

بررسی امکان ساخت تخته خرده چوب از ساقه شاهدانه

مسعود رضا حبیبی

- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: masoudrezahabibi@yahoo.com

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۷

چکیده

هدف از این تحقیق، کاربرد ساقه شاهدانه در تولید تخته خرده چوب بوده است. از این رو از ساقه شاهدانه و چوب اکالیپتوس با نسبت‌های متفاوت شامل ۱۰۰٪ و ۵۰٪، ۵۰٪ و ۰٪ و ۱۰۰٪ با استفاده از مقدار مصرف چسب ۸ و ۱۰ درصد (بر مبنای وزن خشک خرده چوب) و دو زمان پرس ۳ و ۴ دقیقه، اقدام به ساخت تخته خرده چوب گردید. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته طبق استاندارد EN اندازه‌گیری و کلیه داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که افزایش ذرات ساقه شاهدانه منجر به بهبود ویژگی‌های خمشی (مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی) تخته خرده چوب گردید. همچنین افزایش ذرات ساقه شاهدانه منجر به تضعیف مقاومت چسبندگی داخلی و خواص فیزیکی تخته خرده چوب (واکنشیدگی ضخامت) پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب شد. با افزایش زمان پرس، مدول الاستیسیته و واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده چوب بهبود یافت. با مقایسه خواص مکانیکی تخته‌های تولید شده با استاندارد ایران، مشخص گردید که با استفاده از ساقه شاهدانه به‌طور خالص و یا مخلوط و زمان پرس ۳ دقیقه و مقدار مصرف چسب ۸ درصد، می‌توان تخته‌های با ویژگی مکانیکی استاندارد تولید کرد، اگرچه ویژگی‌های فیزیکی تخته‌ها مقادیر استاندارد را تأمین نکرد، که علت این امر می‌تواند ناشی از عدم استفاده از عوامل محدودکننده جذب آب (پارافین) باشد.

واژه‌های کلیدی: ساقه شاهدانه، اکالیپتوس، تخته خرده چوب، مقاومت خمشی، چسبندگی داخلی

مقدمه

نشان داده است. آمارها حکایت از این دارد که در سال ۱۳۹۵، میزان کمبود چوب برای صنایع چوب و کاغذ کشور حدود ۱ میلیون مترمکعب بوده است و در صورت راه‌اندازی واحدهای در دست احداث، مقدار کمبود چوب در حدود ۶ میلیون مترمکعب خواهد بود (Shamsi & Vatani, 2016). اما این کمبود منابع چوبی از یکسو و تقاضاهای رو به افزایش محصولات صنایع چوب و کاغذ از سوی دیگر

ایران کشوری است که تنها ۷/۵ درصد از آن پوشیده از جنگل می‌باشد و بدین سبب در زمره کشورهای با پوشش جنگلی کم قرار دارد. از سویی با توجه به عوامل روزافزون تخریب منابع طبیعی، از سال ۱۳۷۳ برداشت چوب از جنگل‌های شمال سیر نزولی داشته، درحالی که توسعه صنایع چوبی کشور بدون توجه به این مسئله روند افزایشی از خود

درصد بود و تخته‌های ساخته شده با مقدار مصرف ۱۴ درصد توانستند از ویژگی‌های استاندارد برخوردار باشند. آنان همچنین عنوان کردند که به‌طور کلی افزایش مصرف رزین سبب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته شده است. Nemil و Kalaycioglu (۲۰۰۶) ساقه کنف را به‌عنوان ماده اولیه برای ساخت تخته خرده‌چوب با در نظر گرفتن عوامل متغیر فرایند شامل دمای پرس، زمان پرس، فشار و دانسیته مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که عوامل متغیر مذکور به‌غیر از فشار اثر مثبتی بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب داشته است.

Guler و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از ساقه گیاه آفتابگردان و چوب کاج تخته خرده‌چوب ساختند. تخته‌های ساخته شده با نسبت مساوی از دو ماده فوق، دارای بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی بودند.

در تحقیقی دیگر که توسط Dorota Dziurka و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد، با استفاده از پسماند کلزا و خرده‌چوبهای کاج نسبت به ساخت تخته خرده‌چوب سه لایه اقدام گردید. از پسماند کلزا در لایه میانی تخته استفاده شد. میزان مصرف پسماند کلزا در لایه میانی به‌ترتیب عبارت از ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بود. به‌طور کلی اثر مصرف کلزا بر خواص خمشی تخته‌ها معنی داری نبود و با افزایش مصرف کلزا، مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافت. Nikvash و همکاران (۲۰۱۰) ویژگی‌های تخته‌های ساخته شده از مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی باگاس، ساقه کلزا و ساقه شاهدانه را با یکدیگر مقایسه کردند. تخته خرده‌چوب‌ها با استفاده از خرده‌چوبهای صنعتی و هریک از مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی به‌طور جداگانه ساخته شدند. همچنین مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی در لایه میانی تخته‌ها به‌کار رفتند. میزان مصرف مواد لیگنوسلولزی به‌ترتیب ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد بود. به‌طور کلی ویژگی‌های تخته‌های ساخته شده از ساقه شاهدانه برتر از دو نوع ماده دیگر بود. همچنین افزایش مصرف مواد مذکور در لایه میانی تخته تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص خمشی تخته‌ها نداشت. به‌طوری‌که با افزایش

نیازمند توجه جدی به این صنایع و استفاده بهینه از منابع چوبی و غیرچوبی و تأمین تقاضاهای روزافزون این صنایع است. امروزه صنایع چوب و کاغذ کشورمان با کمبود ماده اولیه چوبی روبه‌رو هستند که رفع این مشکل نیازمند بهره‌گیری از روش‌های جایگزین برای جبران است. یکی از این روش‌ها استفاده از منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی است. یکی از این منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی، ساقه گیاه شاهدانه می‌باشد. گیاه شاهدانه (*Cannabiss Sativa*) از جمله گیاهان یکساله است که ساقه‌ای توخالی دارد و الیاف آن در دو قسمت پوست (۳۵٪) و مغز (۵۵٪) قرار دارند. ارتفاع ساقه در شرایط مناسب به حدود ۵ متر می‌رسد. این گیاه از نظر آفات و آسیب‌پذیری محیطی در زمره گیاهان مقاوم می‌باشد و در کشورهای همسایه ایران به‌طور صنعتی کشت می‌شود. در آلمان مقدار ماده خشک تولید شده در هکتار این گیاه حدود ۱۰ تن گزارش شده است (Habibi et al., 2012). این گیاه با شرایط آب و هوایی مختلف سازگار بوده و می‌توان از آن برای ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی استفاده کرد (Mirski et al., 2017).

