Archive of SID

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۱۰ (۱۳۹۵)، ۵۴-۴۳

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

بررسی تأثیر افزودنی عسل بر روی مرکب سنتی ایرانی

زهرا سلطانی[۱]، حمید فرهمند بروجنی[۲*]، عباس عابد اصفهانی[۲]

۱ـ کارشناس ارشد مرمت آثار تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، صندوق پستی: ۱۷۴۴

۲ـ دانشجوی دکتری، گروه مرمت آثار تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، صندوق پستی: ۱۷۴۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۲ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۵/۳/۲۰

چکیده

عدم مرغوبیت مرکب‌های معاصر باعث می‌شود که آثار ارزشمند خوشنویسان پس از گذشت مدت زمانی دچار آسیب‌های فراوانی شود. بنابراین، در مبحث حفاظت پیشگیرانه، آثار خوشنویسی با اهمیت می‌باشد و حفاظت از این آثار ضروری ست. از آنجا که کارهای پژوهشی صورت گرفته در این زمینه هنوز زوایای پنهان فنون ساخت مرکب را آشکار نکرده پس، پژوهش در این زمینه امری لازم و ضروری ست. آنچه در این پروژه مورد کنکاش قرار می‌گیرد بررسی تأثیر افزودنی عسل بر روی مرکب سنتی با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی (شیمیایی و فیزیکی) است و اینکه: عسل چه تأثیراتی بر روی مرکب خوشنویسی دارد؟ بویژه مقدار آن بر کیفیت مرکب تولیدی چه تأثیری دارد؟ همچنین چه تفاوت‌هایی از لحاظ چشمی میان مرکب حاوی بست عسل، مرکب حاوی بست صمغ عربی و مرکب حاوی بست صمغ عربی و عسل وجود دارد؟ در این پژوهش پس از ساخت سه نمونه مرکب مشکی با استفاده از رساله‌های کهن، پیرسازی تسریع‌شده شامل آزمون‌های نور، کپک و دما بر روی نمونه‌ها بر طبق استاندارد انجام شد؛ سپس با استفاده از دستگاه pH سنج و رنگ‌سنج، نمونه‌ها pH سنجی و رنگ‌سنجی شدند. پس از بررسی شیمیایی، به بررسی ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌ها از جمله کشش، پوشش، براقیت پرداخته شد. پس از بررسی‌های آزمایشگاهی معلوم شد، که افزودن عسل به مرکب نه تنها بر دوام مرکب می‌افزاید، بلکه از رنگ پریدگی، ریزش مرکب، و حتی از خوردگی کاغذ در طول زمان جلوگیری می‌کند. افزون بر این، کاربست نسبتی مناسب از عسل و صمغ عربی؛ براقیت، پوشش‌دهندگی وحجم دهندگی مرکب بر روی کاغذ را بهبود می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: افزودنی، عسل، مرکب سنتی ایرانی، خوشنویسی.

Investigating the Impact of Honey Additive on Iranian Traditional Ink

Z. Soltany, H. Farahmand Boroujeni*, A. Abed-Esfahani

Department of Restoration of Monuments, Faculty of Restoration, Art University of Isfahan, P.O.Box: 1744, Isfahan, Iran

Received: 04-02-2015 Accepted: 14-10-2015 Available online: 09-06-2016

Abstract

Low quality current inks cause serious damages to valuable works of calligraphist after a while. Therefore, preventive protection of calligraphic works is of importance and it is essential to protect such works. Since former researches that have been done in this field did not reveal hidden aspects of ink construction, it seems necessary to do more investigation in this respect. The present study tried to investigate the impact of additive honey on Iranian traditional ink through (chemical and physical) laboratory techniques, and to answer questions such as how does additive honey affect calligraphy ink? Especially how does quantity of honey affects inks quality? And also what visual differences can be seen between honey-binder ink, gum Arabic binder ink and gum Arabic plus honey binder ink? In this study, after producing three samples of black ink using old books, according to the standards artificially accelerated aging including light, mold, and temperature tests were done on the samples. Then, pH and color of the samples were measured using a pH-meter and a colorimeter. After chemical examinations, the physical properties of samples, including viscosity, coverage and glossoness had been evaluated. The results showed that adding honey, not only increases the durability of ink, but also prevent it from fading, bleeding and even prevent the corrosion of the paper during the time. Additionally, a binder made up of proper proportion of honey and gum Arabic, improves glossiness and coverage of the ink on the paper surface. J. Color Sci. Tech. 10(2016), 43-54© Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Additive, Honey, Iranian traditional ink, Calligraphy.

***Corresponding author: h.farahmand@aui.ac.ir**

www.SID.ir

Archive of SID

۱ـ مقدمه

از قدیم مرکب و دیگر ابزارهای نوشتن در میان ایرانیان فرهیخته متنوع بوده است. در عالم اسلام، مرکب‌ساز انواع مرکب (سیاهی)، لیقه (گونه‌ای از مرکب)، حبر، مداد و مرکب‌های رنگین را شناخته و امتحان کرده است [۱].

اهمیت مرکب در گذشته در ثبت قرآن و حدیث، تاریخ و همچنین حفظ علوم مختلف بوده است. تا آنجا که در گذشته مرکب‌سازی صنفی خاص و معین بوده که اعتبار و موقعیت اجتماعی خود را داشته است. حتی برخی از مرکب سازان مرکب‌های خود را نام‌گذاری می‌کردند. تجربیات مرکب‌سازان (حبّارون) خیلی زود از محدودهٔ آغازین خود فراتر رفت، چنانچه نظریات کارشناسانهٔ آنها آمیزش مختلف درجات رنگ‌ها را شامل می‌شد. همچنین ترکیب یک مرکب رنگی هرگز منحصر به یک تجربهٔ ثبت شده نمی‌شد، بلکه برای رسیدن به همان رنگ، با روش‌های گوناگونی مواجه می‌شویم که در مناطق پراکنده از هم در جهان اسلام به ثبت رسیده‌اند و هر کدام حاصل استفاده از موادی است که در آن منطقهٔ خاص در دسترس بود [۱]. اما متأسفانه امروزه مرکب‌سازان از روش‌های سنتی[1] برای ساخت مرکب‌ها استفاده نمی‌کنند و به دلیل سهولت کار و یا شاید عدم آگاهی مرکب‌سازان امروزی از ترکیب مرکب‌های مرغوب قدیمی و در عمده‌ای از موارد سودجویی برخی، از مواد نامرغوب برای ساخت مرکب استفاده می‌کنند. درنتیجه مرکب‌ها از نظر کیفیت، زیبایی و پایداری در مقابل تابش نور و غیره بسیار ضعیف هستند. متأسفانه استفادهٔ فراوان خوشنویسان از این مرکب‌های نامرغوب درجای مرکب اصیل سنتی، آثار ارزشمند خوشنویسان را که دیر یا زود جزء آثار موزه‌ای و ملی قرار می‌گیرد در گذر زمان دچار آسیب‌های جدی می‌کند. ضمن اینکه تاکنون تحقیقات جدی و مدون دربارهٔ تأثیر افزودنی‌ها بر روی مرکب ایرانی، صورت نگرفته است. مطالعات انجام شده در دنیا هم، بیشتر به مبحث خوردگی کاغذ (منظور خردشدن و ریختگی کاغذ در محل خط نوشته می‌باشد. این اتفاق با اسیدی‌شدن کاغذ و شکست تدریجی اتصالات در سلولز آغاز می‌شود. درکاغذهایی که با مرکب آهن-مازو کتابت شده‌اند این اسیدی شدن با حضور یون‌های آهن (II) تسریع می‌شود) تحت تأثیر مرکب آهن-مازو پرداخته شده است. البته پژوهش‌هایی در رابطه با انواع دوده (کربن)؛ تاریخچه، منبع، چگونگی ساخت، خصوصیات و ساختار شیمیایی و مقایسه آنها با یکدیگر شده است؛ همچنین آنالیزهای دستگاهی از قبیل طیف‌سنجی تبدیل فوریه- زیر قرمز، کروماتوگرافی و غیره بر روی یکسری از مرکب‌های مختلف که بر اساس دستورالعمل‌های قدیمی ساخته شده بودند با هدف شناسایی اجزای مرکب‌های تاریخی انجام شده است [۳، ۴، ۵]. در یک پژوهش با استفاده از آنالیزهای دستگاهی مثل کروماتوگرافی، طیف‌سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز دریافتند: وقتی که صمغ عربی به مرکب اضافه می‌شود خوردگی و فرسایش سلولز به تأخیر می‌افتد؛ بدین‌صورت که صمغ، الیاف کاغذ را می‌پوشاند؛ بنابراین انتشار اکسیژن یا آهن آزاد را محدود می‌کند. البته این تأثیر محافظ مدت زمانی معین تأثیر دارد زیرا صمغ عربی به سولفات آهن بسیار حساس است [۶]. مرت[2] نیز در یک بررسی به شناسایی ساختار شیمیایی مرکب‌های نسخ قدیمی با استفاده از آنالیزهای دستگاهی مثل طیف‌سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز و غیره پرداخته است. وی همچنین با نمونه‌سازی به بررسی تأثیر افزودنی زعفران در جلوگیری از خوردگی کاغذ به وسیلهٔ مرکب آهن-مازو پرداخته است [۷].

