

## تأثیر افزودن آرد سویا به چسب اوره-فرم آلدهید بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و میزان انتشار فرم آلدهید تخته لایه ساخته شده

سیدبهبزاد حسینی<sup>۱</sup>، محمد غفرانی<sup>۲\*</sup>، حمیدرضا تقی‌یاری<sup>۳</sup> و سامان قهری<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد، مسئول کارگاه ساخت و تولید، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس، استان مازندران، نور، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، پست الکترونیک: ghofrani@srttu.edu

۳- دانشیار، گروه صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۴- دانش‌آموخته دکترای صنایع چوب و کاغذ، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

### چکیده

در این تحقیق، تأثیر افزودن آرد سویا به چسب اوره فرم آلدهید بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و میزان انتشار فرم آلدهید در تخته لایه بررسی شد. برای این منظور، ابتدا آرد سویا در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (بر اساس وزن خشک چسب اوره فرم آلدهید) با چسب اوره فرم آلدهید مخلوط و تخته سه لایه ناهمسو از لایه‌های گونه صنوبر ساخته شد. ویژگی‌های تخته‌های تولید شده از جمله انتشار فرم آلدهید مطابق استاندارد EN-717-3، مقاومت برشی بر اساس استاندارد EN-314 و جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت بر اساس استاندارد EN-317 اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که افزایش آرد سویا تا سطح ۱۵ درصد سبب کاهش ۲۹/۳۴ درصدی میزان انتشار فرم آلدهید گردید. همچنین افزایش سطح آرد سویا به چسب اوره فرم آلدهید تا سطح ۱۵ درصد سبب افزایش میزان مقاومت برشی نمونه‌ها شد. به علاوه، آزمون مقاومت به لایه شدن هم مطابق استاندارد ANSI/HPV-HP1 نتایج قابل قبولی (از نظر امکان استفاده از فرآورده در مکان‌های درون و برون ساختمانی) نشان داد. نتایج آزمون جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت نیز نشان داد که افزودن آرد سویا سبب افزایش اندک میزان جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت می‌گردد. به طوری که بیشترین میزان جذب آب مربوط به افزودن آرد سویا به چسب اوره فرم آلدهید در سطح ۱۰ بوده است، درحالی‌که واکنش‌دهی ضخامت نمونه‌ها از نظر آماری در همه سطوح آرد سویا در یک گروه نسبت به نمونه شاهد قرار گرفتند و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند.

واژه‌های کلیدی: آرد سویا، اوره فرم آلدهید، تخته لایه، مقاومت برشی، مقاومت به لایه شدن

### مقدمه

استفاده از چسب‌ها در ساخت وسازهای بشر محدود به قرن‌های اخیر نیست، حتی انسان‌های اولیه هم برای چسباندن سنگ‌ها از خاک و گل رس استفاده می‌کردند. پس نقش چسب و چسبندگی از ابتدا در زندگی بشر مهم و پررنگ بوده است. در گذشته برای تولید چندسازه‌های چوبی از چسب‌های

گیاهی و حیوانی استفاده می‌کردند، اما با توجه به ضعف این نوع چسب‌ها در مقابل آب و مقاومت کم آنها، استفاده از چسب‌ها بر پایه منابع فسیلی شامل چسب‌های پایه فرم-آلدهیدی مانند اوره فرم آلدهید، فنل فرم آلدهید و ملامین فرم-آلدهید و ایزوسیانات‌ها طی نیم قرن اخیر به شدت توسعه یافت (Zhang et al, 2014 & Gui et al., 2013). با توجه به

کاهش انتشار فرم آلدئید از محصولات ساخته شده از اوراق فشرده چوبی (به ویژه تخته خرده چوب و تخته فیبر) در دهه های اخیر انجام شده است که این تحقیقات را می توان در گروه های مختلف مانند بهینه کردن نسبت فرم آلدئید به اوره در طی فرایند ساخت چسب (کاهش فرم آلدئید آزاد موجود در چسب)، اصلاح و تقویت چسب اوره- فرم آلدئید، استفاده از چسب های جایگزین طبیعی و سنتزی غیر فرم آلدئیدی، استفاده از مواد جاذب فرم آلدئید، اصلاح شرایط فرایند تولید و آماده سازی تخته و تیمارهای پس از تولید دسته بندی نمود (Meyer et al., 1986). اخیراً محدودیت هایی بر میزان انتشار گاز فرم آلدئید از محصولات چوبی از سوی سازمان های نظارتی وضع شده است. به همین منظور برای کاهش انتشار فرم آلدئید، در طی دهه های گذشته روش های زیادی آزمایش و پیشرفت های زیادی حاصل شده است. (Moubarik et al., 2013, Costa et al., 2013, Kord et al., 2016).

