

## بررسی ویژگی‌های تخته خرده‌چوب سبز ساخته‌شده با چسب طبیعی آرد ذرت / آرد کنجاله سویا

عمید فلاحت‌نژاد<sup>۱</sup>، حمیدرضا منصور<sup>۲\*</sup>، فرزانه حیدری<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فراورده‌های چندسازه چوب، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل

۲. دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل

۳. دانشجوی دکتری فراورده‌های چندسازه چوب، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷

### چکیده

هدف این تحقیق، ساخت تخته خرده‌چوب سبز با چسب طبیعی حاصل از آرد ذرت / آرد کنجاله سویا و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی آن در شرایط مختلف پرس برای کاربرد در محیط خشک است. فشار پرس در دو سطح ۱۵ و ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس در سه سطح ۶۰، ۶۶۰ و ۷۲۰ ثانیه به‌عنوان عوامل متغیر چسب حاصل در نظر گرفته شد. برای ساخت چسب، آرد ذرت / آرد کنجاله سویا با نسبت برابر با آب مخلوط و به‌منظور کاهش گرانبروی و افزایش خاصیت چسبندگی، به‌ترتیب اسید سولفوریک و هیدروکسید سدیم به ترکیب چسب افزوده شد. سپس خرده‌چوب‌ها با چسب آماده‌شده به میزان ۱۵ درصد وزن خشک خرده‌چوب، چسب‌زنی و در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد پرس شدند. نمونه‌ها برای اجرای آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی براساس استانداردهای اروپایی تهیه شدند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های خمشی و چسبندگی داخلی با افزایش زمان پرس تا ۶۶۰ ثانیه افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین چسبندگی داخلی با مقدار ۰/۵ مگاپاسکال در تخته حاصل تحت فشار پرس ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس ۶۶۰ ثانیه بود. همچنین مقدار جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری با افزایش زمان پرس تا ۶۶۰ ثانیه کاهش یافت. از این رو این چسب می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای چسب اوره‌فرمالدهید که دارای خطر انتشار گاز فرمالدهید در مکان‌های داخلی است، مطرح باشد.

واژه‌های کلیدی: آرد ذرت، آرد کنجاله سویا، تخته خرده‌چوب سبز، چسب طبیعی، خواص فیزیکی و مکانیکی.

### مقدمه

چسب مصرفی، درصد رطوبت خرده‌چوب‌ها، دما، فشار، زمان پرس و غیره تأثیرگذارند. امروزه چسب‌های دارای فرمالدهید از قبیل رزین‌های فنل فرمالدهید و اوره‌فرمالدهید، اغلب در فراورده‌های مرکب چوبی استفاده می‌شوند. چسب‌های دارای فرمالدهید از صنایع پتروشیمی تجدیدناپذیر مشتق می‌شوند و در نهایت در عرضه محدودند [۱]. بنابراین رشد و بقای صنعت موفق تخته خرده‌چوب به توسعه چسب جدید حاصل از مواد تجدیدپذیر بستگی دارد [۲]. به همین

تخته خرده‌چوب از مهم‌ترین فراورده‌های مرکب چوبی است که به‌دلیل داشتن ساختار ویژه، استفاده از منابع کم‌ارزش و ایجاد ارزش افزوده فراوان به‌عنوان صنعت صرفه‌جو در مصرف چوب مورد توجه فراوان قرار گرفته است. در ساخت تخته خرده‌چوب عوامل مختلفی از قبیل نوع و مقدار

