



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد بیستم و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## اثر تیمار حرارتی با روغن کلزا بر مقاومت به پوسیدگی چوب صنوبر دلتوئیدس

\*فاضل چهره<sup>۱</sup> و محمدرضا ماستری فراهانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه حفاظت و اصلاح چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۲۶

### چکیده

در این پژوهش مقاومت به پوسیدگی برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور نمونه‌هایی از چوب صنوبر با ابعاد ۱۹×۱۹×۱۹ میلی‌متر بر طبق استاندارد ASTM D 1413 تهیه شدند. تیمار حرارتی در دمای ۱۸۰، ۲۰۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت ۲ و ۴ ساعت در هوای محیط و روغن کلزا انجام شد. سپس کاهش حجم نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه‌های آزمایشی به مدت ۱۲ هفته در معرض قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای (*Coniophora puteana*) و قارچ عامل پوسیدگی سفید (*Trametes versicolor*) قرار گرفتند و سپس کاهش وزن و مقدار رطوبت نمونه‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد که تیمار حرارتی مقاومت به پوسیدگی چوب صنوبر را بهبود داده است. با افزایش دما و زمان تیمار، مقاومت به پوسیدگی نیز افزایش یافت. به طوری که تیمار حرارتی با روغن کلزا در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴ ساعت، ۹۱/۵ درصد و ۹۰/۶ درصد به ترتیب مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ *C. puteana* و *T. versicolor* را بهبود داد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار حرارتی با روغن کلزا، در مقایسه با تیمار حرارتی در هوای محیط، عملکرد بهتری در بهبود مقاومت به پوسیدگی چوب صنوبر داشت.

واژه‌های کلیدی: تیمار حرارتی، روغن کلزا، پوسیدگی، *Trametes versicolor*، *Coniophora puteana*

\*مسئول مکاتبه: [ff.chehreh@yahoo.com](mailto:ff.chehreh@yahoo.com)

## مقدمه

چوب ماده‌ای آلی است که تحت تأثیر عوامل بیولوژیکی و غیربیولوژیکی تخریب می‌شود (اسمیت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶؛ پارساپژوه و همکاران، ۲۰۰۴). قارچ‌ها، از جمله عوامل بیولوژیک مخرب چوب هستند که در شرایط مناسب برای رشد، باعث فساد چوب می‌شوند (اسمیت، ۲۰۰۶؛ راثول<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). این قارچ‌ها، توانایی تشخیص پلیمرهای دیواره سلولی به‌عنوان منبع غذایی را داشته و با استفاده از آنزیم‌های مخصوصی این پلیمرها را تبدیل به واحدهای قابل هضم کرده و به مصرف می‌رسانند. سه راه برای حفظ چوب در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی پیشنهاد شده است: ۱- استفاده از چوب‌های دارای دوام ذاتی بالا، ۲- استفاده از مواد شیمیایی که با مکانیسم سمی چوب را در برابر قارچ‌ها محافظت کند و ۳- تغییر ساختار پلیمری ترکیبات چوب به گونه‌ای که قابل تشخیص به‌وسیله قارچ‌ها نباشد (اولویرا<sup>۳</sup>، ۱۹۸۶؛ کالونگو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

تاکنون از مواد حفاظتی زیادی مانند: کرئوزوت<sup>۵</sup>، PCP<sup>۶</sup>، CCA<sup>۷</sup> برای بهبود مقاومت چوب در برابر عوامل مخرب استفاده شده است (لبو<sup>۸</sup>، ۲۰۱۰؛ پارساپژوه و همکاران، ۲۰۰۴). این مواد دارای خواص سمی هستند و اغلب در محیط‌های بیرونی دچار آبشویی شده و مشکلات زیست‌محیطی را به دنبال دارند. امروزه به‌کارگیری روش‌های اصلاح چوب، که با یک مکانیسم غیرسمی مقاومت چوب نسبت به عوامل مخرب را افزایش می‌دهند، مورد توجه واقع شده است (هیل<sup>۹</sup>، ۲۰۰۶؛ راثول، ۲۰۰۵). از جمله روش‌های اصلاح چوب تیمار حرارتی است، که معمولاً در حرارت‌های بین ۱۸۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. در حرارت ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد تنها کمی تغییر در خواص چوب رخ می‌دهد و حرارت بالای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد سبب تخریب شدید چوب می‌شود (کالونگو و همکاران، ۲۰۱۰؛ هیل، ۲۰۰۶). با افزایش حرارت از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد همی‌سلولز شروع به تخریب کرده (هیل، ۲۰۰۶) و در دمای بین ۲۰۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌شود (میرشکرایی،

- 1- Schmidt
- 2- Rowell
- 3- Oliveira
- 4- Calonego
- 5- Creosote
- 6- Pentachlorophenol
- 7- Chromated copper arsenate
- 8- Lebow
- 9- Hill