در ایران نیز فاضل نیشابوری در مقاله‌ای بیان کرده که علاوه بر چهار عنصر اصلی مرکب به منظور کیفیت و مرغوبیت بیشتر مرکب از مواد دیگری مانند: برگ مورد، حنا، وسمه، نمک هندی، گلاب، زعفران و غیره استفاده می‌کنند [۸]. شبوح در مقاله‌ای از ترکیب انواع افزودنی‌ها مثل زعفران، نیل، شنگرف و... برای ساخت مرکب‌های رنگی با رنگ‌های مختلف، شیوه استفاده از هرکدام و تأثیرات برخی از آنها بر یکدیگر سخن گفته است [۲]. خسروی بیژائم در پژوهشی از آنالیز نمونه‌های مرکب مورد مورد آزمایش دریافت که دو نمونه مرکب سیاه در نسخ به کار رفته است؛ یک نمونه عمدتاً از کربن (دوده) تشکیل شده و نوع دیگر، دارای عناصر میانی و سنگین است که درواقع این دسته از مرکب، همان مرکب مخصوص ایرانی است [۹]. لامعی رشتی و همکارانش هم در مقاله به این نتیجه رسیدند که مرکب‌های قدیمی حاوی مقدار گوگرد و آهن کمتری نسبت به مرکب‌های جدید هستند؛ در مقابل عناصر میانی مرکب‌های قدیمی بسیار بیشتر از مرکب‌های جدید است [۱۲]. همچنین در مقاله‌ای دیگر لامعی رشتی و همکاران ترکیب عنصری چند نمونه کاغذ و مرکب دورهٔ قاجار را با استفاده از روش آنالیز عنصری شناسایی و اندازه‌گیری، سپس تفاوت میان آنها را بررسی کردند [۱۳]. با این حال پژوهش‌های انجام شده همه دررابطه با مرکب‌های قدیمی، آسیب‌های وارده بر آنها و خوردگی کاغذ به وسیلهٔ مرکب آهن-مازو صورت گرفته است. در مواردی هم که ذکر شد تنها نوع مادهٔ افزودنی با آنالیزهای دستگاهی شناسایی شده و نه تأثیر آن بر روی مرکب؛ و پژوهشی دررابطه با تأثیر افزودنی ها بر روی مرکب؛ به خصوص افزودنی‌هایی که از آسیب‌های احتمالی به مرکب درآینده

۱- در رساله‌های خوشنویسی برای ساخت مرکب مشکی سنتی روش‌های متعددی آمده است. این مرکب‌ها به سه گروه اصلی تقسیم می شوند:۱- مرکب‌های دوده‌ای ۲- مرکب‌های مازو-زاج (رسوبات سیاه مازو و زاج) ۳- مرکب‌های مخلوط (دوده و مازو- زاج). در هر سه مورد یک عنصر پیونددهنده (بَست) که معمولاً صمغ‌عربی است لازم است [۱۰].

2 -Mert

www.SID.ir

Archive of SID

جلوگیری می‌کند صورت نگرفته است؛ که این در حیطهٔ حفاظت پیشگیرانه می‌گنجد. از آنجا که در قدیم افزودنی‌هایی مثل شکر، نبات، عسل را برای اصلاح ساختار، رنگ یا درخشش و یا افزایش روانی مرکب به آن اضافه می‌کرده‌اند [۱۴]، همچنین در دستورالعمل‌های ساخت مرکب سنتی ذکر شده که عسل در طول زمان باعث دوام رنگ مرکب می‌شود [۱۵]؛ بررسی تأثیر افزودنی عسل بر روی مرکب مورد آزمون قرار گرفت و البته از لحاظ چشمی نیز می‌توان تأثیرات آن را بر روی مرکب مشاهده کرد. در این پروژه تأثیر افزودنی عسل بر خواص مرکب و ثبات مرکب با مطالعات آزمایشگاهی مورد کنکاش قرار می‌گیرد؛ تا بدین وسیله بتوان راه را برای ساخت مرکبی پایدار که ویژگی‌های مرکب مناسب برای خوشنویسی ایرانی را داشته باشد فراهم کرد. بدین ترتیب که ابتدا ساخت مرکب مشکی مطلوب با استفاده از رساله‌های کهن مد نظر قرار گرفته و سه نمونه مرکب مشکی ساخته شد؛ سپس پیرسازی نور، دما و رطوبت بر روی نمونه‌ها بر طبق استاندارد انجام شد. درادامه نیز براقیت، پوشانندگی و کشش نمونه‌ها اندازه‌گیری و درآخر با منابع و اطلاعات موجود تحلیل و نتیجه‌گیری شد.

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد

برای تهیهٔ دوده بر اساس روش‌های سنتی ابتدا مقداری روغن بزرک فراهم و در محفظهٔ چراغ الکلی ریخته شد؛ پس از روشن‌کردن فتیله، یک ظرف سفالی که قبلاً استفاده نشده بود (آب ندیده)، بر روی شعله گذاشته تا دوده در آن جمع شود. دوده لایه لایه بر دیوارهٔ ظرف می‌نشیند. پس از سوختن روغن، دوده، به آرامی از دیوارهٔ ظرف برداشته شد. البته قابل ذکر است که دودهٔ سیاه دوده‌ای است که «سوختهٔ خاک رنگ» نباشد و این وقتی حاصل می‌شود که موقع سوختن، فتیله آرام بسوزد و اگر فتیله سریع بسوزد دوده خاکستری رنگ می‌شود.

پس از تهیهٔ دوده، برای از بین بردن چربی دوده؛ آن را در یک ظرف سفالی ریخته و به مدت یک ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره گذاشته تا چربی دوده کاملاً از بین برود. امتحان چربی دوده این است که مقداری دوده به کف دست مالیده و بعد شسته شود؛ اگر دوده چرب باشد سیاهی آن با آب پاک نمی‌شود اما زمانی که چربی آن از بین رفته باشد فوراً با آب پاک می‌شود [۱۶].

درادامه مقدار ۲۰ گرم مازوی[1] خرد شده در۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوشانده شده، ریخته و به مدت سه شبانه روز به صورت روباز در مجاورت هوا گذاشته شد؛ تا عصارهٔ آن کاملاً خارج و اسید گالیک کافی به دست آید. سپس بر روی حرارت ملایم گذاشته تا تخمیر سریع‌تر صورت بگیرد و پرده‌ای که بر روی آن بسته می‌شود را برداشته تا زمانی که دیگر این پرده بسته نشود؛ زیرا این پرده از لطافت مرکب می‌کاهد. پرده‌ای که بر روی مازو می‌بندد را «کلاش» گویند [۱۷]. پس از آنکه این پرده، دیگر بر روی مازو بسته نشد و زمانی که عصارهٔ مازو بر روی کاغذ پخش نشد مازو به قوام لازم رسیده است.

قبل از افزودن زاج[2] به مرکب آن را به مدت یک ساعت در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره گذاشته تا از خاصیت اسیدی آن کاسته شود. این درجه حرارت پس از امتحان‌کردن زاج حرارت دیده در دماهای مختلف و قابلیت ترکیب آن با اسید گالیک (واکنش بین جوهر مازو و نمک فلزی که باعث تولید رنگ سیاه می‌شود) به دست آمد. شایان ذکر است که اگر زاج بیش از اندازه حرارت ببیند و به اصطلاح سوخته شود توانایی واکنش با اسید گالیک را از دست می‌دهد.

در بیشتر دستورالعمل‌های ساخت مرکب از صمغ عربی در جای بست استفاده شده است. برای استفاده از صمغ عربی در مرکب برطبق دستورالعمل مورد نظر ابتدا مقدار ۳۰ گرم صمغ‌عربی را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوشانده، ریخته تا کاملاً حل شود و به غلظت عسل درآید. ازآنجا که آب‌های سنگین نظیر آب اصفهان و یزد باعث رسوب زاج می‌گردد و قدرت دندانه را کاهش می‌دهد [۱۸] از این‌رو برای ساخت نمونه‌ها از آب مقطری که به مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شده بود استفاده شد تا شرایط برای رشد عوامل زیستی در مرکب به حداقل برسد.

۲ـ۲ـ روش کار

برای ساخت نمونه‌ها از دستور ساخت مرکبی استفاده شد که میرعلی‌هروی در رسالهٔ "مدادالخطوط" دستور ساخت آن را به میرعلی‌تبریزی منسوب کرده است. وی در توصیف این مرکب چنین می‌گوید «در میان خطاطان و خوشنویسان تا حال همچون مدادی پیدا نگشته و در قدر و قیمت مانند طلای احمر است».

دستور آن بدین شرح است: ۱۰درم[3] دوده +۱۰ درم زاج قبرسی + ۵ درم مازو + ۱۵درم برگ مورد، حنا و وسمه (از هر کدام ۵ درم) + ۰,۵ درم نشادر کانی + ۳۵ درم صمغ عربی + ۱ درم زعفران + ۱ درم نبات مصری + نمک.

ابتدا هفت من آب را در دیگ سنگی می‌جوشانند تا سه من و نیم از آن بماند سپس مازو، زاج، صمغ و برگ حنا، هرکدام را در

۱- مازو عبارت از برجستگی‌های مدوری است که براثر گزش حشره بر روی جوانه های درخت بلوط ایجاد می شود [۱].

