

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس
نظر به این که چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس
مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق
دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:
ماده (۱) در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) های خود مراتب را قبلاً به مرکز نشر
دانشگاه اطلاع دهد.

ماده (۲) در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:
((کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته صنایع چوب و کاغذ است که در
سال ۱۳۸۷ در دانشکده منابع طبیعی به راهنمایی جناب آقای دکتر بهبود محبی و مشاوره استاد
محترم آقای دکتر حبیب ا... یونسی از آن دفاع شده است.))

ماده (۳) به منظور جبران بخشی از هزینه های نشریات دانشگاه تعداد یک در صد شمارگان
کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به
نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده (۴) در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به
دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه نماید.

ماده (۵) دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه
می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق
می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل
توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده (۶) اینجانب سید محمد مهدی شکرآبی دانشجوی رشته صنایع چوب و کاغذ در مقطع
کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سید محمد مهدی شکرآبی

تاریخ و امضا:



دانشکده منابع طبیعی
پایان نامه کارشناسی ارشد
گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

عنوان:

اثر سیلیلاسیون با سیلیکات سدیم (آب شیشه) بر روی ویژگی‌های فیزیکی و
مکانیکی چوب راش

**Influences of Sililation by Sodium Silicate (Water Glass) on Physical
and Mechanical Properties of Oriental Beech Wood**

نگارش:

سید محمد مهدی شکرآبی

استاد راهنما:

دکتر بهبود محبی

استاد مشاور:

دکتر حبیب ا... یونسی

تابستان ۱۳۸۷

تقدیم به

پدر و مادر

خواهر و برادرم

سپاس و قدردانی

خداوند بلند مرتبه را سپاسگزارم که با الطاف و عنایات بی‌پایان خویش، امید به موفقیت را در من زنده نگه داشت و انجام این تحقیق را ممکن ساخت.

در طول انجام این پایان‌نامه از راهنمایی‌های اساتید بزرگواری برخوردار بودم که لازم است صمیمانه از آنان سپاسگزاری کنم.

از جناب آقای **دکتر بهبود محبی**، استاد راهنمای عزیز و بزرگووارم که از ابتدای انجام این پایان‌نامه تاکنون، همواره با سعه صدر مرا از راهنمایی‌های ارزشمند علمی خویش بهره‌مند ساختند، صمیمانه سپاسگزارم.

از استاد گرامی جناب آقای **دکتر حبیب ا... یونسی** که سمت مشاور این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، و با حسن خلق، اینجانب را از راهنمایی‌های ارزشمند علمی خویش بهره‌مند ساختند، کمال تشکر را دارم.

از استاد گرامی جناب آقای **دکتر سید احمد میرشکرایی** که زحمت داوری این پایان‌نامه را پذیرفتند و با دقت نظر و نکته بینی علمی خویش موجب اصلاح و بهبود کیفیت این تحقیق گردیدند، بسیار سپاسگزارم.

از استاد گرامی جناب آقای **دکتر سعید کاظمی نجفی** داور محترم این پایان‌نامه که با راهنمایی‌های علمی خود مرا یاری نمودند، قدردانی می‌کنم.

از کارشناس آزمایشگاه صنایع چوب، جناب آقای سید بهزاد حسینی و هم‌چنین جناب آقای کرمانشاهی مسئول محترم و زحمت‌کش کارگاه صنایع چوب که بنده را در به بار نشانیدن این تحقیق یاری نمودند تشکر می‌نمایم.

از دوستان عزیزم مهندسین اکبریان، جعفری، قطبی‌فر، حسینی، آل عصفور، رجبی و سایرین که هر یک به نوبه خود در انجام این تحقیق بدون هیچ چشم‌داشتی مرا یاری کردند، سپاسگزارم و آرزو دارم که در پناه پروردگار گیتی سلامت و خوش و خرم باشند.

چکیده:

در این تحقیق اثر تیمار با سیلیکات سدیم (آب شیشه) گرم بر خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش بررسی شد. نمونه‌ها در سه سطح دمایی (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد)، در چهار سطح غلظت (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد) و دو سطح زمانی (۳۰ و ۶۰ دقیقه) در داخل راکتور تحت فشار ۵ اتمسفر تیمار شدند و پس از تیمار به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد عمل پخت خشک روی آن‌ها انجام شد. آزمون‌های آب‌شویی، جذب آب، تعیین میزان واکسیدگی، دوره‌های تر و خشک، طیف سنجی مادون قرمز و تعیین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته روی نمونه‌های تیمار شده انجام گرفت.

