نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و هفتم، شماره چهارم، ۱۳۹۹
۱-۱۸
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2019.10897.1569

تأثیر استفاده از کیتوزان بر ثبات ابعادی تخته‌خرده‌چوب

***احمدرضا رضانژاد[۱]، تقی طبرسا[۲]، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی[۳] و علیرضا شاکری[۴]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد فراورده‌های چندسازه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۲]استاد گروه فراورده‌های چندسازه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۳]دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۴]دانشیار گروه پلیمر، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: ثبات ابعادی پانل‌های چوبی از مهم‌ترین دغدغه‌های صنایع وابسته است. جذب رطوبت علاوه بر این‌که نمای ظاهری و فیزیکی تخته‌ها را تغییر می‌دهد، ساختار مکانیکی آن‌ها را نیز تحت‌تأثیر قرار داده و مقاومت‌ها را کاهش می‌دهد. راه‌کارهای متفاوتی برای تثبیت ابعادی چوب به کار گرفته‌شده است که روش‌های اصلاح شیمیایی، اشباع با مونومر و اصلاح حرارتی از آن جمله هستند. هر کدام از این روش‌ها با معایبی مثل کاهش مقاومت‌های مکانیکی و یا مسائل زیست‌محیطی همراه می‌باشند. در این پژوهش از کیتوزان استفاده شد که بعد از سلولز به‌عنوان فراوان‌ترین پلیمر زیستی در طبیعت شناخته‌شده و زیست‌تخریب‌پذیر است و استفاده از آن کاهش کم‌تر مقاومت‌های مکانیکی را به همراه دارد. کیتوزان از کیتین به‌دست می‌آید. کیتین یک آمینو پلی ساکارید تشکیل‌شده از واحدهای ان-استیل-دی-گلوکز آمین متصل شده با پیوندهای β (1-4) می‌باشد. کیتوزان بر روی ذرات خرده‌چوب پوشش ایجاد می‌کند و مانع رسیدن رطوبت به آن‌ها می‌شود. از طرف دیگر گروه‌های استامید موجود در کیتوزان جایگزین گروه‌های هیدروکسیل موجود در چوب می‌شود. این امر سبب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها می‌گردد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش از مخلوط ذرات خرده‌چوب گونه‌های جنگلی و با عوامل متغیر (میزان کیتوزان مصرفی در دو سطح ۲٪ و ٤٪، تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱٤۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد و هم‌چنین دو نوع چسب اوره فرمالدهید و اوره- ملامین فرمالدهید، به نسبت ۵۰:۵۰) و عوامل ثابت (فشار، دما و زمان پرس به ترتیب با ۲۵ بار، ۱٦۵ درجه سانتی‌گراد و ٦ دقیقه)، تخته‌خرده‌چوب یک لایه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ابعاد ۲۰×۳۰ سانتی‌متر به تعداد ٤۲ تخته ساخته شد. نمونه‌های آزمونی بر طبق استاندارد EN-317 با ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر تهیه شد و آزمایش‌های فیزیکی جذب آب ۲ و ۲٤ ساعت و واکشیدگی ۲ و ۲٤ ساعت بر روی آن‌ها انجام گردید.

* مسئول مکاتبه: adrarand@yahoo.com

یافته‌ها: تخته‌های ساخته‌شده با چسب اوره- ملامین فرمالدهید نسبت به چسب اوره فرمالدهید، جذب آب و واکشیدگی ضخامت کم‌تری دارند. استفاده از کیتوزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها را کاهش می‌دهد و با افزایش مقدار کیتوزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت آن‌ها کم‌تر می‌شود. با افزایش دمای تیمار حرارتی جذب آب و واکشیدگی ضخامت کم‌تر می‌شود.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن است که در بین شرایط استفاده‌شده در این پژوهش، استفاده از چسب اوره- ملامین فرمالدهید، کیتوزان ٤٪ و دمای تیمار حرارتی ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد بهترین شرایط برای کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌های آزمونی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تخته‌خرده‌چوب، ثبات ابعادی، جذب آب، کیتوزان، واکشیدگی ضخامتی

مقدمه

تخته‌خرده‌چوب فرآورده‌ای است مرکب که از اتصال خرده‌چوب‌ها به‌وسیله رزین، تحت فشار و دمای پرس تولید می‌شود و معمولاً جنبه مصارف داخلی دارد. این فرآورده به نسبت چوب ماسیو از دامنه تغییرات ابعادی بالاتری برخوردار است. درصورتی‌که تخته‌های ساخته‌شده در معرض رطوبت زیاد (مثلاً در محیط آشپزخانه) قرار گیرند، خسارت می‌بینند و ابعادشان تغییر می‌نماید. راه‌کارهای متفاوتی برای تثبیت ابعاد چوب و چندسازه‌های چوبی به‌کار گرفته شده است که روش‌های اصلاح شیمیایی، اشباع با مونومر و اصلاح حرارتی از آن جمله هستند. یکی از بارزترین ویژگی‌های ذرات سلولزی اصلاح‌شده، بهبود پایداری ابعادی آن‌ها می‌باشد. این خاصیت به‌دلیل آب‌گریزی ناشی از محدود نمودن گروه‌های هیدروکسیل توسط مواد شیمیایی ایجاد می‌شود (۹ و ۲۱). برای اصلاح شیمیایی سطح الیاف یا ذرات چوب، معمولاً از موادی با گروه‌های عاملی چون پراکسیدهای آلی (بنزوئیل پراکسید، دی کومیل پراکسید) انیدریدها (انیدرید استیک، انیدرید فتالیک، انیدرید ساکسینیک و انیدرید مالئیک) استفاده می‌شود. این مواد توانایی ایجاد پیوند با گروه‌های هیدروکسیل را دارند (۵)، هم‌چنین از استری کردن به‌منظور بهبود پایداری ابعاد استفاده می‌شود (۱۷). روش دیگر، تیمار حرارتی است. در اثر تیمار حرارتی لیگنین اصلاح‌شده، ساختار آمورف و کریستالی سلولز تغییر می‌یابد و همی‌سلولز به‌شدت تخریب می‌شود (۲۰ و ۱). از معایب این روش می‌توان به تغییر رنگ چوب و افت خصوصیات مقاومت مکانیکی چوب اشاره نمود (۸ و ۲). روش دیگر برای بهبود ثبات ابعادی چوب، استفاده از کیتوزان است. کیتوزان از کیتین به‌دست می‌آید. کیتین یک آمینو پلی ساکارید تشکیل‌شده از واحدهای ان- استیل- دی- گلوکز آمین متصل شده با پیوندهای β (1-4) می‌باشد. این پلیمر بعد از سلولز به‌عنوان فراوان‌ترین پلیمر زیستی در طبیعت شناخته شده و تنها تفاوت ساختاری آن با سلولز در جایگزینی گروه‌های استامیدی در کربن شماره ۲ بجای گروه‌های هیدروکسیل است. بیش از ٤٥ درصد از ضایعات فرآیندهای فراوری میگو، ضایعاتی هستند که از اسکلت خارجی آن تشکیل می‌شوند و جزء مشکلات مهم محیط‌زیست به شمار می‌آیند. این ضایعات غذایی و شیلاتی حدود ۷۰-۵۰ درصد از وزن خام را تشکیل می‌دهند و دارای ترکیبات باارزش افزوده زیادی مانند کیتین و پروتئین هستند. کیتین در پوشش خارجی سخت‌پوستانی مانند خرچنگ، خرچنگ دریایی، لابستر، آرتمیا، میگو و