از آنجایی‌که صنعت تخته خرده‌چوب قادر است طیف وسیعی از مواد لیگنوسلولزی چوبی و غیرچوبی را مورد استفاده قرار دهد، استفاده از مواد لیگنوسلولزی مختلف، تأثیر بسزایی بر ویژگی‌های محصول خواهد داشت (Maloney, 1993; Suchland & Xu, 1989; Dosthosseini, 2000; Habibi et al., 2011). از این‌رو تحقیقات گسترده‌ای در این صنعت با هدف شناسایی، معرفی و جایگزینی منابع لیگنوسلولزی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی با مواد چوبی جنگلی مورد مصرف این صنعت انجام شده است (Guntekin et al., 2008). در ذیل به برخی از آنها اشاره می‌شود.

Dorota Dziurka و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از پسماند کلزا و چهار نوع رزین UF, PF, MUPF, PMDI نسبت به ساخت تخته خرده‌چوب اقدام کردند. میزان مصرف هریک از چسب‌های فوق متغیر بود. به‌عنوان مثال میزان مصرف چسب اوره فرمالدئید عبارت از ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴

کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که حداکثر مقاومت خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب به ترتیب مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد پسماند کلزا و ۱۰۰ درصد خرده چوب اکالیپتوس بود. همچنین با افزایش مقدار مصرف پسماند کلزا، مقدار واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها افزایش یافت. افزایش مصرف چسب نیز سبب بهبود ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها شد.

با توجه به اینکه بذره‌های اصلاح شده گیاه شاهدانه توسط مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، برای اولین بار از آلمان به کشور وارد شده و در مجتمع تحقیقاتی البرز نسبت به کشت آن، برای بررسی‌های بیشتر اقدام شده است و تاکنون در کشور از این ماده لیگنوسلولزی برای ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی استفاده نشده است، از این رو هدف از این پژوهش، امکان استفاده از ساقه شاهدانه در تولید تخته خرده چوب (به صورت خالص و یا مخلوط) بوده است. همچنین ارائه بهترین شرایط ساخت از ساقه شاهدانه و یک گونه چوبی (در این تحقیق چوب اکالیپتوس در نظر گرفته شده است) برای تولید تخته خرده چوب با خواص مطلوب و در حد استاندارد، از دیگر اهداف این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

ساقه شاهدانه مورد استفاده در این تحقیق از مجتمع تحقیقاتی البرز تهیه گردید. همچنین از چوب اکالیپتوس ۴ ساله (*E. camadulensis*) برای ترکیب با ساقه شاهدانه استفاده شد. ابتدا ساقه‌های شاهدانه و چوب اکالیپتوس به آزمایشگاه فرآورده‌های مرکب بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ منتقل شده و بعد دانسیته خشک آنها تعیین گردید و همچنین میانگین دانسیته مخلوط ماده لیگنوسلولزی بر اساس میزان مصرف هریک از آنها تعیین گردید. سپس نمونه‌های مذکور (ساقه شاهدانه و چوب اکالیپتوس به‌طور جداگانه) توسط یک خردکن غلطکی از نوع Pallmann X 430-120PHT به‌طور جداگانه به قطعات کوچک‌تر تبدیل و سرانجام با استفاده از یک پوشال‌کن حلقوی آزمایشگاهی از

مصرف مواد فوق به ویژه برای ساقه کلزا، مقاومت چسبندگی داخلی و خواص جذب آب تخته‌ها تضعیف شد.

Li و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از کلش برنج و دو نوع چسب UF و MDI تخته خرده چوب ساختند. نتایج آنان نشان داد که ویژگی‌های مقاومتی تخته‌های ساخته شده با چسب UF نسبت به چسب MDI ضعیف‌تر و علت این امر را قابلیت چسبندگی کمتر کلش برنج با چسب UF عنوان کردند. همچنین آنان عنوان کردند که ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها متأثر از اندازه ذرات کلش برنج بوده است. به‌نحوی که با افزایش مصرف چسب نیز خواص تخته‌ها بهبود یافت.

Habibi و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر درصد اختلاط گونه چوبی (اکالیپتوس و صنوبر) را بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب بررسی کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که با افزایش مصرف چوب صنوبر، ویژگی‌های خمشی و جذب آب تخته‌ها افزایش یافت، اما تأثیری بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نداشت. محققان مذکور (۲۰۱۲) با استفاده از چوب تنه سمر، چوب شاخه سمر و مخلوط این دو نسبت به ساخت تخته خرده چوب در دو مقدار مصرف چسب ۱۰ و ۱۲ درصد اقدام کردند. حداکثر مقاومت خمشی مربوط به تخته‌های ساخته شده از شاخه سمر و حداکثر مقاومت چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های ساخته شده از مخلوط این دو ماده لیگنوسلولزی بود. افزایش مصرف چسب نیز سبب بهبود کلیه خواص تخته‌ها شد.

Rassam و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از خرده‌های ساقه ذرت و خرده چوب صنعتی، تخته خرده چوب ساختند. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش زمان پرس سبب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی محصول شده است، همچنین با افزایش مصرف خرده‌های حاصل از ساقه ذرت، ویژگی‌های خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی به ترتیب افزایش و کاهش یافت. افزایش مصرف چسب نیز سبب بهبود کلیه خواص تخته‌ها گردید.

