

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده علوم پایه ، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد « M.Sc. »

گرایش : مهندسی پلیمر

عنوان

تهیه آلیاژها و نانوکامپوزیت‌های آلیاژی پلی اتیلن سبک – پلی اتیلن سبک خطی – نشاسته گرمانرم و بررسی مورفولوژی، خواص مکانیکی، رئولوژیکی و گرمایی آنها برای کاربردهای بسته بندی زیست تخریب پذیر

استاد راهنما :

دکتر حسن زارع علی‌آبادی

استاد مشاور :

دکتر نورالدین گودرزیان

نگارش :

رامک بخشی

تابستان ۱۳۹۲

تقدیم به :

پدر و مادرم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند، دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند....

Summer 2013

اینجانب بر خود وظیفه می دانم در کسوت شاگردی از زحمات ارزشمند اساتید محترم که با رهنمودهای بی دریغشان مشوق راهم بودند تقدیر و تشکر نمایم.
از خداوند متعال برایتان سلامتی، موفقیت و همواره یاد دادن را مسئلت دارم.

چکیده

در این پژوهش، خواص شکل شناسی، مکانیکی و گرمایی آلیاژها و نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن سبک پلی اتیلن سبک خطی- نشاسته گرمانرم (TPS) بررسی شده است. فیلم‌های آلیاژی حاوی مقادیر مختلف (۱۰-۳۰٪ وزنی) نشاسته گرمانرم و ۱۰٪ وزنی PE-g-MA به عنوان سازگارکننده، با استفاده از اکسترودر دو مارپیچه تهیه شدند. سپس با استفاده از دستگاه فیلم دمشی به فیلم‌هایی با ضخامت مشخص تبدیل شدند. آلیاژ پلی اتیلن سبک - پلی اتیلن سبک خطی (۳۰/۷۰) نیز به عنوان نمونه شاهد تهیه شده است. همچنین نمونه‌هایی حاوی نانوذرات سیلیکاتی با استفاده از نمونه آلیاژ انتخابی (حاوی ۱۰٪ نشاسته) و مقادیر مختلف (۱ تا ۳٪ وزنی) نانوذرات سیلیکاتی با نام تجاری Cloisite®15A از طریق فرآیند اکستروژن و با استفاده از اکسترودر دو مارپیچه تهیه گردید و با استفاده از فیلم دمشی به فیلم‌هایی با ضخامت معین تبدیل شدند. اندازه‌گیری خواص مکانیکی، گرمایی و جذب آب همه نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد انجام گرفت. نتایج اندازه‌گیری شاخص جریان مذاب (MFI) آلیاژها نشان داد که با افزایش مقدار نشاسته، MFI نمونه‌ها کاهش می‌یابد. در مورد نانوکامپوزیت‌ها نیز کاهش در MFI و در نتیجه افزایش در گرانیروی ظاهری با افزایش مقدار نانوذرات مشاهده گردید. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) آلیاژها بهبود پراکندگی ذرات نشاسته در ماتریس پلی اتیلن و افزایش چسبندگی بین فازها با افزودن ۱۰٪ نشاسته و در حضور PE-g-MA را تأیید کرد. پراش اشعه ایکس (XRD) نانوکامپوزیت‌ها، انتقال پیک پراش به زوایای کمتر و در نتیجه افزایش در فضای بین لایه‌های نانوذرات، با افزایش مقدار Cloisite®15A را نشان داد. این تصاویر نشان دادند که در مورد همه نانوکامپوزیت‌ها ساختار بین لایه‌ای تشکیل شده است. خواص مکانیکی (از قبیل استحکام کششی نهایی، ازدیاد طول در نقطه شکست، مدول یانگ، استحکام ضربه‌ای نسبی و استحکام پاره گی) آلیاژها با افزایش مقدار نشاسته کاهش پیدا کرد اما با این وجود نمونه حاوی ۱۰٪ وزنی نشاسته گرمانرم، خواص مکانیکی مورد نیاز برای تهیه پلاستیک‌های بسته‌بندی یکبار مصرف را دارند. در مورد نانوکامپوزیت‌ها نیز افزایش در استحکام کششی نهایی و مدول یانگ و کاهش در ازدیاد طول در نقطه شکست و استحکام ضربه‌ای نسبی و نیز مقاومت پاره گی با افزایش مقدار Cloisite®15A بدست آمد. نتایج خواص گرمایی نیز نشان داد که افزودن نشاسته به آلیاژ LDPE/LLPE و نیز افزودن نانوذره خاک رس به آلیاژ حاوی ۱۰٪ نشاسته، اثر چشمگیری بر خواص گرمایی نمونه‌های مربوطه نداشته است. جذب آب آلیاژها با افزایش مقدار نشاسته و با گذشت زمان افزایش پیدا کرد. نتایج جذب آب نانوکامپوزیت‌ها نیز نشان داد که این نمونه‌ها

