

امکان‌سنجی ساخت مرکب سیاه بر اساس دستورالعمل رایج در رساله‌های خوشنویسی فارسی و آزمون عملی نوشتار با نمونه‌ها*

سیدمحمد معینی**
فرهاد خسروی بیژانم***
محسن محمدی آچالویی****

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۷

چکیده

استفاده از مرکب باکیفیت به‌عنوان یکی از عناصر اصلی خوشنویسی همواره برای خوشنویسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌است به طوری که برخی اساتید خوشنویسی با بیان دستورالعملی منحصر به‌فرد در رساله‌های خوشنویسی خود به نظم یا به نثر، به بیان فنون ساخت این ماده پرداخته‌اند. از آن‌جا که امکان دارد خوشنویسان و اهالی فن پیشین، جهت موزون‌شدن قافیه اشعار خویش یا انحصار ساخت مرکبی منحصر به‌فرد، از بیان همه جزئیات در دستورالعمل‌های ساخت مرکب اجتناب کرده باشند، در پژوهش حاضر یکی از رایج‌ترین دستورالعمل‌های ساخت مرکب (همسنگ دوده زاج است همسنگ هردو مازو / همسنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو) مدنظر قرار گرفت تا به این سوال پاسخ داده شود که دستیابی به مرکب مطلوب بر اساس دستورالعمل رایج در رساله‌های خوشنویسی تا چه حد امکان‌پذیر است؟ هدف از انجام این تحقیق که به روش تجربی - آزمایشگاهی صورت گرفته، ساخت مرکبی کاربردی است که قابلیت کتابت با قلم نی را داشته باشد. از این‌رو دو نمونه مرکب سیاه ایرانی بر اساس دستورالعمل رایج، ساخته و با چند دانگ مختلف بر روی دو نوع کاغذ گلاسه مات و دست‌ساز مورد آزمون عملی نوشتار قرار گرفتند و در نهایت مشخص شد هردو نمونه از قابلیت نوشتاری مطلوبی برخوردارند و تغییر بستر نوشتار و اندازه قلم در قابلیت نوشتاری آن‌ها خللی وارد نمی‌کند. علاوه بر این، با انجام آزمون عملی نوشتار با دانگ‌های مختلف و قلم‌های متفاوت شامل نستعلیق، شکسته‌نستعلیق، ثلث و محقق، مشخص شد که هردو نمونه، قابلیت اجرا با دانگ‌ها و قلم‌های مختلف را دارند و تغییر دانگ و قلم اگرچه در برخی موارد بر کیفیت نوشتاری نمونه‌ها اثرگذار بوده‌است اما هردو نمونه عملکرد قابل قبولی در این زمینه داشته‌اند.

پژوهش‌های ایران

دوفصلنامه علمی هنرهای صناعی ایران

سال هفتم، شماره ۲، پیاپی ۱۳

پاییز و زمستان ۱۴۰۳

۲۵

کلیدواژه‌ها:

مرکب خوشنویسی، مرکب سیاه ایرانی، ساختن مرکب، رساله‌های خوشنویسی.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته هنر اسلامی، گرایش کتابت و نگارگری نویسنده اول با عنوان مطالعه امکان ساخت مرکب سیاه ایرانی بر پایه دستورالعمل رایج در رساله‌های خوشنویسی و آزمون میزان پایداری و کشش نمونه‌های ساخته‌شده، به راهنمایی دکتر فرهاد خسروی بیژانم و دکتر محسن محمدی آچالویی در دانشگاه هنر اصفهان است.

** کارشناس ارشد هنر اسلامی، گروه هنر اسلامی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران / mohammadmoeeni@gmail.com

*** دانشیار، گروه کتابت و نگارگری، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول) / f.khosravi@aui.ac.ir

**** استادیار، گروه مرمت آثار و اشیاء فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران / M_Mohammadi912@yahoo.com

۱. مقدمه

لزوم استفاده از ابزار و موادی که سرعت و کیفیت نوشتن را بهبود بخشد، منجر به ساخت ماده‌ای به نام مرکب گردید. این ماده رفته‌رفته در جوامع مختلف با توجه به محدوده جغرافیایی و کاربرد با دستورالعمل‌ها و ترکیبات متفاوتی ساخته شد تا پاسخگوی نیازهای نوشتاری و تصویرگری جامعه مزبور باشد. در ایران نیز مرکب به‌عنوان یکی از ابزارها و مواد نوشتاری از دیرباز مورد توجه خوشنویسان بوده‌است به طوری که به باور آن‌ها استفاده از مرکب باکیفیت، چنان تأثیری بر کیفیت خط خوشنویس دارد که حتی می‌تواند ضعف‌های کاتب در اجرای کلمات را نیز بپوشاند. به همین دلیل است که خوشنویسان ایرانی همواره در تکامل و بهبود این ماده کوشیده‌اند. این موضوع در دستورالعمل‌های متنوعی که در رساله‌های خوشنویسی به آن‌ها اشاره شده کاملاً مشهود است. یکی از این دستورالعمل‌ها که نمونه‌های تحقیق پیش‌رو بر اساس آن ساخته شده‌اند، دستورالعمل «همسنگ دوده زاج است همسنگ هردو مازو / همسنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» (فراهی، ۱۳۶۱: ۶۶) است. هدف از انجام این تحقیق، ساخت مرکبی کاربردی است که قابلیت کتابت با دانگ‌های متفاوت بر روی کاغذهای مختلف را داشته باشد. از این‌رو، پژوهش حاضر در پی یافتن پاسخ این پرسش است که دستیابی به مرکب مطلوب بر اساس دستورالعمل رایج در رساله‌های خوشنویسی تا چه حد امکان‌پذیر است؟ در همین راستا دو نمونه مرکب سیاه ایرانی ساخته شدند و سپس مورد آزمون عملی نوشتار قرار گرفتند.

۲. روش پژوهش

در پژوهش پیش‌رو، ابتدا مطالعات تاریخی و روش‌های ساخت مرکب سیاه ایرانی موجود در رساله‌های خوشنویسی بررسی شده و سپس ساخت نمونه‌ها انجام شد. از این‌رو شیوه یافته‌اندوزی در پژوهش حاضر، کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی است. نمونه‌های ساخته‌شده در این پژوهش شامل دو نمونه مرکب سیاه ایرانی‌اند که بر اساس دستورالعمل رایج «همسنگ دوده زاج است همسنگ هردو مازو / همسنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» ساخته شدند و سپس مورد آزمون عملی نوشتار قرار گرفتند. به همین دلیل می‌توان گفت که این تحقیق از نظر روش، تجربی - آزمایشگاهی است. در ساخت نمونه‌های پژوهش حاضر، سه عنصر دوده، مازو و صمغ، ثابت در نظر گرفته شدند، اما از آن‌جا که در دستورالعمل رایج فقط به زاج اشاره شده و نوع آن مشخص نشده‌است برای ساخت نمونه‌های تحقیق از دو نوع زاج استفاده شد. در این راستا، پس از بررسی رساله‌های مرتبط با خوشنویسی نظیر مدادالخطوط^۱؛ آداب‌المشق؛ سوادالخط (خط و سواد)؛ جوهریه؛ کشف‌الصنایع؛ آداب‌الخط؛ رساله در بیان طریقه ساختن مرکب‌الوان و کاغذهای‌الوان؛ حلیه‌الکتاب؛ رساله درباره کاغذ، رنگ‌آمیزی، خط‌اوهل و خط‌مُشجّر؛ سروده‌های عمادالکتاب؛ صراط‌السطور و هم‌چنین گلستان هنر که علاوه بر زاج، به زاج سفید، زاج قبرسی^۲، زاج ترکی، زاج سیاه، زاج کرمانی^۳، زاج قرمز، زاج زرد، زاج ختن و زَمَه^۴ اشاره کرده‌اند، مشخص شد که سه نوع زاج یعنی زاج سفید، زاج قبرسی و زاج ترکی نسبت به انواع دیگر بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از آن‌جا که زاج ترکی و زاج قبرسی با فرمول شیمیایی $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Zekrgoo, Nel & Sloggett, 2017: 213) در واقع همان زاج سبز ($\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) هستند، بنابراین در پژوهش حاضر از دو نوع زاج شامل زاج سبز (سولفات آهن II (FeSO_4)) (ibid: 206) و زاج سفید ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) (طالب‌پور و ویسیان، ۱۳۹۳: ۳۳) جهت ساخت نمونه‌ها استفاده شد. علاوه بر این، بررسی رساله‌های خوشنویسی فوق‌نشان داد که در بیش‌تر دستورالعمل‌های ساخت مرکب، بدون اشاره به نوع دوده فقط به کلمه «دوده» اکتفا شده‌است. در این میان پرتکرارترین نوع دوده‌ای که پس از این کلمه در رساله‌های خوشنویسی به چشم می‌خورد، «دوده روغن کتان» است، به همین دلیل در ساخت نمونه‌های تحقیق پیش‌رو از این دوده استفاده شد.

