

## تقویت رزین اوره فرمالدهید با استفاده از پیله ابریشم

سمیرا برزعلی<sup>۱</sup>، لعلیا جمالی‌راد<sup>۲\*</sup>، فرشید فرجی<sup>۳</sup> و سحاب حجازی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

پست الکترونیک: [jamalirad@gonbad.ac.ir](mailto:jamalirad@gonbad.ac.ir)

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۴

### چکیده

در این تحقیق، باهدف استفاده از یک ترکیب جدید طبیعی و تجدیدشونده و دوستدار محیط‌زیست که باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی نمی‌شود، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته شده از گونه صنوبر تیریزی با چسب اوره فرمالدهید همراه با پیله ابریشم بررسی شد. برای این منظور از پیله ابریشم به‌عنوان ماده پرکننده و تقویت‌کننده در چهار سطح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزن خشک رزین اوره فرمالدهید استفاده شد. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون‌ی شامل جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که افزایش میزان مصرف پیله ابریشم موجب کاهش واکنش‌پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و افزایش مقاومت خمشی موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی در سطح اتصال شد. به‌نحوی که استفاده از ۳۰ درصد پیله ابریشم باعث بهبود پایداری ابعادی، مقاومت خمشی و مقاومت برشی در سطح اتصال تخته‌ها شد.

واژه‌های کلیدی: پیله ابریشم، پرکننده، رزین اوره فرمالدهید، جذب آب، واکنش‌پذیری ضخامت.

### مقدمه

رزین‌های بر پایه فرمالدهید از جمله اوره فرمالدهید (UF) به دلیل قیمت پایین و چسبندگی عالی، به‌طور فراوان در ساخت فراورده‌های چوبی مورد استفاده در داخل ساختمان شامل تئوپان<sup>۱</sup>، تخته لایه<sup>۲</sup> و تخته فیبر<sup>۳</sup> کاربرد

دارند (Fuwape, 1994; Kim and Kim, 2005b, 2006a). اما انتشار فرمالدهید یکی از معایب مهم این نوع رزین‌ها محسوب می‌شود و به دلیل سرطان‌زا بودن و بروز مشکلاتی مانند سوزش چشم و مشکلات تنفسی و آلودگی‌های زیست‌محیطی باعث نارضایتی و شکایات مشتریان و محیط‌زیست شده است. بر این اساس محققان همواره به

1- urea formaldehyde

2- particleboard

3- plywood

4- fiberboard

که استفاده از چسب هیبریدی تانن-پلی وینیل استات در ساخت فراورده‌های چوبی مهندسی موفق بوده و باعث کاهش انتشار فرمالدهید شده است. موتیل و همکاران (Muttill *et al.*, 2014) عملکرد اتصال چسب‌های بر پایه سویا را در ساخت تخته لایه مورد بررسی قراردادند و گزارش کردند که مدول الاستیسیته این نوع چسب در مقایسه با چسب اوره فرمالدهید بیشتر است و این نوع چسب علاوه بر تولید تخته‌های محکم، فاقد انتشار فرمالدهید مضر است. این موارد بدان معنی است که در حال حاضر دنیا متمایل به استفاده از ترکیبات جدید و دوستدار محیط‌زیست شده است و روند کلی در صنعت چسب‌سازی در آینده در مقیاس جهانی، استفاده از چسب‌های بر پایه مواد زیستی می‌باشد (Atta-obeng, 2011). در این میان پیله ابریشم یک ماده زیستی، فراوان و تجدیدشونده است و به دلیل وجود پروتئین سیرسین در پیله ابریشم و خاصیت چسبندگی و ژله‌ای شدن آن، می‌توان انتظار داشت که به عملکرد بهتری از فرایندهای چسبندگی دست یافت (Padamwar and pawar, 2004). الیاف ابریشم، نازک، طویل، سبک و نرم بوده (Mondal *et al.*, 2007) و در واقع نوعی پروتئین فیبری است که توسط حشرات و عنکبوت ساخته می‌شود (Vollrath, 1999) و از ۲ رشته الیاف فیبرون<sup>۱</sup> (۷۸ درصد وزن ابریشم خام را تشکیل می‌دهد (Mondal *et al.*, 2007)) تشکیل شده که توسط یک رشته پروتئین شبیه چسب به نام سیرسین<sup>۲</sup> پوشیده شده است. این الیاف دارای مقاومت بالا، قابلیت تراکم‌پذیری (فشردگی) و تجدیدشوندگی می‌باشند (Goslin *et al.*, 1986; Perez-Rigueiro Cunniff *et al.*, 1994; Gulrajani, 1988; *et al.*, 2000). سیرسین در آب سرد نامحلول می‌باشد اما در آب داغ هیدرولیز شده و مولکول‌های طویل آن به اجزا کوچک‌تر شکسته شده و به راحتی حل می‌گردد (Gulrajani, 1988)، در حالی که فیبرون غیرقابل حل در آب می‌باشد (Mondal *et al.*, 2007). فیلیپس و همکاران (Philips *et al.*, 2005) در تحقیقات خود گزارش کرده‌اند که الیاف ابریشم دارای

