نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2018.14859.1740

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب ساخته شده از مخلوط ساقه ذرت، کاه گندم و خرده چوب صنعتی

مریم آورند[۱]، *لعیا جمالی‌راد[۲]، هدایت‌اله امینیان[۲] و وحید وزیری[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد فرآورده‌های چندسازهٔ چوبی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس،
[۲]استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: در این پژوهش، جهت استفاده مفید از مواد ضایعاتی که مصرف مشخصی نداشته و دورریز بوده، اقدام به ساخت تخته خرده هایی از اختلاط ذرات حاصل از ساقه ذرت، کاه گندم و خرده چوب صنعتی شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی تخته های ساخته شده مورد ارزیابی قرار گرفت. زیرا با مصرف این نوع مواد اولیه کم ارزش (در صورت امکان) که دارای قیمت پایین می باشند، می توان میزان هزینه های تولید این نوع محصول را کاهش داد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور، ساقه ذرت و کاه گندم به‌همراه خرده‌چوب صنعتی با نسبت‌های اختلاط ۰ درصد و ۱۰۰ درصد، ۲۵ درصد و ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و ۵۰ درصد، دمای پرس ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و رزین اوره فرمالدهید به مقدار ۱۲ درصد وزن خشک خرده‌چوب‌ها برای ساخت تخته‌خرده‌چوب در نظر گرفته شدند. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی اندازه‌گیری و کلیه داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که افزایش ذرات ساقه ذرت و کاه گندم منجر به افزایش واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب شده است. یعنی افزایش مقدار ساقه ذرت و کاه گندم تأثیر منفی بر مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشت. مقدار مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی با افزایش ذرات ساقه ذرتو کاه گندم در تخته‌ها کاهش یافت و اختلاف معناداری بین سطوح مختلف استفاده از ساقه ذرت و کاه گندم وجود داشت. افزایش دمای پرس از ۱٦۰ به ۱۸۰ درجه سانتی گراد نیز تأثیر معنی‌داری بر کلیه ویژگی‌های تخته‌ها داشت و باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از ساقه ذرت، کاه گندم و خرده چوب صنعتی اثر منفی معنی‌داری بر پایداری ابعادی تخته‌ها داشت. مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی در نمونه‌های شاهد بیشترین مقدار را نشان داد. اما در مقایسه با خواص تخته‌های تولید شده با استاندارد اروپا، با استفاده از ۲۵ درصد ساقه ذرت و کاه گندم، ۱۲ درصد چسب اوره فرمالدهید و دمای پرس ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد، می‌توان تخته‌خرده‌چوبی

*مسئول مکاتبه: Jamalirad@gonbad.ac.ir

با خواص مطلوب تولید نمود. این موضوع نتیجه مثبتی در جهت استفاده از مخلوط این نوع پسماندهای کشاورزی شامل ساقه ذرتو کاه گندم و به دنبال آن جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوزاندن این ترکیبات است.

واژه‌های کلیدی: ساقه ذرت، کاه گندم، دمای پرس، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، واکشیدگی ضخامت

مقدمه

تحقیقات بسیاری در سال‌های اخیر در سرتاسر جهان بر روی ویژگی‌های فرآورده‌های مرکب از جمله تخته خرده چوب از پسماندهای زراعی نظیر ساقه گندم و ذرت (۲۱)، بامبو (۱۲ و ۲۰)، آفتاب گردان (۲ و ٦)، کناف (۲۲)، ساقه بادنجان و ساقه فلفل (۷ و ۸)، کاه و کلش برنج (۹، ۱۵، ۱٦ و ۱۷)، پوست خشخاش (۱٤)، نخل خرما (۱۱) و پوست سویا (۱۸) صورت گرفته است. اما متأسفانه سالانه مقادیر زیادی از این نوع پسماندها در کشور ما تولید و به‌صورت سنتی از بین می‌روند در صورتی‌که این پسماندهای لیگنوسلولزی کشاورزی به‌عنوان یکی از منابع مهم هستند که می‌توانند به‌صورت جدی جهت جبران کمبود مواد چوبی مورد بهره‌برداری قرار گیرند. در کشور ما کشاورزان بعد از برداشت گندم یا سایر محصولات کشاورزی، برای آماده‌سازی زمین برای کشت محصول بعدی، پسماندهای باقیمانده را آتش می‌زنند. از معایب این روش علاوه‌بر ایجاد آلودگی هوا، از بین رفتن منابع زیست‌محیطی و تخریب خاک نیز می‌باشد. اغلب آتش‌سوزی‌ها در کشور توسط کشاورزان به‌دلیل ساده و کم هزینه بودن و نبود تکنولوژی مناسب جهت استفاده از این بقایای گیاهی صورت می‌گیرد که باعث از بین رفتن مواد آلی و میکروارگانسیم‌های خاک و تخریب اکوسیستم می‌گردد. از این‌رو باقی ماندن این موادو سوزاندن آن‌ها هر یک به نوعی می‌تواند برای محیط‌زیست و مزرعه آسیب‌رسان باشد. لذا یافتن راهکاری مناسب برای استفاده بهینه و اقتصادی از این مواد ضروری به‌نظر می‌رسد. در این میان بیشترین اراضی کشاورزی جهان به گندم اختصاص دارد و در کشور ما بر طبق آمار سازمان خوار و بار جهانی میزان تولید گندم در ایران در سال ۲۰۱٦ بالغ بر ۱۱ میلیون تن بوده استو پس از گندم بیشترین اراضی کشاورزی جهان مربوط به ذرت بوده که بالغ بر ۵۰ درصد کل تولید آن به کشور امریکا اختصاص دارد و بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی در سال ۲۰۱٦ میزان تولید آن در کشور ما بیشتر از یک میلیون تن برآورد شده است. از این‌رو با توجه به حجم بالای کاشت این محصولات در دنیا و کشور ما، پسماندهای کاه گندم و ساقه ذرت نیز سالانه در حجم زیادی تولید می‌گردد و کشاورزان پس از برداشت محصول، آن‌ها را می‌سوزانند و یا در اثر شخم زدن در زیر خاک مدفون می‌نمایند. در صورتی‌که این مواد با مقدار مناسب ترکیبات شیمیایی (جدول‌های ۱ و ۲) از جمله سلولز می‌توانند منبع مناسبی برای تولید پانل‌های چوبی باشند. اما در تحقیقی که هان و همکاران (۲۰۰۱) بر روی ساقه گندم در ساخت تخته‌های مرکب انجام داد، نتیجه گرفت که ساقه‌های این گیاه کشاورزی دارای مقادیر بیشتری خاکستر (مواد معدنی) می‌باشد که سطح بیرونی ساقه را پوشانیده است. خرده‌های ساقه این گیاه در ساخت تخته‌های مرکب، علاوه‌بر داشتن سطح ویژه بالا، به‌دلیل داشتن این مواد معدنی منجر به کاهش اتصال مناسب بین ذرات در تخته‌ها شده و

