



دانشگاه گوارزی منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و سوم، ویژه‌نامه ۱، ۱۳۹۵

<http://jwfst.gau.ac.ir>

بررسی استفاده از رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلات بر خواص مکانیکی و فیزیکی تخته خرده‌چوب

*شایسته جهانشاهی^۱، علی عبدالخانی^۲، کاظم دوست‌حسینی^۳ و علیرضا شاکری^۴

^۱دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

^۲استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

^۳استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

^۴دانشیار، دانشکده علوم پایه، دانشکده شیمی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴

چکیده

سابقه و هدف: یکی از بخش‌های مهم در صنایع چوب و کاغذ، رزین‌های سنتزی مورد استفاده می‌باشد. رزین‌های اپوکسی، از جمله پلیمرهای پرمصرف در صنایع مختلف و صنایع چسب‌سازی می‌باشند که از ترکیب بیس فنول A و اپی‌کلروهیدرین به دست می‌آید. بیس فنول A در فرمولاسیون رزین‌های اپوکسی از فرآورده‌های نفتی به دست می‌آید که این فرآورده‌ها محدود و پایان‌پذیر، گران و سرطان‌زا است، وجود بیس فنول A، در محیط اطراف، می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط زیست باشد. تحقیقاتی در زمینه رزین‌های زیستی پایه اپوکسی انجام شده از جمله شاکری و همکاران (۲۰۱۰) از رزین سویای اپوکسی‌دار شده اکریلیکی در ساخت تخته‌کاه استفاده کردند. تسوجی و همکاران (۲۰۱۰) مقایسه رزین پایه فرمالدهید و سویای اپوکسی‌دار شده اکریلیکی در ساخت تخته‌کاه را مورد بررسی قرار دادند. هدف این تحقیق، سنتز رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی و ساخت تخته خرده‌چوب با آن و بررسی خواص مکانیکی و فیزیکی آن است.

*مسئول مکاتبه: Shjahanshahi@ut.ac.ir

مواد و روش‌ها: در این تحقیق جهت ساخت تخته خرده‌چوب سه لایه با رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی، خرده‌چوب‌های ریز برای لایه سطحی که بر روی مش ۲۰ باقیماده و خرده‌چوب‌های درشت که از مش ۲۰ عبور داده شده برای لایه میانی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور کاهش رطوبت خرده‌چوب‌ها تا رطوبت ۲/۵ درصد، ذرات به مدت ۸ ساعت در خشک‌کن دمای ۱۰۳ درجه قرار گرفتند. تانن تجاری استخراج شده از پوست میموزا، که به صورت پودر قهوه‌ای رنگ و خشک شامل ۸۲ درصد مونومر و الیگومر فلاونوئیدی می‌باشد از شرکت سیلوا شیمی فرانسه تهیه شد. جهت سنتز رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی از اسید اکریلیک (۹۹ درصد)، هیدروکینون (۹۹ درصد) و کاتالیزور 1,4-Diazabicyclo [2,2,2] octane شرکت سیگما-آلدریچ استفاده شد. گلیسیدیل اتر تانن با اکریلیک اسید و کاتالیزور و هیدروکینون در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت واکنش داده و رزین تانن اپوکسی اکریلاتی تهیه شد. با استفاده از طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه ساختار نهایی رزین بررسی شد. سپس تخته‌خرده سه لایه با رزین تانن اپوکسی اکریلاتی در دو دمای پرس ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس ۵/۵ و ۷/۵ دقیقه با دانسیته اسمی ۷۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب ساخته شد و خواص مکانیکی مانند مقاومت خمشی (MOR)، مدول الاستیسیته (MOE) و چسبندگی داخلی (IB) بر اساس استاندارد EN310 و EN319 و خواص فیزیکی مانند جذب آب (WA) و واکنشیدگی ضخامت (TS) پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بر اساس استاندارد EN317 اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: اسید اکریلیک با گلیسیدیل اتر تانن واکنش داده، در محل گروه‌های اپوکسی، گروه‌های اکریلیکی قرار می‌گیرند و باعث شاخه‌دار شدن ترکیب و سنتز رزین تانن اپوکسی اکریلاتی شد. نتایج FTIR حضور گروه‌های اکریلیک در رزین را تأیید کرد. نتایج آزمایشات نشان داد که افزایش دما و زمان پرس تأثیر مثبت بر روی همه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده داشته است. مقاومت خمشی با افزایش دما و زمان پرس از ۱۳/۳ به ۱۶/۳ مگاپاسکال، مدول الاستیسیته از ۲۶۰۰ به ۳۶۰۰ مگاپاسکال و چسبندگی داخلی از ۰/۴ به ۰/۸ مگاپاسکال افزایش یافته است. زیرا افزایش دما و زمان پرس، سبب تبخیر سریع‌تر رطوبت و نرم شدن و متراکم شدن ذرات در سطح تخته و انتقال حرارت به لایه میانی و گیرایی بهتر رزین در لایه میانی تخته شد و سبب افزایش مقاومت‌های مکانیکی شد. با افزایش دما و زمان پرس میزان واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت از ۱۱ درصد به ۷

درصد و پس از ۲۴ ساعت از ۱۷ درصد به ۱۲ درصد کاهش یافته است. میزان جذب آب نیز از ۲۵ درصد به ۱۷ درصد بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری و ۳۰ درصد به ۲۱ درصد بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب رسیده است.

نتیجه‌گیری: آنچه در این پژوهش می‌توان به آن دست یافت شرایط بهینه برای ساخت رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلات دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت ۱۲ ساعت بود. در ساخت تخته با رزین تانن اپوکسی اکریلات افزایش دمای پرس از ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه و زمان پرس از ۵/۵ به ۷/۵ دقیقه تأثیر مثبت بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی پانل نهایی داشت. با توجه به این که همه تخته‌ها از خواص مکانیکی و فیزیکی استاندارد اروپا برخوردار بودند جهت صرفه اقتصادی، تخته‌های ساخته شده در دمای ۱۶۰ درجه و زمان ۵/۵ دقیقه می‌تواند خواسته‌های صنعت را برآورده کند.

واژه‌های کلیدی: رزین تانن اپوکسی اکریلات، تخته خرده چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی

مقدمه

یکی از بخش‌های مهم در صنایع چوب و کاغذ، رزین‌های سنتزی مورد استفاده می‌باشد، که اغلب رزین‌های مورد استفاده در این بخش، فرآورده‌های پتروشیمی نفت می‌باشند. از آنجایی که منابع فسیلی و نفتی محدود و پایان‌پذیر و دارای نوسان قیمت می‌باشند بنابراین هدف جهانی تلاش برای افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر زیستی در صنایع شیمیایی و صنایع تبدیلی می‌باشد و دستورالعمل کاهش ضایعات و آلاینده‌ها در دستور کار قرار گرفت (۶، ۱۰، ۲۳). رزین‌های اپوکسی، از جمله پلیمرهای پرمصرف در صنایع مختلف و صنایع چسب‌سازی می‌باشند. انواع این رزین‌ها به علت مقاومت خوب در برابر قلیا، چقرمگی و بالا بودن ضریب دی‌الکتریک، کاربردهای فراوانی در پوشش‌ها و صنایع الکترونیک یافته‌اند (۱، ۸، ۹، ۲۲). مهمترین دسته رزین‌های اپوکسی، از ترکیب اپی‌کلروهیدرین و بیس فنول A تهیه می‌شوند که بیس فنول A در فرمولاسیون رزین‌های اپوکسی از فرآورده‌های نفتی به دست می‌آید که این فرآورده‌ها محدود و پایان‌پذیر، گران و سرطان‌زا بوده و در گروه مواد شیمیایی CMR- R₃ طبقه‌بندی می‌شود که اثرات سوء زیان‌باری بر روی سلامت انسان و محیط زیست دارد