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۸۹۲۰۲۰۲۱

Email: hamidreza.mansouri@gmail.com

ترکیبی از پلی ساکاریدها مانند سلولز، همی سلولز و پکتین است. اسید آمینه‌های موجود در پروتئین‌ها با اتصالات آمیدی به زنجیره پلی پپتیدی<sup>۳</sup> متصل می‌شوند. زنجیره‌های پلی پپتیدی به صورت یک ساختار سه بعدی پیچیده با پیوندهای دی سولفیدی و هیدروژنی با یکدیگر ارتباط دارند [۸]. عمده ترین کربوهیدراتی که در بیشتر گیاهان ذخیره شده نشاسته است که نوعی پلی ساکارید زیست تخریب پذیر، فراوان، غیرسمی و ارزان است که از طریق سنتز ذرت، سیب زمینی، برنج یا دیگر گیاهان به کمک پلیمریزاسیون واحدهای دکستروز به دست می‌آید و دارای دو ساختمان خطی (آمیلاز) و شاخه‌ای (آمیلوپکتین)<sup>۵</sup> است [۹]. نشاسته به عنوان چسب در دامنه گسترده‌ای از محصولات مانند اتصال دهنده‌ها، بتونه‌ها و مواد آهارزنی استفاده می‌شود. نشاسته، چسب‌هایی با میل ترکیبی زیاد با مواد قطبی مانند سلولز تولید می‌کند. در حالت مطلوب، زاویه تماس بین چسب و زمینه باید کوچک باشد تا چسب بتواند سطح را مرطوب کند و به طور یکنواخت پخش شود. پس چسب‌های بر پایه نشاسته، سطح قطبی سلولز را مرطوب و به منافذ و روزنه‌ها نفوذ می‌کنند و سبب اتصالات چسبنده قوی می‌شوند [۱۰]. بنابراین چسب‌های نشاسته و پروتئین سویا، به دلیل نگرانی‌های زیست محیطی جایگزین مناسبی برای رزین‌های مصنوعی به شمار می‌روند [۱۱]. در این تحقیق، به منظور رفع مشکل انتشار فرمالدهید از چسب ترکیبی بدون فرمالدهید آرد ذرت / آرد کنجاله سویا استفاده شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب ساخته شده از چسب طبیعی با هدف کاربرد در محیط خشک بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

### مواد اولیه

تهیه خرده چوب: خرده چوب صنعتی از کارخانه صنعت چوب شمال در شهرستان گنبد استان گلستان تهیه شد.

دلیل، استفاده از چسب‌های طبیعی توجه زیادی را جلب کرده است و چسب‌هایی بر پایه لیگنین، تانن، نشاسته، سویا و ... به صورت تنها یا ترکیبی بررسی شده‌اند [۳]. Moubarik و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که مقاومت‌های مکانیکی تخته خرده چوب ساخته شده با چسب ترکیبی نشاسته ذرت، تانن میموزا و اوره فرمالدهید در مقایسه با چسب اوره فرمالدهید بهبود چشمگیری داشت [۴]. نتایج تحقیقات Li و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبرهای ساخته شده با چسب سویا در مقایسه با تخته فیبرهای ساخته شده با چسب‌های مصنوعی برای کاربردهای داخلی قابل قبول است و مشکل انتشار فرمالدهید را نیز ندارد [۵]. Wu و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی چسب بر پایه سویا با اتصال دهنده عرضی ملامین- گلی اکسال<sup>۱</sup> دریافتند که چسب حاصل سبب بهبود مقاومت برشی مرطوب تخته لایه شد [۶]. چسب ترکیبی لیگنین و پروتئین سویا ساخته شده توسط Luo و همکاران (۲۰۱۵)، دارای درصد مواد جامد ۳۲/۶۵ و گرانیوی ۴۹۹۴۰۰ پاسکال ثانیه است که برای کاربرد صنعتی تخته لایه قابل قبول است [۷]. اغلب تحقیقات گذشته به بررسی عملکرد چسب‌های طبیعی مختلف بر خواص فرآورده پرداخته‌اند، اما تاکنون پژوهشی درباره استفاده از چسب ترکیبی آرد ذرت و آرد کنجاله سویا در تخته خرده چوب انجام نگرفته است. در این تحقیق، خصوصیات فرآورده حاصل از چسب ترکیبی جدید و ارزان قیمت آرد ذرت با منشأ نشاسته و آرد کنجاله سویا با منشأ پروتئینی در شرایط مختلف پرس بررسی شد.

سویا گیاهی ارزشمند با ساختار شیمیایی متشکل از پروتئین (۴۰ درصد وزنی)، روغن (۲۱ درصد وزنی)، کربوهیدرات (۳۴ درصد وزنی)، خاکستر و مواد معدنی (۴/۹ درصد وزنی) است [۷]. روغن سویا شامل تری گلیسرید<sup>۲</sup> اسیدهای اشباع و غیر اشباع و کربوهیدرات‌های آن شامل

