

## اثر تیمار لایه مغزی و مقدار پرکننده پودر بادام در خط چسب بر روی مقاومت چسبندگی کششی ساندویچ پانل

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

۱- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، پست الکترونیک: morteza17172000@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

۳- مربی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۴

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر تیمار خرده‌های نی (*Arundo donax*) بکار رفته در لایه میانی پانل ساندویچی (بدون تیمار، با تیمار حرارتی خشک و آب جوش) و نیز نسبت وزنی پودر پوسته میوه بادام به رزین ملامین اوره فرم‌آلدئید در سه سطح (۳:۹۷، ۱۸:۸۲ و ۳۳:۶۷) بر روی مقاومت چسبندگی کششی خشک و تر (بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش) پانل ساندویچی بوده است. تحلیل آماری نتایج و گروه‌بندی دانکن نشان داد که نوع تیمار خرده‌های لایه میانی و نسبت پودر پوسته میوه بادام تأثیر معنی‌داری بر روی مقاومت چسبندگی کششی خشک و تر داشته است. نتایج حاصل از طیف‌های FT\_IR به‌دست آمده از نمونه‌های هیئت‌رئیس‌های ساخته‌شده با خرده‌های تحت تیمار آب جوش نیز نشان داد که تیمار آب جوش باعث افزایش تعداد پیوندهای شیمیایی می‌شود. همچنین تصاویر میکروسکوپی نشان داده است که تیمار آب جوش بهترین سطح، جهت اتصال مطلوب را می‌تواند ایجاد کند. به‌طورکلی پانل‌های حاوی خرده‌های تیمار شده با آب جوش در لایه مغزی و ۳۳ درصد پرکننده پودر پوسته میوه بادام در خط چسب بیش‌ترین مقاومت چسبندگی کششی در حالت خشک (۵/۰۱ MPa) و تر (۲/۸۶ MPa) را داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: پانل ساندویچ، پوسته میوه بادام، طیف مادون‌قرمز، پودر، مقاومت چسبندگی کششی

### مقدمه

لیگنوسلولوزی همچون نی، کاه گندم و غلات (Sain & Leiva et al., 2006)، ساقه و پوسته برنج (Panthapulakkal, 2006)، ساقه باگاس (Widyorini et al., 2005)، ساقه آفتاب‌گردان (Nemli, 2003) و دیگر مواد و پسماندهای کشاورزی انجام گرفته است. از این مواد لیگنوسلولوزی می‌توان کاربردهای بهینه‌تری در ساخت چندسازه‌های مختلف همچون صفحات چندسازه ساندویچی نمود. به‌طورکلی، با کاربرد این صفحات وزن سازه کاهش یافته و در نتیجه مواد اولیه کم‌تری مصرف می‌شود. این در حالی

با توجه به کاهش منابع جنگلی، در سال‌های آینده عمده‌ترین و اصلی‌ترین منابع سلولوزی کشور، چوب‌آلات غیرصنعتی و دیگر مواد لیگنوسلولوزی خواهند بود. در این راستا، باید برنامه‌ریزی‌ها را در جهت تولید فرآورده‌هایی بر پایه ضایعات و مواد لیگنوسلولوزی با اهمیت‌تر و ضروری‌تر سوق داد و تلاش کرد که برای رسیدن به این هدف از مواد لیگنوسلولوزی و چوب‌آلات غیرصنعتی مختلف، بیش‌ترین استفاده را به‌عمل آورد. پژوهش‌های مختلفی بر روی مواد

کرد. Ding و همکاران (۲۰۱۱) اثر فشار بخار در تغییرات شیمیایی را مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند که تغییرات در پلی ساکاریدها بیش تر از لیگنین بوده است. در صنایع فرآورده های پانل ساندویچی، برای اتصال لایه های سطحی با مغزی از مخلوط رزین با مواد موسوم به فیلر (پرکننده) یا اکستندر (بسط دهنده) استفاده می شود. این مواد که منشأ آلی یا معدنی دارند، ارزان تر از چسب بوده و برای کم کردن نفوذ چسب به داخل لایه ها می توان آن ها را جایگزین مقداری از چسب کرد. در حال حاضر صنایع فرآورده های لایه ای در ایران بیش تر از آرد گندم به عنوان فیلر-اکستندر استفاده می کنند؛ بنابراین با در نظر گرفتن این موضوع که گندم، منبع اصلی غذایی مردم ایران است، از این رو شایسته است بررسی هایی برای دست یابی به منابع جدید و مواد جایگزین همچون پوست میوه بادام انجام گیرد. ایران با تولید ۱۱۰ هزار تن بادام در جهان در رتبه سوم بزرگ ترین تولیدکنندگان بادام در جهان است (Urrestarazu, et al., Pirayesh & Khazaeian, 2012). پوست بادام بین ۳۵ تا ۷۵ درصد کل میوه بادام را تشکیل می دهد، لذا هر ساله بین ۴۴ تا ۹۴ هزار تن پوست بادام در ایران تولید می شود که هنوز کاربرد مثبتی برای استفاده آن یافت نشده است (Ebringerova, et al., 2008). بررسی های زیادی نیز در مورد اثر مواد افزودنی بر خواص تخته ها انجام گرفته است. Seller 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٪ آرد پوست گردو و ۳۵٪ باقی مانده فورفورال پوسته جوی دو سر می تواند مقدار بهینه مصرف باشد.

Moezzi pour و Doosthoseini (۲۰۱۱) استفاده از کاغذ باطله، روزنامه و کارتن را به عنوان پرکننده رزین اوره فرم آلدئید در سطح ۵٪ برای ساخت تخته لایه مورد بررسی قرار دادند. آن ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از هر سه نوع کاغذ باطله به عنوان پرکننده باعث کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت می شود. همچنین اظهار داشتند که بهترین تأثیر در کاهش جذب آب مربوط به کاغذ تحریر

است که مقاومت های مکانیکی و فیزیکی را می توان در حد مطلوبی حفظ نمود.

