

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

سعید کاظمی نجفی^۱ و علی عظیمی دلارستانی^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- کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۹

چکیده

در این تحقیق خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب حاصل از آرد پوست و پلی پروپیلن مورد مطالعه قرار گرفت و با خواص مواد مرکب آردچوب-پلی پروپیلن مقایسه شد. مقدار پرکننده آرد پوست در سه سطح ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد در نظر گرفته شد و با عدم حضور و حضور ۲ درصد سازگارکننده MAPP با پلی پروپیلن در دستگاه اکسترودر دو مارپیچ مخلوط و مواد مرکب ساخته شد. مواد مرکب آردچوب-پلی پروپیلن نیز با نسبت ۶۰ به ۴۰ آرد چوب به پلی پروپیلن ساخته شد. نتایج نشان دادند با افزودن درصد آرد پوست جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت مواد مرکب کاهش می یابد و مصرف سازگارکننده موجب کاهش جزیی این خواص می گردد. اما با عدم حضور سازگارکننده افزایش درصد پوست در مواد مرکب پوست پلی پروپیلن مدول الاستیسیته تغییر معنی داری را نشان نمی دهد، ولی مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه به طور معنی داری کاهش می یابد. استفاده از سازگارکننده باعث افزایش کمی در خواص مذکور می شود. مقایسه خواص مکانیکی مواد مرکب آرد پوست پلی پروپیلن و مواد مرکب، آرد چوب پلی پروپیلن نشان داد که با عدم حضور سازگارکننده، خواص مکانیکی مواد مرکب حاوی آرد پوست بیشتر از مواد مرکب دارای آرد چوب می باشد، در حالی که با حضور سازگارکننده نتایج بعکس می باشد.

واژه های کلیدی: مواد مرکب آرد پوست- پلی پروپیلن، سازگارکننده، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

مقدمه

اولیه نامناسب قلمداد می گردد، از جمله مسائل مهمی است که این صنایع با آن مواجه هستند. انباشت حجم زیاد انواع ضایعات مواد چوبی و به ویژه پوست در مراحل مختلف فرایند تولید مسئله بسیار مهم و گاهی اوقات پیچیده در صنایع مختلف تبدیل چوب می باشد. حجم باقیمانده پوست به قدری زیاد است که

پوست درختان به طور متوسط ۱۰ تا ۱۵ درصد حجم درختان را تشکیل می دهد. هر ساله میلیون ها تن از آن به صورت پسماند در کارخانه های صنایع چوب و کاغذ برجا می ماند. کاربرد چنین مقادیر زیادی از پوست که معمولاً به غیر از تولید انرژی به صورت سوخت، به عنوان یک ماده

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 (۱۳۸۶) 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 محصولاتمانند 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 ۹ gr/۱۰min تهیه گردید. شاخص جریان مذاب در حرارت ۱۹۰ درجه سانتیگراد و وزنه ۲/۱۶۴ کیلوگرم اندازه‌گیری شد.

بیرون رفتن آن به طور پیوسته از محل کارخانجات لازم و به یک امر اجتناب‌ناپذیری تبدیل شده است. تکنولوژی‌های جدید روش‌هایی را برای تبدیل پست‌لاها 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 و تثبیت‌کننده خاک^۱ استفاده شود (Tsoumis, ۱۹۹۱). امکان استفاده از پوست به شکل آرد (پودر) در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک^۲ 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،

1 - Soil conditioner

2 - Wood plastic composites

و بعد در هوای آزاد خشک شد. آرد چوب و آرد پوست الک شده و ذرات عبور کرده از مش ۴۰ و باقی مانده روی مش ۶۰ جهت استفاده جداسازی شدند.

فرایند اختلاط مواد و ساخت تخته‌ها: برای ساخت

مواد مرکب مواد اولیه شامل آرد پوست، آرد چوب، پلی پروپیلن 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 ۶ ناحیه در روی سیلندر و ۲ ناحیه در روی قالب وجود دارد (جدول ۲).

