

بررسی اثر آمیختن پسماند ساقه کلزا به خرده‌های چوب و آمیختگی چسب ملامین و اوره فرم آلدهید بر ویژگی‌های تخته خرده ساخته‌شده

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی امکان استفاده از ساقه کلزا به صورت مخلوط با خرده چوب صنعتی در تولید تخته خرده چوب با دانسیته ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب انجام شد. درصد اختلاط ساقه کلزا با خرده چوب صنعتی در پنج سطح ۱۰۰-، ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰، ۲۵-۷۵ و ۰-۱۰۰، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید در سه سطح ۱۰۰-، ۸۵-۱۵ و ۷۰-۳۰ و تخته ساخته‌شده به دو صورت همگن و لایه‌ای به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند. چسب مصرفی به میزان ۱۰ درصد بر مبنای وزن خشک خرده چوب، کاتالیزور به میزان ۲ درصد بر مبنای وزن خشک چسب، دما و زمان پرس به ترتیب ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و ۷ دقیقه، فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و سرعت پرس ۴/۵ میلی‌متر بر دقیقه عوامل ثابت تحقیق بودند. بدین ترتیب تخته‌های آزمونی ساخته‌شده و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بر طبق استاندارد EN اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان ساقه کلزا در تخته‌ها، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش یافته، درحالی‌که چسبندگی داخلی نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است. همچنین استفاده از چسب ملامین اوره فرمالدهید در ساخت تخته خرده چوب سبب بهبود مقاومت مکانیکی و پایداری ابعاد نمونه‌ها شد.

واژگان کلیدی: تخته خرده چوب، ساقه کلزا، خرده چوب صنعتی، ملامین فرمالدهید، پایداری ابعاد، خواص مکانیکی.

بهزاد کرد^{۱*}

حسین زارع^۲

عبدالله حسین زاده^۳

^۱ استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، گروه سلولزی و بسته‌بندی، پژوهشکده شیمی و پتروشیمی، پژوهشگاه استاندارد

^۲ کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

^۳ استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

مسئول مکاتبات:

b.kord@standard.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۰

مقدمه

در میان صنایع تولیدکننده فرآورده‌های مرکب چوبی کشور، صنعت تخته خرده چوب از رشد نسبتاً قابل توجهی برخوردار بوده است. با این وجود در سال‌های اخیر، برخی کارخانه‌های تولید تخته خرده چوب بنا بر دلایل مختلف که

یکی از عمده‌ترین آن‌ها کمبود ماده اولیه چوبی است، با تولیدی کمتر از ظرفیت اسمی خود فعالیت می‌کنند. این در حالی است که با افزایش چشمگیر جمعیت و در نتیجه گسترش ساختمان‌سازی به‌ویژه در کلان‌شهرها، تقاضا برای مصرف فرآورده‌هایی نظیر تخته خرده چوب هر روز در

حال افزایش است. بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از چوب‌های تولیدی در دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت (زراعت چوب) جهت تأمین ماده اولیه موردنیاز صنایع ذی‌ربط امری اجتناب‌ناپذیر است [۱-۲]. از طرفی استفاده از مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی به جهت نقش تکمیلی در تأمین مواد اولیه و نیز صیانت از جنگل‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ضرورت اساسی در توسعه صنایع وابسته به فرآورده‌های جنگلی مدنظر قرار گیرد [۳].

گیاه کلزا یکی از منابع سلولزی غیرچوبی است که سطح زیر کشت آن در ایران در سال‌های اخیر رشد چشمگیر یافته تا جایی که از آن به‌عنوان انقلاب زرد یاد می‌شود. کشت این گیاه برای اولین بار در سال ۱۳۶۸ با حجم ۲۰۰ هکتار در اراضی شمال کشور آغاز شد و در سال ۱۳۷۸ که از آن به‌عنوان سال پایه‌ای برای طرح ملی کلزا نامبرده می‌شود، به بالاترین سطح خود رسید. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۳۹۳ سطح زیر کشت کلزا به حدود ۷۵۰۰۰۰ هکتار برسد [۱-۳]. بر اساس شاخص برداشت میزان پسماند این گیاه حدود ۶-۴ تن در هکتار است و طبق نظر کارشناسان کشاورزی به دلیل پایین بودن ارزش غذایی برای تغذیه دام مناسب نیست و لذا حجم قابل‌توجهی از ساقه کلزا سالیانه بدون کاربرد خاصی از بین می‌رود. از این رو می‌توان از آن به‌عنوان جایگزین ماده اولیه چوبی در صنایع مختلف چوب و کاغذ استفاده کرد [۴].

در سال‌های اخیر استفاده از پسماندهای کشاورزی در ساخت تخته‌خرده‌چوب موردتوجه قرار گرفته است. بنابراین به دلیل اهمیت و نقش اقتصادی تخته‌خرده‌چوب و گسترش تولید و مصرف آن در نقاط مختلف دنیا، تحقیقات قابل‌توجهی در ارتقاء کیفیت این محصول و تأثیر عوامل مرتبط با ماده اولیه بر آن و همچنین استفاده از منابع غیرچوبی انجام گرفته است. Karegarfard و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که استفاده از ۲۵ تا ۵۰ درصد ساقه پنبه در اختلاط با خرده چوب صنوبر به همراه ۱۰ درصد چسب در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، جهت تولید تخته‌خرده‌چوب با خواص استاندارد، قابل‌توصیه است [۵]. Rangavar و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی امکان استفاده از ضایعات ساقه کلزا، در ساخت تخته‌خرده‌چوب پرداخته و

بیان داشتند که استفاده از ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده‌چوب سبب افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها می‌گردد. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با ۱۰۰ درصد کلزا بوده و در مقابل افزایش مقدار ساقه کلزا سبب کاهش چسبندگی داخلی و افزایش واکنشیدگی ضخامت می‌گردد. همچنین مشخص شد که با استفاده از ۲۵ درصد ساقه کلزا، ۱۲ درصد چسب و زمان پرس ۷ دقیقه تخته‌های با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی قابل‌قبول تولید می‌گردد که می‌تواند برای مصارف داخلی مناسب باشد [۴]. Rassam و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که استفاده از خرده‌های ساقه آفتابگردان در ساخت تخته‌خرده‌چوب باعث افزایش واکنشیدگی ضخامت، میرایی صوت، مقاومت خمشی، مدول کشسانی و چسبندگی درونی می‌شود [۶].

