

اثر مواد استخراجی بر تثبیت و آبشویی ماده حفاظتی سلکور (ACC) در چوب گونه توسکای

بیلاقی (*Alnus subcordata*)^{*}

وحیدرضا صفدری¹، حمید جودی²، میلاد نصیری³، سیدخلیل حسینی‌هاشمی⁴

تاریخ دریافت: 91/7/5 تاریخ پذیرش: 91/12/20

چکیده

مواد استخراجی چوب جزو ترکیبات غیرساختمانی بوده که اثرات آن بر روی ویژگی‌های فیزیکی چوب به اثبات رسیده و در نتیجه دور از انتظار نیست که بر روی فرآیند تثبیت موادحفاظتی در چوب هم اثرگذار باشد. به‌منظور درک این موضوع فرآیند تثبیت ماده‌حفاظتی ACC در چوب گونه توسکای بیلاقی در سه حالت: شاهد (واجد ماده استخراجی)، عاری از مواد-استخراجی محلول در آب گرم و عاری از مواداستخراجی محلول در حلال آلی (الکل استن) در شش زمان مختلف (صفر، 192، 384، 576 و 768 ساعت) از طریق تجزیه دستگاهی (اسپکتروسکوپی UV-V و جذب اتمی) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به‌دست آمده با نتایج روش دیگر یعنی آبشویی بلوک‌های چوبی (دیسکاتور و خلاء) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج هر دو روش حاکی از آن است که مواد استخراجی محلول در آب پهن‌برگان که غالباً از نوع تان‌ها، قندها، مونو و دی-ساکاریدها می‌باشند بر روی تثبیت کروم (Cr) و به ویژه فلز مس (Cu) و در نتیجه ماده‌حفاظتی ACC اثرات مطلوب و معنی‌داری داشته و حذف این نوع از مواداستخراجی باعث می‌شود تا تثبیت ماده حفاظتی ACC در چوب افزایش یابد. ضمناً مقایسه فرآیند تثبیت در زمان‌های مختلف نشان‌داد که تثبیت ماده‌حفاظتی ACC در همان ساعت‌های اولیه قبل از 192 ساعت به‌وقوع می‌پیوندد.

واژه‌های کلیدی: ACC، تثبیت، آبشویی، ماده استخراجی و چوب توسکا (*Alnus subcordata*)

* مستخرج از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

1- مسوول مکاتبات، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

پست‌الکترونیک: vahid.safdari@ gmail.com/ vahid.safdari@ kiau.ac.ir

2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد آستارا

3- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد آستارا

4- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

مقدمه

نمک‌های حفاظتی چوب به سبب خاصیت سمی که در برابر عوامل مخرب چوب (حشرات و قارچ‌های چوبخوار) دارند، می‌باید به نحوی مطلوب در چوب تثبیت شوند تا به سادگی از چوب آبشویی نشده و در نتیجه خطرات زیست-محیطی آنها محدود شود. بنابراین تثبیت را می‌توان به تمامی واکنش‌های شیمیایی تعبیر نمود که باعث می‌شود تا نمک‌های حفاظتی محلول در آب در چوب به حالت غیرمحلول در آید. اما چون عنصر کروم (Cr) در مواد حفاظتی محلول در آب از جمله در ACC اغلب نقش تثبیت فلزات سمی در چوب را برعهده دارد [31]، بعضی از محققان فرآیند تثبیت را کاهش کروم شش ظرفیتی ($Cr(VI)$) به کروم سه ظرفیتی ($Cr(III)$) در عصاره ماده حفاظتی چوب تعریف نمودند و معتقدند که چنین فرآیندی شرایط مساعدی را برای وقوع تبادلات یونی برای دیگر فلزات سمی نظیر آرسنیک و مس و تبدیل آنها به صورت پایدار و غیرمحلول در چوب فراهم می‌آورد [21 و 25]. بنابراین همواره بین تثبیت و آبشویی مواد حفاظتی در چوب رابطه معکوس وجود دارد، به طوری که هرچه قدر مقدار احیای (کاهش) کروم شش ظرفیتی به کروم سه ظرفیتی بیشتر صورت پذیرد مقدار آبشویی فلزات سمی نظیر آرسنیک و مس کمتر خواهد بود [9]. البته ناگفته نماند که تثبیت کامل نمک‌های حفاظتی در چوب ممکن نبوده و بسته به ابعاد چوب و مدت زمانی که در معرض رطوبت قرار می‌گیرند متفاوت می‌باشد [24].

عوامل زیادی در تثبیت نمک‌های حفاظتی مورد شناسایی قرار گرفتند که می‌توان دما و رطوبت نسبی محیط [4]، زمان تثبیت [10 و 14]، ترکیبات شیمیایی چوب [20 و 21]، اسیدیته چوب [13] مواد استخراجی چوب [23 و 29]، غلظت ماده حفاظتی، نوع ماده حفاظتی، نوع گونه چوبی، ابعاد چوب، نحوه اشباع چوب و میزان جریان هوای مابین چوب‌های دسته‌بندی شده پس از فرآیند اشباع [17] را از عوامل تاثیرگذار در تثبیت مواد حفاظتی محلول در آب در چوب دانست.

از میان عوامل فوق مواد استخراجی جزو ترکیبات غیرساختمانی چوب بوده که اغلب در پهن‌برگان از نوع گالوتانن‌ها و الگیتانن‌ها¹ نیز می‌باشد که در حفره سلولی و سایر بافت‌های چوب مشاهده می‌شود و از طریق حلال‌های قطبی و غیرقطبی از چوب قابل استخراج بوده و اثرات آن بر روی ویژگی‌های فیزیکی نظیر جذب و دفع آب، واکنشیدگی و همکشیدگی به اثبات رسیده است [19]. دیگر پژوهشگران هم نیز اثرات مواد-استخراجی محلول در آب به ویژه قند دکستروز، مونو و دی ساکاریدها را در تثبیت و آبشویی ماده-حفاظتی CCA موثر مشاهده نمودند [27 و 28].

