



کنفرانس ملی

مدیریت کلانشهر با رویکرد محیط زیست

۵-۷ دیماه ۱۳۹۴

## تولید پلاستیک‌های زیستی در راستای توسعه پایدار مدیریت پسماند شهری

پیام سیف الهی<sup>۱</sup>، مژده صابری<sup>۲</sup>، مژده فرهادی<sup>۳</sup>

۱- seifolahi.p@gmail.com

۲- m1470560@gmail.com

۳- mojdehfarhadi@gmail.com

### خلاصه

با افزایش رشد جمعیت کلانشهرها و به تبع آن افزایش تولید پسماند، نگرانی‌های فراوانی در خصوص کاهش و آلوده شدن منابع طبیعی وجود دارد. امروزه مدیریت پسماند و سیاست‌هایی در جهت کاهش تولید زباله یکی از مسائل مهم در حوزه حفظ محیط زیست است و مدیریت نامناسب در این زمینه می‌تواند تأثیرات نامطلوب زیست محیطی فراوانی را به همراه داشته باشد. بنابراین انجام مدیریت و برنامه ریزی برای ساماندهی پسماندها و مواد زائد شهری که زیر مجموعه مدیریت شهری محسوب می‌گردد، امری ضروری است. توسعه پایدار به عنوان راهکاری که طی آن نیازهای فعلی بدون خدشه دار کردن امکانات نسل آینده فراهم می‌آید، در حوزه مدیریت پسماند در قالب سه مفهوم حداقل تولید پسماند، بازیافت ماده و انرژی، بی‌خطر سازی دفع پسماند مورد بررسی قرار می‌گیرد. در قالب حداقل تولید پسماند، تلاش‌هایی برای تولید پلاستیک‌های زیستی به منظور به حداقل رساندن میزان تولید پسماندهای پلاستیکی انجام می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی تولید پلاستیک‌های زیستی بر اساس فرآیندهای طبیعی به منظور ایجاد الگوهای پایدار در مدیریت پسماند به منظور کاهش تولید پسماند و حفظ زیست توده‌های طبیعی و سوخت‌های فسیلی است. روش این پژوهش، توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر منابع کتابخانه‌ای و مقالات جدید است.

کلمات کلیدی: کلانشهر، مدیریت پسماند، توسعه پایدار، بازیافت، پلاستیک‌های زیستی

### ۱. مقدمه

تمدن بشری در آغاز قرن بیست و یکم با شتاب بیشتری به سوی شهری شدن می‌رود. به طوری که جهان بیشتر و بیشتر در حال تبدیل شدن به دنیایی از شهرهاست و این شهرها به طور فزاینده‌ای در کشورهای در حال توسعه قرار دارند. به ویژه رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه از شتاب بیشتری برخوردار است [۱]. کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده است و روندهای کمی نشان می‌دهد که تحولات جمعیتی کشور در سه دهه گذشته با شهرنشینی شتابان و عوارض ناشی از آن روبرو بوده است [۲]. این رشد افزون جمعیت در کلانشهرها و به تبع آن افزایش تولید مواد زائد، موجب کاهش و آلوده شدن منابع طبیعی می‌شود. بنابراین مدیریت پسماند به صورت یک چالش عمده، کلانشهرها را در بر گرفته است. دلیل اصلی چالش در مدیریت زباله، رشد سریع جمعیت همراه با گسترش شهرها، کاهش منابع مالی و ضعف برنامه ریزی شهری است. امروزه روند رو به گسترش پسماندها از یک سو و فقدان قانون مندی لازم برای مدیریت پسماند از سوی دیگر کشور را با مشکلات جدی مواجه کرده است و لطامات و خطرات زیست محیطی بسیاری را به همراه داشته است. در

<sup>۱</sup> مدیر عامل سازمان مدیریت پسماند شهرستان‌های رباط کریم و بهارستان  
<sup>۲</sup> مشاور اجرایی سازمان مدیریت پسماند شهرستان‌های رباط کریم و بهارستان



نتیجه لازم و ضروری است در جهت حفظ محیط زیست و توسعه پایدار، قوانینی با ضمانت‌های اجرایی قوی و مناسب در نظر گرفته شود تا این میراث ارزشمند، صحیح و عاری از آلودگی به دست نسل‌های آینده برسد [۳].

