بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته کاه ساخته‌شده با رزین بیو اپوکسی تانن

چکیده

رزین بیو اپوکسی تانن از واکنش تانن با اپی‌کلروهیدرین در محیط قلیایی ساخته شد. طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه حضور گروه‌های اپوکسی در اثر واکنش گلیسیدیل دار شدن تانن را تأیید کرد و عدد اپوکسی رزین نهایی ۷/۲ به دست آمد. تخته کاه با استفاده از رزین بیو اپوکسی تانن با دو دمای متغیر (۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) و دو زمان متغیر (۷/۵ و ۱۰ دقیقه) ساخته شد خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ازجمله جذب آب و واکشیدگی 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 شدند. نتایج نشان داد که تخته کاه ساخته‌شده با دمای ۲۰۰ درجه و زمان ۱۰ دقیقه پرس، بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی را داشتند. همه تخته کاه‌های تولیدی در این تحقیق، خواص مکانیکی برای استفاده‌های عمومی، مطابق با استانداردهای اروپا را دارا می‌باشند و دارای خواص کاربردی قابل قیاس با تخته‌خرده‌چوب ساخته‌شده با چسب‌های سنتزی پایه نفتی می‌باشند

واژگان کلیدی: تخته کاه، رزین اپوکسی تانن، چسبندگی داخلی، کاه گندم.

شایسته جهانشاهی[1*]
علی عبدالخانی[2]
کاظم دوست حسینی[3]
علیرضا شاکری[4]

[1] دانش آموخته دکترای مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

[2] دانشیار دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

[3] استاد دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

[4] دانشیار دانشگاه تهران، پردیس علوم، دانشکده شیمی

مسئول مکاتبات:
shjahanshahi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱۹

مقدمه

افزایش جمعیت، توسعه فرهنگی و هوشیاری جوامع بشری در خصوص ضرورت کاهش استفاده از مواد سنتزی و مصنوعی و وابسته به صنایع پتروشیمی با هدف کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، همگی عوامل تقویت‌کننده‌ی رشد روند استفاده از منابع طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر در صنعت است. یکی از بخش‌های مهم در صنایع چوب و کاغذ، رزین‌های سنتزی مورداستفاده است که اغلب رزین‌های مورداستفاده در این بخش، فرآورده‌های پتروشیمی ستنزی می‌باشند. ازآنجایی‌که منابع فسیلی و نفتی محدود و پایان‌پذیر و دارای نوسان قیمت می‌باشند بنابراین هدف جهانی تلاش برای افزایش استفاده از منابع تجدید پذیر زیستی در صنایع شیمیایی و صنایع تبدیلی است و دستورالعمل کاهش ضایعات و آلاینده‌ها در دستور کار قرار گرفت. رزین‌های اپوکسی، ازجمله رزین‌های 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 و ۲].

مهم‌ترین دسته‌ی رزین‌های اپوکسی، از ترکیب اپی کلروهیدرین و بیس‌فنول A تهیه می‌شوند. بیش از ۵۰ سال از بیس‌فنول A در فرمولاسیون رزین اپوکسی در تولید چسب، ورقه و کامپوزیت‌های ساختاری، محافظ پوشش‌ها و بسیاری محصولات دیگر استفاده می‌شود.

بیس‌فنول A در فرمولاسیون رزین‌های اپوکسی از فرآورده‌های نفتی به دست می‌آید، وجود بیس‌فنول A، در محیط اطراف، می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست باشد. بیس‌فنول A، به‌عنوان اجزای اصلی و مهم رزین‌های اپوکسی، در گروه مواد شیمیایی CMR- R_3[1] طبقه‌بندی می‌شود که اثرات سوء زیان‌باری بر روی سلامت انسان و محیط‌زیست دارد [۳].

یکی از اهداف شیمی سبز، استفاده از مواد طبیعی، غیر سمی، تجدید پذیر و زیست‌تخریب‌پذیراست؛ بنابراین برای سنتز رزین‌های اپوکسی زیست‌پایه باید به فکر جایگزین زیستی برای بیس‌فنول A باشیم. پلیمرهای زیست‌پایه مشتق شده از منابع طبیعی و تجدید پذیر می‌تواند جهت جایگزینی پلیمرهای سنتزی و شیمیایی مورداستفاده قرار بگیرد [۴ و ۵]. ازآنجایی‌که رزین‌های سنتزی برای تجزیه به زمان طولانی نیاز دارند، توجه ویژه به تانن به‌عنوان منبع زیستی و ترکیب آروماتیک معطوف گردیده است [۶ و ۷]. در راستای توسعه چسب‌های صنعتی زیستی، تانن که یک پلی‌فنول طبیعی است به دلیل سازگاری مناسب با ساختار شیمیایی مواد لیگنوسلولزی موردتوجه محققان قرار گرفته است [۸ و ۹]. تانن‌ها، ترکیبات پیچیده طبیعی هستند که از مواد شیمیایی پلی‌فنولی تشکیل‌شده و در پوست و برگ و ریشه اکثر گیاهان و درختان به‌وفور یافت می‌شوند. این مواد با وزن مولکولی بالا، دارای تعداد فراوانی گروه هیدروکسیل فنولی هستند که علاوه بر واکنش با اپی‌کلروهیدرین و اپوکسی‌دار شدن، امکان تشکیل اتصالات عرضی با سایر درشت مولکول‌ها را میسر می‌سازد و در فرمولاسیون چسب می‌تواند به کار روند [۱۰ و ۱۱].