عامل اتصال‌دهنده در ساخت تخته‌خرده‌چوب عمدتاً چسب‌های گرماسخت (نظیر اوره فرمالدهید) است که در اثر پلیمریزاسیون بین ذرات خرده چوب پیوند ایجاد می‌کنند. مقدار مصرف چسب ارتباط تنگاتنگی با ویژگی‌های تخته‌های ساخته‌شده دارد. از طرفی با توجه به بالا بودن میزان جذب رطوبت تخته خورده چوب، در صورتی که این محصول در مجاورت آب و یا در محیط‌های مرطوب قرار گیرد دچار تورم (افزایش ضخامت) می‌شود که این مشکل دامنه کاربرد تخته‌خرده‌چوب را محدود می‌سازد. یکی از راه‌های برطرف نمودن این مشکل استفاده از چسب‌های مقاوم در برابر رطوبت است، اما استفاده از این چسب‌ها به علت قیمت بالای آن‌ها مقرون‌به‌صرفه نیست؛ بنابراین توصیه می‌شود از ترکیب این چسب‌ها با چسب‌های ارزان‌قیمت و با مقاومت کمتر در مقابل رطوبت استفاده شود. از جمله این موارد می‌توان به استفاده از چسب ضد آب ملامین فرمالدهید (MF) در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید (UF) اشاره کرد [۷]. Colak و همکاران (۲۰۰۷) با مقایسه اثر دو چسب اوره فرمالدهید (UF) و ملامین اوره فرمالدهید (MUF) بر روی خواص تخته‌خرده‌چوب حاصل از اکالیپتوس دریافتند که مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته‌شده با چسب MUF بیشتر از مقادیر حاصل از تخته‌های

تهران چسب‌ساز استفاده شد. مشخصات چسب‌های مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی با نسبت‌های ۱۰۰-۰، ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰، ۲۵-۷۵ و ۰-۱۰۰، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید با نسبت‌های ۱۰۰-۰، ۸۵-۱۵ و ۷۰-۳۰ و نوع تخته ساخته شده به شکل همگن و لایه‌ای به‌عنوان عوامل متغیر تحقیق در نظر گرفته شد. سایر عوامل شامل: چسب مصرفی به میزان ۱۰ درصد بر مبنای وزن خشک خرده چوب، کلرید آمونیوم به‌عنوان کاتالیزور (هاردنر) به میزان ۲ درصد بر مبنای وزن خشک چسب، دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، سرعت بسته شدن پرس ۴/۵ میلی‌متر بر دقیقه، زمان پرس ۷ دقیقه و دانسیته تخته ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ثابت در نظر گرفته شد.

ساخته شده با چسب UF است. همچنین استفاده از چسب MUF تأثیر بیشتری بر روی خواص فیزیکی تخته‌ها نشان داد [۸].

این تحقیق با هدف بررسی اثر آمیختن پسماند ساقه کلزا به خرده‌های چوب و آمیختگی چسب ملامین و اوره فرم آلدهید بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده ساخته شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ساقه کلزا رقم هیولا (*Brassica napus L. cultivar Hayola*) تهیه شده از کشتزارهای کلزا شهرستان گرگان واقع در استان گلستان، خرده چوب صنعتی (مخلوط گونه‌های جنگلی شامل: توسکا، اکالیپتوس، صنوبر، راش و افرا) از کارخانه تخته فشرده ممتاز شمال و دو نوع چسب شامل اوره فرمالدهید (UF) و ملامین فرمالدهید (MF) تهیه شده از کارخانه

جدول ۱- مشخصات چسب‌های مورد استفاده

نوع چسب	مواد جامد (%)	ویسکوزیته (سانتی پواز)	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه)	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	pH
اوره فرمالدهید	۴۸-۵۰	۱۴-۱۶	۵۵	۱/۲۰ - ۱/۲۲	۷-۸
ملامین فرمالدهید	۵۲-۵۴	۱۴-۱۶	۳۵	۱/۲۰ - ۱/۲۲	۸-۹

تعیین ابعاد ذرات الک شده، مقدار دو گرم از هر یک از مواد به‌طور جداگانه و به‌صورت تصادفی برداشت و ابعاد آن‌ها به‌وسیله ریزسنج با دقت یک‌صدم میلی‌متر اندازه‌گیری و سپس ضریب کشیدگی آن‌ها محاسبه شد. نتایج اندازه‌گیری ابعاد خرده‌های چوب و ساقه کلزا در جدول ۲ آورده شده است.

