



دانشگاه گورگان و منابع طبیعی گورگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بررسی تأثیر تیمار خرده‌های نی به کار رفته در لایه میانی صفحات ساندویچی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی

\*مرتضی ناظریان<sup>۱</sup>، وحید معظمی<sup>۲</sup>، سعیدرضا فرخ‌پیام<sup>۳</sup> و رحیم محبی گرگری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، <sup>۲</sup>استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، <sup>۳</sup>مربی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۳۰

### چکیده

**سابقه و هدف:** فاکتورهای بسیاری هم چون دانسیته ماده اولیه و محصول نهایی، نوع گونه چوبی و غیره می‌تواند بر روی خواص مختلف صفحات ساندویچی تأثیر داشته باشد. در این پژوهش، اثر تیمار خرده‌های نی به کار رفته در لایه میانی پانل ساندویچی (بدون تیمار، تیمار حرارتی و آب جوش)، زمان بسته شدن دهانه پرس در دو سطح (۵ میلی‌متر بر ثانیه و ۹ میلی‌متر بر ثانیه) و نسبت وزنی پودر پوسته میوه بادام به رزین ملامین‌اوره فرم‌آلدئید در سه سطح (۳:۹۷، ۱۸:۸۲ و ۳۳:۶۷) در خط چسب بر روی بعضی از خواص فیزیکی و مکانیکی پانل ساندویچی بر اساس استاندارد ASTM مورد ارزیابی قرار گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** از ذرات نی با رطوبت ۷ درصد در لایه مغزی پانل ساندویچ استفاده شد. ساخت تخته‌ها در دو مرحله: تولید مغزی تخته و روکش کردن تخته از گونه نراد انجام گرفت. چسب UF و MF با نسبت وزنی ۵۰:۵۰ مورد استفاده قرار گرفت. پس از چسب زنی و تشکیل کیک، خرده‌چوب‌ها به پرس منتقل شدند. حرارت، زمان و میزان فشار اعمال شده توسط پرس به ترتیب ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۲ min و  $30 \text{ kg cm}^{-2}$  بود. پس از ساخت لایه مغزی و مالیدن رزین بر روی سطوح لایه‌ها رویی و زیرین، لایه مغزی در بین لایه‌ها مونتاژ شده و تحت شرایط ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد،

\*مسئول مکاتبه: [morteza17172000@yahoo.com](mailto:morteza17172000@yahoo.com)

زمان ۱۲۰ ثانیه و فشار  $0/2 \text{ kg cm}^{-2}$  پرس شدند. بعد از پاک‌بری، آزمون‌های تعیین مدول گسیختگی، مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ و جذب آب تخته‌ها انجام گردید. نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. از آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شده است.

**یافته‌ها:** پانل‌هایی که لایه مغزی آن‌ها از خرده‌های تیمار آب جوش و سرعت بسته شدن پرس  $\text{mm/s}$  ۵ ساخته شدند، دارای بیش‌ترین مقاومت خمشی ( $15/6 \text{ N/mm}^2$ )، ظرفیت نگه‌داری پیچ ( $\text{N/mm}$ )  $136/32$ ، میخ ( $14/01 \text{ N/mm}$ ) و چسبندگی داخلی ( $0/26 \text{ N/mm}^2$ ) و چسبندگی داخلی بعد غوطه‌وری در آب جوش ( $0/16 \text{ N/mm}^2$ ) داشته‌اند.

**نتیجه‌گیری:** نسبت پودر پوسته میوه بادام به رزین اوره فرمالدئید تأثیر معنی‌داری بر روی ظرفیت تحمل پیچ و میخ، چسبندگی داخلی خشک و بعد از آب جوش، واکنشیدگی ضخامتی و جذب آب نمی‌گذارد، اما به‌طور معنی‌داری مقاومت خمشی تخته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه‌بر آن، تیمار خرده‌های لایه میانی و سرعت بسته شدن دهانه پرس تأثیر معنی‌داری بر روی تمامی خواص فیزیکی و مکانیکی داشته است. نتایج حاصل از طیف‌های FT\_IR به‌دست آمده نشان داد که تیمار آب جوش باعث افزایش تعداد پیوند هیدروژنی می‌شود. تصاویر ماکروسکوپی نیز نشان می‌دهند که تیمار آب جوش بهترین سطح جهت اتصال مطلوب را ایجاد می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** پانل ساندویچ، ظرفیت نگه‌داری پیچ و میخ، چسبندگی داخلی، نی، پودر پوسته میوه بادام

## مقدمه

چوب و فرآورده‌های آن از دیرباز اهمیت اقتصادی زیادی در کشورهای جهان از جمله ایران داشته است و با توجه به سیاست‌های توسعه صنعتی کشور، در چند دهه اخیر، صنایع چوبی و سلولزی کشور رشد و توسعه قابل توجهی داشته است. امروزه با توجه به محدودیت‌های موجود در زمینه تأمین مواد اولیه چوبی به‌منظور استفاده در ساختمان‌سازی و سازه‌های چوبی، نظرها به سوی استفاده از مواد سازه‌ای سبک با هدف مصرف منابع لیگنوسلولزی جلب شده است. پژوهش‌های مختلفی بر روی مواد لیگنوسلولوزی هم‌چون نی، کاه گندم و غلات (۳۲)، ساقه و پوسته برنج (۲۳)،

باگاس (۳۷)، ساقه آفتاب‌گردان (۲۵) و دیگر مواد و پسماند کشاورزی انجام گرفته است. از این مواد لیگنوسلولزی می‌توان کاربردهای بهینه‌تری در ساخت چند سازه‌های مختلف و پانل چندسازه ساندویچی نمود. به‌طور کلی با ساخت این نوع پانل وزن سازه کاهش می‌یابد و در نتیجه مواد اولیه کمتری مصرف می‌شود. این در حالی است که مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی را می‌توان در حد مطلوبی حفظ شود. پانل‌های ساندویچی گروه ویژه‌ای از فرآورده‌های لایه‌ای هستند که اغلب سه لایه بوده و لایه مغزی دارای ضخامت بیش‌تر است اما سفتی و مقاومت به پیچش کم‌تری از لایه پشتی و رویی دارد (۱۲). تا کنون بیش از ۵۰۰ نوع پانل ساندویچ مختلف توسط محققین ساخته شده است که می‌توان به پانل ساندویچی‌های لانه زنبوری، تخته‌ردیفی، پلی‌اوراتانی و با مغزی خردده‌ای اشاره کرد (۱۹). ساختار پانل ساندویچی به‌علت وزن سبک و مقاومت مناسب، به‌صورت گسترده در صنایع بسته‌بندی و دیگر صنایع نظیر مبلمان و ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۴). در سازه‌های چوبی کلیه قطعه‌ها به طرق مختلف به یکدیگر متصل می‌شوند و اتصال‌دهنده‌ها از بخش اصلی یک سازه هستند. از اتصال‌دهنده‌های گوناگونی برای متصل کردن اعضای سازه مانند انواع بست، پیچ و میخ استفاده می‌شود. میخ به‌سبب ظرافت، کاربرد آسان و سرعت عمل بالا کاربرد گسترده‌ای دارد. از پیچ برای اتصالات باز شدنی استفاده می‌شود و چنانچه طبق اصول صحیح به‌کار رود از میخ محکم‌تر و در صورت لزوم باز شده و مجدداً بسته می‌شود. با توجه به اهمیت اتصال‌دهنده‌ها در طراحی سازه‌های مهندسی پانل ساندویچی، تحقیقاتی به‌منظور بهبود مقاومت این اتصال‌دهنده‌ها تاکنون انجام نشده است.

خواص مکانیکی (مدول گسیختگی، مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ، چسبندگی داخلی خشک و بعد از آب جوش) و فیزیکی (واکشدگی ضخامتی، جذب آب و غیره) پانل‌های ساندویچی می‌توانند تحت تأثیر متغیرهای مختلف ساخت قرار گیرند که نیاز به بررسی می‌باشد. تعداد بررسی‌های انجام شده بر روی تأثیرگذاری این متغیرها بسیار محدود می‌باشد، ولی پژوهش‌هایی بر روی اثر گذاری متغیرهای ساخت بر روی محصولات لایه‌ای مشابه دیگر، صورت گرفته است. بارتوتیس و همکاران (۲۰۰۵)، خواص مقاومتی پانل‌های ساندویچی با مغزی کاغذ لانه زنبوری بازیافتی را مورد بررسی قرار دادند و اعلام کردند مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته پانل‌ها نسبت به مقاومت تخته خرده‌چوب کم‌تر است. اما مقاومت به ضربه پانل لانه زنبوری مورد آزمایش بسیار بالاتر از تخته خرده‌چوب بوده است (۵).