(۸، ۹، ۱۴). یکی از اهداف شیمی سبز، استفاده از مواد طبیعی، غیرسمی، تجدیدپذیر و زیست تخریب پذیر می‌باشد. بنابراین برای سنتز رزین‌های اپوکسی زیست‌پایه باید به فکر جایگزین زیستی برای بیس فنول A باشیم. پلیمرهای زیست‌پایه مشتق شده از منابع طبیعی و تجدیدپذیر می‌تواند جهت جایگزینی پلیمرهای سنتزی و شیمیایی مورد استفاده قرار بگیرد (۹، ۱۱، ۱۳). از آنجایی که رزین‌های سنتزی برای تجزیه به زمان طولانی نیاز دارند، توجه ویژه به تانن به عنوان منبع زیستی در سنتز رزین‌های زیست‌پایه معطوف گردیده است (۷، ۲۱، ۲۵). در راستای توسعه چسب‌های صنعتی زیستی، تانن به‌عنوان یک منبع پلی‌فنولی طبیعی به‌دلیل سازگاری مناسب با ساختار شیمیایی مواد لیگنوسولوزی مورد توجه محققان قرار گرفته است (۷، ۱۶). تانن‌ها، ترکیبات پیچیده طبیعی هستند که دارای تعداد قابل ملاحظه‌ای گروه هیدروکسیل فنولی هستند که امکان تشکیل اتصالات عرضی با سایر درشت مولکول‌ها را میسر می‌سازد و در فرمولاسیون چسب می‌تواند به کار روند (۱۲، ۱۵). شاکری و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خواص تخته‌خرده حاصل از روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکرلیکی با کاه گندم پرداختند آن‌ها در تحقیقات‌شان زمان پرس و مقدار رزین مصرفی را به‌عنوان عامل متغیر قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و همچنین کمترین میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌خرده‌کاه ساخته شده با ۱۳ درصد رزین مصرفی و زمان پرس ۱۲ دقیقه به‌دست آمد (۲۰). تسوجی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی ساخت تخته‌کاه با رزین اوره‌فرمالدهید و رزین اپوکسی سویای آکرلیکی در سه زمان پرس ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه و دو سطح میزان مصرف رزین ۸ و ۱۳ درصد پرداختند، نتایج نشان داد تخته‌کاه ساخته شده با رزین اپوکسی سویای آکرلیکی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی (به‌خصوص چسبندگی داخلی و واکنشیدگی ضخامت) بهتری نسبت به رزین اوره‌فرمالدهید داشتند و تخته‌های ساخته شده با افزایش زمان پرس خصوصیات بهتری نشان دادند (۲۴). ریچیسی^۱ و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی خواص رزین اپوکسی بر پایه ملامین پرداختند آن‌ها رزین اپوکسی با ملامین را در حضور کاتالیزور، بدون حلال و شرایط دمایی مختلف تهیه نمودند. دو نوع رزین با استفاده از ملامین و مشتقات گلیسیدیل و با افزودن مشتقات سیلان تهیه کردند و خواص فیزیکی و شیمیایی رزین‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایشات نشان داد که همه رزین‌ها خواص حرارتی خوبی داشتند اما در خواص مکانیکی

1- Riccotti

متفاوت بودند. رزین اپوکسی تهیه شده با مشتقات گلیسیدیل سختی بالا و مدول ذخیره تا ۸۳۰ مگاپاسکال در دمای اتاق داشت و رزین اپوکسی ساخته شده در حضور سیلان دارای مدول ذخیره کمتری بود که نشان می‌دهد حضور گروه‌های سیلان می‌تواند باعث افزایش انعطاف‌پذیری این رزین‌ها شود (۱۷). شوستر^۱ و همکاران (۲۰۱۴) از رزین‌های زیست‌پایه شامل اپوکسی، پلی‌اورتان، تانن و الیاف کتان به‌عنوان تقویت‌کننده در ساخت بیوکامپوزیت استفاده کردند رزین زیست‌پایه اپوکسی بر پایه روغن‌های طبیعی به‌دست آوردند و با سخت‌کننده و کاتالیزور مورد استفاده قرار دادند. نتایج آزمایشات نشان داد که از رزین اپوکسی زیست‌پایه، به‌عنوان پتانسیل بالقوه در تولید بیوکامپوزیت بدون تیمار شیمیایی و به‌کار بردن رقیق‌کننده جهت اصلاح ویسکوزیته، می‌توان استفاده کرد (۱۹). جهانشاهی و همکاران (۲۰۱۶) تانن را با استفاده از اپی‌کلروهیدرین در دمای ۸۰ درجه و محیط قلیایی اپوکسی‌دار کردند. و گلیسیدیل اتر تانن زیست‌پایه تهیه نمودند. با استفاده از روش تیتراسیون، عدد اپوکسی را ۷/۲ درصد به‌دست آوردند. نتایج طیف‌سنجی FT-MIR, CP-MAS 13C-NMR, MALDI-TOF MS گلیسیدیل‌دار شدن تانن را تأیید کرد. آن‌ها گزارش دادند از گلیسیدیل اتر تانن به‌عنوان رزین رپزیست‌پایه در صنعت تخته خرده‌چوب می‌توان استفاده نمود (۹). جهانشاهی و همکاران (۲۰۱۶) تخته‌کاه با استفاده از رزین بیو اپوکسی تانن (GET) با دو دمای متغیر (۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) و دو زمان متغیر (۷/۵ و ۱۰ دقیقه) ساختند و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی از جمله جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت (بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب)، چسبندگی داخلی، مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی تخته‌های حاصل اندازه‌گیری و با استاندارد EN312-4 مقایسه کردند. نتایج نشان داد که تخته‌کاه ساخته شده با دمای ۲۰۰ درجه و زمان ۱۰ دقیقه پرس، بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی را داشتند و دارای خواص کاربردی قابل‌قیاس با تخته خرده‌چوب ساخته شده با چسب‌های سنتزی پایه نفتی می‌باشند (۸). این تحقیق در راستای تهیه محصولاتی کاملاً پایه زیستی و از منابع تجدیدناپذیر برای ساخت تخته خرده‌چوب می‌باشد. لذا از تانن استخراج شده از پوست درخت، رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی تهیه شد آنگاه از این رزین در ساخت تخته خرده‌چوب استفاده شد و خواص تخته حاصله با استاندارد اروپا مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی جهت ساخت تخته‌خرده سه لایه، خرده‌چوب‌های ریز الک شده که از مش ۲۰ عبور کرده و بر روی مش ۴۰ باقیمانده و خرده‌چوب‌های درشت که بر روی مش ۲۰ باقی مانده‌اند مورد استفاده قرار گرفتند. خرده‌چوب‌ها به‌منظور کاهش رطوبت در خشک‌کن به مدت ۸ ساعت دمای ۱۰۳ درجه قرار گرفتند تا به رطوبت ۲/۵ تا ۳ درصد رسیدند. سپس خرده‌چوب‌های ریز و درشت در کیسه‌های نایلونی دو جداره به‌صورت سربسته و جداگانه برای اجتناب از جذب رطوبت نگهداری شدند. جهت سنتز رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی از اسید اکریلیک (۹۹ درصد)، هیدروکینون (۹۹ درصد) و کاتالیزور 1,4-Diazabicyclo [2,2,2] octane شرکت سیگما-آلدریچ و گلیسیدیل اتر تانن (GET) سنتز شده توسط جهانشاهی و همکاران (۲۰۱۶b) استفاده شد.