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 پلی پروپیلن (غیرقطبی) از پلی پروپیلن 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

جدول ۱- درصد وزنی اجزای ماده مرکب چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	پوست (%)	چوب (%)	پلی پروپیلن (%)	MAPP (%)
۱	BF40/P	۴۰	۰	۶۰	۰
۲	BF40/P/M	۴۰	۰	۵۸	۲
۳	BF50/P	۵۰	۰	۵۰	۰
۴	BF50/P/M	۵۰	۰	۴۸	۲
۵	BF60/P	۶۰	۰	۴۰	۰
۶	BF60/P/M	۶۰	۰	۳۸	۲
۷	WF60/P	۰	۶۰	۴۰	۰
۸	WF60/P/M	۰	۶۰	۳۸	۲

جدول ۲- دمای مناطق مختلف حرارتی و سرعت ماریچ در دستگاه اکسترودر

سرعت ماریچ (rpm)	دما (°C)								فرایند اکستروژن
	قالب ۱	قالب ۲	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	
۹۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۰	پرکننده پوست

رطوبت تعادل و دانسیته خشک: تعداد ۵ نمونه از هر

تیمار با ابعاد اسمی نمونه‌ها (۲/۵×۲/۵×۱ cm) مطابق آیین‌نامه ۰۴-۳۱-۰۷ DV استاندارد ASTM مورد آزمون قرار گرفت. رطوبت تعادل آزمون‌ها پس از دو هفته مشروط‌سازی در آزمایشگاه (دمای °C ۲۱±۲ و رطوبت نسبی ۶۰±۵ درصد) اندازه‌گیری شده است.

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت: به

منظور تعیین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت مواد مرکب مورد بررسی، پنج نمونه از هر ترکیب انتخاب و به مدت ۲۴ ساعت در دمای °C ۱۰۳±۲ در آن خشک شدند. پس از آن وزن و ضخامت نمونه‌های خشک شده به ترتیب با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و میکرومتر با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و در آب مقطر (در دمای اتاق) قرار داده شدند. اندازه‌گیری وزن و ضخامت نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری انجام شد و مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به ترتیب با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید.

$$TS_{(2,24)} = \frac{T_{(2,24)} - T_0}{T_0} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

TS(2, 24) = واکنشیدگی ضخامت در زمان غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعت (%); T(2, 24) = ضخامت نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعت (mm); T₀ = ضخامت نمونه در حالت خشک (mm).

آزمون خمش سه نقطه‌ای: این آزمون مطابق

آیین‌نامه ۹۰-۹۰ DV استاندارد ASTM برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی انجام شد. ابعاد نمونه‌ها ۲۵×۷×۱ cm، 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.

$$TS_{2,24} = \frac{T_{(2,24)} - T_0}{T_0} \times 100$$

آزمون مقاومت به ضربه بدون فاق: این آزمون مطابق

آیین‌نامه ۲۵۶ ASTM انجام شد و مقاومت به ضربه بدون فاق نمونه‌ها بر حسب J/m² اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمون از نمونه‌های به ابعاد ۶×۲×۱ cm دستگاه ضربه نوع IZOD استفاده گردید. به طوری که ۵ نمونه از هر ترکیب مورد آزمایش قرار گرفت.

$$WA_{(2,24)} = \frac{W_{(2,24)} - W_0}{W_0} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

WA(2, 24) = مقدار جذب آب در زمان غوطه‌وری ۲

و ۲۴ ساعت (%); W(2, 24) = وزن نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعت (gr); W₀ = وزن خشک نمونه‌ها قبل از غوطه‌وری (gr).

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).

