

اثر نانو ذرات کلونیدی سیلیس تولید شده از سبوس برنج بر ثبات ابعاد و جذب آب چوب صنوبر (*Populus deltoides*)

سروه حسین زاده، مریم قربانی^{۱*} و پوریا بی پروا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

پست الکترونیک: ghorbani_mary@yahoo.com

۳- استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۲

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول کلونیدی نانوسیلیس با استفاده از منبع گیاهی سبوس برنج با تکنیک خاکسترسازی و هضم قلیایی بدست آمد، و بر خواص فیزیکی چوب صنوبر انجام شد. نمونه‌های آزمون براساس استاندارد ASTM-D1037 در ابعاد $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ تهیه گردیدند و در سیلندر اشباع، به روش بتل در پنج سطح ۰، ۱/۲، ۱/۷، ۲/۲ و ۳/۲ درصد با نانوسیلیس کلونیدی اشباع شدند. درصد جذب و ماندگاری نانوسیلیس، تغییرات دانسیته، جذب آب و کارایی ضدواکسیدگی اندازه‌گیری شدند. درصد جذب نانو سیلیس در سطوح ۱/۲، ۱/۷، ۲/۲ و ۳/۲ درصد به ترتیب ۱۱۹/۸۵، ۱۶۹/۵۸، ۱۹۶/۳۶ و ۲۱۴/۷۵ درصد اندازه‌گیری شد. ماندگاری نانوسیلیس در پایین‌ترین و بالاترین سطح تیمار نیز ۱/۲۸ و ۹/۳۱ درصد گزارش گردید. نتایج نشان داد که دانسیته چوب از 0.37 g/cm^3 در نمونه شاهد به 0.41 g/cm^3 در بالاترین سطح جذب افزایش یافت. با افزایش سطح جذب نانوسیلیس، جذب آب نمونه‌های اشباع شده با افزایش غلظت نانو افزایش یافت، اما ثبات ابعاد نمونه‌های تیمار شده افزایش یافت؛ به طوری که پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری، واکسیدگی حجمی نمونه‌های اشباع شده با نانوسیلیس در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافتند. بنابراین با افزایش سطح جذب نانوسیلیس، اثر ضدواکسیدگی نمونه‌های اشباع شده پس از ۱۶۸ ساعت غوطه‌وری، در سطوح ۱/۲، ۱/۷، ۲/۲ و ۳/۲ درصد، به ترتیب ۳۶/۵، ۴۲/۹، ۳۴/۷ و ۲۶/۸ درصد برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: نانو ذرات سیلیس کلونیدی، سبوس برنج، جذب آب، ثبات ابعاد، اثر ضدواکسیدگی، صنوبر

مقدمه

معایب متعددی نیز می‌باشد که کاربرد آن را محدود می‌نماید. چوب به علت متخلخل بودن و جذب رطوبت ترکیبات آبدوست تشکیل‌دهنده آن به ویژه همی سلولز و سلولز دچار واکسیدگی می‌شود. علاوه بر این، رطوبت چوب، آن را به محیط مناسبی برای فعالیت برخی از عوامل

چوب ماده‌ایست مرکب از پلیمرهای سلولز، همی سلولز و لیگنین که ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی چوب را تحت تأثیر قرار می‌دهند و از آن یک ماده مهندسی و ساختمانی مفید می‌سازند. این ماده ارزشمند، دارای

تحقیق با هدف بررسی اثر محلول کلونیدی نانو ذرات سیلیس بر دانسیته، جذب آب و ثبات ابعاد چوب صنوبر انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمونی

برای تهیه نمونه‌های آزمونی از چوب گونه‌ی صنوبر (*Populus deltoides*) که راست‌تار و فاقد هرگونه معایب رشد بودند، استفاده شد. الوارها پس از اندازه‌بری، جهت تعیین خواص فیزیکی و اندازه‌گیری وزن مخصوص براساس استاندارد ASTM-D1037 به ابعاد $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ تبدیل شدند. برای سطوح شاهد و تیمارهای $1/2$ ، $1/7$ ، $2/2$ و $3/2$ درصد، ۵ تکرار در نظر گرفته شد که در مجموع ۲۵ نمونه برای آزمون تهیه گردیدند. نمونه‌ها در آون تحت دمای 103°C به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. وزن خشک نمونه‌ها با ترازویی با دقت 0.001 گرم و ابعاد توسط کولیس با دقت 0.01 میلی‌متر اندازه‌گیری شدند.

تولید نانو ذرات کلونیدی سیلیس

نانوسیلیکای مورد نیاز در این تحقیق از منبع گیاهی سبوس برنج گونه هاشمی طی مراحل زیر تولید شد. ابتدا سبوس برنج جهت حذف آلودگی‌ها و گرد و خاک توسط آب مقطر چندین بار شسته شد و بعد در آون به مدت ۴ ساعت تحت دمای 105 درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس در کوره به مدت ۸ ساعت تحت دمای 580 درجه سانتی‌گراد سوزانده و خاکستر شد. در هنگام فرایند خاکسترسازی، سبوس چندین بار از کوره خارج و هم‌زده شد تا ترکیبات کربنی موجود در آن به‌طور کامل سوخته (به صورت CO_2) و از بین برود.