چسبندگی داخلی در تخته‌ها را کاهش می‌دهد (۱۰). به‌عبارت دیگر سلول‌های اپیدرمی با لایه نازکی از موم نیز پوشیده شده‌اند و این لایه سطحی موجود در کاه می‌تواند به‌عنوان مانعی در برابر چسبندگی کاه با چسب اوره فرمالدهید عمل کند. زیرا این لایه مومی، جذب رطوبت چسب‌های محلول در آب مانند اوره فرمالدهید را مشکل می‌سازد و باعث کاهش نفوذپذیری ساقه گندم در مقایسه با چوب می‌شود (۳). از این‌رو حضور ذرات کاه می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در کاهش چسبندگی داخلی تخته‌های حاصل از کاه گند می‌باشد. اما با توجه به حجم بالای تولید آن نمی‌توان از چنین منبعی صرف‌نظر کرد. از این‌رو در تحقیق حاضر به‌دلیل کاهش مصرف این نوع ذرات، به‌طور همزمان در مخلوط پانل موردنظر از ذرات ذرت نیز استفاده می‌گردد. در تحقیقی که آکگل و همکاران (۲۰۱۰) در ساخت تخته فیبر دانسیته متوسط با استفاده از الیاف ساقه ذرت و الیاف چوب بلوط همراه با رزین اوره فرمالدهید انجام دادند، اعلام نمودند که کلیه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها تحت تأثیر مصرف الیاف ساقه ذرت قرار گرفتند اما خواص مکانیکی تخته‌ها حداقل مقادیر لازم مطابق با استاندارد را دارا بودند (۱). همچنین گارای و همکاران (۲۰۰۹) تخته خرده چوبی از اختلاط چهار نوع پسماند زراعی شامل گندم، ذرت، برنج و سبوس برنج با چوب کاج رادیاتا تولید کردند.آن‌ها همه انواع الیاف کشاورزی مورد استفاده در تحقیق خود را برای تولید تخته مناسب تشخیص دادند که در این میان کلش گندم و ذرت، نتایج بهتری نشان دادند و مقدار الیاف کم کلش گندم و ذرت، باعث مخلوط شدن آسان در نسبت‌های پایین شده بود (۵). اما از آنجایی که این نوع ذرات به‌دلیل سطح ویژه بالاتر باعث کاهش کیفیت چسب خوری و در نتیجه کاهش مقاومت‌ها می‌شوند (۳)، در نتیجه به‌منظور تعدیل عیوب آن، استفاده از دمای بالاتر پرس نیز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. لذا در این تحقیق سعی بر آن است که ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از مخلوط ساقه ذرت، کاه گندم و خرده‌چوب صنعتی با استفاده از ۲ دمای متفاوت پرس مورد مطالعه قرار گیرد تا بتوان علاوه‌بر استفاده مفید از این نوع ضایعات، تخته‌ای با خواص مطلوب تهیه نمود.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی ساقه ذرت (کاگرفرد و هادی حسنی، ۲۰۱۲).

Table 1. Chemical properties of corn stalk (Kargarfard and Hadjihassani, 2012).

ترکیب (Component)	درصد (Percent)
سلولز (Cellulose)	49.67
لیگنین (Lignin)	21.88
مواد استخراجی (محلول در الکل- استون) (Alcohol-acetone extracts)	2.53
خاکستر (Ash)	4.87

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کاه گندم (صالحی و همکاران، ۲۰۱٤).

Table 2. Chemical properties of wheat straw (Salehi et al, 2014).

ترکیب (Component)	درصد (Percent)
سلولز (Cellulose)	41.30
هولوسلولز (Holocellulose)	71.58
لیگنین (Lignin)	18.5
خاکستر (Ash)	7.5
سیلیس (SiO_2)	6.4

مواد و روش‌ها

مواد: در تحقیق حاضر پسماندهای کاه گندم و ساقه ذرت از مزارع اطراف شهرستان گنبد واقع در استان گلستان تهیه شد. خرده‌چوب صنعتی مورد استفاده نیز از کارخانه صنعت چوب شمال یا نئوپان گنبد تهیه گردید. چسب اوره فرمالدهید موردنیاز به صورت مایع از شرکت صنعت چوب شمال تهیه شد.مایع رزین تهیه شده بدون هیچگونه ماده افزودنی از قبیل پرکننده، کاتالیزور و غیره بوده و دارای مقدار مواد جامد ۵۰ درصد و pH برابر ۸ بوده است.از نمک کلرید آمونیوم پودری ساخت شرکت مرک آلمان به عنوان سخت کننده رزین اوره فرمالدهید و به میزان ۲ درصد وزن خشک چسب نیزاستفاده شد.

