

تاثیر سازگارکننده‌های مالئیک انیدرید پلی اتیلن و پلی اتیلن گلیکول بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت کاه گندم/پلی اتیلن

مرجان حاجی باقر نائینی^{۱*}، بهجت تاج‌الدین^۲، غلامحسین اسدی^۳، بابک غیائی طرزی^۴

تاریخ دریافت ۱۳۹۳/۰۱/۲۸

تاریخ پذیرش ۱۳۹۳/۰۷/۱۲

چکیده

در این پژوهش، تاثیر دو سازگارکننده مالئیک انیدرید پلی اتیلن (MAPE^۱) و پلی اتیلن گلیکول (PEG^۲) بر ویژگی‌های مکانیکی (خمشی و کششی) و فیزیکی (زیست تخریب‌پذیری و جذب آب) کامپوزیت طبیعی ساخته شده از ۵۰ درصد پلی اتیلن با دانسیته پایین و ۴۰ درصد آرد کاه گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تاثیر نوع سازگارکننده بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی معنی‌دار است ($p < 0.05$). با توجه به یافته‌ها مشاهده شد که میزان تخریب‌پذیری و جذب آب نمونه‌های بدون سازگارکننده به ترتیب به میزان ۷/۸ درصد و ۱۶ درصد از تمامی نمونه‌ها و میزان تخریب‌پذیری و جذب آب نمونه‌های حاوی PEG به ترتیب به میزان ۱۳/۱ درصد و ۶/۵ درصد از انواع دارای MAPE بیشتر بود، لذا هنگامی که زیست‌تخریب‌پذیری زیاد مدنظر باشد، نمونه‌های حاوی PEG و هنگامی که مقاومت به جذب آب مدنظر است، نمونه‌های حاوی MAPE مناسب هستند. همچنین نتایج آزمون‌های مکانیکی نشان می‌دهد که نمونه حاوی سازگارکننده MAPE بالاترین میزان استحکام خمشی و کششی به ترتیب ۴۱/۳۶ مگاپاسکال و ۳۶۵/۵ مگاپاسکال را نسبت به سایر نمونه‌ها داشت.

واژه‌های کلیدی: جذب آب، زیست تخریب‌پذیری، سازگارکننده، کامپوزیت طبیعی، ویژگی‌های مکانیکی

است (زاهدی و همکاران، ۱۳۸۹).

مقدمه

مهمترین مشکل مواد بسته‌بندی سنتزی زمان‌بر بودن فرآیند تجزیه آنها می‌باشد که باعث آلودگی محیط زیست می‌گردند. نگرانی در مورد مشکلات زیست محیطی ناشی از مواد بسته‌بندی پلاستیکی حاصل از فرآورده‌های نفتی و تخریب ناپذیر و همچنین تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات غذایی با کیفیت بالا پژوهشگران را طی سال‌های اخیر به یافتن جایگزین‌های مناسب برای این نوع مواد بسته‌بندی و تحقیق در مورد بیوپلیمرها که قابلیت زیست تخریب‌پذیری فوق‌العاده‌ای دارند، واداشته و منجر به توسعه مواد سبزی یا کامپوزیت زیستی شده است (زاهدی و همکاران، ۱۳۸۸).

بدین منظور می‌توان از کامپوزیت‌ها که شامل سه فاز ماده زمینه یا ماتریس (پلیمر سنتزی)، تقویت‌کننده (الیاف) و سازگارکننده می‌باشند استفاده کرد. نقش اصلی فاز زمینه نگهداری الیاف و انتقال تنش به فاز تقویت‌کننده است، وظیفه فاز تقویت‌کننده، تحمل تنش‌های مکانیکی وارده است، فاز تقویت‌کننده معمولاً سفت‌تر و محکم‌تر از فاز زمینه است کامپوزیت‌ها می‌توانند بوسیله الیاف طبیعی یا مصنوعی شامل تالک، کربنات کلسیم و سیلیکا تقویت شوند (رضائی و همکاران، ۱۳۹۰). الیاف طبیعی در مقایسه با الیاف مصنوعی از مزایایی مانند فراوانی، وزن کمتر، هزینه پایین‌تر، همچنین

در صنعت غذا، بسته‌بندی یکی از عوامل موثر در حفظ کیفیت ایمنی غذا می‌باشد. با توجه به رشد روز افزون جمعیت، نگهداری تولیدات غذایی و بالا بردن ماندگاری آنها از مهمترین چالش‌های پیش روی ما است (Siracusa et al., 2008). در طی ۳۰ سال گذشته با رشد جمعیت، پلاستیک‌ها نقش مهمی را در تغییر شکل زندگی مردم ایفا نموده‌اند و مقدار مصرف آنها در جوامع توسعه‌یافته و در حال توسعه همچنان در حال افزایش است، دلیل این امر دسترسی فراوان به ماده اولیه، هزینه نسبتاً پایین، ویژگی‌های مکانیکی مطلوب، بازدارندگی خوب در برابر اکسیژن، دی‌اکسید کربن و ترکیبات معطر

۱، ۳ و ۴. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
۲. استادیار، گروه صنایع غذایی و مسائل پس از برداشت (مهندسی بسته‌بندی)، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج
* - نویسنده مسئول: (Email: assal_hbn@yahoo.com)

5 Polyethylene glycol
6 Maleic anhydride polyethylene

بدون PEG می‌باشند که به علت بهبود خیس شدگی^۱ توسط پلاستی سایزر در پلیمر می‌باشد.

در سال ۲۰۱۰ ذبیح زاده، تاثیر عامل سازگارکننده را بر جذب آب کامپوزیت‌های لیگنوسلولزی / پلی اتیلن سنگین بررسی کرد، نتایج نشان داد که استفاده از سازگارکننده MAPE سبب مقاومت در جذب رطوبت توسط کامپوزیت‌ها می‌شود.

کاه گندم از محصولات جانبی کشاورزی است که در کامپوزیت‌های پلیمری استفاده می‌شود، سالانه در سراسر جهان مقادیر زیادی از آن تولید می‌شود، مقدار متوسط تولید سالانه کاه گندم در ایران ۱۸ میلیون تن می‌باشد. در ایران بخش اصلی کاه و کلش به عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علاوه میزان کاه گندم در برخی از مناطق کشور بیش از نیاز خوراک دام بوده و بدون استفاده می‌ماند بطوریکه شاهد پوسیده شدن و از بین رفتن آن هستیم (مردانیان و همکاران ۲۰۰۳، وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹-۱۳۹۰). هدف از این تحقیق رسیدن به سازگارکننده‌ای است که بتواند ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی مطلوب در کامپوزیت طبیعی کاه گندم- پلی اتیلن ایجاد نماید و قابل کاربرد در بسته‌بندی مواد غذایی باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

پلی اتیلن سبک (LDPE^۲) با وزن مخصوص 0.92 g/cm^3 و شاخص جریان مذاب $2 \text{ g}/10 \text{ min}$ از مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی به صورت گرانول تهیه گردید و بعنوان فاز پیوسته پلیمری به کار گرفته شد. کاه گندم رقم پیش‌تاز با اندازه مش ۴۰ به عنوان پرکننده آلی مورد استفاده قرار گرفت. سازگارکننده‌های MAPE به مقدار ۰/۵ درصد وزنی مالئیک انیدرید پیوند خورده با پلی اتیلن به صورت گرانول و پلی اتیلن گلیکول^۳ به صورت مایع با وزن مولکولی ۱۰۰۰ دالتون از شرکت شیمیایی و صنعتی پیام اهورا (تهران) تهیه شد.