از طرفی کمبود چوب، مقررات مربوط به جنگل‌ها و موضوع کاهش هزینه‌های مربوط به استفاده از مواد غیرچوبی، سازندگان صنعت تخته خرده را در سرتاسر جهان تشویق به مطالعه منابع دائمی الیاف لیگنوسلولزی کرده است. این مطالعه در مورداستفاده صنعتی از کاه گندم در صنعت تخته‌خرده‌چوب است. تخته کاه یک کامپوزیت کاملاً جدید و تولیدشده از کاه گندم است که می‌تواند جایگزین تخته‌خرده‌چوب شود، به سبب محدود بودن منابع چوبی و تحلیل رفتن آن، اتکا به منابع چوبی برای صنعت تخته‌خرده‌چوب منطقی به نظر نمی‌رسد و می‌توان از منابع لیگنوسلولزی جایگزین مانند کاه گندم استفاده نمود. ایران ازنظر پوشش جنگلی فقیر بوده و تنها ۷ درصد از اراضی کل کشور از جنگل پوشیده شده است. در حال حاضر کمبود مواد اولیه شاید یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های صنایع تخته‌خرده‌چوب، تخته فیبر و کاغذ کشور باشد. خوشبختانه صنعت تخته‌خرده‌چوب قادر است طیف وسیعی از مواد اولیه لیگنوسلولزی را مصرف نماید با توجه به تقاضای بازار و فشارهای زیست‌محیطی، منابع تأمین ماده اولیه صنایع چوب و کاغذ، از چوب به مواد غیرچوبی و پسماندهای کشاورزی تغییر پیدا کرده است. در این راستا، از انواع مواد الیافی، مانند جنگل‌های دست‌کشت، گونه‌های سریع‌الرشد، منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی از پسماندهای کشاورزی و بازیافت، برای تأمین ماده اولیه استفاده می‌شود [۱۲]. تحقیقات متعددی درباره رزین‌های اپوکسی زیست‌پایه انجام شده است. Shakeri و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خواص تخته کاه با روغن سویای اپوکسی‌دارشده‌آکریلیکی پرداختند آن‌ها در تحقیقاتشان زمان پرس و مقدار رزین مصرفی را به‌عنوان عامل متغیر قراردادند و نتایج نشان داد که بیشترین مقدار استحکام خمشی، مدول کشسانی خمشی، چسبندگی داخلی و همچنین کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته خرده کاه ساخته‌شده با ۱۳ درصد رزین مصرفی و زمان پرس ۱۲ دقیقه به دست آمد که مقادیر مذکور کاملاً با استاندارد اروپایی تخته‌خرده‌چوب مطابقت و قابل‌رقابت است [۱۳]. Tasooji و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی ساخت تخته کاه با رزین اوره فرمالدهید و رزین اپوکسی سویای آکریلیکی در سه زمان پرس ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه و دو سطح میزان مصرف رزین ۸ و ۱۳ درصد پرداختند، نتایج نشان داد تخته کاه ساخته‌شده با رزین اپوکسی‌سویای‌آکریلیکی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی (به‌خصوص چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت) بهتری نسبت به رزین اوره فرمالدهید داشتند و تخته‌های ساخته‌شده با افزایش زمان پرس خصوصیات بهتری نشان دادند [۱۴]. Yen و همکاران (۲۰۱۲) رزین اپوکسی و لیگنین کاه غلات و پلی‌آمین را داخل آسیاب چرخشی مخلوط در دمای ۲۰ تا

[1] Carcinogenic, Mutagenic and Reprotoxic

۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قراردادند. سپس مخلوط حاصل را تحت دما و فشار پرس گرم با توجه به ضخامت تخته در زمان پرس معینی قراردادند و درنهایت آزمایش‌های مختلف بر روی آن‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد افزایش دما و فشار برای رسیدن به ویژگی‌های خوب و مناسب تخته سودمند بود و با افزایش دمای پرس تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد چسبندگی داخلی و مقاومت به ضربه به حداکثر می‌رسد و سپس کاهش می‌یابد زیرا افزایش دما سبب بهبود جریان رزین اپوکسی و نفوذ به داخل خلل و فرج و بهبود تماس و چسبندگی بین رزین اپوکسی و لیگنین می‌شود [۱۵]. Riccotti و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی خواص رزین اپوکسی بر پایه ملامین پرداختند آن‌ها رزین اپوکسی با ملامین در حضور کاتالیزور و سیلان تهیه نمودند و گزارش دادند انواع مختلف رزین اپوکسی را می‌توان در حضور کاتالیز بدون حلال و بدون نیاز به دمای بالا تهیه نمود. دو نوع رزین با استفاده از ملامین و مشتقات گلیسیدیل اتر و با دو نوع ترکیب سیلانی تهیه کردند و خواص فیزیکی و شیمیایی و حرارتی رزین‌ها را موردبررسی قراردادند. آن‌ها گزارش کردند که همه رزین‌ها، از خواص حرارتی خوبی برخوردار بودند اما رفتار مکانیکی آن‌ها متفاوت بود. رزین اپوکسی تهیه‌شده با مشتقات گلیسیدیل دارای سختی و مدول ذخیره تا ۸۳۰ مگا پاسکال در دمای اتاق بودند درحالی‌که رزین اپوکسی ساخته‌شده در حضور سیلان دارای مدول ذخیره کمتر بود که نشان می‌دهد حضور گروه‌های سیلان به علت داشتن گروه‌های متیلنی باعث افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش مدول ذخیره گردید [۱۶]. Schuster و همکاران (۲۰۱۴) از رزین‌های زیست‌پایه شامل اپوکسی، پلی‌اورتان و تانن و الیاف کتان به‌عنوان تقویت‌کننده در ساخت بایو کامپوزیت استفاده کردند و رزین زیست‌پایه اپوکسی بر پایه روغن‌های طبیعی به دست آورند و با سخت‌کننده و کاتالیزور مورداستفاده قراردادند [۱۷]. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که از رزین اپوکسی زیست‌پایه، به‌عنوان پتانسیل بالقوه در تولید بایو کامپوزیت بدون تیمار شیمیایی و بکار بردن رقیق‌کننده جهت اصلاح ویسکوزیته، می‌توان استفاده کرد. لذا هدف از این مطالعه، ارزیابی یک منبع غیرچوبی (کاه گندم) و استفاده از تانن در سنتز رزین اپوکسی زیست‌پایه برای ساخت تخته‌خرده‌چوب متناسب و مطابق با استاندارد بود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

جهت ساخت تخته، کاه گندم از مزارع اپینال فرانسه به‌صورت خردشده به ابعاد حدود ۲ تا ۵ میلی‌متر تهیه و برای رسیدن به رطوبت ۲٪ در خشک‌کن در دمای ۲ ± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت قرار گرفتند.