روش کار: در ابتدا ساقه‌های ذرت و کاه گندم حاصل پس از تهیه و انتقال به آزمایشگاه و تبدیل به ذرات قابل استفاده در ساخت تخته‌خرده‌چوب، به وسیله یک آون آزمایشگاهی تا رسیدن به مقدار رطوبت ٦ درصد خشک و سپس در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت، بسته‌بندی و برای ساخت تخته‌های آزمایشگاهی آماده گردیدند. خرده چوب صنعتی خریداری شده پس از کنترل رطوبت نیز در کیسه‌های مناسب بسته‌بندی شد. سپس تخته‌های موردنظر با در نظر گرفتن اختلاط ساقه ذرت، کاه گندم (به نسبت مساوی در مخلوط) و خرده چوب صنعتی در سه سطح ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و با استفاده از دو دمای پرس ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شدند. سایر عوامل شامل وزن مخصوص تخته ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، ضخامت تخته ۱٦ میلی‌متر، مدت زمان پرس ۵ دقیقه و مقدار مصرف چسب به میزان ۱۲ درصد وزن خشک خرده چوب برای تمام تیمارها ثابت در نظر گرفته شده است. پس از آماده کردن هر اختلاط متناسب با نسبت مورد استفاده برای هر یک از ذرات، چسب زنی توسط دستگاه چسب زن آزمایشگاهی انجام و عملیات تشکیل کیک همسان در داخل قالب به صورت دستی انجام شد. پس از انجام پرس سرد و سپس پرس گرم، تخته‌ها به مدت ۱۵ روز در شرایط کلیما قرار داده شد. سپس بعد از تهیه نمونه‌های آزمونی، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته براساس استاندارد EN 310، چسبندگی داخلی براساس استاندارد EN 319 و همچنین جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب براساس استاندارد EN 317 اندازه‌گیری شد. بعد از انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی بر روی

نمونه‌های تهیه شده، نتایج حاصل با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و به کمک تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس مقایسه میانگین داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن مورد بحث واقع شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ میانگین خصوصیات فیزیکی شامل واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب و مکانیکی شامل مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میانگین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی.

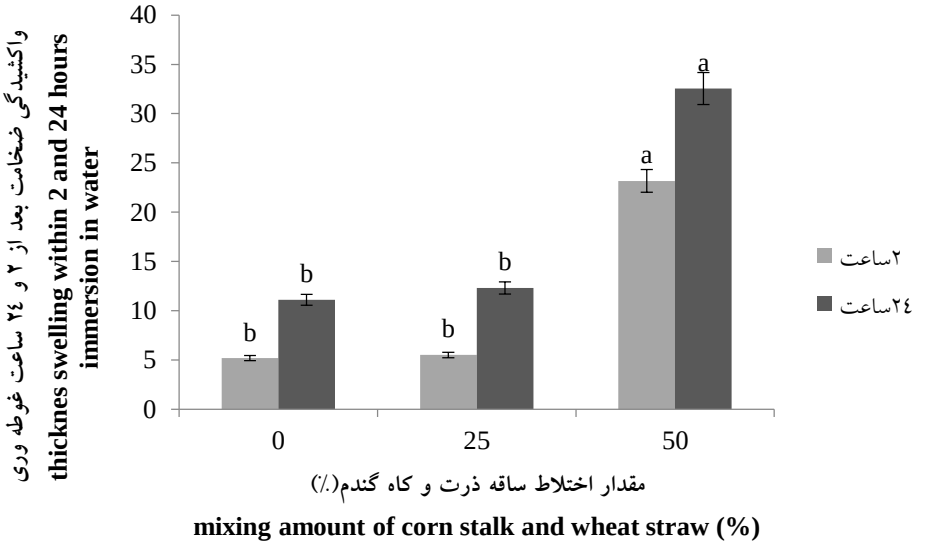
Table 1. Average physical and mechanical properties of test specimens.

واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت (درصد) Thickness swelling within 24 hours (%)	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد) Thickness swelling within 2 hours (%)	چسبندگی داخلی (MPa) Internal bonding (MPa)	مدول‌الاستیسیته (MPa) Modulus of elasticity(MPa)	مقاومت خمشی (MPa) Bending strength (MPa)	دمای پرس (ºC) Press temperature (ºC)	اختلاط ذرات ذرت و کاه/ خرده‌چوب صنعتی Mixing of corn stalk and wheat straw/Industrial wood particle
11.43	5.33	0.91	2124.49	20.17	160	100/0
10.78	5.05	1	2199.38	22.2	180	100/0
13.78	5.73	0.38	1630.2	15.69	160	75/25
10.86	5.28	0.49	1992.65	17.66	180	75/25
33.54	24.75	0.19	1035.2	9.71	160	50/50
31.58	21.59	0.23	1227.25	9.77	180	50/50
		0.24		11.5		P_1^*
		0.35	1600	13		P_2^*
14		0.45	1950	14		P_3^*

*: P_1، P_2 و P_3 معیارهای مربوط به استاندارد اروپا می‌باشند.