رطوبت یکی از عامل هایی است که با نفوذ به اوراق فشرده چوبی از قبیل تخته خرده چوب و تخته فیبر باعث شکست پیوندهای بین اوره و فرم آلدئید می شود. Roffael و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر رطوبت بر انتشار فرم آلدئید در تخته خرده چوب و تخته فیبر ساخته شده با چسب اوره- فرم آلدئید اصلاح شده با تانن (TF) پرداختند. آنان مقدار فرم آلدئید باقی مانده و میزان انتشار فرم آلدئید از تخته های ساخته شده را با روش های پرفوریتور، آنالیز گازی، فلاسک و محفظه اندازه گیری نمودند. آنان مشاهده کردند که افزایش رطوبت در تخته های اصلاح شده با TF، باعث کاهش مقدار فرم آلدئید در تخته ها (روش پرفوریتور) و انتشار فرم آلدئید (روش های گاز آنالیز، فلاسک و اتافک) گردید. Liang و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر میزان انتشار فرم آلدئید از امدی اف، رطوبت می باشد که میزان آن با افزایش رطوبت افزایش می یابد.

هدف از این تحقیق ارزیابی قابلیت استفاده از آرد سویا به عنوان یک ماده طبیعی و دوست دار محیط زیست در راستای

محدودیت منابع نفتی و کاهش عرضه آن، به طوری که میلیون مترمکعب فرآورده های چوبی تولیدی جهان در راستای توسعه رفاهی به طور مستقیم در محل زندگی و کار مردم به عنوان کابینت آشپزخانه، کمد لباس، درآور و میز کار مورد استفاده قرار می گیرد و نگرانی در مورد استفاده از این نوع چسب ها به دلیل انتشار گاز فرم آلدئید آزاد در هنگام تولید و مصرف چندسازه های چوبی، محققان را بر آن داشت تا به دنبال جایگزین مناسبی برای نفت به عنوان ماده اولیه برای تولید فرآورده های مختلف از جمله چسب ها باشند (Chen et al., 2013). مهمترین چسب مورد استفاده در ساخت اوراق فشرده چوبی، چسب اوره فرم آلدئید می باشد.

اوره فرم آلدئید به دلیل ارزان بودن و واکنش پذیری سریع آن هنگام پرس گرم، پرمصرف ترین چسب در صنایع اوراق فشرده چوبی در دنیا می باشد (Costa, 2014). یکی از ایرادهای بزرگ چسب اوره فرم آلدئید، هیدرولیز پیوندهای شیمیایی ضعیف در هنگام تولید تخته و انتشار فرم آلدئید از آن می باشد. همچنین چسب سخت شده اوره فرم آلدئید نیز تحت تأثیر رطوبت و حتی در دمای اتاق، فرم آلدئید آزاد می نماید. به طور کلی، دو عامل اساسی انتشار فرم آلدئید از اوراق فشرده چوبی را می توان میزان فرم آلدئید آزاد موجود در چسب و هیدرولیز چسب منعقد شده در تخته تحت شرایط محیطی ذکر کرد (Marutzky et al., 1979).

بر اساس اطلاعات منتشر شده توسط سازمان جهانی پژوهش های سرطان ۱ در سال ۲۰۰۶، فرم آلدئید حتی در غلظت های کم از عوامل سرطان زا شناخته شده است و در معرض قرار گرفتن انسان با فرم آلدئید بسیار خطرناک و مضر می باشد. Li و همکاران (۲۰۱۶) اثر استنشاق گاز فرم آلدئید را مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید که گاز فرم آلدئید اثرهای مخربی همانند کاهش وزن، افسردگی و اضطراب روی موجودات دارد. به دلیل خطرناک بودن فرم آلدئید، هدف تولیدکنندگان اوراق فشرده چوبی، رساندن مقدار انتشار فرم آلدئید به کمترین مقدار ممکن است. تحقیقات زیادی برای

کاهش میزان انتشار فرم آلدهید از رزین ترکیبی استفاده شده در فرایند تولید تخته لایه می باشد.

## مواد و روش ها

### مواد

در این تحقیق از لایه های چوبی گونه صنوبر (*Populus deltoids*) با حداقل معایب به ضخامت ۲/۱ میلی متر، تولید شده به روش لوله بری در کارخانه افرا روکش آمل استفاده

گردید. لایه ها به ابعاد مورد نیاز برش داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰+ درجه سلسیوس در آون تا رطوبت ۹ درصد خشک شدند. چسب اوره-فرم آلدهید از کارخانه آمل رزین تهیه و مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است. از کلرید آمونیوم (*Ammonium chloride*) با فرمول شیمیایی  $NH_4Cl$  محلول ۳ درصد تهیه و به عنوان هاردنر (کاتالیزور) در فرایند ساخت تخته لایه استفاده گردید.

جدول ۱- مشخصات چسب اوره فرم آلدهید

ویژگی	ماده جامد (درصد)	دانسیته (گرم بر سانتی متر مکعب)	ویسکوزیته (سانتی پوآز)	اسیدیته	زمان گیرایی (ثانیه)
چسب اوره فرم آلدهید	۶۲/۴۸	۱/۳	۲۶۳/۹	۷/۶۵	۵۷

کنجاله سویا چربی گیری شده حاصل از سویا وارینه جی- تی ایکس از کارخانه بهپاک بهشهر (شهرک صنعتی بهپاک) خریداری شد و با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی به آرد تبدیل گردید.

