

تأثیر تیمار با بخار آب روی ویژگی‌های شیمیایی خرده‌های چوب صنوبر

حمید هاتف‌نیا^{۱*}، علی اکبر عنایتی^۲، کاظم دوست حسینی^۲ و محمد آزاد فلاح^۳

*- مسئول مکاتبات، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: hatefnia@gmail.com

۲- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۹

چکیده

در این مطالعه چوب صنوبر تحت تأثیر بخار آب داغ، تیمار و تغییرات شیمیایی ایجاد شده در ترکیبات اصلی آن بررسی شد. نتایج نشان داد که کاهش مقدار همی سلولزها در اثر بخار آب داغ، سریع و به مقدار زیاد اتفاق می‌افتد. تخریب همی سلولزها، حذف گروه‌های استیل و تولید اسیدهای آلی با افزایش شدت تیمار زیاد می‌شود. افزایش این اسیدها همزمان با افزایش شدت تیمار، تخریب همی سلولزها و نیز بخشی از مناطق آمورف سلولز را تسریع کرده و می‌تواند باعث کاهش مقاومت‌های چوب تیمار شده شود. همچنین تعدادی از واحدهایی از لیگنین که وزن مولکولی پایین دارند تخریب می‌شوند. مقادیر مواد استخراجی، مواد قابل حل در آب داغ و مواد قابل حل در محلول گرم هیدروکسید سدیم یک درصد، با افزایش شدت تیمار زیاد می‌شود. همچنین نتایج طیف‌سنجی FT-IR تغییرات ساختاری در پلیمرهای آروماتیک و گسست گروه‌های استیل همی سلولزها و تولید اسیدهای آلی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تیمار گرمایی با بخار، ترکیبات شیمیایی چوب، طیف‌سنجی FT-IR

مقدمه

می‌دهد، مانند تبخیر آب و کاهش ترکیبات فرار از قبیل مونوترپن‌ها. اما با افزایش دما، تخریب ترکیبات ساختاری چوب و تولید مواد جانبی رخ می‌دهد. تخریب همی سلولزها در دمای بالای ۱۵۰ درجه سلسیوس به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و منجر به تولید متانول، اسید استیک، ترکیبات هتروسیکلی فرار (مانند فوران‌ها، γ -والرولاکتون) و غیره می‌شود (Hill, 2006). فورفورال (از پنتوزان‌ها) و هیدروکسی متیل فورفورال (از هگوزها) از محصولات اصلی تخریب همی سلولزها به شمار می‌آیند

تیمار گرمایی یکی از روش‌های شناخته شده برای بهبود پایداری ابعاد و افزایش مقاومت در برابر تخریب زیستی چوب و فراورده‌های ساخته شده از آن می‌باشد. تغییرات شیمیایی که در اثر تیمار گرمایی در دیواره سلولی چوب روی می‌دهد، نقش کلیدی را در تغییرات خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام آن بازی می‌کند. این تغییرات به شرایط تیمار گرمایی وابسته است. معمولاً در دمای حدود ۵۰ درجه سلسیوس، تغییرات اندکی در چوب رخ

بنزن- الکل با افزایش زمان تیمار و فشار بخار افزایش می‌یابد، pH نمونه‌ها در اثر تیمار با بخار کاهش می‌یابد. Yilgor و همکاران (۲۰۰۱) کاهش زیاد مقدار همی سلولزها و افزایش مقدار نسبی لیگنین را گزارش کردند. Tjeerdsma و Militz (۲۰۰۵) تغییرات شیمیایی به وجود آمده در چوب در اثر تیمار گرمایی دو مرحله‌ای را در دمای ۱۹۵ - ۱۶۵ درجه سلسیوس با طیف-سنجی FT-IR بررسی و به این نتیجه رسیدند که کربنیک اسیدها و عمدتاً استیک اسید با شکسته شدن گروه‌های استیل همی سلولزها در چوب تشکیل می‌شوند. به طوری که در دمای بالا (۱۸۵ درجه سلسیوس) تقریباً همه گروه‌های استیل قابل دسترس شکسته می‌شوند. همچنین، با تیمار در دمای بالا تراکم گروه‌های هیدروکسیل در دسترس کاهش می‌یابد. Nupponen و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تیمار چوب با بخار آب داغ با کمک طیف‌سنجی FT-IR و UVRR، تشکیل ساختارهای کربونیل جدید در نمونه‌های چوب و مواد استخراجی آن را مشاهده کردند. این ساختارها احتمالاً از تخریب همی سلولزها و لیگنین به وجود آمده‌اند. Esteves و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که در اثر تیمار حرارتی خشک در دمای تا ۲۰۰ درجه سلسیوس (به مدت ۲-۲۴ ساعت) و تیمار با بخار آب داغ در دمای ۲۱۰-۱۹۰ درجه سلسیوس (به مدت ۱۲-۲ ساعت) همی سلولزها (عمدتاً آرابینوز و زایلوز) اولین ترکیباتی هستند که تخریب می‌شوند. البته تخریب لیگنین به مقدار کم صورت می‌گیرد. سلولز هم به مقدار خیلی اندک تحت تاثیر تیمار حرارتی قرار می‌گیرد و مقدار مواد استخراجی در اثر تیمار، ابتدا افزایش و بعد کاهش نشان داد. Windeisen و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تغییرات شیمیایی چوب راش طی فرایند ترموود،

(Hill, 2006 و Yilgor و Nuopponen et al., 2004 و *et al.*, 2001). حضور آب یا بخار آب در تیمار گرمایی باعث تشکیل سریع اسیدهای آلی و نیز جلوگیری از رخ دادن واکنش‌های اکسایشی می‌شود. در جریان تیمار گرمایی، تخریب سلولز در دماهای بالاتر از تخریب همی سلولزها اتفاق می‌افتد. مناطق آمورف سلولز حساسیت بیشتری در مقابل تخریب گرمایی از خود نشان می‌دهند، اما سلولز کریستالی معمولاً در دماهای بالاتر (۳۰۰-۳۴۰ درجه سلسیوس) تخریب می‌شود. میزان تخریب سلولز در حضور آب کم است که تصور می‌شود به علت افزایش توانایی مناطق آمورف برای تغییر ساختار و ایجاد مناطق کریستالی پایدار در برابر حرارت باشد (Hill, 2006). همچنین برای کاهش درجه پلیمریزاسیون (DP¹) سلولز دماهای مختلفی گزارش شده است. فنگل و گنر دماهای بالای ۱۲۰ درجه را برای کاهش درجه پلیمریزاسیون سلولز در گونه نوئل بیان کرده‌اند. لووگلوکوزان به عنوان محصول اولیه نتیجه تخریب سلولز شناخته شده است. اما انیدروگلوکزها، فوران و مشتقات فوران نیز تولید می‌شود. لیگنین پایدارترین ماده دیواره سلولی در برابر حرارت است (Windeisen et al., 2007)؛ با وجود این، مقداری تخریب در دماهای نسبتاً پایین در آن رخ می‌دهد و ترکیبات حاصل از تجزیه مواد فنولی ایجاد می‌شود. اولین تغییر گرمایی در لیگنین چوب در دمای بالای ۱۵۰ درجه سلسیوس و واکنش‌های تخریبی مهم آن در دماهای ۲۸۰ درجه سلسیوس و بالاتر رخ می‌دهد (Hill, 2006). Shi و همکاران (۱۹۹۶) با مطالعه روی تغییرات شیمیایی چوب بعد از پیش تیمار با بخار دریافتند که مقدار مواد استخراجی قابل حل در آب و

1 -Degree of polymerization

دمای بخاردهی: در چهار سطح دما (۱۷۵، ۱۶۵، ۱۵۵) و ۱۸۵ درجه سلسیوس).

زمان بخاردهی: در سه سطح زمان (۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه).

اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی خرده‌های چوب

مقداری از خرده‌های چوب هر تیمار، با آسیاب آزمایشگاهی به آرد چوب تبدیل و پس از عبور از الک ۴۰ مش و رسیدن به رطوبت تعادل با محیط، مقادیر لیگنین، سلولز، هلولسلولز، مواد استخراجی در حلال آلی، مواد استخراجی در آب داغ و مواد قابل حل در محلول گرم هیدروکسید سدیم یک درصد براساس روش‌ها و استانداردهای مذکور در جدول ۱ تعیین شد. نتایج بدست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل به کمک تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

تخریب پلی‌اوزها در اثر تیمار گرمایی را تأیید کردند. Kocaefe و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از طیف‌سنجی FT-IR و IGC¹ تغییرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی چوب تیمار شده را مطالعه کردند. Ates و همکاران (۲۰۰۹) نیز تغییرات ترکیبات شیمیایی چوب در اثر تیمار حرارتی را بررسی کردند. در این مقاله، تغییرات ایجاد شده در مقادیر ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر طی تیمار گرمایی (با بخار داغ آب) و شناسایی تغییرات ساختاری آن با استفاده از طیف‌سنجی FT-IR ارائه می‌شود.

مواد و روشها

در این تحقیق از چوب صنوبر (*populous alba*) با سن حدود ۱۵ سال که از منطقه طالقان قطع شده بود استفاده گردید.

تیمار گرمایی: خرده‌های چوب صنوبر با استفاده از دستگاه بخارزن آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن متغیرهای زیر تیمار شدند:

جدول ۱- روش یا استاندارد اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی

روش یا استاندارد	ویژگی مورد اندازه‌گیری
استاندارد T 222 om-98 آیین‌نامه TAPPI	لیگنین نامحلول در اسید
اندازه‌گیری جذب در طول موج ۲۰۵ نانومتر (TAPPI UM-250) *	لیگنین محلول در اسید
روش کروشنر و هافر (اسید نیتریک غلیظ و الکل اتانول) **	سلولز
روش کلریت ***	هلولسلولز
استاندارد T 280 pm-99 آیین‌نامه TAPPI ****	مواد استخراجی
استاندارد T 207 cm-99 آیین‌نامه TAPPI	مواد محلول در آب داغ
استاندارد T 212 om-98 آیین‌نامه TAPPI	مواد قابل حل در محلول یک درصد هیدروکسید سدیم

* اندازه‌گیری جذب با دستگاه اسپکتروفوتومتر UV (مدل TB-85,UV-2100) انجام شد.

** استخراج سلولز با کمک اسید نیتریک ۶۵٪ و الکل اتانول ۹۶٪ طی ۳ مرحله انجام شد.

*** در این روش، با کمک اسید استیک و کلریت سدیم (NaClO₂)، طی ۶ مرحله لیگنین از الیاف حذف و هلولسلولز باقی ماند.

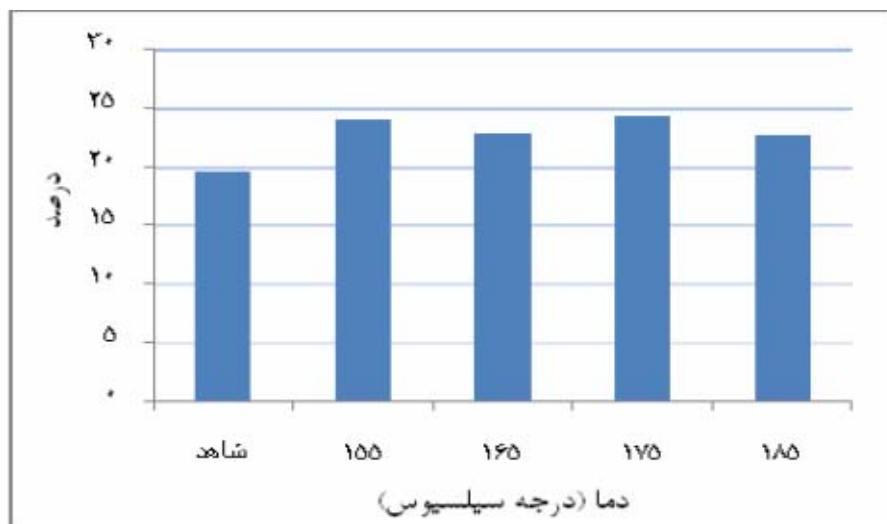
**** حلال آلی استفاده شده استون می‌باشد.

طیف‌سنجی زیر قرمز

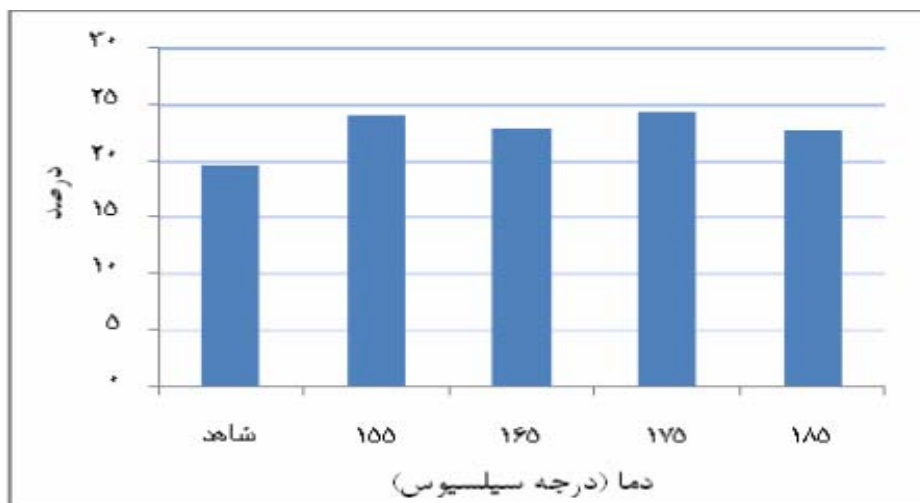
برای شناسایی تغییرات ساختاری پدید آمده (از روی گروه‌های عاملی) در ترکیبات شیمیایی خرده‌های چوب طی تیمار با بخار، طیف‌سنجی FT-IR نمونه‌ها پس از تهیه قرص برمید پتاسیم انجام شد. تهیه قرص‌ها با نسبت اختلاط ۱ به ۳۰۰ نمونه‌های آرد چوب آزمون با برومید پتاسیم (KBr) و پرس کردن آنها تحت فشار ۱۰۰۰۰ psi صورت گرفت. قرص‌های تهیه شده در دستگاه اسپکتروسکوپی مدل *BRUKER EQUINOX 55* قرار گرفت. نتایج به حالت جذبی در دامنه $4000-400\text{ cm}^{-1}$ با انباشتگی ۱۶ اسکن و با وضوح 4 cm^{-1} ثبت شد.

نتایج

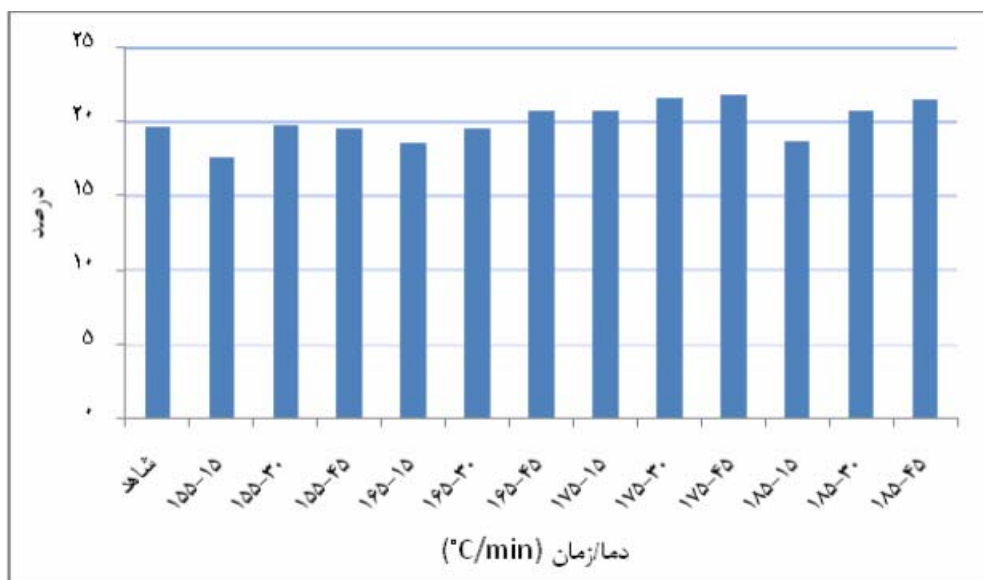
الف) لیگنین: شکل‌های ۱ و ۲ اثر مستقل زمان و دمای تیمار گرمایی روی مقدار نسبی لیگنین خرده‌های چوب را نشان می‌دهند که در آنها مقدار نسبی لیگنین در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته است. لازم به ذکر است که درصد لیگنین در دیواره سلولی عناصر چوبی با توجه به مقدار تغییرات سایر ترکیبات دیواره سلولی (به‌ویژه همی سلولزها) دچار تغییر نسبی می‌شود. شکل ۳ هم تأثیر متقابل دما و زمان تیمار گرمایی روی مقدار نسبی لیگنین را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اثر مستقل زمان تیمار روی مقدار نسبی لیگنین چوب