دنبال راهی برای کاهش انتشار فرمالدهید از طریق جایگزین کردن ترکیبات جدید برای این نوع رزین‌ها هستند (Kim *et al.*, 2007; Sung *et al.*, 2013; Pizzi, Kim, 2009; *al.*, 2007; Brown, 1999; 1994). در این میان استفاده از چسب‌های طبیعی شامل تانن (Pichelin *et al.*, 2006)، لیگنین (Ghaffar and Fan, 2014)، روغن‌های گیاهی (Pizzi, 2006) و پروتئین و آرد سویا (Liu and Li, 2007; Mo and Sun, 2013) که از گذشته در ساخت مصنوعات چوبی و صفحات فشرده چوبی مورد استفاده قرار می‌گرفتند یکی از راه‌حل‌ها می‌تواند باشد؛ اما این نوع چسب‌های طبیعی گاهی از کارایی لازم برخوردار نبوده و در شرایط متغیر جوی دوام کافی ندارند، زیرا نکته مهم در مورد چسب‌ها غیر از بحث هزینه، عملکرد اتصال یا نیازهای مقاومتی و دوام محصول چسبانده شده می‌باشد. از این رو با توجه به رشد مصرف این نوع چسب‌های طبیعی، محققان همواره به دنبال راهی برای ایجاد تغییرات شیمیایی در ساختار آنها بوده تا بتوانند با بهبود عملکرد اتصال، با چسب‌های بر پایه نفتی (مانند اوره فرمالدهید و فنل فرمالدهید) رقابت کنند (Muttill *et al.*, 2014). از این رو با توجه به فراوانی مصرف رزین اوره فرمالدهید و خاصیت چسبندگی مناسب آن در صنایع فراورده‌های مرکب چوبی از جمله تخته لایه، مطالعه پیرامون بهینه‌سازی شرایط استفاده از این چسب، اهمیت بسیار زیادی دارد (Viegel *et al.*, 2011) و می‌توان استفاده از آن را به صورت مخلوط با چسب‌های طبیعی باهدف کاهش مقدار مصرف آنها و کاهش میزان آلودگی‌های ناشی از انتشار فرمالدهید و از سوی دیگر بهبود عملکرد اتصال نیز مورد توجه قرارداد. به‌عنوان مثال تانن یک ماده طبیعی تجدیدشونده و جایگزینی مناسب برای چسب‌های سنتزی بر پایه نفتی می‌باشد و امروزه در آفریقا، آمریکای جنوبی و اقیانوسیه به‌عنوان چسب دوستدار محیط‌زیست و با انتشار کم فرمالدهید مطرح می‌باشد (Pizzi Stefani *et al.*, 2008) (Kim *et al.*, 2003; Roffael *et al.*, 2000; 1994). در همین راستا، کیم (۲۰۰۹) در مطالعه خود بر روی چسب‌های دوستدار محیط‌زیست با استفاده از تانن طبیعی گزارش کرد

1 - Fibroin

2- Sericin

ویژگی‌های طبیعی برجسته‌ای هستند و به‌عنوان رقیبی برای پلیمرهای مصنوعی محسوب می‌شوند، زیرا برخلاف پلیمرهای مصنوعی، تولید این الیاف شرایط نامطلوبی ندارد. ساشینا و همکاران (Sashina et al., 2006) با بررسی ساختار و قابلیت حل پروتئین‌های فیبرون طبیعی ابریشم در حلال‌های معدنی و حلال‌های آلی، ساختمان شیمیایی آن را آنالیز کردند و دریافتند پیله ابریشم دارای مقادیر زیادی فیبرون و سریسین و همچنین دارای مقدار اندکی آمینواسیدهای آزاد و موادی دیگر از قبیل چربی، موم، رنگ‌ها و املاح معدنی است. همچنین مندل و همکاران (Mondal et al., 2007) در تحقیقی ساختار پیله ابریشم را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که دارای دو نوع پروتئین فیبرون و سریسین است و اینکه پروتئین سریسین دارای خاصیت چسبندگی است. از این رو با توجه به حضور پروتئین سریسین و خاصیت چسبندگی آن، می‌توان انتظار داشت که در صورت ترکیب با رزین‌های شیمیایی به‌عنوان پرکننده، باعث تقویت عملکرد رزین گردد. بنابراین در این پژوهش باهدف استفاده از ماده طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید (یک ماده شیمیایی) و تقویت آن، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته شده از گونه صنوبر تبریزی با چسب اوره فرمالدهید همراه با پیله ابریشم در مقیاس آزمایشگاهی بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

