

ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌لایه ساخته شده با چسب طبیعی سویا-تانن

سامان قهری^{۱*}، آتونویو پیزی^۲ و رضا حاجی حسنی^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: sghahri@rifr-ac.ir

۲- استاد شیمی صنعتی، LERMAB، دانشکده علوم، دانشگاه لورین، نانسی، فرانسه

۳- استادیار، بخش تحقیقات چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،

ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۱

چکیده

امروزه، با توجه به اهمیت خطرات مرتبط با سلامت انسان که ناشی از انتشار گاز فرمالدهید از چسب‌های متداول در تولید فراورده‌های چوبی مانند چسب اوره فرمالدهید است، چسب‌های طبیعی به عنوان راهکار جلوگیری از این خطرات مورد توجه قرار گرفته است. اما باید ویژگی‌های این چسب‌ها برای حصول به نتیجه مطلوب در تولید فراورده‌های چوبی بهینه شوند. این تحقیق نیز با هدف بهینه‌سازی چسب طبیعی سویا-تانن برای تولید تخته‌لایه با ویژگی‌های استاندارد انجام شده است. بر این اساس، چسب مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از آرد سویا و تانن در آزمایشگاه ساخته شد. برای بهینه‌سازی چسب سویا-تانن نیز از گرما در ۴ سطح دمای محیط، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. با استفاده از چسب سویا-تانن تیمار شده نمونه‌های تخته سه لایه از لایه‌های چوب گونه صنوبر با ضخامت اسمی ۲ میلی‌متر ساخته شدند. نتایج نشان دادند که تیمار حرارتی چسب‌ها روی مقاومت برشی تخته‌لایه مؤثر است. بیشترین مقاومت برشی در نمونه آزمونی ساخته شده با چسب تیمار شده با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. همچنین مقاومت برشی تخته‌لایه‌های ساخته شده در مقایسه با استاندارد EN 314-2 از مقادیر قابل قبولی برخوردار بودند. نتایج آزمایش مقاومت به گسیختگی تخته‌لایه (دلایینه شدن) در دوره‌های غوطه‌وری و خشکاندن نیز نشان دادند که طبق استاندارد ANSI/HPVA HP-1، در بین تمام نمونه‌های تخته‌لایه ساخته شده، نمونه‌های ساخته شده با چسب تیمار شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد برای کاربرد در شرایط درونی مناسب هستند. به‌طورکلی بهینه‌سازی چسب‌های سویا با گرما برای ساخت تخته‌لایه با ویژگی‌های مطابق با استانداردهای مورد بررسی در این تحقیق امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: مقاومت برشی، گسیختگی تخته‌لایه، چسب‌های طبیعی، فراورده‌های چوبی

مقدمه

گاز فرمالدهید از مسائل اصلی و حیاتی در صنعت چوب جهان به‌شمار می‌رود که در سال‌های اخیر به یک معضل تبدیل شده است (Pizzi, 2016). بر این اساس، یکی از راهکارها به‌کارگیری چسب سویا، به عنوان چسب بدون فرمالدهید در تولید فراورده‌های چوبی است. بر اساس

خطرات ناشی از انتشار گاز فرمالدهید برای سلامتی انسان در سال‌های اخیر یکی از مهمترین معضلات در سطح ملی و بین‌المللی است. از این رو تولید فراورده‌های چوبی با چسب‌های کم یا بدون فرمالدهید و فراورده‌های چوبی بدون انتشار

آن برای انسان و محیط‌زیست، قابلیت استفاده از چسب سویا همراه با چسب اوره فرمالدهید در ساخت تخته‌لایه با هدف کاهش انتشار فرمالدهید از آن توسط Taghiyari و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه شد. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که می‌توان به طور موفقیت‌آمیزی از چسب سویا-اوره فرمالدهید در ساخت تخته‌لایه استفاده کرد. همچنین استفاده از آرد سویا در ساخت چسب ضمن حفظ مقاومت برشی در مقادیر مشابه با استاندارد EN-۳۱۴، سبب کاهش میزان انتشار فرمالدهید از تخته‌لایه گردید، به طوری که با استفاده از ۱۵ درصد آرد سویا به همراه چسب اوره فرمالدهید حدود ۳۰ درصد از میزان انتشار فرمالدهید از تخته کاسته شد. این دستاورد از نظر کاهش انتشار گاز فرمالدهید و تلاش برای کاهش آلاینده‌گی محیط‌زیست بسیار حائز اهمیت است.