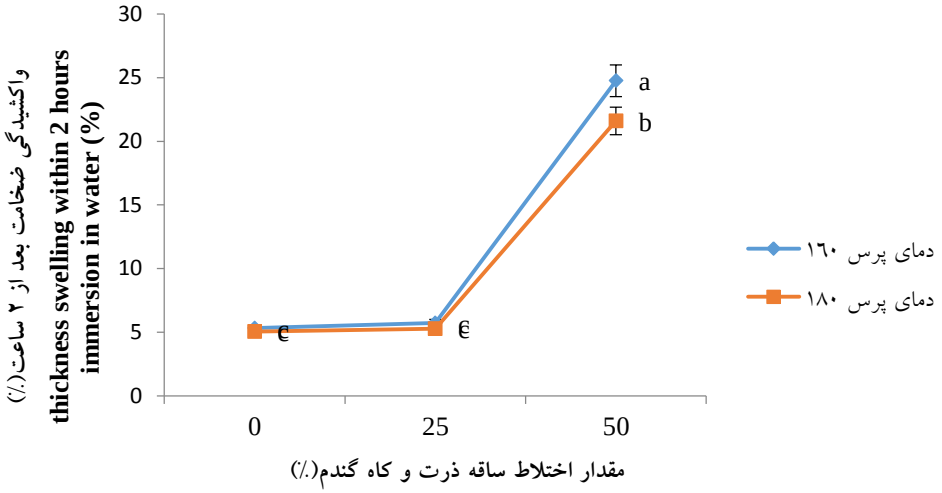
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب: نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر مستقل مقدار اختلاط ساقه ذرت، کاه گندم و خرده چوب صنعتی‌بر واکشیدگی ضخامت تخته‌خرده‌چوب بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد با افزایش استفاده از ساقه ذرت و کاه گندم در مخلوط با خرده چوب‌های صنعتی، مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب، افزایش معنی‌داری داشته است. به نحوی که بیشترین مقدار آن مربوط به سطح اختلاط ۵۰ درصدی (یعنی ۲۵ درصد ساقه ذرت، ۲۵ درصد کاه گندم (در مجموع ۵۰ درصد) و ۵۰ درصد خرده چوب صنعتی) بوده است که دارای واکشیدگی ضخامت خارج از حد استاندارد می باشد. زیرا از یک سو ساقه‌های گیاهان کشاورزی دارای مقادیر بیشتری خاکستر (مواد معدنی) می‌باشند که سطح بیرونی ساقه را پوشانیده است. خرده‌های ساقه‌ی این گیاهان در ساخت تخته‌های مرکب، علاوه‌بر داشتن الیاف کوچک‌تر (۱ و ٤) و سطح ویژه بالا، به‌دلیل داشتن این مواد معدنی منجر به کاهش اتصال مناسب بین ذرات در تخته‌ها شده و چسبندگی داخلی در تخته‌ها را کاهش و جذب آب و واکشیدگی

ضخامت افزایش می‌یابد (۱۰). و از سوی دیگر ذرات کاه به‌دلیل داشتن سیلیس فراوان و آب گریز بودن، اتصال کمی با رزین UF برقرار کرده که در کاهش میزان چسبندگی داخلی و به دنبال آن افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تأثیر منفی دارد (۳ و ۲۱). اما همان‌طور که شکل نشان می‌دهد در سطح استفاده از ۲۵ درصد اختلاط ساقه ذرت و کاه گندم به‌همراه خرده چوب صنعتی، واکشیدگی ضخامت بعد از ٢٤ ساعت تخته‌ها حد استاندارد اروپا را دارا می‌باشند. همچنین شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد در سطوح مختلف استفاده از دماهای پرس ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب اختلاف معنی‌داری نداشتند. اگرچه با افزایش دمای پرس به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تا ۲۵ درصد استفاده از ساقه ذرت و کاه گندم واکشیدگی ضخامت تخته‌ها کمتر از حد استاندارد حفظ شده است. یعنی افزایش دمای پرس اگرچه باعث بهبود پایداری ابعادی تخته‌ها شده است اما با توجه به آن‌که بین دو دمای مختلف ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد اختلاف معنی‌داری نیست، لذا به لحاظ اقتصادی دمای پرس ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد را می‌توان به‌عنوان تیمار مناسب‌تر انتخاب نمود زیرا با افزایش دمای پرس، به لحاظ آماری تغییر معنی‌داری در واکشیدگی ضخامت آن حاصل نشده است. از این‌رو همان‌طور که شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد تا مصرف ۲۵ درصد مخلوط ساقه ذرت و کاه گندم، واکشیدگی ضخامت تخته‌ها در حد مطلوب و استاندارد می‌باشد.



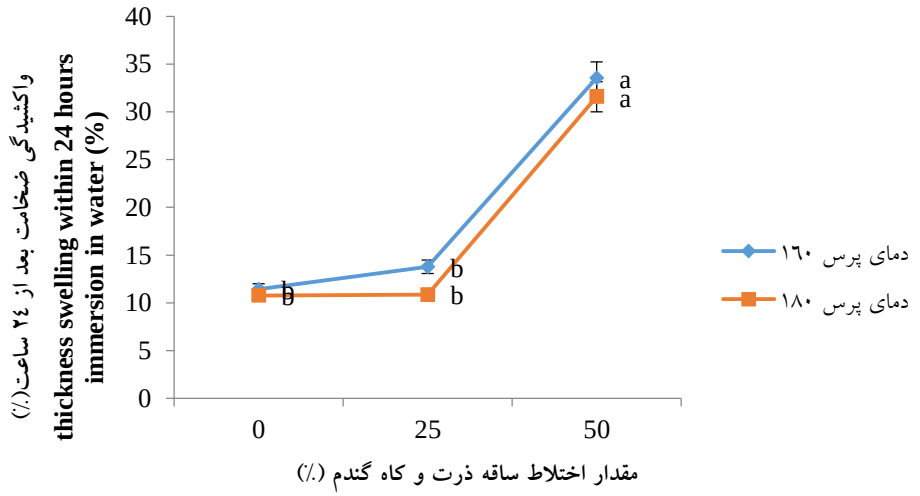
شکل ۱- اثر مستقل مقدار اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم- خرده چوب صنعتی بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب.