3. Polypeptide chain

4. amylose

5. amylopectin

1. Melamine- glyoxal

2. triglyceride

### ساخت تخته خرده‌چوب‌های آزمایشگاهی

خرده‌چوب‌ها با رطوبت ۵ درصد با ترازوی دیجیتالی با دقت ۲ گرم توزین و با چسب آماده‌شده به میزان ۱۵ درصد وزن خشک خرده‌چوب، به‌صورت مکانیکی با استفاده از دستگاه چسب‌زن آزمایشگاهی به‌مدت ۲ دقیقه به‌طور یکنواخت مخلوط شدند. سپس کیک خرده‌چوب به‌صورت یک لایه و همگن با خرده‌چوب‌های درشت توسط یک قالب به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر به‌صورت دستی تشکیل شد و با استفاده از پرس هیدرولیک آزمایشگاهی مدل RANJBAR- SWP در دمای ثابت ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، دو سطح فشار ۱۵ و ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، در زمان‌های ۶۰۰، ۶۶۰ و ۷۲۰ ثانیه پرس شد. در نهایت تخته‌ای با چگالی ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت ۱ سانتی‌متر ساخته شد. در این بررسی از ترکیب دو متغیر فشار پرس در دو سطح ۱۵ و ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان‌های پرس ۶۰۰، ۶۶۰ و ۷۲۰ ثانیه، شش تیمار حاصل شد (جدول ۱) که برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد و در مجموع هجده تخته آزمایشگاهی ساخته شد. تخته‌ها بعد از ساخت به‌منظور متعادل‌سازی رطوبت و کاهش تنش‌های داخلی به‌مدت دو هفته در شرایط استاندارد شامل دمای ۲۰±۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد قرار گرفتند. تخته‌ها پس از کناره‌بری، براساس استاندارد EN (1993) [12]326-1 برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی به نمونه‌های آزمون‌ی برش داده شدند.

آماده‌سازی آرد ذرت: پایین‌ترین درجه ذرت علوفه‌ای برای تولید چسب طبیعی آرد ذرت / آرد کنجاله سویا تهیه شد. ذرت به‌وسیله آسیاب آزمایشگاهی به آرد تبدیل و در ظروف پلاستیکی در دمای محیط نگهداری شد.

آماده‌سازی آرد کنجاله سویا: پایین‌ترین درجه سویای روغن‌گیری‌شده، برای تولید چسب ترکیبی آرد ذرت / آرد کنجاله سویا انتخاب و توسط آسیاب آزمایشگاهی به آرد سویا تبدیل شد و با دستگاه الک ارتعاشی، ذرات عبوری از الک ۱۴۰ مش به‌کار گرفته شده و در ظروف پلاستیکی در دمای محیط نگهداری شد.

### آماده‌سازی چسب

برای تولید این چسب، ابتدا آرد کنجاله سویا با آرد ذرت (به نسبت برابر ۵۰:۵۰) مخلوط شدند. سپس با استفاده از همزن مکانیکی با دور تند، با آب مقطر مخلوط و در آب پراکنده شدند. برای کاهش گرانی، ۲۴ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به مخلوط آرد کنجاله سویا / آرد ذرت افزوده شد، مخلوط حاصل به‌وسیله ماکروویو حرارت داده شد. مخلوط تولیدشده دارای خاصیت چسبندگی کمی بود؛ برای تغییر حالت این مخلوط به حالت ژلاتینی و چسبند و همچنین کنترل pH، ۱۰۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۳۳ درصد به مخلوط چسب اضافه و با همزن مکانیکی کاملاً مخلوط شد. سپس چسب ترکیبی آرد ذرت / آرد کنجاله سویا با ماده جامد ۴۰ درصد آماده شد.

جدول ۱. کد نمونه‌های آزمون‌ی تحت شرایط مختلف پرس

کد نمونه	شرایط پرس
A	فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان ۶۰۰ ثانیه
B	فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان ۶۶۰ ثانیه
C	فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان ۷۲۰ ثانیه
D	فشار ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان ۶۰۰ ثانیه
E	فشار ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان ۶۶۰ ثانیه
F	فشار ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان ۷۲۰ ثانیه

## اندازه‌گیری خواص مکانیکی تخته‌ها

برای اجرای آزمون‌های چسبندگی داخلی و مقاومت خمشی، تخته‌ها به ترتیب براساس استانداردهای EN 319 (1993) [۱۳] و EN 310 (1993) [۱۴] برش داده شدند و اندازه‌گیری خواص به‌وسیله دستگاه HOUNS field H25ks انجام گرفت. آزمون چسبندگی داخلی روی نمونه‌هایی به ابعاد  $10 \times 49 \times 49$  میلی‌متر و سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر بر دقیقه و آزمون خمش روی نمونه‌هایی به ابعاد  $10 \times 49 \times 250$  میلی‌متر و با سرعت بارگذاری ۳ میلی‌متر بر دقیقه انجام گرفت.

