

تهیه و بررسی خواص فیلم چند جزئی زیست تخریب پذیر در بسته بندی مواد غذایی

سارا طبشی^{۱*}، عبدالرسول ارومیه ای^۲، سعید بازگیر^۳، علی اصغر کتباب^۴

تاریخ دریافت مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۲

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

چکیده

HDPE را در کامپوزیت زیست تخریب پذیر چند جزئی نشاسته / پلی اتیلن سنگین / پلی اتیلن خطی سبک و پلی اتیلن مالئیک انیدرید^۴، از طریق روش مخلوط کن داخلی مورد بررسی قرار داده شد. سپس به بررسی خواص کششی نظیر مدول، استحکام کششی در نقطه تسلیم و درصد ازدیاد طول در نقطه شکست پرداخته شد و نتایج حاصل نشان می دهد که افزایش مقدار LLDPE در آمیزه باعث افزایش قابل توجهی در ازدیاد طول تا نقطه شکست در مقایسه با نسبت ثابتی از آلیاژ پلی اتیلن سنگین و سبک خطی به عنوان نمونه شاهد بوده است. بنابراین فیلم چند جزئی فوق با ترکیب درصد ۳۰٪ LLDPE و ۳۴٪ HDPE و درصد ثابتی از نشاسته و سازگارکننده در شرایط بهینه، بهترین خواص را از خود نشان داده است به طوری که با بررسی خواص زیست تخریب پذیری این آمیزه، مشاهده گردید که بعد از مدت سه ماه در حدود ۱۰٪ نمونه تخریب شده است. میزان گذردهی اکسیژن در آمیزه چند جزئی حاوی ۳۰٪ LLDPE حاکی از کاهش بیش از ۵۰٪ مقدار اکسیژن عبوری، نسبت به آلیاژ HDPE/LLDPE گردیده است.

واژه های کلیدی

کامپوزیت زیست تخریب پذیر، پلی اتیلن سنگین، پلی اتیلن سبک خطی LLDPE، نشاسته، خواص مکانیکی و گذردهی اکسیژن.

در طی سال های اخیر استفاده از پلی مرهای^۵ زیست تخریب پذیر در تولید مواد بسته بندی، مورد توجه تولیدکنندگان قرار گرفته است. بسته بندی های زیست تخریب پذیر بر پایه بیوپلی مرها^۶ و پلی مرهای سنتزی^۷ هستند که به طور معمول از نشاسته و پلی اولفین های^۸ نظیر پلی اتیلن سبک^۹، پلی اتیلن سنگین^{۱۰}، پلی پروپیلن^{۱۱} و پلی استایرن^{۱۲} استفاده می گردد. فیلم های زیست تخریب پذیر تولید شده بر پایه نشاسته و پلی اتیلن سنگین دارای مزایایی چون، زیست تخریب پذیری، مقاومت در برابر مواد شیمیایی و تنش های شکننده ی محیط می باشد؛ اما وجود معایبی مانند انعطاف پذیری و مقاومت ضربه پایین، استفاده از آنها را محدود می سازد. در این پژوهش، اثر ترکیب درصدهای متفاوتی از LLDPE^{۱۳} و

۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع پلی مر، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.

(*) نویسنده مسئول: sara_tabashi@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی پژوهشگاه پلی مر و پتروشیمی ایران.

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴- دکترای مهندسی پلی مر، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

- 5- Polymers
- 6- Biopolymers
- 7- Synthetic
- 8- Polyolefines
- 9- Low density polyethylene
- 10- High density polyethylene
- 11- Polypropylene
- 12- Polystyrene
- 13- Linear low density polyethylene