۳. پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام‌شده پیشین در زمینه مرکب شامل دو بخش است. بخش اول شامل پژوهش‌های صورت‌گرفته توسط محققین ایرانی است که بیش‌تر به فن‌شناسی و آسیب‌شناسی اشاره دارند و بخش دوم که به‌طور خاص بر تحلیل انواع جوهر یا مرکب در علم پزشکی قانونی تمرکز دارد، شامل پژوهش‌های صورت‌گرفته توسط پژوهشگران غیرایرانی است. در ادامه به معرفی برخی از این پژوهش‌ها پرداخته می‌شود. فرهاد خسروی بیژنم (۱۳۸۵) در پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد «فن‌شناسی و آسیب‌شناسی مرکب‌های سنتی و ارائه راهکارهای حفاظتی آن»، با استفاده از روش میکروویکسی به آنالیز ۱۳ نمونه نسخه خطی مربوط به دوره قاجار پرداخته و چنین نتیجه‌گیری کرده‌است که در کتابت همه نمونه‌ها از دو نوع مرکب مشکی استفاده شده‌است. مرکب نوع اول عمدتاً از کربن تشکیل شده و نوع دیگر همان مرکب ایرانی با عناصر میانی و

سنگین است که دستور ساخت آن بارها در رساله‌های خوشنویسی بیان شده‌است. محمد لامعی رشتی و همکاران (۱۳۸۶) نیز در پژوهش «آنالیز عنصری چند نمونه از مرکب و کاغذ دوره قاجار با میکروسکوپ روبشی پرتون»، ۱۴ نمونه دست‌نوشته متعلق به دوره قاجار را با استفاده از روش میکروویکی آنالیز کرده و به این نتیجه مشابه رسیده‌اند که در آن دوره دو نوع مرکب مشکی جهت نوشتن استفاده شده‌است.

حمید فرهنگ بروجنی، زهرا سلطانی، و جلیل جوکار (۱۳۹۲) در مقاله «بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های مرکب و حبر از دیدگاه شیوه ساخت»، پس از ساخت یک نمونه حبر و یک نمونه مرکب بر اساس دستورالعمل‌های قدیمی، به مطالعه ویژگی‌های هر کدام پرداخته و مشخص کرده‌اند حبر و مرکب ترکیبات مشابهی از جمله زاج، مازو و صمغ عربی دارند اما از نظر ویژگی‌های ظاهری و ماندگاری با یکدیگر متفاوت هستند. همچنین فرهنگ بروجنی، عابد اصفهانی و سلطانی (۱۳۹۴) در پژوهش «مطالعه فنی و آسیب‌شناسی مرکب‌های مشکی مورد استفاده خوشنویسان امروزی»، به آسیب‌شناسی و بررسی فنی چهار نوع مرکب مشکی رایج در بازار پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که در ترکیب همه نمونه‌های مورد آزمایش به جز یک مورد، ترکیبات آلی - معدنی به کار رفته است و همچنین بست زیاد، موجب افزایش براقیت مرکب شده و آهن خصوصیت پوشانندگی مرکب را افزایش می‌دهد و علت کاهش نامناسب مرکب نیز استفاده از ذرات ناهمگن، روش نامناسب در ترکیب مواد و عمل‌آوری نادرست آن است.

زهرا سلطانی، حمید فرهنگ بروجنی، عباس عابد اصفهانی، و حسین احمدی (۱۳۹۴) در پژوهش «نقش افزودنی‌ها بر کیفیت مرکب ایرانی: مطالعه موردی حنا و نمک»، هفت نمونه مرکب سیاه ایرانی را طبق رساله‌های کهن ساخته‌اند و مقاومت آن‌ها را در برابر نور، دما و کپک‌زدگی مورد آزمایش قرار داده و ثابت کرده‌اند که حنا علاوه بر خاصیت رنگ‌دهی مانع رشد کپک در مرکب می‌شود و نمک نیز با جلوگیری از رشد کپک باعث ثبات و ماندگاری مرکب می‌گردد.

سلطانی، فرهنگ بروجنی و جوکار (۱۳۹۵) در مقاله «بررسی تطبیقی مرکب‌های خوشنویسی مورد استفاده در میان ایرانیان، عثمانی‌ها، چینی‌ها، هندیان، و اعراب»، نشان داده‌اند که در ترکیب اصلی مرکب‌های خوشنویسی آن‌ها، دو عنصر ماده رنگی (گیاهی، معدنی) و بست (صمغ، سریشم ماهی و شبیه آن) وجود دارد که باعث معلق ماندن رنگدانه شده و سبب می‌شود رنگدانه پس از نوشتن به تکیه‌گاه بچسبد. همچنین سلطانی، فرهنگ بروجنی و عابد اصفهانی (۱۳۹۵ الف) در پژوهشی با عنوان «بررسی تأثیر افزودنی عسل بر روی مرکب سنتی ایرانی»، پس از ساخت سه نمونه مرکب مشکی بر اساس رساله‌های کهن، به بررسی شیمیایی و فیزیکی نمونه‌ها از جمله پوشش، کشش و براقیت آن‌ها پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که افزودن عسل به مرکب باعث دوام و ماندگاری آن شده و از رنگ‌پریدگی و خوردگی کاغذ در طول زمان پیشگیری می‌کند. همچنین این نگارندگان (۱۳۹۵ ب)، در مقاله «بررسی تأثیر افزودنی زعفران در جلوگیری از خوردگی کاغذ به وسیله مرکب آهن-مازو»، تأثیر افزودنی زعفران بر مرکب سنتی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که اضافه کردن زعفران به مرکب آهن - مازو، سبب عدم خوردگی کاغذ در طول زمان می‌شود.

ذکرگو، نل و اسلاگت^۵ (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان «مرکب طاووسی: تحقیق در مورد مواد تشکیل‌دهنده مرکب ایرانی»، به معرفی مرکب طاووسی، و طریقه ساخت و اجزای تشکیل‌دهنده آن پرداخته و نشان داده‌اند که مواد تشکیل‌دهنده مرکب بر ثبات، رنگ، عطر و براقیت مرکب و سهولت استفاده از آن تأثیر می‌گذارد. کریجیدور^۶ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش «بررسی مرکب‌های آهن-مازو، مواد تشکیل‌دهنده و ترکیب کاغذ با استفاده از تکنیک‌های غیرمخرب»، پس از ساخت مرکب آهن-مازو، با استفاده از روش‌های غیرمخرب به تجزیه و تحلیل ویژگی‌های عنصری و ساختاری مرکب و اثر آن بر روی کاغذ پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اولین مرحله از بین رفتن کاغذ به دلیل هیدرولیز اسیدی سلولز و وجود گونه‌های فعال Fe(II) با کاهش شاخص بلورینگی کاغذ است که میزان آن بسته به دستورالعمل ساخت مرکب و مواد خام اولیه متفاوت است.

