



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گراگان

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هجدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۰

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

## بررسی اثر هوازگی مصنوعی بر چوب ماسیو و تخته خرده چوب استیله شده

### راش ایرانی با استفاده از طیف سنجی و تصویر الکترونی

\*مریم قربانی کوننده<sup>۱</sup>، ملیحه اختری<sup>۲</sup> و نسیم موقرنژاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، <sup>۲</sup>استادیار دانشگاه آزاد اسلامی

واحد بجنورد، <sup>۳</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی آلی دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۵

#### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمار استیلاسیون بر مقاومت به هوازگی چوب ماسیو و تخته خرده چوب حاصل از خرده چوب‌های استیله شده گونه راش ایرانی (*Fagus orientalis*) انجام گرفت. خرده چوب‌های راش پس از ۱۲ ساعت غوطه‌وری در انیدرید استیک، جهت رسیدن به ۳ سطح درصد افزایش وزن (WPG) ۵، ۹ و ۱۶ درصد به مدت ۳۰، ۹۰ و ۲۴۰ دقیقه در اتو و تحت دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد - سلسیوس حرارت داده شدند. چوب ماسیونیز پس از ۱۲ ساعت غوطه‌وری در انیدرید استیک، به مدت ۲۴۰ دقیقه در اتو تحت دما ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و به شدت استیلاسیون ۱۰ درصد رسید. سپس خرده چوب‌ها با چسب ملامین اوره فرمالدئید (MUF) به میزان ۱۰ درصد براساس وزن خشک خرده چوب، چسب زنی و پرس گردیدند. نتایج نشان دادند که استیله کردن، مقاومت به هوازگی چوب ماسیو و تخته خرده چوب را افزایش می‌دهد. در تخته‌خرده چوب، با افزایش شدت تیمار از صفر به ۱۶ درصد، تفاوت بین طیف FTIR نمونه‌های استیله هوازده و استیله بدون هوازگی نامحسوس‌تر گردید. تصویر الکترونی سطح شعاعی چوب راش استیله شده، پس از ۳۰۰ ساعت هوازگی کامل (ماورای بنفش و اسپری آب)، نشان داد که با افزایش شدت استیلاسیون، عمق ترک‌های سطحی کاهش یافته و روزنه‌های هاله‌ای تقریباً تغییری نکرده است.

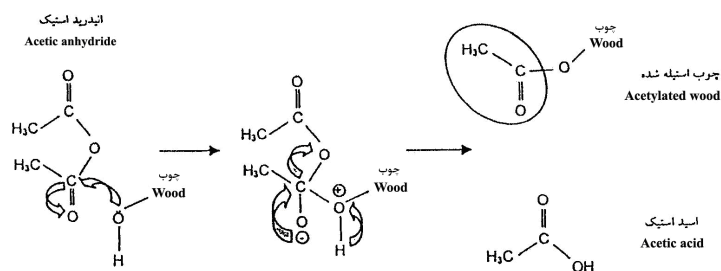
واژه‌های کلیدی: استیلاسیون، هوازگی، FTIR، تصویر الکترونی، راش

\*مسئول مکاتبه: [ghorbani\\_mary@yahoo.com](mailto:ghorbani_mary@yahoo.com)

## مقدمه

در سال‌های اخیر، بازار مصرف اوراق فشرده چوبی گسترش قابل ملاحظه‌ای یافته‌است. از دلایل عمده آن مزایا ویژه پانل‌های چوبی مانند یکنواختی خواص کاربردی در سطح پانل، امکان تولید در ابعاد بزرگ و سطح صاف با کیفیت مطلوب می‌باشد. متأسفانه فرآورده‌های چوبی و لیگنوسلولزی دارای ویژگی‌های نامطلوبی چون بی‌ثباتی ابعاد که از جذب رطوبت ناشی می‌شود، تخریب زیستی و قابلیت اشتعال هستند. همچنین چوب محافظت نشده مستعد هوازگی است. هوازگی منجر به تغییرات نامطلوب از جمله تغییر رنگ، افزایش زبری، ایجاد ترک‌های سطحی و کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی می‌گردد (دکا و همکاران، ۲۰۰۸؛ سودبانی و همکاران، ۱۹۹۹). در کنار تغییرات فیزیکی، بعضی از مواد پلیمری تشکیل‌دهنده چوب تجزیه شده و ماهیت شیمیایی در لایه‌های سطحی تغییر می‌یابد. تجزیه فتوشیمیایی چوب در هوا آزاد به‌طور عمده در لیگنین صورت می‌گیرد و اشعه فرا بنفش، تغییرات رنگ را افزایش می‌دهد. در واقع، اشعه فرابنفش کوتاه و پرانرژی بوده، مهم‌ترین بخش مؤثر در هوازگی است که باعث آغاز واکنش‌های فتوشیمیایی و تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود (ویلیامز، ۲۰۰۵). همچنین، در اثر هوازگی، گسست‌های فتوشیمیایی در پیوند  $C=C$  مجاور با گروه‌های کربونیل ایجاد می‌شود که موجب کوچک و قابل آبشویی شدن این گروه‌ها از چوب می‌گردد (لین، ۱۹۸۲).