## اندازه‌گیری خواص فیزیکی تخته‌ها

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در تخته‌ها طبق استاندارد EN 317 (1993) [۱۵] اندازه‌گیری شد. ابتدا ضخامت و وزن اولیه نمونه‌ها بعد از مشروط‌سازی ثبت شد. برای اندازه‌گیری جذب آب و واکنشیدگی ضخامت، وزن و ضخامت تر آنها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری

در آب تعیین شد. ضخامت آنها به‌وسیله کولیس با دقت  $0.02$  میلی‌متر و وزن آنها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت  $0.001$  گرم اندازه‌گیری شد.

## روش آماری

اثر عوامل متغیر بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با نرم‌افزار SPSS 21 تجزیه و تحلیل شد. همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چنددامنه‌ای دانکن (DMRT) در سطح اطمینان ۹۹ درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

گروه‌بندی دانکن خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده با آرد ذرت / آرد کنجاله سویا در جدول ۲ و نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خواص تخته خرده‌چوب‌ها در جدول ۳ آمده است.

جدول ۲. گروه‌بندی دانکن آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های سبز

نمونه‌های آزمونی						صفات اندازه‌گیری شده	
F	E	D	C	B	A		
c	a	b	d	b	cd	چسبندگی داخلی (MPa)	
f	a	d	e	b	c	مدول الاستیسیته (MPa)	
c	ab	c	c	a	bc	مدول گسیختگی (MPa)	
ab	b	ab	a	b	a	۲ ساعت	جذب آب (%)
bc	d	cd	ab	c	a	۲۴ ساعت	
bc	d	cd	ab	a	cd	۲ ساعت	واکنشیدگی ضخامت (%)
bc	e	d	a	b	c	۲۴ ساعت	

حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن است.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های سبز

مقدار $F$ و معنی‌دار بودن							درجه آزادی	منبع تغییرات
واکنشیدگی ضخامت		جذب آب		مدول گسیختگی	مدول الاستیسیته	چسبندگی داخلی		
۲۴ ساعت	۲ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت					
۲۵۸/۸۵۲**	۳۱/۲۸۵**	۴۵/۲۰۸**	۸/۱۰۱*	۲/۱۳۳ <sup>n.s</sup>	۳۱/۱۶۳**	۶/۵۵*	۱	فشار پرس (A)
۴۳/۹۰۹**	۱۳/۲۳۳**	۴/۵۹۵*	۵/۱۳۳*	۱/۲۹۱ <sup>n.s</sup>	۱/۷۴۹**	۲۴/۱۴۸**	۲	زمان پرس (B)
۹۹/۶۰۴**	۹/۲۱۳**	۱۶/۸۸۳**	۱۳/۷۳۲**	۴۶/۱۶۸**	۳/۷۰۶**	۹۵/۸۰۴**	۲	اثر متقابل فشار و زمان پرس (A*B)

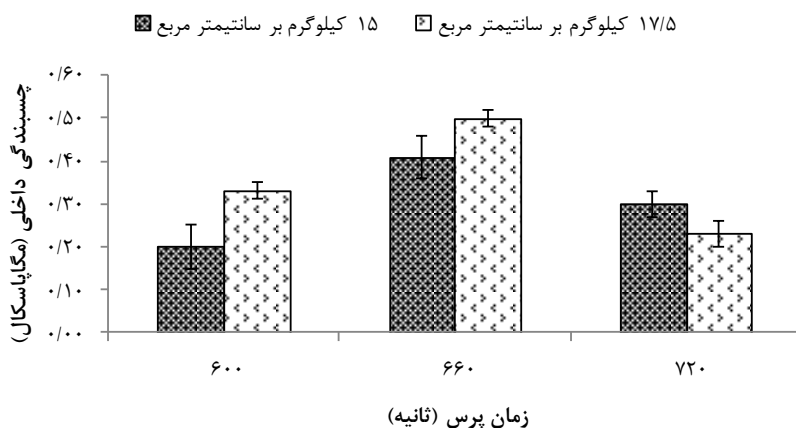
\*\* : معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ \* : معنی‌داری در سطح ۵ درصد؛ <sup>n.s</sup> : معنی‌دار نیست.

