

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۷۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵

ص ۸۰۹-۸۱۹

## استفاده از هیبرید فنل فرمالدهید - چسب ماهی در ساخت تخته‌لایه

- ❖ مهسا نصری نویندگانی؛ کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد
- ❖ لعیما جمالی راد\*؛ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد
- ❖ فرشید فرجی؛ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد
- ❖ حسین یوسفی؛ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

### چکیده

در این تحقیق از هیبرید فنل فرمالدهید- چسب ماهی با هدف جایگزینی ترکیبات زیستی با رزین‌های شیمیایی برای ساخت تخته‌لایه استفاده و سپس خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه‌های ساخته‌شده بررسی شد. بدین منظور از چسب ماهی در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد بر مبنای وزن خشک رزین استفاده شد. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون شامل واکنشیدگی 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 اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، افزایش مصرف چسب ماهی، سبب بهبود پایداری ابعادی و کاهش چشمگیر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب شد. از سوی دیگر با افزایش مصرف چسب ماهی تا ۲۰ درصد، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی افزایش یافت. واژگان کلیدی: تخته‌لایه، چسب ماهی، فنل فرمالدهید، مقاومت برشی، مقاومت خمشی.

## مقدمه

به‌کارگیری چوب و پیشرفت کارایی چسب‌ها به‌شدت به یکدیگر وابسته‌اند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که بهبود عملکرد چسب‌های مورد استفاده در صنعت چوب و کاغذ هنوز جزء چالش‌های قابل بحث محسوب می‌شوند. نفوذ چسب به دیواره‌های سلول چوبی [۱]، فعل و انفعالات چسب و چوب [۲، ۳]، خواص میکرو و ماکرو مکانیکی اتصالات چسب چوب، آنالیزهای رئولوژیکی، استاتیکی و دینامیکی چسب‌ها نمونه‌هایی است که در این زمینه در نظر گرفته می‌شوند. تعدادی از رزین‌ها از قبیل اوره‌فرمالدهید در مصارف چوبی چسبندگی خوبی به‌وجود می‌آورند، اما با توجه به مقاومت کم در برابر رطوبت و حرارت برای مصارف خارجی کاربردی ندارند. یافتن چسبی با چسبندگی و اتصال مطلوب و همچنین کارایی زیاد، کاری مشکل اما ضروری است. تولید چسب‌های هیبریدی برای دستیابی به چسبندگی عالی و مقاومت به اتصال زیاد می‌تواند راه حل مناسبی در این زمینه باشد. در سال‌های اخیر با توجه به کاربرد گسترده رزین فنل‌فرمالدهید در صنایع فرآورده‌های مرکب چوبی به‌خصوص تخته‌لایه، مطالعات زیادی دربارهٔ بهینه‌سازی شرایط استفاده، مقرون‌به‌صرفه شدن و سازگاری بیشتر این چسب با محیط زیست صورت گرفته است. رزین فنل‌فرمالدهید به‌دلیل کارایی و مقاومت اتصال زیاد، مقاومت خوب در برابر رطوبت و حرارت و ثبات شیمیایی، در صنعت جایگاه ویژه‌ای دارد. این رزین در مقایسه با رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین اوره‌فرمالدهید (از رزین‌های رایج در صنعت تخته‌لایه)، به‌دلیل مقاومت خوب در برابر رطوبت و حرارت، کاربرد گسترده‌تری به‌ویژه برای