لذا فرض این تحقیق بر این است که مواد-استخراجی گونه توسکای بیلاقی که جزو پهن-برگان غالب جنگل‌های هیرکانی می‌باشد بر روی تثبیت و آبشویی ماده حفاظتی "کرومات مس اسیدی شده" (ACC)، با نام تجاری سلکورکه در ایران بیش از دیگر مواد حفاظتی کاربرد دارد،

¹ Gallotannins and ellagitannins

عاری کردن بلوک‌های چوبی از مواد استخراجی

بلوک‌های چوبی در سه گروه جداگانه از مواد- استخراجی عاری شدند. گروه اول: بلوک‌های عاری از مواد استخراجی با آب گرم به مدت 72 ساعت بر طبق آیین‌نامه (TAPPI(T207-OM88)، [26]. لازم به توضیح است که آب گرم قادر به استخراج تانن و کربوهیدرات‌های با وزن مولکولی پایین محلول در آب واقع در دیواره سلولی چوب می‌باشد [5]. گروه دوم: بلوک‌های عاری از مواد- استخراجی با آب گرم و سپس عاری با "اتانول استن" به نسبت 1 به 2 به مدت 72 ساعت بر- طبق آیین‌نامه (TAPPI (T204-OM88)، لازم به- یادآوری است که اتانول به مقدار 83 درصد بیش از آب گرم باعث تورم دیواره سلولی شده و انتظار می‌رود که مواد استخراجی داخل دیواره- سلولی تانن‌های غلیظ، فلانوئیدها و ترکیبات فنولی را از چوب خارج نماید [16] و همچنین ترکیباتی همچون تولوئن و بنزن که به سبب خطرات زیست‌محیطی منسوخ و استن جایگزین آنها شده، قادرند اسیدهای چرب، چربی‌ها، رزین‌ها، واکس‌ها، تریپن‌ها و فیتوسترول‌ها را از دیواره سلولی استخراج نمایند [6 و 16] و گروه سوم: بلوک‌های دارای مواد استخراجی یا همان شاهد بودند.

ضمناً علاوه بر موارد فوق، درصد مواد استخراجی محلول در آب گرم و محلول در "اتانول استن" گونه چوب توسکای بیلاقی مطابق با استانداردهای مذکور و از طریق خاک‌اره‌های چوبی محاسبه شد.

اثرگذار باشد [1]. بنابراین تحقیق حاضر قصد دارد تا فرآیند تثبیت ماده حفاظتی ACC را در گونه- توسکا (*Alnus subcordata*) در سه حالت شاهد (دارای مواد استخراجی) و عاری از مواد استخراجی (محلول در آب و حلال آلی (الکل و استن) را مقایسه نموده و همچنین پاسخ به این سوال را که آیا مواد استخراجی در ایجاد پیوند با نمک حفاظتی ACC نقش دارند و یا یک مانع در ایجاد پیوند بین دیواره سلولی چوب و ماده حفاظتی محسوب می‌شوند و همچنین میزان آبشویی ماده- حفاظتی ACC را در سه حالت: شاهد (واجد ماده استخراجی)، عاری از مواد استخراجی محلول در آب گرم و عاری از مواد استخراجی محلول در حلال آلی (الکل استن) و تحت دماهای مختلف (صفر، 192، 384، 576 و 768 ساعت) مورد مطالعه قرار دهد.

مواد و روش‌ها

چهار اصله گرده‌بینه چوب توسکا بیلاقی (*Alnus subcordata*) به قطر تقریبی 95 سانتی- متر از طرح بهره‌برداری جنگل‌های کلاردشت انتخاب و در ارتفاع برابر سینه به طول 1/30 متر بریده و به آزمایشگاه حفاظت چوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج منتقل شدند. از گرده‌بینه‌ها تخته‌هایی به ضخامت 5 سانتی‌متر تهیه و به مدت سه‌ماه در هوای آزاد دسته‌بندی تا خشک شوند. پس از ایجاد تعادل رطوبتی از مجاور مغز (چوب- درون)، بلوک‌های چوبی به ابعاد 6*2*2 سانتی- متر مکعب تهیه و پس از جداسازی بلوک‌های فاقد عیب رویشی، پوسیدگی و ترک کدگذاری شدند.

تیمار چوب با ماده حفاظتی ACC

بلوک‌های چوبی با محلول حفاظتی "کرومات مس اسیدی" باغلظت 2 درصد به روش سلول-پر¹، با فشار 3 اتمسفر و به مدت 2 ساعت تحت دمای محیط، اشباع شدند. محلول حفاظتی شامل: 50 درصد سولفات مس، 48/3 درصد بی‌کرومات سدیم و 1/7 درصد اسیدکرومیک مطابق با دستورالعمل انجمن حفاظت چوب ایالات متحده 1996 AWPA تهیه شد [7]. بعد از اشباع، مواد-اضافی به‌وسیله یک اسفنج از روی بلوک‌های چوبی پاک و توزین شدند. البته ابتدا قبل از این‌که بلوک‌های چوبی (شاهد و عاری) با ماده‌حفاظتی ACC اشباع شوند، وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

تثبیت ماده حفاظتی در بلوک‌های چوبی

مطابق با مطالعات صورت گرفته تثبیت مواد-حفاظتی و یا به‌عبارت‌دیگر کاهش کروم شش ظرفیتی (Cr(VI)) به کروم سه‌ظرفیتی (Cr(III)) در رطوبت‌نسبی بالا (بالای 60%) و دمای در محدوده 20 درجه سانتی‌گراد به‌نحو مطلوب صورت می‌پذیرد [8 و 30]. به‌منظورحفظ رطوبت، بلوک‌های چوبی پس از اشباع موادحفاظتی در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی درب بسته و تحت رطوبت 75% و دمای 25 درجه سانتی‌گراد تحت زمان‌های: صفر، 192، 384، 576 و 768 ساعت در داخل انکوباتور قرار داده شدند تا زمان تثبیت کوتاه مدت و بلند مدت مورد مقایسه قرار گیرد [1، 2 و 3]. از هر 15 تیمار (3 نوع ماده [1، 2 و 3]. از هر 5 زمان)، 6 تکرار (بلوک چوبی)،

و در مجموع 90 بلوک چوبی در داخل انکوباتور گذاشته شد. از مجموع 6 تکرار، 3 تکرار برای عصاره‌گیری و اندازه‌گیری کروم شش‌ظرفیتی (Cr(VI))، کروم کلی (Cr) و مس (Cu) و 3 تکرار دیگر برای آبخوبی و اندازه‌گیری میزان نمک سلکور باقی‌مانده در بلوک‌های چوبی مورد استفاده قرار گرفت. ضمناً علاوه بر 6 تکرار که در سطرهای بالا اشاره شد، تعداد 6 بلوک دیگر از چوب توسکا به ابعاد (6*2*2 سانتی‌متر مکعب) بدون آن‌که با ماده‌حفاظتی اشباع و تثبیت شوند، برای محاسبه درصد وزن ازدست‌رفته در اثر حل-شدن مواداستخراجی در آب مورد استفاده قرار گرفت.