دانش اصلاح چوب با نگرشی چند جانبه درصدد تغییر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی چوب، بهبود ویژگی‌ها و افزایش کارایی آن و برداشتن موانع موجود برای بازتر کردن گستره کاربرد این ماده مهندسی شده است. تاکنون هدف اصلی اصلاح چوب و اوراق مرکب چوبی، بیشتر در بهبود ویژگی‌های فیزیکی بوده و توجه کم‌تری به بهبود خواص مکانیکی این فرآورده‌ها شده است. در این میان، چسبندگی تأثیر مهمی هم بر خواص مکانیکی و هم بر خواص فیزیکی چندسازه‌های بر پایه مواد لیگنوسلولزی دارد (۳۱). در میان مواد لیگنوسلولزی مختلف، کارهای علمی زیادی بر روی امکان کاربری نی در تولید پانل فشرده چوبی و مخصوصاً پانل ساندویچی صورت نگرفته است. با توجه به مزیت‌های نسبی، این ماده دارای معایبی برای تولید پانل نیز می‌باشد. نی بعلت سیلیس زیاد و سطح صیقلی امکان چسبندگی مناسب را سلب می‌کند. این امر در پانل‌های ساندویچی که دارای دانسیته سبک و پایینی می‌باشند مشهودتر می‌تواند باشد. روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی و یا ترکیبی از این دو را می‌توان به‌منظور حذف این مواد مضر جهت اتصال مستحکم بین ماتریس (رزین) و فیلر (ذرات چوبی یا لیگنوسلولزی) جهت بهبود خواص فیزیکی - مکانیکی انجام داد. نمونه‌ایی از این روش‌ها: تیمار حرارتی، هیدروترمیک و غیره می‌باشد. تیمار با آب جوش می‌تواند باعث حذف بعضی از ترکیبات احتمالاً مضر موجود در این مواد گردد. مواد قابل حل در آب گرم (حدود ۹۵ درجه سانتی‌گراد) شامل کربوهیدرات‌های قابل حل در آب، سیلکوزیدها، گلیکوزیدها، مقداری از اسیدهای آلی و خیلی از مواد فنلی می‌گردد. تیمار حرارتی خشک سبب تغییرات ساختاری ترکیبات ماده لیگنوسلولزی شده و باعث تجزیه همی‌سلولزها به فرار و پیرولیز آن در حین تیمار می‌شود. اوکینو و همکاران (۲۰۰۷)، به بررسی اثر تیمار حرارتی تراشه‌های زربین بر روی تخته تراشه جهت‌دار (OSB) پرداخت و پیشنهاد داد که تیمار حرارتی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد را برای خواص هیگروسکوپی را بدون اثرگذاری بر روی خواص مکانیکی توصیه کرد (۲۶). دینگ و همکاران (۲۰۱۱) اثر فشار بخار در تغییرات شیمیایی را مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند که تغییرات در پلی ساکاریدها بیش‌تر از لیگنین بوده است (۱۱).

به‌دلیل عدم انعطاف‌پذیری خوب ذرات لیگنوسلولزی همچون نی در طی تأثیر توأم حرارت، رطوبت و فشار سطوح پانل ساخته شده از نی معمولاً متخلخل بوده و دارای کیفیت سطحی پایینی هستند. همچنین به‌دلیل آن‌که لایه‌های سطحی تأثیرگذارترین عامل بر خواص مکانیکی می‌باشند لازم است تا این تخلخل با کاربرد فیلر پر شده تا هم خواص سطحی بهبود یابد و باعث کاهش مصرف

چسب و هزینه تولید بشود. این مواد معمولاً به ذرات ریز آسیاب می‌شوند. ریزی ذرات فیلر نه تنها باعث یکنواخت شدن مخلوط رزین- فیلر می‌گردند، بلکه سطوح تماس فیلر با چسب را نیز بیش‌تر نموده و باعث افزایش برهمکنش سطحی بین رزین و فیلر می‌گردد. آرد پوسته بادام نمونه‌ایی از این دسته از مواد است. بادام یکی از محصولات بسیار مهم در مناطق معتدله جهان است (۲۱). تولید جهانی بادام در سال ۲۰۰۹ حدود ۲/۳۱ تن از مجموع ۱/۷ میلیون هکتار بوده است. ایران با تولید ۱۱۰ هزار تن بادام در جهان در رتبه سوم بزرگترین تولیدکنندگان بادام در جهان است (۲۸ و ۳۳). پوست بادام بین ۳۵ تا ۷۵ درصد کل میوه بادام را تشکیل می‌دهد، لذا هر ساله بین ۴۴ تا ۹۴ هزار تن پوست بادام در ایران تولید می‌شود که هنوز کاربرد مثبتی برای استفاده آن یافت نشده است (۱۳ و ۲۸). بررسی‌های زیادی در مورد اثر مواد افزودنی بر خواص تخته‌ها انجام گرفته است. سلر و همکاران (۲۰۰۵) استفاده از پنج نوع پرکننده را در ساخت تخته لایه مورد بررسی قرار دادند و در نهایت دریافتند که استفاده از ۶۵ درصد آرد پوست گردو و ۳۵ درصد باقیمانده فورفورال پوسته جوی دو سر می‌تواند مقدار بهینه مصرف باشد. به‌واسطه کاربرد اکستندر، ویسکوزیته رزین افزایش می‌یابد (۳۰). ثابت شده است که با افزایش ویسکوزیته می‌تواند گروه‌های فعال اضافی برای واکنش‌های پلی‌مریزاسیون و پیوندهای عرضی را با رزین و چوب توسعه داد (۱۵).

زمان بسته شدن پرس، پروفیل دانسیته پانل‌های تولید شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در بیش‌تر موارد، گرادیان دانسیته به‌نحوی است که لایه‌های سطحی در مقایسه با مغز پانل دارای دانسیته بیش‌تری می‌باشد. پارامترهای زمان بسته شدن پرس، به تولیدکنندگان پانل‌های چوبی امکان طراحی محصولات مهندسی شده با خواص کاربردی موردنیاز را فراهم می‌سازد. وانگ و همکاران (۲۰۰۴)، به مطالعه عوامل مؤثر در گرادیان عمودی دانسیته تخته فیبر دانسیته متوسط پرداختند و در نهایت دریافتند که با کاهش سرعت بسته شدن پرس گرادیان عمودی دانسیته یکنواخت‌تری به‌دست می‌آید (۳۶). وانگ و همکاران (۲۰۰۱)، به مطالعه عوامل مؤثر در گرادیان عمودی دانسیته تخته جهت‌دار پرداختند و اعلام کردند گرادیان عمودی دانسیته یکنواخت تأثیر مثبتی هم بر خواص مکانیکی و هم بر خواص فیزیکی تخته‌ها داشته است (۳۵).

از آن‌جا که حرکت سازه‌های چوبی به سمت خرابی، از نقاط ضعف آن‌ها ناشی می‌شود و این نقاط ضعف می‌تواند اتصال‌دهنده‌ها باشند، توجه به اتصال‌دهنده‌ها اهمیت پیدا می‌کند. شواهد نشان می‌دهد اتصال‌دهنده‌ها استحکام و ایمنی سازه را تضمین کرده، بنابراین عدم توجه به عوامل تأثیرگذار

در ظرفیت نگهداری اتصال‌دهنده‌ها، تأکیدی بر شدت نقاط ضعف سازه خواهد بود. در حال حاضر اطلاعات در خصوص رفتار پانل ساندویچ ساخته شده با مغزی خرده نی در دسترس نبوده و تأثیر آن بر روی چسبندگی داخلی و رفتار اتصال‌دهنده‌ها در آن ناشناخته است. به‌منظور بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی پانل ساندویچ ساخته شده با خرده‌های نی، نیاز به ارزیابی تأثیر نوع تیمار به‌کار رفته بر روی خرده‌های نی لایه مغزی می‌باشد. بنابراین، هدف از این بررسی تأثیر ۱- نوع تیمار خرده‌های لایه مغزی (بدون تیمار، تیمار حرارتی خشک، تیمار آب جوش) ۲- سرعت بسته شدن پرس (۵ میلی‌متر بر ثانیه، ۹ میلی‌متر بر ثانیه) ۳- میزان پرکننده بادام (۳ درصد، ۱۸ درصد، ۳۳ درصد) بر روی خواص مکانیکی (مقاومت خمشی، چسبندگی داخلی و مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ) و فیزیکی (واکشی‌دگی ضخامتی و جذب آب) می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

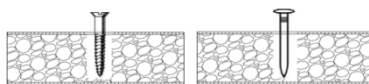
از ذرات نی برای استفاده در لایه مغزی پانل ساندویچ استفاده شد. بدین منظور پس از جمع‌آوری نی، از نیزارهای منطقه چاه‌نیمه واقع در شهرستان زابل، برای تبدیل نی به خرده‌های موردنیاز با ابعاد تقریبی  $28 \times 5 \times 0.8$  میلی‌متر از یک دستگاه خردکن آزمایشگاهی (مدل مایر) استفاده گردید. به‌منظور خشک کردن، خرده‌ها به‌مدت دو هفته در هوای آزاد قرار داده شدند، تا رطوبت خرده‌ها به ۷ درصد برسد.

