بررسی تأثیر پودر پلی‌اتیلن بازیافتی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب سه لایه

سید جواد طباطبایی[۱]
وحید وزیری[۲*]
فرشید فرجی[۳]
احسان کبیری[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فرآورده¬های چندسازه چوبی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۳] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۴] کارشناس کنترل کیفیت شرکت صنعت چوب شمال، ایران

مسئول مکاتبات:
vahidvaziri@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰

چکیده

در این تحقیق، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب سه لایه ساخته‌شده با پودر پلی‌اتیلن بازیافتی و ذرات خرده چوب موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور از پودر پلی‌اتیلن بازیافتی در سطوح مختلف (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) و چسب اوره فرم آلدهید در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد استفاده شد. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی شامل دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش پلی‌اتیلن بازیافتی، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی به‌طور فراوانی بهبود یافت. افزودن رزین اوره فرم آلدهید تأثیر معنی‌داری بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی داشت. میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده چوب‌ها با افزایش میزان پلی‌اتیلن یک روند کاهشی را نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن مربوط به عدم استفاده از پلی‌اتیلن بازیافتی و کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته-های دارای ۵۰ درصد پلی‌اتیلن بود. با افزایش رزین اوره فرم آلدهید از ۵ به ۱۰ درصد، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی افزایش یافت. همچنین افزایش رزین اوره فرم آلدهید موجب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت شد. به دلیل عملکرد خوب پودر پلی‌پروپیلن در بهبود مقاومت‌ها مقدار چسب اوره فرم آلدهید در ساخت تخته خرده چوب می‌تواند کاهش یابد. لذا با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان تیمار ۴۰ درصد پلی‌اتیلن و ۵ درصد رزین را پیشنهاد نمود.

واژگان کلیدی: تخته خرده چوب سه لایه، پلی‌اتیلن بازیافتی، رزین اوره فرم آلدهید.

مقدمه

تخته خرده چوب جزء اوراق فشرده چوبی است که تولید آن مبتنی بر چوب یا سایر مواد لیگنوسلولزی است که تحت فشار و حرارت، در حضور یک ماده چسبنده مانند رزین اوره فرم آلدهید تولید می‌شود. حضور چوب در تولید این کامپوزیت جزء اصول است [۱]. اگرچه مواد زیادی به‌عنوان جایگزین چوب در ساخت تخته خرده چوب مورداستفاده قرار گرفته است اما ویژگی‌های منحصربه‌فرد چوب باعث شده تا در صنایع مختلف تولید تخته خرده چوب ماده اولیه اصلی، چوب باشد. بااین‌حال جهت حفظ منابع طبیعی و کاهش نیاز به فرآورده‌های

جنگلی نیاز به انجام تحقیقاتی که باعث کارآمدتر شدن مصرف چوب در این صنعت باشد احساس می‌شود [۱].

محبوب‌ترین نوع تخته خرده چوب که در صنایع تولید شده و در بازار تقاضای بیشتری دارد از نوع سه لایه است که لایه‌های رو و زیرین از ذرات نرم با اندازه ۰/۲ الی ۰/۴ میلی‌متر و لایه میانی از ذرات درشت با اندازه ۰/۶ الی ۱/۵ میلی‌متر تشکیل شده است [۲]. تخته خرده چوب ازجمله فرآورده‌های چوب است که ۹۰ درصد جرم آن از خرده‌های چوب و باقیمانده از چسب و مواد افزودنی تشکیل شده است. بالا بودن هزینه‌های تولید چسب‌های مورداستفاده در صنایع تخته خرده چوب از یک‌سو و انتشار گازهای سمی در هنگام ساخت تخته خرده چوب از سوی دیگر فکر استفاده از انواع مواد جایگزین را به دنبال داشته است. ازجمله موادی که طی دهه گذشته به سبب ویژگی‌های منحصربه‌فرد و متنوع موردتوجه قرارگرفته‌اند پلیمرهای گرمانرم هستند که در تمامی صنایع کاربرد زیادی پیداکرده‌اند [۳]. مقدار مصرف پلیمرها در سطح جهانی (۲۰۱۴) در حدود ۲۳۰ میلیون تن بوده است [۴]. مواد پلیمری می‌توانند در تولید کامپوزیت‌های چوب پلاستیک و اوراق فشرده چوبی خصوصاً تخته خرده چوب مورداستفاده قرار گیرند. یکی از محدودیت‌های استفاده از مواد پلیمری در ساخت تخته خرده چوب، بالا بودن نقطه ذوب این مواد در مقایسه با چسب‌های سنتزی است. به‌طورمعمول تحقیقات زیادی که در این مورد انجام شده، باعث گردیده تا راه‌حل‌های مناسب‌تری به دست آمده تا محدودیت‌های موجود برطرف شده و این امیدواری وجود داشته باشد که در آینده استفاده از مواد پلیمری به‌عنوان مکمل چسب و یا حتی مکمل مواد اولیه چوبی در صنایع اوراق فشرده چوبی مدنظر قرار گیرد. استفاده از پس-ماندهای مواد پلیمری بیشتر در مواد مرکبی مانند چوب-پلاستیک کاربرد دارد، اما بااین‌حال در برخی موارد نیز از این مواد به‌عنوان فیلر ذرات خرده چوب و یا به‌عنوان مکمل چسب مورداستفاده قرار می‌گیرد [۵].