اصلاح چوب به‌عنوان روشی نوین به رفع اشکالات ناشی از فرآیندهای زیان‌آوری چون حفاظت با مواد شیمیایی سمی می‌پردازد. اصلاح شیمیایی چوب واکنش جایگزینی گروه‌های هیدروکسیلی چوب با یک ماده شیمیایی پایدار، پیوندپذیر و دارای کمترین گروه‌های آلدوست می‌باشد (لارسون، ۱۹۹۸). استیله کردن یکی از واکنش‌های پرترفدار در زمینه اصلاح شیمیایی است و مبنای آن جایگزینی گروه‌های هیدروکسیلی بسپارهای سازنده دیواره سلولی به‌وسیله گروه‌های استیل می‌باشد (محبی، ۲۰۰۳).



شکل ۱- مکانیسم واکنش انیدریداستیک با چوب طی فرآیند استیله کردن (محبی، ۲۰۰۳).

بررسی‌ها نشان داد که چوب استیله در برابر اشعه قرمز و فرابنفش مقاوم است (آون و همکاران، ۱۹۹۳؛ کالینز، ۱۹۸۴). وانگ و لین (۱۹۹۱) نیز گزارش کردند که میزان عمق تخریب به دانسیته چوب بستگی دارد و اشعه فرابنفش در چوب متراکم‌تر نفوذ می‌کند. همچنین، فیتس و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که واکنش چوب با انیدرید استیک مقاومت در برابر فرابنفش را بهبود می‌بخشد. راول و همکاران (۱۹۹۳) در پژوهشی پیرامون واکنش‌پذیری ترکیبات دیواره سلولی با انیدرید استیک دریافتند که، واکنش‌پذیری لیگنین <همی سلولز ><سلولز است. استیلاسیون موجب تبدیل گروه هیدروکسیل فنولی به گروه استیل می‌شود. در نتیجه، بر اثر تابش نور، از تشکیل رادیکال‌های فنوکسی در لیگنین جلوگیری شده و حساسیت چوب به تخریب نوری کاهش می‌یابد (ساندل و همکاران، ۲۰۰۱).

پلاکت و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که متعاقب استیلاسیون، اثر هوازدهگی کاهش می‌یابد. ایوانز و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که با افزایش درصد افزایش وزن ( $WPG^1$ ) در چوب استیله شده، مقاومت به هوازدهگی افزایش می‌یابد.

فنجل و وگنر (۱۹۸۹) اظهار داشتند که استیلاسیون تغییرات قابل توجهی در طیف  $IR^2$  ایجاد می‌کند. ساندل و همکاران (۲۰۰۰) به این نتیجه رسیدند که در بین روش‌های مختلف اصلاح شیمیایی چوب، به نظر می‌رسد استیلاسیون، که در آن گروه‌های استیل جایگزین گروه‌های هیدروکسیل در بخش‌های آروماتیک و آلیفاتیک لیگنین می‌شوند، بهترین روش باشد. اصلاح لیگنین برای حفاظت سطح چوب در برابر هوازدهگی بسیار اهمیت دارد (اسکامزل و ایوانز، ۲۰۰۳). طبق نظر جرج و ساتی (۲۰۰۴)، تخریب مکانیکی لایه‌های چوبی در اثر هوازدهگی، در چوب بهاره بیشتر از چوب تابستانه است و زبری سطح نیز بیشتر می‌باشد. ویلیامز (۲۰۰۵) اظهار داشت که طی هوازدهگی در هوا آزاد، آب به‌طور مکانیکی سطح را می‌ساید و فرآورده‌های تخریب را شستشو می‌دهد. احتمالاً آب، همی سلولز (به‌خصوص در سطح) را هیدرولیز می‌کند. زمانی که لیگنین تخریب می‌شود، همی سلولز در برابر هیدرولیز آسیب پذیرتر می‌شود.

اختری و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود چوب نوئل استیله شده را طی مدت ۳۰۰ ساعت تحت شرایط هوازدهگی مصنوعی (نور تنها، آب تنها و ترکیب نور و آب) مختلف قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که هوازدهگی بر گروه‌های عاملی در سطح چوب تأثیر گذاشته و هوازدهگی کامل

1- Weight percentage gain

2- Infra- Red

(ترکیب نور و آب) صدمات بیشتری به ساختار پلیمری سطح چوب وارد کرده است. تغییرات شیمیایی ایجاد شده در هوازدهگی با آب تنها در چوب استیله شده بسیار کم بوده است. دارایی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود نشان دادند که استیلاسیون چوب می‌تواند رنگ‌زدایی چوب طی فرآیند هوازدهگی را تا حدود ۲۵ درصد در کوتاه مدت و تا ۱۷ درصد در بلندمدت کاهش دهد.