تاکنون هدف اصلی اصلاح چوب و اوراق مرکب چوبی، بیش تر بهبود ویژگی های فیزیکی بوده و توجه کم تری به بهبود خواص مکانیکی این فرآورده ها شده است. در این میان، ویژگی چسبندگی تأثیر مهمی هم بر خواص مکانیکی و هم بر خواص فیزیکی چندسازه های بر پایه مواد لیگنوسلولزی دارد (Simon et al., 2002). در میان مواد لیگنوسلولزی مختلف، پژوهش زیادی بر روی امکان کاربرد نی در تولید صفحات فشرده چوبی و مخصوصاً صفحات ساندویچی صورت نگرفته است. با توجه به مزیت های نسبی نی، این ماده دارای معایبی نیز برای تولید صفحات فشرده چوبی می باشد. به نحوی که سیلیس زیاد موجود در نی و سطح صیقلی آن امکان چسبندگی مناسب را سلب می کند. این امر در ارتباط با پانل های ساندویچی که دارای دانسیته سبک و پایینی می باشند، مشهودتر می تواند باشد. لذا روش های مختلف فیزیکی و شیمیایی و یا ترکیبی از این دو را می توان به منظور حذف این مواد مضر جهت اتصال مستحکم بین ماتریس (رزین) و فیلر (ذرات چوبی یا لیگنوسلولزی) جهت بهبود خواص فیزیکی - مکانیکی انجام داد. نمونه ایی از این روش ها: تیمار حرارتی، هیدروترمیک و غیره می - باشد. تیمار با آب جوش می تواند باعث حذف بعضی از ترکیبات احتمالاً مضر موجود در این مواد گردد. مواد قابل حل در آب گرم (حدود ۹۵ درجه سانتی گراد) شامل کربوهیدرات های قابل حل در آب، سیلکوزیدها، گلیکوزیدها، مقداری از اسیدهای آلی و خیلی از مواد فنلی می باشد. تیمار حرارتی خشک نیز سبب ایجاد تغییرات ساختاری در ترکیبات ماده لیگنوسلولزی شده و باعث تجزیه همی سلولزها به مواد فرار و پیرولیز آن در حین تیمار می شود. Okino (۲۰۰۷) به بررسی اثر تیمار حرارتی تراشه های زربین بر روی تخته تراشه جهت دار (OSB) پرداخت و در نتایج خود استفاده از تیمار حرارتی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد را برای بهبود خواص هیگروسکوپی، بدون اثرگذاری منفی بر روی خواص مکانیکی را، توصیه

درصد) برسد. برای انجام تیمار حرارتی خشک نیز خرده‌ها در داخل آون در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۴۵ دقیقه قرار داده شدند (شکل ۱). پس از به تعادل رسیدن رطوبت کلیه ذرات تیمار شده و نشده در هوای محیط (۷ درصد)، ذرات با یک الک آزمایشگاهی درجه-بندی شدند. سپس ذرات با ابعاد خیلی بزرگ و خیلی کوچک حذف شدند و نهایتاً ذرات با متوسط طول، عرض و ضخامت به ترتیب ۲۵، ۶ و ۱/۲ میلی‌متر به دست آمد.

پس از توزین و بسته‌بندی ذرات، ابتدا لایه مغزی پانل ساندویچی با ابعاد ۲۵×۴۰×۴۰ میلی‌متر ساخته شد. بدین منظور، پودر چسب UF و MF به صورت ۵۰:۵۰ داخل همزن آزمایشگاهی ریخته شد و با سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه کاملاً با هم مخلوط شدند. بعد از این که آب به روی خرده‌ها اسپری شد، پودر چسب ملامین فرمالدئید-اوره فرمالدئید ۵۰:۵۰ به میزان ۱۲ درصد وزن خشک نهایی تخته، بر روی الیاف طی سه مرحله جداگانه به منظور توزیع یکنواخت‌تر رزین پاشیده شد و توسط دستگاه چسب‌زن خرده‌های آغشته، به مدت ۲ دقیقه با وقفه‌های ۳۰ ثانیه‌ای با هم مخلوط شدند. پس از خارج کردن خرده‌ها از استوانه چسب‌زنی، تشکیل کیک خرده به صورت دستی و در یک قالب ۲۵×۴۰×۴۰ سانتی‌متر انجام شد. سپس کیک به داخل پرس منتقل گردید. حرارت پرس، زمان پرس و میزان فشار اعمال شده توسط پرس به ترتیب ۱۸۰°C، ۱۲ min و  $35 \text{ kg/cm}^2$  بود. دانسیته همه تخته‌ها نیز در حد  $0.40 \text{ g/cm}^3$  بر سانتی‌متر مکعب ثابت شد. پس از ساخت مغزی (لایه میانی)، تخته‌ها توسط روکش نراد روکش شدند. به منظور تعیین اثر پودر پوسته بادام به عنوان پرکننده چسب ملامین-اوره فرمالدئید (۵۰:۵۰) و خط چسب بر روی مقاومت چسبندگی کششی، از نسبت‌های ۳٪، ۱۸٪ و ۳۳٪ به عنوان متغیر دوم استفاده گردید. همچنین به منظور نفوذ کم‌تر رزین به داخل لایه‌ها و لایه مغزی از غلظت بالای رزین (۷۰ درصد) استفاده گردید. غلظت رزین و میزان مصرف رزین به ازای واحد سطح ( $\text{g/m}^2$ )، برای همه سطوح متغیر دوم، یکسان و برابر در نظر گرفته شد. پس از مالیدن رزین حاوی