مخرب قارچی تبدیل می‌کند (Sjostrom, 1993). همه ساله حجم زیادی از چوب‌های تیمار نشده که با خاک در تماس بوده و یا در شرایط نامطلوب قرار دارند، دچار انواع پوسیدگی و تخریب زیستی می‌شوند و خسارت‌های زیادی نیز از این طریق به اقتصاد کشور وارد می‌شود (رضانژاد و عرب‌تبار، ۱۳۸۷). رشد شتابان جمعیت جهان و به تبع آن افزایش تقاضا برای مصرف چوب از یک سو، و محدودیت منابع جنگلی از سوی دیگر، لزوم استفاده بهینه از این ماده با ارزش را بیشتر کرده است (محبی، ۱۳۸۲). حفاظت چوب با نانو مواد می‌تواند پیشرفتی غیرمنتظره و با اهمیت در راستای دوام و عملکرد چوب و فرآورده‌های آن به همراه حفظ ظاهر زیبای آن به دنبال داشته باشد که تولید محصولات چوبی جدید با ارزش افزوده بالا را ممکن می‌سازد (محمدی، ۱۳۸۵). یکی از کمک‌های شایان این فناوری در زمینه چوب، حفاظت سطح چوب در برابر بسیاری از عامل‌های محیطی از جمله مقاومت در برابر اشعه UV، آتش، رطوبت، قارچ‌ها و آفات می‌باشد (et al., 2006). اندازه یکسان نانوذرات می‌تواند در نفوذ به داخل چوب، افزایش سطح مؤثر آنها و توزیع مساوی در چوب مؤثر باشد (Freeman & McIntyre, 2008). طی مطالعات توزیع ذرات نانو در چوب دریافتند که تثبیت نانو از طریق رسوب در حفرهای سلولی و لایه سوم دیواره ثانویه سلول چوب رخ می‌دهد (Matsunaga et al., 2007). نانو سیلیس متشکل از ذراتی است که دارای شکل گلوله‌ای بوده و با قطر کمتر از 100 نانومتر به صورت ذرات پودر و یا معلق در محلول قابل انتشار می‌باشد. نانو سیلیس در کاربردهایی مانند ضدسایش، ضدلغزش و ضدحریق استفاده شده است. صنوبر، گونه‌ای با پراکنش وسیع در ایران، سریع‌الرشد و نفوذپذیری خوب، اما دوام طبیعی پایین آن می‌باشد. این

نانوذرات سیلیس در محیط اسیدی ایجاد شد. برای این منظور ابتدا محلول‌های ۱/۳، ۲، ۲/۷ و ۴ درصد آب‌شیشه در آب مقطر تهیه گردید. این محلول روی هم‌زن مغناطیسی تحت حرارت (۸۰ درجه سانتی‌گراد) هم‌زده شد. سپس به‌منظور تشکیل هسته اولیه سیلیس، محلول اسید کلریدریک ۲/۵ درصد به‌صورت قطره قطره (۲۰ قطره در دقیقه) تا شیری شدن، به محلول اضافه شد. مقدار دقیق اسید اضافه شده با استفاده از کنترل pH در مقدار ۱۰ بدست می‌آید و در صورت کاهش pH افزودن اسید متوقف می‌گردد. با افزودن اسید، غلظت‌های نهایی محلول کلوئیدی ۱/۲، ۱/۷، ۲/۲ و ۳/۲ درصد برآورد شد. به‌منظور حصول اطمینان از اندازه نانوذرات حاصل، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ تهیه گردید. در شکل زیر مراحل سنتز نانوسیلیس مشاهده می‌گردد.

خاکستر حاصل در نسبت معینی (۳ به ۱) از اسید نیتریک (HNO_3) و اسید سولفوریک (H_2SO_4) به مدت ۴ ساعت تحت رفلاکس قرار گرفت تا ذرات فلزی آن به صورت نمک‌های محلول درآید. بعد از فرایند رفلاکس و سرد شدن، نمونه با آب مقطر رقیق با استفاده از کاغذ واتمن صاف گردید و چندین بار با آب دیونیزه شستشو داده شد.

برای تولید سیلیس خالص، ماده جامد تقریباً سفید رنگ حاصل در محلول ۲/۵ درصد سود داغ حل گردید و به مدت ۸ ساعت تحت رفلاکس قرار گرفت. محلول بعد از سرد شدن توسط فیلتر صاف گردید تا یون‌های فلزی به صورت ذرات هیدروکسید فلزی از محلول جدا شود.