اثر مثبت استیله کردن بر برخی ویژگی‌های چوب محرز گردیده است (دریهر و همکاران، ۱۹۶۴؛ فیتس و همکاران، ۱۹۹۱؛ محبی، ۲۰۰۳؛ ساندر و همکاران، ۲۰۰۳). با استیله کردن، دوام چوب و مواد لیگنوسلولزی و در نتیجه عمر مفید آن‌ها افزایش می‌یابد و از سوی دیگر از مصرف مواد سمی که به منظور حفاظت چوب به کار می‌رود، جلوگیری می‌شود. بیشتر مطالعات در زمینه مقاومت بیولوژیکی و ثبات ابعاد چوب ماسیو بوده است و مطالعات کمتری در زمینه مقاوت‌های چوب ماسیو و فرآورده‌های مرکب چوبی استیله در برابر هوازدهگی انجام شده است.

هدف این پژوهش، بررسی تغییرات ترکیبات شیمیایی تخته‌خرده‌چوب ساخته‌شده از خرده‌چوب‌های استیله و تغییرات ساختار میکروسکوپی چوب ماسیو استیله شده یک گونه مهم پهن برگ داخلی (راش ایرانی: *Fagus Orientalis Lipsky*) طی هوازدهگی می‌باشد. به این منظور تغییرات ناشی از هوازدهگی تسریع شده با روش FTIR و تصاویر الکترونی بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

تهیه ماده اولیه: گرده‌بینه گونه چوبی راش ایرانی (*Fagus orientalis*) از پارسل ۱۱۲ سری پاتم جنگل خیرودکنار، تهیه و پس از حمل به آزمایشگاه فرآورده‌های مرکب چوبی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع به ابعاد کاتین با قطر ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر بریده شد. پس از آن بخشی به خرده‌چوب<sup>۱</sup> تبدیل و بخشی دیگر که به صورت چوب ماسیو حفظ شد به ابعاد  $150 \times 75 \times 5$  mm (ابعاد مورد نیاز برای دستگاه هوازدهگی مصنوعی) بریده شدند. رطوبت خرده‌های چوب تهیه شده در حدود ۳۰ درصد بود که با استفاده از یک خشک‌کن گردان با سرعت ۳ دور در دقیقه و درجه حرارت ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس در کیسه‌های مقاوم و عایق رطوبت بسته‌بندی شدند. نمونه‌های چوب ماسیو نیز در اتو خشک گردیدند.

اصلاح شیمیایی: خرده چوب‌ها و چوب ماسیو بدون حضور کاتالیست و حلال و فقط در حضور دما توسط انیدرید استیک با خلوص ۹۹ درصد و نقطه جوش ۱۳۹/۵ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. براساس نتایج حاصل از پیش تیمار، نمونه‌های خرده‌چوب تحت دما ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در اتو تحت زمان‌های ۳۰، ۹۰ و ۲۴۰ دقیقه قرار داده شده و نمونه‌های چوب ماسیو فقط به مدت ۲۴۰ دقیقه تحت دما ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

پس از پایان زمان واکنش، نمونه‌ها از اتو خارج شده و کیسه محتوی نمونه‌های استیله شده جهت خروج اسید استیک و انیدرید باقی‌مانده، به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور گردیدند. سپس طی ۲۴ ساعت در اتو و تحت دما ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک شدند. پس از پایان عملیات تیمار شیمیایی و خشک شدن کامل، درصد افزایش وزن (WPG) محاسبه گردید (جدول ۱).

جدول ۱- شرایط واکنش استیلاسیون.

نوع نمونه	مدت زمان واکنش (دقیقه)	دما (درجه سانتی‌گراد)	افزایش وزن (درصد)
خرده چوب	۳۰	۱۲۰	۵
	۹۰	۱۲۰	۹
	۲۴۰	۱۲۰	۱۶
چوب ماسیو	۲۴۰	۱۲۰	۱۰

**ساخت تخته:** چسب‌زنی خرده چوب‌ها در یک دستگاه چسب زن استوانه‌ای آزمایشگاهی با چسب ملامین اوره فرمالدئید (MUF)<sup>۱</sup>، با مقدار مصرف ۱۰ درصد بر اساس وزن خشک خرده‌چوب، انجام گرفت. کیک خرده چوب در یک قالب چوبی به ابعاد ۴۰×۴۰×۲۵ سانتی‌متر تشکیل و پرس گردید. تهیه نمونه‌های آزمونی برای انجام آزمایش پس از متعادل‌سازی انجام گرفت. در ساخت تخته‌ها دما ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۵ دقیقه، فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و سرعت بسته شدن ۶ میلی‌متر در ثانیه، اعمال شد. دانسیته اسمی تخته‌ها ۰/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب در نظر گرفته شد.

