Archive of SID

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۶، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ۸۲۳-۸۱۱ (۱۳۹۰)

بررسی اثر درصد پوست راش بر خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب آرد پوست-پلی‌پروپیلن

سعید کاظمی نجفی[۱] و علی عظیمی دلارستاقی[۲]

۱*- مسئول مکاتبات، دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
پست الکترونیک:skazemi@modares.ac.ir

۲-کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت : آبان ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

چکیده

در این تحقیق خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب حاصل از آرد پوست و پلی‌پروپیلن مورد مطالعه قرار گرفت و با خواص مواد مرکب آردچوب-پلی‌پروپیلن مقایسه شد. مقدار پرکننده آرد پوست در سه سطح ٤۰، ۵۰ و٦۰ درصد در نظر گرفته شد و با عدم حضور و حضور۲ درصد سازگارکننده MAPP با پلی‌پروپیلن در دستگاه اکسترودر دو مارپیچ مخلوط و مواد مرکب ساخته شد. مواد مرکب آردچوب-پلی‌پروپیلن نیز با نسبت ٦۰ به ٤۰ آرد چوب به پلی‌پروپیلن ساخته شد. نتایج نشان دادند با افزودن درصد آرد پوست جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت مواد مرکب کاهش می‌یابد و مصرف سازگارکننده موجب کاهش جزیی این خواص می‌گردد. امّا با عدم حضور سازگارکننده افزایش درصد پوست در مواد مرکب پوست پلی‌پروپیلن مدول‌الاستیسیته تغییر معنی‌داری را نشان نمی‌دهد، ولی مقاومت‌خمشی و مقاومت به ضربه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. استفاده از سازگارکننده باعث افزایش کمی در خواص مذکور می‌شود. مقایسه خواص مکانیکی مواد مرکب آرد پوست پلی‌پروپیلن و مواد مرکب، آرد چوب پلی‌پروپیلن نشان داد که با عدم حضور سازگارکننده، خواص مکانیکی مواد مرکب حاوی آرد پوست بیشتر از مواد مرکب دارای آرد چوب می‌باشد، در حالی که با حضور سازگارکننده نتایج بعکس می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مواد مرکب آرد پوست- پلی‌پروپیلن، سازگارکننده، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

مقدمه

پوست درختان به طور متوسط ۱۰ تا ۱۵ درصد حجم درختان را تشکیل می‌دهد. هر ساله میلیون‌ها تن از آن به صورت پسماند در کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ برجا می‌ماند. کاربرد چنین مقادیر زیادی از پوست که معمولاً به‌غیر از تولید انرژی به صورت سوخت، به‌عنوان یک ماده اولیه نامناسب قلمداد می‌گردد، ازجمله مسائل مهمی است که این صنایع با آن مواجه هستند.

انباشت حجم زیاد انواع ضایعات مواد چوبی و به‌ویژه پوست در مراحل مختلف فرایند تولید مسئله بسیار مهم و گاهی اوقات پیچیده در صنایع مختلف تبدیل چوب می‌باشد. حجم باقیمانده پوست به قدری زیاد است که

www.SID.ir

Archive of SID

بیرون رفتن آن به طور پیوسته از محل کارخانجات لازم و به یک امر اجتناب‌ناپذیری تبدیل شده است .تکنولوژی‌های جدید روش‌هایی را برای تبدیل پشت‌لاها و حاشیه‌های گرده‌بینه به تولید مواد گوناگون توسعه داده‌اند. استفاده از پوست نه تنها باعث کاهش هزینه‌های تولید و استفاده بهینه از مواد می‌گردد؛ بلکه با توجه به قیمت ناچیز آن باعث بالا بردن ارزش افزوده شده و رفع مشکل واحدهای صنایع چوب را از نظر انباشت ضایعات مرتفع می‌سازد.

پوست به‌عنوان یک ماده لیگنوسلولزی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با چوب از نظر ساختمان، ترکیب شیمیایی و خواص دارد (Tsoumis، ۱۹۹۱). این اختلاف‌ها باعث مصرف محدود آن در فرایندهای متداول صنایع چوب می‌شود و استفاده از آن را با مشکلاتی مواجه می‌کند (دوست‌حسینی، ۱۳۸۰). در حال حاضر پوست در مقیاس محدودی به صورت مخلوط با چوب در ساخت پانل‌های چوبی (نظیر تخته خرده‌چوب و تخته‌فیبر) مصرف می‌شود. پوست همچنین ممکن است به‌عنوان منبع تولید چسب، سایر مواد شیمیایی و انرژی، جاذب مواد آلوده‌کننده وتثبیت‌کننده خاک[1] استفاده شود (Tsoumis، ۱۹۹۱). امکان استفاده از پوست به شکل آرد (پودر) در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک[2] می‌تواند یکی از کاربردهای بسیار مهم پوست باشد.

مواد مرکب چوب-پلاستیک که به اختصار"WPC" نامیده می‌شود گروهی از مواد مرکب هستند که تولید و استفاده از آنها در بیشتر کشورهای در حال توسعه و پیشرفته در حال گسترش است. در تهیه این مواد مرکب انواعی از پلیمرهای (خام یا ضایعاتی) شامل پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌ونیل کلراید، پلی‌استر و ... مواد لیگنوسلولزی شامل انواع ضایعات چوبی به شکل آرد یا الیاف، مازاد کشاورزی و ضایعات حاصل از کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از پوست نیز به سهم خود در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک مورد توجه قرار گرفت. کیایی‌فر (۱۳۸٦) امکان جایگزینی بخشی از آرد چوب راش را بوسیله آرد پوست همین گونه مورد مطالعه قرار داد. Sewda و Mait (۲۰۰۷) و Saini (۲۰۰۷) نیز امکان استفاده از آرد پوست به طور خالص را در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک مورد مطالعه قرار دادند.