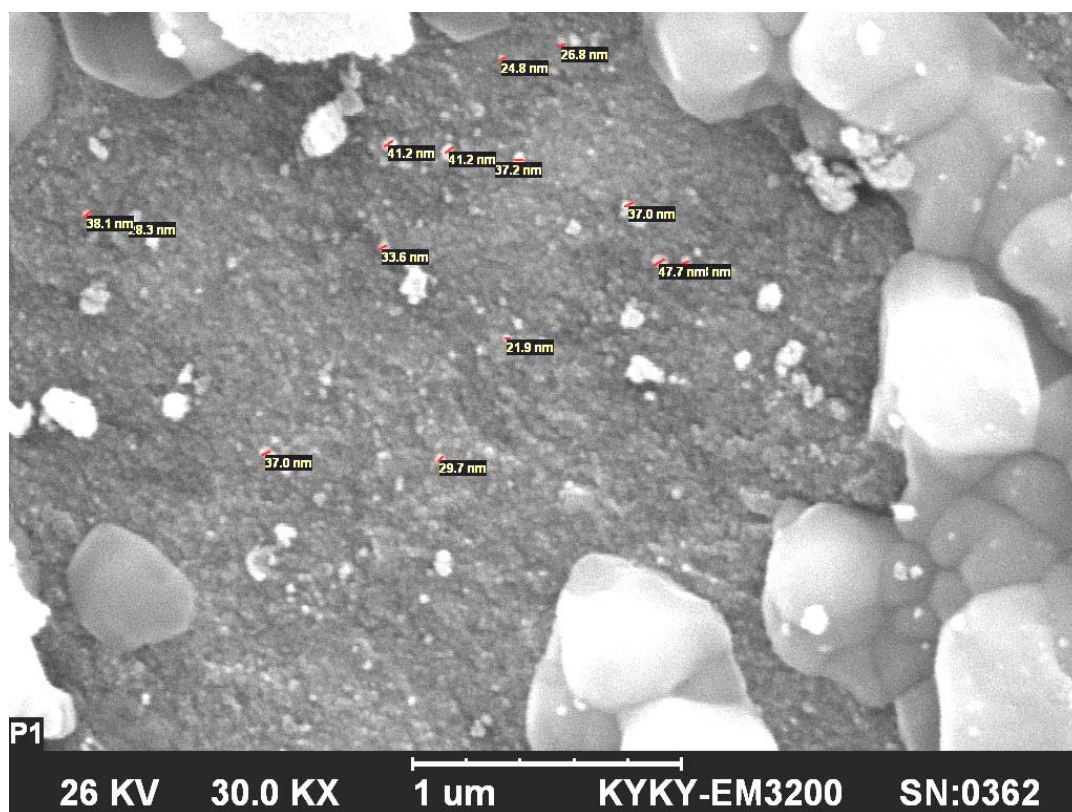
محلول سیلیس بدست آمده که به آب‌شیشه معروف می‌باشد برای تولید نانوذرات کلوئیدی سیلیس بکار برده شد. ذرات کلوئیدی سیلیس به‌وسیله تشکیل هسته اولیه



شکل ۱- از راست به چپ سبوس برنج، خاکستر سبوس برنج و نانوسیلیس سنتز شده

همان‌طور که در زیر مشاهده می‌گردد، تصویر میکروسکوپ الکترونی حاصل، اندازه‌ی نانوی ذرات سیلیس (کوچک‌تر از

۱۰۰ نانومتر) را تأیید نموده است (شکل ۲).



شکل ۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نانو ذرات سیلیس سنتز شده از سبوس برنج

با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰

اشباع نمونه‌های چوبی

نمونه‌ها با محلول کلونیدی نانوسیلیس به روش سلول پر در سیلندر اشباع واقع در کارگاه صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی ساری اشباع شدند. به منظور خارج سازی هوای داخل نمونه‌های چوبی و سیلندر، ابتدا خلأ به اندازه ۰/۷ بار و به مدت ۱۵ دقیقه برقرار شد. در انتهای مرحله خلأ، شیر مخزن جهت ورود مایع به داخل باز شد و نانوسیلیس به داخل سیلندر وارد شد. سپس فشاری معادل ۸ بار و به مدت ۱ ساعت اعمال گردید. پس از اتمام فرایند، نمونه‌ها از داخل سیلندر خارج و در محیط اسیدی (PH = ۵/۵ - ۷) قرار داده شدند تا رشد نانو ذرات ادامه یافته و تکمیل شود. پس از توزین، درصد جذب و ماندگاری نانوسیلیس اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری خواص فیزیکی نمونه‌ها

در آزمون فیزیکی دانسیته، جذب آب، تغییرات ابعاد و اثر ضدواکسیدگی (ASE) اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه وزن و حجم خشک، نمونه‌ها در آب غوطه‌ور گردیدند. اثر ضدواکسیدگی نمونه‌ها و فضای پر شده توسط نانو طبق روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ محاسبه گردید.

$$ASE = \left(\frac{S_u - S_m}{S_u} \right) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

ASE = کارایی ضد واکسیدگی در اثر تیمار (درصد) = S_u

واکسیدگی حجمی نمونه شاهد (S_m cm^3) = واکسیدگی حجمی چوب تیمار شده (cm^3)

$$F_p = \frac{d_{cw} d_{cdp}}{d_{cdp} - d_{gd}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

F_p = فضای پر شده توسط نانو d_{cw} = دانسیته دیواره سلولی ($1/54 \text{ g/cm}^3$)

درصد؛ ۱۱۹/۸۵، ۱۶۹/۵۸، ۱۹۶/۳۶ و ۲۱۴/۷۵ درصد اندازه‌گیری شد. با افزایش غلظت نانوسیلیس، دانسیته نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد روند صعودی را نشان داد. دانسیته چوب نمونه شاهد 0.37 g/cm^3 و در بالاترین سطح جذب 0.41 g/cm^3 بدست آمد.

ماندگاری و فضای خالی چوب

مقادیر ماندگاری نانوسیلیس و حفرهای سلولی خالی

در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش غلظت

نانوسیلیس، ماندگاری و متعاقباً، فضای پر شده در حفرهای سلولی افزایش یافته، فضای خالی کمتری در ساختار چوب

باقی مانده است، که در غلظت $3/2$ درصد، به حداکثر

ماندگاری و حداقل خلل و فرج خالی رسیده است. براساس

نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطح اعتماد ۹۹ درصد، البته بین

نمونه‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

d_{od} = دانسیته خشک چوب شاهد (g/cm^3) x (حجم

نمونه بعد از اشباع - حجم خشک اولیه) / حجم خشک اولیه (cm^3)