مصارف خارجی دارد [۴]. به‌طوری که مصرف این رزین در صنعت چوب ایالات متحده آمریکا، ژاپن و برخی کشورهای اروپایی در حدود دوبرابر چسب اوره‌فرمالدهید است. این در حالی است که به‌دلیل قیمت زیاد این رزین، مصرف آن در کشور چین کمتر از رزین اوره‌فرمالدهید است [۵]. با وجود عملکرد بسیار خوب رزین فنل‌فرمالدهید و خواص ویژه آن، انتشار گاز سمی و خطرناک فرمالدهید، هزینه زیاد و غیرزیستی بودن، از جمله معایب این رزین محسوب می‌شود که برای برطرف کردن این عیوب، تحقیقات گسترده‌ای از طریق جایگزین کردن ترکیبات جدید با این نوع رزین‌ها انجام گرفته است [۶-۸]. استفاده از چسب‌های طبیعی شامل تانن [۹]، لیگنین [۱۰]، روغن‌های گیاهی [۱۱]، پروتئین و آرد سویا [۱۲، ۱۳] از گذشته در ساخت فرآورده‌های چوبی مرسوم بوده است، اما این نوع چسب‌های طبیعی به‌تنهایی، عملکرد اتصال مناسبی نداشته و در شرایط متغیر جوی دوام کافی را ندارند. از این رو می‌توان استفاده از آنها به‌صورت مخلوط با رزین‌های شیمیایی را با هدف افزایش سهم ترکیبات زیستی تجدیدشونده و کاهش مصرف رزین‌های شیمیایی برپایه نفتی و کاهش انتشار گاز فرمالدهید نیز بررسی کرد. با توجه به آنکه صنعت چسب‌سازی در جهان، به‌سمت استفاده از چسب‌های برپایه مواد زیستی در حرکت است [۱۴]، می‌توان به‌منظور کاهش مصرف رزین فنل‌فرمالدهید و در نتیجه کاهش هزینه‌ها، کاهش خطرهای ناشی از انتشار گاز فرمالدهید و تولید چسب سازگار با محیط زیست، از چسب طبیعی ماهی به‌طور مخلوط با رزین فنل‌فرمالدهید استفاده کرد. چسب ماهی برگرفته از ژلاتین موجود در پوست و استخوان ماهی است. ژلاتین نوعی پروتئین فیبری است که از هیدرولیز حرارتی

سال ۲۰۱۲ حدود ۷ میلیون تن است که بیشترین تولید از میان گونه‌های پرورشی جهان را به خود اختصاص می‌دهد. تولید انواع فراورده از جمله ماهی تخلیه شکمی شده، فیله این گونه از ماهی و نیز فراورده‌های ارزش افزوده مبتنی بر خمیر ماهی، روزبه‌روز در حال توسعه است و این روش‌های متنوع فراوری، سبب تولید ضایعات زیاد این گونه می‌شود. بنابراین با توجه به تولید حجم عظیم ضایعات این گونه که با عنوان مواد بی‌مصرف، به هدر می‌روند و بهره‌برداری نمی‌شوند و همچنین افزایش تقاضای جهانی برای ژلاتین، این ضایعات را می‌توان منبع پایدار تولید ژلاتین دانست. تحقیق حاضر به منظور استفاده از چسب طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر ماهی در ترکیب با رزین فنل فرمالدهید و در نتیجه بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه ساخته شده از گونه صنوبر تبریزی با رزین هیبریدی مذکور انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

### مواد

در این تحقیق از لایه‌های چوب صنوبر تبریزی به ابعاد  $۲ \times ۴۵۰ \times ۵۰۰$  میلی‌متر و از سه لایه در هر تخته استفاده شد. چسب فنل فرمالدهید، از کارخانه عایق الکتریک گرگان تهیه شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، ویژگی‌های آن بررسی شد. ویژگی‌های این چسب در جدول ۱ آورده شده است. مقدار رزین فنل فرمالدهید برای ساخت هر تخته ۱۰۰ گرم در متر مربع در نظر گرفته شد. چسب ماهی در آزمایشگاه تهیه و در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد، همراه با رزین فنل فرمالدهید استفاده شد.

جزئی کلاژن - بخش اصلی بافت پیوندی و پروتئین اصلی و ساختاری موجود در پوست، بافت پیوندی و استخوان همه حیوانات به خصوص پوست و استخوان ماهی - به دست می‌آید. ژلاتین نوعی زیست پلیمر طبیعی با خواص کاربردی مهم است که به دلیل مزایایی از جمله زیست‌تخریب‌پذیری، زیست‌سازگاری در محیط‌های فیزیولوژیکی، در دسترس بودن و هزینه به نسبت کم از نظر تجاری [۱۵] در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی، دارویی، آرایشی، زمینه‌های مختلف پزشکی (پوشش‌های زخم‌بندی، چسب و لایه‌های جاذب حین عمل جراحی) و نظامی استفاده می‌شود و در چهار درجه متفاوت خوراکی، صنعتی، فوتوگرافی و دارویی تولید می‌شود. پرولین و هیدروکسی پرولین از اسید آمینه‌های موجود در ژلاتین هستند که موجب تراکم زیرواحدهای ژلاتین می‌شوند [۱۶، ۱۷]. در حال حاضر بیشتر ژلاتین‌های تجاری از منابع پستانداران به خصوص پوست خوک و پوست گاو به دست می‌آیند، اما به دلایل مختلف فرهنگی - اجتماعی منابع جایگزین با تقاضای فزاینده‌ای مواجه‌اند [۱۸]. از این رو پژوهشگران به صورت پیوسته در حال تحقیق برای یافتن منابع ژلاتین جایگزین‌اند. در این زمینه، ژلاتین ماهی جایگزین مناسبی برای ژلاتین پستانداران از نظرهای اخلاقی و مذهبی به شمار می‌رود. با توجه به مقدار کل صید سالانه ماهی در دنیا (حدود ۹۰ میلیون تن) و احتمال ثابت ماندن این مقدار صید در آینده، استفاده بهینه از این مواد خام به منظور پاسخگویی به تقاضای روزافزون روغن‌ها و پروتئین‌های دریایی در درجه اول اهمیت قرار دارد. کپور ماهی فیتوفاگ (کپور نقره‌ای) از گونه‌های پرتولید پرورشی در جهان و ایران است. براساس گزارش سازمان خواربار جهانی، تولید جهانی کپور نقره‌ای در

