

## ■ نقش افزودنی‌ها بر کیفیت مرکب ایرانی:

### مطالعه موردی حنا و نمک

زهرا سلطانی | حمید فرهمند بروجنی | عباس عابد اصفهانی | حسین احمدی

## ■ چکیده

از بین لوازم کتابت و خوشنویسی، مرکب نزد کاتبان و خوشنویسان ارزش ویژه‌ای داشته است، چنان‌که یک چهارم حُسن خط را در گرو مرغوبیت مرکب دانسته‌اند. متأسفانه، استفاده فراوان مرکب‌سازان امروزی از مواد نامرغوب و عدم دقت لازم در فرآوری مرکب‌ها، و شاید عدم آگاهی آنها از ترکیب مرکب‌های مرغوب قدیمی و در عمده‌ای موارد سودجویی برخی، آثار ارزشمند خوشنویسان را- که دیر یا زود جزء آثار موزه‌ای و ملی قرار می‌گیرد- در گذر زمان دچار آسیب‌های جدی مثل رنگ‌پریدگی، کپک، ریزش رنگ، و نظایر آن کرده است. از آنجاکه کارهای پژوهشی صورت گرفته در این زمینه هنوز به‌درستی راهگشا نبوده پژوهش در این زمینه امری لازم است. هدف: هدف این پژوهش بررسی تأثیرات افزودنی حنا و نمک بر روی مرکب سنتی است.

روش و رویکرد پژوهش: روش یافته‌اندوزی کتابخانه‌ای، آزمایشگاهی، اینترنتی، و روش پردازش داده‌ها، توصیفی-تحلیلی است. در این پژوهش، پس از ساخت هفت نمونه مرکب مشکلی با استفاده از رساله‌های کهن، پیرسازی تسریعی 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. در آخر با منابع و اطلاعات موجود، تحلیل و نتیجه‌گیری شد.

یافته‌های پژوهش: پس از بررسی‌های آزمایشگاهی معلوم شد، حنا علاوه بر خاصیت رنگ‌دهی از رشد کپک‌ها در مرکب، چه به‌صورت مایع و چه مرکب بر روی کاغذ جلوگیری می‌کند. البته، غلظت حنا، در خاصیت میکرب‌کشی آن تأثیر دارد. قابل ذکر است که مقدار زیاد حنا (معادل ۱۴ گرم)، به دلیل خاصیت اسیدی آن باعث رنگ‌پریدگی (تغییر رنگ) مرکب می‌شود؛ کمترین مقدار نمک نیز (معادل ۱ گرم) علاوه بر جلوگیری از رشد کپک، مایه ثبات و دوام بیشتر مرکب بر روی کاغذ می‌شود.

## کلیدواژه‌ها

خوشنویسی، کیفیت مرکب ایرانی، افزودنی‌ها، حنا، نمک

## مطالعات آرشیوی

فصلنامه گنجینه اسناد: سال بیستم و پنجم، دفتر سوم، (پائیز ۱۳۹۴)، ۱۴۸- ۱۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۲۸ ■ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۱۰

# نقش افزودنی‌ها بر کیفیت مرکب ایرانی: مطالعه موردی حنا و نمک

زهرا سلطانی<sup>۱</sup> | حمید فرهمند بروجنی<sup>۲</sup> | عباس عابد اصفهانی<sup>۳</sup> | حسین احمدی<sup>۴</sup>

## مقدمه

از قدیم مرکب و دیگر ابزارهای نوشتن در میان ایرانیان فرهیخته متنوع بوده است. در عالم اسلام مرکب‌ساز، انواع مرکب (سیاهی)، لایقه (گونه‌ای از مرکب)، حبر، مداد، و مرکب‌های رنگین را شناخته و امتحان کرده است. در متون و نگارش‌های سده‌های میانه از مرکبی یاد می‌شود که مثل پر طاووس رنگارنگ می‌نموده و به اصطلاح امروز شبتاب هم بوده (مرکب مطووس)، کاتبان نیز برای مسافرت‌هایشان نوعی از مرکب سفری داشته‌اند؛ حتی پیشینیان از برخی جواهرات و فلزات مایع آن را حاصل می‌آورده‌اند و انواع مرکب‌های رنگین (مرکب الوان) را با هدف در نظر گرفتن راز و رمز و حفظ آداب خاص نسخه‌نویسی و خوشنویسی و نسخه‌آرایی به‌کار می‌گرفته‌اند که اینها همه از حسن تأمل و تدبر آنها درباره‌ی جوهر نوشتن و کتابت حکایت می‌کند (مایل هروی، ۱۳۷۲). در گذشته، اهمیت مرکب در ثبت قرآن و حدیث، تاریخ و همچنین حفظ علوم مختلف بوده است. تا آنجاکه در گذشته، مرکب‌سازی صنفی خاص و معین بوده که اعتبار و موقعیت اجتماعی خود را داشته است. حتی برخی مرکب‌سازان مرکب‌های خود را نام‌گذاری می‌کردند. اما متأسفانه، امروزه، به دلیل کمبود منابع دقیق، مشروح و جامع، حق مطلب در این زمینه به‌خوبی ادا نشده است. کاتبان، در رساله‌ها و دست‌نوشته‌های خطی، در بیان تجربیات نسل‌های گذشته

۱. کارشناس ارشد مرمت اشیای فرهنگی

و تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان،

دانشکده مرمت (نویسنده مسؤل)

zahrasoltany@yahoo.com

۲. دانشجوی دکتری مرمت اشیای

فرهنگی و تاریخی، مربی و عضو

هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان

Farahmandhamid@gmail.com

۳. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

خوراسگان (اصفهان)

abedesfahani@gmail.com

۴. استادیار مرمت اشیای فرهنگی

و تاریخی دانشگاه هنر اصفهان

h.ahmadi@aui.ac.ir



در باب مرکب‌سازی، گاه برای جلوگیری از فاش شدن رموز خود و گاه به دلیل توجه بیشتر به اصول زیبایی خط و خطاطی فنون ساخت مرکب را با جزئیات دقیق شرح نداده‌اند. گاهی نیز دستورالعمل‌ها را در قالب شعر بیان کرده‌اند که برای هماهنگی در وزن شعر، از آوردن برخی موارد اجتناب کرده‌اند. افزون بر اینها، عدم آگاهی مرکب‌سازان معاصر از ترکیب مرکب‌های مرغوب قدیمی و در عمده‌ای موارد سودجویی برخی، موجب عرضهٔ مرکب‌های نامرغوب به بازار شده است. مرکب‌سازان امروزی که بیشتر از روش‌های سنتی برای ساخت مرکب‌ها استفاده نمی‌کنند و به دلیل سهولت کار و ارزان بودن، از رنگ‌های شیمیایی تحت نام «آیلین» استفاده می‌کنند. رنگ‌های شیمیایی که از ترکیب مواد اسیدی و بازی به دست می‌آیند ثبات نوری خوبی ندارند و از نظر کیفیت، زیبایی و پایداری در مقابل تابش نور و غیره بسیار ضعیف‌تر از رنگ‌های طبیعی هستند. متأسفانه استفادهٔ فراوان خوشنویسان از این رنگ‌های سنتزی در جای مرکب اصیل سنتی، آثار ارزشمند آنان را که دیر یا زود جزء آثار موزه‌های و ملی قرار می‌گیرد؛ در گذر زمان دچار آسیب‌های جدی مثل تغییر رنگ، کپک، ترک، پوسته‌پوسته شدن، ریزش و حتی تخریب کاغذ می‌کند. بنابراین در مبحث آسیب‌شناسی، این موضوع از آن جهت دارای اهمیت است که در بخش حفاظت پیشگیرانه، آثار خوشنویسی با اهمیت می‌باشد و حفاظت از این آثار ضروری است؛ و از آنجا که کارهای پژوهشی صورت گرفته در این زمینه هنوز زوایای پنهان ترکیبات مرکب‌های سنتی و تأثیر افزودنی‌های مختلف را آشکار نکرده و مشاهده شده که بسیاری از آثار دچار آسیب شده‌اند، پس، پژوهش در این زمینه امری لازم و ضروریست. آنچه در این پروژه مورد کنکاش قرار می‌گیرد این است که با بررسی‌های آزمایشگاهی دریابیم، نمک و عصارهٔ حنا چه تأثیری در بازدارندگی از رشد کپک در مرکب، همچنین ثبات مرکب دارند؛ تا بدین وسیله بتوان راه را برای ساخت مرکبی پایدار که ویژگی‌های مرکب مناسب برای خوشنویسی ایرانی را داشته باشد فراهم کرد.

