

ارزیابی ویژگی‌های تخته‌لایه از گونه صنوبر با استفاده از چسب‌های لیگنین-گلی‌اکسال

محمدرضا توپا اسفندیاری^۱، محمد طلایی پور^{۲*}، حبیب‌الله خادمی اسلام^۳، سید احمد میرشکرایی^۴ و بهزاد بازیار^۵

- ۱- دانشجوی دکتری گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
پست الکترونیک: m.talaeipoor@srbiau.ac.ir
۳- استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۴- استاد، گروه شیمی آلی و مواد لیگنوسلولوزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۵- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

در این بررسی از چسب‌های لیگنین-گلی‌اکسال با هدف جایگزینی ترکیبات زیستی به جای رزین‌های شیمیایی برای ساخت تخته‌لایه استفاده گردید. برای ساخت تخته‌لایه از لیگنین خالص (L%۱۰۰)، لیگنین-گلی‌اکسال ۱۵ درصد (L ۸۵G ۱۵)، لیگنین-گلی‌اکسال ۳۰ درصد (L ۷۰G ۳۰) و اوره-فرم‌آلدئید (تخته‌شاهد) در سطح ۱۶۰ گرم بر مترمربع به‌عنوان چسب همراه با کلرید آمونیوم ۱ درصد به‌عنوان هاردنر و آرد گندم ۳۰ درصد به‌عنوان پرکننده نسبت به وزن خشک چسب استفاده شدند. ویژگی‌های چسب‌ها مانند درصد ماده جامد، ویسکوزیته، دانسیته و pH اندازه‌گیری گردید. برای ساخت تخته‌لایه، لایه‌های سطحی به‌صورت هم‌جهت و لایه میانی عمود بر آنها در جهت مخالف همراه با چسب قرار داده شد و با انتقال به دستگاه پرس در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس و فشار ۵۰ بار و زمان پرس ۵ دقیقه ساخته شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون، شامل واکنش‌پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت برشی، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته اندازه‌گیری گردید. همچنین گروه‌ها و پیوندهای موجود در چسب لیگنین خالص و لیگنین-گلی‌اکسال با استفاده از آنالیز طیف مادون قرمز (FTIR) تعیین و بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر مستقل نوع چسب بر واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌لایه بعد از ۲ و ۲۴ ساعت معنی‌دار بوده است. اگرچه نتایج نشان داد که با اصلاح لیگنین برخی از خصوصیات تخته‌لایه مانند مقاومت برشی افزایش یافته است. به‌طوری‌که کمترین مقدار آن مربوط به لیگنین خالص (۱/۴۴) و بیشترین آن مربوط به لیگنین-گلی‌اکسال ۳۰ درصد (۲/۸۲) بوده است ولی در همه موارد تخته‌های شاهد خصوصیات بهتری را نسبت به تخته‌های ساخته شده با چسب لیگنین-گلی‌اکسال داشته است.

واژه‌های کلیدی: اوره-فرم‌آلدئید، لیگنین، گلی‌اکسال، چسب، واکنش‌پذیری ضخامت.

مقدمه

محدودیت منابع نفتی و کاهش عرضه آن و نگرانی در مورد استفاده این نوع چسب‌ها به دلیل انتشار گاز فرم‌آلدئید آزاد در هنگام تولید و مصرف چندسازهای چوبی، محققان به دنبال جایگزین مناسبی برای نفت به‌عنوان ماده اولیه برای تولید فرآورده‌های مختلف از جمله چسب‌ها هستند

چسب‌های دارای فرم‌آلدئید مثل رزین‌های اوره فرم‌آلدئید، ملامین فرم‌آلدئید و فنول فرم‌آلدئید متداول‌ترین رزین‌هایی هستند که در صنایع چندسازهای چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Eslah et al., 2017). با توجه به

زیادی انجام شده است، از جمله افزودن گروه‌های عاملی و افزایش نقاط واکنش‌پذیر مورد نظر پژوهشگران می‌باشد (Yahyavi *et al.*, 2007).

Hu و همکاران (۲۰۱۱) پی بردند که در بین روش‌های مختلف اصلاح لیگنین، متیلاسیون و فنولاسیون مؤثرترین روش‌های مورد استفاده برای اصلاح لیگنین می‌باشد. همچنین آنان دریافتند که متوکسیل‌زدایی لیگنین تأثیر مهمی در افزایش واکنش‌پذیری لیگنین دارد. El mansouri و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تحت عنوان مطالعه اصلاح شیمیایی لیگنین قلبایی در واکنش با گلی‌اکسال دریافتند که مقدار گروه‌های هیدروکسیل آلفاتیک مولکول‌های لیگنین، با افزایش زمان واکنش تا ۱۰ ساعت افزایش می‌یابد و این لیگنین در مقایسه با لیگنین قلبایی اصلی، خواص ساختاری بهتری دارد و برای تهیه چسب چوب، مناسب‌تر می‌باشد. نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داد که ساخت رزین لیگنین-فنول- فرم‌آلدئید به- عنوان چسب چوب، استحکام بیشتری نسبت به چسب فنول- فرم‌آلدئید تجاری دارد و به‌علت ویسکوزیته پایین، می‌توان آن را به مدت طولانی‌تری ذخیره و نگهداری نمود و با جایگزین کردن فنول توسط لیگنین به نسبت یک‌به‌یک، شباهت‌های زیادی بین گروه‌های عاملی در هر دو نوع چسب وجود دارد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد لیگنین را تا ۵۰ درصد می‌توان به‌جای فنول در چسب تجاری فنول- فرم- آلدئید جایگزین نمود (Mohamad Ibrahim *et al.*, 2007). گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از لیگنین به‌عنوان چسب یا در ترکیب با چسب‌های مصنوعی مانند فنول- فرم- آلدئید، پلی‌اورتان و چسب‌های اپوکسی وجود دارد. El mansouri و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با استفاده از چسب‌های بر پایه لیگنین، بدون فرم‌آلدئید و جایگزین کردن آن با گلی‌اکسال در تخته‌خرده چوب، دریافتند که تخته‌های تولید شده با این چسب، دارای قدرت چسبندگی داخلی خوبی بوده است. همچنین Yunesi- Kord Khalili و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از لیگنین سودای اصلاح نشده و اصلاح شده با گلی‌اکسال در ساخت تخته‌لایه، نتیجه گرفتند که پنل‌های تخته لایه حاصل از رزین‌های بر پایه لیگنین دارای