Ghofrani (۲۰۰۹) به بررسی امکان ساخت چندسازه چوب - پلاستیک از خاک‌اره و پلی‌اتیلن ترفتالات ضایعاتی پرداخت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی در نمونه‌های لایه‌ای با ضخامت ۵ میلی‌متر و ترکیب ۱۰ درصد پلی‌اتیلن در لایهٔمیانی، ۲۰ درصد پت ضایعاتی در لایه سطحی و ۷۰ درصد خاک‌اره، در دمای پرس ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۸۰ ثانیه مشاهده شد [۶].

Febrianto و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی از پلی‌اتیلن سبک با نسبت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد استفاده کردند. نتایج نشان داد که تخته خرده چوب‌هایی که با ۲۰ درصد پلی‌اتیلن سبک تولید شدند بالاترین دانسیته و تخته‌های شاهد کمترین دانسیته را داشتند. هرچه مقدار بیشتری از پلی‌اتیلن سبک در سطوح تخته خرده چوب استفاده شد مقدار جذب آب کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار مقاومت خمشی به ترتیب مربوط به تخته‌های تولیدشده با ۲۰ درصد پلی‌اتیلن سبک و تخته خرده چوب شاهد بود. در مورد چسبندگی داخلی، نتایج نشان داد بیشترین و کمترین مقدار چسبندگی داخلی بر روی تخته خرده چوب شاهد و تخته خرده چوب تولیدشده با ۵ درصد پلی‌اتیلن سبک بود [۷].

Yahyavidizaj و Khazaeian (۲۰۱۴) در تحقیقی از پودر پلی‌اتیلن به‌منظور بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده کاه پرداختند. در این تحقیق از سه سطح پودر پلی‌اتیلن ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و چسب اوره فرم آلدهید در سه سطح ۴، ۶ و ۸ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش پلی‌پروپیلن و چسب اوره فرم آلدهید، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها افزایش یافت. همچنین جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های آزمونی بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بهبود پیدا کرد که به دلیل عملکرد خوب پودر پلی‌پروپیلن در بهبود مقاومت‌ها، مقدار چسب اوره فرم آلدهید در ساخت تخته خرده کاه می‌تواند کاهش یابد [۴].

توجه به بازیابی پس‌ماندهای پلیمرهای گرمانرم به‌منظور حل مشکلات زیست‌محیطی و داشتن توجیه اقتصادی در این اقدام، همچنین فکر امکان استفاده از پس‌ماندهای پلیمرهای گرمانرم به‌عنوان جایگزین چسب مصرفی در فرآورده‌های مرکب چوبی، انجام پژوهش‌های زیادی را به دنبال داشت. نوآوری این تحقیق در مقایسه با تحقیقات صورت گرفته، استفاده از نایلون‌های ضایعاتی با ساختار پلی‌اتیلن سبک در ساخت تخته خرده چوب است.

این تحقیق با هدف کاهش مصرف چسب اوره فرم آلدهید و مواد اولیه چوبی با اضافه کردن پلی‌اتیلن ضایعاتی و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب حاصله انجام شد.

مواد و روش‌ها

خرده چوب: خرده‌چوب موردنیاز از شرکت صنعت چوب شمال تهیه شد. در این تحقیق از ذرات درشت خرده‌چوب برای لایه میانی و از ذرات ریز برای لایه سطحی استفاده شد. درصد استفاده‌شده خرده چوب درشت و نرم در ساخت تخته خرده چوب به‌صورت ۶۰ درصد خرده‌چوب درشت در لایه میانی (با ابعاد ۱/۵-۰/۸ میلی‌متر) و ۴۰ درصد خرده چوب نرم در لایه سطحی (با ابعاد ۰/۶-۰/۲ میلی‌متر) بود. خرده‌چوب‌های نرم و درشت برای رسیدن به رطوبت ۴ درصد در آون با دمای ^{oc} ۲± ۱۰۳ قرار گرفت و پس از خروج از آون جهت جلوگیری از تبادل رطوبتی با هوای محیط، بلافاصله در کیسه‌های نایلونی غیرقابل نفوذ قرار گرفتند.

پلی‌اتیلن بازیافتی: نایلون‌های ضایعاتی با ساختار پلی‌اتیلن سبک در شرکت Deco wood به پودر تبدیل شده و به‌عنوان ماده پلیمری در شش سطح ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد استفاده شد.

رزین اوره فرم آلدهید: رزین اوره فرم آلدهید مورداستفاده، از شرکت سامد مشهد تهیه شده و پس از انتقال به آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه گنبدکاووس، ویژگی‌های آن موردبررسی قرار گرفت (جدول ۱). رزین اوره فرم آلدهید در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد وزن خشک خرده چوب استفاده شد.

کلرید آمونیوم: از نمک کلرید آمونیوم به‌عنوان سخت‌کننده (هاردنر) چسب اوره فرم آلدهید ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. کلرید آمونیوم به‌صورت پودری به میزان ۲ درصد وزن خشک چسب مورداستفاده قرار گرفت.

