

بررسی و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با چگالی متوسط (MDF) ساخته شده از مخلوط الیاف ساقه ذرت و گونه های چوبی

فردین کریمی^۱، علی اکبر عنایتی^{۲*}، مهدی فائزی پور^۲ و کاظم دوست حسینی^۲

^۱ کارشناس ارشد صنایع چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

برای بررسی و ارزیابی امکان استفاده از الیاف ساقه ذرت در ساخت تخته فیبر با چگالی متوسط، از مخلوط الیاف ساقه ذرت و الیاف گونه چوبی در چهار سطح ۱۰۰/۰، ۸۵/۱۵، ۷۰/۳۰، ۵۵/۴۵ و با بکارگیری زمان پرس در دو سطح ۵ و ۷ دقیقه تخته‌های آزمایشی ساخته شدند. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها نشان داد که افزایش میزان الیاف ساقه ذرت در تخته‌ها، موجب کاهش مقاومت خمشی، مدول کشسانی (الاستیسیته) و چسبندگی درونی آنها شده است در حالی که واکنش‌پذیری ضخامت و جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری آنها افزایش پیدا کرده است. افزایش زمان پرس سبب بهبود مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها شد. در نهایت می‌توان، بهترین تیمار در این بررسی را استفاده از ۱۵ درصد الیاف ساقه ذرت، در زمان پرس ۷ دقیقه دانست.

واژه های کلیدی: تخته فیبر با چگالی متوسط، ساقه ذرت، ویژگی های فیزیکی، ویژگی های مکانیکی، چسب اوره فرم آلدهید

مقدمه

تخته فیبر با چگالی متوسط (MDF) به علت داشتن قابلیت‌های منحصر به فردی چون قیمت ارزانتر (نسبت به چوب ماسیو)، دارا بودن ویژگی‌هایی همانند به چوب، یکنواختی چگالی در همه سطح، قابلیت پرداخت، ابزارخوری، رنگ خوری، روکش پذیری و ... مورد استقبال در بازار مصرف قرار گرفته و توانسته است به صورت چشم‌گیری نظر سرمایه‌گذاران و مصرف‌کنندگان را به خود جلب کند [۴]. رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای تخته فیبر با چگالی متوسط (MDF) از یک سو و نیز افزایش شمار کارخانه‌های تولیدکننده MDF در کشور از سوی دیگر، بکارگیری الیاف دیگر منابع لیگنوسلولزی برای تامین بخشی از مواد اولیه موردنیاز این صنایع را پرهیز ناپذیر می‌کند. هم‌اکنون به علت کاهش توان تامین چوب از جنگل‌های کشور و برنامه حفاظتی ارائه شده از سوی FAO (سازمان خوار و بار و کشاورزی) و سازمان حفاظت محیط زیست مبنی بر کاهش برداشت چوب یا حتی توقف آن باید به دنبال منابع دیگری برای تامین ماده اولیه مورد نیاز بخش‌های مختلف صنعت چوب از جمله صنایع تولید MDF بود [۶].

از دیگر منابع لیگنوسلولزی که می‌تواند برای استفاده در صنایع تخته‌فیبر مورد استفاده قرار گیرند پسماند گیاهان کشاورزی از جمله ساقه ذرت است که سطح زیر کشت آن در ایران از ۱۲۰۰ هکتار در سال زراعی ۵۲-۵۱ به ۴۷۰ هزار هکتار در سال ۸۸-۸۷ رسیده است که ۲۲۶ هزار هکتار آن ذرت غیرعلوفه‌ای می‌باشد. از این مساحت سالانه به طور میانگین حدود ۴/۵ میلیون تن ساقه ذرت برداشت و به دست می‌آید.

ساقه ذرت به دلیل مزایایی همچون آسانی دسترسی، بی‌نیازی به هزینه زیاد در جمع‌آوری، نزدیکی کشتزارهای آن به کارخانه‌های MDF به دلیل اینکه بیشتر کارخانه‌های تولیدکننده MDF در شمال و جنوب کشور مستقرند (جایی که بیشترین سطح کشت ذرت کشور در این منطقه واقع شده است) می‌تواند جایگزین مناسبی برای چوب بوده و باعث کاهش فشار بر روی جنگل‌ها شود

[۹ و ۱۰]. لذا این تحقیق روی امکان کاربرد الیاف ساقه ذرت برای تولید MDF انجام گرفته است.

در ارتباط با کاربرد پسماند گیاهان کشاورزی در ساخت تخته فیبر با چگالی متوسط، تحقیقات قابل توجهی صورت گرفته است از جمله Suzuki و همکاران (۱۹۸۹) اثر متغیرهای وابسته بر ویژگی‌های تخته فیبر با چگالی متوسط ساخته شده با الیاف ساقه گندم و رزین‌های اوره فرمالدئید، ملامین فرمالدئید و فنل فرمالدئید با لیگنوسولفات تجاری را بررسی کرده و نشان دادند که مقاومت خمشی و مدول کشسانی و چسبندگی درونی تخته‌ها با افزایش میزان رزین به ویژه هنگامی که از رزین اوره فرم آلدئید و لیگنوسولفات استفاده شد افزایش و میزان واکنشیدگی ضخامت آنها کاهش پیدا کرد (۲۱).