## ۲. مفاهیم توسعه پایدار در حوزه مدیریت پسماند

توسعه پایدار به طور کلی عبارت است از توسعه ای که طی آن نیازهای فعلی بدون خدشه دار کردن امکانات نسل آینده فراهم می‌آید. مفهوم کلیدی در توسعه پایدار، حفظ محیط زیست و منابع محدود آن است، به نحوی که تامین نیازهای نسل کنونی بدون آسیب رساندن به محیط زیست و مصرف بی رویه منابع صورت گیرد. در حوزه مدیریت پسماند، اولویت اول توسعه پایدار، حداقل تولید پسماند است. تولید پسماند به معنای مصرف بیشتر منابع اولیه و خارج کردن مواد از چرخه تولید است. اولویت دوم، بازیافت ماده و انرژی در سلسله مراتب مدیریت پسماند است که عملاً از طریق استفاده مجدد و بازیافت باعث بازگشت مواد و از طریق استحصال انرژی باعث بازگشت انرژی به چرخه تولید ماده و انرژی خواهد شد. اولویت آخر بی خطر سازی دفع پسماند و اجتناب از آلودگی محیط زیست است که طی آن با مدیریت اصولی حداقل بار آلودگی وارد محیط زیست گردد. بنابراین از طریق دو استراتژی کلان حداقل تولید پسماند و بازیابی ماده و انرژی، بار کمتری بر منابع خام اولیه وارد شده و از طریق بی خطر سازی دفع پسماند، از آلودگی‌های محیط زیست اجتناب می‌گردد. در نتیجه اهداف توسعه پایدار، مبتنی بر مصرف متوازن منابع بدون تحمیل بار بر محیط از طریق استراتژی‌های فوق تامین می‌گردد. آثار اتخاذ توسعه پایدار در حوزه محیط زیست عبارتند از:

- ✓ اجتناب از اثرات زیان بار پسماند بر آب، خاک، هوا و محیط زیست طبیعی و دریایی
- ✓ حفظ بهداشت عمومی در جوامع و تاسیسات مدیریت پسماند
- ✓ به حداقل رساندن ریسک‌های مربوط به پسماند خطرناک
- ✓ بهبود بهداشت کاری
- ✓ کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
- ✓ کاهش بو و زائدهات سبک
- ✓ افزایش راندمان در مصرف منابع، کاهش تقاضای مواد خام و کمبود خطر منابع [۴].

## ۳. زباله‌های پلاستیکی

زباله، مشکل اساسی در جوامع شهری و حتی روستایی شناخته می‌شود و در بین زباله‌ها اصلی ترین مشکل با لحاظ حجم و وسعت تخریب، زباله‌های پلاستیکی است. قدمت تولید اینگونه زباله‌ها شاید به ۵۰ سال نرسد، اما عواقب پیامد گسترش آن بیشتر از سایر زباله‌ها نمود داشته و نگرانی‌های بسیاری را در بین طبیعت دوستان برانگیخته است. گرچه بسته بندی پلاستیکی با قیمت نازل امکان حفاظت عالی از محصولات مختلف مخصوصاً مواد غذایی را فراهم می‌کند ولی معضلات بزرگ زیست محیطی را ایجاد می‌کند. اکثر پلاستیک‌های معمول در بازار از فرآورده‌های نفتی و زغال سنگ تولید شده و غیرقابل بازگشت به محیط هستند و تجزیه آن‌ها چند هزار سال طول می‌کشد. دلیل اصلی تخریب پذیر نبودن پلاستیک‌ها، وجود مواد با وزن مولکولی بالا، طویل بودن طول مولکولی پلیمر و پیوند قوی بین مونومرهای آن‌ها است. سوزاندن پلاستیک‌ها یک راه مبارزه با تجزیه ناپذیری آن‌ها است ولی این روش گران و خطرناک است، ضمن اینکه مواد شیمیایی مضر از قبیل اسید هیدروکلریک و نیز سیانید هیدروژن در طول سوخته شدن پلاستیک‌ها آزاد می‌شود. زباله کردن پلاستیک‌ها نیز یک راه دیگر است اما این روش نیز اشکالاتی دارد برای مثال تقسیم بندی زباله‌های پلاستیکی به دلیل رنج وسیع آن‌ها مشکل است، همچنین محدوده کاربردی زباله‌های پلاستیکی بسیار اندک است. یکی دیگر از راه‌های مطمئن و کم هزینه در تخریب پلاستیک‌ها استفاده از لندفیل است اما این روش نیز مشکلات خاص خود را دارد. به منظور رفع این