## 1. Duncan's Multiple Range Tests

### چسبندگی داخلی

چسبندگی داخلی نشان‌دهنده همگنی و کیفیت اتصال بین خرده‌ها و چسب است. میانگین چسبندگی داخلی تخته‌های سبز در شرایط مختلف پرس با هدف کاربرد در محیط خشک در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر متقابل فشار و زمان پرس بر چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب‌های ساخته‌شده در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۳). نتایج حاصل داد که افزایش زمان پرس از ۶۰۰ به ۶۶۰ ثانیه و افزایش فشار پرس از ۱۵ به ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، سبب افزایش چسبندگی داخلی تخته‌ها شده است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین چسبندگی داخلی با مقدار ۰/۵ مگاپاسکال در تخته حاصل تحت فشار پرس ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس ۶۶۰ ثانیه به‌دست آمد که از سطح استاندارد اروپایی (EN 312 (1996) [۱۶] (۰/۴ مگاپاسکال) بالاتر است. با افزایش زمان پرس از ۶۰۰ به ۶۶۰ ثانیه چسبندگی داخلی بهبود یافت. افزایش زمان پرس سبب می‌شود که انتقال حرارت به لایه میانی یک خرده‌چوب طی پرس گرم به اندازه کافی انجام گیرد و با کامل شدن فرایند سخت شدن چسب، کیفیت اتصالات بین ذرات خرده‌چوب افزایش یابد و سبب بهبود ویژگی‌های تخته‌ها شود. افزایش زمان پرس فرصت

کافی را برای خروج بخار آب از تخته فراهم و شرایط را برای تکمیل شدن اتصالات مهیا می‌کند. افزایش زمان پرس تا حد معینی سبب ایجاد اتصال مناسب و خروج آب متراکم‌شده از لایه‌های میانی تخته‌ها شد. این فرایند به کاهش تنش‌های داخلی چوب و تخریب نشدن اتصالات انجامید و تحکیم اتصالات بین چسب و چوب را در پی داشت [۱۷]؛ ولی با افزایش زمان از ۶۶۰ به ۷۲۰ ثانیه چسبندگی داخلی کاهش یافت، زیرا با افزایش زمان پرس، پیوندهای هیدروژنی بین آمیلوپکتین و آمیلوز موجود در نشاسته با گروه‌های واکنش‌پذیر دچار تخریب می‌شود و آرد ذرت موجود در چسب به دلیل تحمل دمای زیاد پرس در زمان بیشتر تخریب شده و سبب سست شدن اتصالات درونی تخته می‌شود و به همین دلیل خواص مکانیکی تخته‌ها کاهش می‌یابد [۱۸]. به‌طور کلی با افزایش زمان پرس، به‌علت تخریب اتصالات چسب و خرده‌چوب توسط حرارت و کاهش کیفیت لایه‌های سطحی و میانی تخته، ویژگی‌های مکانیکی آن با افت معنی‌داری روبه‌رو می‌شود. با افزایش فشار پرس از ۱۵ به ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، چسبندگی داخلی بهبود یافت؛ زیرا با افزایش فشار پرس، مقدار بخار آب در یک خرده‌چوب در داخل پرس افزایش می‌یابد و افزایش بخار آب موجب کاهش تردی خرده‌چوب‌ها می‌شود که به ایجاد پیوند محکم‌تر بین خرده‌چوب و چسب کمک می‌کند [۱۹].

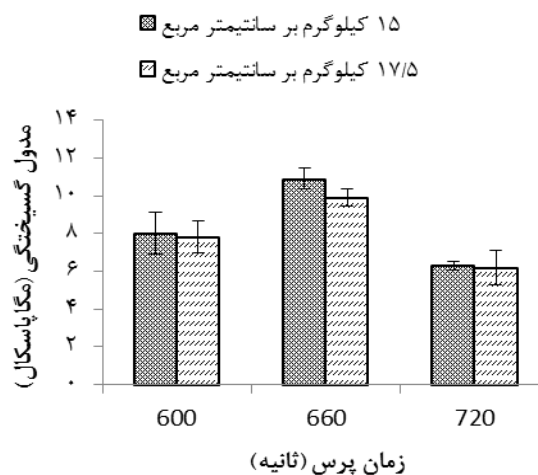
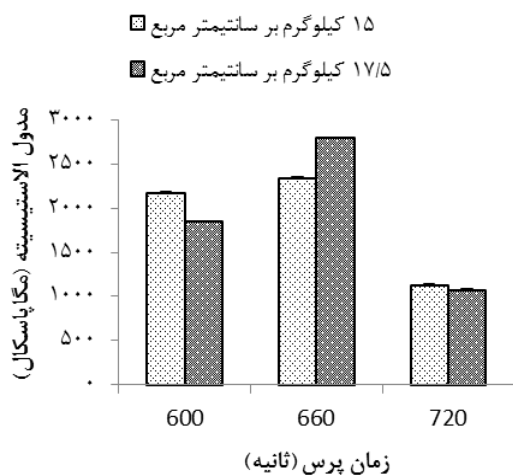