Habibi و Mahdavi (۲۰۱۶) با استفاده از پسماند کلزا و چوب اکالیپتوس نسبت به ساخت تخته خرده چوب اقدام

یک خرده چوب از قالب چوبی به ابعاد 40×40 سانتیمتر استفاده شد و خرده چوب‌های چسب‌زنی شده که به وسیله ترازوی آزمایشگاهی توزین شده بود به صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند. پس از تشکیل یک خرده چوب، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی از نوع BURKLE L100 اقدام به فشردن یک خرده چوب و ساخت تخته‌های آزمایشگاهی گردید. در این تحقیق، عوامل متغیر عبارت از درصد اختلاط ساقه‌های شاهدانه و چوب اکالیپتوس (۰، ۵۰، ۱۰۰)، (۰، ۵۰، ۱۰۰)، مقدار چسب (۸ و ۱۰ درصد) و زمان پرس (۳ و ۴ دقیقه) بودند و با در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار، در مجموع ۳۶ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. درصد اختلاط و نام اختصاری ماده اولیه در جدول ۱ ارائه شده است. برای ساخت تخته‌ها از چسب اوره فرمالدئید استفاده گردید. مشخصات چسب در جدول ۲ ارائه شده است. دما و فشار پرس به ترتیب ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تنظیم شد. دانسیته و ضخامت تخته‌ها نیز به ترتیب 0.7 g/cm^3 و ۱۵ میلی‌متر بود. علائم اختصاری هریک از متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

نوع Pallmann PZ8 به خرده چوب‌های قابل استفاده در ساخت تخته خرده چوب تبدیل شدند. پس از حذف خرده چوب‌های بسیار ریز و بسیار درشت که مناسب ساخت تخته خرده چوب نبودند، رطوبت خرده چوب‌ها به وسیله یک خشک‌کن آزمایشگاهی به مقدار ۱ درصد کاهش داده شد و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت، نگهداری شدند.

اندازه‌گیری ابعاد خرده چوب‌ها

برای اندازه‌گیری ابعاد خرده چوب‌ها (چوب اکالیپتوس و ساقه شاهدانه) تعداد ۵۰ عدد خرده چوب به صورت تصادفی انتخاب و طول، عرض و ضخامت آنها به وسیله کولیس با دقت $0.1/1$ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس ضریب کشیدگی، ضریب پهنی و سطح ویژه آنها محاسبه گردید.

ساخت تخته خرده چوب

برای چسب‌زنی خرده چوب‌ها از یک دستگاه چسب‌زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب با استفاده از هوای فشرده با خرده چوب‌ها کاملاً مخلوط گردید. به منظور تشکیل

جدول ۱- مقدار مصرف مواد لیگنوسلولزی در ترکیب ماده اولیه و نام اختصاری آنها

مقدار مصرف (%)	اکالیپتوس	ساقه شاهدانه	نام اختصاری
۱۰۰	۰		A
۵۰	۵۰		B
۰	۱۰۰		C

جدول ۲- ویژگی‌های چسب مورد مصرف

وضعیت ظاهری	فرمالدئید آزاد (%)	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه)	گرانروی (ثانیه)	pH
شیشه‌ای	حداکثر ۲	۱/۲۳۵	۵۸	۳۰	۷/۵۷

اختلاف بین میانگین‌ها، گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده است.

نتایج

میانگین دانسیته هریک از ترکیب‌های مورد مطالعه و نسبت فشردگی آنها در جدول ۳ ارائه شده است. نسبت فشردگی ذرات حاصل از ساقه شاهدانه در مقایسه با خرده‌چوب اکالیپتوس ۷۵ درصد افزایش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ابعاد خرده‌چوب‌های حاصل از چوب اکالیپتوس و ساقه شاهدانه در جدول ۴ قابل مشاهده است و همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود ضریب کشیدگی، ضریب پهنی و سطح ویژه ذرات ساقه شاهدانه به ترتیب حدود ۱۱۷، ۱۶ و ۱۱۴ درصد بیشتر از خرده‌چوب‌های حاصل از چوب اکالیپتوس می‌باشد. همچنین میانگین ویژگی‌های تخته خرده-چوب‌های ساخته شده در این تحقیق در جدول ۵ ارائه شده است.

به‌منظور مشروط سازی و یکنواخت سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط کلیماتیزه (رطوبت ۶۵٪ و دما 20°C) نگهداری گردیدند. نمونه‌های آزمون مورد نیاز برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی (واکسیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب) و ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت چسبندگی داخلی) طبق استاندارد EN 326-1 تهیه گردید. ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته)، مقاومت چسبندگی داخلی و خواص جذب آب تخته‌ها به ترتیب بر اساس روش‌های استاندارد EN-310، EN-319 و EN-317 تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های این تحقیق با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری شده و در صورت معنی‌دار شدن

جدول ۳- دانسیته و نسبت فشردگی مواد لیگنوسلولزی مورد مطالعه

نسبت فشردگی	دانسیته ماده اولیه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ماده اولیه
۱/۵۹	۰/۴۴	A
۱/۱۵	۰/۶۱	B
۰/۹۱	۰/۷۷	C