براساس طرح آزمونی استفاده شده، خرده‌های نی به سه گروه تقسیم شدند: ۱- خرده‌های تیمار نشده، ۲- خرده‌های تیمار شده با آب جوش، ۳- خرده‌های تیمار شده با حرارت خشک. بدین منظور خرده‌ها در آب جوش به‌مدت ۴۵ دقیقه قرار داده شدند. پس از پایان زمان تیمار، نمونه‌ها در هوای آزاد قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها به ۷ درصد برسند. برای انجام تیمار حرارتی خشک خرده‌ها در داخل اون در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۴۵ دقیقه قرار داده شدند. پس از کاهش رطوبت ذرات به ۳ درصد در اون آزمایشگاهی، ذرات در داخل کیسه‌های پلاستیکی برای جلوگیری از افزایش رطوبت ذخیره‌سازی شدند. ساخت تخته‌ها در دو مرحله انجام شد: (۱) ساخت مغزی تخته با ضخامت ۲۵ میلی‌متر، (۲) روکش کردن تخته از گونه نراد با ضخامت ۰/۶ میلی‌متر. بدین منظور، پس از آماده شدن خرده‌ها ابتدا به ساخت لایه مغزی با ابعاد  $400 \times 400 \times 25$  میلی‌متر پرداخته شد. ابتدا چسب UF و MF با نسبت وزنی ۵۰:۵۰ داخل همزن آزمایشگاهی ریخته شد و با سرعت ۵۰۰ دور بر

دقیقه کاملاً با هم مخلوط شدند. از یک چسبزن استوانه‌ایی برای اختلاط رزین با ذرات نی استفاده شد. بدین منظور، پس از ریختن مقدار معینی از ذرات نی در داخل چسبزن و اسپری آب بر روی آن‌ها به منظور توزیع یکنواخت رطوبت بر روی ذرات به مدت ۳ دقیقه هم زده شدند پس از آن پودر چسب ملامین اوره فرمالدئید با نسبت ۱۲ درصد وزن خشک ذرات نی، بر روی ذرات پاشیده شد و توسط دستگاه چسب زن به مدت ۲ دقیقه با هم مخلوط شدند. پس از خارج کردن خرده‌های آغشته به رزین از استوانه چسب‌زنی، کیک خرده چوب با کمک یک قالب  $۴۰ \times ۴۰ \times ۲۵$  سانتی‌متر تشکیل شد. پس از آن کیک به داخل یک پرس هیدرولیک آزمایشگاهی (Ranjbar presses S.W.P 125) پرس منتقل گردید. حرارت پرس، زمان پرس و میزان فشار اعمال شده توسط پرس به ترتیب ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۲ min و  $۳۰ \frac{kg}{cm^2}$  بود. سرعت بسته شدن دهانه پرس به عنوان متغیر دوم در دو سطح ۵ میلی‌متر بر ثانیه و ۹ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. به منظور تعیین اثر پرکننده پودر بادام در چسب ملامین اوره فرمالدئید به کار رفته در خط چسب به عنوان متغیر سوم بر روی چسبندگی داخلی و مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ از نسبت‌های ۳ درصد، ۱۸ درصد و ۳۳ درصد استفاده گردید. به منظور نفوذ کم‌تر رزین به داخل لایه‌ها و لایه مغزی از غلظت بالای رزین (۷۰ درصد) استفاده گردید. غلظت رزین (۶۰ درصد) و میزان مصرف رزین به ازاء واحد سطح  $\frac{g}{m^2}$  (۱۰۰) برای همه سطوح متغیر سوم یکسان و برابر در نظر گرفته شدند. پس از مالیدن رزین بر روی سطوح لایه‌ها رویی و زیرین، لایه مغزی در بین لایه‌ها مونتاژ شدند. پس از مونتاژ لایه مغزی و لایه‌های نراد آغشته به چسب، تخته به داخل پرس انتقال داده شد. حرارت پرس، زمان پرس و میزان فشار اعمال شده توسط پرس به ترتیب ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۲۰ ثانیه و  $۰/۲ \frac{kg}{cm^2}$  بود. به دلیل پایین بودن دانسیته لایه مغزی (۰/۴۰ گرم بر سانتی‌متر معکب) و حفظ اتصالات از پیش تشکیل شده لایه مغزی از دو شابلون ۲۵ میلی‌متری استفاده شد. بعد از خروج تخته‌ها از پرس، نمونه‌ها به مدت دو هفته در شرایط استاندارد (رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد، دمای  $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. پس از سپری شدن این زمان، نمونه‌ها با ابعاد نهایی  $۳۵۰ \times ۳۵۰ \times ۲۵$  میلی‌متر با دانسیته ۰/۴۰ گرم بر سانتی‌متر معکب پاک‌بری شدند. با توجه به تعداد متغیرها (سه عدد)، سطوح هر کدام  $۱۸(۳ \times ۲ \times ۳)$  تیمار و با سه تکرار در مجموع ۵۴ تخته ساندویچی ساخته شدند. تهیه نمونه‌ای آزمونی برای تعیین مدول گسیختگی بر اساس استاندارد ASTM C ۳۹۳-۰۰ (2000)، مقاومت چسبندگی داخلی بر اساس استاندارد ۲۷۳-۰۰ ASTM C (2000)، مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ بر اساس استاندارد ۱۰۳۷ ASTM D (1999) و توسط دستگاه آزمون مکانیکی مدل Hounsfield H25KS و جذب آب بر

اساس استاندارد ASTM C 272-01 (2001) انجام گردید (۱، ۲، ۳ و ۴). پیچ‌های مورد استفاده به طول ۳۰ و ضخامت حدود ۳/۱۴ میلی‌متر و میخ‌های مورد استفاده به طول ۳۰ با قطر ۱/۶ میلی‌متر و هر دو از جنس فولاد بودند (شکل ۱).

از دستگاه طیف سنج مادون‌قرمز (FT-IR) تبدیل فوریه جهت آنالیز اثر نوع تیمار لایه مغزی بر روی پیوندپذیری بین ذرات نی و رزین استفاده شد. به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا مقدار کمی از لایه مغزی با اندکی برمید پتاسیم (KBr) مخلوط و آسیاب گردید و سپس به قرص نازکی تبدیل شد. بررسی میکروسکوپی نمونه‌ها و تغییرات ساختاری لایه مغزی پانل ساندویچ، توسط دستگاه لوپ (استریو میکروسکوپ) مدل MZS-1065B بررسی گردید. قطعاتی از ذرات و لایه مغزی تخته‌ها تیمار نشده، تیمار شده با آب جوش و نیز تیمار شده با حرارت تهیه و سپس تصاویر آن‌ها با بزرگنمایی ۶۶x مشاهده گردید. به‌منظور تعیین اثر تغییر تیمارها بر روی پروفیل دانسیته و به تبع آن بر روی چسبندگی داخلی پروفیل گرادبان دانسیته از ضخامت نمونه‌های آزمونی تهیه گردید. بدین منظور از نمونه‌های آزمونی به‌وسیله اهر گرد رو میزی از هر طرف یک میلی‌متر برداشته شد و پس از اندازه‌گیری ابعاد و وزن نمونه مجدداً از هر طرف یک میلی‌متر کسر گردید. این کار به مکررات تکرار شد تا به دانسیته یکنواختی دست یافته شود. پس از اتمام آزمایشات، نتایج به‌دست آمده براساس طرح فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. از آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده شده است. با این روش آماری اثر مستقل هر یک از عوامل و اثر متقابل هر کدام از فاکتورها به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته شد. نتایج حاصل با نرم‌افزار آماری SPSS در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل واقع شدند.



شکل ۱- شمای نمونه‌ها حاوی اتصال دهنده‌ها.

Figure 1. Plan of samples containing binders.

## نتایج

تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عامل‌های متغیر بر خواص صفحات ساندویچی در جدول ۱ آورده شده است. تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت شامل نوع تیمار لایه مغزی، درصد پرکننده



## مرتضی ناظریان و همکاران

در خط چسب و زمان بسته شدن دهانه پرس بر خواص مکانیکی (مدول گسیختگی، مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ، چسبندگی داخلی خشک و بعد از آب جوش) و فیزیکی اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مستقل و متقابل نوع تیمار ذرات به‌کار رفته در لایه مغزی، درصد پرکننده در خط چسب و زمان بسته شدن دهانه پرس بر مقاومت گسیختگی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد (شکل ۲ و جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عامل‌های متغیر بر خواص فیزیکی و مکانیکی.

Table 1. Variance analysis of direct and bilateral effects of variables on physical and mechanical properties.

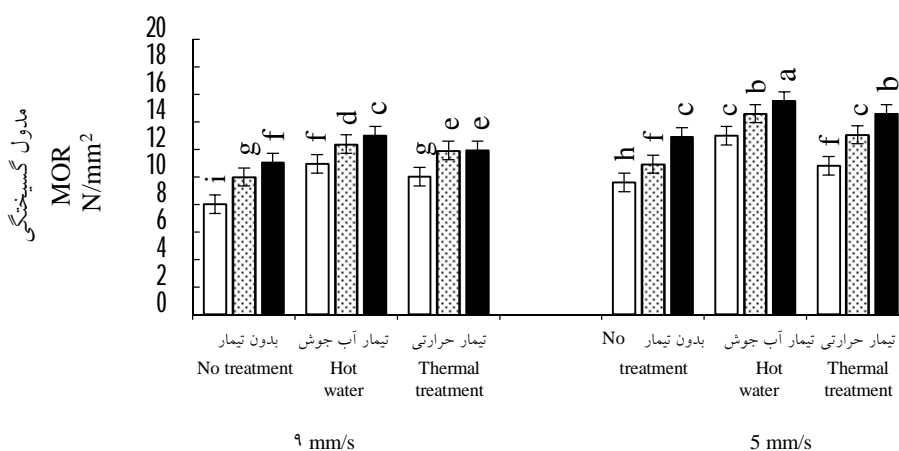
WA (%)	TS (%)	میخ Nail (N/mm)	پیچ Screw (N/mm)	IB (آب جوش) (N/mm <sup>2</sup> )	IB (N/mm <sup>2</sup> )	MOR (N/mm <sup>2</sup> )	df	منابع تغییر Sources
58.2**	924.9**	754.3**	1*	440.27**	165.7**	956.2**	17	مدل کنترل Model
482.1**	7.5**	5.5**	7.7**	1.75**	980.3**	955.8**	2	تیمار Treatment
1.49 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	1.2 <sup>ns</sup>	0.356 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	872.5**	2	پرکننده Extender
2.5 <sup>ns</sup>	61.55**	1.58**	1.2**	3.877**	823.7**	1.02**	1	سرعت بسته شدن پرس Press closing speed
1.9 <sup>ns</sup>	0.96 <sup>ns</sup>	0.99 <sup>ns</sup>	1.9 <sup>ns</sup>	0.356 <sup>ns</sup>	0.54 <sup>ns</sup>	220.1**	4	تیمار × پرکننده Treat.×Ext.
1.5 <sup>ns</sup>	267.7**	20.8**	227.6**	50.95**	12.3**	290.2**	2	تیمار × سرعت بسته شدن پرس Treat. × p.c. speed
1.1 <sup>ns</sup>	1.9 <sup>ns</sup>	1.7 <sup>ns</sup>	2.5 <sup>ns</sup>	0.356 <sup>ns</sup>	2.09 <sup>ns</sup>	128.2**	2	پرکننده × سرعت بسته شدن پرس Ext.×p.c. speed
1.7 <sup>ns</sup>	1.1 <sup>ns</sup>	1.1 <sup>ns</sup>	1.3 <sup>ns</sup>	0.356 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	466.8**	4	تیمار × پرکننده × سرعت بسته شدن پرس Treat.×Ext.×p.c.speed