در رابطه با بهینه‌سازی چسب سویا از مواد مختلفی استفاده شده است. تانن‌ها از جمله مواد با منشأ طبیعی هستند که قابلیت اصلاح چسب‌های سویا را دارند (Pizzi, 2016; Ghahri and Pizzi, 2018). استفاده از چسب سویا در ترکیب با چسب ایزوسیانات، لیگنین و تانن میموزا به عنوان یکی از چسب‌های طبیعی و بدون انتشار فرمالدهید توسط Amaral-Labat و همکاران در سال ۲۰۰۸ مطالعه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که آرد سویا می‌تواند در ترکیب با تانن میموزا و ایزوسیانات به عنوان چسب در ساخت تخته خرده چوب مورد استفاده قرار گیرد. در تحقیقی که Ghahri و همکاران (۲۰۱۸) روی استفاده از اسید تانیک به عنوان اصلاح‌کننده چسب آرد سویا انجام دادند مشاهده کردند که اسید تانیک با قابلیت برقراری پیوند عرضی بین اسیدهای آمینه موجود در زنجیره‌های پلیمری پروتئین سویا می‌تواند ویژگی‌های چسب و فرآورده چوبی حاصل از آن را بهبود بدهد. همچنین نتایج نشان دادند که نسبت به چسب اصلاح نشده، مقاومت برشی و مقاومت به آب در چرخه‌های تر و خشک در تخته‌لایه ساخته شده با چسب اصلاح شده با اسید تانیک افزایش یافتند. قابلیت اصلاح چسب سویا (آرد سویا و پروتئین خالص) با دو نوع تانن هیدرولیز شدنی و تانن متراکم و استفاده از چسب سویای اصلاح شده برای ساخت تخته‌لایه توسط Ghahri

گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۷ بیشترین مقدار سویا در جهان، با اختلاف نسبت به سایر نقاط در نیا، در قاره آمریکا تولید شده است (FAO annual report, 2017). بر اساس این گزارش به ترتیب در قاره آمریکا حدود ۳۱۲ میلیون تن و در قاره آسیا حدود ۲۷ میلیون تن سویا تولید شده است. در قاره آمریکا، کشورهای ایالات متحده و برزیل و در قاره آسیا کشورهای چین و هند بیشترین سهم را در تولید سویا دارند. طبق گزارش FAO در ایران نیز در همین سال حدود ۲۰۰ هزار تن سویا تولید شده است.

استفاده از چسب سویا در صنایع فرآورده‌های مرکب چوب در سال‌های اخیر، زمینه فعالیت‌های تحقیقاتی متنوعی در نقاط مختلف جهان بوده است (Ghahri et al., 2021). همان‌طور که بیان شد یکی از مشکلات اصلی و مهم چسب اوره فرمالدهید انتشار گاز از محصولات چوبی ساخته شده از آن در محیط مصرف محصولات چوبی است که به طور مستقیم با سلامت انسان در ارتباط است. با هدف کاهش انتشار گاز فرمالدهید از مصنوعات چوبی، چسب سویا می‌تواند با انجام اقدامات اصلاحی مناسب به عنوان جایگزین مناسبی برای چسب اوره فرمالدهید مطرح شود. در راستای استفاده از ترکیب چسب سویا با چسب‌های سنتزی، پژوهش‌هایی نیز انجام شده است. Steele و همکاران (۱۹۹۸) از ترکیب چسب سویا با رزین فنل-رزورسینول فرمالدهید با نسبت برابر برای چسباندن اتصالات انگشتی الوارها استفاده کردند. استفاده از چسب‌هایی با سرعت گیرایی بالاتر و قابلیت ایجاد شبکه پیوندهای عرضی مانند فنل فرمالدهید، می‌تواند در نتیجه ایجاد پیوند با پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های آرد سویا، سبب افزایش مقاومت به رطوبت آن شود. به عبارت دیگر، فرمالدهید و رزین‌های فرمالدهیدی مانند فنل فرمالدهید، می‌توانند به عنوان عامل‌های ایجادکننده پیوندهای عرضی در چسب آرد سویا عمل کنند و ویژگی‌های رطوبتی و مقاومت‌های مکانیکی آن را افزایش دهند، اما در صورت استفاده از فرمالدهید همچنان مشکل انتشار آن وجود خواهد داشت (Wescott and Frihart, 2004). با توجه به مشکل انتشار فرمالدهید از فرآورده‌های چوبی و مشکلات ناشی از