فرآیند اختلاط اولیه: در این مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب تولیدشده با پودر پلی‌اتیلن بازیافتی و ذرات خرده چوب موردبررسی قرار گرفت. برای هر تیمار در انجام آزمون‌ها، از سه تکرار استفاده شد. برای هر تیمار کد مشخصی تعریف شده که به‌صورت زیر می‌باشند:

جدول ۱- مشخصات رزین اوره فرم آلدهید مصرفی

نوع چسب	شرکت سازنده	مواد جامد (٪)	pH	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه)	ویسکوزیته در دمای ۲۰^{c} (سانتی پوآز)	وزن مخصوص در دمای ۲۰^{c}
اوره فرم آلدهید مایع	سامد مشهد	۶۳/۵	۷/۵	۵۴	۳۲۰	۱/۲۷۴

فرآیند ساخت تخته خرده چوب: عامل‌های ثابت این بررسی عبارت‌اند از: رطوبت کیک ۱۰ درصد، فشار پرس ۳۰ Kg/cm^2، دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۵ دقیقه و کلرید آمونیوم ۲ درصد وزن خشک چسب، ضخامت تخته ۱۶ میلی‌متر و دانسیته ۰/۷g/cm^3. عامل‌های متغیر این تحقیق، چسب اوره فرم آلدهید در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد وزن خشک خرده چوب و پلی‌اتیلن در شش سطح ۰،۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد بود. ذرات خرده چوب چسب خورده با نسبت‌های مختلف پودر پلی‌اتیلن مخلوط شدند (جدول ۲). سپس شکل‌دهی کیک به‌صورت دستی انجام شد. بدین ترتیب که ذرات لایه‌های سطحی و میانی به ترتیب در قالب‌های آزمایشگاهی قرار داده شده و کیک خرده چوب سه لایه تهیه شد. پس از پرس و شکل گرفتن نمونه‌ها، صفحات پرس باز شده و تخته‌های تولیدی از آن خارج شدند. درنهایت با انجام ۳ تکرار از ۱۲ تیمار موردنظر، ۳۶ تخته ساخته شد. تخته‌های ساخته‌شده به مدت ۱۵ روز در اتاق کلیما نگهداری شده تا به رطوبت تعادل با محیط برسند. سپس برش تخته‌ها جهت تهیه نمونه‌های آزمونی انجام گرفت.

جدول ۲- ترکیب نمونه‌های آزمونی

ردیف	کد تیمار	درصد ترکیبی خرده چوب + پلی‌اتیلن (٪)	رزین اوره فرم آلدهید بر حسب وزن خرده چوب (٪)
۱	A	۱۰+۹۰	۱۰
۲	B	۲۰+۸۰	۱۰
۳	C	۳۰+۷۰	۱۰
۴	D	۴۰+۶۰	۱۰
۵	E	۵۰+۵۰	۱۰
۶	CS۱۰	۱۰۰	۱۰
۷	F	۱۰+۹۰	۵
۸	G	۲۰+۸۰	۵
۹	H	۳۰+۷۰	۵
۱۰	I	۴۰+۶۰	۵
۱۱	J	۵۰+۵۰	۵
۱۲	CS ۵	۱۰۰	۵

تیمارهای CS ۵و CS۱۰ نمونه‌های شاهد با درصد رزین ۵ و ۱۰ درصد و بدون پلی‌اتیلن می‌باشند

اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی: برای تعیین جذب آب و واکشیدگی ضخامت از استاندارد EN317، دانسیته از استاندارد EN 323، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته از استاندارد EN 310 و چسبندگی داخلی از استاندارد EN319 استفاده شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری: برای تجزیه‌وتحلیل نتایج از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. میانگین داده‌ها، با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر متقابل پلی‌اتیلن و رزین اوره فرم آلدهید بر دانسیته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر دانسیته نداشته است (جدول ۳) و دانسیته تخته‌ها در محدوده ۰/۷ ±۰/۰۱ g/cm^3 قرار داشت و تمامی تیمارها در گروه a قرار گرفتند.

جدول ۳- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر دانسیته

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
پلی‌اتیلن	۵	۸/۲۸	۰/۸۲۸	۰/۵۴۲ns
رزین اوره فرم آلدهید	۱	۲/۷۸	۰/۲۸	۰/۸۶۹ns
پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۴/۲۷	۰/۴۲۸	۰/۸۲۵ns
خطا	۲۴	۹/۹۹		
کل	۳۵			

ns عدم معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد

اثر متقابل پلی‌اتیلن و رزین اوره فرم آلدهید برجذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