۲۰۰۳). همچنین تخریب سلولز و کاهش درجه پلیمریزاسیون<sup>۱</sup> (DP) از دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود (عنایتی، ۲۰۱۰) و تخریب ناحیه کریستالی سلولز در دمای ۳۰۰ تا ۳۴۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد (کیم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). در اثر تیمار حرارتی حجم چوب تیمار شده کاهش می‌یابد که به علت تخریب ترکیبات دیواره سلولی چوب است (آلن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ استیو و همکاران، ۲۰۰۷). تیمار حرارتی با تخریب محل‌های جذب رطوبت (گروه‌های OH) در ترکیبات چوب مانند همی سلولز و بخش‌های آمورف سلولز، جذب آب را کاهش می‌دهد (دهمرد و نظریان، ۲۰۱۱؛ کیم و همکاران، ۲۰۰۱). تیمار حرارتی در هوای محیط (تومن<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰، استیوز<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸)، گاز خنثی (هاکو<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۶؛ آیدمیر<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۱)، آب، بخار آب (هیل، ۲۰۰۶) و روغن (سلیم<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۰؛ بازیار، ۲۰۱۲) انجام می‌شود. در پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، تغییر در خواص مکانیکی، کاهش جذب رطوبت و افزایش مقاومت به پوسیدگی و ثبات ابعادی گزارش شده است (رائول، ۲۰۰۵؛ اوزمن<sup>۹</sup>؛ ده‌مرد و نظریان، ۲۰۱۱). با افزایش دما و زمان تیمار، جذب آب، درصد واکشیدگی و پوسیدگی کاهش پیدا می‌کند (کیم و همکاران، ۱۹۹۸؛ تاونگ و لی<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۰؛ جیمنز<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). هاکو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش دادند که مقاومت به پوسیدگی در مقابل قارچ *Coriolus versicolor*، با افزایش دمای تیمار از ۱۵۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و در دمای حداکثر از پوسیدگی جلوگیری شد.

تیمار حرارتی ساختار شیمیایی چوب را تغییر داده و قابلیت تغذیه قارچ‌ها از این ترکیبات را کاهش می‌دهد. همچنین کاهش مقدار رطوبت تعادل چوب، تخریب حرارتی سلولز و همی سلولز و پیوند عرضی آن‌ها با لیگنین، شناسایی این ترکیبات را برای قارچ‌های عامل پوسیدگی سخت کرده و مقاومت چوب را افزایش می‌دهند (کالونگو و همکاران، ۲۰۱۰).

- 
- 1- Degree of Polymerization
  - 2- Kim
  - 3- Alan
  - 4- Tumen
  - 5- Esteves
  - 6- Hakkou
  - 7- Aydemir
  - 8- Salim
  - 9- Ozmen
  - 10- Tuong and Li
  - 11- Jimenez

تیمار حرارتی در هوای محیط به علت وجود اکسیژن، فرآیند اکسیداسیون را در پی دارد، که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در شیمی تخریب چوب و همچنین خواص آن حاصل می‌شود. برای جلوگیری از اکسیداسیون، از تیمار حرارتی در محیط‌های خنثی و روغن استفاده شده است (هیل، ۲۰۰۶؛ رائل، ۲۰۱۰). در پژوهش‌های انجام شده در زمینه تیمار حرارتی با روغن، بیشتر از روغن‌های کلزا، سویا، آفتابگردان، بزرک و بزرک واکنش داده شده با مالئیک انیدرید استفاده شده است (هومان و جورینسن، ۲۰۰۴؛ رپ و سایلر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱؛ اسپیر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). روغن یک انتقال حرارتی سریع و یکسان را در تمامی عناصر چوب به وجود آورده و با ایجاد مانع بین چوب و اکسیژن از اکسایش آن جلوگیری می‌کند (هومان و جورینسن، ۲۰۰۴؛ رپ و سایلر، ۲۰۰۱). وزن چوب تیمار حرارتی شده با روغن، به دلیل جذب روغن در طی تیمار حرارتی افزایش می‌یابد (اسپیر و همکاران، ۲۰۰۶). این درحالی است که تیمار حرارتی در محیط خنثی و هوای معمولی، کاهش در وزن چوب را به دنبال دارد (هیل، ۲۰۰۶). اسپیر و همکاران، (۲۰۰۶) گزارش دادند که تیمار حرارتی با روغن کلزا و بزرک مقاومت به پوسیدگی را بهبود داده اما تیمار حرارتی با روغن بزرک اصلاح شده با مالئیک انیدرید به علت ایجاد لایه پلیمری در چوب تیمار شده مقاومت به پوسیدگی بیشتری داشت. روغن کلزا که در تیمار حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای پایداری اکسیداتیو بالا و نقطه فراریت حدود ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (آزادمرد و همکاران، ۲۰۱۰).

