تأثیر استفاده از پودر مایع سیاه پخت سولفیت قلیایی - آنتراکینون به‌عنوان پرکننده رزین اوره فرمالدهید بر ویژگی‌های کاربردی تخته لایه

عبدالله کریمی[۱]
لعیا جمالی راد[۲*]
هدایت الله امینیان[۳]
سحاب حجازی[۴]

[۱] کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۳] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۴] دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
Jamalirad@gonbad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

چکیده

در این تحقیق استفاده از پودر مایع سیاه پخت فرآیند تولید خمیرکاغذ به‌عنوان پرکننده رزین اوره فرمالدهید و جایگزین آرد گندم در ساخت تخته‌لایه موردبررسی قرار گرفت. از پودر مایع سیاه پخت سولفیت قلیایی- آنتراکینون در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن خشک رزین به‌عنوان پرکننده چسب برای ساخت تخته‌لایه صنوبر استفاده شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی شامل واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش معنی‌داری ندارد و همه سطوح دارای واکشیدگی ضخامت استاندارد بود. افزایش مصرف پودر مایع سیاه پخت تأثیر منفی معنی‌داری بر پایداری ابعادی تخته‌ها نداشت. مقاومت خمشی، مقاومت برشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود با الیاف لایه سطحی با افزایش استفاده از پودر مایع سیاه پخت بهبود یافت اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف دیده نشد. با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی، می‌توان استفاده از پودر مایع سیاه پخت حاصل از فرآیند پخت سولفیت قلیایی- آنتراکینون را به‌عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید توصیه نمود.

واژگان کلیدی: مایع سیاه پخت، فرآیند سولفیت قلیایی-آنتراکینون، چسب اوره فرمالدهید، پرکننده، تخته‌لایه.

مقدمه

مایع سیاه پخت محصول جانبی فرآیند کاغذسازی است که محلولی رقیق از باقیمانده‌های لیگنین، پلی-ساکاریدها و مواد شیمیایی مورداستفاده در فرآیند تولید خمیرکاغذ است [۱]. تقریباً نصف ترکیبات تشکیل‌دهنده چوب در مایع پخت حل می‌شوند [۲]. ماده جامد مایع پخت سیاه حاوی حدود ۷۰ درصد ماده آلی و ۳۰ درصد ماده غیر آلی است [۳]. مواد آلی مایع پخت سیاه شامل لیگنین، انواع قندها، کربوکسیلیک اسیدها، مواد استخراجی چوب و غیره است و مواد غیر آلی با توجه به فرآیند پخت شامل انواع مواد معدنی از قبیل نمک‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سیلیکون و نمک‌های آهن است [۴ و ۵]. لیگنین کوپلیمری ناهمگن از واحدهای فنیل پروپان است که به‌وسیله پیوندهای اتری و کربن–کربن به یکدیگر متصل شده است. این ماده در کنار سلولز به گیاه استحکام مکانیکی می‌دهد. همچنین، سبب

سهولت انتقال آب و مواد مغذی و حفاظت گیاه در برابر ریز موجودات می‌شود [۶]. لیگنین می‌تواند از منابع مختلف از قبیل چوب، گیاهان غیرچوبی و مایع سیاه پخت و با روش‌های مختلف تهیه شود. یکی از منابع مهم لیگنین، مایع سیاه پخت در کارخانه‌های کاغذسازی است [۷]. سالانه بالغبر ۷۰ میلیون تن لیگنین تولید می‌شود که از این مقدار ۹۵ درصد آن سوزانده شده و تنها ۵ درصد آن به‌عنوان مواد افزودنی و غیره استفاده می‌شود [۸]. از سوی دیگر تولید جهانی مایع سیاه پخت در سال در حدود ۵۰۰ میلیون تن است [۹]؛ بنابراین با توجه به حجم بالای آن، بازیافت آن هم ازنظر اقتصادی و هم ازنظر زیست-محیطی اهمیت زیادی دارد، اما در حال حاضر بخش اعظم آن سوزانده می‌شود. امروزه پیدا نمودن کاربرد جدید و با ارزش‌افزوده بیشتر برای مایع سیاه پخت کارخانه‌های کاغذسازی توجه بسیاری از محققان این صنعت را به خود جلب کرده است.