برخی سرپایان (سفالوپودا) و نیز در مواد غذایی رایج مانند غلات، مخمر، موز و قارچ وجود دارد (۱۲). کیتوزان یک شکل دی‌استیله‌شده جزئی از کیتین بوده و عمدتاً حاوی گروه‌های ان-استیل در ۵ تا ۳۰ درصد از واحدهای گلوکز آمین خود است (۱۱). کیتوزان صنعتی به‌صورت پودر می‌باشد. حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد واحدهای کیتوزان دی‌استیله شده است (۱۸). کیتوزان در آب واکشیده می‌شود، ولی با استفاده از تیمار حرارتی، تیمار فرم آلدهید و یا استیله کردن می‌توان این عیب را اصلاح کرد که به این محصول نهایی کیتین گفته می‌شود. باشتورک و گانتکین (۲۰۰۹) کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامتی را با اسپری کیتوزان و اعمال تیمار حرارتی بر روی تخته‌خرده‌چوب مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ثبات ابعادی تخته‌خرده‌چوب تیمار شده با کیتوزان نسبت به نمونه‌های بدون پیش‌تیمار بهبود می‌یابد و اثر تیمار کیتوزان بر مقاومت چسبندگی داخلی نیز مثبت می‌باشد (۳). یومه مورا و همکاران (۲۰۰۵) اعلام داشتند که کیتوزان و چوب دو ماده پلی‌کاتیونی و پلی‌آنیونی طبیعی هستند و با هم واکنش نشان می‌دهند (۲٤). اوهماری و همکاران (۱۹۹۸) گزارش دادند که کیتوزان باعث می‌شود در سطح چوب اتصال قوی‌تری با رزین UF، PVC و چسب وینیل استات برقرار شود و باعث پایداری ابعاد گردد (۱٦). کیتین مانند چسب‌های ترموست عمل می‌کند و مانع از تورم ضخامت پانل می‌شود (۲۲). کیتوزان به‌صورت فراوان در طبیعت (سخت‌پوستان، حشرات و میوه‌ها) یافت می‌شود و طبیعی، ایمن و دوستدار محیط زیست است و با استفاده از تیمار آن می‌توان مشکلات جذب آب و واکشیدگی ضخامت در تخته‌خرده‌چوب را بهبود بخشید (۳). با توجه به این نکته که استفاده از روش‌های اصلاح چوب مقاومت‌های مکانیکی را کاهش می‌دهد و هم‌چنین در بعضی از روش‌ها مسائل زیست‌محیطی به همراه دارد، بنابراین با علم به این‌که کیتوزان ماده‌ای است زیست تخریب‌پذیر و با این فرضیه که استفاده از آن جهت پایداری ثبات ابعادی تخته‌ها، کاهش مقاومت مکانیکی کم‌تری را به همراه دارد این پژوهش انجام گردید.

مواد و روش‌ها

برای ساخت تخته‌های آزمونی از خرده‌چوب‌های صنعتی کارخانه شموشک استفاده شد. در ابتدا توسط الک، ذرات بسیار ریز و خیلی درشت از آن جدا گردید. جهت ساخت تخته‌های مورد مطالعه از چسب اوره‌فرمالدهید و اوره- ملامین‌فرمالدهید (به نسبت ۵۰: ۵۰) و ۱٪ هاردنر کلرید آمونیوم بر اساس وزن خشک چسب استفاده شد. این مواد نیز از کارخانه شموشک تهیه گردیدند. مشخصات چسب اوره‌فرمالدهید به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۱- مشخصات رزین‌های به‌کار برده شده.

Table 1. The properties of Resins used.

کمیت Quantity	واحد	UF	MUF
شکل ظاهری Appearance	-	شیری‌رنگ Opalescent	شفاف Clear
PH (20 C°)	-	8	10
ماده جامد چسب Solid content	%	63	53
ویسکوزیته Viscosity(20 C°)	S ثانیه	62	14
ژل تایم Gel time	S ثانیه	59	52
دانسیته Density (20 C°)	گرم بر میلی‌لیتر g/mm	1.29	1.22

کیتوزان مورد استفاده در این پژوهش از شرکت Bio-chem چین خریداری گردید.

جدول ۲- مشخصات کیتوزان.

Table 2. The properties of chitosan.

اندازه ذرات	وزن مولکولی	دی‌استیله	قابلیت حل شدن
Mesh size	Molecular weight	Di-accetilation	Dissolvable
Mesh (60)/ مش	80000–50000 Da	85%	Acetic acid/ اسید استیک (1%)

در این پژوهش از کیتوزان رقیق‌شده در ۲ سطح ۲٪ و ٤٪ استفاده گردید. ابتدا پودر کیتوزان با آب مقطر رقیق شد و سپس جهت حل شدن کامل کیتوزان از اسید استیک ۳٪ استفاده گردید. محلول حاصله در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد به وسیله همزن به مدت ۹۰ دقیقه هم زده شد. سپس محلول سرد گردیده و بر روی خرده چوب‌ها اسپری گردید. خرده‌چوب‌های آغشته به کیتوزان در هوای محیط، هوا خشک شدند، سپس جهت رسیدن به رطوبت ۲٪ در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و تا رطوبت ۲٪ خشک گردیدند و در کیسه‌های پلاستیکی جمع‌آوری و در مرحله بعد در سه سطح ۱۲۰، ۱٤۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه تیمار حرارتی شدند. در این مرحله استات کیتوزان به کتین تبدیل می‌شود.

جهت ساخت نمونه‌های آزمونی از یک دستگاه چسب‌زن آزمایشگاهی (استوانه به قطر ۷۰ سانتی‌متر و طول ۵۰ سانتی‌متر با سرعت چرخش ۲۰ دور در دقیقه) مجهز به پیستوله استفاده به طوری که در آن به کمک هوای فشرده ۳ الی ٤ اتمسفر به صورت مه روی ذرات خرده‌چوب در داخل چسب زن پاشیده می‌شد؛ و درنهایت نمونه‌های آزمونی به کمک دستگاه پرس از نوع هیدرولیکی OTT با قطر پیستون ۲۵ سانتی‌متر ساخته شدند. از هر تیمار ۳ تخته و درنهایت ٤۲ تخته یک لایه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ابعاد ۲۰×۳۰ سانتی‌متر ساخته شد. جهت یکنواخت شدن رطوبت تخته‌ها، متعادل‌سازی و نرمال‌سازی تنش‌های داخلی، نمونه‌های ساخته‌شده پس از سرد شدن به‌مدت ۲ هفته در شرایط رطوبت نسبی ٦۵–٦۰ درصد و دمای ۲۵–۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

جدول ۳- معرفی تیمارهای تحقیق و علائم اختصاری آن‌ها.

Table 3. Introduction of research treatments and their abbreviations.

شماره	نوع چسب	دمای تیمار	میزان کیتوزان (٪)
No	Adhesive type	Treatment temperature	The chitosan (%)
A	UF	-	-
A2-1	UF	120	2
A2-2	UF	140	2
A2-3	UF	160	2
A4-1	UF	120	4
A4-2	UF	140	4
A4-3	UF	160	4
AB	MUF	-	-
AB2-1	MUF	120	2
AB2-2	MUF	140	2
AB2-3	MUF	160	2
AB4-1	MUF	120	4
AB4-2	MUF	140	4
AB4-3	MUF	160	4

نمونه‌های آزمونی جذب آب و واکشیدگی ضخامتی طبق استاندارد EN-317 به ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر تهیه گردید. اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین و اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها به‌وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر در ۵ نقطه اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به حالت افقی در آب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت آن‌ها بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید.

$$W_A = \frac{M_h - M_o}{M_o} \times ۱۰۰$$

$$T_S = \frac{T_h - T_o}{T_o} \times ۱۰۰$$

که در آن‌ها، To ضخامت اولیه (میلی‌متر)، WA میزان جذب آب (درصد)، Th ضخامت بعد از مدت زمان (میلی‌متر)، Mo وزن اولیه (گرم)، Ts واکشیدگی ضخامت (درصد)، M وزن پس از جذب آب در زمان ساعت / گرم.

