

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

### چکیده

در این تحقیق استفاده از پودر مایع سیاه پخت فرآیند تولید خمیر کاغذ به عنوان پرکننده رزین اوره فرمالدهید و جایگزین آرد گندم در ساخت تخته لایه مورد بررسی قرار گرفت. از پودر مایع سیاه پخت سولفیت قلیایی - آنتراکینون در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن خشک رزین به عنوان پرکننده چسب برای ساخت تخته لایه صنوبر استفاده شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی شامل واکنشیدگی 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 واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش معنی‌داری ندارد و همه سطوح دارای واکنشیدگی 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 بر 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 به عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید توصیه نمود.

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

عبدالله کریمی<sup>۱</sup>

لعیا جمالی راد<sup>۲\*</sup>

هدایت الله امینیان<sup>۳</sup>

سحاب حجازی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

[Jamalirad@gonbad.ac.ir](mailto:Jamalirad@gonbad.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

### مقدمه

مایع سیاه پخت محصول جانبی فرآیند کاغذسازی است که محلولی رقیق از باقیمانده‌های لیگنین، پلی- ساکاریدها و مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند تولید خمیر کاغذ 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 به وسیله پیوندهای اتری و کربن- کربن به یکدیگر متصل شده است. این ماده در کنار سلولز به گیاه استحکام مکانیکی می‌دهد. همچنین، سبب

لیگنوسولوز ۰ و ۲ درصد بر اساس وزن خشک چسب به عنوان عوامل متغیر انتخاب شدند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، تخته-خرده چوب ساخته شده با ۱۰ درصد ترکیب لیکور سیاه با چسب اوره فرمالدهید، ۲ درصد نانولیف لیگنوسولوز و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد مقاومت‌های بهتری دارد [۳]. در تحقیقی دیگر Ozalp و همکاران (۲۰۱۳) خواص تخته‌لایه ساخته شده از گونه‌های (*Tetraberlinia bifoliolata*) و (*Populus x eureamericana*) به وسیله رزین اوره فرمالدهید را مورد بررسی قرار دادند. جهت اصلاح خواص چسب اوره فرمالدهید، آلومینیوم سولفات به میزان ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد به عنوان 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 به طور قابل توجهی انتشار فرمالدهید را کاهش داد [۱۲]. Li و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر افزودن روغن طبیعی استخراج شده از چوب لاریکس به چسب اوره فرمالدهید بر ویژگی‌های کاربردی تخته‌لایه ساخته شده از آن را مورد بررسی 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 به عنوان 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 ساخته شده 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 ۲×۴۵×۴۵۰ میلی‌متر و از سه لایه در هر تخته استفاده شد. چسب اوره فرمالدهید مورد استفاده با مقدار مواد جامد ۴/۶۳ درصد و pH برابر با

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 بالغ بر ۷۰ میلیون تن لیگنین تولید می‌شود که از این مقدار ۹۵ درصد آن سوزانده شده و تنها ۵ درصد آن به عنوان 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 از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست-محیطی اهمیت زیادی دارد، اما در حال حاضر بخش اعظم آن سوزانده می‌شود. امروزه پیدا نمودن کاربرد جدید و با ارزش افزوده 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، انحلال پذیری خوب در آب، بی‌رنگی، سختی بالا، دمای انعقاد پایین و خواص حرارتی مناسب پرمصرف‌ترین چسب مورد استفاده 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. از این رو به منظور غلبه بر معایب این چسب می‌توان از انواع بسط دهنده‌ها یا اصلاح‌کننده‌ها استفاده کرد. ذرات پرکننده یا بسط دهنده در واقع بدون در نظر گرفتن نقش آن‌ها بر قدرت و دوام اتصال، به منظور 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 تقویت شده با نانو لیف لیگنوسولوز 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 ۱۰:۹۰، ۳۰:۷۰، ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد و دمای پرس در دو سطح ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و درصد نانو لیف

## 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 (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 RANBAR مدل S.W.P. 100 (با فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه) قرار گرفتند. تخته‌های سه‌لایه 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 واکنش‌پذیری 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 310 و EN 314-2 انجام شد.

۷/۵، ویسکوزیته در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد 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 ۲۰:۸۰، ۳۰:۷۰، ۴۰:۶۰، ۵۰:۵۰، ۶۰:۴۰، ۷۰:۳۰، 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 ۱۶۵°C 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) ۱۷۰°C و درجه حرارت خروجی (Sensor Temp) ۱۰۰°C 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.

## تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. در نهایت مقایسه و گروه بندی میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

## نتایج و بحث

## ویژگی های فیزیکی و مکانیکی

مقادیر میانگین ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته های ساخته شده در جدول ۱ آمده است. در صورت وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها، گروه بندی آن ها توسط آزمون دانکن انجام شد که به صورت حروف لاتین نمایش داده شده است.

## واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه -

## وری در آب

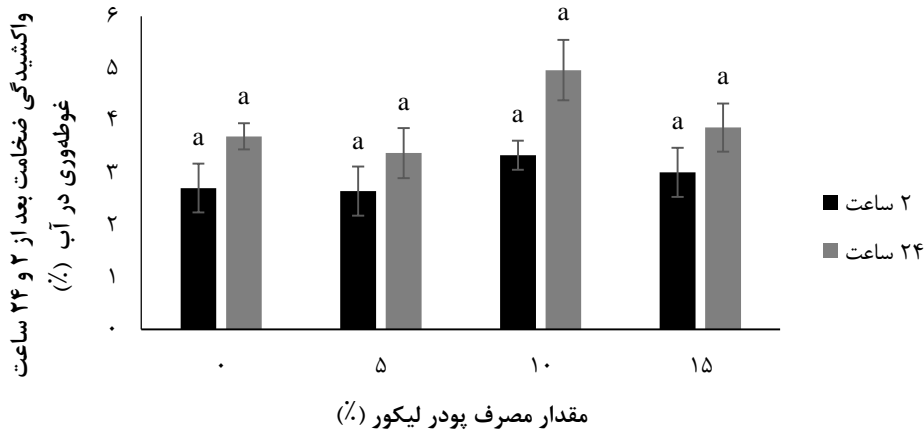
شکل ۱ تأثیر درصد های مختلف پودر مایع سیاه پخت استفاده شده را بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب نشان می دهد. کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت مربوط به تیماری است که در آن از ۵ درصد پودر مایع سیاه استفاده شده که مقدار آن ۲/۲۲ درصد کمتر از شاهد است؛ و کمترین واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت مربوط به تیماری است که در آن از پودر مایع پخت سیاه به مقدار ۵ درصد استفاده شده است که واکشیدگی ضخامت آن ۸/۶۵ درصد

کمتر از تیمار شاهد است. تجزیه واریانس داده ها نشان داد، مقادیر واکشیدگی ضخامت به دست آمده از درصد های مختلف پودر مایع پخت سیاه، اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. عواملی که در واکشیدگی ضخامت تخته ها تأثیر دارند، افزایش تعداد گروه های عاملی لیگنین از جمله گروه های هیدروکسیل در اثر فرآیند پخت و در نتیجه افزایش آب دوستی لیگنین است [۱۴].

Mirshokraie (۲۰۰۲) بیان می کند که لیگنین تخریب نشده نپذیر و محلول در آب نیست. با وجود این، در طی خمیر سازی به طور فنی، به دلیل تخریب جزئی و تبدیل شدن به گروه های سولفونیک اسیدی لیگنین محلول در آب می شود و نقاط واکنش پذیر آن افزایش می یابد. در نتیجه مایع پخت سیاه کارخانه های کاغذ سازی محلول در آب بوده و به علت داشتن گروه های قطبی در ساختار خود باعث افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت می شود [۱۵]؛ اما همان طور که شکل نشان می دهد با وجود افزایش واکشیدگی ضخامت در اثر افزایش مقدار مصرف پودر مایع سیاه پخت، اختلاف معنی داری بین آن ها وجود ندارد و همه تخته های ساخته شده دارای حد استاندارد واکشیدگی ضخامت (۳ تا ۶ درصد) نیز می باشند و این موضوع می تواند نتیجه امید بخشی در مصرف این مواد همراه با چسب اوره فرمالدهید باشد بدون آنکه تأثیر منفی بر پایداری ابعادی تخته ها داشته باشد.

جدول ۱- مقادیر میانگین ویژگی های تخته لایه ساخته شده با چسب تقویت شده با پودر مایع سیاه پخت

مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه (درصد)	مقاومت برشی (مگا پاسکال)	واکشیدگی ضخامت ۲ (درصد)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ (درصد)	مدول الاستیسیته لایه سطحی (مگا پاسکال)	مدول الاستیسیته عمود بر الیاف (مگا پاسکال)	مقاومت خمشی لایه سطحی (مگا پاسکال)	مقاومت خمشی عمود بر الیاف (مگا پاسکال)
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