با توجه به سطح محدود جنگلهای ایران و منابع بسیار کم تولید چوب و در نظر گرفتن قیمت ناچیز و حجم قابل توجه پوست، مطالعه استفاده از پوست در ساخت محصولاتی مانند مواد مرکب چوب-پلاستیک باید مورد توجه قرار گیرد. استفاده از پوست به طور خالص در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده حاصل هدف اصلی این تحقیق می‌باشد. برای این منظور، در این تحقیق استفاده از درصدهای مختلف آرد پوست گونه راش (***Fagus orientalis***) در ساخت مواد مرکب آرد پوست-پلی‌پروپیلن مورد مطالعه قرار گرفت و با خواص مواد مرکب حاصل از آرد چوب و پلی‌پروپیلن مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روشها

پلی‌پروپیلن (PP): از شرکت پتروشیمی تبریز با درجه SI-080 و شاخص جریان مذاب gr/۱۰min ۹ تهیه گردید. شاخص جریان مذاب در حرارت۱۹۰ درجه سانتیگراد و وزنه ۲/۱٦٤ کیلوگرم اندازه‌گیری شد.

1 - Soil conditioner
2 - Wood plastic composites

www.SID.ir

Archive of SID

پرکننده: از چوب و پوست گونه راش ایران (*Fagus orientalis*) که از جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شده‌اند در ساخت مواد مرکب مورد مطالعه استفاده شده است.

سازگارکننده (MAPP): برای افزایش سازگاری و بهبود چسبندگی میان پرکننده‌های پوست (قطبی) و چوب (قطبی) با پلی‌پروپیلن (غیرقطبی) از پلی‌پروپیلن اصلاح شده با انیدریدمالئیک (MAPP) ساخت شرکت کیمیا جاوید با مشخصه G 6070 و شاخص جریان مذاب min ۱۰۰ gr/۱۰ به‌عنوان سازگارکننده یا عامل جفت‌کننده استفاده گردید.

روان‌ساز: از اسید استئاریک (Stearic acid) به‌عنوان روان‌کننده به مقدار معین حدود (۳٪) در همه تیمارها استفاده شد.

آماده‌سازی آرد چوب و پوست: قطعات چوب و پوست گونه راش پس از تهیه به طور جداگانه توسط یک آسیاب چکشی کارگاهی به آرد تبدیل شدند. قطعات پوست جمع‌آوری شده قبل از آسیاب‌کردن در یک حوضچه با آب سرد برای رفع گل و لای شستشو داده شد و بعد در هوای آزاد خشک شد. آرد چوب و آرد پوست الک شده و ذرات عبور کرده از مش ٤۰ و باقی‌مانده روی مش ٦۰ جهت استفاده جداسازی شدند.

فرایند اختلاط مواد و ساخت تخته‌ها: برای ساخت مواد مرکب مواد اولیه شامل آرد پوست، آرد چوب، پلی‌پروپیلن و سازگارکننده با نسبت درصدهای وزنی مشخص طبق (جدول ۱) به طور جداگانه توزین شدند و به منظور تهیه یک مخلوط نسبتاً همگن در یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه مخلوط شدند. لازم به یادآوریست که قبل از اختلاط، آرد چوب و پوست تا رطوبت زیر ۳٪ خشک شدند. مخلوط حاصل در دستگاه اکسترودر دو مارپیچ ناهمسوگرد مدل WPC - 4815 ساخت شرکت برنا پارس مهر به باریکه‌هایی با سطح مقطع ۱ سانتی‌متر (ضخامت) در ۷ سانتی‌متر (پهنا) تبدیل شدند. این دستگاه دارای ۸ ناحیه حرارتی می‌باشد که ٦ ناحیه در روی سیلندر و ۲ ناحیه در روی قالب وجود دارد (جدول۲).

جدول۱- درصد وزنی اجزای ماده مرکب چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	پوست (٪)	چوب (٪)	پلی‌پروپیلن (٪)	MAPP (٪)
۱	BF40/P	٤۰	۰	٦۰	۰
۲	BF40/P/M	٤۰	۰	۵۸	۲
۳	BF50/P	۵۰	۰	۵۰	۰
٤	BF50/P/M	۵۰	۰	٤۸	۲
۵	BF60/P	٦۰	۰	٤۰	۰
٦	BF60/P/M	٦۰	۰	۳۸	۲
۷	WF60/P	۰	٦۰	٤۰	۰
۸	WF60/P/M	۰	٦۰	۳۸	۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- دمای مناطق مختلف حرارتی و سرعت مارپیچ در دستگاه اکسترودر

فرایند اکستروژن	دما (°c)								سرعت مارپیچ
	منطقه۱	منطقه۲	منطقه۳	منطقه٤	منطقه۵	منطقه٦	قالب	قالب	(rpm)
پرکننده پوست	۱۷۰	۱٦۵	۱٦۰	۱۵۵	۱۵۵	۱۷۰	۱٤۰	۱۲۰	۹۰

رطوبت‌تعادل و دانسیته‌خشک: تعداد ۵ آزمونه از هر تیمار با ابعاد اسمی نمونه‌ها (۱×۲/۵×۲/۵ cm) مطابق آیین‌نامه ۰٤-D۷۰۳۱ استاندارد ASTM مورد آزمون قرار گرفت. رطوبت تعادل آزمونه‌ها پس از دو هفته مشروط‌سازی در آزمایشگاه (دمای ۲±۲۱ ^{o}C و رطوبت‌نسبی ٦۰±۵ درصد) اندازه‌گیری شده است.