جدول ۴- ابعاد و ضرایب مربوط به خرده‌چوب‌ها

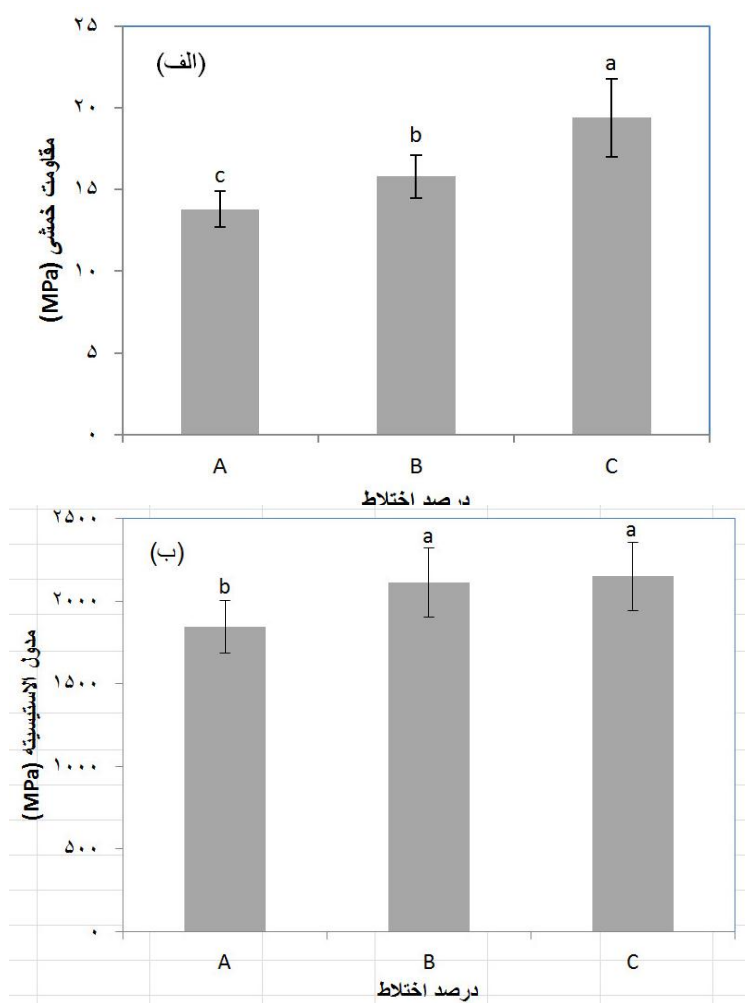
سطح ویژه (سانتیمتر مربع بر گرم)	ضریب پهنی	ضریب کشیدگی	میانگین ابعاد (میلی‌متر)			ماده لیگنوسلولزی
			ضخامت	عرض	طول	
۲/۳۶	۳/۷۶	۱۳/۰۹	۱/۱	۴/۳۲	۱۵/۰۵	اکالیپتوس
۵/۰۵	۴/۳۷	۲۸/۴۷	۰/۹	۳/۲۸	۲۱/۳۵	شاهدانه

جدول ۵ - ویژگی‌های تخته خرده‌چوب‌های ساخته شده

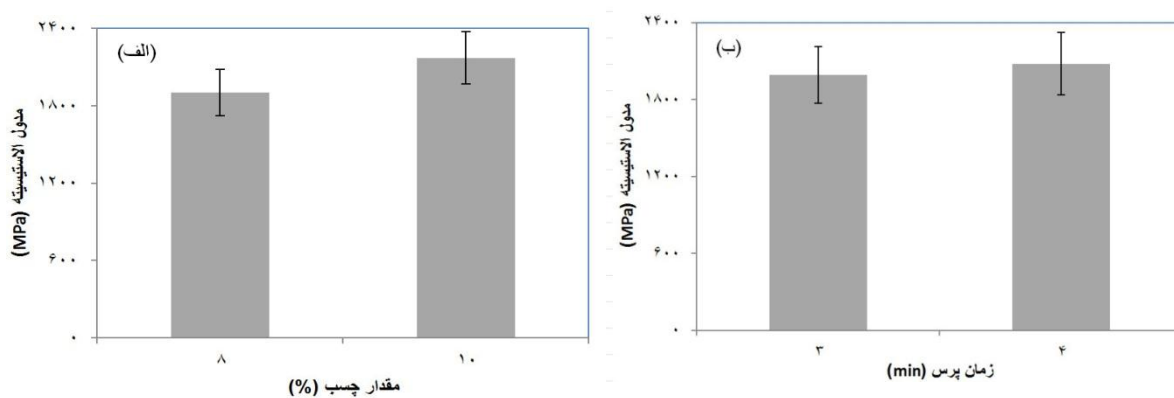
ماده اولیه	زمان پرس (min)	مقدار چسب (%)	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مقاومت چسبندگی داخلی (MPa)	واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت (%)	واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت (%)
C	۳	۸	۱۷۰۷	۱۳/۵	۰/۸۲	۲۴/۷	۳۲/۹
	۴	۱۰	۲۰۰۴	۱۳/۹	۰/۹۲	۱۳/۵	۲۵/۲
	۳	۸	۱۷۲۰	۱۳/۰	۰/۸	۲۳/۵	۳۱/۵
	۴	۱۰	۱۹۵۰	۱۵/۰	۰/۹۵	۱۲/۸	۲۰/۶
B	۳	۸	۱۸۷۷	۱۵/۷	۰/۹۶	۲۵/۱	۳۴/۶
	۴	۱۰	۲۲۷۷	۱۶/۶	۰/۹۶	۱۴/۹	۲۷/۴
	۳	۸	۲۰۴۲	۱۴/۷	۰/۸۵	۲۲/۶	۳۳/۰
	۴	۱۰	۲۲۵۳	۱۶/۲	۱/۱	۱۳/۹	۲۵/۸
A	۳	۸	۱۹۰۱	۱۸/۵	۰/۴۵	۳۳/۵	۴۳/۱
	۴	۱۰	۲۱۸۵	۱۸/۰	۰/۵۵	۲۲/۷	۳۲/۶
	۳	۸	۲۱۵۹	۱۹/۵	۰/۵۴	۳۳/۴	۴۳/۰
	۴	۱۰	۲۳۵۴	۲۱/۵	۰/۶۵	۲۲/۶	۳۴/۵

تجزیه واریانس اثر ترکیب ماده اولیه بر ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته) تخته خرده‌چوب معنی‌دار است. شکل ۱ اثر ترکیب ماده اولیه بر ویژگی‌های فوق به همراه گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهد. حداقل ویژگی‌های فوق مربوط به تیمار تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد چوب اکالیپتوس (۱۳/۸ مگاپاسکال و ۱۸۴۵ مگاپاسکال) و حداکثر آن مربوط به تیمار تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد ساقه شاهدانه (۱۹/۴ مگاپاسکال و ۲۱۴۹ مگاپاسکال) است. افزایش و بهبود ویژگی فوق با توجه به ترکیب ماده اولیه برای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به ترتیب حدود ۴۰ و ۱۷ درصد است. همچنین نتایج نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر مقدار چسب و زمان پرس بر مدول الاستیسیته تخته خرده‌چوب است (شکل ۲). بهبود ویژگی‌ها با توجه به مقدار چسب و زمان پرس به ترتیب حدود ۱۴ و ۵ درصد است.