عصاره‌گیری و اندازه‌گیری کروم شش ظرفیتی

(Cr(VI))، کروم کلی (Cr) و مس (Cu)

پس از اعمال زمان‌های تثبیت، در زمان مقرر تعداد 3 عدد از بلوک‌های چوبی از انکوباتور خارج و از هر طرف 1 سانتی‌متر نمونه‌ها بریده-شده و سپس توسط دستگاه پرس هیدرولیکی تحت فشار 69 مگاپاسکال فشرده شدند تا زمانی که عصاره از داخل چوب خارج شود. نمونه‌ها قبل از ورود به پرس هیدرولیکی در داخل فویل آلومینیومی قرار گرفته و پس از اعمال فشار عصاره خارج شده به‌وسیله سرنگ به‌داخل شیشه‌های پنی‌سیلینی (10 سی‌سی) تزریق و درب آنها با درپوش لاستیکی و پارافیلیم محکم بسته شد و در مکانی تاریک و دور از نور نگهداری شدند [1، 2 و 3].

برای تعیین کروم شش‌ظرفیتی (Cr(VI))، از دستگاه اسپکتروسکوپی (UV-V)، با طول موج

¹ Bethell

انجام شد. در نهایت مقدار نمک آبشویی شده به-روش زیر محاسبه گردید.

$$\%L = \frac{C-D}{C} \times 100 \quad (2)$$

L: درصد ماده حفاظتی آبشویی شده؛ C: وزن خشک قبل از اشباع؛ D: وزن خشک پس از آبشویی

البته همین آزمایش بر روی تعداد 6 عدد بلوک چوبی دارای مواد استخراجی و اشباع نشده صورت پذیرفت تا از آن طریق محاسبه شود که طی فرآیند آبشویی چه میزان از مقدار آبشویی فقط به ازدست رفتن مواد استخراجی چوب شاهد مربوط می شود.

تجزیه و تحلیل آماری

زمان تثبیت در 5 سطح (صفر، 192، 384، 576 و 768 ساعت)، ماده استخراجی در سه سطح (محلول در آب گرم، محلول در حلال آلی (الکل و استن) و شاهد (دارای ماده استخراجی) متغیرهای تحقیق بودند که نتایج حاصل از داده ها از طریق طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شدند و میانگین هر یک از فاکتورها (مواد استخراجی و زمان های تثبیت) توسط آزمون چند دامنه ای دانکن و با کمک نرم افزار SPSS مورد مقایسه قرار گرفتند. هر 15 تیمار (3 نوع ماده استخراجی * 5 زمان)، 6 تکرار (بلوک چوبی)، و در مجموع 90 بلوک چوبی در داخل انکوباتور قرار گرفت. از مجموع 6 تکرار، 3 تکرار برای عصاره گیری و اندازه گیری کروم شش ظرفیتی (Cr(VI))، کروم کلی (Cr) و مس (Cu) و 3 تکرار دیگر برای آبشویی و

540 نانومتر استفاده شد [11]. مقدار کروم کلی (Cr) و مس (Cu) موجود در عصاره از طریق دستگاه جذب اتمی¹ و اسیدیته (pH) مواد حفاظتی عصاره گیری شده به کمک دستگاه اسیدیته سنج (بی اچ متر) اندازه گیری شد. درصد تثبیت کروم شش ظرفیتی (Cr(VI))، نیز با توجه به کاهش غلظت آن طی زمان و مقایسه آن با غلظت مبنا (غلظت در محلول تیمار) به روش زیر محاسبه گردید [1].

$$\%F = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100 \quad (1)$$

F: درصد تثبیت؛ A: غلظت کروم شش ظرفیتی باقی مانده در عصاره و B: غلظت کروم شش-ظرفیتی در محلول تیمار

آبشویی بلوک های چوبی

اندازه گیری مقدار نمک پس از اعمال زمان-های تثبیت، در زمان مقرر نمونه ها از انکوباتور خارج و مطابق با استاندارد DIN EN 84:1997، تحت آبشویی قرار گرفتند. نمونه ها به ابعاد 6*2*2 سانتی متر مکعب و هر تیمار از سه تکرار برخوردار بود. نمونه های هر تیمار پس از خروج از انکوباتور در داخل ارلن خلاء قرار گرفته و 5 برابر حجم چوب به آنها آب دیونیزه اضافه شده و به مدت 20 دقیقه تحت خلاء به میزان 4Kpa قرار گرفته و سپس مدت 2 ساعت در آب باقی ماندند. آنگاه آب ارلن تخلیه و 5 برابر حجم بلوک چوبی به آن آب مقطر اضافه شد و به مدت 2 هفته ادامه پیدا کرد. در طول 2 هفته 7 بار آبشویی (تعویض آب) در هر 24 ساعت یکبار

¹ Atomic Absorption

تفاوت معنی‌داری نداشتند. تفاوت‌های بین تیمار شاهد و با دو گروه از بلوک‌های عاری از مواد استخراجی را می‌توان مربوط به جایگزینی نمک در داخل دیواره و حفره سلولی به جای مواد استخراجی دانست. همچنین میزان نمک آبشویی شده در سه گروه از تیمارهای چوبی مطابق با شکل 7 با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشته‌است.

اثر مستقل ماده استخراجی در تثبیت کروم و مقدار کروم کلی (Cr) و مس (Cu) موجود در عصاره

مطابق با شکل 1 مقدار کروم کلی موجود در عصاره نمونه‌های واجد ماده استخراجی (شاهد) با نمونه‌های عاری در حلال آلی و عاری در آب گرم تفاوت دارد ولی تفاوت آن معنی‌دار نمی‌باشد. اما مقدار مس موجود در عصاره نمونه‌های واجد ماده استخراجی (شاهد) با نمونه‌های عاری در حلال آلی و عاری در آب گرم که مبین مقدار مس تثبیت نشده در چوب می‌باشد در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌دار دارد و همچنین مطابق شکل 3، کاهش کروم شش‌ظرفیتی به کروم سه‌ظرفیتی که همان تثبیت از آن تعریف می‌شود. در نمونه چوب‌های واجد ماده استخراجی نسبت به نمونه چوب‌های عاری شده در سطح معنی‌داری 5 درصد ($P < 0.05$) تفاوت داشته‌است. بدین ترتیب عاری‌کردن ماده استخراجی، به‌ویژه ماده استخراجی محلول در آب بر روی تثبیت کروم (احیاء) کروم شش‌ظرفیتی (Cr(VI)) به کروم سه‌ظرفیتی (Cr(III)) و مس (Cu) نمونه‌ها چوبی گونه توسکا تاثیر معنی‌داری داشته‌است.