سنتز رزین تانن اپوکسی اکریلاتی: میزان ۰/۰۸ مول تانن اپوکسی‌دار شده (GET) که از واکنش تانن با اپی‌کلروهیدرین در شرایط قلیایی تهیه شد (۸، ۹) داخل یک بشر و در بشری دیگر، اسید آکریلیک به میزان ۰/۲۱ مول ریخته و به آن ۰/۰۴ مول هیدروکینون و ۰/۰۰۵ مول کاتالیزور اضافه شد. برای سرعت بخشیدن به واکنش اکریلاسیون از کاتالیزور 1,4 Diazobicyclo [2,2,2] octane^۱ استفاده شد. البته باید به این نکته اشاره کرد که حضور اسید اکریلیک خود باعث تسریع واکنش می‌شود برای جلوگیری از واکنش اسید اکریلیک با یکدیگر در طی فرایند ساخت رزین اپوکسی تانن از هیدروکینون^۲ استفاده شد. با استفاده از همزن مغناطیسی، بشر محتوی اسید آکریلیک و هیدروکینون و کاتالیزور هم زده شد تا ماده‌ای نسبتاً همگن حاصل شود. سپس ترکیب فوق به بشر حاوی تانن اپوکسی‌دار شده (GET) اضافه و سپس به داخل حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد و با استفاده از یک همزن مغناطیسی به مدت ۱۲ ساعت بهم خورد. در پایان محصول، در دمای محیط قرار گرفت تا خنک شود. از دستگاه. با استفاده از طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه FTMIR مدل Perkin Elmer Frontier ATR-FT-MIR که عدد موجی بین $4000-600\text{ cm}^{-1}$ را نمایش می‌دهد و سپس هر نمونه با ۳۲ پیمایش و با وضوح 4 cm^{-1} آنالیز شد جهت تعیین ساختار نهایی رزین استفاده شد. ویژگی‌های رزین از عوامل مؤثر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ترکیبی چوب به‌شمار می‌رود. جهت بررسی خصوصیات چسب تانن اپوکسی اکریلاتی از جمله مقدار ماده

1- C6H12N2

2- C6H4(OH)2

جامد، جرم مخصوص، pH و گرانی از روش‌های مربوط به استاندارد DIN شماره ۶۸۷۶۳ استفاده گردید.

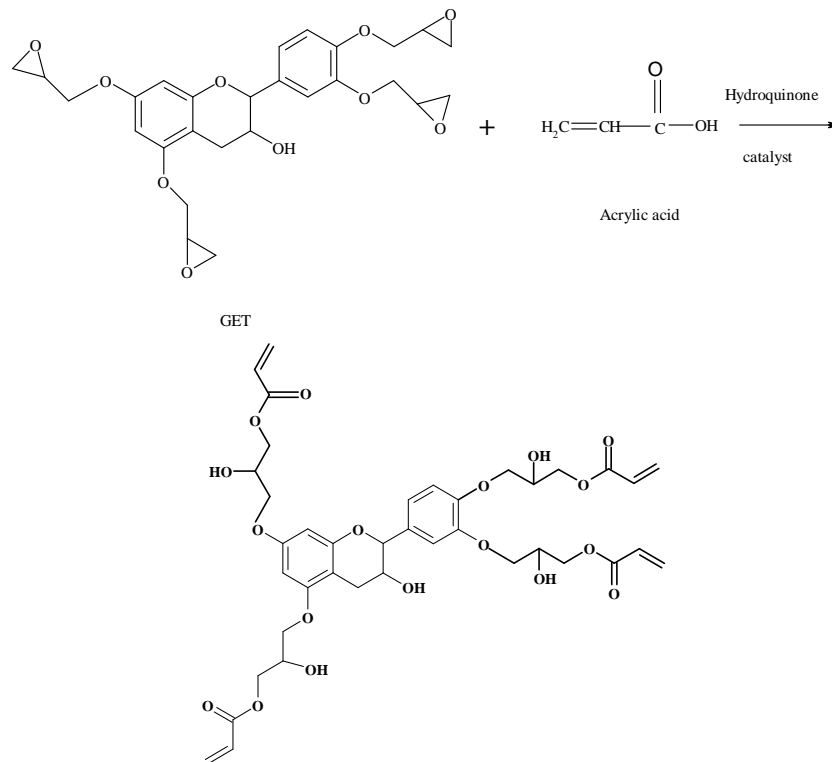
ساخت تخته خرده‌چوب آزمایشگاهی با رزین تانن اپوکسی اکریلات: تخته‌های سه لایه به ابعاد $۱۴ \times ۳۰ \times ۳۵$ میلی‌متر مکعب با دانسیته اسمی ۷۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب ساخته شدند. مقدار رطوبت خرده‌چوب‌ها قبل از چسب‌زنی ۲/۵ درصد بود. رزین مصرفی (بر اساس وزن خشک رزین) به میزان ۱۰ درصد در دو سطح تخته و ۸ درصد در لایه میانی استفاده شد. خرده‌چوب به وسیله ترازویی با دقت ۰/۱ گرم توزین و در داخل دستگاه چسب‌زن ریخته شد. از آنجایی که در این تحقیق، تخته خرده‌چوب‌های آزمایشگاهی به صورت لایه‌ای ساخته می‌شوند بنابراین خرده‌چوب‌های ریز و درشت به صورت جداگانه چسب‌زنی شدند. عمل چسب‌زنی در استوانه به حالت افقی و با سرعت چرخش ۲۰ دور در دقیقه در مدت ۲ دقیقه انجام گردید. نمونه‌های چسب زده شده پس از خروج از دستگاه چسب‌زن، به صورت دستی و به طور کاملاً یکنواخت در داخل قالب چوبی به ابعاد $۱۴ \times ۳۰ \times ۳۵$ میلی‌متر مکعب پاشیده شد که این قالب بر روی یک ورقه آلومینیومی به ضخامت ۲ میلی‌متر قرار گرفت. برای جلوگیری از نوسانات ارتفاع نمونه‌ها در داخل قالب، از خطوط افقی موجود در روی بدنه داخلی قالب استفاده گردید به طوری که کیک در همه جهات با یکی از خطوط هم سطح و متعادل گردید. پس از تشکیل کیک از یک صفحه چوبی جهت پرس سرد اولیه و فشردگی ابتدایی استفاده شد این عمل باعث می‌شود تا خرده‌چوب‌ها پس از خروج از قالب پاشیده نشوند. سپس کیک خرده‌چوب در یک پرس هیدرولیکی آزمایشگاهی مدل (Joos, Pfalzgrafenweiler) ساخت کشور آلمان قرار گرفت. ضخامت تخته‌ها نیز با استفاده از شابلون فلزی که به همین منظور تهیه شده بود در حد ۱۴ میلی‌متر کنترل گردید. در این بررسی دمای پرس در دو سطح ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه و زمان پرس در دو سطح ۵/۵ و ۷/۵ دقیقه به عنوان عوامل متغیر ساخت تخته در نظر گرفته شدند. از فشار پرس مرحله‌ای استفاده شد (فشار پرس در زمان ۷/۵ دقیقه شامل مرحله اول ۲۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت ۳ دقیقه، مرحله دوم ۱۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت ۲ دقیقه و مرحله آخر ۵/۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت ۲/۵ دقیقه بود و فشار پرس در زمان ۵/۵ دقیقه شامل مرحله اول ۲۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت ۲ دقیقه، مرحله دوم ۱۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت ۲ دقیقه و مرحله آخر ۵/۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت ۱/۵ دقیقه بود). برای هر تیمار سه تخته ساخته شد. برای رسیدن به پایداری ابعادی، پس از ساخت تخته‌ها دو هفته در شرایط کلیما دمای ۲۰ درجه و رطوبت ۶۵ درصد قرار گرفتند و سپس به منظور رسیدن به ضخامت نهایی ۱۳ میلی‌متر، سمیاده‌زنی شدند.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی و فیزیکی تخته خرده‌چوب: خواص مکانیکی شامل چسبندگی داخلی (IB)، مقاومت خمشی (MOR) و مدول الاستیسته (MOE) با استفاده از دستگاه INSTRON-UK 4467 ساخت کشور آلمان و با سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر بر دقیقه طبق استاندارد EN-319 و EN-310 محاسبه شدند. خواص فیزیکی نمونه‌ها شامل جذب آب (WA) و واکنشیدگی ضخامت (TS) پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر اساس استاندارد EN-317 تعیین شدند (۵)، و نتایج حاصل با استاندارد اروپا مقایسه شدند. نتایج حاصل از آزمایشات با استفاده از آزمون فاکتوریل در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌داری به کمک نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت و میانگین‌های به‌دست آمده از طریق آزمون دانکن تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