جهت سنتز رزین زیست‌پایه اپوکسی تانن، هیدروکسید سدیم (۹۸٪)، اتانول، اپی‌کلروهیدرین و استون جهت گلیسیدیل‌دار کردن تانن و ۱ و ۴ بای سیکلوهگزامتیلن‌دی‌آمین[1] (۷۰٪) برای پخت رزین بیو اپوکسی از شرکت سیگما-آلدریچ تهیه شد. اسید استیک، کریستال ویولت، اسید هیدروبرمیک و اسید بنزوئیک جهت تیتر کردن و تعیین عدد اپوکسی از شرکت سیگما-آلدریچ خریداری شدند. تانن تجاری استخراج‌شده از پوست میموزا که به‌صورت پودر قهوه‌ای‌رنگ و خشک شامل ۸۲ درصد مونومر و الیگومر فلاونوئیدی است از شرکت سیلوا شیمی تهیه شد.

سنتز و بررسی خواص رزین بیو اپوکسی تانن

در این مطالعه رزین بیو اپوکسی تانن از طریق اپوکسی‌دار کردن تانن طی واکنش بین اپی‌کلروهیدرین و تانن میموزا در محیط قلیایی تحت دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت سود به تانن ۱/۵ به ۱ و زمان واکنش ۳ ساعت تهیه شد و محصول نهایی گلیسیدیل اتر تانن است. ازآنجایی‌که رزین‌های اپوکسی جهت پخت نیاز به یک عامل پخت دارند در این تحقیق از ۱ و ۴ بای سیکلوهگزامتیلن‌دی‌آمین (۷۰٪) جهت پخت رزین استفاده شد.

یکی از خصوصیات مهم ترکیبات اپوکسی، تعیین عدد اپوکسی است. در این مطالعه بعد از سنتز رزین، تعیین عدد اپوکسی با استفاده از استاندارد AOCS Cd 9-57 موردبررسی قرار گرفت [۱۸]. ۰/۳ تا ۰/۵ گرم گلیسیدیل اتر تانن (GET) داخل ارلن ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر

[1] $H_2N(CH_2)_6NH_2$

کلروبنزن و ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول واکنشگر کریستال بنفش[1] به آن اضافه شد. عمل تیتر کردن به‌وسیله اسید هیدروبرمیک ۰/۱ نرمال که با اسید استیک به حجم رسیده انجام شد تا محلول از رنگ آبی به سبز تبدیل شود و سپس بر اساس معادله (۱) مقدار گروه‌های اپوکسی محاسبه شده است.

$$\%Epoxy = \frac{V \times N \times 1/6}{w_m} \qquad (۱)$$

که در این معادله V، حجم محلول تیتر کننده مصرف‌شده،N نرمالیته اسید هیدروبرمیک، و W_m وزن گلیسیدیل اتر تانن مورداستفاده بر اساس گرم است.

برای شناسایی ساختار مواد و تغییراتی که در اثر واکنش گلیسیدیل‌دار شدن تانن حاصل شد طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه مورداستفاده قرار گرفت. نمونه‌های تهیه‌شده با دستگاه FT-MIR مدل Perkin Elmer Frontier ATR-FT-MIR که عدد موجی بین ۶۰۰-۴۰۰۰ cm^{-1} را نمایش می‌دهد با ۳۲ پیمایش و با وضوح ۴cm^{-1} آنالیز شدند.

ویژگی‌های چسب از عوامل مؤثر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ترکیبی چوب به شمار می‌رود. جهت بررسی خصوصیات چسب اپوکسی تانن ازجمله مقدار ماده جامد، جرم مخصوص، pH و گرانروی از روش‌های مربوط به استاندارد DIN شماره ۶۸۷۶۳ و برای زمان انعقاد چسب از استاندارد DIN شماره ۱۶۹۴۵ استفاده گردید.

ساخت تخته‌های آزمونی

پس از توزین کاه موردنیاز برای ساخت هر تیمار، ذرات کاه در دستگاه چسب زن قرار گرفته، چسب اپوکسی تانن با سخت‌کننده آمینی (۱۰ درصد وزن خشک چسب) مخلوط و چسب‌زنی شدند. سپس ذرات کاه چسب خورده، جمع‌آوری و در قالب ریخته و پیش پرس شدند و درنهایت کیک حاصل در پرس گرم قرار داده شد. در این بررسی دمای پرس در دو سطح ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس در دو سطح ۷/۵ و ۱۰ دقیقه به‌صورت متغیر در نظر گرفته شد. فشار اعمال‌شده برای کلیه نمونه‌ها به‌صورت مرحله‌ای با توجه به زمان پرس در مرحله اول ۲۸ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع، مرحله دوم ۱۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و در مرحله سوم ۵/۸ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع در نظر گرفته شد. سایر عوامل تولید شامل سرعت بسته شدن ۴/۵ میلی‌متر بر دقیقه، دانسیته تخته ۰/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب، ضخامت تخته ۱۳میلی‌متر و رطوبت کیک ۱۲ درصد ثابت در نظر گرفته شد.