ابتدا لایه‌های چوب از گونه صنوبر تبریزی و به روش لوله‌بری با ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه گردید. سپس لایه‌ها در ابعاد ۵۰×۴۵ سانتی‌متر اندازه‌بری شده و بعد از آن تا رطوبت نهایی ۴-۵ درصد خشک شدند. پس از آن برای جلوگیری از جذب دوباره رطوبت، در داخل نایلون‌های ضخیم بسته‌بندی شدند. در این بررسی از چسب مایع اوره فرمالدهید ساخت شرکت پارس شیراز با ۶۱ درصد مواد جامد و pH حدود ۷ در زمان مصرف، استفاده شد. مایع رزین تهیه‌شده بدون هیچ‌گونه ماده افزودنی از قبیل پرکننده، کاتالیزور و غیره بوده و مقدار چسب اوره فرمالدهید برای ساخت هر تخته

۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزن خشک رزین اوره فرمالدهید استفاده شد. برای انجام این کار، ابتدا پیله ابریشم از نوغان‌داران استان گلستان شهرستان مینودشت خریداری گردید و بعد از خارج کردن لارو، پیله‌ها در دمای محیط خشک شدند (شکل ۱). سپس پیله‌ها با استفاده از محلول سدیم هیدروکسید NaOH با غلظت ۵٪ و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه هیترمگنت مدل IKA.RH.BASIC2 حل شده و پس از عبور دادن از صافی با مش ۲۰۰، ژل پیله ابریشم تهیه شد (شکل ۲). از آنجایی که مقدار متداول مصرف پرکننده (آرد گندم) در ساخت تخته لایه ۳۰ درصد وزن خشک رزین اوره فرمالدهید می‌باشد، از این رو با توجه به درصد‌های متفاوت استفاده از پیله ابریشم، اختلاف آن تا سطح ۳۰ درصد، از آرد گندم استفاده شده است. نمک کلرید آمونیوم ساخت شرکت مرک آلمان به‌عنوان هاردنر (سخت‌کننده) رزین اوره فرمالدهید به‌کار می‌رود. این ماده به‌صورت پودری و به میزان ۲ درصد وزن خشک رزین استفاده شد.

برای آماده‌سازی رزین مورد نظر، ژل پیله ابریشم در سطوح تعیین شده به رزین اوره فرمالدهید اضافه شده و بعد توسط دستگاه همزن مغناطیسی در دمای آزمایشگاه به‌طور یکنواخت و به مدت ۵ دقیقه هم‌زنی و مخلوط شد. در مرحله آخر کلرید آمونیوم به مخلوط حاصل اضافه شده تا از بروز مشکلاتی همانند پیش‌پلی‌مر شدن رزین قبل از چسب‌زنی لایه‌ها جلوگیری شود. بعد از آن رزین آماده‌سازی شده توسط کاردک به‌صورت یکنواخت بر روی تمام نقاط لایه پخش شد. پس از مونتاژ لایه‌ها به‌صورت متقاطع، توسط دستگاه پرس آزمایشگاهی RANJBAR مدل S.W.P 100 در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، به مدت ۵ دقیقه پرس شدند. پس از آن تخته‌های پرس شده به مدت ۱۰ روز در شرایط آزمایشگاه نگهداری شده تا ضمن خنک شدن و رسیدن به شرایط تعادل رطوبت با محیط، برای عملیات برش و تهیه نمونه آزمونی آماده شوند. سپس اندازه‌گیری خواص فیزیکی