محمد حدادی (۱۳۹۸) نیز در رساله دکتری خویش با عنوان «کنترل فرایند خوردگی مرکب آهن-مازو با استفاده از آنتی اکسیدان‌های سنتزی BAH, BTH, TBHQ» به مطالعه اجزای شیمیایی مرکب آهن-مازو، علل و روش‌های برطرف کردن خوردگی پرداخته‌است. حدادی از سه آنتی اکسیدان BHA, BHT و TBHQ به صورت جداگانه و ترکیبی برای کنترل خوردگی مرکب استفاده کرده و به این نتیجه رسیده‌است که این آنتی اکسیدان‌ها باعث کاهش خوردگی ناشی از مرکب آهن-مازو می‌شوند و می‌توان از آن‌ها جهت محافظت از کاغذهایی استفاده کرد که بر روی آن‌ها با مرکب آهن-مازو نوشته می‌شود.

۴. تاریخچه مرکب

اولین کاربرد مرکب به عنوان یک ماده نوشتاری، متعلق به دوران پس از اختراع خط است (Carvalho, 1904: 2)، از این رو می توان گفت مرکب، تاریخ است به این معنا که مرکب در یک بازه زمانی پنج هزار ساله برای نوشتن تعداد زیادی خط و زبان مختلف بر روی اشیاء گوناگون به کار رفته است (Christiansen et al., 2020: 27825). بدین جهت آن چه به طور کلی تاریخ نامیده می شود، مرکبی است که با خطوط مختلف بر روی کاغذ نگارش شده است (Davids, 1860: 5). اولین آثار به دست آمده از ثبت و نگهداری اندیشه بشری توسط مرکب، در مصر باستان کشف گردیده است (Christiansen, 2017: 169-170; Mitchell & Hepworth, 1904: 1) که متعلق به ۳۲۰۰ سال پیش از میلاد مسیح است (Christiansen et al., 2020: 27825). علاوه بر این، مرکب های نوشتاری ۲۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در مصر باستان (Pines, 1931: 291) و چین به کار می رفتند (Encyclopedia Britannica, 2024).

۵. انواع مرکب سیاه

مرکب سیاه ماده ای قدیمی و ماندگار است که انسان از آن برای نگارش، ارتباط و انتقال افکار و تجربه ها، در فواصل زمانی و مکانی دور و نزدیک بهره برده است (Christiansen, 2017: 167). در اکثر منابع، مرکب های سیاه در دو دسته بندی متداول جای می گیرند، در دسته بندی اول به دو گروه مرکب های کربنی^۱ و مرکب های آهن-مازو^۲ (خسروی بیژانم، ۱۳۸۵: ۶؛ Nir-El & Broshi, 1996: 157) و در دسته بندی دوم به سه گروه مرکب های کربنی، مرکب های آهن-مازو و مرکب های ترکیبی^۳ یا مخلوط تقسیم می شوند (خسروی بیژانم، ۱۳۸۵: ۹؛ Christiansen, 2017: 169). در ادامه ویژگی هر کدام از مرکب ها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۵-۱. مرکب کربنی

از منظر تاریخی مرکب های کربنی جزء قدیمی ترین و رایج ترین مرکب ها به شمار می روند (Zekrgoo, Nel & Christiansen, 2017: 169; Sloggett, 2017: 206). استفاده از این مرکب ها در ایران از مدت ها پیش از قرن ششم هجری قمری رواج داشت (خسروی بیژانم، ۱۳۸۵: ۸). مرکب های کربنی از سوختن یا خیساندن مواد آلی نظیر چوب، برخی خاک ها، روغن و ... به دست می آیند (Christiansen, 2017: 169) و همان طور که از نامشان پیداست، برای ساخت این مرکب ها بیشترین جزء تشکیل دهنده آن ها یعنی کربن با صمغ عربی و آب ترکیب می شود تا مرکب کربنی را تشکیل دهند (خسروی بیژانم، ۱۳۸۵: ۶). مرکب های کربنی در مقابل نور از ثبات قابل قبولی برخوردار بوده (همان، Pines, 1931: 296) و در برابر عوامل شیمیایی پایداری دارند (پیشین: ۴۴؛ Botti, Mantovani & Ruggiero, 2005). به همین دلیل است که ماندگاری بالایی دارند (Davids, 1904: 51; Pines, 1931: 296). هم چنین فقدان ماده مخرب در مرکب های کربنی باعث عدم آسیب به سطحی می شود که روی آن قرار می گیرند (Botti, Mantovani & Ruggiero, 2005: 44). با این وجود دو خصوصیت مرکب های کربنی یعنی عدم نفوذ در تکیه گاه و پخش شدن آن ها بر اثر رطوبت منجر به جست و جوی مواد اولیه جدید در تولید مرکب سیاه گردید.

۵-۲. مرکب آهن-مازو

مرکب های آهن-مازو که در قرون وسطی پس از مرکب های کربنی به طور گسترده رایج شدند (ibid) در نسخ خطی دارای طیف رنگی وسیعی از قهوه ای تا سیاه هستند (Rabin, 2021: 72) و برای قرون متمادی از محبوب ترین ابزار نوشتاری به شمار می آمدند (Völkel, Prohaska & Potthast, 2020: 1). زمان دقیق استفاده از مرکب های آهن-مازو به روشنی معلوم نیست (Gettens & Stout, 1947: 122) اما دوره گذار استفاده از آن ها به تدریج از قرن دهم تا دوازدهم میلادی صورت پذیرفت (Pines, 1931: 292). برخی محققان بر این باورند که زمان استفاده از مرکب آهن-مازو به اوایل قرون وسطی برمی گردد (Gettens & Stout, 1947: 122) و گروهی دیگر خاستگاه آن را به دوران کهن در سوریه و لبنان نسبت می دهند (Pines, 1931: 292). دسته سوم اما اولین نشانه های استفاده از مرکب آهن-مازو را مربوط به قرن چهارم میلادی می دانند (Corregidor et al., 2019: 2691) و آخرین گروه چنین می پندارند که حذف کربن از مرکب های ترکیبی یا مخلوط به پیدایش مرکب های آهن-مازو انجامیده است (Botti, Mantovani & Ruggiero, 2005: 44). این مرکب ها که از ترکیب عصاره مازو با سولفات آهن II حاصل می شوند (Völkel, Prohaska & Potthast, 2020: 1) در معرض هوا اکسید شده و رنگ آن ها به سیاه تغییر می کند (Rabin, 2021: 72; Gettens & Stout, 1947: 122; Christiansen, 2017: 170). مرکب های آهن-مازو به راحتی در بافت کاغذ نفوذ کرده (خسروی بیژانم،

۱۳۸۵: ۸)، به سختی از روی آن پاک می‌شوند (Mert, 2008: 10) و در مقابل رطوبت پایداری دارند. به همین دلیل تا اوایل قرن بیستم به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Corregidor et al., 2019: 2691).

۵-۳. مرکب ترکیبی (مخلوط)

اگرچه زمان دقیق استفاده از مرکب مخلوط نیز مشخص نیست اما شواهد حاکی از آن است که استفاده از مرکب ترکیبی یا مخلوط در قرن سوم پیش از میلاد رایج بوده‌است (Christiansen, 2017: 170). مواد تشکیل‌دهنده مرکب ترکیبی، همان مواد اصلی مرکب کربنی هستند با این تفاوت که ساختار اصلی مرکب کربنی را ترکیبات کربنی تشکیل می‌دهند اما در مرکب ترکیبی علاوه بر کربن، مواد معدنی فلزی مانند سرب، مس و آهن نیز وجود دارند (ibid). از این رو مرکب‌های مخلوط را می‌توان در دو دسته متفاوت قرار داد: دسته اول که قبلاً نیز از آن نام برده شد از مخلوط کردن مرکب کربنی با آهن-مازو حاصل می‌شود و نوع دوم محتوی ترکیبات مس یا سرب و رنگدانه‌های کربنی با ترکیب شیمیایی ناشناخته است (Cohen, 2021: 44). مرکب ترکیبی همان مرکبی است که در ایران از مدت‌ها قبل به‌خصوص در دوره‌های تیموری، صفوی و قاجار مورد استفاده خوشنویسان بوده‌است (خسروی بیژانم، ۱۳۸۵: ۹) و آن را مرکب سیاه ایرانی نیز می‌گویند.