14- Anhydride

استفاده از روش‌های نوین در بسته‌بندی محصولات غذایی به دلیل قابلیت بازیافت و تجزیه‌پذیری (قابلیت برگشت به چرخه طبیعت به صورت انرژی)، فوایدی را برای جامعه به ارمغان می‌آورد [۴]. امروزه طبق آمارهای به دست آمده حداقل بیشتر از ۳۰ درصد از کل پلاستیک‌ها در صنعت بسته‌بندی و بیش از نیمی از آن‌ها، برای بسته‌بندی مواد غذایی به کار می‌روند. این امر نشانگر کاربرد بسیار مهم این مواد می‌باشد [۵]. با توجه به مشکل آلودگی محیط زیست به وسیله پلاستیک‌ها و عدم تخریب آن‌ها، پلاستیک‌های زیست تخریب‌پذیر اهمیت خاصی پیدا کرده‌اند که در این میان نیز پلاستیک‌های تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته به دلیل ارزان و تجدیدپذیر بودن جزء نشاسته، مورد توجه ویژه محققان قرار گرفته است [۱]. نشاسته یک کربوهیدراتی^۱ طبیعی و زیست تخریب‌پذیر است. از مهم‌ترین چالش‌هایی که در تهیه آمیزه‌های پایه نشاسته وجود دارد می‌توان به مشکلات امتزاج‌پذیری و افت خواص مکانیکی آمیزه در مقادیر بالای نشاسته اشاره کرد [۶]. افزودن نشاسته به پلی‌الفین‌ها می‌تواند روش قابل قبولی در افزایش زیست تخریب‌پذیری پلاستیک‌ها باشد. از جمله مواد پلی‌میری مورد مصرف در بسته‌بندی، پلی‌الفین‌ها هستند که از بین آن‌ها پلی‌اتیلن به علت طیف گسترده‌ی کاربردی خود جزء مواد استثنایی در صنعت پلاستیک محسوب می‌شود [۷]. پلی‌اتیلن، اکنون به طور عمده در سه نوع پایه (LDPE, LLDPE, HDPE) تولید می‌شود. بسته‌بندی تولید شده با پلی‌اتیلن سنگین، سفت‌تر و شفاف‌تر بوده، فرآیندپذیری آن آسان و نفوذ ناپذیری آن در برابر رطوبت خوب است، دارای مقاومت مکانیکی بالاتر و استحکام کششی بیشتر است ولی این نوع پلی‌اتیلن دارای معایبی از جمله انعطاف‌پذیری و مقاومت ضربه‌ی پایین‌تری نسبت به سایر پلی‌اتیلن‌ها می‌باشد. از طرفی پلی‌اتیلن سبک خطی در مقابل پارگی و سوراخ شدن مقاومت داشته و استحکام و کشش بهتری را نشان می‌دهد [۸].

1- Carbohydrate

به همین دلیل از آن در بسته‌بندی مواد غذایی، فیلم‌های کششی، کیسه‌های حمل مواد سنگین و کیسه‌های زیاله استفاده شده است [۲]. اکثر پلی‌مرهای سنتزی^۲ آبگریز^۳ هستند و از نظر ترمودینامیکی^۴ با نشاسته آبدوست^۵، امتزاج‌پذیر نیستند. بنابراین اختلاط ساده نشاسته و پلی‌اتیلن منجر به عدم سازگاری فازها خواهد شد، از این رو استفاده از سازگارکننده مناسب در هنگام فرآیند کردن آمیزه ضروری است. سازگارکننده‌هایی که عمدتاً در تهیه این آمیزه‌ها استفاده می‌شوند عبارتند از: پلی‌وینیل الکل^۶ و اتیلن وینیل استات^۷، پلی‌وینیل بوتیرات^۸، پلی‌اتیلن شاخه‌دار شده با مالئیک انیدرید و پلی‌پروپیلن شاخه‌دار شده با مالئیک انیدرید و غیره که کاربرد گسترده‌ای در صنایع بسته‌بندی و محصولات بهداشتی، پوشش‌دهی کاغذ و غیره پیدا کرده‌اند [۸]. تحقیقات نشان می‌دهند تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از بسته‌بندی طرفدار محیط زیست بیشتر شده است به طوری که اکثر آن‌ها به دنبال خرید آن دسته از محصولات و مواد غذایی هستند که دارای چنین بسته‌بندی‌هایی باشند.

در این تحقیق، فیلم زیست تخریب‌پذیر چندجزئی از نشاسته/ پلی‌اتیلن سنگین/ پلی‌اتیلن سبک خطی/ پلی‌اتیلن مالئیک انیدرید تهیه گردید. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی، زیست تخریب‌پذیری و خواص گذردهی فیلم حاصل نسبت به اکسیژن مورد مطالعه قرار گرفت.