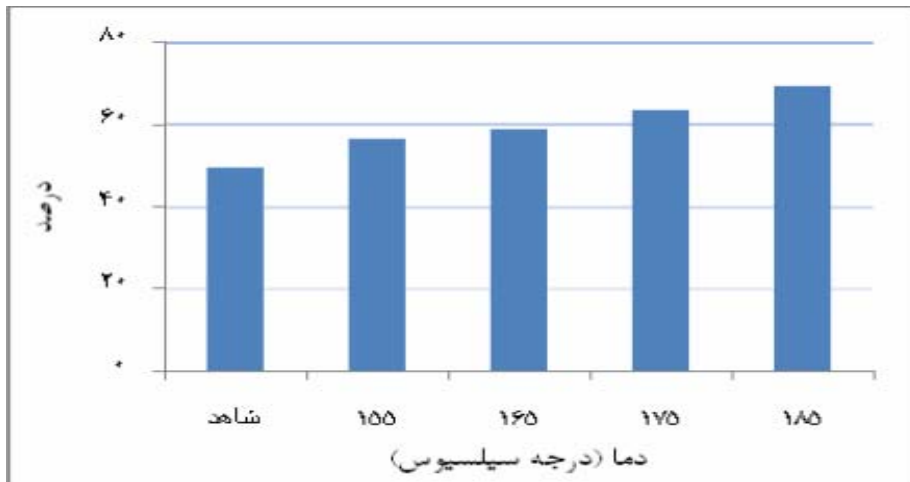
شکل ۲- اثر مستقل دمای تیمار روی مقدار نسبی لیگنین چوب



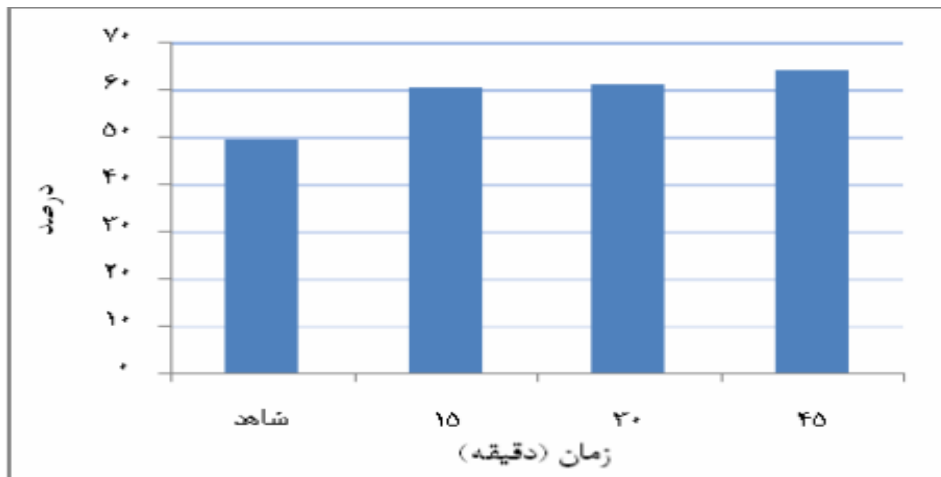
شکل ۳- اثر متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار نسبی لیگنین چوب

ب) سلولز: شکل‌های ۴ و ۵ اثر مستقل زمان و دمای تیمار گرمایی روی مقدار نسبی سلولز چوب را نشان می‌دهند. همچنین تأثیر متقابل دما و زمان تیمار در شکل ۶ نشان داده شده است.

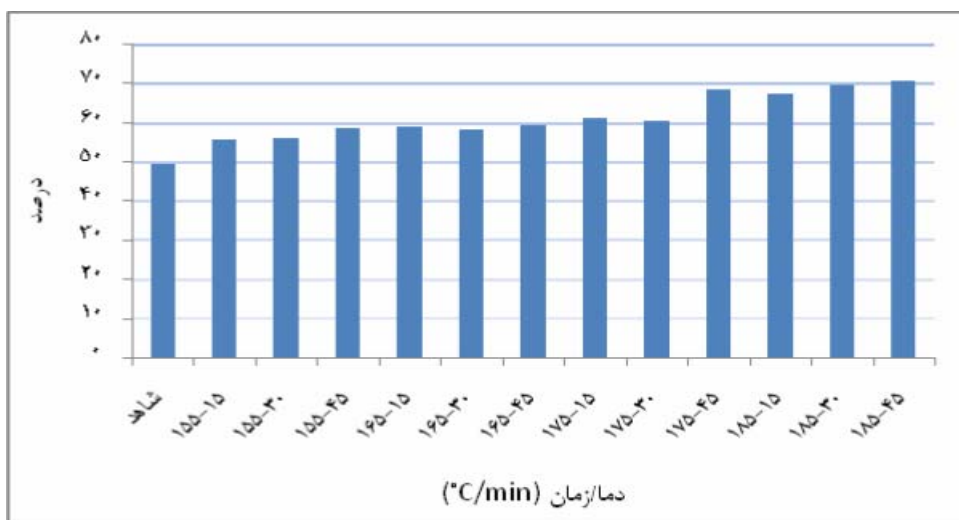
در دمای ۱۸۵ درجه سلسیوس کاهش مقدار لیگنین احتمالاً در اثر تخریب واحدهای لیگنین که وزن مولکولی پایینی دارد اتفاق می‌افتد. این تغییرات نسبی در در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد.



شکل ۴- اثر مستقل زمان تیمار روی مقدار سلولز چوب



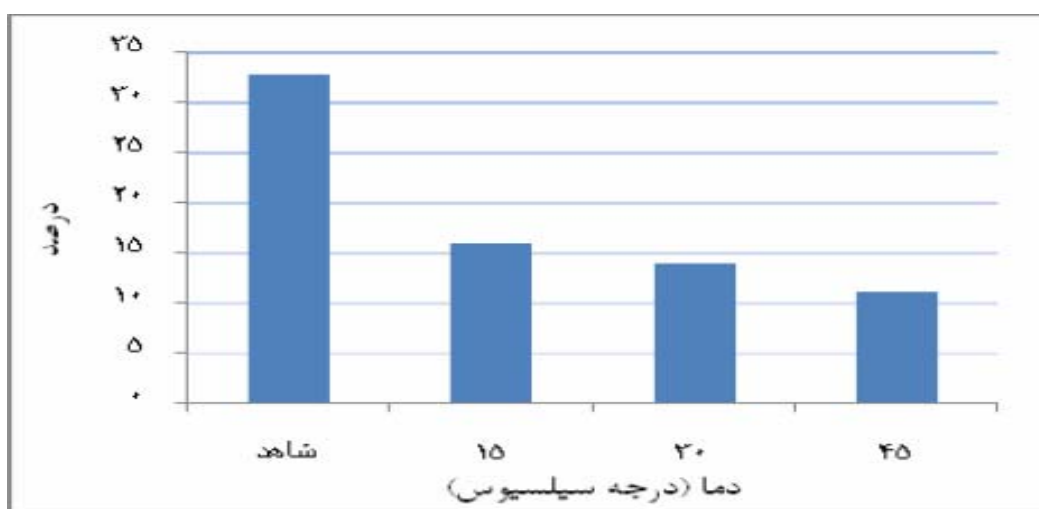
شکل ۵- اثر مستقل دمای تیمار روی مقدار سلولز چوب