درواقع پرسش این است که خواص مرکب تا چه میزان تابع دو افزودنی حنا و نمک است؟ آیا به کمک افزودنی حنا و یا نمک می‌توان مشکل کپک زدن مرکب را مرتفع کرد؟ مقدار نمک و حنا در جلوگیری از رشد کپک در مرکب چه تأثیری دارند؟ نمک و عصارهٔ حنا هر کدام چه تأثیری در ثبات مرکب بر روی کاغذ دارند؟ نمک چه تأثیری در جلوگیری از خوردگی کاغذ به وسیلهٔ مرکب آهن-سماز دارد؟

## روش پژوهش

روش یافته‌اندوزی در این پژوهش کتابخانه‌ای، آزمایشگاهی، و اینترنتی، و روش پژوهش توصیفی-تحلیلی است. به این ترتیب که در این پژوهش ابتدا ساخت مرکب مشکی مطلوب با استفاده از رساله‌های کهن مد نظر قرار گرفته؛ سپس هفت نمونه مرکب مشکی ساخته می‌شود. در ادامه، پیرسازی تسریعی شامل آزمون‌های نور، کپک، دما بر روی نمونه‌ها بر طبق استاندارد انجام و در آخر با منابع و اطلاعات موجود، تحلیل و نتیجه‌گیری می‌شود.

## پیشینه پژوهش

کاروالو (۲۰۰۷)، در کتاب *Forty Centuries of Ink* به جمع‌آوری مطالبی درباره تاریخچه مرکب، انواع مرکب، مرکب‌های رنگی، و آسیب‌های مرکب پرداخته است. همچنین، نکاتی درباره چگونگی درمان مرکب‌های آسیب‌دیده بیان کرده است. بریه<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، در کتاب «*Artists' Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics*» توضیحاتی درباره انواع دوده (کربن)؛ تاریخچه، منبع، چگونگی ساخت، خصوصیات، و ساختار شیمیایی و مقایسه آنها با یکدیگر داده است. همچنین، آنالیزهای دستگاهی از قبیل طیف‌سنجی تبدیل فوریه-مادون قرمز بر روی آنها انجام داده و تاریخچه‌ای از مرکب کربنی و آهن-مازو نیز گفته است. بگانشین<sup>۲</sup> و سنوایتین<sup>۳</sup> (۲۰۰۵)، بر روی یک سری از مرکب‌های مختلف که بر اساس دستورالعمل‌های قدیمی ساخته شده بودند آنالیزهایی مثل طیف‌سنجی تبدیل فوریه-مادون قرمز با هدف شناسایی اجزای آنها انجام دادند. گیلیانلی<sup>۴</sup> و کیان<sup>۵</sup> (۲۰۰۶)، مطالعاتی بر روی شناسایی اجزای مرکب‌های تاریخی انجام دادند. در این بررسی، ساختار شیمیایی اجزایی مثل صمغ عربی، زعفران، و حنا در مرکب‌ها به روش کروماتوگرافی آنالیز شد.

مرت<sup>۶</sup> (۲۰۰۸) نیز در رساله کارشناسی ارشد خود به شناسایی ساختار شیمیایی مرکب‌های نسخ قدیمی با استفاده از آنالیزهای دستگاهی مثل طیف‌سنجی تبدیل فوریه-مادون قرمز، پرداخته است. وی، همچنین با نمونه‌سازی به بررسی تأثیر افزودنی زعفران در جلوگیری از خوردگی کاغذ به وسیله مرکب آهن-مازو پرداخته است.

بودنار<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۱)، در مقاله «بررسی و توزیع عناصر مرکب نوشتنی آهن-مازو به وسیله روش پیکسی» ترکیب مرکب و کاغذ و تغییرات عناصر آن طی درمان آبی توسط روش پیکسی را شناسایی کردند. همچنین، دریافتند که با روش پیکسی می‌توان منشأ آثار و هویت نویسنده‌ها را شناسایی کرد.

روچنکوئیل و همکاران (۲۰۰۴)، با استفاده از آنالیزهای دستگاهی مثل کروماتوگرافی،

1. Carvalho
2. Berrie
3. Beganshiene
4. Senvaitiene
5. Giulianielli
6. Keheyani
7. Mert
8. Budnar



طیف‌سنجی تبدیل فوریه-مادون قرمز دریافتند: وقتی که صمغ عربی به مرکب اضافه می‌شود خوردگی و فرسایش سلولز به تأخیر می‌افتد؛ بدین صورت 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.

در ایران نیز مایل هروی (۱۳۷۲)، در اثر معروفش کتاب آرایه در تمدن اسلامی؛ قلیچ‌خانی (۱۳۷۳)، در کتاب رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته؛ و فضائلی (۱۳۷۶)، در کتاب تعلیم خط در بخشی به جمع‌آوری رسالاتی راجع به خوشنویسی و ساخت انواع مرکب که افزودنی‌های مختلف در آنها استفاده شده پرداخته‌اند. در بعضی دستورالعمل‌ها ذکر شده که هر افزودنی چه تأثیری بر روی مرکب دارد.

نیشابوری (۱۳۸۲)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی و مقایسه دستورالعمل‌های مندرج در رساله‌های خوشنویسی فارسی» بیان کرده که علاوه بر چهار عنصر اصلی مرکب به منظور کیفیت و مرغوبیت بیشتر مرکب از مواد دیگری مانند برگ مورد، حنا، و سمه، نمک هندی، گلاب، و زعفران استفاده می‌کنند.

شَبَّوح (۱۳۸۱)، در مقاله‌ای با عنوان «مواد و وسایل نسخه‌پردازی: دو منبع قدیمی تازه‌یاب درباره روش ساخت مرکب» ترجمه آذرنوش، از ترکیب انواع افزودنی‌ها مثل زعفران، نیل، و شنگرف برای ساخت مرکب‌های رنگی با رنگ‌های مختلف، شیوه استفاده از هر کدام و تأثیرات برخی از آنها بر یکدیگر سخن گفته است. خسروی بیژانم (۱۳۸۵)، رساله کارشناسی‌ارشد خود را با عنوان «فن‌شناسی و آسیب‌شناسی مرکب‌های سنتی و ارائه راهکارهای حفاظتی آن» در دانشگاه هنر اصفهان ارائه کرده است. در این رساله از آنالیز نمونه‌های مرکب مورد نظر مشخص شد که دو نمونه مرکب سیاه در نسخ به کار رفته است؛ یک نمونه از کربن (دوده) تشکیل شده و نوع دیگر، دارای عناصر میانی و سنگین است که در واقع این دسته از مرکب، همان مرکب مخصوص ایرانی است.