چسب اوره فرمالدهید به دلیل ارزانی، انحلال‌پذیری خوب در آب، بی‌رنگی، سختی بالا، دمای انعقاد پایین و خواص حرارتی مناسب پرمصرف‌ترین چسب مورداستفاده در صنایع چوب است [۱۰]. چسب اوره فرمالدهید معایبی نیز دارد که از آن جمله می‌توان به مقاومت کم در برابر رطوبت و نیز انتشار گاز فرمالدهید اشاره کرد. ازاین‌رو به‌منظور غلبه بر معایب این چسب می‌توان از انواع بسط دهنده‌ها یا اصلاح‌کننده‌ها استفاده کرد. ذرات پرکننده یا بسط دهنده درواقع بدون در نظر گرفتن نقش آن‌ها بر قدرت و دوام اتصال، به‌منظور افزایش حجم چسب مصرفی، ایجاد چسبندگی قبل از فرآیند پرس، کنترل رطوبت چسب قبل از فرآیند پلیمریزاسیون و همچنین پرکردن منافذ لایه‌ها استفاده می‌شوند [۱۱]. در این راستا Yahyavi Dizaj و همکاران (۲۰۱۶) پژوهشی برای بررسی استفاده از مایع سیاه پخت در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید و تقویت‌شده با نانو لیف لیگنوسلولز جهت بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده چوب انجام دادند. در این تحقیق درصد اختلاط لیکور سیاه با چسب اوره فرمالدهید به ترتیب در چهار سطح ۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۷۰:۳۰، ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد و دمای پرس در دو سطح ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و درصد نانو لیف لیگنوسلولز ۰ و ۲ درصد بر اساس وزن خشک چسب به‌عنوان عوامل متغیر انتخاب شدند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که ازنظر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، تخته-خرده چوب ساخته‌شده با ۱۰ درصد ترکیب لیکور سیاه با چسب اوره فرمالدهید، ۲ درصد نانولیف لیگنوسلولز و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد مقاومت‌های بهتری دارد [۳]. در تحقیقی دیگر Ozalp و همکاران (۲۰۱۳) خواص تخته‌لایه ساخته‌شده از گونه‌های (*Tetraberlinia bifoliolata*) و (*Populus x eureamericana*) به‌وسیله رزین اوره فرمالدهید را موردبررسی قرار دادند. جهت اصلاح خواص چسب اوره فرمالدهید، آلومینیوم سولفات به میزان ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد به‌عنوان پرکننده به چسب مذکور افزوده شد و به این نتیجه رسیدند که افزودن آلومینیوم سولفات به مخلوط چسب سبب افزایش مقاومت خمشی و مقاومت برشی تخته‌ها شد و همچنین به‌طور قابل‌توجهی انتشار فرمالدهید را کاهش داد [۱۲]. Li و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر افزودن روغن طبیعی استخراج‌شده از چوب لاریکس به چسب اوره فرمالدهید بر ویژگی‌های کاربردی تخته‌لایه ساخته‌شده از آن را موردبررسی قرار دادند. روغن در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن خشک رزین استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن این روغن به رزین اوره فرمالدهید میزان انتشار فرمالدهید را کاهش و پایداری حرارتی چسب را بهبود می‌بخشد [۱۳].

هدف از این پژوهش استفاده از پودر مایع سیاه پخت سولفیت قلیایی- آنتراکینون به‌عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید و کاهش سهم آرد گندم (پرکننده متداول در ساخت تخته‌لایه با استفاده از چسب اوره فرمالدهید) که دارای ارزش غذایی است و مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌لایه ساخته‌شده از چوب گونه صنوبر تبریزی با این چسب است.

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق از لایه‌های چوب صنوبر تبریزی (*populus nigra*) به ابعاد ۲×۴۵۰×۴۵۰ میلی‌متر و از سه لایه در هر تخته استفاده شد. چسب اوره فرمالدهید مورداستفاده با مقدار مواد جامد ۶۳/۴ درصد و pH برابر با

۷/۵، ویسکوزیته در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد ۳۲۰ سانتی‌پواز و زمان ژله‌ای شدن ۵۶ ثانیه، از شرکت سامد مشهد تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه، ویژگی‌های آن موردبررسی قرار گرفت. میزان چسب مورداستفاده ۱۲۰ گرم برای هر مترمربع لایه (یک‌طرفه) در نظر گرفته شد. همچنین در ساخت تخته‌های شاهد (بدون استفاده از پودر لیکور)، از ۳۰ درصد آرد گندم به‌عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید استفاده شد. از نمک کلرید آمونیوم به‌عنوان سخت‌کننده (هاردنر) چسب اوره فرمالدهید ساخت شرکت مرک آلمان و به مقدار ۲ درصد وزن خشک چسب استفاده شد.

تهیه پودر مایع سیاه پخت سولفیت قلیایی- آنتراکینون

خرده چوب‌های مورداستفاده در این تحقیق از گونه پلت بود. برای تهیه مایع پخت از هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم استفاده شد. نسبت مایع پخت به ماده اولیه (L/W) ۴:۱، دمای پخت ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، نسبت سدیم هیدروکسید به سولفیت سدیم ۸۰:۲۰، ۷۰:۳۰، ۶۰:۴۰، ۵۰:۵۰، ۴۰:۶۰، ۳۰:۷۰، ۲۰:۸۰، قلیائیت ۲۳، ۲۴ و ۲۶ درصد و زمان پخت ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه در نظر گرفته شد. پس از انجام پخت‌های فوق‌الذکر، پخت با میزان قلیائیت ۲۴ درصد و نسبت سولفیت سدیم/ هیدروکسید سدیم برابر با ۴۰/۶۰، درجه حرارت ^{c}۱۶۵ و زمان ۱۸۰ دقیقه به‌عنوان پخت بهینه انتخاب گردید و مایع پخت آن پس از شستشو جهت تهیه پودر آن جمع‌آوری گردید. به‌منظور تهیه پودر مایع سیاه پخت از دستگاه اسپری درایر ساخت شرکت درسا تک استفاده گردید. در ابتدای کار به مدت ۱۵ دقیقه دستگاه در مرحله warm-up قرار گرفت. سپس مایع پخت سیاه از داخل ارلن با نرخ سرعت ۱۶ درصد به محفظه پاشیده شد. درجه حرارت ورودی (Set up Temp) ^{c}۱۷۰ و درجه حرارت خروجی (Sensor Temp)^{c}۱۰۰ بود. مایع به درون محفظه پاشیده و با فشار هوای ۵ بار به داخل سیکلون منتقل شد. با هر پنج ثانیه پاشش، ۱ ثانیه توقف صورت گرفت. پس از خشک شدن، مایع پخت به‌صورت پودر در قسمت پذیرنده دستگاه جمع‌آوری شد.

