جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷
ص ۴۹-۵۹

DOI: 10.22059/jfwp.2018.247137.880

تأثیر مواد استخراجی بر دوام طبیعی چوب سرخدار در برابر قارچ‌های مختلف عامل پوسیدگی

داود افهامی سیسی[1*]، افسانه توپا[2]

۱. استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۲. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

چکیده

دوام طبیعی چوب در آزمایشگاه اغلب با اندازه‌گیری مقاومت به پوسیدگی چوب‌درون آن در برابر یک گونهٔ قارچی مشخص تعیین می‌شود. رایج‌ترین روش اندازه‌گیری دوام طبیعی چوب، دستورالعمل گفته‌شده در استاندارد EN 113 است. چوب‌درون درختان سرخدار به‌صورت تجربی، از انواع بسیار بادوام محسوب می‌شود، اما تاکنون هیچ داده‌ای در زمینهٔ مقاومت به پوسیدگی آن گزارش نشده است. در این بررسی، دوام طبیعی چوب‌درون سرخدار در برابر انواع مختلف قارچ عامل پوسیدگی اندازه‌گیری و تأثیر مواد استخراجی بر آن بررسی شد. دانسیتهٔ چوب‌درون سرخدار (۶۶۰/۸۹ kg m^{-3}) و مقدار مواد استخراجی موجود در آن (۱۰/۷۵ درصد) نسبت به دیگر گونه‌های سوزنی‌برگ یک رکورد بود. نتایج آزمون قارچ نشان داد که چوب‌درون سرخدار در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی بسیار بادوام است. نمونه‌ها پس از ۱۶ هفته کشت با قارچ‌های *Trametes versicolor* (پوسیدگی سفید)، *Coniphora puteana* و *Antrodia vallanti* (پوسیدگی قهوه‌ای) کمتر از ۰/۵ درصد کاهش وزن داشتند، درحالی که نمونه‌های شاهد راش و چوب‌برون کاج برای مثال در حدود ۴۵ و ۶۰ درصد وزن اولیهٔ خود را در برابر قارچ *C. puteana* از دست دادند. عصاره‌گیری با آب گرم یا الکل/ استون سبب کاهش شدید دوام چوب سرخدار در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی شد. این موضوع نشان‌دهندهٔ تأثیر چشمگیر مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار بر دوام طبیعی آن است. بین اثرگذاری روش‌های مختلف عصاره‌گیری بر دوام چوب سرخدار تفاوت روشنی دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی قارچی، چوب‌درون، دوام طبیعی، سرخدار، مواد استخراجی.

مقدمه

دوام طبیعی چوب، مقاومت ذاتی آن در برابر عوامل مختلف غیرزنده (آتش، عوامل جوی، مواد شیمیایی و غیره) و زنده (قارچ‌ها، حشرات، باکتری‌ها و غیره) را تعریف می‌کند [۱]، اما اغلب منظور از دوام طبیعی چوب، مقاومت آن در برابر آفات زندهٔ چوب و به‌طور ویژه پوسیدگی قارچی است [۲]. دوام طبیعی هر گونهٔ چوبی با روش‌های مختلف آزمایشگاهی یا صحرایی اندازه‌گیری می‌شود. یکی از رایج‌ترین روش‌های آزمایشگاهی برای تعیین دوام طبیعی چوب، استفاده از رده‌بندی‌های گفته‌شده در استاندارد EN 350-1 (۲۰۰۷) [۳] یا استاندارد فرانسوی XP CEN/TS 15083-1 (۲۰۰۶) [۴] است. رده‌بندی دوام چوب در هر دو استاندارد براساس اندازه‌گیری کاهش وزن چوب‌درون آن در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی بنابر استاندارد EN 113 (۱۹۹۶) است [۵]. چوب‌برون اکثر گونه‌های چوبی بی‌دوام است و ارزیابی‌های آزمایشگاهی برای آنها صورت نمی‌گیرد. دوام طبیعی هر

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۷۹۸۲۰۷۰ Email: efhami@ut.ac.ir

گونهٔ چوبی تنها یک پیشنهاد است و تحت تأثیر عوامل زیادی قرار می‌گیرد. تفاوت ساختار آناتومی و شیمیایی هر گونهٔ چوبی بر اثر سن چوب (وجود چوب‌جوان)، شرایط اقلیمی و خاک رویشگاه [۶ ، ۷] و همچنین شرایط استفادهٔ فراوردهٔ چوبی (فضای باز یا داخل ساختمان) [۸] از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر دوام هر گونهٔ چوبی‌اند.