**هوازگی مصنوعی نمونه‌های آزمونی:** برای انجام فرآیند هوازگی کامل (اشعه UV + آب) نمونه‌ها در دستگاه هوازگی مصنوعی اطلس زنون تست<sup>۲</sup> تحت درجه حرارت بین ۴۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد،

1- Melamine urea formaldehyde

2- Atlas Xenontest Beta LM

رطوبت نسبی ۵۰ درصد، تابش اشعه UV (۳۰۰ nm) و اشعه مرئی (۷۵۰ nm) قرار گرفتند. هر ۱۰۲ دقیقه تابش اشعه حدود ۱۸ دقیقه بارش (اسپری آب) برای یک دوره ۳۰۰ ساعته اعمال شد. روش کار دستگاه بر اساس استاندارد PSA- D 27 5439 می‌باشد. پس از هوازدگی، نمونه‌ها برای تهیه طیف FTIR و تصویر الکترونی آماده شدند.

طیف<sup>۱</sup> FTIR: با توجه به این‌که تأثیر هوازدگی بیشتر در سطح نمونه‌ها می‌باشد، جهت تهیه طیف FTIR، تراشه‌های سطح نمونه‌های تخته‌ها جدا و پس از آسیاب از یک الک ۴۰ mesh عبور داده شد. سپس قرص‌های کوچکی از پودر خشک چوب (پودر چوب در آون، تحت دما ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شد) و برمیدپتاسیم<sup>۲</sup> تهیه گردیده و با استفاده از طیف سنج FTIR مدل بروکر وکتر<sup>۳</sup> با قدرت تفکیک طیفی  $4\text{ cm}^{-1}$  و  $24\frac{\text{scan}}{\text{min}}$  مورد بررسی قرار گرفتند.

تهیه تصاویر الکترونی (SEM<sup>۴</sup>): تغییرات ساختاری نمونه‌های چوب ماسیو، توسط میکروسکوپ الکترونی مدل لئو ۴۴۰<sup>۵</sup> بررسی گردید. قطعاتی به ابعاد  $10 \times 10 \times 5$  میلی‌متر به صورت شعاعی از نمونه‌های شاهد، استبله و هوازده تهیه و به یک قطعه آلومینیومی چسبانده، لبه‌ها با نقره و سطح به وسیله لایه نازکی از طلا پوشش داده شد. سپس تصاویر آن‌ها با بزرگ‌نمایی‌های  $500 \times$  و  $700 \times$  مشاهده گردید.

## نتایج و بحث

تغییرات شیمیایی: در طیف FTIR نمونه‌های تخته‌خرده‌چوب شاهد، ارتعاشات کششی C-H در  $2900\text{ cm}^{-1}$  مشاهده گردید، که می‌تواند مربوط به C-H موجود در ساختار اوره‌فرمالدئید نیز باشد. محدوده  $1740-1750\text{ cm}^{-1}$  کشش C=O غیرمزدوج گروه‌های کربونیل موجود در لیگنین، همی‌سلولز و اوره‌فرمالدئید می‌باشد. جذب در  $1506-1502\text{ cm}^{-1}$  ارتعاشات کششی C=C در ساختار آروماتیکی لیگنین بوده است. جذب در  $1375\text{ cm}^{-1}$  مربوط به خمش C-H در سلولز می‌باشد. جذب در  $1370-1369\text{ cm}^{-1}$  ارتعاشات تغییر شکل C-H در لیگنین است. جذب مربوط به حلقه سیرنجیل با کشش C-O در لیگنین در عدد موج  $1033\text{ cm}^{-1}$  مشاهده می‌گردد (شکل ۲).

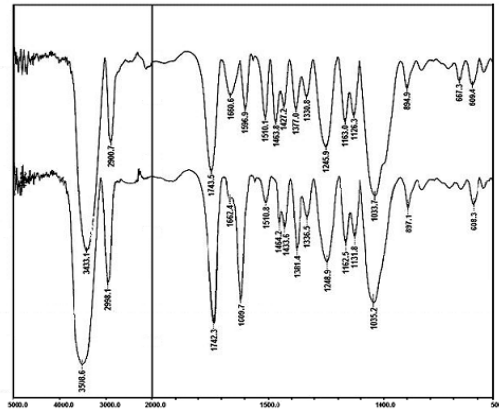
1- Fourier Transform Infra-Red Spectrometer