شکل ۱. اثر متقابل زمان و فشار پرس بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته‌شده با آرد ذرت / آرد کنجاله سویا

## ویژگی‌های خمشی

شکل ۲ میانگین مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی تخته‌های ساخته‌شده با چسب آرد ذرت / آرد کنجاله سویا را در شرایط مختلف پرس با هدف کاربرد در محیط خشک نشان می‌دهد. براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل فشار و زمان پرس بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی تخته خرده‌چوب‌های ساخته‌شده دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۲)؛ به‌طوری که در زمان پرس ۶۶۰ ثانیه، مقاومت خمشی بیشتر از بقیه زمان‌های پرس است. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار مدول الاستیسیته (۲۸۰۳ مگاپاسکال) در فشار پرس ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس ۶۶۰ ثانیه به‌دست آمد. میانگین‌های حاصل برای مدول الاستیسیته تخته‌ها در زمان‌های پرس ۶۰۰ و ۶۶۰ ثانیه در حد مطلوب بوده و از

سطح استاندارد اروپایی (EN 312 (1996) [۱۶] EN 312 (1996) [۱۶] (۱۸۰۰) مگاپاسکال) بالاتر است که نشان می‌دهد سخت شدن چسب آرد ذرت / آرد کنجاله سویا به‌خوبی انجام گرفته و ایجاد اتصال قوی و کارآمد بین خرده‌ها به حداکثر رسیده است. بیشترین مقدار مدول گسیختگی (۱۰/۹ مگاپاسکال) در فشار پرس ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس ۶۶۰ ثانیه مشاهده شد که اختلاف اندکی با سطح استاندارد اروپایی (EN 312 (1996) [۱۶] EN 312 (1996) [۱۶] (۱۱) مگاپاسکال) دارد. به‌طور کلی، افزایش فشار پرس، سبب فشردگی بیشتر ذرات و در نتیجه افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها شد. با افزایش زمان پرس از ۶۶۰ به ۷۲۰ ثانیه، ویژگی‌های خمشی کاهش یافتند؛ زیرا در زمان بیشتر، شکستگی و تخریب اتصالات داخلی تخته خرده‌چوب به‌علت حرارت بیش از حد اتفاق می‌افتد [۱۸].



شکل ۲. اثر متقابل زمان و فشار پرس بر ویژگی‌های خمشی تخته‌های ساخته‌شده با آرد ذرت / آرد کنجاله سویا

ساعت تخته خرده‌چوب‌های ساخته‌شده دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۳). براساس نتایج، در خاتمه دوره زمانی ۲۴ ساعت غوطه‌وری، کمترین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در تخته ساخته‌شده در شرایط فشار پرس ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس ۶۶۰ ثانیه مشاهده شد که بیشتر از سطح استاندارد اروپایی (واکنشیدگی

## جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

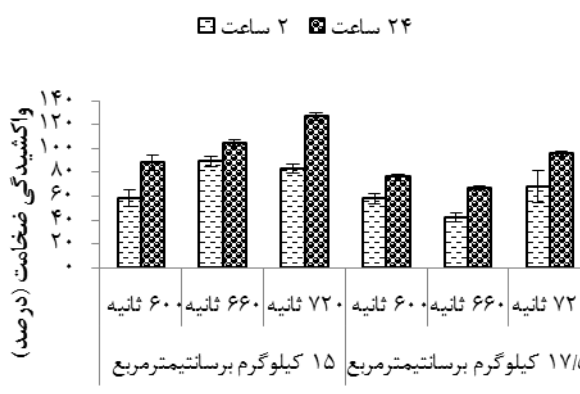
شکل ۳ میانگین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته‌شده با چسب آرد ذرت / آرد کنجاله سویا را در شرایط مختلف پرس با هدف کاربرد در محیط خشک نشان می‌دهد. براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل فشار و زمان پرس بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴

سبب افزایش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت شد. دلیل آن هم شکست پیوندهای درونی تخته به دلیل تحمل دما در زمان بیشتر است. همچنین شکل ۳ نشان می‌دهد که افزایش فشار پرس از ۱۵ به ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، سبب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها شد. به این دلیل که با افزایش فشار پرس، مقدار بخار آب در کیک خرده‌چوب در داخل پرس افزایش می‌یابد و افزایش بخار آب نیز سبب کاهش تردی خرده‌چوب‌ها و ایجاد پیوند محکم‌تر بین خرده‌چوب و چسب می‌شود؛ همچنین با افزایش فشار پرس، حرارت پرس در زمان کمتری به مغز تخته نفوذ می‌کند [۱۹].

ضخامت ۱۵ درصد) است. جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها به ترتیب با افزایش زمان پرس از ۶۰۰ به ۶۶۰ ثانیه، در طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری در فشار پرس ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، ۱۱/۴۲ و ۱۱/۸۴ درصد کاهش یافت. افزایش زمان پرس سبب کامل شدن فرایند سخت شدن چسب و ایجاد اتصالات قوی‌تر بین ذرات خرده‌چوب می‌شود که در نتیجه، اتصالات محکم‌تری بین خرده‌چوب‌ها پدید می‌آید که بهبود ویژگی‌های فیزیکی تخته را در پی دارد. به عبارت دیگر، به علت تداوم حرارت پرس و در نتیجه بهبود اتصالات چسب، جذب آب کاهش می‌یابد [۲۰]. افزایش زمان پرس از ۶۶۰ به ۷۲۰ ثانیه،



شرایط پرس



شرایط پرس

شکل ۴. اثر متقابل زمان و فشار پرس بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌های سبز

خشک) شامل چسبندگی داخلی و مدول الاستیسیته در بهترین شرایط به ترتیب ۲۵ و ۵۵/۷۲ درصد نسبت به حد استاندارد اروپا افزایش و مدول گسیختگی ۰/۹ درصد نسبت به حد استاندارد اروپا کاهش یافت. بهبود ویژگی‌های مکانیکی به خصوص چسبندگی داخلی که معرف استحکام اتصالات میان خرده‌چوب به واسطه چسب است، بر خواص فیزیکی مانند واکنشیدگی ضخامت و جذب آب مؤثر بود و موجب کاهش آن بعد از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری شد. به طور کلی با توجه به

### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، ساخت تخته خرده‌چوب سبز با استفاده از چسب طبیعی آرد ذرت / آرد کنجاله سویا و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن در شرایط مختلف پرس با هدف کاربرد در محیط خشک بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر متقابل فشار و زمان پرس بر ویژگی‌های تخته خرده‌چوب‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است؛ به طوری که مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها (برای کاربرد در محیط

از این رو این چسب را می‌توان جایگزین مناسبی برای چسب اوره‌فرمالدهید دانست.

نتایج اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده می‌توان گفت فشار پرس ۱۷/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و زمان پرس ۶۶۰ ثانیه، بهترین تیمار است؛