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 یک طرفه 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 ۴۰٪ پلی‌پروپیلن و ۶۰٪ آرد پوست با خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب حاصل از ۴۰٪ پلی‌پروپیلن و ۶۰٪ آرد چوب مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول ۳- مقادیر دانسیته خشک و رطوبت تعادل تیمارهای مورد آزمایش

رطوبت تعادل (%)	دانسیته خشک (g/cm ³)	نوع تیمار
۰/۲	۱/۰۰	BF40/P
۰/۲	۱/۰۳	BF40/P/M
۰/۳	۱/۰۶	BF50/P
۰/۲	۱/۰۶	BF50/P/M
۰/۵	۱/۰۸	BF60/P
۰/۳	۱/۰۹	BF60/P/M
۱/۴	۱/۰۰	WF60/P
۱/۱	۱/۰۹	WF60/P/M

بنابراین واضح است که با افزایش پرکننده لیگنوسولوزی به دلیل خاصیت آبدوستی این مواد میزان جذب آب افزایش می‌یابد. افزودن سازگارکننده MAPP نیز تأثیر نسبتاً کمی در کاهش جذب آب (۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری) مواد مرکب پوست-پلاستیک ایجاد می‌کند. جدول ۴ همچنین

جذب آب کوتاه‌مدت: جدول ۴ جذب آب

کوتاه‌مدت (۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری) را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی پرکننده پوست، جذب آب در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش کمی می‌یابد.

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

واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت: جدول ۴ واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت (۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری) را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی پرکننده پوست واکشیدگی

ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت افزایش کمی می‌یابد. سطح ۰.۶۰٪ دارای بیشترین واکشیدگی ضخامت در بین مواد مرکب دارای آرد پوست می‌باشد. با افزودن سازگارکننده MAPP واکشیدگی ضخامت (۲ و ۲۴ 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.

جدول ۴- مقادیر درصد جذب و واکشیدگی ضخامت آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

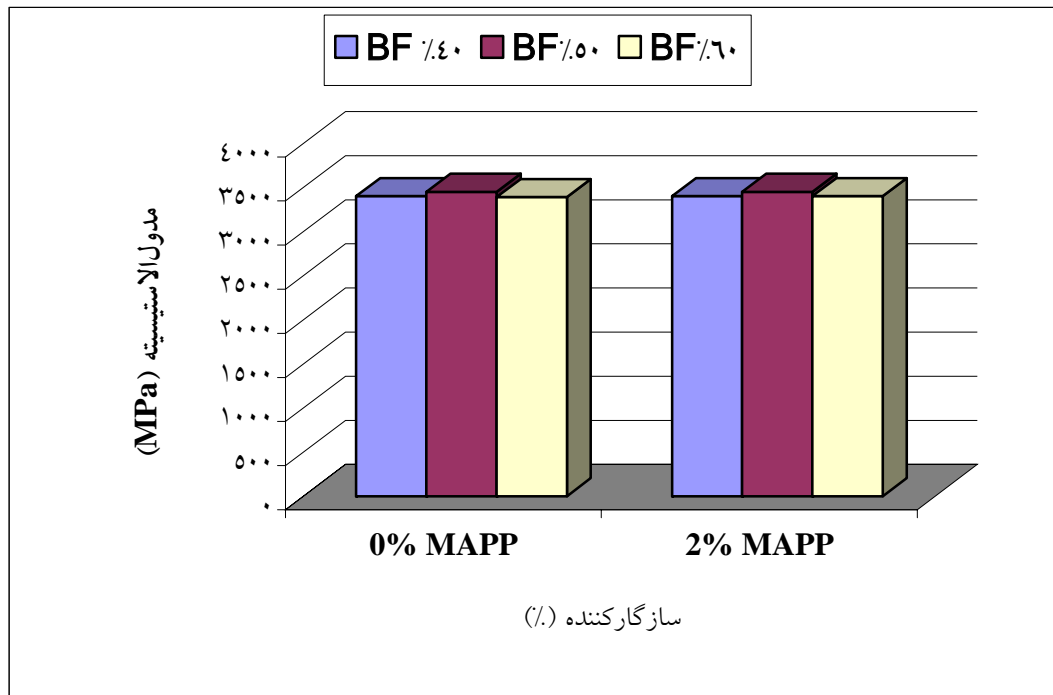
نوع تیمار	جذب آب (%)		واکشیدگی ضخامت (%)	
	دو ساعت	بیست و چهار ساعت	دو ساعت	بیست و چهار ساعت
BF40/P	۰/۷	۱/۱	۰/۰۳	۰/۱۸
BF40/P/M	۰/۷	۱	۰/۰۲	۰/۱۲
BF50/P	۰/۸	۱/۱	۰/۰۶	۰/۳۱
BF50/P/M	۰/۸	۱/۱	۰/۰۵	۰/۲۵
BF60/P	۱/۴	۲/۵	۰/۱	۰/۴۸
BF60/P/M	۰/۸	۱/۲	۰/۰۴	۰/۲۲
WF60/P	۲/۵	۴/۸	۰/۶۵	۲/۷۰
WF60/P/M	۲/۱	۳/۸	۰/۳۷	۲/۲۶

