فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۸، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦٤١-٦٢٨، (۱۳۹۲)

ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی چند سازه چوب-پلاستیک ساخته شده از ضایعات ساقه کلزا و پلی‌پروپیلن

طاهره قلی‌پور[1*]، حسین رنگ‌آور[2] و ابوالفضل کارگرفرد[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی‌ارشد، صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران
پست‌الکترونیک: gholipour_t@yahoo.com
۲- استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران
۳- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

چکیده

در این پژوهش خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب – پلاستیک ساخته شده از پودر ساقه کلزا و چوب با مورد بررسی قرار گرفت. پودر ساقه کلزای مورد استفاده به دو صورت با مغز و مغز زدایی شده و مقدار آن در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نسبت به جرم خشک چوب، عوامل متغیر این تحقیق در نظر گرفته شدند. نمونه‌ی شاهد نیز از آرد چوب و پلی-پروپیلن تهیه شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستیسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب مطابق با استاندارد EN اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که افزایش نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب تا سطح ۲۵ درصد سبب افزایش مقاومت به پیچ عمود بر سطح شد. همچنین افزایش همین عامل تا سطح ۵۰ درصد باعث افزایش مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها شد. اما میزان بیشتر درصدهای بیان شده سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی گردید. افزایش نسبت اختلاط پودر کلزا به پودر چوب افزایش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ٢٤ ساعت را در پی داشت. همچنین نمونه‌های بدون مغز (بافت اسفنجی ساقه کلزا) در تمامی تیمارها نسبت به چندسازه‌های حاوی مغز دارای کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت و بالاترین ویژگی‌های مکانیکی ذکر شده (مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستیسیته) بودند.

واژه‌های کلیدی: ساقه کلزا، چندسازه، پلی‌پروپیلن، مقاومت به پیچ عمود بر سطح، جذب آب و واکشیدگی ضخامت

مقدمه

چندسازه (WPC)[1] از مخلوط پلیمر، الیاف لیگنوسلولزی و افزودنی‌هایی مانند روان کننده، سازگار کننده، رنگ دانه، ضد خوردگی، ضد اشعه فرابنفش، ضد میکروبی و ... است که در فرایندی مانند اکستروژن، قالب تحت فشار و تزریق تولید می‌شود. امروزه الیاف سلولزی جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف کامپوزیتی مانند چندسازه‌های چوب‌پلاستیک پیدا کرده و هر روز بر کاربرد صنعتی آنها افزوده می‌شود ((Clemons, 2002

1 -Wood plastic composite

Archive of SID
www.SID.ir

(Shahdifar *et al.*, 2010). به علت مشکلات زیست محیطی و هزینه‌ی زیاد استفاده از الیاف مصنوعی در تولید چندسازه‌ها پژوهش‌های گسترده‌ای برای جایگزینی این الیاف با الیاف طبیعی انجام شده است. ازجمله مزایای استفاده از الیاف سلولزی به جای الیاف مصنوعی، سازگاری خوب آنها با محیط زیست، تجدیدپذیری، مصرف انرژی کم برای تولید، فراوانی و کاهش خوردگی دستگاه‌های تزریق است. یکی از منابع مهم سلولزی که می‌تواند در ساخت چندسازه‌های چوب-پلاستیک مورد استفاده قرار گیرد ضایعات ساقه‌ی کلزا می‌باشد که در حال حاضر پسماند حاصل از برداشت آن بدون کاربرد خاصی از بین می‌رود. پژوهشگران زیادی روی خواص فیزیکی و مکانیکی این کامپوزیت‌ها مطالعه کرده و سعی کرده‌اند تا ارتباط منطقی بین این خواص و عوامل مؤثر از قبیل شرایط اختلاط، فرمول‌بندی آمیزه، نوع چوب، ساختار و نوع سازگار کننده به‌دست آورند. برخی از این تحقیقات که استفاده از مازاد محصولات کشاورزی را نیز شامل می‌شود بشرح زیر می‌باشد. (Fernand *et al.*, 1997) ,(Julson *et al.*, 2004) ,(Wang *et al.*, 2001) ,(Rowell *et al.*, 1997).

(Han *et al.*, 2006) به بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب – پلاستیک حاصل از ترکیب آرد سبوس برنج و پلی‌الفین پرداختند. نتایج به‌دست آمده با میزان جذب آب تخته خرده چوب، (MDF)[1] و چوب‌های گونه کاج قرمز و توس مقایسه گردید. براساس نتایج بدست آمده جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها با افزایش آرد سبوس برنج افزایش یافته و مقاومت مکانیکی آنها کاهش یافت. این چندسازه جهت استفاده در پوشش‌های داخلی حمام و کف پوشش‌ها مناسب شناخته شد.

Sain *et al.*, (2003) چندسازه‌های هیبریدی پلی-پروپیلن را مورد بررسی قرار داده و از الیاف خمیر کاغذ، شاهدانه، کتان و پودر چوب به‌عنوان فاز تقویت کننده استفاده کردند. چندسازه‌ی ساخته شده با الیاف خمیر کاغذ به علت داشتن ضریب ظاهری بالاتر، بیشترین مقاومت کششی را داشت و وجود (MAPP)[2] به علت گروه‌های فعال زیاد و وزن مولکولی بالا در بهبود خواص مقاومتی چندسازه‌های هیبریدی بسیار اثربخش بود.