مشکلات و با هدف داشتن صنعتی در خدمت توسعه پایدار و حفظ زیست توده‌های طبیعی، تولید پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر از منابع تجدید شونده در دستورکار بسیاری از کشورهای پیشرفته قرار گرفت. روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی، زیستی و یا مکانیکی برای استخراج پلاستیک زیستی وجود دارد [۵].

#### ۴. ضرورت استفاده از پلاستیک‌های زیستی

زباله‌های پلاستیکی یکی از بزرگترین معضلات زیست محیطی را در جهان به وجود آورده‌اند. این مواد به علت مصرف روزانه و عمومی آن‌ها و تقریباً استفاده به صورت یکبار مصرف و تبدیل سریع به زباله‌های بعضاً غیر قابل بازیافت، معضلات بسیاری برای محیط زیست به وجود آورده‌اند. ایران به خاطر داشتن منابع نفتی و تولیدات پتروشیمی فراوان، یکی از عمده تولیدکنندگان مواد پلاستیکی به شمار می‌رود، همچنین از طرف دیگر مهمترین دلیلی که سبب استفاده هر چه بیشتر از کیسه‌های پلاستیکی شده است، قیمت ناچیز آن‌ها در مقایسه با کیسه‌های پارچه‌ای و کاغذی می‌باشد. اما غافل از این موضوع هستیم که هزینه جمع‌آوری، بازیافت و امحاء این مواد و از همه مهم‌تر هزینه زیان و خسارات زیست محیطی ناشی از پراکندگی آن‌ها در محیط زندگی غیر قابل محاسبه و بسیار گزاف است. پلاستیک‌ها عموماً غیر قابل تجزیه هستند و کیسه‌های نایلونی و زباله به طور متوسط ۵۰۰ سال در محیط باقی می‌مانند. طبق آمار جهانی روزانه ۵۱۳ میلیون تن زباله در سراسر دنیا تولید می‌شود که سهم ایران در تولید زباله به ۴۰ هزار تن در روز می‌رسد که ۱/۱۵ درصد تولید جهان است. میزان پلاستیک تولیدی در ایران بیش از ۱۷۷ هزار تن تخمین زده می‌شود که این رقم معادل ۵۰۰ تن در هر روز است. در تلاش برای مقابله با پیامد ناشی از زباله‌های پلاستیکی، پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر از مواد تجزیه پذیر مانند گیاهان، راهکاری مناسب در جهت حفظ منابع طبیعی است. پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر با فعالیت موجودات زنده مانند باکتری‌ها به مواد ساده تری تجزیه می‌شوند و بنابراین باقی مانده آن در محیط زیست غیر ممکن است [۶]. تا پیش از تولید کیسه‌های سازگار با محیط زیست، تنها راهکار زیست محیطی موفقیت آمیز در زمینه انباشت زباله‌های پلاستیکی، ممنوعیت استفاده از این کیسه‌ها و یا تشویق به بازیافت آن‌ها بود اما با وجود پلاستیک‌های زیستی، مسیر مبارزه با زباله‌های پلاستیکی تغییر کرد که دلایل آن به شرح زیر است:

- پلاستیک‌های زیستی ۴۶ درصد کمتر از کیسه‌های پلاستیکی ترکیبات پایه نفتی و رزینی دارند.
- پلاستیک‌های زیستی در مراحل پیش از تولید ۳۴ درصد کمتر از کیسه‌های پلاستیکی گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کنند.
- در فرآیند تولید کیسه‌های زیستی، ۴ برابر انرژی کمتر و ۶ برابر آب کمتری نسبت به تولید کیسه‌های کاغذی مصرف می‌شود.
- پلاستیک‌های زیستی در صورت دور انداختن در محیط غیر سمی، ظرف مدت ۲۴۰ روز و یا حتی کمتر در معرض تابش نور خورشید تجزیه می‌شوند.