\*\* : معنی‌دار در سطح یک درصد. <sup>ns</sup> : معنی‌دار نیست.

همچنین، تأثیر مستقل نوع تیمار ذرات به‌کار رفته در لایه مغزی و زمان بسته شدن دهانه پرس بر روی مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ، چسبندگی داخلی خشک و بعد از آب جوش در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. اما اثر مستقل درصد پرکننده در خط چسب معنی‌دار نبوده

است. هم‌چنین اثر متقابل نوع تیمار و زمان بسته شدن دهانه پرس در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است (شکل ۳ و جدول ۱).

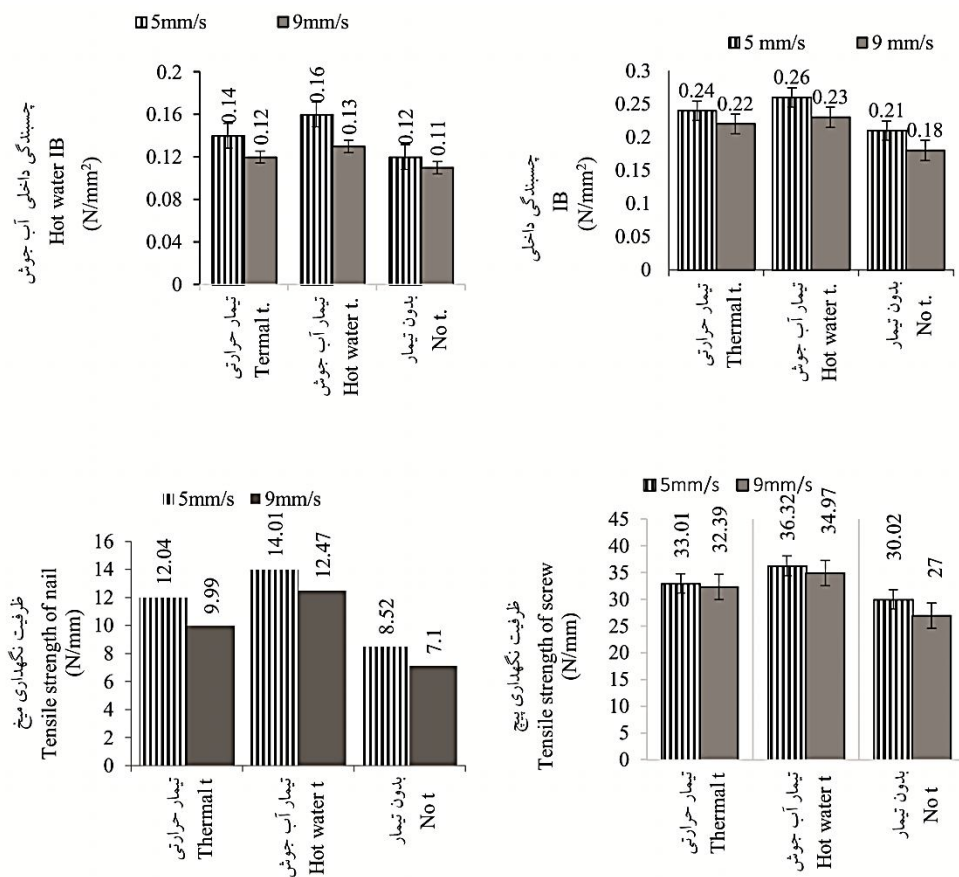
به‌طور کلی پانلی که لایه مغزی از خرده‌های تیمار آب جوش و سرعت بسته شدن پرس ۵ mm/s ساخته شده است، دارای بیش‌ترین ظرفیت نگه‌داری پیچ (۱۳۶/۳۲ N/mm)، میخ (۱۴/۰۱ N/mm) و چسبندگی داخلی (۰/۲۶ N/mm<sup>۲</sup>) و چسبندگی داخلی بعد غوطه‌وری در آب جوش (۰/۱۶ N/mm<sup>۲</sup>) بوده‌اند.



شکل ۲- اثر متقابل نوع تیمار لایه مغزی، درصد پرکننده و زمان بسته شدن پرس روی MOR (□: ۳ درصد پرکننده، ▨: ۱۸ درصد پرکننده، ■: ۳۳ درصد پرکننده)

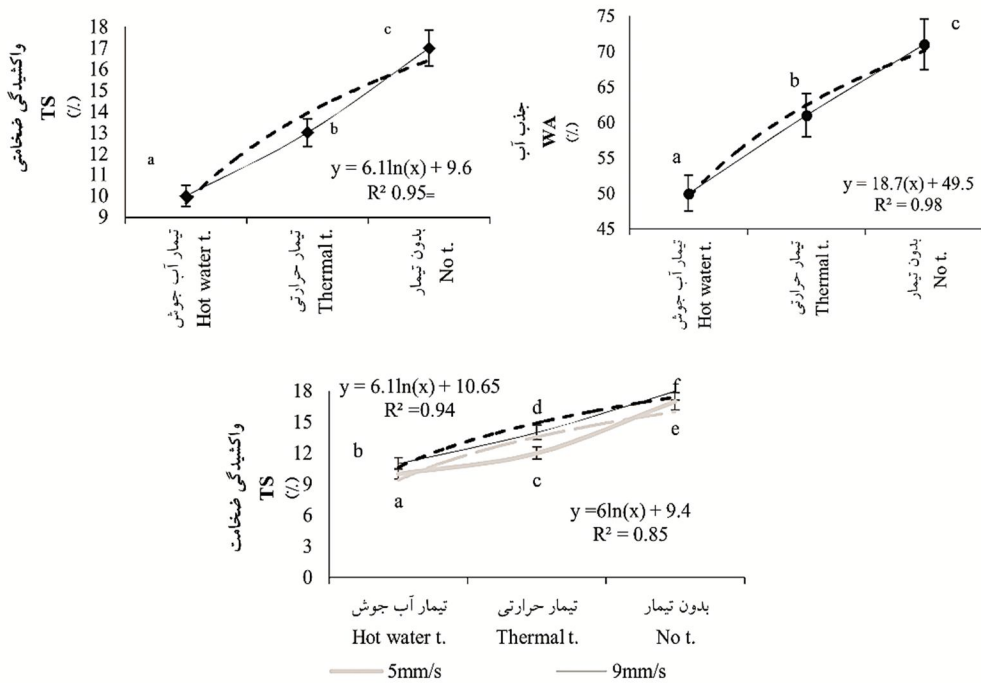
Figure 2. Bilateral effect of treatment type of core layer, filler present and press closing speed on MOR (□: 3% filler, ▨: 18% filler, ■: 33% filler).

هم‌چنین نتایج به‌دست آمده از آزمون تجزیه واریانس خواص فیزیکی پانل‌های ساندویچی ساخته شده نشان داد که تأثیر مستقل نوع تیمار ذرات به‌کار رفته در لایه مغزی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. اثر مستقل زمان بسته شدن دهانه پرس بر روی واکنشیدگی بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد، در حالی‌که این عامل بر روی جذب آب تأثیر معنی‌دار نداشته است. هم‌چنین، اثر مستقل درصد پرکننده در خط چسب بر روی خواص فیزیکی مورد مطالعه معنی‌دار نبوده است. اثر متقابل نوع تیمار و زمان بسته شدن دهانه پرس در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار شده است. اثر متقابل سه متغیر مورد مطالعه نیز بر روی خواص فیزیکی معنی‌دار نبوده است (شکل ۴ و جدول ۱).