جذب‌آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت: به منظور تعیین جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت مواد مرکب مورد بررسی، پنج نمونه از هر ترکیب انتخاب و به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲±۱۰۳ °C در آون خشک شدند. پس از آن وزن و ضخامت نمونه‌های خشک شده به‌ترتیب با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و میکرومتر با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و در آب مقطر (در دمای اتاق) قرارداده شدند. اندازه‌گیری وزن و ضخامت نمونه‌ها پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری انجام شد و مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت به‌ترتیب با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید.

$$WA_{(2,24)} = \frac{W_{(2,24)} - W_O}{W_O} \times 100$$ رابطه ۱

WA(2, 24) = مقدار جذب آب در زمان غوطه‌وری ۲ و ۲٤ ساعت (٪)؛ W(2 ,24) = وزن نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری ۲ و ۲٤ ساعت (gr)؛ W_o = وزن خشک نمونه‌ها قبل از غوطه‌وری (gr).

$$TS_{(2,24)} = \frac{T_{(2,24)} - T_O}{T_O} \times 100$$ رابطه ۲

TS(2, 24) = واکشیدگی ضخامت در زمان غوطه‌وری ۲و ۲٤ ساعت (٪)؛ T (2, 24)= ضخامت نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری ۲ و ۲٤ ساعت (mm)؛ T_o = ضخامت نمونه در حالت خشک (mm).

آزمون خمش سه‌نقطه‌ای: این آزمون مطابق آیین‌نامه ۹۰-D۷۹۰ استاندارد ASTM برای اندازه‌گیری مدول‌الاستیسیته و مقاومت خمشی انجام شد. ابعاد نمونه‌ها ۱cm×۷×۲۵، طول دهانه ۲۰ cm و سرعت رأس بارگذاری ۵ mm/min بوده است. ۵ نمونه از هر ترکیب توسط دستگاه DARTEC مورد آزمایش قرار گرفتند.

$$TS_{2,24} = \frac{T_{(2,24)} - T_O}{T_O} \times 100$$

آزمون مقاومت به ضربه بدون فاق: این آزمون مطابق آیین‌نامه D۲۵٦ استاندارد ASTM انجام شد و مقاومت به ضربه بدون فاق نمونه‌ها بر حسب J/m^2 اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمون از نمونه‌های به ابعاد ۱cm×۲×٦ و دستگاه ضربه نوع IZOD استفاده گردید. به طوری که ۵ نمونه از هرترکیب مورد آزمایش قرارگرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه تحلیل آماری داده‌های خواص مکانیکی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون فاکتوریل در دو سطح نوع پرکننده و سازگارکننده انجام شد. از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای تعیین وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف استفاده شده است، و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد. همچنین خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب حاصل از ٤٠٪ پلی‌پروپیلن و ٦٠٪ آرد پوست با خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب حاصل از ٤٠٪ پلی‌پروپیلن و ٦٠٪ آرد چوب مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

دانسیته و رطوبت تعادل مواد مرکب: جدول ۳ دانسیته خشک نمونه‌ها در تیمارهای مختلف و همچنین میزان رطوبت تعادل آنها را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین دانسیته خشک تیمارهای مختلف دیده نمی‌شود، اما مواد مرکب حاوی آرد چوب رطوبت تعادل بالاتری نسبت به تیمارهای حاوی آرد پوست نشان می‌دهند. نتیجه یک تحقیق نشان می‌دهد که منحنی تغییرات رطوبتی پوست و چوب شبیه هم هستند ولی رطوبت تعادل پوست بیشتر از چوب است که این تفاوت به مواد استخراجی محلول در آب موجود در پوست نسبت داده شده است (Tsoumis، ۱۹۹۱).

جدول۳- مقادیر دانسیته خشک و رطوبت تعادل تیمارهای مورد آزمایش

نوع تیمار	دانسیته خشک (g/cm^3)	رطوبت تعادل (٪)
BF40/P	۱/۰۰	۰/۲
BF40/P/M	۱/۰۳	۰/۲
BF50/P	۱/۰٦	۰/۳
BF50/P/M	۱/۰٦	۰/۲
BF60/P	۱/۰۸	۰/۵
BF60/P/M	۱/۰۹	۰/۳
WF60/P	۱/۰۰	۱/٤
WF60/P/M	۱/۰۹	۱/۱

جذب آب کوتاه‌مدت: جدول ٤ جذب آب کوتاه‌مدت (۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری) را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی پرکننده پوست، جذب آب در ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش کمی می‌یابد. بنابراین واضح است که با افزایش پرکننده لیگنوسلولزی به دلیل خاصیت آبدوستی این مواد میزان جذب آب افزایش می‌یابد. افزودن سازگارکننده MAPP نیز تأثیر نسبتاً کمی در کاهش جذب آب (۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری) مواد مرکب پوست-پلاستیک ایجاد می‌کند. جدول ٤ همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد که جذب آب مواد مرکب دارای آرد پوست به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مواد مرکب دارای آرد چوب می‌باشد.

واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت: جدول ٤ واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت (٢ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری) را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی پرکننده پوست واکشیدگی ضخامت ٢ و٢٤ ساعت افزایش کمی می‌یابد. سطح ٦٠٪ دارای بیشترین واکشیدگی ضخامت در بین مواد مرکب دارای آرد پوست می‌باشد. با افزودن سازگارکننده MAPP واکشیدگی ضخامت (٢ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری) مواد مرکب کاهش اندکی می‌یابد. واکشیدگی ضخامت مواد مرکب دارای آرد پوست نیز به طور واضحی کمتر از مواد مرکب دارای آرد چوب می‌باشد.