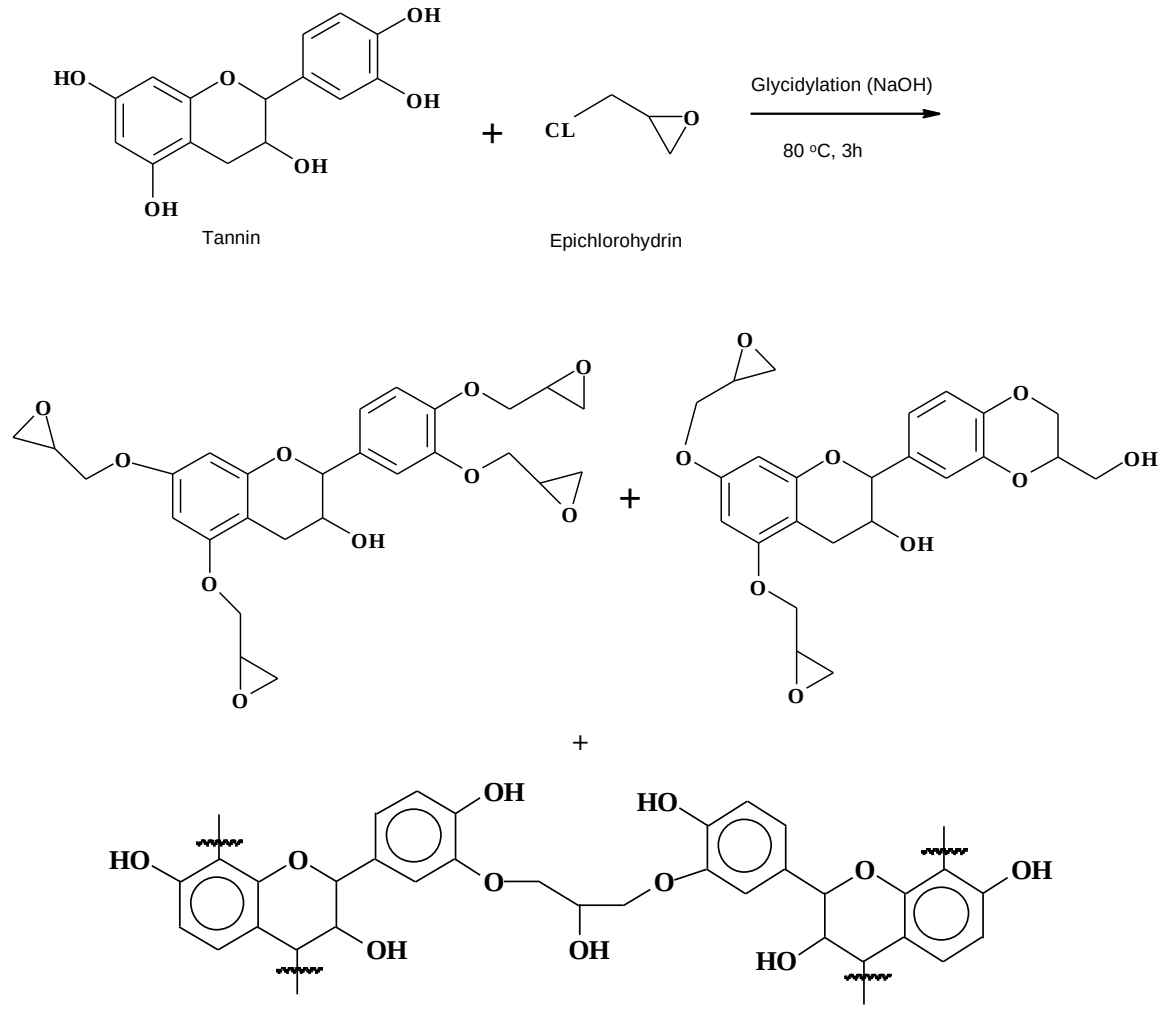
آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی تخته کاه

خواص مکانیکی تخته‌ها شامل مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی با استفاده از دستگاه INSTRON 4467 uk و طبق استاندارد EN-310 و EN-319 محاسبه شدند. خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکشیدگی ضخامت (۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب) بر اساس استاندارد EN-317 تعیین شد.

نتایج و بحث

شکل ۱ واکنش بین اپی‌کلروهیدرین و تانن در شرایط قلیایی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است در محیط قلیایی، گروه‌های هیدروکسیل فنولی تانن، هیدروژن ازدست‌داده تبدیل به گروه فنوکسی می‌شوند. گروه فنوکسی از سر اکسیژنی که دارای بار منفی است به اپی‌کلروهیدرین چسبیده و کلر خارج می‌شود. اگرچه ممکن است گروه فنوکسی به حلقه اکسیران متصل شده که در این صورت مطلوب نیست ولی به کمک شرایط بهینه می‌توان شرایطی را مهیا نمود که واکنش اول انجام شده و حلقه اپوکسی دست‌نخورده باقی بماند. تعداد گروه‌های هیدروکسیل واکنش‌پذیر در تانن حداقل پنج گروه است بنابراین انتظار می‌رود هر پنج گروه فنولی تانن، بتوانند با اپی‌کلروهیدرین واکنش دهند ولی به دلیل ازدحام فضایی و ناکامل بودن واکنش و حضور گروه‌های الکلی، گلیسیدیل‌دار شدن به‌طور کامل انجام نمی‌شود پس بایستی میانگین گروه‌های اپوکسی تعیین شود بدین منظور از روش‌های تیتراسیون و FTIR تعداد گروه‌های اپوکسی تعیین شد.

[1] Crystal violet



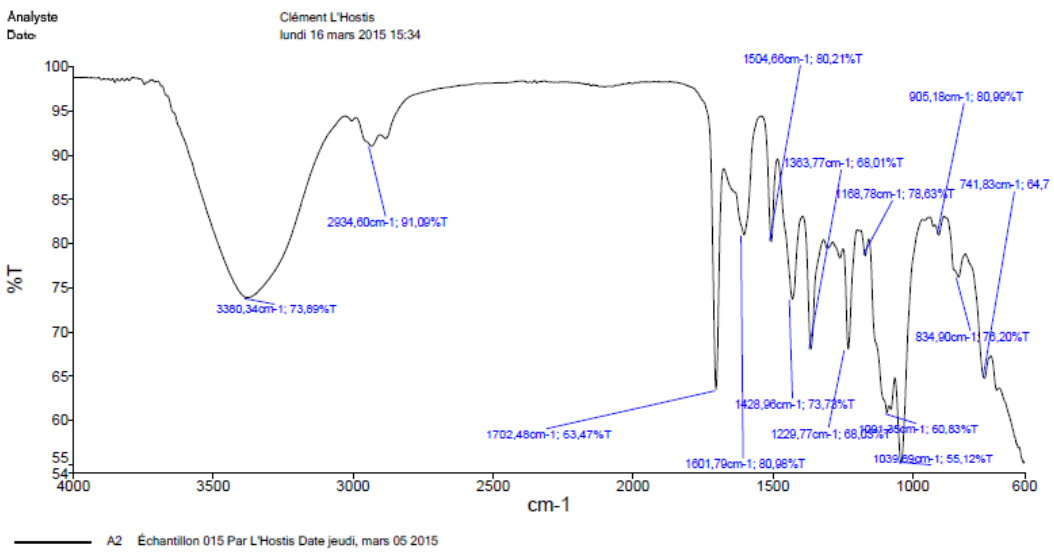
شکل ۱- واکنش اپی‌کلروهیدرین و تانن در شرایط قلیایی