اندازه‌گیری میزان نمک سلکور باقی‌مانده در بلوک‌های چوبی مورد استفاده قرار گرفت. ضمناً علاوه بر 6 تکرار که در سطرهای بالا اشاره شد، تعداد 6 بلوک دیگر از چوب توسکا به ابعاد $(6 \times 2 \times 2)$ سانتی‌متر مکعب) بدون آن‌که با ماده حفاظتی اشباع و تثبیت شوند، برای محاسبه درصد وزن ازدست‌رفته در اثر حل شدن مواد استخراجی در آب مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

درصد مواد استخراجی

درصد مواد استخراجی محلول در آب گرم و محلول در اتانول استون مطابق با استاندارد T204 - 88 om اندازه‌گیری شد که به ترتیب معادل با $3/25 \pm 1/04$ درصد و $2/37 \pm 1/54$ درصد بود.

مقایسه مقدار نمک جذب‌شده در تیمارهای مختلف

نتایج نشان‌داد که مقدار جذب ACC دو درصد (2%) و همچنین مقدار نمک آبشویی شده در بلوک‌های چوبی در سه گروه: واجد ماده استخراجی (شاهد)، نمونه‌های عاری در حلال آلی و عاری در آب گرم در سطح معنی‌داری 5 درصد تفاوت معنی‌دار داشتند ($P < 0.05$) (شکل 7). مطابق با آزمون چند دامنه‌ای دانکن تیمار شاهد با مقدار جذب $503/73$ کیلوگرم بر مترمکعب در یک گروه و دو تیمار دیگر: عاری در آب گرم و عاری در حلال آلی هر یک به ترتیب با مقدار جذب $424/73$ کیلوگرم بر مترمکعب و $459/74$ کیلوگرم بر مترمکعب در یک گروه مشابه دیگر قرار گرفتند و دو تیمار اخیر به لحاظ جذب نمک حفاظتی با یکدیگر

مواد استخراجی بوده است. زیرا همان طوری که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد تعداد 6 عدد بلوک چوبی اشباع نشده با ماده حفاظتی ACC همانند نمونه‌های شاهد و نمونه‌های عاری از مواد استخراجی در آب دیونیز آبشویی شد که به میزان $0/12 \pm 0/24$ درصد کاهش وزن داشته که این کاهش وزن می‌تواند به ازدست دادن مواد استخراجی مربوط باشد. بنابراین از $1/02$ درصد مقدار نمک آبشویی شده در نمونه‌های شاهد (واجد مواد استخراجی)، به طور تقریب مقدار $0/24$ درصد را باید به ازدست رفتن مواد استخراجی و مابقی ($0/78$ درصد) را به آبشویی ماده حفاظتی (ACC) مربوط دانست.

همچنین در بین زمان‌های مختلف، نمونه‌های شاهد (نمونه‌هایی که در انکوباتور قرار نگرفتند) از بالاترین مقدار آبشویی و با گذشت زمان بر مقدار آبشویی کاسته شده است. به طوری که می‌توان گفت قبل از 192 ساعت تثبیت تقریباً کامل شده و همین موضوع باعث شده تا بین تیمارهای 192 ساعت و زمان‌های بعد از آن تفاوت معنی‌داری وجود نداشته باشد (شکل 8).

اسیدیته (pH) مواد حفاظتی عصاره‌گیری

شده

اسیدیته (pH) مواد حفاظتی عصاره‌گیری شده از نمونه بلوک‌های چوبی تغییرات محسوس چندانی نداشته است. متوسط pH عصاره بلوک‌های شاهد ($pH=5/19$) بیش از عصاره بلوک‌های عاری در آب گرم ($pH=5/59$) و دو مورد اخیر بیش از بلوک‌های عاری در الکل استن ($pH=5/71$) می‌باشد. با گذشت زمان تغییرات

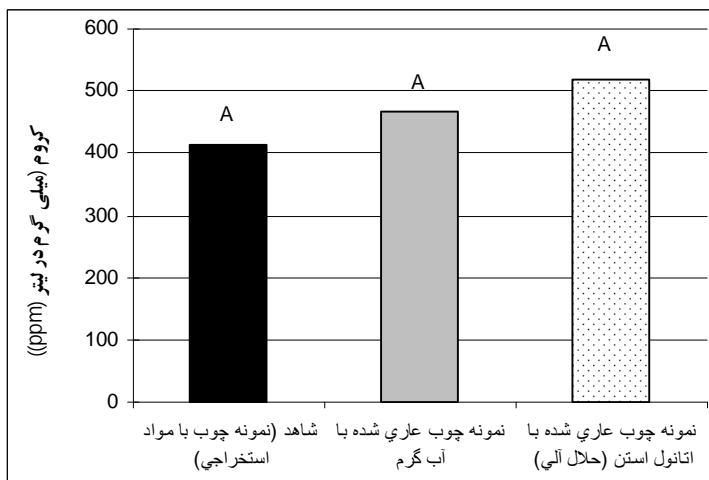
اثر مستقل زمان در تثبیت کروم و مقدار کروم کلی (Cr) و مس (Cu) موجود در عصاره

مطابق با شکل 4، 5 و 6، زمان نیز در تثبیت مس، و کروم کلی و کاهش کروم شش ظرفیتی ($Cr(VI)$) به کروم سه ظرفیتی ($Cr(III)$) اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که با افزایش زمان بر مقدار تثبیت عناصر مس و کروم افزوده شد. تثبیت 91 درصدی نمونه‌های شاهد (صفر ساعت) مبین واکنش سریع یونهای فلزی مواد حفاظتی با ترکیبات دیواره سلولی است، ولی به طور کلی تثبیت کروم در چوب توسکا به آرامی و با طمانینه بیشتر نسبت به فلز مس صورت پذیرفته است و یا به عبارت دیگر یونهای فلز مس واکنش سریع تری نسبت به کروم با اجزای دیواره سلولی برقرار کردند (مقایسه شکل 4 و 5). ضمناً بین تثبیت نمونه‌های شاهد (نمونه‌های صفر ساعت) با سایر نمونه‌های تثبیت شده در انکوباتور تفاوت معنی‌داری وجود داشته است ($P < 0.05$) که مبین این موضوع است که تثبیت ماده حفاظتی ACC در کمتر از 192 ساعت صورت می‌پذیرد.