جدول٤- مقادیر درصد جذب و واکشیدگی ضخامت آب ٢ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب

نوع تیمار	جذب آب (٪)		واکشیدگی ضخامت (٪)	
	دو ساعت	بیست و چهار ساعت	دو ساعت	بیست و چهار ساعت
BF40/P	٠/٧	١/١	٠/٠٣	٠/١٨
BF40/P/M	٠/٧	١	٠/٠٢	٠/١٢
BF50/P	٠/٨	١/١	٠/٠٦	٠/٣١
BF50/P/M	٠/٨	١/١	٠/٠٥	٠/٢٥
BF60/P	١/٤	٢/٥	٠/١	٠/٤٨
BF60/P/M	٠/٨	١/٢	٠/٠٤	٠/٢٢
WF60/P	٢/٥	٤/٨	٠/٦٥	٢/٧٠
WF60/P/M	٢/١	٣/٨	٠/٣٧	٢/٢٦

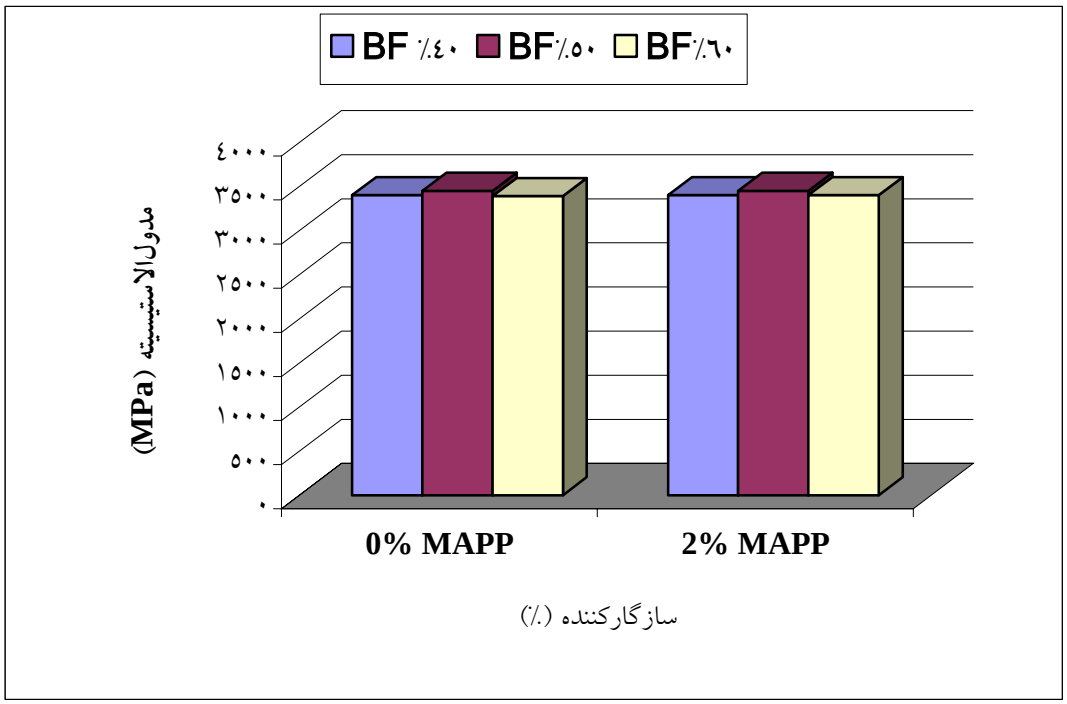
مدول‌الاستیسیته خمشی: جدول ٥ تجزیه واریانس مقادیر مدول‌الاستیسیته خمشی در مواد مرکب دارای آرد پوست را نشان می‌دهد. همان طوری که این جدول نشان می‌دهد اثر مستقل و متقابل فاکتورهای مورد بررسی (درصد پرکننده و سازگارکننده) بر مدول‌الاستیسیته خمشی مواد مرکب در سطح آماری ٩٥ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. شکل ١ اثر متقابل درصد پرکننده و سازگارکننده بر مدول‌الاستیسیته خمشی را نشان می‌دهد. به طور کلی میزان مدول‌الاستیسیته مواد مرکب چوب- پلاستیک به عوامل بسیاری بستگی دارد که از این میان معمولاً مقدار ذرات مصرف شده و خواص این ذرات (نوع پرکننده) حائز اهمیت می‌باشند (Rowell و همکاران، ١٩٤٥). بدین ترتیب با افزایش مقدار آرد پوست از ٤٠٪ تا ٦٠٪ تغییر معنی‌داری حاصل نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ – تجزیه واریانس مقادیر مدول‌الاستیسیته خمشی در مواد مرکب دارای آرد پوست

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار P
اثر درصد آرد پوست	۷۹۳۲۸/٤۳	۲	۳۹٦٦٤/۲۲	۰/۲۱۳	۰/۸۰۹
اثر سازگارکننده	۹۰٥٤/۲۸	۱	۹۰٥٤/۲۸	۰/۰٤۸	۰/۸۲۷
اثر درصد آرد پوست و سازگارکننده	۹۰۸۸/٦٤	۲	٤٥٤٤/۳۲	۰/۰۲٤	۰/۹۷٥



شکل ۱– اثر متقابل درصد پُرکننده پوست و سازگارکننده بر مدول‌الاستیسیته خمشی

مقاومت‌خمشی: جدول تجزیه واریانس مقادیر مقاومت‌خمشی در مواد مرکب دارای آرد پوست نشان می‌دهد که اثر مستقل درصد پوست بر مقاومت خمشی مواد مرکب به لحاظ آماری معنی‌دار است، درحالی که اثر مستقل سازگارکننده و اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول٦). اثر مستقل درصد پرکننده پوست بر مقاومت خمشی مواد مرکب پوست–پلی‌پروپیلن در شکل۲ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود با افزایش میزان پرکننده پوست مقاومت‌خمشی مواد مرکب کاهش می‌یابد که این کاهش با افزایش درصد آرد پوست از ۵۰٪ به ٦۰٪ معنی‌دار می‌باشد. به طور کلی مقدار مقاومت‌خمشی مواد مرکب با حضور و عدم حضور سازگارکننده تابعی از میزان درصد پرکننده می‌باشد (Rowell و همکاران، ۱۹٤۵) همچنین مقاومت‌خمشی مواد مرکب تحت تأثیر چگونگی اتصال و چسبندگی بین پرکننده و ماتریس پلیمر در اثر اختلاط می‌باشد. البته غیر قطبی بودن ساختار پلی‌اولفین‌ها و قطبی بودن سطوح مواد لیگنوسلولزی، چسبندگی این دو ماده را