#### ۵. بهره برداری از پلاستیک‌های زیستی در صنعت

- برای بهره برداری از این پلیمرها در صنعت دو موضوع باید مورد توجه قرار گیرد:
- ❖ جنبه محیط زیستی: این مواد باید سریعاً در محیط مورد تجزیه قرار گیرند، بافت خاک را برهم نزنند و به راحتی با برنامه‌های مدیریت پسماند از محیط خارج شوند.
  - ❖ جنبه صنعتی: این مواد باید خصوصیات مورد انتظار صنعت از جمله دوام و کارایی را داشته باشند و از همه مهم‌تر، پس از برابری یا بهبود کیفیت نسبت به مواد معمول، قیمت تمام شده مناسبی داشته باشد.



## ۶. انواع پلاستیک‌های تخریب پذیر

### ۱.۶ پلاستیک‌های قابل تخریب توسط نور<sup>۱</sup>

پلاستیک‌های قابل تخریب توسط نور، به دلیل اینکه ظرف مدت چند هفته و یا چند ماه بر اثر تابش فرابنفش، ساختار پلیمرشان تجزیه می‌شود، پلاستیک‌های سودمندی هستند. اما مشکل این پلاستیک‌ها این است که بسیاری از لندفیل‌ها فاقد نور خورشید هستند و لذا مقداری از این پلاستیک‌ها همواره به صورت تجزیه ناپذیر باقی می‌مانند [۷].

### ۲.۶ پلاستیک‌های با زنجیره نشاسته<sup>۲</sup>

در کشورهای صاحب فناوری، برای تولید پلیمرهای گیاهی از نشاسته ذرت، سیب زمینی و گندم استفاده می‌کنند. نشاسته به طور طبیعی یک پلیمر گیاهی ضعیف است که خاصیت هیدروفیلی دارد. در استفاده از این پلاستیک‌ها هیچ محدودیتی وجود ندارد و تمام ظروفی که با پلاستیک‌های معمولی ساخته می‌شوند با پلیمرهای گیاهی هم قابل تولید هستند، ضمن اینکه پلیمرهای گیاهی از انعطاف پذیری بیشتری برخوردارند، در ماکروفر قابل استفاده بوده و برخلاف پلی استایرن که استفاده در آن در دمای بالاتر از  $65^{\circ}\text{C}$  مجاز نیست، دمای  $90^{\circ}\text{C}$  تا  $100^{\circ}\text{C}$  را به راحتی تحمل می‌کنند. افزودن اسیدهای چرب گیاهی باعث می‌شود تغییراتی در ترکیب اولیه به وجود آید و با تشکیل گروه استری با زنجیره طویل کربنی، خاصیت آبریزی ایجاد می‌شود. تجزیه این پلیمرها در خاک حداکثر ۳ تا ۶ ماه طول می‌کشد که به دما، رطوبت و فشار خاک بستگی دارد که میکروارگانیسم‌های موجود در خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. علاوه بر حفظ محیط زیست، حفظ سلامت انسان‌ها هنگام استفاده از این ظروف اهمیت ویژه ای دارد زیرا این پلیمرها منشاء گیاهی و طبیعی دارند و هیچ ماده سمی و مضر از آن‌ها آزاد نمی‌شود [۸].

### ۳.۶ تولید پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر PHA<sup>۳</sup>

تقریباً تمامی پلاستیک‌های معمول در بازار از محصولات پتروشیمی که غیر قابل برگشت به محیط می‌باشند، بدست می‌آیند. یک راه حل جایگزینی دیگر برای این منظور، بهره برداری از باکتری‌های خاکزی مانند *Ralstonia Eutrophus* می‌باشد که تا ۸۰ درصد از توده زیستی خود قادر به انباشتن پلیمرهای غیر سمی و تجزیه پذیر پلی هیدروکسی آلکانوات (PHA) هستند. PHA ها از زیر واحد بتاهیدروکسی آلکانوات هستند و به واسطه مسیری ساده با ۳ آنزیم از استیل-کوآنزیم A ساخته شده و معروف ترین آن ها پلی هیدروکسی بوتیرات (PHB) می‌باشد. مهم ترین مشکل در بخش فنی تولید پلاستیک‌های زیستی (PHA)، نحوه استخراج آن‌ها از سلول‌های باکتری با روشی کم هزینه و کارآمد است. شکل ۱ مورفولوژی گرانول PHA در سلول باکتری را نشان می‌دهد. به منظور استخراج گرانول PHA، لازم است دیواره سلول باکتری پاره شود و لایه پروتئین موجود در غشاء این گرانول حذف شود و در نهایت PHA به صورت انتخابی در یک حلال مناسب حل می‌شود.

