



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

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<sup>۱</sup>، تقی طبرسا<sup>۲</sup>، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی<sup>۳</sup> و علیرضا شاکری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد فراورده‌های چندسازه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

استاد گروه فراورده‌های چندسازه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

<sup>۲</sup> دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

<sup>۴</sup> 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 گرفته شده 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 شناخته شده و زیست‌تخریب‌پذیر است و استفاده از آن کاهش کم‌تر مقاومت‌های مکانیکی را به همراه دارد. کیتوزان از کیتین به دست می‌آید. کیتین یک آمینو پلی ساکارید تشکیل شده از واحدهای ان-استیل-دی-گلوکز آمین متصل شده با پیوندهای  $\beta(1-4)$  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 واکنشیدگی 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 ۴٪، تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ 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، ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و ۶ دقیقه)، تخته‌خرده‌چوب یک لایه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ابعاد ۳۰×۲۰ سانتی‌متر به تعداد ۴۲ تخته ساخته شد. نمونه‌های آزمون بر طبق استاندارد EN-317 با ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر تهیه شد و آزمایش‌های فیزیکی جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت و واکنشیدگی ۲ و ۲۴ ساعت بر روی آن‌ها انجام گردید.

\* مسئول مکاتبه: [adrarand@yahoo.com](mailto:adrarand@yahoo.com)

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

**نتیجه‌گیری:** نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن است که در بین شرایط استفاده‌شده در این پژوهش، استفاده از چسب اوره- ملامین فرمالدهید، کیتوزان ۰.۴٪ و دمای تیمار حرارتی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد بهترین شرایط برای کاهش جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌های آزمونی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تخته‌خرده‌چوب، ثبات ابعادی، جذب آب، کیتوزان، واکنش‌پذیری 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. در صورتی که 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 (بنزویل پراکسید، دی‌کومیل 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 ۲۱). 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  $\beta$  (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 ۴۵ درصد از ضایعات فرآورده‌های فراوری میگو، ضایعاتی هستند که از اسکلت خارجی آن تشکیل می‌شوند و جزء مشکلات مهم محیط‌زیست به‌شمار 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

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 واکنش‌دهی 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 این که 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 آزمایشی از خرده‌چوب‌های صنعتی کارخانه شמושک 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 شמושک تهیه گردیدند. مشخصات چسب اوره‌فرمالدهید به شرح زیر می‌باشد:

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 واکنشیده 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 واکنش‌دهی ضخامت 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 (۲۴). 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 (۱۶). کیتین مانند چسب‌های ترموست عمل

جدول ۱- مشخصات رزین‌های به‌کار برده شده.

Table 1. The properties of Resins used.

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

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	دی‌استیلته	قابلیت حل شدن
Mesh size	Molecular weight	Di-acetylation	Dissolvable
Mesh (60) / مش	80000-50000 Da	85%	اسید استیک / Acetic acid (1%)

جهت ساخت نمونه‌های آزمون 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 ۴ اتمسفر به صورت مه روی ذرات خرده‌چوب در داخل چسب زن پاشیده می‌شد؛ و در نهایت نمونه‌های آزمون به کمک دستگاه پرس از نوع هیدرولیکی OTT با قطر پیستون ۲۵ سانتی‌متر ساخته شدند. از هر تیمار ۳ تخته و در نهایت ۴۲ تخته یک لایه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ابعاد ۳۰×۲۰ سانتی‌متر ساخته شد. جهت یکنواخت شدن رطوبت تخته‌ها، متعادل‌سازی و نرمال‌سازی تنش‌های داخلی، نمونه‌های ساخته‌شده پس از سرد شدن به مدت ۲ هفته در شرایط رطوبت نسبی ۶۵-۶۰ درصد و دمای ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

در این پژوهش از کیتوزان رقیق‌شده در ۲ سطح ۲٪ و ۴٪ 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 ۶۰ درجه سانتی‌گراد به وسیله همزن به مدت ۹۰ دقیقه هم زده شد. سپس محلول سرد گردیده و بر روی خرده‌چوب‌ها اسپری گردید. خرده‌چوب‌های آغشته به کیتوزان در هوای محیط، هوا خشک شدند، سپس جهت رسیدن به رطوبت ۲٪ در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در آن قرار گرفته و تا رطوبت ۲٪ خشک گردیدند و در کیسه‌های پلاستیکی جمع‌آوری و در مرحله بعد در سه سطح ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه تیمار حرارتی شدند. در این مرحله استات کیتوزان به کتین تبدیل می‌شود.