Figure 1. Independent effect of mixing corn stalk- wheat straw- industrial wood particles on thickness swelling within 2 and 24 hours immersion in water.



شکل ۲- اثر متقابل اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم- خرده چوب صنعتی و دمای پرس بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب.

Figure 2. Interaction effect of mixing corn stalk- wheat straw- industrial wood particles and pressing time on thickness swelling within 2 hours immersion in water.

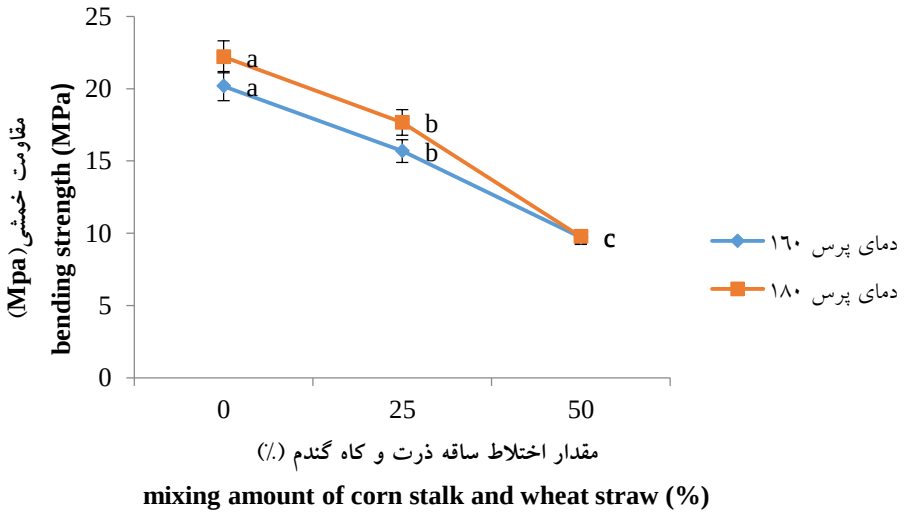


شکل ۳- اثر متقابل اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم- خرده چوب صنعتی و دمای پرس بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب.

Figure 3. Interaction effect of mixing corn stalk- wheat straw- industrial wood particles and pressing time on thickness swelling within 24 hours immersion in water.

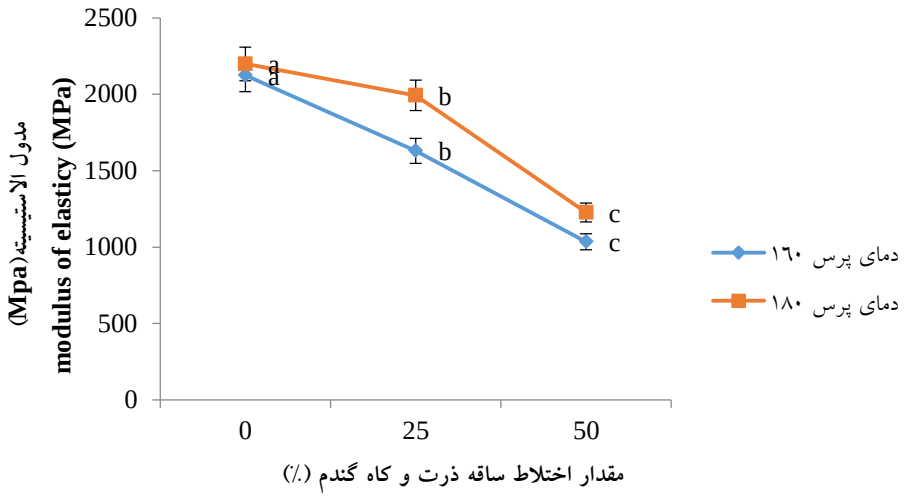
مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته: مطابق نتایج آنالیز واریانس، اثر مستقل اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم و خرده چوب صنعتی و اثر متقابل اختلاط این ذرات با دمای پرس بر مقاومت خمشی تخته‌خرده‌چوب دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. به نحوی که همه تیمارهای مربوط به سطوح مختلف استفاده شده از ساقه ذرت و کاه گندم در گروه‌های مختلفی (a، b و c) قرار دارند (شکل ٤). بیش‌ترین مقدار مقاومت خمشی (۲۲/۲ مگاپاسکال و ۲۰/۱۷ مگاپاسکال)، مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد خرده