صنوبر یکی از گونه‌های بومی کشور است که کاربردهای فراوانی را در صنعت چوب دارد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمار حرارتی در هوای محیط و روغن کلزا بر مقاومت به پوسیدگی چوب صنوبر دلتوئیدس و معرفی مناسب‌ترین دما، و زمان تیمار حرارتی از نظر بهبود مقاومت در برابر پوسیدگی قارچ‌های *C. puteana* و *T. versicolor*، انجام شد. شایان ذکر است که در این پژوهش تیمار حرارتی در محیط هوا تنها به منظور شاهد و یک مبنای مقایسه به کار گرفته شد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از برون چوب گونه صنوبر دلتوئیدس تهیه شده از جنگل شصت‌کلاته دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان استفاده شد. چوب مورد استفاده از ارتفاع ۱۳۰ تا ۲۸۰

1- Homan and Jorissen

2- Rapp and Sailer

3- Spear

سانتی متری با قطر تقریباً ۳۵ تا ۴۰ سانتی متر و وزن مخصوص ۴۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب، تهیه شد. پس از خشک شدن در هوای آزاد، نمونه‌هایی با ابعاد ۱۹×۱۹×۱۹ میلی‌متر و با رعایت شعاعی و مماسی بودن سطوح بر طبق استاندارد ASTM D 1413 تهیه و برای هر تیمار تعداد ۶ تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌های تهیه شده در حرارت  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۲۴ ساعت در آون خشک شدند. پس از خشک کردن، وزن و حجم نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای انجام این پژوهش از روغن کلزا به دلیل بالا بودن نقطه فراریت و پایداری اکسیداتیو بالا استفاده شد. روغن مورد استفاده، استخراج شده از انواع دانه‌های روغنی کلزای کشت شده در استان گلستان بوده و از کارخانه سویا بین گلستان تهیه شد.

نمونه‌های تهیه شده در دماهای ۱۸۰، ۲۰۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های ۲ و ۴ ساعت در هوای محیط و روغن کلزا تیمار حرارتی شدند (جدول ۱).

جدول ۱- دسته‌بندی نمونه‌ها جهت تیمار حرارتی در هوای محیط و روغن کلزا.

کد تیمار حرارتی		دما	زمان
هوا	روغن	(درجه سانتی‌گراد)	(ساعت)
G	A	۱۸۰	
H	B	۲۰۰	۲
I	C	۲۲۰	
J	D	۱۸۰	
K	E	۲۰۰	۴
L	F	۲۲۰	
-	M	-	شاهد

تیمار حرارتی در هوای محیط، در داخل آون و تیمار حرارتی در روغن کلزا در داخل دایجستر انجام شد. پس از تیمار حرارتی حجم نمونه‌ها اندازه‌گیری و کاهش حجم نمونه‌ها ( $VC^1$ )، جهت بررسی رابطه بین کاهش وزن در اثر پوسیدگی و کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی، محاسبه شد (رابطه ۱).

1- Volume Change

$$VC\% = ((V_1 - V_2) / V_1) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

VC %: درصد کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی با روغن کلزا

V<sub>1</sub>: حجم خشک نمونه‌ها قبل از تیمار حرارتی با روغن کلزا

V<sub>2</sub>: حجم خشک نمونه‌ها پس از تیمار حرارتی با روغن کلزا

برای بررسی مقاومت به پوسیدگی نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن، نمونه‌های تیمار شده و شاهد (تیمار نشده) طبق استاندارد ASTM D 1413 اصلاح شده برای مدت ۱۲ هفته در معرض دو قارچ *T. versicolor* و *C. puteana* قرار گرفتند. سپس میزان کاهش وزن و درصد رطوبت نمونه‌های قرار گرفته شده در معرض قارچ، اندازه‌گیری شد. در این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح اعتماد ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار minitab انجام شد.

## نتایج و بحث

**تغییرات حجم:** نتایج مربوط به کاهش حجم نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- درصد کاهش حجم نمونه‌های تیمار حرارتی شده در روغن کلزا و هوای محیط.

کد تیمار	کاهش حجم (درصد)	کد تیمار	کاهش حجم (درصد)
A	۰/۴۳	G	۰/۱۴
B	۱/۶۳	H	۱/۱۶
C	۴/۹۸	I	۲/۳۷
D	۱/۱۲	J	۰/۹۶
E	۴/۸۹	K	۲/۷۸
F	۵/۸۵	L	۴/۵۳

نتایج نشان می‌دهد که در اثر تیمار حرارتی در هوای محیط و روغن کلزا در زمان ۲ و ۴ ساعت و دمای بین ۱۸۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، حجم نمونه‌ها کاهش یافته است.