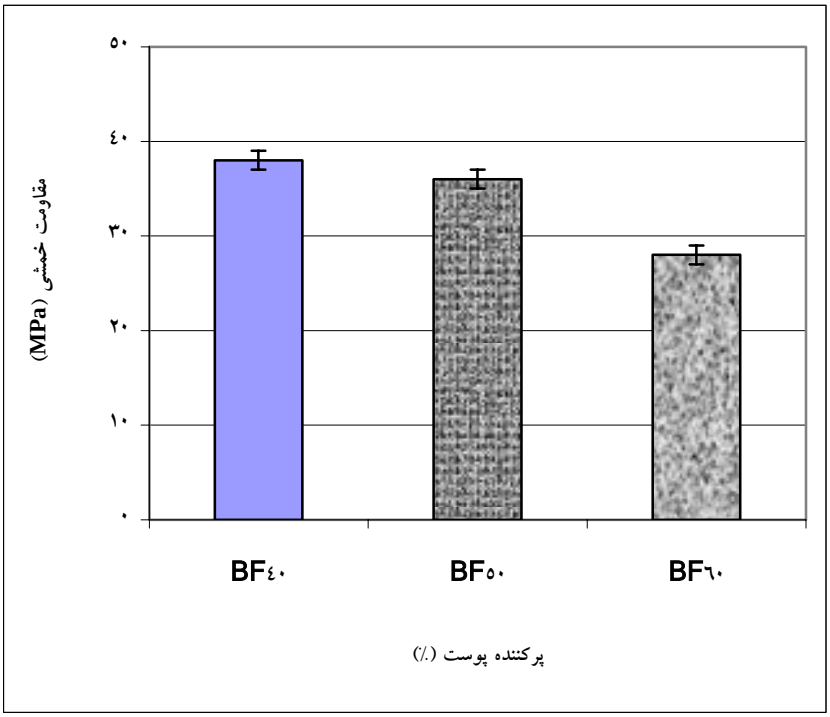
www.SID.ir

Archive of SID

بسیار ضعیف می‌سازد که درنتیجه اختلاط مواد با یکدیگر مشکل می‌شود. بنابراین ضمن افزودن پرکننده پوست ناسازگاری بین پرکننده و پلیمر افزایش می‌یابد و مقاومت‌خمشی در سطح ٦٠٪ کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند؛ از سوی دیگر با افزایش مقدار آرد پوست، مقدار پلی‌پروپیلن که در واقع نقش چسب را ایفا می‌کند، کاهش می‌یابد که می‌تواند منجر به کاهش مقاومت شود. Yang و همکاران (۲۰۰۵) و Li و همکاران (۲۰۰۷) نیز کاهش معنی‌دار مقاومت‌خمشی مواد مرکب چوب-پلاستیک را با افزایش مقدار پرکننده سلولزی گزارش نمودند.

جدول ٦- تجزیه واریانس مقادیر مقاومت خمشی در مواد مرکب دارای آرد پوست

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار P
اثر درصد آرد پوست	۸۵۵/۸۳	۲	٤۲۷/۹۱	۱۱/۰۳۱	/۰۰۰
اثرسازگارکننده	۳۷/۷۹۱	۱	۳۷/۷۹۱	۰/۹۷٤	۰/۳۳۳
اثر درصد آرد پوست و سازگارکننده	۳۳/٦۳	۲	۱٦/۸۱۹	۰/٤۳۳	۰/٦٥۳



شکل۲ – اثر مستقل درصد پرکننده پوست روی مقاومت خمشی

در حضور سازگارکننده روند مقاومت خمشی مواد مرکب پوست- پلی‌پروپیلن مشابه مواد مرکب پوست- پلی‌پروپیلن بدون‌سازگارکننده بود، بنابراین عمل‌کرد سازگارکننده در افزایش مقاومت خمشی ناچیز و معنی‌دار نمی‌باشد. این در حالیست که به طور معمول مصرف سازگارکننده با افزایش میزان درصد پرکننده و یا حتی در

www.SID.ir

Archive of SID

یک درصد مشخص پرکننده موجب افزایش قابل ملاحظه مقاومت خمشی مواد مرکب چوب- پلاستیک می‌شود (Cui و همکاران، ۲۰۰۷؛ Li و همکاران،۲۰۰۷). احتمالاً به دلیل وجود مقدار زیاد مواد استخراجی روی سطوح آرد پوست، کارایی سازگارکننده در افزایش مقاومت‌خمشی کاهش می‌یابد.

مقاومت به ضربه بدون‌فاق: جدول تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به ضربه بدون‌فاق در مواد مرکب دارای آرد پوست نشان می‌دهد که اثر مستقل درصد پرکننده پوست در مقاومت به ضربه بدون‌فاق مواد مرکب به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده، در حالی که اثر مستقل سازگارکننده و اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی معنی‌دار است (جدول ۷).