ساقه‌های کلزا پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از یک دستگاه خردکن حلقوی به خرده چوب تبدیل شده و بلافاصله با استفاده از یک پوشال کن حلقوی به پوشال قابل استفاده در ساخته تخته خرده چوب تبدیل شد، سپس برای به دست آوردن خرده چوب‌های با ابعاد مناسب، خرده چوب‌های خارج شده از پوشال کن حلقوی، با عبور از دو الک با منافذ درشت و ریز، تفکیک گردید. به‌منظور

جدول ۲- میانگین ابعاد ذرات خرده چوب‌های مورد استفاده

نوع ماده لیگنوسلولزی	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	ضریب کشیدگی
خرده چوب صنعتی	۱۲/۴۹	۲/۷۳	۰/۶۵	۱۹/۲۱
خرده‌های ساقه کلزا	۱۷/۷۹	۲/۵۵	۰/۴۹	۳۶/۳۱

دانسیته خرده چوب‌های گونه‌های مورد مصرف در ساخت تخته و ضریب فشردگی تخته‌ها در دانسیته یکسان

محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- دانسیته ذرات و ضریب فشردگی تخته‌ها

نوع ماده لیگنوسلولزی	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ضریب فشردگی تخته‌ها
خرده چوب صنعتی	۰/۵۸	۱/۲۱
خرده‌های ساقه کلزا	۰/۲۷	۲/۵۹

[۱۰] و چسبندگی داخلی مطابق استاندارد EN ۳۱۹ [۱۱] با ۵ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت نتایج به دست آمده از آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح کاملاً تصادفی تحت آزمون فاکتوریل در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

خواص مکانیکی

نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر: درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید و نوع تخته (همگن و لایه‌ای) بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌های آزمون معنی‌دار است (جدول ۴).

نتایج نشان داد که استفاده از ساقه کلزا در ساخت تخته خرده‌چوب سبب افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها می‌گردد، به نحوی که بیشترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به نمونه‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد کلزا است (شکل‌های ۱ و ۲). دلیل این مسئله را می‌توان به دانسیته کم و ضریب کشیدگی زیاد خرده‌های ساقه کلزا و همچنین بالا بودن ضریب فشردگی تخته‌ها نسبت داد که ضمن برقراری پیوستگی بیشتر بین ذرات باعث افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها می‌گردد [۱۲]. در پژوهش‌های دیگری به تأثیر مثبت گونه‌های سبک در ساخت تخته خرده‌چوب و افزایش ضریب فشردگی و به

خرده چوب‌ها با استفاده از یک دستگاه خشک‌کن با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و رطوبت آن‌ها به ۳ درصد رسید. سپس خرده چوب‌های خشک شده در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم و غیرقابل نفوذ بسته‌بندی شد. پس از تعیین درصد رطوبت ذرات و با در نظر گرفتن میزان مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت هر تخته، خرده چوب‌ها توزین شدند. پس از اختلاط خرده چوب‌ها با نسبت‌های تعیین شده، ذرات در درون چسب زن استوانه‌ای شکل ریخته شده و عمل چسب پاشی به همراه کاتالیزور بر روی خرده چوب‌ها انجام گرفت. پس از پایان چسب‌زنی، مواد داخل استوانه چسب زن به مدت ۵ دقیقه به چرخش خود ادامه دادند تا عمل مخلوط شدن چسب با خرده چوب‌ها به‌طور تقریباً یکنواخت انجام شود. برای شکل دادن کیک خرده چوب از یک قالب به ابعاد ۲۵×۳۰×۳۲ سانتی‌متر استفاده شد، پس از تشکیل کیک خرده چوب با استفاده از یک پرس هیدرولیکی اقدام به ساخت تخته‌های آزمایشگاهی شد. پس از عملیات پرس و به‌منظور به دست آوردن تخته‌ای با جرم ویژه نسبتاً یکنواخت، تمامی تخته‌های آزمون معنی‌دار به میزان ۲/۵ سانتی-متر از هر چهار طرف، کناره‌بری شدند. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها بر اساس استاندارد برش خوردند، سپس نمونه‌های برش خورده به مدت دو هفته در اتاق مشروط‌سازی (کلیماتیزه) با شرایط رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای 20 ± 1 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا به تعادل رطوبتی با محیط اطراف برسند.

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون شامل واکنش ضخامت تخته پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مطابق استاندارد EN ۳۱۷ [۹]، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مطابق استاندارد EN ۳۱۰

تبع آن افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته تأکید شده است [۲-۶ و ۱۳-۱۷].

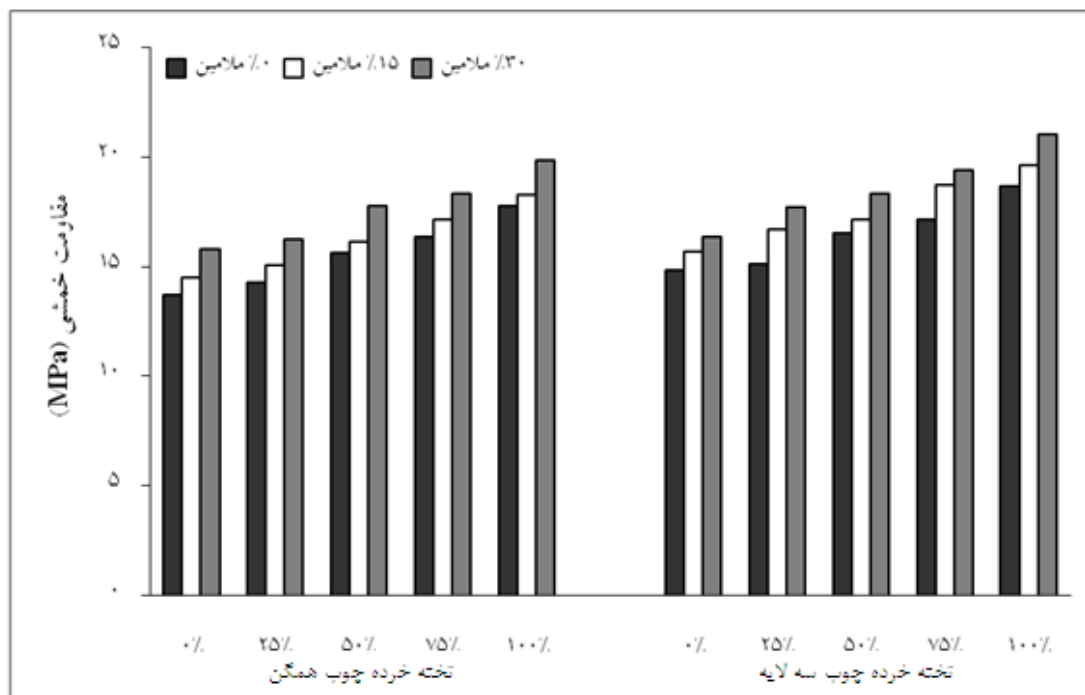
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	مقاومت خمشی	مدول الاستیسیته	چسبندگی داخلی
درصد اختلاط ساقه کلزا	۲۷/۱۳۷**	۳۲/۹۷۵**	۱۰۹/۶۹۰**
درصد اختلاط چسب ملامین فرمالدهید	۴۰/۱۴۰**	۳۳/۴۲۴**	۲۰/۰۷۰**
نوع تخته	۲۲/۱۷۰**	۱۷/۵۵۲**	۴۵/۱۴۹**
درصد اختلاط کلزا × درصد اختلاط چسب	۰/۲۷۷*	۰/۳۶۸*	۰/۸۳۶*
درصد اختلاط کلزا × نوع تخته	۰/۰۷۴**	۱/۶۱۳*	۵/۰۱۶**
درصد اختلاط چسب × نوع تخته	۰/۳۳۵**	۲/۳۵۹*	۱/۰۷۲*
درصد اختلاط کلزا × درصد اختلاط چسب × نوع تخته	۰/۱۸۰*	۰/۲۳۹**	۰/۷۴۳**