### فاضل چهره و محمدرضا ماستری فراهانی

در جدول‌های ۳ و ۴ نتایج مربوط به آنالیز تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌های کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی نشان داده شده است.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس برای درصد کاهش حجم نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
تیمار	۱	۱۶/۱۳	۱۶/۱۳	۹/۵۶	۰/۰۰۴
زمان	۱	۲۹/۶۲	۲۹/۶۲	۱۷/۵۶	۰/۰۰۰
دما	۲	۱۱۳/۷۱	۵۶/۸۵	۳۳/۶۹	۰/۰۰۰
تیمار×زمان	۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۹۲۴
تیمار×دما	۲	۶/۱۴	۳/۰۷	۱/۸۲	۰/۱۷۷
زمان×دما	۲	۵/۷	۲/۸۵	۱/۶۹	۰/۱۹۹
تیمار×زمان×دما	۲	۴/۳۳	۲/۱۶	۱/۲۹	۰/۲۸۹
خطا	۳۶	۶۰/۷۴	۱/۶۸		
کل	۴۷	۲۳۶/۴۲			

جدول ۴- گروه‌بندی نتایج مربوط به میانگین درصد کاهش حجم نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا بر اساس آزمون توکی در سطح اعتماد ۹۵ درصد.

کد تیمار	میانگین کاهش حجم (درصد)			
	۱	۲	۳	۴
F	*			
C	*	*		
E	*	*		
L	*	*	*	
K	*	*	*	*
I		*	*	*
B			*	*
H				*
D				*
J				*
A				*
G				*

بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که اثر نوع تیمار، زمان تیمار و دمای تیمار بر روی کاهش حجم نمونه‌ها معنی‌دار بوده است. نتایج مربوط به گروه‌بندی میانگین‌ها نیز نشان می‌دهد که بین اثر تیمار

حرارتی در روغن کلزا در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های ۲ و ۴ ساعت بر روی درصد کاهش حجم نمونه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بین درصد کاهش حجم نمونه‌های تیمار شده در هوای محیط بجز در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴ ساعت اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

نتایج نشان می‌دهد که درصد کاهش حجم نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا تحت تأثیر افزایش دما و زمان تیمار، بیشتر شده است. به طوری که در نمونه‌های تیمار حرارتی شده در روغن کلزا با افزایش دمای تیمار از ۱۸۰ به ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ۲ و ۴ ساعت مقدار کاهش حجم به ترتیب ۴/۵۵ و ۴/۷۳ درصد بیشتر رخ داده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که کاهش حجم به دست آمده برای تیمار حرارتی با روغن کلزا در زمان ۲ ساعت و دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، حدوداً ۱۲ برابر بیشتر از دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در همین زمان است.

نتایج مربوط به درصد کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی با گزارشات منتشر شده در این زمینه مطابقت دارد. آلن و همکاران (۲۰۰۲) و استیو و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش دادند که تیمار حرارتی در هوای محیط در دمای ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶ ساعت کاهش حجمی برابر با ۱۲/۵ درصد در پی داشت در حالی که در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴ ساعت فقط ۱/۵ درصد کاهش حجم رخ داد.

کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی، مربوط به تخریب ترکیبات چوب است و معمولاً در دماهای پایین‌تر به خاطر تخریب همی سلولز می‌باشد (استیو و همکاران، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸). با افزایش دما و زمان تیمار میزان تخریب همی سلولز و سلولز افزایش می‌یابد (هیل، ۲۰۰۶؛ میرشکرایی، ۲۰۰۳؛ عنایتی، ۲۰۱۰؛ کیم و همکاران، ۲۰۰۱) و افزایش در درصد کاهش حجم نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هر دو حالت هوای محیط و روغن کلزا احتمالاً به علت تخریب بیشتر این ترکیبات در اثر افزایش دما و زمان تیمار باشد.

**کاهش وزن در اثر پوسیدگی:** نتایج به دست آمده نشان داد که مقاومت به پوسیدگی چوب صنوبر در اثر تیمار حرارتی در هوای محیط و روغن کلزا بهبود یافت (جدول ۵).



فاضل چهره و محمدرضا ماستری فراهانی

جدول ۵- کاهش وزن و درصد رطوبت نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا پس از ۱۲ هفته قرار گرفتن در معرض قارچ‌های *T. versicolor* و *C. puteana*

کد تیمار	<i>T. versicolor</i>		<i>C. puteana</i>	
	کاهش وزن (درصد)	رطوبت (درصد)	کاهش وزن (درصد)	رطوبت (درصد)
A	۱۵/۰۶	۳۰/۶۴	۱۷/۲۹	۳۵/۰۷
B	۹/۹۱	۲۹/۳۷	۱۲/۸۸	۳۱/۸۱
C	۶/۴۹	۱۷/۴۸	۷/۲۹	۲۱/۴۲
D	۸/۰۱	۲۲/۶۷	۱۲/۱۹	۲۷/۷۸
E	۴/۲۹	۱۸/۵۱	۶/۶	۲۳/۶۴
F	۱/۰۸	۱۵/۲۹	۲/۷	۱۷/۲۹
G	۳۰/۸۲	۵۱/۴۹	۳۰/۰۷	۵۲/۳۹
H	۲۷/۳۴	۴۲/۵۶	۲۸/۷۳	۴۹/۲۰
I	۱۴/۶۸	۲۵/۲۵	۱۸/۲۲	۳۴/۲۴
J	۲۳/۱۷	۴۳/۶۵	۲۵/۷۸	۴۸/۹۱
K	۱۸/۹	۲۷/۳۴	۲۴/۶۱	۴۳/۷۶
L	۱۲/۱۹	۱۷/۷۴	۱۶/۶۷	۲۸/۲۳
M	۳۳/۴۳	۶۴/۰۱	۳۷/۲۵	۷۷/۸۱