Okamoto و همکاران (۱۹۹۴) اثر فشار و زمان بخارزنی را بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های MDF بررسی کردند آنان به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان و فشار بخارزنی ثبات ابعاد تخته‌ها بهبود یافته ولی ویژگی‌های مکانیکی آنها کاهش می‌یابد (۱۸). Dube و Kehr (۱۹۹۵) بررسی تولید MDF با استفاده از کاغذ‌های باطله (روزنامه، مجله، کاغذ‌های کنگره‌ای) را انجام داد. در این بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی MDF ساخته شده از مخلوط کاغذهای باطله و بازیافتی به ضخامت ۱۹mm و چگالی ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب آزمایش شدند. همچنین از چسب‌های ملامین فرمالدئید، ایزوسیانات و اوره فرمالدئید به میزان ۱۲٪ در لایه سطحی و ۹٪ در لایه میانی استفاده شد. نتایج نشان داد تولید MDF از کاغذ باطله و پسماندهای فرایند خمیر کاغذ مکانیکی عملی و اقتصادی می‌باشد [۱۵]. X. Philip و همکاران (۲۰۰۷) ویژگی‌های MDF ساخته شده از مخلوط الیاف ساقه گندم، ساقه سویا و الیاف سوزنی‌برگان را مقایسه و تاثیر میزان چسب را بر ویژگی‌های آنها اندازه گرفتند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی MDF به دست آمده از ساقه گندم و سویا ضعیف‌تر از ویژگی‌های MDF ساخته شده از الیاف سوزنی‌برگان بود.

همکاران (۲۰۰۵) ویژگیهای MDF ساخته شده از الیاف گونه صنوبر (*P.nigra*) با در نظر گرفتن زمان بخارزنی (۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه)، زمان پرس ۴، ۵ و ۶ دقیقه و درصد چسب ۹ و ۱۱ درصد بررسی و نشان دادند که بیشترین میزان MOR، MOE، IB و مربوط به تخته های حاوی الیاف به دست آمده در زمان بخارزنی ۱۵ دقیقه، زمان پرس ۶ دقیقه و درصد چسب ۹ و ۱۱ درصد بوده است. آنان دریافتند با افزایش زمان بخارزنی MOE و IB تخته ها کاهش ولی با افزایش زمان پرس MOE و IB تخته ها افزایش می یابند. کمترین واکنشیدگی ضخامت در زمان بخارزنی ۱۵ دقیقه و زمان پرس ۶ دقیقه می باشد [۹].

مواد و روشها

الیاف مورد نیاز برای این بررسی شامل الیاف گونه های چوبی (صنوبر، توسکا، ممرز، آزاد و گونه های باغی) تهیه شده از کارخانه تخته فیبر حسن رود والیاف ساقه ذرت بود. ساقه ذرت مورد نیاز از مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی تهیه و توسط اهر نواری به طول حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر تبدیل و توسط خردکن آزمایشگاهی Pallman به خرده های به طول ۳ سانتی متر تبدیل و سپس با الک، کردن بخش های زیادی از مغز آن ها جدا شد. چسب مورد استفاده برای ساخت تخته های آزمونی از نوع اوره فرم آلدئید بود که از شرکت چسب ساز (ساری) تهیه شد.

ساخت تخته های آزمونی

تخته های آزمونی مورد نیاز با در نظر گرفتن عوامل ثابت و متغیر زیر ساخته شدند:

الف) عوامل متغیر:

نسبت اختلاط الیاف ساقه ذرت والیاف گونه های چوبی،

سه سطح (۱۵: ۸۵، ۳۰: ۷۰، ۴۵: ۵۵ درصد)

زمان پرس در دو سطح {۵ و ۷ دقیقه}

ب) عوامل ثابت:

- دمای بخارزنی (۱۷۰ درجه سلسیوس)

با افزایش سهم الیاف ساقه گندم و سویا میزان واکنشیدگی ضخامت کاهش پیدا کرد. ضمن این که افزایش میزان چسب کلیه ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته ها را بهبود بخشید [۱۹].

فرجی، حمیدرضا (۱۹۹۸) ویژگی های MDF ساخته شده از باگاس را بررسی کرد. الیاف مورد استفاده در ساخت تخته ها در شرایط دمای بخارزنی ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس و زمان بخارزنی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه تهیه شد. نتایج نشان داد که بالاترین میزان مقاومت خمشی، مدول کشسانی و چسبندگی درونی مربوط به تخته های ساخته شده از الیاف تهیه شده در شرایط دمای بخارزنی ۱۷۰ درجه سلسیوس و زمان بخارزنی ۵ دقیقه و کمترین میزان واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب مربوط به تخته های ساخته شده در شرایط بخارزنی دردمای ۱۸۰ درجه سلسیوس و زمان بخار زنی ۱۵ دقیقه می باشد اما به دلیل نبود اختلاف معنی دار بین میانگین ویژگی های تخته های تیمارهای مختلف، استفاده از شرایط دمای بخارزنی ۱۷۰ درجه سلسیوس و زمان بخارزنی ۵ دقیقه بهینه می باشد [۷].

حبیبی و همکاران (۲۰۰۲) ویژگی های MDF تهیه شده از الیاف باگاس (تفاله نیشکر) مغزگیری شده را که در شرایط بخارزنی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و دو دمای بخارزنی ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس جداسازی شده بودند بررسی و با اندازه گیری مقاومت خمشی، مدول کشسانی، چسبندگی درونی و واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب تخته های ساخته شده نشان دادند که شرایط بهینه جداسازی الیاف، دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس و زمان بخارزنی ۵ دقیقه می باشد [۲]. امیری، شاه محمد (۲۰۰۶) امکان ساخت MDF از چوب تاغ را بررسی کرد. در این تحقیق از ۲ دمای بخارزنی ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس، زمان بخار زنی ۵، ۱۰، ۱۵ دقیقه برای جداسازی الیاف و دمای خشک کن ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰ درجه سلسیوس استفاده شد. نتایج بیانگر این بود که مقاومت های مکانیکی تخته های به دست آمده از الیاف چوب تاغ کمتر از حد تعیین شده در استاندارد مربوط به این گونه تخته ها بود [۱]. کارگرفرد و