(Chen *et al.*, 2013). در واقع فرآورده‌های چوبی حاصل از چسب‌های فرم‌آلدئیدی به‌دلیل هیدرولیز اتصالات متیل‌اتری در مواجهه با رطوبت و حرارت در طول زمان به آرامی فرم‌آلدئید منتشر می‌کنند و تماس با این گاز حتی در مقادیر بسیار کم در درازمدت سبب ایجاد بیماری‌های خطرناکی از جمله سرطان در انسان می‌گردد. با توجه به مشکلات زیست‌محیطی چسب‌های فرم‌آلدئیدی، تحقیق و توسعه درمورد استفاده و توسعه کاربرد چسب‌های طبیعی در تولید چندسازه‌های چوبی به یک ضرورت تبدیل شده است. منابع تولید چسب‌های طبیعی به‌طور عمده نشاسته، لیگنین، گندم، تانن، آرد ذرت و پروتئین‌های گیاهی و حیوانی هستند (Barzegar *et al.*, 2018). بدین منظور برای کاهش یا حذف انتشار فرم‌آلدئید از محصولات چوبی ساخته شده با چسب اوره فرم‌آلدئید تاکنون تلاش‌های زیادی انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به تغییر در ساخت چسب، تغییر در نوع کاتالیزور مصرفی و استفاده از مواد افزودنی در زمان ساخت چسب اشاره کرد (El Mansouri *et al.*, 2007).

لیکور سیاه، پساب خارج شده از بخش خمیرسازی فرایند تولید خمیر کاغذ هست که شامل اجزای لیگنین حل شده، پلی- ساکاریدها و مواد شیمیایی مورد استفاده در خمیرسازی است. لیکور سیاه حاوی ۷۰ درصد ماده آلی و ۳۰ درصد ماده غیر آلی است که بخش عمده آن را لیگنین تشکیل می‌دهد. لیگنین پلیمری فنولی و بی‌شکل است و از واحدهای فنیل پروپان تشکیل شده است که با اتصالات اتری و کربنی به هم متصل شده و دارای سه مونومر گوایاسیل، سیرینجیل و پراهِیدروکسی فینیل پروپان است. سالانه مقدار زیادی لیگنین از فرایندهای پخت از جمله کاغذسازی به‌دست می‌آید. لیگنین استخراج شده از لیکور سیاه می‌تواند در تولید پلی‌اورتان، رزین‌های فنلی و اپوکسی، مواد سوختنی، حشره‌کش‌ها و تثبیت‌کننده‌های آلی استفاده شود. از این رو لیگنین به‌عنوان منبع مناسبی برای تولید چسب نیز بشمار می‌رود. نکته‌ای که وجود دارد اینکه هسته آروماتیکی در لیگنین به دلیل تعداد موقعیت‌های آزاد، به‌طور قابل توجهی واکنش‌پذیری کمتری دارد. برای حل این مشکل و استفاده بهینه از لیگنین تلاش‌های