روش کار

ساخت تخته‌های آزمایشگاهی

در ابتدا لایه‌ها به علت رطوبت بالا در خشک‌کن آزمایشگاهی و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت حدود ۴ درصد خشک شدند. پس از آماده‌سازی چسب موردنظر برای هر ترکیب، چسب زنی لایه‌ها با استفاده از کاردک انجام گردید. میزان چسب مصرفی برای لایه‌ها ۱۲۰ گرم در هر مترمربع (خط چسب یک‌طرفه) در نظر گرفته شد. از آرد گندم به‌عنوان پرکننده تخته‌های شاهد و به میزان ۳۰ درصد وزن خشک چسب و از پودر مایع پخت سیاه در سطوح ۰(نمونه شاهد با مصرف ۳۰ درصد آرد گندم به‌عنوان پرکننده چسب)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن خشک چسب (اختلاف آن تا سطح ۳۰ درصد از آرد گندم استفاده گردید) استفاده شد. کلرید آمونیوم به‌صورت پودری و به میزان ۲ درصد وزن خشک چسب به مخلوط رزین اضافه گردید. پس از هم زدن و تهیه سوسپانسیون یکنواخت، چسب زنی و مونتاژ لایه‌ها انجام گرفت. بدین‌صورت که تعداد ۳ لایه به‌صورت متقاطع بر روی یکدیگر مونتاژ و سپس تحت پرس گرم آزمایشگاهی RANGBAR مدل S.W.P. 100 (با فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه) قرار گرفتند. تخته‌های سه‌لا ساخته‌شده پس از پرس به مدت یک هفته در اتاق کلیما با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا رطوبت تخته‌ها با رطوبت محیط به تعادل برسد. سپس تخته‌ها کناره‌بری شده و مطابق استاندارد نمونه‌های موردنیاز برای انجام آزمایش‌های موردنظر بریده شدند.

اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی

اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی شامل واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی در سطح اتصال مطابق استانداردهای ISO، EN 310 و EN 314-2 انجام شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. درنهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

مقادیر میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده در جدول ۱ آمده است. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها، گروه‌بندی آن‌ها توسط آزمون دانکن انجام شد که به‌صورت حروف لاتین نمایش داده‌شده است.

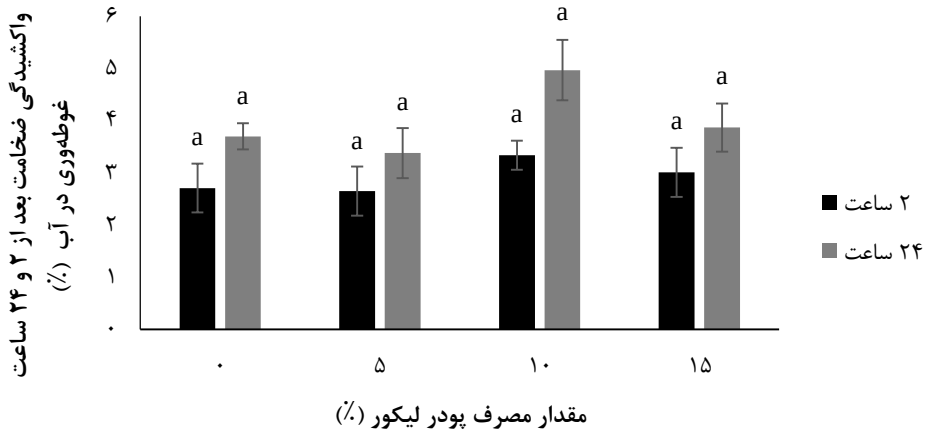
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

شکل ۱ تأثیر درصدهای مختلف پودر مایع سیاه پخت استفاده‌شده را بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان می‌دهد. کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت مربوط به تیماری است که در آن از ۵ درصد پودر مایع سیاه استفاده‌شده که مقدار آن ۲/۲۲ درصد کمتر از شاهد است؛ و کمترین واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت مربوط به تیماری است که در آن از پودر مایع پخت سیاه به مقدار ۵ درصد استفاده‌شده است که واکشیدگی ضخامت آن ۸/۶۵ درصد کمتر از تیمار شاهد است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، مقادیر واکشیدگی ضخامت به‌دست‌آمده از درصدهای مختلف پودر مایع پخت سیاه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. عواملی که در واکشیدگی ضخامت تخته‌ها تأثیر دارند، افزایش تعداد گروه‌های عاملی لیگنین ازجمله گروه‌های هیدروکسیل در اثر فرآیند پخت و درنتیجه افزایش آب‌دوستی لیگنین است [۱۴].