عدد اپوکسی

ازآنجایی‌که رزین‌های بر پایه اپوکسی نیاز به عامل پخت جهت گیرایی دارند برای محاسبه مقدار عامل پخت باید عدد اپوکسی مشخص باشد. مقدار گروه‌های اپوکسی، پس از سه مرتبه تکرار ۷/۲ درصد به‌دست‌آمده که با توجه به آن عامل پخت آمینی تعیین می‌گردد. تغییر شکل ظاهری گلیسیدیل‌اترتانن از مایع قهوه‌ای‌رنگ به مایعی گرانرو و رنگ زرد کهربایی و افزایش گرانروی از ۱۵۰ به ۷۶۰ سانتی‌پوآز حاکی از انجام واکنش بین گروه‌های تانن با اپی‌کلروهیدرین است. این افزایش گرانروی می‌تواند ناشی از افزایش جرم مولکولی، به‌واسطه اتصال گروه‌های اپی‌کلروهیدرین به مولکول تانن و یا به‌واسطه برهم‌کنش‌های حلقه اپوکسی از یک گلیسیدیل تانن به یک مولکول دیگر باشد.

آنالیز طیف‌سنجی FT-MIR بیو اپوکسی تانن

گلیسیدیل اتر تانن با استفاده از طیف‌سنج FT-MIR مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت. طیف‌های حاصل در شکل (۲) مشاهده می‌شود و نتایج مربوط به این طیف‌ها در جدول (۱) آمده است. درصد پیک‌های جدید در طول‌موج $۹۰۵,۱۸cm^{-1}$ قابل‌رؤیت است که به گروه‌های اپوکسی نسبت داده‌شده است که نشان می‌دهد اپوکسی‌دار شدن تانن رخداده است. نتایج این تحقیقات منطبق با نتایج حاصل از تحقیقات Saremi و همکاران ۲۰۱۲ [۱۹] و Nouailhas و همکاران ۲۰۱۱ است [۳].



شکل ۲- طیف FT-MIR گلیسیدیل اتر تانن

جدول ۱- نتایج FT-MIR گلیسیدیل اتر تانن

گروه عاملی	نواحی جذب (cm^{-1})
ارتعاش کششی C-H آروماتیک	۳۰۵۷
ارتعاش کششی C-H آلیفاتیک	۲۹۳۴,۶۰
ارتعاش کششی C=C حلقه بنزن	۱۷۰۲,۴۸
ارتعاش خمشی گروه CH_2	۱۴۲۸,۹۶
ارتعاش خمشی گروه متیل	۱۴۱۴
ارتعاش خمشی C-O اتری	۱۲۲۰,۹۷
گروه عاملی اپوکسی	۹۰۵,۱۸
استخلاف‌های فنیل از نوع پارا	۸۳۴,۹۰
ارتعاش کششی OH	۳۳۸۰,۳۴

مشخصات بیو اپوکسی تانن

پس از ساخت رزین بیو اپوکسی تانن (گلیسیدیل اتر تانن) و افزودن عامل پخت، ویژگی‌های رزین بر اساس استاندارد مربوطه اندازه‌گیری شد. جدول (۲) ویژگی‌های رزین اپوکسی تانن را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ویژگی‌های چسب مصرفی

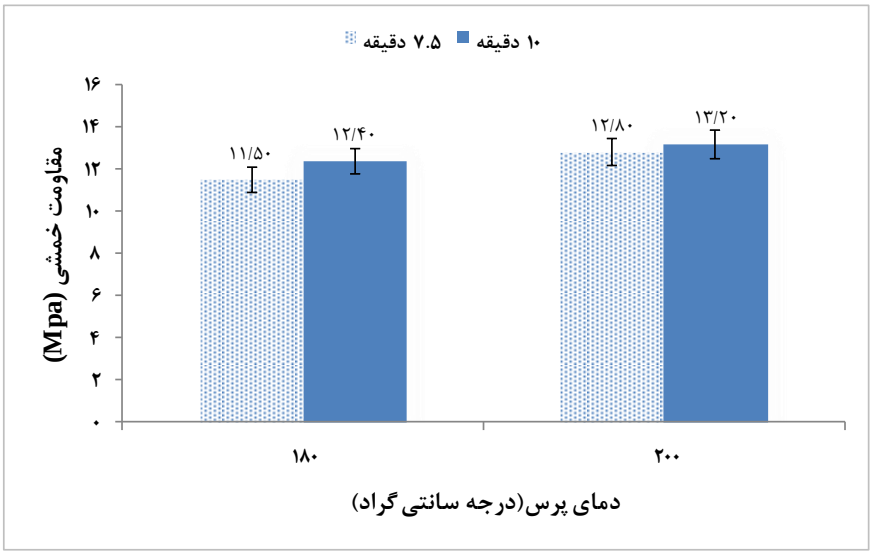
مشخصات چسب	شکل ظاهری	pH	مواد غیر فرار (٪)	ویسکوزیته (cp)	زمان‌ژله‌ای (s)	دانسیته (گرم بر لیتر)
اپوکسی تانن	زرد کهربایی	۱۰/۳	۵۵	۷۶۰	۱۷۰	۱/۱