مهم‌ترین عامل مؤثر بر دوام طبیعی چوب‌درون، مواد استخراجی آن است [۹،۲]. تحقیقات نشان داده است که تیمار چوب‌های بی‌دوام با مواد استخراجی چوب‌درون گونه‌های بادوام موجب افزایش مقاومت آنها در برابر پوسیدگی قارچی یا حملهٔ حشرات چوب‌خوار می‌شود [۱۰، ۱۱]. اگرچه برخی تحقیقات به اثر مثبت تراکم حجمی (دانسیته) چوب بر دوام طبیعی آن به‌خصوص در مورد موریانه‌ها اشاره کرده‌اند [۱۲، ۱۳]، نمی‌توان آن را به‌عنوان یک اصل عمومی قبول کرد. به‌عنوان مثال چوب‌درون گونه‌های چوبی راش و ممرز که به‌نسبت سنگین‌اند، اما عاری از ترکیبات فعال زیستی (تانن‌ها، استیلبن‌ها، ترپن‌ها و غیره) هستند، در ردهٔ چوب‌های بی‌دوام (ردهٔ پنجم استاندارد) گروه‌بندی می‌شوند. گونه‌های چوبی توسکا، نارون و صنوبر که تراکم حجمی بسیار کمتری دارند نیز در همین رده (بی‌دوام) قرار می‌گیرند [۱]. Latorraca و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی بر دوام طبیعی چوب درختان اقاقیا گزارش کردند که اغلب مواد استخراجی چوب‌درون این گونه از نوع ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدها هستند، همچنین درصد مواد استخراجی موجود در چوب‌درون بالغ بیشتر از چوب‌درون جوان است که می‌تواند توضیحی برای دوام طبیعی کمتر چوب‌جوان از چوب‌بالغ باشد [۱۴]. همچنین در تحقیقی دربارهٔ مواد استخراجی دو گونه والابا (*Eperua* spp) و اثر آن بر مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ رنگین‌کمان (*Coriolus versicolor*) مشاهده شد که مواد قابل حل در اتانول بیش از مواد استخراجی قابل حل در دی‌کلرومتان اثرگذارند و خاصیت زیست‌فعال دارند [۱۵].

سرخدار (*Taxus baccata* L.) یکی از درختان باارزش جنگل‌های شمال کشور است. سرخدار درختی همیشه‌سبز و سایه‌پسند بوده و رشد سالانهٔ قطری یا طولی آن بسیار کند است. این درخت اغلب در ارتفاعات و در رویشگاه‌های سرد و مرطوب دیده می‌شود [۱۶]. اگرچه مشاهدهٔ سرخدارهایی با سن بیش از ۱۰۰۰ سال اتفاق نادری نیست، به‌طور کلی دیرزیستی این درختان در حدود ۵۰۰ سال است و پس از ۷۰ سال به بلوغ زایشی (سن تولید میوه) می‌رسند [۱۷]. سرخدار دارای چوب‌درون مشخص به رنگ قرمز حنایی و چوب‌برون آن باریک و به رنگ سفید شیری است. درختان سرخدار از نظر تولید چوب اهمیت اقتصادی ندارند، اما به‌دلیل رنگ زیبای چوب‌درون، اغلب در معرق‌کاری یا ساخت اشیای تزیینی استفاده می‌شود. قطع درختان سرخدار در کشور ممنوع است.

برگ درختان سرخدار برای دام و انسان سمی است. برگ، میوه، پوست و ریشه سرخدار سرشار از آلکالوئیدها (مانند تاکسول) است [۱۸]. امروزه اهمیت تاکسول استخراج شده از برگ و پوست درختان سرخدار برای درمان بیمارهای مختلف مانند سرطان اثبات شده است [۱۹].

هدف این پژوهش، بررسی دوام طبیعی چوب‌درون درختان سرخدار در برابر انواع مختلفی از قارچ‌های عامل پوسیدگی است. چوب‌درون درخت سرخدار به عنوان چوبی بسیار بادوام شناخته می‌شود. اما قضاوت دربارهٔ دوام طبیعی آن براساس مشاهدات تجربی بوده و بررسی‌های علمی و آزمایشگاهی بسیار کمی صورت گرفته است. با توجه به اهمیت تحقیقات بنیادی دربارهٔ گونه‌های مختلف چوبی و جمع‌آوری اطلاعات پایه دربارهٔ آنها، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر مواد استخراجی بر دوام طبیعی چوب سرخدار در برابر انواع مختلف قارچ عامل پوسیدگی انجام گرفت. در این تحقیق از سه نوع قارچ *Trametes versicolor*، *Coniphora puteana* و *Antrodia vallanti* استفاده شد.

قارچ *T. versicolor* مولد پوسیدگی سفید است. این قارچ متداول‌ترین قارچ عامل پوسیدگی در اروپا و بر روی پهن‌برگان است که در پژوهش‌های علمی نیز به‌منظور القای پوسیدگی سفید روی گونه‌های پهن‌برگ بنابر استاندارد EN 113 استفاده می‌شود. این قارچ با نام رایج دم‌بوقلمونی شناخته می‌شود، اما در ایران به آن قارچ رنگین‌کمان می‌گویند [۲۰].

قارچ‌های *C. puteana* و *A. vaillantii* در کنار قارچ *Serpula lacrymans* از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی قهوه‌ای به‌شمار می‌روند [۱]. این قارچ‌ها مولد پوسیدگی قهوه‌ای‌اند و اغلب روی گونه‌های سوزنی‌برگ فعالیت می‌کنند.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها از تیرهای چوبی سرخدار از بقایای یک خانه قدیمی در شهر گرگان تهیه و برای بررسی به آزمایشگاه منتقل شد. سن تقریبی درختان قطع‌شده در محل نمونه‌گیری از تیرها براساس برآورد اسمی در حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ سال بود که قطری در حدود ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر داشتند (میانگین پهنای حلقه‌های سالانه ۲۵۰ میکرون). در این تحقیق تنها از قسمت میانی چوب‌درون استفاده شد تا از اثر سن بر نتایج ممانعت شود.