چوب صنعتی با دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و بعد از آن دمای ۱٦۰ درجه سانتی گراد (در یک گروه مشترک a) می‌باشد و کم‌ترین مقدار مقاومت خمشی (۹/۷۱ مگاپاسکال و ۹/۷۷ مگاپاسکال)، مربوط به تخته‌های ساخته شده با اختلاط ۵۰ درصد ساقه ذرت، کاه گندم و ۵۰ درصد خرده چوب صنعتی با دمای پرس ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد است. اما همان‌طور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود با مصرف ۲۵ درصد ساقه ذرت، کاه گندم به‌صورت مخلوط با ۷۵ درصدخرده چوب صنعتی با دمای پرس ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بهترین مقاومت خمشی بعد از نمونه‌های شاهد حاصل شده است که دارای حد استاندارد اروپا (P1، P2 و P3) می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به شکل ۵ اثر مستقل اختلاط ساقه ذرت، کاه گندم و خرده چوب صنعتی و اثر متقابل عوامل متغیر بر مدول‌الاستیسیته تخته‌های حاصل دارای اختلاف معنی‌داری است. به‌طوری‌که آزمون چند دامنه دانکن نیز مقادیر مدول‌الاستیسیته تیمارهای مختلف را در سطوح متفاوتی قرار داد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد بیشترین مقدار مدول‌الاستیسیته (۲۱۹۹/۳۸ مگاپاسکال و ۲۱۹۹/۳۸ مگاپاسکال)، مربوط به تخته‌های ساخته شده با اختلاط صفر درصد ساقه ذرت و کاه گندم (۱۰۰ درصد خرده‌چوب صنعتی) با دمای پرس ۱۸۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین مقدار آن (۱۰۳۵/۲ مگاپاسکال و ۱۲۲۷/۲۵ مگاپاسکال)، مربوط به تخته‌های ساخته شده با اختلاط ۵۰ درصد ساقه ذرت و کاه گندم به‌همراه ۵۰ درصد خرده‌چوب صنعتی و دمای پرس ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد است (شکل ۵). در واقع افزایش ساقه ذرت و کاه گندم کاهش مقاومت را به دنبال داشته است. هر چند افزایش در حد ۲۵ درصد کاهش کمتری را نشان می‌دهد و مقاومت و مدول در حد استاندارد می‌باشد. با توجه به شکل در سطح اختلاط ۲۵ درصد مخلوط ساقه ذرت و کاه گندم با ۷۵ درصد خرده چوب صنعتی، تخته‌های ساخته شده دارای مدول‌الاستیسیته در حد استاندارد اروپا می‌باشند. البته همان‌طور که شکل نشان می‌دهد با افزایش دمای پرس، مدول‌الاستیسیته تخته‌ها افزایش یافته است اما با توجه به عدم معنی‌داری سطوح استفاده از دماهای مختلف، دمای پرس ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد را می‌توان به‌عنوان دمای مطلوب پیشنهاد کرد.



شکل ٤- اثر متقابل اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم- خرده چوب صنعتی و دمای پرس بر مقاومت خمشی.

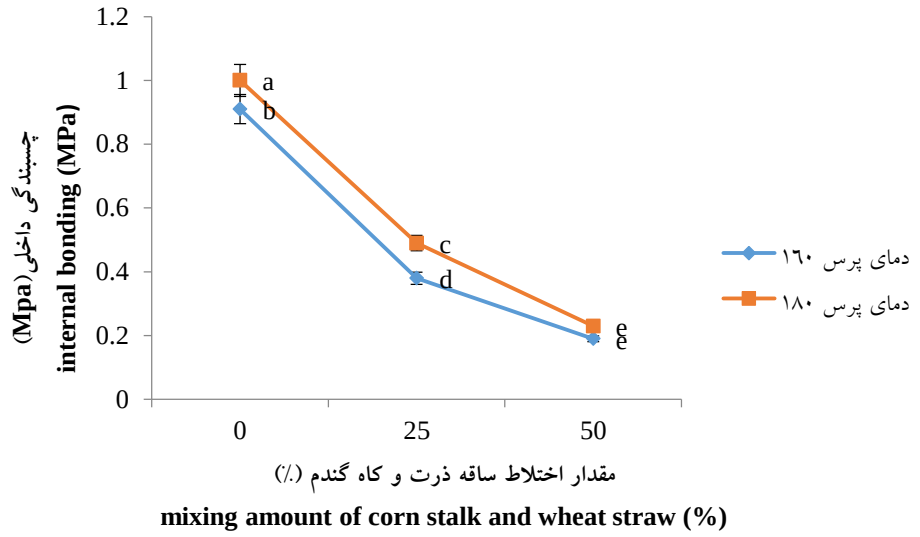
Figure 4. Interaction effect of mixing corn stalk- wheat straw- industrial wood particles and pressing time on bending strength.



شکل ۵- اثر متقابل اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم- خرده‌چوب صنعتی و دمای پرس بر مدول‌الاستیسیته.

Figure 5. Interaction effect of mixing corn stalk- wheat straw- industrial wood particles and pressing time on modulus of elasticity.

چسبندگی داخلی: در بررسی عوامل مورد مطالعه مشخص شد که اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌خرده‌چوب در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. همان‌طور که شکل ٦ نشان می‌دهد بیشترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های ساخته شده با صفر درصد ساقه ذرت و کاه گندم (یعنی ۱۰۰ درصد خرده چوب صنعتی) و با دمای پرس ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و کم‌ترین میزان چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۵۰ درصد کاه گندم و ساقه ذرت با دمای پرس ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اما تخته‌های حاوی ۲۵ درصد مخلوط ساقه ذرت و کاه گندم دارای چسبندگی داخلی بالاتر از حد استاندارد p1، p2 می‌باشند. هان و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی به استفاده از ساقه گندم در تخته‌های مرکب اشاره نمود و نتیجه گرفت که ساقه‌های گیاهان کشاورزی دارای مقادیر بیشتری خاکستر (مواد معدنی) می‌باشند که سطح بیرونی ساقه را پوشانیده است. خرده‌های ساقهٔ این گیاهان در ساخت تخته‌های مرکب، علاوه‌بر داشتن سطح ویژه بالا، به‌دلیل داشتن این مواد معدنی منجر به کاهش اتصال مناسب بین ذرات در تخته‌ها شده و چسبندگی داخلی در تخته‌ها را کاهش می‌دهد (۱۰). اگرچه با استفاده از دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد چسبندگی داخلی افزایش یافته و به حد استاندارد p3 رسیده است اما استفاده از دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد با حفظ چسبندگی داخلی در حد استاندارد p1 و p2 مقرون به صرفه‌تر می‌باشد.