۲- زاج گوهری کانی مانند نمک و از مواد سازندهٔ مرکب است [۱۹].

۳- درم: واحد وزنی معادل یک پنجم سیر و مساوی ۱۵ گرم یا ۶ دانگ است[۲۰].

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفی جداگانه می‌گذارند و بر روی هر کدام آن قدر آب می‌ریزند تا کاملاً زیر آب قرار بگیرد. پیش از آنکه مازو را در آب بریزند آن را خرد می‌کنند به طوری که هر کدام چند تکه شود. چربی دوده را گرفته، سپس آن را همراه با نشادر در هاون ریخته و صمغ حل شده را به آن اضافه می‌کنند تا مثل خمیر شود و شروع به کوبیدن فراوان می‌کنند. آب مازو، زاج و آب برگ حنا و مورد را پس از صاف کردن با یکدیگر مخلوط کرده و در دیگ با حرارت ملایم می‌جوشانند و امتحان می‌کنند زمانی که نوشته از طرف دیگر کاغذ نشر نکرد آن را از دیگ بیرون آورده و در هاون می‌کوبند تا «تمام شود». سپس آب زعفران و نبات مصری را در آب جوشیده حل می‌کنند و سپس صاف کرده و در هاون ریخته و صلایه[1] می‌کنند (باید توجه داشت که هر چه بیشتر صلایه شود بهتر است) تا آماده شود. سپس از هاون بیرون آورده و با پارچه حریر آن را صاف کرده و در ظرف چینی یا شیشه‌ای می‌ریزند. درآخر می‌توان اندکی نمک هم به آن اضافه کرد [۱۵].

۲ـ۲ـ۱ـ نمونه‌سازی

نمونه‌ها تحت عنوان گروه a نامگذاری شدند؛ برای ساخت مرکب مشکی مقادیر مورد نظر تبدیل به گرم شد و پس از تبدیل آنها به مقیاس کوچک‌تر شروع به ساخت نمونه‌ها شد. ابتدا ۱۵ گرم دوده را با ۷۲٫۶ میلی‌لیتر (معادل ۵۲٫۵ گرم) صمغ در هاون کوبیده تا کاملاً صمغ با دوده آغشته شود و به اصطلاح «دوده کشته شود». پس از آن مقدار ۱٫۵ گرم زاج، به ۱۰ میلی‌لیتر (معادل ۷٫۵ گرم) مازو اضافه شد. برای جلوگیری از تأثیرات مخرب زاج، یک پنجم مقدار ذکر شده در دستورالعمل مذکور، در ساخت مرکب‌ها به کار برده شد و با این مقدار هم، واکنش مورد انتظار به خوبی صورت گرفت. قابل ذکر است که با نسبت‌های متفاوت آهن به اسید گالیک، کمپلکس‌های متفاوتی بین اسید گالیک و یون‌های آهن شکل می‌گیرد. بررسی‌ها نشان داده حتی کوچک‌ترین تغییرات در ساختار شیمیایی مرکب درجه بزرگی از خوردگی مواد را نتیجه می‌دهد [۷]. در نهایت مازویی که به آن زاج اضافه شده را به مخلوط قبلی افزوده و دوباره مخلوط ساییده شد. این مرکب، نمونهٔ شاهد قرار گرفت و بقیهٔ نمونه‌ها با اضافه‌کردن افزودنی مورد نظر به آن، ساخته شدند که در جدول ۱ آمده است.

برای اینکه مواد بهتر با هم مخلوط شوند و اجزاء همگن شوند، نمونه‌ها به مدت ۲۰۰ ساعت با دور ۱۵۰ در دستگاه تکاننده[2] مخلوط شدند. این دستگاه باعث انتشار یکدست رنگدانه ها در درون بست می‌شود (همگن یا یکنواخت شدن مخلوط) و ساختمان مولکولی آنها را نمی‌شکند.

۱- صلایه کردن: چیزی را ساییدن و به هم آمیختن [۱].

2- Shaker

جدول ۱: اجزاء مرکب‌ها در گروه (a).

نمونه	دوده (g)	صمغ عربی ۳۰٪ (ml)	زاج (g)	مازو ۲۰ ٪ (ml)	عسل (ml)
a_1 (شاهد)	۱۵	۷۲٫۶۰	۱٫۵۰	۱۰	–
a_2	۱۵	–	۱٫۵۰	۱۰	۶۰٫۱۴
a_3[۴]	۱۵	۳۶٫۳۹	۱٫۵۰	۱۰	۳۰[۳]

هنگامی‌که کربن با یک محلول آبی از چسب مخلوط می‌شود باید فشار بسیار فراوانی به کاربرده شود و بدون مخلوط‌کردن پیوستهٔ کربن و چسب، محصول خوبی به دست نمی‌آید. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که هر چه ذرات کربن مخلوط با چسب، بیشتر کوبیده شود ذرات کربن پراکندگی بهتری خواهد داشت و از تجمع ذرات در یک‌جا جلوگیری شده و در نتیجه مرکب مطلوب‌تری به دست می‌آید [۲۱].

در دستورهای ساخت مرکب هم ذکر شده که مرکب هرچه بیشتر ساییده شود بهتر است؛ از جمله در نسخه منتشرنشدهٔ دی پرشیا[5] اثر رافائل دومان یک روش آمیختن مرکب، بستن کوزهٔ مربوط به مجموع مواد آن به شتری است که به سوی مکه می‌رود (یعنی باید بسیار تکان بخورد) [۱۰].

از آنجا که نقطه، واحد اندازه‌گیری و سنجش در هنر خوشنویسی است. بنابراین، هر نمونه به صورت نقطه‌ای با استفاده از قلم کتیبه به عرض ۳ سانتی‌متر بر روی کاغذ گلاسه (که بیشتر مورد استفادهٔ خوشنویسان معاصر است) ایجاد شد. در زمان گذاشتن نمونه‌ها بر روی کاغذ سعی شد نمونه‌ها با فشار یکسان بر روی کاغذ گذاشته شود؛ تا مرکب یکسان و یکنواخت بر روی کاغذ قرار گیرد و هیچ‌گونه انباشتگی از مرکب بر روی کاغذ به وجود نیاید.

۲ـ۲ـ۲ـ آزمون‌ها

پس از نمونه‌سازی برای بررسی تأثیرات نور (فرابنفش) بر روی نمونه‌ها (بررسی میزان رنگ‌پریدگی هر یک از نمونه‌ها)، پیرسازی تسریع شده بر طبق استاندارد IS 1221 1971 به مدت ۱۱ روز و به فاصلهٔ ۲۵ سانتی‌متر از نمونه‌ها توسط لامپ بلک لایت آبی فلورسنت،

۳- این مقدار عسل معادل ۲۶٫۱۸ گرم است. این مقدار عسل پس از اضافه کردن میزان‌های متفاوت عسل به مرکب و بررسی کشش و دیگر خواص فیزیکی مرکب در حالت مطلوب در نظر گرفته شد.

۴- در این نمونه نصف صمغ عربی و نصف عسل در جای بست استفاده شد.

5- De Persia

www.SID.ir

Archive of SID

۱۸ وات با طول موج ۳۵۶ nm انجام شد. پس از نمونه‌سازی و انجام پیرسازی‌های مختلف، تأثیر نور، حرارت و رطوبت بر روی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

برای بررسی تأثیر نور فرابنفش بر روی نمونه‌ها و مشخص کردن تغییر در اسیدی بودن هر یک پس از پیرسازی، pH هر نمونه اندازه‌گیری شد. قاعدتاً مقدار pH مرکب بر روی کاغذهای نمونه بیشتر از مقدار pH مرکب مایع است؛ زیرا pH کاغذ ۷٫۶۵ است. تغییرات pH هر نمونه محاسبه شد. لازم به ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از سه بار اندازه‌گیری ست.

پس از اندازه‌گیری مقدار pH هرکدام از نمونه‌ها، برای بررسی میزان تغییر رنگ نمونه‌ها بعد از پیرسازی نوری از دستگاه "رنگ‌سنج" استفاده شد. به این ترتیب که قبل و بعد از پیرسازی شش نقطه ازهر نمونه رنگ‌سنجی شد. قابل ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از شش بار اندازه‌گیری است.