جهت تجزیه و تحلیل اثرات مستقل و متقابل از طرح کاملاً تصادفی استفاده و میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد ارزیابی قرار گرفت.

بحث و نتایج

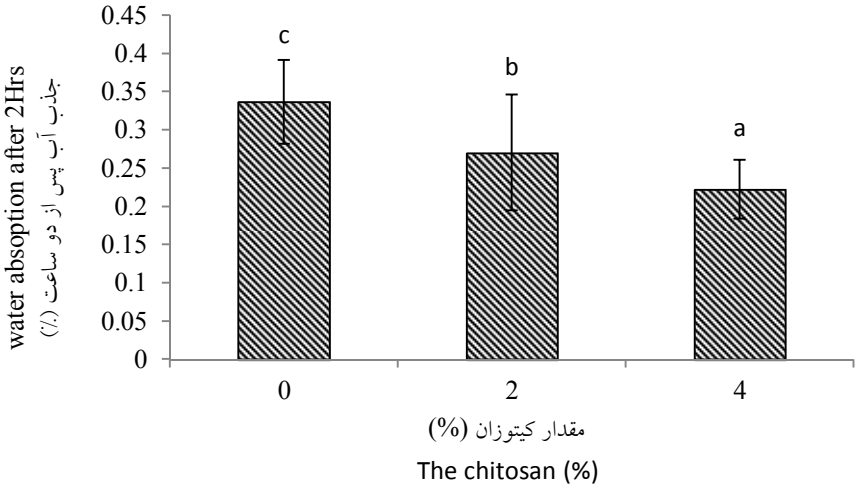
جذب آب ۲ ساعت: میزان جذب آب یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت تخته ساخته شده می‌باشد، زیرا تخته‌خرده‌چوب فرآورده‌ای است که در مکان‌های داخلی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد و میزان جذب آب توسط آن معیاری از رفتار تخته‌خرده‌چوب در شرایط سرویس می‌باشد. مسلماً تخته‌هایی که جذب آب کم‌تری داشته باشند برای استفاده در خارج از ساختمان مناسب‌ترند، زیرا جذب آب باعث کاهش میزان مقاومت‌ها و تغییر ابعاد تخته‌خرده‌چوب می‌گردد (۱). با توجه به میانگین و انحراف معیار تیمارها، اثر مستقل تیمارها بر روی جذب آب ۲ ساعت به شرح زیر می‌باشد:

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲ ساعت.

Table 4. Results of analysis of variance of water absorption values for 2 hours.

متغیرها Variable	مجموع مربعات Squares	مقدار F F	درجه آزادی df	معنی‌داری Sig.
کیتوزان (Chitosan)	0.062	1	42.700	0.000^{xx}
دمای تیمار (Heat treatment)	0.140	2	48.479	0.000^{xx}
نوع چسب (Adhesive type)	0.310	1	214.893	0.000^{xx}
خطا (Error)	0.162	112		
کل (Total)	9.401	126		

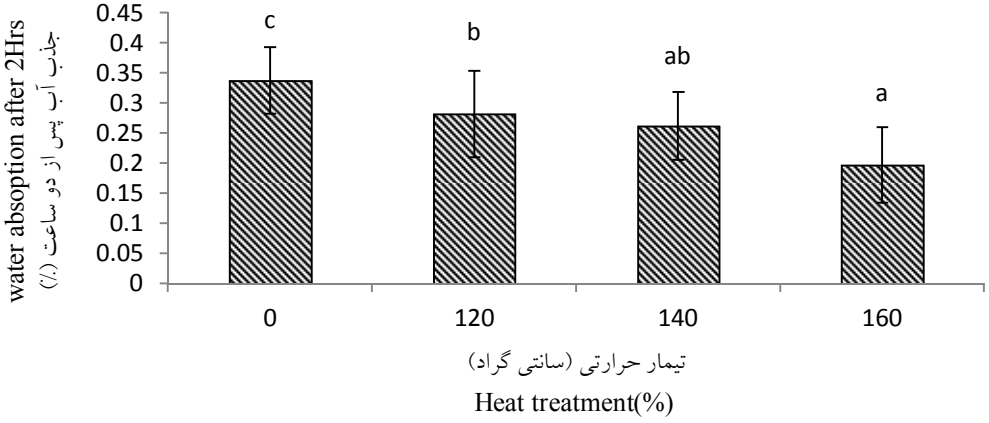
اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۱ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ٤ اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد که بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای می‌گیرند، به‌طوری‌که با افزودن کیتوزان به میزان ٤٪، جذب آب ۲ ساعت به میزان ۵۱/۳٪ و با استفاده از ۲٪ کیتوزان، به میزان ۲٤/٦٪، نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته است.



شکل ۱- رابطه بین جذب آب (پس از ۲ ساعت) و مقدار کیتوزان.

Figure 1. The relationship between water absorption (after 2 hours) and the amount of chitosan.

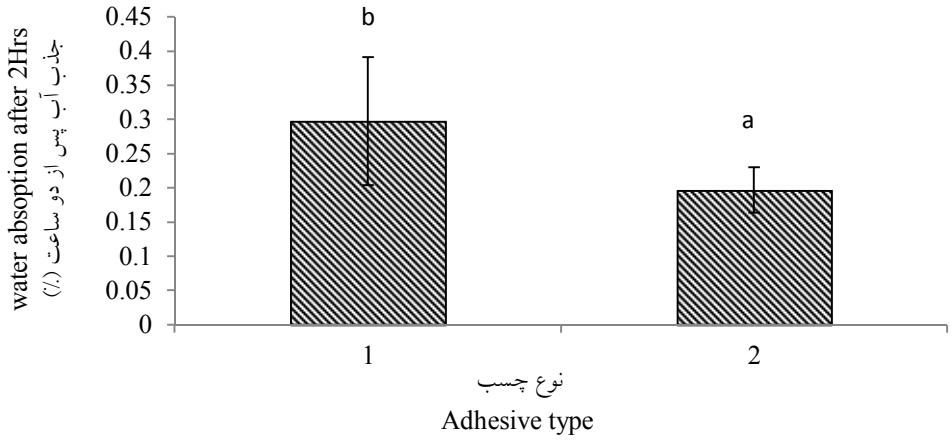
اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۲ و نتایج جدول تجزیه واریانس ٤، اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر جذب آب ۲ ساعت به اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده که بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱٤۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۹/۷٪، ۳۳/۷٪ و ۷۱/۱٪ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش جذب آب ۲ ساعت را داشته‌اند.



شکل ۲- رابطه بین جذب آب (پس از ۲ ساعت) و دمای تیمار.

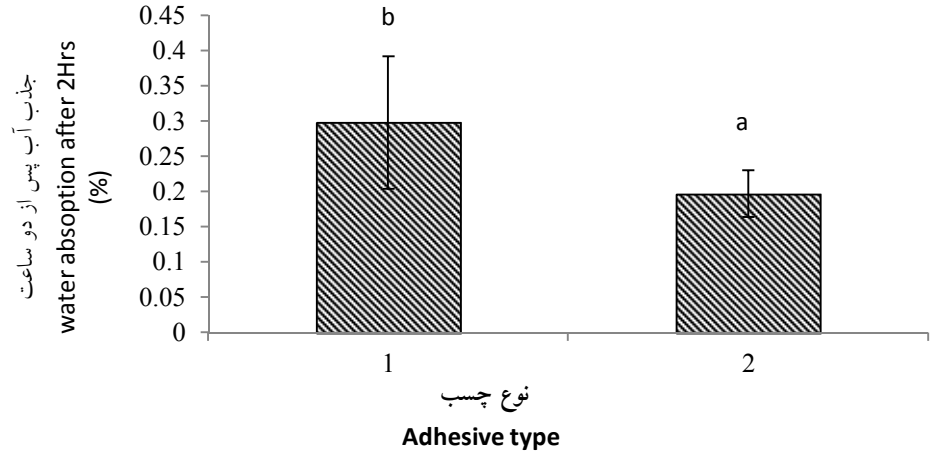
Figure 2. The relationship between water absorption treatment (after 2 hours) and temperature.

