دوفصلنامه علمی- پژوهشی مرمت و معماری ایران
سال پنجم، شماره نهم، بهار و تابستان ۱۳۹۴

دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۱۷
پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۳۰

استفاده از عصاره نیکوتینا تاباکوم به‌عنوان بازدارنده خوردگی گیاهی به‌منظور کنترل بیماری برنز در اشیای تاریخی– مسی

حمیدرضا بخشنده‌فرد* محمدعلی گلعذار** غلامرضا وطن‌خواه*** محمدرضا سبزعلیان****

چکیده

بسیاری از بازدارنده‌های خوردگی، سمّی‌اند و می‌توانند صدمات جبران‌ناپذیری را بر سلامت مرمتگران ایجاد نمایند. هدف از انجام این پژوهش دست‌یابی به بازدارنده‌ای غیرسمّی با اثربخشی مناسب، کارا، ارزان، بدون ایجاد تغییر و تحولات ساختاری، تغییر رنگ، براق‌شدگی و درخشندگی بر شیء تاریخی است. عصاره طبیعی نیکوتینا تاباکوم (تنباکو)، حاوی ترکیبات آلکالوئیدی است و وجود این مواد در کنترل خوردگی نقش مهمی را ایفا می‌نماید. در این پژوهش، تنباکو انتخاب و عصاره‌گیری شده و عملکرد آن در محیط سدیم کلرید ۰/۵ مولار به‌عنوان بازدارنده خوردگی در آثار تاریخی- مسی ارزیابی شد. مطالعات پیشینه پژوهش بیانگر استفاده‌نشدن از این ترکیب در حوزه مرمت است. برای ارزیابی کاربرد این عصاره، از آزمون‌های الکتروشیمیایی پتانسیو دینامیک استفاده شد. به کمک این روش، اطلاعاتی نظیر پتانسیل خوردگی، سرعت خوردگی، ضریب شیب آندی و کاتدی و مقاومت پلاریزاسیون در غلظت‌های مشخص از این عصاره به‌دست آمد. درادامه، آزمون کاهش وزن انجام شد؛ در این آزمون، کوپن‌های مسی تهیه و پس از پیرسازی عملیات درمانی توسط عصاره گیاهی، کنترل عملکرد آنها صورت پذیرفت. آزمون قبول/ مردود برای بررسی دقیق‌تر روند درمانی توسط این بازدارنده روی اشیای تاریخی– مطالعاتی به کمک آزمون رزنبرگ صورت گرفته و گستردگی بیماری برنز در نمونه‌های تاریخی درمان‌شده با این بازدارنده ارزیابی شد. دراین‌راستا، از میکروسکوپ نوری (OM) و میکروسکوپ الکترونی (SEM- EDAX) استفاده و به کمک شاخص‌هایی، کارایی بازدارنده بررسی گردید. همچنین، برای ارزیابی میزان براق‌شدن و درخشندگی سطح پس از کاربرد عصاره تنباکو، از روش چگالی‌سنجی نوری و بررسی روند تغییر فاکتور توصیف رنگ، فاکتور درخشندگی و تغییرات سراسری رنگ پاتین اشیای تاریخی پس از کاربرد تنباکو، از روش رنگ‌سنجی استفاده شد. نتیجه آزمایش‌ها و بررسی‌ها مبین عملکرد بسیار مناسب عصاره تنباکو دربرابر خوردگی است و می‌توان گفت، این عصاره گیاهی باتوجه‌به اثربخشی مناسب و کمترین میزان تغییرات بر پاتین کلریدی، گزینه بسیار مناسبی است.

کلیدواژگان: بازدارنده خوردگی، اشیای تاریخی- مسی، پتانسیو دینامیک، میکروسکوپ الکترونی، رنگ‌سنجی، نیکوتینا تاباکوم (تنباکو).

* استادیار، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان. hr.bakhshan@aui.ac.ir
** استاد، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
*** استادیار، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.
**** استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

مهم‌ترین علت استفاده از بازدارنده‌های خوردگی در مرمت آثار مسی و برنزی، وجود خوردگی پیشرفته و بروز بیماری برنز است. بیماری برنز نوعی بیماری متوالی و چرخه‌ای است. نظریات مختلفی دراین‌باره وجود دارد اما به‌طورکلی، می‌توان گفت حضور یون کلرید در محیط قرارگیری اثر، سبب تشکیل کلرید مس یک‌ظرفیتی شده که در عمق لایه اکسید محافظ حرکت کرده و باعث خوردگی می‌شود. نانتوکیت یا مس کلرید یک‌ظرفیتی، اولین محصول این پدیده است. نانتوکیت، رنگ خاکستری شفاف یا سبز خاکستری دارد و در مکان‌های مختلف سطح فلز، حفره‌ها و سایر نقاط، روی لایه کوپریت یا درون فلز نفوذ می‌کند. حضور رطوبت و اکسیژن باعث تبدیل نانتوکیت ($CuCl$) به ایزومرهای مس تری‌هیدروکسی کلرید ($Cu_2(OH)_3Cl$) آتاکامیت، پاراتاکامیت و بوتالاکیت می‌گردد. بازدارنده‌های خوردگی به‌منظور کنترل بیماری برنز و جلوگیری از چرخه تبدیل نانتوکیت به مس تری‌هیدروکسی کلریدها به‌کار می‌روند (Scott, 2002: 125-129). بازدارنده‌ها معمولاً به‌خاطر وجود مزایایی چون سرعت عمل زیاد و سهولت کار، بسیار درخور توجه هستند. در برخی شرایط به‌ویژه زمانی که تمامی اثر تاریخی به محصولات خوردگی ناپایدار تبدیل شده است،کاربرد بازدارنده خوردگی الزامی است و شیوه مناسب دیگری برای اثر نمی‌توان درنظر داشت. لیکن باتوجه‌به مشکلات و مضرات بازدارنده‌های معمول در مرمت مانند بنزوتری آزول نیاز به استفاده از روش‌های زیست سازگار که به‌راحتی اجرا گردد، حس می‌شود. این مقاله، بازتاب کوششی انجام‌شده برای یافتن یک بازدارنده خوردگی با دامنه اثربخشی مناسب، مؤثر و غیرسمّی و زیست‌سازگار است که ضمن اثربخشی مناسب، تغییر و تحولات ساختاری و تغییر رنگ نداشته باشد. براساس مطالعات کتابخانه‌ای و نظر به اینکه ترکیبات آلکالوئیدی می‌توانند خواص بازدارندگی مناسبی بروز دهند، از بین گونه‌های گیاهی، نیکوتینا تاباکوم (تنباکو) برگزیده و کارایی آن جهت کنترل خوردگی ارزیابی شد.

پیشینه پژوهش

در ترکیبات آلکالوئیدی، به‌طور طبیعی اتم‌های بازی نیتروژن دیده می‌شود. نام آن، از کلمه آلکالین برای توصیف هرگونه بنیاد حاوی نیتروژن استخراج شده است. آلکالوئید به کمک تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌ها ازجمله باکتری‌ها، قارچ‌ها،گیاهان و حیوانات تولید می‌گردد و بخشی از محصولات طبیعی است که آن را اصطلاحاً متابولیت‌های ثانویه می‌نامند.

در این تحقیق از میان گونه‌های گیاهی، نیکوتینا تاباکوم (تنباکو) انتخاب شد زیرا تنباکو و توتون از گیاهانی هستند که دارای مقادیر زیادی آلکالوئید هستند. عصاره این گیاهان مسمومیت پوستی ندارند البته درصورت آشامیدن سمّی هستند. همچنین، ارزان بوده و در سایر خوردگی‌های فلزی هم آزمایش شده و مؤثر بوده‌اند. عصاره گیاه توتون جزو بازدارنده‌های زیست‌سازگار است، عصاره توتون می‌تواند در محیط‌های حاوی کلرید به‌عنوان یک بازدارنده به‌مراتب مؤثرتر در مقایسه با کرومات‌ها درنظر گرفته شود (Davis et al., 2001: 1558). از گیاه تنباکو تقریباً ۴۰۰۰ نوع ترکیب شیمیایی شامل ترپن‌ها، الکل‌ها، پلی‌فنول‌ها، اسیدهای کربوکسیلیک، ترکیبات حاوی نیتروژن و آلکالوئیدها تولید می‌شود که می‌توان از خاصیت بازدارندگی خوردگی آنها استفاده نمود (Davis et al., 2003: 56-60).