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

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:

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 به وسیله 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 ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید.

$$W_A = \frac{M_h - M_o}{M_o} \times 100$$

$$T_S = \frac{T_h - T_o}{T_o} \times 100$$

که در آن‌ها،  $T_o$  ضخامت اولیه (میلی‌متر)،  $W_A$  میزان جذب آب (درصد)،  $T_h$  ضخامت بعد از مدت زمان (میلی‌متر)،  $M_o$  وزن اولیه (گرم)،  $T_s$  واکشیدگی

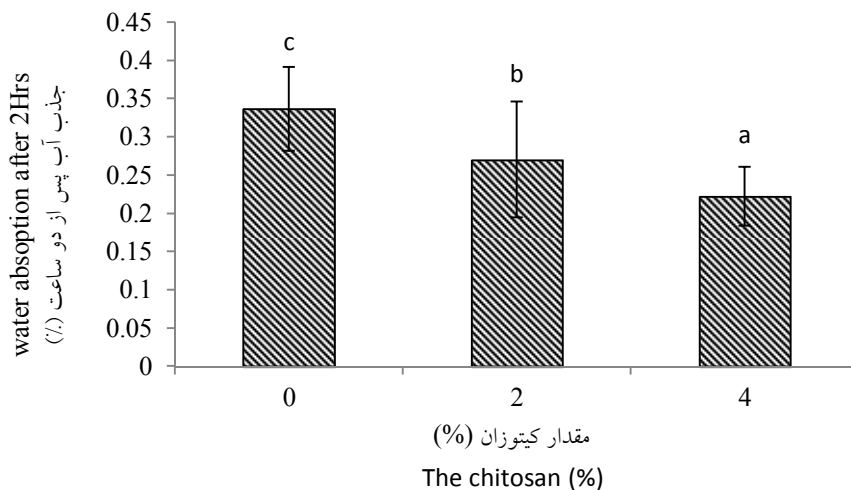
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲ ساعت.

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

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

می‌گیرند، به طوری که با افزودن کیتوزان به میزان ۰.۴٪، جذب آب ۲ ساعت به میزان ۰.۵۱/۳٪ و با استفاده از ۰.۲٪ کیتوزان، به میزان ۰.۲۴/۶٪، نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته است.

اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۱ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۴ اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری با اعتماد ۰.۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد که بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای

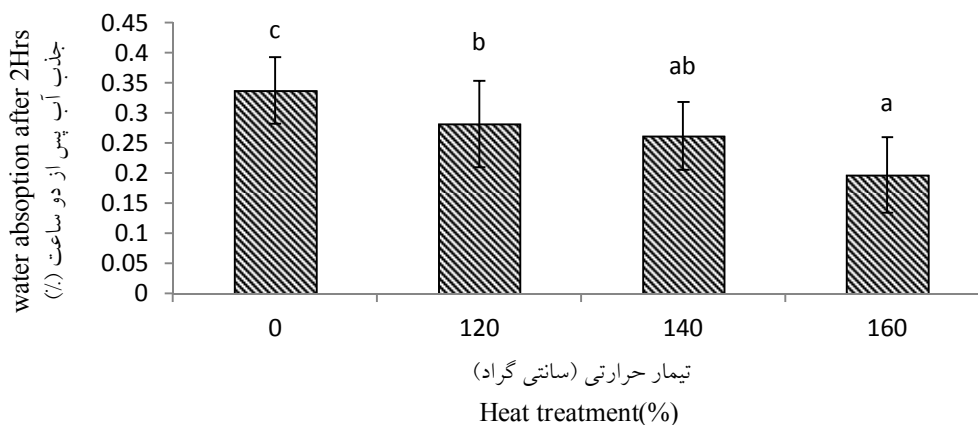


شکل ۱- رابطه بین جذب آب (پس از ۲ ساعت) و مقدار کیتوزان.

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

سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۰.۱۹/۷٪، ۰.۳۳/۷٪ و ۰.۷۱/۱٪ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش جذب آب ۲ ساعت را داشته‌اند.

اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۲ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۴، اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر جذب آب ۲ ساعت به اعتماد ۰.۹۹٪ معنی‌دار بوده که بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه

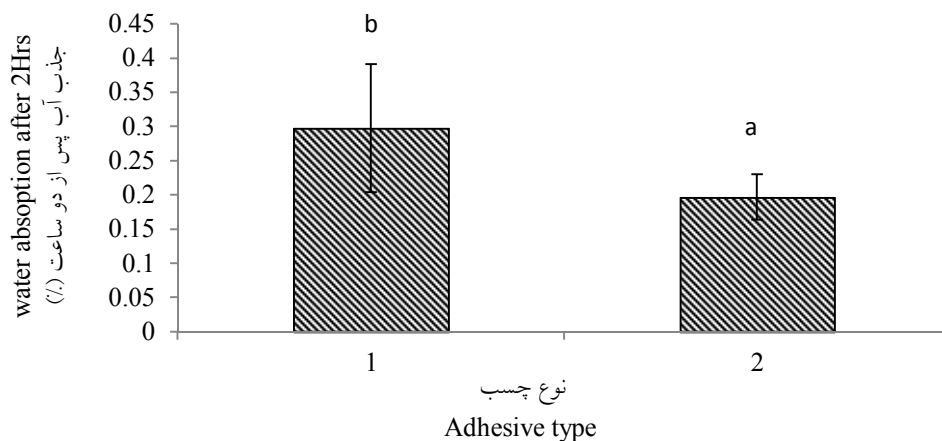


شکل ۲- رابطه بین جذب آب (پس از ۲ ساعت) و دمای تیمار.