اثر نوع چسب: با توجه به شکل ۳ و نتایج جدول تجزیه واریانس ٤، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر روی جذب آب ۲ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد به طوری که نمونه‌های حاوی چسب اوره فرمالدهید ۵۱/۵٪ بیش‌تر از نمونه‌های حاوی چسب اوره- ملامین فرمالدهید جذب آب داشته‌اند. چسب ملامین در برابر رطوبت از مقاومت بیش‌تری برخوردار است، بنابراین استفاده از چسب ملامین- فرمالدهید در ساخت نمونه‌ها باعث کاهش جذب آب می‌گردد (۵).



شکل ۳- رابطه بین جذب آب (پس از ۲ ساعت) و نوع چسب.

Figure 3. The relationship between water absorption (after 2 hours) and adhesive type.



شکل ٤- مقایسه میانگین‌های جذب آب پس از ۲ ساعت.

Figure 4. Comparison of water absorption averages after 2 hours.

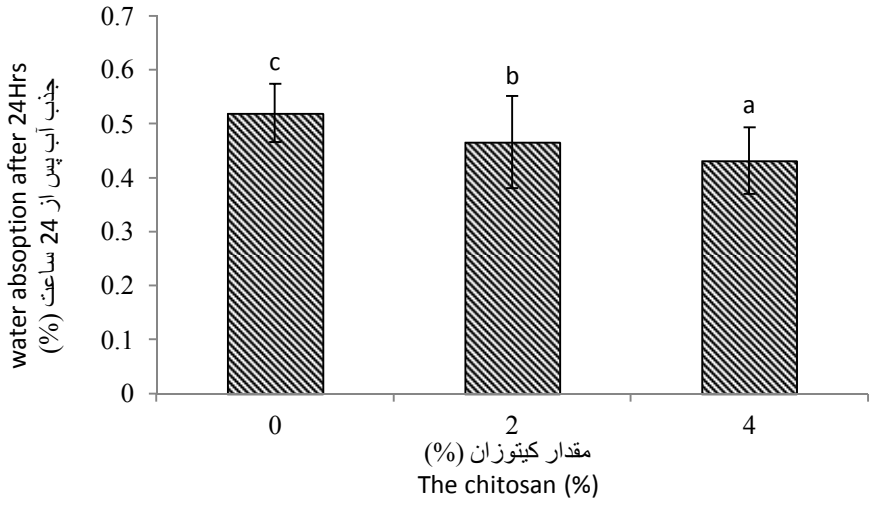
جذب آب ۲٤ ساعت: با توجه به میانگین و انحراف معیار تیمارها، اثر مستقل تیمارها بر روی جذب آب ۲٤ ساعت به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲٤ ساعت.

Table 5. Results of analysis of variance of water absorption values for 24 hours.

متغیرها Variable	مجموع مربعات Squares	مقدار F F	درجه آزادی df	معنی‌داری Sig.
کیتوزان (Chitosan)	0.033	1	132.936	0.000**
دمای تیمار (Heat treatment)	0.067	2	11.668	0.000**
نوع چسب (Adhesive type)	0.450	1	157.427	0.000**
خطا (Error)	0.320	112		
کل (Total)	27.559	126		

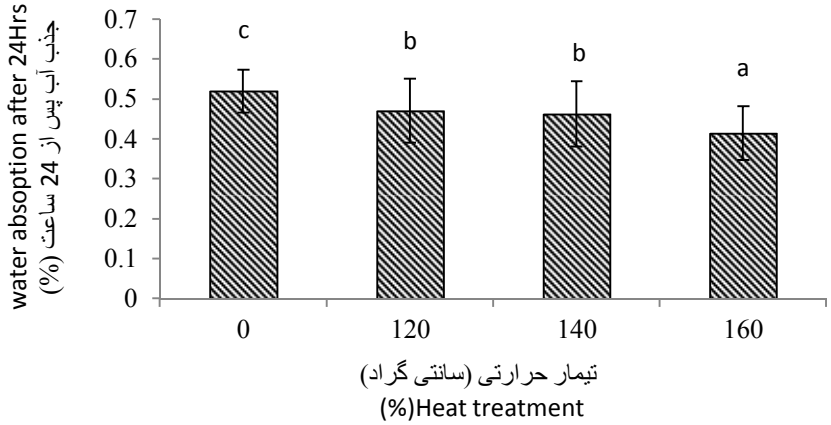
اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۵ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۵ اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر جذب آب ۲٤ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای می‌گیرد، به طوری که جذب آب ۲٤ ساعت نمونه‌های حاوی ۲٪ کیتوزان به میزان ۱۱/۵٪ و نمونه‌های حاوی کیتوزان ٤٪ به میزان ۲۰/۵٪ نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته است.



شکل ۵- رابطه بین جذب آب (پس از ۲٤ ساعت) و مقدار کیتوزان.

Figure 5. The relationship between water absorption (after 24 hours) and the amount of chitosan.

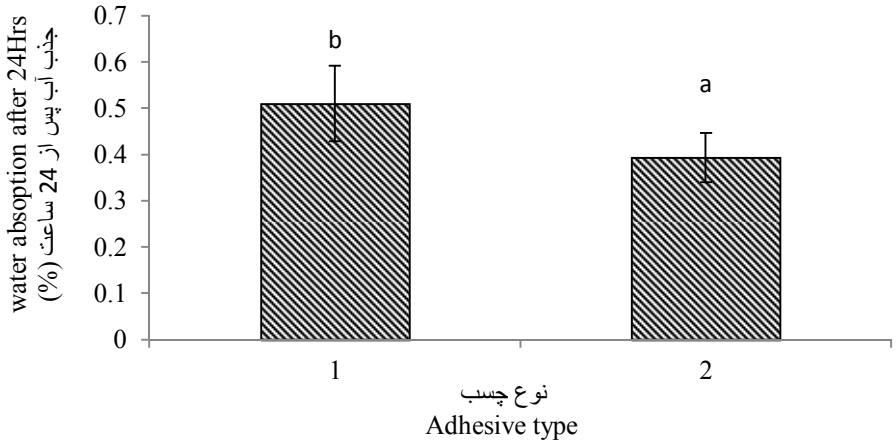
اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ٦ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۵، اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر جذب آب ۲٤ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱٤۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۰/۵٪، ۱۲/۵٪ و ۲۵/۵٪ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش جذب آب را نشان می‌دهد.



شکل ٦- رابطه بین جذب آب (پس از ٢٤ ساعت) و دمای تیمار حرارتی.