عصاره یادشده زیست‌تجزیه‌پذیر بوده و برای محیط‌زیست بی‌خطر و درضمن، ارزان است. باید متذکر شد، تنباکو حاوی مواد آلکالوئیدی، اسیدهای چرب و ترکیبات حاوی نیتروژن است. مواد و ترکیبات زیادی در تنباکو یافت می‌شود اما تنها وجود اتم‌های اکسیژن، نیتروژن و سولفور بر کنترل خوردگی اثر دارند (Harrop, 1990: 1-20).

چنانچه بخواهیم درباره پیشینه تحقیق و کاربرد تنباکو در مرمت اطلاع یابیم، باید اذعان داشت، مشخصاً کاری متمرکز در استفاده از تنباکو برای کنترل خوردگی و درمان بیماری برنز در اشیای تاریخی انجام نشده است. در این زمینه تنها می‌توان به کارهای انجام‌شده در شاخه صنعت که برای کنترل خوردگی در آلومینیوم، آهن و فولاد ارزیابی شده، اشاره نمود: *سریواستاوا*[1] و همکارش (۱۹۸۱)، ارزیابی‌هایی درباره کارائی تنباکو، فلفل سیاه، روغن کرچک و صمغ درخت اقاقیا در محیط‌های نسبتاً اسیدی برای آهن، انجام دادند که نتایج مناسبی را گزارش داده‌اند. *داویس*[2] و همکارش (۲۰۰۱)، اثر بازدارندگی عصاره گیاه تنباکو را برای کنترل خوردگی در فولاد و آلومینیوم در محیط‌های نمکی به کمک آزمون‌های کاهش وزن ارزیابی نموده‌اند. آنان گزارش کرده‌اند، تنباکو بازدارنده‌ای مناسب، زیست‌تخریب‌پذیر با هزینه پائین است که می‌تواند جایگزین بازدارنده‌های معمول شود.

فرانهوفر[3] و همکارش (۲۰۰۳)، روی عصاره گیاه تنباکو کار کرده‌اند. نتایج کار آنها نشان می‌دهد، این عصاره طبیعی در بازدارندگی فلزات آلومینیوم و فولاد در محیط‌های نمکی مؤثر است. آنان این بازدارنده را با کرومات‌ها مقایسه نموده و مزایایی چون غیرسمّی‌بودن و زیست‌سازگاربودن آن را بیان و استفاده از ضایعات تنباکو را برای کاهش هزینه‌ها پیشنهاد کرده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

لوتو[۴] و همکارانش (۲۰۱۱)، درباره کارایی عصاره تنباکو و کولا (مغز قهوه سودانی) در بازدارندگی فولاد نرم در محیط هیدروکلریدریک اسید مطالعاتی انجام داده و این عصاره گیاهی را برای کنترل خوردگی مؤثر دانسته‌اند.

روش پژوهش

یکی از نکات مهم و درخور توجه در این تحقیق، انتخاب بازدارنده غیرسمّی است. نتایج مطالعات مؤسسه امور غذایی نیوزلند استرالیا در گزارش فنی شماره ۲ نشان می‌دهد، ترکیبات آلکالوئیدی سمّی نبوده و هیچ‌گونه علائمی دالّ بر بروز سرطان در نمونه‌های مورد آزمایش حیوانات خانگی دیده نشده است (Rahim, et al., 2007: 402–417). بنابراین در پژوهش انجام‌شده، ابتدا از تنباکو با روش واردسازی در حلال الکل ۳۰% و آب ۷۰% و نسبت حلال به ماده خشک ۱۰:۱ توسط پرکولاسیون[۵] (تراوش) در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، عصاره‌گیری شد سپس عصاره با کاغذ صافی فیلتر شد. از این عصاره نمونه‌ای رقیق‌شده با غلظت‌های ۲۵،۵۰،۱۰۰، ۲۰۰،۵۰۰،۱۵۰۰، ۲۰۰۰ ppm تهیه و از آن استفاده شد. در این روش نمونه‌های موردنظر کاملاً خشک، سپس در آسیاب خرد شده و به‌طور مستقیم در یک بالن تقطیر قرار داده شدند. سرانجام، پس از سردشدن و میعان، عرق گیاهی استحصال شد. عصاره حاصل (محلول مادر)[۶] به کمک کاغذ صافی فیلتر شد. pH محلول‌ها حدود ۶ بوده، رنگ آن زرد رنگ و چگالی آن ۰/۵۲گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. همه آزمایش‌ها در آزمایشگاه فلز دانشکده مرمت در دمای اتاق انجام شدند. سپس به کمک آزمون‌های کاهش وزن (وزن‌سنجی)، ارزیابی ولتامتری خطی روبشی الکتروشیمیایی، میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی، راندمان بازدارنده جدید و میزان خوردگی در نمونه‌ها سنجش شدند. همچنین روش چگالی‌سنجی نوری و رنگ‌سنجی برای ارزیابی تغییرات رنگ و درخشندگی و میزان براق‌شدگی آثار پس از کاربرد این عصاره گیاهی به‌کار رفت. آزمون‌های تعیین نرخ خوردگی و ارزیابی عملکرد بازدارنده‌ها به‌شکل غیرالکتروشیمیایی (کاهش وزن)، الکتروشیمیایی (پلاریزاسیون) و آزمون رُزنبرگ[۷] انجام شدند. این آزمون، اساساً به‌منظور درمان بیماری برنز استفاده می‌شود اما می‌تواند در زمینه شناسایی یون‌های کلرید سطح اثر تاریخی نیز کاربرد داشته باشد. این شیوه را که درواقع نوعی شیوه درمانی است، رُزنبرگ معرفی نمود. وی سال ۱۹۱۷ نتایج تحقیق خود را منتشر کرد. این شیوه یکی از انواع شیوه‌های احیای الکتروشیمیایی است (Scott, 2002). در این پژوهش، شی درون یک لفاف آلومینیوم درمعرض رطوبت نسبی ۹۰ درصد گذاشته شد. درون لفاف آلومینیومی، ضمادی از ۶ قسمت آگار، ۸۰ قسمت آب، ۶ قسمت گلیسرول قرار داده شد؛ سطح شیء درون لفاف پوشیده با این ژل، به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت در اتمسفر مرطوب ماند و سپس لکه‌های سیاه‌رنگ سطح ورق آلومینیوم یا سوراخ‌های ایجادشده که ناشی از تشکیل آلومینیوم کلرید بود، شمارش گردید. همچنین برای ارزیابی عملکرد بازدارنده موردنظر، قطعاتی از یک شیء مسی تاریخی- مطالعاتی از بخش مرمت موزه ملی ایران تهیه و بازدارنده جدید روی آن آزمایش شد.

تجهیزات

برای آزمون کاهش وزن، از ترازوی سارتوریوس[۸] مدل TE313S استفاده شد. اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک توسط دستگاه الکتروشیمی سما- ۵۰۰[۹] انجام شد. پس از یک ساعت غوطه‌وری الکترود مس در الکترولیت، آزمایش انجام شد. دامنه پتانسیل؛ بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌ولت، روش ارزیابی؛ ولتامتری خطی- روبشی و نمودار تافل،[۱۰] نرخ روبش در رسم نمودارها؛ ۰/۱ میلی‌ولت بر ثانیه، الکترود مرجع؛ کالومل (SCE) و الکترود کمکی؛ پلاتین بود. الکترود کارگر به‌صورت استوانه‌ای از میله مسی با خلوص ۹۹/۹۹ بودکه از کارخانه مس سرچشمه کرمان آماده و در رزین اپوکسی مانت شده بود. پس از صیقل الکترود کارگر با کاغذ سمباده ۱۲۰۰، نمونه به دقت با استون چربی‌زدایی و با آب دوبار تقطیر شستشو داده شد. آزمون‌های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک در آزمایشگاه و کارگاه فلز و متالوگرافی گروه مرمت دانشگاه هنر اصفهان انجام شد. مقادیر پتانسیل خوردگی E_{corr} و چگالی جریان خوردگی i_{corr} از منحنی‌های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک به‌دست آمده است. برای بررسی تغییرات رنگ بر سطح پاتین اشیای تاریخی، پس از کاربرد بازدارنده عصاره تنباکو از روش چگالی‌سنجی نوری[۱۱] و از دستگاه دانسیتومتر نوری هیلند[۱۲] مدل TRD2 استفاده شد. برای بررسی تغییرات رنگ بر سطح پاتین اشیای تاریخی، پس از کاربرد عصاره‌های گیاهی، رنگ‌سنج سالوترون[۱۳] به‌کار رفت. قطعات مربوط به شیء تاریخی- مطالعاتی به کمک میکروسکوپ نوری، بررسی شد. همچنین، تعدادی کوپن مسی برای پیرسازی در ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول مس کلرید ۱ مولار ($CuCl_2$) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شده و توسط میکروسکوپ نوری بررسی گردید. بعد از کاربرد عصاره تنباکو، از آنها عکس‌های دیجیتال تهیه شد. برای تهیه این تصاویر از میکروسکوپ الکترونیِ مجهز به سیستم آنالیز عنصری کامسکان[۱۴] مدل ۲۳۰۰ mv استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