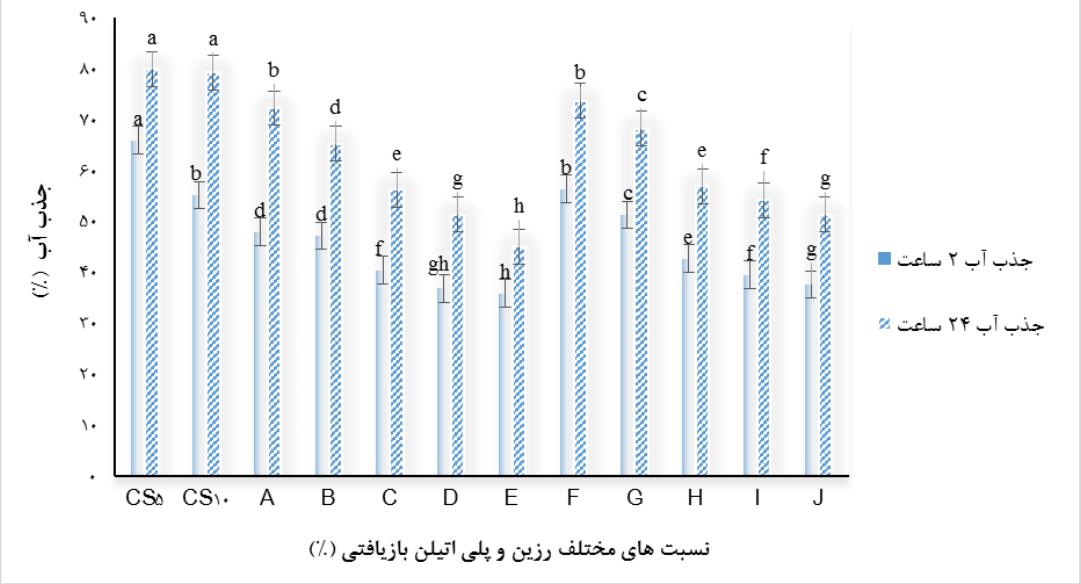
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد برجذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشته است (جدول ۴)؛ اما تفاوت معنی‌داری در اثرات متقابل عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت مشاهده نشد.

جدول ۴- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر برجذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

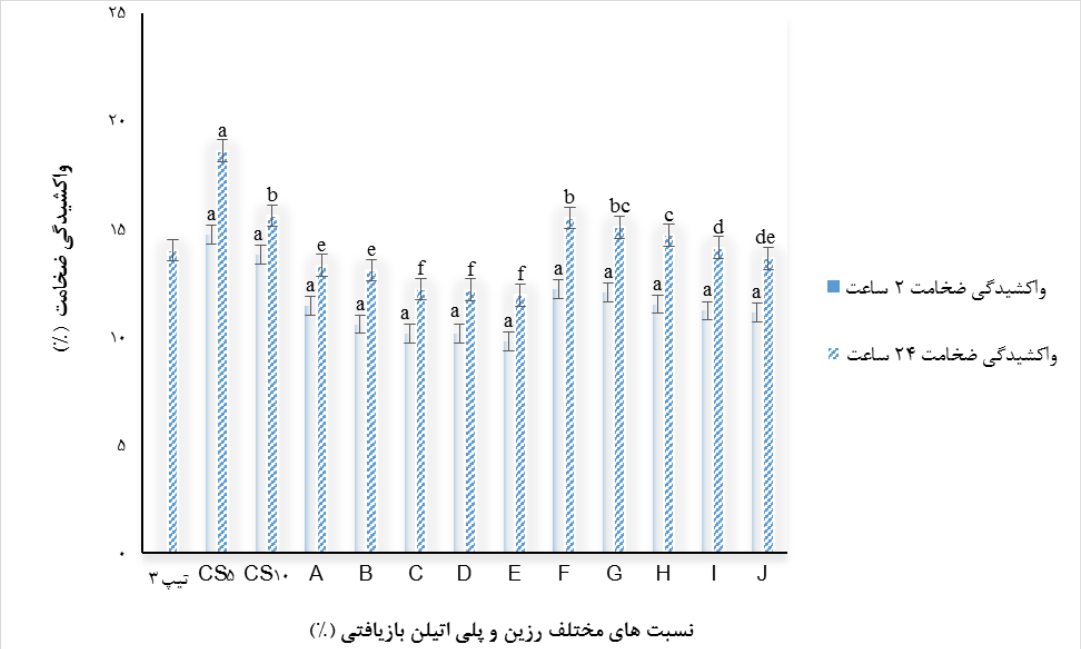
ویژگی	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
جذب آب بعد از ۲ ساعت	پلی‌اتیلن	۵	۵۱۲/۱۴	۶۳۰/۵۴	۰/۰۰۰*
	رزین اوره فرم آلدهید	۱	۲۲۵/۵	۲۷۷/۶۳	۰/۰۰۰*
	پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۲۱/۰۴۶	۲۵/۹۱۱	۰/۰۰۰*
	خطا	۲۴	۰/۸۱۲		
	کل	۳۵			
جذب آب بعد از ۲۴ ساعت	پلی‌اتیلن	۵	۹۰۴/۵۴۷	۹۸۸/۲۷۶	۰/۰۰۰*
	رزین اوره فرم آلدهید	۱	۵۵/۲۵۴	۶۰/۳۶۹	۰/۰۰۰*
	پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۶/۶۹۰	۷/۳۱۰	۰/۰۰۰*
	خطا	۲۴	۰/۹۱۵		
	کل	۳۵			
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت	پلی‌اتیلن	۵	۱۲/۰۹۵	۶۰/۸۹۶	۰/۰۰۰*
	رزین اوره فرم آلدهید	۱	۱۲/۰۱۸	۶۰/۵۰۹	۰/۰۰۰*
	پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۰/۱۱۴	۰/۵۷۶	۰/۷۱۸ ns
	خطا	۲۴	۰/۱۹۹		
	کل	۳۵			
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت	پلی‌اتیلن	۵	۱۴/۵۵۵	۱۲۹/۳۷۹	۰/۰۰۰*
	رزین اوره فرم آلدهید	۱	۴۴/۶۶۷	۳۹۷/۰۴۰	۰/۰۰۰*
	پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۰/۳۲۱	۲/۸۵۳	۰/۰۳۷*
	خطا	۲۴	۰/۱۱۲		
	کل	۳۵			

ns عدم معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد، * معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد

تیمار شاهد (فاقد پلی‌اتیلن و دارای ۵ درصد رزین اوره فرم آلدهید) دارای بالاترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بوده است (شکل‌های ۱ و ۲). ضمن اینکه کاهش رزین اوره فرم آلدهید (از ۱۰ به ۵ درصد) نیز در افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت مؤثر بوده است. از طرفی تیمار E که در ساخت آن از بیشترین مقدار رزین (۱۰ درصد) و بالاترین میزان پودر ضایعات پلی‌اتیلن سبک (۵۰ درصد) استفاده شده است دارای کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت است (شکل‌های ۱ و ۲)؛ زیرا حضور پلیمر در بین ذرات مانع از دریافت و جذب آب در تخته می‌شود [۲]. بر اساس استاندارد EN۳۱۲ حداقل واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب برای تخته‌های تیپ ۳، ۱۴ درصد است؛ بنابراین تخته‌های دارای ۱۰، ۲۰ ،۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و ۱۰ درصد رزین و تخته‌های دارای ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و ۵ درصد رزین بالاتر از حد استاندارد هستند.



شکل ۱- تأثیر رزین اوره فرم آلدهید و پلی‌اتیلن برجذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب



شکل ۲- تأثیر رزین اوره فرم آلدهید و پلی‌اتیلن بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

اثر متقابل پلی‌اتیلن و رزین اوره فرم آلدهید بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته داشته است (جدول ۵).

جدول ۵- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

ویژگی	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
مقاومت خمشی	پلی‌اتیلن	۵	۱/۶۶۹	۵۱/۷۹۵	۰/۰۰۰*
	رزین اوره فرم آلدهید	۱	۲/۵۰۷	۷۷/۸۰۲	۰/۰۰۰*
	پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۰/۲۰۱	۶/۲۳۶	۰/۰۰۱*
	خطا	۲۴	۰/۰۳۲		
	کل	۳۵			
مدول الاستیسیته	پلی‌اتیلن	۵	۳۵۶۱۶/۱۸	۸۷۰/۴۵۷	۰/۰۰۰*
	رزین اوره فرم آلدهید	۱	۴۲۶۴۲/۲۵	۱۰۴۲/۱۷	۰/۰۰۰*
	پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۸۹۴/۳۲	۲۱/۸۶	۰/۰۰۰*
	خطا	۲۴	۴۰/۹۲		
	کل	۳۵			

*معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد

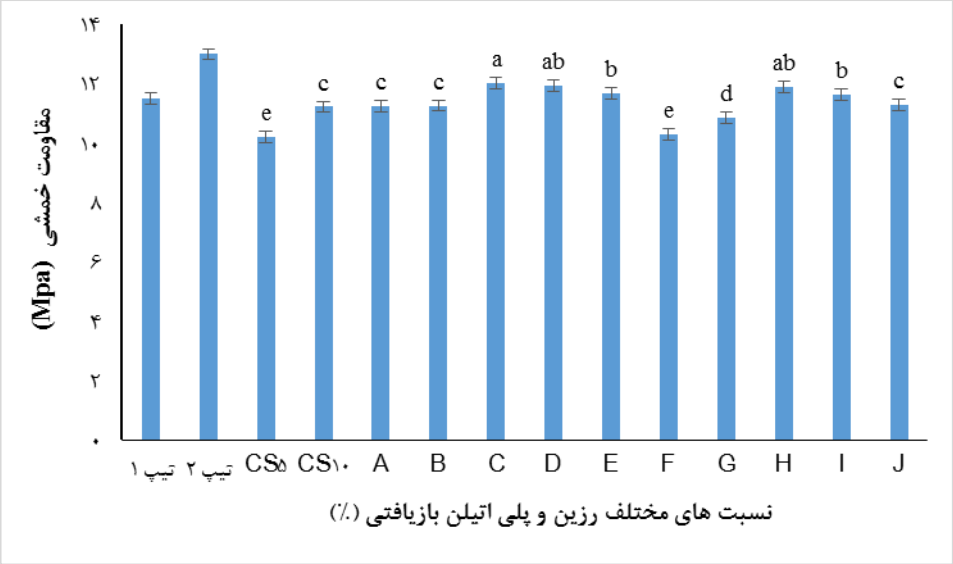
با افزایش میزان پلی‌اتیلن از ۱۰ به ۳۰ درصد و افزایش رزین از ۵ به ۱۰ درصد، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته افزایش یافته است. تیمار شاهد که فاقد پلی‌اتیلن و دارای ۵ درصد رزین اوره فرم آلدهید است کمترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و تیمار C که دارای ۳۰ درصد پلی‌اتیلن و ۱۰ درصد رزین اوره فرم آلدهید است بیشترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسته را دارد (شکل‌های ۳ و ۴)؛ زیرا احتمالاً با ذوب شدن پلی‌اتیلن در طی مراحل پرس، به‌عنوان یک ماده چسبنده عمل کرده و باعث اتصالات بهتر ذرات خرده چوب به یکدیگر شده است [۴]. همچنین با زیادشدن مقدار رزین اوره فرم آلدهید، میزان آغشتگی ذرات خرده چوب به ماده رزینی بیشتر شده و سطح تماس بین رزین و ذرات خرده چوب افزایش می‌یابد که باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود که این امر باعث افزایش مقاومت می‌شود [۷]. بر اساس استاندارد EN۳۱۲ حداقل مقاومت خمشی تخته خرده چوب برای مصارف عمومی (تیپ ۱) ۱۱/۵ مگاپاسکال است؛ بنابراین مقاومت خمشی تخته‌های دارای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و ۱۰ درصد رزین و مقاومت خمشی تخته‌های دارای ۳۰ و ۴۰ درصد پلی‌اتیلن و ۵ درصد رزین بالاتر از حد استاندارد هستند. ازآنجایی‌که مقاومت خمشی برای تخته‌های تیپ ۲ بر اساس استاندارد، ۱۳ مگاپاسکال است؛ بنابراین تمامی تخته‌های ساخته‌شده با پلی‌اتیلن پایین‌تر از حد استاندارد هستند. بر اساس استاندارد EN۳۱۲ حداقل مدول الاستیسیته برای تخته های تیپ ۲، ۱۶۰۰ مگاپاسکال است؛ که بر این اساس تنها مدول الاستیسیته تخته دارای ۳۰ درصد پلی‌اتیلن و ۱۰ درصد رزین بالاتر از حد استاندارد است.