ابعاد اسمی نمونه‌های تهیه‌شده برای اندازه‌گیری دوام طبیعی (مماسی × شعاعی × طول) mm^3 ۱۵ × ۲۵ × ۵۰ بود که براساس استاندارد EN 113 تهیه شدند. نمونه‌ها پس از برش در داخل آون ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و سپس حجم (v_0) و وزن خشک (m_0) آنها اندازه‌گیری شد. وزن خشک زمانی تعیین شد که کاهش وزن دو اندازه‌گیری متوالی در فاصلهٔ زمانی ۴ ساعت کمتر از ۰/۰۵ گرم بود. برای اندازه‌گیری ابعاد نمونه‌ها از کولیس ۰/۰۱ میلی‌متر و برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتالی ۰/۰۱ گرم استفاده شد. چگالی خشک (D_0) نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد:

$$D_o = \frac{m_o}{v_o} \qquad (۱)$$

در مجموع ۴۵ نمونه تهیه و به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول نمونه‌هایی بودند که بدون پیش‌تیمار و خروج مواد استخراجی استفاده شدند. نمونه‌های گروه دوم با استفاده از آب داغ و نمونه‌های گروه سوم با الکل/ استون (با نسبت ۲:۱) به‌مدت سه روز داخل سوکسوله‌های آزمایشگاهی متصل به مبرد عصاره‌گیری شدند تا مواد استخراجی آنها خارج شود. پس از عصاره‌گیری، وزن خشک اجاقی نمونه‌ها (m_1) دوباره اندازه‌گیری شده و مقدار کاهش وزن آنها (wl %) بر اثر خروج مواد استخراجی براساس رابطهٔ ۲ محاسبه شد:

$$wl\ \% = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

نمونه‌ها پس از این فرایند به اتاق کلیما انتقال داده شدند.

آزمون قارچ

آزمون قارچ براساس استاندارد EN 113 (۱۹۹۶) انجام گرفت. در این مطالعه از قارچ‌های *Trametes versicolor* (مولد پوسیدگی سفید) و همچنین قارچ‌های *Coniophora puteana* و *Antrodia vaillantii* (مولد پوسیدگی قهوه‌ای) استفاده شد. کشت قارچ‌ها روی محیط مالت-آگار (۴۰ گرم در لیتر مالت و ۲۰ گرم در لیتر آگار) انجام گرفت. برای هر نوع قارچ ۱۵ نمونه استفاده شد: پنج نمونه بدون پیش‌تیمار، پنج نمونه عصاره‌گیری با آب گرم، پنج نمونه عصاره‌گیری با الکل/ استون. آزمون حادپذیری[1] قارچ‌ها برای پوسیدگی سفید روی شش نمونه چوب راش (*Fagus orientalis*) و برای قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای روی شش نمونه چوب‌برون کاج تهرانی (*Pinus*

1. Virulence test

eldarica) بـــا ابعـــاد اســـتاندارد ۵۰ ×۲۵ ×۱۵ mm^3 (مماســی×شــعاعی×طــولی) انجــام گرفــت. نمونــه‌هــای حادپذیری به‌منظور اندازه‌گیری تهاجمی بودن واریتهٔ قارچ استفاده می‌شوند. این نمونه‌ها اغلب از گونه‌هـای بـی‌دوام انتخاب می‌شـوند و در صـورت تخریـب نشـدن مناسـب (دست‌کـم ۲۰ درصـد کـاهش وزن) نشـان‌دهنـدهٔ ضـعف واریتهٔ قارچ استفاده‌شده‌اند.

همهٔ نمونه‌ها قبل از در معرض قرارگیری با اسـتفاده از اتوکلاو در فشـار ۱/۲ بـار و بـه‌مـدت ۲۰ دقیقـه اسـتریل شدند. در هر ظرف (فلاسک)، یک نمونه سرخدار و یـک نمونه پایه قرار گرفت. نمونـه‌هـای پایـه بـرای پوسـیدگی سفید از چـوب راش انتخـاب شـدند، درحـالی کـه بـرای پوسیدگی قهوه‌ای از چوب‌برون کاج تهرانی اسـتفاده شـد. براساس استاندارد در داخـل هـر ظـرف بایـد یـک نمونـهٔ اصلی و یک نمونه از گونه‌هایی بـا دوام طبیعـی کـم قـرار گیرد که نمونهٔ پایه[1] نامیده می‌شود. کاربرد نمونه‌های پایـه متفاوت با نمونه‌های حادپذیری است. این نمونه‌هـا بـرای اندازه‌گیری تخریب‌کننـدگی واریتـهٔ قـارچ، در هـر ظـرف آزمونی استفاده می‌شوند. در واقع نمونـه‌هـای حادپـذیری تعیین‌کنندهٔ امکـان اسـتفاده از واریتـهٔ یـک قـارچ بـوده و نمونه‌های پایه، نشان‌دهندهٔ وضعیت فعالیت قـارچ در هـر ظرف آزمونی است. اگر تخریب نمونهٔ پایه در هـر ظـرف (به‌دلیل آلودگی یا غیره) کمتر از مقدار مـورد نظـر باشـد، نمی‌توان به دادهٔ آن ظرف اعتماد کرد.

ظروف مورد استفاده دارای کلاهک فلزی ضـد نشـت بودند. وسط درِ فلزی هر ظرف یـک سـوراخ بـه قطـر ۱۵ میلی‌متر ایجاد و با استفاده از پنبهٔ فشـرده مسـدود شـد تـا امکان تهویهٔ هوا بدون آلودگی محیط کشت فراهم شود.

