



دانشگاه گوارنوردی و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰

۱-۱۹

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2021.18860.1916

## تأثیر رنگ و نمک‌های فلزی بر گیرایی سیمان سفید و ویژگی‌های کامپوزیت رشته چوب سیمان تزئینی

فریبا خواجه بنجار<sup>۱</sup>، حمیدرضا عدالت<sup>۲\*</sup>، تقی طبرسا<sup>۳</sup> و علی رفیقی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کامپوزیت‌های لیگنوسلولزی، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران،

<sup>۳</sup>استاد گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران،

<sup>۴</sup>دانشیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶

### چکیده

**سابقه و هدف:** استفاده از مواد جدید با ویژگی‌های رقابتی در صنعت ساختمان همیشه مورد توجه بوده است. مرحله نازک‌کاری و اجرای دکوراسیون داخلی نیز بخش مهمی از این صنعت پویا تلقی شده که ارتباط تنگاتنگی با صنایع فرآورده‌های چوبی دارد. در این مطالعه به بررسی شرایط بهینه برای ساخت تخته رشته چوب سیمان تزئینی پرداخته شد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر رنگ پایه آب بر گیرایی سیمان سفید و بهبود کیفیت اتصال در این فرآورده تزئینی با استفاده از نمک‌های فلزی بود.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا رشته‌ها با آب‌نمک گرم جهت حذف ترکیبات بازدارنده گیرایی پیش تیمار شد. برای این منظور رشته چوب‌ها با سیمان سفید، تسریع‌کننده (کلرید سدیم و کلرید کلسیم)، آب و رنگ پلاستیک به نسبت معین مخلوط شده و پس از شکل‌دهی دستی به منظور فشردگی اولیه تحت پرس سرد به مدت ۲۰ دقیقه و سپس جهت گیرایی اولیه سیمان و رسیدن به ضخامت ۱۶ میلی‌متر در پرس سرد ثانویه به مدت ۱۸ ساعت قرار گرفت. تخته‌های تولیدی بعد از خروج از پرس سرد به مدت ۲۸ روز در محیط آزمایشگاه به منظور گیرایی کامل سیمان قرار گرفتند. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها مطابق با استانداردهای مربوطه اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج این پژوهش نشان داد بهترین ویژگی مکانیکی مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با کلرید کلسیم بود و در این شرایط بیش‌ترین مدول الاستیسیته مربوط به کلرید کلسیم با سطح ۵ درصد برابر با ۱۲۱۷/۹ مگاپاسکال حاصل شد. در مورد مقاومت خمش و کشش عمود بر سطح، بالاترین مقادیر در تیمارهای حاوی ۳ درصد کلرید کلسیم و به ترتیب برابر با ۳/۷ و ۰/۱۵ مگاپاسکال مشاهده گردید. هم‌چنین بهینه‌ترین شرایط برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی (جذب آب و واکنشیدگی ضخامت) مربوط به کلرید سدیم در سطح ۵ درصد بود که تحت این شرایط مقدار مقاومت‌های ذکرشده به ترتیب برابر با ۷/۹ درصد و ۰/۴۳ درصد تعیین گردید.

\* مسئول مکاتبه: [edalat.hr@gmail.com](mailto:edalat.hr@gmail.com)

**نتیجه‌گیری:** با افزودن رنگ به فرآیند تولید چوب رشته سیمان، مدت زمان‌گیری سیمان افزایش یافت که این مسأله موجب افت برخی از مقاومت‌ها نیز گردید. ولی با اضافه نمودن نمک‌های فلزی، سرعت‌گیری سیمان بهبود یافت و مقدار افت ایجادشده در اغلب ویژگی‌ها جبران شد. نوع نمک در مقدار ویژگی‌های مدول الاستیسیته، کشش عمود بر سطح، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت محصول اثر معنی‌داری داشت درحالی‌که اثر مقدار استفاده از نمک تنها در مدول الاستیسیته و جذب آب معنی‌دار بود. با توجه به تنوع کاربرد و خصوصیات ویژه تخته‌های رشته چوب سیمان از جمله جذب صوت، ثبات ابعادی، کندسوزی، دسترسی و ارزان بودن مواد اولیه، عدم پیچیدگی فرآیند تولید، عدم انتشار مواد سمی مانند فرمالدئید، می‌تواند گزینه مناسبی برای مصارف تزئینی در صنایع ساختمان باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پانل تزئینی، چوب رشته سیمان، رنگ پایه آب، صنوبر، نمک‌های فلزی

### مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به تقاضای قابل‌توجه محصولات جدید در حوزه ساختمان و دکوراسیون داخلی، تولید محصولات چوبی جدید با خواص کاربردی بهتر و عمر مصرف بیشتر، امری اجتناب‌ناپذیر است (۱). فرآورده‌های چوب-سیمان<sup>۱</sup>، محصولات صفحه‌ای می‌باشند که از اختلاط تراشه‌ها، خرده چوب‌ها، الیاف لیگنوسلولزی چوبی و یا پسماندهای محصولات کشاورزی در ترکیب با اتصال‌دهنده‌های معدنی که اغلب سیمان پرتلند است، ساخته می‌شوند (۲). فرآورده‌های چوب-سیمان شامل تخته فیبر-سیمان، تخته خرده چوب-سیمان و تخته رشته چوب-سیمان<sup>۲</sup> می‌باشند. در فرآیند تولید این محصولات از مواد فرعی مانند مواد افزودنی که در تسریع‌گیری و خنثی‌سازی عوامل محدودکننده‌گیری سیمان و سازگاری چوب با سیمان مؤثرند، نیز در مقادیر مختلف استفاده می‌شود (۳). در فرآیند ساخت چوب سیمان جهت خنثی‌نمودن اثر موادی که‌گیری سیمان را کاهش می‌دهند و نیز برای سرعت بخشیدن به‌گیری آن، به‌طور معمول از ماده افزودنی کلرید کلسیم استفاده می‌شود. کلرید کلسیم از انتشار

مواد محدودکننده‌گیری سیمان (همی سلولزها و مواد استخراجی) در مرحله اول‌گیری سیمان جلوگیری می‌کند در نتیجه هیدراتاسیون بهتر سیمان و تسریع‌گیری سیمان منجر به بهبود مقاومت‌های مکانیکی (مقاومت خمشی و مقاومت کششی) تخته‌ها می‌گردد (۴).

تولید این محصولات با توجه به ویژگی‌های کاربردی، تنوع کاربرد آن‌ها و پیشرفت سریع فناوری در دهه‌های اخیر در مقایسه با سایر فرآورده‌های چوبی با اتصال‌دهنده‌های مصنوعی به یک محصول مهم در صنعت ساختمان‌سازی تبدیل شده است (۵). فرآورده‌های الیاف طبیعی-سیمان دارای خواص کاربردی مطلوبی مانند مقاومت به عوامل جوی و زیستی، کندسوزی، خاصیت جذب صوت و عایق‌حرارتی بوده و از امتیازات زیست‌محیطی آن می‌توان به عدم انتشار فرم‌آلدئید اشاره کرد. هم‌چنین این فرآورده‌ها از پایداری ابعادی زیادی برخوردار هستند و امکان تولید آن‌ها در اکثر مناطق وجود دارد. علاوه بر تولید به شکل فرآورده‌های مسطح، می‌توان محصولاتمانند بلوک‌های سیمانی، آجر و قطعات فرم‌دار نیز با استفاده از قالب‌های مناسب تولید نمود. در تولید محصولات سبک از رشته چوب و پوشال و

1- Wood-cement composites  
2- Wood-wool cement board (WWCB)

یا افزودن کلرید کلسیم تا حد ۵ درصد، موجب افزایش سرعت هیدراتاسیون سیمان و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی می‌شود (۱۳).