سنتر و بررسی خواص رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلات: طرح (۱) فرایند تبدیل تانن اپوکسی‌دار به تانن اپوکسی اکریلات را نشان می‌دهد گلیسیدیل‌اتر تانن (GET) به علت داشتن گروه‌های اپوکسی، ماده‌ای واکنش‌پذیر است (۹) لذا گروه هیدروکسیل اکریلیک اسید می‌تواند با حلقه اپوکسی واکنش دهد حلقه اپوکسی باز شده به گروه هیدروکسیل تبدیل شده و همان‌طور که در شکل (۱) مشخص است با ترکیب اسید اکریلیک با تانن اپوکسی‌دار شده (GET) طبق واکنش جانشینی، در محل گروه‌های اپوکسی، گروه‌های اکریلیکی قرار می‌گیرند و باعث شاخه‌دار شدن ترکیب می‌شوند این عمل در آماده کردن ماده برای پلیمر شدن و ایجاد پیوند عرضی نقش مؤثری دارد. فرایند پلیمریزاسیون این رزین از نوع افزایشی است. رزین حاصله بعلاوه داشتن گروه‌های هیدروکسیل آزاد و هیدروکسیل ثانویه و گروه‌های کربونیل چسبندگی عالی با مواد لیگنوسلولزی دارد ضمناً به علت حضور باندها دوگانه اکریلیک، این رزین در حضور اشعه یا گرما می‌تواند پیوند عرضی از محل‌های باندها دوگانه برقرار کرده و گیرا و سخت شود.

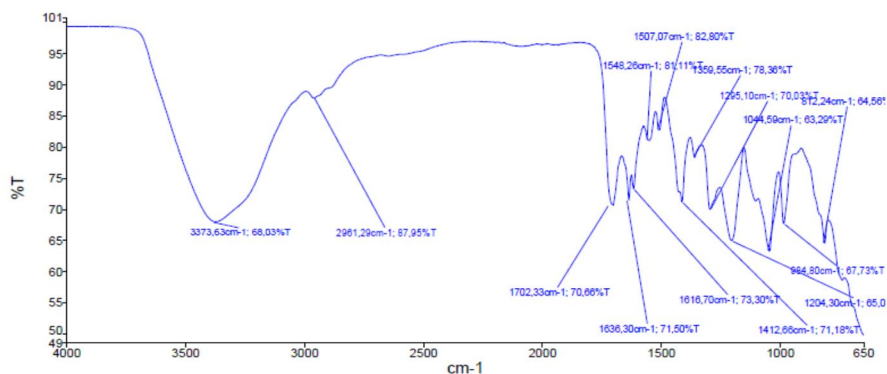
- 1- Internal bond
- 2- Modulus of rupture
- 3- Modulus of elasticity
- 4- water absorption
- 5- Thickness swelling



طرح ۱- فرایند سنتز رزین تانن اپوکسی اکریلات.

Figure 1. Process of synthesis Tannin Epoxy Acrylate Resin.

آنالیز طیفسنجی FT-MIR رزین زیست پایه تانن اپوکسی اکریلات: شکل (۲) طیف FT-MIR رزین تانن اپوکسی اکریلاتی را نشان می دهد. جدول (۱) طیف های جذبی رزین تانن اپوکسی اکریلات در نواحی مختلف را نشان می دهد. باند جذبی پهن در ناحیه $3300-3600\text{ cm}^{-1}$ مربوط به گروه های هیدروکسیل ثانویه است این گروه ها حاصل از واکنش های گروه های اپوکسی و اسیدی می باشند (۹). جذب در ناحیه 1702 cm^{-1} نشان دهنده ی گروه کربونیل استری تشکیل شده می باشد. عدم حضور باند جذبی در ناحیه 1710 cm^{-1} مربوط به گروه کربونیل اسیدی کششی، نشانگر تکمیل واکنش اسید با اپوکسی است. جذب در ناحیه 2960 cm^{-1} به نظر می رسد مرتبط با گروه متیل حلقه اپوکسی تانن باشد.



شکل ۲- طیف FT-MIR رزین تانن اپوکسی اکریلات.

Figure 2. FT-MIR Spectra of Tannin Epoxy Acrylate Resin.

جدول ۱- طیف FT-MIR رزین تانن اپوکسی اکریلات.

Table 1. The FTIR spectrum of tannins epoxy acrylate resin.

مرجع (References)	نواحی جذب (Band) (cm^{-1})	گروه عاملی (Assignment)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶- نولهاس و همکاران ۲۰۱۱- صارمی و همکاران ۲۰۱۲	3300	ارتعاش کششی OH (OH Stretching)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _{a,b} - صارمی و همکاران ۲۰۱۲-	2960	ارتعاش کششی C-H در CH ₂ اکسیران حلقه اپوکسی (Stretching of C-H of CH ₂ of methyl in methyloxiran (epoxy))
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _{a,b} -	1702	ارتعاش CO اکریلیک اسید (Stretching of CO in acrylic acid)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _a -	1616	ارتعاش کششی C=C حلقه آروماتیک (Stretching of C=C in aromatic ring)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _a -	1507-1548	ارتعاش کششی C-C حلقه آروماتیک (Stretching of C-C of aromatic ring)
پیزی ۱۹۸۳	1359	OH آروماتیک (Aromatic OH)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _a -	1295	ارتعاش خمشی C-O حلقه اتر اپوکسی (Stretching of cyclic ether (epoxide))
پیزی ۱۹۸۳	1044	ارتعاش کششی Ar-O-C آریل الکیل اتر (Stretching of C-O-C of ethers)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _{a,b} -	984	ارتعاش کششی C-O در گروه اکسیران اپوکسی (Stretching of C-O in oxiran (epoxy) group)
جهانشاهی و همکاران ۲۰۱۶ _{a,b} -	812	باند کششی C-O-C در گروه اکسیران (C-O-C in oxiran group)

تعیین خواص فیزیکی رزین زیست پایه تانن اپوکسی اکریلات: خواص فیزیکی این رزین جهت ساخت تخته خرده مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول (۲) خصوصیات فیزیکی رزین زیست پایه تانن اپوکسی اکریلات را نشان می دهد.