به منظور بررسی تغییرات رنگی نمونه‌ها از "رنگ‌سنج" مدل Color Tector Alpha ® استفاده شد. تغییرات رنگی می‌تواند به وسیلهٔ سیستم CIE[1] Lab محاسبه شود که دارای سه محور با مؤلفه‌های L*،a* و b* می‌باشد. این سیستم بر این مبنا استوار است که نوار انعکاس یافته از هر سطح رنگی را می‌توان از لحاظ چشمی توسط مخلوطی از نورهای قرمز، سبز وآبی در نسبت‌های مناسب همانند کرد [۲۲]. در این سیستم روشنایی،L* ، کمیتی است که مقدار مجموع انعکاس طیفی را نسبت به سطح سفید خالص اندازه‌گیری می‌کند؛ a* یک مقیاس از مقدار قرمز-سبز (a+ قرمزی، a- سبزی) است؛ b* مقدارزرد-آبی(b+زردی، b– آبی) را مشخص می‌کند. اختلاف رنگ، ΔE* ، بر طبق رابطه ۱ محاسبه شده است که در آن $\Delta L^*=L_2-L_1$ ؛ $\Delta a^*=a_2-a_1$؛ $\Delta b^*=b_2-b_1$؛ تفاضل‌های محاسبه شده برای نمونه‌های پیرسازی شده (۲) و نمونه‌های قبل از پیرسازی (۱) هستند. ΔE* تغییر رنگ نمونه در نتیجهٔ تاثیر دما، نور و رطوبت را نشان می‌دهد [۷].

$$\Delta E^*=((\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2)^{1/2} \qquad (۱)$$

امروزه مطالعات انجام شده بر روی مرکب‌های نسخ قدیمی، نشان داده که در بسیاری موارد مرکب آهن-مازو باعث ایجاد لکه‌هایی بر روی کاغذ و در نهایت تخریب کاغذ شده که این پدیده را اصطلاحاً خوردگی ناشی از مرکب آهن- مازو می‌نامند. منشأ اصلی سازوکار مخرب مرکب آهن- مازو درنتیجه یک ترکیب پیچیده است که در اثر فرآیندهای مختلف حاصل شده است اما ترکیب پیچیده مرکب‌ها و شرایط محل نگهداری بیشترین تأثیر را در این زمینه دارند [۲۳].

مرکب‌های آهن- مازوی قدیمی شامل ترکیبات مختلف هستند ولی به هر حال اجزای اصلی عبارتند از: سولفات آهن (II) و عصاره مازو. این عصاره شامل جوهر مازو است به طوری که با یون‌های آهن (III) ترکیب واقعی مرکب را می‌سازند. یون‌های آهن (III) با اکسایش یون‌های آهن (II) موجود در هوا تشکیل می‌شوند. سولفات آهن (II) به عنوان منبع آهن بارها استفاده شده است و وقتی که پلی‌فنل با آهن واکنش می‌دهد اسید سولفوریک تولید می‌کند. اسیدها آبکافت سلولز را تسریع می‌کنند و در بعضی موارد ممکن است اکسایش و آبکافت اسیدی تسریع شده هم‌زمان بر روی کاغذ رخ دهد[۱۴].

برای مشاهدهٔ تأثیرات طولانی مدت مرکب بر روی کاغذ (بررسی میزان خوردگی کاغذ به وسیله هر یک از نمونه‌ها)، پیرسازی تسریع شده به وسیله دمای بالا انجام شد. تغییراتی که ممکن است دهه‌ها یا سال‌ها طول بکشد تا در شرایط نرمال رخ دهد. بر طبق استاندارد TS 4839 ISO 5630-1 نمونه‌ها به مدت ۲۴ روز در دمای ۲ ± ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در گرمای خشک گرم‌خانه گذاشته شد. قابل ذکر است، در این آزمون بررسی تغییرات مرکب که بر روی کاغذ تأثیرگذار است مورد توجه قرار می‌گیرد و مواردی همچون میزان استحکام کاغذ مطرح نیست. به منظور بررسی تأثیرات مرکب آهن- مازو برکاغذ، پیرسازی حرارتی بر روی نمونه‌ها انجام شد. منظوراز پیرسازی حرارتی یا پیرسازی دمایی، بررسی تأثیر دما بر تخریب یک اثر یا شئ می‌باشد. در هر موردی که واکنش یا واکنش‌های شیمیایی عامل تخریب باشند بایستی تأثیر دما که یکی از مهم‌ترین عوامل در افزایش سرعت واکنش می‌باشد مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی نظر به اینکه از بین مجموع عوامل تخریب کاغذ، تخریب شیمیایی مهم‌ترین عامل بوده و این تخریب در شرایط محیطی، معمولاً از طریق آبکافت اسیدی پیش می‌رود لذا اسیدی شدن کاغذ اولین نشانهٔ تخریب شیمیایی بوده و اندازه‌گیری pH اولین و ساده‌ترین راه بررسی تخریب شیمیایی است. بنابراین به منظور بررسی میزان اسیدی‌شدن هر نمونه pH آنها اندازه‌گیری و تغییرات pH محاسبه شد شایان ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از سه بار اندازه‌گیری است. پس از اندازه‌گیری میزان pH هرکدام از نمونه‌ها، برای بررسی تأثیر اجزاء مرکب بر روی کاغذ از دستگاه "رنگ‌سنج" استفاده شد. به این ترتیب که قبل و بعد از پیرسازی شش نقطه از هر نمونه رنگ‌سنجی شد. قابل ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از شش بار اندازه‌گیری است

پس از بررسی تأثیر دما و نور بر روی نمونه‌ها، تأثیر رطوبت بر روی نمونه‌ها بررسی شد. به منظور بررسی تأثیرات رطوبت و برای انجام آزمون ریختگی بر روی نمونه‌ها (بررسی زمان ریختگی هر یک از نمونه‌ها)، پیرسازی تسریع‌شده بر طبق استاندارد ASTM – D 2247 در محفظه‌ای با رطوبت نسبی ۱۰۰- ۹۵ درصد و دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

1-Commission Internationale d' Eclairage

www.SID.ir

Archive of SID

پس از بررسی شیمیایی به بررسی ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌ها پرداخته شد[۱]. در بررسی فیزیکی میزان براقیت، پوشش[۲] وکشش نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان براقیت نمونه‌ها به دلیل براقیت بالای نمونه‌ها در زاویهٔ ۶۰ درجه به وسیلهٔ دستگاه Glossometer مدل ۱۶۰ sheen انگلیس بر طبق استاندارد STM-D523 انجام شد و مقدار صحیح براقیت نیز در زاویه آینه‌ای ۲۰ درجه نیز تعیین گردید. برای انجام این آزمون ابتدا نمونهٔ مرکب را با «فیلم‌کش» بر روی شیشه‌ای در اندازهٔ ۱۵×۱۰ سانتی‌متر کشیده و پس از خشک شدن آن، توسط دستگاه «براقیت‌سنج» براقیت هر نمونه اندازه‌گیری شد. در این دستگاه بیشترین میزان براقیت (٪)۱۰۰ است. قابل ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از پنج بار اندازه‌گیری است.

قدرت پوشانندگی نمونه‌ها به وسیلهٔ دستگاه Reflectometer مدل ۳۱۰ sheen بر طبق استاندارد ASTM-D2805 انجام شد. قابل ذکر است که بیشترین میزان پوشانندگی (m^2/lit) ۳۵ است. برای انجام این آزمون ابتدا نمونهٔ مرکب با «فیلم‌کش» بر روی کارت سیاه و سفید کشیده به طوری که نیمی از مرکب در قسمت سیاه و نیمی دیگر در قسمت سفید قرار گیرد. این کارت ورقه‌ای است در اندازهٔ کاغذ A_4 و براق که نیمی از آن سیاه و نیمی دیگر سفید است. پس از خشک شدن مرکب، بازتاب آن به وسیلهٔ دستگاه «رفلکتومتر» اندازه‌گیری می‌شود. به این ترتیب که پنج نقطه در نیمه‌سیاه رنگ و پنج نقطه در نیمه‌سفید رنگ اندازه‌گیری شده، سپس، میانگین سیاه به سفید تعیین می‌شود که به آن نسبت تباینی[۳] گفته می‌شود. نسبت تباینی یا نسبت کنتراست(C) عبارت است از نسبت انعکاس فیلم خشک روی قسمت سیاه (R_0) به انعکاس فیلم خشک روی قسمت سفید (R_w) وطبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$C= R_0 / R_w \qquad (۲)$$

قدرت پوشش رنگ برحسب مساحت پوشیده شده به فوت مربع توسط هر یک گالن رنگ برای ایجاد پوشش کامل محاسبه می‌شود [۲۴].

کشش (روانی) مرکب یکی عوامل اصلی در مرکب خوب است تا آنجا که در نسخ، در توصیف مرکب خوب چنین گفته شده: «بدان که اصل در مداد دو رکن است، باقی، جمله از تکمیل است. یکی رنگ سیاه، دوم روانی مداد و در میان این هر دو رکن، روانی مطلوب است از رکن رنگ، زیرا که اگر رنگ خوب سیاه باشد و روانی نباشد به کار نیاید، اما اگر خوب روان باشد و رنگ آن چنان سیاه نباشد غرض حاصل است، زیرا که از رنگ این مقدار کافی است که رنگ مداد از رنگ سفیدی کاغذ ممتاز باشد» [۱۶]. از آنجا که برای اندازه گیری کشش مورد نظر در خوشنویسی استاندارد مشخصی وجود ندارد؛ و درواقع برای اندازه‌گیری آن باید میزان جاری‌شدن[۴] و روانی مرکب را در نظر گرفت؛ نزدیکترین راه برای رسیدن به هدف مورد نظر اندازه‌گیری گرانروی مرکب‌های مورد آزمایش است. برای اندازگیری کشش نمونه‌ها، گرانروی آنها به وسیله دستگاه Ford cup مدل TQC DR12 بر طبق استاندارد ASTM-D1200 انجام شد. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته مرکب‌های مورد آزمایش ابتدا نمونه مرکب مورد نظر را را به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (درجه حرارت مرکب در اندازه‌گیری غلظت یا گرانروی یکی از عوامل مهم اندازه‌گیری به شمار می‌آید) رسانده سپس داخل کاپ دستگاه «فوردکاپ» ریخته و زمان عبور مرکب از کاپ را بر حسب ثانیه اندازه‌گیری کردیم. هر چه زمان جاری‌شدن مرکب از داخل کاپ کمتر باشد گرانروی مرکب کمتر، در نتیجه مرکب روان‌تر است. قابل ذکر است که مبنای آزمایش، زمان جاری شدن آب از داخل کاپ در نظر گرفته شده است. برای تکمیل این آزمون تصمیم گرفته شد که کشش هر مرکب به وسیلهٔ قلم نی نیز امتحان شود؛ بدین ترتیب که به وسیلهٔ یک قلم مشق از هر نمونه به مقدار تقریباً مساوی مرکب برداشته، قلم بر روی کاغذ گذاشته و با فشار تقریباً یکسان کشیده شد و تا هر کجا که قلم کشیده می‌شد و مرکب قابلیت کشش را داشت روی کاغذ ادامه داده شد. ازآنجا که به صورت چشمی، حجم متفاوت لایهٔ مرکب در نمونه ها بر روی کاغذ مشاهده شد؛ برای بررسی بیشتر سعی شد از هر سه نمونه لایهٔ تقریباً یکسانی با قلم نی بر روی کاغذ گذاشته شود و به وسیلهٔ میکرومتر با دقت ۰٫۰۱ میلی‌متر، ضخامت هر نمونه اندازه‌گیری شود. قابل ذکر است که ضخامت کاغذ ۰٫۱۰ بود.