لامعی‌رشتی، شکوهی و اولیایی (۱۳۷۹)، هم در مقاله «معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی» 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. همچنین، در مقاله‌ای دیگر لامعی‌رشتی و همکاران (۱۳۸۶)، ترکیب عنصری چند نمونه کاغذ و مرکب دوره قاجار را با استفاده از روش پیکسی شناسایی و اندازه‌گیری، سپس تفاوت میان آنها را بررسی کردند. با این حال، پژوهش‌های انجام شده همه در رابطه با مرکب‌های قدیمی،



۱. مازو، عبارت از برجستگی‌های مدوری است که بر اثر گزش حشره بر روی جوانه‌های درخت بلوط ایجاد می‌شود؛ به طوری که چون حشره به خاطر تخم‌گذاری پوست درخت مزبور را سوراخ می‌کند، بخشی از شیره گیاهی درخت در نقطه سوراخ شده جمع می‌شود و حالت برجستگی پیدا می‌کند که آن را مازو می‌نامند (مایل-هروی، ۱۳۷۲، ص ۷۹۲).  
۲. زاج، گوهری است کانی که به نمک ماند و پنج رنگ است: سرخ، زرد (شتر دندان)، سبز، سفید (شب یمانی)، و سیاه (زاج الاساکنه). زاج یا زاک از مواد سازنده مرکب است و در رنگ‌آمیزی کاربرد بسیار داشته است (قلیچ‌خانی، ۱۳۷۲، ص ۲۱۳).  
۳. عبید... کوه‌دزی: خوشنویس ایرانی که رساله‌ای در مورد ساخت انواع مرکب‌ها با نام ادات‌الکاتب را احتمالاً در زمان حکومت اکبر شاه نوشته است (پورتر، ۱۳۸۹، ص ۸۹).  
۴. صمغ که از اجزای اصلی مرکب است عبارت از مایعی چسبناک و لزج است که از برخی درختان ترشح می‌شود و در معرض هوا انجماد پیدا می‌کند (پهادری، ۱۳۸۵، ص ۱۰۸).  
۵. چون دوده از خام سوختن مواد نفتی حاصل می‌شود، دارای نوعی چربی است. هنگام ساختن مرکب خوشنویسی دوده را در خمیر گرفته و در تنوری می‌پزند تا چربی آن از میان برود (قلیچ‌خانی، ۱۳۷۳، ص ۶۱).  
۶. همسنگ دوده زاج است/ همسنگ هر دو مازو/ هم وزن هر سه صمغ است/ آنگاه زور بازو.  
۷. مؤرد: درختچه‌ای زیبا، دارای برگ‌های دایمی به رنگ سبز و شفاف و معطر (مایل-هروی، ۱۳۷۲، ص ۶۵).  
۸. کافور: ماده‌ای بی‌رنگ و شفاف با بوی مخصوص است که از درخت کافور به دست می‌آید؛ طعم آن تند و سوزاننده است و به عنوان پادزهر نیز به کار می‌رود (بلدیز، ۱۳۸۶، ص ۲۳۷).  
۹. مشک: ماده خوشبویی که در ناف آهوی مشک تولید می‌شود، به عربی مسک گویند (فرهنگ فارسی عمید).  
۱۰. حنظل: گیاهی علفی خودرو و بیابانی است که ارزش دارویی داشته و مصرف زیاد آن سمی است (مظفریان، ۱۳۷۷، ص ۱۳۰).  
۱۱. زهره: زرداب، صفر (فرهنگ نفیسی).  
۱۲. صبر: عصاره‌ای است تلخ که از گیاه صبر به دست می‌آید و در مرکب‌سازی کاربرد داشته است (مایل-هروی، ۱۳۷۳، ص ۶۵).  
۱۳. افسنتین: نباتی مابین شجر و گیاه است شبیه به بابونه گاو چشم (دهخدا).

ساختار شیمیایی، آسیب‌های وارده بر آنها، و خوردگی کاغذ به وسیله مرکب آهن-مازو صورت گرفته است و در مواردی که ذکر شد تنها نوع ماده افزودنی با آنالیزهای دستگاهی شناسایی شده و نه تأثیر آن بر روی مرکب و در واقع پژوهشی در رابطه با تأثیر افزودنی‌ها (به خصوص حنا و نمک) بر روی مرکب صورت نگرفته است؛ و این در حیطه حفاظت پیشگیرانه می‌گنجد. ضمن اینکه در رساله‌های خوشنویسی هم بیان شده که در ساخت مرکب‌ها علاوه بر ماده رنگی (رنگینه گیاهی یا معدنی) و بست (صمغ، نبات)، افزودنی‌های دیگری برای اهداف متفاوت (از جمله بهبود کیفیت مرکب) استفاده می‌کرده‌اند. این افزودنی‌ها متنوع بوده و در نهایت هر مرکب با توجه به مواد تشکیل دهنده آن ویژگی‌ها و خواص متفاوتی پیدا می‌کرده است.

## مرکب ایرانی

در رساله‌های خوشنویسی برای ساخت مرکب مشکی روش‌های متعددی آمده است. این مرکب‌ها به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند: ۱. مرکب‌های دوده‌ای، ۲. مرکب‌های مازو-زاج<sup>۲</sup> (رسوبات سیاه مازو و زاج)، و ۳. مرکب‌های مخلوط (دوده و مازو-زاج). در هر سه مورد یک عنصر پیونددهنده (بست) که معمولاً صمغ عربی است لازم است. به گفته عبدالله کوه‌دزی<sup>۳</sup>، تا زمان ابن مقله همه خوشنویسان از مداد «آب مازو و زاج» استفاده می‌کردند. ابن مقله بود که مرکب دوده و صمغ<sup>۴</sup> را به آنها اضافه کرد. تفلیسی، مرکب‌های مازو-زاج را «حبر» و مرکب‌های دوده‌ای را «مداد» نامیده است (پورتر، ۱۳۸۹).

رنگدانه اصلی مرکب خوشنویسی دوده<sup>۵</sup> است و مواد دیگری مثل زاج، مازو، و صمغ عربی را نیز برای چسبندگی رنگدانه‌ها و قوام یافتن مرکب به آن می‌افزایند (قلیچ‌خانی، ۱۳۷۳). صمغ عربی عامل پیونددهنده بی‌ظیری برای مرکب‌ها و رنگه‌است. علاوه بر این چهار جزء که سیمی‌نیشابوری هم در دو بیت مشهور «هم سنگ دوده زاج است...» ذکر کرده، (پورتر، ۱۳۸۹) و در رسالات مختلف هم بیان شده، مواد دیگری نیز به مرکب افزوده می‌شد، از جمله مورد<sup>۶</sup> که رنگ مرکب را مایل به سبز می‌کرد، کافور<sup>۷</sup>، مشک<sup>۹</sup>، گلاب که آن را خوشبو می‌کرد، خمیر کلوسینت (شحم حنظل<sup>۱۰</sup>)، زهره<sup>۱۱</sup> گاو، صبر<sup>۱۲</sup> زرد آن را از مگس محفوظ می‌داشت، عسل که در طول زمان باعث دوام رنگ مرکب می‌شد (فضالی، ۱۳۸۶)، و دمکرده افسنتین<sup>۱۳</sup> که از تخریب کاغذ توسط موش‌ها جلوگیری می‌کرد (دوک، ۱۳۸۷).



## بخش تجربی آماده‌سازی مواد

برای تهیه دوده طبق روش‌های سنتی، ابتدا مقداری روغن بزرک<sup>۱</sup> فراهم و در محفظه چراغ الکلی ریخته شد. پس از روشن کردن 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 دیواره ظرف می‌نشیند. پس از سوختن روغن، دوده، به آرامی از دیواره ظرف برداشته شد. البته، قابل ذکر است که دوده سیاه دوده‌ای است که «سوخته 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 تهیه 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.

در ادامه، مقدار ۲۰ گرم مازوی خرد شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوشانده شده، ریخته و به مدت سه شبانه روز به صورت روباز در مجاورت هوا گذاشته شد تا عصاره آن کاملاً خارج و اسید گالیک کافی به دست آید. سپس، بر روی حرارت ملایم گذاشته تا تخمیر سریع تر صورت بگیرد و پرده‌ای را که بر روی آن بسته می‌شود برداشته تا زمانی که دیگر این پرده بسته نشود؛ زیرا این پرده از لطافت مرکب می‌کاهد. پرده‌ای را که بر روی مازو می‌بندد «کلاش» گویند (خوشمردان، ۱۳۸۲). پس از آنکه این پرده، دیگر بر روی مازو بسته نشد و زمانی که عصاره مازو بر روی کاغذ پخش نشد مازو به‌قوام لازم رسیده است.

قبل از افزودن زاج 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 امتحان کردن 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، طبق دستورالعمل مورد نظر، ابتدا مقدار ۳۰ گرم صمغ عربی را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوشانده، ریخته تا کاملاً حل شود و به غلظت عسل درآید. البته قابل ذکر است که صمغ عربی موجود در بازار، صمغ با کیفیتی نیست و آن صمغی که به‌طور کامل در آب حل می‌شود صمغ عربی سودان است. بست مناسب در بهبود خواص مرکب اهمیت بسزایی دارد. در دستورالعمل‌های ساخت مرکب هم درباره

۱. روغن بزرک (Linseed oil): این روغن معمولی‌ترین روغن خشکانه بوده، با فشردن تخم گیاه بزرک، کنان معمولی، به دست می‌آید. روغن بزرک محتوی حدود ۴۸ درصد اسید لینولیک و ۲۴ درصد لینولنیک است (فرهنگ، ۱۳۶۶، ص ۲۵۰).