2- Synthetic

3- Hydrophobic

4- Thermodynamic

5- Hydrophilic

6- Ethylene vinyl alcohol

7- Polyvinyl acetate

8- Butyrate

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در این تحقیق، گرانول پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) محصول کمپانی سایبیک^۱ عربستان گرید B5429، گرانول پلی‌اتیلن خطی سبک (LLDPE)، محصول مجتمع پتروشیمی اراک، گرید LL0209AA و نشاسته ذرت از شرکت گلوکوزان تهیه شد. همچنین پلی‌اتیلن کرافت مالئیک انیدرید محصول کارخانه کرانگین، به عنوان سازگارکننده استفاده شد.

۲-۲- دستگاه‌ها

برای اختلاط نمونه‌ها از مخلوط‌کن داخلی (مدل^۲ ساخت کشور آلمان) و برای تهیه صفحات نازک، نمونه‌های ساخته شده از دستگاه پرس گرم^۳ استفاده شد. به منظور بررسی خواص مکانیکی دستگاه آزمون مکانیکی (مدل^۴ ساخت کشور تایوان) و برای آزمون گذردهی اکسیژن از دستگاه عبوردهی اکسیژن (مدل Perme ox2/231 ساخت کشور چین) استفاده شد.

۲-۳- روش تهیه کامپوزیت زیست تخریب‌پذیر چند

جزئی پلی‌اتیلن سنگین، پلی‌اتیلن خطی سبک، نشاسته و پلی‌اتیلن مالئیک انیدرید

برای به دست آوردن ترکیب درصد مناسب از بین درصدهای مختلف LLDPE در کامپوزیت زیست تخریب‌پذیر پلی‌اتیلن - نشاسته - مالئیک انیدرید، طبق فرمولاسیون^۵ (جدول ۱) آمیزه‌سازی انجام شده است.

نکته‌ی قابل توجه قبل از شروع اختلاط این است که، گرانول‌های پلی‌اتیلن سبک خطی، پلی‌اتیلن سنگین، نشاسته و سازگارکننده را به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون در دمای ۷۰ درجه کاملاً خشک کرده تا رطوبت موجود در آن به حداقل مقدار ممکن برسد. سپس نشاسته را به نسبت سه به یک با گلیسرول^۶ به عنوان نرم‌کننده ترکیب کرده و در نهایت طبق درصدهای وزنی بیان شده در هر فرمولاسیون، اجزای هر آمیزه را در یک مرحله توسط دستگاه مخلوط‌کن داخلی تحت دمای ۱۵۰ °C و زمان ۵ دقیقه مخلوط نمایید. همچنین آلیاژ پلی‌اتیلن سنگین و سبک خطی با درصد وزنی مشخص شده در (جدول ۱) را تحت شرایط فرآیندی مشابه، به عنوان نمونه‌ی شاهد در نظر بگیرید.

جدول ۱- درصدهای وزنی LLDPE در کامپوزیت زیست تخریب‌پذیر HDPE/LLDPE/STARCH با سازگارکننده

PE-g-MA					
کد نمونه	فرمولاسیون	(%)Wt(HDPE)	(Wt%) LLDPE	Starch(Wt%)	PE-g-MA(Wt%)
۱	HDPE/LLDPE/S T/ PE-g-MA	۶۴	۰	۳۰	۶
۲		۵۴	۱۰	۳۰	۶
۳		۴۴	۲۰	۳۰	۶
۴		۳۴	۳۰	۳۰	۶
۵	HDPE/LLDPE	۷۰	۳۰	۰	۰

- 1- Sabic
- 2- Brabender internal mixer
- 3- Minitest press
- 4- Cometech Testing machines Co., LTD

5- Formulation

6- Glycerol

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

بسته‌بندی

۳- آزمون‌ها

۳-۱- آزمون مکانیکی

آزمون کشش، روشی برای تعیین رفتار مواد به هنگام اعمال نیرو تحت کشش محوری می‌باشد. از نتایج حاصل از این آزمون برای تعیین محدوده‌ی الاستیک^۱ و پلاستیک، ازدیاد طول، مدول^۲ الاستیک (یانگ^۳)، استحکام کششی، نقطه تسلیم، استحکام در نقطه‌ی تسلیم و دیگر ویژگی‌های کششی استفاده می‌شود. آزمون مکانیکی بر روی فیلم‌هایی به ابعاد $100 \times 10 \times 0.2$ mm با سرعت کشش 50 mm/min طبق استاندارد ASTM D-882 انجام شده است و رابطه تنش و کرنش به کمک رایانه ثبت شد و به صورت نمودار و جدول به دست آمد.