<sup>1</sup> Photodegradable Plastics

<sup>2</sup> Starch linked Plastics

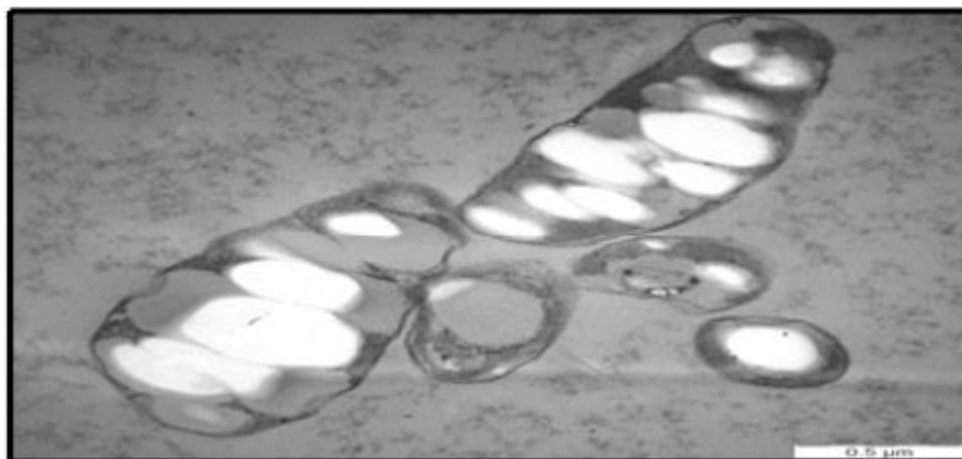
<sup>3</sup> Poly Hydroxy Alkanoates



روش‌های استخراج PHA از زیست توده سلولی عبارتند از:

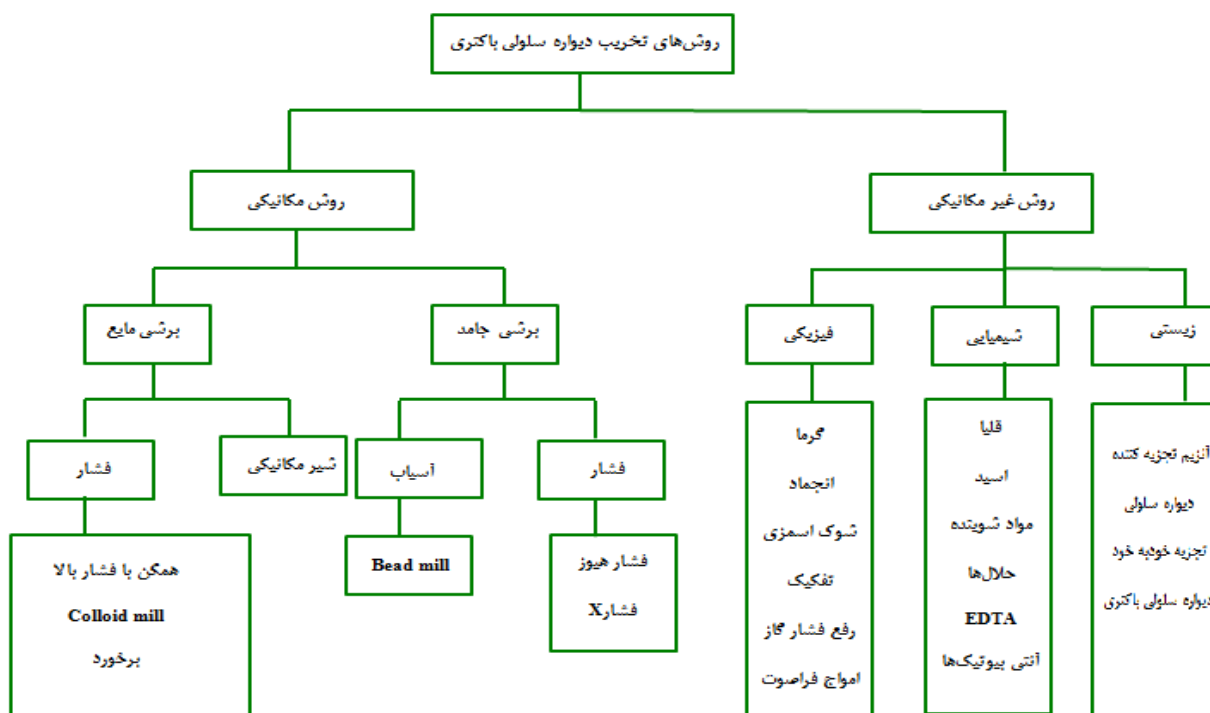
✓ انحلال PHA

✓ تجزیه مواد غیر PHA (NPCM)<sup>۱</sup>



شکل ۱. مورفولوژی گرانول PHA در سلول باکتری

در روش اول، گرانول PHA در یک حلال مناسب حل شده و از NPCM استخراج می‌شود، ضمن اینکه پلیمرهای PHA در شکل جامد باقی می‌ماند. در روش دوم، NPCM توسط عوامل مختلف، هضم یا محلول شده و در نهایت فرم‌های جامد و مایع به دست آمده با استفاده از فیلتراسیون و یا سانتریفوژ از هم جدا می‌شود. طبقه بندی روش‌های مختلف تخریب دیواره سلولی در شکل ۲ آورده شده است [۹].



شکل ۲. طبقه بندی روش‌های مختلف دیواره سلولی باکتری

<sup>1</sup> Non Polymer Cellular Material



انتخاب بهترین روش استخراج به عوامل زیادی بستگی دارد. پارامترهای موثر در انتخاب روش‌های تخریب سلولی عبارتند از [۹]:

- ❖ نوع سلول
- ❖ حجم نمونه
- ❖ زمان واکنش
- ❖ در دسترس بودن تجهیزات
- ❖ امکان کاربرد روش در مقیاس‌های بزرگ
- ❖ تاثیر بر روی مراحل تصفیه بعدی
- ❖ هزینه کلی فرآیند تخریب

همچنین شرایط تخمیر موثر بر تخریب دیواره سلولی عبارت است از [۹]:

- ✓ منبع کربن
- ✓ میزان ریز مغذی‌های موجود در محیط کشت باکتری
- ✓ مرحله رشد
- ✓ زمان نگهداری
- ✓ گونه میکروارگانیسم

## ۷. مزایای استفاده از پلاستیک‌های زیستی

امروزه با شناخت بیشتر فواید استفاده از صنعت تولید مواد پلاستیکی تجزیه پذیر در جهان و مزایای این محصول جدید نسبت به محصول مشابه قدیمی که از صنایع نفتی تجزیه ناپذیر تولید می‌شوند، شاهد تقاضای روزافزون تولید و مصرف پلیمرهای زیستی تجزیه پذیر گیاهی هستیم. مزایای استفاده از پلیمرهای گیاهی عبارتند از:

۱. از نظر زیست محیطی و بهداشتی، پلیمرهای شیمیایی باعث آلوده شدن محیط زیست و تولید بیشتر اکسیدکربن می‌شود، اما پلیمرهای زیستی تجزیه پذیر گیاهی، دی اکسید کربن محیط را جذب و باعث کاهش میزان آن می‌شود.
۲. برای تولید پلیمرهای گیاهی، انرژی کمتری مصرف می‌شود. پلیمرهای گیاهی برخلاف پلیمرهای متداول برای تولید نیازمند دمای بالا  $190^{\circ}\text{C}$  نیستند و احتیاج به دمایی در حدود  $130^{\circ}\text{C}$  دارند و این اختلاف  $60^{\circ}\text{C}$  دما باعث صرفه جویی مالی زیادی می‌شود.
۳. وقتی که به شکل انبوه به سمت استفاده از پلیمرهای گیاهی گام برداشته شود، توسعه عمده‌ای در بخش کشاورزی به وجود می‌آید و این اثر ثانویه‌ای است که خیلی از کشورها آن را مطرح می‌کنند.
۴. قیمت پلیمرهای نفتی به تبع افزایش و یا کاهش قیمت نفت دارای نوسانات زیادی است، درحالی که این نوع پلیمرها به منابع نفتی و نوسانات قیمت نفت وابسته نیست.
۵. پلیمرهای گیاهی قابل تجزیه شدن در خاک است و نه تنها در خاک ایجاد آلودگی نمی‌کنند بلکه باعث حاصلخیزی خاک هم می‌شوند، به طوری که میزان تجزیه پذیری مواد پلیمری شیمیایی در خاک بین ۱۵۰ الی ۳۰۰ سال است، درحالی که میزان تجزیه پذیری پلیمرهای زیستی بین ۶ تا ۹ است [۱۰].