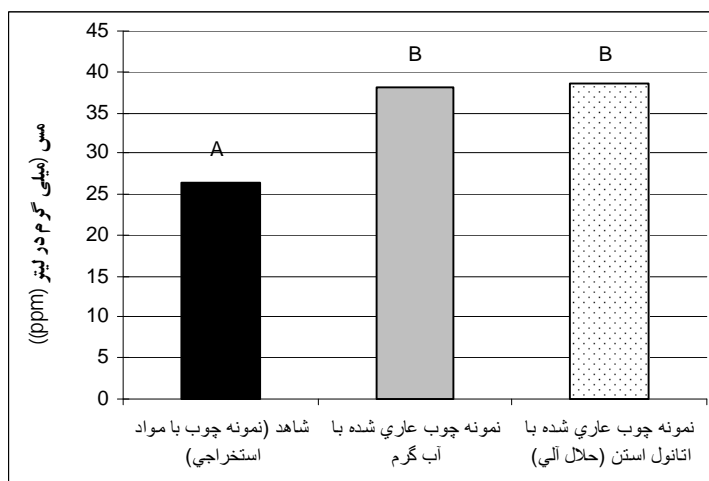
مقایسه آبشویی بلوک‌های چوبی

مطابق با شکل 7، نمونه‌های واجد ماده استخراجی (عاری نشده) از کمترین مقدار آبشویی و نمونه‌های عاری از مواد استخراجی از بیشترین مقدار آبشویی برخوردار بودند، اما با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. البته بخش قابل توجهی از آبشویی چوب‌های شاهد (نمونه‌های واجد ماده استخراجی) مربوط به ازدست دادن

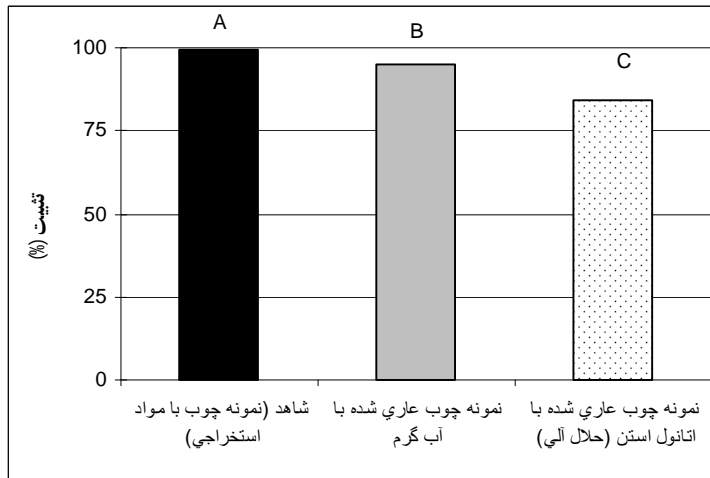
اسیدیته محلول‌های حفاظتی عصاره‌گیری شده به -
صورت نامحسوس افزایش یافت به طوری که
حداقل مقدار آن در صفر ساعت برابر 5/08 و در
767 ساعت 6/04 بوده است.



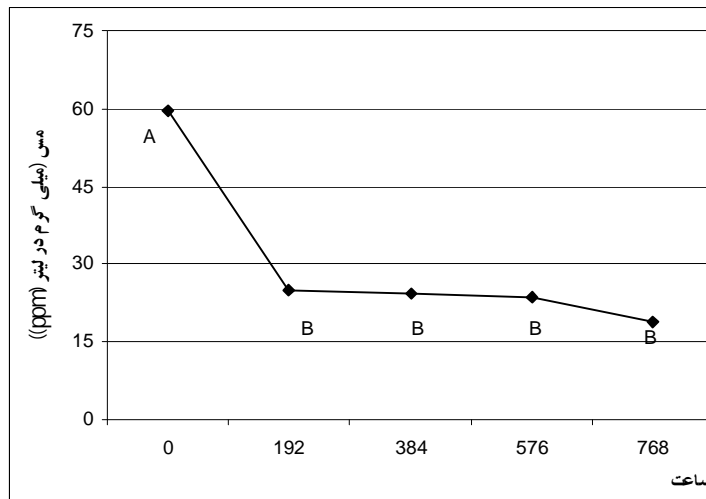
شکل 1- مقایسه اثر مستقل ماده استخراجی بر غلظت کروم (Cr) موجود در عصاره (کروم تثبیت نشده) از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P>0.05$)



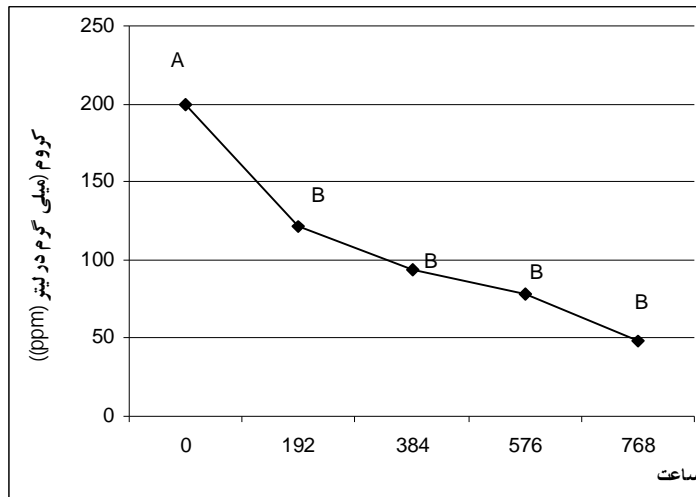
شکل 2- مقایسه اثر مستقل ماده استخراجی بر غلظت مس (Cu) موجود در عصاره (مس تثبیت نشده) از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P>0.05$)



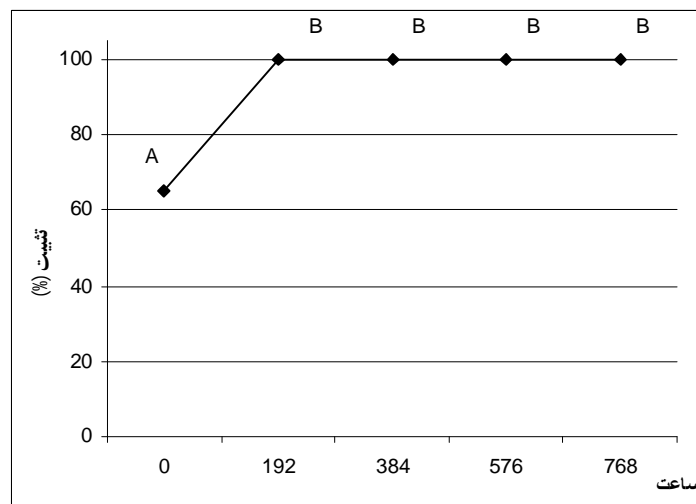
شکل 3- مقایسه اثر مستقل ماده استخراجی بر مقدار تثبیت کروم (کاهش کروم شش ظرفیتی به سه ظرفیتی) در نمونه‌های چوبی از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P > 0.05$)