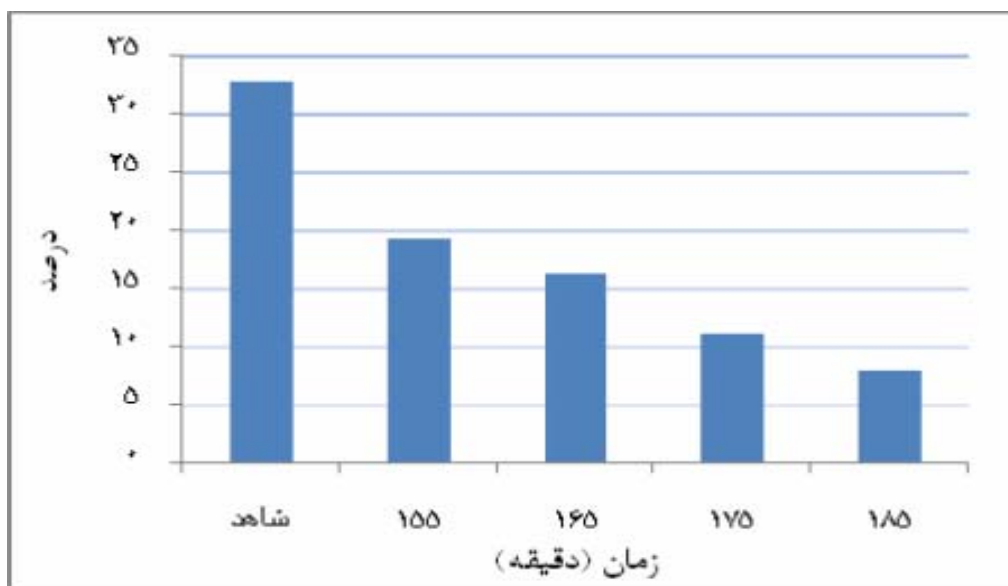
شکل ۶- اثر متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار سلولز چوب

ج) همی سلولزها: شکل‌های ۷، ۸ و ۹ اثر مستقل و متقابل دما و زمان تیمار گرمایی روی مقدار همی سلولزهای چوب را نشان می‌دهند. بر اثر تیمار گرمایی، مقدار همی سلولزهای چوب به طور معنی‌داری دچار افت می‌شود ($P < 0/05$) طوری که در شدیدترین تیمار (دمای ۱۸۵ درجه سلسیوس و زمان ۴۵ دقیقه) مقدار آن از ۳۲/۹ درصد در نمونه تیمار نشده به ۷ درصد در نمونه تیمار شده می‌رسد.

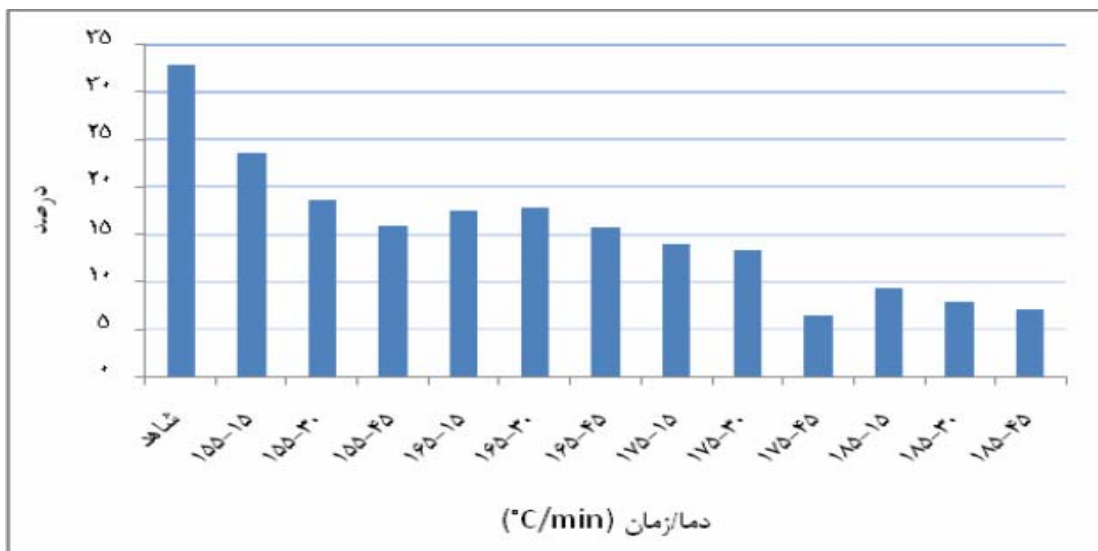
همان طور که در شکل‌های فوق مشخص است مقدار نسبی سلولز خرده‌های چوب در اثر تیمار گرمایی، افزایش معنی‌داری ($P < 0/05$) یافته است. بالاترین مقدار نسبی سلولز در چوب تیمار شده در دمای ۱۸۵ درجه سلسیوس و زمان ۴۵ دقیقه مشاهده شد. قابل ذکر است که افزایش مشاهده شده مانند مقدار لیگنین حالت نسبی دارد و این حالت به علت تخریب همی سلولزها بر اثر تیمار به وجود آمده است.



شکل ۷- اثر مستقل زمان تیمار روی مقدار همی سلولزهای چوب



شکل ۸- اثر مستقل دمای تیمار روی مقدار همی سلولزهای چوب

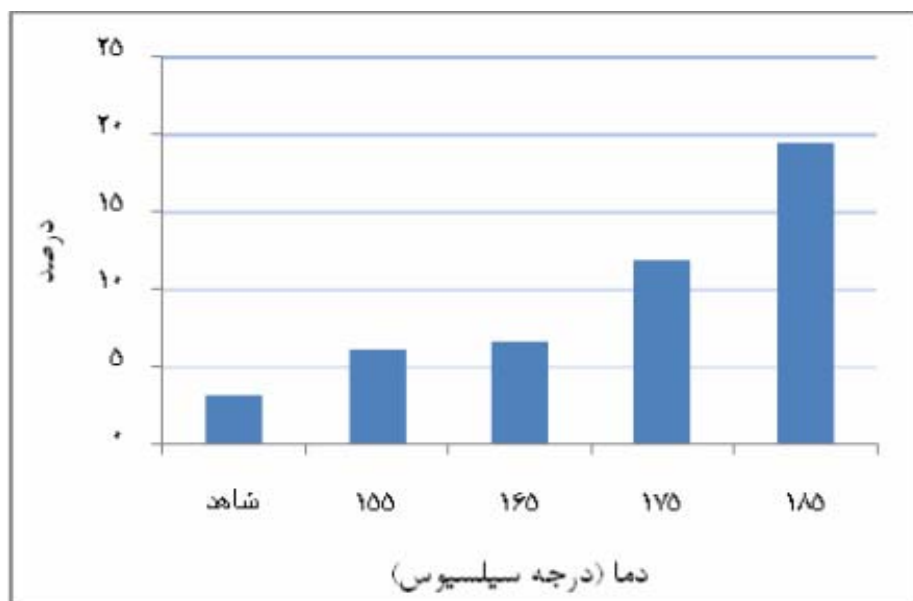


شکل ۹- اثر متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار همی سلولزهای چوب

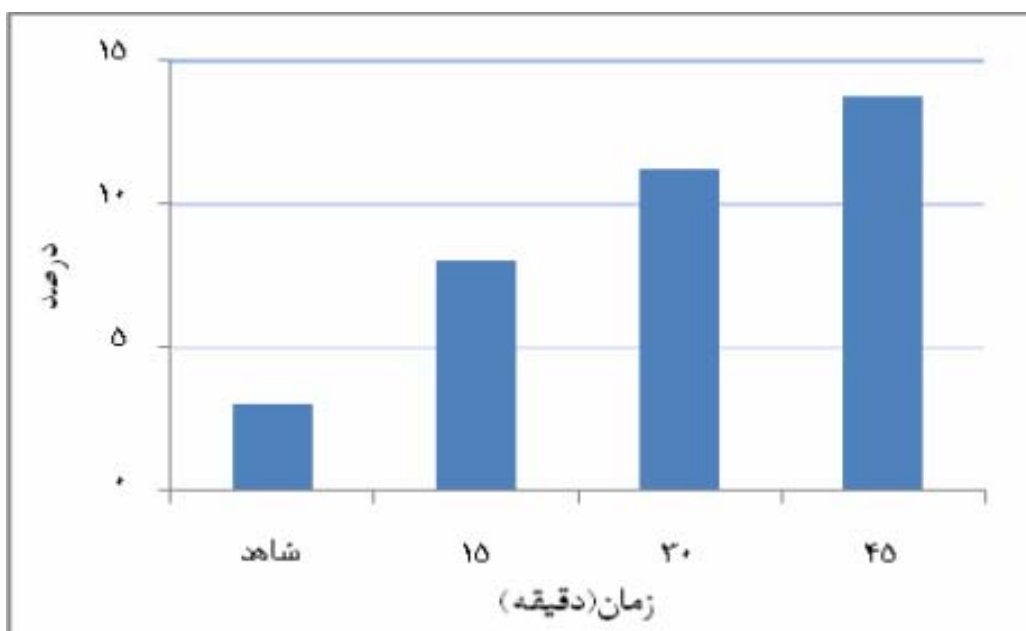
به ۲۴/۸ درصد می‌رسد، یعنی مقدار آن بیش از ۷ برابر شده است که حل محصولات تیمار گرمایی چوب در استون باعث افزایش مقدار آن شده است. استیلبن‌ها، لیگنان‌ها، اسید دهیدروآبتیک، اسیدهای رزینی و اسیدهای چرب نیز از موادی هستند که در استون حل می‌شوند.