۳ـ بحث و نتایج

۳ـ۱ـ ثبات نوری

نتایج بررسی تأثیر نور فرابنفش بر روی نمونه‌ها در جدول ۲ و ۳ قابل مشاهده است. چنان که می‌بینید نمونهٔ (a_1) بالاترین مقدار ΔE را در بین نمونه‌ها دارد و این نشان از بیشترین میزان تغییر رنگ در این نمونه است. ملاحظه می‌کنید که نمونهٔ (a_2) دارای کمترین میزان تغییر رنگ است. در این نمونه از عسل به جای صمغ عربی استفاده شده است. نمونهٔ (a_3) هم که همراه با صمغ عربی از عسل استفاده شده دارای مقدار ΔE پایینی است.

۱- این آزمایش‌ها در مرکز فنی-مهندسی شرکت نفت اصفهان انجام شد.

2 -Hiding power

3- Contrast ratio

4- Flow

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: مقدار pH گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی نوری.

نمونه	pH*	pH_1	pH_2	ΔpH
a_1	۶,۵۸	۶,۸۶	۶,۸۱	۰,۰۵
a_2	۶,۵۲	۶,۸۱	۶,۷۴	۰,۰۵
a_3	۶,۵۵	۶,۸۱	۶,۷۶	۰,۰۵

*pH: مقدار pH مرکب مایع؛ pH_1: مقدار pH مرکب قبل از پیرسازی؛ pH_2: مقدار pH مرکب بعد از پیرسازی؛ ΔpH: مقدار اختلاف pH_1 و pH_2

جدول ۳: نتایج مقادیر L*a*b* گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی نوری.

نمونه	L_1^*	a_1^*	b_1^*	L_2^*	a_2^*	b_2^*	ΔE
a_1	۱۵,۸	۰,۰۵	۲,۰۸	۱۳,۲۳	-۲,۰۶	۳,۳۳	۳,۱۳
a_2	۱۱,۷۶	-۰,۷۶	۲,۹۳	۱۱,۳	-۱,۱	۳,۴	۰,۷۳
a_3	۲۵,۷۸	۱,۵۳	۰,۶	۲۵,۴۸	۰,۷۶	۰,۷۳	۰,۸۳

۳ـ۲ـ ثبات در برابر حرارت

نتایج تأثیر حرارت بر روی نمونه ها در جدول ۴ و ۵ گزارش شده است.

جدول ۴: مقدار pH گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی حرارتی.

نمونه	pH^*	pH_1	pH_2	pH^Δ
a_1	۶,۵۸	۶,۸۷	۶,۸۱	۰,۰۶
a_2	۶,۵۳	۶,۸۱	۶,۷۵	۰,۰۶
a_3	۶,۵۲	۶,۸۳	۶,۷۷	۰,۰۶

*pH: مقدار pH مرکب مایع؛ pH_1: مقدار pH مرکب قبل از پیرسازی؛ pH_2: مقدار pH مرکب بعد از پیرسازی؛ ΔpH: مقدار اختلاف pH_1 و pH_2

جدول ۵: نتایج مقادیر L*a*b* گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی حرارتی.

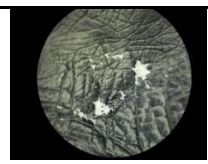
نمونه	L_1^*	a_1^*	b_1^*	L_2^*	a_2^*	b_2^*	ΔE
a_1	۱۷,۹	۲,۰	۲,۹	۲۰,۲	۰,۸	۵,۱	**۳,۴۰**
a_2	۲۱,۴	۰,۴	۰,۹	۲۲,۱	۰,۴	۲,۳	**۱,۵۶**
a_3	۲۲,۶	۱,۲	۱,۵	۲۱,۴	۱,۰	۳,۰	**۱,۹۳**

همان‌طور که مشاهده می‌کنید نمونهٔ (a_2) که بست آن عسل و نمونهٔ (a_3) هم که علاوه بر صمغ عربی، عسل نیز دارد، نسبت به نمونهٔ شاهد، ΔE کمتری دارند. در تحقیقات اخیر ثابت شد که صمغ عربی تخریب کاغذ و عوارض ناشی از عوامل طبیعی را به تأخیر می‌اندازد؛ بدین شکل که صمغ، الیاف کاغذ را می‌پوشاند و پراکندگی اکسیژن و آهن آزاد را محدود می‌کند [۶]. شاید بتوان گفت که مولکول‌های عسل نیز این چنین عمل می‌کنند و چه بسا عملکردی بهتر از صمغ در این رابطه دارند. از آنجا که مولکول‌های عسل خاصیت آغشتگی بالایی دارند؛ به درون الیاف کاغذ به خوبی نفوذ کرده و با الیاف کاغذ پیوند واندروالسی قوی‌تری برقرار می‌کنند. قدرت نیروهای واندروالسی به شکل و اندازهٔ مولکولی، درجهٔ قطبیت و فاصلهٔ مولکولی بستگی دارد و تفاوت قطبیت مولکول‌ها بر قدرت پیوند واندروالسی آنان اثر می‌گذارد. درواقع مولکول‌های عسل بین الیاف سلولز می‌خزند و پس از گذشت زمان رادیکال‌های OH حاصل از واکنش فنتون به جای حمله به سلولز به مولکول‌های عسل حمله می‌کنند؛ بنابراین تخریب کمتر می‌شود و زمان تخریب نیز طولانی‌تر می‌شود[۲۵].

۳ـ۳ـ تخریب مکانیکی

نتیجهٔ تأثیر رطوبت بر روی نمونه ها، پوسته پوسته شدن و ریختگی نمونهٔ a_1 و a_2 بود. نتایج در جدول ۶ نشان داده شده است. مشاهده می‌کنید که تنها نمونهٔ a_3 دچار ریختگی نشده است.

جدول۶: تصاویر نمونه‌ها تحت تأثیر رطوبت.

نمونه	تصویر
a_1	
a_2	

در گروه a تنها نمونه‌ای که حاوی بست صمغ عربی+ عسل بود دچار عارضهٔ ریختگی نشد. به کارگیری مقدار بست اضافی باعث تشکیل لایهٔ ضخیمی‌می‌شود که به مرور موجب پوسته پوسته شدن لایهٔ مرکب و سرانجام ریختگی می‌شود. اما نکتهٔ قابل توجه این است که در مورد بست صمغ عربی+ عسل این مطلب صادق نیست و حتی استفادهٔ بیش از اندازهٔ عسل همراه با صمغ در مرکب باعث ریختگی لایهٔ مرکب نشد (هرچند به کارگیری مقدار زیاد آن باعث کم‌شدن کشش مرکب شد). در صورتی که در مورد صمغ‌عربی این طور نیست و اگر اندکی میزان بست بیشتر شود باعث شکست و نهایتاً ریختگی در لایهٔ مرکب می‌شود. البته مشاهده شد که تنها نمونه a_3 که حاوی عسل+ صمغ عربی است دچار ریختگی نشد و نمونه a_2 که فقط از عسل در جای بست استفاده شده بود، پس از قرار گرفتن در محیط مرطوب دچار ریختگی شد و این به دلیل فقدان ترجیحی آب توسط سازوکار اسمزی و در نتیجه نفوذ عسل به داخل تکیه گاه است؛ مثل اینکه تمام بست به خورد کاغذ رفته باشد (قبلاً گفته شد که عسل

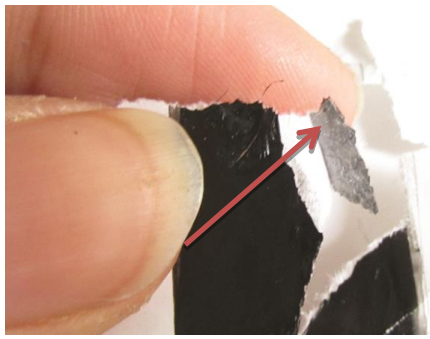
www.SID.ir

Archive of SID

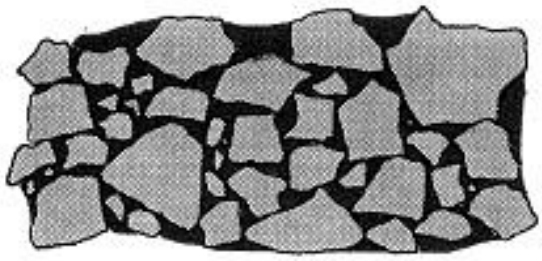
نفوذ خوبی به داخل کاغذ دارد).