نتایج نشان می‌دهد که با توجه به افزایش دما و زمان تیمار مقاومت در برابر پوسیدگی نیز افزایش یافته است. به طور مثال تیمار حرارتی در هوای محیط، در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴ ساعت مقاومت به پوسیدگی را در برابر *C. puteana* ۱۷۴/۲۴ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد بهبود داده است. افزایش فاکتورهای دما و زمان تیمار به صورت مستقل و هم‌زمان، بر روی بهبود مقاومت به پوسیدگی نمونه‌های صنوبر تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا تأثیر داشتند. به طوری که افزایش زمان تیمار از ۲ ساعت به ۴ ساعت در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، مقاومت به پوسیدگی را در نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا، به ترتیب به میزان ۷/۴ و ۱۰/۹ درصد در برابر *C. puteana* و ۴ و ۱۰/۱ درصد در برابر *T. versicolor* افزایش داد. همچنین با افزایش دمای تیمار از ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد در طی زمان ۴ ساعت حرارت‌دهی در هوای

محیط و روغن کلزا، مقاومت به پوسیدگی ترتیب ۴۷/۳۸ و ۷۷/۰۱ درصد در برابر *C. puteana* و ۳۵/۳۱ و ۷۷/۶ درصد در برابر *T. versicolor* افزایش یافته است. در جدول ۶ نتایج مربوط به آنالیز تجزیه واریانس درصد کاهش وزن نمونه‌های تیمار حرارتی شده و شاهد در اثر قارچ‌های *C. puteana* و *T. versicolor* نشان داده شده است.

جدول ۶- جدول تجزیه واریانس برای درصد کاهش وزن نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن کلزا به وسیله قارچ‌های *T. versicolor* و *C. puteana*

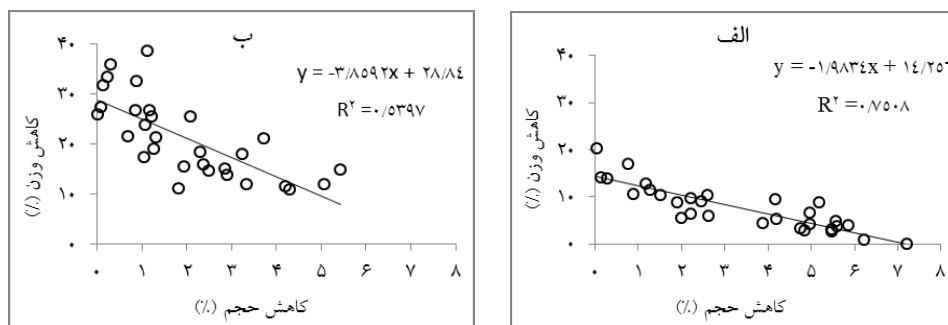
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
قارچ	۱	۳۲۴/۹۹	۳۲۴/۹۹	۲۷/۶۲	۰/۰۰۰
تیمار	۱	۴۳۳۹/۲۲	۴۳۳۹/۲۲	۳۲۴/۷۵	۰/۰۰۰
زمان	۱	۵۹۷/۳۱	۵۹۷/۳۱	۵۹۷/۳۱	۰/۰۰۰
دما	۳	۱۳۸۰۴/۵۳	۴۶۰۱/۵۱	۳۹۱/۰۴	۰/۰۰۰
قارچ×تیمار	۱	۲/۰۶	۲/۰۶	۰/۱۷	۰/۶۷۷
قارچ×زمان	۱	۱۵/۵۲	۱۵/۵۲	۱/۳۲	۰/۲۵۳
قارچ×دما	۳	۱۷/۷۹	۵/۹۳	۰/۵۰	۰/۶۸۰
تیمار×زمان	۱	۳/۵۴	۳/۵۴	۰/۳۰	۰/۵۸۴
تیمار×دما	۳	۱۶۰۷/۶۹	۵۳۵/۹۰	۴۵/۵۴	۰/۰۰۰
زمان×دما	۳	۲۴۹/۹۵	۸۳/۳۲	۷/۰۸	۰/۰۰۰
قارچ×تیمار×زمان	۱	۸/۲۳	۸/۲۳	۰/۷۰	۰/۴۰۵
قارچ×تیمار×دما	۳	۳۸/۱۰	۱۲/۷۰	۱/۰۸	۰/۳۶۰
قارچ×زمان×دما	۳	۱۰/۹۹	۳/۶۶	۰/۳۱	۰/۸۱۷
تیمار×زمان×دما	۳	۱۳/۴۵	۴/۴۸	۰/۳۸	۰/۷۶۷
قارچ×تیمار×زمان×دما	۳	۹/۱۳	۳/۰۴	۰/۲۶	۰/۸۵۵
خطا	۱۲۸	۱۵۰۶/۲۳	۱۱/۷۷		
کل	۱۵۹	۲۲۵۴۸/۷۲			