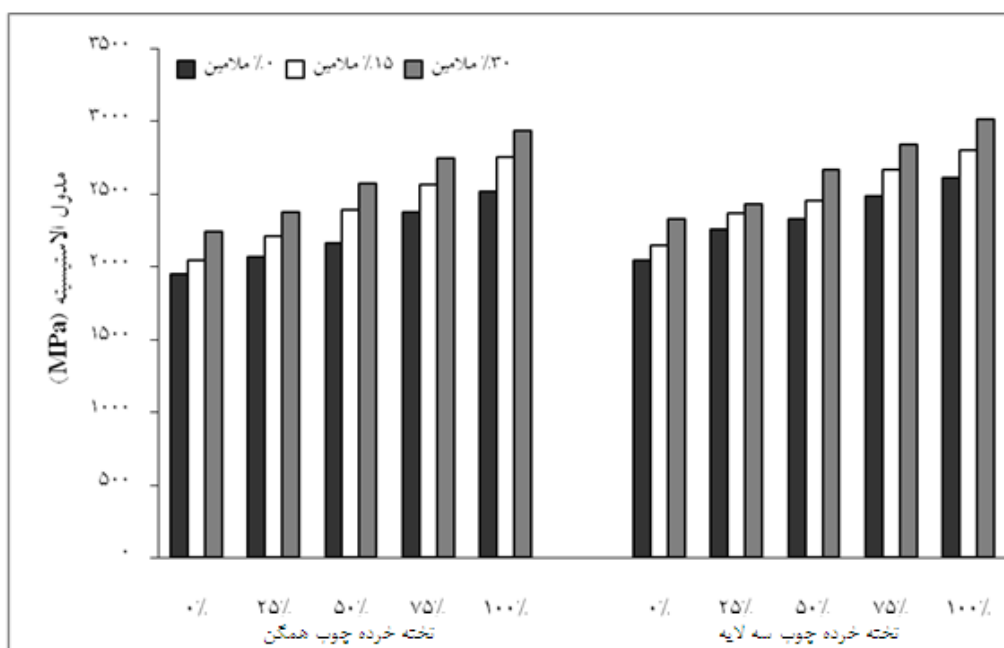
** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد.

می‌توان این‌گونه بیان کرد که افزایش درصد اختلاط چسب ملامین فرمالدهید، منجر به افزایش میزان ترکیبات اتصال‌دهنده‌ای نظیر متیلول و اتیلول در چسب ملامین اوره فرمالدهید شده است که باعث افزایش اتصالات بین ذرات و در نتیجه بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها می‌شود [۱، ۱۸ و ۱۹].

همچنین مشاهده شد که با افزایش مقدار چسب ملامین فرمالدهید مقاومت‌های مکانیکی تخته‌خرد چوب افزایش می‌یابد، به نحوی که بیشترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد چسب ملامین فرمالدهید و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده بدون استفاده از ملامین فرمالدهید بود (شکل‌های ۱ و ۲). دلیل این مسئله را



شکل ۱- اثر متقابل درصد اختلاط ساقه کلزا و خرد چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید و نوع تخته بر مقاومت خمشی تخته‌خرد چوب



شکل ۲- اثر متقابل درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید و نوع تخته بر مدول الاستیسیته تخته‌خرده‌چوب

مگاپاسگال بود که در مقایسه با مقادیر ارائه‌شده در استاندارد EN ۳۱۲-۲ به ترتیب حدود ۵۲ درصد و ۸۳ درصد بیش‌تر است.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود استفاده از ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده‌چوب سبب کاهش چسبندگی داخلی نمونه‌ها شد، به‌نحوی که بیشترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با ۱۰۰ درصد خرده چوب صنعتی بود. کاهش مقاومت به چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته‌شده با ساقه کلزا در مقایسه با نمونه‌های شاهد (۱۰۰ درصد خرده چوب) را می‌توان به ضریب کشیدگی بالا و نیز پایین بودن دانسیته کلزا نسبت داد. با توجه به مصرف ثابت مقدار چسب در هر تیمار، دانسیته کمتر خرده‌های ساقه کلزا نسبت به خرده چوب صنعتی باعث افزایش سطح ویژه چسب خوری شده و در نتیجه چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد [۴]. به‌عبارت‌دیگر سطح ویژه ذرات کلزا به‌مراتب بزرگ‌تر از ذرات خرده چوب است که باعث جذب زیادتر چسب گردیده که در نتیجه آن پوشش خرده‌های کلزا توسط چسب کمتر خواهد بود. از طرف دیگر سطح ساقه کلزا و