بوده و بهترین تأثیر در کاهش واکنش‌دهی ضخامت در استفاده از کاغذ روزنامه مشاهده شده است. به واسطه کاربرد اکستندر، ویسکوزیته رزین افزایش می‌یابد. به طوری که ثابت شده است با افزایش ویسکوزیته می‌توان گروه‌های فعال اضافی برای واکنش‌های پلی‌مریزاسیون و پیوندهای عرضی را با رزین و چوب توسعه داد (Charles et al., 2004).  
به منظور شناخت عملکرد چسب و به وجود آوردن اتصال بین روکش گونه چوبی، لایه میانی و چسب و مشخص کردن کیفیت و قدرت اتصال بین چسب و روکش در لایه‌های سطحی، اندازه‌گیری و تجزیه تحلیل چسبندگی کششی اجتناب‌ناپذیر است. لذا بهبود چسبندگی کششی پانل ساندویچ ساخته شده با خرده‌های نی، نیاز به ارزیابی تأثیر نوع تیمار بکار رفته بر روی خرده‌های نی لایه مغزی و درصد پرکننده پوست میوه بادام در خط چسب احساس شد؛ بنابراین، هدف از این بررسی تأثیر ۱- نوع تیمار خرده‌های لایه مغزی (بدون تیمار، تیمار حرارتی خشک، تیمار آب جوش) ۲- میزان پرکننده پوست میوه بادام (۳٪، ۱۸٪، ۳۳٪) بر روی مقاومت چسبندگی کششی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

از نی در ساخت لایه مغزی پانل ساندویچ استفاده شد. بدین منظور پس از جمع‌آوری نی از نی‌زارهای منطقه چاه‌نیمه واقع در شهرستان زابل، از یک دستگاه خرمن‌کوب برای خرد کردن آن‌ها به ابعاد مناسب استفاده گردید. همچنین به منظور خشک کردن، خرده‌ها به مدت دو هفته در هوای آزاد قرار داده شدند تا رطوبت خرده‌ها به ۷ درصد برسد.

بر اساس طرح آزمونی استفاده شده، خرده‌های نی تهیه و برای انجام تیمار آب جوش و حرارتی خشک به منظور تعیین اثر نوع تیمار بر مقاومت به کشش خط چسب بین روکش و مغزی در پانل ساندویچ آماده شدند. بدین منظور خرده‌ها در آب جوش به مدت ۴۵ دقیقه قرار داده شدند. پس از پایان زمان تیمار، نمونه‌ها در مجاورت هوای آزاد قرار گرفتند تا رطوبت آن‌ها به رطوبت تعادل با محیط (۷

به دلیل پایین بودن دانسیته لایه مغزی و حفظ اتصالات از پیش تشکیل شده لایه مغزی، از دو شابلون ۲۵ میلی متری استفاده شد. در نهایت بعد از خروج تخته‌ها از پرس، نمونه‌ها به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاهی به منظور رسیدن رطوبت تخته به حد تعادل با محیط، قرار داده شدند.

درصد‌های متفاوت پرکننده بر روی سطوح لایه‌های رویی و زیرین، لایه مغزی (تخته ساخته شده) در بین لایه‌ها مونتاژ گردید. 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 در این مرحله نیز به ترتیب  $150^{\circ}\text{C}$ ، ۲ min و  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  بود.



شکل ۱- خرده‌های تحت تیمار ( بدون تیمار a، حرارتی خشک b، آب جوش c)

شدن کامل چسب (حدود ۲۴ ساعت) به وسیله مته گردبر مخصوص، اطراف دالی برداشته شده تا به زیر آینه برسند. برای آزمون چسبندگی کششی از دستگاه Pull-Off مدل Automatic ساخت کشور آمریکا، واقع در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی استفاده شد. چسبندگی (X) با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$X = \frac{4F}{\pi d^2}$$

F = نیروی گسیختگی (نیوتن)؛ d = قطر دالی آزمایشگاهی (mm)

پس از سپری شدن این زمان، نمونه‌ها با ابعاد نهایی  $350 \times 350 \times 25$  میلی متر با دانسیته  $0.40$  گرم بر سانتی متر مکعب پاک‌بری شدند. با توجه به تعداد متغیرها (دو عدد) و سطوح هر کدام، ۹ تیمار و در مجموع ۲۷ پانل ساندویچ‌ها ساخته شدند. آزمون مقاومت چسبندگی کششی روکش بر اساس استاندارد ASTM D 4541 انجام شد.

به منظور انجام آزمون چسبندگی کششی، ابتدا با چسب دو جزئی اپوکسی، دالی‌های مخصوص آزمون (از جنس آلومینیوم با قطر ۲۰ میلی متر) روی سطح نمونه‌ها چسبانده شدند و به کمک نوار چسب کاغذی ثابت نگه‌داشته شدند. پس از خشک

همچنین تغییرات ساختاری لایه مغزی پانل ساندویچ، توسط دستگاه لوپ مدل MZS-1065B بررسی گردید. قطعاتی از لایه مغزی نمونه‌های بدون تیمار، تیمار آب جوش و تیمار حرارتی خشک تهیه و سپس تصاویر آن‌ها با بزرگنمایی ۶۶x مشاهده گردید.

از دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) جهت آنالیز نوع تیمار لایه مغزی 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. پس از استقرار نمونه‌ها در گیره دستگاه و تثبیت آن‌ها، طیف‌های مربوطه به‌دست آمد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عامل‌های متغیر بر چسبندگی کششی پانل ساندویچ

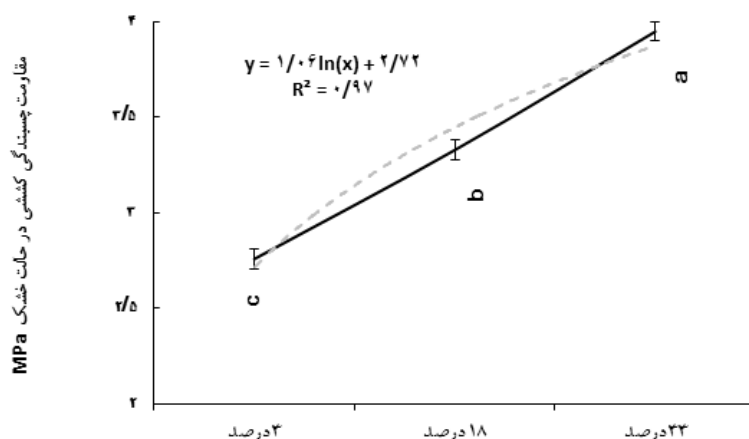
منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	معنی‌داری
مدل کنترل	۲۴/۷۴۴	۳/۰۹۳	۸	۱۲۱۰۰	۰/۰۰۰
نوع تیمار	۱۸/۱۲۳	۹/۰۶۲	۲	۳۵۴۶۰	۰/۰۰۰
درصد پرکننده	۶/۳۴۰	۳/۱۷۰	۲	۱۲۴۱۰	۰/۰۰۰
نوع و درصد پرکننده	۰/۲۸۱	۰/۰۷۰	۴	۲۷۴/۴۲۸	۰/۰۰۰