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

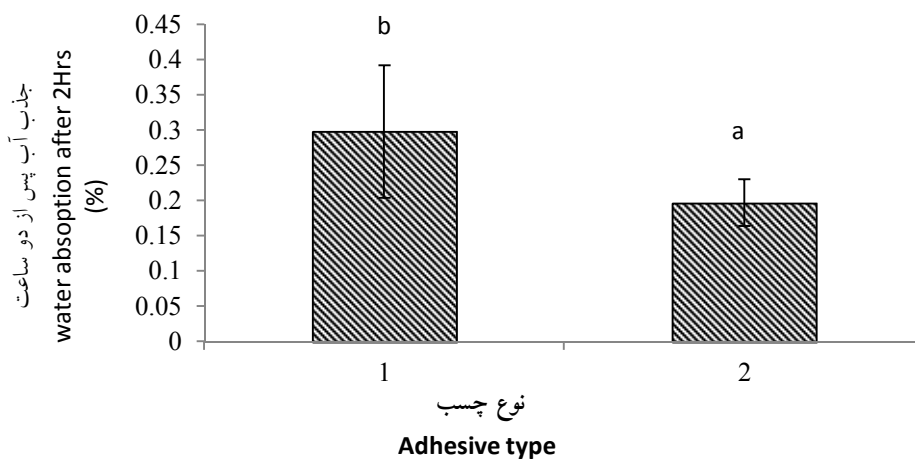
اوره- ملامین فرمالدهید جذب آب داشته‌اند. چسب ملامین در برابر رطوبت از مقاومت بیشتری برخوردار است، بنابراین استفاده از چسب ملامین- فرمالدهید در ساخت نمونه‌ها باعث کاهش جذب آب می‌گردد (۵).

اثر نوع چسب: با توجه به شکل ۳ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۴، 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



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 ۴- مقایسه میانگین‌های جذب آب پس از ۲ ساعت.

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

جذب آب ۲۴ ساعت به شرح زیر می‌باشد:

جذب آب ۲۴ ساعت: با توجه به میانگین و انحراف معیار تیمارها، اثر مستقل تیمارها بر روی

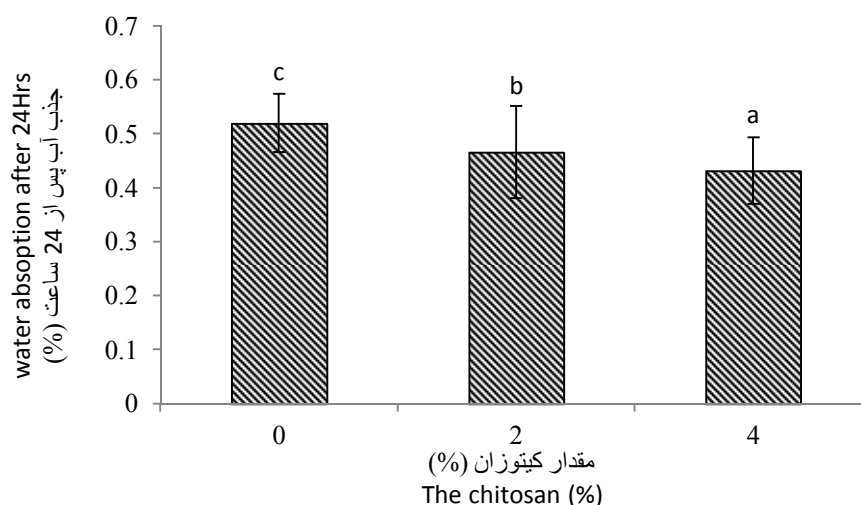
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲۴ ساعت.

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

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

۲۴ ساعت نمونه‌های حاوی ۲٪ کیتوزان به میزان ۱۱/۵٪ و نمونه‌های حاوی کیتوزان ۴٪ به میزان ۲۰/۵٪ نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته است.

اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۵ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۵ اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر جذب آب ۲۴ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای می‌گیرد، به طوری که جذب آب



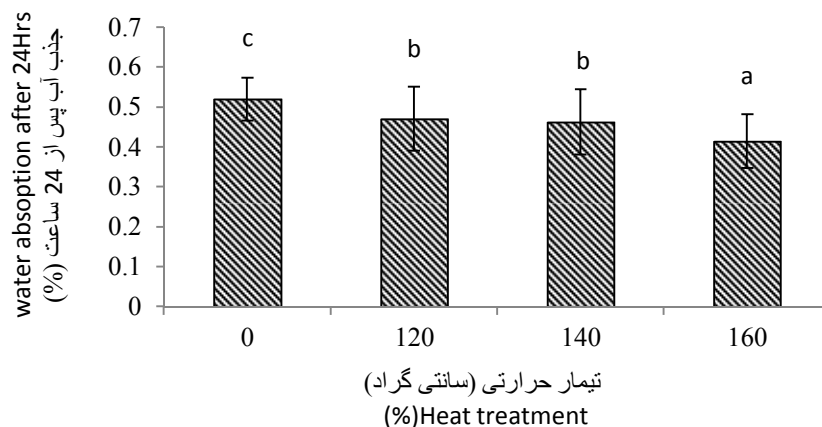
شکل ۵- رابطه بین جذب آب (پس از ۲۴ ساعت) و مقدار کیتوزان.

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

سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۰/۵٪، ۱۲/۵٪ و ۲۵/۵٪ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش جذب آب را نشان می‌دهد.

اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۶ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۵، اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر جذب آب ۲۴ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه



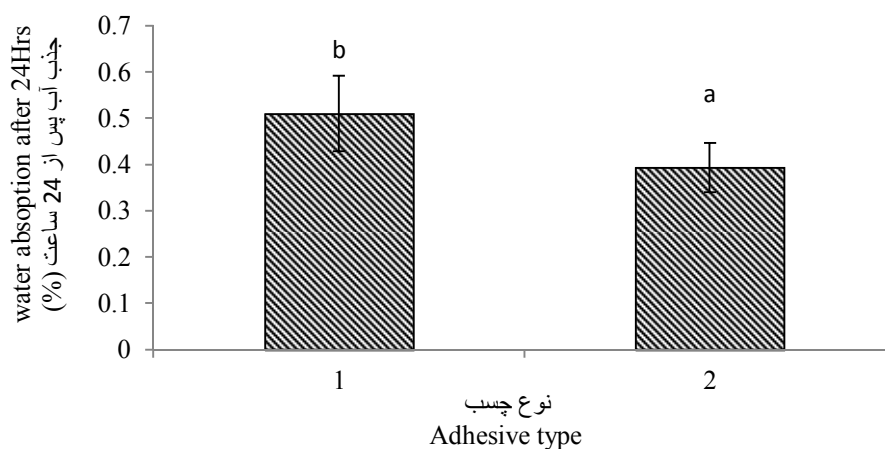


شکل ۶- رابطه بین جذب آب (پس از ۲۴ ساعت) و دمای تیمار حرارتی.

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

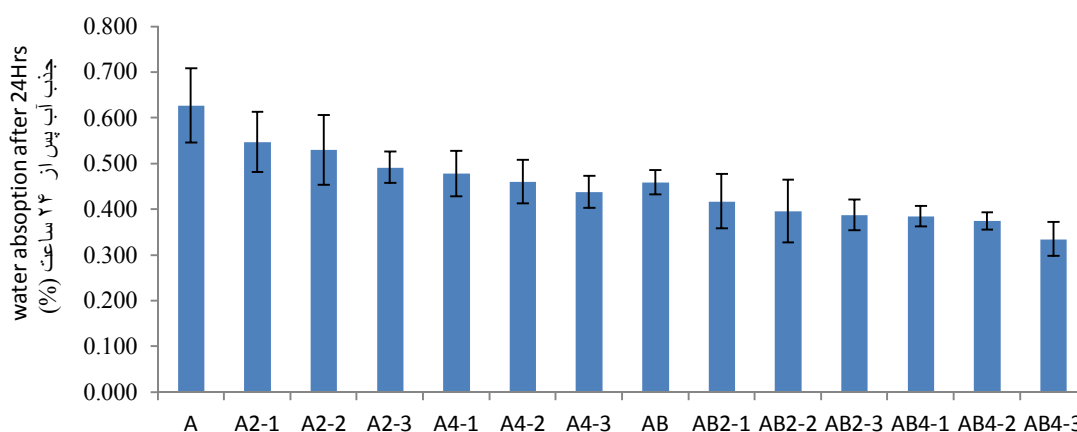
که نسبت جذب آب ۲۴ ساعت نمونه‌های حاوی چسب اوره فرمالدهید ۲۹/۷٪ بیش‌تر از نمونه‌های حاوی چسب اوره- ملامین فرمالدهید می‌باشد.

اثر نوع چسب: با توجه به شکل ۷ و جدول تجزیه واریانس ۵، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر جذب آب ۲۴ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد، به‌طوری



شکل ۷- رابطه بین جذب آب (پس از ۲۴ 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 ۲۴ 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 ۶- نتایج تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ۲ ساعت.