۶. مرکب سیاه ایرانی

لزوم کتابت با دانگ‌ها و قلم‌های مختلف، خوشنویسان ایرانی را بر آن داشت تا نگاه ویژه‌ای به مرکب داشته باشند و گام‌های موثری در جهت تولید مرکبی باکیفیت بردارند. اولین تاریخ استفاده از مرکب ایرانی^۱ که ایرانیان آن را با ترکیب کردن دو مرکب کربنی و مازویی ساختند (همان) مربوط به قرن چهارم هجری قمری است، زمانی که ابن مقلة فارسی، کربن را به مرکب آهن-مازوی رایج افزود (Zekrgoo, 2014: 137). امروزه نیز اهمیت استفاده از مرکب مناسب و تاثیر آن بر کیفیت خط خوشنویس امری بدیهی است. شاید به همین دلیل است که خوشنویسان مطرح ایرانی مانند سلطان‌علی مشه‌دی، باباشاه اصفهانی، مجنون رفیقی هروی و سایرین در رساله‌های خوشنویسی خود همواره بر استفاده از مرکب باکیفیت به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین ابزار خوشنویسی تأکید و دستورالعمل ساخت آن را به اشکال مختلف بیان کرده‌اند. خصوصیات و جزئیات برخی از این دستورالعمل‌ها گاه چنان است که انحصار و اعتباری ویژه را برای هنرمند خوشنویس به ارمغان می‌آورد و گاهی در ساده‌ترین شکل ممکن، فقط به بیان مقدار و مواد موردنیاز برای ساخت مرکب اشاره دارد. یکی از این دستورالعمل‌های رایج شعری حاوی دو بیت است که بارها در رساله‌های خوشنویسی مختلف بیان شده‌است. متن این دستورالعمل که اشکال مختلف نوشتاری آن در جدول (۱) گنجانده شده، بدین شرح است: «هم‌سنگ دوده زاجست، هم‌سنگ هردو مازو / هم‌سنگ هر سه صمغ است، آنگاه زور بازو» (منشی قمی، ۱۴۰۰: ۲۹۷).

جدول ۱: دستورالعمل رایج در رساله‌های خوشنویسی (نگارندگان)

ردیف	دستورالعمل رایج	نام رساله	تاریخ نگارش (هجری قمری)
۱	«هم‌سنگ دوده زاج است هم‌سنگ هردو مازو / هم‌سنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» (فراهی، ۱۳۶۱: ۶۶)	نصاب‌الصبيان	نیمه نخست سده هفتم هجری
۲	«هم سنگ دوده زاج است، هم‌سنگ هردو مازو / صمغ است مثل هر سه، و آنگاه زور بازو» (صیرفی، ۱۳۹۸: ۱۶)	آداب خط	۷۱۶-۷۰۲ ه.ق (مایل هروی، ۱۳۹۸: ۴۴)
۳	«هم‌سنگ دوده زاگ است، هم‌سنگ هر دو مازو / هم‌سنگ هر سه صمغست آنگاه زور بازو» (سیمي نیشابوری، ۱۳۹۵: ۲۷۹)	جوهریه	۸۳۷ ه.ق (قلیچ‌خانی، ۱۳۹۵: ۴۴)
۴	«هم‌سنگ دوده زاگ است، هم‌سنگ هردو مازو / هم‌سنگ هر سه صمغست، آنگاه زور بازو» (درباره کاغذ، رنگ‌آمیزی، خط اوهل و خط مشجّر، ۱۳۹۵: ۴۱۷) «هم‌سنگ دوده زاگ است هم‌سنگ هردو مازو / هم‌سنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» (در بیان کاغذ، مرکب و حلّ الوان، ۱۳۹۸: ۷۹)	درباره کاغذ، رنگ‌آمیزی، خط اوهل و خط مشجّر؛ در بیان کاغذ، مرکب و حلّ الوان	نیمه اول یا نیمه دوم قرن نهم هجری قمری (مایل هروی، ۱۳۹۸: ۴۴ و شش)

ردیف	دستورالعمل رایج	نام رساله	تاریخ نگارش (هجری قمری)
۵	«هم سنگ دوده زاج است، هم وزن هردومازو / هم وزن هرسه صمغ است و آنگاه زور بازو» (در بیان خط و مرکب و کاغذ و ساختن رنگها، ۱۳۹۸: ۶۶۰)	در بیان خط و مرکب و کاغذ و ساختن رنگها	دوره‌های تیموری و صفوی (مایل هروی، ۱۳۹۸: نود و هشت)
۶	«همسنگ دوده زاگست، همسنگ هر دو مازو / همسنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» (رفیقی هروی، ۱۳۹۵: ۲۵۹) «همسنگ دوده زاج است همسنگ هردو مازو / همسنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» (رفیقی هروی، ۱۳۹۸: ۲۲۷)	سواد الخطا: خط و سواد	نیمه نخست قرن دهم هجری قمری (مایل هروی، ۱۳۹۸: هفتاد و یک)
۷	«همسنگ دوده زاج است هم وزن هر دو مازو / همسنگ هر سه صمغ است و آنگاه زور بازو» (هروی، ۱۳۹۵: ۹؛ ۱۳۹۸: ۱۱۲؛ ۱۳۹۹: ۳۷۱)	مداد الخطوط	سده دهم هجری قمری (مایل هروی، ۱۳۹۸: پنجاه و پنج)
۸	«همسنگ دوده زاک است / همسنگ هر دو مازو / همسنگ هر سه صمغست / و آنگاه زور بازو» (بخاری، ۱۳۹۵: ۳۱۵؛ ۱۳۹۸: ۴۴۴)	فوائد الخطوط: فوائد الخطوط	۹۵۵ ه.ق (مایل هروی، ۱۳۹۸: نود و سه)
۹	«همسنگ دوده زاجست، همسنگ هردو مازو / همسنگ هر سه صمغ است، آنگاه زور بازو» (منشی قمی، ۱۴۰۰: ۲۹۷)	گلستان هنر	اواخر قرن دهم هجری قمری (قلیچ‌خانی، ۱۳۹۵: هجده)
۱۰	«همسنگ دوده زاج است / همسنگ هر دو مازو / همسنگ هر سه صمغ است / آنگاه زور بازو» (در بیان طریقه ساختن مرکب الوان و کاغذهای الوان، ۱۳۹۸: ۶۲۲)	در بیان طریقه ساختن مرکب الوان و کاغذهای الوان	دوره صفوی یا پس از آن (مایل هروی، ۱۳۹۸: نود و شش)
۱۱	«همسنگ دوده زاج است / هم وزن هر دو مازو / همسنگ هر سه صمغ است / آنگاه زور بازو» (حسینی، ۱۳۹۸: ۶۷۷)	مرکب‌سازی و جلدسازی ^{۱۱}	دوره قاجار (مایل هروی، ۱۳۹۸: نود و نه)
۱۲	«همسنگ دوده زاج است هموزن هر دو مازو / همسنگ هر سه صمغ است آنگاه زور بازو» (شیرازی، ۱۳۹۵: ۲۹۶)	کشف الصنایع	دوره قاجار

۷. شرایط، کیفیت تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه

در پژوهش حاضر برای تهیه دو نمونه مرکب سیاه ایرانی، از چهار ماده اصلی دوده، زاج (سفید و سبز)، مازو و صمغ عربی که به راحتی قابل دسترسی در بازار هستند استفاده گردید که در ادامه شرایط و کیفیت تهیه هر کدام به اختصار توضیح داده می‌شود.