جدول ۱. مشخصات رزین فنل فرمالدهید استفاده شده در تحقیق

وزن مخصوص در دمای ۲۰°C	ویسکوزیته در دمای ۲۰°C (سانتی پواز)	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه)	PH	مواد جامد (%)	شرکت سازنده	نوع رزین
۱/۱۲۵	۲۵	۳۶۰	۷/۵	۶۱	عایق الکتریک گرگان	فنل فرمالدهید مایع

## روش

### تهیه چسب ماهی

اسید استیک ۰/۰۵ مولار با نسبت ۱:۲۰ (حجمی/وزنی) به منظور تورم مواد کلاژنی پوست ماهی، به مدت ۴ ساعت در دمای یخچال انجام گرفت. پس از تیمار اسیدی، همانند تیمار قلبایی، پوست‌ها با آب مقطر سرد تا زمان رسیدن pH آب شست‌وشو به حد خنثی یا اندکی اسیدی شست‌وشو شدند. پس از این تیمارها، استخراج آبی نهایی در یک حمام آبی در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد با نسبت آب به پوست ۵:۱ (وزنی/حجمی) به مدت ۱۲ ساعت انجام گرفت (شکل ۳-۴). پس از اتمام زمان استخراج، محلول ژلاتین به وسیله یک پارچه نظیف فیلتر شد تا تمام ناخالصی‌ها از آن جدا شود. سپس محلول ژلاتینی شفاف به دست آمده درون پلیت‌های میکروبیولوژی ریخته و پلیت‌ها درون آون با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند. پس از خشک شدن، نمونه‌های ژلاتین از درون پلیت‌ها به راحتی جداسازی شده و در کیسه‌های پلی اتیلنی زیپ‌دار ریخته و تا آنالیزهای بعدی در دمای اتاق نگهداری شدند (شکل ۱).



شکل ۱. ورقه‌های خشک شده ژلاتین

برای استخراج ژلاتین از پوست کپور ماهی نقره‌ای از روش وو و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد [۱۹]. به منظور انجمادزدایی، ابتدا پوست‌های منجمد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و در حالی که هنوز به صورت کامل انجمادزدایی نشده بودند به قطعات ۲×۲ سانتی متر تقسیم شدند. در مرحله بعد پوست‌ها توسط آب مقطر بسیار خنک (۲-۱ درجه سانتی گراد) شست‌وشو داده شدند تا همه ناخالصی‌هایشان حذف شود. سپس آب اضافی پوست‌ها توسط پارچه نظیف چهارلایه خارج شد. پوست‌های آماده شده به درون یک بشر ۱ لیتری ریخته شده و برای حذف پروتئین‌های غیر کلاژنی، با محلول ۰/۰۱ مولار سدیم هیدروکسید حاوی ۱ درصد آب اکسیژنه با نسبت ۱:۲۰ (حجمی/وزنی) تیمار شد و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد؛ هر ۸ ساعت محلول تعویض شد. پس از تیمار قلبایی پوست‌ها با ایزوپروپانول ۱۰ درصد با نسبت ۱:۲۰ (حجمی/وزنی) برای چربی‌زدایی تیمار شده و به مدت ۴ ساعت در دمای یخچال نگهداری شدند. بعد از هر تیمار، نمونه‌های پوست سه بار با آب مقطر سرد شست‌وشو داده شد تا pH آب شست‌وشو به حد خنثی برسد، سپس به وسیله پارچه نظیف چهارلایه با فشار دست آب اضافی آنها گرفته شد. بعد از چربی‌زدایی، تیمار اسیدی با محلول

شرایط دستگاه پرس برای ژلاتین اعمال شد و سپس نتایج به دست آمده با قدرت ژلی استاندارد مقایسه شد.