از استیل استون و آمونیوم استات به ترتیب محصول شرکت های مرک و رانکم برای اندازه گیری میزان انتشار فرم آلدهید از تخته لایه های ساخته شده استفاده شد.

## روش ها

### آماده سازی آرد سویا

پس از یک مرحله غربال گری اولیه، کنجاله های سویا با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی آسیاب شدند. سپس با استفاده از الک های استاندارد آزمایشگاهی به دانه بندی مش ۱۰۰ غربال گردیدند و در بسته های پلاستیکی در یخچال در دمای ۱-۵ درجه سلسیوس نگه داری شدند.

### ساخت تخته سه لایه

برای این منظور، محلول های ترکیبی چسب با نسبت های ۵، ۱۰، ۱۵ درصد آرد سویا (بر مبنای وزن خشک چسب

اوره فرم آلدهید) با چسب اوره فرم آلدهید همراه با هاردنر به- میزان یک درصد (بر پایه وزن خشک چسب اوره) ترکیب و تهیه گردید. سپس سطوح رویین و زیرین لایه وسط به میزان ۳۰۰ گرم در متر مربع چسب زنی شد. در فرایند ساخت تخته سه لایه دمای پرس ۱۳۰ درجه سلسیوس، زمان پرس ۵ دقیقه و فشار پرس ۱/۵ مگاپاسکال و زمان پرس ۵ دقیقه در نظر گرفته شد. بعد از پایان مرحله پرس، به منظور مشروط سازی و یکنواخت سازی رطوبت تخته ها و همچنین متعادل سازی تنش های داخلی، تخته های ساخته شده در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی  $1 \pm 65$  درصد و حرارت  $3 \pm 20$  درجه سانتی گراد) قرار گرفت.

جدول ۲- کدبندی تیمارهای تحقیق

کد	درصد آرد سویا*	درصد هاردنر*
A	۰	۱
B	۵	۱
C	۱۰	۱
D	۱۵	۱

\*: بر مبنای وزن خشک چسب

## تیمارهای تحقیق

نحوه کدبندی تیمارهای تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده است.

## اندازه‌گیری میزان انتشار فرم‌آلدئید

میزان فرم‌آلدئید انتشار یافته از تخته لایه‌ها به روش فلاسک مطابق استاندارد EN-717-3 انجام شد. اندازه‌گیری میزان جذب فرم‌آلدئید بر اساس واکنش هنزش (Hantzsch) بوده است.

مطابق استاندارد نمونه‌هایی با ابعاد  $25 \times 25 \times 6$  میلی‌متر و به وزن مجموع ۲۰ گرم نیاز است. نمونه‌های تهیه شده از تخته لایه‌ها پس از آویزان شدن به درب فلاسک در فاصله ۴۰ میلی‌متری از سطح آب‌مقطر موجود در کف فلاسک قرار گرفتند. سپس فلاسک به مدت ۱۸۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفت. پس از آن محلول به دست آمده

از کف فلاسک، طبق واکنش هنزش (تشکیل دی‌استیل دی-هیدرولوتیدین (DDL) و با استفاده از دستگاه طیف‌سنج PG-T60، در طول موج ۴۱۲ نانومتر (DDL دارای حداکثر جذب موج در ۴۱۲ نانومتر می‌باشد) مورد طیف‌سنجی قرار گرفت.

$$F_v = \frac{(A_s - A_b) \times f \times 50 \times 10 \times (100 + H)}{m} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$(A_s - A_b)$ : اختلاف جذب اشعه UV بین محلول داخل

فلاسک ( $A_s$ ) با آب‌مقطر ( $A_b$ )

$f$ : شیب منحنی کالیبراسیون (mg/ml)

$H$ : میزان رطوبت نمونه‌ها در هنگام آزمون (%)

$m$ : وزن نمونه‌های داخل فلاسک در هنگام آزمون (g)

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

تعیین نمونه‌های آزمون برای ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها مطابق جدول ۳ انجام شد.

جدول ۳- آزمون‌های مربوط به ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌لایه‌های تولید شده

استاندارد	ابعاد نمونه‌ها (میلی‌متر)	تعداد آزمون در هر تیمار	نوع آزمون
EN-314	$25 \times 110$	۱۰	مقاومت برشی
ANSI/HPV-HP1	$50 \times 120$	۲۰	مقاومت به لایه‌لایه شدن
EN-317	$50 \times 50$	۸	جذب آب
EN-317	$50 \times 50$	۸	واکسیدگی ضخامت

گسیخته نشوند، تخته‌لایه مناسب برای استفاده در فضاهای بیرونی خواهد بود.