جدول۷ - تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به ضربه بدون فاق‌در مواد مرکب دارای آرد پوست

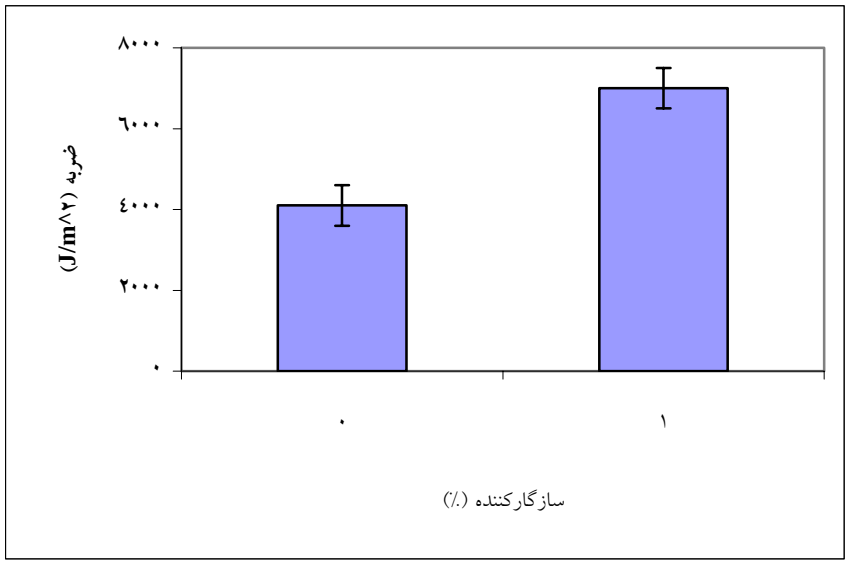
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار P
اثر درصد آرد پوست	۲/۱۲E+۰۸	۲	۱/۰٦E+۰۸	۲۳/۱۸	۰/۰۰۰
اثر سازگارکننده	٥٧٩٣٣٠٨٤	۱	٥٧٩٣٣٠٨٤	۱۲/٦٧	۰/۰۰۱
اثر درصد آرد پوست و سازگارکننده	۲۹۲۰۱۷۹۰	۲	۱٤٦۰۰۸۹٥	۳/۱۹	۰/۰٥

به طورکلی با افزایش مقدار آرد پوست، مقاومت به ضربه به علت سطوح اتصال ضعیف بین الیاف و ماتریس پلیمری کاهش می‌یابد (Yang و همکاران، ۲۰۰٥). با افزایش درصد پوست سطح تماس ایجاد شده بین ذرات پوست و پلیمر کاهش یافته که موجب افزایش نواحی با تنش متمرکز و ترک‌های احتمالی می‌گردد که نتیجه آن کاهش مقاومت به ضربه می‌باشد (Sewda و Maiti، ۲۰۰۷). شکل۳ اثر مستقل درصد سازگارکننده را بر مقاومت به ضربه بدون‌فاق مواد مرکب پوست- پلی‌پروپیلن نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود با افزودن سازگارکننده مقاومت به ضربه بدون‌فاق مواد مرکب افزایش می‌یابد. مصرف سازگارکننده افزایش معنی‌داری را بر مقاومت به ضربه بدون‌فاق ایجاد می‌کند که می‌توان آن را به نقش مناسب سازگارکننده در پراکندگی پرکننده آرد پوست نسبت داد (Sewda و Maiti، ۲۰۰۷). شکل ٤ اثر متقابل درصد پرکننده پوست و درصد سازگارکننده بر مقاومت به ضربه بدون‌فاق را نشان می‌دهد. کاهش معنی‌داری در سطح ٦۰٪ وزنی پرکننده در حضور و غیاب سازگارکننده قابل مشاهده است. در مورد مقادیر مقاومت به ضربه بدون‌فاق چندسازه‌ها بدون عامل جفت‌کننده، وجود پرکننده انرژی جذب شده توسط نمونه را کاهش می‌دهد. اضافه کردن پرکننده که با کاهش ماده زمینه همراه خواهد بود امکان ایجاد مناطق دارای تراکم را افزایش می‌دهد که برای به وجود آمدن ترک در آنها به انرژی کمتری نیاز است (Rowell و همکاران، ۱۹٤٥).

مقایسه خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از آرد پوست و آرد چوب: جدول ۸ خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن - آرد چوب و پلی‌پروپیلن - آرد پوست (با یک مقدار یکسان نسبت ماتریس به پرکننده٤۰ به٦۰) را در حضور و عدم حضور سازگارکننده نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود مواد مرکب مورد مطالعه ویژگی‌های مکانیکی مشابهی را بروز نمی‌دهند. بنابراین با توجه به ثابت بودن نوع و مقدار پلی‌پروپیلن (٤۰٪)، اختلافات موجود در ویژگی‌های مکانیکی را می‌توان به نوع پرکننده و نقش سازگارکننده نسبت داد.

www.SID.ir

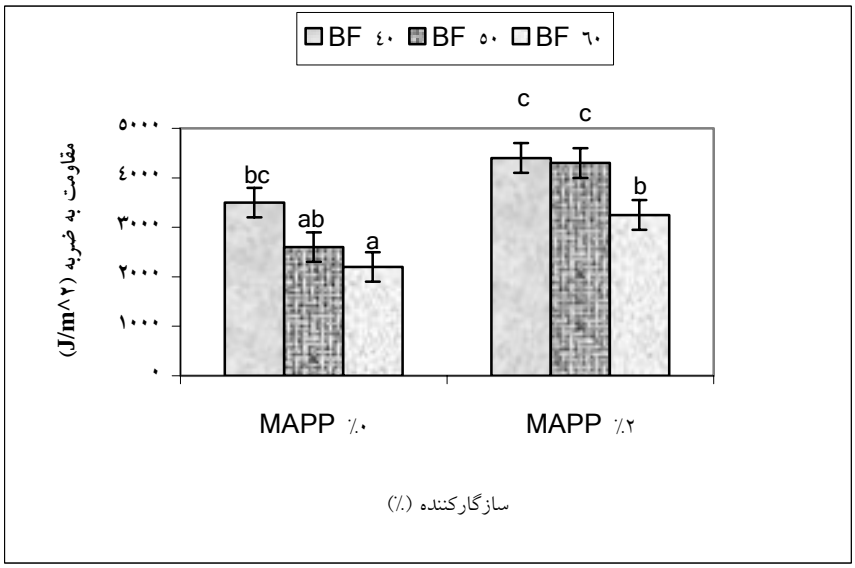
Archive of SID



شکل۳ - اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت به ضربه بدون‌فاق

جدول۸ - خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن - آرد چوب و پلی‌پروپیلن - آرد پوست