نتایج این تحقیق نشان دادند که تیمار با سیلیکات سدیم میزان جذب آب نمونه‌ها را افزایش می‌دهد؛ ولی این افزایش قابل توجه نیست. نتایج آزمون آب‌شویی نیز نشان دادند که با افزایش غلظت محلول تیمار، میزان آب‌شویی افزایش می‌یابد. درصد واکسیدگی حجمی تمام نمونه‌های تیمار شده کم‌تر از نمونه شاهد بود و این کاهش در نمونه‌های تیمار شده در دمای محیط بیشتر خود را نشان داد. مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی در نمونه‌های تیمار شده در دمای محیط کاهش یافت؛ ولی افزایش غلظت و دما باعث افزایش آن‌ها شد به طوری که در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۲۰ درصد بیشتر از نمونه شاهد شدند.

واژه‌های کلیدی: اصلاح شیمیایی، سیلیکات سدیم یا آب شیشه، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی،

راش (*Fagus orientalis* Lipsky).

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه و کلیات.....
۱	۱-۱- مقدمه و کلیات.....
۵	۲-۱- اهداف و ضرورت انجام تحقیق.....
۶	۳-۱- فرضیه‌ها.....
۷	۲- مروری بر پژوهش‌های پیشین.....
۷	۱-۲- سابقه تحقیق.....
۱۴	۳- مواد و روش‌ها.....
۱۴	۱-۳- آماده سازی نمونه‌ها و تیمار.....
۱۵	۲-۳- آزمون‌ها.....
۱۵	۱-۲-۳- آزمون خمش استاتیک.....
۱۶	۲-۲-۳- آزمون جذب آب و آب شویی.....
۱۷	۳-۲-۳- آزمون واکنشیدگی.....
۱۸	۴-۲-۳- آزمون چرخه‌های تر و خشک و تعیین میزان تغییر ابعاد.....
۱۸	۵-۲-۳- طیف‌سنجی مادون قرمز.....
۱۹	۳-۳- طرح آماری.....
۲۰	۴- نتایج.....
۲۰	۱-۴- تغییر وزن نمونه‌ها.....
۲۲	۲-۴- آب شویی.....
۲۷	۳-۴- جذب آب.....
۳۴	۴-۴- واکنشیدگی حجمی.....
۴۱	۵-۴- دوره‌های تر و خشک.....
۴۳	۶-۴- مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی.....
۴۹	۷-۴- طیف‌سنجی مادون قرمز.....

۵۲ بحث و نتیجه گیری
۵۲ ۱-۵- بحث و نتیجه گیری
۵۵ ۲-۵- پیشنهادها
۵۷ فهرست منابع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۵	شکل ۳-۱- راکتور
۲۱	شکل ۴-۱- در صد افزایش وزن (WPG) نمونه‌های تیمار شده در 100°C (الف)، 50°C (ب) و دمای محیط (ج)
۲۳	شکل ۴-۲- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی آب‌شویی پس از ۵۰۴ ساعت غوطه‌وری در آب
۲۴	شکل ۴-۳- اثر متقابل دما و زمان تیمار (الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی آب‌شویی پس از ۵۰۴ ساعت غوطه‌وری در آب
۲۶	شکل ۴-۴- در صد آب‌شویی نمونه‌های تیمار شده در 100°C (الف)، 50° (ب) و دمای محیط (ج)
۲۹	شکل ۴-۵- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری
۳۰	شکل ۴-۶- اثر متقابل دما و زمان تیمار (الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری
۳۱	شکل ۴-۷- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی جذب آب در پس از ۵۰۴ ساعت غوطه‌وری
۳۲	شکل ۴-۸- اثر متقابل دما و زمان تیمار (الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی جذب آب پس از ۵۰۴ ساعت غوطه‌وری
۳۳	شکل ۴-۹- روند جذب آب نمونه‌های تیمار شده در 100°C (الف)، 50° (ب) و دمای محیط (ج)
۳۶	شکل ۴-۱۰- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی درصد واکشیدگی حجمی پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب
۳۷	شکل ۴-۱۱- اثر متقابل دما و زمان تیمار (الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی درصد واکشیدگی حجمی پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب
۳۸	شکل ۴-۱۲- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی درصد واکشیدگی حجمی پس از ۱۲۰ ساعت غوطه‌وری در آب
۳۹	شکل ۴-۱۳- اثر متقابل دما و زمان تیمار (الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی درصد واکشیدگی حجمی پس از ۱۲۰ ساعت غوطه‌وری در آب
۴۰	شکل ۴-۱۴- در صد واکشیدگی نمونه‌های تیمار شده در 100°C (الف)، 50° (ب) و دمای محیط (ج) پس از ۲۴ و ۱۲۰ ساعت غوطه‌وری در آب
۴۲	شکل ۴-۱۵- اثر تر و خشک شدن متوالی روی واکشیدگی حجمی نمونه‌های تیمار شده: 100°C (الف)، 50°C (ب) و دمای محیط (ج)
۴۴	شکل ۴-۱۶- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی MOE
۴۵	شکل ۴-۱۷- اثر متقابل دما و زمان تیمار (الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی MOE
۴۷	شکل ۴-۱۸- اثر مستقل دمای تیمار (الف)، غلظت محلول (ب) و زمان تیمار (ج) روی MOR