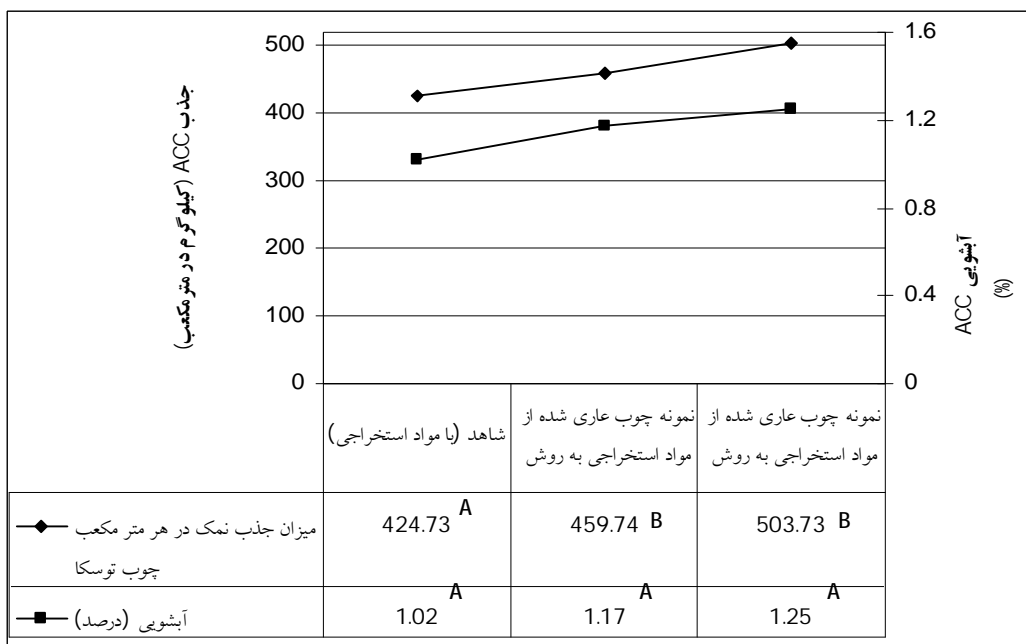
شکل 4- مقایسه اثر مستقل زمان بر غلظت مس تثبیت نشده ($P > 0.05$)



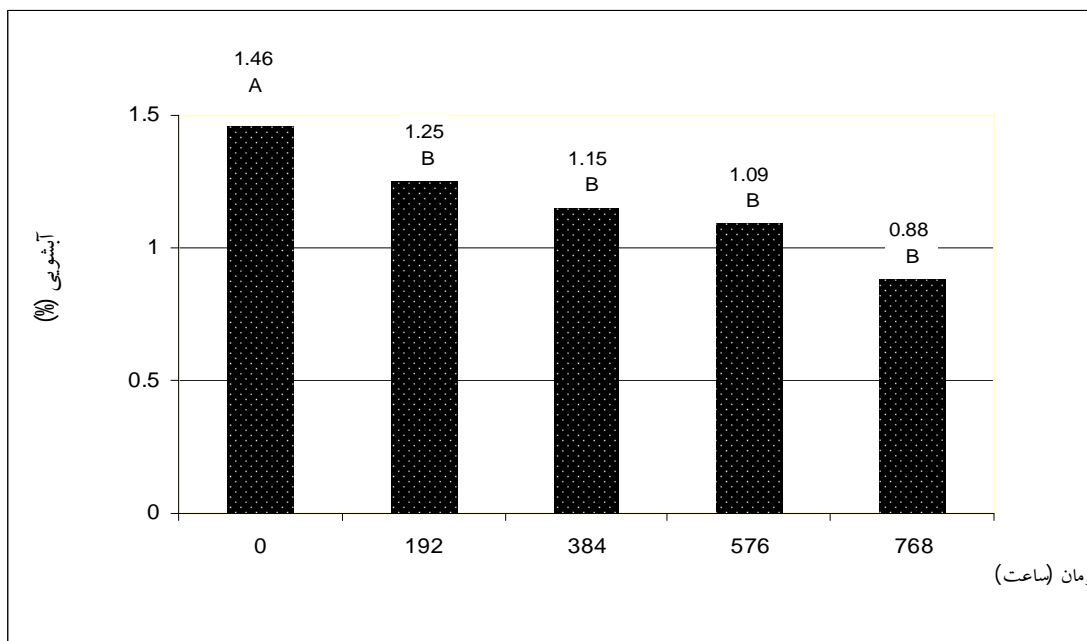
شکل 5- مقایسه اثر مستقل زمان بر غلظت کروم تثبیت نشده ($P > 0.05$)



شکل 6- مقایسه اثر مستقل زمان بر تثبیت کروم (کاهش کروم شش ظرفیتی به کروم سه ظرفیتی)، ($P > 0.05$)



شکل 7- اثر ماده استخراجی بر جذب و آبشویی ماده حفاظتی ACC. حروف متشابه مبین عدم تفاوت معنی داری و حروف نامتشابه نشانگر تفاوت معنی داری بین متوسط داده‌ها است ($P < 0.05$)



شکل 8- اثر زمان تثبیت بر آبشویی ماده حفاظتی ACC. حروف متشابه مبین عدم تفاوت معنی داری و حروف نامتشابه نشانگر تفاوت معنی داری بین متوسط داده‌ها است ($P < 0.05$)