نمونه‌ها به‌مدت ۱۶ هفته در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گـراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد در مجاورت قارچ قرار گرفتند. بعـد از آزمون، میسیلیوم‌هـا از روی نمونـه‌هـا پـاک شـده و بـرای اندازه گیری درصد رطوبـت (MC%) بـا اسـتفاده از رابطـهٔ ۳ توزین شـدند (M_2). وزن نهـایی نمونـه‌هـا (M_3) نیـز بعـد از خشک شدن در آون ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد اندازه‌گیـری شـد؛ سپس درصـد کـاهش وزن نمونـه‌هـا (WL%) برمبنـای وزن خشک اولیه با استفاده از رابطهٔ ۴ محاسبه شد.

$$MC\,\% = \frac{m_2 - m_3}{m_3} \times 100 \quad (۳)$$ در پایان آزمون

$$WL\,\% = \frac{m_1 - m_3}{m_1} \times 100 \quad (۴)$$

درصد مواد استخراجی

ضایعات نمونه‌گیری‌ها در یک آسیاب آزمایشگاهی خـرده شد و پس از الک، ذرات ردشده از مش ۴۰ و بـاقی‌مانـده روی مـش ۶۰ بـرای انـدازه‌گیـری درصـد واقعـی مـواد اسـتخراجی چـوب‌درون سـرخدار بررسـی شـد. از روش گفته‌شده در اسـتاندارد TAPPI بـه شـمارهٔ T 204 cm-97 برای اندازه‌گیـری مـواد اسـتخراجی قابـل حـل در الکـل/ استون با نسبت ۲:۱ در سه تکرار اسـتفاده شـد. ۲ گـرم از خرده‌چوب تهیه‌شده داخـل یـک سوکسـوله آزمایشـگاهی متصل به مبرد ریخته شد و بـه‌مـدت ۸ سـاعت رفلاکـس الکل/ استون بر روی آن انجام گرفت.

نتایج

نتایج اندازه‌گیـری مقـادیر مـواد اسـتخراجی و همچنـین مقـدار کاهش وزن نمونه‌ها پـس از پـیش‌تیمارهـا بـه همـراه دانسـیتهٔ چـوب در جـدول ۱ آمـده اسـت. دانسـیتهٔ سـرخدار از دیگـر گونه‌های سوزنی‌برگ مانند نوئـل و نـراد (۴۶۰ $kg\ m^{-3}$)، انـواع مختلف کـاج‌هـا (۵۲۰ $kg\ m^{-3}$)، داگـلاس‌فـر (۵۳۰ $kg\ m^{-3}$) و حتـی لاریکـس (۶۰۰ $kg\ m^{-3}$) بیشـتر اسـت و از ایـن نظـر، گونه‌ای نیمه‌سنگین محسوب می‌شود [۱]. نکتهٔ جالـب، درصـد مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار اسـت کـه دسـت‌کـم در میان سوزنی‌برگان یک رکورد است. میـانگین مـواد اسـتخراجی در چوب درختـان پهـن‌بـرگ و سـوزنی‌بـرگ در حـدود ۵-۱ درصـد اسـت. در میـان سـوزنی‌برگـان، بیشـتر مقـدار مـواد

1. Reference controls

استخراجی قابل حل در حلال‌های آلی مربوط به گونهٔ داگلاس‌فر است که ۵/۴ درصد گزارش شده است [۲۱]. البته درصد مواد استخراجی چوب‌درون گونه‌های پهن‌برگ گرمسیری اغلب بسیار بیشتر و ۱۴–۱۰ درصد است [۲۲]. در تحقیقی دربارهٔ ترکیبات شیمیایی چوب درختان سرخدار در جنگل‌های ترکیه، مقدار مواد استخراجی قابل حل در اتانول/ بنزن و آب گرم برای چوب‌درون سرخدار به‌ترتیب ۱۹/۲۳ و ۶/۲۹ درصد اعلام شد. همچنین در مطالعات قدیمی‌تر، مقدار مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار با توجه به سن و رویشگاه ۲۰–۱۰ درصد گزارش شده است [۲۳]. در خصوص نوع ترکیبات موجود در مواد استخراجی سرخدار اطلاعاتی یافت نشد، اما مادهٔ استخراجی غالب در پوست و برگ درختان سرخدار آلکالوئیدها و به‌ویژه تاکسول است [۱۹].

روش‌های عصاره‌گیری روی نمونه‌های بزرگ حتی با وجود سه‌برابر کردن زمان عصاره‌گیری قادر به خروج کم‌وبیش نیمی از موادی بود که می‌توانست خارج شود. البته در صورت استفاده از نمونه‌های کوچک‌تر، امکان خروج درصد بیشتری از مواد استخراجی وجود داشت.

درصد رطوبت نمونه‌ها در پایان آزمون‌های مقاومت به پوسیدگی در دامنهٔ مورد قبول استاندارد قرار گرفت (جدول ۲). برپایهٔ اطلاعات استاندارد EN 113، در صورتی که کاهش وزن نمونه‌ای کمتر از ۳ درصد باشد، باید مقدار رطوبت آن در پایان آزمون در دامنهٔ ۲۰ تا ۸۰ درصد قرار گیرد. در واقع این موضوع به‌دلیل ناتوانی فعالیت قارچ‌ها در چوبی با رطوبت بیشتر از ۸۰ درصد یا کمتر از ۲۰ درصد است که در صورت اجرای نادرست آزمون اتفاق می‌افتد. به‌عنوان مثال در صورت استفاده نکردن از پایه برای نمونه‌های چوبی و تماس آنها با محیط کشت، احتمال افزایش رطوبت آنها به حداکثر قابل تحمل برای قارچ‌ها وجود دارد. همچنین در صورت کم بودن رطوبت نسبی انکوباتور یا نشت ظرف‌های آزمایش، رطوبت نمونه‌ها کمتر از حداقل قابل تحمل برای قارچ خواهد بود.