## نتایج

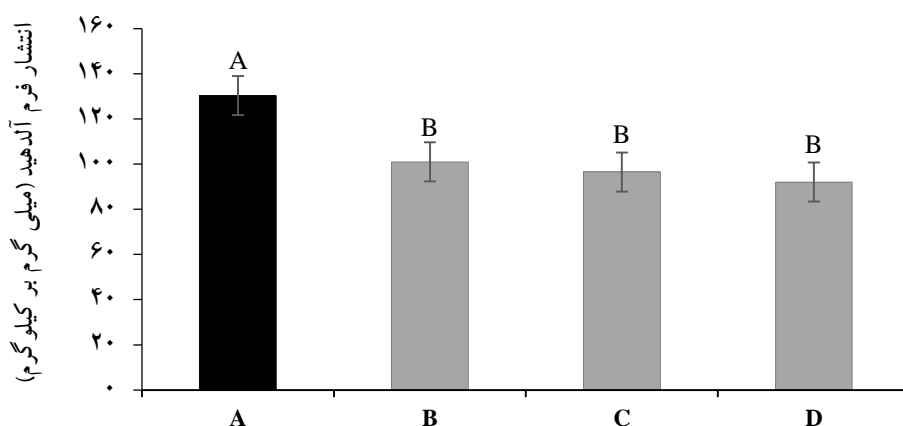
## انتشار فرم‌آلدئید

همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد مقدار آرد سویا تأثیر فراوانی بر انتشار فرم‌آلدئید تخته‌لایه داشت. به طوری که با افزایش مقدار آرد سویا، میزان انتشار گاز فرم‌آلدئید تخته‌ها کاهش یافت. طبق نتایج آماری تخته‌های ساخته شده با چسب اوره بالاترین مقدار انتشار فرم‌آلدئید (۱۳۰ میلی‌گرم

یکی از مشخصه‌های مهم چندسازه‌های چوبی مقاومت آنها در برابر آب می‌باشد. در این پژوهش بررسی مقاومت به آب تخته لایه‌ها بر اساس استاندارد ANSI HPV-HP1 انجام شد. برای این منظور نمونه‌ها طی سه دوره متوالی در آب با دمای  $2 \pm 24$  درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت غوطه‌ور و بعد در آون آزمایشگاهی به مدت ۱۹ ساعت با دمای  $2 \pm 50$  درجه سلسیوس خشک شدند. بر این اساس اگر ۹۵ درصد نمونه‌ها بعد از انجام دور اول آزمون گسیخته نشوند تخته‌لایه مناسب برای استفاده در فضاهای درونی هستند. همچنین اگر ۸۵ درصد نمونه‌ها بعد از دور سوم چرخه

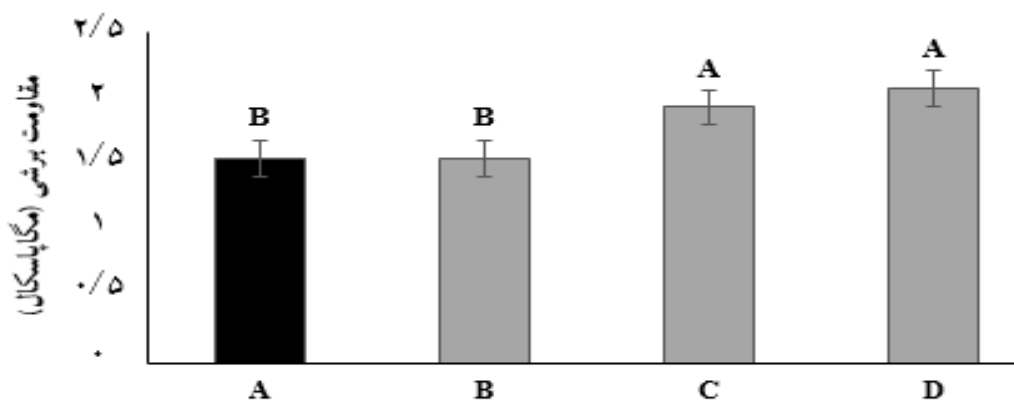
اساس آزمون مقایسه میانگین داده‌ها، دانکن همه نسبت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد سویا در ترکیب با چسب اوره فرم-یکدیگر نداشتند، ولی در مقایسه با نمونه‌های شاهد این اختلاف معنی‌دار بود.

بر کیلوگرم) و تخته‌های ساخته شده با ۱۵ درصد آرد سویا (کد D) پایین‌ترین مقدار انتشار فرم‌آلدهید (۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشتند. گرچه با افزایش مقدار آرد سویا به چسب اوره در فرایند ساخت تخته‌لایه از صفر درصد به ۱۵ درصد، انتشار فرم‌آلدهید به میزان ۲۹/۳۴ درصد کاهش یافت، اما بر



میزان اختلاط آرد سویا و چسب اوره فرم‌آلدهید (%).

شکل ۱- فرم‌آلدهید منتشر شده با چسب ترکیبی آرد سویا-اوره فرم‌آلدهید به روش فلاسک



میزان آرد سویا در اختلاط با چسب اوره فرم‌آلدهید (%).