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مواد استخراجی همان-طوری که در تثبیت ماده حفاظتی CCA موثرند [15، 22 و 23] بر تثبیت نمک ACC با غلظت دو درصد (2%) و همچنین در تثبیت عناصر کروم (Cr) و به‌ویژه مس (Cu) در چوب توسکا تاثیر قابل توجهی داشته‌اند (شکل 1، 2 و 3). مطابق با استانداردهای مربوطه، قبل از عاری نمودن بلوک-های چوبی از مواد استخراجی محلول در الکل استن، بلوک‌های چوبی باید عاری از مواد-استخراجی محلول در آب گرم شوند و سپس مواد استخراجی محلول در حلال آلی از آن استخراج شود. از عدم تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار محلول در آب گرم و محلول در الکل و استن در تثبیت و مقدار فلزات مس و کروم تثبیت‌نشده، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر مواد-استخراجی حلال در آب گرم که غالباً هیدرات-های کربن می‌باشند در تثبیت ماده حفاظتی ACC چوب گونه توسکا، بیش از مواد استخراجی محلول در حلال آلی که غالباً ترکیبات فنولی هستند، می‌باشد. لذا می‌توان همانند دیگر محققان استنباط نمود که فلزات کروم و مس با مواد-استخراجی محلول در آب که شایع‌ترین نوع آن تانن‌های پلی‌فلانوئیدی است [16] کمپلکس‌های آلی فلزی¹ نیز برقرار می‌کند [17 و 23]. اثر مواد-استخراجی محلول در آب در تثبیت کروم نیز معنی‌دار بوده که دلیل آن این است که کروم‌های سه‌ظرفیتی بیش از کروم‌های شش‌ظرفیتی با مواد

استخراجی فلانوئیدی کمپلکس‌های پایدار برقرار می‌نمایند [17].

بنابراین باتوجه به متغیر بودن ماهیت مواد-استخراجی در چوب‌های مختلف باید این انتظار را داشت که سرعت و میزان تثبیت فلزاتی چون مس و کروم در چوب‌درون و چوب‌برون بعضی از گونه‌ها متفاوت باشد [13 و 15].

نتایج حاصل از جذب ماده حفاظتی ACC نشان داد که بلوک‌های چوبی عاری از مواد-استخراجی به‌صورت معنی‌داری بیش از بلوک-های شاهد (واجد ماده استخراجی) ماده حفاظتی جذب نمودند و همچنین نتایج حاصل از آبشویی نیز نشان داد که بلوک‌های چوبی عاری از مواد-استخراجی به‌طور معنی‌داری بیش از نمونه‌های شاهد در فرآیند آبشویی ماده حفاظتی از دست دادند (شکل 7). البته 0/24 درصد از مقدار 1/02 درصد نمک آبشویی شده به مواد استخراجی اختصاص دارد و در نتیجه آبشویی نمک حفاظتی در نمونه بلوک‌های شاهد را باید در واقع 0/78 درصد ($0/24 = 1/02 - 0/78$) دانست که نسبت به نمونه‌های عاری از مواد استخراجی تفاوت قابل توجهی دارد. این نتیجه صحت و اطمینان نتایج حاصل از تجزیه دستگاهی (اسپکتروسکوپی و جذب اتمی) را افزایش می‌بخشد و نشانگر این موضوع است که مواد استخراجی در تثبیت نمک حفاظتی ACC تاثیر مطلوب دارد. البته ناگفته نماند که هر چه قدر جذب نمک حفاظتی بیشتر باشد این انتظار نیز می‌رود که میزان آبشویی آن بیشتر باشد. چون که جذب نمک حفاظتی در

¹ Organometallic complexes

(3) چوب توسکا در دمای 20 درجه سانتی-گراد و رطوبت 75% در همان ساعات یا روزهای اولیه پس از اشباع به تثبیت مطلوب دست می‌یابد و هیچ تفاوتی بین تثبیت‌های 192 ساعت به بعد با یکدیگر مشاهده نمی‌شود (شکل 4، 5 و 6).

(4) در طول زمان تثبیت اسیدیته عصاره ماده حفاظتی موجود در بلوک‌های چوبی به صورت تدریجی از 5/08 به 6/04 افزایش یافت.

(5) تثبیت مس (Cu) نسبت به فلز کروم (Cr) از سرعت بیشتری برخوردار است و یا به عبارت دیگر کروم (Cr) به آرامی ولی مس (Cu) به سرعت در چوب تثبیت می‌شود (مقایسه شکل 4 و 5).

(6) نتایج حاصل از آسویی با نتایج تجزیه-دستگاهی (جذب اتمی و اسپکتروسکوپی) هم‌خوانی داشته که نشان‌دهنده صحت نتایج آزمایشات این پژوهش می‌باشد.

(7) نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش صورت گرفته بر روی گونه راش ایران (*Fagus orientalis Lipsky*) توسط نگارندگان همین مقاله هم‌خوانی داشته و موید بر اثرات مواد استخراجی محلول در آب بر روی فرآیند تثبیت ماده حفاظتی ACC می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج از پژوهش حاضر که در قالب یک طرح پژوهشی صورت پذیرفته تقدیر و تشکر می‌شود.

بلوک‌های عاری بیش از بلوک‌های چوبی شاهد بوده‌است (شکل 7).

عدم رابطه متقابل زمان تثبیت با گروه مواد-استخراجی نشانگر آن است که هردوی این فاکتورها مستقل از یکدیگر عمل کرده و با یکدیگر تداخل ندارند. با توجه به این که واکنش-های مربوط به فرآیند تثبیت ممکن است هفته‌ها یا ماه‌ها همراه با افزایش اسیدیته (pH) عصاره موجود در چوب به طول انجامد [12]، اما تثبیت 91 درصدی بلوک‌های شاهد (صفر ساعت) در شکل 4، 5 و 6 مبین آن است که تثبیت ماده حفاظتی ACC در همان ساعات اولیه پس از فرآیند اشباع به وقوع می‌پیوندد که این موضوع دور از انتظار نبوده و برای ماده حفاظتی CAA توسط سایر محققان نیز گزارش شده است [10، 18 و 20]. نگارندگان این مقاله تحقیقات حاضر را بدون هیچ‌گونه کم و کاست بر روی گونه راش انجام دادند و دقیقاً نتیجه متشابه با گونه توسکا اتخاذ نمودند و دریافتند که مواد استخراجی محلول در آب اثرات مثبت و مطلوب در تثبیت ماده حفاظتی (ACC) دارد.

به‌طور کلی این پژوهش چند نتیجه مهم را در بر داشته است:

(1) مواد استخراجی به‌ویژه مواد استخراجی محلول در آب گرم در تثبیت ماده حفاظتی ACC نقش موثری دارند.

(2) زمان تثبیت مستقل از مواد استخراجی عمل کرده و بین این دو هیچ‌گونه رابطه متقابلی وجود ندارد.