۷-۱. دوده

برای تهیه دوده ابتدا ۱۰ کیلوگرم دانه کتان قرمز از عطاری خریداری شد و پس از آن به روش پرس سرد، روغن آن استخراج گردید. روغن به‌دست آمده در چند کاسه مسی بدون لعاب با قطر دهانه هر کدام ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد و درون آن فتیله‌ای که از قبل با نخ پنبه بافته شده بود قرار گرفت. پس از پانزده دقیقه هنگامی که فتیله، روغن را به‌طور کامل جذب کرده بود، روشن شد و کاسه مسی دیگری با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر، بر بالای آن به‌صورت معکوس و با فاصله‌ای مناسب به‌شکلی قرار داده شد که دوده حاصل از سوختن فتیله به خوبی در آن جمع گردد (تصویر ۱).

پس از جمع‌آوری دوده، از تتراکلرید کربن جهت چربی‌زدایی استفاده گردید. بدین منظور مقدار ۱۰۰ سی‌سی تتراکلرید کربن به ۴۰ گرم دوده اضافه و به مدت ۱۶۸ ساعت کنار گذاشته شد. در نهایت مخلوط تتراکلرید کربن و دوده از کاغذ صافی واتمن^{۱۲} عبور داده شد (تصویر ۲) و سپس دوده به مدت ۶۰ دقیقه در آون ISUZU ساخت شرکت OGAWA SEIKI مدل EEZ14-S در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد

تا کاملاً خشک گردد. پس از این مرحله، دوده خارج شده از آون ابتدا با هاون سرامیکی کوبیده و سپس با مش ۱۰۰ الک شد تا یکدست شود. سرانجام برای ساخت هر نمونه مرکب، مقدار ۱۵ گرم دوده با ترازوی دیجیتال ژاپنی AND با دقت ۰.۰۰۱ در آزمایشگاه مرمت دانشگاه هنر اصفهان وزن شد و جهت ترکیب با مواد دیگری مانند زاج آماده گردید.



تصویر ۲: صاف کردن مخلوط دوده و تتراکلرید کربن (نگارندگان)



تصویر ۱: گرفتن دوده کتان به روش سنتی (نگارندگان)

۷-۲. زاج

همان طور که گفته شد برای تهیه زاج از دو نمونه زاج سبز و زاج سفید استفاده گردید که در رساله های خوشنویسی بیش تر توصیه شده بودند و امروزه نیز به وفور در بازار یافت می شوند (تصویر ۳). بدین منظور پس از تهیه نمونه زاج های مورد نظر جهت صحت سنجی از هر کدام به صورت جداگانه با دستگاه Nicolet 470 ساخت شرکت Thermo Nicolet آمریکا آزمایش FTIR به عمل آمد. طیف های FTIR حاصل ۳۲ پیمایش با تفکیک پذیری 4 cm^{-1} هستند و همراه با ابزار ثبت طیف انعکاسی ATR متصل به نرم افزار OMNIC صورت گرفتند.



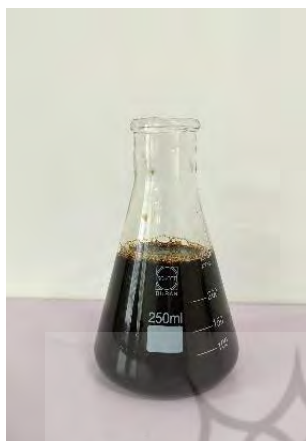
تصویر ۳: نمونه زاج سفید و زاج سبز استفاده شده در ساخت نمونه ها (نگارندگان)

پس از تهیه زاج، مقدار ۳۰ گرم از هر کدام از زاج های سبز و سفید با ترازوی دیجیتال وزن شد و به این علت که در برخی رساله های خوشنویسی این نکته بیان شده بود که زاج سفید حرارت داده شود (هروی، ۱۳۹۵: ۱۱؛ ۱۳۹۸: ۱۱۵؛ ۱۳۹۹: ۳۷۲) این زاج پس از کوبیدن در هاون برنجی و عبور از مش ۸۰ به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد آون قرار گرفت تا آماده ترکیب با مواد دیگری چون مازو گردد.

۷-۳. مازو

از آن جا که در بیش تر دستورالعمل های ساخت مرکب فارسی به استفاده از مازوی سبز بی سوراخ (تصویر ۴) توصیه شده است (حلیه الکتاب، ۱۳۹۸: ۶۱۶؛ رفیقی هروی، ۱۳۹۵: ۲۵۹-۲۶۰؛ ۱۳۹۸: ۲۲۸؛ هروی، ۱۳۹۹: ۳۷۲)، نیم کیلوگرم مازوی سبز بدون سوراخ از عطاری فارابی در فردوس

تهیه و با هاون برنجی، خوب کوبیده شد. در مرحله بعد برای ساخت هر کدام از نمونه‌ها، ۶۰ گرم مازوی خردشده با ترازوی دیجیتال وزن شد و به آن مقدار مشخصی آب مقطر ولرم که دمای آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود اضافه گردید و برای ۱۶۸ ساعت کنار گذاشته شد تا عصاره مازو به دست آید (تصویر ۵). در این مدت، پرده تشکیل شده بر روی مخلوط مازو و آب به‌طور مرتب و به‌صورت روزانه گرفته می‌شد. میزان آب افزوده‌شده به مازو در دستورالعمل‌های مختلف متفاوت است اما در این تحقیق با توجه به وزن مازو (۳۰ گرم برای هر نمونه) مقدار ده برابر آب (حسینی، ۱۳۹۸: ۶۷۸) به آن اضافه شد. پس از تهیه عصاره مازو، آماده‌سازی صمغ عربی به‌عنوان چهارمین عنصر مورد استفاده در ساخت نمونه‌های تحقیق، انجام پذیرفت.



تصویر ۵: عصاره مازو (نگارندگان)



تصویر ۴: مازوی سبز بدون سوراخ (نگارندگان)

۷-۴. صمغ عربی

برای تهیه صمغ عربی (تصویر ۶) ابتدا از چند عطاری مختلف در اصفهان مقدار پنج نمونه صمغ عربی خریداری شد و از هر کدام جداگانه آزمایش FTIR به عمل آمد تا بهترین نمونه پس از مقایسه جداگانه طیف‌های FTIR با نمونه شاخص انتخاب گردد. پس از انتخاب صمغ مناسب، یک کیلوگرم از نمونه صمغ انتخابی خریداری و مقداری از آن در هاون برنجی کوبیده شد. پس از آن برای ساخت هر نمونه مرکب، مقدار ۶۰ گرم صمغ کوبیده با ترازوی دیجیتال وزن شد و به میزان یک به یک آب مقطر به آن اضافه گردید و به مدت ۱۶۸ ساعت کنار گذاشته شد تا صمغ به خوبی در آب حل گردد. «صمغ در آب ریز پاک ز خاک / تا چو ماء العسل گدازد پاک» (بخاری، ۱۳۹۵: ۳۱۵؛ ۱۳۹۸: ۴۴۴؛ مشهدی، ۱۳۹۵: ۲۱؛ ۱۳۹۸: ۸۹) در بیان خط و مرکب و کاغذ و ساختن رنگها، ۱۳۹۸: ۶۵۲). در انتها محلول صمغ و آب مقطر با توری پارچه‌ای صاف شد و برای اضافه کردن به مواد دیگر آماده گردید.



تصویر ۶: صمغ عربی (نگارندگان)

۸. آماده‌سازی و ساخت نمونه‌ها

در این تحقیق دو نمونه مرکب سیاه ایرانی (L1 و L2) بر اساس دستورالعمل رایج در رساله‌های خوشنویسی که قبلاً به آن اشاره شد، ساخته شدند. برای این منظور از دوده، زاج سفید ($Al_2(SO_4)_3$) و زاج سبز (سولفات آهن II ($FeSO_4$)), عصارهٔ مازو و صمغ عربی که شرایط تهیه هر کدام قبلاً توضیح داده شد، استفاده گردید (تصویر ۷).