شکل ٦- اثر متقابل اختلاط ساقه ذرت- کاه گندم- خرده چوب صنعتی و دمای پرس بر چسبندگی داخلی.

Figure 6. Interaction effect of mixing corn stalk- wheat straw- industrial wood particles and pressing time on internal bonding.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر افزایش مخلوط ساقه ذرت و کاه گندم در ترکیب با خرده چوب صنعتی بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه وری در آب، معنی‌دار بوده و میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب، به طور معنی‌داری افزایش یافته است اما با افزایش دمای پرس از ١٦٠ به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب، معنی‌دار نیست. به‌نحوی‌که، کم‌ترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری مربوط به تخته‌های ساخته شده با اختلاط صفر درصد ساقه ذرت و کاه گندم (۱۰۰ درصد خرده‌چوب صنعتی) و دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین مقدار مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۵۰ درصد ساقه ذرت و کاه گندم و دمای پرس ١٦٠ درجه سانتی‌گراد است. از طرفی با مصرف این نوع مواد ضایعاتی با افزایش دمای پرس، خواص فیزیکی نمونه‌ها بهبود یافته است. اگرچه با دمای پرس ١٦٠ درجه سانتی‌گراد به‌همراه این نوع مواد ضایعاتی نیز پایداری ابعادی تخته‌ها کاهش منفی معنی‌داری نداشته است. لذا اگر مسائل اقتصادی مدنظر باشد می‌توان استفاده از این نوع مواد ضایعاتی را با دمای پرس کمتر (١٦٠ درجه سانتی‌گراد) درجه سانتی‌گراد نیز پیشنهاد نمود بدون آن‌که پایداری ابعادی تخته‌ها آسیبی دیده باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تأثیر افزایش مقدار ساقه ذرت و کاه گندم در ترکیب با خرده چوب صنعتی بر میزان مقاومت خمشی تخته‌خرده‌چوب، معنی‌دار بوده، همچنین با افزایش دمای پرس از ١٦٠ به ۱۸۰درجه سانتی گراد، میزان مقاومت خمشی درسطح ۲۵ درصد استفاده از ساقه ذرت و کاه گندم افزایش یافته است اما اثر دمای پرس بر مقاومت خمشی نمونه‌ها معنی‌دار نیست. همچنین افزایش مقدار ساقه ذرت و کاه گندم در ترکیب با خرده چوب صنعتی و دمای پرس اثر معنی‌داری بر میزان مدول‌الاستیسیته تخته‌خرده‌چوب داشتند و تا سطح ۲۵ درصد استفاده از اختلاط این

مواد مدول‌الاستیسیته آن‌ها در حد استاندارد حفظ شد. از سوی دیگر با افزایش مصرف ساقه ذرت و کاه گندم در ترکیب با خرده‌چوب‌های صنعتی، چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافته است اما این کاهش با افزایش دمای پرس جبران شده و بهبود یافته است. با افزایش مقدار مصرف مخلوط کاه گندم و ساقه ذرت، مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها دارای شیب کاهشی است. از سوی دیگر افزایش دمای پرس از ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، اثر مثبتی بر افزایش مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها داشته است. یعنی افزایش دمای پرس، تأثیر منفی این نوع پسماندهای کشاورزی بر چسبندگی داخلی تخته‌ها را تعدیل نموده است. لذا با افزایش امکان مصرف این نوع مواد ضایعاتی مانند ساقه ذرت و کاه گندم که هر ساله دور ریز بوده و سوزانده می‌شود و منجر به آلودگی زیست‌محیطی می‌گردد، نه تنها می‌توان استفاده مفید از این نوع ضایعات داشت، بلکه به‌عنوان منبعی برای مواد اولیه در نظر گرفت. در نتیجه با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان استفاده از ساقه ذرت و کاه گندم را تا سطح ۲۵ درصد در ساخت تخته‌خرده‌چوب پیشنهاد نمود بدون آن‌که خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب آسیبی ببیند. البته صرف‌نظر از مسائل اقتصادی نیز میتوان از دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان راهکاری برای تعدیل عیوب مربوط به این نوع مواد اولیه و دست یافتن به خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب‌تر نیز پیشنهاد نمود.

منابع

1. Akgül, M., Güler, C., Çöpür, Y. 2010. Certain physical and mechanical properties of medium density fiberboards manufactured from blends of corn (*Zea mays indurata*Sturt.) stalks and pine (*Pinusnigra*) wood. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34: 197-206.
2. Bektas, I., Guler, C., Kalaycioglu, H., Mengeloglu, F., and Nacar, M.2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (Helianthus annuus L.) and poplar wood (Populusalba L.). Journal of Composite Materials, 39:467-473.
3. Boquillon, N., Gerard, E. and Uwe, S., 2004. Propertiesof wheat straw particle boards bonded with different types of resin. Journal of Wood Science, 50:230-235.
4. Deniz, I., Hirci, H. and Ates, S. 2004. Optimization of wheat straw triticum drum kraft pulping. Industrial Crops and Products, 19: 237-243.
5. Garay. R.M., McDonald, F., Acevedo, M.L., Calderon, B. and Araya, J.E. 2009. Particleboard made with crop residues mixed with wood from Pinus radiate. Bioresources, 4(4): 1396-1408.
6. Guler, C., Bektas, I., Kalaycioglu, H., 2006. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (Helianthus annuus L.) and Calabrian pine (PinusbrutiaTen.). Journal of Natural Products, 56:56-60.
7. Guntekin, E., Karakus, B., 2008. Feasibility of using eggplant (Solanummelongena) stalks in the production of experimental particleboard. Indutrial Crops and Products, 27:354-358.
8. Guntekin, E., Uner, B., SahinTurgut, H., Karakus, B., 2008. Pepper stalks (Capsinumannuum) as raw material for particleboard manufacturing. Journal of Applied Sciences, 8:2333-2336.
9. Halvarsson, S., Edlund, H., Norgren, M. 2010. Manufacture of high-performance rice straw fiberboards. Journal of Industrial and Engineering Chemistry Research, 49(3):1428-1435.
10. Han, S., Dae, J., Hyun, J. 2001. Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. Bioresource Technology. 86:117-121.

