Archive of SID



# استفاده از نانوفیبر سلولزی به‌عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید در ساخت تخته لایه

## چکیده

در این تحقیق، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته‌شده از چوب صنوبر تبریزی با چسب اوره فرمالدهید همراه با نانوفیبر سلولزی موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور از نانوفیبر سلولزی به‌عنوان ماده پرکننده در پنج سطح ۰، ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد وزن خشک رزین استفاده شد. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی شامل جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی در سطح اتصال اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که افزایش میزان نانوفیبر سلولزی موجب افزایش پایداری ابعادی تخته‌ها شده است. همچنین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی، همراه با افزایش مصرف نانوسلولز، افزایش داشته است. از سوی دیگر افزایش میزان مصرف نانوسلولز موجب افزایش مقاومت برشی در سطح اتصال نمونه‌ها شده است اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تیمارها مشاهده نشد.

**واژگان کلیدی**: تخته لایه، نانوفیبر سلولزی، پرکننده، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

**سمیرا برزعلی**[۱]
**لعیا جمالی راد**[۲*]
**فرشید فرجی**[۳]
**سحاب حجازی**[۴]

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

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

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

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

مسئول مکاتبات:
jamalirad@gonbad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۰

## مقدمه

چسب اوره فرمالدهید به شکل گسترده‌ای در صنایع فرآورده‌های مرکب چوبی مورداستفاده قرار می‌گیرد که دلیل آن ناشی از عملکرد خوب رزین، واکنش‌پذیری بالا و قیمت پایین آن است. درنتیجه با توجه به فراوانی مصرف این رزین در صنایع فرآورده‌های مرکب چوبی از جمله تخته لایه در مصارف داخلی، مطالعه پیرامون بهینه‌سازی شرایط استفاده از این چسب، اهمیت بسیار زیادی دارد. البته این رزین دارای معایبی ازجمله مقاومت کم در مقابل رطوبت و نیز انتشار گاز فرمالدهید است. لذا به‌منظور غلبه کردن بر این مشکل می‌توان اکستندرها یا اصلاح‌کننده‌های مختلف برای کاهش اثرات نامطلوب آن جهت ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی ازجمله تخته خرده چوب و تخته لایه استفاده کرد. همچنین افزودن پرکننده‌های فیبری به چسب مایع یک فرصت بالقوه برای کاهش مقدار مصرف و افزایش مقاومت آن است [۱]. اندازه

www.SID.ir

Archive of SID



ذرات پرکننده اثر قابل‌توجهی بر عملکرد و کارایی رزین دارد، بنابراین کاهش اندازه ذرات راهکار مناسبی برای پرکننده‌ها در جهت بهبود عملکرد آن‌ها در رزین است [۲]. به همین دلیل طی دهه‌های اخیر معرفی نانوذرات، فرصت مناسبی در صنایع پلیمری به‌منظور دست‌یابی به خواص بهتر فرآورده‌های مرکب چوبی به دست آورده است. لذا تلاش‌های زیادی توسط محققین انجام‌شده تا بتوانند عملکرد مکانیکی اتصالات چسب را با تقویت آن توسط نانوذرات [۳، ۴، ۶،۵] و نانو الیاف [۷، ۸، ۹، ۱۰]، بهبود دهند. به‌عنوان‌مثال افزودن این مواد به پلیمرها، هیچ‌گونه تأثیر منفی روی خواص پلیمر نداشته و اغلب بهبود قابل‌توجهی در خواص، با افزودن مقدار کمی (حدود ۱ درصد) از این مواد حاصل می‌شود [۱۱]. نانوذرات دارای ابعادی کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشند و به دلیل مزایایی که نسبت به ذرات با ابعاد بزرگ‌تر دارند امروزه موردتوجه بسیاری از محققین قرارگرفته‌اند. این ذرات اغلب واکنش‌پذیری شیمیایی بسیار بالایی دارند و با داشتن سطح ویژه بالا نه‌تنها به‌خوبی به‌عنوان پرکننده عمل می‌کنند، بلکه با توجه به پتانسیل‌هایی که دارند می‌توانند باعث بهبود ویژگی‌های پلیمر شوند [۱۲]. همچنین یکی از ویژگی‌هایی که با استفاده از فناوری نانو افزایش می‌یابد، پایداری در برابر رطوبت است که درنتیجه آن باعث افزایش دوام و کاربرد فرآورده نهایی می‌گردد؛ زیرا در غیر این‌صورت باید اصلاحات ظاهری از قبیل روکش دهی با مواد شیمیایی انجام شود که اغلب با محیط‌زیست سازگار نبوده و حتی اثرات سمی دارند [۱۳]. در این راستا نانوسلولز با قطر کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر به دلیل سطح ویژه بالا، ظرفیت عالی جهت چسبندگی، جذب مولکولی و یونی ایجاد می‌کند که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه جداسازی و تهیه نانوسلولز از گیاهان به‌عنوان پرکننده نانو کامپوزیت‌ها صورت گرفته است [۱۴]. نانوسلولز می‌تواند نقش مهمی در فرآیندهای کاغذسازی و تولید نانو کامپوزیت‌هایی با کیفیت بالا ایفا کند. ابعاد کوچک نانوسلولز آن را قادر می‌سازد بین ماده چوبی و ماده پلیمری قرار گیرد و تماس سطحی بین این دو را افزایش دهد و درنتیجه چسبندگی خوبی ایجاد کند. بدین منظور کاربرد مواد لیگنوسلولزی جهت تقویت چسب‌های پلیمری در سال‌های اخیر موردتوجه قرارگرفته است [۱۵]. نانوفیبر سلولزی دارای ویژگی‌هایی ازجمله قابلیت تجدید پذیری، ماده زیستی و زیست‌تخریب‌پذیر، فراوانی و در دسترس بودن، تنوع گسترده و هزینه پایین مواد خام، دانسیته پایین، استحکام و مدول بالا، جذب بالای صوت، سطح بسیار واکنش‌پذیر، سطح ویژه بالا، تبلور بالا (کریستالیته بالا) و ضریب انبساط حرارتی بسیار کم، است. ا ما از محدودیت‌های کاربرد نانوفیبر سلولزی در چسب‌های پلیمری می‌توان به ناسازگاری شیمیایی با برخی از پلیمرها، روش‌های پرهزینه برای تولید آن و مقاومت کم در برابر عوامل مخرب، اشاره نمود [۱۶]. Atta-obeng (۲۰۱۱) طی تحقیقی چسب فنول فرمالدهید را با میکروکریستالین سلولز[1]، در مقادیر ۰ تا ۱۰ درصد وزنی تقویت کرد و به این نتیجه رسید که چسب تقویت‌شده با سلولز، دمای گیرایی پایین و پایداری حرارتی بهتری نسبت به چسب فنول فرمالدهید خالص دارد و مقاومت برشی چسب با افزودن میکروکریستالین سلولز افزایش یافت [۱۵].Gao و همکاران (۲۰۱۲) از ویسکر سلولز به‌منظور تقویت عملکرد چسب بر پایه آرد سویا استفاده کردند. آن‌ها گزارش کردند که استفاده از ویسکر سلولز، حدود ۲۰ درصد مقاومت به رطوبت خط چسب را افزایش داد [۱۷].