تصویر ۷: دستورالعمل تصویری ساخت نمونه‌ها (نگارندگان)

روند ساخت هر کدام از نمونه‌های مرکب با ترکیب ۱۵ گرم دودهٔ کتان و محلول صمغ عربی و آب انجام پذیرفت که در آن آب مقطر به‌صورت یک به یک به صمغ عربی اضافه شده بود. پس از آن به مخلوط دوده و صمغ عربی، محلول زاج و عصارهٔ مازو اضافه گردید و توسط همزن Overhead Stirrer مدل MSM-1 ساخت کرهٔ جنوبی به مدت ۲۴۰ دقیقه به‌خوبی هم خورد تا محصول نهایی یعنی دو نمونه مرکب به‌دست آید. مقدار زاج برای هر کدام از نمونه‌ها ۱۵ گرم بود و عصارهٔ مازو از ۳۰ گرم مازوی خرد شده چنان که قبلاً توضیح داده شد، به‌دست آمد. این مقادیر کاملاً مطابق با دستورالعمل رایج نسبت به یکدیگر سنجیده شده و سپس با یکدیگر ترکیب شدند. مقدار و نام هریک از مواد در جدول (۲) ارائه شده‌است.

جدول ۲: مقادیر و مواد تشکیل‌دهندهٔ هر نمونه (نگارندگان)

ردیف	نمونه	مقادیر و مواد تشکیل‌دهندهٔ هر نمونه به گرم				ترکیب نهایی هر نمونه
		دودهٔ روغن کتان	زاج سفید	زاج سبز	مازو	صمغ عربی
۱	L1	۱۵	۱۵	-	۳۰	۶۰
۲	L2	۱۵	-	۱۵	۳۰	۶۰

مجله علمی هنرهای صناعی ایران

دوفصلنامه علمی هنرهای صناعی ایران

سال هفتم، شماره ۲، پیاپی ۱۳

پاییز و زمستان ۱۴۰۳

۹. آزمون عملی نوشتار با نمونه‌ها

برای سنجش کیفیت نوشتاری هر کدام از نمونه‌ها، دو نمونه مرکب ساخته‌شده L1 و L2 تحت آزمون عملی نوشتار قرار گرفتند. این آزمون با انجام مصاحبهٔ ساختاریافته از شش نفر از اساتید برجستهٔ خوشنویسی صورت پذیرفت. انتخاب اساتید با توجه به پیشینهٔ هنری و توانایی هر استاد در کتابت قلم‌های مختلف صورت گرفت. بدین منظور مقدار ۱۰ گرم از هر کدام از دو نمونه L1 و L2 در دواتی حاوی ۳ گرم لایقهٔ ابریشمی جوشانده‌شده، ریخته شد و به هردو دوات به یک میزان آب اضافه گردید. در ادامه از هر کدام از اساتید خوشنویسی خواسته شد تا ابتدا مرکب را با توجه به دانگ قلم انتخابی خود تنظیم و با هر کدام از نمونه‌های L1 و L2 به‌صورت جداگانه کتابت کنند و پس از اتمام خوشنویسی به سوالات موردنظر که در جدول (۳) قابل مشاهده هستند، پاسخ دهند. در این آزمون از دو نوع کاغذ گلاس مات و دست‌ساز استفاده گردید.

جدول ۳: پرسشنامه آزمون عملی (نگارندگان)

ردیف	نام و نام خانوادگی استاد	پیشینه هنری	نوع قلم	نمونه		نوع کاغذ		دانگ قلم مورد استفاده			
				L2	L1	گلاس		دست‌ساز	نقشه	مشقی (متوسط)	خیفی
						چ	برق				
پرسش											
پاسخ											
			</								

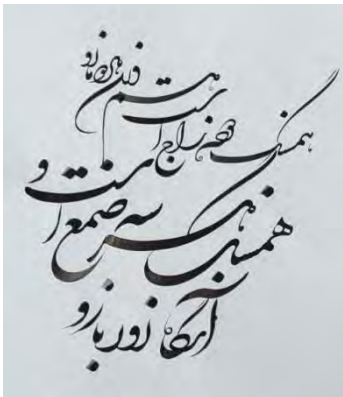
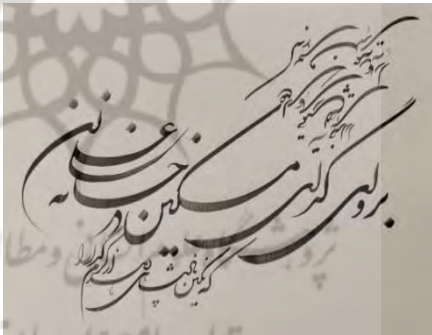
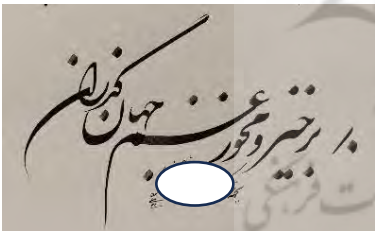
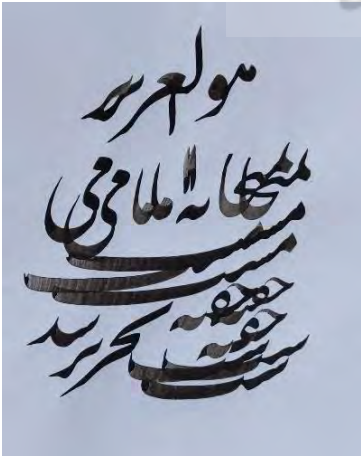
۱۰. نتایج آزمون عملی نوشتار با نمونه‌ها

پس از انجام آزمون عملی نوشتار، بازخورد هریک از اساتید خوشنویس در مورد چگونگی کیفیت مرکب از ابعاد مختلف در جدول (۴) ثبت شد که در ادامه قابل مشاهده است. علاوه بر این، قطعات کتابت شده توسط اساتید خوشنویس با دو نمونه مرکب L1 و L2 در جدول (۵) قرار گرفته‌اند. باید توجه نمود که برای درج پاسخ سوالات جدول (۴) از حروف اختصاری استفاده شده است: بسیار خوب = A، خوب = B، متوسط = C، کم = D و خیلی کم = E در نظر گرفته شدند.

جدول ۴: نتایج ثبت شده در آزمون عملی نوشتار (نگارندگان)