- شکل ۴-۱۹- اثر متقابل دما و زمان تیمار(الف)، غلظت محلول و زمان تیمار (ب) و غلظت محلول و دمای تیمار (ج) روی MOR
- شکل ۴-۲۰- طیف مادون قرمز نمونه‌های تیمار شده با سیلیکات سدیم
- شکل ۵-۱- مراحل کاتالیز قلیایی پیوندهای گلیکوزیدی در زنجیر سلولز و شکسته شدن زنجیر

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵۱	جدول ۱-۴- عدد موج و نشانگر پیک در طیف‌های مادون قرمز نمونه‌های تیمارشده با سیلیکات سدیم

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه و کلیات

چوب ماده‌ای طبیعی است که علی‌رغم دارا بودن برخی خصوصیات بی‌نظیر (مقاومت ویژه بالا، هدایت حرارتی اندک، ظاهری زیبا و دلپسند و ...) دارای معایبی نظیر تغییرات ابعادی در واکنش نسبت به تغییر رطوبت محیط، کمی مقاومت در برابر حمله عوامل بیولوژیک و تخریب در برابر اشعه ماورای بنفش خورشید و غیره می‌باشد.

چوب یک ماده نم‌پذیر (hygroscopic) است؛ یعنی دارای توانایی جذب و دفع رطوبت با محیط می‌باشد. رطوبت نقش مهمی در خواص فیزیکی و مکانیکی چوب ایفا می‌کند. ویژگی نم‌پذیری چوب ناشی از وجود گروه‌های هیدروکسیل در بسپارهای تشکیل دهنده دیواره سلول‌های چوب است. این گروه‌ها توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی را با ملکول‌های آب دارند. بدین سبب وقتی چوب در یک محیط مرطوب قرار می‌گیرد، رطوبت جذب می‌کند و دچار افزایش ابعاد یا واکشیدگی می‌گردد. عکس این عمل در هنگام قرار گرفتن چوب در یک محیط خشک اتفاق می‌افتد و کاهش رطوبت چوب منجر به همکشیدگی یا کاهش ابعاد آن می‌شود. این پدیده سبب عدم ثبات ابعاد در چوب و محصولات ناشی از آن می‌گردد. همچنین افزایش و یا کاهش رطوبت چوب سبب کاهش یا افزایش مقاومت‌های مکانیکی آن (MOR, MOE, مقاومت کششی و...) می‌شود. علاوه بر آن وجود رطوبت در چوب آن را مستعد حمله قارچ‌ها می‌کند.

با توجه به این که خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و مقاومت‌های بیولوژیکی چوب به مقدار زیادی وابسته به رطوبت آن می‌باشد؛ دانشمندان به فکر اصلاح فیزیکی و شیمیایی ساختار چوب افتادند تا از آن طریق بتوانند میزان جذب رطوبت را در چوب کاهش و پایداری ابعاد آن را افزایش دهند. همچنین مقاومت‌های مکانیکی و بیولوژیکی چوب را نیز بهبود بخشند.

