بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی
گروه بیوتکنولوژی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

تولید پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات از پساب

استاد راهنما

دکتر محسن نصرتی

استاد مشاور

دکتر سید عباس شجاع الساداتی

گردآورنده

مرضیه فرومندی

اردیبهشت سال ۱۳۹۲

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم مرضیه فرومندی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان تولید PHB از پساب در

تاریخ ۱۳۹۲/۲/۲۵ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محسن نصرتی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر سید عباس شجاع السادات	استاد	
استاد ناظر	دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی	استاد	
استاد ناظر	دکتر پریسا حجازی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه مورد تائید است

امضاء استاد راهنما:

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب مرضیه فرومندی دانشجوی رشته بیوتکنولوژی ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا .....

تاریخ ۹۲/۴/۱۵

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **بیوتکنولوژی** است که در سال **۱۳۸۹** در دانشکده **بیوتکنولوژی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر **محسن نصرتی**، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر **سید عباس شجاع السادات** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **مرضیه فرومندی** دانشجوی رشته **بیوتکنولوژی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **مرضیه فرومندی**

تاریخ و امضا:

۹۲/۴/۱۵

ن و القَلَمُ و ما یَسطُرُون

تقدیم به تمام کسانی که دوستشان دارم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی شان.

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران، بهترین پشتیبان است.

به پاس قلب بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید.

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

سپاس گزاری

در اینجا بر خود واجب می دانم از راهنمایی ها و کمک های شایان استادان فرزانه ام، جناب آقای دکتر نصرتی و جناب آقای دکتر شجاع السادات که مرا با گوشه ای از دنیای زیبای فناوری زیستی آشنا ساختند و نکات بسیاری به من آموختند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از همیاری و راهنمایی سرکار خانم مهندس سلیمانی و تمام کسانی که مرا در انجام این پژوهش یاری رساندند سپاس گزاری می کنم.

چکیده

پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات[1] یکی از پلیمرهای خانواده پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها[2] است که به عنـوان ذخیره انرژی یا منبع کربنی در بعضی از ریزسازواره‌ها وجود دارد. پلیمرهای زیستی می‌توانند به عنوان جایگزین مناسب برای پلیمرهای رایج استفاده شوند. مساله مهم قیمت بالای تولید آنها است. برای تولید اقتصادی این محصول، عوامل مهمی وجود دارد، یکی از راه‌هایی که می‌توان قیمت تمام شده را کاهش داد استفاده از محیط حاوی سوبستراهای ارزان قیمت و عدم استفاده از کشت خالص ریزسازواره است.

در این پژوهش آزمایش‌ها در دو فاز فراوانی و قحطی نیتروژن انجام شد. بدین ترتیب که در فاز اول فرایند هضم بر روی لجن شستشو داده شده انجام گردید تا ریزسازواره‌های موجود در لجن تکثیر شده و بدین ترتیب نیتروژن موجود در محیط کشت به کمترین مقدار خود برسد. در این روند دائماً وزن خشک سلولی را دنبال کرده تا به محض کاهش مقدار آن، فاز دوم آغاز گردد. در فاز دوم منبع کربنی وارد سامانه شده اما از آنجا که بر اساس مطالعات انجام شده مشاهده گردید که عدم حضور منبع نیتروژنی در فاز دوم، میزان تولید پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات را افزایش می دهد بنابراین در این فاز از سه نوع خوراک گلوکز، اسید استیک و پساب استفاده شد. در نهایت مشاهده شد که دو خوراک گلوکز و اسید استیک که میزان منبع نیتروژنی در آنها صفر بوده حدود ۴۰٪ وزن خشک سلولی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات تولید کرده در حالی که سامانه خوراک دهی شده با پساب که دارای مقدار نیتروژنی محدودی است توانسته ۷۰٪ وزن خشک سلولی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات تولید نماید.