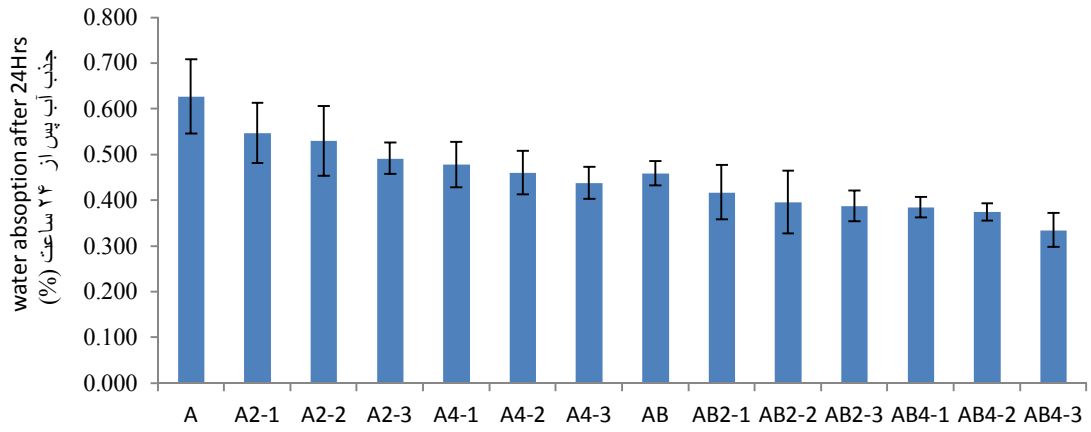
Figure 6. The relationship between water absorption (after 24 hours) and heat treatment temperature.

اثر نوع چسب: با توجه به شکل ٧ و جدول تجزیه واریانس ٥، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر جذب آب ٢٤ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد، به‌طوری که نسبت جذب آب ٢٤ ساعت نمونه‌های حاوی چسب اوره فرمالدهید ٢٩/٧٪ بیش‌تر از نمونه‌های حاوی چسب اوره- ملامین فرمالدهید می‌باشد.



شکل ٧- رابطه بین جذب آب (پس از ٢٤ ساعت) و نوع چسب.

Figure 7. The relationship between water absorption (after 24 hours) and adhesive type.



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های جذب آب پس از ۲٤ ساعت.

Figure 8. Comparison of water absorption averages after 24 hours.

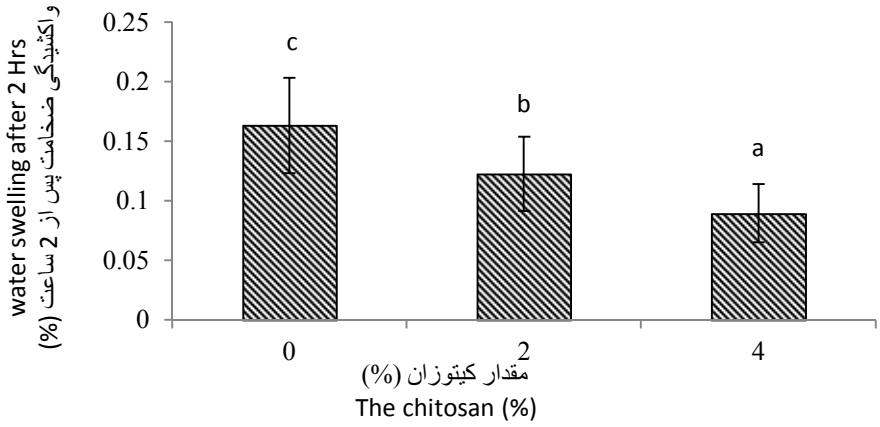
واکشیدگی ۲ ساعت: یکی دیگر از خواص تخته‌خرده‌چوب واکشیدگی ضخامت می‌باشد. این خاصیت که به قدرت اتصال‌های داخل موجود در تخته و پیوند های تشکیل شده در مقابل نفوذ آب مربوط است، معرف تغییرات بعد ضخامت تخته‌خرده‌چوب در مقابل تغییرات رطوبتی محیط می‌باشد. با توجه به میانگین و انحراف معیار تیمارها، اثر مستقل تیمارها بر روی واکشیدگی ۲ ساعت به شرح زیر می‌باشد:

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ۲ ساعت.

Table 6. Results of analysis of variance of swelling values for 2 hours.

معنی‌داری Sig.	درجه آزادی df	مقدار F F	مجموع مربعات Squares	متغیرها Variable
0.000^{xx}	132.936	1	0.030	کیتوزان (Chitosan)
0.000^{xx}	32.467	2	0.015	دمای تیمار (Heat treatment)
0.000^{xx}	300.129	1	0.067	نوع چسب (Adhesive type)
		112	0.025	خطا (Error)
		126	1.839	کل (Total)

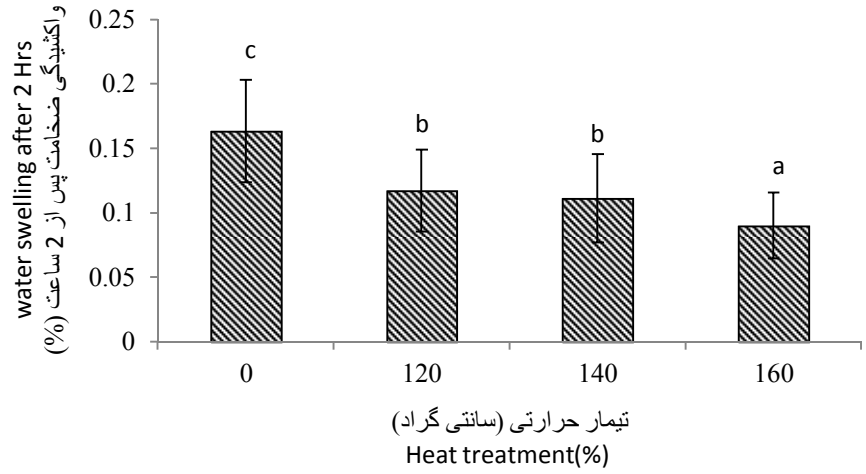
اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۹ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ٦، اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر واکشیدگی ۲ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد. به طوری که واکشیدگی بعد از ۲ ساعت نمونه‌های حاوی ٤٪ کیتوزان به میزان ۸۲/٤٪ و نمونه‌های حاوی ٤٪ کیتوزان به میزان ۳۳٪ نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته‌است.



شکل ۹- رابطه بین واکشیدگی ضخامت و مقدار کیتوزان.

Figure 9. The relationship between the thickness swelling and the amount of chitosan.

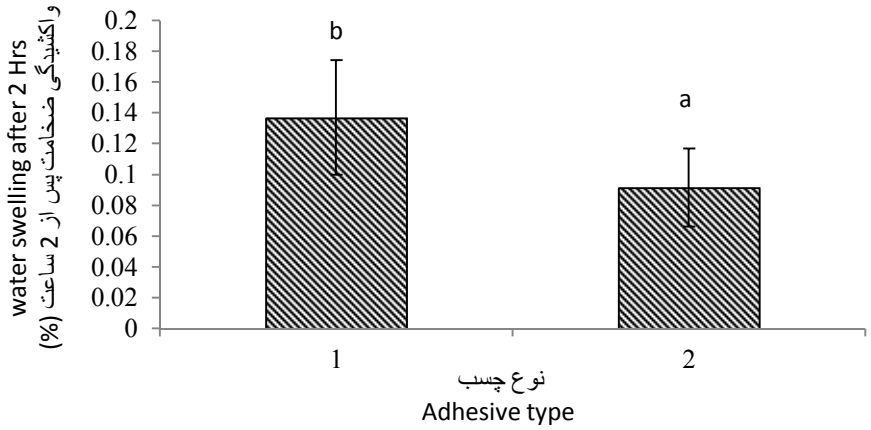
اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۱۰ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ٦ اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر واکشیدگی ۲ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱٤۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۳۹/٤٪، ٤٦/۸٪ و ۸۱/٥٪ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش واکشیدگی ۲ ساعت را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- رابطه بین واکشیدگی ضخامت و دمای تیمار حرارتی.