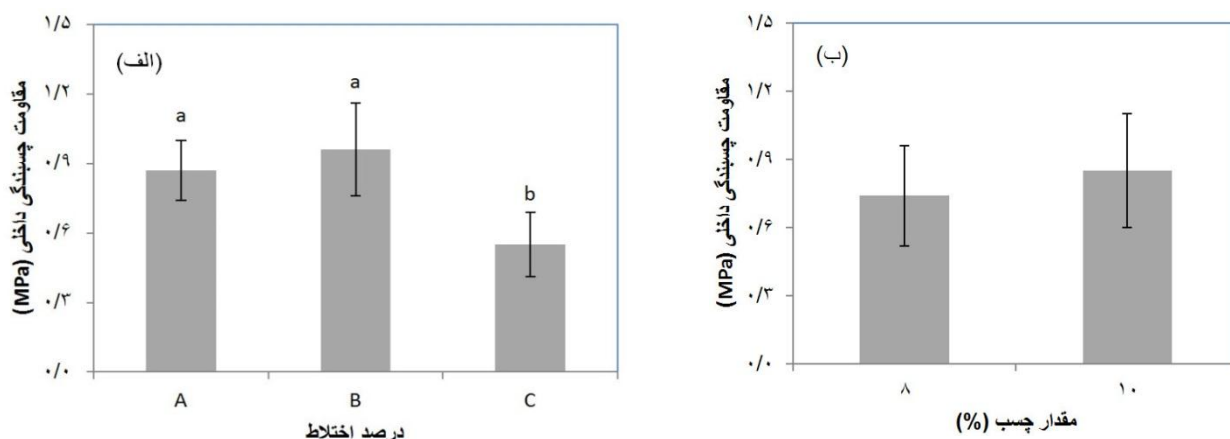
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ترکیب ماده اولیه و مقدار چسب بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب معنی‌دار است. حداقل چسبندگی داخلی با توجه به ترکیب ماده اولیه مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد ساقه شاهدانه (۰/۵۵ مگاپاسکال) و حداکثر آن مربوط به تخته‌های ساخته شده از مخلوط چوب اکالیپتوس و ساقه شاهدانه (۰/۹۶ مگاپاسکال) است. البته بین مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب‌های ساخته شده از مخلوط چوب اکالیپتوس و ساقه شاهدانه با تخته خرده‌چوب‌های ساخته شده از ساقه شاهدانه با توجه به گروه‌بندی دانکن اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. افزایش و بهبود ویژگی فوق با توجه به ترکیب ماده اولیه حدود ۷۵ درصد است (شکل ۳). نتایج حاصل از تأثیر مقدار مصرف چسب بر ویژگی فوق نشان‌دهنده بهبود مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب در حدود ۱۵ درصد است (شکل ۳)



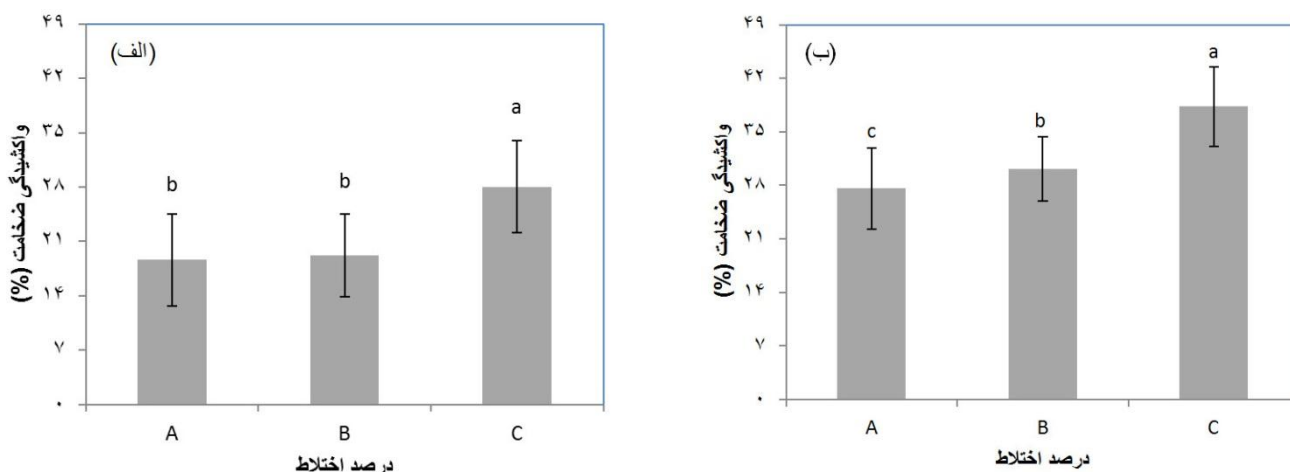
شکل ۱- اثر ترکیب ماده اولیه بر مقاومت خمشی (الف) و مدول الاستیسیته (ب) تخته خرده چوب



شکل ۲- اثر مقدار چسب (الف) و زمان پرس (ب) بر مدول الاستیسیته تخته خرده چوب



شکل ۳- اثر ترکیب ماده اولیه (الف) و مقدار چسب (ب) بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب

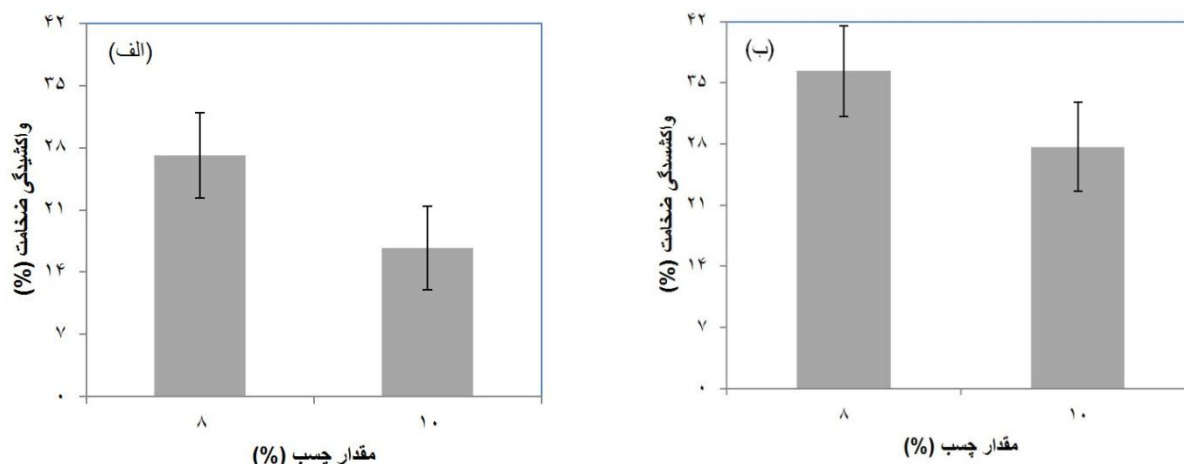


شکل ۴- اثر ترکیب ماده اولیه بر واکنشیدگی ضخامت تخته خرده چوب پس از ۲ ساعت (الف) و پس از ۲۴ ساعت (ب)