روش‌ها

در ابتدا کاه گندم در یک خشک کن با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. سپس به صورت دستی به قطعات ۲-۳ cm خرد و در مرحله بعد توسط آسیاب پره‌ای (مدل Retschmuhle) تبدیل به آرد شده و از الک ارتعاشی با مش ۴۰ عبور کردند.

سایندگی کمتر تجهیزات فرآیند برخوردار هستند (Alves et al., 2006).

با این حال یکی از محدودیت‌های الیاف طبیعی جذب آب آنهاست که تأثیر منفی روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌ها دارد (Gaurave et al., 2007, Dhakal et al., 2006) که این جذب آب به علت گروه‌های هیدروکسیل قطبی موجود در الیاف طبیعی می‌باشد، بنابراین به علت ماهیت آبدوست سازگاری شان با مادهٔ زمینهٔ پلیمری آبریز، به علت اتصالات بین سطحی ضعیف کاهش می‌یابد، عوامل سازگارکننده نقش مهمی را در بهبود سازگاری و چسبندگی بین الیاف قطبی و پلیمر غیرقطبی به وسیله تشکیل پیوندهایی بین مادهٔ زمینه و الیاف بازی می‌کنند و همچنین سبب مقاومت به جذب آب در کامپوزیت می‌شوند (Farsi, 2012).

سازگارکننده باید دارای ساختاری باشد که بتواند با هر دو جزء کامپوزیت برهم‌کنشی از نوع فیزیکی و شیمیایی برقرار کند. از جمله سازگارکننده‌های رایج مورد استفاده در کامپوزیت‌ها، انواع کولپلمرهای پلی اولفین مالئیک انیدرید هستند (رضائی و همکاران، ۱۳۹۰).

در ارتباط با افزودن سازگارکننده تحقیقاتی صورت گرفته است:

در سال ۱۳۷۸ صفارزاده امکان استفاده از سه نوع الیاف سلولزی را در ساخت فرآورده‌های مرکب الیاف- پلی اتیلن سنگین، یک‌بار با افزودن ۲ درصد وزنی سازگارکننده MA و یک بار بدون افزودن سازگارکننده مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد که مقاومت به ضربه با افزودن مادهٔ سلولزی کاهش و مقادیر استحکام کششی و سختی افزایش یافتند.

در سال ۱۳۸۲ شاکری و هاشمی کامپوزیت پلی اتیلن / کاه گندم را با استفاده از چند نوع سازگارکننده (پرواکسید، مالئیک انیدرید، سیلان و پلی متیل ایزوسیانات) تهیه کردند و دریافتند که مناسبترین ماده سازگارکننده برای بهبود اتصال فاز پلیمری و الیاف، مالئیک انیدرید می‌باشد.

در سال ۱۳۸۳ نوربخش و همکاران اثر مواد لیگنوسلولزی را در سطوح مختلف انیدرید مالئیک پلی پروپیلن در کامپوزیت الیاف و آرد چوب پلی پروپیلن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد مقاومت به ضربه و مقاومت کششی کامپوزیت الیاف با ۲ درصد سازگارکننده بالاتراز کامپوزیت بدون سازگارکننده است.

در سال ۲۰۰۹ تاج الدین و همکاران، کامپوزیت‌های طبیعی پلی اتیلن- سلولز را تهیه کردند و تخریب پذیری آنها را در خاک مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان سلولز، سرعت تخریب پذیری این کامپوزیت‌ها بیشتر خواهد بود و همچنین کامپوزیت‌های ساخته شده با PEG بسیار بهتر از کامپوزیت‌های

1 Wetting

2 Low density polyethylene

3 PEG

آماده‌سازی ترکیبات اولیه

نمونه‌ها از اختلاط ۴۰٪ کاه گندم^۱ و ۵۰٪ پلی‌اتیلن سبک و سازگارکننده‌های MAPE و PEG به میزان ۱۰٪ و یک نمونه شاهد حاوی ۴۰٪ کاه گندم و ۶۰٪ پلی‌اتیلن سبک و بدون سازگار کننده و نمونه شاهد دیگر حاوی ۱۰۰٪ پلی‌اتیلن تهیه شدند. ابتدا مواد به صورت فیزیکی کاملاً مخلوط شدند، به این ترتیب که ترکیب شامل کاه گندم، پلی‌اتیلن و MAPE (تیمار ۱)، ترکیب شامل کاه گندم، پلی‌اتیلن و PEG (تیمار ۲)، و ترکیب حاوی پلی‌اتیلن (تیمار ۳) و ترکیب حاوی کاه گندم و پلی‌اتیلن (تیمار ۴) در نظر گرفته شد (Sardashti, 2009).

تهیه کامپوزیت

مواد اولیه با استفاده از اکسترودر دو پیچه ناهمسو^۲، اکسترودر شدند سپس رشته خروجی توسط آسیاب خرد شده و به شکل گرانول در آمد و در نهایت این گرانول‌ها به دستگاه تزریق منتقل شدند تا نمونه‌های آزمون به ضخامت ۵mm مورد نظر حاصل شود (Sardashti, 2009).

آزمونهای فیزیکی

آزمون جذب آب

این آزمون جهت بررسی مقایسه‌ای میزان جذب آب نمونه‌های کامپوزیت تهیه شده انجام گرفت، به این صورت که نمونه‌های باقیمانده حاصل از تزریق انتخاب و شماره‌گذاری گردید، سپس آزمون بر اساس استاندارد ASTM D 570-98 انجام شد، نمونه‌ها پیش از انجام آزمون جذب آب به منظور مشروط سازی در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و هنگامی که وزن‌شان ثابت شد، در دسیکاتور سرد شدند، سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی‌گرم وزن شدند، هر ۵ تکرار با وزن‌های یکسان به طور جداگانه در یک پلیت شیشه‌ای قرار گرفت. سپس روی نمونه‌ها آب مقطر ریخته شد تا سطح آنها کاملاً پوشیده شود، درب پلیت‌ها بسته و در آزمایشگاه گذاشته شد و نمونه‌ها یک بار پس از گذشت زمان ۲۴ ساعت، سپس هر هفته، و کلاً به مدت ۹ هفته وزن شدند. برای توزین نمونه‌ها در هر مرحله، پس از خارج کردن از آب، رطوبت سطحی آنها گرفته شد و میزان جذب آب بر اساس تغییرات وزنی، از طریق رابطه ذیل تعیین شد.