(Razavi *et al.*, 2006) خواص مکانیکی و جذب آب چندسازه‌های ذرات شلتوک برنج و پلی‌پروپیلن را مورد بررسی قرار دادند. مقادیر مختلفی از شلتوک برنج (بین صفر تا ٤٠ درصد وزنی) با ماتریس پلی‌پروپیلنی مخلوط شده و از MAPP به‌عنوان ماده جفت‌کننده استفاده شد. نتایج نشان داد که مدول خمشی و کششی در سطوح ٤٠ درصد شلتوک برنج، بالاترین مقدار را دارا بودند و مقاومت‌خمشی بهبود یافته و تغییر طول و انرژی در نقطه شکست کاهش پیدا کردند. همچنین میزان درصد جذب آب با افزودن مقدار شلتوک برنج افزایش یافت.

میرمهدی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر مقدار پرکننده و انوع مختلف آرد چوب را بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه پلی‌اتیلن-آرد چوب درخت خرمای حاصل از هرس سالانه مورد مطالعه قرار دادند. انواع مختلف چوب نخل شامل: ساقه، برگ، و مخلوط ساقه و برگ بود. چندسازه‌ها با ٤٥، ٦٠ و ٧٠ درصد وزنی از این پرکننده ساخته شدند. نتایج بیانگر آن بود که با افزایش مقدار پرکننده، ویژگی‌های مکانیکی یعنی مدول گسیختگی و مقاومت کششی نمونه‌ها کاهش و مدول‌الاستیسیته خمشی افزایش یافت. مدول‌الاستیسیته خمشی تخته‌های ساخته-

1 - Medium density fiberboard

2 - Maleic anhydride polypropylene

Archive of SID

www.SID.ir

شده از آرد برگ با اختلاف معناداری از تخته‌های ساخته شده از آرد مخلوط و ساقه بیشتر بود.

امیدوار و همکاران (۱۳۸٤) در بررسی خواص مکانیکی چندسازه‌ی پلی‌اتیلن بازیافتی با استفاده از کاه گندم برای ساخت چوب پلاستیک به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد آرد کاه گندم تا سطح ۳۰ درصد مقاومت‌های کششی و خمشی را افزایش داده و تا سطح ٤۰ درصد موجب بهبود مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه شده است. اما بر مقاومت به ضربه تأثیر چندانی نداشت. همچنین استفاده از ذرات ریز آرد کاه گندم مقاومت به ضربه و مدول‌الاستیسیته کششی و خمشی را افزایش داد. اما اندازه ذرات کاه بر استحکام کششی و خمشی تأثیر معنی‌دار نداشت. بنابراین بهترین مقاومت مکانیکی در چندسازه حاصل از ۳۰ درصد آرد کاه گندم و ۷۰ درصد پلی اتیلن سنگین بازیافتی مشاهده شد.

در تحقیقی که توسط (کریمی و همکاران، ۱۳۸۳) بر روی ساخت چندسازه‌ی پلی‌پروپیلن صورت گرفت از دو نوع تقویت‌کننده کنف و باگاس با نسبت‌های ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی، همچنین پلی‌پروپیلن به‌عنوان ماده زمینه و MAPP به میزان ۲ درصد به‌عنوان سازگارکننده استفاده شد. نتایج حکایت از این داشت که با افزودن الیاف کنف و باگاس به ماتریس زمینه، مقاومت کششی، تغییر طول در مرحله شکست، مقاومت به‌ضربه و سختی بهبود یافت. البته الیاف کنف در مقایسه با الیاف باگاس دارای مدول‌الاستیسیته‌ی بهتری بود.

با توجه به مطالب فوق، هدف از این پژوهش بررسی خواص کاربردی چندسازه‌ی چوب-پلاستیک ساخته شده از ضایعات کلزا و همچنین تعیین شرایط بهینه اختلاط ضایعات ساقه کلزا با آرد چوب به‌منظور ایجاد ارزش افزوده برای این ماده اولیه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پودر پلی‌پروپیلن با شاخص جریان مذاب ۱۸ $g/_{10}$ min و چگالی ۰/۹ g/cm^3 با نام تجاری Moplen V30 S محصول شرکت پتروشیمی اراک به‌عنوان ماتریس زمینه و از مالئیک انیدرید پیوند خورده با پلی‌پروپیلن(MAPP) محصول شرکت کیمیا جاوید با شاخص جریان مذاب ۱۰ $g/_{10}$ min (وزنه ۲/۱٦، T=۲۳۰°C) به میزان ۲ درصد وزن کل چندسازه در تمامی نمونه‌ها به‌عنوان سازگار کننده برای ایجاد سازگاری بیشتر بین دو فاز ذرات چوب و پلیمر استفاده شده است. همچنین پودر چوب شامل مخلوطی از گونه‌های پهن برگ تولید شده توسط شرکت آریاسلولز با ابعادی با محدوده ٦۰-۲۰ مش (۲۵۰ تا ۸٤۰ میکرون) مورد استفاده قرار گرفت. کلزای مورد استفاده در این تحقیق از یکی از مزارع نزدیک شهرستان بهشهر واقع در استان مازندران جمع‌آوری و با دستگاه خرمن‌کوب خرد شد. آنگاه توسط دستگاه جداکننده فیبر به الیاف تبدیل شده و به وسیله دستگاه آسیاب کوچک آزمایشگاهی به پودر تبدیل گردید. آنگاه پس از غربال ذرات ریز مورد نیاز، محدوده مش ۲۰ تا ٦۰ (۲۵۰ تا ۸٤۰ میکرون) تهیه شد. همچنین به‌منظور تهیه کلزای بدون مغز به وسیله باددهی مغززدایی شد و توسط همان آسیاب به پودر مورد نیاز (مش ۲۰ تا ٦۰) تبدیل گردید. این ذرات قبل از فرایند اختلاط در یک خشک‌کن آزمایشگاهی با دمای ۳ ± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت تقریبی ۳ درصد خشک شده و

Archive of SID

www.SID.ir

به‌منظور جلوگیری از جذب رطوبت محیط، در داخل کیسه‌های ضخیم پلاستیکی قرار داده شدند. عوامل متغیر در این تحقیق نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب در چهار سطح $\frac{\text{پودر ساقه کلزا}}{\text{پودر چوب}}$، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ بود. همچنین دو نوع کلزا شامل کلزای با مغز و بدون مغز در نظر گرفته شد. از ترکیب عوامل متغیر ۸ تیمار حاصل گردید و تیمار شاهد شامل تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد پودر چوب در نظر گرفته شد. از هر تیمار ۳ تکرار و در مجموع ۲۷ تخته ساخته شد.