شدند تا دوغاب آن حاصل شود. سپس محلول ۴۲ درصد تانن (SILVA Chimica, S. Michele Mondovi, Italy) بر اساس وزن خشک سویا به عنوان عامل اتصال دهنده پروتئین‌ها به دوغاب آماده شده افزوده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق، مخلوط تهیه شده هم زده شد تا مخلوط یکنواختی به دست آید. در این زمان واکنش‌های احتمالی بین گروه‌های عاملی تانن و گروه‌های عاملی موجود در اجزای تشکیل دهنده آرد سویا شروع، سپس چسب سویا-تانن آماده شده با درجه حرارت‌های دمای محیط، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه تیمار گرمایی شدند. تخته‌لایه های آزمایشگاهی با استفاده از لایه‌های گونه چوبی صنوبر (*Populus nigra*) با ضخامت اسمی ۲ میلی‌متر با پرس گرم آزمایشگاهی با گرمای پرس ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۱۰ دقیقه و فشار پرس ۱۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ساخته شدند. مقدار مصرف چسب نیز ۳۰۰ گرم بر متر مربع در نظر گرفته شد.

ویژگی‌های مکانیکی

برای انجام آزمون مقاومت برشی در شرایط خشک و پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در دمای محیط، نمونه‌های آزمونی تخته‌لایه طبق استاندارد EN 314-1 برش داده شدند و با مقادیر استاندارد EN 314-2 مقایسه شدند. همچنین آزمون مقاومت به گسیختگی تخته‌لایه‌ها طبق استاندارد ANSI/HPVA HP-1 طی سه دوره غوطه‌وری در آب در دمای محیط به مدت ۴ ساعت و خشکاندن در آون در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۹ ساعت انجام شد.

نتایج

مقاومت برشی تخته‌لایه

شکل ۱ اثر تیمار حرارتی چسب رو مقاومت برشی شرایط خشک نمونه‌های تخته‌لایه را نشان می‌دهد. شکل ۲ نیز نمونه‌های تخته‌لایه پس از انجام آزمون مقاومت برشی را نشان می‌دهد. برای مقایسه بهتر از مقدار استاندارد EN 314-2 برای تخته‌لایه ($1-2 \text{ N/mm}^2$) استفاده شده است. نتایج

همکاران در سال ۲۰۱۸ مطالعه شد. در این پژوهش تانن شاه‌بلوط و تانن میموزا برای بهینه‌سازی ویژگی‌های چسب مورد استفاده در ساخته تخته‌لایه استفاده گردید. مقدار مصرف چسب 300 g/m^3 در نظر گرفته شد و تخته‌ها در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از پرس داغ با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۶۰۰ ثانیه و فشار 11 kg/cm^2 ساخته شدند. نتایج ارزیابی‌های شیمیایی چسب با MALDI ToF نشان دادند که تانن‌ها قابلیت برقراری پیوندهای یونی و کوالانسی با اسیدهای آمینه موجود در پروتئین سویا را دارند. همچنین نتایج ارزیابی مقاومت برشی تخته‌لایه‌های ساخته شده با چسب سویای اصلاح شده نیز نشان دادند که افزودن تانن‌ها سبب افزایش مقاومت برشی در آزمون‌های تخته‌لایه می‌شود.