مدول الاستیسیته خمشی: جدول ۵ تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته 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 مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. شکل ۱ اثر متقابل درصد پرکننده و سازگارکننده

بر مدول الاستیسیته خمشی را نشان می‌دهد. به طور کلی میزان مدول الاستیسیته 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، ۱۹۴۵). بدین ترتیب با افزایش مقدار آرد پوست از ۰.۴۰٪ تا ۰.۶۰٪ تغییر معنی‌داری حاصل نشده است.

جدول ۵ - تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته خمشی در مواد مرکب دارای آرد پوست

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار P
اثر درصد آرد پوست	۷۹۳۲۸/۴۳	۲	۳۹۶۶۴/۲۲	۰/۲۱۳	۰/۸۰۹
اثر سازگارکننده	۹۰۵۴/۲۸	۱	۹۰۵۴/۲۸	۰/۰۴۸	۰/۸۲۷
اثر درصد آرد پوست و سازگارکننده	۹۰۸۸/۶۴	۲	۴۵۴۴/۳۲	۰/۰۲۴	۰/۹۷۵



شکل ۱- اثر متقابل درصد پُرکننده پوست و سازگارکننده بر مدول الاستیسیته خمشی

مقاومت خمشی مواد مرکب کاهش می‌یابد که این کاهش با افزایش درصد آرد پوست از ۵۰٪ به ۶۰٪ معنی‌دار می‌باشد. به طور کلی مقدار مقاومت خمشی مواد مرکب با حضور و عدم حضور سازگارکننده تابعی از میزان درصد پرکننده می‌باشد (Rowell و همکاران، ۱۹۴۵) همچنین مقاومت خمشی 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 لیگنوسولولزی، چسبندگی این دو ماده را