روش‌های اصلاحی چوب را می‌توان به طور کلی به اصلاح شیمیایی، اصلاح حرارتی، اصلاح مکانیکی و اصلاح آنزیمی تقسیم نمود. در روش اصلاح شیمیایی (Chemical Modification)، بین یک ماده شیمیایی و

پلیمرهای دیواره سلول پیوندهای کووالانس ایجاد می‌شود. بر اثر واکنش انجام شده، اساساً گروه‌های فعال؛ مانند هیدروکسیل‌ها مهار می‌شوند و نمی‌توانند با آب پیوند برقرار کنند. در نتیجه عدم امکان برقراری واکنش با آب و جذب رطوبت، چوب و محصول ساخته شده از آن نسبت به شرایط متغییر رطوبتی مقاوم خواهد شد.

دانشمندان از ترکیبات مختلفی: همچون اسیدهای کربوکسیلیک، ایزوسیانات‌ها، اپوکسی‌رزین‌ها، آلدهیدها، آلکیل کلرایدها، لاکتون‌ها، نیتریل‌ها و غیره برای اصلاح شیمیایی ساختار چوب بهره برده‌اند. تیمار چوب با این ترکیبات باعث بهبود برخی از خواص آن؛ از قبیل دوام در برابر قارچ‌ها، خواص فیزیکی و مکانیکی (ثبات ابعاد، مقاومت‌های مکانیکی و سختی چوب) می‌شود (Mai و Militz, ۲۰۰۴).

در سال‌های اخیر از ترکیبات مختلف سیلیسیم‌دار برای اصلاح شیمیایی چوب استفاده شده است. این ترکیبات به تکنیک‌های مختلفی برای تیمار نیاز دارند و تغییرات متنوعی را در خواص چوب ایجاد می‌کنند. تیمار چوب با ترکیبات سیلیسیم‌دار جزو روش‌های اصلاح شیمیایی محسوب می‌گردد و به سیلیلاسیون (Sililation) مشهور است. این پدیده در طبیعت به صورت تشکیل چوب سیلیله (sililated wood) روی می‌دهد (Selmeier, ۱۹۹۰؛ Furuno و همکاران، ۱۹۸۶a و ۱۹۸۶b و ۱۹۸۸). در طی میلیون‌ها سال، بر اثر نفوذ محلول اسید سیلیسیک در بافت چوب، به تدریج واکنش‌های شیمیایی لازم برای تشکیل چوب سیلیله انجام می‌شود و در نهایت سنگواره‌ای با ظاهر چوب؛ ولی با ویژگی و استحکامی کاملاً متفاوت به وجود می‌آید. این نوع چوب نسبت به جذب رطوبت کاملاً مقاوم می‌باشد و در عین حال که ساختار ظاهری چوب را دارد، از نظر شیمیایی ماده دیگری محسوب می‌شود.

سیلیسیم حدود ۲۵٪ پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و بعد از اکسیژن دومین عنصر فراوان موجود در طبیعت می‌باشد. سیلیسیم به طور طبیعی، به صورت سیلیکات‌های معدنی (نمک اسید سیلیسیک) یافت می‌شود که به طور عمده محتوی دی‌اکسیدسیلیسیم (SiO_2) پلیمری می‌باشد. هم‌چنین، سیلیسیم در موجودات زنده به صورت سیلیکات و استراسید سیلیسیک وجود دارد؛ برای مثال در گیاهانی مانند بامبو، برنج و گندم می‌توان این ماده را یافت (Mai و Militz, ۲۰۰۴).