آزمایشگاه پخش و پس از رسیدن رطوبت آنها به حدود ۲۰ درصد، در آون و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت تا رطوبت ۲ درصد خشک شدند. برای چسب‌زنی الیاف از دستگاه چسب زن آزمایشگاهی استفاده شد. محلول چسب و کاتالیزور پس از اختلاط به وسیله پیستوله و با فشار باد روی الیاف پاشش (اسپری) شد. الیاف چسب خورده با دقت در قالب چوبی به ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی متر به صورت یکنواخت پاشیده شدند. کیک الیاف پس از پیش پرس، توسط دستگاه پرس از نوع Burkle با فشار موثر ۳۲ کیلوگرم بر سانتی متر مربع، شتاب بسته شدن ۵ میلی‌متر در ثانیه و دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس فشرده شد. تخته‌های آزمون ساخته شده به مدت ۲۴ ساعت خنک و سپس کناره بری شدند. تخته‌های آزمون پس از مشروط شدن در شرایط 1 ± 20 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد برابر استاندارد EN326-1 به نمونه‌های آزمون نیاز برای اندازه‌گیری و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آنها تبدیل و تا زمان اندازه‌گیری این ویژگی‌ها در اتاق شرایط ثابت (کلیما) استاندارد نگهداری شدند. برای سادگی بررسی نتایج، از علائم اختصاری درج شده در جدول ۲ استفاده شد.

- زمان بخارزنی (۵ دقیقه)
 - فشار بخارزنی (۸ بار)
 - دمای پرس (۱۸۰ درجه سلسیوس)
 - فشار پرس (۳۲ کیلوگرم بر سانتیمترمربع)
 - رطوبت کیک الیاف (۱۲ درصد)
 - چگالی تخته‌ها (۰/۶۵ گرم بر سانتیمترمکعب)
 - ضخامت تخته‌ها (۱۵ میلی‌متر)
 - نوع چسب (اوره فرم‌آلدئید)
 - میزان چسب (۱۰ درصد بر اساس وزن خشک الیاف)
 - نوع کاتالیزور (کلرید آمونیوم)
 - میزان کاتالیزور (به میزان ۲ درصد بر اساس وزن خشک چسب)
 ساقه‌های خرد شده پیش از بخارزنی به مدت ۳۰ دقیقه در آب خیسانده شدند. قطعه‌های آماده شده ساقه ذرت در دستگاه بخارزن و در دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۵ دقیقه، و فشار ۸ بار بخارزنی شدند. برای جدا سازی الیاف ساقه‌های بخارزنی شده از دستگاه فیبر کننده (دفیبراتور) آزمایشگاهی بایک دیسک گردان و تحت فشار جو با قطر دیسک ۲۵ سانتی متر و دور موتور ۱۴۶۰ دور در دقیقه و توان موتور ۱۵ اسب بخار، استفاده شد. الیاف به دست آمده به مدت چند روز در فضای

جدول ۲ - علامت اختصاری تیمارها

عوامل متغیر	تعداد سطوح	علامت اختصاری	اندازه سطح
درصد الیاف ساقه ذرت	۴	C1	۰
		C2	۱۵
		C3	۳۰
		C4	۴۵
زمان پرس (دقیقه)	۲	T1	۵
		T2	۷

تعیین شد. به کمک یک میکرومتر، میزان تغییر مکان نمونه‌ها تحت بار ثابت در حد تناسب و بیشینه نیروی گسیختگی اندازه‌گیری و به کمک معادله‌های زیر میزان مدول کشسانی و مقاومت به خمش محاسبه گردید.

$$MOR = 3P.L / 2b.h^2$$

$$MOE = P.L^3 / 4b.h^3.Y$$

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها
ویژگی‌های مکانیکی
مقاومت خمشی و مدول کشسانی

MOE و MOR تخته‌های آزمون برابر استاندارد EN 310 و با استفاده از نمونه‌های به ابعاد ۳۵۰×۵۰ میلی‌متر و ماشین آزمایش Wolpert و شتاب بارگذاری ۱۰ mm/min

TS₂: واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب (در صد)

TS₂₄: واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (در صد)

T₀: ضخامت پیش از غوطه‌وری در آب (میلی متر)

T₂: ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب (میلی متر)

T₂₄: ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (میلی متر)

جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

این ویژگی تخته‌ها نیز طبق استاندارد EN317 و با استفاده از نمونه‌های واکنشیدگی ضخامت بدین صورت اندازه‌گیری شد که وزن نمونه‌ها پیش و پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه‌های زیر جذب آب آن‌ها محاسبه شد.

$$WA_2 = (W_2 - W_0) \times 100 / W_0$$

$$WA_{24} = (W_{24} - W_0) \times 100 / W_0$$

WA₂: جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب (در صد)

WA₂₄: جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (در صد)

W₀: وزن نمونه پیش از غوطه‌وری در آب (گرم)

W₂: وزن نمونه پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب (گرم)

W₂₄: وزن نمونه پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (گرم).

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل و با استفاده از روش تجزیه واریانس و در صورت معنی‌دار بودن تفاوت‌ها، مقایسه و گروه بندی میانگین‌ها به روش دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مکانیکی

نتایج به دست آمده از این بررسی نشان داد که اختلاط الیاف ساقه ذرت تاثیر معنی‌داری بر مقاومت خمشی و مدول کشسانی تخته‌ها داشته است (جدول ۳) به طوری

MOE: مدول کشسانی (MPa)

h: ضخامت نمونه (mm)

b: عرض نمونه (mm)

P: بیشینه بار گسیختگی (N)

MOR: مقاومت خمشی (MPa)

L: طول دهانه (mm)

P_L: بار در حد تناسب (N)

Y: تغییر مکان در حد تناسب (mm)

چسبندگی درونی

این ویژگی تخته‌ها برابر استاندارد EN319 و با استفاده از نمونه‌های با ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر بدین صورت اندازه‌گیری شد که نمونه‌ها با چسب گرم‌مانر Hot melt به ورق‌های فلزی چسبانده و پس از برقراری تعادل رطوبتی در شرایط استاندارد با استفاده از دستگاه آزمایش Wolpert و شتاب بارگذاری ۱۰mm/min، نیروی گسیختگی در آزمایش کشش عمود به سطح نمونه‌ها اندازه‌گیری و به کمک رابطه زیر IB نمونه‌ها محاسبه شد.