Mirshokraie (۲۰۰۲) بیان می‌کند که لیگنین تخریب نشده نم‌پذیر و محلول در آب نیست. باوجوداین، در طی خمیرسازی به‌طور فنی، به دلیل تخریب جزئی و تبدیل‌شدن به گروه‌های سولفونیک اسیدی لیگنین محلول در آب می‌شود و نقاط واکنش‌پذیر آن افزایش می‌یابد. درنتیجه مایع پخت سیاه کارخانه‌های کاغذسازی محلول در آب بوده و به علت داشتن گروه‌های قطبی در ساختار خود باعث افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت می‌شود [۱۵]؛ اما همان‌طور که شکل نشان می‌دهد با وجود افزایش واکشیدگی ضخامت در اثر افزایش مقدار مصرف پودر مایع سیاه پخت، اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد و همه تخته‌های ساخته‌شده دارای حد استاندارد واکشیدگی ضخامت (۳ تا ۶ درصد) نیز می‌باشند و این موضوع می‌تواند نتیجه امیدبخشی در مصرف این مواد همراه با چسب اوره فرمالدهید باشد بدون آنکه تأثیر منفی بر پایداری ابعادی تخته‌ها داشته باشد.

جدول ۱- مقادیر میانگین ویژگی‌های تخته‌لایه ساخته‌شده با چسب تقویت‌شده با پودر مایع سیاه پخت

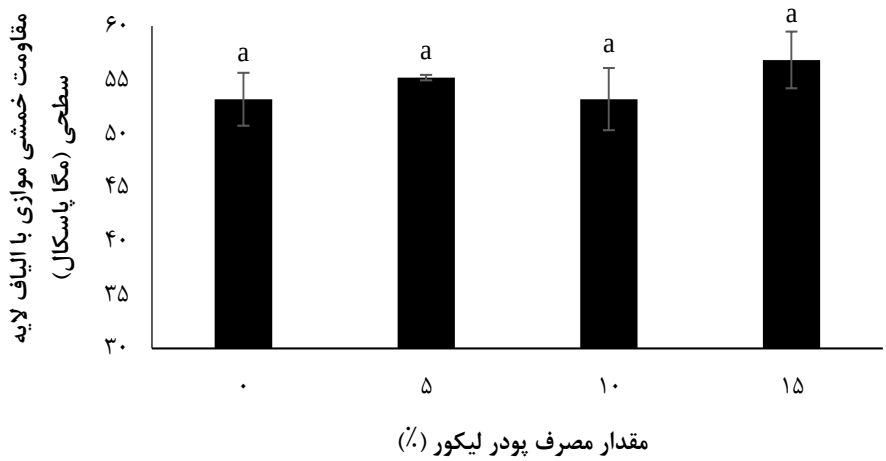
مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه (درصد)	مقاومت برشی (مگا پاسکال)	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعته (درصد)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعته (درصد)	مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی (مگاپاسکال)	مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی (مگاپاسکال)	مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی (مگاپاسکال)	مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی (مگاپاسکال)
۰	۱/۱۳	۲/۷۱	۳/۷۰۶	۲۲۴۸/۲	۴۰۹/۱۳	۵۳/۲۰	۱۱/۲۹
۵	۱/۳۹	۲/۶۵	۳/۳۸۳	۲۰۸۶/۵	۴۱۹/۸۸	۵۵/۲۱	۱۱/۵۷
۱۰	۱/۱۵	۳/۳۴	۴/۹۷۰	۲۶۰۵/۶	۴۶۶/۶۲	۵۳/۲۱	۱۲/۵۴
۱۵	۱/۲۷	۳/۰۱	۳/۸۷۶	۲۷۵۵	۴۴۸	۵۶/۸۶	۱۲/۲۴



شکل ۱- تأثیر مقدار پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌لایه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی

شکل ۲ تأثیر مقادیر مختلف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون را بر مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی تخته‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی مربوط به مصرف ۱۵ درصد پودر مایع پخت سیاه، با افزایش ۶/۸۷ درصد نسبت به نمونه شاهد است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، مقادیر مقاومت خمشی به‌دست‌آمده از درصدهای مختلف پودر مایع پخت سیاه، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند اما با افزایش مصرف آن‌ها مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی بهبود داشته است.