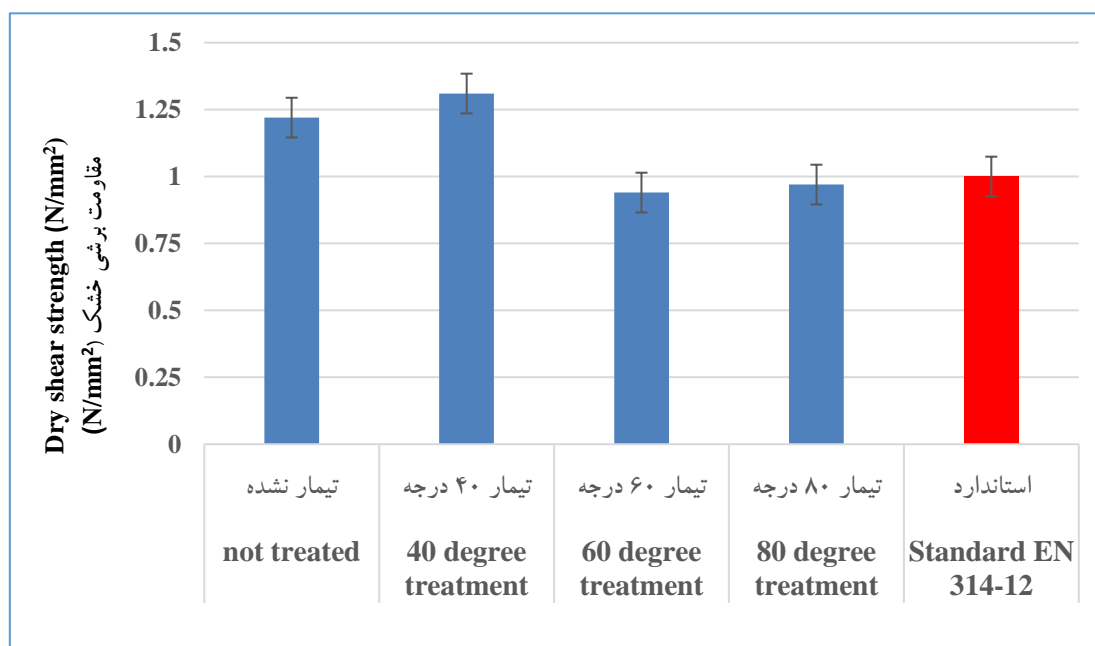
در همین راستا، نتایج مطالعات اخیر Ghahri و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از طیف‌سنجی MALDI ToF روی احتمال تشکیل پیوندهای کوالانسی بین اجزای تانن و اسیدهای آمینه پروتئین سویا نشان دادند که پیش از قرار گرفتن لایه‌های چسب خورده در داخل پرس داغ گرما می‌تواند سبب تسریع واکنش‌های شیمیایی و تشکیل پیوندهای کوالانسی بین اجزای تانن و اسیدهای آمینه پروتئین سویا شود. بنابراین، این پژوهش در راستای مطالعات قبلی و با هدف ارزیابی اثر پیش تیمار حرارتی چسب در دماهای مختلف روی عملکرد گیرایی آن در ساخت تخته‌لایه انجام شده است. نوآوری این پژوهش، بهینه‌سازی و تولید چسب طبیعی پایه سویا (فقط با سویا و تانن) بدون استفاده از هر گونه مواد شیمیایی سنتزی و ساخت تخته‌لایه با ویژگی‌های مورد قبول استاندارد EN می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای این کار از روش ارائه شده در تحقیق Ghahri و همکاران در سال (۲۰۱۸) استفاده شد (Ghahri et al., 2018). برای این منظور $18/38$ گرم آرد سویا واریته جی تی ایکس (شرکت بهپاک، بهشهر، ایران) با $44/19$ گرم آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق به صورت مکانیکی مخلوط

مقاومت برش شرایط خشک کاهش یافتند. البته یادآوری می‌شود که در مقایسه با استاندارد EN 314-2، تخته‌لایه‌های ساخته شده با چسب سویا-تانن از ویژگی قابل قبولی برخوردار هستند.

نشان دادند که تیمار حرارتی چسب‌ها روی مقاومت برشی شرایط خشک تخته‌لایه مؤثرند. افزایش دمای تیمار تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش مقاومت برشی نمونه‌های تخته‌لایه در شرایط خشک شده است. اما با افزایش بیشتر دمای تیمار حرارتی به ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد مقادیر