اصولاً ترکیبات سیلیسیم‌داری که برای حفاظت و اصلاح چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به صورت زیر تقسیم کرد:

۱- ترکیبات سیلیسیم‌دار محتوی فلئور

۲- کلروسیلان‌ها (Chlorosilanes)

۳- آلکوکسی سیلان‌ها (Alkoxysilanes)

۴- سیلیکون‌های محلول در آب (Water-borne Silicones)

۵- سیلیکات‌های معدنی (آب‌شیشه)

سیلیکوفلوئوریدهای (Silico-fluorides) مختلفی همانند نمک‌های اسید هگزاfluوروسیلیسیک (H_2SiF_6) - Hexafluorosilicicacid- در گذشته برای حفاظت چوب استفاده می‌شدند. از جمله نمک‌های استفاده شده می‌توان به نمک سدیم، استرانسیم، روی و منیزیم اشاره کرد؛ ولی امروزه با توجه به مسائل اقتصادی بطور اختصاصی فقط از نمک‌های روی و منیزیم بهره‌برداری می‌شود. از جمله این ترکیبات می‌توان از سیلافلوفن (Silaflofen) نام برد. ترکیبات سیلیکوفلوئوریدی در حقیقت نوعی حشره‌کش (Biocide) هستند؛ بنابراین نمی‌توان انتظار داشت بر روی ثبات ابعاد و مقاومت چوب در برابر هوازدگی تأثیر گذار باشند؛ زیرا آنها نمی‌توانند با دیواره سلول‌های چوبی واکنش داده و پیوندهای کووالانسی ایجاد کنند (Mai و Militz, ۲۰۰۴).

کلروسیلان‌ها ترکیبات دیگری هستند که برای اصلاح چوب مطرح شده‌اند. هنگامیکه چوب با این ترکیبات تیمار می‌شود سیلیسیم جایگزین اتم فعال هیدروژن شده و باعث کاهش قطبیت پیوند و در نتیجه کاهش امکان تشکیل پیوند هیدروژنی با آب می‌گردد (Stevens, ۱۹۸۱).

نوع دیگری از ترکیبات سیلیسیم‌دار که برای اصلاح چوب به کار می‌رود آلکوکسی سیلان‌ها (Alkoxysilanes) هستند. این ترکیبات به صورت محلول با الکل‌های هم تراز خود وجود دارند. آلکوکسی-سیلان‌ها طی فرآیندی موسوم به سل-ژل (Sol-gel) "کامپوزیت‌های چوب- مواد معدنی" (Wood-Inorganic composite) را به وجود می‌آورند. این فرآیند در دو مرحله انجام می‌شود: در مرحله اول،

گروه‌های آلکوکسید به وسیله مولکول‌های آب، هیدرولیز می‌شوند و ترکیباتی به نام سیلکسان (Siloxane) را به وجود می‌آورند؛ در مرحله دوم مولکول‌های سیلکسان با از دست دادن یک مولکول آب به هم پیوسته و متراکم (Condensation) می‌شوند. با ادامه این مرحله، پلی‌سیلکسان به وجود می‌آید که نامحلول است. در اولین مرحله این فرآیند، سل تشکیل می‌شود که محلول است و در دومین مرحله، با افزایش وزن مولکولی و همچنین افزایش پیوندهای عرضی، ژل نامحلول ساخته می‌شوند (Mai و Militz, ۲۰۰۴).

گروه‌های سیلانول تشکیل شده پس از هیدرولیز آلکوکسی سیلان‌ها می‌توانند با گروه‌های هیدروکسیل پلیمرهای دیواره سلول واکنش داده و پیوند کووالانسی به وجود آورند (Scherer و Brinker, ۱۹۹۰). نوع دیگری از ترکیبات سیلیس‌دار سیلیکون‌های محلول در آب (Water borne silicones) هستند. Hager (۱۹۹۵) برای اولین بار از این سیلیکون برای حفاظت چوب در برابر آب استفاده کرد. این ترکیبات به طور معمول برای ضد آب کردن در بنایی استفاده می‌شوند. این سیلیکون‌ها دارای خصوصیتی هم‌چون: اثر دفع آب عالی، دوام بالا و تراوایی بالا در برابر بخار آب هستند. امولسیون سیلیکون‌ها (Silicon emulsion) و میکروامولسیون سیلیکون‌ها (Silicon microemulsion) دو زیر مجموعه مهم این ترکیبات می‌باشند. میکروامولسیون سیلیکون‌ها بیش از ۲۰ سال پیش توسط Mayer و همکاران معرفی شدند.