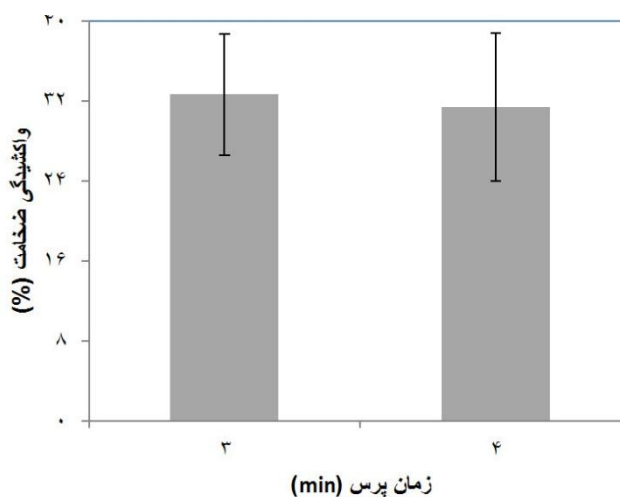
نتایج آنالیز واریانس عوامل متغیر بر واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که اثر مستقل ترکیب ماده اولیه و مقدار چسب بر آنها معنی‌دار است. حداقل واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب با توجه به ترکیب ماده اولیه مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد چوب اکالیپتوس و حداکثر آنها مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد ساقه شاهدهانه است (شکل ۴). بهبود ویژگی‌های فوق با توجه به ترکیب ماده اولیه برای مقدار واکنشیدگی

ضخامت تخته خرده چوب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب حدود ۳۳ و ۲۹ درصد است. همچنین مقدار بهبود ویژگی‌های فوق با توجه به مقدار مصرف چسب برای مقدار واکنشیدگی ضخامت تخته خرده چوب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب حدود ۳۷ و ۲۲ درصد است (شکل ۵). همچنین اثر مستقل زمان پرس بر مقدار واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار بوده و منجر به کاهش ۵ درصدی ویژگی مذکور گردیده است (شکل ۶).

نتایج آنالیز واریانس عوامل متغیر بر واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که اثر مستقل ترکیب ماده اولیه و مقدار چسب بر آنها معنی‌دار است. حداقل واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب با توجه به ترکیب ماده اولیه مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد چوب اکالیپتوس و حداکثر آنها مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۱۰۰ درصد ساقه شاهدهانه است (شکل ۴). بهبود ویژگی‌های فوق با توجه به ترکیب ماده اولیه برای مقدار واکنشیدگی



شکل ۵- اثر مقدار مصرف چسب بر واکسیدگی ضخامت تخته خرده چوب پس از ۲ ساعت (الف) و پس از ۲۴ ساعت (ب)



شکل ۶- اثر زمان پرس بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت

بحث

وجود داشته باشد، همچنین سطح تماس بین خرده چوب‌ها افزایش یافته و بدین ترتیب انتقال تنش بین خرده چوب‌ها بهتر انجام می‌شود. این امر سبب می‌گردد تا ویژگی‌های خمشی تخته خرده چوب بهبود یابد. با توجه به اینکه میانگین دانسیته ماده اولیه از ۰/۷۷ تا ۰/۴۴ گرم بر سانتی متر مکعب کاهش یافته است. از این رو نسبت فشردگی تخته افزایش یافته است و حداکثر ویژگی‌های فوق مربوط به تخته‌های ساخته شده از ساقه شاهدانه بوده است (Maloney, 1993; Habibi *et al.*, 2011; Habibi *et al.*, 2012; Rassam *et al.* 2014). دلیل دیگری که در این راستا می‌توان عنوان نمود، بالاتر بودن ضریب کشیدگی و

با بررسی نتایج حاصل از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب‌های ساخته شده از ساقه شاهدانه و چوب اکالیپتوس، حداکثر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته خرده چوب با توجه به ترکیب ماده اولیه، مربوط به تیمار حاصل از ۱۰۰ درصد ساقه شاهدانه است. یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر ویژگی‌های خمشی تخته خرده چوب، دانسیته ماده اولیه چوبی است. هر چقدر دانسیته ماده اولیه چوبی نسبت به دانسیته تخته کمتر باشد، ضریب فشردگی تخته افزایش می‌یابد و این امر سبب می‌گردد تا حجم بیشتری از ماده چوبی در توزیع تنش‌ها

چسبندگی داخلی تحقیقات مختلفی انجام شده است. نتایج بیانگر آن است در بعضی مواقع اثر ترکیب ماده اولیه بر ویژگی فوق معنی دار و در بعضی مواقع معنی دار نبوده است (Habibi et al., 2012; Habibi et al., 2011). آنچه مسلم است این است که ظاهراً عوامل دیگری نیز بر روی این ویژگی تأثیرگذار هستند. از جمله عوامل مؤثر بر ویژگی فوق می توان به ضخامت، ضریب کشیدگی و سطح ویژه خرده چوب ها اشاره نمود. ضخامت و سطح ویژه ذرات حاصل از چوب اکالیپتوس نسبت به ساقه شاهدانه به ترتیب بیشتر و کمتر تعیین شد. به طوری که با افزایش ضخامت خرده چوب، سطح ویژه کاهش می یابد و این امر سبب می گردد که در مقدار مصرف ثابت چسب، ذرات حاصل از چوب اکالیپتوس بیشتر به چسب آغشته شده و بدین ترتیب ویژگی مذکور بهبود یافته است (Dosthosseini, 2001; Habibi & Mahdavi., 2016). افزایش مصرف چسب نیز سبب بهبود ویژگی فوق شده است، نتیجه مذکور با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Li et al., 2010; Dziurka et al., 2005; Habibi & Mahdavi., 2016).