مواد مرکب		مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مقاومت به ضربه (J/m^2)
پلی پروپیلن- آرد چوب	بدون سازگارکننده	۲۸۲۹	۱۷/۳	۲۴۷۶
	با سازگارکننده	۳۹۸۸	۲۹/۹	۴۳۲۴
پلی پروپیلن- آرد پوست	بدون سازگارکننده	۳۲۱۳	۲۵/۵	۲۶۹۳
	با سازگارکننده	۳۲۹۶	۲۶/۲	۴۲۶۶



شکل ٤ - اثر متقابل درصد پرکننده پوست و درصد سازگارکننده بر مقاومت به ضربه بدون‌فاق

www.SID.ir

Archive of SID

براساس جدول ۸ با عدم حضور سازگارکننده، کلیه خواص مکانیکی مور مطالعه در مواد مرکب حاصل از آرد پوست بیشتر از مواد مرکب حاوی آرد چوب است. در مورد مدول‌الاستیسیته باید خاطر نشان کرد که به‌طور کلی مدول‌الاستیسیته مواد مرکب متأثر از مدول‌الاستیسیته اجزاء، و نحوهٔ اتصال بین ماتریس و پرکننده می‌باشد. نظر به اینکه مدول‌الاستیسیته پوست تقریباً ۵۰ درصد مدول‌الاستیسیته چوب است (Niklas، ۱۹۹۸). بنابراین انتظار می‌رود مدول‌الاستیسیته مواد مرکب حاوی آرد چوب بیشتر از مواد مرکب حاوی آرد پوست باشد، در حالی که نتیجه بعکس مشاهده می‌شود. در تحلیل نتایج مشاهده شده می‌توان گفت که به‌طور کلی با عدم حضور سازگارکننده وقتی مواد لیگنوسلولزی به صورت آرد (پودر) مصرف می‌شوند در این حالت بیشتر نقش پرکنندگی را ایفا می‌کنند (Strak و Rowland، ۲۰۰۳ ؛ Bledzkiو همکاران، ۲۰۰٤) و مدول‌الاستیسیته ذاتی آنها تأثیر معنی‌داری بر مدول‌الاستیسته ماده مرکب ندارد. از سوی دیگر پوست دارای لیگنین زیاد و مواد استخراجی متنوعی می‌باشد که برخی از آنها می‌توانند نقش جفت‌کنندگی را بین پلی‌پروپیلن غیرقطبی و پوست ایفا نمایند. در واقع وجود مقدار زیاد لیگنین و برخی مواد استخراجی احتمالاً باعث غیرقطبی شدن بیشتر سطح پوست می‌شود که ضمن بهبود پراکنش مناسبتر آرد پوست در ماتریس هیدروفوب (Raj و همکاران، ۱۹۹۱)، سبب بهبود سازگاری بین آرد پوست و پلی‌پروپیلن نیز می‌شود که می‌تواند دلیل بالاتر بودن مدول‌الاستیسیته مواد مرکب حاوی آرد پوست نسبت به مواد مرکب حاوی آرد چوب با عدم حضور سازگارکننده باشد. بالاتر بودن مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه مواد مرکب دارای آرد پوست نسبت به مواد مرکب دارای آرد چوب نیز می‌تواند دلیلی بر ادعای فوق باشد، چون مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه بشدّت متأثر از چسبندگی و نحوه چسبندگی بین ماتریس و پرکننده می‌باشد.

افزودن سازگارکننده باعث افزایش قابل توجه خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن_آرد چوب شده است؛ به طوری که با افزودن ۲ درصد سازگارکننده مدول‌الاستیسیته، مقاومت‌خمشی و مقاومت به ضربه به‌ترتیب حدود ٤۱، ۷۳ و ۷۵ درصد افزایش یافته است. در حالی که افزایش خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن_آردپوست به‌ترتیب۳، ۳ و ۵۲ درصد بوده است. همان طور که مشاهده می‌شود با حضور ۲ درصد سازگارکننده کلیه خواص مکانیکی مشاهده شده برای مواد مرکب دارای آرد چوب بیشتر از مواد مرکب دارای آرد پوست است. در واقع سازگارکننده نتوانسته است نقش مهمی در بهبود خواص مورد مطالعه به‌ویژه مدول‌الاستیسته و مقاومت خمشی مواد مرکب دارای آرد پوست ایجاد نماید. نتایج Yemele و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که سازگارکننده تأثیر کمی بر بهبود خواص مواد مرکب حاصل از پلی‌اتیلن سنگین-آرد پوست دارد که این امر به عدم شکل‌گیری پیوندهای استری بین سازگارکننده و آرد پوست نسبت داده شده است. به طور کلی عملکرد سازگارکننده بستگی به کیفیت ویژگی‌های سطحی پرکننده لیگنوسلولزی و پلیمر دارد. اساساً ترکیب شیمیایی پوست تفاوتی زیادی با چوب دارد که در این میان وجود مواد استخراجی فراوان و متنوع می‌تواند سبب غیرفعال و هیدروفوب شدن سطح پوست شود و از شکل‌گیری مؤثر اتصال بین سازگارکننده و پوست جلوگیری نماید و در نهایت از افزایش قابل ملاحظه ویژگی‌های مکانیکی در حضور سازگارکننده به‌کاهد. اثر

www.SID.ir

Archive of SID

منفی مواد استخراجی بر عمل‌کرد سازکارگننده بوسیله Li و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است.