فرایند اختلاط و روش ساخت نمونه

اختلاط ماتریس پراکنده (مخلوط آرد چوب و پودر ساقه کلزا) نسبت به ماتریس پلی‌پروپیلن ٦٠ به ٤٠ بود. مواد وزن شده براساس میزان درصدشان در هر اختلاط که مشخصات آنها در جدول ۱ آورده شده، به صورت دستی با یکدیگر مخلوط شدند. سپس مخلوط تهیه شده در داخل قالب فلزی به ضخامت اسمی ۱ سانتی‌متر و ابعاد ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر ریخته شده و به وسیله پرس گرم هیدرولیکی با شرایط دمایی ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به مدت ۲۰ دقیقه تحت فشار قرار گرفت. پس از اتمام زمان پرس گرم تخته‌ها به مدت ۵ دقیقه در داخل پرس سرد قرار داده شدند. دانسیته تخته‌ها ثابت و ۰/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شد. نمونه‌هایی از تخته‌های ساخته شده در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

شکل ۱- نمونه‌هایی از تخته‌های آزمونی

تهیه نمونه‌های آزمونی و اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی

تخته‌های ساخته شده به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاه کلیماتیزه شدند. سپس آزمون‌هایی شامل مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستیسیته مطابق با استاندارد DIN-EN 310، مقاومت به نگهداری پیچ عمود بر سطح مطابق با استاندارد DIN-EN 320، آزمون جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ٢٤ ساعت مطابق با استاندارد DIN-EN 317 انجام گردید.

پردازش آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی و مقایسه خواص مکانیکی تخته‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب آنالیز واریانس یک طرفه و طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

جدول ۲ تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تیمارهای مختلف و نسبت اختلاط و درصد وزنی اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن

تعداد تیمار	نام تیمار		نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب	میزان مجموع پودر چوب و کلزا (٪)	میزان PP (٪)	مقدار MAPP (٪)
۱	کلزای با مغز=B1	٪۲۵ کلزا=C1	۲۵:۷۵	۶۰	۳۸	۲
۲	کلزای بدون مغز=B2	٪۲۵ کلزا=C1	۲۵:۷۵	۶۰	۳۸	۲
۳	کلزای با مغز=B1	٪۵۰ کلزا=C2	۵۰:۵۰	۶۰	۳۸	۲
٤	کلزای بدون مغز=B2	٪۵۰ کلزا=C2	۵۰ :۵۰	۶۰	۳۸	۲
۵	کلزای با مغز=B1	٪۷۵ کلزا=C3	۷۵:۲۵	۶۰	۳۸	۲
۶	کلزای بدون مغز=B2	٪۷۵ کلزا=C3	۷۵:۲۵	۶۰	۳۸	۲
۷	کلزای با مغز=B1	٪۱۰۰ کلزا=C4	۱۰۰:۰	۶۰	۳۸	۲
۸	کلزای بدون مغز=B2	٪۱۰۰ کلزا=C4	۱۰۰:۰	۶۰	۳۸	۲
۹	تیمار شاهد	۱۰۰ درصد پودرچوب	۰:۱۰۰	۶۰	۳۸	۲

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مقاومت‌خمشی (MPa)	مدول الاستیسته (MPa)	قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح (N/mm)	جذب آب پس از ۲ ساعت (٪)	جذب آب پس از ۲٤ ساعت (٪)	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (٪)	واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت (٪)
اثر مستقل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به چوب	۷۹/۹۰*	٥٥٦/۱۲*	۲۹۹/٤۹*	٥۹۸٦/۰٦*	٦۷۸۹/۲۰*	۹٦/۲۷*	۷۱٥/۰۲*
اثر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز)	۱٤/٤۰*	٦٤/٤۰*	۳۳/۸٦*	۱٥۹۳/۷٥*	۱۳۹۷/٦٦*	۱۹/۹۰*	۳٦/۱٤*
اثر متقابل نسبت اختلاط کلزا به چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز)	۳/۷٦*	۱۰/۸۳*	۳/۰۹*	۱۱۷/٦٥*	۱۰۲/۰۱*	۱/۸٤ ns	۳/۳٦*

*معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

جدول ۳- تأثیر مستقل درصد اختلاط پودر ساقه کلزا و پودرچوب بر خواص فیزیکی و مکانیکی