جذب آب کمتری نسبت به نمونه آلیاژ انتخابی داشته و همچنین با افزایش مقدار نانوذره، جذب آب آنها کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: پلی اتیلن سبک، پلی اتیلن سبک خطی، نشاسته، آلیاژ، نانوکامپوزیت، خواص مکانیکی، خواص گرمایی، جذب آب.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۳	مقدمه
	فصل اول : کلیات
۸	۱-۱- مقدمه
۹	۲-۱- بیان مسئله
۱۲	۳-۱- زمینه‌های کاری و مطالعاتی
	فصل دوم : پیشینه‌ی تحقیق
۱۵	۱-۲- مقدمه
۱۵	۱-۱-۲- پلاستیک‌ها و محیط زیست
۱۸	۲-۱-۲- مواد زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته
۱۹	۳-۱-۲- آلیاژهای زیست تخریب پذیر پلی اتیلن – نشاسته
۲۰	۴-۱-۲- نانوکامپوزیت‌های زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته
۲۳	۲-۲- مروری بر کارهای پژوهشی انجام شده
۲۳	۱-۲-۲- فرآورش آلیاژهای پلی اتیلن – نشاسته گرمانرم
۲۵	۲-۲-۲- روش‌های تهیه نانوکامپوزیت‌های بر پایه نشاسته
۲۷	۳-۲- هدف از انجام پروژه
	فصل سوم : روش کار و تحقیق
۲۹	۱-۳- مقدمه

۲۹	۲-۳- مواد
۲۹	۳-۲-۱- پلی اتیلن
30	۳-۲-۲- نشاسته ذرت
۳۰	۳-۲-۳- گلیسرول
31	۳-۲-۴- مالئیک انیدرید پیوند خورده بر روی پلی اتیلن سبک (LDPE-g-MA)
۳۱	۳-۲-۵- نانوذره سیلیکاتی (Cloisite®15A)
۳۲	۳-۳- دستگاه‌های آماده سازی و تهیه نمونه
۳۲	۳-۳-۱- اکسترودر دو مارپیچه
۳۳	۳-۳-۲- اکسترودر دو مارپیچه‌ی Dr.Collin
34	۳-۳-۳- دستگاه اکستروژن فیلم دمشی
۳۴	۳-۳-۴- آون
۳۵	۳-۳-۵- آون خلأ
36	۳-۴- تهیه آلیاژها، نانوکامپوزیت‌ها و کدگذاری آنها
36	۳-۴-۱- تهیه نشاسته گرمانرم
۳۶	۳-۴-۲- تهیه آلیاژهای LDPE-LLDPE-TPS
38	۳-۴-۳- تهیه نانوکامپوزیت‌های LDPE-LLDPE-TPS-Clay
۳۸	۳-۵- دستگاه‌های انجام آزمون
۳۸	۳-۵-۱- طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)
۳۹	۳-۵-۲- دستگاه پراش اشعه X
41	۳-۵-۳- میکروسکوپ پیمایشگر الکترونی SEM
43	۳-۵-۴- پوشش ده طلا
44	۳-۵-۵- میکروسکوپ انتقال الکترونی TEM
46	۳-۵-۶- اولترامیکروتوم جهت آماده سازی نمونه
48	۳-۵-۷- دستگاه Haze meter
49	۳-۵-۸- دستگاه Glass meter
49	۳-۵-۹- دستگاه Universal Testing Machine
50	۳-۵-۱۰- دستگاه Tear Resistance Test
51	۳-۵-۱۱- دستگاه DSC