## ۸. نتیجه‌گیری

بشر، امروزه به عنوان بزرگترین عامل تخریب محیط زیست شناخته شده است و با گسترش شهرها و افزایش شهرنشینی، همچنین رشد زندگی صنعتی و به تبع آن افزایش تولید زباله، حفاظت از محیط زیست و بهره برداری بهینه از منابع طبیعی، از ضرورت‌های توسعه پایدار در راستای مدیریت پسماند به شمار می‌رود. توسعه پایدار به عنوان توسعه‌ای که طی آن نیازهای فعلی بدون خدشه دار کردن امکانات نسل آینده فراهم می‌آید، در حوزه مدیریت پسماند در قالب سه مفهوم حداقل تولید پسماند، بازیافت ماده و انرژی و بی خطرسازی دفع پسماند مورد بررسی قرار می‌گیرد. در قالب حداقل تولید پسماند تلاش‌هایی برای تولید پلاستیک‌های زیستی به منظور به حداقل رساندن میزان تولید پسماندهای پلاستیکی انجام می‌شود. پسماندهای پلاستیکی با توجه به حجیم بودن، سبکی و ماندگاری طولانی در محیط زیست به عنوان یکی از بزرگترین مشکلات شهرنشینی عصر حاضر محسوب می‌شود. برای این منظور با هدف داشتن صنعتی در خدمت توسعه پایدار و حفظ زیست توده های طبیعی، تولید پلاستیک های زیستی انجام می‌گیرد. استخراج پلاستیک با روش‌های سازگار با محیط زیست علاوه بر کمک به حفظ سوخت های فسیلی، از آلوده شدن محیط زیست جلوگیری می‌کند و راه موثری برای رسیدن به توسعه پایدار در مدیریت پسماند خواهد بود.

## ۹. مراجع

1. Dahlman, C. T., Renwick, W. H., & Bergman, E. F. (2011). *Introduction to geography: people, places, and environment*. Prentice Hall.
۲. اینانلو، ع. (۱۳۹۰)، " بررسی نظام سلسله مراتبی شهرهای استان قزوین. " فصلنامه رشد آموزش جغرافیا، شماره ۴. دوره بیست و پنجم.
۳. طهوریان، ف.، چاپ اول (۱۳۸۶)، " اصول مدیریت محیط زیست، خدمات فرهنگی فدک": تهران
۴. افتخار، ل. (۱۳۸۹)، " ضرورت توجه به توسعه پایدار در مدیریت پسماندهای جامد شهری در ایران"، نخستین همایش توسعه شهری پایدار، تهران.
۵. ابراهیمی زرنندی، م.ج.، کوشش، شمس نیا. (۱۳۸۷)، " استفاده از اجزای ذائد و غیرقابل برداشت گیاهان در تولید پلاستیک‌های تجزیه پذیر"، سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، تهران.
6. Suszkiw, J. (2005). Electroactive Bioplastics Flex Their Industrial Muscle. *Agricultural Research*, 53(12), 10.
7. Sudesh, K., & Iwata, T. (2008). Sustainability of biobased and biodegradable plastics. *Clean-Soil Air Water*, 36(5), 433-442.
8. Gaspar, M., Benkő, Z., Dogossy, G., Reczey, K., & Czigany, T. (2005). Reducing water absorption in compostable starch-based plastics. *Polymer Degradation and Stability*, 90(3), 563-569.
۹. علی زاده، ز.، محمدی. (۱۳۹۲)، " پلاستیک زیستی، راهکاری در جهت مدیریت پسماند پلاستیک‌های نفتی، توسعه پایدار و محیط زیست سالم"، اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران
10. Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 19(12), 634-643.