برای بررسی بیشتر، لایهٔ ضخیم‌از نمونه‌های (a_1)، (a_3) و نمونه ی جدید (a_3 + مقدار بیشتر عسل) بر روی کاغذ گذاشته شد. مشاهده شد حتی قبل از پیرسازی نمونهٔ (a_1) که حاوی میزان مناسبی از بست (صمغ عربی) است پس از خشک‌شدن دچار ترک‌های عمیقی شد. اما نمونهٔ (a_3) که علاوه بر صمغ، حاوی عسل نیز بود؛ نه تنها دچار ترک نشد بلکه انعطاف‌پذیری خاصی داشت. نکته جالب توجه این است که با افزایش میزان عسل در نمونه ی جدید (a_3 + مقدار بیشتر عسل)، نه تنها نمونه دچار ترک‌های زودرس نشد بلکه انعطاف‌پذیری هم، بیشتر شد. سعی شد با عملیات مکانیکی، لایهٔ مرکب از روی کاغذ برداشته شود؛ مشاهده شد که چسبندگی و اتصال لایهٔ مرکب به الیاف کاغذ به اندازه‌ای قوی است که همراه با لایهٔ مرکب بخشی از لایهٔ کاغذ هم برداشته می‌شود (تصویر ۱).

مولکول‌های عسل با نیروهای قطبی قوی یکدیگر را جذب می‌کنند. با نزدیک‌شدن فواصل بین مولکولی و آرایش منظم آنها استحکام افزایش پیدا می‌کند. در بلوری‌شدن بست، بست باید از نیروهای جاذبهٔ بین مولکولی یا نیروهای حاصل از قطبیت به اندازهٔ کافی برخوردار باشد تا بتواند امکان نزدیکی زنجیرها از طریق گروه‌های جانبی‌شان را فراهم کرده و در شکل و طرح بلوری کنار یکدیگر نگه دارد. ماکرومولکول‌های عسل که کوچک‌تر از ماکرومولکول‌های صمغ‌عربی هستند در فضاهای مولکولی بین رنگدانه‌ها قرار گرفته و درواقع پس از آنکه ذرات رنگدانه در میان لایه‌ای نازک از بست جذب شده (صمغ عربی) قرار گرفتند مولکول‌های عسل درجای بست بین شبکه‌ای فضاهای خالی را پر می‌کنند؛ درنتیجه تأثیر متقابل مولکول‌ها روی هم زیاد می‌شود. البته اگر مقدار عسل بیش از اندازه باشد باعث می‌شود مرکب گرانروتر شده در نتیجه علاوه بر دیرتر خشک‌شدن مرکب، کشش آن را نیز کم می‌کند. عسل به عنوان یک نرم‌کننده عمل کرده و فضای بین زنجیره‌های مولکولی را زیاد می‌کند، لذا نیروهای بین مولکولی کاهش می‌یابد و انعطاف زیاد می‌شود در عین حال به دلیل افزایش نیروهای قطبی در آن و تراکم ذرات، قدرت چسبندگی بیشتر خواهد شد؛ (قدرت نیروی واندروالسی با افزایش وزن مولکول یعنی افزایش واحدهای قطبی افزایش می‌یابد) پس از آنکه مرکب بر روی کاغذ قرار گرفت فیلمی که شکل می‌گیرد متراکم تر است و یک سطح صاف بدون تخلخل به وجود می‌آورد. در واقع عسل مانند یک لایهٔ الاستیک عمل می‌کند و به طور فیزیکی سبب افزایش مقاومت لایهٔ مرکب در مقابل ترک می‌شود که این به سبب پیوندهای شیمیایی و چگالی بالای آن است. نرم‌کننده‌ها افزون بر انعطاف‌پذیری بر بسیاری از خواص فیلم از قبیل چسبندگی اثر می‌گذارند به طوری که افزایش مقدار مناسبی نرم‌کننده و یا غیره که مولکول‌های کوچک‌تری دارند چسبندگی را افزایش می‌دهد و بیشتر از آن حد کاهش می‌دهد [۲۶]. در نتیجه می‌توان لایه‌های ضخیم تر از مرکبی که علاوه بر صمغ عربی، مقدار متعادلی عسل نیز دارد را به کاربرد بدون اینکه نقایصی بروز کند. در این حالت ساختمان مرکب شبیه شکل ۱ است (از همین رو در دستورالعمل‌های مرکب‌سازی بیان شده که عسل دوام مرکب را زیاد می‌کند).



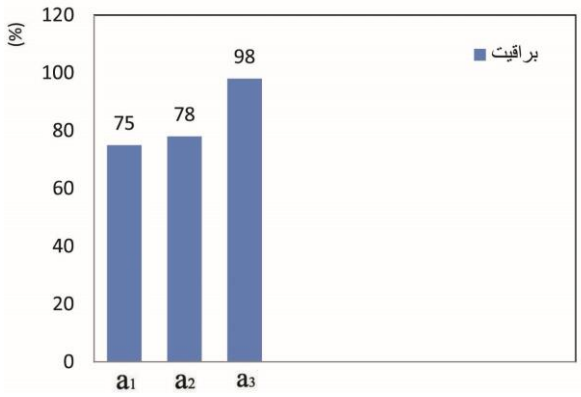
تصویر ۱: برداشت مکانیکی لایهٔ مرکب از روی کاغذ .



شکل ۱: طرح ترسیمی لایه ذرات آغشته شده با بست(صمغ عربی + عسل بر روی تکیه‌گاه کاغذی [۲۱].

۳ـ۴ـ براقیت

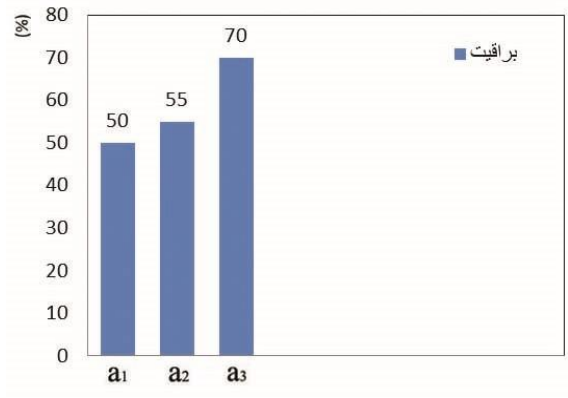
شکل۲ و۳ نتایج حاصل از آزمون براقیت را بر روی نمودار نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار میزان براقیت نمونه‌هابر حسب درصد در زاویه ۶۰ درجه .

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: نمودار میزان براقیت نمونه‌ها برحسب درصد در زاویه ۲۰ درجه.

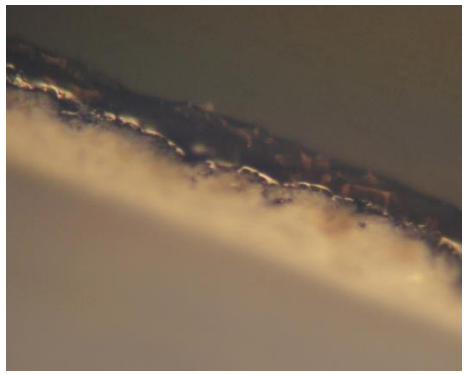
در مقایسهٔ نتایج بدست آمده به خوبی می‌توان تفاوت را در میزان براقیت آن ها مشاهده کرد. نتایج نشان از میزان براقیت بالای نمونه a_3 است که این به دلیل وجود عسل در این نمونه است. البته در تصویر ۳ به خوبی می‌توان بازتاب مرکب حاوی بست صمغ عربی+ عسل را مشاهده کرد. شایان یادآوری است که در نمونه‌ای که تنها از عسل در جای بست استفاده شده بود براقیتی مشاهده نشد. اما نمونه‌ای که علاوه بر صمغ عربی حاوی عسل بود درخشش و براقیت خاصی داشت. در تصویر ۲ و ۳ دو نمونهٔ a_1 و a_3 با یکدیگر مقایسه شده اند که می‌توان براقیت را در نمونهٔ a_3 به خوبی مشاهده کرد. براقیت یک فیلم زمانی بیشینه است که زاویه تابش برابر با زاویه انعکاس باشد [۲۷].