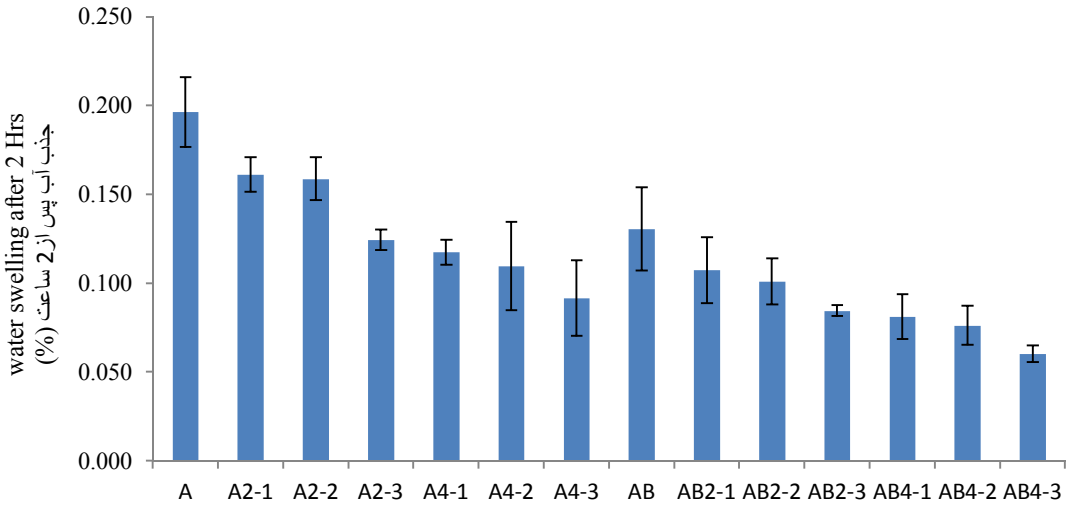
Figure 10. The relationship between thickness swelling and heat treatment temperature.

اثر نوع چسب: با توجه به تصویر ۱۱ و نتایج جدول تجزیه واریانس ٦، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر واکشیدگی ۲ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد و بیش‌ترین واکشیدگی ۲ ساعت مربوط به چسب اوره فرمالدهید می‌باشد (شکل ۱۲) که نسبت به چسب اوره- ملامین فرمالدهید ۲۹/۷٪ می‌باشد.



شکل ۱۱- رابطه بین واکشیدگی ضخامت و نوع چسب.

Figure 11. The relationship between the thickness swelling and adhesive type.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های واکشیدگی ۲ ساعت.

Figure 12. Comparison of the swelling averages after 2 hours.

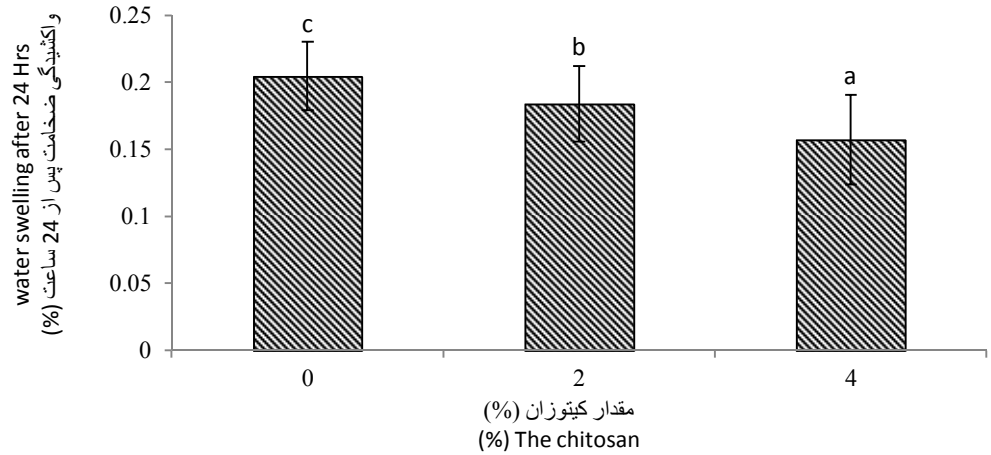
واکشیدگی ۲٤ ساعت: با توجه به میانگین و انحراف معیار تیمارها، اثر مستقل تیمارها بر روی واکشیدگی ۲٤ ساعت به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ۲٤ ساعت.

Table 7. Results of analysis of variance of swelling values for 24 hours.

معنی‌داری Sig.	درجه آزادی df	مقدار F F	مجموع مربعات Squares	متغیرها Variable
0.000^{xx}	45.870	1	0.036	کیتوزان (Chitosan)
0.029^{x}	3.662	2	0.006	دمای تیمار (Heat treatment)
0.000^{xx}	74.406	1	0.058	نوع چسب (Adhesive type)
		112	0.087	خطا (Error)
		126	4.606	کل (Total)

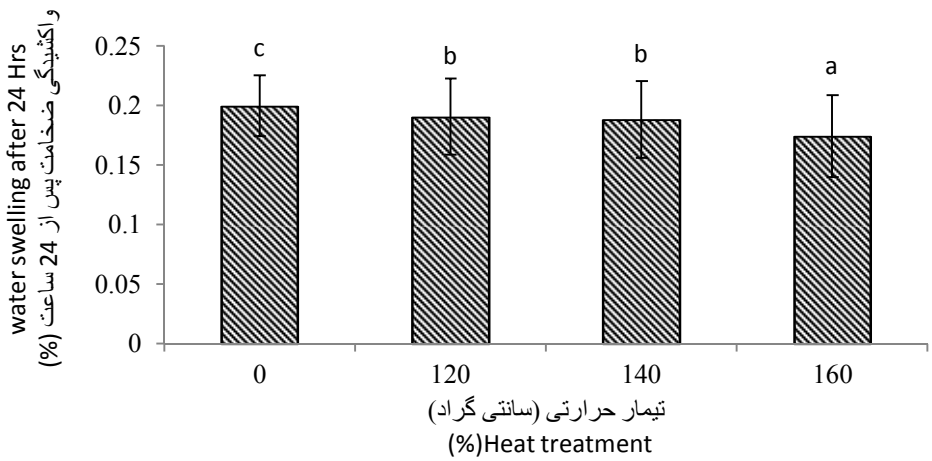
اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۱۳ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۷، اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر واکشیدگی ۲٤ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته‌اند، به‌طوری‌که واکشیدگی ۲٤ ساعت نمونه‌های دارای ۲٪ و ٤٪ کیتوزان به‌ترتیب ۱۱/۳٪ و ۳۰/۳٪ نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته‌است.



شکل ۱۳- رابطه بین واکشیدگی ضخامت پس از ۲٤ ساعت و مقدار کیتوزان.

Figure 13. The relationship between the thickness swelling after 24 hours and the amount of chitosan.

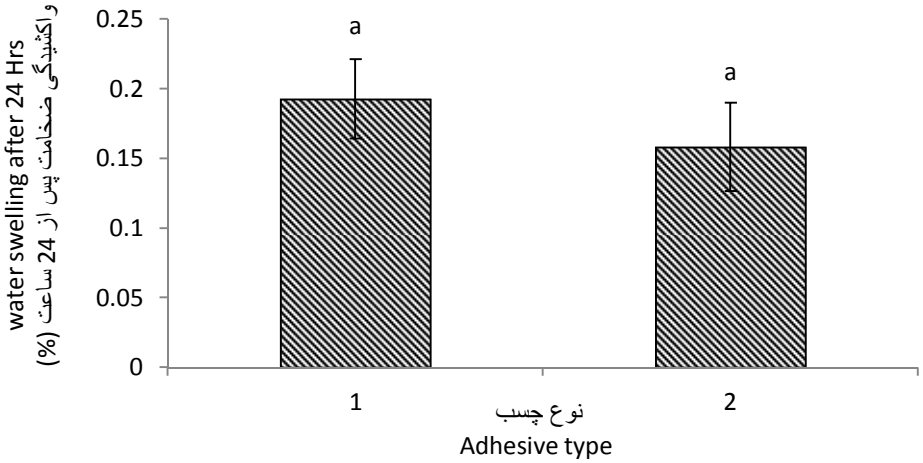
اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۱٤ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۷ اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت به اعتماد ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱٤۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ٤/۸٪، ٦/۱٪ و ۱٤/٦٪ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت را داشته‌اند.