بررسی‌ها نشان می‌دهد که اثر مستقل بین نوع قارچ، نوع تیمار، زمان تیمار و دمای تیمار بر روی کاهش وزن معنی‌دار است. همچنین اثر تیمار و دما بر روی کاهش وزن وابسته به زمان است.

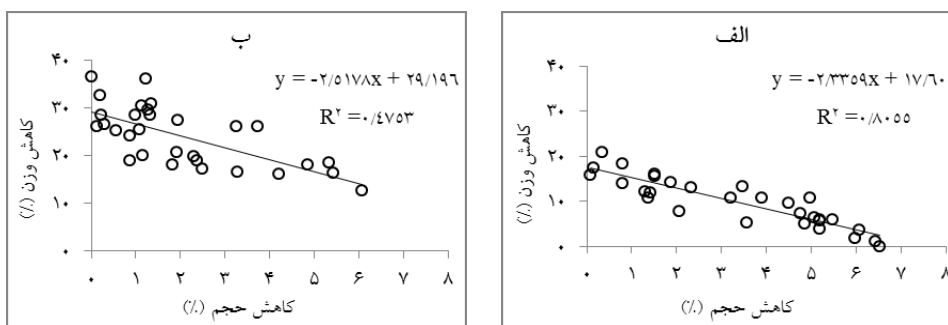
نتایج مربوط به گروه‌بندی میانگین درصد کاهش وزن به‌وسیله قارچ‌های *T. versicolor* و *C. puteana* نشان می‌دهد که اثر تیمار حرارتی با روغن کلزا و هوای محیط در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴ ساعت با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲ ساعت بر روی کاهش وزن به‌وسیله هر دو قارچ معنی‌دار است. با افزایش زمان و دمای تیمار حرارتی، تخریب پلی‌ساکاریدها نیز افزایش یافته (هیل، ۲۰۰۶؛ کیم و همکاران، ۲۰۰۱) و رطوبت تعادل کاهش می‌یابد (کالونگو و همکاران؛ ۲۰۱۰، هیل؛ ۲۰۰۶). همچنین ایجاد پیوندهای عرضی بین لیگنین و پلیمرهای تخریب شده سلولز و همی‌سلولز، تشخیص این ترکیبات را برای قارچ مشکل می‌سازد (کالونگو و همکاران؛ ۲۰۱۰). با توجه به این‌که یک قارچ برای رشد و تخریب چوب نیاز به شرایط مناسبی از جمله منبع غذایی (چوب) و رطوبت دارد (هیل، ۲۰۰۶؛ اسمیت، ۲۰۰۶)، به‌نظر می‌رسد که احتمالاً تیمار حرارتی با تغییر در دو عامل مهم موردنیاز برای رشد قارچ یعنی منبع غذایی و رطوبت، از تخریب چوب به‌وسیله قارچ‌های عامل پوسیدگی جلوگیری می‌کند. احتمالاً به‌همین دلیل در چوب تیمار حرارتی شده در دما و زمان بالا تخریب کمتری به‌وسیله قارچ‌های *T. versicolor* و *C. puteana* رخ داده است. کالونگو و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش دادند که با افزایش دما از ۱۸۰ به ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد مقاومت به پوسیدگی بین ۱۵/۷ تا ۸۲/۴ درصد افزایش یافت. بازیار (۲۰۱۲) نیز گزارش داد که با افزایش دما و زمان تیمار در چوب تیمار حرارتی شده با روغن بزرک، مقاومت به پوسیدگی نیز افزایش یافت.