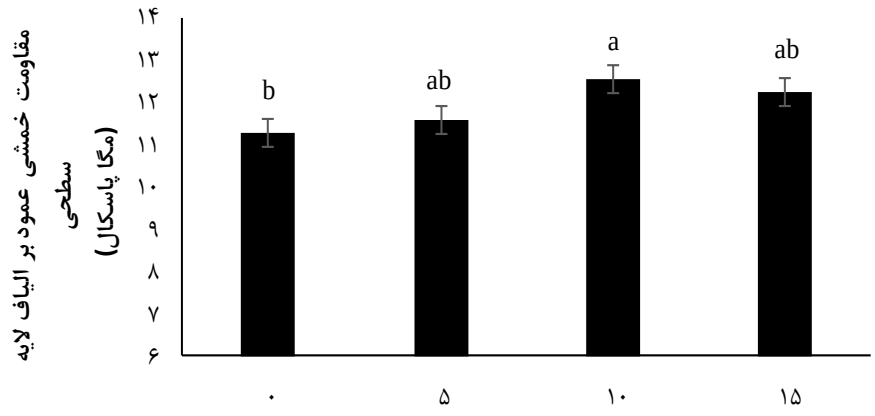


شکل ۲- تأثیر مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر مقاومت خمشی موازی الیاف لایه سطحی تخته‌لایه

مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی

شکل ۳ تأثیر مقادیر مختلف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون را بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی مربوط به مصرف ۱۰ درصد پودر مایع پخت سیاه، با افزایش ۱۱/۰۷ درصد نسبت به نمونه شاهد و بعدازآن مربوط به استفاده از ۱۵ درصد پودر مایع پخت سیاه است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، مقادیر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی به‌دست‌آمده از

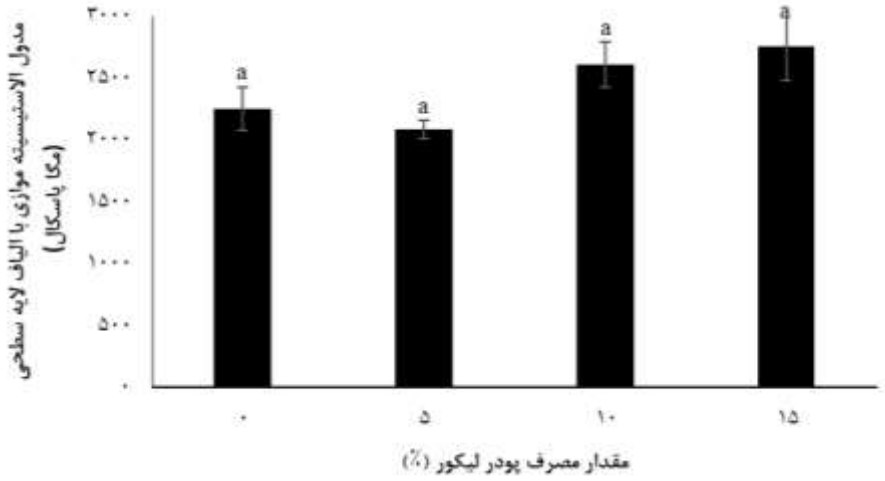
درصدهای مختلف پودر لیکور، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. نتایج تحقیقات Rozman و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که مواد مرکب حاوی لیگنین کرافت ویژگی‌های خمشی بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد دارند [۱۶]. Toriz و همکاران (۲۰۰۲) نیز از لیگنین همراه با پرکننده‌های معدنی در تولید مواد مرکب استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که کلیه ویژگی‌های خمشی این مواد مرکب با افزایش لیگنین نیز افزایش می‌یابد [۱۷]. مایع پخت باقیمانده از فرآیند سولفیت قلیایی- آنتراکینون نیز دارای مقادیر مختلفی از ترکیبات شامل همی‌سلولزها و لیگنین می‌باشند که می‌توانند در بهبود مقاومت خمشی تخته‌ها تأثیر مثبتی داشته باشد.



شکل ۳- تأثیر مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی تخته‌لایه

مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی

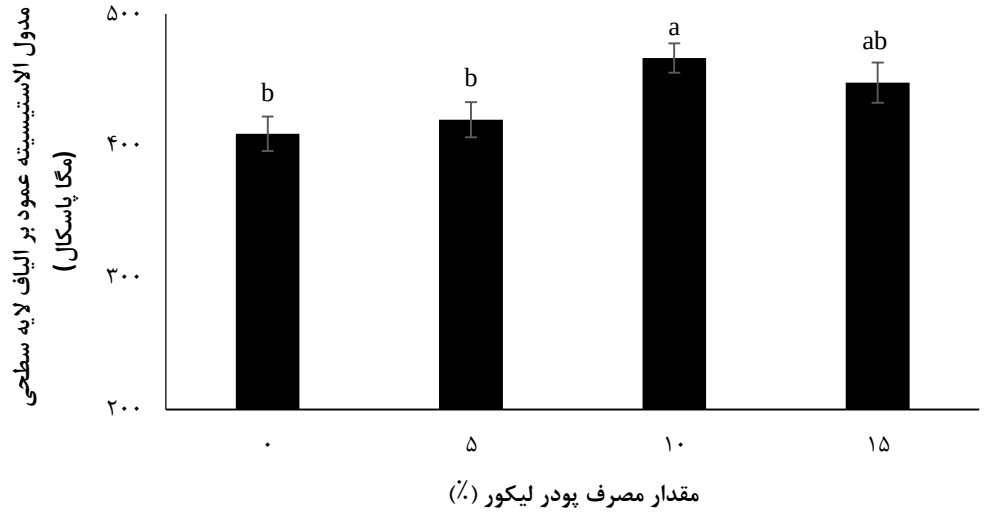
شکل ۴ تأثیر مقادیر مختلف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون را بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مدول الاستیسیته موازی با الیاف مربوط به تیماری است که در آن از ۱۵ درصد پودر مایع پخت سیاه استفاده شد. سطوح مختلف استفاده از پودر لیکور تأثیر معنی‌داری بر مدول الاستیسیته تخته‌ها نداشته و آزمون دانکن با مقایسه میانگین داده‌ها، سطوح مربوط به مقادیر مختلف مصرف پودر مایع پخت سیاه را در یک گروه مشترک قرار داده است. مدول الاستیسیته مواد مرکب تحت تأثیر مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها و پیوند بین اجزای تشکیل‌دهنده آن و دانسیته مواد مرکب است [۷].