P = ماندگاری (g/cm^3) d_p = دانسیته نانو (g/cm^3) d

= دانسیته خشک چوب (g/cm^3)

$$p = \frac{xd}{d_0d} - 1 \quad (\text{رابطه ۳})$$

P = ماندگاری x = اختلاف حجم نمونه قبل و بعد از

تیمار / حجم نمونه قبل از تیمار (cm^3)

d = دانسیته خشک چوب d_{od} = دانسیته خشک چوب شاهد

$$F_v = 1 - F_p \quad (\text{رابطه ۴})$$

F_v = فضای پر نشده توسط نانو F_p = فضای پر شده توسط نانو

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس

یک طرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی و نرم‌افزار SPSS

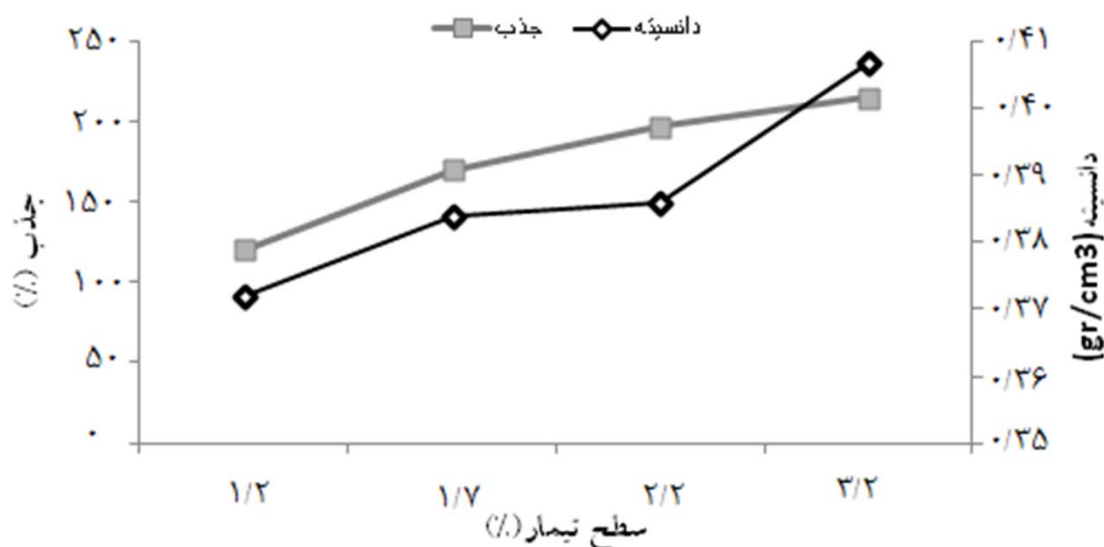
استفاده شد. گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه-

ای دانکن (DMRT) انجام گردید.