و ویژگی‌های طبیعی برجسته‌ای هستند و به‌عنوان رقیبی برای پلیمرهای مصنوعی محسوب می‌شوند، زیرا برخلاف پلیمرهای مصنوعی، تولید این الیاف شرایط نامطلوبی ندارد. ساشینا و همکاران (Sashina et al., 2006) با بررسی ساختار و قابلیت حل پروتئین‌های فیبرون طبیعی ابریشم در حلال‌های معدنی و حلال‌های آلی، ساختمان شیمیایی آن را آنالیز کردند و دریافتند پیله ابریشم دارای مقادیر زیادی فیبرون و سریسین و همچنین دارای مقدار اندکی آمینواسیدهای آزاد و موادی دیگر از قبیل چربی، موم، رنگ‌ها و املاح معدنی است. همچنین مندل و همکاران (Mondal et al., 2007) در تحقیقی ساختار پیله ابریشم را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که دارای دو نوع پروتئین فیبرون و سریسین است و اینکه پروتئین سریسین دارای خاصیت چسبندگی است. از این رو با توجه به حضور پروتئین سریسین و خاصیت چسبندگی آن، می‌توان انتظار داشت که در صورت ترکیب با رزین‌های شیمیایی به‌عنوان پرکننده، باعث تقویت عملکرد رزین گردد. بنابراین در این پژوهش باهدف استفاده از ماده طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید (یک ماده شیمیایی) و تقویت آن، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته شده از گونه صنوبر تبریزی با چسب اوره فرمالدهید همراه با پیله ابریشم در مقیاس آزمایشگاهی بررسی شد.

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از فن تجزیه واریانس در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد و بعد مقایسه و گروه بندی میانگین داده ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

و مکانیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی مطابق با استانداردهای EN انجام شد.



شکل ۱- پیله ابریشم



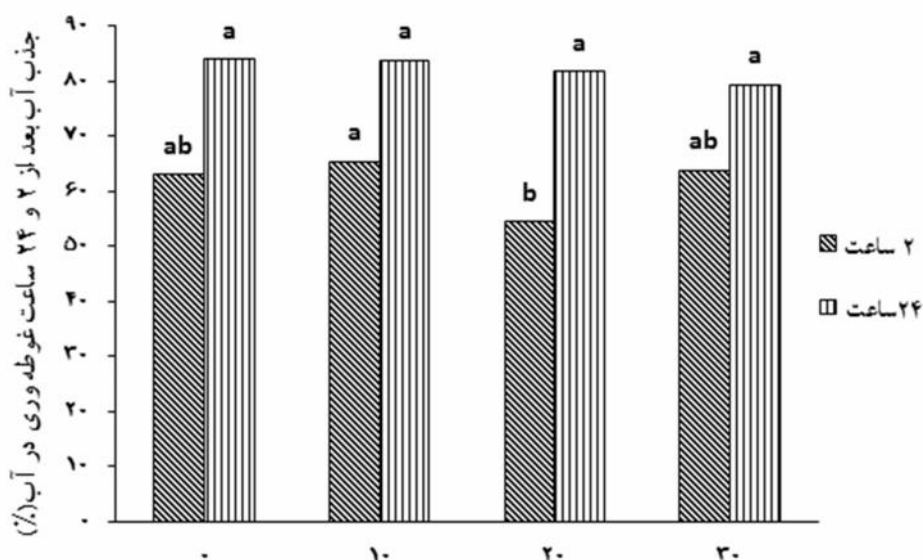
شکل ۲- مراحل تولید ژل پیله ابریشم

در آب معنی دار می باشد. با توجه به شکل ۳ مشخص می گردد که با افزایش مصرف پیله ابریشم، جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب تقریباً روندی کاهشی داشته است و استفاده از ۲۰ درصد پیله ابریشم دارای کمترین میزان جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب بوده است.

## نتایج

### جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

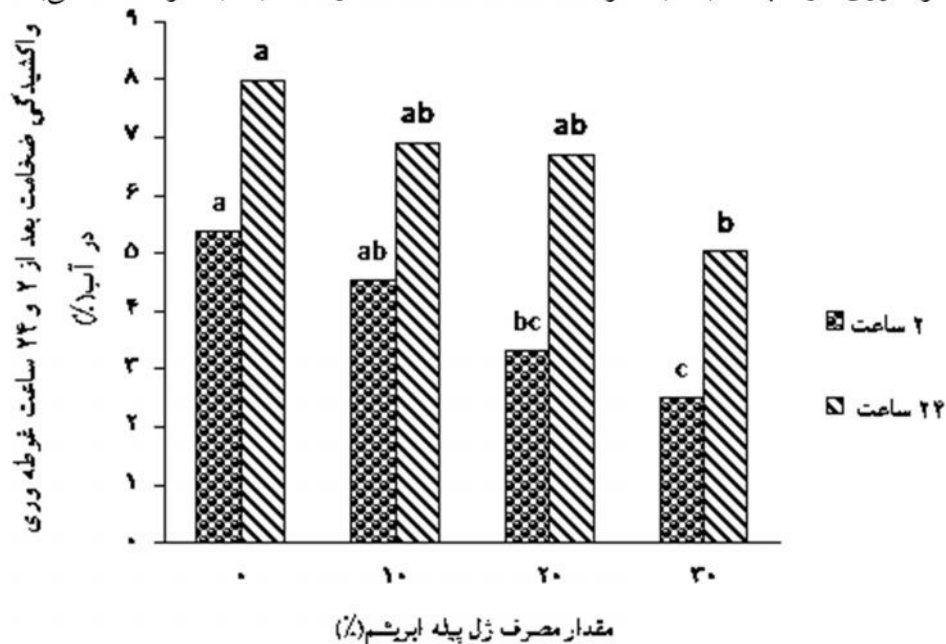
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مصرف مقادیر مختلف پیله ابریشم بر میزان جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه وری در آب در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار نمی باشد اما بعد از ۲۴ ساعت غوطه وری