4. Ajuong, E-M., A. and Breese, C. M., 1998. The roles of extractives on short term creep in compression parallel to grain of Pai wood (*Azelia africana* Smith). *Wood Fiber Sci.* 29(2):161-170.
5. Alexander, D. L., Ung, T. and Cooper, P.A., 1993. Effects of temperature and humidity on CCA-C fixation in pine sapwood. In: Winandy, J; Barnes, M., eds. Chromium containing waterborne wood preservatives: fixation and environmental issues. Madison, WI: Forest Products Society: 32-35.
6. American Wood Preservers' Association AWP.A., 1996. American Wood Preservers' Association Book of Standards, Birmingham, AL. 21163-0286.
7. Anon., 1999. American Wood Handbook. Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Forest Prod. Lab. USDA Forest Serv. Madison, WI. 463 pp.
8. Breslin, V.T. and Adler-Ivanbrook L., 1998. Release of copper, chromium and arsenic from CCA-C treated lumber in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(1): 111-125.
9. Cooper, P.A., ManVicar, R. and Ung, Y.T., 1995. Relating CCA Fixation to Leaching of CCA Components from Treated Products (IRG/WP/50045). The International Research Group on Wood Preservation, Stockholm.
10. Cooper, P.A. and Ung, Y. T., 1989. Moderate temperature fixation of CCA-C. IRG/WP/3522. 20th annual meeting, Finland. Stockholm, Sweden: International Research Group.

منابع

1. امیدوار، ا، و محسنی توکلی، ص. 1382. بررسی اثر دما بر فرآیند تثبیت محلول حفاظتی سلکور (ACC) در چوب تبریزی (*Populus nigra* Var. *Pyramidalis*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره 4، 147-150.
2. کریمی، ع و قربانی، م. 1380. بررسی اثر دما بر تثبیت ماده حفاظتی سلکور در گونه راش ایرانی. مجله منابع طبیعی ایران، جلد 54، شماره 3، 299-307.
3. کریمی، ع، و شیخ الاسلامی م. 1380. بررسی و تعیین مناسبترین دما برای تثبیت محلول حفاظتی سلکور (ACC) در چوب گونه بلندمازو. مجله منابع طبیعی ایران، جلد 54، شماره 1، 51-61.

11. Coggins, C. and Hiscocks P., 1978. Chromium on the surface of CCA treated wood. Int. Res. Group Wood Preserv. Doc. No. IRG/WP 386. Stockholm, Sweden.
12. Dahlgren, S.E., 1972. The course of fixation of Cu-Cr-As wood preservatives. Record Annual Convention British Wood Preservers' Association; 109-128.
13. Dahlgren, S.E., 1975. Kinetics and mechanism of fixation of preservatives. Part V. Effect of wood species and preservative composition on leaching during storage. *Holzforschung*. 29:
14. Eaton, R.A., and Hale, M.D.C., 1993. Wood. Decay, pests, and protection. Chapman and Hall, London.
15. Kennedy, M.J., and Palmer, G., 1994. Leaching of Copper, Chromium, and Arsenic from CCA-treated Slash Pine Heartwood (IRG/WP94-50020). The International Research Group on Wood Preservation.
16. Laks, P.E., 1991. The chemistry of wood bark. Pages 257-330.
17. Lebow, S., 1996. Leaching of wood preservative components and their mobility in the environment—Summary of pertinent literature. USDA Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-93. Forest Products Laboratory, Forest Service, Madison, WI. 36 pp.
18. McNamara, W.S., 1989. CCA fixation experiments—Part I. IRG/WP/3504. Stockholm, Sweden: International Research Group.
19. Nzokou, P., and Kamdem D. P., 2004. The Influence of Wood Extractives on Sorption and Wet ability Properties of northern red oak (*Quercus rubra*), black cherry (*Prunus serotina*) and red pine (*Pinus resinosa*). *Wood and Fiber Science* 36(4): 483-492.
20. Pizzi, A., 1981. The chemistry and kinetic behaviour of Cu- Cr-As/B wood preservatives. I. Fixation of chromium on wood. *Journal of Polymer Science. Chemistry Ed.* 19: 3093-3121.
21. Pizzi, A., 1982. The chemistry and kinetic behavior of Cu- Cr-As/B wood preservatives. II. Fixation of the Cu/Cr system on wood. III. Fixation of a Cr/AS system on wood. IV. Fixation of CCA to wood. *Journal of Polymer Science. Chemistry Ed.* 20: 707-724, 725-738, 739-764.
22. Pizzi, A., Conradie, W.E., and Bariska, M., 1986. Poly-avanoid Tannins From Cause of CCA Soft-rot Failure to the "Missing Link" Lignin and Microdistribution Theories (IRG/WP/3359). The International Research Group on Wood Preservation, Stockholm.
23. Ryan, K.G. and Plackett, D.V., 1987. The interaction of polyflavanoid tannins with CCA in *Pinus radiata*. IRG/WP/3422. In: Proceedings, 18th annual meeting, Canada. Stockholm, Sweden: International Research Group.
24. Ruddick, J.N.R., 1993. The roles of standard setting organizations and regulatory agencies in wood preservation. In: Winandy, J.; Barnes, M., ed. Chromium-containing waterborne wood preservatives: Fixation and environmental issues. Madison, WI: Forest Products Society: 26-31.
25. Smith, D. N. R. and Williams, A. I., 1973. The effect of composition on the effectiveness and fixation of copper- chrome-arsenic and copper-

- chrome preservatives Part 1: Effectiveness. Wood Sci. Technol., 7, 60-76.
26. Tappi standards and suggested methods., 2008. Tappi press. Atlanta, GA. USA.
27. Stevanovic-janezic T., Cooper, P. and Ung Y. T., 2000. Chromated copper arsenate preservative treatment of North American hardwoods. Part 1: CCA Fixation performance. Holzforschung 54:577-584.
28. Stevanovic-janezic T., Cooper, P. and Ung Y. T., 2000. Chromated copper arsenate preservative treatment of North American hardwoods. Part 2: Leaching performance. Holzforschung 55:7-12.
29. Suzana R. and Cooper P.A., 2007. Effects of CCA-C preservative retention and wood species on fixation and leaching of CR, CU, and AS. Wood and Fiber Science, 39(4), pp. 591 – 602.
30. Van Eetvelde, G., Homan, W.J., Militz, H. and Stevens, M., 1995. Effect of Leaching Temperature and Water Acidity on the Loss of Metal Elements from CCA Treated Timber in Aquatic Conditions. Part 2: Semi-industrial Investigation (IRG/WP 95-50040). The International Research Group on Wood Preservation, Stockholm.
31. Wilkinson, J.G., 1979. Industrial timber preservation, Associated Business Press, London.