2- KBr

3- Bruker Vectra 22

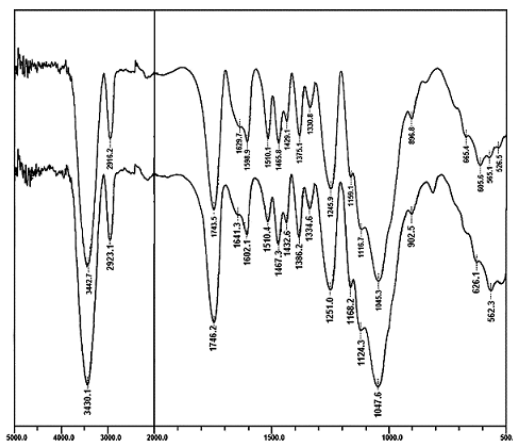
4- Scanning Electron Microscopy

5- Leo 440 I

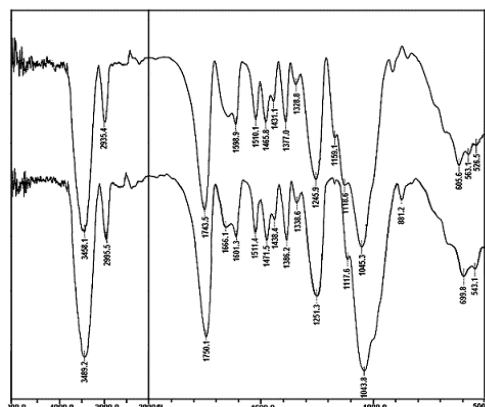


شکل ۲- طیف FTIR نمونه‌های شاهد (بالا: هوازده، پائین: هوازده)

طیف FTIR نمونه‌های شاهد هوا زده در شکل ۲ نشان داده شده است. ضریب شدت تغییرات پیک‌ها در کلیه طیف‌ها نسبت به عدد موج  $2900\text{ cm}^{-1}$  که طی هوازده‌گی تغییری نداشت، گزارش گردید. ضریب شدت جذب در  $1510\text{ cm}^{-1}$  (ارتعاشات ساختار آروماتیکی لیگنین) و حدود  $1461\text{ cm}^{-1}$  (تغییر شکل C-H در لیگنین) و  $1033\text{ cm}^{-1}$  (ارتعاش C-O در مشتقات سیرنجیل لیگنین) به ترتیب از  $0/81$ ،  $0/85$  و  $1/62$  به ضرایب شدت جذب  $0/32$ ،  $0/47$  و  $1/11$  کاهش پیدا کرد که می‌تواند به علت تخریب سریع‌تر لیگنین متعاقب جذب بیشتر امواج UV باشد (اختری و همکاران، ۲۰۰۸) و ضریب شدت جذب در حدود  $1379\text{ cm}^{-1}$  (خمش C-H در سلولز) از  $0/62$  به  $0/87$  افزایش یافت. گروه‌های کربونیل  $1742\text{ cm}^{-1}$  از  $1/33$  در نمونه شاهد هوا زده به  $1/25$  در هوازده کاهش یافت (شکل ۲). کاهش گروه‌های کربونیل در اثر هوازده‌گی را می‌توان به گسست‌های فتوشیمیایی پیوند C=C مجاور با گروه‌های کربونیل و متعاقباً، کوچک و قابل آبشویی شدن آن‌ها از چوب نیز نسبت داد (لین، ۱۹۸۲).



شکل ۳- طیف FTIR نمونه‌های استیله ۵ درصد (بالا: هوازده، پائین: هوازده)

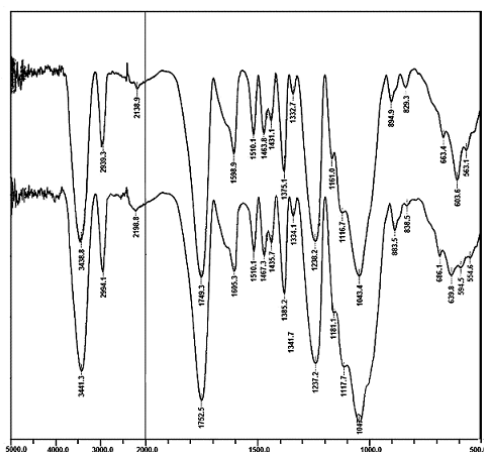


شکل ۴- طیف FTIR نمونه‌های استیله ۹ درصد (بالا: هوازده، پائین: هوازده)

پس از ۳۰۰ ساعت هوازدگی کامل، با افزایش وزن ناشی از تیمار استیلاسیون، شدت کاهش ضریب جذب پیک در  $1461\text{cm}^{-1}$  (تغییر شکل C-H در لیگنین) و  $1510\text{cm}^{-1}$  (ارتعاش ساختار آروماتیکی لیگنین) تا حدودی تنزل یافت، به طوری که ضریب شدت جذب در عدد موج  $1461\text{cm}^{-1}$  و  $1510\text{cm}^{-1}$  از ۱/۱۱ و ۱/۰۵ در نمونه هوازده با شدت تیمار ۵ درصد به ۰/۸۹ و ۰/۶۳ در نمونه هوازده و در شدت تیمار ۱۶ درصد از ۰/۸۷ و ۰/۸۵ در نمونه هوازده به ۰/۸ و ۰/۷۲ کاهش یافت. همچنین کاهش ضریب شدت جذب پیک  $1740\text{cm}^{-1}$  محدودتر گردیده، در شدت‌های ۵ و ۱۶ درصد به ترتیب از ۲/۰۵ و ۲/۵۶ در نمونه هوازده به ۱/۸۴ و ۲/۵۱ در نمونه هوازده تغییر یافت. در ناحیه طول موج