51	Falling weight impact دستگاه ۱۲-۵-۳
52	MFI دستگاه ۱۳-۵-۳
52	جذب آب ۱۴-۵-۳
53	DMTA دستگاه ۱۵-۵-۳

فصل چهارم : بررسی و تحلیل نتایج

56	۱-۴- مقدمه
56	۲-۴- بررسی خواص آلیاژهای پلی اتیلن سبک - پلی اتیلن سبک خطی - نشاسته گرمانرم
56	۱-۲-۴- طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)
58	۲-۲-۴- شاخص جریان مذاب (MFI)
58	۳-۲-۴- مورفولوژی
60	۴-۲-۴- خواص مکانیکی
63	۵-۲-۴- خواص گرمایی
65	۶-۲-۴- رفتار جذب آب
	۳-۴- بررسی خواص نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن سبک - پلی اتیلن سبک خطی -
66	نشاسته گرمانرم (LDPE-LLDPE-TPS)
66	۱-۳-۴- پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ انتقال الکترونی (TEM)
69	۲-۳-۴- شاخص جریان مذاب (MFI)
70	۳-۳-۴- خواص مکانیکی
75	۴-۳-۴- خواص گرمایی
	۵-۳-۴- جذب آب نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن سبک - پلی اتیلن سبک خطی - نشاسته گرمانرم

77

فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

80	۱-۵- نتیجه‌گیری
81	۲-۵- پیشنهادات

82

منابع

صفحه	فهرست جدول‌ها	عنوان
۵		۱. جدول : پلاستیک‌های عمده و کاربرد آنها
۱۶		۱-۲. جدول : تولید مواد پلاستیکی در جهان و امریکا در سال‌های مختلف
۳۰		۱-۳. جدول : خواص فیزیکی و مکانیکی پلی اتیلن سبک (LDPE)
		۲-۳. جدول : مشخصات نانوذره استفاده شده ۳۲
		۳-۳. جدول : فرمولاسیون‌ها و کدگذاری آلیاژهای LDPE-LLDPE-TPS ۳۷
۳۸		۴-۳. جدول : فرمولاسیون و کدگذاری نانوکامپوزیت‌ها
۶۲		۱-۴. جدول : تغییر مدول یانگ آلیاژها با افزایش مقدار نشاسته
۶۹		۲-۴. جدول : فاصله صفحات و نوع ساختار نمونه‌های نانوکامپوزیتی توسط XRD

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۴	۱. شکل : استفاده عمده از پلاستیک‌ها
۱۹	۱-۲. شکل : ساختار شیمیایی نشاسته، (a) واحد گلوکز، (b) آمیلاز، (c) آمیلوپکتین
۲۱	۲-۲. شکل : ساختار مونت موریلونیت
۲۲	۲-۳. شکل : نمایش شماتیک پراکندگی صفحات سیلیکات لایه‌ای به صورت (a) بلورهای اولیه، (b) لایه‌های متناوب و (c) پراکنشی
۳۱	۱-۳. شکل : ساختار مولکولی LDPE-g-M
۳۱	۲-۳. شکل : ساختار مولکولی نانوذره Cloisite®15A
۳۲	۳-۳. شکل : نمایی از اکسترودر ZSK
۳۳	۴-۳. شکل : گرانول ساز اکسترودر ZSK
۳۳	۵-۳. شکل : اکسترودر Dr.Collin
۳۴	۶-۳. شکل : دستگاه Film Blowing
۳۵	۷-۳. شکل : آون
۳۵	۸-۳. شکل : آون خلاء
۳۷	۹-۳. شکل : نمایی از مانیتورینگ اکسترودر، در هنگام تهیه آمیزه‌ها
۳۷	۱۰-۳. شکل : گرانول‌های بسته بندی شده
۳۹	۱۱-۳. شکل : تصویر شماتیک دستگاه FTIR
۴۰	۱۲-۳. شکل : دستگاه XRD Philips
۴۲	۱۳-۳. شکل : شمایی از طرزکار دستگاه SEM
۴۳	۱۴-۳. شکل : عکسهایی از دستگاه SEM
۴۴	۱۵-۳. شکل : دستگاه پوشش ده طلا
۴۶	۱۶-۳. شکل : دستگاه TEM
۴۷	۱۷-۳. شکل : شمایی از طرزکار دستگاه اولترامیکروتوم
۴۸	۱۸-۳. شکل : شمایی از روش رنگ کردن
۴۸	۱۹-۳. شکل : دستگاه HazeMeter