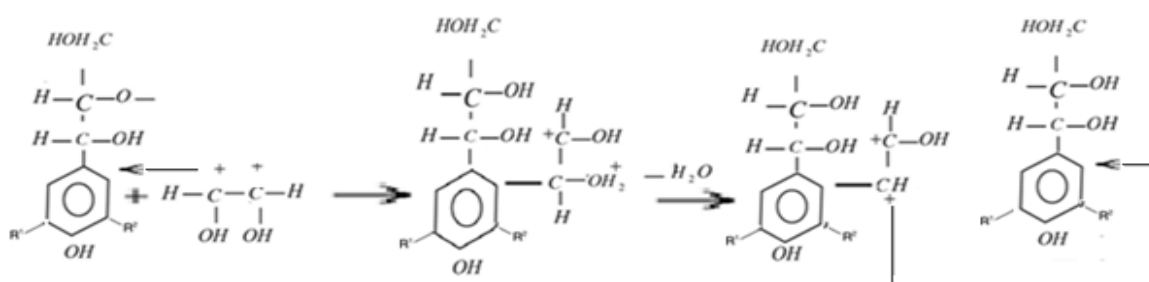
لیگنین - گلی اکسال مطابق روش El mansuri و همکاران (۲۰۰۷) ابتدا پودر لیگنین با آب مقطر مخلوط و محلول هیدروکسید سدیم ۳۰ درصد گام به گام به آن اضافه شد تا محیط آن قلیایی گردد، سپس آن را درون فلاکس محتوای کندانسور، ترمومتر و همزن مغناطیسی ریخته و گلی اکسال ۴۰ درصد به آرامی و دوره‌ای به آن اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط همزنی شدید قرار گرفت. در پایان دما قطع و محلول حاصل خنک و جمع‌آوری گردید و ویژگی‌های آن شامل pH، درصد ماده جامد، ویسکوزیته و دانسیته چسب اندازه‌گیری شد (جدول ۱). چسب اوره فرم آلدئید از شرکت پارس نتویان نشتارود تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه، ویژگی‌های آن مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). یکی از واکنش‌های احتمالی بین لیگنین و گلی اکسال (واکنش بین C₁ گلی اکسال با C₂ لیگنین) در شکل ۱ نشان داده شده است. به این صورت که گلی اکسال پس از افزودن هاردنر (سفت کننده) در پرس، کربن‌های آن به صورت دو پروتون مثبت در می‌آید. سپس هریک از آنها به طور جداگانه با حمله الکتروفیلی به دو کربن شماره‌های ۲ و ۶ لیگنین که ممانعت فضایی کمتری دارند واکنش داده و در اثر فعل و انفعالات شیمیایی سبب گسترده‌گی شبکه در رزین می‌شوند.

مقاومت برشی خوب و قابل قبول بوده است.

اگر لیگنین اصلاح شده بتواند جایگزین چسب‌های متداول کنونی گردد بخش عمده‌ای از آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فرم آلدئید در چسب‌های متداول برطرف خواهد شد. بنابراین هدف از این تحقیق، استفاده از لیگنین خالص و لیگنین اصلاح شده به عنوان چسب‌های طبیعی و دوستدار محیط‌زیست به منظور جایگزین کردن چسب اوره فرم آلدئید و نیز بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته شده با این نوع چسب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق لایه‌های چوب صنوبر به ضخامت دو میلی‌متر از شرکت آمل روکش شهرستان آمل تهیه شد. لایه‌ها ابتدا به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر مربع تبدیل و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت ۳ درصد خشک شد. لیکور سیاه حاصل از پخت سودای باگاس از شرکت کاغذسازی پارس واقع در هفت‌تپه خوزستان تهیه و لیگنین مورد نیاز هم مطابق با روش Lin و Dence (1992) با استفاده از اسیدی کردن (PH=2) لیکور سیاه با اسیدسولفوریک استخراج شد. لیگنین استخراج شده با آب مقطر به طور کامل شست‌وشو و به وسیله دستگاه آسیاب کاملاً پودر و جمع‌آوری شد. گلی اکسال با غلظت ۴۰٪، از شرکت مرک آلمان خریداری گردید. برای تهیه چسب



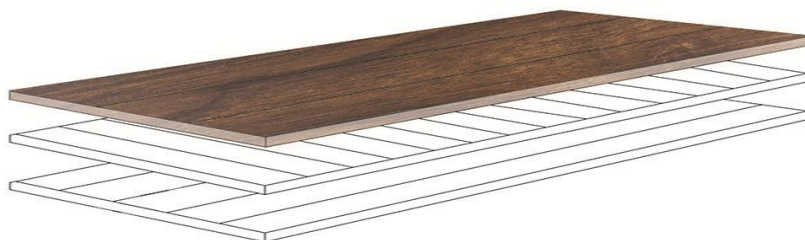
شکل ۱- واکنش‌های احتمالی لیگنین-گلی اکسال پس از افزودن هاردنر (سفت کننده) در پرس

جدول ۱- ویژگی‌های چسب اوره فرم آلدهید و چسب لیگنین- گلی‌اکسال

PH	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ویسکوزیته (سانتی پواز)	مواد جامد (درصد)	نوع چسب
۷/۶	۱/۲۶	۱/۲۵	۵۸	اوره فرمالدهید
۱۱	۱/۰۶	۱/۸۸	۶۰	لیگنین-گلی‌اکسال

پرس در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس و فشار ۵۰ بار و زمان پرس ۵ دقیقه ساخته شد. پس از عمل پرس برای به تعادل رسیدن رطوبت تخته‌ها با رطوبت محیط، تخته‌ها به مدت دو هفته در اتاق کليماتيزه (با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سلسیوس) قرار گرفتند. برای آزمون مقاومت برشی نمونه‌هایی به ابعاد ۶×۲۰×۷۵ میلی‌متر، مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی به ابعاد ۶×۵۰×۲۰۰ میلی‌متر و واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت به ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر تهیه و به ترتیب مطابق با استاندارد (BS EN:314) اندازه‌گیری شدند.