یافته‌ها

- نتایج آزمون‌های پلاریزاسیون

در این آزمون، رفتار خوردگی مس در محلول سدیم کلرید با اضافه‌کردن عصاره تنباکو بررسی شده است. تصویر ۱، منحنی پلاریزاسیون پتانسیودینامیک را برای مس در سدیم کلرید ۰/۵ مولار در نبود و حضور غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰و ۲۰۰۰ ppm عصاره تنباکو نشان می‌دهد. بررسی منحنی‌های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک بیانگر این است که دانسیته جریان تبادلی کاهش یافته و نیز، این منحنی‌ها مبین سوق پتانسیل خوردگی با افزایش غلظت بازدارنده پتانسیل به سمت اعداد منفی است.

همچنین پارامترهای ارائه‌شده در جدول ۱، بیانگر روند درخور توجه پتانسیل خوردگی به سمت پتانسیل‌های منفی است. درضمن، روند افزایش Rp با افزایش عصاره تنباکو نیز دیده می‌شود. با بررسی سرعت خوردگی کاملاً مشهود است که هرچه غلظت بازدارنده افزایش می‌یابد، دامنه خوردگی کاهش یافته و اثربخشی بازدارنده بهتر می‌گردد. به‌خصوص این ویژگی را در غلظت ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ ppm به‌خوبی می‌توان دید. درضمن، با افزایش غلظت بازدارنده شاهد کاهش E_{corr} هستیم. اندکی تغییرات در شاخه آندی هم محسوس است. شیب کاتدی و آندی روند صعودی و نزولی یک‌نواختی ندارد و این می‌تواند به‌علت تغییرات ناشی از سطح نمونه باشد. بااین‌همه نکته مهم در این مطالعه، نرخ خوردگی است. بررسی شیب تافل کاتدی و آندی، نشان‌دهنده تغییر عمده در شاخه کاتدی و همچنین آندی است. افزون‌بر اینها، سرعت خوردگی به‌طور چشم‌گیری با افزایش غلظت بازدارنده کاهش می‌یابد و این روند، از ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ ppm کاملاً مشخص است.

پارامترهای موجود در جدول ۱ و نیز بررسی منحنی پلاریزاسیون پتانسیودینامیک، حضور غلظت‌های مختلف تنباکو را نشان می‌دهند. این بازدارنده، بازدارنده‌ای مختلط با تأثیرگذاری عمده بر شاخه‌های کاتدی است. زیرا جریان‌های کاتدی درحضور بازدارنده نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته و تغییر کمتری بر شاخه‌های آندی دیده می‌شود. همچنین، پتانسیل خوردگی به‌طور چشم‌گیری به سمت پتانسیل‌های منفی جابه‌جا شده است. اینکه پتانسیل خوردگی در غلظت‌های مختلف بازدارنده یکسان نیست، ممکن است به‌علت واکنش‌های جدید انحلالی بوده که بر ماهیت سطح کار، مؤثر است. همچنین این‌گونه تغییرات را تاحدودی می‌توان در چگالی (دانسیته) جریان خوردگی نیز مشاهده نمود. سرعت خوردگی هم با افزایش غلظت به‌شدت کاهش یافته و راندمان تنباکو از ۲۵ تا ۱۰۰ ppm رشد کرده و تا ۱۵۰۰ ppm، به بیشترین میزان خود، ۹۷/۴ درصد می‌رسد. باتوجه‌به نتایج این آزمون، می‌توان گفت تنباکو بازدارنده بسیار مؤثری در کنترل خوردگی است.

آزمون‌های کاهش وزن

روش کاهش وزن به‌علت نیازنداشتن به هیچ دستگاهی به‌جز ترازوی رقومی، ساده‌ترین روش در مطالعه بازدارنده‌های خوردگی است. در این روش، تغییرات وزن نمونه فلزی قبل و بعد از قرارگرفتن در محیط خورنده (در غیاب و حضور بازدارنده)، در زمانی معین اندازه‌گیری شد. در این آزمون، محلول مادر (رقیق‌نشده) از بازدارنده موردنظر استفاده و نحوه عملکرد آن روی کوپن‌های مسیِ پیرسازی شده بررسی شد. برای ارزیابی میزان بازدارندگی در آزمون کاهش وزن، کوپن‌هایی مسی به قطر ۵ و ضخامت ۱ میلی‌متر تهیه شدند. قبل از غوطه‌وری و پیرسازی، کوپن‌ها به‌دقت توسط کاغذ سمباده ۱۲۰۰ صیقل داده، سپس به‌خوبی با آب مقطر شسته و توسط استون، چربی آنها گرفته شد. درادامه قبل از وزن‌کردن نمونه‌ها، به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سلسیوس زیر نور مادون قرمز و ۲۴ ساعت در دسیکاتور قرار گرفتند.

زمان انجام این آزمایش طولانی است؛ می‌توان گفت نتایج حاصل از این روش واقعی‌تر از روش‌های الکتروشیمیایی است. افزایش تغییرات وزن، عکس افزایش اثربخشی در هر درمان است؛ وزن بالاتر نشان‌دهنده درمانی است که تأثیر آن کمتر است. انتخاب غلظت بازدارنده، براساس نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش‌های الکتروشیمیایی صورت پذیرفت. آزمون کاهش وزن، در دمای ۲۴ درجه سلسیوس انجام شد. سپس کوپن‌ها برای پیرسازی در ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول مس کلرید ۱ مولار ($CuCl_2$) قرار داده شده و پس از ۱۶۸ ساعت، توزین شدند. نتایج این آزمون نشان‌دهنده راندمان بسیار مناسب (۹۷/۸ درصد) تنباکوست. محاسبه راندمان بازدارندگی (IE%) از فرمول کاهش وزن، بدین‌صورت است:

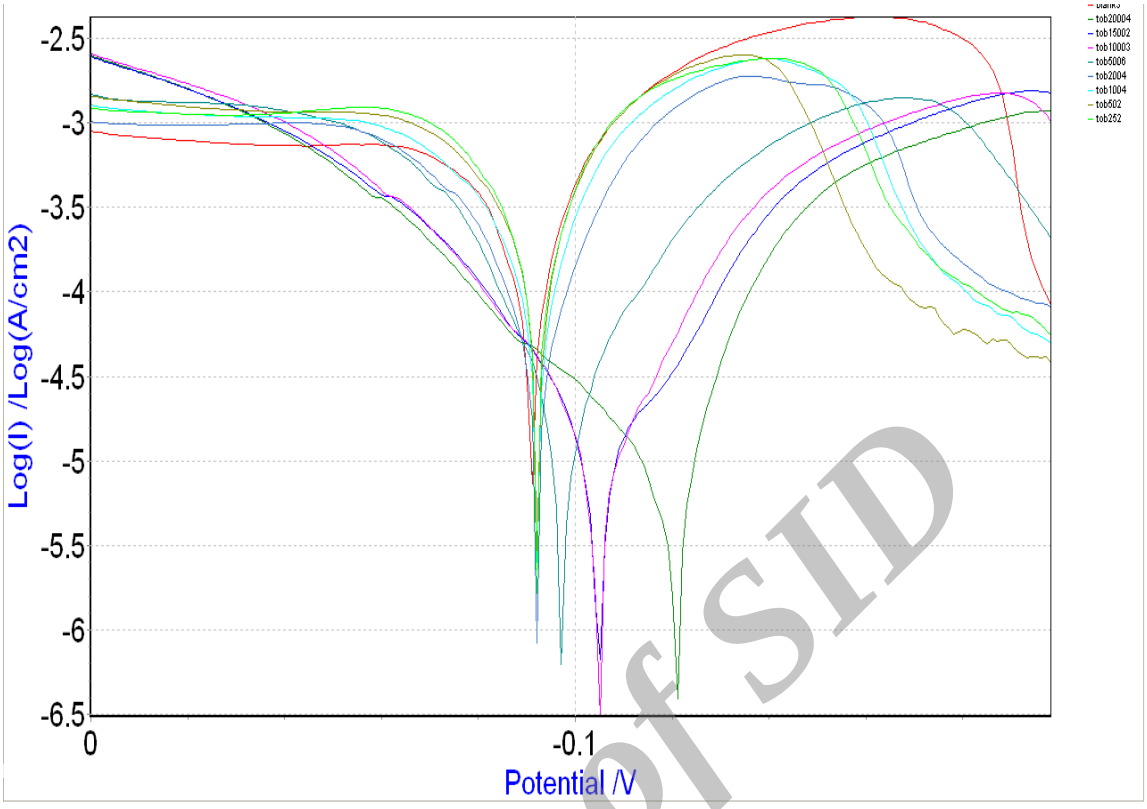
$$IE\% = 1 - [(WL0 / WL)] \times 100$$

در اینجا، WL_0,WL؛کاهش وزن نمونه‌ها در غیاب و حضور بازدارنده است.

نتیجه تغییر وزن در مقایسه با عصاره‌های گیاهی گزارش‌شده در مقالات پیشین[15] طبق ترتیب، مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی>> چای سبز >>تنباکو ثبت شد. تصویر ۲، راندمان بازدارندگی تنباکو را درکنار دو عصاره گیاهی مریم‌گلی داروئی و چای سبز نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



تصویر ۱. منحنی‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک برای مس در سدیم کلرید ۰/۵ مولار درحضور غلظت‌های مختلف تنباکو، الکترود مرجع (SCE)، (نگارندگان)

جدول ۱. پارامترهای خوردگی و راندمان بازدارنده برای مس در محلول سدیم کلرید ۰/۵ مولار درحضور غلظت‌های مختلف تنباکو

غلظت بازدارنده (ppm)	SCE $-E_{corr}$ (V) پتانسیل خوردگی	Rp (ohm)	I_{corr} ($\mu A/cm^2$) دانسیته جریان تبادلی	I_{corr} ($\mu A/cm^2$) دانسیته جریان خوردگی	β_a (mV/decade) شیب تافل آندی	β_c (mV/decade) شیب تافل کاتدی	C.R (mpy) سرعت خوردگی	E % راندمان بازدارنده
۰	۰/۰۹۱	۲۴/۱۷	۸۹۹	۱۵۷۸	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۷۳	۲۱۷/۳±۴/۳	۰/۰۰
۲۵	۰/۰۹۲	۳۲/۱۲	۶۷۶	۱۱۸۷	۰/۰۸۳	۰/۰۹۸	۱۶۳/۰±۳/۲	۲۴/۹
۵۰	۰/۰۹۳	۳۳/۴۶	۶۴۹	۱۱۴۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۷	۱۵۷/۰±۳/۱	۲۷/۷
۱۰۰	۰/۰۹۳	۴۴/۲۳	۴۹۱	۸۶۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۱۱۸/۸±۳/۳	۴۵/۷
۲۰۰	۰/۰۹۳	۶۷/۸۶	۳۲۰	۵۶۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۷۷/۴±۳/۴	۶۴/۶
۵۰۰	۰/۰۹۷	۲۰۹/۳۰	۱۰۳	۱۸۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۸	۲۵/۳±۲/۱	۸۸/۵
۱۰۰۰	۰/۱۰۵	۵۰۳/۷۰	۴۳۱	۷۵۷۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۵	۱۰/۴۴±۳/۳	۹۶/۴
۱۵۰۰	۰/۱۰۵	۶۰۹/۹۰	۶۲۵	۳۵۶۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲	۸/۶۱±۳/۵	۹۷/۴
۲۰۰۰	۰/۱۲۱	۴۱۸/۲۰	۹۱۲۰	۵۱۹۸	۰/۰۱۶	۰/۰۴۹	۱۲/۵۶±۳/۳	۹۴/۴

(نگارندگان)

Archive of SID
www.SID.ir

- آزمون‌های قبول/ مردود

قبل از ارزیابی و بررسی بازدارنده و چگونگی عملکرد آن روی نمونه‌های تاریخی، ابتدا این عصاره ازنظر خواص و ویژگی‌های ظاهری ملاحظه، pH و چگالی آن اندازه‌گیری و رنگش ثبت شد. در این آزمون، قطعاتی از اشیای مسی تاریخی- مطالعاتیِ دارای خوردگی فعال و حاوی ترکیبات کلریدی انتخاب و به گروه‌هایی با پاتین سطحی کربناتی، اکسیدی و کلریدی دسته‌بندی شدند. پس از آنکه لایه‌های رسوبات سطحی آنها به‌صورت مکانیکی پاک‌سازی شد، به‌منظور درمان اشیا و کنترل بیماری برنز به‌مدت ۸ ساعت در بازدارنده جدید قرار داده شد. سپس به کمک آزمون رزنبرگ ارزیابی گردید. شایان یادآوری است، تمامی اشیا دچار خوردگی بوده و بیماری برنز داشتند. به‌خاطر پیچیدگی و نحوه تشکیل خوردگی و تنوع پاتین آزمون وزن‌سنجی، امکان نداشت از آنها استفاده شود. لذا روش آزمون قبول/ مردود در این مرحله انجام شد. بدین‌صورت که اگر در یک شیء، علائمی از بیماری برنز دیده شد، این روش درمانی مردود است. روش ارزیابی براساس مشاهدات بصریِ قطعه اشیا زیر میکروسکوپ و ثبت علائم بیماری برنز و شاخص این آزمون، تهیه عکس بود. شاخص به این دلیل مهم است که نه‌تنها وجود بیماری برنز بلکه به بروز وشدت بیماری برنز در شیء بستگی دارد. مسلم است که شاخص نمی‌تواند فاکتوری کاملاً مؤثر در نتیجه باشد. به‌هرحال، تعداد اشیا (برای هر آزمایش ۱۰ تکرار) می‌تواند شرایط را برای تقریب به راندمان درمان نزدیک کند. شاخص دارای چهار سطح است که این سطوح، بسته به گستردگی بروز بیماری برنز در شیء تقسیم‌بندی شده است (جدول ۲):

۱. بروز کمترین اثر از بیماری برنز،

۲. بروز میزان کمی از اثر بیماری برنز روی سطح اثر،

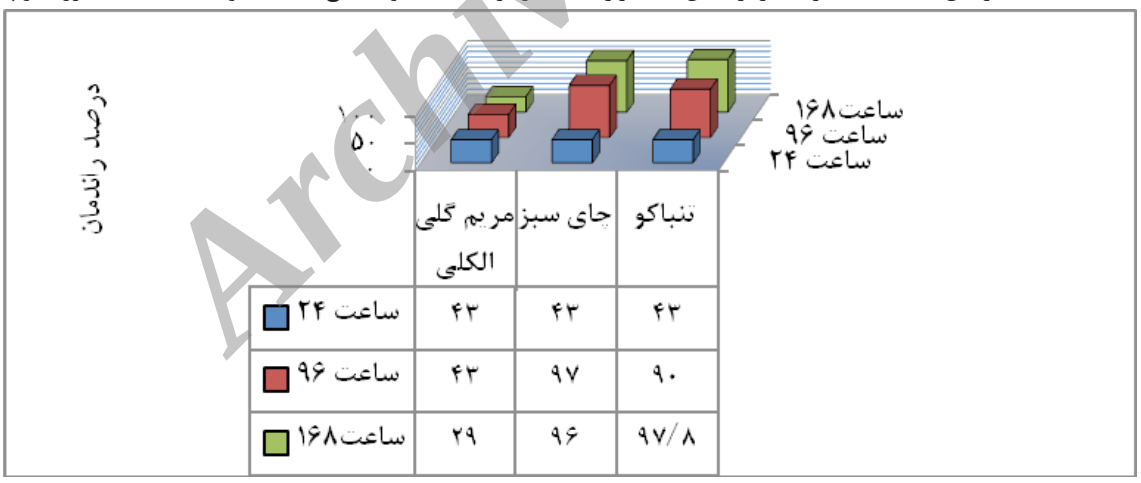
۳. بروز بیماری برنز به‌صورت رشدیافته،

۴. بروز بیماری برنز به‌صورت وسیع و سراسری.