شکل ۳- تأثیر مقدار مصرف پیله ابریشم بر میزان جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

کاهش می‌یابد. به نحوی که کمترین میزان واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مربوط به مصرف ۳۰ درصد پیله ابریشم به ترتیب با کاهش ۵۳/۴۴ و ۳۷/۰۸ درصد نسبت به نمونه شاهد و بعد از آن مربوط به مقدار مصرف ۲۰ درصد پیله ابریشم به ترتیب با کاهش ۳۸/۱۹ و ۱۵/۹۳ درصد نسبت به نمونه شاهد می‌باشد.

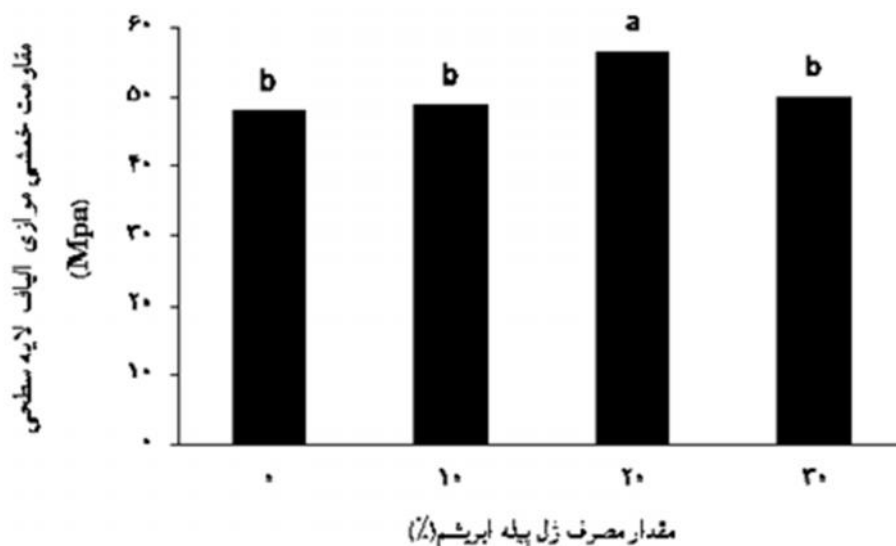
از سوی دیگر نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تأثیر مصرف مقادیر مختلف پیله ابریشم بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب را معنی‌دار اعلام کرد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌کنید، با افزایش مقدار مصرف پیله ابریشم، میزان واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، نسبت به نمونه شاهد