برای ساخت تخته‌لایه، لایه‌های سطحی (لایه اول و لایه آخر) به صورت هم‌جهت و بدون چسب و لایه میانی عمود بر آنها (لایه سطحی) در جهت مخالف همراه با چسب بر روی یکدیگر قرار گرفت (شکل ۲). چسب مورد استفاده شامل لیگنین خالص (۱۰٪ L)، لیگنین - گلی‌اکسال ۱۵ درصد (L۸۵ G۱۵)، لیگنین - گلی‌اکسال ۳۰ درصد (L۷۰ G۳۰) و اوره فرمالدهید در سطح ۱۶۰ گرم بر مترمربع، همراه با کلرید آمونیوم به عنوان سفت کننده به مقدار ۱٪ و آرد گندم (پرکننده) به مقدار ۳۰ درصد توسط کاردک روی تمام نقاط لایه به صورت یکنواخت آغشته گردید. سپس توسط دستگاه



شکل ۲- نمایی از قرار گرفتن لایه‌ها در تخته‌لایه

آماری شد و در صورت معنی دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گردید. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

تحلیل طیف‌های FTIR

شکل ۳ نتایج آزمون FT-IR لیگنین لیکور سودای

طیف‌های FTIR

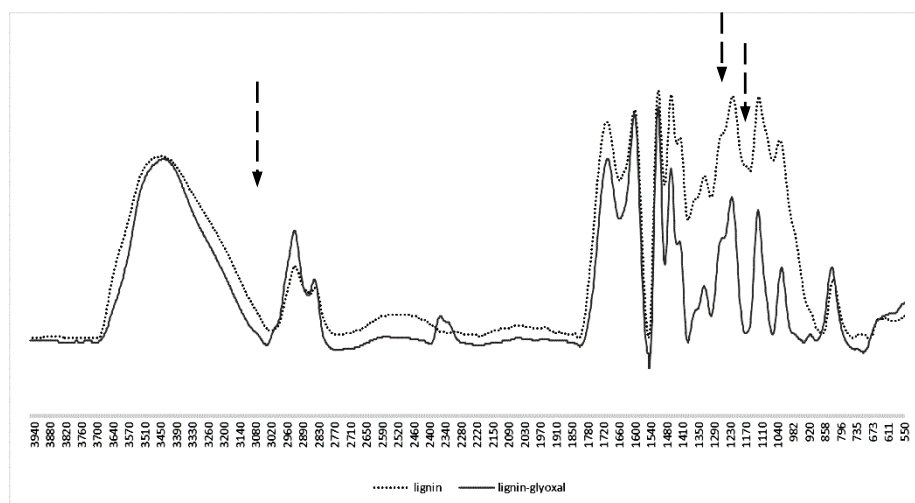
برای بررسی پیوندها و گروه‌های عاملی موجود در لیگنین سودای خالص و اصلاح شده با گلی‌اکسال، از دستگاه FT-IR مدل Shimadzo FT-IR 8400S استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل

به ارتعاشات کششی C-O اثرهای آلیفاتیک و پیک ناحیه 2870 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی C-H آروماتیکی در چسب لیگنین-گلی اکسال می باشد (Azimvand *et al.*, 2012). پیک هایی که بعد از گلی اکساله شدن لیگنین ایجاد شده و مربوط به گروه های C-H و C-O ناشی از وجود گلی اکسال بر روی مولکول لیگنین بوده است تأیید می کند که واکنش گلی اکساله شدن لیگنین اتفاق افتاده است (El Mansouri *et al.*, 2011).

اصلاح شده و اصلاح نشده را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود ساختار لیگنین قبل و بعد از واکنش با گلی اکسال الگوی عمومی تقریباً یکسانی دارد و ساختار آنها به نحوی است که تغییرات زیادی در آنها ایجاد نشده است. سه تغییر جزئی در اثر گلی اکساله شدن لیگنین در ناحیه های 1015 cm^{-1} ، 1119 cm^{-1} و 2870 cm^{-1} به وجود آمده است. پیک ناحیه 1015 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی C-O اثرهای آریل آلکیل و پیک ناحیه 1119 cm^{-1} مربوط



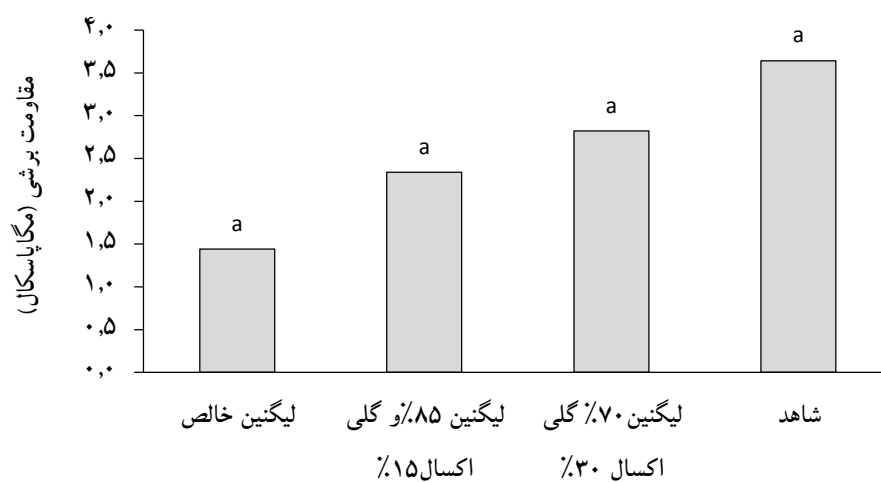
شکل ۳- طیف جذب FTIR لیگنین سودای باگاس قبل و بعد از اصلاح با گلی اکسال