جدول ۲- خواص فیزیکی رزین تانن اپوکسی اکریلات.

Table 1. Physical properties of Tannin Epoxy Acrylate.

رنگ	دانشیه (g/cm ³)	زمان ژله ای (s)	گرانروی (cp)	مواد جامد	pH
Color	Density	Gel Time	Viscosity	Solid contact	
قهوه ای	1.1	130	1170	57	4.55
Brown					

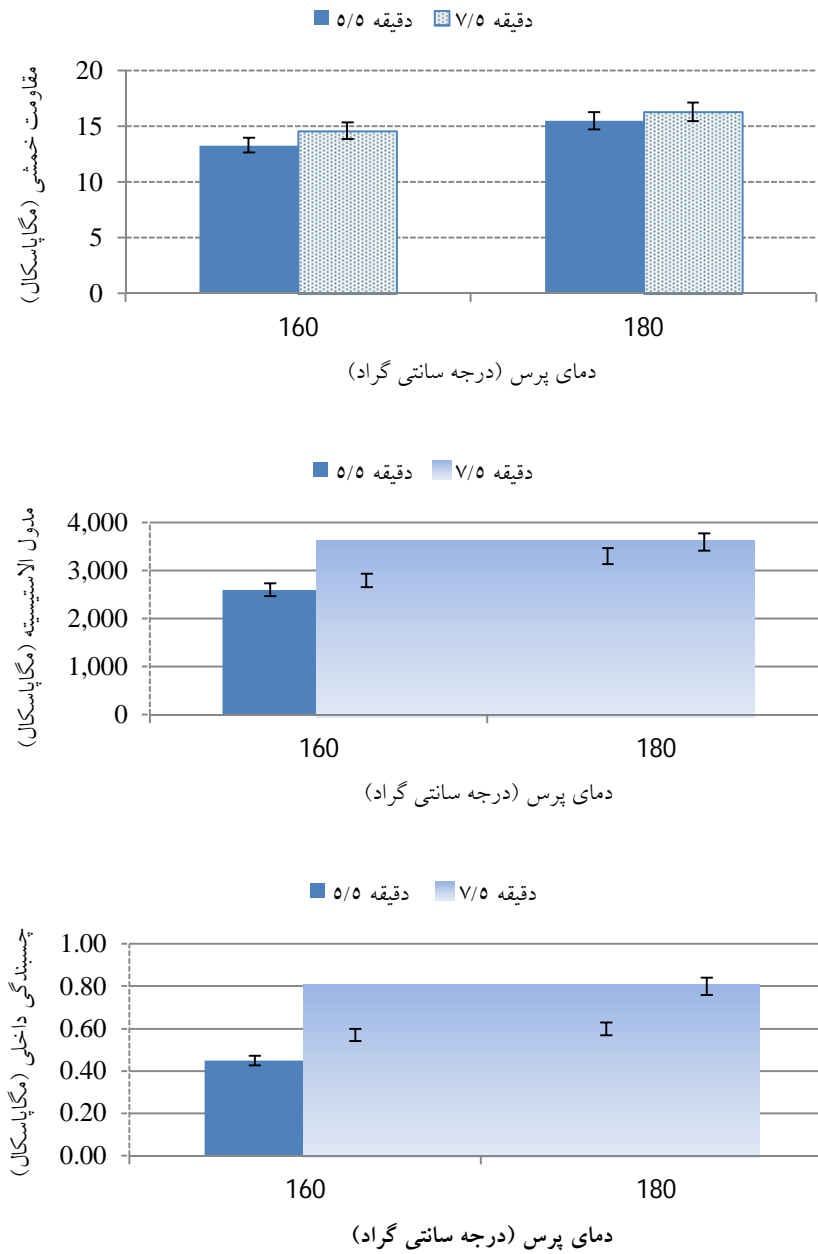
خواص مکانیکی تخته خرده چوب

مقاومت خمشی: نتایج حاصل از خواص مکانیکی تخته خرده چوب، در شکل (۳) نشان داده شده است. مقاومت خمشی یا مدول گسیختگی از کاربردی ترین خواص مواد مرکب چوبی است که نشان دهنده تحمل آن در مقابل نیروهای خمشی می باشد که مستقیماً به کیفیت اتصال و فشردگی لایه های سطحی مربوط می شود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، مقاومت خمشی به صورت معنی داری متأثر از دما و زمان پرس می باشد و بر اساس گروه بندی دانکن نیز در دو گروه متفاوت قرار می گیرند. با افزایش دما و زمان پرس میزان مقاومت خمشی از ۱۳/۳ به ۱۶/۳ مگاپاسکال افزایش یافت. از آنجایی که سطح کیک به طور مستقیم در معرض حرارت پرس می باشد، با افزایش زمان پرس از ۵/۵ دقیقه به ۷/۵ دقیقه، مدت زمان قرارگیری سطح تخته در معرض حرارت نیز افزایش می یابد، بنابراین با افزایش زمان پرس، گیرایی رزین در سطح کیک کامل تر شده و افزایش مقاومت خمشی حاصل شد. افزایش دمای پرس نیز از ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه سانتی گراد، سبب تبخیر سریع تر رطوبت و نرم شدن و متراکم شدن بهتر ذرات در سطح تخته و انتقال حرارت به لایه میانی و گیرایی بهتر رزین در لایه میانی تخته شد. بنابراین افزایش دما و زمان پرس تأثیر مثبت بر مقاومت خمشی تخته های ساخته شده داشت. نتایج این تحقیق با نتایج تسوجی و همکاران (۲۰۱۰)، شاکری و همکاران (۲۰۱۰) و جهانشاهی و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت.

مدول الاستیسیته: یکی از خواص بسیار مهم تخته ها مدول الاستیسیته در محدوده الاستیک می باشد در کاربردهایی که تخته در دهانه های نسبتاً طویل به کار گرفته می شود، میزان خم پذیری تخته بحرانی

می‌شود. تأثیر مستقل دما و زمان پرس بر مدول الاستیسیته در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار می‌باشد و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه مختلف قرار می‌گیرند. شکل (۳) اثر متقابل دما و زمان پرس بر مدول الاستیسیته را نشان می‌دهد با افزایش توام دما و زمان پرس میزان مدول الاستیسیته از ۲۶۰۰ به ۳۶۰۰ مگاپاسکال افزایش یافته است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد افزایش توام دما و زمان پرس، سبب گیرایی بهتر رزین در لایه میانی تخته می‌شود و ذرات خرده‌چوب، فرصت کافی جهت متراکم شدن را پیدا می‌کنند در نتیجه مدول الاستیسیته افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق با نتایج تسوجی و همکاران (۲۰۱۰)، شاکری و همکاران (۲۰۱۰) و جهانشاهی و همکاران (۲۰۱۶_a) مطابقت داشت.