- ۴۹ . ۲۰-۳ . شکل : دستگاه GlassMeter
- ۵۰ . ۲۱-۳ . شکل : دستگاه Tensile Tester- Zwick Roell
- ۵۰ . ۲۲-۳ . شکل : دستگاه Tearresistancetester – CEAST
- ۵۱ . ۲۳-۳ . شکل : دستگاه DSC
- ۵۲ . ۲۴-۳ . شکل : دستگاه Falling Weight Impact tester- CEAST
- ۵۲ . ۲۵-۳ . شکل : دستگاه MFI
- ۵۳ . ۲۶-۳ . شکل : عکسهایی از دستگاه تست DMTA
- ۱-۴ . شکل : طیف FTIR نمونه سازگار شده پلی اتیلن سبک – پلی اتیلن سبک خطی.
- ۵۷ . ۲-۴ . شکل : واکنش شیمیایی گروه‌های انیدرید سازگارکننده و گروه‌های هیدروکسیل نشاسته
- ۵۷
- ۵۸ . ۳-۴ . شکل : مقادیر شاخص جریان مذاب آلیاژها بر حسب مقدار نشاسته
- ۴-۴ . شکل : تصاویر SEM نمونه‌های آلیاژی پلی اتیلن سبک – پلی اتیلن سبک خطی –
- نشاسته گرمانرم با بزرگنمایی ۲۰۰۰۰ برابر: (الف) LDPE/LLDPE، (ب) C10، (ج) C20، (د) C30
- ۵۹
- ۶۰ . ۵-۴ . شکل : اثر مقدار نشاسته بر استحکام کششی نهایی آلیاژها
- ۶۱ . ۶-۴ . شکل : اثر مقدار نشاسته بر ازدیاد طول در نقطه شکست آلیاژها
- ۶۳ . ۷-۴ . شکل : اثر مقدار نشاسته بر مقاومت ضربه نسبی آلیاژها
- ۶۳ . ۸-۴ . شکل : اثر مقدار نشاسته بر استحکام پاره‌گی آلیاژها
- ۹-۴ . شکل : منحنی‌های DSC آلیاژهای مختلف؛ (الف) منحنی کریستالیزاسیون و (ب) منحنی ذوب
- ۶۵
- ۶۶ . ۱۰-۴ . شکل : جذب آب نمونه‌ها با افزایش مقدار نشاسته و با گذشت زمان
- ۱۱-۴ . شکل : تصاویر پراش اشعه ایکس Cloisite®15A و نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن سبک – پلی اتیلن سبک خطی – نشاسته گرمانرم حاوی مقادیر مختلف خاک رس
- ۶۸
- ۶۸ . ۱۲-۴ . شکل : تصاویر TEM از نمونه‌های نانوکامپوزیتی
- ۷۰ . ۱۳-۴ . شکل : شاخص جریان مذاب نانوکامپوزیت‌ها بر حسب مقدار Cloisite®15A
- ۷۱ . ۱۴-۴ . شکل : اثر مقدار Cloisite®15A بر استحکام کششی نهایی نانوکامپوزیت‌ها
- ۱۵-۴ . شکل : تغییرات مدول یانگ نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن سبک – پلی اتیلن سبک خطی –

- ۷۲ نشاسته گرمانرم با افزایش مقدار Cloisite®15A
- ۱۶-۴ . شکل : منحنی از دیاد طول تا نقطه شکست نانوکامپوزیت های پلی اتیلن سبک _
- ۷۳ پلی اتیلن سبک خطی - نشاسته گرمانرم بر حسب مقدار Cloisite®15A
- ۱۷-۴ . شکل : منحنی استحکام ضربه نسبی نانوکامپوزیت های پلی اتیلن سبک _ پلی اتیلن
- ۷۴ سبک خطی - نشاسته گرمانرم بر حسب مقدار Cloisite®15A
- ۱۸-۴ . شکل : منحنی استحکام پاره‌گی نانوکامپوزیت های پلی اتیلن سبک _ پلی اتیلن سبک خطی -
- ۷۴ نشاسته گرمانرم بر حسب مقدار Cloisite®15A
- ۱۹-۴ . شکل : دمانگاشت های DSC نمونه های نانوکامپوزیتی در مقایسه با نمونه آلیاژی انتخابی:
- ۷۶ (الف) رفتار کریستالیزاسیون، (ب) رفتار ذوب
- ۲۰-۴ . شکل : تغییر جذب آب نانوکامپوزیت های پلی اتیلن سبک _ نشاسته گرمانرم با افزایش
- ۷۷ مقدار cloisite®15A و با گذشت زمان