لازم به تذکر این مطلب است که دلایلی که در این بخش ارایه شده است می‌تواند جذب آب و واکشیدگی ضخامت کمتر مواد مرکب دارای آرد پوست را نسبت به مواد مرکب دارای آرد چوب و نقش سازگارکننده بر این خواص را نیز توضیح دهد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق امکان استفاده از پوست به صورت خالص به‌منظور ساخت مواد مرکب دارای آرد پوست مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و خواص مکانیکی آنها با مواد مرکب دارای آرد چوب مقایسه شد. نتایج نشان داد که جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت مواد مرکب دارای آرد پوست به میزان قابل توجهی کمتر از مواد مرکب دارای آرد چوب می‌باشد. از این رو با افزایش میزان آرد پوست مدول‌الاستیسیته و مقاومت‌خمشی مواد مرکب با حضور و عدم حضور سازگارکننده تغییر معنی‌داری نیافت، در حالی که از مقاومت به ضربه مواد مرکب مورد مطالعه با افزایش درصد آرد پوست کاسته شد. به هر حال با عدم حضور سازگارکننده خواص مکانیکی مواد مرکب دارای آرد پوست بیش از مواد مرکب دارای آرد چوب می‌باشد، در حالی که با مصرف سازگارکننده خواص مکانیکی در مواد مرکب دارای آرد چوب به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت.

منابع مورد استفاده

- دوست حسینی، ک. ۱۳۸۰. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ٦٤٨.
- کیایی فر، آ.١٣٨٦. تأثیر میزان پوست بر خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب چوب پلاستیک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ص. ۸۳.
-American Society for Testing and Materials, Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products ASTM D 7031-04. West Conshohocken, Pa. USA, 2004.
-American Society for Testing and Materials, Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics, ASTM D256-04. USA 2004.
-Bledzki, A.k., Letman, A., Viksne, A., Rence, L., 2004. A Comparison of Compounding Process and Wood Type for Wood Fiber-PP Composites, Composites: Part A, 36: 789-797.
-Cui, Y.-H., Lee, S., Toa, J., Effect of Alkaline and Silane Treatments on the Water-Resistance Properties of Wood-Fiber- Reinforced Recycled Plastic Composites, Journal of Vinyl & Additive Technology, DOI 10.1002/vnl, 2008.
-Li, B., Jiang, H., Guo, L., Shi, H., 2007 Comparative Study on the Effect of Manchurian Ash and Larch Wood Flour on Mechanical Property, Morphology, and Rheology of HDPE/Wood Flour Composites, Journal of Applied Polymer Science, 107:2520-2530.
-Niklas, K.J., 1998. The mechanical role of bark, American Journal of Botany, 86:465-469.
-Raj, R.G., kokta, B.V., Groluleau, G. Daneault, C., 1991. The Influence of Coupling Agents on Mechanical Properties of Composites Containing Cellulosic Filler, Polym- Plast Technol Eng, 29:339-353.
- Rowell R.M., Young R.A., and Rowell J.K., paper and composites from agro-based resources,1945.
-Saini, G., Choudhary, V., Bhardwaj, R., Narula, A. K., 2007. Study on PVC Composites Containing *Eugenia jambolana* Wood Flour, Journal of Applied Polymer Science, 107:2171-2179.
-Sewda, K., Maiti, S.N., Mechanical Properties of HDPE/Bark Flour Composites.Journal of Applied Polymer Science, 105: 2598-2604, 2007.
-Stark, N.M., Rowlands, R.E., 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites, Wood and Fiber Science 35(2):167-174.
-Tsoumis, G., 1991. Science and Technology of wood. Structure, Properties, Utilisation. Van Nostrand Reinhold, New York.
-Yang, H.S., Kim, H.J., Park, H.J., Lee, B.J., and Hwang, T.S., 2005. Water absorption behavior and mechanical properties of lignocellulosic filler-polyolefin biocomposites, Journal of Composites Structures, (72): 429-437.
-Yemele, M.C.N. Ahmed Koubaa, A., A., Soulounganga, P., Wolcott, M. 2010 Effect of bark fiber content and size on the mechanical properties of bark/HDPE composites Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 41(1): 131-137

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Beech bark Content on Physical and Mechanical Properties of Bark Flour-Polypropylene Composites

Kazemi Najafi, S.[1*] and Azimi Delarestaghi, A.[2]

1*- Corresponding Author, Associated Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University
2-M.Sc., Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University

Received: Oct., 2010 Accepted: July, 2011

Abstract

In this study, physical and mechanical properties of composites made of bark flour and polypropylene were studied and compared with those of wood flour-polypropylene composites. Bark flour content were adjusted at three levels (40, 50 and 60%) and compounded at absence and presence of 2% compatibilizer (MAPP) in a twin screw extruder to produce the bark flour-polypropylene composites. The wood flour-polypropylene composites also were manufactured at 60 filler weight wood flour loading. The results showed that water absorption and thickness swelling of composites containing bark flour increase with increasing bark flour content. The composites containing bark flour exhibited lower water absorption and thickness swelling than those made from wood flour. In absence of MAPP, bark content had no significant effect on flexural modulus of the composites but flexural strength and un-notched Izod impact strength significantly decreased with increase in bark content. The use of MAPP had no significant effect in increasing the mechanical properties. A comparison indicates that in absence of MAPP, bark flour-PP composites exhibited higher mechanical properties than wood flour-PP composite but in presence of MAPP, results were quite inversed.

Keywords: bark flour-polypropylene composite; compatibilizer; physical properties; mechanical properties.

www.SID.ir