نتایج ارزیابی نشان می‌دهد، عصاره تنباکو در کنترل بیماری برنز روی اشیای گروه ۱ (اشیای تاریخی- مطالعاتی دارای علائم بیماری برنز با پاتین سطحی کربناتی)، بسیار مؤثر است و نقش مهمی در جلوگیری از روند خوردگی در این دسته اشیا دارد. اما تاحدودی سبب تغییر رنگ سطح پاتین کربناتی (مالاکیتی) شد. در گروه ۲، تغییرات اشیای تاریخی با پاتین اکسیدی پس از درمان با بازدارنده جدید بررسی شد که در این گروه، برای عصاره تنباکو ازلحاظ کنترل خوردگی شاخص ۱، بروز اثرات بسیار محدود از بیماری برنز، ثبت شد.

- بررسی‌ها به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی

این بررسی‌ها با هدف به‌دست‌آوردن اطلاعاتی درخصوص توپوگرافی، ساختار لایه‌ها و مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روی نمونه‌های تاریخی پیش و بعد از درمان اشیا با بازدارنده جدید بود. نتایج مطالعات و مشاهدات با میکروسکوپ



تصویر ۲. بررسی راندمان بازدارنده خوردگی تنباکو و مقایسه آن با عصاره‌های مریم‌گلی الکلی و چای سبز (محلول مادر) به کمک آزمون کاهش وزن (نگارندگان)

جدول ۲. ارزیابی درمان توسط بازدارنده تنباکو به کمک مشاهدات بصری، آزمون رزنبرگ و گستردگی بیماری برنز در اشیای تاریخی- مطالعاتی

درمان	گروه اشیا	شاخص	علائم بیماری برنز پس از کاربرد بازدارنده جدید	تغییرات رنگ
تنباکو	گروه ۱؛ پاتین کربناتی	۱[۱۶]	بروز اثرات بسیار محدود از بیماری برنز	تیره‌شدن رنگ سطح
تنباکو	گروه ۲؛ پاتین اکسیدی	۱	بروز اثرات بسیار محدود از بیماری برنز	ارغوانی‌شدن رنگ سطح
تنباکو	گروه ۳؛ پاتین کلریدی	۲	بروز میزان کمی از بیماری برنز	تغییر درخشندگی سطح

(نگارندگان)

Archive of SID
www.SID.ir

الکترونی روی کوپن‌های درمان‌شده با عصاره تنباکو، مبین وجود خوردگی روی سطح نمونه‌هاست (تصویر ۴).

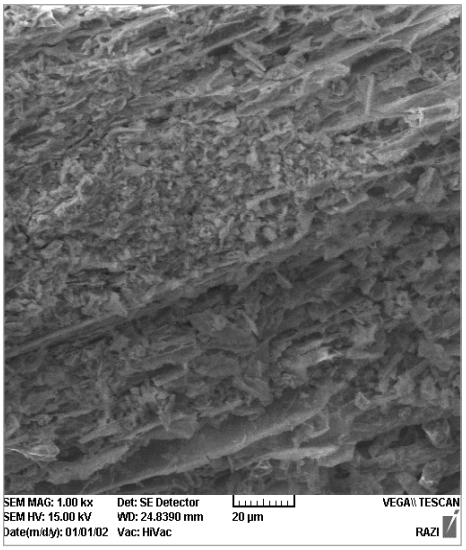
- آزمون چگالی‌سنجی نوری

در روش چگالی‌سنجی نوری برای افزایش ضریب اطمینان، شدت تغییرات نوری روی اشیای تاریخی- مطالعاتی قبل و بعد از درمان با بازدارنده جدید، اندازه‌گیری و ثبت شد. داده‌ها در چگالی‌سنجی نوری ارزش نسبی دارند بنابراین واحد نداشته و اعداد برحسب ارزش نسبی بایکدیگر مقایسه می‌شوند. تصویر ۵، تغییرات شدت نور بازتابی نمونه‌های آثار تاریخی- مطالعاتی غوطه‌ور شده در بازدارنده‌های جدید را نشان می‌دهد. برای کاهش خطای آزمایش، هر دسته آزمون سه بار تکرار شد. جهت ثبت تغییرات شدت نور بازتابی سطح اشیای تاریخی- مطالعاتی در این بخش تعدادی شی تاریخی- مطالعاتی با پاتین‌های اکسیدی، کربناتی وکلریدی انتخاب و بر اساس نوع پاتین دسته بندی شده و سپس از عصاره تنباکو برای درمان هر یک از این دسته‌ها استفاده شد. سپس اندازه‌گیری تغییرات شدت نور بازتابی و میزان بر روی هر یک از دسته‌ها انجام شد. لازم به ذکر است، اعداد ثبت شده در این تصویر، میانگین اعداد حاصل از تکرار آزمون است. همچنین باید متذکر شد، داده‌های به‌دست‌آمده مستقیماً از دستگاه چگالی‌سنج نوری قرائت شده است. نتایج اعداد در آزمون چگالی‌سنجی نوری بدین‌شرح است:

- نتیجه تغییرات شدت نور بازتابی سطح اشیای دسته اول با پاتین اکسیدی که با عصاره تنباکو درمان شده، در مقایسه با نمونه‌های درمان‌شده با عصاره‌های مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی و چای سبز (نمونه‌های مورد مطالعه قبلی)، نسبت به نمونه شاهد به ترتیب با کمترین تا بیشترین تغییرات (براق‌شدگی): ۱. تنباکو ۲. چای سبز ۳. مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی ثبت شد (وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۱-۵۱؛ وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۵-۹۵).
- نتیجه تغییرات شدت نور بازتابی سطح اشیای دسته دوم با پاتین کربناتی که با عصاره تنباکو درمان شده، در مقایسه با نمونه‌های درمان‌شده با عصاره‌های مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی و چای سبز نسبت به نمونه شاهد به ترتیب با کمترین تا بیشترین تغییرات (براق‌شدگی): ۱. تنباکو ۲. مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی ۳. چای سبز ثبت شد.
- نتیجه تغییرات شدت نور بازتابی سطح اشیای دسته سوم با پاتین کلریدی که با عصاره تنباکو درمان شده، در مقایسه با نمونه‌های درمان‌شده با عصاره‌های مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی و چای سبز نسبت به نمونه شاهد به‌ترتیب کمترین تا بیشترین تغییرات (براق‌شدگی): ۱. مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی ۲. چای سبز ۳. تنباکو را دارد. شایان یادآوری است که شدت نور بازتابی سطح پاتین تمامی اشیایی که در این دسته با بازدارنده‌های جدید درمان شدند، نسبت به نمونه شاهد بیشتر بود.