مقدمه

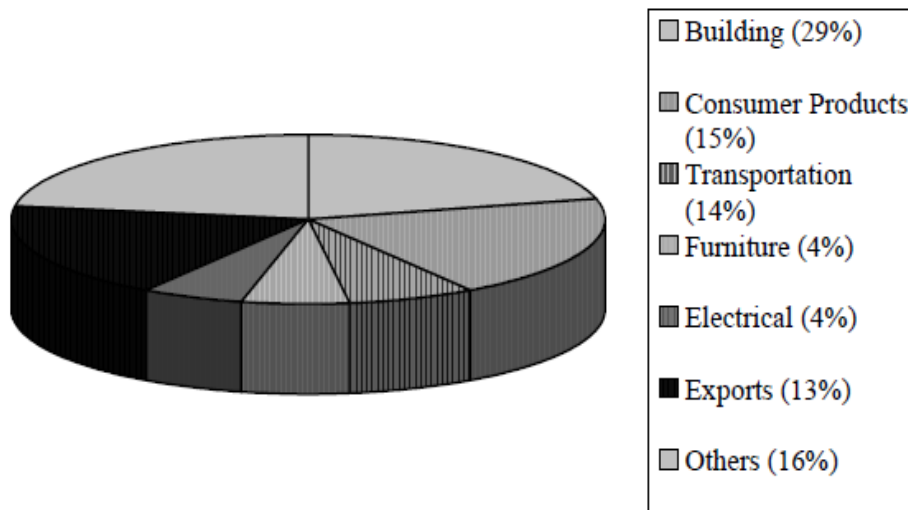
پلیمرهای سنتزی از سال ۱۹۴۰ مورد توجه بسیاری واقع شده‌اند و صنایع مختلف به وسیله پلیمرهای بر پایه مشتقات نفتی مانند پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS)، پلی (اتیلن ترفتالات) (PET)، پلی (وینیل کلراید) (PVC) و غیره دگرگون شده است. تنوع پلاستیک‌ها این امکان را می‌دهد که در کاربردهای مختلفی از اجزای ساده، برای مثال کیسه‌های پلاستیکی و بطری‌ها گرفته تا در ساخت قطعات ماشین، قطعات کامپیوتر، تجهیزات الکترونیکی و موارد دیگر به کار روند. همچنین در کاربردهایی مانند حمل و نقل، بسته‌بندی، ساختمان، لوازم پزشکی، کشاورزی و ارتباطات مفید واقع شده‌اند. علت آن، قابلیت بی نظیر فرآورش^۱ و تأمین خواص مورد نیاز آنهاست. شکل (۱) کاربردهای مختلف پلاستیک‌ها را نشان می‌دهد [۱].

تولید جهانی پلاستیک‌ها سالانه بیش از ۷۸ میلیون تن است و تقریباً نیمی از آن پس از مدت زمان کوتاهی استفاده دور ریخته می‌شوند و بیش از ۳۰ سال در طبیعت باقی می‌مانند. برای مثال، کاربردهای زیاد پلاستیک‌ها در صنعت بسته‌بندی و عمر طولانی مدت آنها می‌تواند به مشکلات زیست محیطی جدی منجر شود. جدول (۱) پلیمرهای گرمانرمی^۲ را نشان می‌دهد که به طور گسترده در ساخت بطری‌ها و فیلم‌ها، مخازن، پوشش‌ها و بسته‌بندی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پلاستیک‌های سنتزی در طبیعت با نرخ ۲۵ میلیون تن در سال جمع آوری می‌شوند و پلی اتیلن ۶۴٪ این مقدار را به خود اختصاص داده است. پلاستیک‌های بر پایه محصولات پتروشیمی مانند پلی اولفین‌ها، پلی استرها و پلی آمیدها به دلیل در دسترس بودن آنها در مقادیر زیاد، قیمت کم و ویژگی‌های عملکرد مطلوب از قبیل استحکام کششی و پاره‌گی خوب، مانع بودن در برابر اکسیژن و ترکیبات آلی و قابلیت درزبندی حرارتی^۳، به طور فزاینده‌ای به عنوان پلاستیک‌های بسته‌بندی به کار رفته‌اند [۲].

^۱ processing

^۲ thermoplastic

^۳ heat sealability



شکل (۱). استفاده عمده از پلاستیک‌ها.