با توجه به این‌که در حال حاضر رشته چوب-سیمان تزئینی محصولی وارداتی بوده و پژوهش‌های بسیار محدودی راجع به آن انجام گرفته است، دستیابی به شرایطی بهینه برای تولید آن در داخل کشور و با استفاده از مواد اولیه ساخت داخل می‌تواند مفید واقع گردد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی امکان ساخت محصول مذکور و نیز بررسی تأثیر نمک‌های فلزی و رنگ‌بر رفتار سیمان در مرحله گیرایی اولیه و ثانویه و همچنین خواص فیزیکی و مکانیکی محصول انجام گرفت.

#### مواد و روش‌ها

**مواد:** در این پژوهش رشته چوب صنوبر (جدول ۱) از شرکت پوشال کولر فدک (قم، ایران)، سیمان سفید پرتلند (جدول ۲) با نام و رده مقاومتی CEM W-۵۲/۵/۹۰ به‌عنوان اتصال‌دهنده از شرکت سیمان سفید شرق، رنگ پلاستیک پایه آب (جدول ۳) از شرکت گواش پارس تهیه شدند و از کلرید کلسیم و کلرید سدیم ساخت شرکت Panreac اسپانیا به‌عنوان تسریع‌کننده استفاده شد.

برای تولید محصولات سنگین از ذرات یا الیاف چوب استفاده می‌شود. امروزه فرآورده‌های مرکب الیاف طبیعی-سیمان را می‌توان در محصولاتی مانند لوله‌های قالبی (هواکش‌های صنعتی و خانگی) و مصالح ساختمانی به صورت تولیدات تخته‌ای با ضخامت کم مشاهده کرد. انواع فرآورده‌های الیاف طبیعی-سیمان در طیف گسترده‌ای به‌عنوان پوشش بام، ساختارهای پیش‌ساخته، دیوارکوب، کف‌پوش، سقف، درب‌های ضد آتش، پوشش داخلی حمام، عایق صوت در منازل و محیط‌های عمومی و تجاری، کاربرد وسیعی در منازل مسکونی پیدا کرده‌اند. محصولات با دانسیته سبک به‌عنوان سقف داخلی یا جداساز<sup>۱</sup> فضاهای داخلی کاربرد دارند. علاوه بر مصارف مذکور این محصولات را می‌توان به‌صورت پوشش‌های تزئینی<sup>۲</sup> جهت استفاده در سقف کاذب و پوشش دیوارهای داخلی مصرف نمود (۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰). امروزه کاربرد رنگ‌دانه‌ها در صنایع مختلف مانند سلولزی و نساجی بسیار گسترده شده است. مطالعه تأثیر مواد رنگی بر خواص سلولز حاصل از پنبه نشان داده که با افزودن نمک‌های قلیایی مقدار جذب رنگ افزایش می‌یابد و رنگ‌های دارای خلوص بیشتر موجب تولید پودرهای سلولزی رنگی با اندازه ذرات بیشتر می‌شوند (۱۱). در خصوص تولید چوب-سیمان، نتایج پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد که با افزایش مقدار ماده افزودنی کلرید کلسیم از ۳ به ۵ درصد خواص فیزیکی و مکانیکی اوراق مرکب چوب سیمان ساخته‌شده با رشته چوب صنوبر افزایش می‌یابد (۱۲). جایگزینی ۱۰ درصد وزنی سیمان توسط خاک نسوز (شاموت) به‌عنوان ماده افزودنی و

1- Partition  
2- Decorative

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس.

Table 1. Chemical composition of *Populus deltoides* wood.

منبع Reference	مقدار Value	واحد Unit	ترکیب Composition
(2)	51	%	سلولز (Cellulose)
(2)	22.3	%	لیگنین (Lignin)
(2)	5.1	%	مواد استخراجی (Extractives)
(2)	0.7	%	خاکستر (Ash)
مطالعه حاضر (Present study)	6.23	%	درصد رطوبت (Moisture content)
مطالعه حاضر (Present study)	360.1 ± 68.6	mm	طول (Length)
مطالعه حاضر (Present study)	1.52 ± 0.18	mm	عرض (Width)
مطالعه حاضر (Present study)	0.3 ± 0.06	mm	ضخامت (Thickness)
مطالعه حاضر (Present study)	1200.3	-	L/T
مطالعه حاضر (Present study)	236.9	-	L/W

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سیمان سفید.

Table 2. Chemical composition of white cement.

مقدار** Value	واحد Unit	ترکیب Composition
>90	دقیقه (min.)	گیرایی اولیه (Initial curing)
>120	دقیقه (min.)	گیرایی نهایی (Final curing)
>92.5	%	درجه سفیدی (Whiteness)
22-23.8	%	SiO <sub>2</sub>
4-5	%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<0.45	%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
63-66	%	CaO
<3	%	MgO
1.8-2.6	%	SO <sub>3</sub>
<0.5	%	K <sub>2</sub> O
<0.5	%	Na <sub>2</sub> O
<0.7	%	IR
<3	%	LOI
<0.009	%	Chloride content

\*\* بر اساس اطلاعات اعلام شده توسط شرکت سازنده

\*\* Based on information provided by the supplier company

جدول ۳- ویژگی‌های رنگ‌های مورد استفاده.

**Table 3. Properties of colors used.**

شرح ویژگی‌ها ** Description of properties	ویژگی Properties
رنگ پلاستیک (Plastic paint)	نوع (Type)
31%	مقدار رنگ‌دانه (Pigment content)
59%	درصد مواد جامد (Solid Content)
آبی کد 602، سبز کد 790، اخراپی کد 365 و یاسی کد 435 blue code 602, green code 790, ochre code 365 and magnolia code 435	رنگ‌های مورد استفاده (Colors used)

\*\* بر اساس اطلاعات اعلام شده توسط شرکت سازنده

\*\* Based on information provided by the supplier company

### مراحل ساخت تخته

و رنگ‌آمیزی در دو مرحله (در هر بار ۶ درصد) موجب حفظ پس‌زمینه مطلوب می‌شود.

**مرحله اختلاط و پرس:** برای ساخت تخته‌هایی با دانسیته ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، نسبت وزنی رشته چوب به سیمان ۱:۳، نسبت آب به سیمان ۱:۲، میزان مصرف تسریع‌کننده در دو سطح ۳ و ۵ درصد (نسبت به وزن خشک سیمان) در نظر گرفته شد (جدول ۴). سیمان، افزودنی‌های تسریع‌کننده، آب و رنگ به نسبت مناسب به وسیله مخلوط‌کن دستی با هم مخلوط شد تا مواد به‌طور کامل باهم ترکیب شوند. سپس ملات آماده‌شده به‌طور تدریجی به رشته چوب‌ها اضافه و مخلوط شد. سپس مواد به درون قالبی به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر منتقل و بعد از توزیع مناسب مواد در قالب، به وسیله صفحه چوبی به ابعاد قالب، فشار لازم جهت تشکیل کیک اعمال شد. سپس کیک به مدت ۲۰ دقیقه تحت فشار قرار گرفت. برای کنترل ضخامت تخته‌ها، شابلون‌هایی به ضخامت ۱۶ میلی‌متر بین صفحات پرس قرار گرفت. کیک حاصل پس از فشرده‌سازی اولیه، به‌منظور تکمیل گیرایی سیمان و جلوگیری از برگشت ضخامت تخته‌ها، به مدت ۱۸ ساعت تحت فشار ۱/۳۸ مگاپاسکال در پرس سرد قرار گرفت.

**مرحله پیش‌تیمار:** برای همه رشته‌های مورد استفاده در تمام تیمارها یک مرحله پیش‌تیمار از محلول ۳ درصد کلرید سدیم تحت دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۰ دقیقه برای استخراج عوامل بازدارنده گیرایی (همی سلولزها و مواد استخراجی) از رشته چوب‌ها استفاده شد (۱۴). سپس رشته‌های پیش‌تیمار شده جهت خروج کامل مواد شستشو شد.