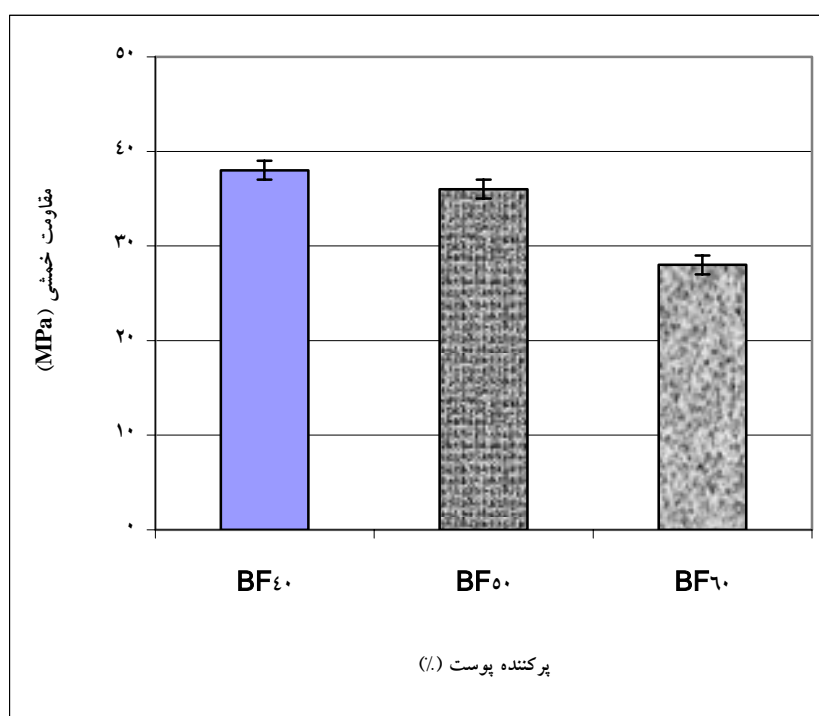
مقاومت خمشی: جدول تجزیه واریانس مقادیر مقاومت خمشی در مواد مرکب دارای آرد پوست نشان می‌دهد که اثر مستقل درصد پوست بر مقاومت خمشی مواد مرکب به لحاظ آماری معنی‌دار است، درحالی که اثر مستقل سازگارکننده و اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۶). اثر مستقل درصد پرکننده پوست بر مقاومت خمشی مواد مرکب پوست-پلی‌پروپیلن در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش میزان پرکننده پوست

پلی پروپیلن 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 مقاومت خمشی مواد مرکب چوب-پلاستیک را با افزایش مقدار پرکننده سلولزی گزارش نمودند.

بسیار ضعیف می‌سازد که در نتیجه اختلاط مواد با یکدیگر مشکل می‌شود. بنابراین ضمن افزودن پرکننده پوست ناسازگاری بین پرکننده و پلیمر افزایش می‌یابد و مقاومت خمشی در سطح ۶۰٪ کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند؛ از سوی دیگر با افزایش مقدار آرد پوست، مقدار

جدول ۶- 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	۴۲۷/۹۱	۱۱/۰۳۱	/۰۰۰
اثر سازگارکننده	۳۷/۷۹۱	۱	۳۷/۷۹۱	۰/۹۷۴	۰/۳۳۳
اثر درصد آرد پوست و سازگارکننده	۳۳/۶۳	۲	۱۶/۸۱۹	۰/۴۳۳	۰/۶۵۳



شکل ۲- اثر مستقل درصد پرکننده پوست روی مقاومت خمشی

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

در حضور سازگارکننده روند مقاومت خمشی مواد مرکب پوست- پلی پروپیلن مشابه مواد مرکب پوست- پلی پروپیلن بدون سازگارکننده بود، بنابراین عمل‌کرد

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

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 مقاومت خمشی کاهش می‌یابد.

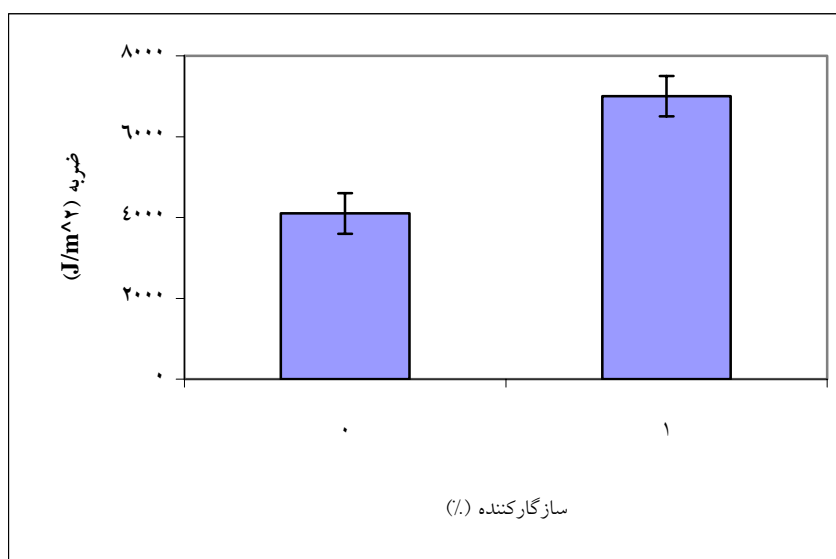
جدول ۷ - تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به ضربه بدون فاق در مواد مرکب دارای آرد پوست