$$100 \times \frac{(\text{وزن اولیه}) - (\text{وزن ثانویه})}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد افزایش وزن}$$

آزمون دفن در خاک (تخریب پذیری)

این آزمون براساس استاندارد ASTM 6400-99 انجام شد، به این صورت که نمونه‌های کامپوزیت در ابعاد مشخص جدا شد و روی آنها مشخصات نمونه‌ها نوشته و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی‌گرم وزن شد سپس مجموع نمونه‌ها که شامل ۴ تیمار و هر یک ۳ تکرار بود و در فواصل منظم و به صورت کاملاً تصادفی در عمق ۲۵-۱۵cm خاک اسیدی با محتوی رطوبت ۳۰-۴۰٪ و قرار گرفتند (چون این میزان رطوبت و pH اسیدی برای فعالیت میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده بهینه می‌باشد) و جهت مشخص کردن محل هر یک از نمونه‌ها در روی خاک همان نقطه شماره نمونه روی چوب‌های معاینه پزشکی نوشته و قرار داده شد سپس هر ۱۵ روز یکبار به مدت ۴ ماه، نمونه‌ها از خاک خارج و توسط آب شسته شد و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۰°C قرار گرفت سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی‌گرم وزن شدند، میزان تخریب پذیری بوسیله کنترل تغییرات وزن تابعی از زمان دفن از طریق رابطه ۲ محاسبه شد:

$$(2) 100 \times \frac{(\text{وزن اولیه}) - (\text{وزن ثانویه})}{\text{وزن ثانویه}} = \text{درصد افت وزن}$$

آزمون‌های مکانیکی

آزمون استحکام کششی^۳

این آزمون برای بررسی تاثیر الیاف بر خصوصیات نمونه‌های کامپوزیت طبیعی انجام می‌شود و در واقع نشان‌دهنده مقاومت نمونه‌ها به تداوم کشش خواهد بود. مقادیر این پارامتر بر مبنای پاسکال و مگاپاسکال بیان می‌شود. منظور انجام این آزمون نمونه‌های تهیه شده از دستگاه تزریق به قطر ۳/۲۰ mm و پهنای ۱۰/۴۰ mm طبق استاندارد 638-08 ASTM D بین دو فک دستگاه (یونیورسال) اینستران قرار داده شد، فک‌ها نمونه را می‌کشند جایی که نمونه شکسته شود نشان‌دهنده میزان مقاومت کامپوزیت به کشش است، سرعت کشش نمونه‌ها به میزان ۱۰ mm/min و بار^۴ ۵ KN تنظیم شدند. مقدار استحکام کششی با استفاده از رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$(2) \text{ (سطح مقطع (مترمربع) / نیرو (نیوتن))} = \text{استحکام کششی (پاسکال)}$$

آزمون استحکام خمشی^۵

برای ارزیابی تاثیر وجود الیاف در ماده زمینه پلی‌اتیلن، مقاومت به خمش نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود مقادیر این پارامتر بر مبنای پاسکال و مگاپاسکال بیان می‌شود. این آزمون طبق استاندارد 790-

3 Tensile Strength
4 Load Cell
5 Flexural Strength

1 Wheat straw
2 Counter-rotating twin-screw extruder

قطبی و آبدوست الیاف سلولزی می‌باشد، از این‌رو افزودن تقویت‌کننده‌های لیگنوسلولزی به ماتریس پلیمری سبب افزایش جذب آب کامپوزیت‌ها می‌گردد از طرفی وجود گروه‌های هیدروکسیل آبدوست قابل دسترس زنجیره‌های سلولزی سبب تشکیل پیوندهای هیدروژنی جدیدی با مولکول‌های آب می‌گردد که این عمل جذب آب کامپوزیت را به همراه دارد (Mahlberg et al., 2001). در صنعت، به منظور بهبود ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی (جذب آب) از سازگارکننده‌ها استفاده می‌شود، که به علت بهبود چسبندگی پلیمر و الیاف لیگنوسلولزی، سبب مقاومت به جذب آب می‌گردد.

همچنین با توجه به شکل ۱ ملاحظه می‌شود که کامپوزیت حاوی MAPE (تیمار ۱) جذب آب کمتری را در مقایسه با دو کامپوزیت دیگر دارد. علت جذب کمتر آب نمونه حاوی سازگارکننده MAPE این است که گروه‌های انیدرید حاضر در MAPE می‌توانند با گروه‌های هیدروکسیل الیاف واکنش دهند بدین ترتیب میزان گروه‌های هیدروکسیل آزاد در دسترس برای واکنش با مولکول‌های آب را کاهش می‌دهند و همچنین به علت بهبود خیس خوردگی الیاف بوسیله ماده زمینه (بهبود سازگاری بین پلیمر و الیاف) و ایجاد اتصالات کافی الیاف/ پلیمر، نرخ و میزان جذب آب را در مناطق بین‌وجهی کامپوزیت‌ها کاهش می‌دهد از طرف دیگر پیوندهای شیمیایی و فیزیکی پلی‌اتیلن موجود در آن با زنجیره‌های پلیمری ماده زمینه باعث می‌شود که بین کاه گندم و پلی‌اتیلن اتصال بهتری برقرار شود و میزان جذب آب کاهش یابد، اما سازگارکننده PEG به علت خاصیت آبدوستی نمی‌تواند به خوبی MAPE بعنوان سازگارکننده عمل کند در نتیجه سبب اتصال نامناسب و ضعیف در سطح مشترک بین کاه گندم و پلیمر و ایجاد فواصل و شکاف‌هایی در این بخش می‌شود و بدین ترتیب نفوذ آب افزایش می‌یابد و نیز می‌تواند به این علت باشد که PEG به علت آبدوستی، گروه‌های هیدروکسیل زیادی دارد که به آسانی به وسیله پیوند هیدروژنی با آب واکنش می‌دهد و سبب جذب آب بیشتر، توسط کامپوزیت می‌شود، که این نتایج با یافته‌های Lee و همکاران (۲۰۰۶)، Dhakal، و همکاران (۲۰۰۶)، Islam and Beg (۲۰۱۰)، Zabihzadeh (۲۰۱۰) مطابقت دارد.