**مرحله رنگ‌آمیزی:** افزودن رنگ به فرمولاسیون رشته چوب سیمان در دو مرحله صورت گرفت. در مرحله اول، رشته چوب‌ها پس از مرحله پیش‌تیمار آبکشی شده و به وسیله درصد مشخصی از رنگ پلاستیک پایه آب (رنگ محلول)، رنگ‌آمیزی و در پایان در محیط آزاد تا رطوبت ۲۳/۶ درصد خشک شدند. مقدار رنگ مصرفی ۶ درصد وزن خشک رشته چوب با درصد رطوبت میانگین ۶/۲۳ درصد بود. در مرحله دوم، مجدداً معادل ۶ درصد وزنی سیمان از رنگ پلاستیک پایه آب به مخلوط سیمان، آب و رشته‌های رنگ‌آمیزی شده اضافه شد. کلیه مراحل رنگ‌آمیزی از طریق اختلاط مستقیم رنگ محلول با رشته‌ها انجام شد. در مرحله اول رنگ‌آمیزی، به دلیل جذب رنگ زیاد توسط رشته‌ها رنگ زمینه رشته‌ها کاهش می‌یابد

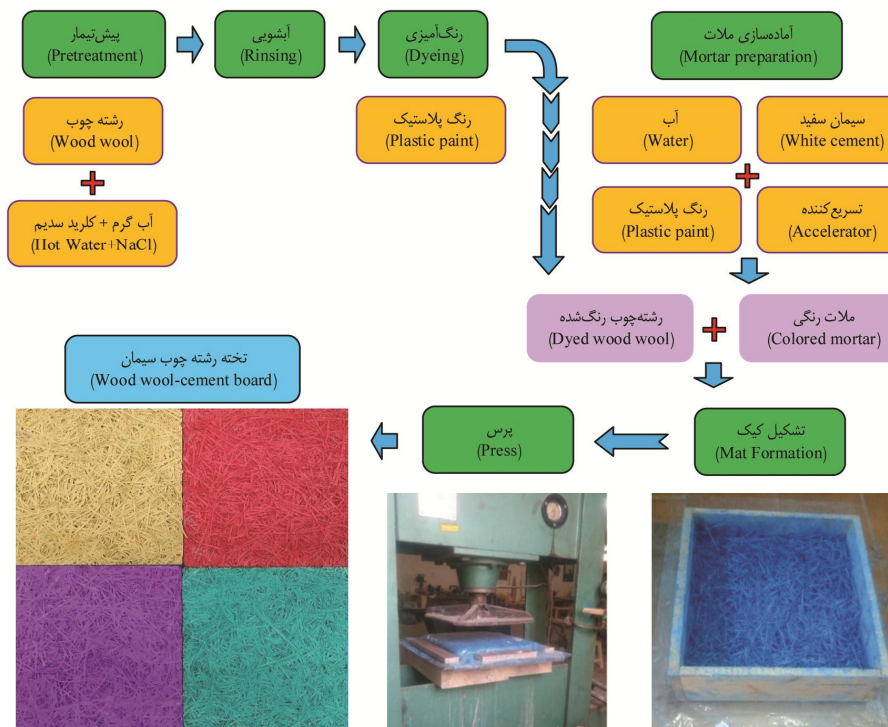
نمونه‌های آزمایشی تهیه شدند. لازم به ذکر است که دانسیته پانل‌های ساخته شده به‌طور میانگین ۵۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

خشک شدن و اندازه‌بری: پس از مرحله پرس نهایی، تخته‌های رشته چوب-سیمان به مدت ۲۸ روز در محیط آزمایشگاه مشروط‌سازی شدند تا گیرایی سیمان کامل شود. بعد از این مدت اندازه‌بری تخته‌ها انجام و

جدول ۴- تیمارهای تحقیق و جزئیات آن‌ها.

Table 4. Research treatments and its details.

شرح تیمار Treatment description	نوع و مقدار تسریع‌کننده Type and amount of accelerator	کد تیمار Treatment code
آب + رشته چوب + سیمان Water+ Wood wool+ Cement	شاهد ۱ (Control 1)	C1
آب + رشته چوب + سیمان + رنگ Water+ Wood wool+ Cement+ Color	شاهد ۲ (Control 2)	C2
	کلرید سدیم ۳٪ NaCl, 3%	A
	کلرید سدیم ۵٪ NaCl, 5%	B
آب + رشته چوب + سیمان + رنگ + تسریع‌کننده Water+ Wood wool+ Cement+ Color+ accelerator	کلرید کلسیم ۳٪ CaCl <sub>2</sub> , 3%	C
	کلرید کلسیم ۵٪ CaCl <sub>2</sub> , 5%	D



شکل ۱- مراحل ساخت تخته‌های رشته چوب-سیمان.

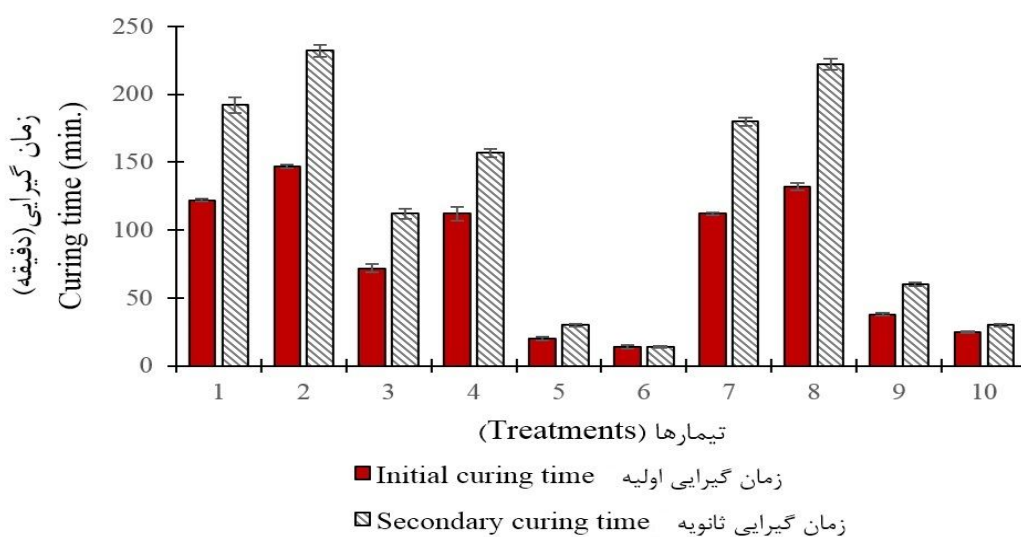
Figure 1. Schematic diagrams illustrating the flow of producing the wood wool-cement board.