### ساخت تخته لایه

برای چسب زنی لایه‌ها و مونتاژ تخته سه لایه، رزین آماده شده براساس تیمارهای مورد نظر، توسط کاردک روی تمام نقاط لایه به صورت یکنواخت پخش شد. رزین فنل فرمالدهید و چسب ماهی توسط دستگاه همزن مغناطیسی در دمای ۳۰-۲۰ درجه سانتی گراد به طور یکنواخت و به مدت ۵ دقیقه هم زنی و مخلوط شدند. لایه‌های مونتاژ شده به وسیله دستگاه پرس آزمایشگاهی RANJBAR مدل S.W.P 100 تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع به مدت ۷ دقیقه پرس شدند. در نهایت تخته‌ها ۱۵ روز در شرایط مشروط سازی نگهداری شدند تا به رطوبت تعادل با محیط برسند. سپس برش و تهیه نمونه‌های آزمونی انجام گرفت.

### اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی

اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی شامل جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی براساس استانداردهای EN 310 و EN 314-2 (با استفاده از دستگاه INSTRON مدل ۴۴۸۹) انجام گرفت.

### تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل نتایج

به دست آمده به صورت طرح آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام پذیرفت.

در ساخت تخته‌های شاهد (بدون استفاده از چسب ماهی)، از ۳۰ درصد آرد گندم به عنوان پرکننده رزین فنل فرمالدهید استفاده شد.

### اندازه‌گیری قدرت ژلی ژلاتین استخراج شده

برای تعیین قدرت ژلی ژلاتین به صورت استاندارد، ژلاتین براساس روش بوران و رگنستین (۲۰۰۹) آماده شد [۲۰]. برای این منظور ژلاتین با غلظت ۶/۶۷ درصد (وزنی/حجمی) در آب مقطر با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه حل شد. محلول تا زمان حل شدن کامل ژلاتین هم زده و سپس به قوطی پلاستیکی با ۱/۶ سانتی متر ارتفاع و ۳/۶ سانتی متر قطر منتقل شد. محلول ژلاتین قبل از آزمون قدرت ژلی، به مدت ۱۸ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد به منظور گیرایی ژل قرار داده شد. پس از طی مدت زمان مورد نظر، قدرت ژل نمونه درحالی که همچنان در ظرف پلاستیکی قرار داشت، بلافاصله پس از خروج از یخچال (حداکثر ۳۰ ثانیه) اندازه‌گیری شد. این کار با استفاده از دستگاه بافت‌سنج مدل LFRA 4500 Brook Field, USA با سلول بار ۴/۵ کیلوگرم و در شرایط دستگاهی زیر صورت گرفت: پیستون استوانه‌ای پلاستیکی با قطر ۱۲/۷ میلی متر، سرعت نفوذ ۱ میلی متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۴ میلی متر. بیشترین مقدار نیروی (بر حسب گرم) لازم برای نفوذ پیستون به عمق ۴ میلی متر در ژل، ثبت و به عنوان قدرت ژلی گزارش شد. همچنین پس از اندازه‌گیری قدرت ژلی استاندارد، قدرت ژلی ژلاتین با همان غلظت و شرایط ذکر شده در بالا در آب مقطر با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷ دقیقه نیز اندازه‌گیری شد. در واقع

## نتایج و بحث

## قدرت ژلی ژلاتین استخراج شده (چسب ماهی)

نتایج آزمون قدرت ژلی در جدول ۲ نشان داده شده است. قدرت ژلی از مهم‌ترین ویژگی‌های کاربردی ژلاتین است. براساس نتایج آزمون قدرت ژلی، با افزایش دمای محلول از ۶۰ به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، قدرت ژلی کاهش یافت. این نتیجه با مطالعات کیتیف‌ا و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد [۲۱]. در این بررسی قدرت ژلی در دماهای ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد ارزیابی و بیشترین قدرت ژلی در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد اعلام شد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله نوع و گونه ماهی، سن [۲۲]، اندازه، محل رشد، نوع تغذیه، فصل صید، شرایط استخراج ژلاتین، دمای اعمال شده به‌هنگام تولید محلول ژلاتین و دمای استخراج [۲۱]. بر قدرت ژلی ژلاتین اثرگذار است. بنابراین با توجه به نتایج تحقیقات گزارش شده درباره قدرت ژلی ژلاتین پوست انواع ماهیان مانند