همانطور که در تمام کامپوزیت‌ها مشاهده می‌شود جذب آب در زمان‌های اول آزمون زیاد است زیرا علاوه بر جذب آب توسط کاه گندم، آب به فضاهای خالی بین زنجیره‌های پلیمری و کاه گندم نیز نفوذ می‌کند، اما پس از مدتی آهنگ جذب آب کاهش می‌یابد به طوریکه بعد از ۸ هفته به اشباعیت می‌رسد. مواد لیگنوسلولزی (کاه گندم) وقتی در آب قرار می‌گیرند بعد از گذشت یک شبانه روز ۲۴ درصد وزن خود آب جذب می‌کنند و با گذشت زمان این مقدار به ۱۰۰ درصد هم می‌رسد، در حالیکه در کامپوزیت‌های الیاف-پلاستیک مقدار جذب رطوبت، بسته به میزان الیاف ۳-۷ درصد وزنی است که با افزایش زمان به ۳۰-۲۰ درصد می‌رسد، چون وجود فاز پلاستیک سبب بهبود مقاومت در برابر جذب رطوبت می‌شود (Bengtsson,

ASTM D 10 توسط دستگاه اینستران انجام شد، به این صورت که نمونه‌ها در یک دهانه حفاظت‌کننده قرار گرفتند و بار در سرعت ۶۰mm/min به وسیله یک پروب میلی‌ای به قسمت مرکزی نمونه‌ها اعمال شد، نمونه کمی قوس گرفته و تغییر شکل رخ داد، آزمون تا زمان شکست نمونه‌ها ادامه داشت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی و تحلیل آماری نمونه‌ها از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و داده‌ها با استفاده از آنالیز تجزیه واریانس یک‌طرفه در سطح اطمینان ۹۵٪، به کمک نرم افزار Spss ۱۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید، متغیرهای وابسته شامل: میزان جذب آب، میزان تخریب‌پذیری، استحکام کششی و استحکام خمشی و متغیرهای مستقل شامل: نوع سازگارکننده (MAPE و PEG) هر یک در سطح ۱۰٪ بودند، در نتیجه تعداد ۴ تیمار تهیه شد و همه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد.

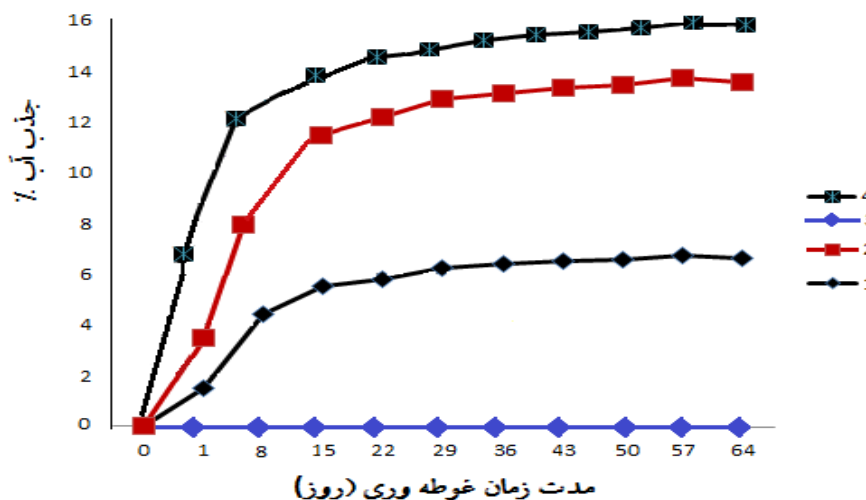
نتایج و بحث

تأثیر سازگارکننده‌ها بر میزان جذب آب

مقایسه میزان جذب آب نشان داد که تأثیر نوع سازگارکننده سبب اختلاف معنی‌دار در میزان جذب آب نمونه‌ها می‌شود، به طوری که نمونه بدون سازگارکننده بیشترین میزان جذب آب را نشان دادند و سپس نمونه‌های حاوی PEG جذب آب بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های حاوی MAPE داشتند و نمونه حاوی پلی‌اتیلن نیز جذب آبی را نشان نداد (شکل ۱).

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در نمونه حاوی پلی‌اتیلن به علت غیر قطبی بودن جذب آب مشاهده نشد، اما در تیمار ۴ (ترکیب حاوی کاه گندم و پلی‌اتیلن و بدون سازگارکننده) بیشترین میزان جذب آب مشاهده می‌شود که به علت چسبندگی ضعیف بین پلیمر و کاه گندم و وجود حفرات و خلل و فرج می‌باشد.

همچنین بعد از گذشت ۱۵ روز از شروع آزمون، جذب آب در نمونه‌های ۱ و ۲ به ترتیب به میزان ۵/۶ و ۱۱ درصد و بعد از گذشت ۶۴ روز به ترتیب ۶/۵ و ۱۳/۱ درصد می‌باشد اما میزان جذب در نمونه ۴ بعد از ۱۵ روز، ۱۴ درصد و پس از ۶۴ روز ۱۶ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد استفاده از سازگارکننده‌های MAPE و PEG نسبت به کامپوزیت بدون سازگارکننده پس از ۱۵ روز سبب کاهش جذب آب به ترتیب به میزان ۸/۴ و ۳ درصد و پس از ۶۴ روز به ترتیب به میزان ۹/۵ و ۲/۹ درصد می‌شوند. حضور کاه گندم بعنوان یک ماده آبدوست سبب جذب آب نسبت به پلیمر خالص می‌شود، از آنجائی که ماده پلیمری پلی‌اتیلن آبریز است و این موضوع برعکس طبیعت



شکل ۱- میانگین درصد جذب آب نمونه‌ها در مدت ۹ هفته آزمون

مورد استفاده افزایش می‌یابد، که این میزان تخریب در کامپوزیت‌های حاوی PEG نسبت به کامپوزیت‌های حاوی MAPE بیشتر است، بطوریکه میزان تخریب نمونه ۴ (بدون سازگارکننده) پس از ۱۵ روز ۳/۸ درصد و پس از ۱۲۰ روز به میزان ۷/۸ درصد بود، و در مورد کامپوزیت‌های حاوی سازگارکننده بعد از ۱۵ روز میزان تخریب نمونه حاوی MAPE، ۱/۵ درصد و میزان تخریب نمونه حاوی PEG، ۳/۵ درصد بوده است و همچنین نمونه حاوی MAPE، بعد از زمان ۱۲۰ روز، به میزان ۴/۵ درصد تخریب شده در حالی که نمونه حاوی PEG پس از گذشت ۱۲۰ روز از مدت آزمون، ۶/۵ درصد تخریب شده است. همچنین از مقایسه بین دو منحنی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که حتی بعد از ۱۲۰ روز کامپوزیت‌های حاوی PEG رشد تخریبی خود را حفظ کرده‌اند در صورتیکه کامپوزیت‌های حاوی MAPE با رشد کمتری تخریب شده‌اند.