واژگان کلیدی: پلیمرهای زیست تخریب پذیر، پلی‌هیدروکسی‌بـوتیرات، پسـاب، سوبسـترای ارزان قیمت

1. Poly hydroxylbutyrate
2. Poly hydroxylalkanoate

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۱ : مقدمه ۱

۱-۱ پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر ۲

۱-۲ پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها ۴

۱-۲-۱ اهمیت تولید زیستی پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها ۵

۱-۳ پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۷

۱-۳-۱ تولید زیستی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۷

۱-۴ اهداف پژوهش ۹

۱-۵ ترتیب نگارش پایان نامه ۹

فصل ۲ : مروری بر پژوهش‌های گذشته ۱۰

۲-۱ تاریخچه پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۱۱

۲-۲ خواص فیزیکی و شیمیایی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۱۳

۲-۳ تولید زیستی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۱۵

۲-۳-۱ ریزسازواره ۱۵

۲-۳-۲ منابع کربنی تولید پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۱۸

۲-۳-۳ منابع نیتروژنی ۲۴

۲-۳-۴ راهبرد خوراک‌دهی ۲۵

۲-۳-۵ فرآیند تولید ۲۸

فصل ۳ : مواد و روش‌ها ۳۴

۳-۱ مشخصات راکتورهای به‌کار برده شده ۳۵

۳-۲ روند کلی آزمایش‌ها ۳۶

۳-۳-۱ فرایند هضم تحت شرایط هوازی ۳۶

۳-۳-۲ تولید پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات ۳۸

۳-۳ روش انجام آزمایش‌ها ۴۰

۳-۲-۱ اکسیژن محلول (DO) ۴۰

۳-۲-۲ دما و pH ۴۰

۳-۲-۳ مواد معلق ۴۱

۳-۲-۴ روش‌های تعیین غلظت پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات تولیدشده در سلول ۴۳

فصل ۴ : نتایج و بحث ۴۸

۴-۱ آزمون وزن خشک سلولی ۴۹

۴-۲ مقدار ماده‌ی غیرفرار معدنی در لجن ۵۰

۴-۳ مقدار آبدهی لجن برحسب زمان ۵۰
۴-۴ مقدار اکسیژن محلول در محیط برحسب زمان ۵۱
۴-۶ مقدار تقریبی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات تولیدشده برحسب زمان ۵۲
فصل ۵ : نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۵۷
۵-۱ نتیجه‌گیری کلی ۵۸
۵-۲ پیشنهادها ۵۹
مراجع ۶۰
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۶۴
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۶۶

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ ساختمان پلی‌هیدروکسی آلکانوات‌ها ۵
شکل ۳-۱ شکل نمادینی از سامانه ۳۶
شکل ۳-۲ منحنی استاندارد جذب ۴۷
شکل ۴-۱ روند تغییر وزن خشک سلولی برحسب زمان در راکتور شاهد ۴۹
شکل ۴-۲ منحنی تغییر پارامتر MLVSS برحسب زمان در راکتور شاهد ۵۰
شکل ۴-۳ منحنی تغییر آبدهی برحسب زمان در راکتور شاهد ۵۱
شکل ۴-۴ منحنی تغییر اکسیژن محلول برحسب زمان در هر راکتور ۵۲
شکل ۴-۵ منحنی میزان PHB برحسب زمان در راکتور شاهد ۵۳
شکل ۴-۶ منحنی میزان PHB برحسب زمان در راکتور با خوراک گلوکز ۵۳
شکل ۴-۷ منحنی میزان PHB برحسب زمان در راکتور با خوراک اسیداستیک ۵۴
شکل ۴-۸ منحنی میزان PHB برحسب زمان در راکتور با خوراک پساب ۵۵

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۱-۱ قیمت‌های تجاری پلیمرهای با مبنای زیستی و پتروشیمیایی ۴
جدول ۲-۱ خواص فیزیکی و شیمیایی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات در مقایسه با پلی‌پروپیلن ۱۴
جدول ۲-۲ توزیع باکتری‌ها در لجن فعال استاندارد ۱۷
جدول ۳-۱ مشخصات پساب شهری ۳۸
جدول ۳-۲ مشخصات لجن مورد استفاده ۳۹
جدول ۴-۱ میزان تولید پلی هیدروکسی بوتیرات در راکتورهای مختلف ۵۵
جدول ۴-۲ نتایج مشابه بدست آمده در پژوهش‌های اخیر ۵۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱ پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر

استفاده از پلیمرها و پلاستیک‌ها در اغلب وسایل زندگی از ریزترین آنها گرفته تا بزرگترین آنها انکارناپذیر است. دلیل این استفاده‌ی وافر پلیمرها و پلاستیک‌ها در زندگی انسان خواص بسیار زیاد آنها است [۱]. به دلیل این که محصولات پلاستیکی به صورت زیستی قابل تخریب نبوده و همچنین به دلیل ماندگاری بالا، این محصولات در محیط زیست تجمع یافته در نتیجه آلودگی معناداری را بر خاک تحمیل می‌کند. حجم جهانی محصولات پلاستیکی متاسفانه از مقدار ۱/۵ میلیون تن در سال ۱۹۵۰ به مقدار ۲۴۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است که این به معنای ۹٪ سرعت رشد سالیانه در مصرف پلاستیک است. بیشترین سرعت رشد مصرف در جهان در کشورهای آسیایی مانند ژاپن بوده که مقدار مصرف پلاستیک آنها در حال حاضر تنها ۲۰ کیلوگرم به ازاء هر نفر است. کاهش مصرف محصولات پلاستیکی به دلیل انعطاف و تغییرپذیریشان بسیار دشوار است اما جایگزینی پلاستیک‌هایی با مبنای نفتی با مواد دیگری که خواص شبه نفتی دارند و پس از دور ریختن تخریب می شوند امکان پذیر است. از میان انواع مختلف پلاستیک‌های معروف به زیست-تخریب‌پذیر، پلی‌آلکانوات‌ها به عنوان یک محصول کاملاً زیست‌تخریب‌پذیری و با آلودگی صفر شناخته شده است که به طور کامل به چرخه‌ی فاضلاب‌های آلی قابل بازگشت است [۲].

پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیری زیادی شناسایی شده‌اند و یکی از مهم‌ترین آنها پلی‌هیدروکسی آلکانوات‌ها[1] است. پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات توسط تعداد وسیعی از ریزسازواره‌ها تولید می‌شود این ماده به عنوان یک منبع انرژی و کربنی درون سلولی بوده و تحت شرایط کمبود نیتروژن تولید می‌شود [۳].

استفاده از این گروه پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر در کشاورزی و صنایع دارویی و غیره

1. Polyhydroxyalkanoates

بسیار مورد توجـه قرار گرفـته است که دلیل آن سـازگاری با محـیط زیست و سـامـانه‌هـای حیـاتی می‌باشد [۴].

بیوپلیمرها را می‌توان بر مبنای اجزاءشان به چهار دسته تقسیم‌بندی کرد:

۱) به صورت مستقیم توسط موجودات زنده تولید می‌شوند. مانند کتان، ابریشم، پشم، دیگـر فیبرهای طبیعی، سلولز، نشاسته، لیگنین، پروتئین‌های روغنی، لاسـتیک‌هـای طبیعـی و پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها؛
۲) توسط پلیمریزاسیون منومرهایی که مستقیماً در طبیعت وجود دارند و یا از موادی که در طبیعت وجود دارند مشتق شده‌اند، تولید می‌شوند. مثل پلی‌تری‌متیلن‌گلیکول[1]، ترکیبـات پلی‌ال بر مبنای سویا[2] و مشتقاتشان؛
۳) موادی مرکب از منومرهایی که از منابع تجدیدپذیر بدست آمده‌اند و منومرهـای مشـتق-شده از صنایع پتروشیمیایی. مثل ایزوسوربات که شامل پلی‌کربنـات و یورتـان بـا مبنـای سویا است؛
۴) پلیمرهای تولیدشده از ترکیب منابع تجدیدپذیر و مـواد بـا مبنـای نفتـی. ماننـد ترکیـب نشاسته و پلی‌ونیل‌الکل[۳].

در جدول ۲-۳ نمونه‌ای از قیمت‌های تجاری پلیمرها بـا مبنـای زیسـتی و پتروشـیمیایی آورده شده است. براساس داده‌های این جدول گرچه قیمت تجاری پلیمرهای زیستی بیشتر از پلیمرهای بـا مبنای پتروشیمیایی است اما همان‌طور که در قسمت‌های قبل ذکر شد در درازمدت تولید پلیمرهـای زیستی اثر بسیار مثبتی بر محیط زیست خواهد گذاشت.