شکل ۱- اثر تیمار حرارتی چسب‌ها روی مقاومت برشی خشک

Figure 1. effect of heat treatment of Adhesives on dry shear strength

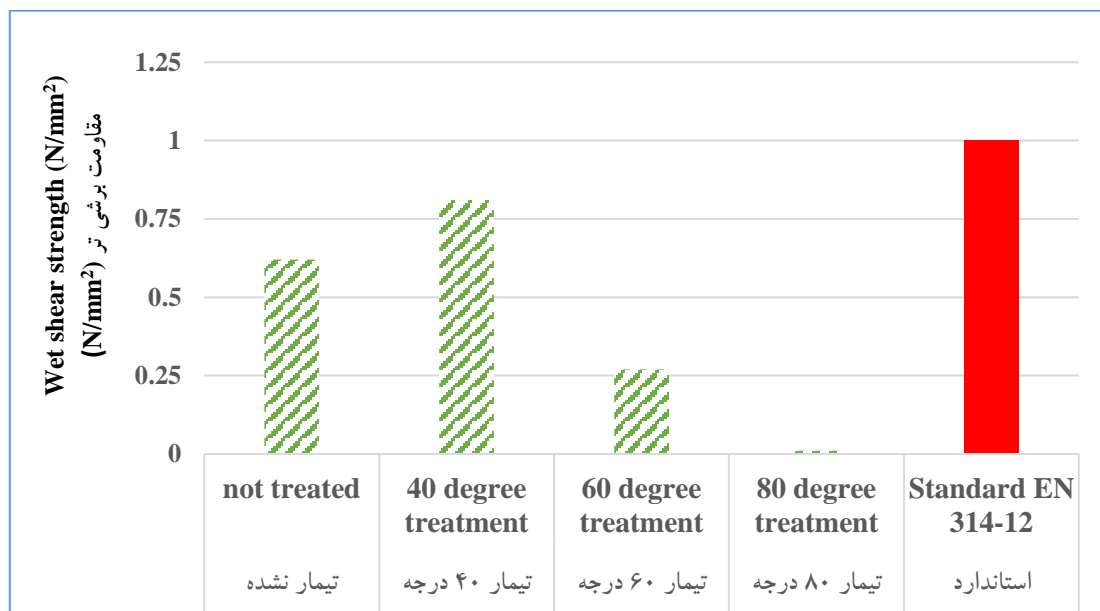


شکل ۲- نمونه‌های تخته‌لایه پس از انجام آزمایش مقاومت برشی

Figure 2. plywood specimens after shear test

شرایط پس از غوطه‌وری نیز اثرگذار است. در بین دماهای مختلف استفاده شده برای تیمار گرمایی چسب، تیمار انجام شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقاومت برشی را در شرایط تر نسبت به نمونه تیمار نشده و نمونه‌های تیمار شده با درجه حرارت‌های بالا ایجاد کرده است. به طوری که نمونه‌های ساخته شده با چسب تیمار شده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد کمترین مقاومت برشی تر (حتی کمتر از نمونه تیمار نشده) را به خود اختصاص دادند.

برای ارزیابی بهتر از کیفیت چسبندگی لایه‌ها، مقاومت برشی تر نمونه‌های تخته‌لایه (پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در دمای محیط) ارزیابی شد. شکل ۳ مقادیر مقاومت برشی تر تخته‌لایه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقاومت برشی تخته‌لایه‌ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در دمای محیط نسبت به شرایط خشک کاهش نشان می‌دهند. همچنین نتایج مقاومت برشی تر نشان دادند که تیمار حرارتی چسب روی مقاومت چسبندگی نمونه‌ها در



شکل ۳- اثر تیمار حرارتی چسب‌ها روی مقاومت برشی تر (پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در دمای محیط)

Figure 3. effect of heat treatment of Adhesives on wet shear strength (after 24 hours soaking in cold water)

از آزمون دوره‌ای خیس کردن-خشک کردن (غوطه‌وری در آب در دمای محیط و خشکاندن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد) هستند. همچنین اعداد داخل پرانتز درصد نمونه‌های سالم (گسیخته نشده) پس از دوره‌های غوطه‌وری در آب در دمای محیط و خشکاندن را نشان می‌دهند.