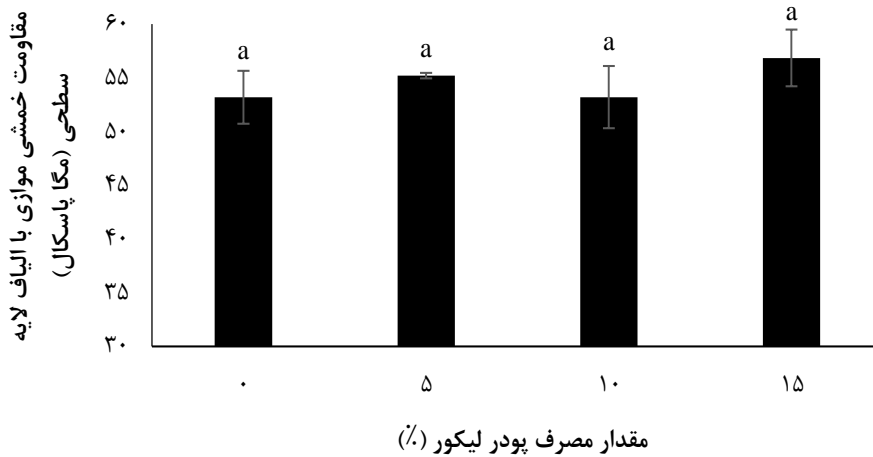


شکل ۱- تأثیر مقدار پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی- آنتراکینون بر میزان واكشیدگی ضخامت تخته لایه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

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.

### 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



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

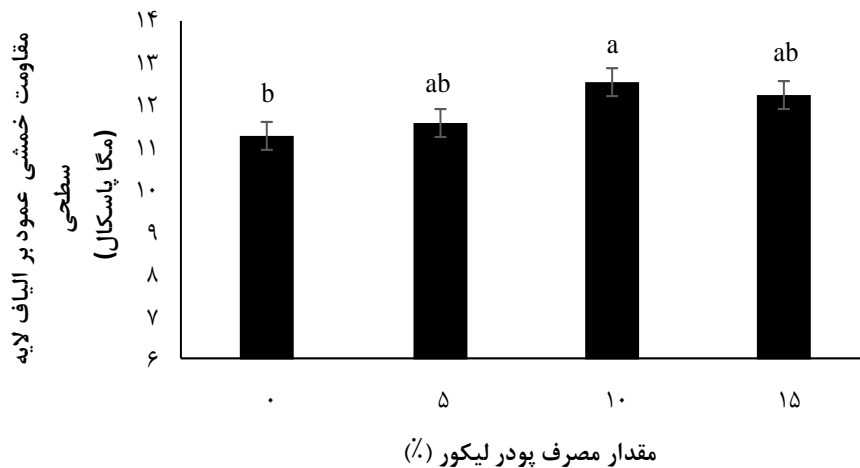
الیاف لایه سطحی مربوط به مصرف ۱۰ درصد پودر مایع پخت سیاه، با افزایش ۱۱/۰۷ درصد نسبت به نمونه شاهد و بعداز آن مربوط به استفاده از ۱۵ درصد پودر مایع پخت سیاه است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، مقادیر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی به‌دست‌آمده از

### 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

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 همی سلولزها و لیگنین می‌باشند که می‌توانند در بهبود مقاومت خمشی تخته‌ها تأثیر مثبتی داشته باشد.

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

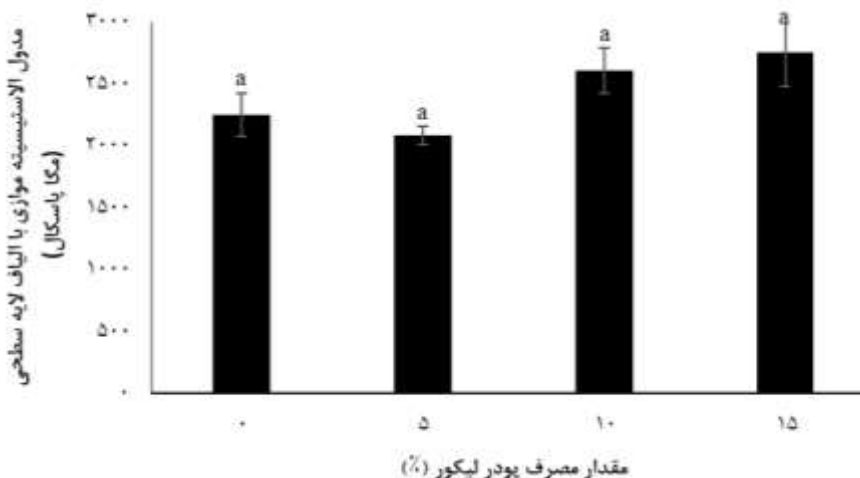


شکل ۳- تأثیر مقدار مصرف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی - آنتراکینون بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی تخته لایه

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].