	درصد اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب				
خواص فیزیکی و مکانیکی	۲٥:۷٥	٥۰:٥۰	۷٥:۲٥	۱۰۰ درصد کلزا	۱۰۰ درصد چوب (تیمار شاهد)
مقاومت‌خمشی (MPa)	(B) ۲٥/۱۷	(A) ۲٥/۸۱	(D) ۲۳/۷۲	(E) ۲۱/٤۰	(C) ۲٤/٤۸
مدول‌الاستیسیته (MPa)	(B) ۲٦۸٦	(A) ۲۹٤۳	(D) ۲۳۰٤	(E) ۱۹۷۲	(C) ۲٥۰۳
قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح (N/mm)	(A) ۱۷۳	(C) ۱٥۷	(D) ۱٤۰	(E) ۱۲۳	(B) ۱٦۷
جذب آب ۲ ساعت (٪)	(A) ٦/۱۸	(B) ۹/٥۸	(C) ۱۲/۰۷	(D) ۱٤/۱۲	(E) ٤/۲۰
جذب آب ۲٤ ساعت (٪)	(A) ۹/٦٦	(B) ۱۲/٥۹	(C) ۱٦/۱۲	(D) ۱۸/۲٦	(E) ٥/٦٤
واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (٪)	(A) ۰/٤۲	(B) ۰/٦٤	(C) ۰/۹۲	(D) ۱/۳٤	(E) ۰/۲۲
واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت (٪)	(A) ۱/۷۹	(B) ۲/۱۱	(C) ۲/٥٦	(D) ۳/۰٥	(E) ۰/٥۲

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طورکه جدول تجزیه واریانس ۲ نشان می‌دهد، تأثیر مستقل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و اثر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستیسیته، مقاومت به پیچ عمود بر سطح، جذب آب ۲ و ٢٤ ساعت و واکشیدگی ضخامت ۲ و ٢٤ ساعت در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. جدول ۳ و ٤ به‌ترتیب تأثیر مستقل درصد اختلاط ساقه کلزا به پودرچوب و تأثیر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) را بر خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ٤- تأثیر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر خواص فیزیکی و مکانیکی

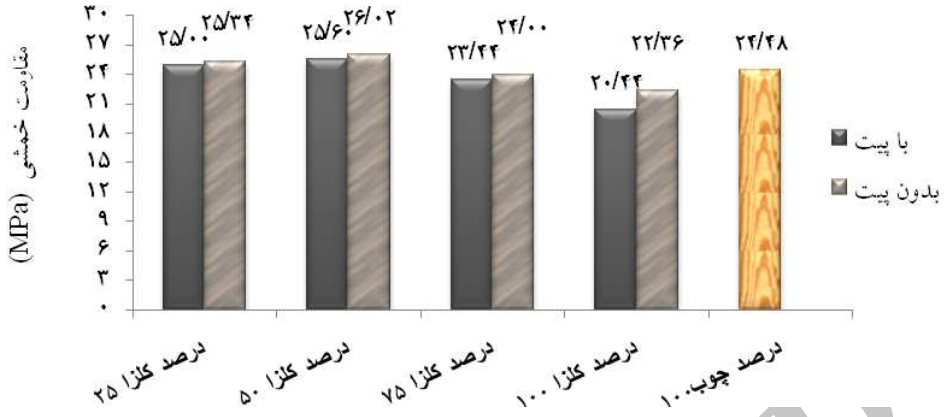
خواص فیزیکی و مکانیکی	با مغز	بدون مغز
مقاومت‌خمشی (MPa)	(B) ۲۳/۷۹	(A) ٢٤/٤٤
مدول‌الاستیسیته (MPa)	(B)٢٤٢٦	(A)٢٥٣٧
قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح (N/mm)	(B)١٤٩	(A)١٥٥
جذب آب ۲ ساعت (٪)	(A) ۱۰/۱۷	(B) ۸/۲۹
جذب آب ٢٤ ساعت (٪)	(A) ۱۳/٤۷	(B) ۱۱/٤۳
واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (٪)	(A) ۰/۸۰	(B) ۰/٦۲
واکشیدگی ضخامت ٢٤ ساعت (٪)	(A) ۲/۱۰	(B) ۱/۹۱

مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته

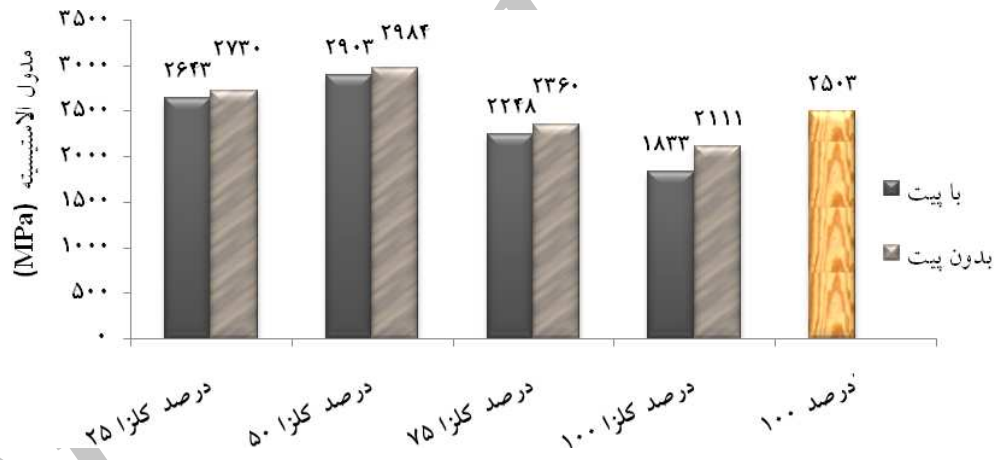
همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، افزایش میزان پودر کلزا تا ۵۰ درصد نسبت به جرم پودر چوب باعث افزایش مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها شده و بیشتر از آن باعث کاهش این دو ویژگی شده است. تخته-های چوب-پلاستیک ساخته شده با ترکیب ۵۰ درصد پودر چوب و ۵۰ درصد پودر کلزا بالاترین مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته را داشته که مقدار آن به‌ترتیب ۲۵/۸۱ MPa و ۲۹٤۳ MPa می‌باشد و در گروه-بندی دانکن در گروه برتر A قرار گرفتند. همچنین جدول ٤ نشان می‌دهد که وجود مغز در پودر ساقه کلزا باعث کاهش مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌های چوب-پلاستیک می‌گردد. در این خصوص نمونه‌های ساخته شده با پودر ساقه کلزای با مغز دارای مقاومت‌خمشی ۲۳/۷۹ MPa و مدول‌الاستیسیته ٢٤٢٦MPa بوده که در مقایسه با نمونه‌های مشابه اما بدون مغز برای مقاومت‌خمشی ۲/٦۵ درصد و مدول‌الاستیسیته ٤/۳۷ درصد کاهش را نشان می‌دهد. جدول آنالیز واریانس (جدول۲) نشان می‌دهد که اثر متقابل مقدار اختلاط پودر کلزا و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. شکل ۲ و ۳ تأثیر متقابل این دو متغیر را بر هر دو ویژگی مکانیکی بیان شده نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تأثیر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت‌خمشی