همان طور که قبلاً گفته شد عسل در جای یک نرم‌کننده در بین مولکول‌های صمغ عربی داخل مرکب قرار گرفته و آنها را پر می‌کند و باعث چسبندگی بیشتر شده و پس از آنکه مرکب بر روی کاغذ قرار می‌گیرد متراکم تر است و یک سطح صاف بدون تخلخل به وجود می‌آورد. زمانی که بست به طور کامل فضاهای خالی را در لایهٔ ذرات پرکند، انعکاس‌ها در سطح ذرات در یک فضای رنگدانه-بست بیشتر از فضای رنگدانه-هوا هستند. این حالت در رنگی که بر یک روغن خشک شونده پایه‌گذاری شده است دیده می‌شود [۲۱]. عسل حتی هنگامی‌که مقدار اندکی ازآب باقی مانده است روان بودن خود را برای مدت بیشتری حفظ می‌کند. هنگامی که مرکب حاوی صمغ عربی+ عسل بر روی سطح کاغذ قرار می‌گیرد، با تبخیر آب، مولکول‌های عسل جانشین فضاهای خالی ناشی از تبخیر آب می‌شوند و فرورفتگی‌ها را پر می‌کنند و سطح براق تقریباً یکدست و یکنواختی به وجود می‌آید. اما مرکب حاوی صمغِ تنها، این طور نیست و سریع سفت می‌شود و سطح جلای حاصل از آن به صافی سطح عسل نیست؛ این خواص، عامل تفاوت درخشندگی در این دو است.

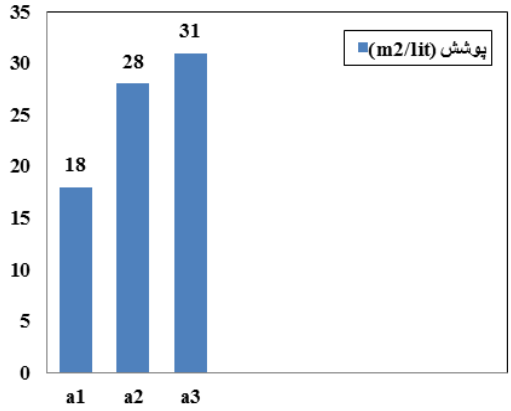
۳ـ۵ـ پوشش

پس از انجام آزمون پوشش، نتایج حاصل از نمونه‌ها بر روی نمودار آورده شد (شکل ۴).

تصویر ۲: مرکب حاوی صمغ عربی a_1، (بزرگنمایی ×۱۰۰)



تصویر ۳: مرکب حاوی صمغ عربی+عسل a_3، (بزرگنمایی×۱۰۰)



شکل ۴: نمودار میزان پوشش نمونه‌ها بر حسب (m^2/lit).

ملاحظه می‌کنید که نمونهٔ a_3 نسبت به نمونه‌های دیگر از پوشانندگی بالاتری برخوردار است.

قدرت پوشانندگی لایهٔ رنگ عبارت است از: توانایی آن رنگ برای محو نمودن زیرآیندی که بر روی آن اضافه شده است. نور در لایهٔ رنگ دستخوش بازتاب، انتشار و جذب می‌شود. بنابراین اگر افت نور زیاد باشد و نور کمی به سوی بیننده بازگردد لایهٔ رنگ تیره تر به نظر می‌آید [۲۸].

در واقع قدرت پوشانندگی خاصیتی است که رنگدانه (پس از تبدیل شدن به رنگ و اضافه شدن بر روی یک سطح) در پنهان

www.SID.ir

Archive of SID

کردن سطح زیرین از خود نشان می‌دهد. معیار اندازه‌گیری قدرت پوشانندگی رنگدانه‌های سفید، توانایی آنها در بازتاباندن نور و پوشاندن رنگ سیاه است. دربارهٔ رنگدانه‌های سیاه قضیه برعکس است. به طور کلی می‌توان گفت که قدرت پوشانندگی یک رنگدانه تابع ضریب شکست، ریزی ذرات (پایین تر از یک حد مشخص) و عمق رنگ آن است. اندازه و شکل ذرات رنگدانه به دلایل مختلف حائز اهمیت است [۲۹].

۳ـ۶ـ کشش

شکل ۵ نتایج حاصل از بررسی زمان جاری‌شدن نمونه‌ها را بر روی نمودار نشان می‌دهد. نتایج آزمون به وسیله قلم نی نیز در تصویر ۴ قابل مشاهده است.

همان طور که مشاهده می‌کنید خط حاصل از کشش نمونهٔ a_3 دارای بیشترین طول است که نشان از کشش بیشتر این نمونه در میان دو نمونهٔ دیگر است. البته شایان ذکر است که بطور تجربی ده استاد خوشنویس، کشش یا روانی نمونه‌های مرکب ساخته شده را مورد آزمایش قرار داده و نتایج بدست آمده را تأیید کردند.

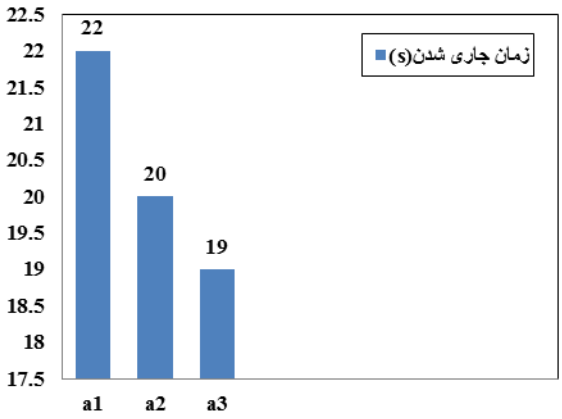
۳ـ۷ـ حجم‌دهندگی عسل

نکتهٔ قابل توجهی که در نمونهٔ a_3 که حاوی بست صمغ عربی+عسل بود دیده شد؛ حجم متفاوت لایهٔ مرکب با دیگر نمونه‌ها بود؛ که این خاصیت در مرکب حاوی بست صمغ عربی و یا حتی مرکبی که بست آن فقط عسل بود دیده نشد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری با میکرومتر در جدول ۷ به خوبی گویای این مطلب است.

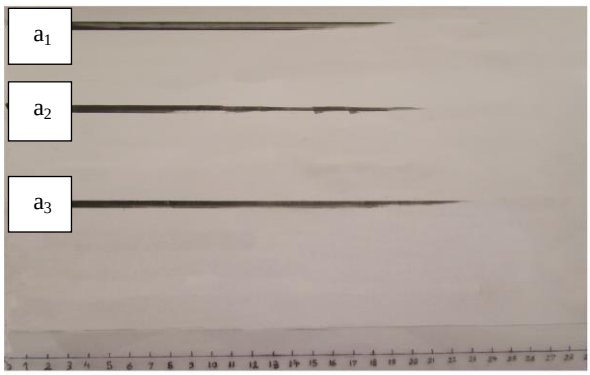
جدول ۷: بررسی ضخامت نمونه‌ها.

نمونه	ضخامت (mm)
a_1	۰،۱۳
a_2	۰،۱۱
a_3	۰،۱۹

در تصویر ۵، ۶ و ۷ برش عرضی هر سه نمونه مرکب در زیر میکروسکوپ مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد، حجم لایهٔ مرکب نمونهٔ a_3 به مراتب بیشتر از نمونه‌های a_1 و a_2 است. آنچه از بررسی مرکب نمونه a_2 که بست آن فقط عسل است حاصل می‌شود را می‌توان به شکل زیر توجیه کرد: ماکرومولکول‌های عسل به دلیل کوچک بودن و نفوذ خوب عسل به درون کاغذ نمی‌توانند فیلم مناسب و یکدستی را بر روی کاغذ تشکیل دهند وگویا بیشترِ بست به خورد کاغذ رفته است. در مقایسه بین نمونه a_1 و a_3 دیده می‌شود که نمونهٔ a_3 دارای ضخامت بیشتری است و این به احتمال زیاد به دلیل وزن مولکولی زیاد عسل است که باعث حجم‌دهندگی مرکب می‌شود. به عنوان یک فرض شاید بتوان گفت که ماکرومولکول‌های عسل با ماکرومولکول‌های صمغ پلی برقرار کرده و در نتیجه تشکیل توده‌ای مولکولی می‌دهند و همین باعث حجم‌دهندگی و ضخامت در لایهٔ مرکب می‌شود (تصویر ۷). قابل ذکر است که حجیم بودن مرکب بر روی کاغذ در خصوصیات بصری و زیباشناختی اثر خوشنویس تأثیر بسزایی دارد و باعث هنرنمایی بیشتر او در خلق اثر می‌شود.



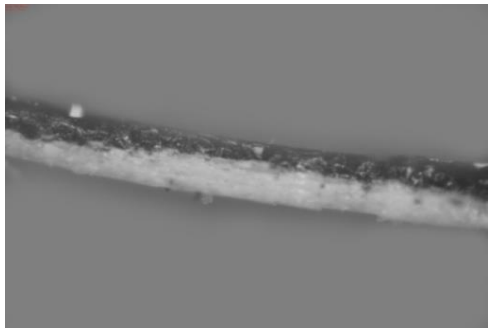
شکل ۵: نمودار زمان جاری شدن نمونه‌ها بر حسب ثانیه.



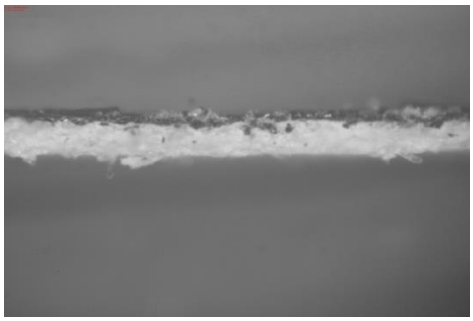
تصویر ۴: بررسی کشش نمونه‌ها به وسیلهٔ قلم نی.

www.SID.ir

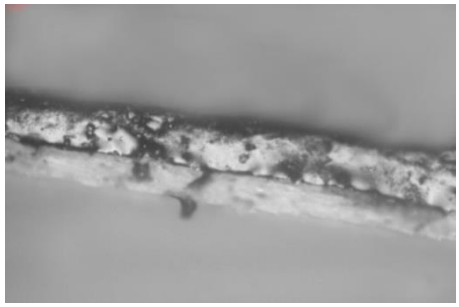
Archive of SID



تصویر ۵: لایهٔ مرکب حاوی صمغ عربی(a_1)، (بزرگنمایی×۱۰۰).