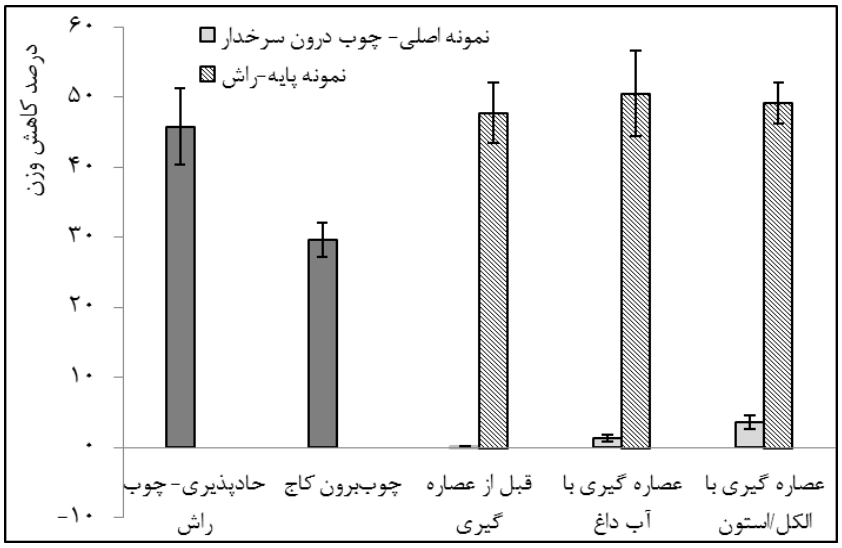
نتایج اندازه‌گیری دوام طبیعی چوب‌درون سرخدار در برابر قارچ *T. versicolor* قبل و بعد از عصاره‌گیری در شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر کاهش وزن نمونه‌های حادپذیری چوب راش، سلامت و میزان حادپذیری واریتهٔ قارچ استفاده‌شده را تأیید کرد. براساس استاندارد EN 113، قارچ عامل پوسیدگی سفید باید موجب ۲۰ درصد کاهش وزن در نمونه‌های چوب راش شود تا بتوان از قارچ برای آزمون‌های اصلی استفاده کرد. مقادیر کاهش وزن نمونه‌های شاهد چوب‌برون کاج تهرانی نیز جالب توجه بود. قارچ رنگین‌کمان اغلب بر روی پهن‌برگان فعالیت می‌کند، اما اثر فعالیت آن بر کاهش وزن چوب یک سوزنی‌برگ نیز شایان توجه بود.

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری دانسیته، مواد استخراجی و کاهش وزن نمونه‌ها پس از آبشویی

دانسیتهٔ چوب	مواد استخراجی با روش استاندارد	کاهش وزن نمونه‌ها پس از عصاره‌گیری با آب	کاهش وزن نمونه‌ها پس از عصاره‌گیری با الکل/ استون
$kg\ m^{-3}$	٪	٪	٪
۶۶۰/۹ ± ۶۷/۸	۱۰/۸±۰/۹	۲/۳±۰/۷	۵/۳±۱/۰

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری درصد رطوبت نمونه‌ها در پایان آزمون مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ‌های مختلف

شرح تیمار	*T. versicolor* ٪	*C. puteana* ٪	*A.vallantii* ٪
چوب راش	۱۳۴/۶۱±۳۴/۴۳	۸۳/۳۵±۳۶/۱۶	۶۰/۴۷±۱۳/۷۲
چوب‌برون کاج	۱۳۶/۵۹±۲۷/۲۷	۱۰۷/۲۱±۳۹/۳۲	۵۵/۸۸±۸/۴۷
قبل از عصاره‌گیری	۴۵/۰۰±۶/۸۵	۳۸/۰۹±۸/۶۵	۳۱/۶۳±۵/۰۸
بعد از عصاره‌گیری با آب داغ	۴۸/۲۹±۱۵/۴	۶۰/۲۶±۲۵/۵۸	۳۴/۴۹±۷/۰۷
بعد از عصاره‌گیری با الکل/ استون	۶۰/۷۱±۱۵/۵۸	۴۴/۹۲±۱۸/۶۹	۳۵/۵۱±۴/۸۵

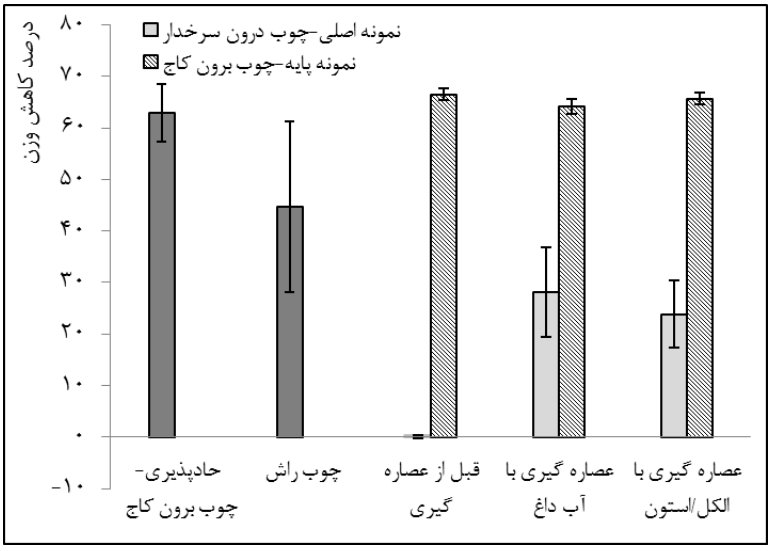


شکل ۱. نتایج آزمون مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ *T. versicolor*