همچنین بین اثر تیمار حرارتی در روغن کلزا با اثر تیمار حرارتی در هوای محیط بر روی کاهش وزن به‌وسیله قارچ‌های *T. versicolor* و *C. puteana*، به‌جز در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲ و ۴ ساعت، در دیگر دماها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به‌طوری‌که در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴ ساعت مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ‌های *T. versicolor* و *C. puteana* به‌ترتیب ۷۶/۷ و ۷۸/۹۴ درصد در نمونه‌های تیمار حرارتی شده با روغن کلزا نسبت به تیمار حرارتی در هوای محیط، بیشتر بود. نتایج به‌دست آمده برای مقاومت به پوسیدگی نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط و روغن و اثر دما و زمان تیمار، با گزارشات (اسپیر و همکاران، ۲۰۰۶؛ کیم و همکاران، ۱۹۹۸) مطابقت دارد. احتمالاً به‌علت وجود روغن تیمار حرارتی یکنواخت صورت پذیرفته باشد. به‌طوری‌که کاهش حجم بیشتری برای نمونه‌های تیمار حرارتی شده با روغن کلزا نسبت به نمونه‌های تیمار حرارتی شده در هوای محیط رخ داد. این نشان می‌دهد که احتمالاً کاهش وزن کمتر نمونه‌های تیمار حرارتی شده با روغن کلزا در اثر پوسیدگی به‌دلیل تیمار حرارتی یکنواخت‌تر و بیشتر نسبت به تیمار حرارتی در محیط هوا باشد.

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که بین کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی در هر دو محیط و کاهش وزن در اثر پوسیدگی رابطه وجود دارد (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- رابطه درصد کاهش وزن در اثر قارچ *C. Puteana* و کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی در روغن کلزا (الف) و هوای محیط (ب).



شکل ۲- رابطه درصد کاهش وزن در اثر قارچ *T. Versicolor* و کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی در روغن کلزا (الف) و هوای محیط (ب).

همان‌طوری که در شکل ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش در میزان کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی، کاهش وزن به‌وسیله *C. puteana* و *T. versicolor* کاهش یافته است. این رابطه نشان می‌دهد که با تیمار حرارتی در روغن کلزا احتمالاً در کاهش حجم حدود ۷/۵ درصد، از پوسیدگی به وسیله هر دو قارچ جلوگیری شود. در مقایسه با تیمار حرارتی در هوای محیط به‌نظر می‌رسد که احتمالاً تیمار حرارتی با روغن کلزا در دما و زمان‌های کمتر بتواند از پوسیدگی به‌وسیله این دو قارچ جلوگیری کند.

### نتیجه گیری

تیمار حرارتی در هوای محیط و روغن کلزا مقاومت به پوسیدگی چوب صنوبر توسط قارچ *C. puteana* و *T. versicolor* را بهبود می دهد. افزایش زمان و دمای تیمار، افزایش مقاومت پوسیدگی را به دنبال دارد. مقاومت به پوسیدگی نمونه های تیمار حرارتی شده با روغن کلزا نسبت به هوای محیط بیشتر است. همچنین با افزایش کاهش حجم در اثر تیمار حرارتی در هر دو محیط حرارت دهی، مقاومت در برابر پوسیدگی به وسیله هر دو قارچ افزایش می یابد.

### منابع

1. Alan, R., Kotilainen, R. and Zaman, A. 2002. Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies*) at 180-225°C. Wood Sci. and Tech. 36 (1): 63-171.
2. ASTM D 1413-07. 2007. Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures. ASTM International: West Conshohocken, USA. Pp: 215-221.
3. Aydemir, D., Gunduz, G., Altuntas, E., Ertas, M., Sahin, H.T. and Alma, M.H. 2011. Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and uludag fir wood. BioResources, 6 (2): 1308-1321.
4. Azadmard-Damirchi, S., Habibi-Nodeh, F., Hesari, J., Nemati, M. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. Food Chemistry, 121:1211-1215.
5. Baziar, B. 2012. Decay Resistance and Physical Properties of Oil Heat Treated Aspen Wood. Bio. Resources, 7(1): 696-705.
6. Calonego, F.W., Severo, E.T.D. and Furtado, E.L. 2010. Decay resistance of thermally-modified Eucalyptus grandis wood at 140°C, 160°C, 180°C, 200°C and 220°C. Bioresource Technology. 101: 9391-9394.
7. Dahmardeh-Ghalehno, M. and Nazerian, M. 2011. Changes in the Physical and Mechanical Properties of Iranian Hornbeam Wood (*carpinus betulus*) with Heat Treatment, Uropean Journal of Scientific Research, 51 (4): 490-498
8. Enayati, A.A. 2010. Wood Physics. Tehran Univ Press, 340p.
9. Esteves, B.M., Domingos, I.J. and Pereira, H.M. 2008. Pine wood modification by heat treatment in air. Bio. Resources. 3 (3): 142-154.
10. Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I. and Pereira, H. 2007. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. Wood Science and Technology. 41 (1): 93-207.