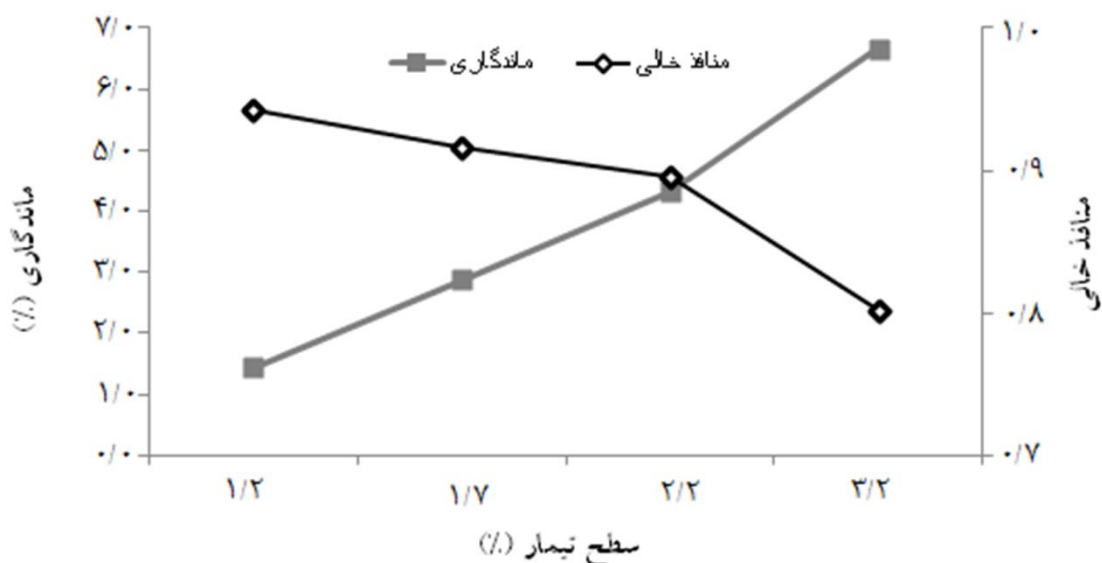
نتایج

تغییرات دانسیته

جذب نانوسیلیس در غلظت‌های $1/2$ ، $1/7$ ، $2/2$ و $3/2$



شکل ۳- تغییرات دانسیته و جذب نانو سیلیس در سطوح مختلف غلظت نانوسیلیس



شکل ۴ - رابطه بین فضای خالی و ماندگاری نانوسیلیس در سطوح مختلف غلظت نانوسیلیس

جذب آب

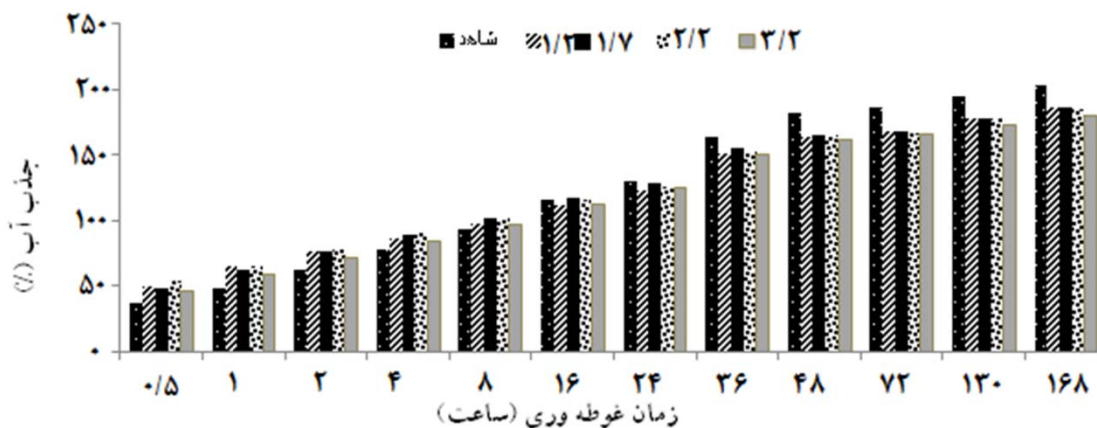
تیمار شده در غلظت‌های ۱/۲، ۱/۷، ۲/۲ و ۳/۲ درصد تا غوطه‌وری به مدت ۸ ساعت، نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت، اما با افزایش زمان، و پس از ۱۶ ساعت، ۸/۶، ۸/۲، ۹/۱ و ۱۱/۶ درصد کاهش یافت (شکل ۵).

میانگین جذب آب در اثر تیمار با غلظت‌های مختلف نانوسیلیس در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. جذب آب نمونه‌های

جدول ۱- میانگین جذب آب نمونه‌ها در سطوح مختلف غلظت نانوسیلیس (درصد)

تیمار (%)	غوطه‌وری (h)											
	۰/۵	۱	۲	۴	۸	۱۶	۲۴	۳۶	۴۸	۷۲	۱۲۰	۱۶۸
شاهد	۳۷/۶	۴۷/۹	۶۳/۰	۷۷/۸	۹۳/۸	۱۱۶/۸	۱۳۰/۱	۱۶۴/۶	۱۸۲/۷	۱۸۶/۵	۱۹۴/۵	۲۰۳/۸
۱/۲	۵۰/۳	۶۵/۲	۷۶/۸	۸۶/۹	۹۷/۴	۱۱۲/۵	۱۲۳/۲	۱۵۲/۰	۱۶۴/۴	۱۶۸/۲	۱۷۸/۵	۱۸۶/۱
۱/۷	۴۷/۷	۶۲/۶	۷۶/۴	۸۹/۴	۱۰۱/۹	۱۱۷/۳	۱۲۸/۸	۱۵۵/۳	۱۶۵/۱	۱۶۸/۷	۱۷۸/۱	۱۸۶/۹
۲/۲	۵۳/۵	۶۶/۰	۷۸/۷	۹۱/۰	۱۰۱/۸	۱۱۵/۶	۱۲۶/۵	۱۵۲/۹	۱۶۵/۵	۱۶۷/۲	۱۷۷/۹	۱۸۵/۲
۳/۲	۴۵/۸	۵۸/۸	۷۲/۰	۸۴/۲	۹۷/۰	۱۱۳/۰	۱۲۵/۷	۱۵۰/۳	۱۶۲/۱	۱۶۶/۷	۱۷۳/۵	۱۸۰/۱

حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن می‌باشد.



شکل ۵- جذب آب نمونه‌های تیمار شده طی آزمون غوطه‌وری

تغییرات ابعاد

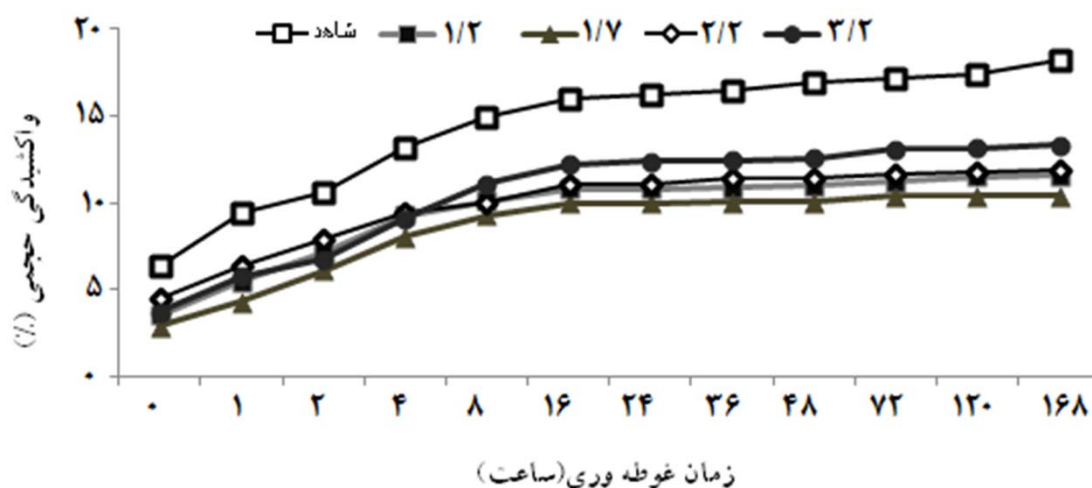
میانگین واکنش‌دهی حجمی در اثر تیمار با غلظت‌های مختلف نانوسیلیس در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد، پس از ۱۶۸ ساعت غوطه‌وری در آب، نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد، تغییرات ابعاد کمتری نشان دادند.