مصرف ۳ درصد کلرید کلسیم زمان گیرایی اولیه و ثانویه حدود ۷۴ درصد و کلرید کلسیم با مقدار ۵ درصد زمان گیرایی اولیه را حدود ۸۳ درصد و زمان گیرایی ثانویه سیمان را ۸۷ درصد کاهش یافت. این در حالی است که کلرید سدیم با مقدار ۳ درصد زمان گیرایی اولیه و ثانویه سیمان را حدود ۲۳ درصد و کلرید سدیم با مقدار ۵ درصد زمان گیرایی اولیه سیمان را حدود ۱۰ درصد و زمان گیرایی نهایی سیمان را حدود ۴ درصد کاهش داده است. به طور کلی حضور ماده رنگی در ترکیب ملات اثری بازدارنده بر گیرایی سیمان دارد و به همین دلیل در صنعت ساختمان، برای دستیابی به بتن‌های رنگی نیز استفاده از مواد رنگی تنها به مقدار جزئی مجاز می‌باشد. در پژوهش پیش رو نیز این اثر بازدارنده به وضوح در گیرش اولیه و ثانویه مشاهده گردید. به نظر می‌رسد ترکیب شیمیایی رنگ پلاستیک در هیدراتاسیون سیمان اختلال ایجاد نموده ولی این تداخل با حضور کلرید سدیم به مقدار ۳ درصد به حالت عادی یعنی فقط ترکیب آب و سیمان برگشته است و با حضور کلرید کلسیم، اختلال ناشی از رنگ به کلی از بین رفته و حتی زمان گیرش سیمان کاهش چشمگیری را نسبت به ترکیب آب و سیمان نشان داده است. انجام این تست به خوبی مشخص نمود که برای دستیابی به سرعت گیرایی مناسب و متعاقباً ظرفیت تولید بالاتر پانل‌های چوب رشته سیمان تزئینی، استفاده از نمک فلزی امری ضروری است. هرچند مقایسه مقاومت‌ها در تیمارهای مختلف نتایج روشن‌تری را به دنبال خواهد داشت.

آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی: آزمون‌های فیزیکی فرآورده تولیدی شامل آزمون جذب آب، واکنشیدگی ضخامت بر اساس استاندارد EN ۳۱۷ پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز عامل زمان گیرایی سیمان بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۲ با دستگاه ویکات انجام شد. آزمون‌های مکانیکی فرآورده تولیدی شامل مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته خمشی بر اساس استاندارد EN ۳۱۰، کشش عمود بر سطح بر اساس استاندارد EN ۳۱۹ و آزمون ظرفیت نگهداری پیچ در راستای عمود بر سطح بر اساس استاندارد EN ۳۲۰ انجام شد. روش تجزیه و تحلیل آماری: پژوهش حاضر در قالب طرح فاکتوریل انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل نتایج از آنالیز واریانس و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون توکی و نرم‌افزار MiniTab 16 استفاده شد.

### نتایج و بحث

تعیین زمان گیرایی سیمان: نتایج آزمون ویکات (شکل ۲) نشان داد با افزودن رنگ به ملات سیمانی، زمان گیرایی اولیه سیمان حدود ۲۰ درصد و زمان گیرایی ثانویه سیمان حدود ۱۸ درصد افزایش یافت و بر این اساس می‌توان بیان کرد رنگ با تأثیر منفی بر سرعت گیرایی سیمان، نقش بازدارنده بر گیرایی سیمان دارد، اما نمک‌های فلزی در اختلاط با ملات سیمانی، زمان گیرایی سیمان را کاهش می‌دهند و دلیل این امر افزایش نرخ حرارت هیدراتاسیون سیمان در ساعات اولیه پس از اختلاط با سیمان است که به دنبال آن سرعت گیرایی سیمان افزایش می‌یابد. با



شکل ۲- زمان‌گیری اولیه و نهایی سیمان در تیمارهای مختلف. ۱: (سیمان + آب)؛ ۲: (سیمان + آب + رنگ)؛ ۳: (سیمان + آب + ۳ درصد کلرید سدیم)؛ ۴: (سیمان + آب + ۵ درصد کلرید سدیم)؛ ۵: (سیمان + آب + ۳ درصد کلرید کلسیم)؛ ۶: (سیمان + آب + ۵ درصد کلرید کلسیم)؛ ۷: (سیمان + آب + رنگ + ۳ درصد کلرید سدیم)؛ ۸: (سیمان + آب + رنگ + ۵ درصد کلرید سدیم)؛ ۹: (سیمان + آب + رنگ + ۳ درصد کلرید کلسیم)؛ ۱۰: (سیمان + آب + رنگ + ۵ درصد کلرید کلسیم).

**Figure 2. Initial and secondary curing time of cement in different treatments. 1: (Cement + Water); 2: (Cement + Water + Color); 3: (Cement + Water + 3% NaCl); 4: (Cement + Water + 5% NaCl); 5: (Cement + Water + 3% CaCl<sub>2</sub>); 6: (Cement + Water + 5% CaCl<sub>2</sub>); 7: (Cement + Water + Color + 3% NaCl); 8: (Cement + Water + Color + 5% NaCl); 9: (Cement + Water + Color + 3% CaCl<sub>2</sub>); 10: (Cement + Water + Color + 5% CaCl<sub>2</sub>).**

آب و واکنش‌پذیری ضخمات در سطح ۱ درصد و اثر مستقل نوع نمک و مقدار نمک بر مدول الاستیسیته در سطح ۵ درصد و اثر مستقل مقدار نمک بر جذب آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است.

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی: جدول ۵ تجزیه واریانس مقادیر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده، اثر مستقل نوع نمک بر کشش عمود بر سطح، جذب



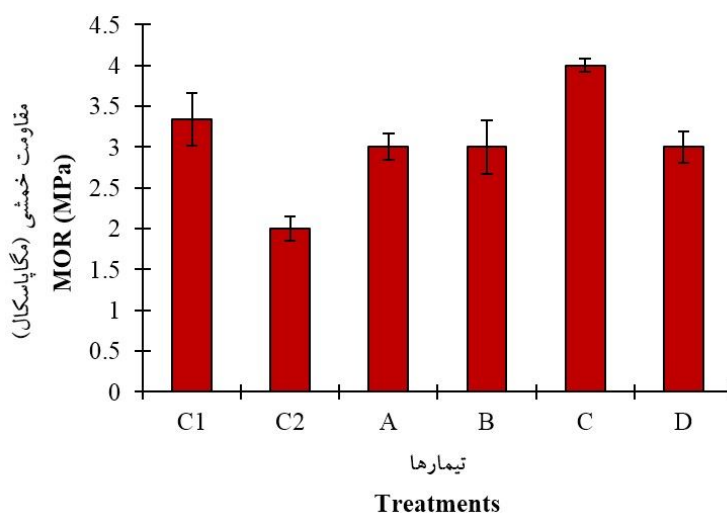
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های متغیر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

**Table 5. ANOVA results of the effect of variable factors on physical and mechanical properties.**

تفاوت Difference	سطح معنی داری Sig.	F مقدار	میانگین مربعات M.S	مجموع مربعات S.S	درجه آزادی D.F	منبع تغییرات S.O.V	ویژگی Properties
ns	0.147	2.58	0.2977	0.2977	1	نوع نمک (A) Salt type	مقاومت خمشی MOR
ns	0.961	0.00	0.0003	0.0003	1	مقدار نمک (B) Salt content	
ns	0.056	5.01	0.5764	0.5764	1	A×B	
*	0.014	9.73	178313	178313	1	نوع نمک (A) Salt type	مدول الاستیسیته MOE
**	0.010	11.06	202641	202641	1	مقدار نمک (B) Salt content	
ns	0.82	3.96	72566	72566	1	A×B	
**	0.003	17.93	0.0049	0.0049	1	نوع نمک (A) Salt type	کشش عمود بر سطح IB
ns	0.107	3.30	0.0009	0.0009	1	مقدار نمک (B) Salt content	
ns	0.330	1.08	0.0002	0.0002	1	A×B	
ns	0.334	1.06	8.501	8.501	1	نوع نمک (A) Salt type	ظرفیت نگهداری پیچ Withdrawal capacity of screws
ns	0.849	0.04	0.311	0.311	1	مقدار نمک (B) Salt content	
ns	0.069	4.42	35.593	35.593	1	A×B	
**	0.000	66.98	4.86	4.86	1	نوع نمک (A) Salt type	جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب Water absorption in 24 hours
*	0.025	7.58	0.5507	0.5507	1	مقدار نمک (B) Salt content	
ns	0.496	0.51	0.0369	0.0369	1	A×B	
**	0.000	33.70	0.1254	0.1254	1	نوع نمک (A) Salt type	واکشدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب Thickness swelling in 24 hours
ns	0.293	0.16	0.0006	0.0006	1	مقدار نمک (B) Salt content	
ns	0.515	0.44	0.0059	0.0059	1	A×B	

رنگ با سیمان می‌باشد که با مصرف تسریع‌کننده این مشکل برطرف گردید و از آنجایی که ویژگی‌های مکانیکی محصول ارتباط تنگاتنگی با سرعت گیرایی سیمان دارد، بنابراین مقدار مقاومت خمشی در تخته‌های شاهد ۲ در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با تسریع‌کننده‌ها کاهش یافته است. کلرید کلسیم و کلرید سدیم از انتشار مواد بازدارنده گیرایی سیمان (همی‌سلولزها و مواد استخراجی) جلوگیری می‌کند. در نتیجه این امر، هیدراتاسیون سیمان و تسریع گیرایی سیمان بهبود می‌یابد (۴).