مقدار P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۲۳/۱۸	۱/۰۶E+۰۸	۲	۲/۱۲E+۰۸	اثر درصد آرد پوست
۰/۰۰۱	۱۲/۶۷	۵۷۹۳۳۰۸۴	۱	۵۷۹۳۳۰۸۴	اثر سازگارکننده
۰/۰۵	۳/۱۹	۱۴۶۰۰۸۹۵	۲	۲۹۲۰۱۷۹۰	اثر درصد آرد پوست و سازگارکننده

غیاب سازگارکننده قابل مشاهده است. در مورد مقادیر مقاومت به ضربه بدون فاق چندسازه‌ها بدون عامل جفت‌کننده، وجود پرکننده انرژی جذب شده توسط نمونه را کاهش می‌دهد. اضافه کردن پرکننده که با کاهش 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، ۱۹۴۵).

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 پرکننده ۴۰ به ۶۰) 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 (۴۰٪)، اختلافات موجود در ویژگی‌های مکانیکی را می‌توان به نوع پرکننده و نقش سازگارکننده نسبت داد.

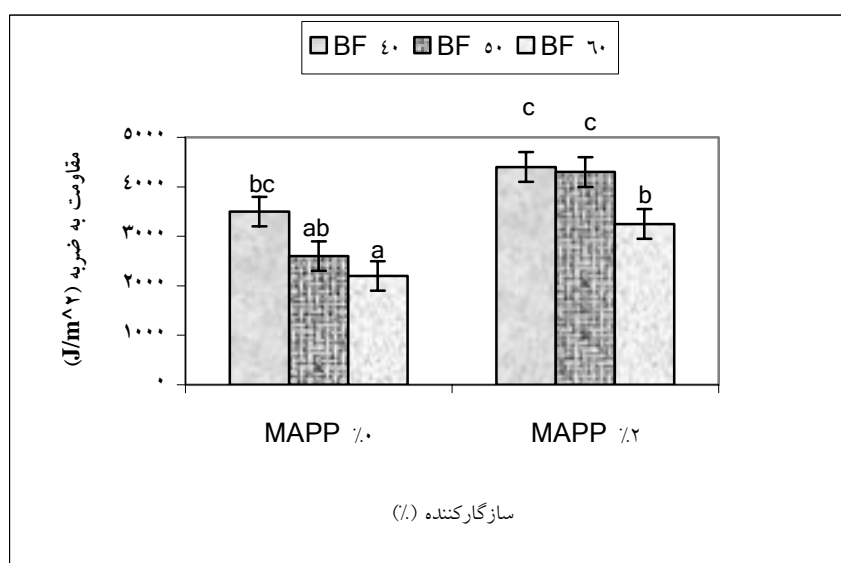
به طور کلی با افزایش مقدار آرد پوست، مقاومت به ضربه به علت سطوح اتصال ضعیف بین الیاف و ماتریس پلیمری کاهش می‌یابد (Yang و همکاران، ۲۰۰۵). با افزایش درصد پوست سطح تماس ایجاد شده بین ذرات پوست و پلیمر کاهش یافته که موجب افزایش نواحی با تنش متمرکز و ترک‌های احتمالی می‌گردد که نتیجه آن کاهش مقاومت به ضربه می‌باشد (Sewda و Maiti، ۲۰۰۷). شکل ۳ اثر مستقل درصد سازگارکننده را بر مقاومت به ضربه بدون فاق مواد مرکب پوست-پلی‌پروپیلن نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود با افزودن سازگارکننده مقاومت به ضربه بدون فاق مواد مرکب افزایش می‌یابد. مصرف سازگارکننده افزایش معنی‌داری را بر مقاومت به ضربه بدون فاق ایجاد می‌کند که می‌توان آن را به نقش مناسب سازگارکننده در پراکندگی پرکننده آرد پوست نسبت داد (Sewda و Maiti، ۲۰۰۷). شکل ۴ اثر متقابل درصد پرکننده پوست و درصد سازگارکننده بر مقاومت به ضربه بدون فاق را نشان می‌دهد. کاهش معنی‌داری در سطح ۶۰٪ وزنی پرکننده در حضور و