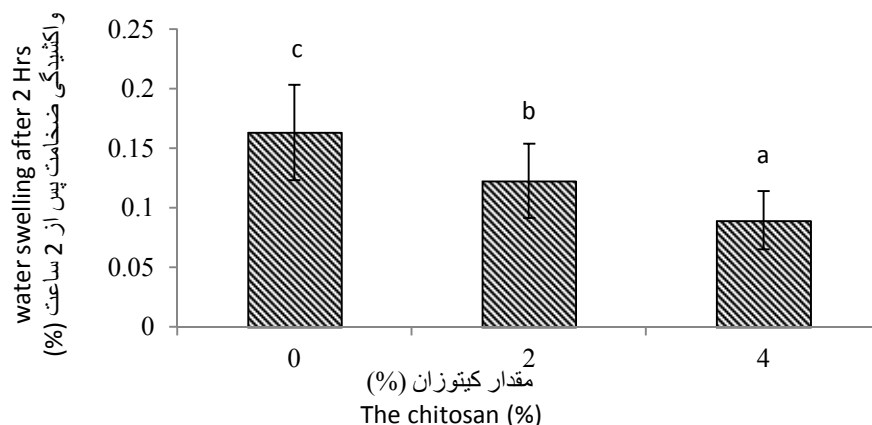
Table 6. Results of analysis of variance of swelling values for 2 hours.

معنی‌داری Sig.	درجه آزادی df	مقدار F F	مجموع مربعات Squares	متغیرها Variable
0.000 <sup>xx</sup>	132.936	1	0.030	کیتوزان (Chitosan)
0.000 <sup>xx</sup>	32.467	2	0.015	دمای تیمار (Heat treatment)
0.000 <sup>xx</sup>	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 ۶، 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 ۴٪ کیتوزان به میزان ۸۲/۴٪ و نمونه‌های حاوی ۴٪ کیتوزان به میزان ۳۳٪ نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته‌است.

۱۰

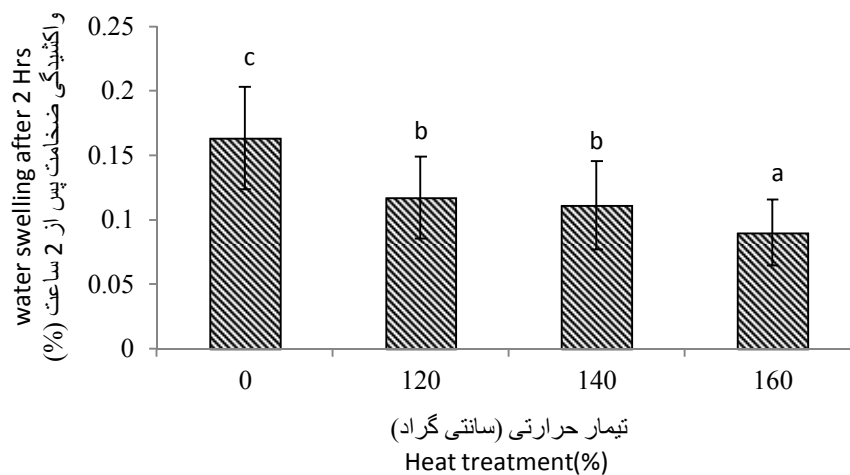


شکل ۹- رابطه بین واکنشیدگی ضخامت و مقدار کیتوزان.

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

که نمونه‌های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۰/۳۹/۴، ۰/۴۶/۸ و ۰/۸۱/۵ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش واکنشیدگی ۲ ساعت را نشان می‌دهد.

اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۱۰ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۶ اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر واکنشیدگی ۲ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بوده و بر اساس گروه‌بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته‌اند، به طوری

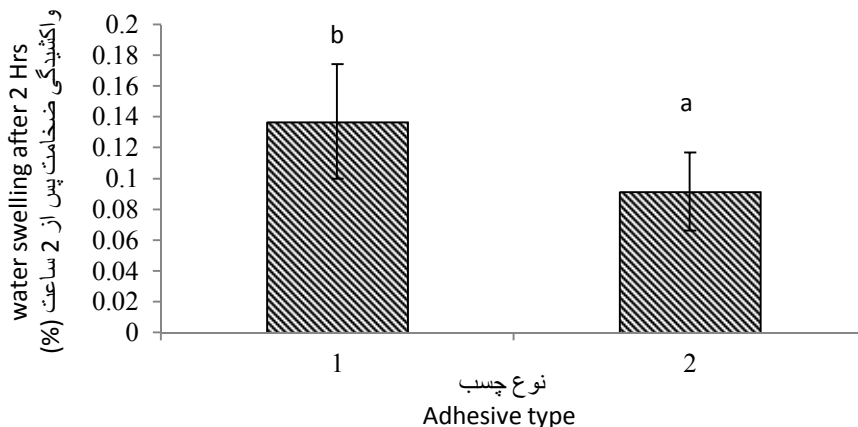


شکل ۱۰- رابطه بین واکنشیدگی ضخامت و دمای تیمار حرارتی.