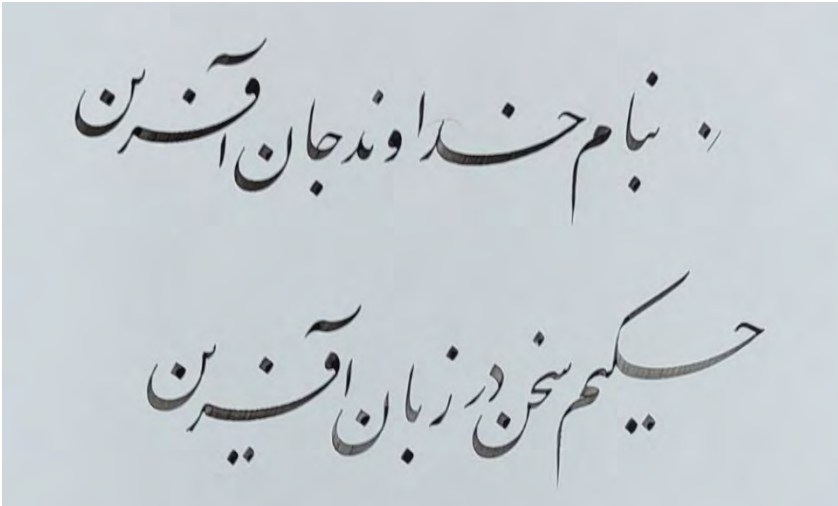
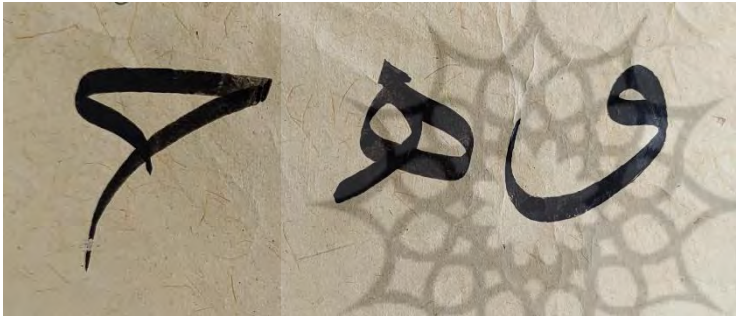
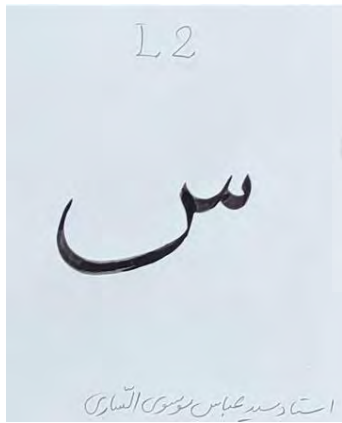
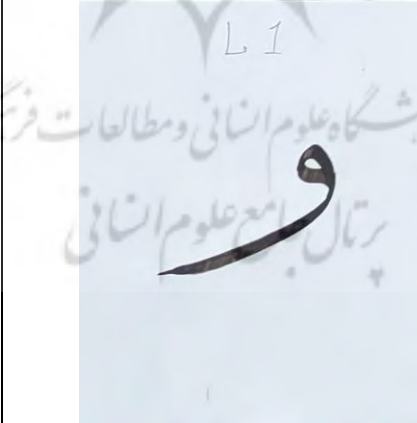
ردیف	نام استاد	درجه هنری	ملیت	نوع قلم	نام نمونه		نوع کاغذ		دایگ قلم		
					L1	L2	گلاس مات	دست ساز	جلی	مشقی (متوسط)	خفی
۱	علی اکبر رضوانی	استادی	ایرانی	شکسته نستعلیق	*	-	*	-	Δmm	-	-
					-	*	*	-	Δmm	-	-
۲	محسن عبادی	استادی	ایرانی	ثلث	*	-	-	*	-	۳/۵ mm	-
					-	*	-	*	-	۳/۵ mm	-
۳	مهدی اسماعیلی مود	استادی	ایرانی	شکسته نستعلیق	*	-	*	-	Δmm	-	۳mm
					-	*	*	-	Δmm	-	-
۴	محسن توسلی	استادی	ایرانی	نستعلیق	-	-	*	-	۱۰ mm	-	-
					-	-	*	-	۱۰ mm	-	-
۵	احسان احمدی	استادی	ایرانی	نستعلیق	*	-	*	-	-	-	۳ mm
					-	*	*	-	-	-	۳ mm
۶	سید عباس موسوی السّاری	استادی	بحرینی	محقق	*	-	*	-	-	۳/۵ mm	-
					-	*	*	-	-	۳/۵ mm	-

جدول ۵: آثار کتابت‌شده با مرکب‌های L1 و L2 توسط اساتید خوشنویس (نگارندگان)

ردیف	نام استاد	نمونه خط
۱	علی اکبر رضوانی	 
۲	مهدی اسماعیلی مود	 
۳	محسن توسلی	 

صناعات
بهره‌های ایرا

امکان‌سنجی ساخت مرکب
سیاه بر اساس دستورالعمل
رایج در رساله‌های
خوشنویسی... سیدمحمد
معینی و همکاران، ۳۶:۲۵

	۴ احسان احمدی	
	۵ محسن عبادی	
		۶ سید عباس موسوی الشاری

۱۱. نتیجه گیری

پژوهش انجام شده به منظور امکان سنجی ساخت مرکبی کاربردی صورت گرفت که دارای قابلیت نوشتاری باشد. بدین منظور از چهار عنصر دوده، مازو، صمغ و زاج در ساخت نمونه‌ها استفاده گردید. در رساله‌های خوشنویسی از دوده کتان نسبت به سایر دوده‌ها بیش‌تر نام برده بودند. سه عنصر دوده، مازو و صمغ عربی برای هردو نمونه ثابت در نظر گرفته شدند، اما در مورد عنصر چهارم یعنی زاج به دلیل این‌که نوع آن هم در دستورالعمل رایج مشخص نشده بود از دو نوع زاج پرتکرار مورد اشاره در رساله‌های خوشنویسی یعنی زاج سبز (سولفات آهن II (FeSO₄)) و زاج

سفید $(Al_2(SO_4)_3)$ در ترکیب نمونه‌ها استفاده شد تا به صورت عملی مورد آزمون نوشتاری قرار گیرند. در این راستا نتایج حاصله نشان می‌دهد که نمونه‌های ساخته شده L1 و L2 از قابلیت نوشتاری با قلم نی برخوردارند. همچنین نتایج آزمون عملی نوشتار با نمونه‌ها بیانگر این است که کتابت با هر دو نمونه L1 و L2 بر روی دو بستر کاغذ گلاسه و دست‌ساز امکان‌پذیر است و تغییر بستر، خللی در نوشتار کاتب ایجاد نمی‌کند. علاوه بر این با انجام آزمون عملی نوشتار با دانگ‌های مختلف از ۳mm تا ۱۰mm و قلم‌های متفاوت شامل نستعلیق، شکسته نستعلیق، ثلث و محقق مشخص شد که هر دو نمونه L1 و L2 قابلیت اجرا با دانگ‌ها و قلم‌های مختلف را دارند و تغییر دانگ و قلم اگرچه در برخی موارد بر کیفیت نوشتاری نمونه‌ها اثرگذار بوده است اما هر دو نمونه عملکرد قابل قبولی در این زمینه داشته‌اند. همچنین نتایج آزمون عملی نوشتار نشان می‌دهد که کیفیت مرکب‌برداری و مرکب‌گذاری نمونه L1 که در دستور ساخت آن زاج سفید استفاده شده نسبت به نمونه L2 که در ساخت آن زاج سبز به کار رفته، بهتر است اما از کشش کم‌تری نسبت به نمونه L2 برخوردار است. البته باید به این نکته توجه نمود که نتایج آزمون کشش مرکب در این تحقیق از طریق کتابت عملی و انجام مصاحبه ساختار یافته با اساتید مربوطه صورت گرفته است و بررسی دقیق‌تر آن نیازمند انجام آزمایش‌های دیگری است که از حوصله این تحقیق خارج است. علاوه بر این نتایج آزمون نشان می‌دهد که از نظر ظاهری، تیرگی نمونه L1 نسبت به L2 یکدست‌تر است و در اجرای شماره‌ها و ارسال‌ها نیز این نمونه از کیفیت مطلوب‌تری نسبت به L2 برخوردار است.

سپاسگزاری

نگارندگان از تمامی عزیزان و اساتید گرانقدری که در به ثمر رسیدن این تحقیق و شرکت در آزمون عملی نوشتار با نمونه‌ها قبول زحمت فرمودند به ویژه استاد علی اکبر رضوانی، استاد محسن عبادی، استاد مهدی اسماعیلی مود، استاد محسن توسلی، استاد احسان احمدی و استاد سید عباس موسوی السّاری سپاسگزارند. همچنین از همکاری صمیمانه ریاست و پرسنل محترم دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان سپاسگزاری می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

۱. رساله «مداد الخطوط» در واقع همان رساله «خط و سواد» مجنون رفیقی هروی است که با تحریف و جعل به نام میرعلی هروی تغییر یافته است (قلیچ‌خانی، ۱۴۰۱: ۸۱).
 ۲. «نام بهترین انواع زاج سبز است» (دهخدا، ۱۳۷۷: ۱۲۵۱۹).
 ۳. از جنس زاج قبرسی است (همان).
 ۴. زَمّه، سنگی شبیه به زاج سفید است که در خراسان جنوبی از آن به عنوان دندان در رنگ‌ریزی سنتی استفاده می‌شود (خسروی بیژان، ۱۳۸۵: ۱۵).
- سلطان‌علی مشهدی در رساله منظوم خود صراط‌السطور، زَمّه را به جای زاج توصیه کرده است: «زَمّه از زاج بهتر است بسی / وین ندانسته جز فقیر کسی / در سیاهی بود ز زاج ضرر / عوض زاج بس زَمّه بهتر» (مشهدی، ۱۳۹۸: ۹۰).