واکنش‌دهی حجمی نمونه‌های تیمار شده پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری در نمونه‌های شاهد و غلظت‌های ۱/۲، ۱/۷، ۲/۲ و ۳/۲ درصد، به ترتیب ۱۸/۲۴، ۱۱/۵۷، ۱۰/۴۰، ۱۱/۹۱ و ۱۳/۳۹ درصد گزارش گردید. البته بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

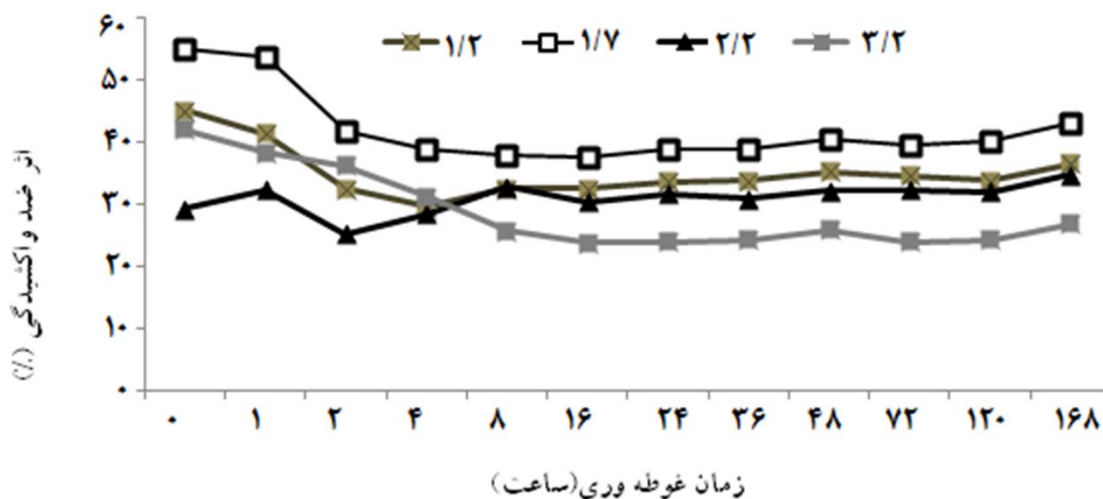
جدول ۲- میانگین واکنش‌دهی حجمی نمونه‌ها در سطوح مختلف غلظت نانوسیلیس (درصد)

تیمار (%)	۱۶۸	۱۲۰	۷۲	۴۸	۳۶	۲۴	۱۶	۸	۴	۲	۱	۰/۵	غوطه‌وری (h)
شاهد	۱۸/۲	۱۷/۳	۱۷/۱	۱۶/۹	۱۶/۴	۱۶/۲	۱۵/۹	۱۴/۹	۱۳/۲	۱۰/۵	۹/۳	۶/۴	a
۱/۲	۱۱/۵	۱۱/۴	۱۱/۲	۱۰/۹	۱۰/۸	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۱	۹/۳	۷/۱	۵/۵	۳/۵	a
۱/۷	۱۰/۴	۱۰/۴	۱۰/۴	۱۰/۰	۱۰/۰	۹/۹	۹/۹	۹/۲	۸/۰	۶/۱	۴/۳	۲/۸	a
۲/۲	۱۱/۹	۱۱/۸	۱۱/۶	۱۱/۴	۱۱/۳	۱۱/۱	۱۱/۱	۱۰/۰	۹/۴	۷/۹	۶/۳	۴/۵	a
۳/۲	۱۳/۳	۱۳/۱	۱۳/۰	۱۲/۵	۱۲/۴	۱۲/۳	۱۲/۱	۱۱/۱	۹/۰	۶/۷	۵/۷	۳/۷	a

حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن می‌باشد.



شکل ۶- واکسیدگی حجمی نمونه‌های تیمار شده طی آزمون غوطه‌وری



شکل ۷- اثر ضد واکسیدگی نمونه‌های تیمار شده طی آزمون غوطه‌وری

بحث

براساس نتایج، دانسیته چوب از 0.37 g/cm^3 در نمونه شاهد به 0.41 g/cm^3 در بالاترین سطح جذب افزایش یافت. با افزایش سطح جذب نانوسیلیس، ثبات ابعاد نمونه‌های تیمار شده افزایش یافت، به طوری که پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری، حداقل واکسیدگی حجمی نمونه‌های اشباع شده با نانوسیلیس در سطح ۱/۷ درصد، همچنین اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین اثر در

اثر ضد واکسیدگی

شکل ۷ اثر ضد واکسیدگی نمونه‌های تیمار شده را نشان داده است. بیشترین میانگین اثر ضد واکسیدگی در غلظت ۱/۷ درصد و در زمان ۳۰ دقیقه، ۵۲/۹ درصد بدست آمد و کمترین کارایی در غلظت ۳/۲ درصد در زمان ۱۶ ساعت، ۲۳/۷ درصد گزارش گردید. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بین نمونه‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

نانو ذرات می‌توانند لوله‌های موئین موجود در چوب را مسدود کنند. براساس نتایج تحقیقات پیشین نیز، حضور نانوذرات رس بر ویژگی‌های فیزیکی اثر مثبت نشان داد (موسوی حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