شکل ۴ نیز نمونه تخته‌لایه گسیخته شده و سالم پس از انجام آزمایش را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که تخته‌لایه‌های

گسیخته‌گی تخته‌لایه پس از چرخه‌های غوطه‌وری و خشکاندن

جدول ۱ شرایط انواع تخته‌لایه پس از آزمون دوره‌ای مقاومت به گسیخته‌گی لایه پس از غوطه‌وری در آب در دمای محیط و خشکاندن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. در این جدول عدد بالای کسر تعداد نمونه‌های سالم و عدد پایین کسر تعداد نمونه‌های گسیخته شده تخته‌لایه پس

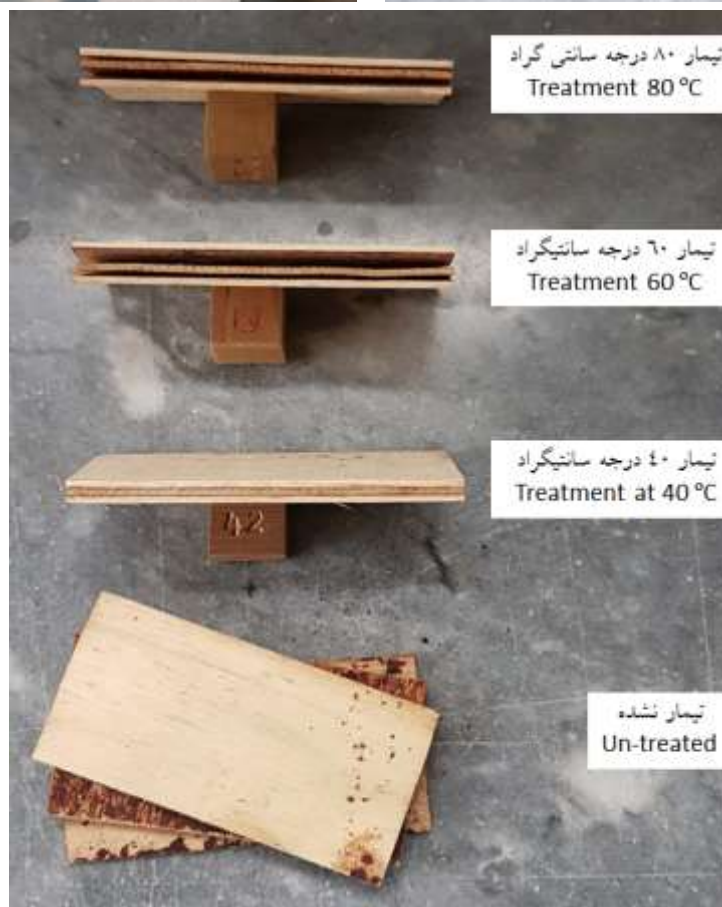
آزمون فقط نمونه‌های ساخته شده با چسب تیمار شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قابلیت استفاده در شرایط درونی را داشتند و تمام نمونه‌ها پس از سه دوره غوطه‌وری و خشکاندن حداقل مقدار لازم برای استفاده در شرایط بیرونی را نداشتند.

ساخته شده با انواع چسب سویا-تائن تیمار شده در دماهای مختلف عملکرد متفاوتی طی دوره‌های مختلف غوطه‌وری و خشکاندن در برابر گسیختگی دارند. بر اساس استاندارد ANSI/HPVA HP-1، در بین نمونه‌های ارزیابی شده در این

جدول ۱- اثر تیمار حرارتی چسب‌ها روی مقاومت به گسیختگی تخته‌لایه

Table 1. Effect of heat treatment of adhesives on plywood delamination

چسب‌ها Adhesives	دور اول First round	دور دوم Second round	دور سوم Third round	ارزیابی نتیجه Evaluation result
تیمار نشده Un-treated	8/8 (0%)	-	-	نامناسب Unsuitable
تیمار ۴۰ درجه سانتی‌گراد 40 °C treatment	0/8 (100%)	1/8 (87.5%)	3/8 (62.5%)	مناسب برای شرایط درونی Suitable for indoor condition
تیمار ۶۰ درجه سانتی‌گراد 60 °C treatment	7/8 (12.5%)	-	-	نامناسب Unsuitable
تیمار ۸۰ درجه سانتی‌گراد 80 °C treatment	7/8 (12.5%)	-	-	نامناسب Unsuitable
برای ANSI/HPVA HP-1 استاندارد شرایط درونی ANSI/HPVA HP-1 standards for indoor condition	95%	-	-	مناسب برای شرایط درونی Suitable for indoor condition
برای ANSI/HPVA HP-1 استاندارد شرایط بیرونی ANSI/HPVA HP-1 standards for outdoor condition	-	-	85%	مناسب برای شرایط درونی Suitable for outdoor condition