$$IB = P/A$$

IB: چسبندگی درونی (MPa)

P: بار گسیختگی (N)

A: سطح نمونه (mm²)

ویژگی‌های فیزیکی

واکنشیدگی ضخامت در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری

در آب

برای اندازه‌گیری این ویژگی تخته‌ها از نمونه‌های با ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر استفاده شد. برابر استاندارد EN317

ضخامت نمونه‌ها پیش و پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری آن‌ها در آب، توسط میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر

اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر میزان واکنشیدگی

ضخامت آن‌ها محاسبه شد.

$$TS_2 = (T_2 - T_0) \times 100 / T_0$$

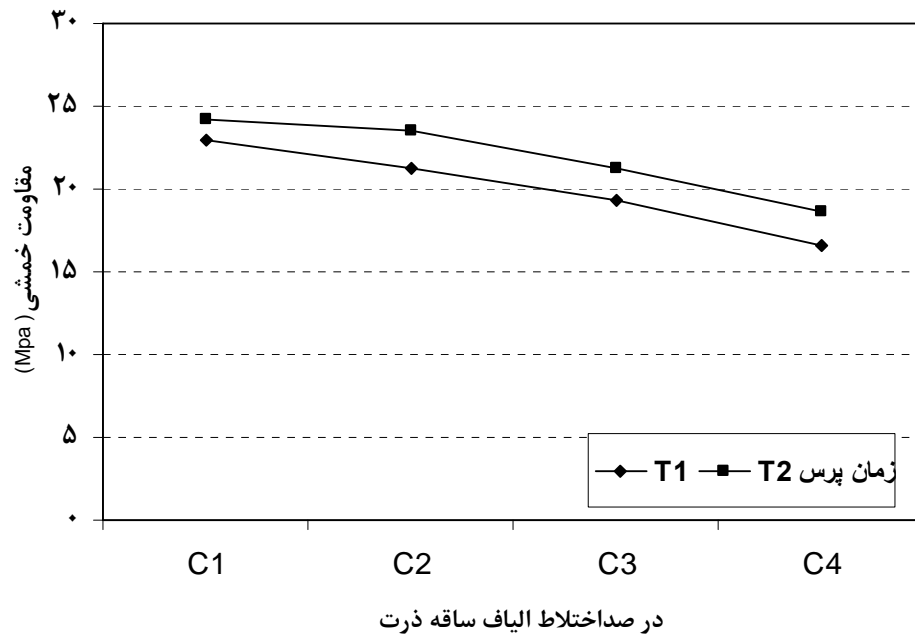
$$TS_{24} = (T_{24} - T_0) \times 100 / T_0$$

مصرف چسب، با افزایش سهم الیاف ذرت در ساختار تخته‌ها و به دلیل افزایش شمار فیبر در واحد وزن، سطح ویژه الیاف ذرت در مقایسه با الیاف صنعتی بیشتر می‌شود بنابراین میزان چسب مصرفی در واحد سطح کاهش و در نتیجه مقاومت کشش عمود به سطح کاهش می‌یابد. به علاوه چون ضخامت دیواره الیاف ساقه ذرت نسبت به الیاف صنعتی کمتر است (جدول ۱) بنابراین استحکام لازم در برابر نیروهای کششی عمود بر سطح تخته را ایجاد نخواهند کرد. Groom و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی MDF تحت تاثیر ویژگی‌های الیاف چوبی، انتقال تنش از فیبر به فیبر و جهت‌گیری الیاف در ساختار تخته‌ها می‌باشد. همچنین نتایج نشان دادند که افزایش زمان پرس موجب افزایش چسبندگی درونی تخته‌ها شده است. این امر به خاطر انتقال بهتر و موثرتر دما به لایه میانی و در نتیجه پلیمریزه شدن کامل‌تر چسب این ناحیه می‌باشد [۱۴]. حبیبی و همکاران (۲۰۰۷) به نتایج همانندی دست یافتند [۳]. کمترین مقاومت چسبندگی درونی مربوط به تخته‌های دارای ۴۵ درصد الیاف ساقه ذرت است که در زمان پرس ۵ دقیقه ساخته شده‌اند (۰/۴۳ MPa) و بیشترین میزان آن مربوط به تخته‌های شاهد (بدون الیاف ساقه ذرت) و زمان پرس ۷ دقیقه (۰/۵۱ MPa) می‌باشد.