اکثر مواد بسته‌بندی پلاستیکی سبک برای کاربردهای یکبار مصرف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. زمانی که عمر این مواد به پایان می‌رسد دور ریخته می‌شوند. این مواد در حضور میکروب‌ها بادوام و خنثی بوده و بنابراین به دوام طولانی مدت آنها در طبیعت منجر می‌شود. با وجود اینکه این پلاستیک‌ها از مواد نفتی ساخته شده‌اند اما به آسانی زیست تخریب پذیر^۱ نیستند. پلاستیک‌های سنتزی مانند پلی اتیلن و پلی پروپیلن نرخ عبور بخار آب بسیار کمی دارند، به طوری که کاملاً زیست تخریب ناپذیر^۲ هستند و بنابراین به آلودگی محیطی منجر می‌گردند که مشکلات زیست محیطی جدی را در پی خواهد داشت. پلی‌اولفین‌ها در محیط به وسیله میکروارگانیسم^۳ها تخریب نمی‌شوند که به عمر طولانی مدت آنها در محیط زیست کمک می‌کند. از این رو، توجه بسیاری در افزایش زیست تخریب پذیری پلاستیک‌های سنتزی از مخلوط کردن^۴ آنها با پلیمرهای طبیعی ارزان قیمت به وجود آمده است [۳].

^۱ biodegradable

^۲ non-biodegradable

^۳ microorganism

^۴ blending

جدول (۱). پلاستیک‌های عمده و کاربرد آنها.

پلاستیک‌ها	کاربردهای مختلف
پلی اتیلن سبک (LDPE)، پلی اتیلن سبک خطی (LLDPE)، پلی (وینیل کلرید) (PVC)	فیلم‌ها و بسته‌بندی
پلی (اتیلن ترفتالات) (PET)، PVC پلی اتیلن سنگین (HDPE)	بطری‌ها، تیوب‌ها، لوله‌ها و عایق کاری
پلی استیرن (PS)، پلی پروپیلن (PP)، PVC	مخازن، ظروف و کیسه‌ها
LLDPE ، LDPE	پوشش‌ها، عایق کاری، رنگ و بسته‌بندی
پلی یورتان (PUR)	

پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر به عنوان موادی با خواص مشابه پلاستیک‌های معمولی شناخته شده‌اند اما پس از دفع از محیط به وسیله فعالیت میکروارگانیسم^۱ ها تجزیه می‌گردند، CO₂ و H₂O تولید می‌کنند. پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر موقعیت‌هایی برای کاهش ضایعات جامد شهری از طریق بازیافت زیستی به محیط زیست را فراهم کرده و می‌تواند جایگزین محصولات پلاستیکی سنتزی معمولی گردند. به علاوه بهتر است که این پلیمرهای زیست تخریب پذیر برای حفظ محیط زیست در ابتدا از محصولات کشاورزی یا منابع تجدیدپذیر^۲ دیگر بدست آیند. بسیاری از مواد سنتزی مانند پلی اولفین‌ها به وسیله میکروارگانیسم‌ها در محیط تخریب نمی‌شوند که به طول عمر چند ساله آنها کمک می‌شود. زیست تخریب پذیری زمانی رخ می‌دهد که میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری و قارچ، پلیمر را در یک محیط هوازی^۳ و غیرهوازی^۴ تخریب کرده، کربن دی‌اکسید، متان و محصولات طبیعی دیگر از فرآیند تخریب بدست آید. بنابراین، زیست تخریب پذیری می‌تواند به صورت تبدیل اجزای یک پلیمر به کربن دی‌اکسید/متان، اجزای سلولی میکروبی و محصولات جانبی گوناگون به وسیله میکروارگانیسم‌ها بیان شود. میکروارگانیسم‌ها زنجیرهای پلیمری را می‌شکنند و از روش‌های مختلفی این مواد را مصرف می‌کنند [۴].

^۱ microorganism

^۲ renewable

^۳ aerobic

^۴ anaerobic

فصل اول
کلیات

۱-۱- مقدمه

پلی اتیلن (PE) یکی از پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر پرمصرف است و انواع مختلف آن به طور گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها مانند کشاورزی و فیلم‌های بسته‌بندی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از میان آنها، LDPE و LLDPE در صنایع بسته‌بندی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پلیمرهای زیست تخریب پذیر در مقایسه با پلیمرهای غیر زیست تخریب پذیر به طور قابل توجهی گرانتر هستند. راهکارهای جدید برای تولید و فرآورش پلیمر سنتزی با پلیمر طبیعی، جایگزین‌های مفیدی برای کاهش قیمت پلیمرهای زیست تخریب پذیر در بازار هستند. مخلوط کردن پلی اتیلن سبک با یک پلیمر طبیعی مانند نشاسته، حمله میکروارگانیزم‌ها به LDPE و LLDPE و یا مخلوط آنها را تسریع خواهد کرد. بنابراین، نشاسته انتخاب خوبی است، زیرا ماده‌ای ارزان قیمت و فراوان در بازار است بنابراین، قیمت تولید پلیمر زیست تخریب پذیر کاهش خواهد یافت.