شکل ۲- مقاومت برشی تخته‌لایه ساخته شده با چسب ترکیبی آرد سویا-اوره فرم‌آلدهید

۲ نشان داده شده است. بر این اساس، افزودن آرد سویا تأثیر معنی‌داری بر افزایش مقاومت برشی داشته است، به طوری که با افزایش مقدار آرد سویا از صفر درصد به ۱۵ درصد، مقاومت برشی تخته‌لایه‌ها نیز افزایش قابل توجهی داشته

### خصوصیات مکانیکی

#### مقاومت برشی تخته‌لایه

نتایج بررسی اثر افزودن آرد سویا به چسب اوره فرم‌آلدهید بر مقاومت برشی خشک آزمونه‌ها در شکل

است. البته افزایش انجام شده با افزودن نسبت‌های بالای سویا در ۱۰ و ۱۵ درصد رخ داده است. بر اساس آزمون مقایسه میانگین داده‌ها، دانکن، نتایج حاصل از مقایسه مقاومت برشی تخته‌لایه‌های ساخته شده با چسب ترکیبی آرد سویا-اوره فرم‌آلدهید نشان می‌دهد که استفاده از ۱۰ و ۱۵ درصد آرد سویا، می‌تواند سبب بیشترین میزان افزایش در مقاومت برشی خشک گردد.

### خصوصیات فیزیکی

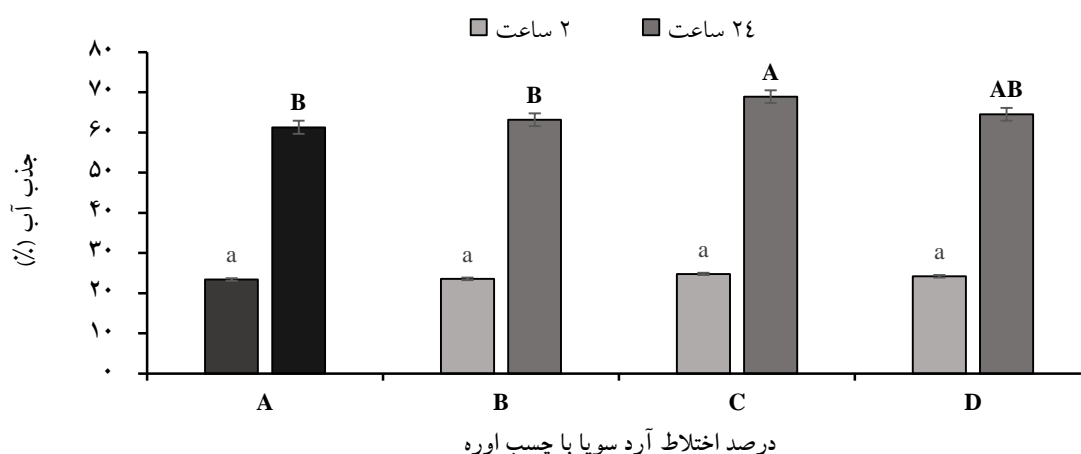
مقاومت به آب تخته‌لایه

مقاومت به آب تخته‌لایه‌ها بر اساس استاندارد

جدول ۴- مقاومت به آب تخته‌لایه‌های ساخته شده از انواع اختلاط آرد سویا با چسب اوره-فرم‌آلدهید

نوع اختلاط	دور اول	دور سوم	نتیجه
چسب اوره فرم‌آلدهید	۱/۲۰	۱/۲۰	قبول
چسب اوره+۵ درصد آرد سویا	۱/۲۰	۱/۲۰	قبول
چسب اوره+۱۰ درصد آرد سویا	۱/۲۰	۱/۲۰	قبول
چسب اوره+۱۵ درصد آرد سویا	۱/۲۰	۲/۲۰	قبول

اعداد صورت کسر بیانگر تعداد نمونه‌های از هم‌گسیخته و عدد مخرج کسر تعداد کل نمونه‌های مورد آزمایش می‌باشد.