تأثیر سازگارکننده‌ها بر استحکام کششی

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد استفاده از سازگارکننده MAPE سبب افزایش معنی‌دار استحکام کششی نسبت به سایر نمونه‌ها شد، به طور کلی نمونه ۱ (حاوی MAPE) استحکام کششی به طور معنی‌داری بالاتری را نسبت به سایر نمونه‌ها (۳۶۵/۵) مگاپاسکال) نشان داد ($p < 0.05$)، سپس نمونه‌های ۳ و ۴ بدون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر، قرار داشتند و نمونه ۲ (حاوی PEG) استحکام کششی (۲۰۳/۹ مگاپاسکال) به طور معنی‌دار کمتری را نسبت به سایر نمونه‌ها نشان داد ($p < 0.05$)، که این نتایج بدست آمده با یافته‌های نوربخش و همکاران (۱۳۸۳)، Sigworth و همکاران (۲۰۰۲)، Xue و همکاران (۲۰۰۳) و Panthapulakka،

تأثیر سازگارکننده‌ها بر میزان تخریب پذیری

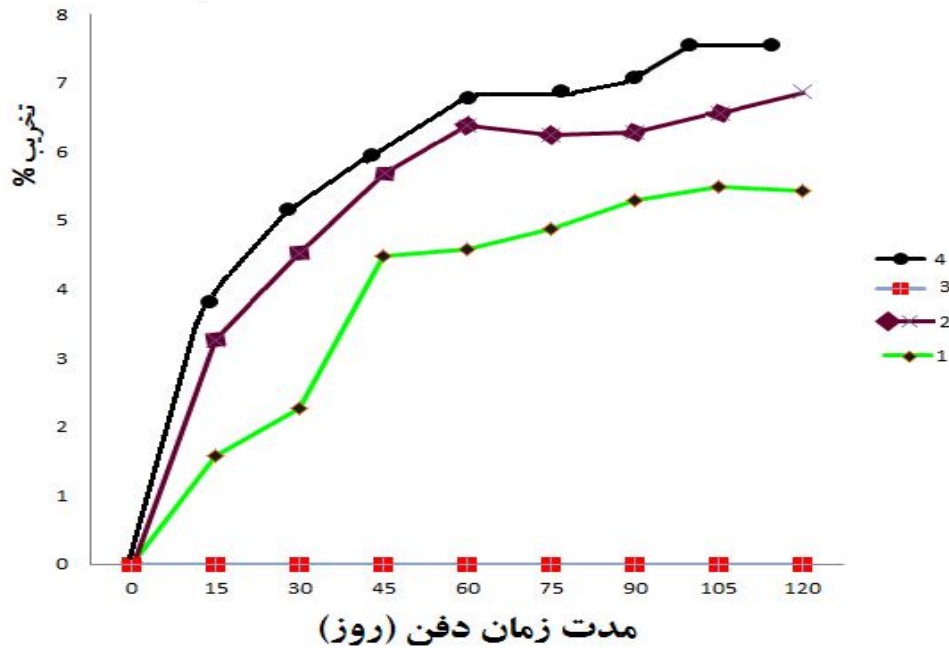
نتایج نشان داد که میزان تخریب‌پذیری نمونه‌ها با هم اختلاف معنی‌داری دارند و نمونه بدون سازگارکننده دارای بیشترین میزان تخریب و سپس نمونه حاوی PEG و بعد نمونه حاوی MAPE و در نهایت نمونه حاوی پلی‌اتیلن خالص دارای کمترین میزان تخریب-پذیری هستند (شکل ۲).

بطور کلی عواملی که در جذب آب تأثیر دارند سبب افزایش زیست تخریب پذیری نیز می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، نمونه حاوی پلی‌اتیلن خالص هیچ‌گونه تخریبی را نشان نداد، و نمونه ۴ (کامپوزیت بدون سازگارکننده) در مقایسه با کامپوزیت‌های حاوی سازگارکننده به علت واکنش ضعیف بین کاه گندم و پلی‌اتیلن به میزان بیشتری تخریب شدند. بطور کلی در دسترس بودن گروه‌های هیدروکسیل الیاف سبب جذب و تجمع آب در حفرات می‌شود که این امر سبب تخریب بیشتر می‌شود. نمونه‌های حاوی MAPE با سرعت کمتری نسبت به نمونه حاوی PEG تجزیه می‌شوند که به علت بهبود چسبندگی سطحی الیاف و ماتریس توسط MAPE می‌باشد، و علت تخریب بیشتر نمونه‌های حاوی PEG این است که در حضور PEG جذب آب کامپوزیت‌های طبیعی افزایش می‌یابد و تجمع آب در حفرات کامپوزیت سبب افزایش زیست تخریب پذیری آنها می‌شود، که با یافته‌های Lee و همکاران (۲۰۰۶)، تاج‌الدین و همکاران (۲۰۱۰) و Obasi (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

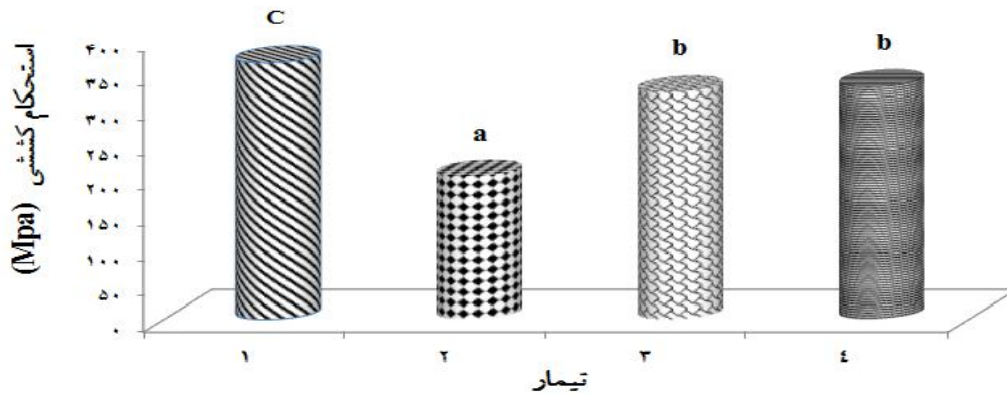
با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که وجود کاه گندم در ماده زمینه پلیمری باعث تخریب کامپوزیت می‌شود و نیز با افزودن سازگارکننده میزان تخریب پذیری کاهش و همچنین میزان و سرعت تخریب پذیری (با توجه به شیب منحنی) با استفاده از دو سازگارکننده

استحکام کششی افزایش می‌یابد.

همکاران (Kuang, 2005) و همکاران (2010) مطابقت دارد، که گزارش کرده‌اند با افزودن مالئیک انیدرید به کامپوزیت طبیعی،



شکل ۲- میانگین درصد افت وزن نمونه‌ها در مدت ۴ ماه آزمون (درصد تخریب)



شکل ۳- مقایسه میانگین استحکام کششی نمونه‌ها

(حروف a, b, c نشانگر اختلاف معنی دار آماری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین نمونه‌ها از نظر استحکام کششی می‌باشد).