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌خرده‌چوب سه‌لایه بالاتر از مقدار آن مربوط به تخته‌خرده‌چوب همسان بود (شکل‌های ۱ و ۲). قابل‌ذکر است که لایه‌های سطحی تخته‌های سه‌لایه از ذرات خرده چوب ریزتر با ضریب کشیدگی بالاتر تشکیل شده، که این امر منجر به تراکم و فشردگی بیشتر و در نتیجه دانسیته بالاتر در لایه‌های سطحی این تخته‌ها می‌شود. این امر به‌نوبه خود منجر به افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در تخته‌های سه‌لایه نسبت به تخته‌های همسان شده است [۵ و ۲۰].

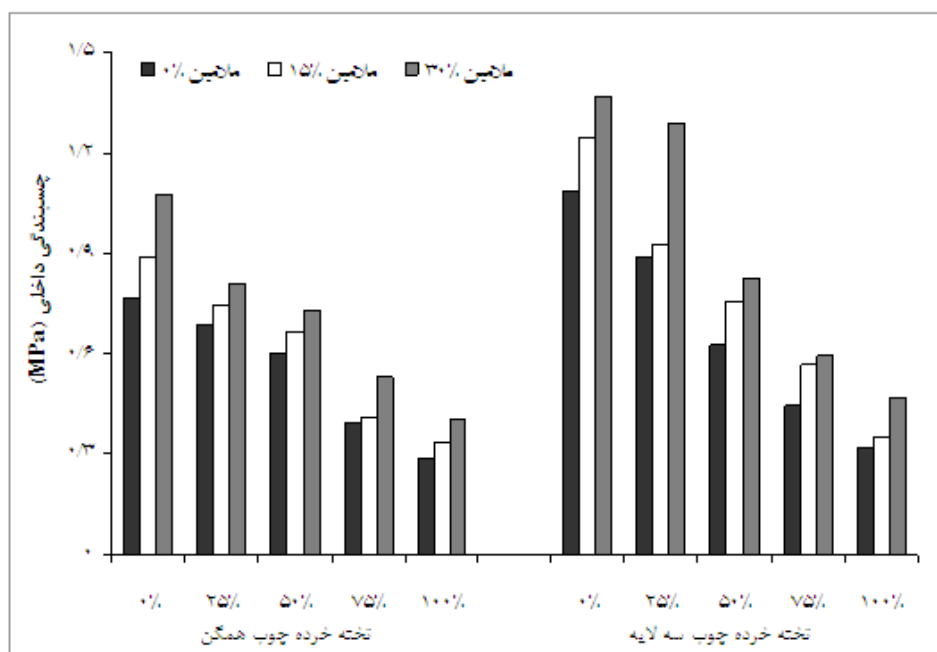
مطابق استاندارد EN ۳۱۲-۲ [۲۱] حداقل مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موردنیاز برای تخته‌خرده‌چوب برای مصارف عمومی به ترتیب ۱۳ و ۱۶۰۰ مگاپاسگال تعیین شده است. نتایج نشان داد که مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در تمامی تیمارها بیش‌تر از مقادیر تعیین‌شده در استاندارد یاد شده است. تخته‌خرده‌چوب سه لایه دارای ۱۰۰ درصد ساقه کلزا و ۳۰ درصد چسب ملامین اوره فرمالدهید، دارای بالاترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به ترتیب ۱۹/۸۶ و ۲۹۳۸/۵۸

موجود در رزین ملامین اوره فرمالدهید و بهبود شرایط اتصال چسب با ذرات خرده چوب نسبت داد [۱، ۱۷] و [۱۸].

بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به تخته خرده چوب سه لایه و کمترین مقدار آن مربوط به تخته خرده چوب همسان است (شکل ۳). علت این امر را می توان تراکم و فشردگی مناسب ذرات خرده چوب در لایه های سطحی و انتقال یکنواخت تنش فشاری به لایه مغزی و در نتیجه عملکرد مطلوب تر چسب در لایه تخته های سه لایه نسبت به تخته های همسان نسبت داد [۴، ۱۷ و ۱۸].

به تبع آن خرده های کلزا پوشیده از لایه ای از مواد معدنی است که قادر به تر شدن و جذب چسب اوره فرمالدهید نخواهد بود. در نتیجه چسبندگی بین ذرات کم شده و چسبندگی داخلی تخته ها کاهش پیدا می کند [۲۲].

نتایج همچنین نشان داد که با افزایش مقدار چسب ملامین فرمالدهید چسبندگی داخلی تخته خرده چوب افزایش یافته، به نحوی که بیشترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به نمونه های حاوی ۳۰ درصد چسب ملامین فرمالدهید و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه های ساخته شده بدون استفاده از ملامین فرمالدهید بود (شکل ۳). این امر را می توان به بالاتر بودن ترکیبات اتصال دهنده



شکل ۳- اثر متقابل درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید و نوع تخته بر چسبندگی داخلی تخته خرده چوب

در مقایسه با مقادیر تعیین شده در استاندارد EN ۳۱۲-۲ حدود ۳۳ درصد افزایش نشان داد.

خواص فیزیکی

نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس عوامل متغیر نشان می دهد که اثر مستقل و متقابل درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با

مطابق استاندارد EN ۳۱۲-۲ [۲۱] حداقل چسبندگی داخلی مورد نیاز برای تخته خرده چوب برای مصارف عمومی ۰/۳۵ مگاپاسگال تعیین شده است. تخته خرده چوب سه لایه حاصل از ۱۰۰ درصد ساقه کلزا و ۳۰ درصد چسب ملامین اوره فرمالدهید که بیشترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را به خود اختصاص داده بود، دارای مقاومت به چسبندگی در حدود ۰/۴۶۸ مگاپاسگال بود که

آزمونی معنی‌دار است (جدول ۵).

