست و افزایش کارایی انرژی، بسیاری از فناوری‌ها مانند سیستم تمیزکننده گاز دودکش و سیستم خنک‌کننده خشک و مرطوب‌کننده استفاده می‌شود. گرچه این فناوری‌ها هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، بهره‌برداری و نگهداری یک کارخانه پسماند سوز را افزایش می‌دهند، اما مزایای اقتصادی و محیط‌زیستی بیشتری هم دارند که باعث افزایش عملکرد مالی می‌گردد (ژائو و همکاران، ۲۰۱۶).

هضم بی‌هوازی و کمپوست مهم‌ترین روش تصفیه زیستی پسماندهای جامد در سراسر جهان است. در روش هضم بی‌هوازی پسماندهای آلی به انرژی زیستی و کمپوست تبدیل می‌شود. در مقایسه با روش دفن و سوزاندن پسماند، هضم بی‌هوازی و کمپوست کردن مزایای اقتصادی و محیط‌زیستی بیشتری دارند و همچنین می‌تواند محصولات جانبی بسیار ارزنده‌ای مانند متان و کمپوست تولید کند (لی و همکاران، ۲۰۱۲؛ کارلسون و همکاران، ۲۰۱۵). هضم بی‌هوازی پسماندهای جامد زیستی می‌تواند مواد آلی را تجزیه کند و منبع انرژی برای تولید برق یا گرما تولید کند. بیوگاز پسماند و دوغاب آن می‌تواند به‌عنوان کود خاک یا تقویت‌کننده استفاده شود (جین و همکاران، ۲۰۱۵).

بسیاری از محققان کارایی تولید بیوگاز را بهبود بخشیده‌اند و هزینه‌های نیروگاه بی‌هوازی را از طریق تنظیم پارامترهای عملکرد، بهینه‌سازی طراحی راکتور و پیش‌تصفیه پسماندهای آلی کاهش داده‌اند (لانگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ کارلسون و همکاران، ۲۰۱۵؛ کامپوزانو و گونزالز-مارتینز ۲۰۱۶). در دهه‌های گذشته، استفاده از فناوری کمپوست برای دفع زیستی پسماندهای جامد به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است، که این امر ناشی از عملکرد ساده، سرمایه‌گذاری کم، ارزش افزوده بالا و هزینه جاری کم و کاهش اثرات محیط‌زیستی است. به‌طور معمول، تجزیه و تحلیل اقتصادی سامانه‌های کمپوست شامل سرمایه، نیروی کار، انرژی، هزینه‌های نگهداری، زیست‌توده، هزینه‌های ساخت، و درآمد حاصل از فروش کمپوست است (لیم و همکاران، ۲۰۱۶). در مقایسه با دیگر

روش‌های مدیریت پسماند، هزینه سرمایه‌گذاری در سیستم کمپوست پایین‌تر است و فروش محصول نهایی ممکن است سود بیشتری به همراه داشته باشد همچنین دوره بازپرداخت راه‌اندازی کارخانه کمپوست کوتاه‌تر است (کوجاتیو همکاران، ۲۰۱۲).

در طول ۱۰ سال گذشته، بسیاری از روش‌های مؤثر، مانند استفاده از انواع مختلف عوامل حجیم‌کننده (برنال و همکاران، ۲۰۰۹؛ ژانگ و سان، ۲۰۱۶)، افزایش میزان جریان هوا (چودهاریو همکاران، ۲۰۱۴)، و ترکیب مواد افزودنی معدنی و شیمیایی (لی و همکاران، ۲۰۱۲؛ آواستی و همکاران، ۲۰۱۶؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۱۶) برای بهبود کیفیت کمپوست و کاهش دوره کمپوست کردن استفاده شده است. با کاهش زمان کمپوست و افزایش کیفیت محصول نهایی، منافع اقتصادی یک کارخانه کمپوست به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

۱-۶ سازگاری با طرح ماکروسکوپی متمرکز و غیرمتمرکز

تصفیه پسماندهای جامد به روش ماکروسکوپی متمرکز و غیرمتمرکز از الگوهای اساسی مدیریت پسماند می‌باشند. کاربرد تصفیه ماکروسکوپی پسماند متمرکز می‌تواند مقدار زیادی از پسماندهای جامد را دفع کند، مدیریت پسماند جامد را ارتقا داده و هزینه‌های تأسیسات و کارکنان را کاهش دهد (گوتیرز و همکاران، ۲۰۱۷).

تصفیه پسماندهای جامد متمرکز می‌تواند باعث افزایش میزان سرمایه‌گذاری در مراحل جمع‌آوری، جداسازی گردد و این در حالی است که طرح تصفیه پسماندهای جامد غیرمتمرکز می‌تواند باعث کاهش هزینه حمل و نقل، آلودگی محیط‌زیست، ترافیک، سر و صدا و مقدار پسماندهای جامد ذخیره شده در محل شود. در همین حال، تصفیه غیرمتمرکز پسماندهای جامد می‌تواند شرایط محلی را بهتر در نظر بگیرد و باعث افزایش کارایی مدیریت پسماند و کاهش نرخ انرژی و محیط‌زیست گردد (ریقی و همکاران، ۲۰۱۳).

با این حال، تصفیه پسماندهای جامد غیرمتمرکز هزینه تأسیسات، ساخت و ساز و نیروی کار را افزایش می‌دهد و ظرفیت جابه‌جایی تصفیه پسماندهای جامد غیرمتمرکز کمتر از روش تصفیه متمرکز است. اگرچه، هر دو روش تصفیه پسماند جامد متمرکز و غیرمتمرکز دارای مزایا و معایبی هستند هدف هر دو ثابت و عبارت از