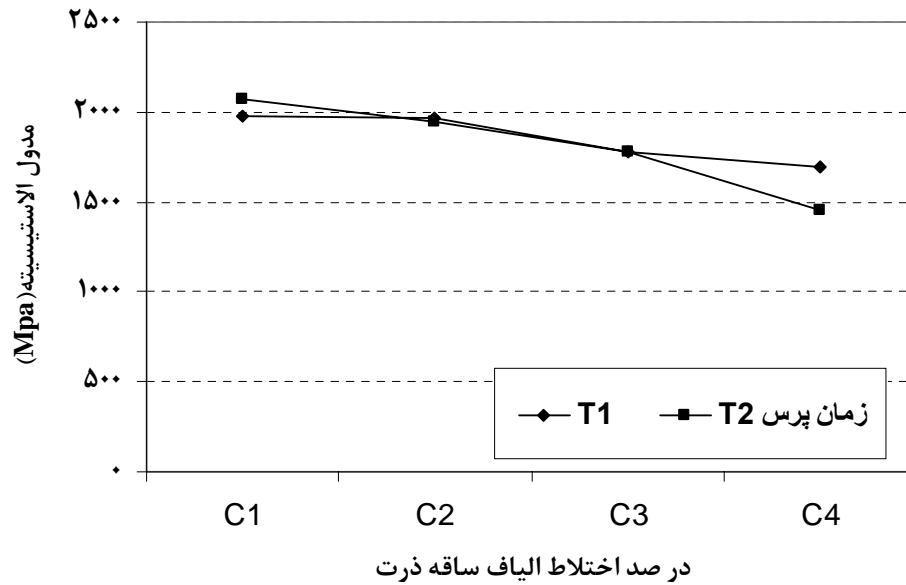
که با افزایش میزان این الیاف در ساختار تخته از میزان ویژگی‌های بالا کاسته شده است (شکل‌های ۱ و ۲). با توجه به کوتاه بودن طول الیاف ساقه ذرت و کم بودن ضریب کشیدگی آن‌ها نسبت به الیاف صنعتی (جدول ۱)، افزایش میزان الیاف ساقه ذرت در ساختار تخته‌ها منجر به درهم رفتگی کمتر آنها به هنگام تشکیل تشک الیاف شده و در نتیجه سطح تماس بین الیاف کم شده، مقاومت خمشی و مدول کشسانی آن‌ها کاهش می‌یابد. این نتایج در همخوانی با نتایج Akgul و همکاران (۲۰۰۸)، Copur و همکاران (۲۰۰۸)، Kuo و همکاران (۱۹۹۸) [۱۰ و ۱۱]، [۱۲، ۱۵] است. اثر زمان پرس نیز بر روی این ویژگی‌ها معنی دار و افزایش آن باعث بهبود مقاومت خمشی و مدول کشسانی تخته‌ها شده است (شکل‌های ۱ و ۲). بیشترین میزان مقاومت خمشی و مدول کشسانی از آن تخته‌های شاهد (بدون الیاف ذرت) که در زمان پرس ۷ دقیقه ساخته شده‌اند ($MOR=24/2 \text{ Mpa}$)، ($MOE = 2074 \text{ Mpa}$) و کمترین میزان این ویژگی‌ها مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۴۵٪ الیاف ساقه ذرت و ۵۵٪ الیاف صنعتی و زمان پرس ۵ دقیقه می‌باشد ($MOR=16/6 \text{ Mpa}$ ، $MOE = 1699 \text{ Mpa}$). مقاومت چسبندگی درونی تخته‌های تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که با افزایش میزان الیاف ساقه ذرت در ساختار تخته‌ها، مقدار این ویژگی کاهش یافته است (شکل ۳) و اثر آن نیز معنی دار است (جدول ۳) در میزان ثابت

جدول ۱- میانگین ابعاد و ضریب لاغری الیاف چوب‌های صنعتی و ساقه ذرت

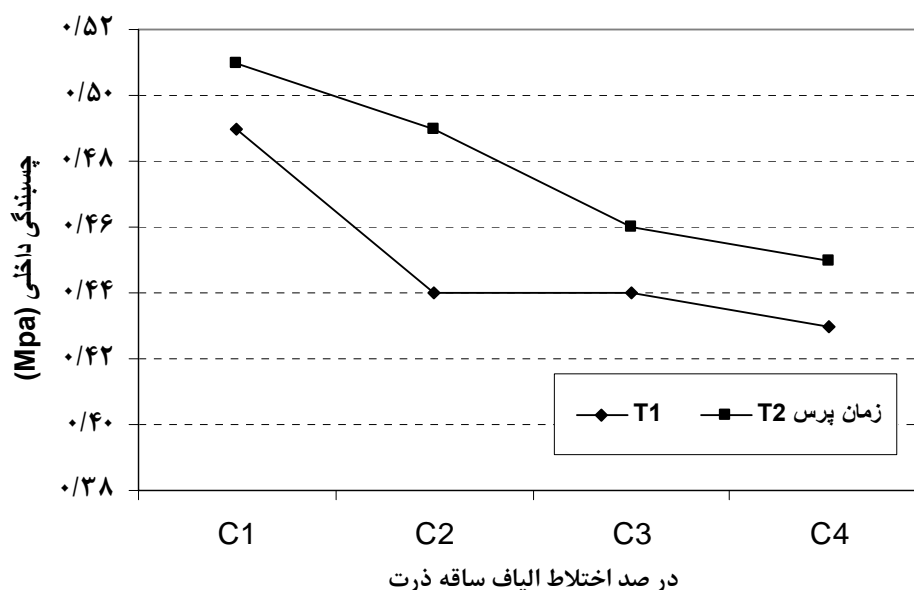
نوع فیبر	ابعاد الیاف		
	طول (میلی متر)	قطر (میکرون)	ضخامت دیواره (میکرون)
چوب	۱/۴۴	۲۴/۱	۶/۰
ساقه ذرت	۰/۹۸	۱۹/۷	۳/۸



شکل ۱- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر مقاومت خمشی



شکل ۲- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر مدول الاستیسیته



شکل ۳- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر چسبندگی داخلی

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های آزمونی

ویژگی	متغیر	درجه آزادی (DF)	آزمون F
مقاومت خمشی	C	۳	۵۷/۹**
	T	۱	۳۶/۷**
	CT	۳	۰/۳۵ ^{ns}
مدول الاستیسیته	C	۳	۳۶/۲۲**
	T	۱	۱/۷۴ ^{ns}
	CT	۳	۳/۸۴*
چسبندگی داخلی	C	۳	۲۸/۳۴**
	T	۱	۹/۶۸**
	CT	۳	۰/۵۶ ^{ns}

*** در سطح یک درصد معنی دار * در سطح پنج درصد معنی دار ns : معنی دار نیست

ویژگی‌های فیزیکی

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که افزایش میزان الیاف ساقه ذرت تاثیر معنی‌داری بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشته است (جدول ۴) به طوری که با افزایش میزان الیاف ساقه ذرت تا ۱۵ درصد، واکشیدگی ضخامت تخته‌ها افزایش ولی با افزایش میزان الیاف ساقه ذرت از ۱۵ تا ۴۵ درصد، میزان این ویژگی تقریباً ثابت مانده است (شکل‌های ۴ و ۵). مدت زمان بالای

بخارزنی و جداسازی الیاف ساقه ذرت در چند نوبت (به خاطر ماهیت ناپیوسته پالایشی) می‌تواند دلیلی برای حذف لیگنین لایه بین سلولی و دسترسی آب به همی-سلولزهای موجود در دیواره الیاف و در نتیجه افزایش میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌ها در اثر افزایش الیاف ساقه ذرت در ساختار تخته‌ها باشد. Copur و همکاران (۲۰۰۸) نیز در تحقیقات خود بر روی استفاده از پسماندهای کشاورزی در ساخت تخته فیبر به نتایج همانندی دست یافتند [۱۲]. قابل یادآوری است که

ضخامت مربوط به تخته‌های دارای ۴۵ درصد الیاف ساقه ذرت است که در زمان پرس ۵ دقیقه ساخته شده اند $TS=25/1\%$ و کمترین میزان آن مربوط به تخته‌های شاهد (بدون الیاف ذرت) و زمان پرس ۷ دقیقه می‌باشد $(TS=17/4\%)$.