صمغ عربی مرغوب چنین گفته شده است: «اگر یک حبه در دهن گیرد در دم آب شود و هیچ جرم نماند».

برای استحصال عصاره حنا، مقدار ۲۰ گرم حنا در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته شد و یک شب ماند. پس از آن، بر روی حرارت ملایم گذاشته و به مدت یک ساعت جوشانده شد تا کاملاً غلیظ شود. پس از جوشاندن، از پارچه نازکی عبور داده تا رسوبات آن گرفته شود و عصاره آن باقی بماند. قابل ذکر است که حنا با قرار گرفتن در آب ولرم نیز رنگ و عصاره خود را بر جای میگذارد.

از آنجا که آبهای سنگین نظیر آب اصفهان و یزد باعث رسوب زاج می‌گردد و قدرت دندان را کاهش می‌دهد (وکیلی، ۱۳۸۲). از این رو، برای ساخت نمونه‌ها از آب مقطری که به مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شده بود استفاده شد تا شرایط برای رشد عوامل بیولوژیکی در مرکب به حداقل برسد.

## روش ساخت

برای ساخت نمونه‌ها از دستور ساخت مرکبی استفاده شد که میرعلی هروی در رساله **مداد الخط** دستور ساخت آن را به میرعلی تبریزی 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». علت انتخاب این دستورالعمل جامع بودن آن از لحاظ مواد به کار گرفته شده در آن است.

دستور آن بدین شرح است: «۱۰ درم<sup>۲</sup> دوده + ۱۰ درم زاج قبرسی + ۵ درم مازو + ۱۵ درم برگ مورد، حنا و وسمه (از هر کدام ۵ درم) + ۵/۵ درم نوشادر 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، هر کدام را در 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 مثل روش قبلی می‌گیرند. سپس، آن را همراه با نوشادر 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 هر موقع که نوشته از طرف دیگر کاغذ نشر نکرد آن را از دیگ بیرون آورده و در

۱. حنا: درختچه‌ای است که شاخه‌های آن متقابل، استوانه‌ای، و اغلب پوشیده از تارهای خارمانند است. برگ حنا حاوی مانتول، اسید تانیک، موسیلاژ، و اسیدگالیک می‌باشد. اما مهم‌ترین ماده آن هیدروکسی نفتوکینون یا لائوسون است. لائوسون ماده اصلی مربوط به خاصیت رنگی حنا می‌باشد (بهدانی و دیگران، ۱۳۸۸، ص ۴۷).  
۲. درم: واحد وزنی معادل یک پنجم سیر و مساوی ۱۵ گرم یا ۶ دانگ است (دهخدا).



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 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. در آخر، می‌توان اندکی نمک هم به آن اضافه کرد.

## نمونه‌سازی

نمونه‌ها با 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 (۷/۵ گرم) مازو اضافه شد. برای جلوگیری از تأثیرات مخرب زاج، یک پنجم مقدار ذکر شده در دستورالعمل مذکور، در ساخت مرکب‌های مشکی به کار برده شد و با این مقدار هم، واکنش مورد انتظار به خوبی صورت گرفت. در نهایت، مازویی را که به آن زاج اضافه شده، به مخلوط قبلی افزوده و دوباره مخلوط ساییده شد. این مرکب، به عنوان نمونه شاهد قرار گرفت. سپس، تأثیر افزودنی حنا با غلظت‌های مختلف - کمتر (معادل ۵ گرم)، مساوی (معادل ۷/۵ گرم)، و بیشتر (معادل ۱۴ گرم) از مقدار ذکر شده در نسخه مورد نظر - مورد بررسی قرار گرفت. قابل ذکر است که به دلیل ذکر نشدن مقدار دقیق نمک در دستورالعمل مورد نظر، نمک تا میزانی استفاده شد که مانع کشش مطلوب مرکب نشود و مانند حنا در سه میزان متفاوت (۱، ۱/۵، ۲ گرم) بررسی شد. اجزاء مرکب‌های مختلف در جدول ۱ آمده است.

نمونه	دوده (g)	صمغ عربی ۳۰٪ (ml)	زاج (g)	مازو ۲۰٪ (ml)	حنا (g)	حنا ۲۰٪ (ml)	نمک (g)
a <sub>۱</sub> (شاهد)	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	-	-	-
a <sub>۲</sub>	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	۵	۶/۵۰	-
a <sub>۳</sub>	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	۷/۵۰	۱۰	-
a <sub>۴</sub>	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	۱۴	۲۰	-
a <sub>۵</sub>	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	-	-	۱
a <sub>۶</sub>	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	-	-	۱/۵
a <sub>۷</sub>	۱۵	۷۲/۶۰	۱/۵۰	۱۰	-	-	۲

(نگارندگان)

## جدول ۱

اجزای مرکب‌ها در گروه (a)

برای اینکه مواد بهتر با هم مخلوط شوند و اجزا همگن شوند، نمونه‌ها به مدت ۲۰۰ ساعت با دور ۱۵۰ در دستگاه شیکر<sup>۱</sup> مخلوط شدند. این دستگاه باعث انتشار یکدست رنگدانه‌ها در درون بست می‌شود و ساختمان مولکولی آنها را نمی‌شکند. در دستورهای ساخت مرکب هم ذکر شده که مرکب هرچه بیشتر ساییده شود بهتر است؛ از جمله در نسخه منتشر نشده‌ی پرشیا<sup>۲</sup> اثر رافائل دومان یک روش آمیختن مرکب، بستن کوزه مربوط به مجموع مواد آن به شتری است که به سوی مکه می‌رود (یعنی باید بسیار تکان بخورد) (پورتر، ۱۳۸۹).

### مطالعات آزمایشگاهی

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 استفاده 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.

برای بررسی تأثیرات نور (فرابنفش) بر روی نمونه‌ها پیرسازی تسریعی بر طبق استاندارد IS 1221 1971 به مدت ۱۱ روز و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از نمونه‌ها توسط لامپ بلک لایت آبی فلورسنت، ۱۸ وات با طول موج 356nm انجام شد.

پس از نمونه‌سازی برای مشاهده تأثیرات طولانی مدت مرکب بر روی کاغذ، پیرسازی تسریعی توسط دمای بالا انجام شد. تغییراتی که ممکن است دهه‌ها یا سال‌ها طول بکشد تا در شرایط نرمال رخ دهد. طبق استاندارد 1-5630-4839 TS ISO 5630-1 نمونه‌ها به مدت ۲۴ روز در دمای  $2 \pm 10.5$  درجه سانتی‌گراد در گرمای خشک آون گذاشته شد.

برای انجام آزمون کپک بر روی نمونه‌ها پیرسازی تسریعی بر طبق استاندارد ASTM-D-5098-94 در محفظه‌ای با رطوبت نسبی ۹۵-۹۸ درصد و دمای  $1 \pm 32/5$  درجه سانتی‌گراد انجام شد.

برای فهمیدن اثرات پیرسازی بر روی مرکب‌های مورد آزمایش، نمونه‌ها قبل و بعد از پیرسازی، pH سنجی شد. برای بررسی تغییرات رنگی نمونه‌ها از «رنگ سنج» مدل Color<sup>۳</sup> Tector Alpha استفاده شد. تغییرات رنگی می‌تواند به وسیله سیستم CIE<sup>۳</sup> محاسبه شود. در این سیستم درخشش، \*L\* کمیتی است که مقدار مجموع انعکاس طیفی خورشیدی را نسبت به سطح سفید خالص اندازه‌گیری می‌کند؛ \*a\* یک مقیاس از مقدار قرمز-سبز است؛ \*b\* مقدار زرد-آبی را مشخص می‌کند. اختلاف مجموع رنگ، \*E\*، بر طبق معادله زیر محاسبه شده

1. Shaker

2. De Persia

3. Commission Internationale d'

Eclairage



است که در آن  $L^*=L_2-L_1$ ؛  $a^*=a_2-a_1$ ؛  $b^*=b_2-b_1$ ؛ تفاضل های محاسبه شده برای نمونه های پیرسازی شده (۲) و نمونه های قبل از پیرسازی (۱) هستند (Mert, 2008).

$$E^*=(L^*)^2+(a^*)^2+(b^*)^2)/2$$

## آزمون ها و نتایج

### ثبات نوری

پس از پیرسازی، برای بررسی تأثیر نور فرابنفش بر روی نمونه ها و مشخص کردن تغییر در اسیدیته هریک پس از پیرسازی، pH هر نمونه اندازه گیری شد. 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 که نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است. لازم به ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از سه بار اندازه گیری است. چنانکه می بینید pH نمونه (a4) بالاترین مقدار در میان نمونه ها را دارد که نشان از اسیدی شدن بیشتر است و در ادامه مشاهده می شود که این نمونه نسبت به نمونه های دیگر دچار رنگ پریدگی (تغییر رنگ) بیشتری شده است.