تصویر ۶: لایهٔ مرکب حاوی عسل(a_2)، (بزرگنمایی×۱۰۰).



تصویر ۷: لایهٔ مرکب حاوی عسل+ صمغ عربی (a_3)، (بزرگنمایی×۱۰۰).

۴ـ نتیجه‌گیری

در رساله‌های خوشنویسی بیان شده که مرکب‌های مشکی، یا مخلوطی از یک رنگینهٔ سیاه حاصل از ترکیب نمک‌های فلزی با تانن‌ها، رنگدانهٔ دوده و صمغ و یا مخلوطی از یک رنگینهٔ سیاه حاصل از ترکیب نمک‌های فلزی با پلی‌فنل‌های گیاهی (عموماً مقدار فراوان) همراه با صمغ هستند. البته در همین رساله‌ها بیان شده که در ساخت مرکب‌ها علاوه بر مادهٔ رنگی (رنگینهٔ گیاهی یا معدنی) و بست (صمغ، نبات و غیره) افزودنی‌های دیگری برای اهداف متفاوت (ازجمله بهبود کیفیت مرکب) استفاده می‌کرده‌اند. این افزودنی‌ها متنوع بوده و در نهایت هر مرکب با توجه به مواد تشکیل‌دهندهٔ آن ویژگی‌ها و خواص متفاوتی پیدا می‌کرده است. علاوه‌بر این، هر کدام از این مواد بر ویژگی‌های فیزیکی مرکب (مثل کشش، پوشانندگی و براقیت) بی‌تأثیر نمی‌باشد؛ همچنین گاهی از بست کمکی مثل عسل، نبات، سفیدهٔ تخم مرغ برای بهتر چسبیدن مرکب به بافت کاغذ استفاده می‌شده است. در این پژوهش پس از انجام بررسی‌ها و پیرسازی‌های مختلف بر روی نمونه‌ها روشن شد که؛ افزودن بست کمکی مثل عسل به مرکب نه تنها بر دوام مرکب می‌افزاید، از رنگ‌پریدگی، ریزش مرکب، و حتی از خوردگی کاغذ در طول زمان جلوگیری می‌کند. افزون بر این در بررسی فیزیکی نمونه‌ها مشخص شد، کاربست نسبتی مناسب از عسل و صمغ عربی؛ براقیت، پوشش‌دهندگی و حجم‌دهندگی مرکب بر روی کاغذ را بهبود می‌دهد، به شکلی که، حتی مقدار ناچیزی از افزودنی عسل در کیفیت نهایی مرکب نقشی به غایت مؤثر، فراتر از آنچه پنداشته می‌شود ایفا می‌کند. نکتهٔ قابل توجه این است که مرکب‌ساز ایرانی هر ماده را برای منظوری خاص به‌کار می‌برده است؛ درواقع شناخت کافی از هر ماده داشته و آگاهانه از آن استفاده می‌کرده است. نتایج حاصل از آنالیز مرکب‌های قدیمی نیز گویای این مطلب است و همهٔ اینها نشان از تسلط و تبحر مرکب‌ساز ایرانی بر فن مرکب‌سازی بوده است. البته تأثیرات هرکدام از این افزودنی‌ها بر روی مرکب، پژوهشی جداگانه را می‌طلبد؛ به‌عنوان مثال افزودن عصارهٔ زعفران به مرکب، به دلیل خاصیت بافری از تخریب سلولز جلوگیری می‌کند؛ بدین ترتیب که مرکب را در pH خنثی نگه می‌دارد. و با افزایش غلظت، اثر بافری آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این، زعفران بر ویژگی‌های فیزیکی مرکب بی‌تأثیر نمی‌باشد؛ و علاوه‌بر بازدارندگی از خوردگی، باعث درخشش مرکب هم می‌شود.

۵ـ مراجع

1. N. Mayelheravy, Book lay out in islamic civilization: Series of booklets about calligraphy, ink and paper making, miniaturehttp://www.aftabir.com/dictionaries/word/191725/rubricize-book binding. Astan Ghods Razavi. Mashhad. 1993, 18-792.
2. H. Azarnoosh, Two newly found old sources about ink making methods. *J. Name Baharestan*. 1(2002), 141-152.
3. J. Senvaitiene, A. Beganshiene, Characterriziation of historical writing inks by different analytical techniques. *J. Chemija*. 3&4(2005), 34-38.
4. B. H. Berrie, Artists' pigments: A handbook of their history and characteristics, Archetype Publications ltd., London.

www.SID.ir

Archive of SID

2007,12-21.
5. Y. Keheyan, L. Giulianelli, identification of historical ink ingredients using pyrolysis-GC-MS. A Model Study. *J. e-Preserv. Sci*. 3(2006), 5-10.
6. V. Rouchon Quillet, C. Remazeilles, T. P. Nguyen, J. Bleton, A.Tchapla**.** The impact of gum arabic on iron gall ink corrosion, http//www.google scholar.com.pdf, accessed online October. 2014.
7. E. Mert, A comparative study on chemical characterization of different ink ingredients used in ancient ornamented manuscripts, MA Thesis, http//www. scirus.com.pdf, accessed online December. 2011.
8. F. Fazel Neishaburi, Evaluation and comparison of the instructions contained in the monograph of Persian Calligraphy. *J. Name Baharestan*. 7 & 8 (2003), 81-94.
9. F. Khosravy Byzhaam, Technology and pathology of traditional inks and its protective solutions, M. A. thesis, Art University, Iran, 2006.
10. E. Porter, Customs and technics of painting and book layout, Ed. Z. Rajabi, text art. Tehran. 2010, 87-89.
11. M. Lamei Rashti, F. Shokohy, P. Oliaee, Foreign Pixie method for ink and traditional paper analysis. *J. Name Baharestan*. 2(2000), 431- 436.
12. M. Lamei Rashti, D. Mr Ali Gul, F. Khosravi, P. Oliaee, A. Baghyzade, F. Shokohy, Technical researches: Elemental analysis of different types of ink and papers of Qajar era through Proton scanning microscope. *J. Name Baharestan.* 11(2007), 261-264.
13. H. k. Stratis, T. Salvesen, The BroudSpectrum: Studies in the materials, techniques, and conservation of color on paper. Archetype Publications ltd., London. 2002, 117-120.
14. H. Fazaeli, Training calligraphy. Soroush. Tehran. 2007, 370.
15. A. Noshahy, Altajrib Alvafi Fi Alhabr Alsafi. *J. Name Baharestan*. 1(2004), 23.
16. E. Shokrollahi Taleghani. Taalim Al Khotoot. *J. Name Baharestan*. 2(2003), 321.
17. A. Vakily, Hand-woven carpet fiber coloration. Naghsh Hasty. Tehran. 2003, 31.
18. H. R. Ghelichkhani, Culture and terms of calligraphy and related arts. Rozane. Tehran. 2009,61-213.
19. R. Bahadory, Experimental and applied chemistry of glue and paint- material dictionary- Organic chemistry: fundamentals and application in Conservation and Restoration of historic and cultural Monuments- Tehran: research institute for Conservation and Restoration of historical and cultural Monuments/Resaneh Pardaz. Tehran. 2006, 108.
20. A. A. A. Dehkhoda, Dehkhoda dictionary, Tehran UNIVERSITY. Tehran. 1996, 1266-1456.
21. N. Farzan, Experimental and applied chemistry of glue and paint. Afshar. KHoramshahr. 1993, 49.
22. J. Winter, East asian paintings: Materials, Structures and deterioration mechanisms, Archetype Publications ltd. London. 2008, 94.
23. P. Ris, H. Zolinjer, Principles of chemistry and application of dyes, Ed. S. Moradian, Amirkabir University Publication Center., Tehran. 2001,43.
24. Sh. Bohloly rizy, Iron-gall ink corrosion: Study the effects of combination. *J. Name Baharestan*. 78(2007), 64-67.
25. G. Trpugusyan, H. agah, Chemistry of colors (Principles of Color Technology), Arvin., Tehran. 1995, 150-155.
26. A. Henriques, S. Jackson, R. Cooper, N. Burton, Free radical production and quenching in honeys with wound healing potential. *J. Antimicrob. Chemother.* 58(2006), 773–777.
27. M. A. Mazandarani, Paint and resin technology. Pishro. Tehran. 2009, 39-250.
28. L. M. Klainer, Properties of materials for artists: adhesives and natural varnish, Ed. H. Farahmand Boroujeni, Goldaste. Isfahan. 2009, 30-31.
29. G. L. acetate, R. j. Jttnr, Compressed dictionary of pigments, Ed. H. Farahmand Broujeny, H. R. Bakhshandeh fard, Goldaste. Isfahan. 2000, 114-115.

www.SID.ir