هدف از این پژوهش استفاده از نانوسلولز به‌عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید و کاهش سهم آرد گندم (پرکننده متداول در ساخت تخته لایه با استفاده از چسب اوره فرمالدهید) که دارای ارزش غذایی است و مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته‌شده از چوب صنوبر تبریزی با این چسب است.

## مواد و روش‌ها

**لایه‌های مصرفی:** در این تحقیق از لایه‌های چوب صنوبر تبریزی به ابعاد ۲×۴۵۰ ×۵۰۰ میلی‌متر و از سه لایه در هر تخته استفاده شد.

**چسب اوره فرمالدهید:** چسب اوره فرمالدهید مورداستفاده، از شرکت پارس شیراز تهیه‌شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، ویژگی‌های آن موردبررسی قرار گرفت. ویژگی‌های چسب موردنظر در جدول ۱ آورده شده است. مقدار خشک چسب اوره فرمالدهید مورداستفاده برای ساخت هر تخته $۱۲۰ gr/m^2$ در نظر گرفته شد.

[1]Microcrystalline cellulose(MCC)

www.SID.ir

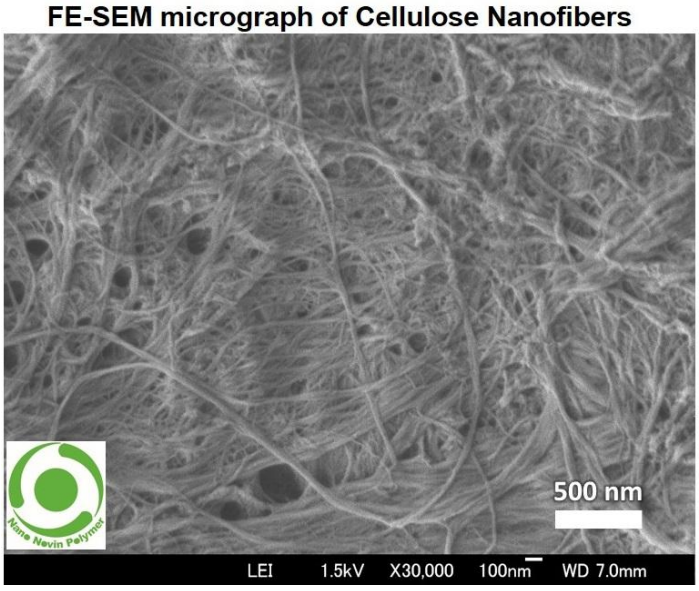
Archive of SID



**جدول ۱- مشخصات چسب اوره فرمالدهید 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 فرمالدهید مایع | پارس شیراز | ۶۱ | ۷ | ۵۶ | ۳۲۰ | ۱/۲۷ |