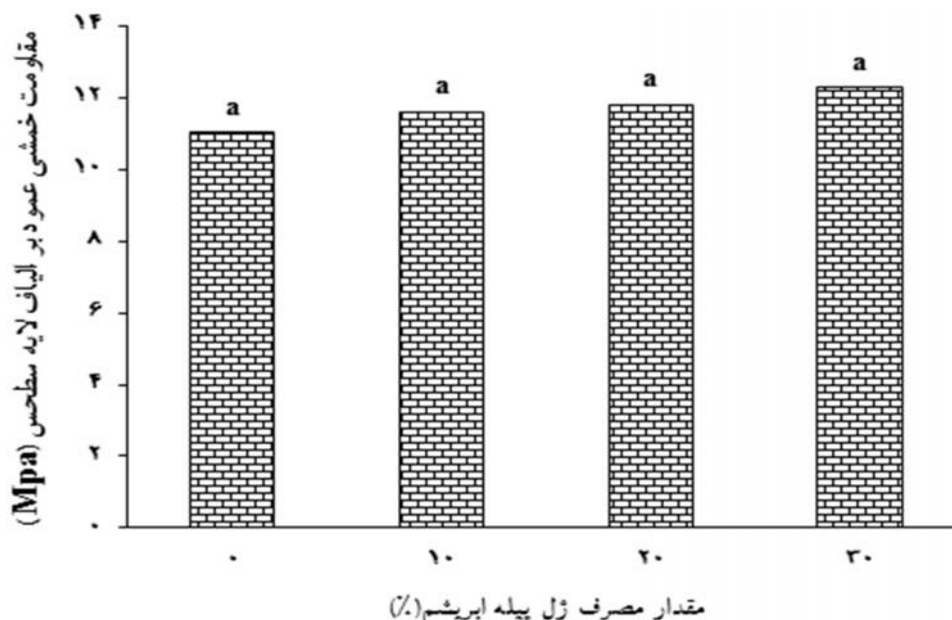
شکل ۴- تأثیر مقدار مصرف پیله ابریشم بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی، مربوط به مقدار مصرف ۲۰ درصد پیله ابریشم است که نسبت به نمونه شاهد ۱۸ درصد افزایش داشته است.

مقاومت خمشی موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که بین مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی تخته لایه در صورت استفاده از مقادیر مختلف پیله ابریشم همراه با رزین اوره فرمالدهید، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. همان‌طور



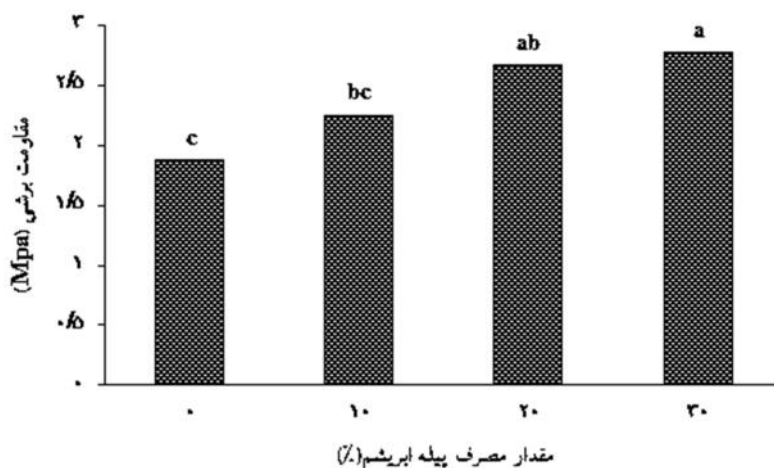
شکل ۵- تأثیر مقدار مصرف پیله ابریشم بر مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی



شکل ۶- تأثیر مقدار مصرف پیله ابریشم بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی

### مقاومت برشی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، بین مقادیر مختلف مصرف پیله ابریشم بر مقاومت برشی، اختلاف معنی داری وجود دارد. با توجه به شکل ۷ مشخص می شود که گروه بندی دانکن، مقاومت برشی در سطح اتصال مربوط به سطوح مختلف استفاده از پیله ابریشم را با روندی افزایشی در گروه های مختلف قرارداد است، به طوری که بیشترین مقدار مقاومت برشی مربوط به مقدار مصرف ۳۰ درصد پیله ابریشم نسبت به نمونه شاهد بوده است.



شکل ۷- تأثیر مقدار مصرف پیله ابریشم بر مقاومت برشی در سطح اتصال

قابل ملاحظه ای در واکنش ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب شده است؛ یعنی می توان تیمار مربوط به مصرف ۳۰ درصد پیله ابریشم را به عنوان تیمار مطلوب معرفی کرد که دارای واکنش ضخامت مناسبی برای مصارف داخلی است. این موضوع را می توان این گونه تشریح کرد که پیله ابریشم به دلیل دارا بودن پروتئین فیبرون که همانند کراتین، کلاژن و الاستین یک ماکرومولکول آب گریز است (Mondal et al., 2007)، مقدار آب کمتری جذب کرده و در نتیجه حضور آن، بهبود پایداری ابعادی تخته ها و کاهش واکنش ضخامت تخته ها حاصل شده است. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که

### بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، کاهش معنی دار واکنش ضخامت تخته ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب در صورت استفاده از مقادیر مختلف پیله ابریشم در ترکیب با چسب اوره فرمالدهید، نتیجه امیدبخشی است و بدان معنی است که می توان سهم استفاده از چسب شیمیایی اوره فرمالدهید را کاهش و سهم ماده طبیعی و تجدیدشونده پیله ابریشم را افزایش داد بدون آنکه تأثیر منفی معنی داری بر واکنش ضخامت تخته ها داشته باشد؛ یعنی افزایش میزان مصرف پیله ابریشم تا سطح ۳۰ درصد، موجب بهبود پایداری ابعادی تخته لایه و کاهش

- Mechanical and thermal properties of dragline silk from the spider *nephila clavipes*. *Polym AdvTechnol*, 5: 401-410.
- Fuwape, J.A., 1994. Natural adhesive-bonded particleboards. *Bioresource Technology*, 48 (1): 83-85.
- Ghaffar, S.H. and Fan, M., 2014. Lignin in straw and its applications as an adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 48: 92-101.
- Gosline JM., DeMont ME. and Denny MW., 1986. The structure and properties of spider silk. *Endeavour*, 10: 37-43.
- Gulrajani, M.L., 2005. Sericin: A Bio-molecule of value. Souveni 20th congress of the international sericultural commission, Bangalore, India 15-18th December: 21-29.
- Kim, S., 2009. Environment-friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission. *Bioresource Technology*, 100: 744-748.
- Kim, S. and Kim, H.J., 2005b. Effect of addition of polyvinyl acetate to melamine formaldehyde resin on the adhesion and formaldehyde emission in engineered flooring. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 25 (5): 456-461.
- Kim, S. and Kim, H.J., 2006a. Initial tack and instantaneous adhesion of MF/PVAc hybrid resins used as adhesives for composite flooring materials. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20 (7): 705-722.
- Kim, S., Kim and H.-J., 2007. Miscibility and phase morphology of MF/PVAc hybrid resins for surface bonding of building interior materials. *Macromolecular Materials and Engineering*, 292 (3): 339-346.
- Kim, S., Lee, Y.K., Kim, H.-J. and Lee, H.H., 2003. Physico-mechanical properties of particleboards bonded with pine and wattle tannin-based adhesives. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 17 (14): 1863-1875.
- Liu, Y. and Li, K., 2007. Development and characterization of adhesives from soy protein for bonding wood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 27: 59-67.
- Mo, X. and Sun, X.S., 2013. Soy proteins as plywood adhesives: formulation and characterization. *Journal of Adhesion Science & Technology*, 27 (18-19): 2014-2026.
- Mondal, M., Trivedy, K. and Nirmal Kumar, S., 2007. The silk protein, sericin and fibroin in silk worm, *Bombyxmori*Linn., - a review. *Caspian J. Env. Sci*, 5 (2):63-76.
- با افزایش مقدار مصرف پیله ابریشم، مقاومت خمشی موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی بهبود یافته است، زیرا پیله ابریشم متشکل از الیاف با مقاومت بالا و قابلیت تراکم پذیری (Gulrajani, 1988; Goslin *et al.*, 1986) و دارای پروتئین سیرسین و خاصیت چسبندگی است؛ بنابراین با توجه به حضور پروتئین سیرسین و خاصیت چسبندگی آن، می توان انتظار داشت که در صورت ترکیب با رزین های شیمیایی به عنوان پرکننده، باعث تقویت و عملکرد بهتر رزین گردد (Sashina *et al.*, 2006; Mondal *et al.*, 2007) و نتایج به دست آمده از تحقیقات پاداموار و پاوار (Padamwar and pawar, 2004)، نیز این موضوع را تأیید می کند. از این رو با توجه به روند افزایشی مقاومت برشی تخته ها در صورت افزایش استفاده از پیله ابریشم تا سطح ۳۰ درصد، می توان استفاده بیشتر از ماده طبیعی و زیست تخریب پذیر پیله ابریشم را توصیه کرد، زیرا با افزایش مقدار مصرف پیله ابریشم، سهم ماده زیست تخریب پذیر و دوست دار محیط زیست پیله ابریشم بیشتر شده و به دنبال آن سهم انتشار فرمالدهید که ترکیبی شیمیایی و دارای بار آلودگی زیست محیطی بالایی می باشد و برای سلامتی انسان بسیار خطرناک و سرطان زا است، نیز کاهش یافته است. همچنین در صورت استفاده از ۳۰ درصد پیله ابریشم علاوه بر دستیابی به خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب و قابل قبول، از آرد گندم (پرکننده متداول مورد استفاده در صنعت تخته لایه) نیز استفاده نشده است.