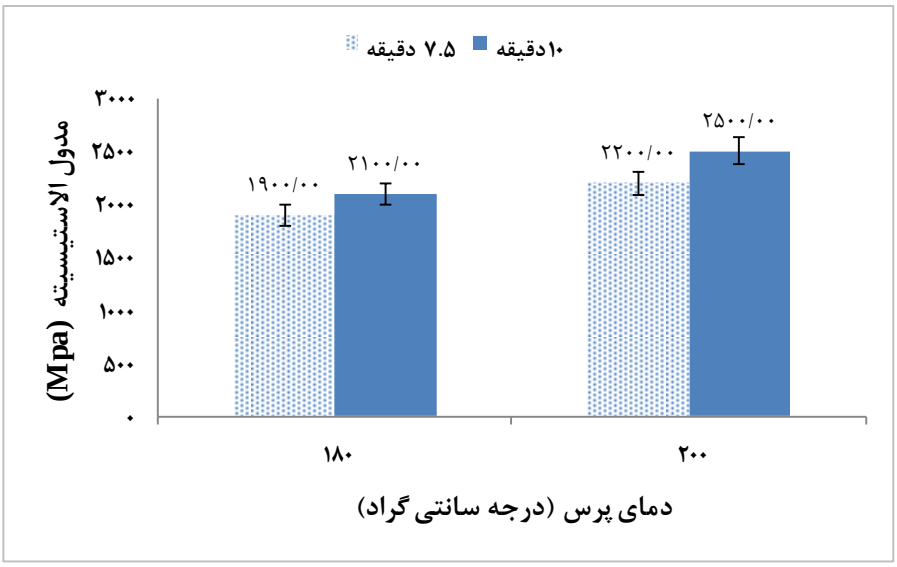
خواص مکانیکی

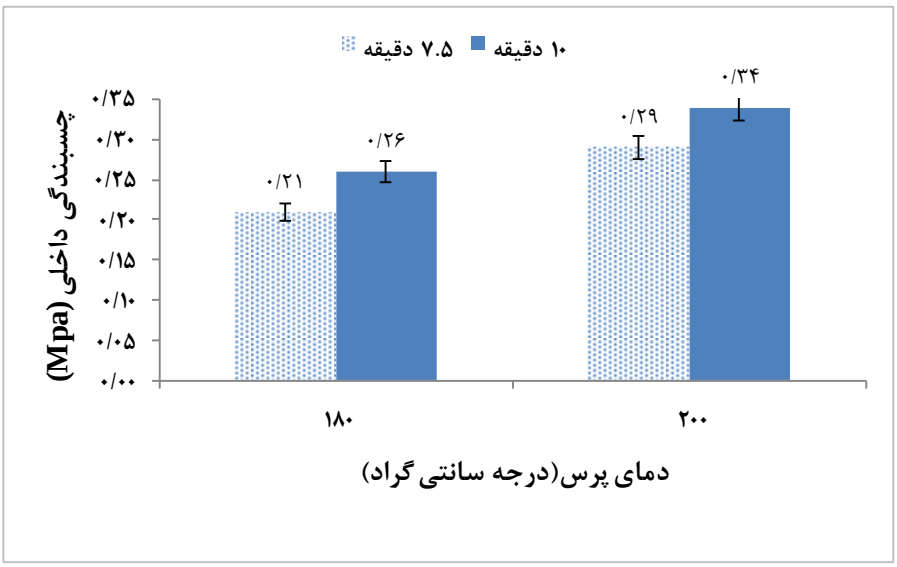
نتایج حاصل از خواص مکانیکی تخته کاه، در شکل (۳) نشان داده‌شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که افزایش زمان پرس از ۷/۵ دقیقه به ۱۰ دقیقه و افزایش دمای پرس از ۱۸۰ به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته کاه تولیدشده با رزین اپوکسی تانن شده است. میانگین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته با افزایش دما از ۱۱/۵ به ۱۳/۲ و ۱۹۰۰ به ۲۵۰۰ مگا پاسکال افزایش یافت. بر اساس استاندارد اروپا (EN)، حداقل مدول خمشی و مدول الاستیسیته برای تخته‌خرده‌چوب برای استفاده‌های عمومی، ۱۱/۵ و ۱۶۰۰ مگا پاسکال است [۲۰ و ۲۱]. همان‌طور که در شکل (۳) می‌بینیم همه تخته کاه تولیدشده با رزین بیو اپوکسی بر پایه تانن، حداقل مقاومت مکانیکی بر اساس استاندارد اروپا را دارند. مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در زمان ۷/۵ دقیقه اندکی کمتر است و پانل‌های ساخته‌شده در زمان ۱۰ دقیقه بیشترین میزان مقاومت مکانیکی را داشتند. نتایج نشان می‌دهد که زمان پرس ۷/۵ دقیقه زمان کافی برای انتقال حرارت به مغز پانل نیست. مطالعات Jahanshahei و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مورد ساخت پانل با تخته کاه نتایج فوق را تأیید می‌کند [۸]. میزان چسبندگی داخلی تخته کاه ساخته‌شده بین ۰/۲۱ تا ۰/۳۴ مگا پاسکال بود. میزان چسبندگی داخلی بر اساس استاندارد اروپا برای مصارف عمومی [۲۰]، محیط‌های داخلی [۲۱] و پانل‌های تحت بار [۲۲] به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۳۴ و ۰/۵۰ مگا پاسکال است بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، همه تخته کاه تولیدشده میزان چسبندگی داخلی بر اساس استاندارد اروپا جهت مصارف عمومی را دارا می‌باشند ولی از مقاومت کافی برای پانل‌های تحت بار را دارا نمی‌باشند. افزایش دمای پرس از ۱۸۰ به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد باعث نفوذ بهتر و سریع‌تر حرارت به لایه میانی پانل و گیرا شدن رزین در لایه میانی شد.