ضریب همبستگی: ۰/۹۹

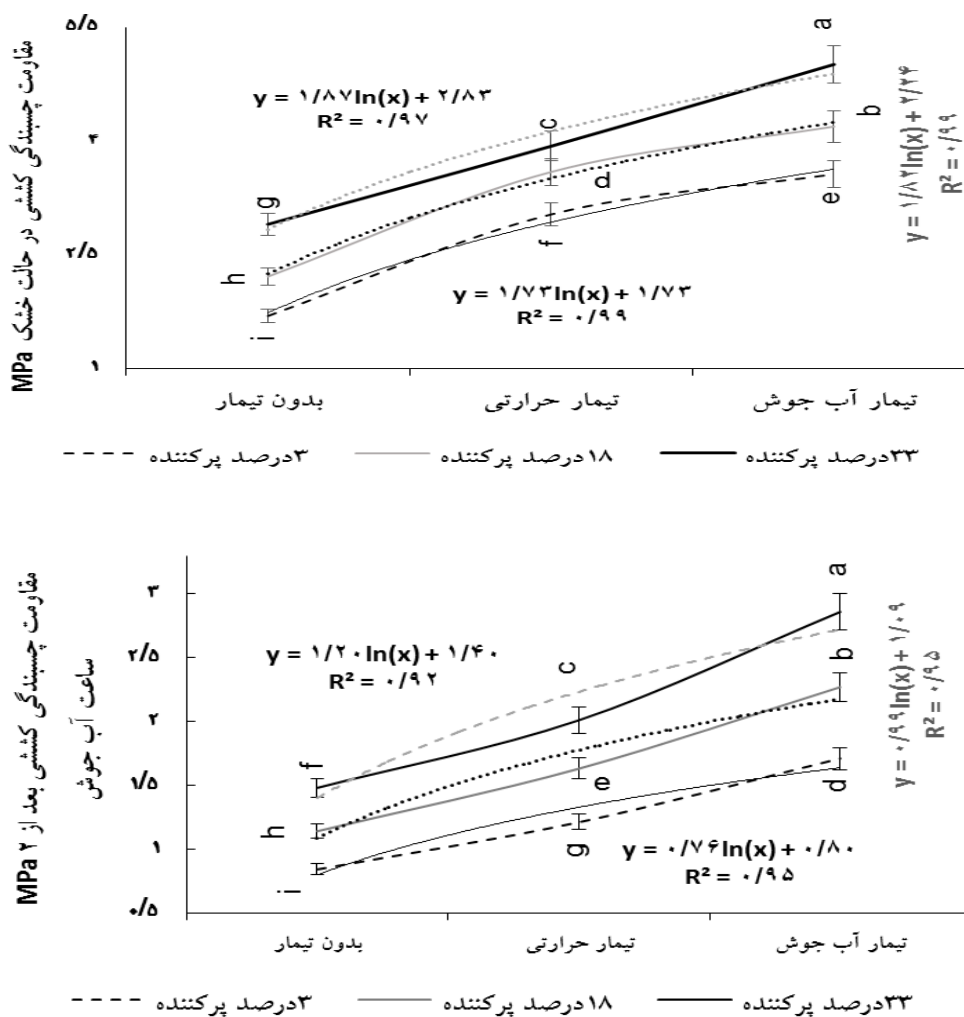
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عامل‌های متغیر بر چسبندگی کششی بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش

منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	معنی‌داری
مدل کنترل	۹/۳۳۲	۱/۱۶۷	۸	۱۳۲۵	۰/۰۰۰
نوع تیمار	۵/۷۶۷	۲/۸۳۳	۲	۲۸۸۳	۰/۰۰۰
درصد پرکننده	۳/۳۵۴	۱/۶۷۷	۲	۱۰۵۳	۰/۰۰۰
نوع و درصد پرکننده	۰/۲۱۱	۰/۰۵۳	۴	۳۳۱/۱۷۴	۰/۰۰۰

ضریب همبستگی: ۰/۹۹



شکل ۲- اثر مستقل درصد پرکننده در خط چسب و نوع تیمار لایه میانی بر مقاومت چسبندگی کششی پانل ساندویچ



شکل ۳- اثر متقابل درصد پرکننده در خط چسب و نوع تیمار لایه میانی بر مقاومت چسبندگی کششی پانل ساندویچ

### نتایج

همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، چسبندگی کششی پانل ساندویچی در حالت خشک در پانل‌های ساخته شده با ۳۳ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب نسبت به پانل‌های ساخته شده با ۳ و ۱۸ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب به ترتیب ۱۸/۶۱٪ و ۴۳/۱۱٪ و پانل‌های ساخته شده با ۱۸ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب نسبت به ۳ درصد پرکننده پودر پوسته بادام ۲۰/۶۵٪ بیش‌تر می‌باشد. همچنین پانل‌های ساخته شده با خرده‌های تیمار شده به وسیله آب جوش نسبت به پانل‌های