11. Hakkou, M., Petrissans, M., Gerardin, P. and Zoulalian, A. 2006. Investigations of the reasons for fungal durability of heat-treated beech wood. *Polymer Degradation and Stability*. 91: 393-397.
12. Hill, A.S.C. 2006. *Wood Modification Chemical, Thermal and other processes*. John Wiley and Sons PRESS England. Pp: 99-127
13. Homan, W.J. and Jorissen, A.J.M. 2004. Wood modification developments. *HERON*. 49: 361-386.
14. Jimenez, J.P. Jr., Acda, M.N., Razal, R.A. and Madamba, P.S. 2011. Physico-Mechanical properties and durability of thermally modified malapapaya [*polyscias nodosa* (blume) seem.] wood. *Philippine Journal of Science*, 140 (1): 13-23.
15. Kim, D.Y., Nishiyama, Y., Wada, M., Kuga, S. and Okano, T. 2001. Thermal decomposition of cellulose crystallites in wood. *Holzforschung*, 55 (5): 521-524.
16. Kim, G.H., Yun, K.E. and Kim, J.J. 1998. Effect of heat treatment on the decay resistance and bending properties of radiata pine sapwood. *Material and Organismen*, 32 (2): 101-108.
17. Lebow, S.T. 2010. *Wood handbook-Wood as an engineering material: Wood Preservation*. Research Forest Products. 508p.
18. Mirshokraei, S.A. 2003. *Wood chemistry*. Aeeizh Press. 248p. (In Persian)
19. Oliveira, A.M.F. 1986. Agentes destruidores da madeira, second ed. In: Lepage, (E.S. Ed.), *Manual de preservação de madeiras*, vol. 5 Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Pp: 99-256.
20. Ozmen, N. 2007. Dimensional stabilization of growing forest species by acetylation. *Journal of applied sciences*, 7 (5): 710-740.
21. Parsapajoh, D., Faezipour, M., Taghiyare, H. 2004. *Industrial Timber Preservation*. Tehran University Publication. 657p. (In Persian)
22. Rapp, A.O. and Sailer, M. 2001. Oil heat treatment of wood in Germany-State of the art. In: *Review on heat treatments of wood*. Forestry and Forestry Products, France. Pp: 45-60.
23. Rowell, M. 2005. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC Press, Pp: 381-420.
24. Rowell, R.M., Caldeira, F. and Rowell, J.K. 2010. *Wood Durability and Stability Without Toxicity*. Forest Products Industry. Pp: 181-208.
25. Salim, R., Ashaari, Z. and Samsi, H.W. 2010. Effect of Oil Heat Treatment on Physical properties of Semantan Bamboo (*Gigantochloa scortechinii* Gamble). *Modern Applied Science*, 4 (2):107-113.
26. Schmidt, O. 2006. *Wood and Tree Fungi Biology, Damage, Protection, and Use*. Leipzig, Germany. Pp: 53-160.

27. Schmidt, O. 2007. Indoor wood-decay basidiomycetes: damage, causal fungi, physiology, identification and characterization, prevention and control. Mycol Progress. 6: 261–279.
28. Spear, M.J., Fowler, P.A., Hill, C.A.S. and Elias, R.M. 2006. Assessment of the envelope effect of three hot oil treatments: Resistance to decay by *Coniophora puteana* and *Postia placenta*. The International Research Group on Wood Protection, IRG/WP 06-40: 209-216.
29. Tumen, I., Aydemir, D., Gunduz, G., Uner, B. and Cetin, H. 2010. Changes in chemical structure of thermally treatment wood. Bio. Resources. 5(3):1936-1944.
30. Tuong, V.M. and Li, J. 2010. Effect of heat treatment on the change in color And dimensional stability of acacia hybrid wood. BioResources, 5(2):1257-1267.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 21 (2), 2014

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

## **Investigation on The Effect of heat treatment in rapeseed oil on decay resistance of *Populus deltoides* wood**

**F. Chehre<sup>\*1</sup> and M.R. Mastari Farahani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. student, Dept. Wood protection and modification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. Engineering and Wood Technology

Received: 04/21/2013 ; Accepted: 10/18/2014

### **Abstract**

In this study the decay resistance of *Populus deltoides* sapwood heat treated in air and rapeseed oil were investigated. For this purpose, the samples of Cottonwood with dimensions 19×19×19<sub>mm</sub> in according to ASTM D 1413 standard were prepared. Heat treatments were performed at 180, 200 and 220°C temperatures for 2 or 4 hours in air and rapeseed oil. Then samples volumes losses were measured. The experimental samples were exposed to brown rot fungus (*Coniophora puteana*) and white rot fungus (*Trametes versicolor*) for 12 weeks. Then weight loss and moisture content of the samples were measured. Results showed that heat treatment improved the decay resistance of cottonwood. With increasing treatment time and temperature, the decay resistance increased. So that heat treatment with rapeseed oil at the temperature of 220 degrees for 4 hours, improved the decay resistance against *C. puteana* and *T. versicolor* 91.5 and 90.6 percent, respectively. The results also showed that, heat treatment in rapeseed oil had a better effect in comparison to air heat treatment on the improvement of Cottonwood decay resistance.

**Keywords:** Heat treated, Rapeseed oil, Decay, *Coniophora puteana*, *Trametes versicolor*

---

\*Corresponding author: ff.chehreh@yahoo.com