شکل ۴- نمونه‌های تخته لایه پس از آزمون گسیختگی

Figure 4. Plywood specimens after delamination test

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌لایه‌های ساخته شده با این چسب‌ها بررسی شد. نتایج نشان دادند که تغییرات دمای تیمار حرارتی چسب سویا-تانن روی ویژگی‌های مورد

بحث

در این پژوهش اثر تیمار گرمایی چسب سویا-تانن در دماهای مختلف (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) روی

نتایج قابل قبولی نیز تاکنون به دست آمده است. این تحقیق نیز قابلیت چسب سویا-تانن در ساخت فراورده چوبی و استفاده از گرما برای ارتقای ویژگی‌های آن برای ساخت تخته‌لایه با ویژگی‌های قابل قبول را نشان داد. این پژوهش می‌تواند اطلاعات مناسبی را برای تحقیقات آینده در راستای ارتقای ویژگی‌های این نوع چسب‌ها در اختیار محققان چسب‌های طبیعی قرار دهد. انجام تحقیقات جامع روی بهینه سازی چسب سویا و چگونگی مصرف و مقدار آن در تولید فراورده‌های چوبی مورد استفاده توسط مصرف‌کنندگان موضوعی ضروری و حیاتی به‌شمار می‌رود و گام مؤثری برای گسترش استفاده از چسب‌های بدون فرمالدهید در تولید فراورده‌های چوبی بدون انتشار گاز فرمالدهید (یا با حداقل انتشار گاز فرمالدهید) در سطح ملی و بین‌المللی است. با توجه به قابلیت موجود در کشت دانه‌های روغنی مانند سویا و رویکرد توسعه‌ای در زراعت آنها در آینده، توسعه چسب‌های طبیعی مانند سویا از نظر اقتصادی و اجتماعی نیز از توجه خوبی برخوردار خواهد بود.

منابع مورد استفاده

- Amaral-Labat, G.A., Pizzi, A., Goncalves, A.R., Celzard, A., Rigolet, S. and Rocha, G.J.M., 2008. Environment-friendly soy flour-based resins without formaldehyde. *Journal of Applied Polymer Science*, 108: 624-632.
- Food and Agriculture Organization (FAO) annual report, United Nations, 2017.
- Ghahri, S., Bari, E. and Pizzi, A., 2021. The Challenge of environment-friendly adhesives for bio-composites. In: Jawaid M., Khan T.A., Nasir M., Asim M. (eds) *Eco-Friendly Adhesives for Wood and Natural Fiber Composites*. Composites Science and Technology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4749-6_11
- Ghahri, S., Chen, X., Pizzi, A., Hajihassani, R. and Papadopoulos, A.N., 2021. Natural tannins as new cross-linking materials for soy-based adhesives. *Polymers*, 13: 4. 595-610.
- Ghahri, S. and Hajihassani, R., 2021. Possibility of replacing urea formaldehyde resin by soy adhesive in plywood production. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 28: 3. 131-142.
- Ghahri, S., Mohebbi, B., Pizzi, A., Mirshokraie, A. and

بررسی تخته‌لایه اثرگذار است. به‌عبارت‌دیگر، تیمار گرمایی چسب در دمای مناسب (۴۰ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌لایه ساخته شده با آن را بهبود دهد. مانند افزایش مقاومت برشی تخته‌لایه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش مقاومت به گسیختگی (دلایینه شدن) در چرخه‌های غوطه‌وری در آب در دمای محیط و خشکاندن در آن این تخته‌ها نیز تحت تأثیر میزان گرما در تیمار حرارتی چسب است.

گرما یکی از عوامل اصلی در تسریع برقراری پیوندهای شیمیایی بین اجزای تانن و اسیدهای آمینه پروتئین سویاست (Ghahri et al., 2021). میزان مناسبی از گرما در هنگام فراوری چسب می‌تواند تسریع کننده آغاز واکنش‌ها (پیش واکنش‌ها) در راستای تشکیل پیوندهای شیمیایی (پیوندهای کوالانسی و یونی) باشد (Ghahri et al., 2021). نتایج این تحقیق نشان دادند که افزایش درجه حرارت تیمار گرمایی چسب بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، سبب کاهش کیفیت گیرایی چسب در نمونه‌های تخته‌لایه شده است که در نتیجه این اتفاق، مقاومت برشی تخته‌لایه و مقاومت به گسیختگی در آب نیز کاهش یافت. از دلایل عمده کاهش این مقادیر می‌توان به تشکیل حداکثر پیوندهای کوالانسی بین اجزای تانن و اسید آمینه در اثر گرما پیش از گیرایی اصلی داخل پرس داغ، کاهش قابلیت نفوذ به سلول‌های چوب و در نتیجه اشکال در گیرایی نهایی چسب بین لایه‌ها در داخل پرس داغ اشاره کرد.