شکل ۴- تأثیر مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی تخته‌لایه

مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی

شکل ۵ تأثیر مقادیر مختلف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون را بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مدول الاستیسیته عمود بر الیاف مربوط به تیماری است که در آن از ۱۰ و ۱۵ درصد پودر مایع پخت سیاه استفاده شد. آزمون دانکن با مقایسه میانگین‌ها مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی، سطوح مربوط به مقادیر مختلف مصرف پودر مایع پخت سیاه را در گروه‌های مختلف قرار داده است؛ یعنی با افزایش مصرف ۱۰ و ۱۵ درصدی مایع پخت سیاه، مقدار مدول الاستیسیته عمود بر الیاف تخته‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است.

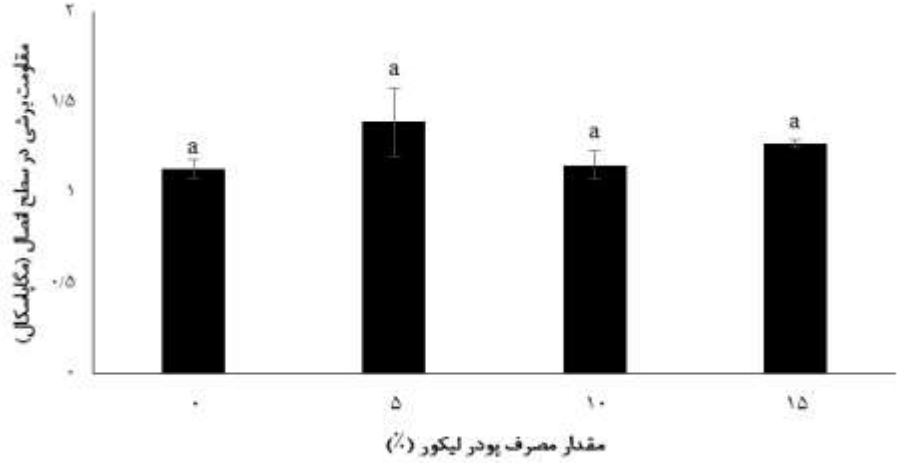


شکل ۵- تأثیر مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی تخته-لایه

مقاومت برشی در سطح اتصال

شکل ۶ تأثیر مقادیر مختلف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف استفاده از پودر مایع پخت سیاه نشان نمی‌دهد و مقادیر مقاومت برشی به‌دست‌آمده از درصدهای مختلف پودر مایع پخت سیاه در گروه مشترک a قرار دارند. مقاومت برشی از مهم‌ترین خصوصیات مکانیکی تخته‌لایه به شمار می‌آید که تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله، کیفیت سطح لایه-ها، نوع گونه، زمان پرس، نوع چسب و دمای پرس است [۱۸]. در ارتباط با تأثیر این نوع پرکننده‌ها، Jamalirad و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی اثر استفاده از لیگنین کرافت با کاتالیزور یون‌های فلزی به‌عنوان فیلر- اکستندر رزین اوره فرمالدهید در ساخت تخته‌لایه اعلام کردند که شرایط استفاده از ۳۰ درصد لیگنین کرافت با کاتالیزور استات روی به‌عنوان بهترین تیمار جهت حفظ مقاومت برشی تخته‌لایه در حد استاندارد ۱ مگاپاسکال است [۱۴]. آنان همچنین اعلام کردند با افزایش مقدار لیگنین در ترکیب چسب بدون کاتالیزور مقاومت برشی کاهش‌یافته است. از سوی دیگر Gothwal و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی بر روی سنتز چسب‌های با قیمت پایین‌تر و تهیه‌شده از پسماندهای صنعت خمیرکاغذ، به این نتیجه رسیدند با استفاده از ۱۵ درصد لیگنین مایع پخت سیاه در رزین فنول فرمالدهید، مقاومت برشی تخته‌لایه‌ها قابل‌مقایسه با نمونه‌های کنترل است [۱۹]. Alam Khan و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که مقاومت برشی و استحکام چسب‌های فنول فرمالدهید با جایگزینی لیگنین باگاس به‌جای فنول تا ۵۰ درصد افزایش می‌یابد و این موضوع به دلیل افزایش اتصالات عرضی همراه با افزایش میزان