۳-۲- آزمون گذردهی اکسیژن

این آزمایش بر طبق استاندارد ASTM D 1434 انجام شد. تراوایی گاز معمولاً برحسب سانتی‌متر مکعب گاز عبوری در یک متر مربع از فیلم در مدت ۲۴ ساعت، هنگامی که اختلاف فشار گاز دو طرف فیلم در دمای معین، یک اتمسفر^۴ باشد، اندازه‌گیری می‌شود. این آزمون بر روی فیلم حاوی ۳۰ درصد وزنی LLDPE در کامپوزیت چند جزئی HDPE/LLDPE/St/MA-g-PE و فیلم پلی‌اتیلن سبک خطی و سنگین به عنوان نمونه شاهد صورت گرفت.

۳-۳- آزمون زیست تخریب‌پذیری در لجن فعال

برای تخریب نمونه از آزمون زیست تخریب‌پذیری در محیط لجن فعال استفاده شد. در انجام این آزمون، از هر نمونه، ۳ قطعه با ابعاد $5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ بریده شد و با یک ترازوی حساس با دقت 0.0001 وزن شد. نمونه‌ها در طول سه ماه داخل سامانه لجن فعال، قرار داده شد. پس از

- 1- Elastic
- 2- Modulud
- 3- Young
- 4- Atmosphere

دوره‌های زمانی مشخص، از هر نمونه یک قطعه برداشته می‌شد و پس از شست‌وشو با آب مقطر، در داخل آون با دمای 70°C به مدت ۲ ساعت گذاشته می‌شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن توزین می‌شدند. تفاوت وزنی حاصل شده به عنوان معیاری از میزان زیست تخریب‌پذیری در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که این آزمون بر روی فیلم حاوی ۳۰ درصد وزنی LLDPE در کامپوزیت چند جزئی HDPE/LLDPE/St/MA-g-PE و فیلم آلیاژ پلی‌اتیلن سبک خطی و سنگین صورت گرفت.

۴- نتایج و بحث

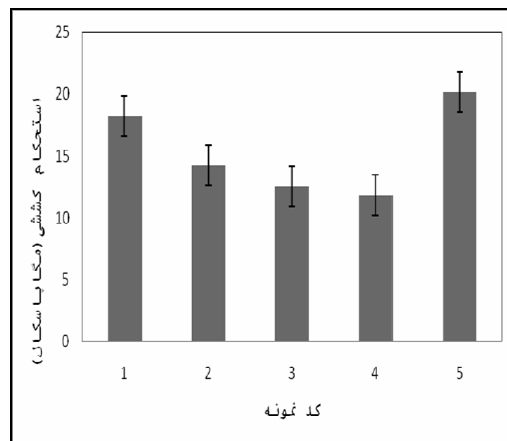
۴-۱- خواص مکانیکی آمیزه‌ها

در این آزمون، خواص مکانیکی آمیزه‌های دارای ترکیب درصدهای متفاوت از پلی‌مر LLDPE و HDPE در حضور سازگارکننده PE-g-MA با ترکیب درصد ثابت، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به توضیح است که این آزمون برای هر نمونه ۵ بار تکرار شده و نتایج با نمونه خالص با نسبت وزنی ۷۰ به ۳۰ از HDPE و LLDPE (نمونه شاهد) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مربوط به عامل مدول یانگ، تنش در نقطه تسلیم و ازدیاد طول در نقطه پارگی، در آزمون کشش، بین آمیزه‌ها در (نمودار ۱، ۲ و ۳) آمده است.