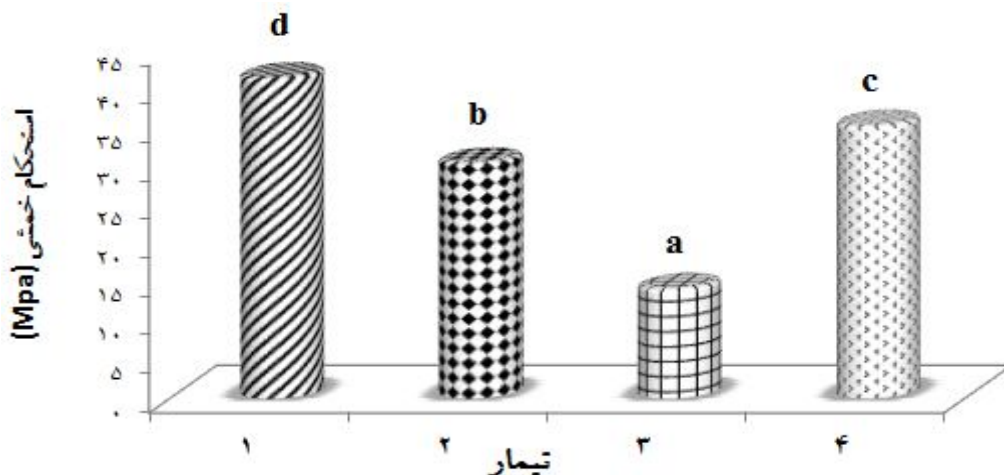
از طریق مکانیکی با زنجیره پلیمری درگیر می‌شود و در نتیجه شمار بیشتری از زنجیره‌های پلیمری در ساز و کار تحمل و انتقال تنش دخالت پیدا کرده که منجر به افزایش استحکام کششی کامپوزیت می‌شود (Kuang et al., 2010).

همچنین نمونه حاوی PEG با اینکه حاوی کاه گندم می‌باشد اما کمترین استحکام کششی را داراست که علت آن را می‌توان به ضعف خیس خوردگی ذرات کاه گندم به وسیله پلیمر در نمونه‌های PEG نسبت داد، زیرا هنگام استفاده از PEG چسبندگی ذرات با ماده زمینه آن قدر کافی نیست تا کارایی انتقال تنش از ماده زمینه به الیاف

افزودن پرکننده‌های سلولزی به علت سفتی زیاد، سبب افزایش استحکام کشش در مقایسه با پلیمر خالص می‌شود (شاکری و امیدوار، ۱۳۸۵، Shams et al., 2010). بنابراین همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود نمونه‌های حاوی کاه گندم از استحکام کشش بالایی برخوردارند، برتری نمونه حاوی MAPE نسبت به بقیه به علت ایجاد یک اتصال استری است که سبب بهبود چسبندگی ذرات کاه گندم و پلی اتیلن می‌شود به عبارتی هر چه اتصال ذرات کاه گندم با پلیمر بهتر باشد انتقال تنش از پلیمر به ذرات کاه بهتر انجام می‌شود و در نتیجه استحکام کششی افزایش می‌یابد. و همچنین PE موجود در MAPE

(دارائی و همکاران، ۱۳۸۸).

افزایش یابد، از طرفی PEG یک پلاستی‌سایزر است و افزودن پلاستی‌سایزرها سبب کاهش استحکام کشش ترکیب نهایی می‌شود



شکل ۴- مقایسه میانگین استحکام خمشی نمونه‌ها

(حروف a, b, c نشانگر اختلاف معنی دار آماری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین نمونه‌ها از نظر استحکام خمشی می‌باشد).

پرکننده به پلیمر سبب افزایش استحکام خمشی می‌شود، چون این فاز بعنوان تقویت‌کننده عمل می‌کند (Shams *et al.*, 2010).

روند افزایش استحکام خمشی نشان داد که بهبود بر هم‌کنش و چسبندگی بین کاه گندم و پلی‌اتیلن کارایی انتقال تنش را افزایش می‌دهد. بطوری‌که از لحاظ استحکام خمشی نمونه حاوی MAPE و نمونه بدون سازگارکننده بیشترین میزان و بعد از آن نمونه حاوی PEG و در آخر نمونه ۳ (شاهد) کمترین میزان را داشت. علت افزایش بیشتر استحکام خمشی کامپوزیت‌ها توسط MAPE بهبود سطح مشترک پرکننده و ماده زمینه است که سبب انتقال بهتر تنش از پلیمر به الیاف می‌شود (Bledzki *et al.*, 2007)، همچنین علت استحکام خمشی زیاد نمونه بدون سازگارکننده اینست که فاز پراکنده یا کاه گندم به طور محسوسی عامل فزاینده استحکام خمشی است چون به عنوان یک تقویت‌کننده عمل می‌کند و استحکام خمشی کمتر نمونه‌های PEG، همانطور که قبلاً گفته شد، به علت اتصال ضعیف پرکننده و ماده زمینه است که باعث ایجاد حفرات ریزی بین پرکننده و ماده زمینه می‌شود که می‌تواند مانع از انتقال تنش از ماده زمینه (پلیمر) به پرکننده (الیاف) شود (Petnamsin *et al.*, 2000).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیر دو نوع سازگارکننده بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی کامپوزیت کاه گندم/ پلی‌اتیلن بررسی و نتیجه‌گیری شد که با استفاده از سازگارکننده پلی‌اتیلن گلیکول سرعت زیست‌تخریب-پذیری و میزان جذب آب نسبت به نمونه حاوی MAPE به میزان زیادی افزایش می‌یابد، و ویژگی‌های مکانیکی کاهش می‌یابد. از

تعداد پیوندهایی که بین PEG و ذرات کاه گندم و پلیمر برقرار می‌شود نسبت به MAPE بیشتر است اما اکثر این پیوندها و اندروالیسی و هیدروژنی می‌باشند که سبب کاهش کشش سطحی مناسب الیاف می‌گردند (Bourtoom, 2008)، این پیوندها در تنش‌های پایین مقاوم هستند، اما در نمونه‌های حاوی MAPE تعداد پیوندهای کووالانسی بیشتر می‌باشد که در تنش‌های بالا نیز مقاوم بوده و باعث افزایش مقاومت نمونه‌های حاوی MAPE می‌گردد (Bessy *et al.*, 2013).

تاثیر سازگارکننده‌ها بر استحکام خمشی

با توجه به نتایج بدست آمده در شکل ۴ مشاهده می‌شود که سازگارکننده سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان استحکام خمشی می‌شود به طوری‌که نمونه حاوی MAPE (۱) استحکام خمشی (۳۶/۴۱ مگاپاسکال) بطور معنی‌دار بالاتری را نسبت به سایر نمونه‌ها داشت ($p < 0.05$)، و بعد از آن نمونه فاقد سازگارکننده (۴) قرار داشت (۳۵/۲۲ مگاپاسکال) (بدون اختلاف معنی‌دار با نمونه ۱) سپس نمونه حاوی PEG (۳۰/۳۶ مگاپاسکال) و در آخر کمترین میزان استحکام خمشی (۱۴/۱۳ مگاپاسکال) مربوط به نمونه شاهد حاوی پلی‌اتیلن خالص (۳) بود.