نمونه	*pH	pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	ΔpH
a1	۶/۵۸	۶/۸۶	۶/۸۱	۰/۰۵
a2	۶/۵۳	۶/۸۳	۶/۷۷	۰/۰۶
a3	۶/۴۵	۶/۷۵	۶/۶۹	۰/۰۶
a4	۶/۴۲	۶/۶۹	۶/۶۲	۰/۰۷
a5	۶/۸۵	۷/۳۸	۷/۳۳	۰/۰۵
a6	۶/۸۵	۷/۳۶	۷/۳۱	۰/۰۵
a7	۶/۸۸	۷/۴۵	۷/۳۹	۰/۰۶

### جدول ۲

مقدار pH گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی نوری

pH: مقدار pH مرکب مایع؛ pH<sub>1</sub>: مقدار pH مرکب قبل از پیرسازی؛ pH<sub>2</sub>: مقدار pH مرکب بعد از پیرسازی؛ ΔpH: مقدار اختلاف pH<sub>1</sub> و pH<sub>2</sub> (نگارندگان).

پس از اندازه گیری مقدار pH هر کدام از نمونه ها، برای بررسی میزان تغییر رنگ نمونه ها بعد از پیرسازی نوری از دستگاه «رنگ سنج» استفاده شد. به این ترتیب که قبل و بعد از پیرسازی شش نقطه از هر نمونه رنگ سنجی شد. قابل ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از شش بار اندازه گیری است که نتایج آن در جدول (۳) گزارش شده است.





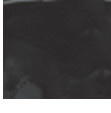


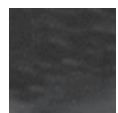
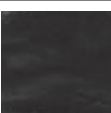
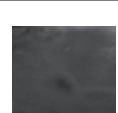
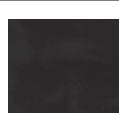
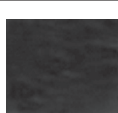


جدول ۳

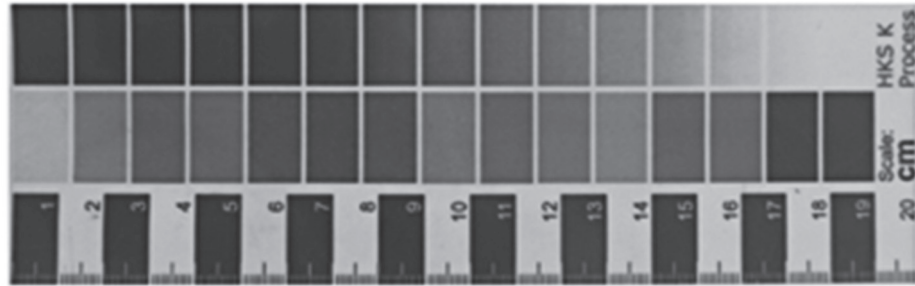
نتایج مقادیر  $L^*a^*b^*$  گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی نوری

نمونه	$L_1^*$	$a_1^*$	$B_1^*$	$L_2^*$	$a_2^*$	$B_2^*$	$\Delta E$
$a_1$	۱۵/۸	۰/۰۵	۲/۰۸	۱۳/۲۳	-۲/۰۶	۳/۲۳	۳/۱۳
$a_2$	۱۹/۵۱	-۱/۰۵	۱/۹۸	۱۵/۱۸	-۱/۲	۱/۷۳	۴/۳۳
$a_3$	۱۲/۷	-۰/۱	۲/۰	۱۳/۶	-۰/۷۰	-۲/۵	۴/۶۲
$a_4$	۱۸/۱۳	۱/۷۱	۲/۵۳	۲۱/۱۸	۰/۶۵	۰/۴۳	۴/۸۶
$a_5$	۱۴/۶۴	-۰/۵۱	۲/۸۰	۱۵/۵۲	-۰/۵۰	۱/۲۵	۱/۷۸
$a_6$	۱۴/۵۵	-۰/۳۱	۲/۵۳	۱۵/۴۱	-۰/۷۰	۱/۵۸	۱/۳۴
$a_7$	۱۴/۶۱	-۰/۴۲	۲/۶۳	۱۴/۵۱	-۰/۴۵	۱/۴۷	۱/۱۶

$L_1^*$ : مقدار روشنایی قبل از پیرسازی؛  $a_1^*$ : مقدار محور قرمز- سبز قبل از پیرسازی؛  
 $b_1^*$ : مقدار محور زرد-آبی قبل از پیرسازی؛  $L_2^*$ : مقدار روشنایی بعد از پیرسازی؛  $a_2^*$ :  
مقدار محور قرمز- سبز بعد از پیرسازی؛  $b_2^*$ : مقدار محور زرد-آبی بعد از پیرسازی؛  $\Delta E$ :  
جمع کلی تغییرات بعد از پیرسازی (نگارندگان).

چنان که می بینید در گروه (a)، نمونه (a4) بالاترین مقدار  $\Delta E$  را در بین نمونه ها دارد و این نشان از بیشترین میزان رنگ پریدگی (تغییر رنگ) در این نمونه است. این نمونه حاوی بیشترین مقدار عصاره حناست و رنگ پریدگی به دلیل ماهیت شیمیایی حناست که اسیدی است. هر چه تجمع مولکولی رنگینه یا رنگدانه بر روی لیف بیشتر باشد ثبات نوری آن بیشتر است. ثبات رنگی متکی به استفاده از رنگدانه هایی با کیفیت بالا می باشد (ترنر، ۱۳۷۴). مشاهده می کنید که ثبات نوری با کاهش غلظت رنگدانه دوده بر روی لیف و جانشین شدن رنگینه حنا کاهش پیدا می کند. مشاهده می کنید که نمونه (a7) کمترین مقدار  $\Delta E$  را در گروه دارد و ثبات بیشتری نسبت به نمونه شاهد دیده می شود که نشان از تأثیر نمک بر روی ثبات نوری است (در رنگ رزی سنتی هم از نمک برای افزایش ثبات رنگ های گیاهی استفاده می شود). مطالعات نشان می دهد که نمک علاوه بر جلوگیری از رشد قارچ ها و کپک ها، تا حدی از انحلال و تجزیه مرکب ها و صمغ ها نیز جلوگیری می کند (Higashijima, 2012). تصاویر نمونه ها قبل و بعد از پیرسازی نوری در جدول ۴ در پیوست قابل مشاهده است.