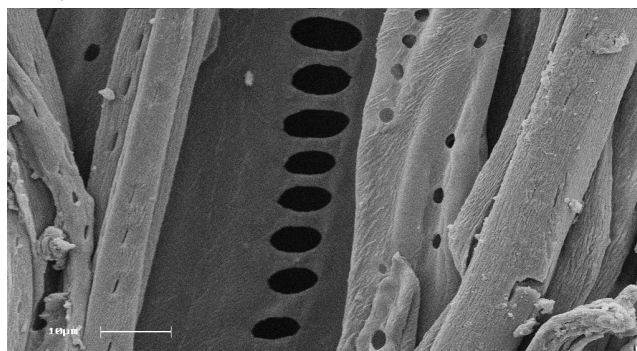


بالاتر، پیوندکشی O-H ( $3421\text{cm}^{-1}$ ) تقریباً تغییر نکرده است. در واقع، پس از ۳۰۰ ساعت هوازدهی کامل مشاهده شد که با افزایش شدت استیلاسیون، تفاوت بین طیف FTIR نمونه‌های استیله هوازده و استیله بدون هوازدهی نامحسوس‌تر گردید (شکل‌های ۳، ۴ و ۵).



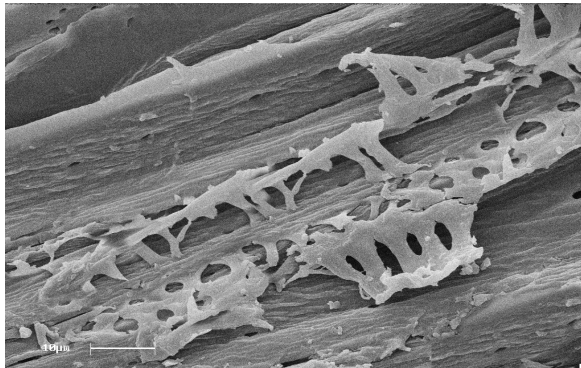
شکل ۵- طیف FTIR نمونه‌های استیله ۱۶ درصد (بالا: هوازده، پایین: هوازده)

تغییرات شدت پیک‌های هوازدهی در نمونه‌های استیله کمتر از نمونه‌های شاهد است. در نتیجه می‌توان گفت استیلاسیون می‌تواند از سطح چوب در برابر هوازدهی محافظت نماید (راول و همکاران، ۱۹۹۳).  
تصاویر میکروسکوپ الکترونی: در شکل ۶ چوب راش شاهد هوازده نشده با بزرگ‌نمایی ۵۰۰X مشاهده می‌گردد. منافذ هاله‌ای موجود در دیواره آوند تقریباً گرد با لبه‌های سالم و بدون ترک می‌باشد.



شکل ۶ - تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شعاعی چوب راش شاهد (۵۰۰X)

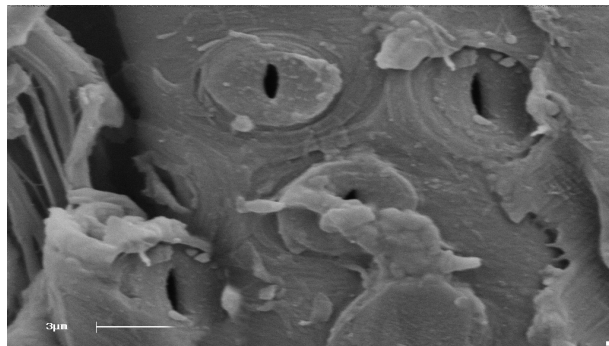
چوب راش پس از ۳۰۰ ساعت هوازگی در شکل ۷ نشان داده شده است. عمق ترک‌های ایجاد شده در جهت میکروفیبریل‌ها در لایه S2 در طول فیبر افزایش پیدا کرد و متعاقباً در دیواره منافذ نیز ترک‌هایی ایجاد شده است. به طوری که منجر به پاره شدن تیغه منفذدار نرده‌ای در آوندهای کوچک‌تر شده است. در واقع، چون میزان لیگنین در لایه میانی بیشتر از دیواره سلولی است، تخریب نوری در این بخش بیشتر می‌باشد. واضح است که با از بین رفتن لیگنین، یعنی چسب بین فیبریل‌ها، دیواره سلولی دو سلول مجاور از هم جدا شده، حفرات بزرگ‌تر و ساختار الیاف ضعیف‌تر می‌شود. به این ترتیب دیواره سلولی نازک‌تر شده و به نظر می‌رسد که ابتدا قسمت داخلی دیواره ثانویه از بین می‌رود. در هوازگی با شدت زیاد، ترکیبات دیواره سلولی به شدت ترک بر می‌دارند و الیاف و آوندها سست شده، از سطح جدا می‌شوند. در مورد پهن برگان علاوه بر تخریب لایه میانی تخریب در منافذ هم دیده می‌شود. منافذ هاله‌ای در اثر هوازگی تخریب می‌شود (ویلیامز، ۲۰۰۵). ظهور تخریب‌های سطحی متناسب با زمان قرار گرفتن در شرایط هوازگی است و در چوب تیمار نشده ساختار حفرات درهم آمیخته و شکاف‌های بزرگی در چوب ایجاد می‌شود (اون و همکاران، ۱۹۹۳).