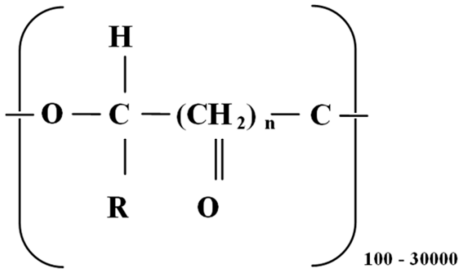
1. PLA
2. Soy

جدول ۱-۱ قیمت‌های تجاری پلیمرهای با مبنای زیستی و پتروشیمیایی[۵]

پلیمر	قیمت تجاری (€/kg)
P(3HB) from Biomer (Germany)	۱۲
P(3HB-co-3HV) from Metabolix (USA)	۱۰-۱۲
Modified starch polymers from Novamont (Italy)	۲/۵-۳/۰
Polylactic acid from Cargill Dow (USA)	۲/۲-۳/۴
Polypropylene (PP)	۰/۷۴
High-density polyethylene (HOPE)	۰/۷۸
Low-density polyethylene (LDPE)	۰/۷۴
Polyvinyl chloride (PVC)	۰/۷۲
Polystyrene (PS)	۰/۷۰
Polyethyleneterephtalate (PET)	۰/۸۱

۱-۲ پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها

این ترکیبات پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر هستند و به صورت ذرات درون سلولی در ریزسازواره‌های مختلف تشکیل می‌شوند [۶]. وزن مولکولی این پلیمرها در محدوده ۲×۱۰^{۵} تا ۳×۱۰^{۶} دالتون است. وزن مولکولی برحسب نوع ریزسازواره و شرایط رشد تغییر می‌کند [۲]. ساختمان پلی هیدروکسی‌آلکانوات در شکل شماره ۱-۱ نشان داده شده است [۷].



شکل ۱-۱ ساختمان پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها[۵]

n = 1 R = hydrogen → Poly(3-hydroxypropionate)

R = methyl → Poly(3-hydroxybutyrate)

R =ethyl → Poly(3-hydroxyvalerate)

R = propyl → Poly(3-hydroxyhexanoate)

R = pentyl → Poly(3-hydroxyoctanoate)

R = nonyl → Poly(3-hydroxydodecanoate)

n = 2 R = hydrogen → Poly(4- hydroxybutyrate)

n = 3 R = hydrogen → Poly(5- hydroxyvalerate)

پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها دارای بیش از ۱۵۰ نوع ترکیب متفاوت از منومرهایش است که هر کدام عملکرد و خواص مخصوصی دارند [۸].

۱-۲-۱ اهمیت تولید زیستی پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها

پلی‌استرهای میکروبی معروف به پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها به دلیل ایجاد کاهش تمایل به استفاده از پلاستیک‌های غیرتخریب‌پذیر تاثیر شدید و مثبتی بر تغییرات آب و هوای جهانی دارند.

پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها را می توان از مواد خام تجدیدپذیر تولید کرد. این مواد همچنین

توسط ریزسازواره‌هایی که توانایی تولید دی‌اکسیدکربن و ترکیبات آلی را دارند به چرخه محیط زیست بازگردانده می‌شوند و این بدان معنا است که این ترکیبات حائلی در برابر تغییرات آب و هوایی هستند [۹].

ترکیبات حاصله از پلیمرهای سنتزشده به صورت زیستی، تخریب‌پذیر نیستند و غالباً به طور غلط دور انداخته می‌شوند. این ترکیبات معمولاً از پلاستیک‌هایی با مبنای نفتی بدست می‌آیند. پیشرفت‌های سریع در فناوری علم مواد باعث تولید محصولات پلاستیکی جدیدی شده است که خواص مکانیکی مطلوب و ماندگاری عالی دارند.

به دلیل وجود ریزسازواره‌های فراوانی در خاک که قابلیت ترشح آنزیم پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات پلیمراز را دارند ترکیبات پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات با بازدهی بالا در محیط زیست تخریب می‌شوند. این آنزیم باندهای استری پلیمر را به منومرهای محلول در آب و ترکیبات اولیگومری تجزیه می‌کند. سپس ریزسازواره‌ها این محصولات حاصل از فرایند تخریب را به آب و دی‌اکسیدکربن متابولیزه و تبدیل می‌کنند [۱۱،۱۰].