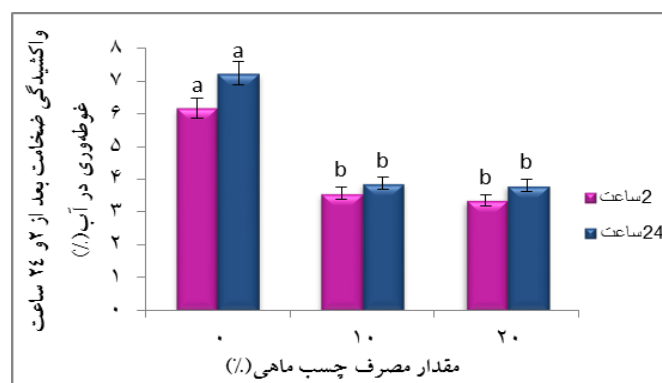
کیورماهی بیگ هد (۴۱۵/۷ گرم) [۲۳]، تیلایبای قرمز (۳۸۴/۹ گرم) و گربه‌ماهی (۱۴۷ گرم) [۲۴]. محدوده قدرت ژلی انواع ژلاتین بازاری از ۵۰۰-۸۰ گرم قابل قبول است [۲۰]. در تحقیق حاضر، قدرت ژلی ژلاتین در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به قدرت ژلی در شرایط استاندارد کاهش یافت، اما مقدار آن هنوز در محدوده قدرت ژلی معمول قرار داشت.

## واکشیدگی ضخامت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین مقادیر مختلف مصرف چسب ماهی بر مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار مصرف چسب ماهی واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌طور محسوسی کاهش یافت و کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با مقدار مصرف ۲۰ درصد چسب ماهی بود.

جدول ۲. مقایسه قدرت ژلی ژلاتین در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با قدرت ژلی در دمای استاندارد

متغیر	دمای تهیه محلول ژلاتین (درجه سانتی‌گراد)	زمان تهیه محلول (دقیقه)	قدرت ژلی (گرم)
نمونه استاندارد	۶۰	۳۰	۴۰۰/۶۵
نمونه تحت شرایط پرس	۱۸۰	۷	۲۹۳/۳۶



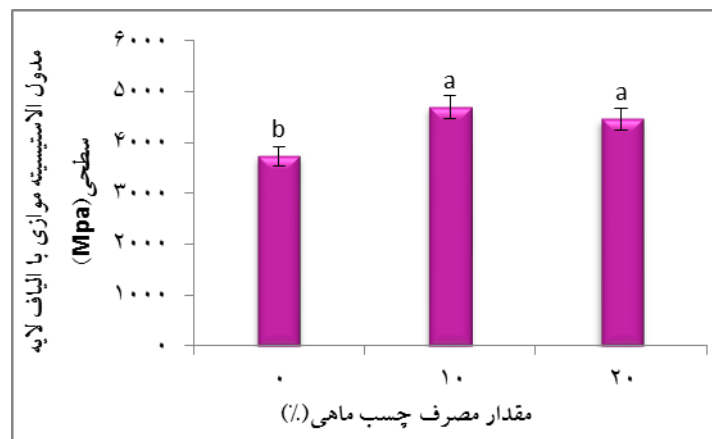
شکل ۲. تأثیر مقدار چسب ماهی بر واکشیدگی ضخامت تخته‌لایه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

### مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

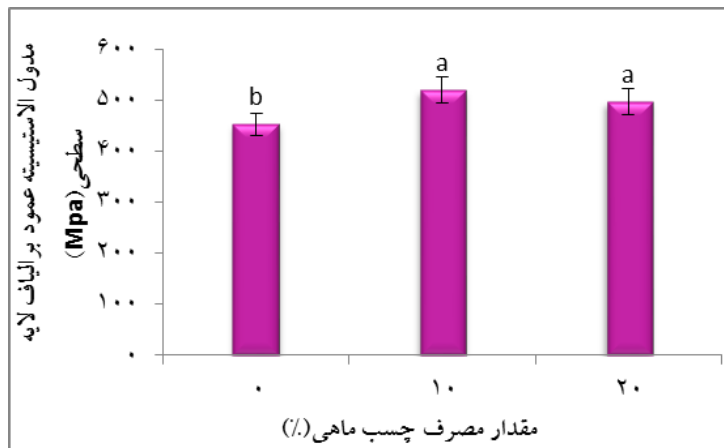
بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بین مقادیر مختلف مصرف چسب ماهی بر مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و همچنین مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. همان طور که در شکل های ۳ تا ۵ مشاهده می شود با افزایش مقدار چسب ماهی، مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و همچنین مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی افزایش یافت؛ همچنین مشخص می شود که بیشترین مقدار مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و همچنین مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی مربوط به مقدار مصرف ۱۰ درصد چسب ماهی است که نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۲۵/۷، ۱۴/۷ و ۱۴/۶ درصد افزایش داشت. اما همان طور که در شکل مشاهده می شود، تیمار مصرف ۲۰ درصد چسب ماهی به لحاظ آماری در گروه مشترک با تیمار مصرف ۱۰ درصد چسب ماهی قرار دارد. این بدان معناست که با افزایش سهم چسب ماهی (چسب طبیعی و سازگار با محیط زیست) تا ۲۰ درصد، می توان استفاده از چسب فنل فرمالدهید و در نتیجه انتشار فرمالدهید را کاهش داد،