آزمون تغییر رنگ پاتین اشیای تاریخی به روش رنگ‌سنجی

این آزمون، به‌منظور بررسی تغییرات سراسری رنگ (ΔE) طراحی شده است. در این کار، کل تغییرات ظاهری سطح پاتین به‌واسطه کاربرد روش درمانی و استفاده از بازدارنده



تصویر ۳. عکس میکروسکوپ الکترونی از نمونه شاهد، با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر (نگارندگان)

تصویر ۴. عکس میکروسکوپ الکترونی از کوپن پیرسازی و درمان‌شده توسط محلول مادر از عصاره تنباکو، با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر (نگارندگان)

Archive of SID

www.SID.ir

خوردگی، بررسی می‌شود. عدد کوچک‌تر در ΔE، نشانه تغییر کمتر در رنگ اثر است. ΔL؛ تغییرات روشنی، تغییرات مثبت نشانه روشنی و تغییرات منفی نشانه تیرگی است. Δa، تغییرات رنگ قرمز به سبز یا سبز به قرمز است و Δb، تغییرات رنگ زرد به آبی و آبی به زرد است. محاسبه تغییرات سراسری به کمک این معادله به دست می‌آید:

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]}$$

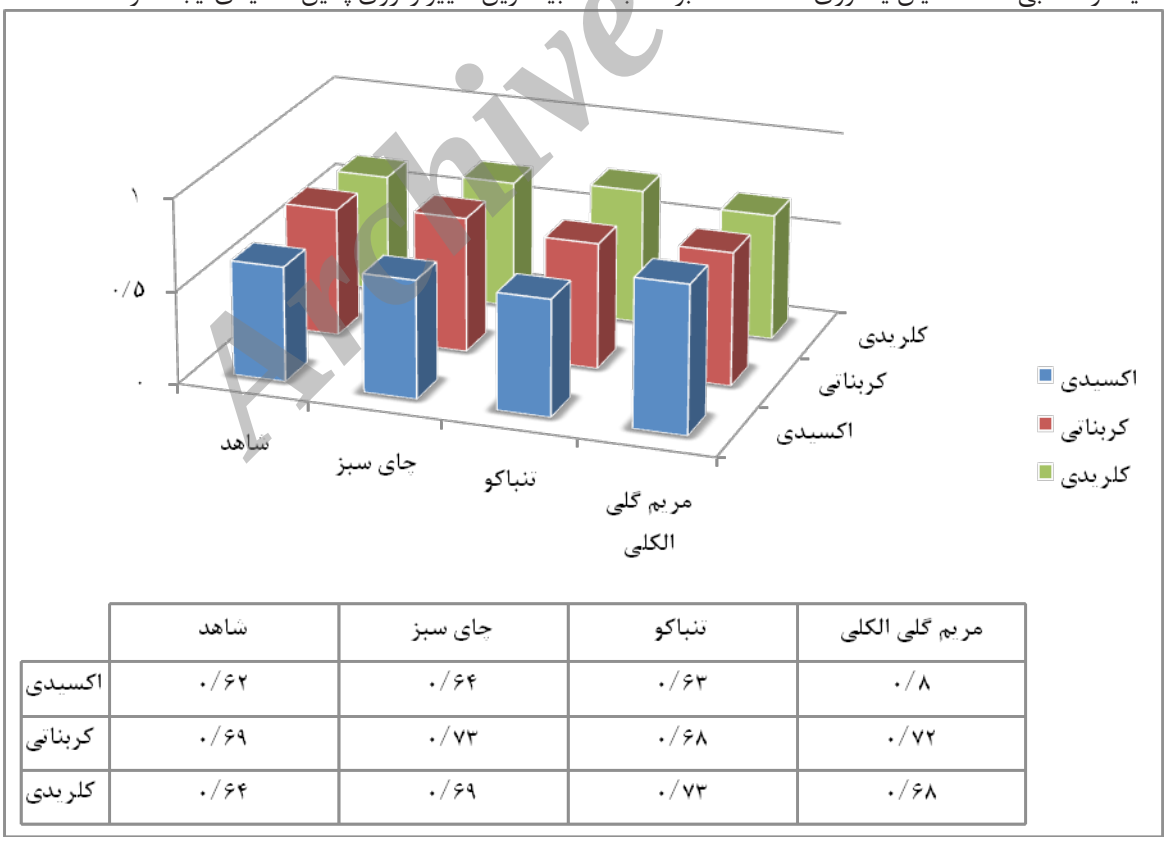
$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]}$$

یافته‌های آزمون رنگ‌سنجی و بررسی مقادیر نسبی و اندازه‌گیری‌های دقیق رنگی براساس طیف رنگی از قرمز به سبز و برعکس (Δa) و طیف رنگی از زرد به آبی و برعکس (Δb)، نیز شدت روشنایی یا تاریکی (ΔL) و تغییرات سراسری رنگ (ΔE) روی پاتین کربناتی بر سطح شیء تاریخی پس از استفاده از بازدارنده مورد مطالعه را می‌توان در جدول ۳ مشاهده نمود. در این آزمون، $\Delta L>0$ نشانه روشنی و $\Delta L<0$ نشانه تیرگی نمونه است. H، همان فام رنگی توصیف کیفیت رنگ است. برای نمونه، رنگ زرد، آبی، قرمز و ... علامت مثبت (+a)، نشان‌دهنده طیف رنگی قرمز و علامت منفی (-a)، نشان‌دهنده طیف رنگ سبز و (+b)، طیف رنگ زرد و (-b)، طیف رنگ آبی است. شایان یادآوری است، اعداد برحسب ارزش نسبی بایکدیگر مقایسه شده‌اند.

– **نتایج تغییر رنگ پاتین کربناتی:** بررسی تغییرات سراسری رنگ یا همان فاکتور ΔE پس از استفاده از تنباکو، مبین تغییراتی در پاتین کربناتی اشیای تاریخی است. این تغییرات در بازدارنده‌های مریم‌گلی استخراج الکلی و چای سبز بیشتر است (وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۰، ۴۱-۵۱؛ وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۵-۹۵)، (تصویر ۶).

با نگاه به جدول ۳، به‌خوبی می‌توان تفاوت این داده‌ها را در سطح شیء برنزی تاریخی که حاوی لایه یکنواخت مالاکیت است و بخش‌هایی از آن، با یک لایه یکنواخت از تنباکو پوشش داده شده، با سطح شاهد (بدون بازدارنده) و بازدارنده‌های جدید مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی و چای سبز مقایسه نمود (وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۴-۴۱؛ وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۵-۸۵).

– **نتایج تغییر رنگ پاتین اکسیدی:** ارزیابی فاکتور ΔE، تغییرات سراسری رنگ پس از استفاده از بازدارنده مورد مطالعه، مبین تغییراتی بر پاتین اکسیدی سطح اثر تاریخی است. مطالب جدول ۴ و تصویر ۶، نتایج نشان می‌دهد تنباکو نسبت به دو بازدارنده مریم‌گلی استخراج الکلی و چای سبز بیشترین تغییر را روی پاتین اکسیدی ایجاد کرده‌اند.

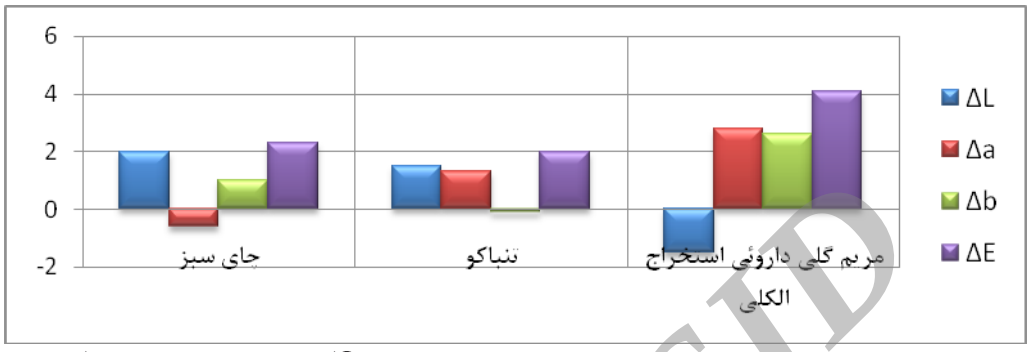


	شاهد	چای سبز	تنباکو	مریم گلی الکلی
اکسیدی	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۸
کربناتی	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۷۲
کلریدی	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۶۸

تصویر ۵. داده‌های شدت نور بازتابی از رنگ سطح قرائت‌شده با دستگاه چگالی‌سنج نوری در آثار تاریخی- مطالعاتی، غوطه‌ورشده در بازدارنده‌های جدید و بدون بازدارنده (شاهد)، (نگارندگان)

Archive of SID
www.SID.ir

- نتایج تغییر رنگ پاتین کلریدی: درپایان، بررسی فاکتور ΔE، تغییرات سراسری رنگ پس از استفاده از بازدارنده‌های مورد بررسی، نشان‌دهنده تغییراتی در پاتین کلریدی سطح اثر تاریخی است. این تغییرات در مقایسه عصاره تنباکو با نمونه‌های مطالعه‌شده در مقالات پیشین، به‌ترتیب از بیشترین تا کمترین تغییر مربوط به بازدارنده‌های: ۱. چای سبز ۲. مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی ۳. تنباکو است (تصویر ۶ و جدول ۵).