شکل ۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی اثر هوازگی بر سطح شعاعی چوب راش شاهد (X ۵۰۰).

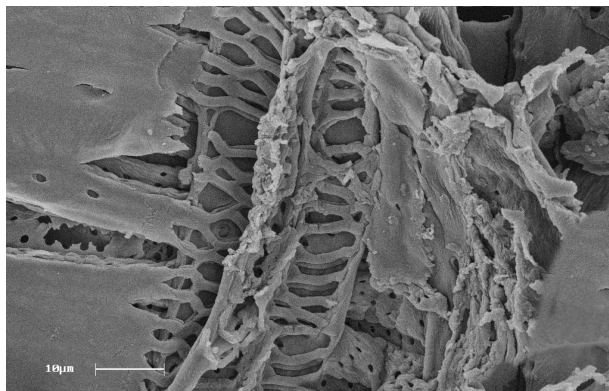
شکل ۸ چوب راش استیله با بزرگ‌نمایی X ۷۰۰ را نشان می‌دهد. متعاقب فرآیند استیلایسیون دیواره منافذ آوندی متورم شده و قطر آن‌ها کاهش می‌یابد. میزان افزایش حجم با شدت تیمار رابطه مستقیمی دارد. هرچه ماده واکنش یافته بیشتر باشد، دیواره سلولی نیز حجیم‌تر خواهد بود (مجبی، ۲۰۰۳). ساندر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که دیواره سلولی بر اثر استیله شدن متورم می‌شود و

حفره‌های سلولی نیز کوچک‌تر می‌شوند. همچنین، یکی از مهم‌ترین فاکتورها در پدیده هوازدهی دانسیته است. هرچه دانسیته بیشتر باشد، میزان فرسایش در اثر هوازدهی کمتر خواهد بود (ویلیامز، ۲۰۰۵) و از آنجایی که چوب استیله دانسیته بیشتر از شاهد دارد (دریهر و همکاران، ۱۹۶۴)، منطقی است که یکی دیگر از دلایل افزایش مقاومت چوب در مقابل هوازدهی، افزایش دانسیته آن می‌باشد.



شکل ۸- تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شعاعی چوب راش استیله (۷۰۰X)

شکل ۹ سطح شعاعی چوب راش استیله شده، پس از ۳۰۰ ساعت هوازدهی کامل را نشان می‌دهد. ترک‌های ریز تا حدودی در سطح مشاهده می‌شود و روزه‌های هلالی تقریباً تغییری پیدا نکرده اما در تیغه آوندی نردبانی در بخش‌هایی پارگی مشاهده می‌گردد.



شکل ۹- تصویر میکروسکوپ الکترونی اثر هوازدهی بر سطح شعاعی چوب راش استیله (۵۰۰ X).

### نتیجه‌گیری

با توجه به شدت طیف‌ها و تصاویر الکترونی به‌دست آمده از نمونه‌های چوب استیله و شاهد می‌توان بیان کرد که استیلاسیون باعث محافظت سطح چوب در برابر هوازدگی می‌شود (آون و همکاران، ۱۹۹۳). در واقع، با استیله کردن، به نسبت زیادی مشکل هوازدگی و تأثیر مخرب اشعه فرابنفش کاهش پیدا می‌کند. استیله کردن، مواد سازنده دیواره سلولی را تثبیت کرده و مانع از حذف آن توسط عوامل مخرب می‌گردد (مجبی، ۲۰۰۳).

### منابع

1. Akhtari, M., Hemmasi, A.H., and Parsapajoo, D. 2008. Spectroscopy and Electron Microscopic Studies of Weathering in Acetylated Spruce Wood, *Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 13, No. 3.
2. Darabi, P., Abdolzadeh, H., Karimi Mazraeh Shahi, A.N., Mirshokraei, S.A., Doushtosseini, K. 2010. The investigation of acetylating and anti-oxidant effect on weathering of wood plastic composites by means of FTIR and colormetry (Color measurement), *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*; 25, 1:32, 70-79.
3. Deka, M., Humar, M., Rep, G., Krice, J., Sentjure, M., and Petric, M. 2008. Effects of UV light irradiation on colour stability of thermally modified, copper ethanolamine treated and non-modified wood: E.P.R., and DRIFT spectroscopic studies. *Wood Sci. Tec.*42:5-20.
4. Dreher, W.A., Goldstein, I.S. and Cramer, G.R. 1964. Mechanical properties of acetylated wood. *Forest products Journal*: 66-68.
5. Evans, P.D., Wallis, A.F.A. and Owen, N.L. 2000. Weathering of chemically modified of scot pine acetylated to different weight gains. *Wood Sci. Tec.* 34:2:151-165.
6. Feits, W.C., Rowell, R.M. and Youngquist, J.A. 1991. Weathering and finish performance of acetylated aspen fiber boards. *Wood Sci. Tec.* 23:2:260-272.
7. Fengel, D., and Wegner, G. 1989. *Wood, chemistry, ultra structure, reactions*. Walter de Gruyter Berlin, New York. 613p.
8. George and Suttee, Ed. 2004. Photo-degradation and photo-stabilization of wood (state of art) ; cost E 18 final seminar. 26-27.
9. Kalnins, M.A. 1984. Photochemical degradation of acetylated, methylated, phenylhydrezine-modified and ACC-treated. *Journal of applied polymer science.* 29:105-115.
10. Larsson, P.B. 1998. Acetylation of solid wood: Ph.D. thesis; chalmers university of Technology, Göteborg, Sweden: p. 67.