نمونه	تصویر قبل از پیرسازی	تصویر بعد از پیرسازی	نمونه	تصویر قبل از پیرسازی	تصویر بعد از پیرسازی
$a_1$			$a_5$		
$a_2$			$a_6$		
$a_3$			$a_7$		
$a_4$					

### ثبات در برابر حرارت

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 در اصطلاح خوردگی ناشی از مرکب آهن-مازو می‌نامند (دی فبر و دیگران، ۱۳۸۶). مرکب‌های آهن-مازوی قدیمی شامل ترکیبات مختلفی هستند، ولی به‌رحال اجزای اصلی آنها عبارت‌اند از: سولفات آهن (II) و عصاره مازو. این عصاره، شامل جوهر مازوست، به‌طوری که با یون‌های آهن (III) ترکیب واقعی مرکب را می‌سازند. یون‌های آهن (III) با اکسیداسیون یون‌های آهن (II) موجود در

### جدول ۴

تصاویر نمونه‌ها قبل و بعد از پیرسازی نوری

هوا تشکیل می‌شوند. وقتی که سولفات آهن (II) پلی فنل با آهن واکنش می‌دهد اسید سولفوریک تولید می‌کند. اسیدها، هیدرولیز سلولز را تسریع می‌کنند و در بعضی موارد ممکن است اکسیداسیون و هیدرولیز اسیدی تسریع شده همزمان بر روی کاغذ رخ دهد (Stratis & Salvesen, 2002). به منظور بررسی تأثیر مرکب آهن-مازو بر روی کاغذ، پیرسازی حرارتی بر روی نمونه‌ها انجام شد. پس از پیرسازی، pH هر نمونه اندازه‌گیری و تغییرات pH هر نمونه محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ گزارش شده است. لازم به ذکر است که مقادیر نهایی حاصل میانگینی از سه بار اندازه‌گیری است.

نمونه	pH	pH <sub>۱</sub>	pH <sub>۲</sub>	pHΔ
a <sub>۱</sub>	۶/۵۸	۶/۸۷	۶/۸۱	۰/۰۶
a <sub>۲</sub>	۶/۴۵	۶/۷۲	۶/۶۵	۰/۰۷
a <sub>۳</sub>	۶/۳۹	۶/۶۷	۶/۵۹	۰/۰۸
a <sub>۴</sub>	۶/۴۲	۶/۷۱	۶/۶۲	۰/۰۹
a <sub>۵</sub>	۶/۶۰	۶/۸۵	۶/۷۸	۰/۰۶
a <sub>۶</sub>	۶/۵۷	۶/۸۴	۶/۷۸	۰/۰۶
a <sub>۷</sub>	۶/۵۵	۶/۸۳	۶/۷۷	۰/۰۶

### جدول ۵

مقدار pH گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی حرارتی

pH\* : مقدار pH مرکب مایع؛ pH<sub>۱</sub>: مقدار pH مرکب قبل از پیرسازی؛ pH<sub>۲</sub>: مقدار pH مرکب بعد از پیرسازی؛ ΔpH: مقدار اختلاف pH<sub>۱</sub> و pH<sub>۲</sub> (نگارندگان) پس از اندازه‌گیری میزان pH هر کدام از نمونه‌ها، برای بررسی تأثیر اجزای مرکب بر روی کاغذ از دستگاه «رنگ سنج» 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 که نتایج آن در جدول ۶ گزارش شده است.

نمونه	L <sub>۱</sub> *	a <sub>۱</sub> *	B <sub>۱</sub> *	L <sub>۲</sub> *	a <sub>۲</sub> *	B <sub>۲</sub> *	EΔ
a <sub>۱</sub>	۱۷/۹	۲/۰	۲/۹	۲۰/۲	۰/۸	۵/۱	۳/۴۰
a <sub>۲</sub>	۱۲/۳	۲/۷	۱/۶	۱۶/۸	۰/۲	۰/۸	۵/۴۱
a <sub>۳</sub>	۱۴/۷	۰/۶	۰/۳	۲۱/۹	۱/۸	۲/۱	۷/۶۸
a <sub>۴</sub>	۱۴/۷	۱/۴	۲/۸	۲۲/۴	۳/۲	۳/۴	۷/۹۳
a <sub>۵</sub>	۱۳/۶	۱/۶	۰/۵	۱۴/۷	۱/۴	۲/۸	۲/۵۵
a <sub>۶</sub>	۱۳/۷	۱/۵	۰/۷	۱۵/۱	۱/۷	۲/۵	۲/۲۸
a <sub>۷</sub>	۱۳/۸	۱/۴	۰/۶	۱۴/۹	۱/۴	۲/۴	۲/۱۰







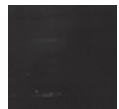






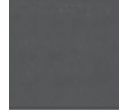
### جدول ۶

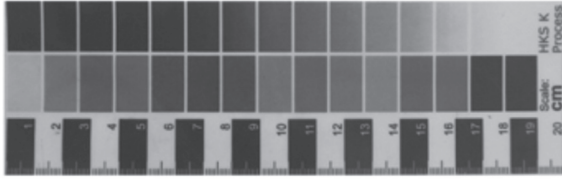
نتایج مقادیر L\*a\*b\* گروه (a) قبل و بعد از پیرسازی حرارتی



$L1^*$ : مقدار روشنایی قبل از پیرسازی؛  $a1^*$ : مقدار محور قرمز - سبز قبل از پیرسازی؛  
 $b1^*$ : مقدار محور زرد-آبی قبل از پیرسازی؛  $L2^*$ : مقدار روشنایی بعد از پیرسازی؛  $a2^*$ :  
 مقدار محور قرمز - سبز بعد از پیرسازی؛  $b2^*$ : مقدار محور زرد-آبی بعد از پیرسازی؛  
 $\Delta E$ : جمع کلی تغییرات بعد از پیرسازی (نگارندگان).

چنان‌که مشاهده می‌کنید در گروه (a)، بیشترین مقدار  $\Delta E$  متعلق به نمونه (a4) است که نشان از بیشترین میزان تغییرات در این نمونه است که به دلیل ماهیت شیمیایی حناست. در همین گروه در مقایسه نمونه (a1) و (a7) مشاهده می‌کنید که نمونه (a7) که حاوی بیشترین میزان نمک است، ثبات بیشتری نسبت به نمونه (a1) داشته است. شاید بتوان گفت مولکول‌های نمک اتصال بهتری با الیاف سلولز برقرار کرده‌اند. تصاویر نمونه‌ها قبل و بعد از پیرسازی حرارتی در جدول ۷ قابل مشاهده است.

نمونه	تصویر قبل از پیرسازی	تصویر بعد از پیرسازی	نمونه	تصویر قبل از پیرسازی	تصویر بعد از پیرسازی
$a_1$			$a_5$		
$a_2$			$a_6$		
$a_3$			$a_7$		
$a_4$					



جدول ۷

تصاویر نمونه‌ها قبل و بعد از پیرسازی حرارتی

## تخریب بیولوژیکی

از آنجا که مشکل عمده بیشتر خوشنویسان، کپک‌زدن مرکب مایع به‌ویژه در فصل گرم‌است؛ قبل از بررسی زمان تشکیل کپک در مرکب‌ها بر روی کاغذ، زمان تشکیل کپک در نمونه‌ها، در حالت مایع بررسی شد. به این ترتیب که برای هر نمونه ابتدا در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ۵۰ میلی‌لیتر مرکب را ریخته و سطح آن را اندازه‌گیری کرده و در بشر را با یک شیشه ساعت پوشانده و به مدت ۱۴ روز در محلی دور از بخار مواد شیمیایی و گرد و غبار قرار داده شد. سپس، نمونه را صاف کردیم. بعد از این مدت، نمونه باید فاقد کپک باشد ۲۰. نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۸ قابل مشاهده است.

نمونه	زمان (روز)
a <sub>۱</sub>	۷
a <sub>۲</sub>	۹
a <sub>۳</sub>	کپک نزد
a <sub>۴</sub>	کپک نزد
a <sub>۵</sub>	کپک نزد
a <sub>۶</sub>	کپک نزد
a <sub>۷</sub>	کپک نزد

جدول ۸

بررسی زمان رشد کپک بر روی  
نمونه‌های مرکب مایع

(نگارندگان)

همانطور که مشاهده می‌کنید نمونه‌های (a<sub>۳</sub>)، (a<sub>۴</sub>)، (a<sub>۵</sub>)، (a<sub>۶</sub>)، (a<sub>۷</sub>) دچار کپک نشدند. ملاحظه می‌شود که نمونه‌های (a<sub>۳</sub>) و (a<sub>۴</sub>) که حاوی عصاره حنا هستند دچار کپک نشدند. تحقیقات نشان داده که حنا دارای فعالیت ضد میکروبی وسیعی علیه بسیاری از باکتری‌هاست و کمترین غلظت عصاره حنا به‌طور کامل باعث مرگ باکتری‌ها شده و هیچ‌گونه رشدی مشاهده نشده است (بهدانی و دیگران، ۱۳۸۸). حنا دربردارنده مواد متعددی از جمله لاوسون (با نام شیمیایی اوکسی نفتاکینون) است که دارای خاصیت آنتیبیوتیکی، علیه بسیاری از باکتری‌های گرم مثبت و منفی است. خواص درمانی حنا عبارت از اثر ضدباکتریایی و همچنین اثر قارچ‌کشی قوی است که این اثر با درجه حرارت بالا،





اتوکلاو، و نگهداری درازمدت تغییر نمی‌کند (اسدی پویا و معتمد، ۱۳۷۹).