۴-۱-۱- استحکام کششی

کاهش استحکام کششی آمیزه به دلیل چسبندگی ضعیف‌تر و سازگاری نامناسب‌تر دو فاز آبدوست و آبگریز نشاسته و پلی‌اتیلن نسبت به آلیاژ پلی‌اتیلن سنگین و سبک خطی شده است [۹]. همانطور که در (نمودار ۱) مشاهده می‌شود با اضافه شدن ۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ وزنی از LLDPE و کاهش مقدار HDPE در ترکیب کامپوزیت، استحکام کششی کاهش می‌یابد [۱۰ و ۱۲]. در این راستا احتمال دارد که آلیاژ شدن این دو نوع پلی‌اتیلن در بعضی از نقاط

به دلیل تفاوت در نقطه کریستالینیتی^۱ دچار تمرکز تنش شده و در نتیجه با افزایش میزان LLDPE و کاهش HDPE مقدار استحکام کششی کاهش یابد.



نمودار ۱- نمودار میله‌ای استحکام کششی در نقطه‌ی تسلیم برای آمیزه‌ها دارای ترکیب درصد‌های متفاوت از HDPE و LLDPE در حضور سازگارکننده PE-g-MA در مقایسه با نمونه شاهد HDPE/LLDPE.

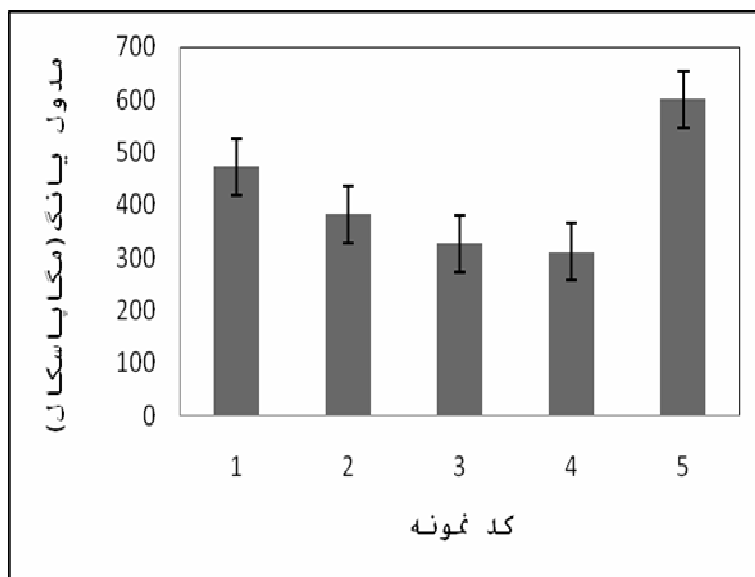
۴-۱-۲- مدول یانگ

با توجه به نتایج مدول یانگ در (نمودار ۲)، در آمیزه‌ها با کد ۱، ۲، ۳ و ۴ با افزایش درصد LLDPE و کاهش HDPE، مقدار مدول یانگ به ترتیب ۴۷۲، ۳۸۲، ۳۲۷ و ۳۱۲ مگاپاسکال رسیده است [۱۳].

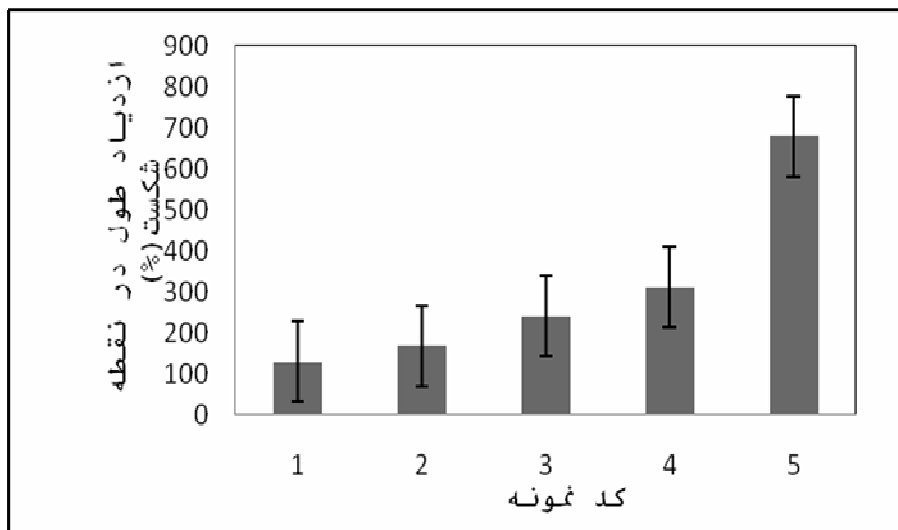
از آنجایی که HDPE صلب‌تر از LLDPE است با کاهش مقدار پلی اتیلن سنگین (HDPE) مدول یانگ، نیز کاهش می‌یابد. در (نمودار ۲) به صورت نمودار میله‌ای گزارش داده شده است.