(د) مواد استخراجی با حلال آلی (استون)

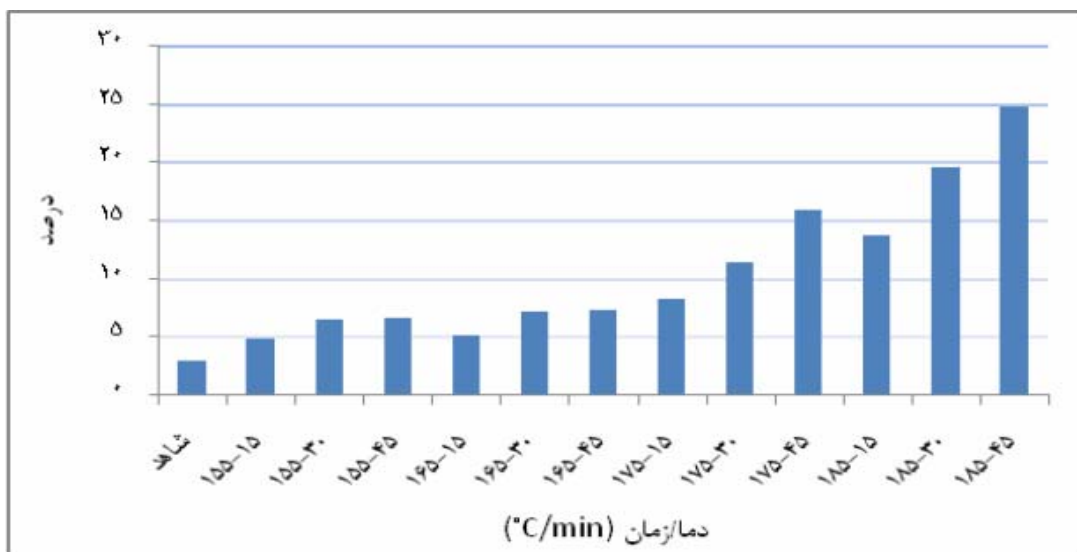
همان طور که شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نشان می‌دهند با افزایش دما و مدت زمان تیمار گرمایی مقدار موادی که با استون استخراج می‌شود افزایش معنی‌داری می‌یابد ($P < 0/05$)، به گونه‌ای که در نمونه شاهد مقدار مواد استخراجی ۳/۰۶ درصد و در شدیدترین تیمار، مقدار آن



شکل ۱۰- اثر مستقل زمان تیمار روی مقدار مواد استخراجی چوب



شکل ۱۱- اثر مستقل دمای تیمار روی مقدار مواد استخراجی چوب

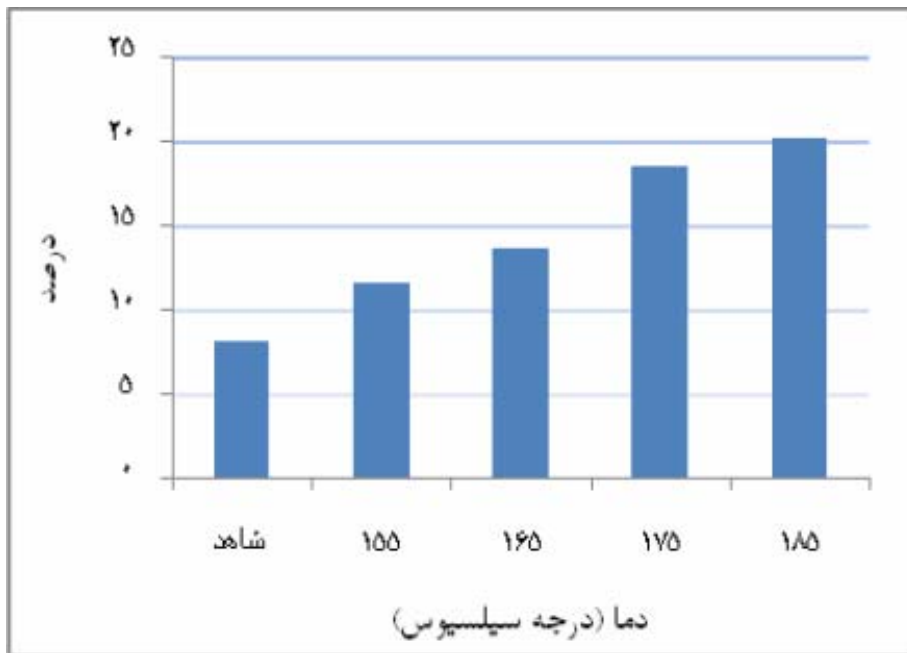


شکل ۱۲- اثر متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار مواد استخراجی چوب

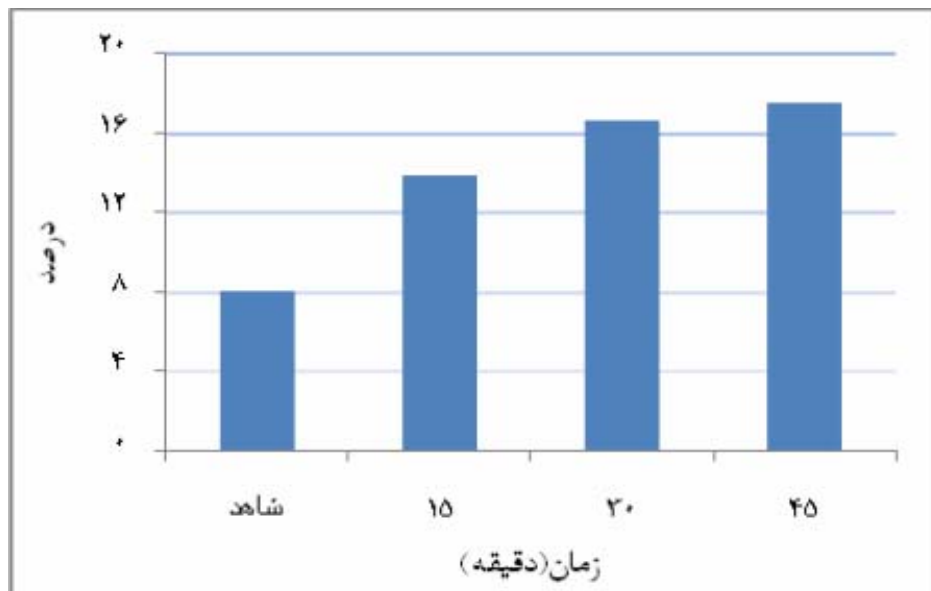
می‌یابد ($P < 0/05$). همانطور که شکل ۵ نشان می‌دهد بیشترین مواد قابل حل در آب در دمای ۱۸۵ درجه سلسیوس و زمان ۱۵ دقیقه مشاهده شد.