اوره فرمالدهید و نوع تخته (همگن و لایه‌ای) بر جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت نمونه‌ها تخته‌های

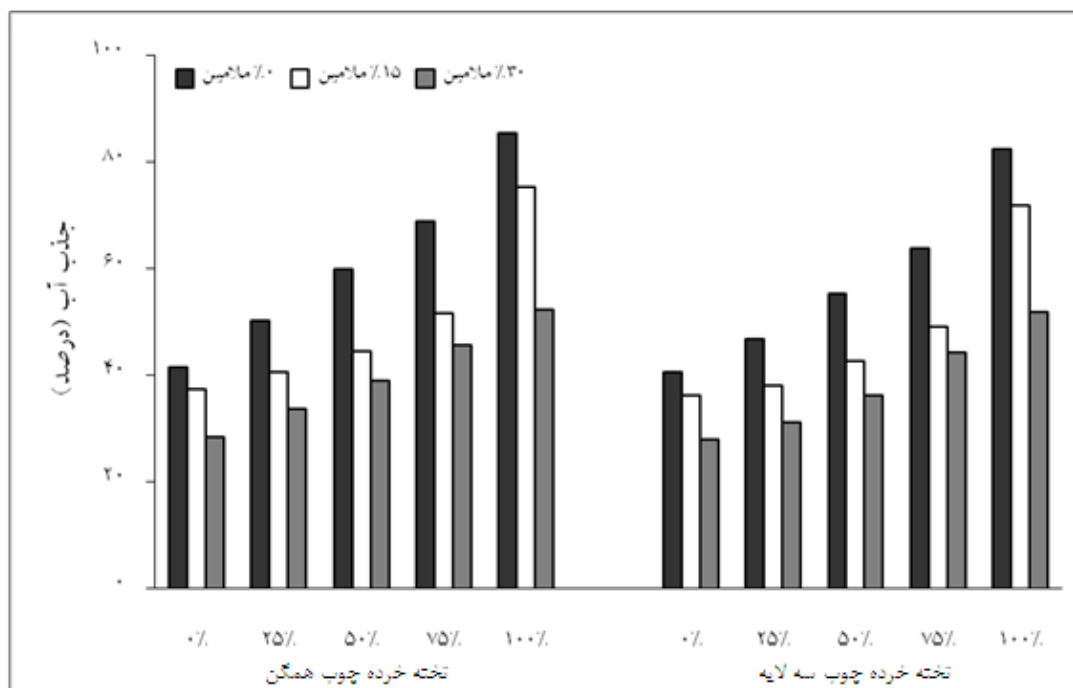
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر ویژگی‌های فیزیکی تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	جذب آب	واکنش‌پذیری ضخامت
درصد اختلاط ساقه کلزا	۳۸۳/۲۵۸**	۳۱۳/۶۸۱**
درصد اختلاط چسب ملامین فرمالدهید	۳۷۵/۲۹۶**	۲۴۱/۶۹۱**
نوع تخته	۸/۸۳۱**	۴/۶۸۱*
درصد اختلاط کلزا × درصد اختلاط چسب	۱۵/۱۹۰**	۸/۳۸۸**
درصد اختلاط کلزا × نوع تخته	۰/۳۴۶*	۰/۲۱۸*
درصد اختلاط چسب × نوع تخته	۰/۵۵۲**	۱/۱۳۰*
درصد اختلاط کلزا × درصد اختلاط چسب × نوع تخته	۰/۴۰۸*	۰/۱۱۶**

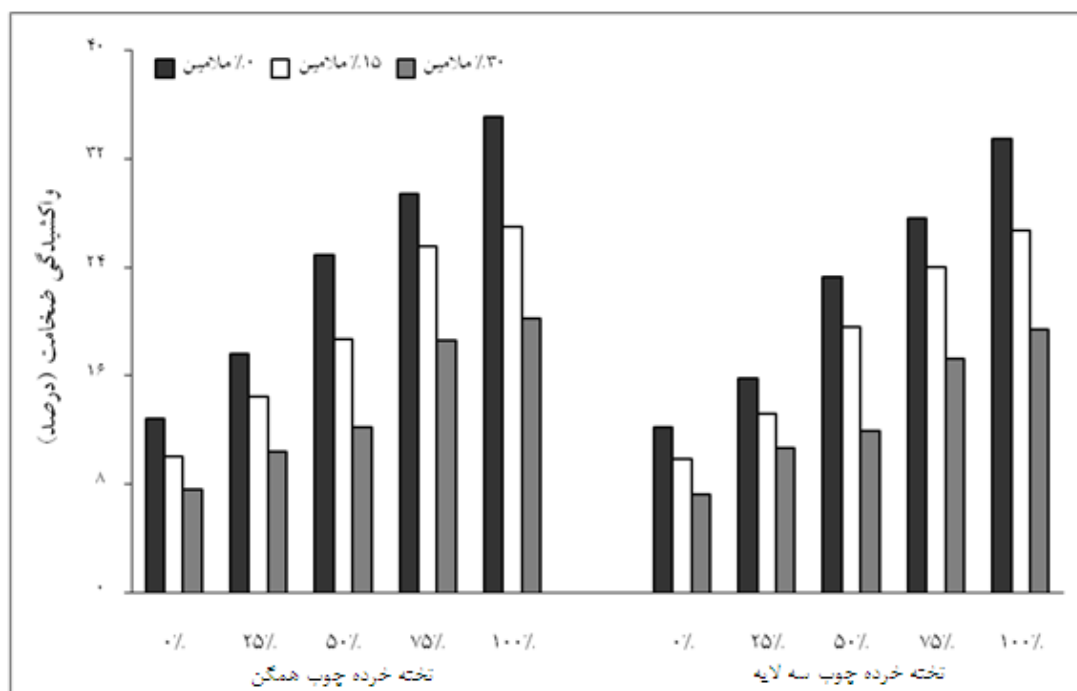
** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد.