**نانوفیبر سلولزی:** هم‌چنین در این بررسی از نانوفیبر سلولزی ساخت شرکت نانو نوین پلیمر (شکل ۱) در پنج سطح ۰، ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد وزن خشک رزین استفاده شده است. نانوفیبر سلولزی خریداری‌شده به روش شیمیایی- مکانیکی و عمدتاً با دستگاه سوپر آسیاب دیسکی[1] (مکانیسم بالا به پایین) از خمیر خالص سلولز سوزنی‌برگان وارداتی تولید شده است. متوسط قطری این ماده کم‌تر از ۵۰ نانومتر است. لازم به ذکر است در ساخت تخته‌های ساخته‌شده با نانوفیبر سلولزی با توجه به سطح ویژه بالای ذرات نانوسلولز، امکان استفاده از پرکننده آرد گندم نیست (به‌غیر از تخته شاهد).




**شکل ۱- میکروگراف تهیه‌شده از نانوفیبر سلولزی توسط میکروسکوپ الکترونی گسیل (تهیه‌شده از کاتالوگ شرکت نانو نوین پلیمر)**

**آرد گندم:** در ساخت تخته‌های شاهد (بدون استفاده از نانوفیبر سلولز)، از ۳۰ درصد آرد گندم به‌عنوان پرکننده چسب اوره فرمالدهید استفاده شده است.

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

**فرآیند ساخت تخته لایه:** جهت چسب زنی لایه‌ها و مونتاژ تخته سه لایه، رزین آماده‌سازی شده بر اساس تیمارهای موردنظر، توسط کاردک بر روی تمام نقاط لایه به‌صورت یکنواخت پخش شد. چسب اوره فرمالدهید و نانوسلولز توسط دستگاه همزن مغناطیسی در دمای آزمایشگاه به‌طور یکنواخت و به مدت ۵ دقیقه هم زنی و

[1] MKCA6-2 (Masuko Co., Japan)

www.SID.ir

Archive of SID



مخلوط شدند. سپس کلرید آمونیوم به مخلوط حاصله اضافه‌شده تا از بروز مشکلاتی همچون پیش پلیمر شدن چسب قبل از چسب زنی لایه‌ها جلوگیری شود. لایه‌های مونتاژ شده توسط دستگاه پرس آزمایشگاهی تحت دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به مدت ۵ دقیقه پرس شدند. درنهایت با انجام ۳ تکرار از ۵ تیمار موردنظر، ۱۵ تخته لایه 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.

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

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

## نتایج و بحث

### جذب آب و واکشیدگی ضخامت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مقدار مصرف نانوسلولز بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، معنی‌دار است (جدول ۲).

**جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مقدار نانوسلولز بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب**

| فاکتورهای اندازه گیری | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | Sig |
|---|---|---|---|---|
| جذب آب پس از ۲ ساعت | ۴ | ۱۵۸/۷۸۲ | ۳/۷۱۳ | ۰/۰۴۲* |
| جذب آب پس از ۲۴ ساعت | ۴ | ۱۸۷/۶۹۹ | ۸/۴۴۴ | ۰/۰۰۳** |
| واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت | ۴ | ۲/۶۴۱ | ۸/۸۳۴ | ۰/۰۰۳** |
| واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت | ۴ | ۲/۰۸۱ | ۳/۶۰۸ | ۰/۰۴۵* |

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد
**: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد

همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳، مشاهده می‌شود با افزایش مقدار مصرف نانوسلولز، جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب کاهش یافته است. به‌نحوی‌که کم‌ترین میزان جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مربوط به استفاده از ۷ درصد نانوسلولز است که نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۳۱/۶۹ و ۲۶/۴۱ درصد کاهش نشان داده است (شکل ۱)؛ زیرا به دلیل حضور نانو کریستال‌های نفوذناپذیر در نانوسلولز، مسیر جذب و ورود آب به درون چسب زیگزاگی شده و کاهش می‌یابد و درنتیجه واکشیدگی کمتری هم ایجاد می‌گردد. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات Gao و همکاران ۲۰۱۲ بر روی استفاده از ویسکر سلولز جهت تقویت چسب‌های بر پایه آرد سویا نیز نشان می‌دهد که استفاده از نانو ویسکر سلولز، مقاومت به رطوبت تخته‌ها را تا ۲۰٪ افزایش داده است [۱۷].