مقاومت خمشی: مقاومت خمشی یکی از کاربردی‌ترین ویژگی‌های محصولات تزئینی ساختمان است که بیانگر تحمل فرآورده‌های تزئینی هنگام حمل و نقل و هم‌چنین در برابر وزن‌شان پس از نصب می‌باشد. با توجه به میانگین مقادیر مقاومت خمشی در شکل (۳)، بین سطوح مختلف مقدار و نوع تسریع‌کننده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). طبق نتایج آزمون ویکات (شکل ۲)، افزودن رنگ به مخلوط الیاف و سیمان موجب کاهش سرعت گیرایی سیمان می‌گردد. این موضوع بیانگر عدم سازگاری



شکل ۳- اثر نوع و مقدار نمک بر مقاومت خمشی.

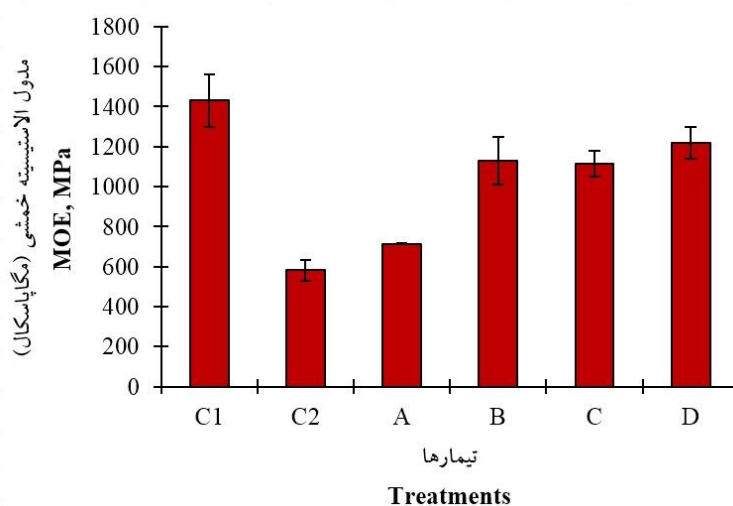
Figure 3. The effect of type and amount of accelerator on bending strength.

افزایش مقدار کلرید سدیم از ۳ درصد به ۵ درصد، مدول الاستیسیته حدود ۵۸ درصد افزایش یافته است. افزودن رنگ به ملات سیمانی سبب کاهش سرعت گیرایی سیمان شده است. این موضوع نشان‌دهنده عدم سازگاری رنگ با سیمان می‌باشد که با مصرف تسریع‌کننده این مشکل برطرف گردید و از آنجایی که خواص مکانیکی چوب سیمان ارتباط تنگاتنگی با سرعت گیرایی سیمان دارد؛ بنابراین مقدار مدول

مدول الاستیسیته: نتایج حاصل از میانگین مدول الاستیسیته در شکل ۴ نشان داد مقدار این پارامتر با افزایش مقدار نمک از ۳ به ۵ درصد، در تخته‌های ساخته‌شده با کلرید کلسیم افزایشی بوده، ولی تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف نمک وجود ندارد ( $P > 0/05$ ). در صورتی که در تخته‌های ساخته‌شده با کلرید سدیم بین سطوح مختلف نمک تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ). به طوری که با

ماده کلرید کلسیم ویژگی مدول الاستیسیته خمشی را نسبت به کلرید سدیم بهبود بخشیده است. دلیل این امر معدنی شدن بهتر ذرات چوب و انحلال سخت‌تر مواد قندی توسط این افزودنی نسبت به سایر افزودنی‌ها است (۱۹). ترکیبات معدنی دارای سیلیکون، منیزیم، سدیم و کلسیم می‌توانند به دیواره سلولی ذرات چوب نفوذ نموده (۲۰) و بر روی برهم‌کنش و چسبندگی ذرات چوب با سیمان اثر مثبت گذاشته و یا با تغییر سفتی اجزای چوبی، مدول الاستیسیته ظاهری محصول را بهبود دهند.

الاستیسیته در تخته‌های شاهد ۲ (تیمار C2) در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با تسریع‌کننده‌ها به شدت کاهش یافته است. بیش‌ترین مقدار مدول الاستیسیته در هر دو سطح نمک، مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با کلرید کلسیم می‌باشد و این موضوع بیانگر تأثیر متفاوت تسریع‌کننده کلرید کلسیم بر گیرایی سیمان می‌باشد. اثر مثبت تسریع‌کننده کلرید کلسیم بر بهبود مدول الاستیسیته چوب سیمان با یافته‌های ناظران و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱۷)، صادقی‌پناه و همکاران (۲۰۲۰) و نور و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد (۱۳، ۱۶، ۱۷ و ۱۸).



شکل ۴- اثر نوع و مقدار تسریع‌کننده بر مدول الاستیسیته.

Figure 4. The effect of type and amount of accelerator on modulus of elasticity.

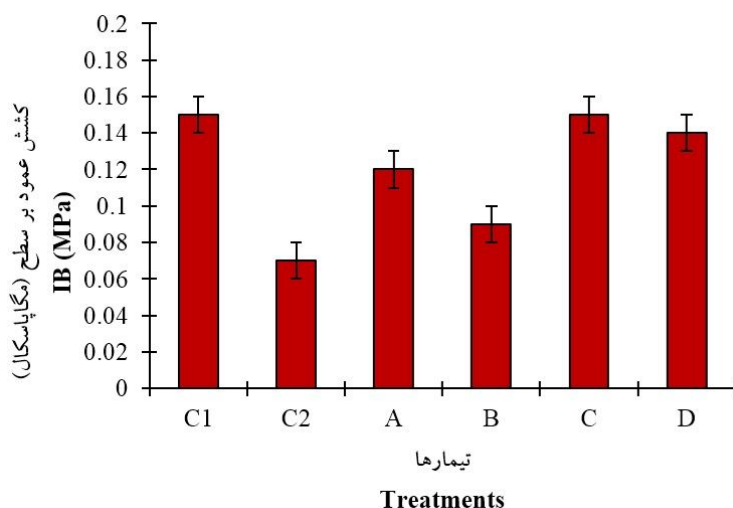
تسریع‌کننده از ۳ درصد به ۵ درصد کاهش یافته است که این روند کاهشی معنی‌دار نمی‌باشد ( $P > 0/05$ ). همچنین بر اساس نتایج حاصل، نمک کلرید کلسیم تأثیر بهتری بر کشش عمود بر سطح تخته‌های ساخته‌شده دارد. طبق گزارش‌ها کلرید کلسیم می‌تواند از طریق معدنی شدن بهتر و با جلوگیری از انحلال قندها در مقایسه با سایر مواد افزودنی‌ها، خواص تخته را بهبود بخشد (۳). کاهش مقدار کشش عمود بر