نتایج حاصل از تغییرات مقدار واکشیدگی ضخامتی تخته ها با توجه به اثر مستقل ترکیب ماده اولیه نشان داد که حداقل و حداکثر ویژگی های فوق به ترتیب مربوط به تخته خرده چوب های ساخته شده از خرده چوب های اکالیپتوس به طور خالص و ساقه شاهدانه به طور خالص است. با توجه به اینکه دانسیته ساقه شاهدانه ۰/۴۴ گرم بر سانتی متر مکعب و دانسیته چوب اکالیپتوس ۰/۷۷ گرم بر سانتی متر مکعب تعیین شد. از این رو نسبت فشردگی تخته های ساخته شده از چوب اکالیپتوس به مراتب کمتر از تخته های ساخته شده از ساقه شاهدانه بوده است و برای ساخت تخته با دانسیته ثابت از این دو نوع ماده لیگنوسلولزی، حجم کمتری از چوب اکالیپتوس در مقایسه با ساقه شاهدانه استفاده شده است. در نتیجه خرده چوب های اکالیپتوس نسبت به ساقه شاهدانه، برای رسیدن به ضخامت نهایی تخته کمتر فشرده شده اند. از این رو هنگامی که خرده چوب های فوق در معرض آب قرار می گیرند، نسبت به ساقه شاهدانه کمتر واکشیده

ضریب پهنی ذرات حاصل از ساقه شاهدانه نسبت به خرده چوب اکالیپتوس می باشد. به طوری که با افزایش این دو عامل، میزان فشردگی افزایش یافته و ویژگی های خمشی بهبود می یابد (Maloney, 1993; Dosthosseini, 2001). با توجه به دلایل ذکر شده، حداقل ویژگی های خمشی نیز مربوط به تخته های ساخته شده از چوب اکالیپتوس بوده است.

نتایج حاصل از بررسی تأثیر مقدار چسب و زمان پرس بر مدول الاستیسیته تخته خرده چوب نشان داد که با افزایش عوامل فوق، ویژگی مذکور بهبود یافته است و در این رابطه اثر چسب نسبت به زمان پرس مهمتر بوده است. به طور کلی، مدول الاستیسیته متأثر از کیفیت اتصال و تراکم خرده چوب ها در لایه های سطحی است. از یکسو با افزایش مصرف چسب، تعداد نقاط اتصال و کیفیت اتصال بین خرده چوب ها افزایش می یابد و این امر منجر به بهبود مدول الاستیسیته تخته خرده چوب می گردد (Li et al., 2012; Habibi et al., 2012). از سوی دیگر با افزایش زمان پرس، حرارت فرصت یافته است که به طور کامل منجر به سخت شدن چسب شده و بدین ترتیب مدول الاستیسیته تخته خرده چوب افزایش یافته است. در این زمینه نتایج مشابهی توسط محققان دیگر گزارش شده است (Emam, 1997; Rassam et al., 2014).

یکی از ویژگی های اساسی تخته خرده چوب مقاومت چسبندگی داخلی است که معرف کیفیت اتصالات موجود در قسمت میانی محصول می باشد. نتایج به دست آمده از مقاومت چسبندگی داخلی تخته ها با توجه به اثر مستقل ترکیب ماده اولیه نشان داد که حداکثر ویژگی فوق مربوط به تخته خرده چوب های ساخته شده از مخلوط ساقه شاهدانه و چوب اکالیپتوس است. البته بین مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب های ساخته شده از چوب اکالیپتوس خالص و مخلوط دو ماده لیگنوسلولزی با توجه به گروه بندی دانکن اختلاف معنی داری وجود نداشت. حداقل این ویژگی نیز مربوط به تخته های ساخته شده از ساقه شاهدانه بود. در رابطه با اثر نوع ماده اولیه و دانسیته آن بر مقاومت

استفاده در صنعت تخته خرده چوب می باشد. همچنین با توجه به جدول ۵، شرایط مناسب ساخت در این تحقیق نیز مقدار مصرف چسب ۸٪ و زمان پرس ۳ دقیقه است.

منابع مورد استفاده

- Doosthoseini, K., 2001. Wood Composite Materials Manufacturing, Applications. Tehran university press, 648p.
- Dziurka, D., Mirski, R. and Łęcka, J., 2005. Properties of boards manufactured from rape straw depending on the type of the binding agent. Cellulose, 37: 54-09.
- Dziurka, D., Mirski, R. and Łęcka, J., 2010. Rape straw as a substitute of chips in core layers of particleboards resinated with PMDI. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 13(4).
- Emam, M., 1997. The effect of mat and press conditions on the heat transfer. MSc. Thesis. wood and paper faculty. Natural resources and agriculture science Gorgan university. 127p.
- EN 310. 1993. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee. Brussels.
- EN 317. 1993. Particle boards and fiber boards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee. Brussels.
- EN 319. 1993. Particle boards and fiber boards, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee. Brussels.
- EN 326-1. 1993. Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of the test results. European Standardization Committee. Brussels
- Guler, C., Bektas, I. and Kalaycioglu, H., 2006. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.). Forest Products Journal. 56(4): 56-60.
- Habibi, M., Hosseinkhani, H., Mahdavi, S. and Sepidehdam, J., 2011. Effect of wood species on particleboard properties, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 26(1): 58-71.
- Habibi, M., Hosseinkhani, H. and Mahdavi, S., 2012. The potential of Mesquite wood in particleboard production. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 27(1): 51-67.
- Habibi, M., Hosseinkhani, H., Mahdavi, S. and Rezanejad, A., 2013. Utilization of Hemp straw in