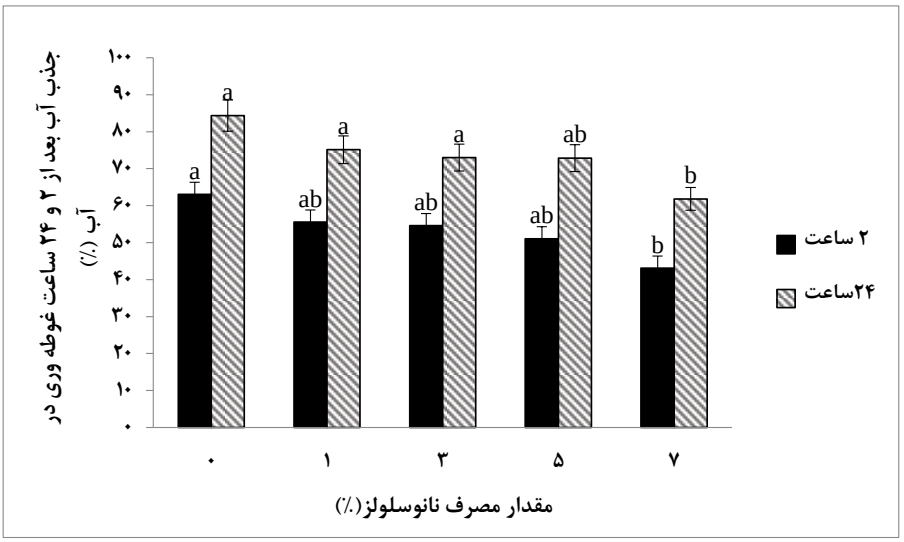
همچنین شکل ۳ نشان می‌دهد که تخته‌های ساخته‌شده با ۱ درصد نانوسلولز دارای کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب است که نسبت به نمونه شاهد ۴۴/۳۲ درصد کاهش داشته است و بعدازآن به ترتیب تخته‌های ساخته‌شده با ۷ و ۳ درصد نانوسلولز که در یک گروه مشترک قرار دارند، دارای کم‌ترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت

www.SID.ir

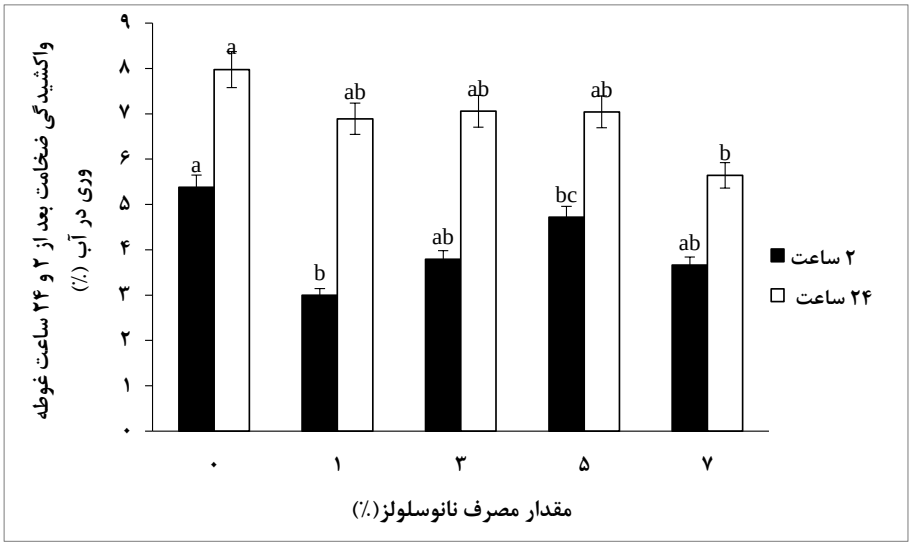
Archive of SID



غوطه‌وری در آب بوده که نسبت به نمونه شاهد ۳۱/۸۴ و ۲۹/۴۲ درصد کاهش داشته‌اند. از طرفی تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۷ درصد نانوسلولز، کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب با کاهش ۲۹/۲۳ درصد نسبت به نمونه شاهد را دارا بوده و بعد از آن مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد نانوسلولز می‌باشند که به لحاظ آماری در یک گروه مشترک قرار دارند. به‌طورکلی استفاده از نانوسلولز باعث بهبود پایداری ابعادی تخته‌ها شده است که با نتایج Veigel و همکاران (۲۰۱۲) نیز مطابقت دارد [۱].




**شکل ۲- تأثیر مقدار نانوسلولز بر میزان جذب آب تخته لایه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب**




**شکل ۳- تأثیر مقدار نانوسلولز بر واکشیدگی ضخامت تخته لایه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب**

### مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تأثیر مقدار نانوسلولز بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی معنی‌دار است، اما بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی معنی‌دار نیست.