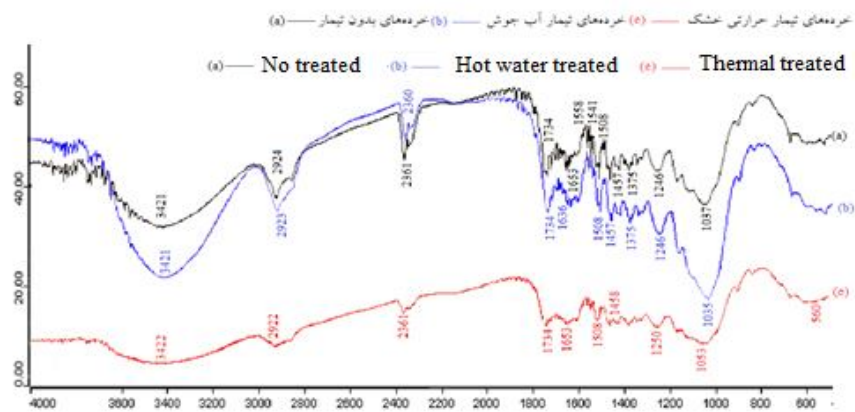
شکل ۳- اثر متقابل نوع تیمار لایه مغزی و زمان بسته شدن دهانه پرس بر روی چسبندگی داخلی و مقاومت به بیرون کشیدن پیچ و میخ.

Figure 3. Bilateral effect of core layer treatment and press closing speed on internal bonding and tensile strength of nail and screw.



شکل ۴- اثر مستقل تیمار بر جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت و اثر متقابل نوع تیمار و سرعت بسته شدن دهانه پرس بر واکنش‌پذیری ضخامت.

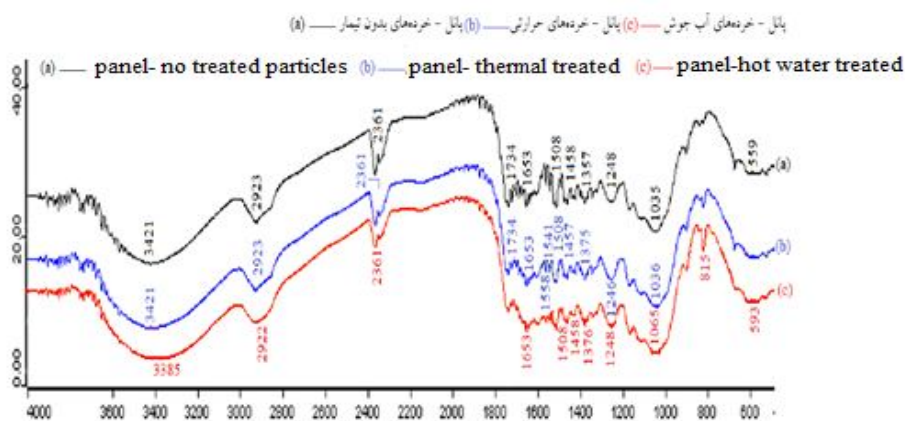
Figure 4. Direct effect of treatment on water absorption and thickness swelling and bilateral effect of treatment and press closing speed on thickness swelling.



شکل ۵- طیف FT-IR از نمونه‌های خرد شده.

Figure 5. FT-IR spectra from reed particles.

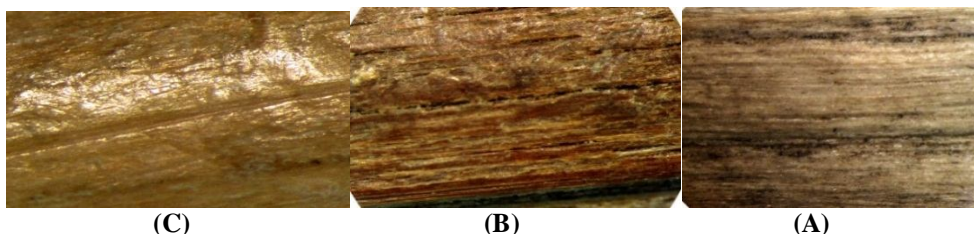
جهت شناسایی ترکیبات خرده‌های نی با تیمارهای مختلف (بدون تیمار، حرارتی خشک و آب جوش) و پیوندهای بوجود آمده با چسب، از طیف‌سنجی FT-IR بین طول موج  $600\text{cm}^{-1}$  تا  $4000\text{cm}^{-1}$  استفاده شد (شکل ۵ و ۶). به وسیله طیف‌سنجی FT-IR مشخص گردید بین تیمارهای مختلف، تغییرات شدت پیک و برهم کنش گروه OH رزین دارای تفاوت‌های قابل توجه با یکدیگر برقرار کرده‌اند.



شکل ۶- طیف FT-IR از نمونه‌های لایه میانی تخته ساندویچ.

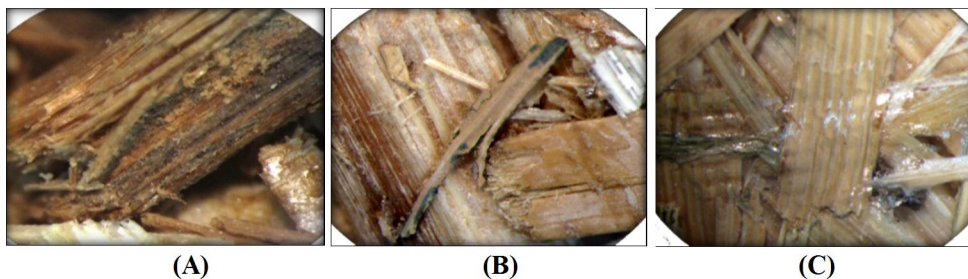
Figure 6. FT-IR spectra from core layer of sandwich panel.

به منظور مقایسه اثر نوع تیمار در لایه مغزی پانل ساندویچ و همچنین اثر تیمار متفاوت بر کیفیت سطح خرده‌ها از سطح شکست در نمونه‌های آزمون چسبندگی داخلی تصاویر میکروسکوپی تهیه شد. تفاوت زیادی بین سطوح خرده‌های پانل‌های تشکیل شده از سه تیمار مختلف (آب جوش، حرارتی خشک و بدون تیمار) وجود دارد.



شکل ۷- عکس ماکروسکوپی از خرده‌های تحت تیمار (A حرارتی خشک، B آب جوش، C بدون تیمار).

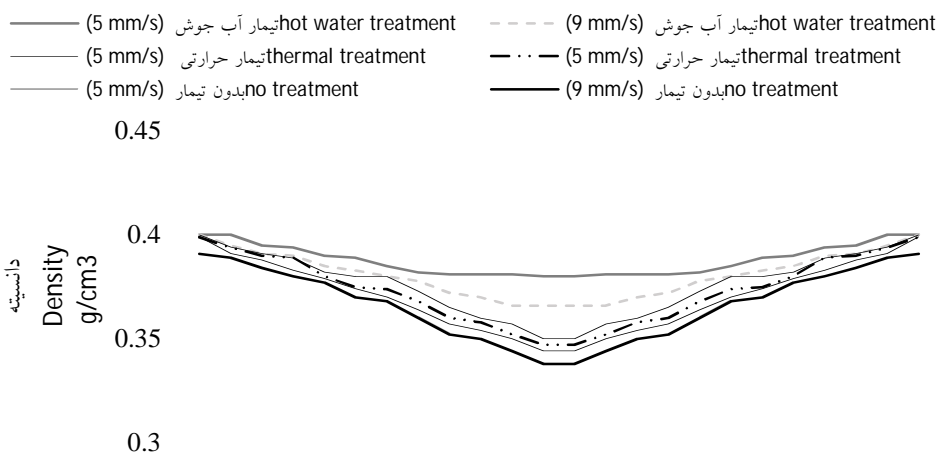
Figure 7. Macroscopic photo from particles (A- thermal treated, B- hot water treated, C- no treated).



شکل ۸- عکس میکروسکوپی از خرده‌های لایه میانی پانل (A حرارتی خشک، B آب جوش، C بدون تیمار).

Figure 7. Macroscopic photo from particles used in core layer of panel (A- thermal treated, B- hot water treated, C- no treated)

به منظور تعیین اثر نوع تیمار و سرعت بسته شدن بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها، پروفیل تغییرات دانسیته در راستای ضخامت در شکل ۹ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود پانل‌های ساخته شده از خرده‌های تیمار شده با آب جوش و سرعت بسته شدن ۵ میلی‌متر در ثانیه گرادیان دانسیته یکنواخت‌تر دارند، و پانل‌های ساخته شده با خرده‌های بدون تیمار و سرعت بسته شدن ۹ میلی‌متر در ثانیه بیش‌ترین نایکنواختی گرادیان دانسیته را دارند.



شکل ۹- تأثیر سرعت بسته شدن دهانه پرس و نوع تیمار لایه میانی بر پروفیل دانسیته پانل ساندویچ.

Figure 9. Effect of press closing speed and treatment of core layer on density profile of sandwich panel.