جذب آب در ساعات اولیه غوطه‌وری در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش یافت. با افزایش غلظت نانوسیلیس تمایل اتصال ذرات نانو به یکدیگر بیشتر شده و در نتیجه شکل‌گیری کلوخه‌های سیلیسی، شکاف‌های ریزی در دیواره سلولی بوجود می‌آورد که ورود آب آزاد به درون چوب را افزایش می‌دهد (ورشویی تبریزی، ۱۳۹۰؛ عبدالعلی سربندی، ۱۳۹۱؛ Sevgl *et al.*, 2008). همچنین خروج مواد استخراجی محلول در آب و آبشویی نانوسیلیس اضافی طی غوطه‌وری ممکن است باعث افزایش جذب آب شده‌باشد. سیلیس کلئیدی خاصیت جذب آب نیز دارد (هیدراته شدن). زمانی که نمونه‌ها در آب قرار می‌گیرند نانوذرات سیلیس با سطوح جانبی فوق‌العاده زیاد مولکول‌های آب را جذب کرده که این نیز به افزایش جذب آب در لحظات اولیه غوطه‌وری منتهی می‌گردد. البته با افزایش ساعات غوطه‌وری، افت جذب آب نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد گزارش گردید. در واقع، اثر نانوذرات سیلیس در کاهش تخلخل ناشی از افزایش حجم نانو متعاقب هیدراته شدن، بلوکه کردن دیواره سلولی و کاهش نقطه اشباع الیاف، محرزتر از خاصیت آبدوستی نانو و آب آزاد جذب شده در ترک‌های دیواره بوده‌است. با توجه به نتایج این تحقیق، غلظت ۱/۷ درصد به‌عنوان بهترین سطح تیمار معرفی شد، زیرا در این سطح، با مصرف مقدار کمتر نانو، حداکثر کاهش واکشیدگی حجمی و اثر ضدواکشیدگی مشاهده گردید.

واکشیدگی نمونه‌های اشباع شده پس از ۱۶۸ ساعت غوطه‌وری، در غلظت ۱/۷ درصد، ۴۳/۲ درصد برآورد شد. با افزایش غلظت نانو، جذب آب نمونه‌ها در ساعات اولیه غوطه‌وری افزایش یافت و پس از افزایش زمان غوطه‌وری، جذب آب در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

افزایش دانسیته چوب تیمار شده را می‌توان به جذب نانوسیلیس با دانسیته بالاتر ($2/6 \text{ g/cm}^3$) در مقایسه با دانسیته چوب صنوبر ($0/36 \text{ g/cm}^3$) نسبت داد که با افزایش غلظت نانو این اختلاف افزایش یافت. البته حضور نانوذرات سیلیس بر دیواره سلولی از یک‌سو با کاهش دسترسی به تعداد گروه‌های هیدروکسیلی آزاد و اتصال چوب با آب (Sun *et al.*, 2010) آب‌آغستگی را کاهش داده و از سوی دیگر با اشغال کردن بخشی از فضای خالی حفرها (Devi & Maji, 2012)، و با قرارگیری بر روی روزنه‌ها، باعث کاهش شدید ابعاد این روزنه‌ها شده و ورود مولکول‌های آب را با مشکل مواجه نموده است (زاهدشیرجانی و غلامیان، ۱۳۸۹، Mehta, 2008) و بدین گونه جذب آب و واکشیدگی را کاهش داده است (Hosseini *et al.*, ۲۰۱۰، Boshehrian & Hosseini, ۲۰۱۱). تقی‌یاری (۲۰۱۱) نیز گزارش کرد که افزودن نانوذرات نقره به چوب، نفوذپذیری آن را کاهش می‌دهد. کوچک بودن ذرات نانو و نفوذ مؤثر آنها به درون ساختار چوب و دیواره سلولی نیز می‌تواند از دلایل کاهش واکشیدگی حجمی باشد. نتایج تحقیقات *et al.*, (Matsunaga 2009) نشان داد که نانو ذرات مس و اکسید آهن با ابعاد نانومتری در تیمار چوب، در حفره‌های ریز سلول‌های چوبی قرار می‌گیرند. تحقیقات *& Zhang*, (Leach 2005) و (Chen *et al.*, 2006) نیز نشان داد که