که یافته‌های بدست آمده با نتایج تحقیقات Petnamsin و همکاران (۲۰۰۰)، Arbelaiz و همکاران (۲۰۰۵)، Bledzki و همکاران (۲۰۰۷) و Sardashti (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

با توجه به شکل (۴) ملاحظه می‌شود که نمونه‌های حاوی کاه-گندم استحکام خمشی بیشتری را نسبت به نمونه پلی‌اتیلن خالص داشتند که دلیل آن پرکنندگی کاه گندم می‌باشد، بطور کلی افزودن

PEG مناسب است، اما از جهت ویژگیهای مکانیکی و مقاومت به جذب آب نمونه حاوی MAPE بهترین ترکیب می‌باشد.

آنجائی که تقریباً کلیه خواص ماده با یکدیگر در ارتباط هستند نمی‌توان ترکیبی را معرفی کرد که از نظر کلیه خواص بهترین باشد، لذا هنگامی که زیست‌تخریب‌پذیری زیاد مدنظر باشد، نمونه حاوی

منابع

- Alves, V., Costa, N., Hilliou, L., Larotonda F., Goncalves, M., Sereno, A., Coelho, I., 2006, Design of Biodegradable Composite Films For Food Packaging. *Desalination*, 199(1-3), 331-333.
- Annual Book of Astm Standards, American Society of Testing and Materials: Astm, D 570-98, *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*.
- Annual Book of Astm Standards, American Society of Testing and Materials: Astm, D 6400-99, *Standard Specification for Compostable Plastics*.
- Annual Book of Astm Standards, American Society of Testing and Materials: Astm D 790-10, *Standard Test Methods For Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*.
- Annual Book of Astm Standards, American Society of Testing and Materials: Astm, D 638 - 08, *Standard Test Method For Tensile Properties of Plastics*.
- Arbelaiz, A., Fernandez, B., Cantero, G., Llano-Ponte, R., Valea, A., Mondragon, I., 2005, Mechanical properties of flax fibre/polypropylene composites. Influence of fibre/matrix modification and glass fibre hybridization. *Composites: Part A*, 36 (12), 1637-1644.
- Bengtsson, M., 2005, Silane Crosslinked Wood Thermoplastic Composites, Ph.D. Thesis, *Norwegian University of Science And Technology*.
- Bessy, M. Ph., Eldho, A., Pothan, L. A., Sabu, Th., 2013, Green Composites from Natural Resources. *CRC Press*, Press, chapter 5, page 107.
- Bledzki, A. K., Mamun, A. A., Faruk, O., 2007, Abaca Fibre Reinforced PP Composites and Comparison With Jute and Flax Fibre PP Composites. *Polymer Letters*, 1(11), 755-762.
- Bourtoom, Thawien, Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan, 2008, *Songklanakarinn Journal of Sci. Technology*.
- Daraiee, F., Badii, F., Mizani, M., Gerami, A., 2009, The effects of the addition of plasticizers on the mechanical and physicochemical properties of edible methylcellulose films, *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 4(3):47-54. (In Farsi)
- Dhakal, H. N., Zhang, Z. Y., Richardson M. O. W., 2007, Effect of Water Absorption on The Mechanical Properties of Hemp Fibre Reinforced Unsaturated Polyester Composites. *Composites Science and Technology*, 67(7-8).
- Farsi, M., 2012, Some Of The Mechanical and Thermal Properties of Wheat Straw Filled-Pp Composites. *Fibers and Polymers*, 13(4), 515-521.
- Gaurav, K., Kijchavengkul T., Auras, R., Rubino, M., Selke, S. E., Singh, Sh. P., 2007, Compostability of Bioplastic Packaging Materials: an Overview. *Macromol. Biosci*, 7(3), 255-277.
- Georgopoulos, S. Th., Taranti, P. A., Avgerinos, E., Andreopoulos, A. G., Koukios, E. G., 2005, Thermoplastic Polymers Reinforced With Fibrous Agricultural Residues. *Polymer Degradation and Stability*, 90(2), 303-312.
- Islam, M. R., Beg, M. D. H., 2010, Effect of Coupling Agent on Mechanical Properties of Composite From Kenaf and Recycled Polypropylene. *National Conference In Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies*, 2, 871-875.
- Kuang, X., Kuang, R., Zheng, X., Wang, Zh., 2010, Mechanical Properties and Size Stability of Wheat Straw And Recycled LDPE Composites Coupled By Waterborne Coupling Agent. *Carbohydrate Polymers*, 80(3), 927-933.
- Lee, S., Wang, S., 2006, Biodegradable Polymers/Bamboo Fiber Biocomposite With Bio-Based Coupling Agent. *Composites: Part A*, 37(1), 80-91.
- Mahlberg R., Paajanen, L., Nurmi, A., Kivistö, A., Koskela, K., Rowell, R. M., 2001, Effect of Chemical Modification Of Wood On The Mechanical and Adhesion Properties of Wood Fiber/Polypropylene Fiber and Polypropylene/Veneer Composites. *Eur. J. Wood Prod*, 59(5) 319-326.
- Moradian M H, Jahan Latibari, Resalati H, Fakhrian, A., 2003, Investigation On CMP Pulping Of Wheat Straw. *Institute for Journalism & Natural Resources*, 56(4).