ماده مؤثر در برگ حنا ترکیب لاوسون یا ۲-هیدروکسی-۱- و ۴- نفتاکینون است. ترکیبات فنلی و کینونی انتشار گسترده‌ای در طبیعت دارند. یکی از ویژگی‌های بارز ترکیبات فنلی و کینونی اثر ضد میکروبی آنهاست. تحقیقات نشان داده‌اند که فنول‌ها و کینون‌ها، به‌ویژه نفتاکینون‌ها علیه درماتوفیت‌ها (گروهی از قارچ‌های بیماری‌زا) مؤثر هستند. قارچ‌های ساپروفیت یا قارچ‌های غیربیماری‌زا (فرصت‌طلب) نسبت به قارچ‌های پاتوژن یا بیماری‌زا تراکم‌های بالاتری از این ترکیبات را تحمل می‌کنند (برکشلی، ۱۳۷۸). ملاحظه می‌کنید که نمونه (a<sub>2</sub>) با اینکه حاوی عصاره حناست دچار کپک شد که این نشان از ناکافی بودن این مقدار برای جلوگیری از رشد کپک هاست. در نتیجه، غلظت حنا، در خاصیت میکرب‌کشی آن تأثیر دارد.

نمونه‌های (a<sub>5</sub>)، (a<sub>6</sub>)، (a<sub>7</sub>) هم که حاوی نمک خوراکی هستند، دچار کپک نشدند. نمک به دلیل قدرت پاک‌کنندگی و ضد عفونی‌کنندگی، بسیاری از میکرب‌ها را از بین می‌برد و بسیاری از موجودات ریز زنده قادر نیستند در محیطی که حاوی نمک باشد زنده بمانند، چون طبق پدیده اسمزی، نمک آب موجود در سلول‌های بدن موجودات را جذب می‌کند و این موجودات می‌میرند. پس از بررسی نمونه‌ها در حالت مایع، نمونه‌های مورد آزمایش بر روی کاغذ را در محیط مستعد رشد قارچ و کپک قرار داده شد تا زمان تشکیل کلنی‌های کپک بر روی نمونه‌ها بررسی شود. این نتایج در جدول ۹ قابل مشاهده است.

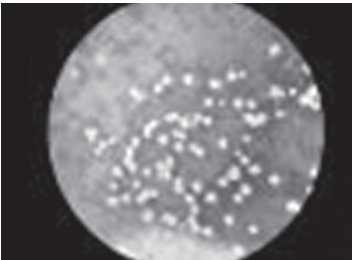
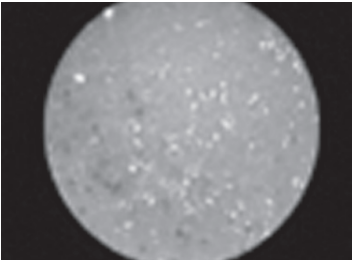
نمونه	زمان (روز)
a <sub>1</sub>	۵
a <sub>2</sub>	۸
a <sub>3</sub>	کپک نزد
a <sub>4</sub>	کپک نزد
a <sub>5</sub>	کپک نزد
a <sub>6</sub>	کپک نزد
a <sub>7</sub>	کپک نزد

### جدول ۹

بررسی زمان رشد کپک در نمونه‌های مرکب بر روی کاغذ

(نگارندگان)

در جدول ۹ مشاهده می‌شود که نمونه‌های (a۳)، (a۴) که حاوی عصاره حنا هستند کپک نزدند و همانطور که بیان شد عصاره برگ حنا دارای خاصیت ضد میکروبی است و بر قارچ‌ها و باکتری‌ها مؤثر است و این خاصیت ضد میکروبی به علت وجود ترکیبات فنلی و کینونی در حناست (برکشلی، ۱۳۷۸). اما مشاهده می‌کنید که نمونه (a۲) با اینکه حاوی عصاره حناست دچار کپک شد و قبلاً ثابت شد که این مقدار از عصاره حنا (۵۰/۶ میلی لیتر معادل ۵ گرم حنا) برای جلوگیری از رشد کلنی‌های کپک بر روی مرکب‌ها کافی نیست. همان‌طور که گفته شد حنا از ترکیبات فنلی و کینونی تشکیل شده است. ترکیبات فنلی و کینونی خاصیت ضد قارچی و ضد میکروبی (به‌ویژه به دلیل نفتاکینون موجود در حنا) از خود نشان می‌دهند، اما قارچ‌های ساپروفیت یا قارچ‌های غیر بیماری‌زا (فرصت‌طلب) نسبت به قارچ‌های پاتوژن یا بیماری‌زا تراکم‌های بالاتری از این ترکیبات را تحمل می‌کنند و در غلظت‌های بالا، خاصیت ضد قارچی حنا می‌تواند در برابر قارچ اسپرژیلوس مؤثر باشد (برکشلی، ۱۳۷۸). نمونه‌های (a۵)، (a۶) و (a۷) هم که حاوی نمک بودند دچار کپک نشدند. پیش‌تر توضیح داده شد که نمک خاصیت ضد باکتری دارد. تصاویر کلنی‌های کپک بر روی نمونه‌ها در جدول ۱۰ قابل مشاهده است.

نمونه	تصویر کلنی‌های کپک
a <sub>۱</sub>	
a <sub>۲</sub>	

(نگارندگان)

### جدول ۱۰

کلنی‌های کپک در نمونه‌های مرکب  
بر روی کاغذ

## نتیجه گیری

در این پژوهش، پس از بررسی‌ها و پیرسازی‌های مختلف بر روی نمونه‌ها روشن شد که حنا به دلیل داشتن ترکیبات فنلی و کینونی از رشد کپک‌ها در مرکب، چه به صورت مایع و چه بر روی کاغذ جلوگیری می‌کند. البته غلظت حنا، در خاصیت میکرب‌کشی آن تأثیر دارد. چنانچه از آزمایش‌ها معلوم شد مقدار ۵ گرم حنا تأثیری در بازدارندگی از رشد کپک در مرکب ندارد. اما مقدار ۵/۷، و ۱۴ گرم حنا از رشد کپک در مرکب چه به صورت مایع و چه بر روی کاغذ جلوگیری می‌کند. البته، قابل ذکر است که مقدار زیاد حنا (معادل ۱۴ گرم) به دلیل خاصیت اسیدی باعث رنگ‌پریدگی (تغییر رنگ) مرکب، و فرسایش و تخریب سلولز می‌شود. بنابراین، حنا، نه تنها تأثیری در ثبات بیشتر مرکب بر روی کاغذ ندارد؛ بلکه مقدار زیاد آن باعث تغییر رنگ مرکب و تخریب کاغذ می‌شود.

نمک، علاوه بر جلوگیری از رشد کپک، مایه ثبات بیشتر مرکب می‌شود. بدین صورت که کمترین مقدار نمک (معادل ۱ گرم) علاوه بر جلوگیری از رشد کپک (به دلیل خاصیت آنتی باکتریال) مایه ثبات و دوام بیشتر رنگ مرکب می‌شود. از طرفی، از فرسایش و تخریب کاغذ به وسیله مرکب آهن-مازو نیز جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، نمک به عنوان یک ماده فعال در سطح (ماده کمک‌کننده فشار سطحی) عمل می‌کند. بدین صورت که کشش در سطح تماس را کاهش می‌دهد و خاصیت مرطوب شدن بهبود می‌یابد. لازم به ذکر است که هر کدام از افزودنی‌های ذکر شده در دستورالعمل‌های ساخت مرکب در رسالات کهن تأثیرات ویژه‌ای بر روی مرکب می‌گذارد. نکته قابل توجه این است که مرکب‌ساز ایرانی هر ماده را برای منظوری خاص به کار می‌برده و از هر ماده شناخت کافی داشته و آگاهانه از آن استفاده می‌کرده است.