منابع مورد استفاده

- Boshehrian, A., Hosseini, P. 2011. Effect of nano-SiO₂ particles on properties of cement mortar applicable for ferrocement elements. *CRL Letters*. Vol. 2 (1): 167-180 pp.
- Chen, R. 2006. Chen & Li. Wood preservative containing copper and ammonium compounds, Chinese Patent 1883899, 10 p.
- Devi, R. and Maji, T.K. 2012. Effect of nano-SiO₂ on properties of wood/polymer/clay nanocomposites. *Wood Science and Technology*. 70(2): 403- 417.
- Freeman, M. and McIntyre, C. 2008. Comprehensive review of copper-based wood preservatives. *Forest Products Journal*. 58(11): 6-27.
- Hosseini, P., Booshehrian, A., and Farshchi, S. 2010. Influence of nano-SiO₂ addition on microstructure and mechanical properties of cement mortars for ferrocement *Journal of Transportation Research Record*. 2141, 15-20 p.
- Leach, R.M. and Zhang, J. 2005. Micronized wood preservative formulation, World Patent 2005104841, 26 p.
- Matsunaga, H. 2007. Kigushi & Evans. Micro-distribution of metals in wood treated with a nano-copper wood preservative. International Research Groupon Wood Protection, Stockholm, Sweden, IRG/WP/07-40360. 7 p.
- Matsunaga, H. 2009. Kiguchi & Philip. Microdistribution of copper-carbonate and iron oxide, nanoparticles in treated wood, *Journal Nanopart Res*, 11:1087-1098.
- Mehta, P., 2008. Waterproofing by zycosil frequently asked question, <http://www.w3studio.net/gracensachi/library/english/zycosil%20faq.pdf> (available in July 2008).
- Sjostrom, E., 1993. *Wood Chemistry Fundamentals and Applications*; Academic Press: San Diego, 293 p.
- Sun, Q., Yu, H., Liu, Y., Li, J., Lu, Y., & Hunt, J.F. 2010. Improvement of water resistance and dimensional stability of wood through titanium dioxide coating. *Holzforschung*. 64:757-261.
- Svegl, F., 2008. Suput-Strupi & Skrlep & Kalcher. The influence of aminosilanes on macroscopic properties of cement paste, *Cement and concrete Research*. 38: 945-954.
- Taghiyari, H., Rangavar, H. and Farjpour, O. 2011. Effect of Nano-Silver on production of hot-pressing and improvement in physical and mechanical properties of particleboard. *Bioresources*. 6(4): 4067-4075.
- عبدالعلی سربندی، م.، صفدری، و.ر.، سپیده دم، س.م.ج. و گنجیان، ا.، ۱۳۹۱. اثر مقدار نانو سیلیس و الیاف باگاس بر مقاومت خمشی و برخی ویژگی‌های فیزیکی فرآورده چندسازه "الیاف سیمان". فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران ۲۷(۱): ۱۶۷-۱۷۷ صص.
- رضائزاد، ع.، عرب تبار فیروزجایی، ح.، ۱۳۸۷. آزمایش میدانی بررسی دوام چوب بلندمازو در مقابل قارچ‌ها. دو فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران ۲۵(۱): ۲۲-۳۱ صص.
- زاهدشیرجانی، ر.، غلامیان، ه.، ۱۳۸۹. بررسی امکان استفاده از نانو زایکوسیل و نانورس سدیم موتتموریلونیت برای کاهش جذب آب در MDF. مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، سال اول (۲): ۷۰-۸۰ صص.
- محبی، ب.، ۱۳۸۲. اصلاح چوب و مواد لیگنوسولولزی و فن‌آوری - هایشان. اولین همایش ملی فن‌آوری و کاربردی مواد سلولزی، دانشگاه تهران، ۴۰۵-۴۱۰ صص.
- محمدی، ع.، ۱۳۸۵. تأثیر فناوری نانو بر صنایع. سال پنجم، ماهنامه فناوری نانو، شماره ۱۰۵.
- موسوی حسینی، س.م.ج.، فائزی‌پور، م.م.، یوسفی، ح.، ۱۳۹۰. اثر نانو ذرات رس بر خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران ۲۶(۴): ۶۹۹-۷۰۷ صص.
- ورشوویی تبریزی، ع.، حسین پورپیا، ر.، سلطانی، م.، طلائی‌پور، م.، ۱۳۹۰. تأثیر ماده جفت‌کننده بر خاصیت جذب آب نانو کامپوزیت‌های الیاف طبیعی - سیمان. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم. (۲): ۱۲۸-۱۳۷ صص.
- Atalla, R., Beecher, J., Caron, R., Catchmark, J., Deng, Y., Glasser, W., Gray, D., Haigler, C., Jones, P., Joyce, M., Kohlman, J., Koukoulas, A., Lancaster, P., Perine, L., Rodriguez, A., Ragauskas, A., Wegner, T., Zhu, J. 2006. Nanotechnology for the forest products industry. Vision and technology roadmap. Agenda 2020 Technology Alliance.

Effect of colloidal silica nanoparticles produced from rice husk on dimensional stability and water absorption of poplar wood (*Populus deltoides*)

Hossienzadeh, S.¹, Ghorbani, M.^{2*} and Beparva, P.³

1- M.Sc. Student, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

2* – Corresponding author, Assistant Prof. Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: ghorbani_mary@yahoo.com

3 – Assistant Prof. Department of Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: June, 2013

Accepted: Oct., 2013

Abstract

This research was conducted to determine the physical properties of poplar wood treated with silica colloidal nanoparticles prepared from rice husk using ash making and alkaline digestion. Test samples were prepared according to ASTM-D1037 standard with the dimension of 2×2×2 cm and then were impregnated in a cylinder according to Bethell method applying five concentration levels of soluble colloidal silica nanoparticles (0, 1.2, 1.7, 2.2 and 3.2%). Nanoparticle retention and absorption, density changes, water absorption, and anti-swelling efficiency (ASE) were determined. Nano silica absorption was determined as 119.8, 169.5, 196.3 and 214.7 % corresponding to 1.2, 1.7, 2.2 and 3.2 % nanoparticle addition, respectively. Nano-silica retention in the lowest and the highest treatment level were 1.2 and 9.3%. Results showed that the density increased from 0.37g/cm³ in control samples to 0.40 g/cm³ at the highest level of nano-silica absorption. Water absorption increased by increasing nano-silica absorption. However, dimensional stability of impregnated samples increased. After the longest immersion time, average swelling volume of the sample impregnated with nano-silica was decreased in comparison with the control sample. With increasing nano-silica absorption, anti-swelling efficiency of impregnated samples treated at the 1.2, 1.7, 2.2 and 3.2 % level and immersed for 168h was 36.5, 42.9, 34.7 and 26.8 %, respectively.

Key words: Colloidal silica nanoparticles, rice husk, water absorption, dimensional stability, anti-swelling efficiency, poplar.