لیگنین است که باعث تقویت ساختار چسب می‌گردد [۲۰]. KlasnjaوKopitovic (۱۹۹۲) نیز اعلام کرده‌اند که مصرف لیگنین تا ۵۰ درصد به‌جای فنول در چسب-های فنل فرمالدهید مقاومت برشی قابل قبولی را در تخته‌لایه به وجود آورده است [۲۱]. این موضوع بدان معنی است که با افزایش مقدار لیگنین موجود در مایع پخت سیاه حاصل از فرآیند پخت می‌توان تأثیر بهتری در بهبود مقاومت‌های تخته نیز انتظار داشت؛ اما به نظر می-رسد لیگنین موجود در لیکور در طی مراحل خمیرسازی در اثر فرآیند اکسایشی تخریب شده و به فرآورده‌های کوچک تبدیل و پیوندهای دوگانه جدیدی از نوع استیرنی و استیلنی پدیدار می‌شود؛ بنابراین به دلیل آنکه در مایع پخت سیاه، لیگنین تخریب شده است؛ اما برای تقویت و حفظ خواص مکانیکی باید لیگنین متراکم شده و اتصالات عرضی در آن شکل گیرد که این موضوع نیازمند حرارت بالای پرس است [۲۲، ۲۳ و ۲۴]. در این راستا Gothwal و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که شاید با افزایش میزان فشار اعمال‌شده در پرس بتوان مقدار خواص مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده با این نوع چسب‌ها را بهبود داد [۱۹]. البته همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد مقاومت برشی همه تخته‌ها بالاتر از حد استاندارد است و گاهی سایر تیمارهای مورداستفاده دارای مقاومت برشی بیشتر از نمونه شاهد هستند.



شکل ۶- تأثیر مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر مقاومت برشی در سطح اتصال

نتیجه‌گیری

با توجه به آنکه سالانه در سطح جهانی حجم زیادی مایع پخت سیاه در کارخانه‌های خمیرکاغذ سازی تولید می‌شود که این نوع پسماندها مصرف مشخصی نداشته و دورریز می‌شوند، لذا با هدف استفاده مفید از این مواد، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌لایه ساخته‌شده از چوب صنوبر تبریزی با چسب اوره فرمالدهید همراه با پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون موردبررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌طورکلی استفاده از پودر مایع پخت سیاه در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن را بهبود دهد. بدان معنی که پایداری ابعادی تخته‌ها در حد استاندارد بوده و خواص مقاومتی به‌ویژه مقاومت برشی تخته‌ها بالاتر از حد استاندارد بود؛ بنابراین می‌توان استفاده از مایع پخت سیاه حاصل از فرآیند پخت سولفیت قلیایی- آنتراکینون تا سطح ۱۰ درصد با خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب و بعدازآن ۱۵ درصد با پایداری ابعادی و مقاومت برشی مناسب را به‌عنوان جایگزین مناسبی برای بخشی از آرد گندم (پرکننده متداول فرآیند ساخت تخته‌لایه) به‌عنوان پرکننده رزین اوره فرمالدهید نیز پیشنهاد داد.

منابع

[1] Kreetachat, T., Damrongsri, M., Punsuwon, V., Vaithanomsat, P., Chiemchaisri, C. and Chomsurin, C., 2006. Effects of ozonation process on lignin-derived compounds in pulp and paper Mill Effluents. Journal of Biochemical Engineering, 35: 365-370.

[2] Helio, F., Nuno, g., Cecilia, B. and Ana Paula, D., 2010. Antioxidant Activity of Lignin Phenolic Compounds Extracted from Kraft and Sulphite Black Liquors. Molecules, 15: 9308-9322.

[3] Yahyavi Dizaj, M., Khazaeian, A. and Shakeri, A.R., 2016. The use of black liquor reinforced with lignocellulose Nano fibers to improve the mechanical and physical properties of particleboard. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 23(2): 297-322. (In Persian).

[4] Ann-Sofi, J. Anna-Karin, N. and Ola, W., 2008. Concentration and purification of lignin in hardwood Kraft pulping liquor by ultra filtration and Nan filtration. Chemical engineering research and design, 86: 1271–1280.

[5] Melissa, T.A, Brenno Santos, L. and Jose Vicente, H.A., 2011. Eucalyptus black liquor- density, viscosity, solids and sodium sulfate contents revisited. Technical Article / Peer-reviewed Article, 72(2): 52-57.

[6] Sederoff, R.D., MacKay, J., Ralph, J. and Hatfield, R., 1999. Unexpected Variation in Lignin. Curr. Opin. Plant Biol, 2: 145-152.

[7] Behrooz, R., Younesi Kordkheili, H. and Kazemi Najafi, S., 2011. Use of kraft lignin as compatibilizer in wood flour-polypropylene Composites. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(3): 454-465. (In Persian).