از ترکیبات سیلیس‌دار دیگری که برای اصلاح چوب استفاده شده است، سیلیکات سدیم یا آب شیشه $(Na_2O \cdot nSiO_2, n=2-4)$ می‌باشد. این ترکیب با نام شیشه مایع (Liquid glass) نیز معروف است. آب شیشه به طور معمول از ۲-۴ مول سیلیکات و ۱ مول هیدروکسید سدیم تشکیل می‌شود (Anonymous, ۲۰۰۷). این ترکیب در حالت خالص بدون رنگ است؛ ولی حالت ناخالص آن مایل به آبی، سبز یا قهوه‌ای می‌باشد. این ماده pH بالایی (بیش از ۱۲) دارد و در دمای بالا در آب قابل حل می‌باشد. با اضافه کردن اسید یا محلول فلزی به محلول آب شیشه، سیلیکات ته نشین می‌شود.

از این ترکیب در گذشته برای حفاظت چوب در برابر آتش و عوامل بیولوژیک استفاده شده است. به علاوه این ترکیب در صنایع کاغذسازی به عنوان پرکننده، صنایع غذایی، ساخت پودرهای شوینده و تهیه سیمان و

هم‌چنین برای کاهش تخلخل در بتون و سرامیک مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Anonymous, ۲۰۰۸).

استفاده از سیلیکات سدیم برای تیمار چوب یا سیلیلاسیون (Sililation) از دهه ۹۰ شروع شد و تاکنون تحقیقات متعددی در این باره انجام گردیده است (Militz و Mai, ۲۰۰۴). اثرات تیمارها حاکی از بهبود خواص فیزیکی و ثبات ابعاد چوب بوده است. برای افزایش واکنش این ترکیب و تثبیت آن در چوب از ترکیبات دیگری نیز استفاده شده است؛ اما تاکنون پژوهشی که دال بر استفاده از حرارت در طی تیمار باشد، گزارش نشده است. به نظر می‌رسد که حرارت سبب افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های سیلیکات سدیم (آب شیشه) می‌گردد و قابلیت واکنش آن‌ها را با بسپارهای چوب افزایش می‌دهد. اما چون فقدان چنین گزارش‌هایی این نکته را در هاله‌ای از ابهام قرار داده است و مشخص نمی‌باشد که چه تأثیری روی ویژگی‌های چوب خواهد داشت؛ لذا این تحقیق با اندیشه بالا بردن قابلیت واکنش آب شیشه و بهبود احتمالی خواص چوب طراحی شده است و در نوع خود اندیشه‌ای جدید محسوب می‌گردد و در صورت پاسخ مثبت می‌تواند به عنوان یک شیوه جدید برای پژوهش‌های بعدی معرفی گردد.

۱-۲- اهداف و ضرورت انجام تحقیق

پژوهش‌ها در این زمینه بیشتر حول شناخت اثر ترکیبات مختلف سیلیسم‌دار روی خصوصیات فیزیکی و بعضاً مکانیکی چوب بوده است و اثر توأم این ترکیبات با عاملی چون دما یا عوامل دیگر روی چوب بررسی نشده است؛ لذا این پژوهش بر آن است تا اثر تیمار ترکیبی آب شیشه و حرارت را بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب و همچنین تأثیر آن را بر ایجاد پیوند بین بنیان سیلیکات و ترکیبات دیواره سلول بررسی نماید. در نتیجه با درک اهداف این پژوهش می‌توان به دنبال یافتن پاسخی برای پرسش‌های زیر بود:

۱- اثر تیمار با آب شیشه بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش چگونه است؟

۲- تیمار ترکیبی آب شیشه و حرارت چه تأثیری بر خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش دارد؟

۳- آیا حرارت باعث ایجاد پیوند شیمیایی بین چوب و سیلیکات سدیم می‌شود؟

۱-۳- فرضیه‌ها / پیش فرض‌ها

۱- تیمار با آب شیشه گرم ویژگی‌های جذب آب، جذب رطوبت و ثبات ابعاد چوب راش را بهبود می‌بخشد.

۲- تیمار با آب شیشه گرم خواص مکانیکی (مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی) چوب راش را کاهش می‌دهد.

۳- تیمار ترکیبی آب شیشه و حرارت باعث افزایش پیوندهای شیمیایی بین ترکیبات چوب و آب شیشه می‌شود.

فصل دوم

مروری بر پژوهش‌های پیشین

۱-۲- سابقه تحقیق

در فصل حاضر مروری بر تحقیقات گذشته، روی تیمار اصلاحی چوب با ترکیبات سیلسسیم‌دار انجام گرفته است.