## نتیجه و بحث

تفاوت معنی‌دار ۶۰ تا ۷۰ درصدی بین سه نوع تیمار خرده و پانل در طول موج  $1734\text{ cm}^{-1}$  در اشکال ۵ و ۶ دیده می‌شود. این قله (پیک) مربوط به کشش  $\text{C}=\text{O}$  در گروه کربوکسیل است (۱۰) و نشان می‌دهد که همی سلولز خرده‌های تحت تیمار آب جوش گروه‌های استیل‌دار کمتر نسبت به دو خرده‌های بدون تیمار و تیمار حرارتی خشک می‌باشد. این کاهش آبگریزی ذرات در نتیجه حذف گروه‌های آبگریز استیل، می‌تواند منجر به افزایش اتصالات شیمیایی بین پلیمرهای رزین با گروه  $\text{OH}$  همی سلولز بشود. یک تغییر مهم در قله طیف  $1508\text{ cm}^{-1}$  هم در ذرات خرده تحت تیمار آب گرم و هم در پانل‌های تشکیل شده از خرده‌های تحت تیمار آب گرم به وجود آمده است. طیف  $1508\text{ cm}^{-1}$  جدا شدن زنجیرهای جانبی آلیفاتیک در لیگنین و تشکیل پیوندهای عرضی با واکنش‌های کندانسه لیگنین را نشان می‌دهد (۲۴ و ۱۰). این اتصالات عرضی در شبکه لیگنین باعث افزایش چسبندگی داخلی و افزایش مقاومت پانل‌ها می‌شود (۸). همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌شود، طول موج در  $3420\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده ارتعاش کششی متقارن  $\text{OH}$  در زنجیره سلولز است (۳۹) و پهنی پیک به علت پیوند هیدروژنی بین مولکولی بین سلولز و رزین  $\text{MUF}$  است. به عبارتی دیگر پیوندهای هیدروژنی  $\text{N-H}$  از  $\text{NH}_2$  به علت واکنش متیلن‌زاسیون که در جریان اتصالات عرضی اتفاق افتاده تشکیل شده‌اند (۱۴) که در خرده‌های تیمار شده با آب جوش و همچنین در پانل‌های ساخته شده از خرده‌های تیمار شده از آب جوش نسبت به دو تیمار دیگر پهنای پیک متفاوت می‌باشد. به وسیله پیک‌های به دست آمده از طیف  $\text{IR}$  می‌توان پیوندهای هیدروژنی ایجاد شده را در خرده‌ها و پانل‌ها مشخص کرد (۹). پانل‌های تشکیل شده از خرده‌های تحت تیمار آب جوش پیک‌های گروه  $\text{OH}$  عدد موجی پایین‌تری ( $3385\text{ cm}^{-1}$ ) نسبت به پانل‌های تشکیل شده از خرده‌های تحت تیمار حرارتی و بدون تیمار ( $3421\text{ cm}^{-1}$ ) دارند. این پایین بودن عدد موج نشان دهنده افزایش پیوند هیدروژنی می‌باشد (۲۲). بنابراین تیمار آب جوش باعث می‌شود فعل و انفعالات قوی‌تری بین رزین و ذرات نی رخ دهد در نتیجه در تخته اتصالات قوی‌تری بوجود می‌آید. تفاوت معنی‌داری در پیک و پهنای آن در محدوده  $1375\text{ cm}^{-1}$  در تخته‌های ساخته شده از ذرات تیمار شده با آب جوش مشاهده می‌شود (شکل ۵) که نشان‌دهنده یک پیوند اتری بین گروه‌های هیدروکسیل همی سلولز و لیگنین می‌باشد (۱۰). طول موج کوچک در محدوده  $1458\text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده ارتعاشات آروماتیک گروه فینیل (۷)، طول موج  $1248\text{ cm}^{-1}$  مشخصه کشش  $\text{C-O}$  لیگنین و زایلان می‌باشد (۲۹) و یا معرف تغییر شکل ارتعاش کششی  $\text{CH}$ ،  $\text{OH}$  و  $\text{C-}$

O-C سلولز می‌باشد (۱۶). ذرات نی و تخته‌های ساخته شده از ذرات بدون تیمار، تیمار حرارتی خشک و تیمار آب جوش رفتار کاملاً مشابهی در این نقاط دارند و هیچ تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود. تغییرات در طول موج  $1065\text{ cm}^{-1}$  در تخته‌های ساخته شده از خرده‌های تحت تیمار آب جوش مربوط به گروه‌های عاملی CH مربوط می‌شود (۶). همچنین می‌توان به وضوح دید که حداکثر جذب در طول موج  $815\text{ cm}^{-1}$  در پانل‌های ساخته شده با خرده‌های تیمار شده با آب جوش رخ می‌دهد که این امر می‌تواند به دلیل جایگزین شدن حلقه آروماتیک به  $\text{C}=\text{C}$  گروه آلیفاتیک در زمان پرس باشد. طول موج در محدوده  $2924\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده ارتعاش کششی متقارن C-H است، که مربوط به اتر  $\text{CH}_2\text{OH}$ ،  $\text{CH}_2$  و  $\text{N-CH}_2$  می‌باشد (۲۰) می‌باشد.

با توجه به شکل ۶ (طیف FT\_IR) تغییرات شدت پیک‌ها و برهم کنش گروه OH رزین MUF با سلولز به ترتیب در خرده‌های تحت تیمار آب جوش بیش‌تر از تیمار حرارتی خشک و بدون تیمار می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت تیمار آب جوش و تیمار حرارتی خشک می‌توانند باعث افزایش اتصالات بین خرده‌های نی لایه مغزی با رزین MUF می‌شود.

همان‌طور که از عکس‌های میکروسکوپی (عکس ۷ و ۸) از خرده‌های تیمار شده و لایه میانی پانل ساندویچی ملاحظه می‌شود تفاوت زیادی بین سطوح خرده‌های پانل‌های تشکیل شده از سه تیمار مختلف (آب جوش، حرارتی خشک و بدون تیمار) وجود دارد. با توجه به تصویر خرده‌های بدون تیمار لایه میانی مشخص می‌گردد به علت صیقلی بودن و وجود مواد مومی بر روی سطح و نیز سلیس رزین توانایی نفوذ کافی را برای اتصال نداشته است و رزین در سطح باقی مانده و ایجاد نفوذ بیشتر و در هم روی مکانیکی برای حصول اتصالات شیمیایی بیش‌تری بین رزین و گروه‌های OH ذرات نی را به وجود نیاورده است. به‌طور کلی سطح غیر فعال است، در نتیجه چسبندگی داخلی پانل‌های تشکیل شده از خرده‌های بدون تیمار پایین‌تر از دو تیمار دیگر می‌باشد. اما به نظر می‌رسد که در پانل‌های تشکیل شده از تیمار حرارتی خشک، لایه نازک مومی نی به علت قرار گرفتن در دمای  $175$  درجه سانتی‌گراد از بین رفته است. اما با این حال مشاهده شد که خود خرده نی در هنگام تیمار کمی تخریب (صدمات سطحی) شده است. این صدمه سطحی و ترک‌های ریز می‌تواند ناشی از خشک کردن خرده‌های می‌باشد. پانل‌های ساخته شده با تیمار آب جوش بهترین چسبندگی داخلی و مقاومت در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ را داشته‌اند. با توجه به تصاویر میکروسکوپی از خرده‌های تیمار شده با آب جوش مشخص می‌شود که علاوه بر این که لایه نازک صیقلی برداشته شده



است ساختمان نی نیز دچار تخریب نشده است و سطح در حد مناسب پرزدار شده است در نتیجه رزین به مقدار مناسب نفوذ کرده و درهم روی مکانیکی به منظور حصول اتصالات شیمیایی مناسب را به وجود آورده است. هم چنین پیش تیمار آب جوش باعث انحلال بخشی از همی سلولزها و خصوصاً مواد استخراجی آب گریز می شود (۳۸)، که باعث می شود تا رزین بتواند بهتر سطوح ذرات را پوشانده و بهبود پیوندپذیری را در پی داشته باشد.

در پانل ساندویچی به علت پایین بودن دانسیته و هم چنین صلبیت کم تر لایه میانی نسبت به لایه های سطحی، پانل تحت بار از لایه میانی شروع به شکست می کند، از این رو هر چه لایه میانی دارای اتصالات بیش تری باشد، محصول نهایی مطلوب تری حاصل می شود. با توجه به تأثیر تیمار حرارتی بر روی بسپارهای دیواره سلولی و تخریب همی سلولزها و تبدیل آنها به اسید فرمیک و اسید استیک (۸)، سلولز دچار تخریب می شود. به عبارتی دیگر درجه بسپارش سلولز کم تر می شود. با کوتاه تر شدن زنجیرهای سلولزی مقاومت های مکانیکی افت پیدا می کنند. بر اثر تیمار حرارتی، از شمار گروه های هیدروکسیل مستقر بر روی سلولز کاسته می شود، لذا میزان پیوندهای هیدروژنی میان و بین مولکولی سلولز کم تر می گردند و در نتیجه رشته های سلولز توان تحمل خود را در برابر نیروهای بیرونی وارد بر آن را از دست می دهند. قابل ذکر است تیمار آب جوش باعث حذف مواد استخراجی از جمله سیلیس می شود. حضور برخی از مواد استخراجی و معدنی همچون سیلیس موجود در دیواره سلول، احتمالاً بر واکنش بین رزین و ماده لیگنوسلولزی اثر منفی می گذارد. همچنین پرکننده از تردی و شکنندگی چسب MUF که ذاتا ماده ای ترد می باشد می کاهد و با افزودن بر خواص الاستیک و انعطاف پذیری آن و جلوگیری از ایجاد ترک های میکرونی بر سختی و استحکام این رزین می افزاید (۲۴).