## منبع

اسدی پویا، علی اکبر؛ نیلوفر معتمد، و کامیار اسدی پویا (۱۳۷۹). اثرها و کاربردهای درمانی حنا در طب سنتی و طب جدید. *رازی*، شماره ۱۲۳: ۲۵-۲۳.

برکشلی، ماندانا (۱۳۷۸). اثرات میکروبیولوژیکی حنا در رنگرزی سنتی کاغذهای تاریخی. *هنرنامه*، ۳، ۴۵. از <http://www.magiran.com> (دسترسی در ۱۳۹۱/۴/۵).

بهادری، رویا (۱۳۸۵). *شیمی آلی: مبانی و کاربرد در حفاظت و مرمت آثار تاریخی*. تهران: پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی، رسانه پرداز.

بهدانی، مهدی؛ قزوینی، کیارش؛ محمدزاده، علیرضا و صادقیان، علی (۱۳۸۸). بررسی فعالیت ضدباکتریایی عصاره‌های آبی و اتانولی حنا علیه استافیلوکوکوس اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا. *افق دانش*،



- ۴۸،۵-۲. از <http://www.magiran.com> (دسترسی در ۱۳۹۱/۴/۵).
- بهمدی، هما و شواخ، فروغ (۱۳۸۷). انواع نمک خوراکی و کاربردهای آن در صنایع غذایی. *نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی*، ۲، ۴۹-۴۵. <http://www.magiran.com> (دسترسی در ۱۳۹۱/۴/۳).
- پورتر، ایو (۱۳۸۹). *آداب و فنون نقاشی و کتاب‌آرایی* (زینب رجبی، مترجم). تهران: متن.
- ترنر، G. P. A. (۱۳۷۴). *شیمی رنگ (اصول تکنولوژی رنگ)* (گریگور ترپوگوسیان و همیرا آگاه، مترجمان). تهران: آروین.
- خسروی بیژانم، فرهاد (۱۳۸۵). *فن شناسی و آسیب‌شناسی مرکب‌های سنتی و ارائه راه‌کارهای حفاظتی آن*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.
- خوشمردان، علی‌بن‌حسن (۱۳۸۲). رساله «تعلیم الخطوط» (احسان الله شکراللهی طالقانی، کوششگر). *نامه بهارستان*، شماره ۲: ۳۲۱.
- دوک، جیمز آ (۱۳۸۷). *فرهنگ گیاهان دارویی*. زهره آموزگار، عبدالعلی محقق زاده و محمد رضا شمس اردکانی، مترجمان. تهران: مارلیک.
- دهخدا، علامه علی اکبر (۱۳۶۰). *لغتنامه دهخدا*. تهران: دانشگاه تهران.
- دی فبر، مارگا ا. پی. سی، هاورمانز، جان بی. جی. ا. و پیتر دی فایز (۱۳۸۶). خوردگی ناشی از مرکب آهن-مازو: مطالعه اثر یک ترکیب (شهناز بهلولی ریزی، مترجم). *پیام بهارستان*، ۷۸، ۶۷-۶۴.
- سلیمانی، سمیه؛ سپیدهدم، محمد جواد و ملکیان، حمید (۱۳۹۰). بررسی تأثیر رنگهای گیاهی (حنا، گردو و چای) بر پایداری کاغذ در مرمت نسخ خطی. *تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران*، ۶۵۸-۴۶۵۰-۶۵۰.
- <http://www.magiran.com> (دسترسی در ۱۳۹۱/۴/۵).
- شبوخ، ابراهیم (۱۳۸۱). مواد و وسایل نسخه‌پردازی: دو منبع قدیمی تازه یاب درباره روش ساخت مرکب (هوش آذر آذرنوش، مترجم). *نامه بهارستان*، ۱، ۱۵۲-۱۴۱.
- عمید، حسن (۱۳۸۴). *فرهنگ فارسی عمید*. تهران: امیر کبیر.
- فرهنگ، پرویز (۱۳۶۶). *فرهنگ مواد*. تهران: عرفان.
- فضائلی، حبیب ا... (۱۳۷۶). *تعلیم خط*. تهران: سروش.
- قلیچ‌خانی، حمید رضا (۱۳۷۳). *فرهنگ و اصطلاحات خوشنویسی و هنرهای وابسته*. تهران: روزنه.
- ..... (۱۳۷۳). *رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته*. تهران: روزنه.
- لامعی رشتی، محمد؛ آقاعلی گل، داوود. خسروی، فرهاد. اولیایی، پروین. باقی‌زاده، علی و شکوهی، فرح (۱۳۸۶). فروردین. پژوهش‌های فنی: آنالیز عنصری چند نمونه از مرکب و کاغذ دوره قاجار با میکروسکوپ روبشی پرتون، *نامه بهارستان*، ۱۲-۱۱، ۲۶۴-۲۶۱.
- لامعی رشتی، محمد؛ شکوهی، فرح و اولیایی، پروین (۱۳۸۱). پائیز و زمستان. معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی، *نامه بهارستان*، ۲، ۴۳۵-۴۳۱.

- مایلهروی، نجیب (۱۳۷۲). کتاب آرایه در تمدن اسلامی: مجموعه رسائل در زمینه خوشنویسی، مرکب سازی، کاغذگری، تذهیب و تجلید. مشهد: آستان قدس رضوی.
- مظفریان، ولی ا... (۱۳۷۷). فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. تهران: فرهنگ معاصر.
- نقیسی (ناظم الاطبا)، علی اکبر (بی تا). فرهنگ نقیسی. تهران: خیام.
- نیشابوری، فضل ا... فاضل (۱۳۸۲ بهار و زمستان). بررسی و مقایسه دستورالعمل‌های مندرج در رساله‌های خوشنویسی فارسی، نامه بهارستان، ۷ و ۸، ۹۴-۸۱.
- وکیلی، ابوالفضل (۱۳۸۲). رنگرزی الیاف فرش دستباف. تهران: نقش هستی.
- هادیان‌دهکردی، منیژه (۱۳۸۶). کاربری پژوهش‌های آزمایشگاهی در حفاظت و مرمت بناهای تاریخی (مواد و مصالح). تهران: دانشگاه تهران و پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی.
- یلدیز، رمضان (۱۳۸۴). دایره‌المعارف گیاهان دارویی و شفا بخش (نسیم فولادوند، مترجم). تبریز: یاران تبریز.
- Berrie, Barbara H. (2007). *Artists' Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics* (vol 4). London: Archetype Publications ltd.
- Carvalho, David N. (2007). *Forty Centuries of Ink*, Echo library. From <http://www.manybooks.net.pdf/> (accessed december 10, 2011)
- Higashijima, Kenta., Chiaki Hori, Kiyohiko Igarashi, Toshiharu Enomae, & Isogai, Akira)2012(. First aid for flood-damaged paper using saltwater: The inhibiting effect of saltwater on mold growth, *Studies in Conservation* 57: 165-168.
- Keheyani, Y. & Giulianelli, L.(2006). Identification of Historical Ink Ingredients Using Pyrolysis-GC-MS. A Model Study. *e-Preservation Science* 3, 5-10.
- Mert, Esra. (2008). *A Comparative Study on Chemical Characterization of Different Ink Ingredients Used in Ancient Ornamented Manuscripts*, Master of Science In-archaeometry, Middle Easttechnical University From: <http://www.scirus.com.pdf/> (accessed december 21, 2011)
- Rouchon Quillet, Véronique. Remazeilles, Celine. Nguyen, Thi Phuong. Bleton, Jean. & Tchaplal, Alain, (2004). *The Impact of Gum Arabic on Iron Gall Ink Corrosion*. From <http://www.google scholar.com>(access date:5/10/2014).
- Senvatiene, J. & Beganshiene, A. (2005). Characterization of historical writing inks by different analytical techniques. *chemija*, 3-4, 34-38.
- H. k. Stratis, T. Salvesen (2002). *The Broad Spectrum: Studies in The Materials, Techniques, and Conservation of Color on Paper*. London: Archetype Publications ltd.