درصد خرده چوب صنعتی بود. افزایش درصد جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت نمونه‌ها بر اثر افزایش اختلاط ساقه کلزا را می‌توان به وجود مغز اسفنجی و استفاده نکردن از پارافین در ساخت تخته‌ها نسبت داد [۲ و ۳].

نتایج نشان داد که استفاده از ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده‌چوب سبب افزایش جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت نمونه‌ها گردید (شکل‌های ۴ و ۵)، به نحوی که کمترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با ۱۰۰



شکل ۴- اثر متقابل درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید و نوع تخته بر جذب آب تخته‌خرده‌چوب



شکل ۵- اثر متقابل درصد اختلاط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی، درصد اختلاط چسب ملامین با اوره فرمالدهید و نوع تخته بر واكشیدگی ضخامت تخته خرده چوب

توجیه کرد که قرار گرفتن ذرات ریز در لایه سطحی تخته‌های سه لایه به دلیل داشتن ضریب کشیدگی بالاتر موجب فشردگی و اتصال بهتر ذرات به یکدیگر شده و با پر کردن شکاف‌ها و فضاهای خالی منجر به کاهش جذب آب در تخته می‌شود [۲۳]. از این رو تخته‌های سه لایه در مقایسه با تخته‌های همسان آب کمتری جذب کرده و کمتر واكشیده می‌شوند.

بر اساس استاندارد ۲-EN۳۱۲ [۲۱] حداقل واكشیدگی ضخامت تخته خرده چوب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب، برای مصارف عمومی ۸ درصد تعیین شده است. در این تحقیق علیرغم گزارش مقادیر واكشیدگی ضخامت تیمارها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، نتایج حاصل از ۲ ساعت غوطه‌وری نیز بیانگر بالاتر بودن مقدار واكشیدگی ضخامت از مقدار تعیین شده در استاندارد یاد شده است. در واقع با افزایش درصد ساقه کلزا، میزان واكشیدگی ضخامت تخته پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، افزایش نشان داد. میزان مواد استخراجی، سلولز و همی سلولز در ترکیب مواد چوبی از عوامل تأثیرگذار بر جذب رطوبت و واكشیدگی ضخامت

همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار چسب ملامین فرمالدهید جذب آب و واكشیدگی ضخامت تخته خرده چوب کاهش یافته، به نحوی که کمترین مقدار جذب آب و واكشیدگی ضخامت مربوط به نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد چسب ملامین فرمالدهید و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های ساخته شده بدون استفاده از ملامین فرمالدهید بود (شکل‌های ۴ و ۵). این امر می‌تواند ناشی از آن باشد که اتصالات و پیوندها در چسب ملامین اوره فرمالدهید برخلاف چسب اوره فرمالدهید در شرایط رطوبتی بالا، کمتر تخریب شده و در نتیجه نفوذ آب به داخل تخته کمتر صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر قوی‌تر بودن چسب ملامین اوره فرمالدهید در برابر رطوبت به ماده شیمیایی ملامین آن بستگی دارد، زیرا این ماده با ایجاد ارتباط متیلنی قوی‌تر و حلالیت کم، از نفوذ آب به داخل تخته می‌کاهد [۱، ۱۸ و ۱۹].

بر اساس نتایج به دست آمده، کمترین مقدار جذب آب و واكشیدگی ضخامت مربوط به تخته خرده چوب سه لایه و بیشترین مقدار آن مربوط به تخته خرده چوب همسان بود (شکل‌های ۴ و ۵). علت این مسئله را می‌توان این گونه

۱- با افزایش میزان ساقه کلزا در تخته‌ها، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت افزایش یافته، درحالی‌که چسبندگی داخلی نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است.

۲- استفاده از چسب ملامین اوره فرمالدهید در ساخت تخته‌خرده‌چوب سبب بهبود مقاومت مکانیکی و پایداری ابعاد نمونه‌ها شد.

۳- تخته‌خرده‌چوب لایه‌ای در مقایسه با تخته همسان دارای مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی بالاتر و میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت پایین‌تری بود.

تخته به شمار می‌آید؛ بنابراین، به دلیل پایین‌تر بودن میزان لیگنین و همچنین کمتر بودن ضخامت دیواره و بزرگ‌تر بودن قطر حفره سلولی در گیاهان غیرچوبی نظیر کلزا، میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت در تخته‌های حاصل از این ذرات بیشتر است.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته‌شده از مخلوط ساقه کلزا و خرده چوب صنعتی انجام‌شد و نتایج ذیل حاصل گردید:

منابع

- [1] Ashori, A. and Nourbakhsh, A., 2008. Effect of press cycle time and resin content on physical and mechanical properties of particleboard panels made from the underutilized low-quality raw materials. *Industrial Crops and products*, (28): 225-230.
- [2] Nourbakhsh, A., Kargarfard, A. and Golbabaee, F., 2009. Investigation of physical and mechanical properties of paulownia wood in particleboard industry. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 24(1): 15-25. (In Persian).
- [3] Khalili Gashtrud Khani, A. and Mirzabeygi Azghandi, R., 2009. Investigation of particleboard with use of bagasse and haloxylon sp. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 24(1): 99-116. (In Persian).
- [4] Rangavar, H., Rasam, G. and Aghagolpour, V., 2011. Investigation on the possibility of using canola stem residues for particleboard manufacturing. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 18(1): 91-104. (In Persian).
- [5] Karegarfard, A., Nourbakhsh, A. and Golbabaee, F., 2006. Investigation on utilization of cotton stalk in particleboard production. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 21(2): 95-104. (In Persian).
- [6] Rassam, G.H., Rangavar, H., Taghiary H.R. and Taheri, A., 2012. Study on the Possibility of Using Sunflower Stalk in Particleboard Production. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 2(2): 83-97. (In Persian).
- [7] Doosthoseini, K., 2001. *Wood composite materials, manufacturing, applications*, Tehran University Press, (In Persian).
- [8] Colak, S., Colakoglu, G., Aydin, I. and Kalaycioglu, H., 2007. Effects of steaming process on some properties of Eucalyptus particleboard bonded with UF and MUF adhesives. *Building and environment*, 42: 304-309.
- [9] European Standard EN 317., 1993. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European committee for standardization, Brussels, Belgium.
- [10] European Standard EN 310., 1993. Wood-based panels, determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European committee for standardization, Brussels, Belgium.