مقایسه مقادیر به‌دست آمده از آزمون مقاومت برشی تخته‌لایه ساخته شده با انواع چسب‌های سویا-تانن با استاندارد EN 314-2 نیز نشان دادند که این ویژگی در تخته لایه‌ها از حد مطلوب برخوردار است. نتایج آزمون گسیختگی لایه نیز نشان دادند که در صورت استفاده از تیمار گرمایی برای چسب‌های سویا-تانن می‌توان مقاومت به آب را در تخته‌لایه ساخته شده با این چسب‌ها افزایش داد، به‌نحوی‌که قابلیت استفاده برای کاربردهای درونی و بیرونی را داشته باشند. در حال حاضر مطالعات در زمینه چسب‌های طبیعی توسط محققان مختلفی در این زمینه در حال انجام هستند و

- Hemingway R.W., 1998. Finger jointing green southern yellow pine with a soy-based adhesive. *Adhesive Age*, 50: 1. 49-54.
- Taghiyari, H.R., Hosseini, B., Ghahri, S., Ghofrani, M. and Papadopoulos, A.N., 2020. Formaldehyde emission in micron-sized wollastonite-treated plywood bonded with soy flour and urea-formaldehyde resin. *Applied Sciences*, 10, 6709.
- Wescott J.M. and Frihart C.R., 2004. Competitive soybean flour/ phenol-formaldehyde adhesives for oriented strand board, 38th International Wood Composites Symposium Proceedings, August 6 – 8, 2004: 312-321. doi:10.3390/app10196709.
- Mansouri, H.M., 2018. Improving water resistance of soy-based adhesive by vegetable tannin. *Journal of Polymers and the Environment*, 26: 1881-1890.
- Ghahri, S. and Pizzi A., 2018. Improving soy-based adhesives for wood particleboard by tannins addition. *Wood Science and Technology*, 52: 261-279.
- Ghahri, S., Pizzi, A., Mohebbi, B., Mirshokraie, A. and Mansouri, H.M., 2018. Soy-based, tannin-modified plywood adhesives. *Journal of Adhesion*, 94, 218-237.
- Pizzi, A., 2016. Wood products and green chemistry. *Annals of Forest Science*, 73:185-203.
- Steele P.H., Kreibich R.E., Steynberg P.J. and

Mechanical and physical properties of plywood bonded with Bio-based Soy-tannin adhesive

S. Ghahri^{*1}, A. Pizzi² and R. Hajihassani³

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: sghahri@rifr-ac.ir

2- LERMAB, Faculte des Sciences, University of Lorraine, Blvd. des Aiguillettes, 54000 Nancy, France

3-Assistant Prof., Wood and Forest Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: March, 2022

Accepted: June, 2022

Abstract

Presently, because of the human health issues related to the formaldehyde gas emission initiated from traditional wood adhesives like urea formaldehyde, the bio-sbased adhesives has shown a good solution for preventing health hazards for human and the environment. To achieve an acceptable approach in wood based composites production, these adhesive need to qualify different standard limitations. This research was conducted to improve the bio-based soy-tannin adhesive for producing plywood with acceptable properties. For this goal, different adhesive formulations were prepared in the laboratory and they were treated at different temperature (40, 60, 80 °C). Poplar wood plies with 2 mm nominal thickness were used to produce plywood specimens. The results showed the effectiveness of adhesives with heat pre-treatments at different temperature on shear strength (dry and wet) of plywood specimens. The highest shear strength of plywood specimens was achieved for 40 °C treated adhesive in both dry and wet condition. Based on the results of shear strength test, all manufactured plywood specimens successfully met EN-314-2 standards requirement. Also, the results of delamination test revealed that plywood specimens which prepared by 40 °C treated adhesive can successfully use for indoor condition, based on ANSI-HPV-1 requirements.

Keywords: Shear strength, delamination, Bio-based adhesives, wood based composites