مقادیر کاهش وزن نمونه‌های چوب‌درون سرخدار در برابر قارچ رنگین‌کمان، به‌ویژه قبل از عصاره‌گیری بسیار ناچیز بود. این در حالی بود که نمونه‌های پایه از چوب راش در همان ظروف، بیش از ۴۵ درصد کاهش وزن داشتند که نشان‌دهندهٔ شرایط مناسب اجرای آزمون بود. عصاره‌گیری به‌ویژه با الکل/ استون اندکی موجب کاهش مقاومت چوب‌درون سرخدار در برابر قارچ مولد پوسیدگی سفید شد، اما همچنان می‌توان چوب‌درون سرخدار را حتی پس از عصاره‌گیری نیز به‌عنوان چوبی بسیار بادوام در برابر پوسیدگی سفید رده‌بندی کرد. چند دلیل برای این موضوع می‌توان در نظر گرفت: ۱. کامل نبودن عصاره‌گیری مواد استخراجی زیست‌فعال؛ ۲. ناسازگاری قارچ عامل پوسیدگی سفید با ساختار شیمیایی گونه‌های سوزنی‌برگ؛ ۳. ساختار فشردهٔ چوب سرخدار با تناوبی از نوارهای بسیار باریک چوب‌آغاز و پایان.

به‌طور کلی (بدون در نظر گرفتن استثناها)، قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید، گونه‌های چوبی پهن‌برگ را به‌عنوان منبع غذایی به چوب سوزنی‌برگان ترجیح می‌دهند، درحالی که پوسیدگی قهوه‌ای در چوب سوزنی‌برگان شایع‌تر است. دلایل زیادی برای این موضوع گفته شده است، اما اغلب تغییر ترکیب شیمیایی چوب از قبیل نوع لیگنین و همی‌سلولز متفاوت، مقدار لیگنین کمتر در پهن‌برگان و همچنین تفاوت در ترکیب مواد استخراجی عامل اصلی این رفتار دانسته شده است [۲۰].

نتایج آزمون پوسیدگی قهوه‌ای با قارچ *C. puteana* در شکل ۲ خلاصه شده است. مقادیر کاهش وزن نمونه‌های حادپذیری با چوب‌برون کاج تهرانی، سلامت واریتهٔ قارچ استفاده‌شده را تأیید می‌کند (۲۰ درصد براساس استاندارد EN 113). نمونه‌های شاهد از چوب راش نیز کاهش وزن چشمگیری در برابر این نوع پوسیدگی داشتند که با کاهش وزن آنها در برابر قارچ عامل پوسیدگی سفید برابر بود. در حالت کلی، با توجه به اینکه قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای قادر به تخریب پلی‌ساکاریدهای (همی‌سلولز و سلولز) چوب هستند، سبب کاهش وزن بیشتری می‌شوند. درحالی که قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید، به‌طور اولیه لیگنین چوب را تخریب می‌کنند که درصد کمتری از چوب را در مقایسه با پلی‌ساکاریدها تشکیل داده است [۲۰].



شکل ۲. نتایج آزمون مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ *C. puteana*

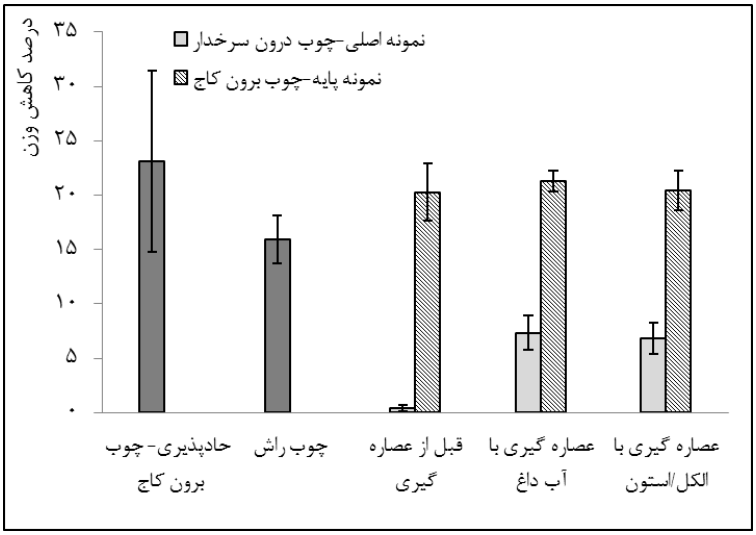
قبل از عصاره‌گیری درحالی که نمونه‌های پایه از چوب‌برون کاج بیش از ۶۵ درصد وزن اولیه خود را از دست داده بودند، نمونه‌های چوب‌درون سرخدار کم‌وبیش دست‌نخورده بودند. پس از عصاره‌گیری نتایج جالبی به‌دست آمد. عصاره‌گیری چوب‌درون سرخدار موجب کاهش شدید مقاومت آن در برابر قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای شد؛ البته کاهش وزن نمونه‌های سرخدار عصاره‌گیری‌شده همچنان کمتر از نمونه‌های پایه از چوب‌برون کاج بود. این نتایج نشان‌دهندهٔ اثرگذاری شدید مواد استخراجی این گونه بر دوام طبیعی آن است. با توجه به اینکه روش عصاره‌گیری به‌کاررفته در این تحقیق قادر به خروج همهٔ مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار نبود، می‌توان حدس زد که در صورت مؤثرتر بودن روش عصاره‌گیری، امکان دستیابی به مقادیر کاهش وزن بیشتر نیز وجود داشت. به‌تازگی در یک مقاله، دوام طبیعی چوب سرخدار و چند گونهٔ بادوام دیگر قبل و بعد از آبشویی در مقابل انواع مختلف قارچ عامل پوسیدگی بررسی و اعلام شده است که برپایهٔ آن، آزمون آبشویی بنابر استاندارد EN 84 اثری بر دوام طبیعی چوب سرخدار ندارد [۲۴]. افزون بر گونهٔ سرخدار، دوام طبیعی دیگر گونه‌های چوبی (ارس، بارانک، گیلاس وحشی) بررسی‌شده نیز کاهش چندانی بر اثر آزمون آبشویی نداشتند. از این‌رو به‌نظر می‌رسد آبشویی با آب سرد قدرت خارج کردن مواد استخراجی زیست‌فعال چوب را مانند عصاره‌گیری با آب گرم یا حلال‌های آلی ندارد. این در حالی است که بارها کاهش دوام طبیعی برخی چوب‌های خیلی بادوام (مانند پهن‌برگان گرمسیری) در شرایط تماس با زمین گزارش شده است [۲۵]. شرایط تماس با زمین یکی از پرخطرترین مکان‌هایی است که می‌توان از چوب استفاده کرد. کاهش دوام چوب در این شرایط ممکن است به‌دلیل تماس دائمی با آب و شسته شدن مواد زیست‌فعال آن باشد.