بدون آنکه مقاومت آن تغییر معنی داری داشته باشد. در همین زمینه کیم (۲۰۰۹) در تحقیق درباره چسب های سازگار با محیط زیست با استفاده از تانن طبیعی گزارش کرد که استفاده از چسب هیبریدی تانن- پلی وینیل استات در ساخت فراورده های چوبی مهندسی موفق بود و سبب کاهش انتشار فرمالدهید شد [۲۵]. موتیل و همکاران، عملکرد اتصال چسب های بر پایه سویا را در ساخت تخته لایه بررسی کرده و گزارش کردند که مدول الاستیسیته این نوع چسب در مقایسه با چسب اوره فرمالدهید بیشتر است و این نوع چسب علاوه بر تولید تخته های محکم، فرمالدهید مضر انتشار نمی دهد [۲۶].

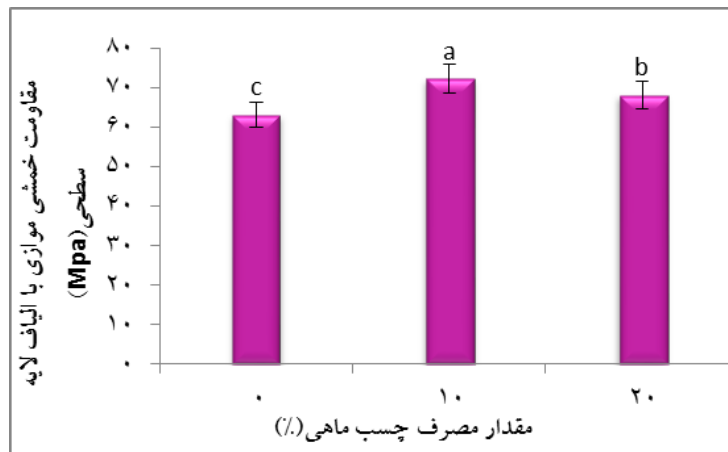
اگرچه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر مختلف چسب ماهی بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی تأثیر معنی داری نداشته است، با توجه به شکل ۶، با افزایش مصرف چسب ماهی، مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی نیز افزایش یافت؛ یعنی افزایش سهم چسب ماهی تا ۲۰ درصد نه تنها تأثیر منفی معنی داری بر مقاومت خمشی نداشت، بلکه امکان افزایش سهم ماده زیستی و تجدیدشونده و بدون آلودگی زیست محیطی نیز وجود دارد.



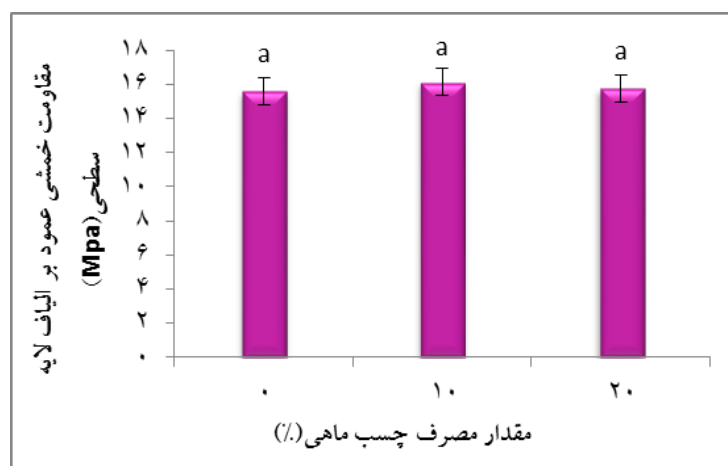
شکل ۳. تأثیر مقدار چسب ماهی بر مدول الاستیسیته موازی با الیاف لایه سطحی تخته لایه