کشش عمود بر سطح: کشش عمود بر سطح به کشش در جهت ضخامت فرآورده اطلاق می‌شود که نشان‌دهنده کیفیت اتصالات داخلی ماده است (۱۵). شکل (۵) تأثیر نوع و مقدار تسریع‌کننده بر این ویژگی را نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف نوع و مقدار تسریع‌کننده مشاهده می‌شود ( $P < 0/05$ ). مقدار کشش عمود بر سطح تخته‌ها در هر دو نوع تسریع‌کننده با افزایش مقدار

اثر مثبت کلرید کلسیم در کشش عمود بر سطح اشاره شده است (۲۰). دلیل این امر به هیدراتاسیون بهتر سیمان در اثر کلرید کلسیم و خشی شدن درصد بیش‌تری از مواد بازدارنده که مانع از گیرایی سیمان می‌شوند، نسبت داده شده است (۲۱). افزودنی‌های نمکی می‌توانند تا حد قابل‌قبولی مانع این تداخل شوند. یافته‌های این قسمت از پژوهش با یافته‌های ناظریان و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱۷)، صادقی‌پناه و همکاران (۲۰۲۰) و نور و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد (۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸).

سطح تخته‌های شاهد ۲ در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با تسریع‌کننده‌ها می‌تواند مربوط به اثر منفی رنگ‌بر گیرایی سیمان باشد و این موضوع در نتایج آزمون ویکات که در شکل ۲ آمده است قابل‌مشاهده است.

یزدی (۱۹۹۶) تأثیر مواد افزودنی را بر کیفیت اتصال سیمان پرتلند با خرده‌چوب صنوبر موردبررسی قرار دادند، نتایج پژوهش وی نشان داد که مواد افزودنی بر گیرایی سیمان و کیفیت صفحات چوب سیمان اثر مطلوب داشته است و در پژوهش ایشان به

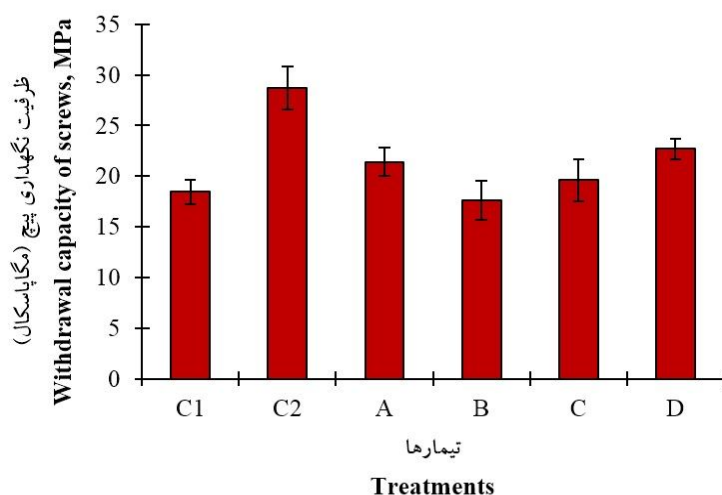


شکل ۵- اثر نوع و مقدار تسریع‌کننده بر کشش عمود بر سطح.

Figure 5. The effect of type and amount of accelerator on internal bonding.

رنگ و سیمان به بافت چوب بیش‌تر شده و می‌تواند منجر به افزایش سختی و انسجام بافت هر یک از رشته‌ها شود. در آزمون ظرفیت نگهداری پیچ نیروی کششی وارد بر پیچ به سطح تماس دنده‌های پیچ با رشته چوب‌ها منتقل می‌شود و در این شرایط سختی و انسجام آن‌ها به‌طور منفرد نسبت به مقاومت چسبندگی رشته چوب‌ها اثر بیش‌تری بر ظرفیت نگهداری پیچ دارد.

ظرفیت نگهداری پیچ: با توجه به شکل ۶ افزودن رنگ به ملات سیمانی اثر نامطلوبی بر این پارامتر نداشته است و این موضوع نشان‌دهنده اثر متفاوت رنگ‌بر این ویژگی است. دلیل افزایش این ویژگی در اثر حضور رنگ که خود مانعی برای گیرایی سیمان بوده است، می‌تواند مربوط به تأثیر رنگ‌بر سختی و بافت رشته چوب‌ها باشد. با طولانی شدن زمان‌گیرش سیمان در اثر حضور رنگ، مهلت نفوذ موادی هم‌چون



شکل ۶- اثر نوع و مقدار تسریع کننده بر ظرفیت نگهداری پیچ.

Figure 6. The effect of type and amount of accelerator on screw holding capacity.

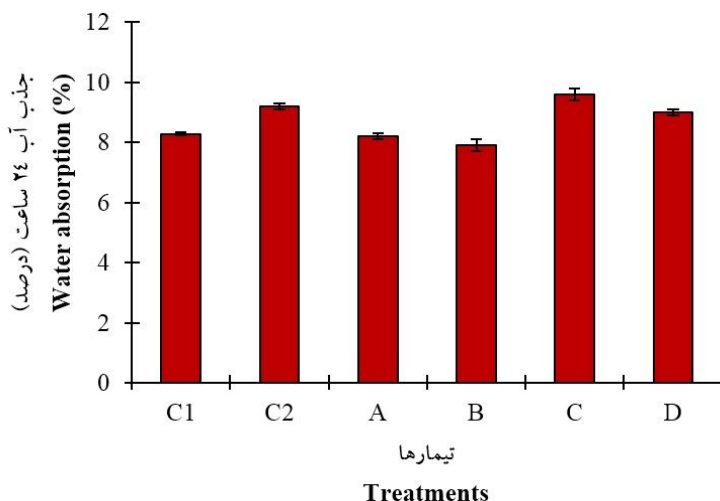
تولیدی اثرگذار می‌باشد که این موضوع با نتایج پژوهش صادقی‌پناه و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد (۱۶). با تغییر نوع تسریع کننده تغییرات قابل ملاحظه‌ای در خواص مورد بررسی ایجاد گردید. به طوری که بهترین مقاومت خمشی در تخته‌های ساخته شده با کلرید کلسیم مشاهده شد. اثر مثبت تسریع کننده کلرید کلسیم بر بهبود خواص مکانیکی چوب سیمان با یافته‌های ناظریان و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱۷)، صادقی‌پناه و همکاران (۲۰۲۰) و نور و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد (۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸).

**جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت ۲۴ ساعت:** تأثیر نوع و مقدار تسریع کننده بر جذب آب ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در شکل ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد تأثیر نوع تسریع کننده بر جذب آب تخته‌های تولیدی معنی‌دار می‌باشد و جذب آب تخته‌های تولید شده با کلرید کلسیم حدود ۱۵/۷ درصد بیشتر از تخته‌های تولید شده با کلرید سدیم می‌باشد که این موضوع ممکن است مربوط به خاصیت آب‌دوستی و انحلال پذیری بیشتر کلرید کلسیم در مقایسه با کلرید سدیم باشد (۲۲ و ۲۳). نتایج تأثیر نوع و مقدار تسریع کننده بر واکنش‌دهی ضخامت ۲۴ ساعت غوطه‌وری در شکل ۸ نشان داد اثر نوع تسریع کننده بر