ه) مواد قابل حل در آب داغ:

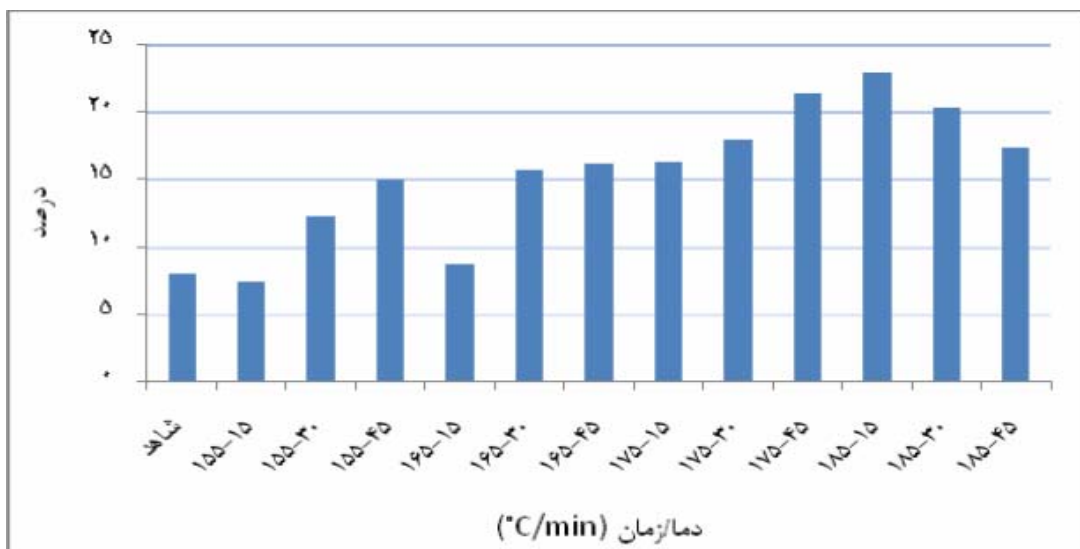
مقدار مواد قابل حل در آب گرم شامل ترکیبات غیر آلی، صمغ‌ها، نشاسته‌ها و قندها هستند. مقدار مواد قابل حل در آب با افزایش دما و زمان تیمار افزایش معنی‌داری



شکل ۱۳- اثر مستقل زمان تیمار روی مقدار مواد قابل حل در آب



شکل ۱۴- اثر مستقل دمای تیمار روی مقدار مواد قابل حل در آب

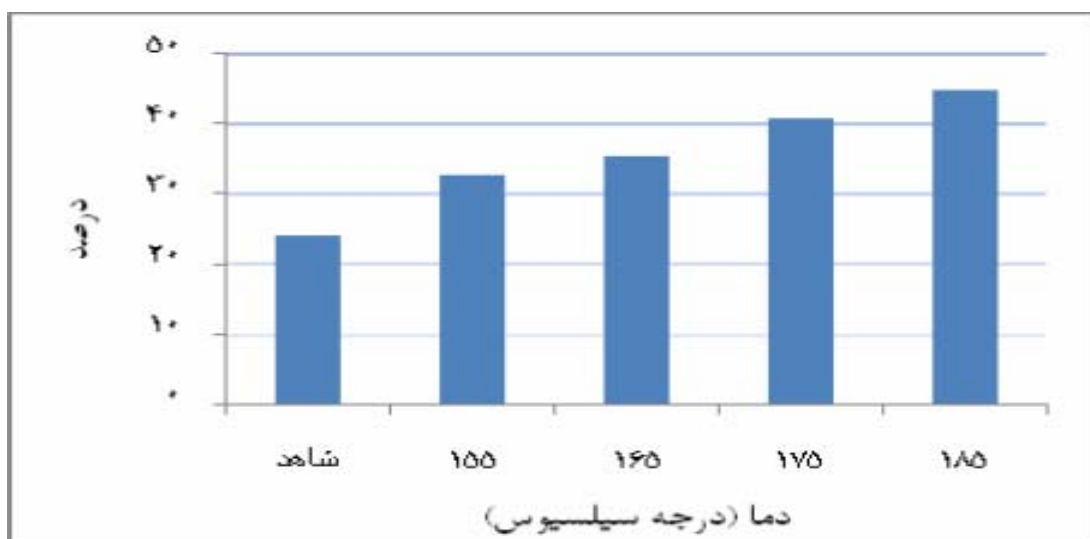


شکل ۱۵- اثر متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار مواد قابل حل در آب داغ

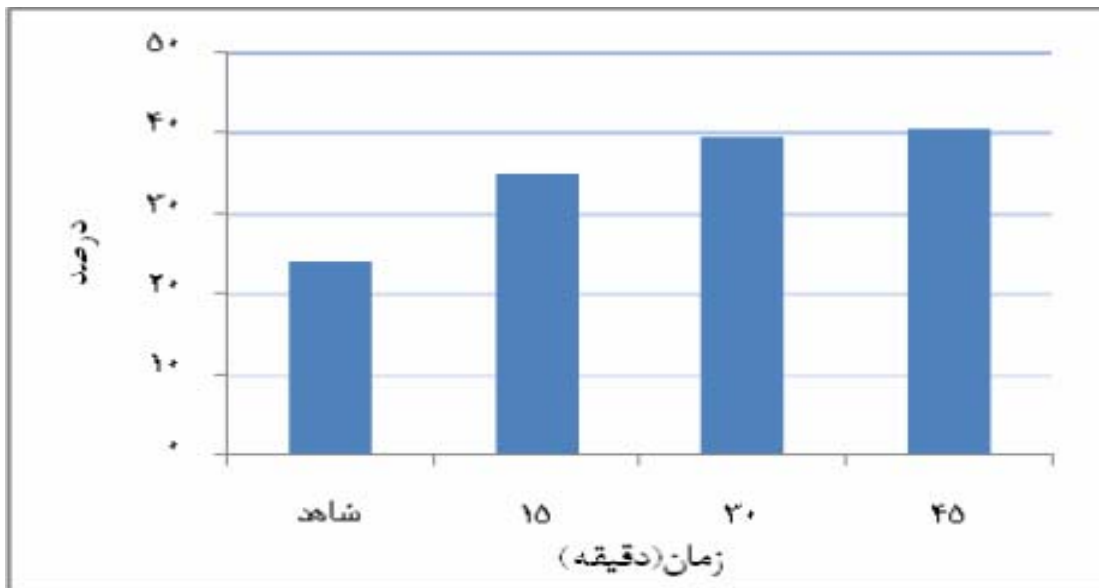
درصد در شکل‌های ۱۶، ۱۷ و ۱۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار مواد قابل حل چوب در محلول هیدروکسید سدیم در اثر تیمار گرمایی افزایش معنی‌داری می‌یابد ($P < 0/05$).

(و) مواد قابل حل در محلول هیدروکسید سدیم یک درصد:

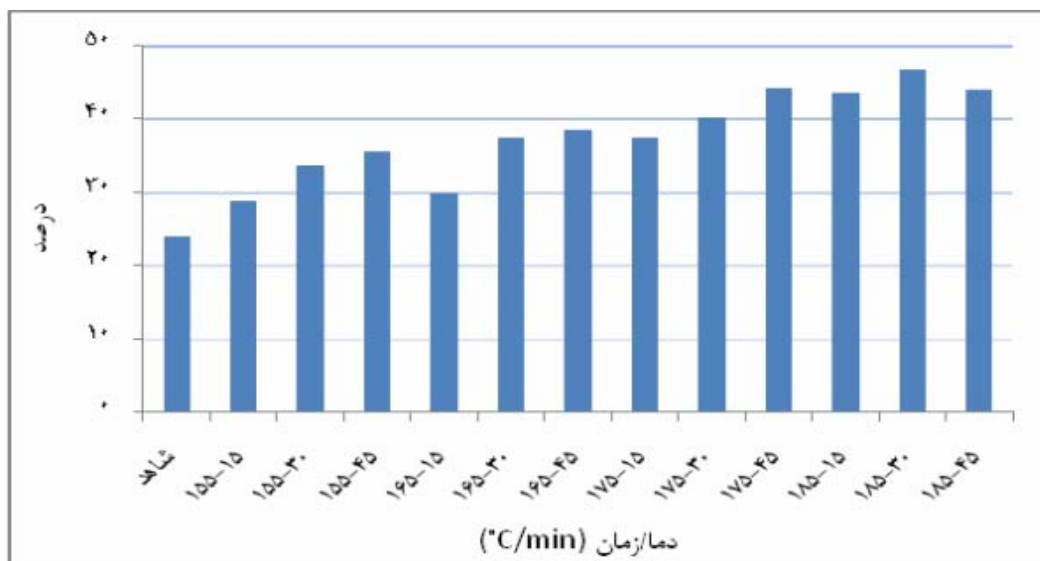
اثر مستقل و متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار مواد قابل حل چوب در محلول گرم هیدروکسید سدیم یک



شکل ۱۶- اثر مستقل زمان تیمار روی مقدار مواد قابل حل چوب در محلول گرم هیدروکسید سدیم ۱٪



شکل ۱۷- اثر مستقل دمای تیمار روی مقدار مواد قابل حل چوب در محلول گرم هیدروکسید سدیم ۱٪