بررسی پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته از سال ۱۹۷۰ توسط گریفین^۱ آغاز شده و تا به امروز در آزمایشگاه‌های سراسر جهان ادامه دارد. نشاسته، پایداری گرمایی مناسب با حداقل تداخل^۲ در خواص فرآیندی مذاب و کاهش کمی در کیفیت محصول را فراهم می‌کند. به دلیل زیست تخریب پذیری، در دسترس بودن و قیمت کم به عنوان انتخابی مناسب در کاربردهای مشخص مورد توجه قرار گرفته است. خواص فیزیکی بسیار خوب پلی اولفین‌ها نیز باعث شده به عنوان مواد بسته‌بندی و فیلم بسیار مفید باشند. تحقیقات نشان داده که ترکیب LDPE و LLDPE با ترکیبی از خواص مکانیکی مناسب بسته‌بندی (LLDPE) و فرآیندپذیری مطلوب (LDPE) کارایی بهتری نسبت به هریک به تنهایی نشان می‌دهد. بنابراین، فیلم‌های LDPE/LLDPE مخلوط شده^۳ با نشاسته، انتخاب بالقوه‌ای برای جایگزین شدن با گرمانرم‌های غیر زیست تخریب پذیر در کاربردهای بسته‌بندی است [۵].

^۱ Griffin

^۲ Interference

^۳ blended

۱-۲- بیان مسئله

با افزایش نگرانی‌ها در مورد آلودگی محیط زیست، تجمع ضایعات پلاستیک‌ها به اقدام فوری نیاز دارد. بسته‌بندی‌های پلاستیکی در تجمع ضایعات پلاستیکی در محیط نقش اساسی دارند. افزایش نگرانی‌های عمومی نسبت به کاهش فضای محل دفن زباله‌ها و تجمع زباله‌ها بر روی زمین، توسعه پلاستیک‌های تخریب پذیر را افزایش داده است. تولید پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر به عنوان راه حلی برای حل مشکل ضایعات بسته‌بندی پیشنهاد شده‌اند.

بنابراین، در سال‌های اخیر توجه زیادی در تولید و استفاده از پلیمرهای زیست تخریب پذیر با هدف اصلی جایگزین کردن پلاستیک‌های زیست تخریب ناپذیر مخصوصاً پلاستیک‌های استفاده شده در بسته‌بندی، به وجود آمده است. با وجود اینکه، این پلیمرها خواص لازم را دارند و می‌توانند برای تولید محصولات زیست تخریب پذیر به کار روند، اما به دلیل قیمت بالایی برخی از آنها به طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. این گونه پلیمرهای زیست تخریب پذیر از قبیل سلولز، کیتین، کیتوسان ۴ تا ۶ برابر گرانتر از پلی اتیلن و پروپیلن هستند. تلاش‌های بسیاری بر روی استفاده از بیوپلیمرهای طبیعی ارزان مانند نشاسته صورت گرفته است که کاملاً زیست تخریب پذیر می‌باشد. با این وجود به دلیل خواص ضعیف، این پلیمر به تنهایی برای استفاده گسترده در صنایع پلاستیک مناسب نیست.

افزودن نشاسته به عنوان یک پرکننده به پلی اتیلن‌ها، زیست تخریب پذیری محصول تولید شده را افزایش خواهد داد که برای صنعت بسته‌بندی مناسب است. بسیاری از تحقیقات بر روی مخلوط کردن نشاسته با پلی اتیلن سبک یا پلی اتیلن سبک خطی برای تولید پلیمرهای زیست تخریب پذیر متمرکز شده است. نشاسته ذرت به دلیل خواص زیست تخریب پذیری کامل و قیمت پایین تولید، به عنوان انتخاب مناسبی برای توسعه پلیمرهای زیست تخریب پذیر به کار رفته است.