شکل ۴. تأثیر مقدار چسب ماهی بر مدول الاستیسیته عمود بر الیاف لایه سطحی تخته لایه



شکل ۵. تأثیر مقدار چسب ماهی بر مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی تخته لایه



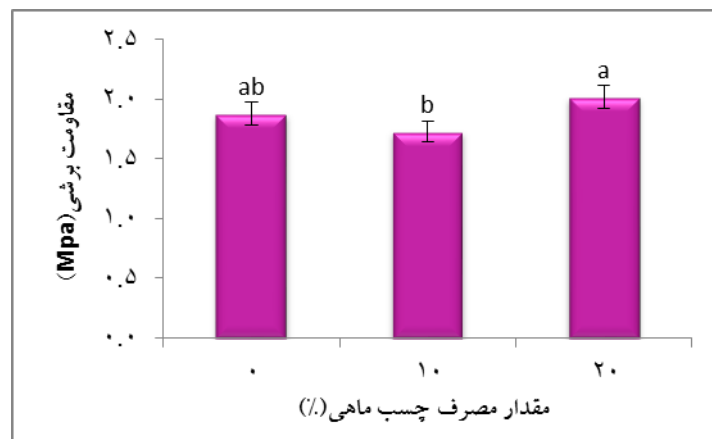
شکل ۶. تأثیر مقدار چسب ماهی بر مقاومت خمشی عمود بر الیاف لایه سطحی



### مقاومت برشی

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مقادیر مختلف چسب ماهی در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر مقاومت برشی تأثیر معنی‌داری داشت. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزودن ۱۰ درصد چسب ماهی مقاومت برشی تخته‌ها ۷/۹ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرد، اما با افزودن ۲۰ درصد چسب ماهی به رزین فنل فرمالدهید، مقاومت برشی روندی افزایشی داشت و ۷/۴ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. در واقع ژلاتین یک عامل تشکیل ژل است که قادر به تشکیل یک ژل حرارتی برگشت‌پذیر است، به این معنا که وقتی ژل ژلاتین حرارت‌دهی شود، نرم‌تر شده و در نهایت به مایع تبدیل خواهد شد و اگر همین مایع دوباره سرد شود توانایی تشکیل

دوباره ژل را دارد [۲۷]. از این رو می‌تواند با توجه به خاصیت ژلی و چسبناکی آن، در ایجاد اتصالات عرضی و شبکه‌های سه‌بعدی محکم و بهبود عملکرد اتصال مؤثر باشد. این بدان معناست که می‌توان با جایگزین کردن بخشی از رزین‌های شیمیایی با چسب‌های طبیعی، امیدوار بود بدون آسیب به عملکرد اتصال آنها، عملکرد اتصال را بهبود داد. در این زمینه در تحقیقی که اوزبای و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد اتصال رزین فنل فرمالدهید حاوی روغن زیستی را بررسی کردند، نتایج آزمون برش نشان داد که چسب فنل فرمالدهید حاوی ۲۰ درصد روغن زیستی کیفیت اتصال بهتری نسبت به رزین فنل فرمالدهید تجاری تحت شرایط خشک، از خود نشان داد [۲۸].



شکل ۷. تأثیر مقدار چسب ماهی بر مقاومت برشی تخته لایه

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر مقدار مصرف چسب ماهی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته سه‌لایه‌های ساخته‌شده از هیبرید فنل فرمالدهید - چسب ماهی بررسی شد. با توجه به نتایج این تحقیق خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده بهبود یافت.

یعنی افزایش مصرف چسب ماهی، موجب کاهش واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نمونه‌ها و بهبود پایداری ابعادی آنها شد. همچنین با افزایش مصرف چسب ماهی، مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و همچنین مقاومت خمشی موازی با الیاف لایه سطحی

ماهی به همراه رزین فنل فرمالدهید به منظور کاهش مصرف فنل فرمالدهید و در پی آن، کاهش خطرهای آلودگی‌های ناشی از انتشار گاز فرمالدهید و افزایش سهم ترکیب طبیعی و سازگار با محیط زیست چسب ماهی نیز امیدوار بود.