بر اساس برخی مطالعات، تیمار الیاف پنبه و پلی وینیل الکل با بخار کلروسیلان باعث ایجاد خواص ضد آب در آن‌ها شده است (Galiardi, ۱۹۶۶).

Owens و همکاران (۱۹۸۰) بلوک‌های برون‌چوب "کاج" و درون‌چوب و برون‌چوب "دوگلاس‌فر" را با تتراکلروسیلان ($SiCl_4$)، (Silicon tetrachloride) تیمار و کاهش معنی‌داری در تخریب نمونه‌ها با قارچ‌های پوسیدگی قهوه‌ای و پوسیدگی سفید گزارش کردند. Stevens (۱۹۸۱) در تحقیقی که روی بلوک‌های مکعبی برون‌چوب کاج انجام داد از چهار نوع کلروسیلان ($SiCl_4$ ، CH_3SiCl_3 ، $(CH_3)_2SiCl_2$ ، $(CH_3)_3SiCl$) استفاده کرد. وی مشاهده کرد تیمار چوب کاج با کلروسیلان‌ها تحت شرایط واکنش، کاهش معنی‌داری در مقاومت چوب‌ها در برابر قارچ‌های پوسیدگی سفید و قهوه‌ای نداشت، که این مشاهدات با نتایج Owens و همکاران (۱۹۸۰) دارای تناقض است، هم‌چنین وی گزارش داد آزمون جذب آب و ثبات ابعاد نشان می‌دهند که نمونه‌های تیمار شده با دی کلروسیلان $(CH_3)_2SiCl_2$ خواص بهتری دارند.

محققین برای اصلاح چوب با آلکوکسی سیلان‌ها دو روش متفاوت را پیشنهاد کرده‌اند (Donath و همکاران، ۲۰۰۴). در روش اول از آب آغشتگی موجود در دیواره سلول‌ها برای هیدرولیز آلکوکسی سیلان‌ها استفاده شده است تا فرآیند سل-ژل در داخل دیواره سلول‌ها انجام شود (Saka و همکاران، ۱۹۹۲؛ Ogiso و Saka، ۱۹۹۳). در این روش، Saka و همکاران (۱۹۹۲) لایه‌های چوب Hinoki (*Chamaecyparis obtusa Endl*) را پیش از تیمار به دو صورت متعادل شده تحت رطوبت‌های نسبی مختلف (Moisture conditioned) و خیس‌انیده در آب (Soaked in water) آماده کردند و سپس لایه‌ها را با ۳ نوع آلکوکسی سیلان (Tetraethoxysilane (TEOS) و Tetramethoxysilane (TMOS) و (TOPS)

Tetrapropoxysilane در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تیمار کردند و نمونه‌های تیمار شده را به صورت تدریجی خشک کردند. نمونه‌های چوب به درصدهای مختلفی از افزایش وزن (Weight Percent Gain/WPG) رسیدند. بررسی نمونه‌های تیمار شده با میکروسکوپ الکترونی به روش تفرق اشعه ایکس (SEM-EDX) نشان داد که در چوب‌هایی که پیش از تیمار، با آب اشباع شده بودند، SiO_2 بیشتر در فضاهای سلولی یافت شد؛ اما در نمونه‌هایی که پیش از تیمار متعادل‌سازی رطوبتی شده بودند، SiO_2 در دیواره سلولی مشاهد گردید. هم‌چنین مقدار اثر ضد واکشیدگی (Anti-swelling efficiency/ASE) در نمونه‌هایی که از قبل متعادل‌سازی رطوبتی شده بودند و WPG ۱۰٪ داشتند، حدود ۴۲٪ تعیین شد؛ اما در نمونه‌هایی که از قبل در آب خیسانیده و سپس تیمار شده بودند و از WPG بالاتری نیز برخوردار بودند، از نظر واکشیدگی تفاوت چندانی با نمونه‌های تیمار نشده نداشتند. Saka و Ogiso (۱۹۹۳) موفق شدند که با استفاده از امواج اولتراسونیک، مقدار SiO_2 را پس از تیمار با TEOS در دیواره‌های سلولی افزایش دهند و سبب افزایش مقاومت چوب در برابر حمله موربانه‌ها (*Reticuliter messperatus*) گردند.