تصویر ۶. نمودار مقایسه رنگ‌سنجی بازدارنده‌های مطالعه‌شده و ثبت تغییرات روشنی ΔL، تغییرات ته‌رنگ قرمز- سبزΔa، تغییرات ته‌رنگ زرد- آبیΔb و تغییرات سراسری رنگ ΔE در اشیای تاریخی با پاتین کربناتی (نگارندگان)

جدول ۳. رنگ‌سنجی و ثبت تغییرات فاکتور توصیف کیفیت رنگ، نسبت فام رنگی، تیرگی و روشنی در سیستم اندازه‌گیری رنگ براساس الگوی ریاضی جهت تشخیص رنگ در نور به کمک پارامترها در فام رنگی (CIE L* a* b* Test) بر پاتین کربناتی (مالاکیتی) اشیای تاریخی درمان‌شده توسط محلول مادر از بازدارنده تنباکو و مقایسه آن با عصاره‌های مریم‌گلی داروئی استخراج الکلی، چای سبز و نمونه شاهد

	الگوی ریاضی جهت تشخیص رنگ در نور به کمک پارامترها در فام رنگی CIE L* a* b* Test								
	L	a	b	C	H	ΔL	Δa	Δb	ΔE
شاهد	۳۴/۴±۰/۱	-۳/۱	۳/۱	۴/۴	۱۳۴/۵±۰/۸				
تنباکو	۳۵/۹±۰/۱	-۴/۴	۳	۵/۳	۱۴۴/۶±۰/۳۹	۱/۵	۱/۳	-۰/۱	۱/۹۸±۰/۱۲
مریم گلی داروئی الکلی	۳۲/۹±۰/۱۳	-۵/۹	۵/۷	۸/۳	۱۳۵/۶±۰/۴۷	-۱/۵	۲/۸	۲/۶	۴/۱±۱/۵۰
چای سبز	۳۶/۴±۰/۲	-۲/۵	۴/۱	۴/۹	۱۲۲/۶±۰/۸	۲	-۰/۶	۱	۲/۳۱±۰/۱۲

طیف رنگی از قرمز به سبز و برعکس (Δa) و طیف رنگی از زرد به آبی و برعکس (Δb)، نیز شدت روشنایی یا تاریکی (ΔL) و تغییرات سراسری رنگ (ΔE)* نشانه روشنی و علامت منفی نشانه تیرگی نمونه است.* H همان رنگ‌مایه، توصیف کیفیت رنگ است، مثلاً زرد، آبی، قرمز و ... علامت مثبت (a+)، نشان‌دهنده طیف رنگی قرمز و علامت منفی (a-)، نشان‌دهنده طیف رنگ سبز و (b+)، طیف رنگ زرد و (b-)، طیف رنگ آبی (نگارندگان).

جدول ۴. رنگ‌سنجی و ثبت تغییرات شاخص کیفیت رنگ، نسبت فام رنگی، تیرگی و روشنی بر پاتین اکسیدی (کوپریتی) در یک شیء تاریخی درمان‌شده توسط محلول مادر از بازدارنده‌های جدید و مقایسه آن با نمونه شاهد

	CIE L* a* b* Test								
	L	a	b	C	H	ΔL	Δa	Δb	ΔE
شاهد	۵۸/۵±۰/۱۳	-۸/۳	۶/۶	۱۰/۶	۱۴۱/۴±۰/۱۳				
تنباکو	۷۴/۰±۰/۲	-۱۰/۱	۱۲/۰	۱۶/۶	۱۳۰/۱±۰/۱۳	۱۵/۵	۱/۸	۵/۴	۱۶/۵±۰/۲
چای سبز	۵۸/۵±۰/۰۱۳	-۱۰/۹	۱۲/۲	۱۶/۵	۱۳۲/۲±۰/۲۵	۰	۲/۶	۵/۶	۶/۱۷±۰/۰۱
مریم گلی داروئی الکلی	۵۸/۱±۰/۱۳	-۱۳/۳	۱۰/۸	۱۷/۲	۱۴۰/۹±۰/۱۳	-۰/۴	۵	۴/۲	۶/۵۴±۰/۰۱

(نگارندگان)

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. رنگ‌سنجی و ثبت تغییرات شاخص کیفیت رنگ، نسبت فام رنگی و تیرگی و روشنی بر پاتین کلریدی در یک شیء تاریخی درمان‌شده توسط محلول مادر از بازدارنده‌های جدید و مقایسه آن با نمونه شاهد

CIE L* a* b* Test.									
	L	a	b	C	H	ΔL	Δa	Δb	ΔE
شاهد	۴۰/۴±۰/۱۳	۳۰/۳	۱۳/۰	۳۳/۲	۲۳/۱±۰/۱۳				
چای سبز	۴۲/۳±۰/۲۳	۱۴/۹	۱۰/۰	۱۸/۰	۳۳/۸±۰/۳۴	۱/۹	-۱۵/۴	-۳	۱۵/۸۳±۰/۸
تنباکو	۴۰/۸±۰/۱۳	۲۹/۱	۱۴/۳	۳۲/۵	۲۶/۲±۰/۳۴	۰/۴	-۱/۲	۱/۳	۱/۸۳±۰/۲
مریم‌گلی داروئی الکلی	۴۳/۰±۰/۱۳	۲۷/۵	۱۲/۸	۳۰/۹	۲۴/۵±۰/۱۳	۲/۶	-۲/۸	-۰/۲	۳/۸۱±۰/۲

(نگارندگان)

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها درباره تنباکو نشان داد، این عصاره گیاهی در آزمون الکتروشیمیایی در ppm ۱۵۰۰، بالاترین راندمان حدود ۹۷/۴ درصد را دارد. همچنین، بررسی پارامترها در مقایسه با سایر بازدارنده‌ها در این آزمون نشان می‌دهد، محلول ppm ۵۰۰ آن نیز، راندمان بیشتری حدود ۸۸/۵ درصد داشت. تنباکو بازدارنده‌ای مختلط با اثرگذاری عمده بر شاخه‌های کاتدی است. بررسی شیب تافل کاتدی و آندی، نشان‌دهنده تغییر عمده در شاخه کاتدی و همچنین آندی است و مطالعات بیانگر این بود که سرعت خوردگی به‌طور چشم‌گیری با افزایش غلظت بازدارنده کاهش می‌یابد و این روند، از ۲۰۰ تا ppm ۱۵۰۰ کاملاً مشخص است.

آزمون‌های کاهش وزن نیز، مؤید راندمان مناسب بازدارنده جدید است. نتیجه آزمون قبول/ مردود درباره کارآیی این بازدارنده در درمان بیماری برنز روی اشیای تاریخی با پاتین کربناتی، گویای تأثیر مناسب تنباکو است.

نتایج آزمون چگالی‌سنجی نوری یا همان بررسی‌های شدت نور بازتابی و میزان براق‌شدگی و همچنین، مشاهدات بصری پس از کاربرد تنباکو نشان‌دهنده براق‌شدگی رنگ سطح پاتین کلریدی است. اما این میزان در پاتین اکسیدی و کربناتی کمتر است. البته نتیجه درباره پاتین کلریدی نیز پذیرفتنی بود. نتایج این آزمون روی اشیای تاریخی که از این بازدارنده استفاده شده است، نشان می‌دهد با بررسی شدت نور بازتابی، اشیای تاریخی با پاتین اکسیدی و درمان‌شده با این عصاره نسبت به نمونه‌های شاهد، چندان براق نشدند. همچنین، براق‌شدگی اشیای تاریخی با پاتین کربناتی که با عصاره تنباکو درمان شده، در مقایسه با نمونه‌های شاهد تغییرات چندانی نداشت. اما میزان براق‌شدگی در پاتین کلریدی کمی زیادتر بود.