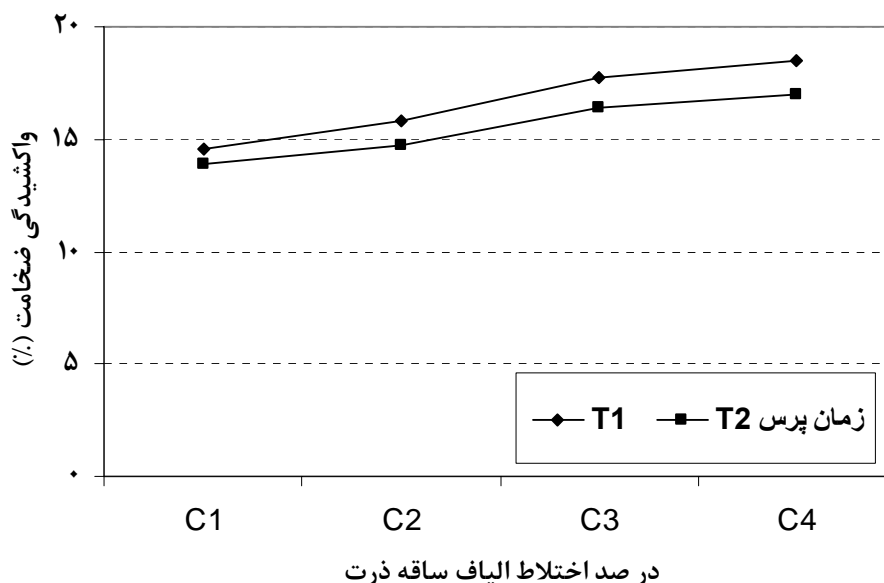
افزایش زمان پرس موجب کاهش واكشیدگی ضخامت تخته‌ها شده است، به طوری که تخته‌های ساخته شده در زمان پرس ۷ دقیقه دارای واكشیدگی ضخامت کمتری نسبت به تخته‌های ساخته شده در زمان پرس ۵ دقیقه بودند (شکل‌های ۴ و ۵). بیشترین میزان واكشیدگی

جدول ۴- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی تخته‌های آزمونی

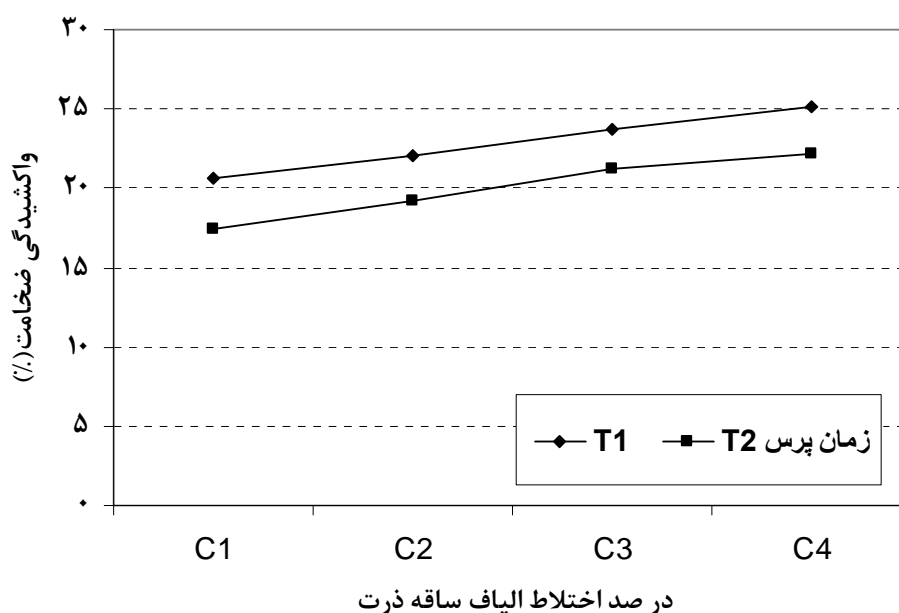
ویژگی	متغیر	درجه آزادی (DF)	آزمون F
واكشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت	C	۳	۵۹/۲۱**
	T	۱	۳۰/۶۴**
	CT	۳	۰/۸۱**
واكشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت	C	۳	۴۹/۷۳**
	T	۱	۸۹/۸۹**
	CT	۳	۰/۲۴ ^{ns}
جذب آب پس از ۲ ساعت	C	۳	۱۳۵/۱۹**
	T	۱	۱۹۳/۶۸**
	CT	۳	۶/۳۰ ^{ns}
جذب آب پس از ۲۴ ساعت	C	۳	۳۰۳/۲۷**
	T	۱	۵۲۶/۲۸**
	CT	۳	۵/۰۵ ^{ns}