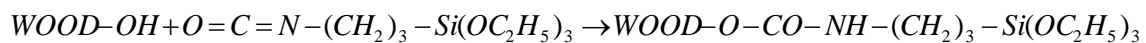
در روش دوم سیلان‌ها پیش از تیمار در داخل محفظه‌ای هیدرولیز شدند (Buker و همکاران، ۲۰۰۱؛ Scheithauer و همکاران، ۱۹۹۸). در پژوهش‌ها، ابتدا سیلان‌های متنوعی قبل از تیمار، هیدرولیز گردیدند و سپس به درون بافت چوب خشک شده تزریق شدند. نتایج این بررسی‌ها نشان دادند که در WPG برابر با ۴۹٪، می‌توان به ASE بیش از ۶۰٪ رسید. هم‌چنین مطالعات میکروسکوپ الکترونی که توسط Buker و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد، نشان دادند که پس از تیمار چوب با سیلان‌ها، پوشش یکنواختی در سطح داخلی دیواره سلولی مشاهده می‌گردد.

Scheithauer و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند نمونه‌های تیمار شده کاج و صنوبر که در معرض قارچ *Coniophora puteana* قرار گرفتند در شش هفته اولیه آزمون، کاهش وزن کمی داشتند؛ ولی پس از آن، کاهش وزن آن‌ها با نمونه‌های تیمار نشده برابر شد. این مقاومت اولیه می‌تواند ناشی از تأخیر در کلنی شدن قارچ‌ها باشد، که احتمالاً به تغییرات در مقدار رطوبت و سختی مواد مرکب باز می‌گردد. هم‌چنین بررسی انجام شده روی مقاومت خمشی نمونه‌های تیمار شده با Polysiloxanes نشان دهنده عدم تغییر در این

مقاومت بود ولی مُدول الاستیسیته کاهش نشان داد.

Donath و همکاران (۲۰۰۴) اثر سه نوع آلکوکسی سیلان (TEOS) tetraethoxysilane و methyltriethoxysilane (MTES) و propyltriethoxysilane (PTEO) را با دو روش تیمار بر روی چوب مقایسه کردند. در روش اول چوب با دیواره اشباع از آب تحت تزریق محلول سیلان‌های منومری (هیدرولیز نشده) قرار گرفت و در روش دوم چوب با سیلان‌های پیش هیدرولیز شده (الیگومر) تیمار شد. نتایج تحقیق نشان دادند که خصوصیات چوب؛ مانند تورم دیواره سلول، ASE، جذب رطوبت و دوام در برابر قارچ‌ها به طور معنی‌داری در نمونه‌های تیمار شده با محلول سیلان‌های منومری بهبود می‌یابد. همچنین بررسی میکروسکوپ الکترونی به روش تفرق اشعه ایکس (SEM-EDX) نیز نشان داد که ترکیب سیلیکون بیشتری در دیواره سلول وجود دارد. اگر چه مقدار WPG این نمونه‌ها کمتر از نمونه‌های تیمار شده با سیلان‌های پیش هیدرولیز شده بود.

Saka و Yakake (۱۹۹۳) به منظور ساختن "چند سازه‌های چوبی - معدنی اصلاح شده از نظر شیمیایی" (chemically modified wood – inorganic composites) نمونه‌های چوب Hinoki را ابتدا متعادل‌سازی رطوبتی کردند، سپس در مرحله اول، چوب‌ها را به مدت یک هفته در فشار اتمسفر و دمای محیط با غلظت‌های مختلفی از ۳- ایزوسیانات پروپیل‌تری اتوکسی سیلان (IPTEOS)، ۳- isocyanatepropyltriethoxysilane، محلول در استون تیمار کردند؛ پس از تیمار، نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت، تحت دمای ۱۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. در این مرحله، IPTEOS با OH دیواره سلول به صورت زیر واکنش می‌دهد و چوب اصلاح شده را به وجود می‌آورد.



IPTEOS

چوب اصلاح شده با IPTEOS

رابطه ۱-۲

در مرحله دوم چوب‌ها را پس از آن که دوباره متعادل‌سازی رطوبتی شدند، تحت تیمار با تترا ایزوپروپیل تیتانات (tetraisopropyltitanate (TPT)) محلول در ایزوپروپانول قرار دادند. در این مرحله TPT به