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

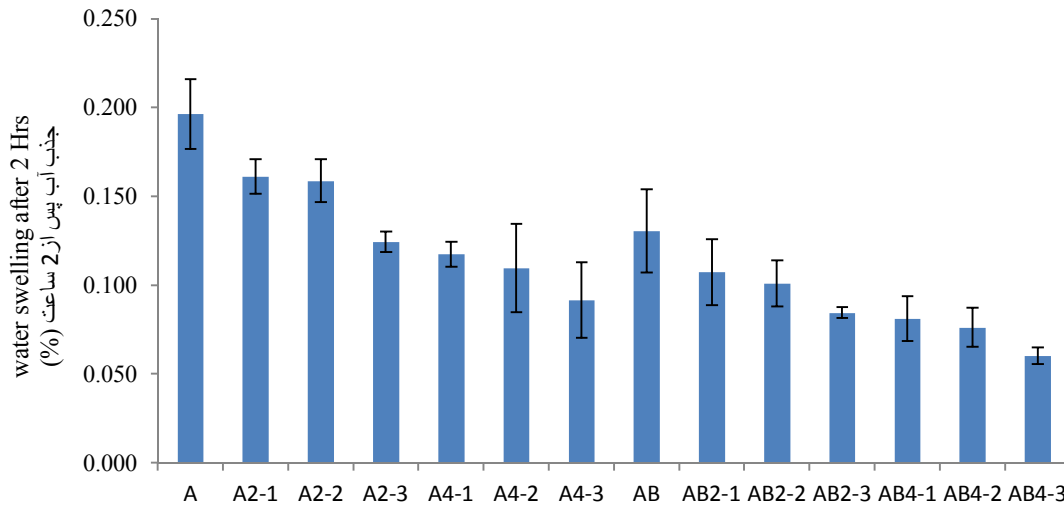
و بیشترین واکنش‌دهی ۲ ساعت مربوط به چسب اوره فرمالدهید می‌باشد (شکل ۱۲) که نسبت به چسب اوره-ملامین فرمالدهید ۲۹/۷٪ می‌باشد.

اثر نوع چسب: با توجه به تصویر ۱۱ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۶، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر واکنش‌دهی ۲ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۱۱- رابطه بین واکنش‌دهی ضخامت و نوع چسب.

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



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های واکنش‌دهی ۲ ساعت.

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

واکشیدگی ۲۴ ساعت: با توجه به میانگین و انحراف معیار تیمارها، اثر مستقل تیمارها بر روی واکشیدگی

۲۴ ساعت به شرح زیر می باشد:

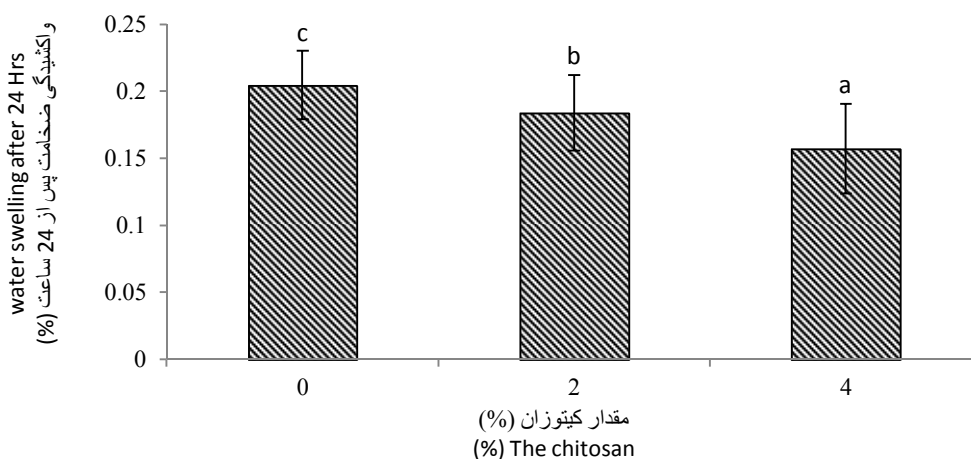
جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ۲۴ ساعت.

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

معنی داری Sig.	درجه آزادی df	مقدار F	مجموع مربعات Squares	متغیرها Variable
0.000 <sup>**</sup>	45.870	1	0.036	کیتوزان (Chitosan)
0.029 <sup>*</sup>	3.662	2	0.006	دمای تیمار (Heat treatment)
0.000 <sup>**</sup>	74.406	1	0.058	نوع چسب (Adhesive type)
		112	0.087	خطا (Error)
		126	4.606	کل (Total)

سه سطح مختلف جای گرفته اند، به طوری که واکشیدگی ۲۴ ساعت نمونه های دارای ۲٪ و ۴٪ کیتوزان به ترتیب ۱۱/۳٪ و ۳۰/۳٪ نسبت به تیمارهای بدون کیتوزان کاهش یافته است.