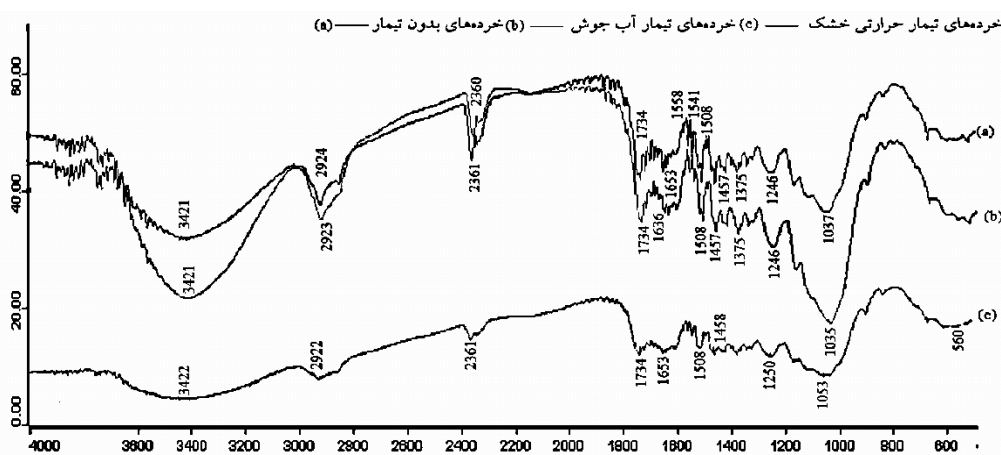
نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر چسبندگی کششی روکش در حالت خشک و بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش در جداول ۱ و ۲ و میانگین‌ها و گروه‌بندی دانکن نیز در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که تأثیر مستقل و متقابل نوع تیمار خرده‌های لایه میانی و درصد پرکننده پودر پوسته بادام بر چسبندگی کششی پانل ساندویچی در حالت خشک و بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

شده از خرده‌های تیمارشده با آب جوش و ۳۳ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب (۲/۸۶ مگاپاسکال) و کم‌ترین آن مربوط به پانل‌های حاصل از خرده‌های بدون تیمار و ۳ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب (۰/۸۳ مگاپاسکال) بوده است (شکل ۳).

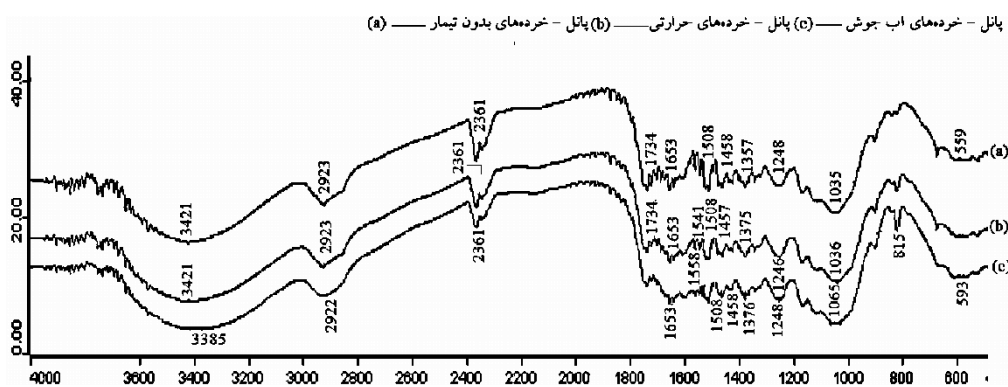
جهت شناسایی ترکیبات خرده‌های نی با تیمارهای مختلف (بدون تیمار، حرارتی خشک و آب جوش) و پیوندهای به-وجود آمده با چسب، از طیف‌سنجی FT-IR بین طول موج  $600\text{ cm}^{-1}$  تا  $4000\text{ cm}^{-1}$  استفاده شد (شکل ۴، ۵ و ۶). به-وسیله طیف‌سنجی FT-IR مشخص گردید بین تیمارهای مختلف، تغییرات شدت پیک و برهم‌کنش گروه OH رزین دارای تفاوت‌های قابل توجه با یکدیگر هستند.

ساخته شده با خرده‌های تیمار شده به‌وسیله حرارت و بدون تیمار به ترتیب ۲۰/۷۳٪ و ۸۷/۲۲٪ و پانل‌های ساخته شده با خرده‌های تیمار حرارتی نسبت به پانل‌های بدون تیمار ۵۵/۰۶٪ بیش‌تر می‌باشد.

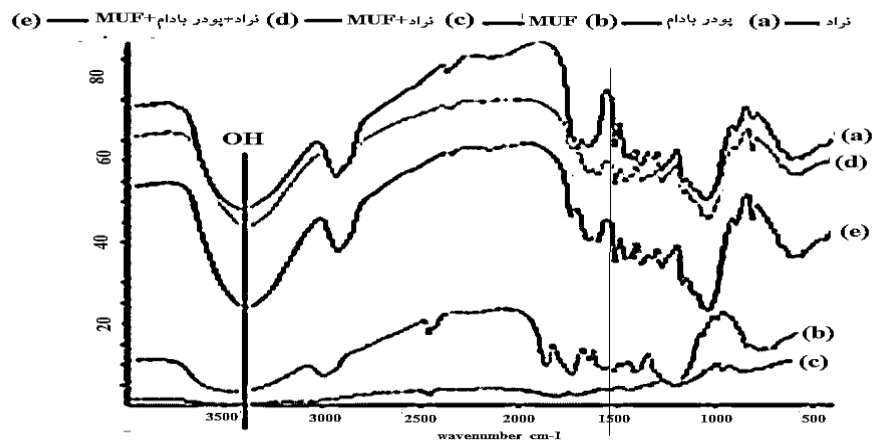
به‌طورکلی بیش‌ترین چسبندگی کششی پانل ساندویچ در حالت خشک مربوط به پانل‌های متشکل از خرده‌های تیمارشده به‌وسیله آب جوش و ۳۳ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب (۵/۰۱ مگاپاسکال) و کم‌ترین آن مربوط به پانل‌های متشکل از خرده‌های بدون تیمار و ۳ درصد پرکننده پودر پوسته بادام در خط چسب (۱/۶۹ مگاپاسکال) بوده است. بیش‌ترین مقاومت چسبندگی کششی روکش به مغزی پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب جوش مربوط به پانل‌های ساخته