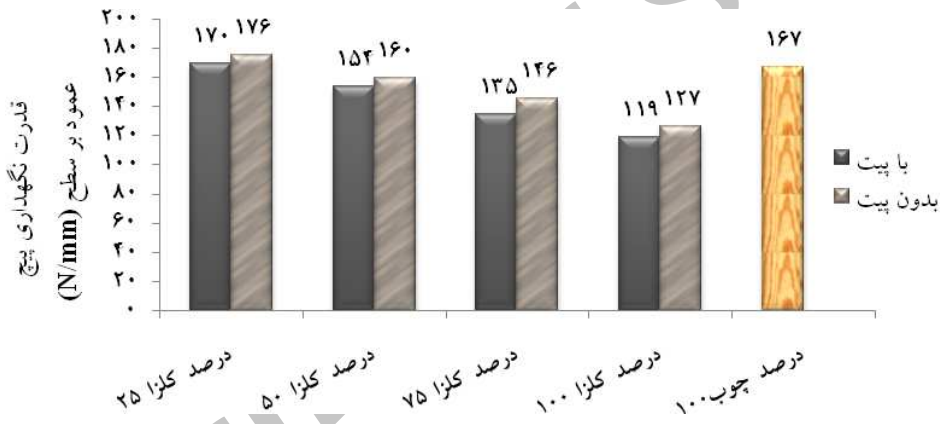
شکل ۳- تأثیر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مدول‌الاستیسیته

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته مربوط به کامپوزیت-های ساخته شده با نسبت اختلاط مساوی (۵۰ درصد کلزا و ۵۰ درصد پودر چوب) و بدون مغز بوده که مقدار آن به‌ترتیب ۲٦/۰۲ و ۲۷۳۰ MPa می‌باشد و کمترین مقدار مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته در نمونه‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد کلزای دارای مغز با مقدار ترتیبی ۲۰/٤٤MPa و ۱۸۳۳ MPa می‌باشد.

www.SID.ir

قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح

مطابق با جدول ۳ افزایش میزان پودر کلزا تا ۲۵ درصد نسبت به جرم پودرچوب باعث افزایش قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح نمونه‌ها شده و بیشتر از آن باعث کاهش این ویژگی شده است. تخته‌های ساخته شده با ترکیب ۷۵ درصد پودرچوب و ۲۵ درصد پودر کلزا بالاترین قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح را داشته که مقدار آن ۱۷۳ MPa می‌باشد و در گروه‌بندی دانکن در گروه A قرار گرفتند. جدول ٤ نیز نشان می‌دهد که وجود مغز در پودر ساقه کلزا باعث کاهش قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح تخته‌های چوب- پلاستیک می‌گردد. نمونه‌های ساخته شده با پودر ساقه کلزای با مغز دارای قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح ۱٤۹ MPa بوده که در مقایسه با نمونه‌های مشابه اما بدون مغز ۳/۸۷ درصد کاهش را نشان می‌دهد. جدول آنالیز واریانس (جدول۲) نشان می‌دهد که اثر متقابل مقدار اختلاط پودر کلزا و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر قدرت نگهداری پیچ تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. شکل ٤ تأثیر متقابل این دو متغیر را بر این ویژگی نشان می‌دهد.



شکل ٤- تأثیر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت به پیچ عمود بر سطح

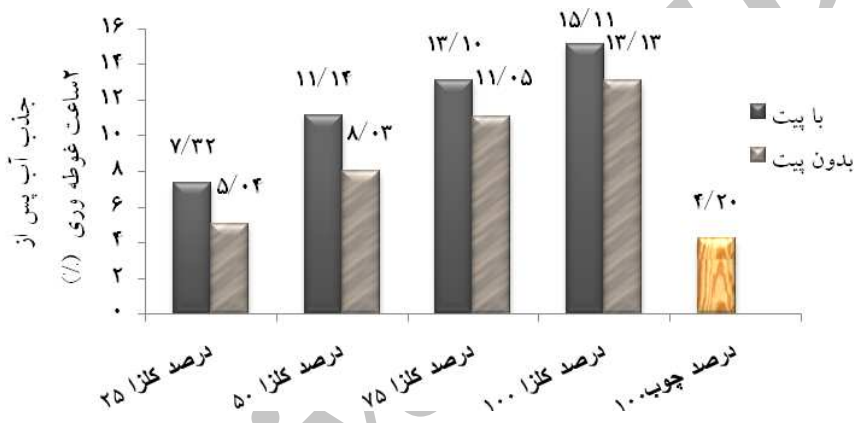
مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار مقاومت به پیچ عمود بر سطح مربوط به نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط ۲۵ درصد کلزا و ۷۵ درصد پودر چوب و بدون مغز بوده که مقدار آن ۱۷٦ MPa می‌باشد و کمترین مقدار این مقاومت در نمونه‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد کلزای دارای مغز با مقدار ۱۱۹ MPa می‌باشد.