www.SID.ir

Archive of SID



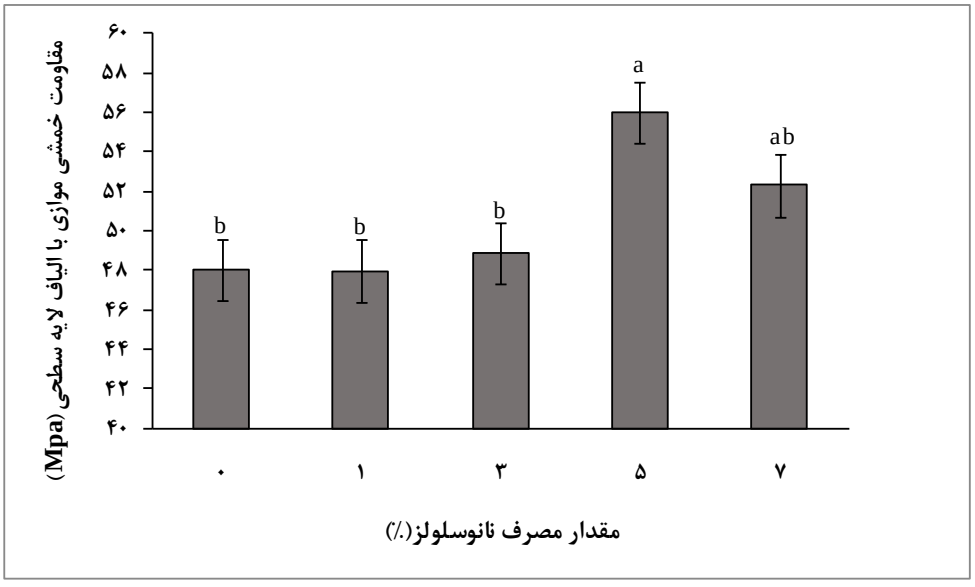
**جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مقدار نانوسلولز بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی**

| فاکتورهای اندازه گیری | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | Sig |
|---|---|---|---|---|
| مقاومت خمشی موازی با الیاف | ۴ | ۴۱/۲۷۸ | ۸//۵۰۳ | ۰/۰۰۳** |
| مدول الاستیسیته موازی با الیاف | ۴ | ۹۱۱۱۳۹/۹۴۸ | ۹/۹۸ | ۰/۰۰۱۶** |
| مقاومت خمشی عمود بر الیاف | ۴ | ۰/۷۴۹ | ۰/۶۷۸ | ۰/۶۲۲$^{ns}$ |
| مدول الاستیسیته عمود بر الیاف | ۴ | ۴۹۷/۶۸۶ | ۰/۲۳ | ۰/۹۱۷$^{ns}$ |

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

**: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد

همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانوسلولز مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی تخته لایه افزایش یافته است. با توجه به شکل ۴ مشخص می‌گردد که بیش‌ترین مقدار مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی مربوط به مصرف ۵ درصد نانوسلولز، با افزایش ۱۶/۷۲ درصد و بعدازآن مربوط به استفاده از ۷ درصد نانوسلولز با افزایش ۸/۹ درصد نسبت به نمونه شاهد است. همچنین با افزایش مقدار مصرف نانوسلولز، مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی نیز افزایش‌یافته است، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار مدول الاستیسیته موازی با الیاف مربوط به استفاده از ۷ درصد نانوسلولز است که نسبت به نمونه شاهد،۶۴/۶۷ درصد افزایش داشته است (شکل ۵). اگرچه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مقدار مصرف نانوسلولز بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته عمود بر الیاف معنی‌دار نیست، اما با افزایش مقدار نانوسلولز، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی از روندی افزایشی برخوردار است (شکل‌های ۶ و ۷). لذا دلیل افزایش مقاومت‌های مکانیکی در اثر استفاده از این نوع ماده را می‌توان این‌طور بیان نمود که وجود نانوسلولز با مقاومت و مدول بالا در رزین همان نقش تقویت‌کننده در پلیمرها را دارد که سبب انتقال بهتر و بیشتر تنش می‌شود.