شکل ۳- تأثیر درصدهای مختلف آرد سویا بر جذب آب تخته‌لایه‌ها

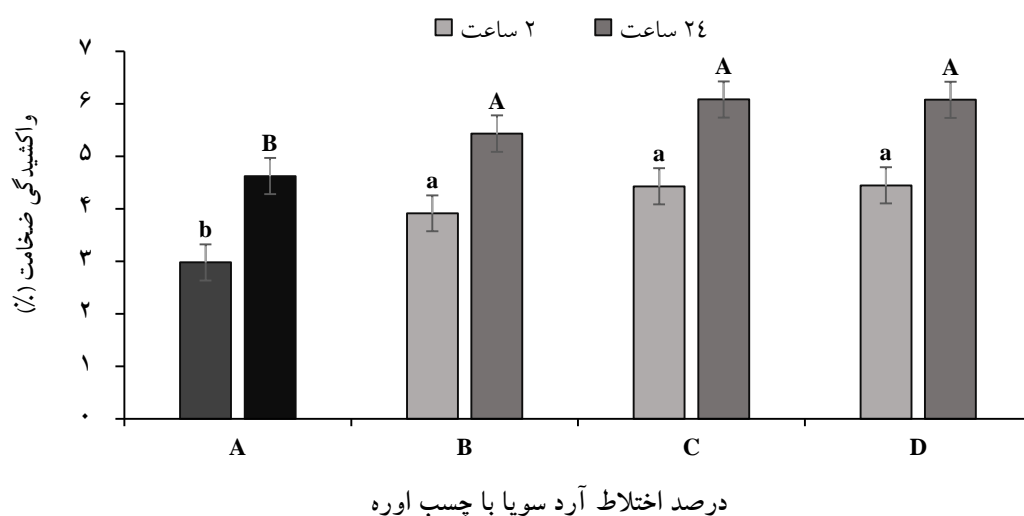
## جذب آب

تأثیر درصدهای مختلف آرد سویا بر جذب آب تخته‌لایه-ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش آرد سویا سبب افزایش میزان جذب آب می‌گردد، به طوری که بیشترین مقدار جذب آب در کوتاه‌مدت (۲ ساعت غوطه‌وری) مربوط به نمونه‌های ساخته شده با چسب ترکیبی آرد سویا (۱۰ درصد) -اوره فرم‌آلدئید (C) با اختلاف اندک ۱/۳۵۷ درصد نسبت به نمونه شاهد که با چسب اوره فرم‌آلدئید ساخته شده می‌باشد؛ اما همان‌طور که ملاحظه می‌شود این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبوده و همه در یک گروه قرار دارند. با افزایش زمان غوطه‌وری تا ۲۴ ساعت نیز بیشترین جذب آب مربوط به نمونه‌های ساخته شده با چسب ترکیبی آرد سویا (۱۰ درصد) -اوره فرم‌آلدئید (C) با اختلاف ۷/۶۱۸ درصد

نسبت به نمونه شاهد (A) بوده است. این اختلاف از نظر آماری نیز معنی‌دار است.

## واکشیدگی ضخامت

نتایج مربوط به درصد واکشیدگی ضخامت نمونه‌های ساخته شده با چسب ترکیبی آرد سویا-اوره فرم‌آلدئید در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با استفاده از آرد سویا به میزان ۱۰ درصد (C)، واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد در ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۱/۴۴۹ و ۱/۴۵۹ درصد افزایش یافته است؛ اما با توجه به نتایج آماری این اختلاف در سطوح مختلف مصرف آرد سویا بی‌معنی، اما در عین حال در مقایسه با نمونه شاهد (A) اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۴- تأثیر درصدهای مختلف آرد سویا بر واکشیدگی ضخامت تخته‌لایه‌ها

## بحث

باقی‌مانده در کامپوزیت‌های اتصال یافته با رزین اوره فرم-آلدئید است که به صورت گاز در ساختار آنها محبوس شده، همچنین به دلیل هیدرولیز پیوندهای ضعیف در اثر جذب آب تخته است. هیدرولیز پیوند ضعیف فرم‌آلدئید از گروه‌های

همان‌طور که مشاهده شد با افزودن آرد سویا به چسب اوره فرم‌آلدئید، انتشار فرم‌آلدئید کاهش می‌یابد. انتشار فرم‌آلدئید در محل سرویس به دلیل حضور فرم‌آلدئید

ترکیب با چسب اوره فرم آلدهید سبب ایجاد روند کاهش بر میزان انتشار فرم آلدهید و افزایش مقاومت برشی در تخته لایه ها شد.

از سویی، تخته های ساخته شده با نسبت های مختلف آرد سویا طی فرایند بررسی مقاومت به آب در دوره های غوطه وری و خشک کردن، در پایان دوره، همانند تخته های ساخته شده با چسب اوره فرم آلدهید دچار ازهم گسیختگی (Delamination) شدند اما مطابق استاندارد نتایج قابل قبولی ارائه کردند.

نتایج آماری بررسی جذب آب تخته لایه های ساخته شده با چسب های ترکیبی مورد نظر در این پژوهش نشان دادند که افزودن آرد سویا سبب افزایش میزان جذب آب می گردد، به طوری که بیشترین مقدار جذب آب در ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به تخته لایه های ساخته شده با چسب آرد سویا (۱۰ درصد) - اوره فرم آلدهید می باشد.