چسبندگی داخلی: چسبندگی داخلی یکی از ویژگی‌های مکانیکی مهم تخته خرده‌چوب و در واقع شاخص کیفیت اتصال بین خرده‌های چوب در لایه میانی این فرآورده به‌شمار می‌رود چگونگی کیفیت این ویژگی حتی بر ویژگی‌های فیزیکی تخته خرده‌چوب مانند جذب آب لایه میانی و در نتیجه واکنشیدگی ضخامت تخته اثر می‌گذارد بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس افزایش دما و زمان پرس بر روی چسبندگی داخلی در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار بوده و از لحاظ آزمون دانکن در دو گروه متفاوت قرار می‌گیرند. با افزایش دما و زمان پرس میزان چسبندگی داخلی از ۰/۴ به ۰/۸ مگاپاسکال افزایش یافته است. میزان چسبندگی داخلی بر اساس استاندارد اروپا برای مصارف عمومی (۲)، محیط‌های داخلی (۳) و پانل‌های تحت بار (۴) به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۳۴ و ۰/۵۰ مگاپاسکال است بر اساس نتایج به‌دست آمده، همه تخته‌های ساخته شده میزان چسبندگی داخلی بر اساس استاندارد اروپا جهت مصارف عمومی و محیط‌های داخلی و پانل‌های تحت بار را داشتند. افزایش دما سبب انتقال سریع‌تر حرارت به لایه‌های مغزی شد و باعث شد ذرات خرده‌چوب و چسب، اتصال شیمیایی خوبی برقرار کنند و چسبندگی داخلی افزایش یابد. افزایش زمان پرس تأثیر مثبت بر روی چسبندگی داخلی دارد. علت بهبود این مقاومت را می‌توان به کامل شدن واکنش‌های پلیمره شدن پخت، خروج بیشتر آب و گیرایی بهتر رزین در لایه میانی نسبت داد. نتایج این تحقیق با نتایج تسوجی و همکاران (۲۰۱۰)، شاکری و همکاران (۲۰۱۰) و جهانشاهی و همکاران (۲۰۱۶_a) مطابقت داشت.

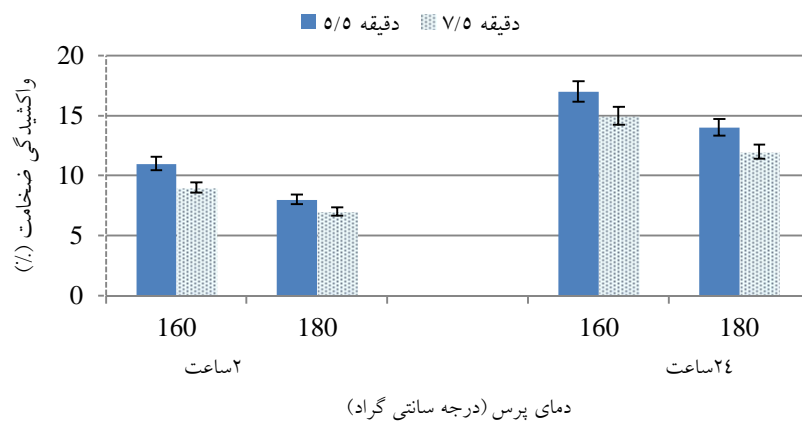
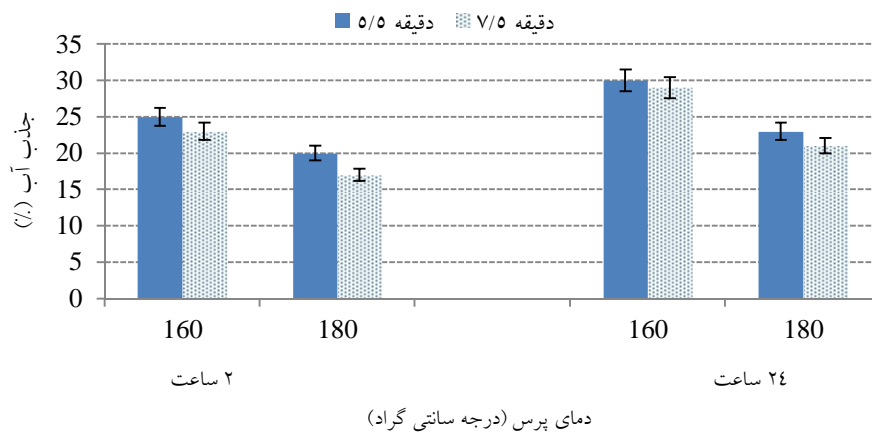


شکل ۳- خواص مکانیکی تخته خرده چوب ساخته شده با رزین تانن اپوکسی اکریلات.
 Figure 3. Mechanical Properties of particleboard with Tannin Epoxy Acrylate Resin.

واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب: یکی دیگر از خواص مهم در تخته خرده‌چوب واکشیدگی ضخامت می‌باشد. این خاصیت که به قدرت اتصال‌های داخلی موجود در تخته و پیوندهای تشکیل شده در مقابل نفوذ آب مربوط است، معرف تغییرات بعد ضخامتی تخته خرده‌چوب در مقابل تغییرات رطوبت محیط می‌باشد تأثیر مستقل دمای پرس و زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌گردد افزایش زمان و دمای پرس، سبب کاهش واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب گردید که می‌تواند ناشی از کامل شدن واکنش چسب باشد. با افزایش دما و زمان پرس میزان واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت از ۱۱ درصد به ۷ درصد و پس از ۲۴ ساعت از ۱۷ درصد به ۱۲ درصد کاهش یافته است. متناسب با افزایش زمان و دمای پرس، چسب زمان کافی برای جاری و روان شدن پیدا می‌کند و با ذرات خرده‌چوب اتصال بیشتر، برقرار کرده و آن‌ها را در بر می‌گیرد. ضمن آن که با افزایش زمان پرس، به‌علت فشردگی بیشتر تخته، خلل و فرج ریز ایجاد شده نیز کاهش می‌یابد (کاهش جذب آب فیزیکی). بنابراین افزایش زمان و دمای پرس، سبب کاهش واکشیدگی ضخامت تخته تولیدی می‌گردد.

جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب: جذب آب یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت تخته ساخته شده می‌باشد زیرا میزان جذب آب تخته، معیاری برای تخته خرده‌چوب در شرایط سرویس می‌باشد. مسلماً تخته‌هایی که دارای جذب آب کمتری باشند برای استفاده در خارج ساختمان مناسب‌ترند، زیرا جذب آب باعث کاهش میزان مقاومت‌ها و تغییر ابعاد آن می‌گردد، بنابراین پایداری ابعاد این فرآورده به ویژه در محیط‌های نسبتاً مرطوب همیشه مورد توجه بوده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر دمای پرس بر جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح ۹۹ درصد و زمان پرس بر جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار می‌باشد. شکل (۴) اثر متقابل دما و زمان پرس بر جذب آب تخته ساخته شده با رزین تانن اپوکسی اکریلات بعد از ۲ ساعت و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان می‌دهد. افزایش دما و زمان پرس سبب کاهش جذب آب از ۲۵ درصد به ۱۷ درصد بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری و ۳۰ درصد به ۲۱ درصد بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب رسیده است. نتایج مبین این امر است افزایش دمای پرس از ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، سبب کاهش جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری

در آب شد افزایش دما، سبب انتقال بیشتر حرارت به لایه میانی تخته شد و گیرایی رزین کامل تر شده و اتصالات ایجاد شده بهبود می‌یابند در نتیجه بهبود اتصالات، سبب کاهش جذب آب تخته‌های حاصل شد و گروه‌بندی دانکن (بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب) آن‌ها را در دو گروه متفاوت قرار داده است. با افزایش زمان پرس نیز جذب آب تخته کاهش یافت به‌نظر می‌رسد افزایش زمان پرس سبب می‌شود واکنش‌های چسب کامل شده (مولکول‌های چسب اپوکسی‌تانن اکریلیکی به‌خاطر داشتن گروه‌های هیدروکسیل آزاد وسایر گروه‌های قطبی چسب، (گروه‌های اکریلایی) آب را جذب می‌کنند).



شکل ۴- خواص فیزیکی تخته خرده‌چوب ساخته شده با رزین تانن اپوکسی اکریلات.
Figure 4. Physical Properties of Particleboard with Tannin Epoxy Acrylate Resin.

با توجه به اینکه بر اساس استاندارد اروپا حداقل مقاومت خمشی تخته‌خرده‌چوب برای کاربردهای عمومی ۱۱/۵ مگاپاسکال و مدول الاستیسیته ۱۶۰۰ مگاپاسکال و میزان چسبندگی داخلی برای مصارف عمومی، محیط‌های داخلی و پانل‌های تحت بار به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۳۴ و ۰/۵۰ مگاپاسکال است، و حداکثر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب ۸ و ۱۶ درصد است، بنابراین همه تخته‌های ساخته شده دارای خواص مکانیکی و فیزیکی در حد استاندارد اروپایی بودند. جدول (۳) مقایسه خواص مکانیکی و فیزیکی استاندارد اروپا و تخته‌خرده بهینه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه خواص مکانیکی و فیزیکی استاندارد اروپا و تخته‌خرده بهینه.

Table 2. Comparison of physical and mechanical properties Standard Europe and optimized particleboard.

مقادیر استاندارد EN	مقادیر به دست آمده در تیمار بهینه	نوع آزمون
Europe standard	Best treatment	TEST
11.5	16.3	مقاومت خمشی MOR (MPa)
1600	3600	مدول الاستیسیته MOE (MPa)
0.24	0.8	چسبندگی داخلی IB (MPa)
8	7	واکنشیدگی ضخامت WA بعد از دو ساعت (درصد)
16	12	واکنشیدگی ضخامت WA بعد از ۲۴ ساعت (درصد)

نتیجه‌گیری

جهت سنتز رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی از گلیسیدیل اتر تانن استفاده شد که جایگزین بیس فنول A سمی و خطرناک گردید. شرایط بهینه برای ساخت رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلات دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت ۱۲ ساعت به دست آمد. طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه، حضور گروه‌های اکریلیکی را در زنجیره رزین تأیید کرد که نشان می‌دهد واکنش بین گلیسیدیل اتر تانن و اکریلیک اسید انجام شد. خواص فیزیکی رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی بررسی شد. افزایش ویسکوزیته و دانسیته نشان‌دهنده تشکیل اتصالات عرضی و واکنش بین گلیسیدیل اتر تانن و اسید اکریلیک بود. در ساخت تخته‌خرده‌چوب با رزین تانن اپوکسی اکریلات افزایش دمای پرس از ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه و دمای پرس از ۵/۵ به ۷/۵ دقیقه تأثیر مثبت بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی پانل نهایی داشت. افزایش دما و زمان پرس، فرصت کافی برای انتقال حرارت به لایه میانی

تخته و گیرا شدن رزین را فراهم می‌آورد که در نتیجه باعث افزایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی و کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها گردید. با توجه به این‌که همه تخته‌ها از خواص مکانیکی و فیزیکی استاندارد اروپا برخوردار بودند جهت صرفه اقتصادی در ساخت پانل، تخته‌های ساخته شده در دمای ۱۶۰ درجه و زمان ۵/۵ دقیقه می‌تواند خواسته‌های صنعت را برآورده کند. زیرا گران‌ترین مرحله ساخت تخته شرایط پرس (دما و زمان پرس) می‌باشد که انرژی زیادی را مصرف می‌کند. استفاده از رزین تانن اپوکسی اکریلاتی سبب توسعه شیمی سبز با استفاده از ترکیبات زیستی و تحزیه‌پذیر و تجدیدپذیر همانند تانن به‌جای ترکیبات و فرآورده‌های وابسته به منابع فسیلی و پتروشیمی مانند بیس فنول A شد. رزین تانن اپوکسی اکریلاتی یک رزین زیست سازگار است که هیچ نوع ماده فراری مانند فرمالدهید در سنتز و مصرف فرآورده منتشر نمی‌شود. بنابراین استفاده از رزین زیست‌پایه تانن اپوکسی اکریلاتی، کمک شایانی به حفظ و بهسازی محیط زیست و رونق روزافزون صنایع چوب می‌کند، زیرا این محصول کاملاً طبیعی بوده و به دلیل عدم مشکلات زیست‌محیطی، در آینده مورد توجه زیادی قرار خواهد گرفت.

منابع

1. Beheshty, M.H., and Rezadoust, A.M. 1391. Reinforced plastics (Polymer composites), Iran polymer and petrochemical institute. 446p. (In Persian)
2. European Standard, E.N. 312-2. Particleboards-specifications– part 2: requirements for general purpose boards for use in dry conditions. Brussels: European Standardization Committee; 1996.
3. European Standard, E.N. 312-3. Particleboards-specifications– part 3: requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions. Brussels: European Standardization Committee; 1996.
4. European Standard, E.N. 312-4. Particleboards-specifications– part 4: requirements for loadbearing boards for use in dry conditions. Brussels: European Standardization Committee; 1993.
5. European Standard, E.N. 317. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussels: European Standardization Committee; 1993.
6. Eya, H. 2010. Biomass plastics: current status and direction of preparation methods. Kogyo Zairyo. 58: 75–80.
7. Jahanshahi, S., Tabarsa, T., and Asghari, J. 2012. Eco- friendly tannin-phenol formaldehyde resin for producing wood composites. J. Pigment and resin technology. 41: 296-301.