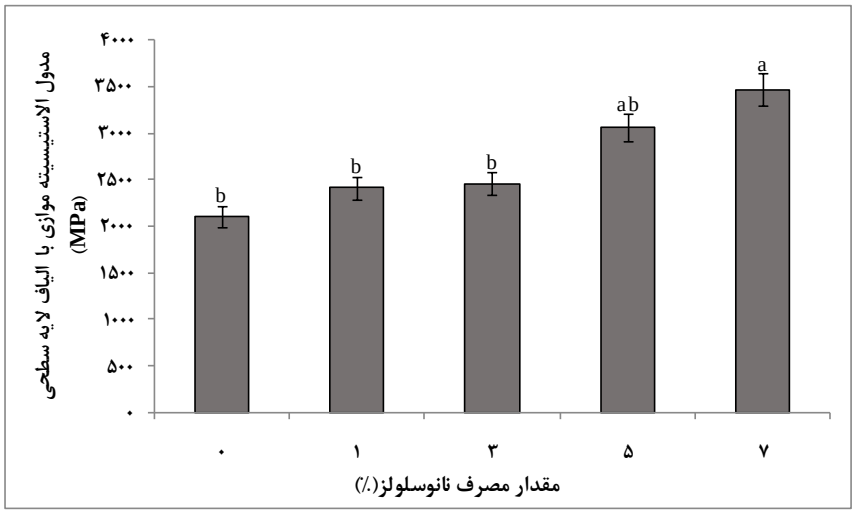



**شکل ۴- تأثیر مقدار نانوسلولز بر مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی تخته لایه**

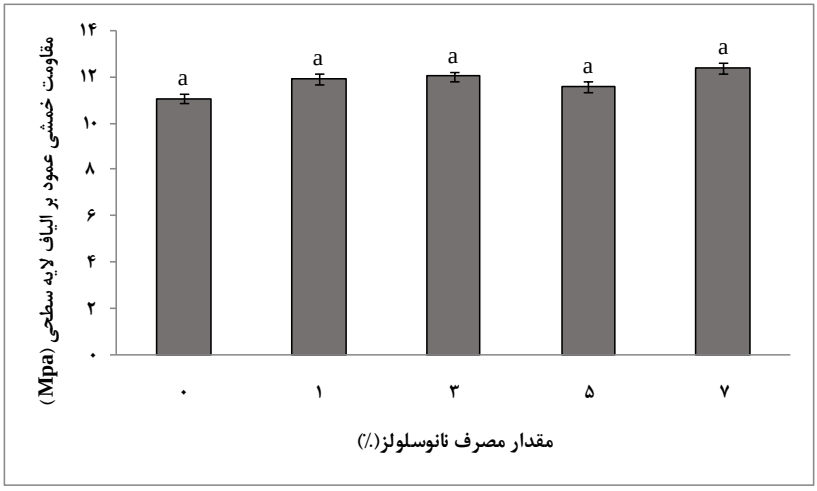
www.SID.ir

Archive of SID

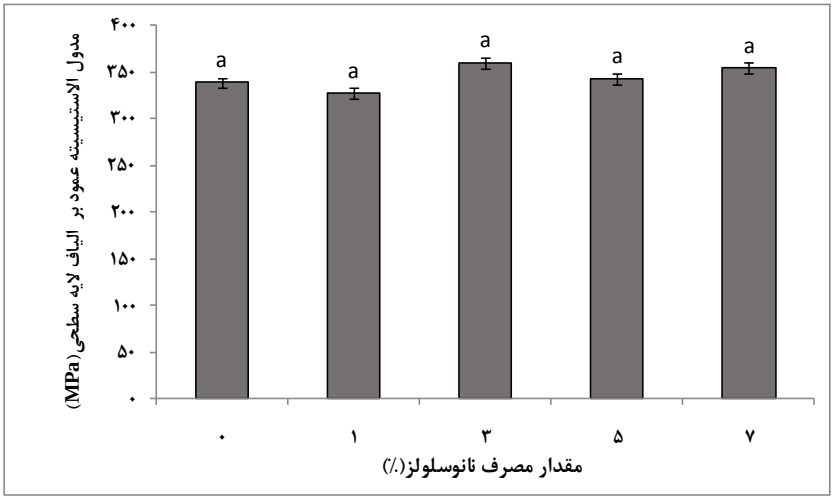





**شکل ۵- تأثیر مقدار نانوسلولز بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی تخته لایه**




**شکل ۶- تأثیر مقدار نانوسلولز بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی تخته لایه**




**شکل ۷- تأثیر مقدار نانوسلولز بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی تخته لایه**

www.SID.ir

Archive of SID



**مقاومت برشی در سطح اتصال**

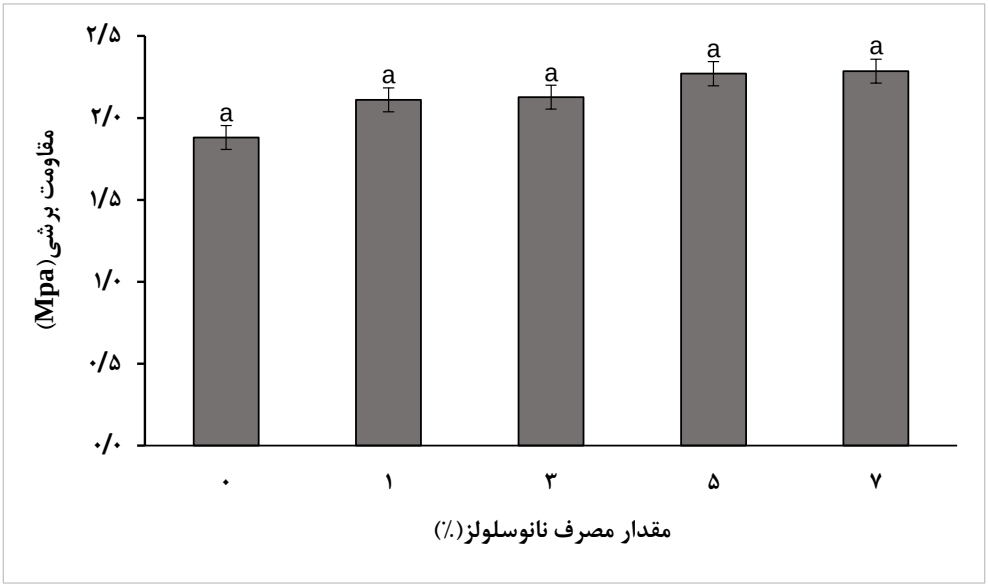
نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر مقدار نانوسلولز بر مقاومت برشی در سطح اتصال، معنی‌دار نیست (جدول ۴).

**جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مقدار نانوسلولز بر مقاومت برشی در سطح اتصال تخته لایه**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|
| مقدار مصرف نانوسلولز | ۴ | ۰/۳۲۰ | ۰/۰۸۰ | ۱/۲۳۰ | ۰/۳۵۷$^{ns}$ |
| خطا | ۱۰ | ۰/۶۵۱ | ۰/۰۶۵ | | |
| کل | ۱۴ | ۰/۹۷۱ | | | |

Ns: عدم معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانوسلولز، مقاومت برشی در سطح اتصال تخته‌ها افزایش‌یافته است. کم‌ترین مقدار مقاومت برشی مربوط به نمونه شاهد (با پرکننده آرد گندم) و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به استفاده از ۷ درصد نانوسلولز بوده است که نسبت به نمونه شاهد، ۲۱/۲۷ درصد افزایش داشته است. تحقیقات Atta-obeng (۲۰۱۱) نیز افزایش مقاومت برشی در سطح اتصال را در صورت استفاده از چسب فنول فرمالدهید همراه با سلولز میکرو کریستالیته نیز اعلام می‌دارد [۱۵]. علاوه بر آن در تحقیقی که Dashti و همکاران در سال ۲۰۱۲، تأثیر نانو رس به‌عنوان پرکننده تخته لایه را موردبررسی قراردادند به این نتیجه رسیدند که سطح ویژه بالای ذرات نانو رس باعث بهبود پخش رزین اوره فرمالدهید بر روی لایه‌های چوبی و بهبود کیفیت چسبندگی شده است [۱۸].




**شکل ۸-تأثیر مقدار نانوسلولز بر مقاومت برشی در سطح اتصال تخته لایه**

www.SID.ir

Archive of SID



## نتیجه‌گیری

در این تحقیق استفاده از نانوسلولز به‌عنوان ماده‌ای طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر و پرکننده چسب اوره فرمالدهید در ساخت تخته لایه موردبررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه وقتی اندازه ذرات تا حد نانو کاهش می‌یابد، نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش‌یافته، درنتیجه این امکان را فراهم می‌کند تا با مصرف مقدار کم آن‌ها، توزیع بهتر و یکنواخت در لایه چسب انجام‌شده و با ایجاد یک شبکه سه‌بعدی، باعث تشکیل اتصالات عرضی و بهبود مقاومت‌های تخته گردد [۱۸، ۱۹، ۲۰،۲۱]. لذا بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طورکلی با استفاده نانوسلولز پایداری ابعادی تخته‌ها بهبودیافته است. به‌نحوی‌که با افزایش مقدار مصرف نانوسلولز، میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. ذرات نانوسلولز با داشتن سطح ویژه بالا و امکان پخش بهتر بین ذرات رزین موجب پراکنش مناسب‌تر بر روی لایه‌های چوبی و بهبود عملکرد چسب می‌شوند [۱]. همان‌طور که Gao و همکاران (۲۰۱۲) نیز به بهبود عملکرد چسب بر پایه آرد سویا با استفاده از ویسکر سلولز و افزایش پایداری ابعادی تخته‌ها دست یافتند [۱۷]. همچنین نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که با افزایش میزان مصرف نانوسلولز مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است و بیشترین مقدار آن به ترتیب مربوط به استفاده از ۷ و ۵ درصد نانوسلولز است. با توجه به افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی در سطح اتصال همراه با افزایش مقدار مصرف نانوسلولز، نتایج تحقیقات اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف استفاده از نانوسلولز نشان نداده است. این بدان معنی است که استفاده از مقادیر مختلف نانوسلولز تأثیر مثبت معنی‌داری بر مقاومت‌های مکانیکی تخته لایه نداشته است.

## مراجع

[1] Veigel, S., Müller, U., Keekes, J., Oberstriebnig, M. and Gindl-Altmutter, W., 2011. Cellulose nanofibrils as filler for adhesives: effect on specific fracture energy of solid wood-adhesive bonds. Cellulose, 18:1227-1237.

[2] Lie, H., Pizzi, G. and Celzard, A., 2008. Influence of nanoclay on urea-formaldehyde resins for wood adhesives and its model. Journal of aplied polymer science, 109:2442–2451.

[3] Zhang, Y., You, B., Huang, H., Zhou, S., Wu, L. and Sharma, A., 2008. Preparation of nanosilica reinforced waterborne silylatedpolyether adhesive with high shear strength. J ApplPolymSci, 109(4):2434–2441.

[4] Ahmad, Z., Ansell, M.P. and Smedley, D., 2010. Epoxy adhesives modified with nano- and micro particles for in situ timberbonding: effect of microstructure on bond integrity. IntJMech Mater Eng, 5(1):59–67.

[5] May, M., Wang, H.M. and Akid, R., 2010. Effects of the addition of inorganic nanoparticles on the adhesive strength of ahybridsolgel epoxy system. Int J AdhesAdhes, 30(6):505–512.

[6] Khoee, S. and Hassani, N., 2010. Adhesion strength improvement of epoxy resin reinforced with nanoelastomericcopolymer.MatSciEng A Struct, 527(24–25):6562–6567.