خواص فیزیکی

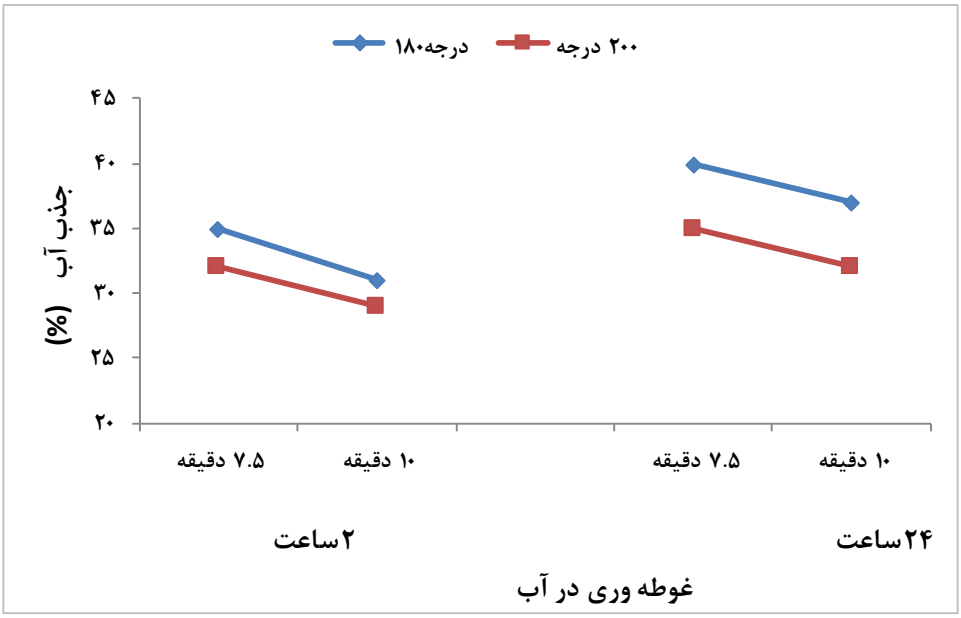
نتایج حاصل از جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته کاه حاصل، پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در شکل (۴) مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد افزایش دما و زمان پرس تأثیر مثبت بر خواص فیزیکی تخته کاه ساخته‌شده با رزین بیو اپوکسی تانن داشت. افزایش دمای پرس از ۱۸۰ به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین افزایش زمان پرس از ۷/۵ به ۱۰ دقیقه، سبب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب شد. میزان واکشیدگی ضخامت، بعد از ۲ ساعت، از ۳۳ درصد به ۲۴ درصد و از ۳۵ درصد به ۲۸ درصد بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری کاهش یافت. میزان جذب آب نیز تغییرات مشابهی داشت و از ۳۵ درصد به ۲۹ درصد بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری و از ۴۰ درصد به ۳۲ درصد بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری کاهش یافت. بر اساس استاندارد اروپا، حداکثر میزان واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب ۸ و ۱۵ درصد است [۲۳]. مقادیر به‌دست‌آمده برای تخته‌های ساخته شد با ۱۰ دقیقه زمان پرس و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب ۲۴ و ۲۸ درصد است که از میزان استاندارد بیشتر است که به نظر می‌رسد، این امر ناشی از این است که ذرات کاه یا مواد لیگنوسلولزی کاه نسبت به خرده چوب دارای همی سلولز بالاتر است ازآنجایی‌که همی سلولز ترکیب قطبی و جاذب آب است (پنتوزان) این افزایش واکشیدگی ضخامت را می‌توان به این مورد نسبت داد. ضمن اینکه می‌توان با کمک مواد افزودنی غیر قطبی مثل موم و پارافین بر روی سطح تخته یا درون رزین برای ساخت تخته تا حدودی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت را کاهش داد.

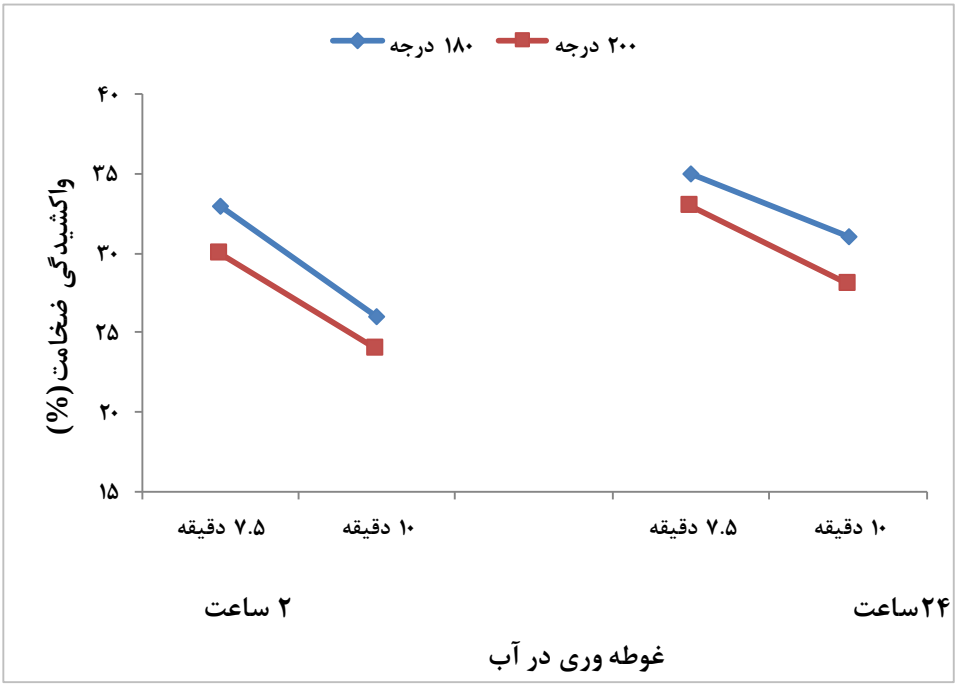






شکل ۳- خواص مکانیکی تخته کاه





شکل ۴- خواص فیزیکی تخته کاه

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان اذعان داشت که رزین زیست‌پایه اپوکسی تانن، اتصال‌دهنده مناسبی برای ساخت تخته کاه است. مقاومت‌های مکانیکی شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی (جهت استفاده در مصارف عمومی) پانل‌های ساخته‌شده در حد استاندارد اروپا است. ولی مقاومت‌های فیزیکی مانند جذب آب و