اثر متقابل پلی‌اتیلن و رزین اوره فرم آلدهید بر چسبندگی داخلی

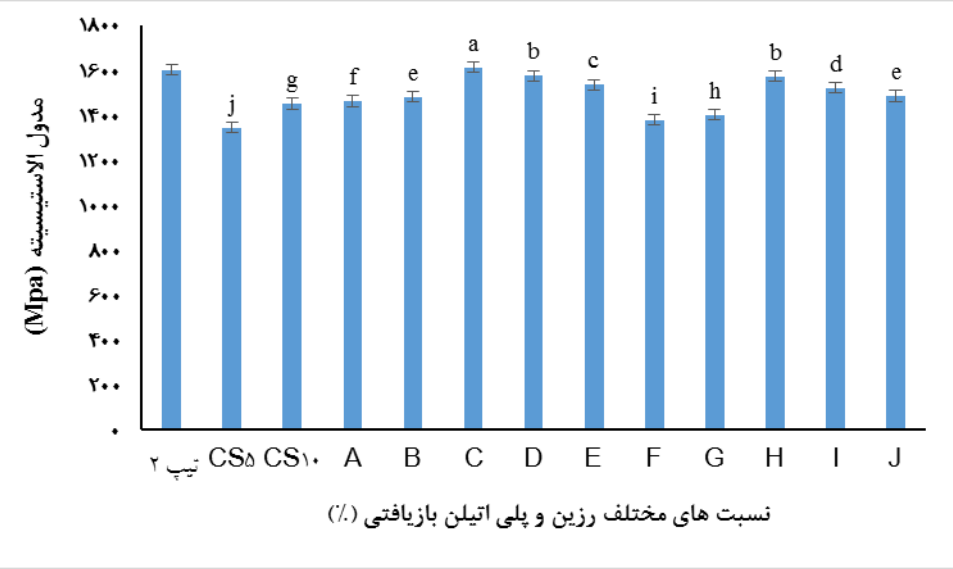
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر چسبندگی داخلی داشته است (جدول ۶).

با افزایش میزان پلی‌اتیلن از ۱۰ به ۵۰ درصد و افزایش رزین از ۵ به ۱۰ درصد، چسبندگی داخلی افزایش یافته است. تیمار شاهد که فاقد پلی‌اتیلن و دارای ۵ درصد رزین اوره فرم آلدهید است کمترین چسبندگی داخلی و تیمار E که دارای ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و ۱۰ درصد رزین اوره فرم آلدهید است بهترین چسبندگی داخلی را دارد (شکل ۵)؛ زیرا اصولاً در تخته خرده چوب‌هایی که در ساخت آن‌ها از مواد پلیمری استفاده می‌شود، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به یکدیگر ایفا می‌کند که این اتصال درنتیجه ذوب شدن پلاستیک به وجود می‌آید. بر اساس استاندارد EN۳۱۲ حداقل چسبندگی داخلی تخته خرده چوب برای مصارف عمومی (تیپ ۱) ۰/۲۴ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۲، ۰/۳۵ مگاپاسکال است؛ بنابراین تمامی تخته‌های ساخته‌شده با پلی‌اتیلن بالاتر از حد استاندارد هستند. بر اساس استاندارد EN۳۱۲ حداقل چسبندگی داخلی برای تخته‌های تیپ ۳، ۰/۴۵ مگاپاسکال است؛ بنابراین تخته‌های دارای ۲۰، ۳۰،

۴۰ و ۵۰ درصد پلی‌اتیلن در مقادیر مختلف رزین ۵ و ۱۰
درصد بالاتر از حد استاندارد هستند.