۴-۱-۳- ازدیاد طول در پارگی

با بررسی ازدیاد طول در نقطه‌ی پارگی در کامپوزیت‌های چند جزئی PE-g- /HDPE/LLDPE/ST/MA، مشخص شد که در اثر افزایش درصد وزنی LLDPE و کاهش HDPE، در نمونه‌ها با کد ۱، ۲، ۳ و ۴، میزان ازدیاد طول در نقطه شکست به ترتیب ۱۳۰/۴۷، ۱۶۸/۶۰، ۲۴۱/۳۰ و ۳۱۰/۴۰ درصد می‌باشد.



نمودار ۲- نمودار میله‌ای مدول یانگ برای آمیزه‌ها دارای ترکیب درصد‌های متفاوت از HDPE و LLDPE در حضور سازگارکننده PE-g-MA در مقایسه با نمونه شاهد HDPE/LLDPE.



نمودار ۳- نمودار میله‌ای ازدیاد طول در نقطه‌ی شکست برای آمیزه‌های دارای ترکیب درصد‌های متفاوت از LLDPE و HDPE در حضور سازگارکننده PE-g-MA در مقایسه با نمونه خالص HDPE/LLDPE

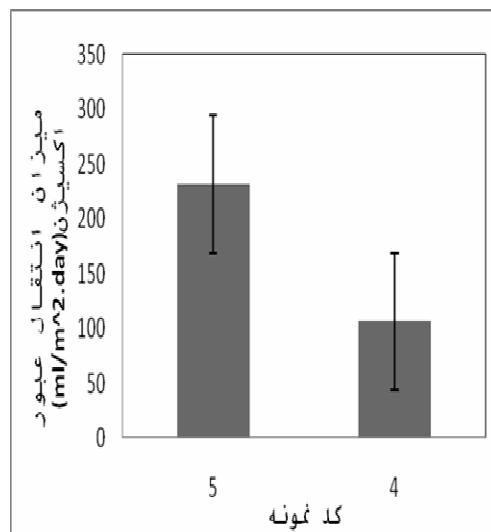
۴-۲- بررسی میزان عبور پذیری آمیزه‌ها در برابر گاز اکسیژن

نتایج آزمون عبورپذیری در برابر اکسیژن به صورت نمودار میله‌ای در (نمودار ۴) آورده شده است. پخش نشاسته در پلی اتیلن سبک خطی و پلی اتیلن سنگین باعث کاهش نفوذپذیری گازی می‌گردد. در نمونه‌ی حاوی HDPE/LLDPE/Starch/PE-g-MA با ترکیب درصد (۳۴/۳۰/۳۰/۶) کاهش بسیار خوبی در میزان عبور پذیری اکسیژن مشاهده شده است. این کاهش به دلیل قرار گرفتن سازگارکننده در بین ساختار آمورف نشاسته و ماتریس پلی مر می‌باشد. در واقع حضور پلی اتیلن مالتیک انیدرید باعث نفوذ مناسب ذرات نشاسته در داخل شبکه ماتریس پلی اتیلن شده و مانند یک سد فیزیکی از حرکت مستقیم گاز در درون فیلم پلی مری جلوگیری می‌کند و منجر به کاهش بیش‌تر از ۵۰ درصد در گذردهی گاز اکسیژن نسبت به پلی اتیلن خالص (نمونه شاهد) شده است.