شکل ۱۸- اثر متقابل دما و زمان تیمار روی مقدار مواد قابل حل چوب در محلول گرم هیدروکسید سدیم ۱٪

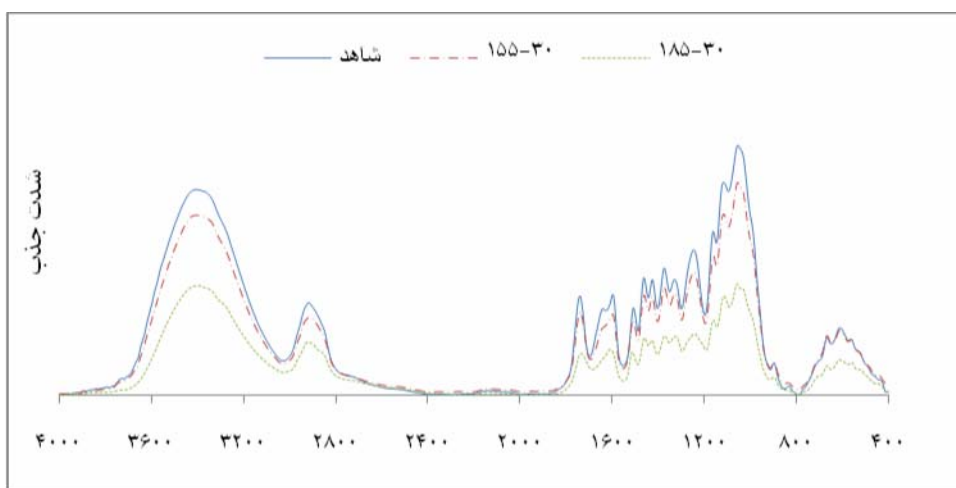
نمونه تیمار شده در دمای ۱۶۵ درجه سلیسیوس و مدت زمان ۱۵ دقیقه و نیز نمونه تیمار شده در دمای ۱۶۵ درجه سلیسیوس و مدت زمان ۴۵ دقیقه برای نشان دادن تأثیر زمان تیمار گرمایی در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ ارائه شده است. نتایج طیف‌سنجی FT-IR نشان می‌دهد که با افزایش دما و زمان تیمار گرمایی، شدت جذب در باندهای

طیف‌سنجی FT-IR

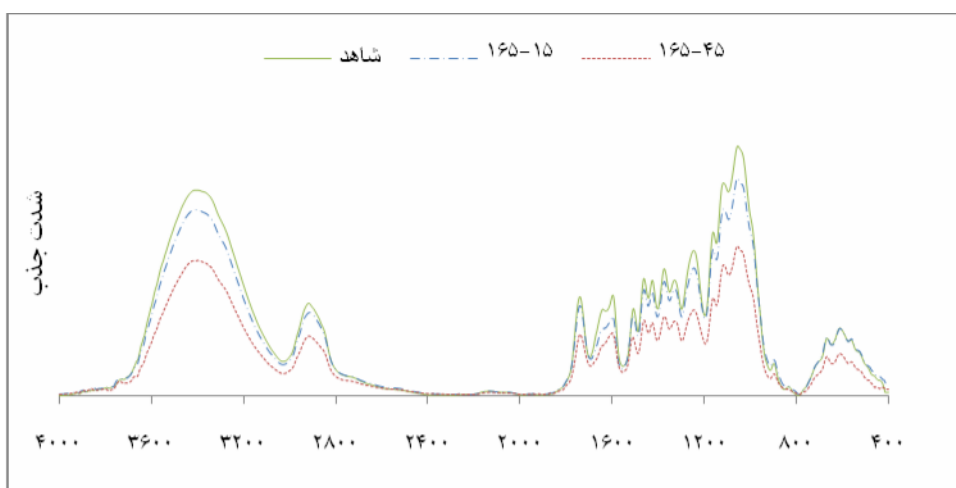
به منظور سادگی، طیف‌های FT-IR مربوط به نمونه شاهد، نمونه تیمار شده در دمای ۱۵۵ درجه سلیسیوس و مدت زمان ۳۰ دقیقه و نمونه تیمار شده در دمای ۱۸۵ درجه سلیسیوس و مدت زمان ۳۰ دقیقه برای نشان دادن تأثیر دمای تیمار؛ و طیف‌های مربوط به نمونه شاهد،

جذب در باند 1245 cm^{-1} نیز شکستگی گروه‌های استیل همی سلولزها و تشکیل اسیدهای کربنی را تأیید می‌کند (Kocaefe et al., 2008 و Windeisen et al., 2009). باند 3400 cm^{-1} مربوط به پیوندهای OH است و در اثر تیمار شدت جذب آن کم شده است (Kocaefe et al., 2008). کاهش گروه‌های هیدروکسیل یکی از دلایل اصلی کاهش رطوبت تعادل چوب و افزایش ثبات ابعادی آن در اثر تیمار گرمایی است.

1740 cm^{-1} و 1373 cm^{-1} و 1245 cm^{-1} کاهش یافته است. باند 1740 cm^{-1} مربوط به پیوند C=O کششی مربوط به گروه‌های کربونیل می‌باشد و عمدتاً در پهن‌برگان گروه‌های استیل همی سلولزها را شامل می‌شود (Ates et al., 2009 و Kocaefe et al., 2008). کاهش در شدت جذب در این نوار جذبی، شکستگی و حذف گروه‌های استیل همی سلولزها را نشان می‌دهد. همچنین کاهش شدت



شکل ۱۹- طیف FT-IR (اثر دمای تیمار گرمایی)



شکل ۲۰- طیف FT-IR (اثر زمان تیمار گرمایی)

همچنین پیک 1605 cm^{-1} در اثر ارتعاش کششی آروماتیکی و ارتعاش کششی گروه کربونیل ایجاد می‌شود. این باند جذبی در نمونه‌های شاهد دارای مشخصه پیک دوتایی (double-peak) است که در نمونه‌های تیمار شده به سمت تک پیک شدن (one-peak) پیش می‌رود. این تغییر شکل نشان می‌دهد که تغییرات ساختاری در پلیمرهای آروماتیک در اثر تیمار گرمایی اتفاق می‌افتد (Ding et al., 2011).

بحث

تیمار گرمایی باعث ایجاد تغییرات در ویژگی‌های شیمیایی چوب می‌شود و تغییر در این ویژگی‌ها، خصوصیات فیزیکی - مکانیکی و دوام چوب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تخریب همی سلولزها مهمترین نتیجه تیمار گرمایی چوب است که کاهش قابل توجه مقدار آن در این تحقیق، تأیید شد و با نتایج کار سایر محققان همخوانی دارد (Hill, 2006; Ates, et al, 2009; Ding et al., 2011). کاهش مقدار همی سلولزها نقش اصلی را در کاهش رطوبت تعادل چوب و افزایش مقاومت آن در برابر رطوبت و عوامل مخرب زیستی دارد. تحلیل طیف‌های FT-IR آشکار کردند که تخریب همی سلولزها، حذف گروه‌های استیل و تولید اسیدهای آلی با افزایش دما و زمان تیمار زیاد می‌شود و شدت جذب مربوط به گروه‌های هیدروکسیل کاهش می‌یابد. افزایش این اسیدها همزمان با افزایش شدت تیمار، تخریب همی سلولزها و نیز بخشی از سلولز را تسریع کرده و می‌تواند باعث کاهش مقاومت‌های چوب تیمار شده شود. Kocafe و همکاران (۲۰۰۹) و Windeisen و همکاران (۲۰۰۸) نیز چنین نتایجی را در مطالعه خود بیان کردند. افزایش مقدار