شکل ۳ - اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت به ضربه بدون فاق

جدول ۸ - خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی پروپیلن - آرد چوب و پلی پروپیلن - آرد پوست

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



شکل ۴ - اثر متقابل درصد پرکننده پوست و درصد سازگارکننده بر مقاومت به ضربه بدون فاق

بر ادعای فوق باشد، چون مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه شدت متأثر از چسبندگی و نحوه چسبندگی بین ماتریس و پرکننده می‌باشد.

افزودن سازگارکننده باعث افزایش قابل توجه خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی پروپیلن-آرد چوب شده است؛ به طوری که با افزودن ۲ درصد سازگارکننده مدول الاستیسیته، مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه به ترتیب حدود ۴۱، ۷۳ و ۷۵ درصد افزایش یافته است. در حالی که افزایش خواص مکانیکی مواد مرکب حاصل از پلی پروپیلن-آرد پوست به ترتیب ۳، 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 مدول الاستیسیته 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 پلی اتیلن 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

بر اساس جدول ۸ با عدم حضور سازگارکننده، کلیه خواص مکانیکی مورد مطالعه در مواد مرکب حاصل از آرد پوست بیشتر از مواد مرکب حاوی آرد چوب است. در مورد مدول الاستیسیته باید خاطر نشان کرد که به‌طور کلی مدول الاستیسیته مواد مرکب متأثر از مدول الاستیسیته اجزاء، و نحوه اتصال بین ماتریس و پرکننده می‌باشد. نظر به اینکه مدول الاستیسیته پوست تقریباً ۵۰ درصد مدول الاستیسیته چوب است (Niklas, ۱۹۹۸). بنابراین انتظار می‌رود مدول الاستیسیته 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؛ Bledzki و همکاران، ۲۰۰۴) و مدول الاستیسیته ذاتی آنها تأثیر معنی‌داری بر مدول الاستیسیته ماده مرکب ندارد. از سوی دیگر پوست دارای لیگنین زیاد و مواد استخراجی متنوعی می‌باشد که برخی از آنها می‌توانند نقش جفت‌کنندگی را بین پلی پروپیلن 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 پلی پروپیلن نیز می‌شود که می‌تواند دلیل بالاتر بودن مدول الاستیسیته 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

- 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

منفی مواد استخراجی بر عمل کرد سازگارکننده بوسیله Li و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است.

لازم به تذکر این مطلب است که دلایلی که در این بخش ارایه شده است می تواند جذب آب و واکنشیدگی 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.

نتیجه گیری

در این تحقیق امکان استفاده از پوست به صورت خالص به منظور 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 واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت مواد مرکب دارای آرد پوست به میزان قابل توجهی کمتر از مواد مرکب دارای آرد چوب می باشد. از این رو با افزایش میزان آرد پوست مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی مواد مرکب با حضور و عدم حضور سازگارکننده تغییر معنی داری 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 می باشد. در حالی که با مصرف سازگارکننده خواص مکانیکی در مواد مرکب دارای آرد چوب به طور قابل ملاحظه ای بهبود یافت.

منابع مورد استفاده

- دوست حسینی، ک. ۱۳۸۰. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۶۴۸.
- کیایی فر، آ. ۱۳۸۶. 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.

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 inverted.

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