که نتایج حاصل در (نمودار ۳) روی نمودار میله‌ای نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود آمیزه‌ی شماره ۴ که حاوی ۳۰ درصد پلی اتیلن سبک خطی، بیشترین ازدیاد طول را دارد. که احتمال می‌رود به علت خطی بودن زنجیره‌های پلی اتیلن سبک خطی نسبت به پلی اتیلن سنگین انعطاف بیشتر و در نتیجه ازدیاد طول بیشتری را از خود نشان دهد [۶، ۱۴].

به طور کلی با مقایسه نتایج حاصل از آزمون کشش، در نمونه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ با نمونه شاهد (نمونه ۵)، مشاهده می‌شود که افزودن نشاسته، باعث کاهش خواص مکانیکی می‌شود. در این تحقیق با افزایش ۳۰ درصد وزنی پلی اتیلن سبک خطی به آمیزه (نمونه ۴)، افزایش قابل توجهی از درصد ازدیاد طول در نقطه پارگی نسبت به نمونه‌های ۱، ۲ و ۳ قابل مشاهده است که نشان‌دهنده بهبود خولص مکانیکی نسبت به نمونه شاهد می‌باشد.

نتایج به دست آمده از (جدول ۲) نشان می دهد که سرعت کاهش وزن آلیاژ HDPE/LLDPE بسیار ناچیز است و در عمل وزن آن در طی ۳ ماه هیچ تغییری نمی کند که با توجه به ساختار غیر قطبی و به شدت آبگریز پلی اتیلن و عدم وجود گروه های عاملی بر روی زنجیره های آن چندان دور از انتظار نیست. از طرف دیگر در آمیزه های چند جزئی فوق سرعت کاهش وزن و یا به عبارت دیگر زیست تخریب پذیری افزایش می یابد. با نفوذ میکروارگانیسم ها^۱ به داخل شبکه ی پلی مری و مصرف نشاسته یک شبکه ی خلل و فرج دار ایجاد می کنند که باعث افزایش سطح تماس بین میکرو ب ها و نمونه ی پلی مری شده و در نهایت روی تخریب پلی اتیلن نیز اثر می گذارد.



نمودار ۴- نمودار میله ای عبور پذیری نمونه های حاوی ۳۰٪ LLDPE در برابر اکسیژن

۵- نتیجه گیری

بر اساس مطالعات و آزمایش های انجام گرفته در این تحقیق با بررسی خواص مکانیکی از قبیل آزمون کشش و مقاومت به پارگی، نتایج نشان می دهد که با افزودن ۳۰ درصد وزنی پلی اتیلن سبک خطی در کامپوزیت، خاصیت ازدیاد طول (نسبت به سایر کامپوزیت ها) تا حد زیادی افزایش یافته است. در واقع باعث بهبود برخی خواص می شود. همچنین در بررسی خواص عبور پذیری گاز اکسیژن در کامپوزیت چند جزئی با درصد وزنی HDPE/30%LLDPE/30%Starch/6%PE-g-MA 34% کاهش بیش از ۵۰٪ مقدار اکسیژن عبوری، نسبت به آلیاژ HDPE/LLDPE، مشاهده شد که به دلیل قرارگیری مناسب نشاسته در شبکه ماتریس فوق می باشد. در بررسی

۴-۳- زیست تخریب پذیری نمونه ها

۴-۳-۱- اندازه گیری کاهش وزن با قرار دادن در محیط لجن فعال

یکی از روش های بررسی زیست تخریب پذیری نمونه ها، وزن کردن نمونه ها قبل و بعد از آزمون زیست تخریب پذیری می باشد [۱۵].

دو نمونه ی شاهد آلیاژ پلی اتیلن سنگین / پلی اتیلن سبک خطی و کامپوزیت HDPE/LLDPE/Starch/PE-g-MA با ترکیب درصد (۳۴/۳۰/۳۰/۶) را در فواصل زمانی مشخص از دستگاه لجن فعال خارج کرده و آن ها را وزن نمودند. در (جدول ۲) میزان درصد کاهش وزن نمونه ها در طول دوره ی سه ماهه درج گردیده است.