شکل ١٤- رابطه بین واکشیدگی ضخامت پس از ٢٤ ساعت و دمای تیمار حرارتی.

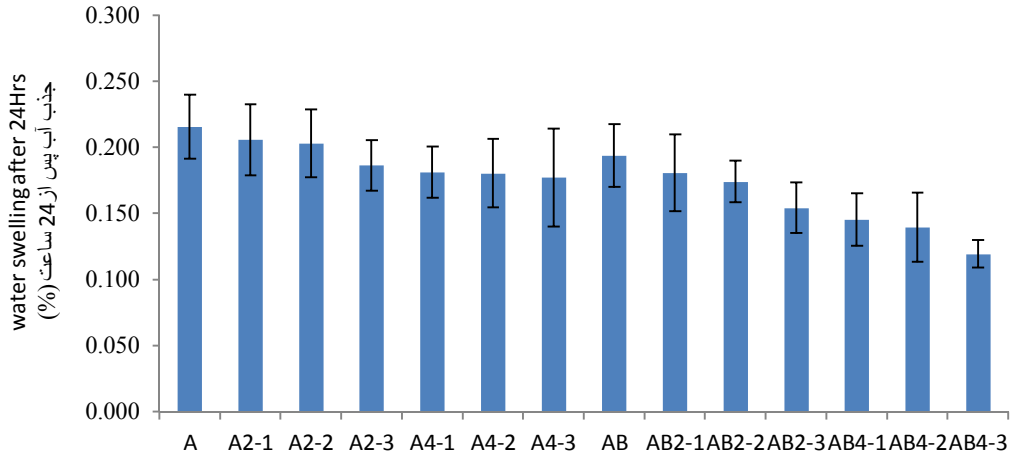
Figure 14. The relationship between the thickness swelling after 24 hours of heat treatment temperature.

اثر نوع چسب: با توجه به شکل ۱۵ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۷، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر واکشیدگی ضخامت ٢٤ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد، به طوری که استفاده از چسب اوره- ملامین فرمالدهید سبب کاهش میزان واکشیدگی ضخامت ٢٤ ساعت به میزان ۲۱/۹٪ نسبت به چسب اوره فرمالدهید می‌گردد (شکل ١٦). هر چند که این میزان کاهش از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ١٥- رابطه بین واکشیدگی ضخامت پس از ٢٤ ساعت و نوع چسب.

Figure 15. The relationship between the thickness swelling after 24 hours and adhesive type.



شکل ١٦- مقایسه میانگین‌های واکشیدگی ٢٤ ساعت.

Figure 16. Comparison of the swelling averages after 24 hours.

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مشکلات اساسی اوراق فشرده چوبی ناپایداری ابعاد آنها در برابر رطوبت است که بر روی بیش‌تر ویژگی‌ها تأثیر می‌گذارد، به همین دلیل کنترل مقدار جذب رطوبت با روش‌های مختلف، از مسائلی است که همواره مورد توجه بوده است. کاهش قابل‌توجه واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌های ساخته‌شده از خرده‌های چوب تیمار شده حاوی کیتوزان دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد. استفاده از کیتوزان باعث کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها می‌شود. کیتین ماده‌ای غیرقابل‌حل در آب می‌باشد، با ایجاد پوشش بر روی ذرات خرده‌چوب مانع از رسیدن رطوبت می‌شود. کیتوزان با چوب ایجاد پیوند می‌کند و در اثر پیوند، گروه‌های استامید موجود آن جایگزین گروه‌های هیدروکسیل موجود در چوب می‌شود و بدین ترتیب خاصیت آب دوستی کاهش می‌یابد، با افزایش مقدار استفاده از کیتوزان این خاصیت کمتر شده و بالطبع واکشیدگی و جذب آب تخته‌ها کاهش می‌یابد. کم‌ترین واکشیدگی ضخامت و جذب آب مربوط به نمونه‌های حاوی ٤٪ کیتوزان می‌باشد. نتایج نشان داد دمای تیمار حرارتی بیش‌تر، جذب آب و واکشیدگی کم‌تری را به همراه دارد. بار مستر (١٩٧٣) دریافت که تیمار حرارتی ذرات خرده‌چوب منجر به کاهش ٥٠٪ در واکشیدگی کامپوزیت‌های ساخته‌شده از آن‌ها می‌گردد (٤). در طی فرایند تیمار حرارتی، تخریب حرارتی همی‌سلولزها، کاهش نواحی آمورف و افزایش نسبت مناطق کریستالی، افزایش نسبت لیگنین در دیواره سلولی، کاهش گروه‌های هیدروکسیل و کاهش تعداد پیوندهای هیدروژنی با آب و در نتیجه کاهش خاصیت آب دوستی چوب صورت می‌گیرد که از علل اصلی کاهش واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌ها می‌باشند. اصلاح حرارتی چوب، تر شوندگی سطح چوب را کم می‌کند و جذب آب را کاهش می‌دهد (٨). کم‌ترین جذب آب و واکشیدگی ضخامت مربوط به نمونه‌های دارای تیمار حرارتی ١٦٠ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. استفاده از چسب اوره- ملامین فرمالدهید نسبت به چسب اوره فرمالدهید باعث می‌شود فراورده، جذب آب و واکشیدگی ضخامت کم‌تری داشته باشد. رپلین و گایوننت (٢٠٠٣) علت

اصلی بهبود ثبات ابعاد چوب در اثر تیمار حرارتی را کاهش FSP و کاهش مکان‌های جذب آب و واکشیدگی ضخامت بیان کردند (۱۷). در پروسه الحاق کتیوزان به خرده‌چوب‌ها از تیمار حرارتی استفاده می‌شود، با توجه به این‌که تیمار حرارتی باعث ایجاد تغییرات ساختار آمورف و کریستالی سلولز، تقریباً به صورت دائمی شده و همی‌سلولزها که از عوامل جذب آب چوب می‌باشند را تخریب می‌کنند و بدین ترتیب جذب آب و واکشیدگی کاهش می‌یابد (۱۹). از طرفی دیانتو (۱۹۹٦) واکنش‌های استری شدن و تشکیل پیوندهای عرضی بین سلولز و لیگنین را در افزایش ثبات ابعاد تخته‌ها مؤثر می‌داند (۷). تیمار حرارتی باعث بهبود معنی‌دار ثبات ابعادی، واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌خرده‌چوب می‌شود و درعین‌حال مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته را در حد مناسبی افزایش می‌دهد (۱۹). دلیل بهبود واکشیدگی ضخامت تخته‌های حاصل از رزین اوره–ملامین فرمالدهید نسبت به تخته‌های حاصل از رزین اوره فرمالدهید نیز حضور ملامین فرمالدهید در ساختار رزین اوره- ملامین فرمالدهید است. ملامین فرمالدهید نسبت به اوره فرمالدهید مقاومت رطوبتی بیش‌تری داشته (٦) و این موضوع باعث بهبود واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته‌شده از اوره- ملامین فرمالدهید نسبت به تخته‌های ساخته‌شده از اوره فرمالدهید است. مقاومت بیش‌تر رزین‌های ملامین در برابر رطوبت و آب، ناشی از انحلال کم‌تر آن‌ها در آب است. رزین ملامین تنها در آب داغ حل می‌شود، در صورتی که رزین اوره فرمالدهید قابلیت انحلال در آب سرد را نیز دارد (٦). با توجه به مطالب عنوان‌شده نتیجه‌گیری می‌شود که نمونه‌های AB4-3 دارای بهترین شرایط ثبات ابعادی در بین تمام تیمارها می‌باشند.