11. Hashim, R., Nadhari, W.N.A.W., Sulaiman, O., Kawamura, F., Hiziroglu, S., Sato, M.,Sugimoto, T., Seng, T.G. and Tanaka, R. 2011. Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass. Journal of Materials Design. 32(1): 246-254.
12. Hiziroglu, S., Jarusombuti, S., Fueangvivat, V., Bauchongkol, P., Soontonbura, W. and Darapak, T. 2005. Properties of bamboo–rice straw–eucalyptus composite panels. Forest Products Journal, 55(12): 221-225.
13. Kargarfard, A., and Hadjihassani, R. 2012. Coparing the applied properties of different medium density fiberboards produced from corn and cotton stalks and beech fibers. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19(1): 93-106.
14. Küçüktüvek, M., Kasal, A., Kuşkun, T. and Erdil, Y.Z. 2017. Utilizing poppy husk-based particleboards as an alternative material in case furniture construction. BioResources,12(1): 839-852.
15. Leiva, P., Ciannamea, E., Ruseckaite, R.A., Stefani, P.M. 2007. Medium density particleboards from rice husks and soybean protein concentrate. Journal of Applied Polymer Science, 106(2): 1301-1306.
16. Li, X., Cai, Z., Winandy, J.E., Basta, A.H. 2010. Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries. Bioresource Technology, 101(12): 4662-4666.
17. Osarenmwinda, J.O. and Nwachukwu, J.C. 2007. Effect of particle size on some properties of rice husk particleboard. Advanced Materials Research, 18(19): 43-48.
18. Pandey, A. andNema PK. 2004. Development of particleboard from soybean husk without resin. IE (I) J – AG, 85:5-9.
19. Salehi, K., Kordsachia, O., and Patt, R. 2014. Comparison of MEA/AQ pulping of wheat straw and rye straw. Industrial Crops and Products, 52:603-610.
20. Sudin, R. and Swamy, N. 2006. Bamboo and wood fibre cement composites for sustainable infrastructure regeneration. Journal of Materiald Science, 41(21): 6917–6924.
21. Wang, D. and Sun, XS. 2002. Low density particleboard from wheat straw and corn pith. Industrial Crops and Products, 15:43-50.
22. Xu, J., Widyorini, R. and Kawai, S. 2005. Properties of kenaf core binderless particleboard reinforced with kenafbast fiber-woven sheets. Journal of Wood Science, 51(4): 415-420.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 25 (4), 2018
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2018.14859.1740

Physical and mechanical properties of particleboard made from mixing corn stalk, wheat straw and industrial wood particles

M. Avarand[1], *L. Jamalirad[2], H. Aminian[2] and V. Vaziri[2]
[1]M.Sc. Student, Dept., of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, [2]Assistant Prof., Dept., of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University
Received: 03/13/2018; Accepted: 10/07/2018

Abstract
Background and objective: In this study, for the useful consumption of residue materials that have no specific consumption and are waste, it was started making the particleboard from the mixing of corn stalk, wheat straw and industrial wood particles. Then, the physical and mechanical properties of the boards were measured. Because of the consumption of these raw materials that have a low price (if possible), it can reduce the cost of production of this type of product.
Materials and methods: For this purpose, corn stalk, wheat straw and industrial wood particles at levels of 0:100, 25:75 and 50:50, press temperature of 160 and 180° C and 12 percent of urea formaldehyde resin based on the dry weight of the particles were used for the production of particleboards. The physical and mechanical properties of the boards including thickness swelling within 2 and 24-hour immersion in water, bending strength, modulus of elasticity and internal bonding were measured and all the data were statistically analyzed.
Results: The results of this research showed that the increase in corn stalk and wheat straw in the mixture showed in increased thickness swelling within 2 and 24-hour immersion in water. It means increasing the amount of corn stalks and wheat straw had a negative effect on the thickness swelling of the boards. The amount of bending strength, modulus of elasticity and internal bonding decreased with the increase of corn stalk and wheat straw particles in the boards and there was a significant difference between different levels of wheat straw and corn stalks. Also the press temperature increase from 160 to 180 ° C had a significant effect on all the properties of the boards and improved the physical and mechanical properties of the boards. Increasing the temperature of the press also had a significant effect on all the properties of the boards and improved the properties.
Conclusion: According to the results of this research, using corn stalk, wheat straw and industrial wood particles, increased significantly the dimensional stability of the boards. Bending strength, modulus of elasticity and internal bonding in control samples showed the highest values. But compared to the properties of the boards produced by EN standard, using 25% corn stalk and wheat straw, 12% urea formaldehyde resin and press temperature of 160 ° C, can be produced particleboards with favorable properties. This is a positive result for the use of mixing this kind of agricultural wastes including corn stalk and wheat straw, following that the prevention of environmental pollution caused by the burning of these compounds.

***Keywords*:** Corn stalk, Wheat straw, Press temperature, Bending strength, Modulus of elasticity, Thickness swelling

*Corresponding outhor: Jamalirad@gonbad.ac.ir