نتایج خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده نشان داد زمانی که مقدار تسریع کننده کلرید کلسیم از ۳ به ۵ درصد افزایش می‌یابد، مقاومت خمشی و کشش عمود بر سطح تخته‌ها کاهش پیدا می‌کند. علت این امر، می‌تواند کاهش شدید زمان هیدراتاسیون سیمان و ایجاد حالت پلاستیکی خمیر سیمان که به صورت لایه‌ای اطراف رشته چوب‌ها را پوشانده، باشد که به دلیل افزایش سرعت سخت شدن سیمان، قدرت چسبندگی آن برای اتصال رشته چوب‌ها در زمان پرس و قیدگذاری به شدت کاهش می‌یابد. این پدیده در نهایت موجب عدم ایجاد پیوند مناسب بین رشته چوب‌ها و سیمان و نهایتاً ایجاد ترک‌های موئین در ساختار فرآورده بعد از خروج تخته از پرس می‌شود (۲، ۱۲، ۱۳). این عامل سبب می‌شود مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده با کلرید کلسیم ۵ درصد کم‌تر از تخته‌های ساخته شده با کلرید کلسیم ۳ درصد باشد. این موضوع با نتایج پژوهشگرانی هم‌چون عشوری و همکاران (۲۰۱۲) در تأثیر افزایش میزان کلرید کلسیم بر خواص مکانیکی تخته چوب-سیمان مطابقت دارد (۱۲). نوع تسریع کننده بیش‌ترین اثر را بر روی خواص نهایی تخته‌های تولیدی دارد و مقدار تسریع کننده در درجه بعدی بر روی خواص فرآورده

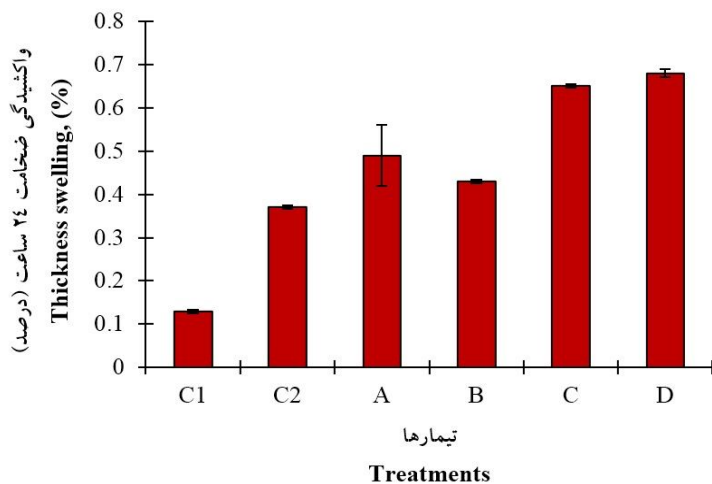
ضخامت عملکرد بسیار خوب این فرآورده را در برابر آب و رطوبت نشان می‌دهد. مقدار جذب آب در تیمارها کم‌تر از ۱۰ درصد بوده و واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب کم‌تر از ۰/۷ درصد به دست آمده است. این یافته نشان می‌دهد برهمکنش مناسبی بین اتصال‌دهنده معدنی با رشته‌های چوب ایجاد شده و علی‌رغم جذب آب، اجزای فرآورده دچار گسیختگی و واکنشیدگی ناشی از آن نشده‌اند.

واکنشیدگی ضخامت تخته‌های تولیدی معنی‌دار می‌باشد. مقدار واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت غوطه‌وری تخته‌های ساخته شده با کلرید سدیم ۳۵/۶ درصد کم‌تر از تخته‌های ساخته شده با کلرید کلسیم می‌باشد. در مسأله واکنشیدگی ضخامت با دو پدیده مواجه هستیم؛ اول واکنشیدگی اجزای لیگنوسلولزی که به واسطه ماهیت هیگروسکوپیک آن‌هاست و دوم تخریب اتصالات مابین اجزا در اثر حضور آب که منجر به برگشت بخشی از فشردگی اعمال شده حین فرایند تولید می‌شود. نتایج جذب آب و واکنشیدگی



شکل ۷- تأثیر نوع و مقدار تسریع کننده بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب.

Figure 7. The effect of type and amount of accelerator on water absorption after 24 h immersion in water.



شکل ۸- اثر نوع و مقدار تسریع کننده بر واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب.

Figure 8. The effect of type and amount of accelerator on thickness swelling after 24 h immersion in water.

است و نشان‌دهنده ثبات ابعادی بسیار خوب چندسازه تولیدی می‌باشد که از امتیازات ویژه آن نسبت به سایر فرآورده‌های لیگنوسلولزی محسوب می‌شود.

وسعت کاربرد و خواص ویژه تخته‌های رشته چوب سیمان از جمله جذب صوت مطلوب، ثبات ابعادی مناسب، کندسوزی، فراوانی و ارزان بودن ماده اولیه، عدم پیچیدگی در فرآیند تولید، عدم حضور مواد سمی و فرار مانند فرمالدئید در ساختار محصول، شرایط خوبی را برای رقابت با سایر فرآورده‌های تزئینی مورد استفاده در دکوراسیون، برای آن فراهم می‌آورد. لازم به ذکر است که به دلیل عدم وجود گزارش‌های علمی مرتبط با تخته‌های چوب سیمان تزئینی، ویژگی‌های موردبررسی با استفاده از استانداردهای مربوط به پانل‌های لیگنوسلولزی ارزیابی گردید. هدف از انجام این پژوهش مطالعه تأثیر نوع و مقدار تسریع‌کننده بر گیرایی و چسبندگی اجزا با اتصال‌دهنده معدنی و در حضور رنگ بود. بنابراین برای تکمیل مطالعات می‌توان در پژوهش‌های بعدی مقادیر ویژگی‌ها را با استفاده از استانداردهای مربوط به اجزای دکوراسیون مورد ارزیابی و مقایسه قرار داد و با بهینه‌سازی فرآیند تولید، به حداقل مقادیر استاندارد برای ویژگی‌های این محصول با مناسب‌ترین هزینه دست یافت.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بهبود چسبندگی و گیرایی در تخته تزئینی ساخته‌شده از رشته چوب صنوبر، سیمان سفید، رنگ و تسریع‌کننده انجام شد و عواملی هم‌چون نوع و مقدار تسریع‌کننده به متغیر پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمون ویکات نشان داد با اضافه کردن رنگ به ملات سیمان، سرعت گیرایی سیمان کاهش می‌یابد و درنهایت تخته‌های شاهد ۱ (فاقد رنگ و تسریع‌کننده) نسبت به شاهد ۲ (دارای رنگ و فاقد تسریع‌کننده) ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی بهتری داشتند که این موضوع بیانگر عدم سازگاری رنگ با سیمان بوده و درنهایت افت مقاومت‌های محصول را به دنبال داشت. اضافه نمودن تسریع‌کننده به مخلوط اتصال‌دهنده معدنی و رشته چوب‌ها افت ناشی از حضور رنگ را جبران نمود و موجب بهبود اغلب ویژگی‌ها گردید. هم‌چنین نتایج نشان داد ویژگی‌های مکانیکی فرآورده تولیدی ارتباط تنگاتنگی با سرعت و زمان گیرایی سیمان دارد. به طوری که افزایش سرعت گیرایی سیمان سبب افزایش اکثر خواص مکانیکی تخته‌های تولیدی می‌شود. نتایج حاصل از آزمون واکشیدگی ضخامت نیز بیانگر این بود که مستقل از نوع و مقدار تسریع‌کننده، مقدار درصد واکشیدگی ضخامتی پس از ۲۴ ساعت در همه تیمارها کم‌تر از یک درصد بوده

## منابع

1. Peng, X., and Zhang, Z. 2020. Research of polypropylene (PP) decorative board surface painting used for wood product decoration and the paint film adhesion improvement by plasma. *J. of Adhesion Science and Technology*. 34: 3. 246-262.
2. Ashori, A., Tabarsa, T., Azizi, K., and Mirzabeygi, R. 2011. Wood-wool cement board using mixture of eucalypt and poplar. *Industrial Crops and Products*. 34: 1. 1146-1149.
3. Nazerian, M., and Sadeghiippanah, V. 2013. Cement-bonded particleboard with a mixture of wheat straw and poplar wood. *J. of Forestry Research*, 24: 2. 381-390.
4. Brahmia, F.Z., Horváth, P.G., and Alpár, T.L. 2020. Effect of Pre-Treatments and Additives on the Improvement of Cement Wood Composite: A Review. *BioResources*. 15: 3. 7288-7308.