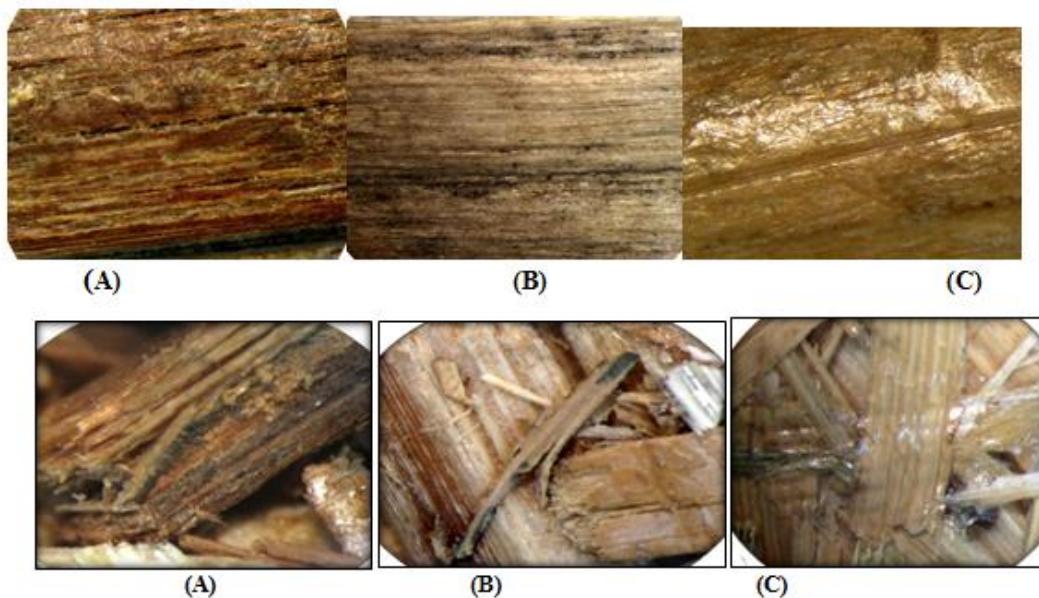
شکل ۴- طیف FT-IR از نمونه‌های خرده نی



شکل ۵- طیف FT-IR از نمونه‌های لایه میانی تخته ساندویچ



شکل ۶- طیف FT-IR از خط چسب پانل ساندویچی



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

### بحث

تکنیک FT-IR روش مناسبی برای تخمین و بررسی رفتار نوری مواد است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تفاوت معنی‌دار ۶۰ تا ۷۰ درصدی بین سه نوع تیمار خرده و پانل در طول موج  $1734\text{cm}^{-1}$  دیده می‌شود. این قله (پیک) مربوط به کشش  $\text{C}=\text{O}$  در گروه کربوکسیل است (Colom et al., 2003) و نشان می‌دهد که همی‌سلولز خرده‌های تحت تیمار آب جوش دارای گروه‌های استیل‌دار کم‌تر نسبت به

به‌منظور مقایسه اثر تیمار متفاوت بر کیفیت سطح خرده‌ها، از خرده‌های تیمار شده و تیمار نشده و نیز از سطح شکست در نمونه‌های آزمون چسبندگی داخلی تصاویر ماکروسکوپی تهیه شد. نتایج این بررسی حاکی از آن بود که بین سطوح خرده‌های پانل‌های تشکیل شده از سه تیمار مختلف (آب جوش، حرارتی خشک و بدون تیمار) تفاوت زیادی وجود دارد (شکل ۷).



$1375 \text{ cm}^{-1}$  در تخته‌های ساخته شده از ذرات تیمار شده با آب جوش مشاهده می‌شود (شکل ۳۱-۴) که این امر نشان‌دهنده یک پیوند اتری بین گروه‌های هیدروکسیل همی-سلولز و لیگنین می‌باشد (Colom *et al.*, 2003). طول موج کوچک در محدوده  $1458 \text{ cm}^{-1}$  نیز نشان‌دهنده ارتعاشات آروماتیک گروه فنیل (Bodirlau *et al.*, 2012)، طول موج  $1248 \text{ cm}^{-1}$  مشخصه کشش C-O لیگنین و زایلان می‌باشد (Pitman & Pandey, 2003) و یا معرف تغییر شکل ارتعاش کششی CH-OH و C-O-C سلولز می‌باشد (Gierlinger *et al.*, 2008). 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 به گروه‌های عاملی CH مربوط می‌شود (Bodirlau & Teaca, 2009). 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 C=C گروه آلفاتیک در زمان پرس باشد. همچنین طول موج در محدوده  $2924 \text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده ارتعاش کششی متقاطع C-H است که مربوط به اتر  $\text{CH}_2$ ،  $\text{CH}_2\text{OH}$  و  $\text{N-CH}_2$  می‌باشد (Kumar, 2013).

جهت شناسایی ترکیبات پرکننده (پودر پوسته بادام)، رزین سخت شده MUF، ترکیب پرکننده (پودر پوسته بادام) MUF / روکش نراد و MUF / روکش نراد، طیف‌های FT-IR نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. چنانچه در شکل ۶ طیف FT-IR ملاحظه می‌شود، تفاوت معنی‌داری در پهنای پیک در محدوده  $1500 \text{ cm}^{-1}$  تا  $1600 \text{ cm}^{-1}$  در نمونه‌های ترکیب پرکننده (پودر بادام) MUF / روکش نراد دیده می‌شود. افزایش پهنای پیک نشان‌دهنده افزایش پیوندهای عرضی می‌باشد. این پیک تشکیل پیوندهای عرضی با واکنش‌های کندانسه لیگنین را نشان می‌دهد (Colom *et al.*, 2003; Muller *et al.*, 2003). این اتصالات عرضی در