[7] Hsiao, KT., Alms, J. and Advani, S.G., 2003.Use of epoxy/multiwalled carbon nanotubes as adhesives to join graphite fibrereinforcedpolymer composites. Nanotechnology,14 (7):791–793.

[8] Prolongo, S.G., Gude, M.R. and Urena, A., 2009. Synthesis and characterization of epoxy resins reinforced with carbonnanotubes and nanofibers. J NanosciNanotechno, 9(10):6181–6187.

[9] Prolongo, S.G., Gude, M.R. and Urena, A., 2010. Rheological behavior of nanoreinforced epoxy adhesives of low electricalresistivity for joining carbon fiber/epoxy laminates. J AdhesSciTechnol, 24(6):1097–1112.

www.SID.ir

Archive of SID



[10] Yoon, S.H., Kim, B.C., Lee, K.H. and Lee, D.G., 2010.Improvement of the adhesive fracture toughness of bonded aluminum jointsusing e-glass fibers at cryogenic temperature. J AdhesSciTechnol, 24(2):429–444.

[11] Kaboorani, A. and Reidl, B., 2011. Effects of adding nano-clay on performance of poly vinyl acetate (PVA) as a wood adhesive. Composites, Part A, 42:1031–1039.

[12] Qiaojia, L., Guidi, Y., Jinghong, L. and Jiuping, R., 2006. Property of nano-SiO2 / urea formaldehyde resin. Journal of Fujian Agriculture and Forestry, 2: 230-237.

[13] Khayamnekuie, M., Biazar, E. and Salehijozani, Gh., 2010. Nanotechnology in agriculture. Institute of agricultural biotechnology publications, Karaj, 241 p.( In Persian).

[14] Kalia, B. Kaith, B. and Kaur, I., 2011. Cellulose Fibers: Bio- and Nano-Polymer Composites, Green Chemistry and Technology.Springer, India, 758 p.

[15] Atta-obeng, E., 2011. Characterization of phenol formaldehyde adhesive and adhesive-wood particle composite reinforced with microcrystalline cellulose. A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, 93p.

[16] Yousefi, H., Ebrahimi, GH, Mashkur, M. and Nishino, T., 2010. Cellulose nanofiber (CNF) for nanocomposites production: Opportunities and challenge. Proceeding of the sixth international workshop on green composites (IWGC-6), Kumoh national institute of technology, Gumi, Gyeongbuk, Korea September 8-10.151-154.

[17] Gao, Q., Li, J., Liang, K. and Zhang, X., 2012. Soy bean meal-based adhesive reinforced with cellulose nano-whiskers. Bioresources, 7(4):5622–5633.

[18] Dashti, H., Salehpur, Sh., Taghiyari, H.R., Akbarifar, F. and Heshmati, S., 2012. The effect of nano clay on the mass transfer properties of plywood. Digest journal of nanomaterial and biostructures, 7(3):853–860.

[19] Dong, H. K. and Arthur, J., 2004. Enhanced composite board curing and performance via nano clays. (Conference). Paper summit Spring Technical and International Environmental Conference. Atlanta, GA, United States, 5: 387-391.

[20] Hong, L., Guanben, D., Pizzi, A. and Celzard, A., 2008. Influence of nanoclay on urea-formaldehyde resins for wood adhesives and its model. Journal of Applied Polymer Science, 109(4): 2442-2451.

[21] Jinshu, S., Jianzhang, L., Wenrui, Z. and Derong, Z., 2007. Improvement of wood properties by urea formaldehyde resin and nano-$SiO_2$. Frontiers of Forestry, 2(1): 104-109.

www.SID.ir

Archive of SID



# Using cellulose nanofiber as filler and reinforcing agent of urea formaldehyde resin in plywood manufacture

**S. Barzali**[1]
**L. Jamalirad**[2*]
**F. Faraji**[3]
**S. Hedjazi**[4]

[1] M.Sc,, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran.

[2] **A**ssistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology,Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University,Gonbad, Iran.

[3]**A**ssistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology,Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University,Gonbad, Iran.

[4] Associate Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Corresponding author:
jamalirad@gonbad.ac.ir

Received: 2015.03.04
Accepted: 2016.01.10

## Abstract

In this study, physical and mechanical properties of poplar (*Populus nigra*) plywood made by urea-formaldehyde resin along with nanofiber cellulose were studied. For this reason, the nanofiber cellulose was used as filler at five levels of 0, 1, 3, 5 and 7% based on oven dry weight of resin. Physical and mechanical properties of the samples, including water absorption and 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 increasing the amount of cellulose nanofibers improved the dimensional stability of the boards. Also increasing the amount of cellulose nanofibers increased the bending strength and modulus of elasticity parallel to surface grain. On the other hand, although increasing the amount of cellulose nanofiber increased the bonding shear strength but statistically significant differences were not observed between different treatments.

**Key Words:** plywood, cellulose nanofiber, filler, physical properties, mechanical properties.

www.SID.ir