در بررسی میزان واكشیدگی ضخامت نیز افزودن آرد سویا به چسب اوره فرم آلدهید سبب افزایش میزان واكشیدگی ضخامت شد. بنابر نتایج به دست آمده از این تحقیق، می توان نسبت اختلاط ۱۰ درصد آرد سویا - اوره فرم آلدهید (C) را به عنوان نسبت بهینه انتخاب و معرفی کرد. به طور کلی آرد سویا به دلیل فراوانی، قیمت کم و عدم اثرهای مخرب زیست محیطی می تواند در ترکیب با چسب اوره فرم آلدهید با هدف کاهش میزان مصرف چسب اوره فرم آلدهید در صنعت تولید فرآورده های چوبی مورد استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر با توجه به نتایج این مطالعه، این ماده امکان کاهش میزان انتشار فرم آلدهید و بهبود ویژگی های مکانیکی تخته لایه را دارد. با افزودن آرد سویا به چسب اوره فرم آلدهید می توان به سمت ساخت فرآورده های چوبی سبز و مقاوم حرکت کرد که در مقایسه با فرآورده های ساخته شده با چسب اوره فرم آلدهید از مزیت های بیشتری همانند طبیعی بودن، عدم انتشار فرم آلدهید، افزایش مقاومت مکانیکی و کاهش هزینه چسب برخوردار باشند. همچنین می توان گفت چسب در شرایط فرایندی متفاوت ساخت فرآورده های چوبی عملکرد متفاوتی نشان می دهد و ضروری است که برای

N - متیلول، استال ها و همی استال ها و هیدرولیز پل های متیلن اتر در موارد شدیدتر (دما و رطوبت بالا) نیز مقدار فرم آلدهید قابل انتشار را افزایش می دهد. در مواجهه با رطوبت، رزین اوره فرم آلدهید کمی هیدرولیز شده و هیدرولیز در دماهای بالا افزایش می یابد (Dunky, 1998; Aydin et al., 2006). از آنجایی که آرد سویا به علت داشتن کربوهیدرات ها (قندها) و پروتئین های آب دوست، سبب جذب رطوبت می گردد، به نظر می رسد محیط فرایند توسط آرد سویا رطوبت گیری شده و به نسبت کم شدن رطوبت که عامل هیدرولیز است، میزان انتشار فرم آلدهید کاهش می یابد.

نتایج نشان دادند که افزودن آرد سویا به چسب اوره موجب افزایش مقاومت برشی می شود. اوره یکی از مواد شیمیایی است که می تواند سبب بهبود ویژگی های چسب سویا گردد. اوره می تواند با باز کردن ساختارهای سوم و چهارم پروتئین سبب بهبود گیرایی آن شود (Tanford, 1968). اوره دارای اتم های اکسیژن و هیدروژن می باشد و می تواند به صورت فعال با گروه های هیدروکسیل پروتئین ها واکنش دهد و پیوندهای هیدروژنی زنجیره پروتئینی را گسسته و آنها را از هم باز کند. این واکنش ها در نهایت سبب افزایش نقاط پیوند در زنجیره پروتئین می شوند و عملکرد چسب های پروتئینی مانند سویا را ارتقاء می دهند (Sun, Bian & 1999; Tanford, 1986).

دلیل مقاومت کم چسب های ساخته شده از آرد سویا در برابر آب، وجود کربوهیدرات ها (قندها) و پروتئین های آب دوست در ترکیب آرد سویا می باشد. کربوهیدرات هایی مانند سلولز، همی سلولز، پکتین و نشاسته به دلیل آب دوستی بالا سبب تخریب چسب سویا و پدیده لایه لایه شدن یا ازهم گسیختگی لایه ها در تخته لایه می شوند. همچنین اختلاف آماری معنی دار در میزان جذب آب نیز مشابه گزارش Hettiarachchy و همکاران (۱۹۹۵)؛ Sun و Bian (۱۹۹۹) و Zhu و همکاران (۲۰۱۴) می باشد.

#### نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، افزایش میزان آرد سویا در



- Liang, W., Lv, M. and Yang, X., 2016. The effect of humidity on formaldehyde emission parameters of a medium-density fiberboard: Experimental observations and correlations. *Building and Environment*, 101, 110-115.
- Li, Y., Song, Z., Ding, Y., Xin, Y., Wu, T., Su, T. and Lian, Z., 2016. Effects of formaldehyde exposure on anxiety-like and depression-like behavior, cognition, central levels of glucocorticoid receptor and tyrosine hydroxylase in mice. *Chemosphere*, 144, 2004-2012.
- Marutzky R., Roffael E. and Ranta I., 1979. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dem Molverhältnis und der Formaldehydabgabe bei Harnstoff-formaldehyde-Leimharzen. *Holz als Roh-Werkstoff*, 37(2):303-307.
- Roffael, E., Schneider, T. and Dix, B., 2015. Influence of moisture content on the formaldehyde release of particle-and fibreboards bonded with tannin-formaldehyde resins. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73(5), 597-605.
- Moubarik, A., Mansouri, H.R., Pizzi, A., Allal, A., Charrier, F., Badia, M.A. and Charrier, B., 2013. Evaluation of mechanical and physical properties of industrial particleboard bonded with a corn flour-urea formaldehyde adhesive. *Composites: Part B*, 44: 48-51
- Meyer B. and Hermanns K., 1986. Formaldehyde release from wood products: An overview. *ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, USA*.
- Sun, X. and Bian, K., 1999. Shear Strength and Water Resistance of Modified Soy Protein Adhesives. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76 (8): 977-980.
- Tanford C., 1968. Protein Denaturation in *Advances in Protein Chemistry*, edited by C.B. Anfinsen, M.L. Anson, J.T. Edsall, and F.M. Richards, Academic Press, Inc., 121-281.
- Zhang, Y., Zhu, W., Lu, Y., Gao, Zh. and Gu, J., 2014. Nano-scale Blocking Mechanism of MMT and its Effects on the Properties of Polyisocyanates-modified Soybean Protein Adhesive. *Industrial Crops and Products*, 57: 35-42.
- Zhu D. and Damodaran S., 2014. Chemical Phosphorylation Improves the Moisture Resistance of Soy Flour-based Wood Adhesive, *Journal of Applied Polymer Science*, DOI: 10.2002/APP.40451.