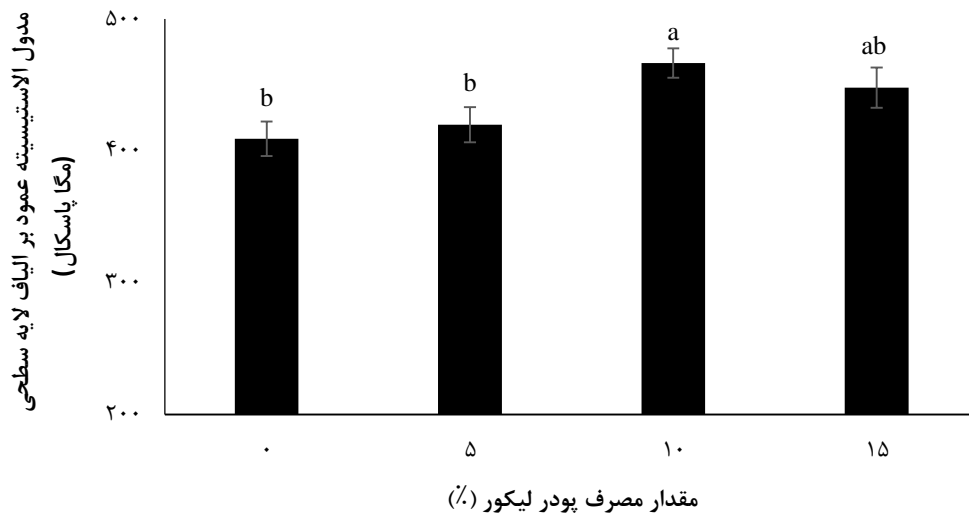
#### مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی

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



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

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 افزایش یافته است.



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

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 کاهش یافته 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

### مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی

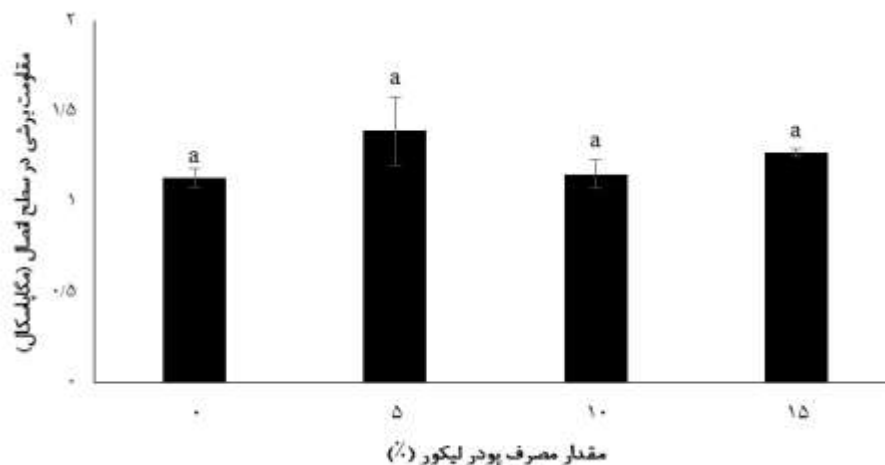
شکل ۵ تأثیر مقادیر مختلف پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی - آنتراکینون را بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مدول الاستیسیته عمود بر الیاف مربوط به تیماری است که در آن از ۱۰ و ۱۵ درصد پودر مایع پخت سیاه استفاده شد. آزمون دانکن با

### 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 از جمله، 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

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 اعمال شده در پرس بتوان مقدار خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده 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 مورد استفاده دارای مقاومت برشی بیشتر از نمونه شاهد هستند.

لیگنین است که باعث تقویت ساختار چسب می‌گردد [۲۰]. Kopitovic و Klasnja (۱۹۹۲) نیز اعلام کرده‌اند که مصرف لیگنین تا ۵۰ درصد به جای 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 می‌رسد 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



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

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 بعداز آن 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.

### 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 ساخته شده از چوب صنوبر تبریزی با چسب اوره فرمالدهید همراه با پودر مایع پخت سیاه سولفیت قلیایی - آنتراکینون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌طور کلی استفاده از پودر مایع پخت سیاه در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید



## 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 sulfite-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<sup>1</sup>  
L. Jamalirad<sup>2\*</sup>  
H. Aminian<sup>3</sup>  
S. Hedjazi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> M.Sc., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

<sup>4</sup> 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](mailto:Jamalirad@gonbad.ac.ir)

Received: 2018/05/07

Accepted: 2018/11/26