مدول الاستیسیته

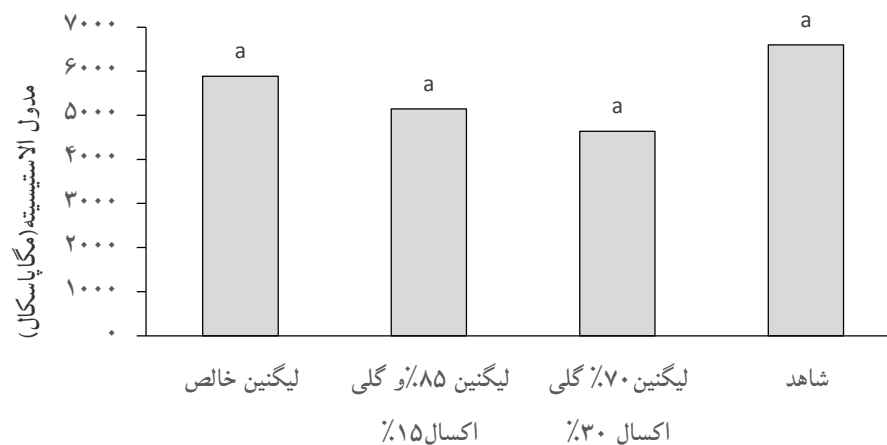
آزمون تجزیه واریانس نشان می دهد که تأثیر مستقل نوع چسب بر مدول الاستیسیته تخته لایه از لحاظ آماری معنی دار نبود. شکل ۵ نشان می دهد که مدول الاستیسیته تخته های شاهد بیشتر از تخته های لیگنینی می باشد که مقدار آن 6600 مگاپاسکال بوده است، اما با اصلاح لیگنین توسط گلی اکسال مقدار آن یک روند کاهشی داشته است. به طوری که بالاترین مقدار مدول الاستیسیته در تخته های لیگنینی، مربوط به تخته های با چسب لیگنین خالص بوده است که نسبت به تخته های با چسب لیگنین-گلی اکسال 15 درصد و 30 درصد به ترتیب به مقدار 14 درصد و 27 درصد افزایش نشان داده است.

مقاومت برشی

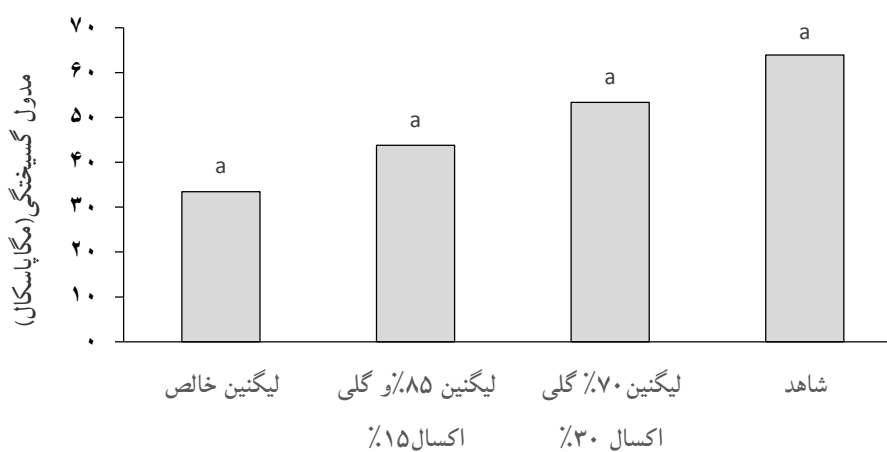
آزمون تجزیه واریانس نشان می دهد که تأثیر مستقل نوع چسب بر مقاومت برشی تخته لایه از لحاظ آماری معنی دار نبود. همان طوری که در شکل ۴ مشاهده می شود مقاومت برشی تخته های شاهد بیشتر از تخته های لیگنینی می باشد که مقدار آن $3/64$ مگاپاسکال بوده است، اما با اصلاح لیگنین توسط گلی اکسال مقدار آن یک روند افزایشی داشته است. به طوری که بالاترین مقدار مقاومت برشی در تخته های لیگنینی، مربوط به تخته های با چسب لیگنین-گلی اکسال 30 درصد بوده است که نسبت به تخته های با چسب لیگنین-گلی اکسال 15 درصد و لیگنین خالص به ترتیب به مقدار 20 درصد و 95 درصد افزایش نشان داده است.