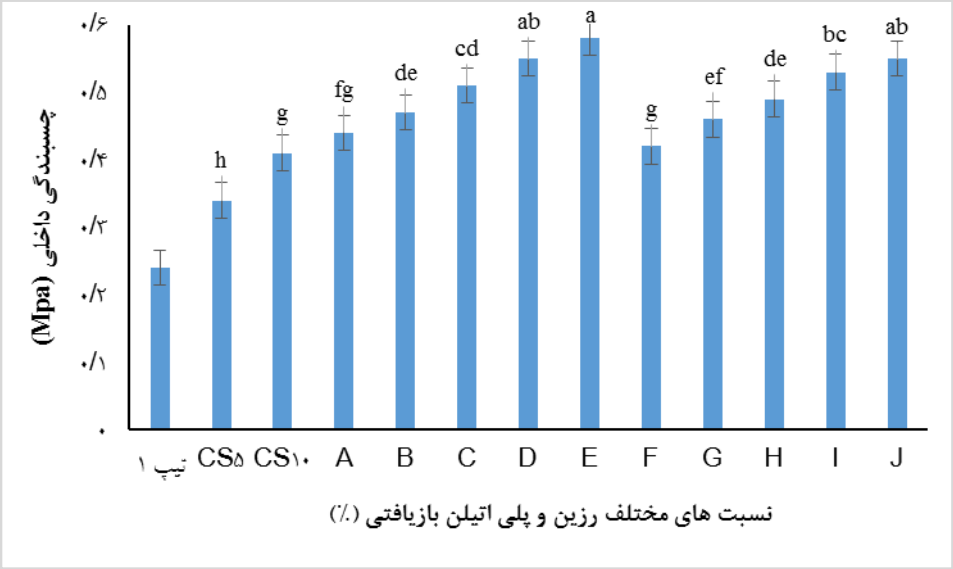
شکل ۳- تأثیر رزین اوره فرم آلدهید و پلی‌اتیلن بر مقاومت خمشی



شکل ۴- تأثیر رزین اوره فرم آلدهید و پلی‌اتیلن بر مدول الاستیسیته

جدول ۶- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر چسبندگی داخلی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
پلی‌اتیلن	۵	۰/۰۲۸۸	۷۱/۰۹	۰/۰۰۰*
رزین اوره فرم آلدهید	۱	۰/۰۰۷۵	۱۸/۵۲۱	۰/۰۰۰*
پلی‌اتیلن * رزین اوره فرم آلدهید	۵	۰/۰۰۰۵۵	۱/۳۵۹	۰/۰۴۱*
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۴۰۵		
کل	۳۵			



شکل ۵- تأثیر رزین اوره فرم آلدهید و پلی‌اتیلن بر چسبندگی داخلی

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش ضایعات پلی‌اتیلن تا سطح ۳۰ درصد، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته خرده چوب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. مقاومت‌های مکانیکی تخته خرده چوب-هایی که در ساخت آن‌ها از مواد پلیمری استفاده می‌شود، وابستگی زیادی به کیفیت سطح مشترک بین دو فاز ماده زمینه‌ای و فاز تقویت‌کننده دارد؛ زیرا انتقال تنش از ماده زمینه پلیمری به فاز تقویت‌کننده به‌وسیله این ناحیه صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه نقش فاز تقویت‌کننده، افزایش استحکام ماده زمینه است، ازاین‌رو، با افزایش میزان ضایعات پلی‌اتیلن، تنش قابل‌تحمل تخته خرده چوب افزایش می‌یابد. با افزایش درصد پلی‌اتیلن از یک حد مشخصی خواص مکانیکی کاهش می‌یابد که احتمالاً می-تواند به دلیل کمتر بودن مدول الاستیسیته پلاستیک نسبت به چوب باشد.

با افزایش میزان رزین اوره فرم آلدهید از ۵ به ۱۰ درصد مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها افزایش یافت؛ زیرا با افزایش مقدار رزین اوره فرم آلدهید میزان آغشتگی ذرات به ماده رزینی بیشتر شده و سطح تماس بین رزین و ذرات خرده چوب افزایش می‌یابد که باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین چسبندگی داخلی مربوط به استفاده از ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تخته‌های شاهد بدون پلی‌اتیلن است. در توضیح این موضوع می‌توان گفت که اصولاً در تخته خرده چوب‌هایی که در ساخت آن‌ها از مواد پلیمری استفاده می‌شود، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به یکدیگر ایفا می‌کند که این اتصال درنتیجه ذوب شدن پلاستیک به وجود می‌آید. با افزایش ذرات خرده چوب، سهم پلاستیک در ترکیب تخته خرده چوب کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که میزان آن برای برقراری اتصال با حجم زیاد ذرات خرده چوب کافی نیست؛ درنتیجه، مقدار اتصالات کاهش‌یافته و انتقال تنش از ماده زمینه‌ای به فاز تقویت‌کننده به‌خوبی صورت نمی‌گیرد که این امر منجر به کاهش چسبندگی داخلی تخته خرده چوب می‌شود.

میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده چوب‌های ساخته‌شده با افزایش میزان پلی‌اتیلن و افزایش رزین اوره فرم آلدهید یک‌روند کاهشی داشته است. با توجه به اینکه مواد لیگنوسلولزی دارای یک ساختار آب‌دوست هستند درنتیجه با کاهش پلی‌اتیلن و طبیعتاً افزایش ذرات خرده چوب در ساخت تخته خرده چوب‌ها، میزان جذب آب و به دنبال آن واکشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن مربوط به تخته‌های دارای ۱۰ درصد ضایعات پلی‌اتیلن و بدون

پلی‌اتیلن است. درواقع پلیمرها به علت غیر قطبی بودن، موادی آب‌گریز هستند و این موضوع برعکس طبیعت آب‌دوست الیاف سلولزی است. از طرفی وجود گروه‌های هیدروکسیل آب‌دوست قابل‌دسترس زنجیرهای سلولزی در ذرات خرده چوب، سبب تشکیل پیوندهای هیدروژنی جدیدی با مولکول‌های آب می‌گردد که این عمل جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته خرده چوب را به همراه دارد.