می شوند (Habibi *et al.*, 2012; Suchland & Xu, 1989). از سوی دیگر سطح ویژه خرده چوب های اکالیپتوس کمتر از سطح ویژه ساقه شاهدانه محاسبه گردید. این امر سبب می گردد تا در مقدار مصرف ثابت چسب، خرده چوب های اکالیپتوس بیشتر به چسب آغشته شوند و به همین دلیل مقدار واکنشیدگی ضخامت آنها نسبت به تخته های ساخته شده از ساقه شاهدانه کمتر بوده است. نتایج حاصل از تأثیر مقدار مصرف چسب بر ویژگی های فوق نشان داد که با افزایش مصرف چسب، به دلیل افزایش تعداد نقاط اتصال و بهبود کیفیت آنها، ویژگی های مذکور بهبود یافته است. نتیجه به دست آمده با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Li *et al.*, 2010; Habibi *et al.*, 2011; Habibi *et al.*, 2012; Habibi & Mahdavi, 2016). همچنین با افزایش زمان پرس، حرارت فرصت یافته است که به سرتاسر ضخامت تخته انتقال یافته و شرایط برای پلیمر شدن کامل چسب اوره فرمالدئید فراهم گردد، این امر منجر به بهبود واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب تخته ها شده است (Rassam *et al* 2014; Kamrani *et al.*, 2016).

با توجه به نتایج به دست آمده می توان بیان کرد که تخته خرده چوب های ساخته شده از ساقه شاهدانه به طور خالص و همچنین مخلوط ساقه شاهدانه و چوب اکالیپتوس، ویژگی های تخته نوع P₂ (تخته برای مبلمان داخلی برای کاربرد در شرایط خشک) را طبق استاندارد ایران، شماره ۹۰۴۴ دارد. همچنین لازم به ذکر است که مقادیر واکنشیدگی ضخامت تخته خرده چوب ها ضعیف تر از حد استاندارد به دست آمد. علت این امر می تواند ناشی از عدم استفاده از عوامل محدود کننده جذب رطوبت (پارافین) باشد.

نتیجه گیری

به طور کلی می توان بیان نمود که نتایج حاصل از اندازه گیری خواص مکانیکی تخته های ساخته شده از ساقه شاهدانه به طور خالص و مخلوط با گونه های چوبی نیمه سنگین (اکالیپتوس)، ماده لیگنوسولوزی مناسبی برای

- 4662-4666.
- Maloney, T. M. 1993. Modern particle board and dry-process fiber board manufacturing, Miller Freeman Publications, San Francisco, CA.
 - Mirski, R., Boruszewski, P., Trociński, A., and Dziurka, D., 2017. The Possibility to Use Long Fibres from Fast Growing Hemp (*Cannabis sativa* L.) for the Production of Boards for the Building and Furniture Industry. *BioResources*, 12(2): 3521-3529.
 - Nikvash, N., Kraft, R., Kharazipour, A. and Euring, M., 2010. Comparative properties of bagasse, canola and hemp particle boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(3): 323-327.
 - Rassam, G., Azadifard, M., Kargarfard, A. and Fazeli, F., 2014. Investigation the possibility of particleboard manufacture using corn stalks. , *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*. 28(4): 609-623.
 - Shamsi, S. and Vatani, L., 2016. The requirements of wood and paper industry to wood supply and raw material according to applying changes on forest harvesting. *Knowledge and Innovation Conference on Wood and Paper Industry with Environmental Considerations*. Faculty of natural resource. Karaj-Iran, 1-9.
 - Suchland. O. and Xu, H., 1989. A simulation of the horizontal density distribution in a flake board. *Forest Product Journal*. 39(5): 29-33.
 - particleboard industry. Final research project report. Research Division of Wood Science and Forest Products. Research Institute of Forests and Rangelands, 62p.
 - Habibi, M. and Mahdavi, S., 2016. The effect of wood and nonwood materials mixing ratio on physical properties and internal bond of particleboard. *Knowledge and Innovation Conference on Wood and Paper Industry with Environmental Considerations*. Faculty of natural resource. Karaj-Iran:1-6.
 - Kalaycioglu, H. and Nemli, G., 2006. Producing composite particleboard from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stalks. *Industrial crops and products*, 24(2): 177-180.
 - Kamrani, A., yadolahi, s., Kamrani, M., Saraeyan, A. and Lotfi, F., 2016. Investigating the possibility of using rice husk in the particleboard industry. *Journal of Renewable Natural Resources Research*. 21(1): 95-104.
 - Guntekin, E., Uner, B., Sahin, H. T. and Karakus, B., 2008. Pepper stalks (*Capsicum annuum*) as raw material for particleboard manufacturing. *Journal of Applied Sciences*. 8(12): 2333-2336.
 - Li, X., Cai, Z., Winandy, J. E. and Basta, A.H., 2010. Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries. *Bioresource Technology*, 101(12):

Investigating the possibility of particleboard manufacturing using Hemp stalk

M. Habibi

- Assistant Prof., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands,
Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran,
Email: masoudrezahabibi@yahoo.com

Received: March, 2018

Accepted: April, 2018

Abstract

The purpose of present study was the use of Hemp stalks for particleboard production. Mixtures of Hemp stalk and Eucalyptus wood at the ratios of 0:100, 50:50, 100:0 were used. Also two resin content of 8 and 10% (based on oven dry weight of particle) and 2 press times of 3 and 4 minutes were employed for the production of laboratory particleboard. The properties of laboratory boards such as thickness swelling after 2 and 24 hours soaking in water, modulus of rupture, modulus of elasticity and internal bonding were measured and data were statistically analyzed. It was observed that the increase in Hemp stalk particles in the mixture resulted in increasing of bending properties (bending strength and modulus of elasticity) and thickness swelling after 2 and 24 hours water soaking. Also the results showed that higher ratio of Hemp stalk particles in the mixture resulted in reduction of internal bonding. As expected, physical and mechanical properties of particleboard improved with increasing resin content. Modulus of elasticity and thickness swelling after 24 hours water soaking were improved with increasing of press time. In general, comparing the produced board mechanical properties with standard of Iran requirements, the board produced using either 100% or 50% Hemp stalk, 8% resin content and 3 minutes press time showed that optimal properties. The failure of the physical properties of the boards to meet the standard values can be due to the lack of use of paraffin.

Keywords: Hemp stalk, eucalyptus, particleboard, bending strength, internal bonding