جذب آب و واکشیدگی ضخامت

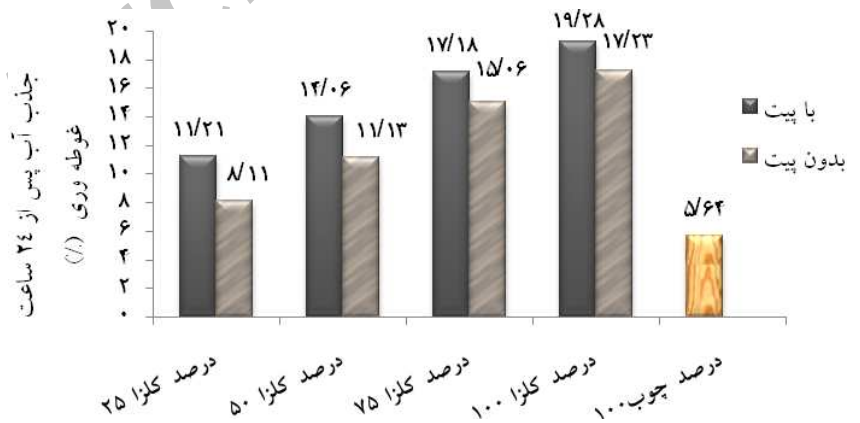
جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش درصد اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب، جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که کمترین مقدار جذب آب پس از ۲ و ۲٤ ساعت را تیمار شاهد (تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد چوب) داشته که مقدار آن به‌ترتیب ٤/۲۰ و ۵/٦٤

Archive of SID
www.SID.ir

درصد و حداقل واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲٤ ساعتی نیز مربوط به نمونه‌های شاهد با مقدار ۰/۲۲ و ۰/۵۲ درصد می‌باشد. جدول ٤ بیان می‌دارد که وجود مغز در ساقه کلزا باعث افزایش روند جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری می‌گردد. در واقع کمترین مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در نمونه‌های ساخته شده با کلزای بدون مغز مشاهده شده است. جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر متقابل مقدار اختلاط پودر کلزا و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر جذب آب پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری و واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعتی تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. اما بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعتی معنی‌دار نیست. شکل‌های ۵، ٦، ۷ و ۸ به‌ترتیب تأثیر متقابل این دو متغیر را بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری نشان می‌دهند.



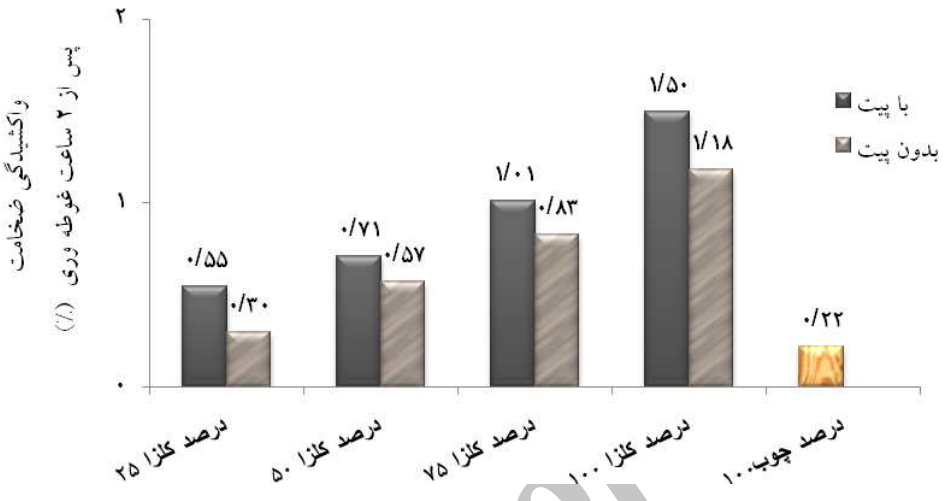
شکل ۵- اثر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری



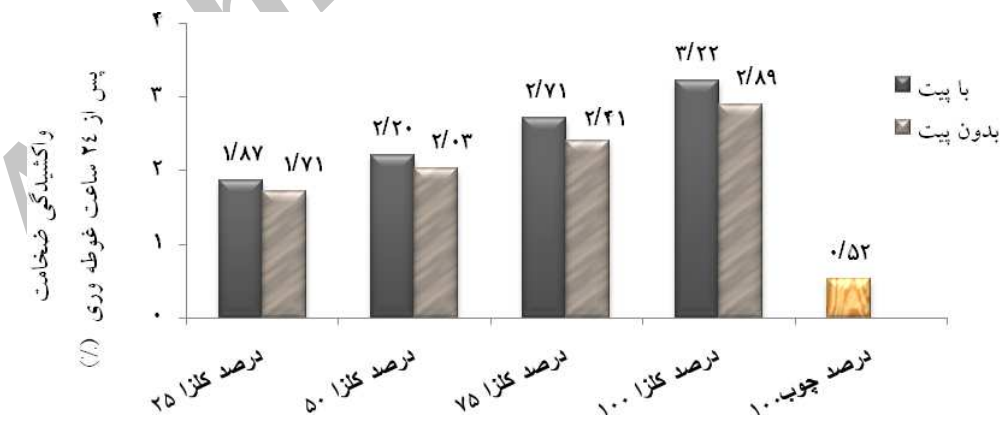
شکل ٦- اثر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر جذب آب بعد از ۲٤ ساعت غوطه‌وری

www.SID.ir

شکل ۵، ٦، ۷ و ۸ نشان می‌دهد کـه بیشـترین مقـدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت پـس از ۲ و ۲٤ سـاعت غوطه‌وری مربوط به نمونه‌های ساخته شده بـا تیمـار ۱۰۰ درصد کلزای با مغز بوده و کمترین مقدار در تیمار شـاهد (تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد چوب) مشاهده شده است.