شکل ۴- تأثیر نوع چسب بر مقاومت برشی تخته‌لایه



شکل ۵- تأثیر نوع چسب بر مدول الاستیسیته تخته‌لایه



شکل ۶- تأثیر نوع چسب بر مدول گسیختگی تخته‌لایه

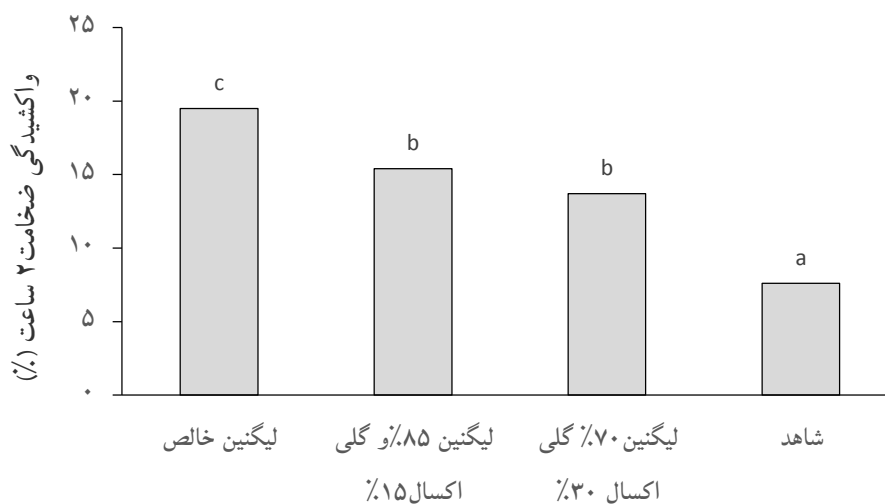
مدول گسیختگی

آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر مستقل نوع چسب بر مدول گسیختگی تخته‌لایه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود مدول گسیختگی تخته‌های شاهد بیشتر از تخته‌های لیگنینی می‌باشد که مقدار آن $63/93$ مگاپاسکال بوده است، اما با اصلاح لیگنین توسط گلی‌اکسال مقدار آن روند افزایشی داشته است. به طوری که بالاترین مقدار مدول گسیختگی در تخته‌های لیگنینی، مربوط به تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال 30 درصد بوده است که نسبت به تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال 15 درصد و لیگنین خالص به ترتیب به مقدار 21 درصد و 59 درصد افزایش نشان داده است.

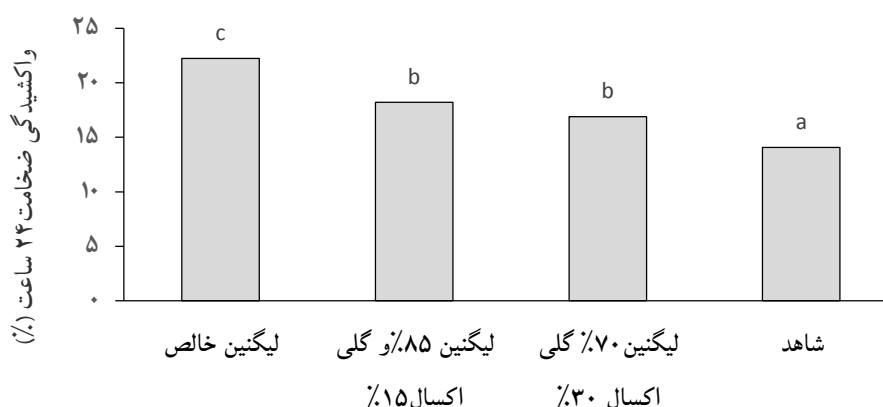
واکشیدگی ضخامت

آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل نوع چسب بر واکشیدگی ضخامت تخته‌لایه بعد از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار بوده است. گروه‌بندی جدول دانکن، از لحاظ آماری میانگین واکشیدگی ضخامت تخته‌لایه حاصل از چسب‌های شاهد

را در یک گروه، تخته‌لایه حاصل از چسب‌های لیگنین-گلی‌اکسال 30 درصد و لیگنین-گلی‌اکسال 15 درصد را در گروه دوم و تخته‌های ساخته شده با چسب لیگنین خالص را در گروه سوم طبقه‌بندی نموده است. نمودار شکل ۷ و 8 نشان می‌دهد که واکشیدگی ضخامت تخته‌های شاهد بعد از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری در آب کمتر از تخته‌های لیگنینی بوده است که به ترتیب مقدار آن $7/6$ درصد و $14/07$ درصد بوده است، اما در تخته‌های لیگنینی بالاترین مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌لایه بعد از 2 و 24 ساعت غوطه‌وری در آب، مربوط به تخته‌های با چسب لیگنین خالص بوده است که نسبت به تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال 15 درصد و لیگنین-گلی‌اکسال 30 درصد به ترتیب مقدار 26 درصد و 42 درصد افزایش نشان داده است. همچنین بعد از 24 ساعت غوطه‌وری در آب هم بالاترین مقدار مربوط به تخته‌های با چسب لیگنین خالص بوده است که نسبت به تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال 15 درصد و لیگنین-گلی‌اکسال 30 درصد به ترتیب مقدار 22 درصد و 31 درصد افزایش نشان داده است.



شکل ۷- تأثیر نوع چسب بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت



شکل ۸- تأثیر نوع چسب بر واکنش‌دهی ضخامت پس از ۲۴ ساعت

بحث

از آنجایی که لیگنین ماده‌ای طبیعی و تجدیدشونده و گلی‌اکسال به‌عنوان آلدئیدی غیرسمی مطرح است، در این تحقیق برای اولین بار استفاده از لیگنین خالص و لیگنین اصلاح شده با گلی‌اکسال به‌عنوان چسب در ساخت تخته‌لایه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اثر مستقل نوع چسب بر خواص مکانیکی تخته‌لایه (مقاومت برشی، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته) معنی‌دار نبود و کلیه خواص مکانیکی تخته‌های لیگنینی از لحاظ آماری در سطح تخته‌های شاهد بوده است؛ بنابراین شاید بتوان در محیط‌های داخلی و یا محیطی که بحث مقاومت مکانیکی تخته مطرح است از چسب‌های لیگنینی به‌جای چسب شاهد در ساخت تخته‌لایه استفاده کرد. همچنین اثر مستقل نوع چسب بر خواص فیزیکی (واکنش‌دهی ضخامت) تخته‌لایه معنی‌دار بود، به طوری که کمترین واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مربوط به تخته‌های شاهد و بعد از آن در بین چسب‌های لیگنینی مربوط به تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال ۳۰ درصد (لیگنین ۷۰٪-گلی‌اکسال ۳۰٪) بوده است. نتایج نشان داد که واکنش‌دهی ضخامت در تخته‌های شاهد بهتر از تخته‌های ساخته شده با چسب لیگنین خالص و لیگنین-گلی‌اکسال بوده است که علت آن ممکن است به دلیل بهتر بودن

برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی چسب اوره-فرم‌آلدئید مانند اسیدیته، دانسیته و درصد مواد جامد نسبت به چسب‌های لیگنینی باشد که تأثیر قابل توجهی بر گروه‌های عاملی و خواص تخته دارد (Yunesi-kord & khali et al. 2015). عامل دوم ممکن است به دلیل قابلیت واکنش‌گری بیشتر فرم‌آلدئید نسبت به گلی‌اکسال بوده باشد که این امر در پیوند بین لایه‌ها تأثیرگذار خواهد بود (Deng et al. 2014). عامل سوم شاید به دلیل کوچک‌تر بودن مولکول فرم‌آلدئید نسبت به آلدئیدهای دیگر باشد که ممانعت فضایی کمتری داشته و راحت‌تر مورد حمله هسته‌دوست‌ها قرار می‌گیرد (Yunesi-kord khali & Honarbakhsh-Raof. 2015) و عامل چهارم احتمالاً وجود مقداری فرم‌آلدئید آزاد واکنش نداده در چسب اوره فرم‌آلدئید است که افزایش آن در تخته سبب افزایش تعداد پیوندهای تشکیل شده با گروه‌های عاملی شده که منجر به بهبود ویژگی‌های تخته می‌گردد (Roumeli et al. 2012). نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص فیزیکی نشان داد که بهترین خواص در بین تخته‌های تولید شده با چسب لیگنین خالص و لیگنین اصلاح شده با گلی‌اکسال، مربوط به چسب لیگنین-گلی‌اکسال ۳۰ درصد (لیگنین ۷۰٪-گلی‌اکسال ۳۰٪) بوده است که احتمالاً به دلیل گلی‌اکساله کردن لیگنین، تعداد گروه‌های عاملی فعال در ساختار لیگنین

- Bazaegar, M., Behrooz, R., Mansouri, H.R. and Kazemi Najafi, S., 2018. Performance evaluation of modified canola flour adhesive in Plywood manufacturing. *Iranian Journal of Wood Paper Industries Vol 8*:4.631-643
- Cetin, N. and Ozmen, N., 2003. Studies on lignin based adhesive for particleboard panels. *Turk J Agric for.* 27:183-189
- Chen, N., Lin, Q., Zeng, Q. and Rao, J., 2013. Optimization of Preparation Conditions of Soy Flour Adhesive for Plywood by Response Surface Methodology. *Industrial Crops and Products*, 51 :267-273
- Deng, Sh., Du, G., Li, X. and Pizzi, A., 2014. Performance and reaction mechanism of zero formaldehyde emission urea-glyoxal (UG) resin. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 45:2029-2038
- El Mansouri, N. E., Pizzi, A. and Salvado, J., 2007. Lignin-based wood panel adhesives without formaldehyde. *Holz Roh Werkst*, 65: 65-70
- El Mansouri, N. E., Yuan, Q. and Huang, F., 2011. Study of chemical modification of alkaline lignin by the glyoxalation reaction. *Bioresources*, 6:4. 4523-4536
- Eslah, F., Jonoobi, M., Faezipour, M., Enayati, A.A. and Afsharpour, A., 2017. Application of acetylated nanocrystalline cellulose in modified soy-based adhesive for Plywood. *Iranian Journal of Wood Paper Industries Vol 8*:1.631-643
- Hu, L. H., Zhou, Y. and Zhang, M., 2011. Methods to Improve lignins Reactivity as a phenol Substitute and as Replacement for other phenolic compounds: A Brief Review. *Bioresources*. 6:3. 3515-3525
- Lin, Y.S. and Dence, C.V., 1992. *Methods in lignin chemistry*. Springer – Verlag (Berlin, New York), Pp 578.
- Mohamad Ibrahim, M., Ghani, A. and Nen, N., 2007. Formulation of Lignin Phenol Formaldehyded Resins as a Wood Adhesive. *Journal of Analytical Sciences*. 213-218
- Roumeli, E., Papadopoulou, E., Pavlidou, E., Vourlias, G., Bikiaris, D., Paraskevopoulos, K.M. and Chrissafits, K., 2012. Synthesis Characterization and Thermal Analysis of Urea-Formaldehyde/nanoSiO₂ Resin. *Thermochemica Acta* 527:2.33-39
- Yahyavi, M., Khazaeian, A. and Shakeeri, A., 2017. The use of black liquor and nano-graphene oxide addition to urea formaldehyde adhesive to improve the mechanical and physical properties of particleboard. *Iranian Journal of Wood Paper Science Vol 32*:3. 359-368
- Yunesi- Kord Khalili, H. and Honarbakhsh-Raof, A., 2015. The Effect of Nanoclay on Physical and اصلاح شده افزایش می‌یابد. این امر سبب شده فعالیت حلقه بیشتر گردد و در نهایت تمایل واکنش‌گری آن نسبت به لیگنین خالص افزایش یافته، به طوری که هر چه تعداد این گروه‌ها بیشتر شود، واکنش در چسب بهتر و بیشتر انجام شده و منجر به ایجاد پیوند و اتصالات محکم‌تری بین اجزای رزین شده و در نتیجه خواص تخته بهبود پیدا می‌کند (Yunesi-kord khali *et al.* 2015). همچنین از آنجایی که با اصلاح لیگنین تعداد سایت‌های واکنش در مولکول‌های لیگنین گلی‌اکسال شده افزایش پیدا می‌کند ممکن است منجر به افزایش تعداد پیوند و در نهایت باعث اتصالات قوی‌تر و جذب آب کمتر در تخته گردد (Cetin & Ozmen 2003). به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت با اصلاح لیگنین، برخی از خصوصیات تخته‌لایه مانند مقاومت برشی افزایش یافته است، به طوری که مقدار آن در تخته‌های با چسب لیگنین خالص ۱/۴۴ مگاپاسکال، در تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال ۱۵ درصد، ۲/۳۴ مگاپاسکال و در تخته‌های با چسب لیگنین-گلی‌اکسال ۳۰ درصد، ۲/۸۲ مگاپاسکال بوده است. ولی در همه موارد تخته‌های شاهد خصوصیات بهتری را نسبت به تخته‌های ساخته شده با چسب لیگنین-گلی‌اکسال داشته است؛ اما با توجه به اینکه از لحاظ آماری اثر مستقل چسب بر خواص مکانیکی تخته‌لایه معنی‌دار نبود می‌توان بیان کرد که تخته‌های لیگنینی از نظر مقاومت‌های مکانیکی در سطح تخته‌های شاهد بوده است و شاید بتوان در محیط‌های داخلی و یا محیطی که بحث مقاومت مکانیکی تخته مطرح است از چسب‌های لیگنینی به جای چسب شاهد در ساخت تخته‌لایه استفاده کرد.
- منابع مورد استفاده**
- Azimvand, J., Mir Shokraei, S.A. and Abdolkhani, A., 2012. Studying the effect of reducing agents (sodium borohydride and sodium dithionite) on chemical structures of poplar Kraft and bagasse Soda alkali lignin by FTIR spectroscopy. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 27:3.556-568.