عصاره‌گیری با آب داغ اگرچه سبب خروج مقدار کمتری از مواد استخراجی در مقایسه با عصاره‌گیری با حلال آلی بود، موجب افزایش بیشتر میانگین کاهش وزن نمونه‌ها در مقابل قارچ *C. puteana* شد. البته با توجه به مقادیر انحراف معیار داده‌ها شاید نتوان به این نتیجه چندان اطمینان کرد. از طرفی در مورد قارچ *T. versicolor* اثرگذاری روش عصاره‌گیری با حلال آلی بیشتر از آب گرم بود.

در شکل ۳ نتایج آزمون مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ *A.vallantii* که مولد پوسیدگی قهوه‌ای است نشان

داده شده است. در نگاه اول مشخص است که مقادیر کاهش وزن حاصل از این قارچ برای نمونه‌های حادپذیری و شاهد راش بسیار کمتر از دو قارچ قبلی است. قارچ *A.vallantii* از انواع قارچ ذکرشده در استاندارد EN 113 نیست، اما یکی از قارچ‌های مهم عامل پوسیدگی قهوه‌ای در اروپا محسوب می‌شود [۱]. مقادیر کاهش وزن نمونه‌های حادپذیری از چوب‌برون کاج همچنان حداقل‌های استاندارد برای تأیید سلامت واریتهٔ استفاده‌شده را تأیید می‌کند (۲۰ درصد براساس استاندارد EN 113).

به‌طور کلی قارچ *A.vallantii* در شرایط مشابه نسبت به دیگر قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای مانند *Gloeophyllum trabeum* و *C. puteana* سبب کاهش وزن کمتر می‌شود [۲۶]. چوب‌درون سرخدار حتی پس از عصاره‌گیری نیز دوام خوبی در برابر قارچ *A.vallantii* داشت.



شکل ۳. نتایج آزمون مقاومت به پوسیدگی در برابر قارچ *A.vallantii*

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که چوب‌درون سرخدار به‌طور طبیعی دوام بسیار زیادی در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی (سفید و قهوه‌ای) دارد. مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار بسیار زیاد است و در میان اغلب گونه‌های چوبی یک رکورد محسوب می‌شود که می‌تواند عامل اصلی دوام طبیعی زیاد آن باشد. اگرچه اغلب رابطه‌ای بین دوام چوب و دانسیتهٔ آن متصور نیست، به‌نظر می‌رسد دانسیتهٔ به‌نسبت زیاد چوب‌درون سرخدار در کنار حلقه‌های سالانهٔ باریک با تناوبی از چوب‌بهاره و تابستانه می‌تواند عامل دیگری برای دوام آن باشد. روش‌های عصاره‌گیری انجام‌گرفته در این تحقیق امکان خروجی نیمی از مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار را داشت و سبب کاهش شدید مقاومت آن در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی شد. اگرچه عصاره‌گیری با آب گرم اثر کمتری در خروج مواد استخراجی داشت، مقدار کاهش مقاومت به پوسیدگی مشابه عصاره‌گیری با الکل/ استون بود. در واقع این نتایج نشان می‌دهد که اغلب مواد زیست‌فعال در بین مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار قابل حل در آب است و در صورت استفاده از این چوب در شرایط تماس با آب، امکان کاهش مقاومت به پوسیدگی آن در بلندمدت وجود دارد. در پایان پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های تکمیلی مواد استخراجی چوب‌درون سرخدار بررسی و شناسایی شوند.

References

[1]. Reinprecht, L. (2016). Wood Deterioration, protection and maintenance, John Wiley and Sons. 337p.

[2]. Taylor, A. M., Gartner, B. L., and Morrell, J. J. (2007). Heartwood formation and natural durability-a review. Wood and Fiber Science, 34(4): 587-611.

[3]. EN 351-1 (2007) Durability of wood and wood-based products - Preservative- treated solid wood - Part 1: Classification of preservative penetration and retention, 22p.

[4]. XP CEN/TS 15083-1 (2006) Durability of wood and wood based products. Determination of solid wood durability against wood destroying fungi Test methods. Part 1: Basidiomycetes.

[5]. EN 113 (1996) Wood preservatives-Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes-Determination of the toxic values.

[6]. Pollet, C., Jourez, B., and Hebert, J. (2008). Natural durability of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) wood grown in Wallonia, Belgium. Canadian journal of forest research, 38(6): 1366-1372.

[7]. Bhat, K. M., and Florence, E. M. (2003). Natural decay resistance of juvenile teak wood grown in high input plantations. Holzforschung, 57(5): 453-455.