5. Li, M., Khelifa, M., Khennane, A., and El Ganaoui, M. 2019. Structural response of cement-bonded wood composite panels as permanent formwork. *Composite Structures*. 209: 13-22.
6. Nasiri, H., Ainollahi, Y., and Habashizadeh, M. 2011. Cement wood composites as an engineering material. The First Regional Conference on construction materials and new technologies in civil engineering. Marand Islamic Azad University, Marand Branch. pp. 1-9. (In Persian)
7. Fonseca, C.S., Silva, M.F., Mendes, R.F., Hein, P.R., Zangiaco, A.L., Savastano, H., and Tonoli, G.H.D. 2019. Jute fibers and micro/nano fibrils as reinforcement in extruded fiber-cement composites. *Construction and Building Materials*. 211: 517-527.
8. Lyatonga Mrema, A. 2006. Cement bonded wood wool boards from *Podocarpus ssp.* for Low Cost Housing. *J. of Civil Engineering Research and Practice*. 3: 1. 51-64.
9. Teixeira, R.S., Tonoli, G.H.D., Santos, S.F.D., Rayon, E., Amigo, V., Savastano, H., and Lahr, F.R. 2018. Nanoindentation study of the interfacial zone between cellulose fiber and cement matrix in extruded composites. *Cement and Concrete Composites*. 85: 1-8.
10. Li, Y., and Ren, S. 2011. *Building decorative materials* (1<sup>st</sup> Edition). Woodhead Publishing. Cambridge. United Kingdom. 420p.
11. Gan, L., Guo, H., Xiao, Z., Jia, Z., Yang, H., Sheng, D., and Wang, Y. 2019. Dyeing and characterization of cellulose powder developed from waste cotton. *Polymers*. 11: 12. 1982.
12. Ashori, A., Tabarsa, T., and Sepahvand, S. 2012. Cement-bonded composite boards made from poplar strands. *Construction and Building Materials*. 26: 1. 131-134.
13. Nazerian, M., Gozali, E., and Dahmardeh Ghalehno, M. 2011. The influence of wood extractives on the hydration kinetics of cement past and cement-bonded particleboards. *J. of Applied Sciences*. 11: 12. 2186-2192.
14. Mehanny, S., Ibrahim, H., Darwish, L., Farag, M., El-Habbak, A.H.M., and El-Kashif, E. 2020. Effect of environmental conditions on date palm fiber composites. In: Midani M., Saba N., Allothman O.Y. (eds) *Date Palm Fiber Composites*. Composites Science and Technology. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9339-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9339-0_11).
15. Doosthoseini, K. 2007. *Wood composite materials: manufacturing, applications*. Tehran University Press. 728p. (In Persian)
16. Sadeghi Panah, V., Nazerian, M., Nosrati sheshkal, B., and Mohebbi Gargari, R. 2020. Optimization of production variables of natural fiber-cement composites by response surface methodology (RSM). *Iranian J. of Wood and Paper Industries*, 11: 1. 97-108. (In Persian)
17. Nazerian, M., Hosseini Eghbal, S., Kermaniyan, H., and Mohebbi Gargari, R. 2017. The effect of water leaching treatment of bagasse particles and additive content on the properties of cement-bonded particleboard. *J. of Wood and Forest Science and Technology*. 23: 4. 315-334. (In Persian)
18. Noor Azrieda, A.R., Razali, A.K., Izran, K., Rahim, S., and Abdul Aziz, M. 2009. Hydration performance of Cement bonded wood composites: compatibility assessment of six pioneer forest composition and fiber morphology. *J. of Polymer and Environment*. 19: 1. 297-300.
19. Sulastiningsih, I.M., Nurwati, S. Murdjoko, and Kawai, S. 2000. The effects of bamboo: cement ratio and magnesium chloride (MgCl<sub>2</sub>) content on the properties of bamboo-cement boards. *Proceedings of Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region*, 10 December, Canberra, Australia. pp. 66-71.
20. Yazdi, M. 1996. Effect of additives on bond quality of Portland cement with poplar particles. *Iranian J. of Natural Resource*. 48: 1. 47-58. (In Persian)



21. Wei, Y.M., and Tomita, B. 2001. Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards. *J. of Wood Science*. 47: 437-444.
22. Leelamanie, D.A.L., and Karube, J. 2013. Soil-water contact angle as affected by the aqueous electrolyte concentration. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59: 4. 501-508.
23. Zhang, H.L., Chen, G.H., and Han, S.J. 1997. Viscosity and density of  $H_2O + NaCl + CaCl_2$  and  $H_2O + KCl + CaCl_2$  at 298.15 K. *J. of Chemical and Engineering Data*, 42: 3. 526-530.



## **The effect of dye and metals salts on white cement curing and properties of decorative wood wool-cement composite**

**F. Khajeh Bonjar<sup>1</sup>, H.R. Edalat<sup>\*2</sup>, T. Tabarsa<sup>3</sup> and A. Rafighi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate of Lignocelluloses Composites, Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,

<sup>4</sup>Associate Prof., Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 03.08.2021; Accepted: 05.16.2021

### **Abstract**

**Background and Objectives:** The use of new materials with competitive features in the construction industry has always been considered. The stage of finishing and interior decoration is also considered an important part of this dynamic industry, which is closely related to the wood products industry. In this study, the optimal conditions for making decorative wood wool cement board were investigated. The aim of this study was to investigate the effect of water-based paint on the hardening of white cement and improve the quality of the bonding in this decorative panel using metal salts.

**Materials and Methods:** The wood wool was first pretreated with hot salty water to remove the inhabitant compounds. For this purpose, the wood wool piles are mixed with white cement, accelerator (sodium chloride and calcium chloride), water and plastic paint in a certain ratio and after manual forming were placed in cold press for 20 minutes for initial compression. Then for initial setting of cement and reaching a thickness of 16 mm, it was placed in a secondary cold press for 18 hours. After leaving the cold press, the produced panels were conditioned for 28 days in order to completely setting the cement. Then their physical and mechanical properties were measured according to the relevant standards.

**Results:** The results of this study showed that the best mechanical properties were related to panels made with calcium chloride and in these conditions the highest modulus of elasticity (MOE) was related to calcium chloride with a level of 5% equal to 1217.9 MPa. In case of flexural strength (MOR) and internal bonding (IB), the highest results were observed in treatments with 3% Calcium chloride and were equal to 3.7 and 0.15 MPa, respectively. Also, the optimal conditions for improving the physical properties were determined by applying sodium chloride at the level of 5%, in that the water absorption (WA) and thickness swelling (TS) were determined 7.9% and 0.43% respectively.

**Conclusion:** By adding the paint to production process of wood wool cement board, the curing time was increased and caused reduction in some properties. But with adding metal salts, the curing rate was improved and the reduction in almost properties was compensated. Salt type had significant influence on properties like MOE, IB, WA24h and TS24h while the effect of

---

\*Corresponding author: [edalat.hr@gmail.com](mailto:edalat.hr@gmail.com)

salt amount was only significant on MOE and WA24h. Regarding to the variety of application and special characteristics of WWCB, including sound absorption, dimensional stability, fire resistance, abundance and cheapness of raw materials, no complexity of the production process, no emission of toxic compounds such as formaldehyde, it could be suitable choice for decorative purposes in building industries.

**Keywords:** Decorative panel, Metal salts, Poplar, Water-based paint, Wood wool-cement board