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل سرعت بسته شدن پرس در سطح ۹۵ در صد معنی دار است. هنگامی که سرعت بسته شدن دهانه پرس از ۹ میلی متر در ثانیه به ۵ میلی متر در ثانیه کاهش یافته است مقاومت خمشی و نیز ظرفیت تحمل پیچ و میخ و چسبندگی داخلی بهبود می یابد. کندتر بسته شدن باعث می شود فشار کمتری به لایه های سطحی تخته اعمال شود در این حالت چون فشار به آرامی به کیک وارد می شود، هم امکان درهم روی بهتر ذرات برای ایجاد سطح تماس بیشتر بین ذرات فراهم تر می شود و هم فرصت کافی جهت نفوذ بخار آب حاصل از لایه های سطحی به مغز تخته ایجاد می گردد و سبب فشردگی بیش تر ذرات در لایه میانی در نتیجه نرم شدن ذرات می شود

(۲۷). در این حالت گرادیان دانسیته یکنواخت‌تری به دست می‌آید و باعث می‌شود، چسبندگی داخلی و ظرفیت تحمل پیچ و میخ که لایه میانی بیش‌ترین تأثیر را بر آن دارد افزایش یابد (شکل ۹). همچنین با کاهش سرعت بسته شدن پرس آزادسازی استرس در طی پرس راحت‌تر صورت گرفته و میزان استرس باقی‌مانده در تخته در بعد از پرس کاهش می‌یابد. در نتیجه تخته‌ها در طی فرایند بهره‌برداری پس از پرس تحت تنش و کرنش کم‌تری قرار می‌گیرند (۳۵ و ۳۶). نتایج به‌دست آمده با دیگر پژوهش‌ها مطابقت دارد (۱۷ و ۱۸).

تیمارها باعث کاهش واکشیدگی ضخامتی و جذب آب تخته می‌شود. همی سلولزها که پایداری کمتری در برابر افزایش حرارت دارند، به ترکیبات فنودی و محلول در آب تجزیه می‌شوند. در حین تیمار حرارتی نم‌پذیری چوب به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و با توجه به کاهش نم‌پذیری، افزایش ثبات ابعاد قابل توجه است (۲۰). وابسپارش و آبکافت (هیدرولیز) ترکیبات پلیمری چوب در دماهای بالاتر و در حضور مقادیر زیاد آب تسریع می‌گردد (۲۰). همی سلولزها در چوب طبیعت آبدوستی دارند و در جریان تیمار آب جوش، هیدرولیز شده و به ساختار اولیگومری و منومری تبدیل می‌شوند. قندهای منومری به نوبه خود، به آلدئیدها تبدیل می‌شوند. فورفورال از تجزیه هگزوزها به دست می‌آید. بنابراین با تجزیه و حذف همی سلولزها به‌عنوان بخش آبدوست خرده چوب، ثبات ابعاد افزایش می‌یابد. لیگنین کم‌ترین فعالیت شیمیایی را دارد؛ ولی در دماهای بالا، پیوندهای بین کمپلکس لیگنین نیز تا حدی شکسته می‌شود و باعث افزایش غلظت گروه‌های فنلی آبگریز می‌گردد (۲۰). مولر و همکاران (۲۰۰۳)، در بررسی میکروسکوپ ماورای بنفش نشان دادند که در اثر تیمار گرمایی چوب، طیف مربوط به جذب UV در لایه S<sub>2</sub> افزایش می‌یابد، ولی در لایه بین سلولی تغییری حاصل نمی‌گردد. این نکته نشان دهنده افزایش ساختار لیگنینی در بافت چوبی است که به روش گرمایی تیمار می‌شود. به‌طور کلی با تیمار آب جوش و حرارتی خشک ساختار بسپارهای چوبی در اثر از دست دادن آب باقی‌مانده و احتمالاً پلاستیکی شدن لیگنین منجر به کاهش نم‌پذیری و بهبود ثبات ابعاد چوب می‌گردد. علاوه بر آن، در اثر تیمار امکان رشد نواحی بلوری سلولز که سبب کوچک‌تر شدن نواحی آمورف در میکروفیبریل‌های سلولز و کاهش گنجایش آب در این نواحی و از سوی دیگر کاهش میزان گروه‌های آب دوست هیدروکسیل می‌گردند نیز فراهم می‌شود. بر اثر رشد این نواحی بلورین، پیوندهای هیدروژنی قوی ایجاد می‌شوند که شکستن آن‌ها توسط مولکول‌های آب جذب شده به راحتی میسر نیست. (۱۵) بروز این پدیده‌ها در دیواره‌های سلولی سبب افت قابل ملاحظه‌ای در جذب

آب و واکنشیدگی می‌شود. در نهایت ثبات ابعاد در ماده تیمار شده روی می‌دهد. از سوی دیگر، رشد نواحی بلوری سلولز سبب کوچکتر شدن نواحی آمورف در میکروفیبریل‌های سلولز می‌گردد. این امر مبین تشکیل پیوندهای هیدروژنی قوی در نواحی بلوری خواهد بود.

با توجه به شکل (طیف FT\_IR) تغییرات شدت پیک‌ها و برهم کنش گروه OH رزین MUF با سلولز به ترتیب در خرده‌های تحت تیمار آب جوش بیش‌تر از تیمار حرارتی خشک و بدون تیمار می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت تیمار آب جوش و تیمار حرارتی خشک می‌توانند باعث افزایش اتصالات بین خرده‌های نی لایه مغزی با رزین MUF می‌شود.

با توجه به جدول یک، تجزیه واریانس اثر مستقل سرعت بسته شدن پرس بر روی واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت در سطح ۹۹ در صد معنی‌دار است. هنگامی که سرعت بسته شدن دهانه پرس از ۹ میلی‌متر در ثانیه به ۵ میلی‌متر در ثانیه کاهش یافته است واکنشیدگی ضخامت بهبود می‌یابد. این موضوع می‌تواند در نتیجه داشتن فرصت کافی برای نفوذ بخار آب حاصل از لایه‌های سطحی به مغز تخته باشد تا سبب فشردگی بیش‌تر ذرات در لایه میانی در نتیجه نرم شدن ذرات شود (۲۷). در این حالت به واسطه تشکیل گرادیان دانسیته یکنواخت‌تر واکنشیدگی ضخامت بهبود می‌یابد. همچنین با کاهش سرعت بسته شدن پرس باعث کاهش استرس پس از فشار نهایی در پرس می‌شود در نتیجه تخته‌ها در طی پروسه پرس، تحت تنش و کرنش کم‌تری قرار می‌گیرند (۳۵ و ۳۶).

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از طیف‌های FT-IR، تصاویر میکروسکوپی و تحلیل آماری در این پژوهش، در ساخت پانل ساندویچی با لایه مغزی خرده‌های نی و روکش شده با نراد برای داشتن مقاومت بیشتر، حداکثر ظرفیت تحمل نگه‌دارندگی میخ و پیچ و چسبندگی داخلی، استفاده از خرده‌های نی تیمار شده به‌وسیله آب جوش در لایه مغزی از خرده‌های تیمار شده با حرارتی خشک و بدون تیمار ترجیح داده می‌شود. همچنین استفاده از زمان بسته شدن دهانه پرس بالاتر (۵ میلی‌متر بر ثانیه) برای دستیابی به مقاومت خمشی بیشتر، ظرفیت بالاتر در برابر بیرون آوردن محوری پیچ و میخ، چسبندگی داخلی بیشتر، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب کمتر ایده‌آل‌ترین حالت ممکن می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که تغییرات در میزان پرکننده پودر بادام در خط چسب در پانل ساندویچی، تأثیر معنی‌داری بر روی مقاومت خمشی داشته، در حالی که بر روی ظرفیت نگهداری میخ، پیچ

چسبندگی داخلی، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب نداشته است. بنابراین می‌توان با کاربرد میزان بیشتر پودر پوست میوه بادام تخته‌هایی تولید نمود که نه تنها افزایش مقاومت خمشی، ظرفیت نگهداری پیچ و میخ، چسبندگی داخلی و بهبود خواص فیزیکی در پی داشته باشد، بلکه همزمان باعث کاربرد قابل ملاحظه کمتر رزین شد.

#### منابع

1. ASTM C 393-00. 2000. ASTM International standard test method for flexural properties of sandwich constructions. Annual Books of standards. American Society for Testing and Materials International, west Conshohocken, Pennsylvania.
2. ASTM C 273-00. 2000. Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials. American Society for Testing and Materials International, west Conshohocken, Pennsylvania.
3. ASTM D 1037-96. 1999. American Society for Testing and Materials. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. West Conshohocken, Pa.
4. ASTM C 272-01. 2001. ASTM International standard test method for water absorption of core materials for structural Sandwich constructions. Annual Books of standards. American Society for Testing and Materials International, west Conshohocken, Pennsylvania.
5. Barboutis, I., and Vassiliou, V. 2005. Strength Properties of Lightweight Paper Honeycomb Panels For The Furniture, Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Forestry and Natural Environment and Department of Harvesting and Forest Products Technology, 1: 1-6.
6. Bodirlau, R., and Teaca, C.A. 2009. Fourier transforms infrared spectroscopy and thermal analyses of lignocellulose fillers treated with organic anhydrides. Rom. Journ. Phys, 54: 1-2. 93-104.
7. Bodirlau, R., Teaca, C.A., Resmerita, A.M., and Spiridon, I. 2012. Investigation of structural and thermal properties of different wood species treated with toluene-2,4-diisocyanate. Cellulose chemistry and technology, 46: 5-6. 381-387.
8. Boonstra, M.J., and Tjeerdsma, B.F. 2006. Chemical analysis of heat-treated softwoods. Holz als roh und Werkstoff, 64. 204-211.
9. Coates, J. 2000. Interpretation of Infrared Spectra, a Practical Approach. In: Meyers R., editor. Encyclopedia of Analytical Chemistry. Chichester: John Wiley and Sons, 10815-10837.