اثر کیتوزان: با توجه به شکل ۱۳ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۷، اختلاف بین سطوح مختلف استفاده از کیتوزان بر واکشیدگی ۲۴ ساعت با اعتماد ۹۹٪ معنی دار می باشد و بر اساس گروه بندی دانکن در

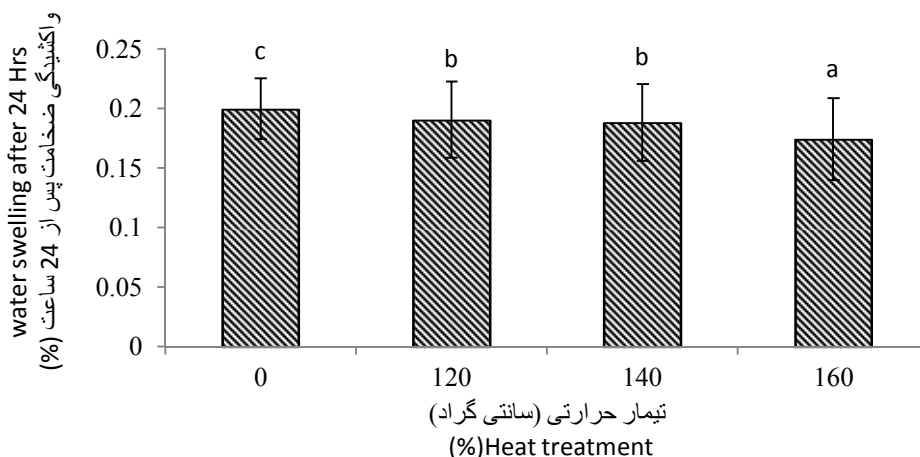


شکل ۱۳- رابطه بین واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت و مقدار کیتوزان.

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

که نمونه های با تیمار حرارتی ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی گراد به ترتیب ۴/۸٪، ۶/۱٪ و ۱۴/۶٪ نسبت به نمونه های شاهد کاهش واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت را داشته اند.

اثر تیمار حرارتی: با توجه به شکل ۱۴ و نتایج جدول تجزیه واریانس ۷ اختلاف بین سطوح مختلف تیمار حرارتی بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت به اعتماد ۹۵٪ معنی دار می باشد و بر اساس گروه بندی دانکن در سه سطح مختلف جای گرفته اند، به طوری

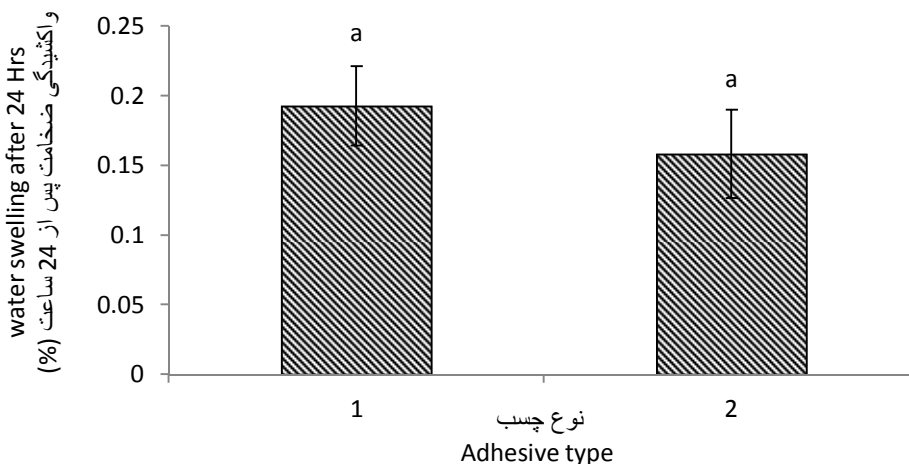


شکل ۱۴- رابطه بین واکنش‌پذیری ضخامت پس از ۲۴ ساعت و دمای تیمار حرارتی.

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

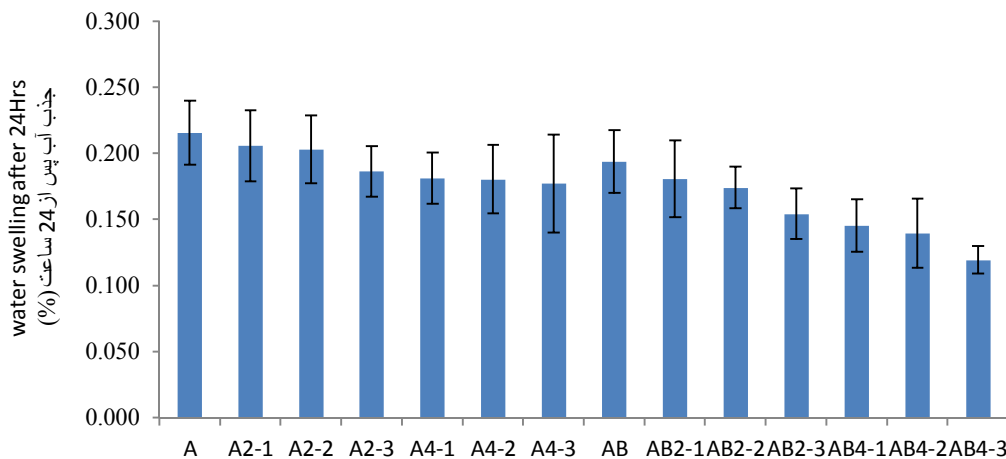
واکنش‌پذیری ضخامت ۲۴ ساعت به میزان ۲۱/۹٪ نسبت به چسب اوره فرمالدهید می‌گردد (شکل ۱۶). هر چند که این میزان کاهش از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