## References

- [1]. Moubarik, A., Mansouri, H.R., Pizzi, A., Charrier, F., Allal, A., and Charrier, B. (2013). Corn flour-mimosa tannin-based adhesives without formaldehyde for interior particleboard production. *Wood Science and Technology*, 47(4): 675-683.
- [2]. Prasittisopin, L., and Li, K. (2010). A new method of making particleboard with a formaldehyde-free soy-based adhesive. *Composites: Part A, Applied Science and Manufacturing*, 41(10): 1447-1453.
- [3]. Carvalho, A.G., Zanuncio, A.J.V., Mori, F.A., Mendes, R.F., Da Silva, M.G., and Mendes, L.M. (2014). Tannin adhesive from *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville in plywood panels. *BioResources*, 9(2): 2659-2670.
- [4]. Moubarik, A., Pizzi, A., Charrier, F., Allal, A., Badia, M.A., Mansouri, H.R., and Charrier, B. (2013). Mechanical characterization of industrial particleboard panels glued with cornstarch-mimosa tannin-urea formaldehyde resins. *Adhesion Science and Technology*, 27(4): 423-429.
- [5]. Li, X., Li, Y., Zhong, Z., Wang, D., Ratto, J.A., Sheng, K., and Sun, X.S. (2009). Mechanical and water soaking properties of medium density fiberboard with wood fiber and soybean protein adhesive. *BioResource Technology*, 100(14): 3556-3562.
- [6]. Wu, Zh., Lei, H., Cao, M., Xi, X., Liang, J., and Du, G. (2016). Soy-based adhesive cross-linked by melamine-glyoxal and epoxy resin. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 30(19): 2120-2129.
- [7]. Luo, J., Luo, J., Yuan, C., Zhang, W., Li, J., Gao, Q., and Chen, H. (2015). An eco-friendly wood adhesive from soy protein and lignin: Performance properties. *Royal Society of Chemistry Advances*, 122: 849-855.
- [8]. Kinsella, J.E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of American Oil Chemists Society*, 56(3): 242-258.
- [9]. 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, Engineering*, 44(1): 48-51.
- [10]. Moubarik, A., Allal, A., Pizzi, A., Charrier, F., and Charrier, B. (2010). Preparation and mechanical characterization of particleboard made from maritime pine and glued with bio-adhesives based on cornstarch and tannins. *Maderas Ciencia Y Tecnologia*, 12(3):189-197.
- [11]. Chen, M., Chen, Y., Zhou, X., Lu, B., He, M., Sun, S., and Ling, X. (2014). Improving water resistance of soy-protein wood adhesive by using hydrophilic additives. *BioResources*, 10(1), 41-54.
- [12]. Wood based panels. Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results. European Standard EN 326-1, 1993.
- [13]. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium. European Standard EN 319, 1993.
- [14]. Wood Based Panel. Department of modulus of elasticity in bending and of bending strength. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium. European Standard EN 310, 1993.
- [15]. Particleboard and fiberboards. Determination of swelling in thickness after immersion in water. European Committee for Standardization. Brussels. Belgium. European Standard EN 317, 1993.
- [16]. Particleboard Specifications part2: requirements for general purpose boards for use in dry conditions. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium. European Standard EN 312, 1996.



- [17]. Nourbakhsh, A., and Kargarfard, A. (2005). Effect of press time and amount of adhesive on particleboard made from a mixture of lignocellulosic sources in south of Iran. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 20(1): 47-64. (In Persian)
- [18]. Moubarik, A., Allal, A., Pizzi, A., and Charrier, F. (2010). Characterization of a formaldehyde-free cornstarch-tannin wood adhesive for interior plywood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(4): 427-433.
- [19]. Kargarfard, A., Hosseinzadeh, A., Nourbakhsh, A., Doosthosseini, K., and Niknam, F. (2006). Utilization of apple wood prunings in particleboard production. *Pajouhesh & Sazandegi*, 73:27-32. (In Persian)
- [20]. Repellin, V., and Guyonnet, R. (2005). Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition. *Holzforschung*, 59(1):28-34.

## Investigation of characteristics of green particleboard made with natural adhesive corn flour / soybean meal flour

**A. Falahatnezhad**; Graduate M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, I.R. Iran.

**H. R. Mansouri\***; Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, I.R. Iran.

**F. Heydari**; Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, I.R. Iran.

(Received: 03 December 2017, Accepted: 08 March 2018)

### ABSTRACT

The aim of this study was to manufacture of green particleboard with natural adhesive from corn / soybean meal flour. The physical and mechanical properties of obtained particleboard were characterized under different conditions of press at dry environment. Variable agents of adhesive were two levels of press pressure; 15 and 17.5 kg/cm<sup>2</sup> and three levels of press time; 600, 660 and 720 seconds. The corn / soybean meal flour with a ratio of equal, mixed with water to produce the adhesive. Sulfuric acid and sodium hydroxide were added to the adhesive mixture to decrease viscosity and increase adhesion, respectively. Then the particles blended with adhesive 15 wt%, and pressed at 190°C. In addition, the samples were prepared for physical and mechanical tests according to the European standards. The results showed that the bending properties and internal bonding increased with increasing press time to 660 seconds. while, the highest internal bonding was obtained at 0.5 MPa under 17.5 kg/cm<sup>2</sup> pressures and time of 660 seconds. Also, water absorption and thickness swelling of the specimens after 2 and 24 h immersion decreased with increasing in press time to 660 seconds. Therefore, this adhesive can be used as a suitable alternative for the urea formaldehyde glue that has a risk of formaldehyde emission in interior locations.

**Keywords:** Corn flour, Green particleboard, Natural adhesive, Physical and mechanical properties, Soybean meal flour.

---

\* Corresponding Author, Email: hamidreza.mansouri@gmail.com, Tel: +989389202021