- [11] European Standard EN 319. 1993. Particleboards and fiberboards, determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. European committee for standardization, Brussels, Belgium.
- [12] Ghasemi, H., Jahan-Latibari, A., Roohnia, M. and Kohantorabi, M., 2014. Investigating the effect of canola particles on acoustic properties of particleboard. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29 (3): 399-410.(In Persian).
- [13] Rassam, GH., Azadifard, M., Kargarfard, A. and Fazeli, F., 2014. Investigating the possibility of particleboard manufacture using corn (*Zea mays L.*) stalks. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 28(4): 83-97.(In Persian).
- [14] Bektas, I., Guler, C., Kalaycioglu, H., Mengenoglu, F. and Nacar, M., 2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). Journal of Composite Materials, 39: 467-473.
- [15] Dahmardeh Ghalehno, M., Madhoushi, M., Tabarsa, T. and Nazerian, M., 2011. The manufacture of particleboards using mixture of reed (surface layer) and commercial species (middle layer). European Journal of Wood Product, 69(3): 341-344.
- [16] Papadopoulos, A.N., Hill, C.A.S., Gkaraveli, A., Ntalos, G.A. and Karastergiou, S.P., 2004. Bamboo chips (*Bambusa vulgaris*) as an alternative lignocellulosic raw material for particleboard manufacture. *Holz Roh-Werkst*, 62: 36-39.
- [17] Khanjanzadeh, H., Bahmani, A., Rafighi, A. and Tabarsa, T., 2012. Utilization of bio-waste cotton (*Gossypium hirsutum* L.) stalks and underutilized paulownia (*Paulownia fortunei*) in wood-based composite particleboard. *African journal biotechnology*, 11(31): 8045-8050.
- [18] Nemli, G. and Aydin, A., 2007. Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from the needle litter of *Pinus pinaster* Ait. *Industrial Crops and products*, 26(3): 252-8.
- [19] Ghotbodini, F., Khademieslam, H., Nourbakhsh, A. and Talaiepour, M., 2010. Effect of process variable on physical and mechanical properties of particleboard made of *Alnus* with UF and MUF. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(2): 201-210. (In Persian).
- [20] Bowyer, J.L. and Stockman, V.E., 2001. Agricultural residues: an exciting; biobased raw material for the global panel industry. *Forest Product Journal*, 51 (1): 10-21.
- [21] European Standard EN 312-2., 1996. Particleboard-specification. part 3. requirements for board for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions. European committee for standardization, Brussels, Belgium.
- [22] Ghasemi, H., Jahan-Latibari, A., Kargarfard, A. and Lashgari, A., 2013. Investigation on the influence of the density reduction of the particleboard by canola residues on the properties of particleboard. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research ,28 (3): 463-475.(In Persian).
- [23] Halip, J.A., Tahir, P.M., Choo, A. and Ashaari, Z., 2014. Effect of kenaf parts on the performance of single-layer and three- layer particleboard made from kenaf and rubberwood. *Bioresources*, 9(1): 1401-1416.

Investigation on the effect of mixed rapeseed stalk residues with wood particles, and mixing of melamine and urea formaldehyde resin on properties of manufactured particleboard

Abstract

In this study, the possibility of using the rapeseed stalk mixed with industrial wood particles for manufacturing particleboard with target density of 0.7 gr/cm³ was considered. Variable factors such as mixing ratios of rapeseed stalk with industrial wood particles at five mixing levels of 0-100, 25-75, 50-50, 75-25 and 100-0 percent, mixing ratios of melamine resin to urea formaldehyde at three levels of 0-100, 15-85 and 30-70 percent, and kind of board (homogenate and layered) were considered. 10 percent resin based on oven dried weight of particles, 2 percent catalyzer based on oven dried weight of resin, press temperature and time with 170 OC and 7 minute, press pressure and rate with 30 Kg/cm³ and 4.5 mm/min were fixed. Then, the boards were manufactured and the physical and mechanical properties including modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bonding, water absorption, and thickness swelling were measured according to EN standards. Results indicated that the modulus of rupture, modulus of elasticity, water absorption and thickness swelling of boards increased with an increase in rapeseed stalk loading; however, the internal bonding decreased. Also, the use of melamine urea formaldehyde resin improved the mechanical strength and dimensional stability of the samples.

Key words: particleboard, rapeseed stalk, industrial wood particles, melamine formaldehyde, dimensional stability, mechanical properties.

B. Kord^{1*}
H. Zare²
A. Hosseinzadeh³

¹ Assistant Professor, Department of Paper and Packaging Technology, Faculty of Chemistry and Petrochemical Engineering, Standard Research Institute (SRI)

² MSc, Department of Wood Science and Technology, Chalous Branch, Islamic Azad University, Iran

³ Assistant Professor, Department of Wood Science and Technology, Chalous Branch, Islamic Azad University, Iran

Corresponding author:
b.kord@standard.ac.ir

Received: 2015/02/16
Accepted: 2015/06/10