8. Jahanshahi, S., Abdulkhani, A., Doosthoseini, K., and Shakeri, A. 2016a. Study of physical and mechanical properties of produced strawboard using bio epoxy tannins resin. *J. Wood and Paper*. Submitted. (In Persian)
9. Jahanshahi, S., Pizzi, A., Abdulkhani, A., Doosthoseini, K., Shakeri, A., Lagel, MC., and Delmotte, L. 2016b. MALDI-TOF, ¹³C-NMR and FT-MIR analysis and strength characterization of glycidyl ether tannin epoxy resins. *J. Industrial crops and product*. 83: 177-185.
10. Iji, M. 2008. Development of bio-plastic for electronic device: present status and future prospect. *Kogyo Zairyo*. 56: 45-49.
11. Kaplan, D.L. 1998. In *Biopolymers from Renewable Resources*; Springer-Verlag: Berlin, Chapter. 1: 1-26.
12. Mirshokraei, A. 1994. *Wood adhesives chemistry and technology*. University center press 737. 350p.
13. Mohanty, A.K., Misra, M., and Hinrichsen, G. 2000. Biofibers, biodegradable polymer and biocomposites; an overview. *Macromolecular Materials and Engineer*, 276/277: 1-24.
14. Nouailhas, H., Aouf, C., Leguerneve, C., Caillol, S., Boutevin, B., and Fulcrand, H. 2011. Synthesis and Properties of Biobased Epoxy Resins. Part 1. Glycidylation of Flavonoids by Epichlorohydrin. *J. Polymer Science. Part A: Polymer Chemistry*. 49: 2261-2270.
15. Pizzi, A. 1983. *Wood Adhesives Chemistry and Technology*, Vol. 1. Marcel Dekker, New York.
16. Pizzi, A. 2008. Tannins: Major sources, properties and applications., Monomers, polymers and composites from renewable resources, Belgacem M. N. and Gandini A. (ed.): 179-199.
17. Ricciotti, L., Roviello, G., Tarallo, O., Borbone, F., Ferone, C., Colangelo, F., Catauro, M., and Cioffi, R. 2013. Synthesis and characterizations of melamine-based epoxy resins. *J. Molecule Science*. 14: 18200-18214.
18. Saremi, K., Tabarsab, T., Shakeri, A., and Babanalbandi, A. 2012. Epoxidation of Soybean Oil. *J. Annals of biological research*. 3: 4254-4258.
19. Schuster, J., Govignon, Q., and Bickerton, S. 2014. Processability of Biobased Thermoset Resins and Flax Fibres Reinforcements Using Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding. *J. Composite Materials*, 4: 1-11.
20. Shakeri, A., Tabarsa, T., and Tasooji, M. 2010. Investigation the properties of acrylated epoxidized soy oil-wheat straw particle board. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 23: 29-39. (In Persian)
21. Shibata, M., and Nakai, K. 2008. Preparation and properties of biocomposites composed of bio-based epoxy resin, tannin acid, and microfibrillated cellulose. *J. Polymer science: Part B: Polymer Physics*, 48: 425-433
22. Song, T., Li, Z., Liu, J., and Yang, S. 2013. Synthesis, characterization and properties of novel crystalline epoxy resin with good melt flowability and flame

- retardancy based on an asymmetrical biphenyl unit. *J. Polymer Science*. 55: 3-4.
23. Sudo, M. 2010. Developing stage of oil originated biomass plastics. *Kogyo Zairyo* 58: 9-14.
24. Tasooji, M., Tabarsa, T., Khazaeian, A., and Wool, R. 2010. Acrylated epoxidized soy oil as an alternative to urea-formaldehyde in making wheat straw particle boards. *J. Adhesion science and technology*. 24: 1717-1727.
25. Wang, C., Yang, L., Ni, B., and Wang, L. 2009. Thermal and mechanical properties of cast polyurethane resin based on soybean oil. *J. Applied polymer science*, 112: 1122-1127.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (1), 2016
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Study the using of bio based tannin epoxy acrylate resin in mechanical and physical properties of particle board

***Sh. Jahanshahi¹, A. Abdulkhani², K. Doosthoseini³ and A.R. Shakeri⁴**

¹Ph.D. Student, Dept., of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resource, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran,

²Assistant Prof., Dept., of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resource, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran,

³Professor, Dept., of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resource, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran,

⁴Associate Prof., Faculty of Science, Faculty of Chemistry, University of Tehran

Recived: 11/15/2015 ; Accepted: 01/24/2015

Abstract

Background and objectives: One of the important parts in the wood and paper industry is synthetic resins used. Epoxy resins, such as polymers are widely used in various industries and industrial adhesives. That obtained the compound bisphenol A and epichlorohydrin. Bisphenol A of the epoxy resins in the formulation is obtained from the petroleum products, that these products are limited and exhaustible, expensive and cancer. The presence of bisphenol A, in the environment, can be a serious threat to human health and the environment. Research conducted in the field of bio-based epoxy resins such as Shakeri et al (2010) used to soybean epoxy resin in strawboard. Tasooji et al (2010) compared to the base resin of formaldehyde and epoxy soybean resin were examined in straw boards. The aim of this study was to synthesis of bio based tannin epoxy acrylate and producing particleboard with them and evaluated the mechanical and physical properties.

Materials and methods: In this study, for the production of the three-layer particle board with bio-based tannin epoxy acrylate resin, fine wood chips to the surface layer remind 20 mesh and coarse wood chips pass to 20 mesh that was used for the middle layer. In order to reduce the moisture in wood with a moisture content of 2.5%, the particles put auto temperature for 8 hours at 103°C, respectively. Commercial tannin extracted from the bark mimosa. Brown and dry powder contains 82% monomers and oligomers of flavonoid, was prepared from Silva

*Corresponding author: shjahanshahi@ut.ac.ir

(France). For synthesis of bio based tannin epoxy acrylate resin, acrylic acid (99%), hydroquinone (99%) and catalyst 4- Diazabicyclo [2, 2, 2] octane was used Sigma-Aldrich Co. Glycidyl ether tannin reacted with acrylic acid and hydroquinone and catalyst at a temperature of 95 °C for 12 hours and tannins epoxy acrylate resin was prepared. the final structure of the resin was investigated Using Fourier transform infrared spectroscopy. Then in a three-layer board was made with tannin epoxy acrylate resin, at press temperatures of 160 and 180 °C and press time for 5/5 and 7/5 minutes with a nominal density of 700 kg/m³ and mechanical and physical properties were measured such as flexural strength (MOR), modulus elasticity (MOE) and Internal bending (IB) according EN310 and EN319 standards and physical properties such as water absorption (WA) and thickness swelling (TS) (after 2 and 24 hours immersion in water), according to standard EN317.

Results: Acrylic acid reacts with the glycidyl ether tannin, in place of epoxy groups, acrylic groups are causing ripple branches combined. FTIR results confirmed the presence of acrylic resin. The results showed that increasing press temperature and press time had a positive effect on physical and mechanical properties have been made. Flexural strength with increasing temperature and time after 13.3 to 16.3 MPa, the modulus of elasticity of 2600 MPa and 3600 MPa, IB from 0.4 to 0.8 increased. Because a rise in temperature and press time, due to faster evaporation and condensation of moisture and soften the particles in the beam better and better heat transfer to the middle layer and curing the resin in the middle layer board and increase the strength. As temperatures rise and the press time, the thickness swelling has decreased after 2 hours from 11% to 7% and after 24 hours from 17 percent to 12 percent. The water absorption has decreased after 2 hours from 25% to 17% and after 24 hours from 30% to 21%.

Conclusion: What can be achieved in this study, optimal conditions for the production of bio-based tannin epoxy acrylate resin was 95°C temperature and baking time was 12 hours. In producing particle board with tannin epoxy acrylate resin the increasing of press temperature from 160 to 180 °C and the press time from 5.5 to 7.5 minutes had positive effect on physical and mechanical properties of the final panel. The economy in the manufacture of panel boards made at a temperature of 160 °C and a time of 5.5 minutes can meet the demands of the industry.

Keywords: Tannin Epoxy Acrylate Resin, Particleboard, Mechanical and Physical properties