NS : معنی دار نیست

** در سطح یک درصد معنی دار



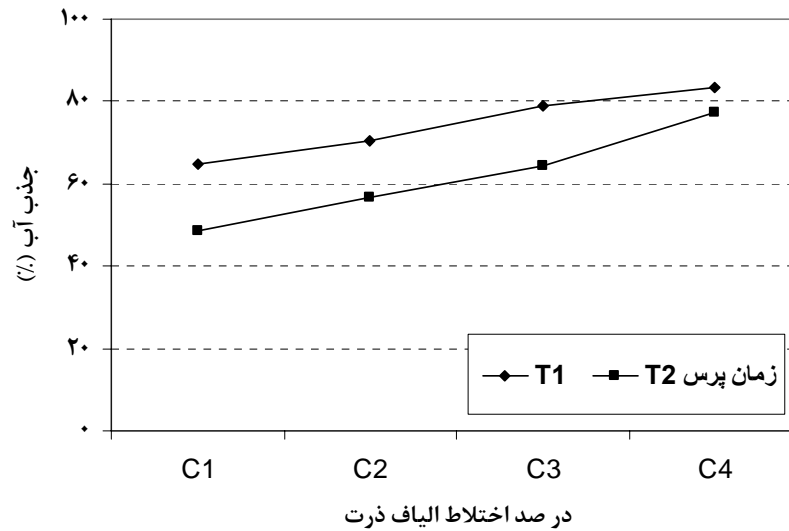
شکل ۴- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر واكشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت



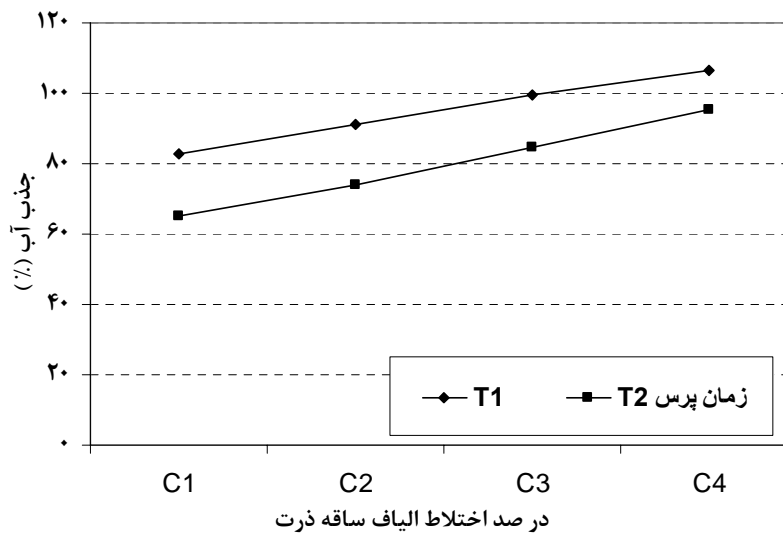
شکل ۵- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت

چوبی نسبت دادند [۱۲]. فخریان و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی خود بر روی تولید خمیر کاغذ از ساقه ذرت دانه ای، ترکیب شیمیایی این ماده لیگنوسولوزی را به ترتیب ۴۹/۷ درصد سلولز، ۲۱/۹ درصد لیگنین، ۲/۵ درصد مواد استخراجی و ۴/۹ درصد خاکستر اندازه گیری کرده اند در حالی که حسین زاده و همکاران (۱۹۹۳) ترکیب شیمیایی گونه های چوبی پهن برگ را به ترتیب ۴۵ درصد سلولز، ۲۰ درصد لیگنین، ۵ درصد مواد استخراجی و ۱ درصد خاکستر بیان کرده اند. قابل یادآوری است که افزایش زمان پرس باعث کاهش جذب آب تخته ها شد. به طوری که تخته های ساخته شده در زمان پرس ۷ دقیقه دارای واکسیدگی ضخامت کمتری نسبت به تخته های ساخته شده در زمان پرس ۵ دقیقه می باشند. بیشترین میزان جذب آب مربوط به تخته های دارای ۴۵ درصد الیاف ساقه ذرت و زمان پرس ۵ دقیقه $WA=(۱۰۶/۶)$ و کمترین میزان آن مربوط به تخته های شاهد است که در زمان پرس ۷ دقیقه تهیه شده اند $(WA=۶۴/۹)$.

نتایج به دست آمده در زمینه جذب آب تخته ها نشان داد که میزان الیاف ساقه ذرت تاثیر معنی داری بر جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری داشته است (جدول ۳) به طوری که افزایش میزان الیاف ساقه ذرت در ساختار تخته ها بر میزان جذب آب تخته ها افزوده شده است (شکل های ۶ و ۷). لازم به یادآوری است که در تخته های دارای ۳۰ درصد الیاف ذرت، این افزایش چشمگیر بوده است. بالا بودن میزان سلولز ساقه ذرت نسبت به برخی از گونه های پهن برگ می تواند دلیلی برای توان نگهداری بیشتر آب توسط الیاف ساقه ذرت باشد. ضمن اینکه به دلیل بالا بودن میزان سلولز بلوری در ساختار الیاف چوبی ظرفیت جذب آب توسط آنها محدود می باشد (۲۰) در حالی که الیاف ساقه ذرت از میزان کمتر سلولز بلوری برخوردار هستند، افزون بر آن شدت جداسازی الیاف که منجر به حذف بیشتر لیگنین لایه بین سلولی شده است نیز موثر می باشد. Copur و همکاران (۲۰۰۸) جذب آب بیشتر تخته های ساخته شده با الیاف گیاهان غیر چوبی را به تفاوت درصد مواد تشکیل دهنده آن ها با الیاف گیاهان



شکل ۶- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر جذب آب پس از ۲ ساعت



شکل ۷- اثر میزان اختلاط الیاف ساقه ذرت و زمان پرس بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این بررسی نشان داد که اثر سطوح مختلف اختلاط الیاف ساقه ذرت برروی مقاومت به خمش، مدول کشسانی و چسبندگی درونی تخته های آزمونی معنی دار است، به طوری که با افزایش درصد اختلاط الیاف ساقه ذرت در ترکیب تخته ها، ویژگی های

مکانیکی آنها درمقایسه با ویژگی های مکانیکی تخته های شاهد کاهش می یابند، اما افزایش زمان پرس باعث بهبود این ویژگی ها و افزایش آنها می شود. به علاوه واکنشیدگی ضخامت و جذب آب تخته های آزمونی با افزایش درصد اختلاط الیاف ساقه ذرت در ساختار آنها باعث افزایش این ویژگیها شده، ولی زمان پرس تا

کیفیت بهینه تهیه خواهد شد که مقاومت های مکانیکی آنها از حد تعیین شده در استاندارد EN 310 بیشتر و واکنشیدگی ضخامت و جذب آب آنها از بیشینه تعیین شده در استاندارد مورد اشاره کمتر خواهد بود.