خرده‌های بدون تیمار و تیمار حرارتی خشک می‌باشد. این کاهش آبریزی ذرات در نتیجه حذف گروه‌های آبریز استیل، می‌تواند منجر به افزایش اتصالات شیمیایی بین پلیمرهای رزین با گروه OH همی‌سلولز شود. یک تغییر مهم در قله طیف  $1508 \text{ cm}^{-1}$  هم در ذرات خرده تحت تیمار آب جوش و هم در پانل‌های تشکیل شده از خرده‌های تحت تیمار آب جوش به وجود آمده است. طیف  $1508 \text{ cm}^{-1}$  جدا شدن زنجیرهای جانبی آلفاتیک در لیگنین و تشکیل پیوندهای عرضی با واکنش‌های کندانسه لیگنین را نشان می‌دهد (Colom *et al.*, 2003; Muller *et al.*, 2003). این اتصالات عرضی در شبکه لیگنین باعث افزایش چسبندگی داخلی و افزایش مقاومت پانل‌های ساندویچی می‌شود (Boonstra & Tjeerdsma, 2006). همان‌گونه که در شکل نیز ملاحظه می‌شود، طول موج  $3420 \text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده ارتعاش کششی متقاطع OH در مولکول سلولز است (Zhou *et al.*, 2005) و پهنی پیک به علت پیوند هیدروژنی بین مولکولی بین سلولز و رزین MUF است. به عبارتی دیگر پیوندهای هیدروژنی N-H از  $\text{NH}_2$  \_ به علت واکنش متیلینیزاسیون که در جریان اتصالات عرضی اتفاق افتاده، تشکیل شده‌اند (Edoga, 2006) که در خرده‌های تیمار شده با آب جوش و همچنین در پانل‌های ساخته شده از خرده‌های تیمار شده با آب جوش نسبت به دو تیمار دیگر پهنای پیک مختلفی وجود دارد. به وسیله پیک‌های به دست آمده از طیف FT-IR می‌توان پیوندهای هیدروژنی ایجاد شده را در خرده‌ها و پانل‌ها مشخص کرد (Coates, 2000). در پانل‌های تشکیل شده از خرده‌های تحت تیمار آب جوش، پیک‌های گروه 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 موجی نشان‌دهنده افزایش پیوند هیدروژنی می‌باشد (Lee *et al.*, 2007)؛ بنابراین تیمار آب جوش باعث می‌شود فعل‌وانفعالات قوی‌تری بین رزین و ذرات نی رخ دهد در نتیجه در تخته اتصالات قوی‌تری به وجود می‌آید. همچنین تفاوت معنی‌داری در پیک و پهنای آن در محدوده

رفته است؛ اما با این حال مشاهده شد که خود خرده نی در هنگام تیمار مقداری دچار تخریب (صدمات سطحی) شده است. این صدمه سطحی و ترک‌های ریز می‌تواند ناشی از خشک کردن خرده‌های نی باشد. پانل‌های ساخته شده با تیمار آب جوش بهترین چسبندگی داخلی 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 و سطح در حد مناسب پرزدار شده است در نتیجه رزین به مقدار مناسب نفوذ کرده و در هم‌روی مکانیکی به منظور حصول اتصالات شیمیایی مناسب را به وجود آورده است. همچنین پیش تیمار آب جوش باعث انحلال بخشی از همی‌سلولزها و خصوصاً مواد استخراجی آب‌گریز می‌شود (Zhand et al., 2014)، که این امر باعث می‌شود تا رزین بتواند بهتر سطوح ذرات را پوشانده و بهبود پیوندپذیری را در پی داشته باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده از طیف‌های FT-IR، تصاویر میکروسکوپی و تحلیل آماری نتایج، در ساخت پانل ساندویچی با لایه مغزی خرده‌های نی و روکش شده با نراد برای داشتن حداکثر ظرفیت چسبندگی کششی، استفاده از خرده‌های نی تیمار شده به وسیله آب جوش در لایه مغزی بیش از تیمار حرارتی خشک و بدون تیمار ترجیح داده می‌شود. همچنین استفاده از پرکننده پودر پوست میوه بادام تا حد ۱۸ تا ۳۳ درصد در خط چسب برای دستیابی به مقاومت چسبندگی کششی مناسب‌تر، ایدئال‌ترین حالت ممکن می‌باشد؛ بنابراین می‌توان با کاربرد میزان بیش‌تر پودر پوست میوه بادام پانل‌هایی تولید نمود که دارای مقاومت چسبندگی کششی مناسب بوده و باعث کاهش هزینه تولید پانل به موازات مصرف کم‌تر رزین شود.

شبکه لیگنین باعث افزایش چسبندگی داخلی و افزایش مقاومت پانل‌های ساندویچی می‌شود (Boonstra & Tjeerdsma, 2006). افزایش پرکننده پودر پوست بادام به رزین (۵۰:۵۰) MUF عملکرد چسبندگی را افزایش می‌دهد.

همچنین پرکننده از تردی و شکنندگی چسب MUF می‌کاهد و بر سختی و استحکام این رزین می‌افزاید (Veigel et al., 2011). سطح‌رویی لایه میانی به علت دانسیته پایین حدود ۰/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارای خلل و فرج فراوان می‌باشد، به طوری که استفاده از پرکننده پودر بادام باعث می‌شود تا رزین بیش‌از حد داخل لایه میانی نفوذ نکند و از ایجاد اتصال گرسنه جلوگیری شود. نتایج حاصله با نتایج به دست آمده توسط Seller و همکاران (۲۰۰۵) و Doosthoseini & Moezzi pour (۲۰۱۱) در تولید فرآورده‌های مختلف همخوانی دارد. با توجه به نتایج فوق، افزایش درصد وزنی پودر پوست بادام به عنوان پرکننده در خط چسب باعث افزایش چسبندگی روکش با لایه میانی می‌شود.