شکل ۷- اثر متقابل نسبت اختلاط کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت



شکل ۸- اثر متقابل نسبت اختلاط کلزا به چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲٤ ساعت

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده با مخلوط ضایعات ساقه کلزا، پودر چوب و پلی‌پروپیلن نشان داد که تأثیر نسبت اختلاط کلزا به پودر چوب بر مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستیسیته و مقاومت به پیچ عمود بر سطح نمونه‌های ساخته شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و بالاترین میزان مقاومت به پیچ عمود بر سطح مربوط به تخته‌هایی با ترکیب (۲۵ درصد پودر کلزا و ۷۵ درصد پودر چوب) و بیشترین میزان مقاومت‌خمشی را تخته‌هایی با ترکیب (۵۰ درصد کلزا و ۵۰ درصد پودر چوب) دارا بودند. به‌طوری‌که این تخته‌ها در مقایسه با تیمار شاهد (تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد پودر چوب) مقاومت به پیچ عمود بر سطح و مقاومت‌خمشی را به‌ترتیب ٤ و ۵/٤۳ درصد افزایش دادند. ساقه کلزای مورد استفاده در این تحقیق به دلیل داشتن دانسیته کمتر نسبت به چوب باعث افزایش ضریب فشردگی تخته‌ها شده، همچنین به علت بالا بودن ضریب ظاهری (نسبت طول به قطر) بیشتر در مقایسه با پودر چوب مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها را بهبود می‌بخشد. نتایج بدست آمده با پژوهش انجام شده توسط (مالونی ۱۹۹۷) در ارتباط با رابطه افزایش ظرفیت نگهداری پیچ با افزایش ضریب کشیدگی الیاف و نتایج (امیدوار و همکاران، ۱۳۸٤)، (Razavi *et al.*, 2006) و همچنین (رنگ آور و همکاران، ۱۳۹۰) در خصوص استفاده از الیاف سلولزی با ضریب ظاهری بالا در افزایش مؤثر مقاومت‌خمشی و مدول-الاستیسیته مطابقت دارد. از آنجا که در چندسازه چوب-پلاستیک، ماده پلیمری مورد استفاده نقش اصلی را در ایجاد اتصالات بین اجزاء و تأمین استحکام خمشی ایفا می‌نماید، افزایش بیش از ۲۵ درصد پودر کلزا برای مقاومت به پیچ و ۵۰ درصد برای مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته با توجه به دانسیته آن (حجم زیاد به ازای جرم ثابت) سبب کپسوله نشدن حجم زیادی از ساقه کلزا توسط پلی‌پروپیلن شده و باعث ایجاد اتصال کمتر (پیوندهای ضعیف‌تری) در چندسازه چوب-پلاستیک شده و مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته را کاهش می‌دهد. همچنین وجود مغز در ذرات کلزا به سبب کاهش مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته چندسازه چوب-پلاستیک می‌شود. بافت اسفنجی و بسیار سبک مغز ساقه کلزا که فاقد الیاف بوده و عمدتاً شامل عناصر پارانشیمی و شبه پارانشیمی است (برزگر شیری و امیدوار، ۱۳۸۹) و به دلیل طول کمتر و عدم وجود ساختار سلولزی مستحکم در آن، نمی‌تواند پیوند مناسبی با زمینه ماتریس پلیمر بوجود بیاورد. بنابراین ویژگی‌های مکانیکی تخته‌ها را کاهش می‌دهد. بررسی جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب نمونه‌های ساخته شده نشان داد که با افزایش ذرات کلزا از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد نسبت به جرم پودر چوب، جذب آب و واکشیدگی ضخامت روند افزایشی داشته و بیشترین مقدار این دو ویژگی فیزیکی را نمونه‌های ۱۰۰ درصد کلزا دارا بودند. نتایج به‌دست آمده با تحقیقات (Han *et al.*, 2006) در خصوص ساخت چوب – پلاستیک حاصل از ترکیب آرد سبوس برنج و پلی الفین مطابقت دارد. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که استفاده از ضایعات ساقه کلزا پس از مغززدایی در ساخت چندسازه چوب_پلاستیک امکانپذیر بوده و بهترین ترکیب در ساخت آن استفاده از ۵۰ درصد پودر چوب با ۵۰ درصد پودر کلزا می‌باشد. از طرف دیگر نمونه-های آزمونی حاوی ذرات مغز جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ٢٤ ساعت بیشتری در مقایسه با نمونه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

ساخته شده با کلزای مغززدایی شده و همچنین تیمار شاهد (۱۰۰ درصد پودر چوب) داشتند. از آنجایی که بافت مغز دانسیته پایین‌تری داشته و پس از آسیاب شدن سطح ویژه آن افزایش می‌یابد، ازاین‌رو این بافت رطوبت‌پذیری بالایی دارد. در نتیجه کپسوله‌شدن آن توسط پلیمر زمینه کمتر بوده، بنابراین جذب آب و واکشیدگی ضخامت را افزایش و مقاومت‌های مکانیکی آن را کاهش می‌دهد.