واکشیدگی ضخامت را می‌توان با افزودنی‌های مناسب مانند موم یا پارافتن به کاه یا در فرمولاسیون رزین حین ساخت اصلاح نمود. ضمن اینکه باید توجه داشت در این تحقیق میزان رزین مصرفی ۱۰ درصد وزن خشک رزین بود؛ که در مقایسه با ساخت تخته‌خرده‌چوب، این مقدار اندک است زیرا کاه گندم دارای دانسیته کم است و در مرحله تشکیل کیک با حجم زیادی از ماده اولیه مواجه هستیم که با ۱۰ درصد رزین مانند تخته خرده باید چسب‌زنی گردد؛ بنابراین استفاده از ۱۰ درصد رزین جهت ساخت تخته کاه با دمای ۲۰۰ درجه و زمان ۱۰ دقیقه توجیه اقتصادی ساخت پانل را نیز به همراه دارد. با توجه به کمبود منابع چوبی و بحران‌های پیش روی صنایع مختلف چوب و کاغذ، روی آوردن به ضایعات و پسماندهای کشاورزی باید در برنامه‌های درازمدت گنجانده شود. به‌هرحال استفاده از پسماندهای کشاورزی می‌تواند یکی از بهترین راه‌های بازیافت این مواد و جایگزین مناسب برای چوب در ساخت تخته خرده باشد. با توجه به مشاهدات تحقیق می‌توان گفت که استفاده از رزین اپوکسی تانن، علاوه بر اینکه یک منبع زیستی است که مشکلات زیست‌محیطی حداقلی را به همراه دارد، می تواند سبب تولید تخته کاه با خواص مکانیکی قابل رقابت در قیاس با تخته‌خرده‌چوب باشد.

منابع

[1] Beheshty, M. H. and Rezadoust, A. M., 1391. Reinforced plastics (Polymer composites). Iran polymer & petrochemical institute. 446p. (In Persian).

[2] 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. Journal of Polym. Sci. Ser, 55: 30−40.

[3] 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. Journal of Polymer Sci. Part A: Polymer Chemistry,49: 2261–2270.

[4] Kaplan, D. L., 1988. In Biopolymers from Renewable Resources; Springer-Verlag: Berlin, Chapter 1: 1–26.

[5] Mohanty, A. K., Misra, M. and Hinrichsen, G., 2000. biofibers, biodegradable polymer and biocomposites; an overview. Journal of Macromolecular Materials and Engineering, 276/277: 1–24.

[6] Shibata, M. and Nakai, K., 2008. Preparation and Properties of Biocomposites Composed of Bio-Based Epoxy Resin, Tannin Acid, and Microfibrillated Cellulose. Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics, 48: 425-433.

[7] Wang, C., Yang, L., Ni, B. and Wang, L., 2009. Thermal and Mechanical Properties of Cast Polyurethane Resin Based on Soybean Oil. Journal of Applied Polymer Science, 112: 1122-1127.

[8] Jahanshaei, S., Tabarsa, T. and Asghari, J., 2012. Eco- friendly tannin-phenol formaldehyde resin for producing wood composites. Journal of Pigment & Resin Technology, 41: 296-301.

[9] 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.

[10] Mirshokraei, A.,1994.Wood adhesivese chemistry and technology. University center press ,737.350 p.

[11] Pizzi, A., 1993. Wood Adhesives Chemistry and Technology, vol. 1. Marcel Dekker, New York.

[12] Jahan Latibari, A., Hoseini., E., Resalati., H. and Fakhrian, A., 2007. A Determination of the Optimum NSSC Pulping Condition of Wheat Straw for Corrugated Medium Production. Journal of the Iranian Natural Resources., 59: 903-919. (In Persian).

[13] 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).

[14] Tasooji, M., Tabarsa, T., Khazaeian, A. and Wool, R., 2010. Acrylated Epoxidized Soy Oil as an Alternative to Urea-Formaldehyde in Making Wheat Straw Particleboards. Journal of Adhesion Science and Technology, 24: 1717-1727.

[15] Yin, Q., Yang, W., Sun, C. and Di, M., 2012. Preparation and properties of Lignin-Epoxy resin. Journal of BioResources,7: 5737-5748.

[16] 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. Int. Journal of Molecule Science, 14: 18200-18214.

[17] Schuster, J., Govignon, Q. and Bickerton, S., 2014. Processability of Biobased Thermoset Resins and Flax Fibres Reinforcements Using Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding. Journal of Composite Materials, 4: 1-11.

[18] Standard test methods for evaluating Epoxy index. Oxirane Oxygen., 1997. "Official and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society", 5thEdn., AOCS press, Champaign, I.L:Cd: 9-57.

[19] Saremi, K., Tabarsab, T., Shakeri, A. and Babanalbandi, A., 2012. Epoxidation of Soybean Oil. Journal of Annals of Biological Research, 3: 4254-4258.

[20] European Standard. EN 312-2. Particleboards-specifications – part 2: requirements for general purpose boards for use in dry conditions. Brussels: European Standardization Committee; 1996.

[21] European Standard. EN 312-3. Particleboards-specifications – part 3: requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions. Brussels: European Standardization Committee; 1996.

[22] European Standard. EN 312-4. Particleboards-specifications – part 4: requirements for loadbearing boards for use in dry conditions. Brussels: European Standardization Committee; 1993.

[23] European Standard .EN 317. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussels: European Standardization Committee; 1993.

Study of physical and mechanical properties of produced strawboard using bio epoxy tannins resin

Abstract

Bio-epoxy tannin resin was made from tannin reaction with epichlorohydrin in an alkaline condition. Fourier transform infrared spectroscopy confirmed the epoxy groups of glycidyl reaction of the tannins, and the epoxy number of final resin was 7.2%. Straw boards were made with bio-epoxy tannin resin, using two variable temperatures (180 and 200 °C) and two variable times (7.5 and 10 minutes). Physical and mechanical strengths such as water absorption, thickness swelling (after 2 and 24 hours immersion appears in water), internal bonding, modulus, and flexural modulus were measured and compared with the standard EN312-4. The results showed that the straw boards made in 200 °C and 10 minutes of press time, had the highest level of physical and mechanical properties. All the produced boards in this research had the Europe standard level of mechanical properties for public use and acquired the functional properties comparable to petroleum-based synthetic adhesives.

Key words: strawboard, epoxy tannin resin, internal bonding, wheat straw.

S. Jahanshahi[1*]
A. Abdulkhani[2]
K. Doosthoseini[3]
A. Shakeri[4]

[1] Ph.D, Dept. of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

[2] Associate Professor, Dept. of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

[3] Professor, Dept. of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

[4] Associate Professor, Dept. of chemistry, College of science, University of Tehran

Corresponding author:
shjahanshahi@ut.ac.ir

Received: 2015/10/27
Accepted: 2016/01/09