10. Colom, X., Carrillo, F., Nogues, F., and Garriga, P. 2003. Structural analysis of photo degraded wood by means of FTIR spectroscopy. *International Journal of Polymer Degrad. Stab*, 80: 543–549.
11. Ding, T., Gu, L., and Li, T. 2011. Influence of steam pressure on chemical changes of heat-treated Mongolian pine wood. *BioResources*, 6: 2.1880-1889.
12. Ebrahimi, G. 2013. *Mechanical Wood Composite Products*. Tehran Univ. Press, 680p. (In Persian)
13. Ebringerova, A., Heromadkova, Z., Kostalova, Z., and Sasinkova, V. 2008. Chemical valorization of agricultural by-products: isolation and characterization of xylan-based antioxidants from almond shell biomass. *BioResources*, 3: 60-70.
14. Edoga, M.O. 2006. Comparative study of synthesis procedures for urea-formaldehyde resins (Part I). *Leonardo Electron International Journal of Pract Techno*, 72: 1. 607-17.
15. Charles, R., Frihart, C.R., and Wescott, J.M. 2004. Improved water resistance of bio-based adhesives for wood bonding, In: Jorge, F.E. (Ed.), *Proceedings of ICECFOP1–1st International Conference on Environmentally-Compatible Forest Products*, Oporto, Portugal, September 22–24, Pp: 293-302.
16. Gierlinger, N., Goswami, L., Schmidt, M., Burgert, I., Coutand, C., Rogge, T. and Scwanninger, M. 2008. In situ FT-IR microscopic study on enzymatic treatment of poplar wood cross-sections. *International Journal of Biomacromolecules*, 9.2194-2201.
17. Harless, T.E., Wagner, F.G.J., Short, P.H., Seale, R.D., Mitchell, P.H., and Ladd, D.S.A. 1987. Model to predict the density Profile of particleboard Wood and Fiber. *International Journal of Applied Polymer Science*, 19: 1.81-92.
18. Heebink, B.G., Lehmann, W.F., and Hefty, F.V. 1972. Reducing Particleboard Pressing Time: Exploratory Study. *Journal of Forest Service Res*, 16: 4.19-29.
19. Khatibi, M., and Rahimi, H. 2005. Fabrication Process and an Investigation of Properties of Thermoplastic Honeycomb Sandwich Panels. *Journal of Polymer science and technology*, 17: 6.351-345.
20. Kumar, A., Gupta, A., Sharma, K.V., Nasir, M., and Ahamed Khan, T. 2013. Influence of activated charcoal as filler on the properties of wood composites. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 46: 34-3.
21. Ledbetter, C.A. 2008. Shell cracking strength in almond (*Prunus dulcis* [Mill.]D.A.Webb.) and its implication in uses as a value-added product. *Bioresource Technology*, 99: 55.67–73.
22. Lee, J., Gwak, K., Park, J., Park, M., Choi, D., Kwon, M., and Choi, I. 2007. Biological pretreatment of softwood *pinus densiflora* by three white rot fungi. *Journal of Microbiology*, 45: 485-491.

23. Leiva, P., Ciannamea, E., Ruseckaite, R.A., and Stefani, P.M. 2007. Medium-density particleboards from rice husks and soybean protein concentrate. *International Journal of Applied Polymer Science*, 106: 2.1301–1306.
24. Muller, U., Ratzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M., and Zobl, H. 2003. Yellowing and IR-changes of spruce wood as results of UV-irradiation. *International Journal of photochemistry Photobiology B, Biology*, 69: 97-105.
25. Nemli, G. 2003. Effects of some manufacturing factors on the properties of particleboard manufactured from alder (*Alnus glutinosa subsp. Barbata*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27: 3.99-104.
26. Okino, E.Y.A., Termeira, D.E., and Menezzi, C.H.S. 2007. Post-Thermal Treatment of oriented strand board (OSB) made from cypress (*Cupressus glauca lam*). *MADERAS: Ciencia y Tecnología*, 3.199-210.
27. Onuorah, E.O., and Anambrastate, L.G.A. 2011. The effects of some manufacturing variables on the properties of particleboard. *Nigerian Journal of Technology*, 20: 1.19-41.
28. Pirayesh, H., and Khazaeian, A. 2012. Using almond (*Prunus amygdalus L.*) shell as a bio-waste resource in wood based composite. *Composites: Part B*, 43: 3.1475-1479.
29. Pandey, K.K., and Pitman, A.J. 2003. FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International Journal of Bio-deterioration and Biodegradation*, 53: 3.151-160.
30. Seller, T., George, D., and Smith, W. 2005. Tool wear properties of five extender fillers in adhesive mixes for plywood. *Forest products journal*, 55: 3.27-31.
31. Simon, C., George, B., and Pizzi, A. 2002. Copolymerization in UF/PMDI adhesives networks. *Journal of Applied Polymer Science*, 86: 14.3681-3688.
32. Sain, M., and Panthapulakkal, S. 2006. Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization. *Industrial Crops and Products*, 23:1.1-8.
33. Urrestarazu, M., Martinez, G.A., and Carmen Salas, M.D. 2005. Almond shell waste: possible local rockwool substitute in soilless crop culture. *Scientia Horticulturae*, 103.453-60.
34. Wang, D. 2006. Compression breakage properties research on the honeycomb. *International Journal of paperboard Packaging Engineering*, 27: 1.37-39.
35. Wang, S., Winistorfer, P.M., Young, T.M., and Helton, C. 2001. Step-closing pressing of medium density fiberboard. Part 1. Influences on the vertical density profile. *Holz als roh-und Werkstoff*, 59.19-26.
36. Wang, S., Winistorfer, P.M., and Young, T.M. 2004. Fundamentals of vertical density profile formation in wood composites. Part 3. MDF density formation during Hot-pressing. *Journal of the Society of Wood Science and Technology*, 36: 1.17-25.

37. Widyorini, R., Xu, J., Umemura, K., and Kawai, S. 2005. Manufacture and properties of binder less particleboard from bagasse. I. Effects of raw material type, storage methods, and manufacturing process. *Journal of Wood Sci*, 51: 6.648–654.
38. Zhand, S., Masoudifar, M., Saraeian, A.R., and Ghasemian, A. 2014. Comparison of hot water and alkaline pre-treatments on the properties of wheat straw NSSC pulp. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28: 4.774-794.
39. Zhou, D., Zhang, L., and Guo, S. 2005. Mechanisms of lead bio sorption on cellulose/chitin beads. *Water Research*, 39: 16.3755–3762.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 23 (2), 2016  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Investigation of treatment effect of giant reed particles used in core layer of sandwich panel on physical and mechanical properties**

**\*M. Nazerian<sup>1</sup>, V. Moazami<sup>2</sup>, S.R. Farrokhpayam<sup>3</sup> and R. Mohebbi Gargarii<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Associated Prof., Dept., of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran, <sup>2</sup>M.Sc. Student, Dept., of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept., of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran, <sup>4</sup>Lecturer, Dept., of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran

Received: 08/02/2014; Accepted: 04/19/2015

### **Abstract**

**Background and objectives:** In this study, effect of treatment of reed (*Arondo donax*) particles used in core layer of sandwich panel in three levels (untreated, heat treated and hot-water- treated particles), press closing time in two levels (5 mm/s and 9 mm/s) and almond shell powder/ melamine formaldehyde + urea formaldehyde resin ratio used in glue line in three levels (3: 97, 18: 82 and 33: 67) on the some physical and mechanical properties of sandwich panel were evaluated based on ASTM.

**Materials and methods:** Reed particle with the 7 % MC was used in core layer of sandwich panel. The manufacturing panels in two stages: producing core layer and veneering core layer with fir species was done. UF and MF resins with the 50:50 weight ratio was used as binder. After gluing and forming cake, particles were transformed into the press. Temperature, time and pressure level applied by press were 180°C, 12min and 30 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. After the core layer manufacturing and gluing the surfaces of upper and under veneers, the core layer was arranged between veneers and was pressed under 150°C, 120s and 0.2kg/cm<sup>2</sup> press situations. After trimming, determination tests of modulus of elasticity, internal bonding, tensile strength of screw and nail and water absorption was done. The results were analyzed, statistically. It was used the Duncan's multiple range test in order to comparison of mean values.

**Results:** panels manufactured from hot –water treated reed particles in core layer pressed with longer press closing time (5 mm/s) had the maximum MOR(15.6

---

\*Correspondence author: [morteza17172000@yahoo.com](mailto:morteza17172000@yahoo.com)



N/mm<sup>2</sup>), tensile strength of screw (136.32 N/mm), nails (14.01 N/mm), dry internal bonding (0.26 N/mm<sup>2</sup>) and wet internal bonding (0.16 N/mm<sup>2</sup>).

**Conclusion:** the almond shell powder/ melamine formaldehyde + urea formaldehyde resin ratio in glue line had no effect on the studied properties of panels, significantly, but it affected the bending strength, significantly. Besides, the type of treatment of particles used in core layer, and press closing time had effect on all of the panel properties, significantly. According to the obtained FT-IR spectral from specimens manufactured from different treated reed particles, hot-water-treated causes to increment of hydrogen bond quantities. Moreover, macroscopic photos showed that the hot-water-treated formed the best surface quality in order to create suitable chemical bond.

**Keywords:** Sandwich panel, Physical and mechanical properties, Reed, Almond shell powder