آزمون رنگ‌سنجی درباره اشیاء با پاتین کربناتی، مبین اندک تغییرات سراسری رنگ پاتین بود و درمیان بازدارنده‌های مورد مطالعه ارائه‌شده در مقالات پیشین، کمترین تغییرات سراسری رنگ را داشت. شاخص درخشندگی، نشان‌دهنده تیره‌شدن پاتین این اشیا پس از کاربرد تنباکو نسبت به نمونه شاهد بود. شاخص کیفیت رنگ، بیانگر تغییر اندک طیف رنگی از سبز به قرمز و تغییر طیف از زرد به آبی است. در اشیاء با پاتین اکسیدی که با این عصاره گیاهی درمان شده‌اند، تغییرات شاخص تیرگی و روشنی بیشترین میزان را داشت. تنباکو سبب تغییر طیف رنگ این پاتین از قرمز به سبز شده و نیز، طیف رنگی از آبی به زرد شده است. این عصاره، روی پاتین اکسیدی بیشترین تغییرات سراسری رنگ را ایجاد می‌کند بنابراین، پیشنهاد بهتر برای درمان بیماری برنز روی اشیاء با این پاتین، استفاده از عصاره چای سبز یا مریم‌گلی داروئی استخراج آبی به‌جای تنباکو است. در اشیاء با پاتین کلریدی، تنباکو مانند سایر بازدارنده‌ها، سبب تغییر طیف از سبز به قرمز گردید. همچنین، این بازدارنده سبب تغییر طیف رنگ پاتین از آبی به زرد شد. تغییرات سراسری رنگ پس از استفاده از تنباکو روی پاتین کلریدی درمیان سایر بازدارنده‌های مطالعه‌شده، کمترین میزان را داشت. می‌توان چنین گفت که اگر شیء مورد درمان پوشیده از پاتین کلریدی است، استفاده از عصاره تنباکو باتوجه‌به اثربخشی مناسب و کمترین میزان تغییر روی آن، بهترین گزینه است.

درنهایت، نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات و مشاهدات توسط میکروسکوپ الکترونی روی کوپن‌های درمان‌شده با این بازدارنده، بیانگر وجود خوردگی روی سطح نمونه‌هاست.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از کلیه کسانی که به‌نحوی در به‌ثمر رساندن این مقاله همکاری نموده‌اند، ابراز می‌دارند.

پی‌نوشت

1. Srivastava
2. Davis
3. Von Fraunhofer
4. Loto
5. Percolation
6. Stock
7. Rosenberge
8. Sartorius
9. Sama- 500
10. Linear Sweep Voltammetry LSV1 /Tafel plot
11. Optical densitometry
12. Heiland
13. Salutron
14. Camscan

۱۵. برای آگاهی بیشتر نگاه شود به: (وطن خواه, بخشنده فرد، گلعذار و سبزعلیان ۱۳۹۰, ۵۴-۴۱ و وطن خواه، بخشنده فرد،گلعذار و سبزعلیان ۱۳۹۱, ۹۵-۸۵)

۱۶. شاخص‌های ارزیابی درمان ۱، به‌معنای بروز بسیار محدود از بیماری برنز و ۲، به‌معنای بروز میزان کمی از شیوع بیماری برنز روی سطح اثر است.

منابع و مآخذ

- وطن‌خواه، غلام‌رضا؛ بخشنده‌فرد، حمیدرضا؛ گلعذار، محمدعلی و سبزعلیان، محمدرضا (۱۳۹۰). عصاره مریم‌گلی دارویی به‌عنوان بازدارنده خوردگی طبیعی برای درمان اشیای تاریخی مسی، **آثار و بافت‌های تاریخی- فرهنگی**. (۱): ۵۴-۴۱.
- _____ (۱۳۹۱). عصاره چای سبز (کاملیا سینن‌سیز): بازدارنده گیاهی غیرسمّی برای کنترل خوردگی در آثار تاریخی مسی، **مرمت و معماری ایران (مرمت آثار و بافت‌های تاریخی- فرهنگی)**. (۴): ۹۵-۸۵.

- Davis,G. D. & von Fraunhofer, J. A. (2003). Tobacco Plant Extracts as Environmentally Benign Corrosion Inhibitors. **Material Perfomance**, 56-60.
- Davis, G. D.; Fraunhofer, J.; Anthony von, Lorrie A. Krebs & Chester M. Dacres.(2001). The Use of Tobacco Extracts as Corrosion Inhibitors. **Corrosion**, paper1558.
- Von Fraunhofer, J. A. & Davis, G. D. (2003). Tobacco Extracts as Pickling Inhibitors. **Chemical Treatment**, 38-42.
- Harrop, D. (1990). Chemical Inhibitors for Corrosion Control in Chemical Inhibitors for Corrosion Control. **Royal Society Chemisrty**. Special Publication, 71: 1-20.
- Loto, C. A.; Loto, R. T. & Popoola, A. P. I. (2011). Inhibition Effect of Extracts of Carica Papaya and Camellia Sinensis Leaves on the Corrosion of Duplex(α β) Brass in 1M Nitric Acid. **International Journal Electro Chemical Science**, 4900-4914.

Archive of SID
www.SID.ir

- Rahim, A. A.; Rocca, E.; Steinmetz, J.; Kassim, M. J.; Adnan, R. & Sani Ibrahim, M. (2007). Mangrove Tannins and their Flavanoid Monomers as Alternative Steel Corrosion Inhibitors in Acidic Medium. **Corrosion Science**, 49(2): 402–417.
- Scott, D. A. (2002). **Copper and Bronze in Art: Corrosion, Colorants and Conservation**. Los Angeles: Getty Conservation Institute Publications.
- Srivastava, K. & Srivastava, P. (1981). Studies on Plant Materials as Corrosion Inhibitors. **British Corrosion Journal**, 16(4): 221–223.

Archive of SID

www.SID.ir

Maremat & Me'mari-e Iran
Vol.5,No.9, Spring & Summer 2015

Received: 2013/12/08
Accepted: 2015/06/20

The Application of Nicotiana Tabacum Extract as an Herbal Corrosion Inhibitor to Control the Bronze Disease in Copper Historical Artifacts

Hamidreza Bakhshandehfard*
Mohammadali Golozar Gholamreza Vatankhah*** Mohammadreza Sabzalian******

Abstract

Most corrosion inhibitors are toxic and can cause damage to conservators. The aim of this research is to achieve a non-toxic corrosion inhibitor which has good efficacy, is effective and inexpensive, and does not create structural changes, discoloration and deformation on the historical artifact. Nicotiana Tabacum (tobacco) extract consists of alkaloid components and these materials have an important role in controlling corrosion. In this paper, tobacco was selected and extracted, and its function in sodium chloride, 0.5 M as the corrosion inhibitor was evaluated in historical copper artifacts. Review of literature shows that this compound has not been used in the field of restoration. Electrochemical potentiodynamic tests were used to assess the function of this extract. Using this method, some information such as the potential and rate of corrosion, the slope coefficient of cathodic-anodic polarization and resistance at the concentration of the extract was obtained. Further, weight loss tests were carried out. In these tests, copper coupons were prepared and, after artificial aging by the inhibitor, their performance was controlled. Fail/Pass test was used through Rosenberg test to evaluate efficiency of the inhibitor for controlling the bronze disease on historical samples and the distribution of such disease on the samples was evaluated. Accordingly, optical microscope (OM) and electron microscope (SEM-EDAX) were used and the effectiveness of the inhibitor was evaluated with the help of several indicators. Moreover, for evaluating the rate of glaring and glittering of the surface after using tobacco extract the optical density-measuring was used, and colorimetry method was used for studying the changes in color, brightness and overall patina color of historical artifacts after using tobacco. The results of experiments and studies imply the good performance of tobacco extract against corrosion and it can be argued that this herbal extract is a very good option due to its high effectiveness and the least amount of changes on the chloride patina.

Keywords: corrosion inhibitor**,** copper historical artifacts, potentiodynamic, electron microscope, colorimetry, Nicotiana Tabacum (tobacco)

* Assistant Professor, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan
** Professor, Faculty of Metallurgy, Isfahan University of Technology
*** Assistant Professor, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan
**** Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology

Archive of SID
www.SID.ir