جدول ۲- درصد افت وزن نمونه ها پس از هر دوره زمانی مشخص شده در آزمون زیست تخریب پذیری در لجن

درصد افت وزن نمونه ها بعد از هر دوره ی مشخص شده (٪)				
کد نمونه	نمونه	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
۱	70%HDPE/30%LLDPE	۰	۰/۰۳	۰/۰۹
۲	34%HDPE/30%LLDPE/30%St/6%PE-g-MA	۱/۲۳	۴/۶۱	۱۰/۱

biodegradable potato starch based LDPE, African”, J.of Biotechnology, V.9(26),4075-4080, 28,June,2010.

10. Ahmed, J., Mechanical, rheological, and thermal properties of starch-based Nanocomposites. Starch-based polymeric materials and nanocomposites: chemistry, processing, and applications, p. 325. 2012.

11. Kurian, P., Studies on HDPE/LLDPE blends, Cochin university of science and technology. 1992.

12. Saeed Hanifi, Abdulrasoul Oromiehie, Shervin Ahmadi*, Hassan Farhadnejad, “The Effect corn starch and montmorillonite nanocomposites reinforced polypropylene: Preparation and investigation of the properties and biodegradability”, J. of Vinyl and additive technology, , P1-35, May 2012.

13. Olewnik ,E., K. Garman, and W. Czerwiński, “Thermal properties of new composites based on nanoclay, polyethylene and polypropylene”, Journal of thermal analysis and calorimetry, 101(1): p. 323-329. 2010.

14. Abdulrasoul Oromiehie, Peghah Gusheh , “Preparation of biodegradable PE/Starch composites and characterization their properties”, J. of packaging sciences and Skills, No.2, 2010.

15. Mortazavi, S., I. Ghasemi, and A. Oromiehie, Effect of phase inversion on the physical and mechanical properties of low density polyethylene/thermoplastic starch. Polymer testing .(3)32.P.482-491. 2013.

آدرس نویسنده

تهران- خیابان ولیعصر- بعد از پارک ساعی-
کوچه همسایگان- پلاک ۲- واحد ۹- شرکت
خاتم پلی مر.

تعیین میزان تخریب پذیری آمیزه ها با توجه به روش کاهش وزن در فواصل زمانی مشخص، سطح نمونه کامپوزیت حاوی نشاسته بعد از ۶۰ به میزان ۱۰ درصد تخریب داشته و حفره هایی در سطح نمونه دیده شده است.

۶- منابع

۱. باریکانی، مهدی و همکاران. «تهیه و مطالعه پلی اتیلن تخریب پذیر بر پایه نشاسته» مجله علوم و فنون تکنولوژی پلی مر، سال هجدهم، شماره ۲، صفحه ۱۰۷-۱۱۴، ۱۳۸۴.

۲. دکتر ارومیه ای، عبدالرسول. «پلاستیک های بسته بندی مواد غذایی و دارویی» اصول و روش های آزمون، تابستان ۱۳۸۹.

۳. حسین خانی، ه و همکاران. «بررسی خواص مکانیکی آلیاژ پلی اتیلن سنگین و پلی اتیلن خطی سبک» مجله علوم و تکنولوژی پلی مر. ۱۰(۴). تابستان ۱۳۷۶.

4. Abdulrasoul Oromiehie. “The roll of packaging industries in development of country economic” technology and development packaging industries”, Journal, P.30, No.64, 2011.

5. Lau, O.-W. and S.-K. Wong, “Contamination in food from packaging material”, Journal of chromatography A, 882(1): p. 255-270. 2000.

6. Chandra, R. and R. Rustgi, Biodegradable polymers. Progress in polymer science, 23(7): p. 1273-1335. 1998.

7. Abdulrasoul oromiehie, T.Taherzadeh “Studies the physical and mechanical properties of PE/Starch blends”, Journal of applied chemical researches (JACR) Persian,2010.

8. Ogah, A. and J. Afiukwa, “The effects of linear low- density polythylene(LLDPE) on the mechanical properties of high-density polyethylene (HDPE) film blends”, International journal of engineering & management sciences, 3(2). 2012.

9. M. Borghei, A.R. Karbassi, Abdulrasoul Oromiehie, Sh. Khrannezhadian, “Microbial