products, 73: 77-85

-Younesi- Kord Khalili, H., Kazemi- Najafi, S., Behrouz, R. and Pizi, A., 2015. Considering the structural and thermal changes of Kraft lignin and modified Soda using Glyoxal Journal of Natural Resources of Forest and Wood Products. 68:1. 169-179

Mechanical Properties of Particle board made from Urea-Kraft Lignin- Glyoxal Green Adhesive. Journal of Wood and Paper Industries. 8:1. 119-129

-Younesi- Kord Khalili, H., Kazemi-Najafi, S., Eshkiki, R.B. and Pizzi A., 2015. Improving Urea Formaldehyde resin properties by glyoxalated soda bagasse lignin. European Journal of Wood and

Assessment of the poplar plywood produced using lignin-glyoxal adhesive

M.R. Topa Esfandiari^{1*}, M. Talaiepour^{2*}, H. Khademieslam³,

S.A. MirShokraee⁴ and B. Bazyar⁵

1- PhD. Candidate, Department of Wood and Paper industry, faculty of natural resources and environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

2*-Corresponding author, Associate Professor, Department of Wood and Paper industry, faculty of natural resources and environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, Email; m.talaiepour@srbiau.ac.ir

3-Professor, Department of Wood and Paper industry, faculty of natural resources and environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

4-Professor, Department of Organic Chemistry and Lignocellulose Materials, Payam Noor University, Tehran, Iran

5-Associate Professor, Department of Wood and Paper industry, faculty of natural resources and environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: Oct., 2019

Accepted: May, 2020

Abstract

This study uses the environment friendly nature based lignin-glyoxal adhesive to replace chemical resins for the production of plywood. , pure Lignin (L.100%), lignin- glyoxal 15% (L.85-G.15), lignin-glyoxal 30% (L.70-G.30) and urea-formaldehyde (control) were used as adhesive. Resin dosage was selected at 160 gr/m² . Ammonium chloride (1%) as the hardener and wheat flour (30%) as the filler based on the dry weight of the adhesive was used for urea formaldehyde. The characteristics of adhesives including solid content, viscosity, specific gravity and PH were measured. After producing the laboratory boards, the physical and mechanical properties of samples, such as thickness swelling after 2 and 24 hours soaking hot in water, shear strength, modulus of rupture, and modulus of elasticity were measured. In addition, chemical groups and bonds in pure lignin and lignin-gloxal adhesives were identified using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The results indicated that the independent effect of adhesive type on the thickness swelling of plywood after 2 and 24 hours was significant. Although the results suggest that modifying the lignin will improve the plywood properties in all cases, the control boards had better characteristics than those made with the Lignin-Glyoxal adhesive.

Keywords: Urea-formaldehyde, lignin-glyoxal, adhesive, thickness swelling.