حدودی میزان این ویژگی‌ها را کاهش می دهد. در نهایت می‌توان گفت که در صورت استفاده از ۱۵ درصد الیاف ساقه ذرت به همراه الیاف جوب های مورد استفاده درصنعت و بکارگیری زمان پرس ۵ دقیقه، تخته‌های با

منابع

- 1- Amiri Sh, and Jahan Latibari A, 2006. Investigation on the Properties of Medium Density Fiberboards from Mixture of Saxaul and Hornbeam Wood, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 21 No. (1), 22-32
- 2- Habibi, M , Hosseinkhani, H , Sepidedam, M and Mahdavi, S, 2007. The effect of Bagasse Fiber characteristics on medium density fiberboard (MDF) properties, Pajouhesh & Sazandegi No 55 pp: 16-29
- 3- Habibi, M. R , Hosseinkhani, H, and Mahdavi, S, 2002. The effect of press time and resin content on properties of MDF produced from Rice straw, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 22 No. (1), 51-61
- 4- Doosthosei, K, 2001. Wood Composite Materials-Manufacturing, Applications, 648 P.
- 5- Suchsland, O, Woodson, GE Translated by Hosseizadeh, A, Jahan Latibari A, Ebrahimi, G. 1992. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, pp. 262, Institute of Forestry and Range Research Press
- 6- Rowell, R. M., and et al., Translated by Faezipour, M, Kabourani, A, and Parsapajouh, D, 2002., Paper and Composites from Agro- Based Resources, PP. 527, Tehran University Press.
- 7- Faraji, H, 1998. Investigation on medium density fiberboard (MDF) properties produced from Bagasse, MSc Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiatmodarres
- 8- Fakhryan, A, Golbabaie, F, Hosseinkhani, H and Salehi, K, 2002. Investigation on CMP and APMP Pulping of Corn Stalks, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 22 No. (2), 151-167
- 9- Kargarfard, A, Hosseinzadeh, A, Nourbakhsh, A. Khajeh, .Kh and Hajihassani, R, 2007. Investigation on medium density fiberboard (MDF) properties produced from poplar wood (*P.nigra*), 2005. Pajouhesh & Sazandegi No 68 pp: 38-47
- 10- Department of planning and support, 1997. Office of Statistics and Information - Bulletin of Corn, Ministry of Jihad Agriculture Press, PP. 34
- 11- <http://www.agri-jahad.ir> .
- 12- Akgul, M and Camlibel O., 2008. Manufacture of medium density fiberboard (MDF) panels from rhododendron (*R. ponticum* L.) biomass, Building and Environment, 43(4): pp. 438-443.
- 13- Akgul, M and Tozluoglu A., 2008. Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture of medium-density fiberboards, Bioresource Technology, 99(13): pp. 5590-5594.
- 14- Cöpur, Y., Güler C., Taşçıoğlu C., and Tozluoglu C., 2008. Incorporation of hazelnut shell and husk in MDF production. Bioresource Technology, 99 : pp. 7402-7406.
- 15- Dube, H.; Kehr, E. M. 1995. Use of waste paper in MDF manufacture- Influence of the proportion of waste paper. Holz-als-Roh-und-Werkstoff., 53: 1,20
- 16- Groom, L., Mott L. and Shaller S., 1999. Relationship between fiber furnish properties and the structural performance of MDF. 33rd International Particleboard/Composite Materials Symposium Proceedings, 13-15 April, Pullman, A, USA, pp. 89-100.
- 17- Kuo, M., Adams D., Mayers D. and Curry D., 1998. Properties of wood/agricultural fiberboard bonded with soybean-based adhesive. Forest Product J. 48 (2): pp. 71-75.
- 18- Okamoto, H. Sano, S., Kawai, S., Okamoto, T., Sasaki, H. 1994. Production of dimensionally stable MDF by use of high-pressure steam pressing. Journal of the Japan Wood Research Society. 40(4) 380-389.
- 19- Philip Ye, X. et al, 2007. Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass, Bioresource Technology, 98: pp. 1077-1084.

- 20- Sjostom, E., 1993. Wood polyccharides, lignin, and pulping chemistry. Academic Press, New York.
- 21- Suzuki, M., Kato, T., 1989. Influence of dependent variables on the properties of MDF. Journal of the japan wood research society.35:8-13.

A Study on Physical and Mechanical Properties of Medium-Density Fiberboard (MDF) Made from Corn stalk and Wood fibers

F. Karimi¹, A. Enayati^{*2}, M. Faezipour² and K. Doosthoseini²

Abstract

To investigate the possibility of manufacturing medium-density fiberboard using corn stalk fibers, a mixture of corn stalk fibers and wood fibers in four weight levels of 0/100, 15/85, 70/30 and 45/55 and with press time of 5 and 7 minutes were used to manufacture sample boards. The results showed that an increase in amount of Maize Straw fibers leads to a decrease in MOR, MOE and IB levels in test specimens, whereas Thickness Swelling (TS) and Water Absorption (WA) increase after 2 and 24 hours of immersion in water. Furthermore, increasing press time resulted in an improvement of physical and mechanical properties of the specimens. According to statistical analyses, 15% of corn stalk fibers, with 7 minutes of press time, were founded as the optimum treatment in this study.

Keywords: Medium Density Fiberboard, Corn stalk, Physical Properties, Mechanical Properties, Urea formaldehyde resin

* Corresponding author: Email: aenayati@ut.ac.ir