اثر نوع چسب: با توجه به شکل ۱۵ و بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۷، اختلاف دو نوع چسب مورد استفاده بر واکنش‌پذیری ضخامت ۲۴ ساعت کاملاً معنی‌دار می‌باشد، به طوری که استفاده از چسب اوره- ملامین فرمالدهید سبب کاهش میزان



شکل ۱۵- رابطه بین واکنش‌پذیری ضخامت پس از ۲۴ ساعت و نوع چسب.

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



شکل ۱۶- مقایسه میانگین‌های واکنش‌دهی ۲۴ ساعت.

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

کیتوزان می‌باشد. نتایج نشان داد دمای تیمار حرارتی بیش‌تر، جذب آب و واکنش‌دهی کم‌تری را به همراه دارد. بار مستر (۱۹۷۳) دریافت که تیمار حرارتی ذرات خرده‌چوب منجر به کاهش ۵۰٪ در واکنش‌دهی کامپوزیت‌های ساخته‌شده از آن‌ها می‌گردد (۴). در طی فرایند تیمار حرارتی، تخریب حرارتی همی سلولزها، 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 واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب تخته‌ها می‌باشند. اصلاح حرارتی چوب، تر شوندگی سطح چوب را کم می‌کند و جذب آب را کاهش می‌دهد (۸). کم‌ترین جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت مربوط به نمونه‌های دارای تیمار حرارتی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. استفاده از چسب اوره- ملامین فرمالدهید نسبت به چسب اوره فرمالدهید باعث می‌شود فراورده، جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت کم‌تری داشته باشد. رپلین و گایوننت (۲۰۰۳) علت

### 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 واکنش‌دهی 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 واکنش‌دهی 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 واکنش‌دهی و جذب آب تخته‌ها کاهش می‌یابد. کم‌ترین واکنش‌دهی و جذب آب مربوط به نمونه‌های حاوی ۴٪

(۱۹). دلیل بهبود واکنش‌دهی 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 (۶) و این موضوع باعث بهبود واکنش‌دهی 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 (۶). با توجه به مطالب عنوان‌شده نتیجه‌گیری می‌شود که نمونه‌های AB4-3 دارای بهترین شرایط ثبات ابعادی در بین تمام تیمارها می‌باشند.

اصلی بهبود ثبات ابعاد چوب در اثر تیمار حرارتی را کاهش FSP و کاهش مکان‌های جذب آب و واکنش‌دهی 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 واکنش‌دهی کاهش می‌یابد (۱۹). از طرفی دیانتو (۱۹۹۶) 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، واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب تخته‌خرده‌چوب می‌شود و درعین حال مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را در حد مناسبی افزایش می‌دهد

#### منابع

- 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.
- 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.
- Basturk, M.A. 2012. Heat applied chitosan treatment on hardwood chips to improve physical and mechanical properties of particleboard. *BioResources*. 7: 4. 4858-4866.
- Burmester, A. 1973. Effects of heat pressure treatments of semi-dry wood on its dimensional stability. *holz als roh-und werkst off*. 31: 6. 237-243.
- 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.
- Doost Hosyni, K. 2001. Technology of production and application of pressed wood plates. Tehran Univ. publications.
- Dwianto, W., Tanaka, F., Inoue, M., and Nomimoto, M. 1996. Crystallinity changes of wood by heat or steam treatment. *Wood Research*. 83: 47-49.
- 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.
- 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.
- 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 albizia 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 haghhighifard, 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 Golbabaie, 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 color 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., Miltz, 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., Kocaefer, D., Amburgey, T., and Zhang, J. 2007. A comparative study on brown rot fungus decay and subterranean termite resistance of thermally modified 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<sup>1</sup>, T. Tabarsa<sup>2</sup>, M.R. Dehghani Firouzabadi<sup>3</sup> and A.R. Shakeri<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>2</sup>Professor of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>3</sup>Associate Prof. of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>4</sup>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 °C, 140 °C, 160 °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 °C, and 6 min, respectively). Forty-two particleboard samples with 10 mm thickness and 20\*30 cm<sup>3</sup> have been made. According to EN-317 standards, the samples with 10\*50\*50 mm<sup>3</sup> 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