[8] Laurichesse, S. and Avérous, L., 2014. Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. Progress in Polymer Science, 39: 1266-1290.

[9] Dafinov, A., Font, J. and Garcia-Valls, R., 2005. Processing of black liquors by UF/NF ceramic membranes. Desalination, 173: 83-90.

[10] Fathy, L., Faezipour, M. and Bahmani, M., 2010. Effect of UF and MUF resins on the practical properties of particleboard produced from rice straw and aspen particles. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(33): 321-331. (In Persian).

[11] Yang, X. and Frazier, C. E., 2016. Influence of organic fillers on rheological behavior in phenol-formaldehyde adhesives. International Journal of Adhesion & Adhesives, 66: 93-98.

[12] Ozalp, M., Kabak, H., Atilgan, A. and Peker, H., 2013. The effects of adding the aluminum sulfate to the urea formaldehyde adhesive applied on plywood. International Journal of Physical Sciences, 8(19): 1017-1021.

[13] Li, B., Zhang, J.Z., Ren, X.Y., Chang, J.M. and Gou, J.S., 2014. Preparation and characterization of Bio-Oil Modified Urea-formaldehyde wood adhesives. Bio Resources, 9(3): 5125-5133.

[14] Jamalirad, L., Doosthoseini., K. and Mirshokraie, A., 2007. Utilization of Kraft Lignin with Metal ions Catalyst as Filler-Extender in Urea Formaldehyde Resin for Plywood Manufacture. Natural ResJournal of the Iranian, 60(3): 981-988. (In Persian).

[15] Mirshokraie, A., 2002. Wood Chemistry, Principles and Applications. Ayezh Press, 194 p. (In Persian).

[16] Rozman, H.D., Tan, K.W., Kumar, R.N., Abubakar, A. and IshakMohd Ismail, H., 2000. The Effect of Lignin as a Compatibilizers on the Physical Properties of Coconut Fiber-Polypropylene Composites. European Polymer Journal, 36(7): 1483-1494.

[17] Toriz, G., Denes, F. and Young, R. A., 2002. Lignin polypropylene composites. Part 1: Composites from unmodified lignin and polypropylene. Journal of Polymer Composites, 23(5): 806-813.

[18] Bekhta, P., Hiziroglu, S., Potapova, O. and Sedliacik, J., 2009. Shear Strength of Exterior Plywood Panels Pressed at Low Temperature. Materials, 2: 876-882.

[19] Gothwal, R. K., Mohan, M. K. and Ghosh, P., 2010. Synthesis of low cost adhesives from pulp & paper industry waste. Journal of Scientific & Industrial Research, 69: 390-395.

[20] Alam khan, M., Ashraf, S. M. and Malhotra, V. P., 2004. Development and characterization of a wood adhesive using bagasse lignin. International Journal of Adhesion & Adhesives, 24: 485-493.

[21] Klasnja, B. and Kopitovic, S., 1992. Lignin-Phenol-Formaldehyde Resins as Adhesives in the Production of plywood. Holz als Roh-und worst-off, 50: 282-285.

[22] Maghsodlou Rad, S. and Shakeri, A., 2013. Vanillin Production from kraft Liquor of Pinuseldarica. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 4(1): 143-150. (In Persian).

[23] Nazarnezhad, N., 2011. Study of particleboard manufacture by nonconventional bonding. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(1): 1-9. (In Persian).

[24] Yahyavi Dizaj, M., Khazaeian, A. and Shakeri, 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 and Paper Science Research, 32(3): 359-368. (In Persian).

The effect of using alkali sulfit-anthraquinone (AS-AQ) black liquor powder as filler of urea formaldehyde resin on functional properties of plywood

Abstract

In this research, the use of alkali sulfite - anthraquinone liqueur (AS-AQ) powder as filler of urea formaldehyde resin (UF) and replacing it with wheat flour in the production of plywood was considered. The AS-AQ liquor powder was used as filler of UF resin in plywood manufacture at four levels of 0, 5, 10 and 15% based on oven dry weight of UF resin. Then, the physical and mechanical properties of the samples, including thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water, bending strength and modulus of elasticity (parallel and perpendicular to surface grain) and bonding shear strength were measured. The results showed that the amount of thickness swelling of the boards after 2 and 24 hours of immersion in water did not increase significantly, and all the levels had a thickness swelling at the standard level. Increasing the consumption of liqueur powder did not have a negative significant effect on the dimensional stability of the boards. Bending strength and modulus of elasticity parallel and perpendicular to the surface layer was improved by an increase in the use of liquor powder, but there was no significant difference between the levels. Therefore, considering the physical and mechanical properties of the boards, it is appropriate to use alkali sulfite - anthraquinone liqueur powder as filler of urea formaldehyde resin.

Keywords: black liquor, alkali sulfite – anthraquinone process, urea formaldehyde resin, filler, plywood.

A. Karimi[1]
L. Jamalirad[2*]
H. Aminian[3]
S. Hedjazi[4]

[1] M.Sc., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

[2] Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

[3] Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

[4] Associate Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
Jamalirad@gonbad.ac.ir

Received: 2018/05/07
Accepted: 2018/11/26