سپاسگزاری

در پایان از مدیریت و پرسنل محترم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن و کارگاه صنایع چوب دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی که امکانات لازم را برای اجرای این تحقیق فراهم نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع مورد استفاده

- برزگر شیری، م.، و امیدوار، ا.، ۱۳۸۹. بررسی فیزیکی، شیمیایی و بیومتری الیاف پسماند ذرت جهت استفاده در صنعت چوب_پلاستیک. مجموعه مقالات همایش ملی فناوری‌های نوین در صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد چالوس.
- رنگ آور، ح.، رسام، غ.، گل پور، و.، ۱۳۹۰. بررسی امکان استفاده از ضایعات کلزا در ساخت تخته خرده چوب. فصلنامه علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۱۸(۱): ۱۰۴-۹۱.
- کریمی، ع. ن.، روحانی، م.، پارساپژوه، د.، و ابراهیمی، ق.، ۱۳۸۳. بررسی استفاده از الیاف لیگنوسلولزی (باگاس و کنف) در ساخت چندسازه الیاف- پلی‌پروپیلن. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷(۳): ۵۰۶-۴۹۱.
- گرجانی، ف.، و امیدوار، ا.، ۱۳۸٤. بررسی فرایند ساخت و خواص مکانیکی چندسازه پلی اتیلن سنگین بازیافتی-کاه گندم. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، جلد ۷۲: ۸۸-۸٤.
- میرمهدی، م، امیدوار، ا، مدهوشی، م، و شاکری، ع.، ۱۳۹۰. بررسی ویژگی‌های مکانیکی چندسازه پلی اتیلن/ آرد چوب نخل خرما: تأثیر مقدار و نوع پرکننده. مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۱۸(٤):
-Clemons C., Wood - Plastics Composites in the United States The Interfacing of Two Industries, Forest Product J., 52, 10-18,2002.
-EN 310، 1996. Wood based panels، determination of modulus of elasticity bending and bending strength. European Standardization Committee ،Brussell.
-EN 317، 1996. Particleboards and fiberboards ، determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee ،Brussell.
-EN 320، 1996. Fiberboards, determination of resistance to axial of screw. European Standardization Committee ،Brussell.
-Fernand M.B., Costa H.S. and Carvalho D.L., Polypropylene wood Fiber Composites: Effect of Treatment and Mixing Conditions on Mechanical Properties, J. Appl. Polym. Sci., 65, 1227-1235, 1997.
-Haijun, L. and Sain, M. 2003. High stiffness natural fiber- reinforced hybrid polypropylene composites. Polymer- plastic technology and engineering. Vol 42, No 5, pp: 853-862.
-Han-seung, Y., K. Hyun-joong, B. Hee-junpark and H. Teak-Sung (2006). Water absorption behavior and mechanical properties of lignocellulosic fillerpolyolefin bio composites. Composite Structures,72(4): 429-437.
-Julson J.L., Subbarao G., Stokke D.D. and Gieselman H.H., Mechanical Properties of Biorenewable Fiber-Plastic Composites, J. Appl. Polym. Sci., 93, 2483-2493, 2004.
-Maloney, T.M. 1977. Modern particleboard and dray process fiberboard manufacturing, Miller freeman. San Francisco, CA. 672p.
-Razavi-Nouri, M., Jafarzadeh, F., Oromiehie, A. and Langroudi, AE.. 2006 . Mechanical properties and water absorbtion behaviour of chopped rice husk-filled polypropylene composites. Iranian Polymer Journal, No 9: 757-766.
-Rowell R.M., Young R.A. and Rowell J.K., Paper and Composites from Agro-based Resources, CRC, New York, Chapt. 8, 1997.
-Shahdifar V., Amiri E., Rezadoust A.M., and Hosseini M.H. Study on Properties and Performance of Cotton/Epoxy Composite Inhibitor, Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian), 23, 203- 211, 2010.
-Wang Y., Chan H.C., Lai S.M. and Shen H.F., Twin Screw Compoundin of PEHD Wood Flour Composites, Int. Polym. Proc. 16, 100-107, 2001.

Archive of SID
www.SID.ir

Physical and mechanical properties of wood-plastic composite made of *Canola* stem residues and polypropylene

Gholipour, T.[*1], Rangavar, H.[2] and Kargarfard, A.[3]

1*-Corresponding author, M.Sc., Student of Wood science and Tecnology Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran. Email: gholipour_t@yahoo.com

2-Assistant professor, Wood Science and Tecnology Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

3-Associate Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

Received: Sep., 2012 Accepted: Nov., 2013

Abstract

In this study, physical and mechanical properties of wood-plastic composite made of *Canola* stem flour and polypropylene were investigated. Variable factors *were* four levels of canola stem flour (25, 50, 75 and 100 percent based on the dry weight of the wood flour) with and without pit. The control samples were made of only wood flour and polypropylene. Physical and mechanical properties including screw withdrawal strength perpendicular on the surface, flexural strength, modulus of elasticity, water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water were measured in accordance with EN standards. Results showed that increasing the mixing ratio of *canola* stem flour to wood flour up to 25% resulted in increase in screw withdrawal strength perpendicular to the surface. Increasing this factor up to 50% led to increase in MOR and MOE. Thereafter, any increase in the mixture, decreased mechanical strengths. Increasing the mixing ratio of *canola* stem flour to wood flour resulted in increase in water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hrs. The specimens without pit showed lowest amount of water absorption and thickness swelling levels and highest mechanical properties (screw withdrawal resistance, flexural strength and modulus of elasticity).

Key words: *Canola* Stem, composite, polypropylene, screw withdrawal strength perpendicular to the surface, water absorption, thickness swelling.

Archive of SID

www.SID.ir