11. Lin, S.Y. 1982. Photochemical reaction mechanism of lignin. Forest products industries, Dept. of Forestry National Taiwan Univ. 1: 2:2-19.
12. Mohebbi, B. 2003. Biological attack of acetylated wood. Ph.D. Thesis. Göttingen University, Göttingen, 147 p.
13. Owen, J., Feist, A. and William, C. 1993. Scanning electron microscopic and infrared studies of weathering in southern pine. Journal of Molecular Structure. 105-114.
14. Plackett, D.V., Dunningham, E.A., and Singh, A.P. 1996. Weathering of chemically modified wood. In: D.N.S. Hon (ed.) Chemical modification of lignocellulosic materials; Marcel Dekker, Inc.; New York, Basel, Hong Kong. Pp: 277-294.
15. PSA Peugeot– Citroen, D27 5439, 1998. Paint coating artificial ageing to Ultraviolet Light, French, 5 p.
16. Rowell, R.M., Lichtenberg, R.S., and Larsson, P. 1993. Stability of acetylated wood to environmental changes. Wood and Fiber Sci. 25, 4:359-364.
17. Sander, C., Beckers, E.P.J., Militz, H. and Vanveenendaal, W. 2003. Analysis of acetylated wood by electron microscopy: Wood Science and Technol. 37: 39-46.
18. Schmalzl, K.J. and Evans, P.D. 2003. Wood surface protection with some titanium, zirconium and manganese compounds, Polymer Degradation and Stability. 82: 409-419.
19. Sudiyani, Y., Takahashi, M., Imamura, Y. and Minato, K. 1999. Physical and biological properties of modified wood before and after weathering. Wood Research. 86:1-6.
20. Sundell, P., Meijer, D. and Militz, H. 2000. Preventing light induced degradation of wood by acetylation. A study on lignin and lignin model composition; Second wood coating conference; Wood Coating, Challenges and solution in the 21st century, 23-25 October; The Hague; The Netherlands.
21. Sundell, P., Meijer, D. and Militz, H. and Veldhuizen, B.V. 2001. Influence of acetylation on discoloration and weathering of (coated) wood; cost E 18 Meeting, Paris, June 2001.
22. Wang, S.Y., and Lin, S.J. 1991. The effect of outdoor environmental exposure on the main components of wood. Mokuzai Gakkaishi, 37:10, 954-963.
23. Williams, R.S. 2005. Weathering of wood. In: Handbook of wood chemistry and wood composites, Edited by Rowell, R.M. New York: CRC Press. Chapter 7. 139-185.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 18(4), 2012  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Influence of Artificial Weathering on Acetylated Beech Solid Wood and Particleboard by Spectroscopy and Electron Microscopy**

**\*M. Ghorbani Kokandeh<sup>1</sup>, M. Akhtari<sup>2</sup> and N. Movagharneshad<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. Wood Technology, Islamic Azad University, Bojnourd Branch, <sup>3</sup>M.Sc. of Organic Chemistry, Mazandaran University

Received: 2011-06-20; Accepted: 2011-09-06

### **Abstract**

This research was conducted to investigate the effect of acetylation on weathering resistance of solid wood and particleboard produced from acetylated particles of *Fagus orientalis*. After 12 hours soaking in acetic unhydride, in order to achieve three levels of weight gain, 5, 9 and 16%, acetylated particles of Beech wood were heated in oven at 120°C for 30, 90 and 240 minutes, respectively. Also, after 12 hours soaking in acetic unhydride and heating at 120 °C for 240 minutes, the weight gain of solid wood reached to 10%. The particles were glued with 12% melamine urea formaldehyde (solids on oven dry mass of particles) and then, pressed. Results showed that resistance to weathering increased by acetylation. By increasing level of acetylation from zero to 16%, difference between weathered and unweathered acetylated Particleboard samples became more invisible. After weathering for 300 hours, the radial surface SEM of acetylated Beech solid wood showed that, with increasing of acetylation level, depth of surface cracks decreased and bordered pits approximately did not change.

**Keywords:** Acetylation; Weathering; FTIR; Electron Microscopic; Beech

---

\*Corresponding Author; Email: [ghorbani\\_mary@yahoo.com](mailto:ghorbani_mary@yahoo.com)