همان‌طور که از عکس‌های میکروسکوپی (عکس‌های ۷) خرده‌های تیمار شده و نشده و نیز 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 که علت صیقلی بودن و وجود سیلیس و مواد مومی بر روی سطح نی، رزین توانایی نفوذ کافی را برای اتصال نداشته است و رزین در سطح باقی‌مانده و ایجاد نفوذ بیش‌تر و در هم‌روی مکانیکی برای حصول اتصالات شیمیایی بیش‌تری بین رزین و گروه‌های OH ذرات نی را به وجود نمی‌آورد. به‌طور کلی سطح غیرفعال 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 ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد از بین

## سپاسگزاری

لازم می‌دانیم از سرپرست و آزمایشگاه دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی که در این پژوهش همکاری لازم را داشتند تشکر و سپاس‌گزاری داشته باشیم و برای این عزیزان سعادت و نیک‌بختی در تمام مراحل زندگی را از خداوند منان خواستاریم.

## منابع مورد استفاده

- of agricultural by-products: isolation and characterization of xylan-based antioxidants from almond shell biomass. *International Journal of Bioresources*, 3:60-70.
- 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.
  - 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, p. 293-302.
  - Gierlinger, N., Goswami, L., Schmidt, M., Burgert, I., Coutand, C., Rogge, T. and Schwanninger, M. 2008. In situ FT-IR microscopic study on enzymatic treatment of poplar wood cross-sections. *International Journal of Biomacromolecules*, 9: 2194-2201.
  - 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 & Adhesives*, 46: 34-3.
  - 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.
  - 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.
  - 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.
  - 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.
  - 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*). *Journal of Maderas Ciencia Technological*, 3: 199-210.
  - ASTM D 4541. 2002. Standard Test Method for Pull- Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
  - Bodirlau, R. and Teaca, C.A. 2009. Fourier transform infrared spectroscopy and thermal analyses of lignocellulose fillers treated with organic anhydrides. *International Journal of Rom. Journ. Phys.* 54(1–2): 93-104.
  - 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. *International Journal of Cellulose chemistry and technology*, 46 (5-6): 381-387.
  - Boonstra, M.J. and Tjeerdsma, B.F. 2006. Chemical analysis of heat-treated softwoods. *International Journal of Holz als roh und Werkstoff*, 64:204-211.
  - 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.
  - 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 Degrade. Stab*, 80: 543–549.
  - Ding, T., Gu, L. and Li, T. 2011. Influence of steam pressure on chemical changes of heat-treated Mongolian pine wood. *Journal of Bio Resources*, 6(2): 1880-1889.
  - Doosthoseini, k., and Moezzi b. 2011. Utilization of waste paper and old corrugated carton (OCC) as a filler of urea formaldehyde resin on plywood manufacturing. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26(2): 271-280.
  - Ebringerova, A., Heromadkova, Z., Kostalova, Z. and Sasinkova, V. 2008. Chemical valorization

- possible local rockwool substitute in soilless crop culture. *Journal of Scientia Horticulturae*, 103 (2005): 453-60.
- Veigel, S., Muller, U., Keckes, J., Obersriebnig, M., and Gindl-Altmutter, W., 2011. Cellulose nanofibrils as filler for adhesives: effect on specific fracture energy of solid wood-adhesive bonds. *Cellulose*, 18:1227-1237.
- 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.
  - 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.
  - Zhou, D., Zhang, L. and Guo, S. 2005. Mechanisms of lead bio sorption on cellulose/chitin beads. *Journal of Water Research*, 39(16): 3755-3762.
  - Pirayesh, H. and Khazaeian, A. 2012. Using almond (*Prunus amygdalus L.*) shell as a bio-waste resource in wood based composite. *International Journal of Composites: Part B*, 43(3): 1475-1479.
  - 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 Biodeterioration and Biodegradation*, 53(3): 151-160.
  - Seller, T., George, D. and Smith, W. 2005. Tool wear properties of five extender fillers in adhesive mixes for plywood. *International Journal of Forest products journal*, 55(3): 27-31.
  - Simon, C., George, B. and Pizzi, A. 2002. Copolymerization in UF/PMDI adhesives networks. *Journal of Applied Polymer Science*, 86(14): 3681-3688.
  - Sain, M. and Panthapulakkal, S. 2006. Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization. *Journal of Industrial Crops and Products*, 23 (1), 1-8.
  - Urrestarazu, M., Martinez, G.A. and Carmen Salas, M.D. 2005. Almond shell waste:

## The effect of core layer treatment and almond shell powder content in the glue line on the pull off adhesion of sandwich panel

M. Nazerian<sup>1\*</sup>, V. Moazami<sup>2</sup>, and R. Mohebbi Gargari<sup>3</sup>

1\*-Corresponding Author; Associate Professor, department of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran, E-mail: [morteza17172000@yahoo.com](mailto:morteza17172000@yahoo.com)

2-M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran

3-Trainer, Department of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran

Received: Aug., 2015

Accepted: Jan., 2016

### Abstract

The aim of this study was the evaluation of treatment effect of giant reed (*Arundo donax*) (untreated, heat-treated and hot-water-leached treatment) used in core layer of sandwich panel, and also the effect of weight ratio of almond shell powder to melamine/urea formaldehyde at three levels (3:97, 18:82 and 33:67 w/w) on the dry- and wet-pull off adhesion (after 2 hours immersion in boiling water) of sandwich panel. Statistical analysis and Duncan multiple range test showed that the type of treatment of core layer particle and the ratio of almond shell powder to melamine/urea formaldehyde statistically influenced the dry and wet-pull off adhesion. According to the FTIR spectra obtained from samples made from particle treated with hot-water, the hot-water treatment caused an increase in number of hydrogen bonds. Macroscopic photos, also, showed that hot-water treatment created the best surface quality in order to forming desirable bond. Generally, panel manufactured from hot-water-treated particles in core layer and 33% of almond shell powder in glue line had the highest pull off adhesion in dry (5.01MPa) and wet (2.86 MPa) conditions.

**Key word:** Sandwich panel, almond shell powder, FTIR, pull off adhesion.