منابع

1. Alen, R., Kotilainen, R., and Zaman, A. 2002. Thermochemical behavior of Norway spruce (Picea abies) at 180-225 °C. Wood Science and Technology. 36: 163-171.
2. Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B., and Merlin, A. 2003. Color stability of heat treated wood during artificial weathering. Holz Roh Werkst. 61: 221-6.
3. Basturk, M.A. 2012. Heat applied chitosan treatment on hardwood chips to improve physical and mechanical properties of particleboard. BioResources. 7: 4. 4858-4866.
4. Burmester, A. 1973. Effects of heat pressure treatments of seml-dry wood on its dimensional stability. holz als roh-und werkst off. 31: 6. 237-243.
5. Chowdhury, J.A., and Wolcott, M.P. 2007. Compatibilizer selection to improve mechanical and moisture properties of extruded wood-HDPE composites. Forest Products J. 57: 9. 46-53.
6. Doost Hosyni, K. 2001. Technology of production and application of pressed wood plates. TehranUniv. publications.
7. Dwianto, W., Tanaka, F., Inoue, M., and Nomimoto, M. 1996. Crystallity changes of wood by heat or steam treatment. Wood Research. 83: 47-49.
8. Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., and Pereira, H. 2007. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. Wood and Science Technology. 41: 193-207.
9. Gunduz, G., Aydemir, D., and Karakas, G. 2009. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia Pall.*) wood and changes in physical properties. Materials and Design. 30: 4391-4395.
10. Hill, A.S.C. 2006. Wood modification chemical, thermal and other processes. John Wiley and Sons Press England. Pp: 99-127.

11. Imamura, Y., Subiyanto, B., Rowell, R.M., and Nilsson, T. 1989. Dimensional stability and biological resistance of particleboard from acetylated albizzia wood particles. Wood Research. 76: 49-58.
12. Kurita, K. 2006. Chitin and chitosan: functional biopolymers from marine crustacean. Marine Biotechnology. 8: 203-226.
13. Mangolizade, N., Jafarzade haghighifard, N., Takdastan, A., and Hormozinejad, M. 2014. Physicochemical properties of chitosan biopolymer derived from shrimp shell. J. of Polymer Sciences and Technology. 27: 6. 371-380.
14. Mati-Baouche, N., Henri Elchinger, P., De Baynast, H., Pierre, G., Delattre, C., and Michaud, P. 2014. Chitosan as an adhesive (Review article). European Polymer J. 60: 1. 98-212.
15. Nourbakhsh, A., kargarfard, A., and Golbabaei, F. 2013. Investigation of physical and mechanical properties of particleboard made of paulownia. Iranian J. of Wood and Paper Sciences Research. 24: 10. 22-34.
16. Ohmori, H., Sakuno, T., Furukawa, I., and Kishimoto, J. 1998. Improvements of wood by chitin from crustacean. I. Change in colar and glue ability of Chitosan-treated wood surface. Resv. Bull. Tottori. Univ. For. 17: 193-204.
17. 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.
18. Sander, C., Beckers, E.P.J., Militz, H., and Vanveenendaal, W. 2003. Analysis of acetylated wood by electron microscopy: Wood Science and Technology. 37: 39-46.
19. Sandford, P.A. 1988. Chitosan: Commercial uses and potential applications, In: Proceedings from the 4th International Conference on Chitin and Chitosan. G. Skjakbreak.
20. Shi, J.L., Kocaefe, D., Amburgey, T., and Zhang, J. 2007. A comparative study on brown rot fungus decay and subterranean termite resistance of thermallymodified and ACQ-C-treated wood. Holz Roh Werkst. 65: 353-358.
21. Sivonen, H., Maunu, S.L., Sundholm, F., Jamsa, S., and Viitaniemi, P. 2002. Magnetic resonance studies of thermally modified wood. Holzforschung. 56: 648-54.
22. Stamm, A.J., and Tarkow, H. 1947. Dimensional stabilization of wood. J. of Physical chemistry. 51: 2. 493-505.
23. Toffey, A., Samaranayake, G., Frazier, C.E., and Glasser, W.G. 1996. Chitin derivatives. I Kinetics of the heat-induced conversion of chitosan to chitin. J. of Applied Polymer Science. 60: 75-85.
24. Umemura, K., Lijima, Y., and Kawai, S. 2005. Development of new natural polymerbased wood adhesives. Effects of molecular weight and spread rate of bonding properties of chitosan. J. Adhesive Society Japan. 41: 6. 216-222.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 27 (4), 2021
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2019.10897.1569

The effect of Chitosan utilization on dimension stability of particleboard

***A.R. Rezanezhad[1], T. Tabarsa[2], M.R. Dehghani Firouzabadi[3] and A.R. Shakeri[4]**
[1]M.Sc. Student of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
[2]Professor of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
[3]Associate Prof. of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
[4]Associate Prof. of Polymer, Tehran University
Received: 04.13.2016; Accepted: 09.20.2020

Abstract
Background and Objectives: The dimension stability of wood panels is one of the most challenges in these related industries. The humidity absorption not only changes the appearance and physical properties but also affects the mechanical structure and reduces the strengths. Different methods have been used to stabilize the dimensions of wood, including chemical modification, monomer impregnation, and thermal modification. Each of these methods is associated with disadvantages such as reduced mechanical strength or environmental issues. In this study, Chitosan was used, which is known as the most abundant biopolymer in nature after cellulose and is biodegradable, and reduces less the mechanical strengths. Chitosan is derived by chitin. Chitin is an amino-polysaccharide, which is polymerized by N-acetyl-D-glucosamine associated with B (1-4) linkages. Chitosan coated the particles and preserved them to humidity absorption. On the other hand, the thickness swelling and water absorption are decreased because the wood hydroxyl groups are replaced by the Chitosan acetamide groups.

Materials and Methods: In this study, the wood mixture of forest species with variable factors (the amount of Chitosan 2%, 4%; thermal treatment temperature 120 ^{o}C, 140 ^{o}C, 160 ^{o}C; and two types of adhesives urea-formaldehyde and urea-melamine formaldehyde (in a ratio of 50:50) were used which followed by the fixed factors (pressure, temperature and press time, 25 bar, 165 ^{o}C, and 6 min, respectively). Forty-two particleboard samples with 10 mm thickness and 20*30 cm^3 have been made. According to EN-317 standards, the samples with 10*50*50 mm^3 dimensions were examined for 2 and 24 hours to perform water absorption and thickness swelling tests.

Results: The particleboards made with urea-melamine formaldehyde indicated less water absorption and thickness swelling rather than samples made with urea-formaldehyde. The water absorption and thickness swelling are decreased by using Chitosan. By increasing the amount of Chitosan utilization, the water absorption and thickness swelling are decreased. Increasing of thermal treatment temperature reduces the water absorption and thickness swelling.

Conclusion: The results showed that using of urea-melamine formaldehyde adhesive, 4% Chitosan and heat treatment temperature of 160 °C are the best conditions to reduce water absorption and swelling of the thickness of the test boards.

Keywords: Chitosan, Dimension stability, Particleboard, Thickness swelling, Water absorption

*Corresponding author: adrarand@yahoo.com