### منابع مورد استفاده

- Atta-obeng, E., 2011. Characterization of phenol formaldehyde adhesive and adhesive-wood particle composite reinforced with microcrystalline cellulose. Auburn university. The degree of Master of Science, 93p.
- Brown, S.K., 1999. Occurring of volatile organic compounds in indoor air. In: Salthammer, T. (Ed.), *Organic Indoor Air Pollutants, Occurrence Measurement*. Wiley-VCH, Weinheim, 71-184.
- Cunniff, PM., Fossey, S.A., Auerbach, M.A., Song, J.W., Kaplan, D.L. and Adams, WW., 1994.



- Technology. Marcel Dekker Inc., New York, 149–217. Chapter 5.
- Roffael, E., Dix, B. and Okum, J., 2000. Use of spruce tannin as a binder in particleboards and medium density fiberboards (MDF). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 58 (5): 301–305.
- Sashina, E., Bockek, A., Novoselov, N. and Kirichenko, D., 2006. Structure and solubility of natural silk fibroin. *Russian journal of Applied Chemistry*, 79 (6):869 – 876.
- Stefani, P.M., Pea, C., Ruseckaite, R.A., Piter, J.C. and Mondragon, I., 2008. Processing conditions analysis of Eucalyptus globulus plywood bonded with resol-tannin adhesives. *Bioresource Technology*, 99 (13): 5977–5980.
- Sung, M., Lee, S.M. and Min, Y., 2013. Decreasing the formaldehyde concentration in indoor air by improving the adhesives used in engineered wood materials in Korean apartment buildings. *Journal of Adhesion Science & Technology*, 27 (5–6): 671–682.
- Veigel, S., Muller, U., Keckes, J., Obersiebzig, M. and Gindl-Altmutter, W., 2011. Cellulose nanofibrils as filler for adhesive bonds. *Springer Science+Business Media B*, 18: 1227-1237.
- Muttill, N., Ravichandra, Gh., W. Bigger, S., R. Thorpe, G., Shailaja, D. and Kumar Singh, S., 2014. Comparative Study of Bond Strength of Formaldehyde and Soya based Adhesive in Wood Fibre Plywood. *Procedia Materials Science*, 6: 2-9.
- Padamwar, M. and Pawar, A., 2004. Silk sericin and its application: A review. *Journal of scientific & Industrial Research*. 63: 323 – 329.
- Perez-Rigueiro, J., Viney, C., Llorca, J. and Elices, M., 2000. Mechanical properties of single-brin silkworm silk. *J Appl Polym Sci*, 75(10): 1270–1277.
- Philips, D.M., Drummy, L.F., Naik, R.R., Delong, H.C., Fox, D.M., Trulove, P.C. and Mantz, R.A., 2005. Silk fibers from an ionic liquid solution. *J. Mater. Chem*, 15: 4206.
- Pichelin, F., Nakatani, M., Pizzi, A., Wieland, S., Despres, A. and Rigolet, S., 2006. Structural beams from thick wood panels bonded industrially with formaldehyde-free tannin adhesives. *Forest Products Journal*, 56: 31-36.
- Pizzi A., 2006. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. *Journal of Adhesion Science & Technology*, 20: 829–46.
- Pizzi, A., 1994. Tannin-based wood adhesives. In: Pizzi, A. (Ed.), *Wood Adhesives Chemistry and*

## Urea-formaldehyde resin reinforced silk cocoon

S. Barzali<sup>1</sup>, L. Jamalirad<sup>2\*</sup>, F. Faraji<sup>3</sup>, S. Hedjazi<sup>4</sup>

1- M.Sc. Student, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, I.R. Iran.

2\*- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, I.R. Iran, Email: jamalirad@gonbad.ac.ir

3-Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, I.R. Iran.

4- Associate Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

Received: Jan., 2016

Accepted: May, 2016

### Abstract

The aim of this research was to use a natural component, renewable and environmentally friendly material (silk cocoon) as reinforcing component for urea formaldehyde resin in the plywood manufacturing and investigate its influence on physical and mechanical properties of plywood. For this purpose, silk cocoon was used as filler and reinforcement at four levels of 0, 10, 20 and 30 percent (based on dry weight of urea formaldehyde resin). The physical and mechanical properties of samples including water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water, bending strength parallel and perpendicular to the surface layer grain and shear strength were measured. The results show that increasing the content amount of silk cocoon decreased water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water and increased bending strength parallel and perpendicular to the surface layer grain and shear strength. So that, using 30 percent of silk cocoon improved dimensional stability, bending strength and shear strength.

**Key words:** Silk cocoon, filler, urea formaldehyde resin, water absorption, thickness swelling.