و مقاومت برشی به طور معنی‌داری افزایش یافت و می‌توان با افزایش مصرف آن تا ۲۰ درصد، موجب بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته موازی و عمود بر الیاف لایه سطحی و مقاومت برشی شد. در واقع با توجه به نتایج می‌توان به استفاده از چسب

## References

- [1]. Konnerth, J., Harper, D., Lee, S.H., Rials, T.G., and Gindl, W. (2008). Adhesive penetration of wood cell walls investigated by scanning thermal microscopy (SThM). *Holzforschung*, 62(1): 91-98.
- [2]. López-Suevos, F., and Frazier, C.E. (2008). Wood-adhesive interactions in a PVAc latex. *Holzforschung*, 62:468-471.
- [3]. Follrich, J., Teischinger, A., Gindl, W., and Müller, U. (2008). Adhesive bond strength of end grain joints in softwood with varying density. *Holzforschung*, 62(2): 237-242.
- [4]. Zhang, W., Ma, Y., Xu, Y., Wang, C.H., and Chu, F. (2013). Lignocellulosic ethanol residue-based lignin-phenol-formaldehyde resin adhesive. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 43: 11-18.
- [5]. Jin, Y., Cheng, X., and Zheng, Z. (2010). Preparation and characterization of phenol-formaldehyde adhesives modified with enzymatic hydrolysis lignin. *Bioresource Technology*, 101: 2046-2048.
- [6]. Kim, S., and Kim, 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.
- [7]. 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(2): 744-748.
- [8]. 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 and Technology*, 27(5-6): 671-682.
- [9]. 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(5): 31-36.
- [10]. Ghaffar, S.H.R., and Fan, M. (2014). Lignin in straw and its applications as an adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 48: 92-101.
- [11]. Pizzi, A. (2006). Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20(8): 829-846.
- [12]. Liu, Y., and Li, K. (2007). Development and characterization of adhesives from soy protein for bonding wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 27(1): 59-67.
- [13]. Mo, X., and Sun, X.S. (2013). Soy proteins as plywood adhesives: formulation and characterization. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 27(18-19): 2014-2026.

- [14]. 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.
- [15]. Balakrishnan, B., and Jayakrishnan, A. (2005). Self-cross-linking biopolymers as injectable in situ forming biodegradable scaffolds. *Biomaterials*, 26(18): 3941-3951.
- [16]. Yada, R.Y., Jackman, R.L., and Smith, J.L. (1994). Protein Structure–Function Relationship in Food. Blackie Academic and Professional, Springer US, New York.
- [17]. Johnston-Banks, F.A. (1990). Food Gels. Springer Netherlands, Netherlands.
- [18]. Gómez-Guillén, M.C., Turnay, J., Fernández-Díaz, MD., Ulmo, N., Lizarbe, MA., and Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16(1): 25-34.
- [19]. Wu, J., Chen, S.H., Ge, S.H., Miao, J., Li, J., and Zhang, Q. (2013). Preparation, properties and antioxidant activity of an active film from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 32(1): 42-51.
- [20]. Boran, G., and Regenstein, J.M. (2009). Optimization of gelatin extraction from silver carp skin. *Journal of Food Science*, 74(8): 432-441.
- [21]. Kittiphattanabawon, P.H., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Shahidi, F. (2010). Comparative study on characteristics of gelatin from the skins of brownbanded bamboo shark and blacktip shark as affected by extraction conditions. *Food Hydrocolloids*, 24(2-3): 164-171.
- [22]. Muyonga, J.H., Cole, C.G.B., and Duodu, K.G. (2004). Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. *Food Hydrocolloids*, 18(4): 581-592.
- [23]. Ratnasari, I., Sudarminto, S.Y., Nusyam, H., and Widjanarko, S.B. (2014). Extraction Process Modification to Enhance Properties of Skin Gelatin of Pangas Catfish (*Pangasius pangasius*). *Food and Public Health*, 4(3): 140-150.
- [24]. Jamilah, B., Tan, K.W., Umi Hartina, and M.R., Azizah, A. (2011). Gelatins from three cultured freshwater fish skins obtained by liming process. *Food Hydrocolloids*, 25(5): 1256-1260.
- [25]. 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(2): 744-748.
- [26]. Muttil, N., Ravichandra, G.H., Bigger, S.W., Thorpe, G.R., 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.
- [27]. Stainsby, G. (1977). The Science and Technology of Gelatin. Academic Press, New York.
- [28]. Ozbay, G., and Ayrilmis, N. (2015). Bonding performance of wood bonded with adhesive mixtures composed of phenol-formaldehyde and bio-oil. *Industrial Crops and Products*, 66: 68-72.