[8]. Van Acker, J., Stevens, M., Carey, J., Sierra-Alvarez, R., Militz, H., Le Bayon, I., Kleist, G. and Peek, R. D. (2003). Biological durability of wood in relation to end-use. Holz als Roh-und Werkstoff, 61(1): 35-45.

[9]. Kirker, G. T., Blodgett, A. B., Arango, R. A., Lebow, P. K., and Clausen, C. A. (2013). The role of extractives in naturally durable wood species. International Biodeterioration and Biodegradation, 82(1): 53-58.

[10]. Singh, T., and Singh, A. P. (2012). A review on natural products as wood protectant. Wood Science and Technology, 46(5), 851-870.

[11]. Syofuna, A., Banana, A. Y., and Nakabonge, G. (2012). Efficiency of natural wood extractives as wood preservatives against termite attack. Maderas. Ciencia y tecnología, 14(2): 155-163.

[12]. Arango, R. A., Green, F., Hintz, K., Lebow, P. K., and Miller, R. B. (2006). Natural durability of tropical and native woods against termite damage by *Reticulitermes flavipes* (Kollar). International Biodeterioration and Biodegradation, 57(3): 146-150.

[13]. Dadzie, P. K., and Amoah, M. (2015). Density, some anatomical properties and natural durability of stem and branch wood of two tropical hardwood species for ground applications. European Journal of Wood and Wood Products, 73(6), 759-773.

[14]. Latorraca, J. V., Dünisch, O., and Koch, G. (2011). Chemical composition and natural durability of juvenile and mature heartwood of *Robinia pseudoacacia* L. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 83(3): 1059-1068.

[15]. Amusant, N., Moretti, C., Richard, B., Prost, E., Nuzillard, J. M., and Thévenon, M. F. (2007). Chemical compounds from *Eperua falcata* and *Eperua grandiflora* heartwood and their biological activities against wood destroying fungus (*Coriolus versicolor*). Holz als Roh-und Werkstoff, 65(1): 23–28.

[16]. Thomas, P. A., and Polwart, A. (2003). *Taxus baccata* L. biological flora of the British Isles. Journal of Ecology, 91(3): 489–524.

[17]. Benham, S.E., Houston Durrant, T., Caudullo, G., and de Rigo, D. (2016) *Taxus baccata* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J, de Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T, Mauri A (eds.) European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, e015921p.

[18]. Hageneder, F. (2011). Yew: a history. History Press Limited, London, UK. 320p.

[19]. Malik, S., Cusidó, R. M., Mirjalili, M. H., Moyano, E., Palazón, J., and Bonfill, M. (2011). Production of the anticancer drug taxol in *Taxus baccata* suspension cultures: a review. Process Biochemistry, 46(1): 23-34.

[20]. Schmidt, O. (2006). Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use. Springer Science and Business Media. 334p.

[21]. Jöström, S. (1993). Wood chemistry: fundamentals and application. Academic Press, London, UK. 293p.

[22]. Antwi-Boasiako, C., Barnett, J. R., and Pitman, A. J. (2010). Relationship between total extractive content and durability of three tropical hardwoods exposed to *Coriolus versicolor* (Linnaeus) Quelet. Journal of the Indian Academy of Wood Science, 7(1-2), 9-13.

[23]. Mertoğlu-Elmas, G. (2003). Chemical components of heartwood and sapwood of common Yew (*Taxus baccata L.*). Journal of environmental biology, 24(4): 489-492.

[24]. Brischke, C., Hesse, C., Meyer-Veltrup, L., and Humar, M. (2017). Studies on the material resistance and moisture dynamics of Common juniper, English Yew, Black Cherry, and Rowan. Wood Material Science and Engineering, 1-9

[25]. Nzokou, P., Wehner, K., and Kamdem, D. P. (2005). Natural durability of eight tropical hardwoods from Cameroon. Journal of Tropical Forest Science, 17(3): 416-427.

[26]. Humar, M., Bučar, B., and Pohleven, F. (2006). Brown-rot decay of copper-impregnated wood. International Biodeterioration and Biodegradation, 58(1): 9-14.

The Effect of Xylem Extractives on Natural Durability of Yew Wood against different rotting fungi

D. Efhamisisi[*]; Assist. Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

A. Topa; M.Sc. Graduate of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

(Received: 06 December 2017, Accepted: 04 March 2018)

ABSTRACT

The natural durability of a wood in laboratory is usually determined by measuring the resistance of its heartwood against a specific rotting-fungi species. The most common way for the measuring of the natural durability is the standard guidelines given in EN 113. Although the heartwood of yew trees is experimentally known as a very durable wood, but so far no data is recorded about its resistance against fungal decay. In this study, the natural durability of yew wood was measured against different types of rotting fungi, and then the impact of extractive materials was discussed on that. The density (660.89 kg m^{-3}) and the extractives content (10.75 %) of yew's heartwood was similar to other softwood species. The result of fungal test showed that the heartwood of yew tree is very durable against rotting fungi. The samples showed below 1% weight loss after 16 weeks incubation with fungi including *Trametes versicolor* (as white rot), *Coniphora puteana and Antrodia vallanti* (as brown rot), while at the same time the controls from beech and sapwood of pine lost approximately 45 and 60 % of their initial weight against *C. puteana.* The extraction with hot water and or ethanol/aceton markedly decreased resistance of samples against rotting fungi. This proves that the extractive content of heartwood in yew tree is the main factor could affect its natural durability. No clear difference was observed between different ways of extraction on the durability of yew's wood.

Keywords: Extractives, Fungal decay, Heartwood, Natural durability, Yew tree.

[*] Corresponding Author, Email: efhami@ut.ac.ir, Tel: +989127982070