مطالعات زیادی در مورد تولید و کاربردهای پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات انجام شده است که غالباً بر مبنای جستجوی منبع کربنی ارزان‌قیمت استوار است تا بتواند هزینه تولید را کاهش دهد [۱۲]. همچنین از علم مهندسی ژنتیک برای افزایش محصول‌دهی استفاده شده است. اما این محصولات به دلیل قابل ارائه نبودن در بازار جهانی امروزه در گلوگاهی باریک قرار دارند به طوری که تنها تعداد اندکی از ترکیبات پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات که غالباً شامل پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات، کوپلیمر هیدروکسی‌بوتیرات و هیدروکسی والرات[1]، پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات و کوپلیمر هیدروکسی‌بوتیرات و

1. PHBV

هیدروکسی هگزانوات [1] بوده در مقادیر بالا قابل تولید هستند [۱۳].

۱-۳ پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات

یکی از مهمترین پلیمرهای خانواده پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها، پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات است. پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات یک پلیمر خطی از ۳ هیدروکسی‌بوتیرات است و در اندازه‌های مختلفی از گرانول در داخل سلول موجود است. پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات به عنوان یک منبع ذخیره انرژی و کربن برای ریزسازواره است و تحت شرایطی مثل محدودیت نیتروژن، فسفر، اکسیژن، یون‌ها و غیره در داخل سلول تجمع می یابد و با رفع این محدودیت‌ها پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات تجزیه می شود. پلی هیدروکسی‌بوتیرات جامد به عنوان یک پلی‌استر ترموپلاستیک زیست‌تخریب‌پذیر مورد توجه قرار گرفته است زیرا خواص شبیه به خواص تعداد زیادی از پلاستیک‌های سنتزی معمولی دارد [۱۱،۹].

پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات دارای خواص فیزیکی و شیمیایی شبیه به پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن است و مانند پلاستیک‌های معمولی در زمینه‌های متعددی قابل استفاده است. به عنوان مثال می‌توان آن را قالب‌ریزی کرد، توسط پرکن‌های غیر آلی تقویت کرد، به صورت رشته‌هایی به هم تابید یا به شکل ورق درآورد و ضمناً این پلیمر دارای خواص آب‌بندی عالی است [۱۴].

۱-۳-۱ تولید زیستی پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات

باکتری‌های زیادی در سیتوپلاسم‌شان، پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر با خواص ترموپلاستیکی مشابه با پلاستیک‌های معمولی تولید می‌کنند. این پلیمرها زیست‌تخریب‌پذیر هستند و بنابراین می‌توان از آنها برای ساخت برخی پلاستیک‌ها استفاده کرد [۱۲،۹].

در بیشتر باکتری‌ها پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها به صورت ذرات درون سلولی، تحت شرایط

1. PHBH

نامناسب رشد، سنتز و انباشته می‌شود. بالغ بر ۳۰۰ نوع باکتری شناخته شده‌اند که قادر به سنتز پلی هیدروکسی‌آلکانوات‌ها هستند [۶]. سوبستراهای مورد استفاده برای تولید پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات معمولا گلوکز، ساکارز و اسیدهای چرب هستند. هرچند برای تولید کاربردی و عملی نیاز به منبع کربن ارزانتری داریم تا هزینه تولید را کاهش دهیم [۱۵].

هزینه زیاد تولید این پلیمرها در مقایسه با پلاستیک‌های سنتز شده پتروشیمیایی بسیار بالاست و تولید آنها را در مقیاس صنعتی دچار مشکل کرده است. مواد پتروشیمیایی به دلیل منابع فراوان نفت و گاز دارای قیمت پایینی هستند، قسمت عمده‌ای از هزینه تولید پلی‌هیدروکسی آلکانوات‌ها مربوط به فرایند تخمیر، سوبسترا و بازیافت محصول درون سلولی است. بطوریکه حدود ۳۵٪ قیمت تمام‌شده مربوط به منبع کربن و ۴۰٪ آن مربوط به مراحل پائین‌دستی (جداسازی) است [۵].

یکی از روش‌های کاهش هزینه‌های تولید، کاهش هزینه مواد اولیه است که با بهره گیری از سوبستراهای ارزان، فراوان و در دسترس قابل حصول خواهد بود [۸].