مطابق نتایج این تحقیق، با استفاده از پودر پلی‌اتیلن بازیافتی می‌توان مقدار چسب موردنیاز را کاهش داد، درنتیجه کاهش استفاده از چسب اوره فرم آلدهید باعث کاهش آزادسازی فرم آلدهید از تخته‌ها می‌شود؛ یعنی با افزایش مقدار مصرف ضایعات پلی‌اتیلن، امکان تولید تخته خرده چوبی با مصرف کمتر رزین اوره فرم آلدهید که ماده‌ای سمی و سرطان‌زاست، فراهم می‌آید که طبق قوانین زیست‌محیطی قابل‌توجه است. با توجه به اینکه هدف تحقیق استفاده از مواد بازیافتی بیشتر و مصرف کمتر چسب اوره فرم آلدهید بود با توجه به استاندارد EN۳۱۲، تیمار ۴۰ درصد پلی‌اتیلن و ۵ درصد رزین را می‌توان پیشنهاد نمود که برای تخته‌های استاندارد با اهداف عمومی (نجاری) به‌منظور استفاده در شرایط خشک (تیپ ۱) قابل‌استفاده است. با توجه به استاندارد EN۳۱۲، اگرچه تخته‌های دارای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و ۱۰ درصد رزین و تخته‌های دارای ۵۰ درصد پلی‌اتیلن و ۵ درصد رزین حداقل واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (تخته تیپ ۳) را دارا بودند اما به دلیل عدم مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مناسب، نمی‌توان این‌چنین تخته‌هایی را برای کاربردهای دیگر مثلاً تیپ ۲ و تیپ ۳ پیشنهاد نمود.

منابع

[1] Baharoğlu, M., Nemli, G., Sarı, B., Birtürk, T. and Bardak, S., 2013. Effects of anatomical and chemical properties of wood on the quality of particleboard Composites Part B: Engineering, 52: 282-285.

[2] Adhikary, K., Pang, S. and Staiger, M., 2008. Dimensional stability and mechanical behaviour of wood - plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene. Composites Part B: Engineering, 39: 807-815.

[3] Kord, B., zare, H. and Hosseinzadeh, A., 2016. Investigation on the effect of mixed rapeseed stalk residues with wood particles, and mixing of melamine and urea formaldehyde resin on properties of manufactured particleboard. Iranian Journal of wood and paper industries, 7(2):167-178. (In Persian).

[4] Yahyavidizaj, M. and Khazaeian, A., 2014. Improving the mechanical and physical of wheat straw particleboard using polypropylene powder. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(3): 464-473. (In Persian).

[5] Dabiri Esfehani, H. and Mohammadlo Abasi, A., 1991. Use of wood fiber as a filler in polyethylene studies on mechanical properties. Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 3(3):189-195. (In Persian).

[6] Ghofrani, M., 2009. Study on the possibility of WPC production with sawdust and polyethylene terephthalate residues. Enviromental Sciences, 6(2):133-151. (In Persian).

[7] Febrianto, F., Hwee, S. P., Man, C. K. and Hidayat, W., 2012. Properties Enhancement of Rubber Wood Particleboard Laminated with Low Density Polyethylene (LDPE) Resin. Journal of Tropical Wood Science and Technology, 10:186-194.

Investigating the effect of recycled polyethylene powder on physical and mechanical properties of three-layer particleboard

Abstract

In this study, the physical and the mechanical properties of three-layer particleboard produced by recycled polyethylene powder and wood particles were investigated. For this purpose, recycled polyethylene powder in different levels (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) and urea – formaldehyde (UF) resin in two levels of 5 and 10% were used. Mechanical and physical properties including density, water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water, bending strength (MOR), modulus of elasticity (MOE) and internal bonding (IB) were measured. Results showed an improvement in MOE, MOR and IB with increasing the proportion of recycled polyethylene in the board composition. Adding urea formaldehyde resin had a significant effect on the bending strength, modulus of elasticity and internal bonding. Water absorption (WA) and thickness swelling (TS) after 2 and 24 hours immersion in water decreased with increasing of recycled polyethylene content. The maximum of WA and TS after 2 and 24 hours of immersion in water were found in control specimens and the best value of these factors were found in the boards containing of 50 percent of recycled polyethylene. With increasing urea formaldehyde resin from 5 to 10%, MOR, MOE and IB increased and WA and TS after 2 and 24 hours decreased. The reinforcing role of recycled polyethylene in particleboard strength can result in the reducing of UF resin consumption in particleboard. Based on the finding of this study, recycled polyethylene and UF resin could be used for general purpose particleboard up to 40 percent and 5 percent of the oven-dry panel weight, respectively.

Keywords: three-layer particleboard, recycled polyethylene, urea formaldehyde resin.

S. J. Tabatabaii[1]
V. Vaziri[2*]
F. Faraji[3]
E. Kabiri[4]

[1] M.Sc. Graduated of wood composite products, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran

[2] Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran

[3] Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran

[4] Quality Control Expert of Sanate Choube Shomal company, Iran

Corresponding author:
vahidvaziri@gmail.com

Received: 2016/06/12
Accepted: 2017/02/28