مواد قابل حل چوب در محلول هیدروکسید سدیم یک درصد نیز نشان‌دهنده افزایش مقدار کربوهیدراتهایی با وزن مولکولی کم، است که در محلول هیدروکسید سدیم حل شده‌اند و در واقع به نوعی تخریب همی سلولزها و بالا رفتن مقاومت به پوسیدگی چوب را نشان می‌دهد. این نتایج با یافته‌های Ates و همکاران در سال ۲۰۰۹ همخوانی دارد. تیمار حرارتی باعث افزایش قابل توجه مقدار مواد استخراجی چوب توسط حلال آلی شد. در حقیقت تخریب حرارتی برخی از ماکرومولکولها باعث بالارفتن درصد مواد استخراجی می‌شود (Windeisen et al., 2007)؛ ضمن اینکه خروج ترکیبات حاصل از تیمار گرمایی (انواع اسیدها و الکلها) همراه مواد استخراجی از آرد چوب تیمار شده باعث افزایش میزان این مواد می‌شود. Ding و همکاران (۲۰۱۱) علت افزایش مواد استخراجی در چوب تیمار شده با بخار را احتمال تشکیل مواد جدیدی دانست که در اثر تیمار بخار ایجاد شده و با حلال آلی استخراج می‌شود. همچنین مطالعات Windeisen و همکاران (۲۰۰۷) حضور لیگنانها در ترکیب مواد استخراجی چوب تیمار گرمایی شده را نشان داد. مقدار مواد قابل حل در آب داغ نیز در اثر تیمار حرارتی افزایش می‌یابد. در واقع بخشی از پلی‌اوزها و محصولات تخریب شده قابل حل در آب، باعث بالارفتن مقدار این مواد در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه‌های شاهد شده است. در جریان تیمار حرارتی معمولاً سلولز و لیگنین از اجزایی هستند که کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بخش کریستالی سلولز بخش پایدار آن در برابر حرارت است و تخریب آن در دماهای ۳۰۰ - ۳۴۰ درجه اتفاق می‌افتد در صورتی که در دماهای پایین‌تر تخریب بخش آمورف سلولز و کاهش درجه پلیمریزاسیون

سلولی باعث می‌شود که افزایش نسبی در مقدار لیگنین اندازه‌گیری شده مشاهده شود. Yildiz و همکاران (۲۰۰۶) علت دیگر افزایش مقدار لیگنین اندازه‌گیری شده را باقیماندن برخی از محصولات حاصل از تخریب گرمایی کربوهیدراتها در لیگنین کلاسون عنوان کردند. Ates و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز افزایش مقدار لیگنین در چوب تیمار گرمایی شده را گزارش کردند.

به طور کلی می‌توان بیان داشت که کاهش گروه‌های استیل و تجزیه همی سلولزها مهمترین اثر تیمار گرمایی روی چوب می‌باشد که سریع اتفاق می‌افتد، ضمن اینکه تغییرات اندکی هم در سلولز و لیگنین رخ می‌دهد که افزایش شدت تیمار می‌تواند منجر به ایجاد تغییرات بیشتری در آنها شود.

منابع مورد استفاده

- رول، ر. ۱۳۸۱. کاغذ و مواد چند سازه از منابع زراعی. ترجمه فائزی پور، کبورانی، پارسا پژوه. انتشارات دانشگاه تهران.
- Ates, S., Akyildiz, M.H., Ozdemir, H.; 2009. Effects of heat treatment on calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood. *BioResources* 4 (3), pp. 1032-1043
- Bhuiyan, T.R., Hirai, N., and Sobue, N.; 2000. Changes of crystallinity in woodcellulose by heat treatment under dried and moist conditions. *J. Wood Sci.* 46, 431-436
- Ding, T., Gu, L., Liu, X.; 2011. Influence of steam pressure on chemical changes of heat-treated Mongolian pine wood. *BioResources* 6(2), pp. 1880-1889
- Esteves B, Velez Marques A, Domingos I, Pereira H.; 2007. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood Sci Technol* 41:193–207.
- Hill, C.; 2006. *Wood Modification Chemical, Thermal and Other process*. Wiley Series in Renewable Resources. Chapter 5. Pp:99-127
- Kocaefe, D., Poncsak, S., Boluk, Y.; 2008. Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen. *BioResources* 3 (2), pp. 517-537
- Nuopponen, M., Vuorinen, T., Jasma, S., Viitaniemi, P.; 2004. Thermal modifications in softwood studied

صورت می‌گیرد (Hill, 2006) که افزایش مقدار اسیدهای آلی حاصل تخریب همی سلولزها می‌تواند به تخریب نواحی آمورف سلولز کمک کند؛ اما باید توجه کرد که در واقع مشاهده افزایش نسبی مقدار سلولز اندازه‌گیری شده به کاهش مقدار همی سلولزها در ترکیب دیواره سلولی چوب مربوط می‌شود. Bhuiyan و همکاران (۲۰۰۱) افزایش نسبت سلولز کریستالی را در اثر تیمار گرمایی گزارش کردند و علت آن را شکست و دهیدراته شدن کربوهیدراتهای آمورف و کریستالی شدن مناطق شبه کریستالی سلولز بیان کردند. لیگنین پایدارترین ترکیب دیواره سلولی چوب در برابر تأثیر گرما محسوب می‌شود، اما در دماهای نسبتاً کم (زیر ۲۰۰ درجه) واحدهایی از لیگنین که وزن مولکولی پایین دارند می‌توانند تخریب شوند که بخشی از افزایش مقدار مواد استخراج شده با استون را می‌توان به ترکیبات حاصل از تخریب گرمایی لیگنین نسبت داد (Nuopponen et al., 2004)، اما در مورد افزایش مقدار لیگنین قابل ذکر است، با توجه به اینکه ترکیبات اصلی چوب یعنی سلولز، لیگنین و همی سلولزها اجزای تشکیل‌دهنده آرد چوب مورد آزمایش برای اندازه‌گیری این ترکیبات می‌باشد و ارائه مقادیر این ترکیبات به صورت درصدی از کل چوب بیان می‌گردد در نتیجه با کاهش یکی از این اجزاء، افزایش نسبی در اجزای دیگر مشاهده می‌شود که در اینجا با تخریب و کاهش مقدار همی سلولزها، درصد سلولز و لیگنین افزایش نسبی را نشان می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد که در دمای ۱۸۵ درجه سلسیوس، تخریب بیشتر واحدهایی از لیگنین که وزن مولکولی پایین دارند باعث کاهش مقدار لیگنین شده است. Ding و همکاران (۲۰۱۱) نیز بیان داشتند که کاهش مقدار همی سلولزها در دیواره

- Windeisen, E., Bächle, H., Zimmer, B., Wegener, G.; 2009. Relations between chemical changes and mechanical properties of thermally treated wood. *Holzforschung* 63 (6), pp. 773-778
- Yildiz, S., Gezer, E.D., and Yidiz, U.C.; 2006. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat, *Build. Environ.* 41(12), 1762-1766.
- Yilgor, N., Unsal, O., Kartal, S.N.; 2001. Physical, Mechanical, and Chemical properties of steamed beech wood. *Forest Product Journal*. Vol. 51, NO. 11/12. pp. 89-93
- by FT-IR and UV resonance Raman spectroscopies. *J Wood Chem Technol* 24(1):13-26
- Shi, X., Kajita, H., Yano, H.; 1996. Improving the dimensional stability of particleboards by steam pretreatment. *Zairyo/Journal of the Society of Materials Science, Japan*. Volume 45, Issue 4, Pages 369-375.
- Tappi test methods. T 222 om- 98 , T 280 pm-99 , T 207 cm-99 , T 212 om-98 , (TAPPI UM-250).
- Tjeerdsma B. F., Militz H.; 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat treated wood, *Holz Roh-und Workstoff*, 63(1):102-111.
- Windeisen, E., Strobel, C., Wegener, C.; 2007. Chemical changes during the production of thermo-treated beech wood , *Wood Sci Technol* . 41:523-536

Effect of steam treatment on chemical changes of wood components

Hatefnia, H.^{1*}, Enayati, A.A.², DoostHoseini, K.³ and AzadFallah, M.⁴

1*-Corresponding author, M.Sc., Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran.

Email: Hatefnia@gmail.com

2-Professor, Dept. of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

3-Professor, Wood and Paper Science & Technology, Natural Resources Faculty, Tehran University, Iran.

4-Assistance Prof., Dept of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

Received: Oct., 2010

Accepted: July, 2011

Abstract

Poplar wood chips were treated by steaming in different conditions. The chemical composition changes of milled wood were studied. The obtained results indicate hemicelluloses degradation, reduction of acetyl groups and formation of organic acid during the treatment. It was also found that steam treatment has led to degradation of low-molecular lignin units, decrease in cellulose amorphous regions, increase of acetone extractives and hot water solubility as well as one percent sodium hydroxide solubility. The FT-IR spectra indicated a structural change of aromatic polymers in the wood, cleavage of the acetyl group of hemicelluloses and formation of organic acid.

Keywords: Steaming treatment, wood Chemical components, FT-IR spectroscopy