- Nourbakhsh, A., Doosthossieni, K., Kargarfard, A., Golbabaie, F and Haji hassani, R., 2008, Investigation of OCC Fiber/Polymers Composites in Air – Forming Production. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 23(2), 91-101.
- Nourbakhsh A., Hosseinzadeh A.A.R., Kargarfard A.A.F., Kokta B.V., JahanLatibari A. 2004, The Comparative Of Effects Of Cellulosic Materials In Different Levels Of Mapp In Wood Fiber- Flour/ Polypropylene Composites , *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 19(1): 49-68. (In Farsi)
- Obasi, H .C., 2012, Studies on Biodegradability and Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Corncob Flour Based Composites , *International Journal of Scientific & Engineering Research* ,3(8).
- Panthapulakkal, S. Zereshkian, A., Sain, M., 2005, Preparation and Characterization of Wheat Straw Fibers For Reinforcing Application In Injection Molded Thermoplastic Composites. *Bioresource Technology*, 97(2), 265–272.
- Petnamsin, Ch., Termvejsayanon, N., Sriroth ,K., 2000, Effect of Particle Size on Physical Properties and Biodegradability of Cassava Starch / Polymer Blend. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 34(2), 254 – 261.
- Rezaei, M., Tajeddin, B. and MohammadiSani, A. 2011. A study on the effect of different compatibilizers on mechanical properties of wheat straw-low density polyethylene (LDPE) biocomposites. *Journal of Food Science and Technology*, 3 (2), 1-9. (In Farsi)
- Their Mechanical properties, , A Thesis For receiving Degree Of Master Of Science on Wood and Paper Science and Technology, College of Agriculture & Natural Resources, University Of Tehran. (In Farsi)
- Saffarzadeh, S, 1999, A study of Cellulosic Fiber/ High Density Polyethylene Composites and Their Mechanical properties, , A Thesis For receiving Degree Of Master Of Science on Wood and Paper Science and Technology, College of Agriculture & Natural Resources, University Of Tehran. (In Farsi)
- Sardashti, A., 2009, Wheat Straw-Clay-Polypropylene Hybrid Composites. A Thesis Presented To The University of Waterloo For Degree of Master of Applied Science In Chemical Engineering, Canada.
- Shakeri, A., Hashemi, S. A., 2004, Effect of Various Coupling Agents on Mechanical Properties HDPE / Wheat Straw Composites. *Poly & .Poly. Comp*, 12 (5), 449- 452.
- Shakeri, A.R., Omidvar, A. , 2006, Investigation on the Effect of Type, Quantity and Size of Straw Particles on the Mechanical Properties of Crops Straw-High Density Polyethylene Composites, *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 19(4) , 301-308. (In Farsi)
- Shams, M. Vaysi, R., Hossinzaheh, S., 2010, Study on Some Mechanical Properties of Composites Made From the Flour of Mdf Flour/ Reed Flour and Recycled Polypropylene. *Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission For Europe*.
- Sigworth, W., 2002, Plastic Impact on the Environment. *Proceeding of conference held Detroit, MI.*, 75-81.
- Siracusa ,V., Rocculi, P., Romani, S., Rosa, M., 2008, Biodegradable Polymers For Food Packaging: A Review. *Trends In Food Science & Technology*, 19(12), 634-643.
- Tajeddin, B., Abdul Rahman, R., Chuah Abdulah, L., 2010, The Effect of Polyethylene Glycol on the Characteristics of Kenaf Cellulose/Low-Density Polyethylene Biocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules* ,47(2), 292–297.
- Tajeddin, B., Russly, A. R., Luqman, C. A., Yu, A. Y., Nor Azowa, I., 2009, Effect of PEG on the Biodegradability Studies of Kenaf Cellulose- Polyethylene Composites. *international food research journal*, (16), 243-247.
- Xue, Y., Veazie, D., Glinsey, C., Wright, M., Rowell, R. M., 2003, Mechanical properties of wood fiber composites under the influence of temperature and humidity. *Seventh International Conference on Woodfiber-Plastic Composites (and other natural fibers)*, WI : *Forest Products Society*, 339-343.
- Zabihzadeh, S. M., 2010, Water Uptake And Flexural Properties Of Natural Filler/ HDPE Composites. *Biores*, 5(1), 316-323.
- Zahedi, Y., Sedaghat, N. and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of palmitic fatty acid on mechanical, thermal and permeability of pistachio edible film. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6 (2), 91-99. (In Farsi).
- Zahedi, Y., Sedaghat, N., Ghanbarzadeh, B., 2012, Physical properties of edible emulsified films from pistachio oil cake globulin protein and stearic acid, *Journal of Food Science & Technology*. 33(1), 8, 47-57. (In Farsi)

The Effect of MAPE and PEG Compatibilizer physical and mechanical properties of Wheat straw-Low density polyethylene Biocomposite

M. Haji Bagher Naeni^{1*}- B. Tajeddin²- G.H.Asadi³- B.Ghiasi Tarzi⁴

Received:2014.04.17

Accepted: 2014.10.04

Introduction : Over the past 30 years with population growth, plastics have played an important role in the people's lives and its consumption is increasing. However, the most important problem of synthetic packaging materials is their total non-biodegradability that is causing environmental pollution.

In recent years, concerns about the environmental problems caused by packaging materials and plastic derived from petroleum products as well as consumer demand for qualitative food products, has caused researchers to find alternative materials with high biodegradability, which has led to the development of biocomposites.

Therefore, wheat straw-low density polyethylene composite (as a renewable material) was prepared in order to reduce the consumption of plastics in the packaging industry and the effect of two different compatibilizers, maleic anhydride polyethylene (MAPE) and polyethylene glycol (PEG) on mechanical and physical properties of obtained biocomposites was investigated.

Materials and Methods: Wheat straw (WS) was first dried at 30 °C for 24 hours. It was then manually cut to 2-3 cm pieces manually and then was milled. The ground wheat straw was screened through 40 mesh sieve. After that, all materials including WS flour, LDPE, MAPE, and PEG were blended to prepare the different biocomposites by twin-screw extruder. The extruded materials were cut into smaller pieces proper for the next processing step by grinder. The obtained granules were then placed in the injection-molded machine to create the test samples. So combinations, respectively, were considered: WS, LDPE, MAPE (sample 1) WS, LDPE, PEG (sample 2), LDPE (sample 3) and WS, LDPE (sample 4).

Water absorption test was performed according to ASTM D 570-98 in order to study the amount of moisture absorbed by the composite samples. The samples were weighed for 9 weeks, the first time, after 24 hours, then once a week. For this purpose, samples were taken out of the water then surface moisture was dried, finally moisture absorption was calculated according to weight changes.

Biodegradability test was carried out based on soil burial method for 4 months according to ASTM 6400-99. In this test, samples were taken out of the soil and washed by water every 15 days. They were then placed in an oven at 100°C for 24 hours. Subsequently, samples were weighed by a digital scale with an accuracy of 0.1 mg. The amount of degradation was calculated by controlling weight changes over the time.

The tensile strength, the maximum amount of force taken by a material before its failure was performed to evaluate the effect of natural fiber on the composite characteristics. It is measured with units (Pa) and (Mpa). The test was done according to ASTM D 638-08 by Instron machine.

The flexural strength of a material is defined as its ability to resist deformation under load. The test was done according to ASTM D790-10 by Instron machine. It was also measured with units (Pa) and (Mpa).

Result and Discussion: The results showed that the use of PEG compared with MAPE greatly increased the rate of water absorption and biodegradation of samples. It may be because of PEG's hydrophilic property that cannot act well as MAPE. Therefore, it creates an improper and weak interface adhesion between the wheat straw and polyethylene, resulting in gaps and cracks in this section. Thus, water absorption is higher in composites containing PEG. These factors also caused faster degradation in samples containing PEG. However, the use of MAPE in the composites improved surface adhesion between the wheat straw fiber and polyethylene, and therefore less water absorption and degradation was observed.

1, 3 and 4. Former MSc student and Assistant Professors, Food Science and Engineering Department, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran. Iran

2Assistant Professor, Food Engineering and Post-Harvest Technology (Packaging Engineering) Department, Agricultural Engineering, Research Institute, Karaj, Iran

(* - Corresponding Author Email: assal_hbn@yahoo.com)

In terms of mechanical properties samples containing MAPE had greater tensile and flexural strength compared to samples containing the PEG. Because MAPE creates an ester bond in composite, which improves the interface adhesion of wheat straw particles and polyethylene, but when the PEG used, adhesion between wheat straw particles and polyethylene is not enough to increase the efficiency of stress transfer from the matrix to the fibers.

Since almost all properties of materials are associated with each other, it cannot be introduced a combination that all properties is best. Therefore, when high biodegradability is desired, sample containing PEG is suitable but in terms of mechanical properties and resistance to water absorption, the sample containing MAPE is best combination.

Keywords: Water Absorption, Biodegradability, Compatibilizers, Biocomposite, Mechanical properties