افزودن مقدار زیاد نشاسته به مخلوط پلی اتیلن‌ها (LDPE و LLDPE)، زیست تخریب پذیری آنها را افزایش خواهد داد. نشاسته، مستعد حمله میکروارگانیسم‌هاست. بنابراین، زمانی که این مواد در محیط رها می‌شوند، میکروارگانیسم‌ها نشاسته را مصرف می‌کنند بطوریکه موادی پر از حفره تشکیل می‌شود. این حالت، تجزیه آسانتر مواد به قطعات کوچکتر را ممکن می‌سازد. همچنین مساحت سطح کلی در برابر نفوذ اکسیژن افزایش می‌یابد. در نتیجه، اکسیداسیون پلی اتیلن آسانتر می‌شود [۶].

افزایش مقدار نشاسته باعث کاهش در استحکام کششی و ازدیاد طول در شکست می‌شود. این کاهش، از چسبندگی ضعیف بین نشاسته و پلی اتیلن‌ها به دلیل اختلاف در قطبیت آنها ناشی می‌شود.

نشاسته به دلیل دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل، پلیمری آبدوست است و در مقابل، پلی اتیلن آبگریز می‌باشد. بنابراین، مخلوط^۱ های پلی اتیلن سبک - پلی اتیلن سبک خطی- نشاسته، امتزاج ناپذیر هستند. عدم سازگاری باعث کاهش خواص مکانیکی آنها می‌گردد. برای بهبود سازگاری این مواد و تقویت چسبندگی بین سطحی و در نتیجه خواص آنها، تلاش‌های بسیاری برای اصلاح نشاسته یا پلی اتیلن انجام گرفته است [۷, ۸]. همچنین استفاده از نرم‌کننده^۲ برای بهبود پراکنش ذرات نشاسته در ماتریس پلی اتیلن و افزایش چسبندگی بین سطحی پلی اتیلن‌ها و نشاسته مورد توجه واقع شده است. افزایش کمک‌کننده‌های فرآیندی توانایی ماده برای فرآورش را نیز افزایش می‌دهند.

به طور کلی، موادی مانند گلیسیرول، سوربیتول، پلی (اتیلن گلیکول) و غیره برای نرم کردن نشاسته به کار می‌روند. استفاده از نرم‌کننده باعث تولید یک ماده رابری با خواص بهتر از نشاسته خالص در کاربردهای مختلف می‌شود. نشاسته اصلاح شده، به عنوان نشاسته گرمانرم (TPS)^۳ شناخته می‌شود. اصلاح شامل شکست ساختار دانه‌های^۴ نشاسته با استفاده از نرم‌کننده‌ها در دما و برش بالا است. در اثر نرم کردن، ساختار نیمه بلوری نشاسته و شکل دانه‌های آن از بین رفته و دانه‌های آن متورم می‌شوند. اما به دلیل اینکه هیچ برهمکنشی بین نرم‌کننده و پلی اتیلن‌ها رخ نمی‌دهد، نرم‌کننده به تنهایی نمی‌تواند خواص بین سطحی نشاسته و پلی اتیلن را بهبود دهد. چسبندگی بین سطحی پلی اتیلن‌ها و نشاسته می‌تواند با افزودن سازگارکننده افزایش یابد. بنابراین، استفاده از سازگارکننده به دلیل کاهش تنش بین سطحی و افزایش چسبندگی بین پلی اتیلن‌ها و نشاسته باعث بهبود خواص مکانیکی آلیاژهای پلی اتیلن سبک - پلی اتیلن سبک خطی- نشاسته می‌شود. اخیراً توجه زیادی در استفاده از پلیمرهای حاوی گروه‌های واکنش پذیر (مثلاً مالئیک انیدرید) به عنوان سازگارکننده به وجود آمده است. مشخص شده است که گروه‌های انیدرید موجود در سازگارکننده می‌توانند با گروه‌های هیدروکسیل نشاسته واکنش دهند و پیوند شیمیایی به وجود آورند که باعث بهبود پراکنش نشاسته و افزایش چسبندگی بین سطحی فازها و در نتیجه تقویت خواص مکانیکی آلیاژها گردد [۹, ۱۰].

یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در زمینه پلیمر، ورود فناوری نانو به این عرصه است. تولید نانوکامپوزیت‌های پلیمر- سیلیکات لایه‌ای^۵، یکی از جدیدترین پیشرفت‌ها در فناوری پلیمر به شمار می‌آید. تولید پلیمرهای نانوکامپوزیتی روز به روز گسترش پیدا کرده و طی سال‌های اخیر استفاده از

^۱ blend

^۲ plasticizer

^۳ thermoplastic starch

^۴ granular

^۵ layered silicate