دستیابی به ویژگی‌های مطلوب فرآورده‌های چوبی، متغیرهای فرایندی ساخت تخته‌ها و ویژگی‌های چسب باهم متناسب باشند.

### منابع مورد استفاده

- American National Standard for Hardwood and Decorative Plywood, 2009. ANSI/HPVA HP-1, 36 pp.
- Aydin, I., Colakoglu, G., Colak, S. and Demirkir, C., 2006. Effects of moisture content on formaldehyde emission and mechanical properties of plywood. *Building and Environment*, 41:1311-1316.
- Chen, N., Lin, Q., Zeng, Q. and Rao, J., 2013. Optimization of Preparation Conditions of Soy Flour Adhesive for Plywood by Response Surface Methodology. *Industrial Crops and Products*, 51: 267-273.
- Costa N A D., Pereira J., Ferra J., Cruz P., Martins J M., Magalhães, F.D., Mendes A. and Carvalho L. H., 2014. Formaldehyde emission in wood based panels: Effect of curing reactions. *International Wood Products Journal*, 5(3):146-160
- Costa, N.A., Pereira, J., Ferra, J., Cruz, P., Martins, J., Magalhaes, F.D., Mendes, A. and Carvalho, L.H., 2013. Scavengers for achieving zero formaldehyde emission of wood-based panels. *Wood Science and Technology*, 47:1261-1272.
- Dunky M., 1998. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 18: 95-107.
- Gui, C., Wang, G., Wu, D., Zhu, J. and Liu, X., 2013. Synthesis of a Bio-based Polyamido amine Epichoro hydrin Resin and its Application for Soy-based Adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 44:237-242.
- Hettiarchy N.S., Kalapathy U. Myers D.J., 1995. Alkali-Modified Soy Protein with Improved Adhesive and Hydrophobic Properties, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 72(12): 1461-1464
- Kord, B., Sheikholeslami, A. and Najafi, A., 2016. A Study on Creep Behavior of a Wood Flour-Polypropylene Nanoclay Hybrid Composite. *Iranian journal of wood and paper industries*, 7(1): 1-12. (In Persian).

## Effect of soy flour addition to urea-formaldehyde resin on plywood strength properties and formaldehyde emission

S. B. Hosseini<sup>1</sup>, M. Ghofrani<sup>2\*</sup>, H. R. Taghiyari<sup>3</sup> and S. Ghahri<sup>4</sup>

1- M.Sc., Wood and Paper Science and Technology Department, Faculty of Natural Resources, Wood and Paper Planet Responsible, Noor, Iran

2\*-Corresponding Author, Assistant Prof., Wood Science and Technology Department, Materials Engineering & New Technologies Faculty, Shahid Rajaei Teacher Training University, Lavizan, Tehran, Iran, Email: ghofrani@srttu.edu

3-Associate Prof., Wood Science and Technology Department, Materials Engineering & New Technologies Faculty, Shahid Rajaei Teacher Training University, Lavizan, Tehran, Iran

4-Ph.D., Wood Science and Technology Department, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: Jan., 2019

Accepted: April, 2019

### Abstract

In this research, the effect of soy flour addition to urea-formaldehyde resin on physical, mechanical properties of plywood and formaldehyde emission was investigated. Soy flour was mixed with urea-formaldehyde adhesive in three levels of 5, 10 and 15% (based on dry weight of urea-formaldehyde adhesive) and three-layer plywood was manufactured from the resultant adhesive and poplar veneer. Properties of manufactured plywood including formaldehyde emission according to EN-717-3 standard, shear strength according to EN-314 standard and water absorption and thickness swelling according to EN-317 standard were measured. The results indicated that addition of soy flour up to 15% decreased formaldehyde emission up to 29.34% and increased shear strength of panels. Moreover, delamination test (According to ANSI/HPV-HPV1 Standard) presented acceptable results. The results obtained from water absorption and thickness swelling after 2h and 24h immersion in water showed that addition of soy flour increased the value of water absorption and thickness swelling.

**Keywords:** Soy flour, urea-formaldehyde, plywood, shear strength, delamination.