5. Zekrgoo, Nel & Sloggett

6. Corregidor

7. Carbon Ink

8. Iron Gall Ink

9. Mixed Ink

10. Persian Ink

۱۱. بخش مربوط به کتابت در رساله کشف‌الصنایع از میرزا محمد شیرازی و رساله مرکب‌سازی و جلدسازی از علی حسینی در واقع یک رساله‌اند که با عناوین مجزا و نویسندگان متفاوت در دو کتاب رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته، و کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی به چاپ رسیده‌اند (خسروی بیژان، ۱۳۸۵: ۲۷).

12. Whatman

صناعات
بهره‌های ایران

امکان‌سنجی ساخت مرکب
سیاه بر اساس دستورالعمل
رایج در رساله‌های
خوشنویسی... سیدمحمد
معینی و همکاران، ۴۶:۲۵

منابع

- بخاری، درویش محمد. (۱۳۹۵). فوائد الخطوط. در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۳۰۵-۳۹۸). چاپ دوم. تهران: روزنه.
- بخاری، محمد. (۱۳۹۸). فوائد الخطوط. در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۴۳۱-۵۵۷). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- حدادی، محمد. (۱۳۹۸). کنترل فرایند خوردگی مرکب آهن-مازو با استفاده از آنتی اکسیدان‌های سنتزی BAH, BTH, TBHQ (رساله دکتری منتشرنشده). دانشکده حفاظت و مرمت دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
- حسینی، علی. (۱۳۹۸). مرکب‌سازی و جلدسازی. در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۶۷۵-۶۹۵). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- حلیه الکتاب. (۱۳۹۸). در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۶۰۹-۶۱۷). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- خسروی بیژان، فرهاد. (۱۳۸۵). فن‌شناسی و آسیب‌شناسی مرکب‌های سنتی و ارائه راهکارهای حفاظتی آن (پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشرنشده). دانشکده حفاظت و مرمت دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
- در بیان خط و مرکب و کاغذ و ساختن رنگها. (۱۳۹۸). در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۶۴۹-۶۶۳). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- در بیان طریقه ساختن مرکب الوان و کاغذهای الوان. (۱۳۹۸). در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۶۱۹-۶۲۸). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- در بیان کاغذ، مرکب و حل الوان. (۱۳۹۸). در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۶۵-۸۰). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- درباره کاغذ، رنگ آمیزی، خط اَوَهَل و خط مُشَجَّر. (۱۳۹۵). در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۴۰۷-۴۱۸). چاپ دوم. تهران: روزنه.
- دهخدا، علی اکبر (۱۳۷۷). لغت‌نامه دهخدا (ج ۸) (چاپ دوم). تهران: موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- رفیعی هروی، مجنون. (۱۳۹۵). خط و سواد. در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۲۵۱-۲۶۹). چاپ دوم. تهران: روزنه.
- (۱۳۹۸). سواد الخط. در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۲۱۷-۲۴۵). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.
- سلطانی، زهرا، فرهنگ بروجنی، حمید، عابد اصفهانی، عباس، و احمدی، حسین. (۱۳۹۴). نقش افزودنی‌ها بر کیفیت مرکب ایرانی: مطالعه موردی حنا و نمک. گنجینه اسناد، ۲۵ (۳)، ۱۲۸-۱۴۸.
- سلطانی، زهرا، فرهنگ بروجنی، حمید، و جوکار، جلیل. (۱۳۹۵). بررسی تطبیقی مرکب‌های خوشنویسی مورد استفاده در میان ایرانیان، عثمانی‌ها، چینی‌ها، هندیان و اعراب. گنجینه اسناد، ۲۶ (۱)، ۱۲۴-۱۳۸.
- سلطانی، زهرا، فرهنگ بروجنی، حمید، و عابد اصفهانی، عباس. (۱۳۹۵ الف). بررسی تاثیر افزودنی عسل بر روی مرکب ایرانی. علوم فن‌آوری رنگ، ۱۰ (۱)، ۴۳-۵۴.
- (۱۳۹۵ ب). بررسی تاثیر افزودنی زعفران در جلوگیری از خوردگی کاغذ به وسیله مرکب آهن-مازو. پژوهش‌های زعفران، ۴ (۱)، ۷۸-۷۸.
- Doi: 10.22077/jsr.2016.395.۱۰۲
- سیمی نیشابوری. (۱۳۹۵). جوهریه. در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۲۷۱-۲۹۲). چاپ دوم. تهران: روزنه.

شیرازی، میرزا محمد. (۱۳۹۵). فصلی از کتاب کشف الصنایع. در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۳۰۳-۲۹۳). چاپ دوم. تهران: روزنه.

صیرفی، عبدالله. (۱۳۹۸). آداب خط. در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۱۱-۳۶). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.

طالب‌پور، فریده، و ویسیان، محمد. (۱۳۹۳). رنگریزی نخ خامه پشمی با گل زعفران، بررسی تاثیر دندانه و اسید. گلجام، شماره ۲۵، ۲۹-۴۶. فراهی، ابونصر. (۱۳۶۱). نصاب الصبیان. چاپ سوم. تهران: اشرافی.

فرهمنند بروجنی، حمید، سلطانی، زهرا، و جوکار، جلیل. (۱۳۹۲). بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های مرکب و حبر از دیدگاه شیوه ساخت. هنرهای سنتی اسلامی، ۱(۲)، ۹۱-۱۱۲.

فرهمنند بروجنی، حمید، عابد اصفهانی، عباس، و سلطانی، زهرا. (۱۳۹۴). مطالعه فنی و آسیب‌شناسی مرکب‌های مشکی مورد استفاده‌ی خوشنویسان امروزی. مرمت و معماری ایران، شماره ۹، ۱۰۳-۱۱۹.

قلیچ‌خانی، حمیدرضا. (۱۳۹۵). رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته. چاپ دوم. تهران: روزنه.

----- (۱۴۰۱). بررسی اصالت رساله مداد الخطوط منسوب به میرعلی هروی در مقایسه با رساله خط و سواد از مجنون رفیقی. پژوهش هنر، شماره ۲۳، ۷۳-۸۲.

لامعی‌رشتی، محمد، آقاعلی‌گل، داوود، خسروی، فرهاد، اولیائی، پروین، باقی‌زاده، علی، و شکوهی، فرح. (۱۳۸۶). آنالیز عنصری چند نمونه از مرکب و کاغذ دوره قاجار با میکروسکوپ روبشی پروتون. نامه بهارستان، ۱(۱)، ۲۶۱-۲۶۴.

مایل‌هروی، نجیب. (۱۳۹۸). کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.

مشهدی، سلطانعلی. (۱۳۹۵). صراط‌السطور. در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۱۵-۳۰). چاپ دوم. تهران: روزنه.

----- (۱۳۹۸). صراط‌السطور. در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۸۱-۱۰۰). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.

منشی‌قمی، میراحمد بن حسین. (۱۴۰۰). گلستان هنر. تهران: فرهنگستان هنر.

هروی، میرعلی. (۱۳۹۵). مداد الخطوط. در حمیدرضا قلیچ‌خانی، رسالاتی در خوشنویسی و هنرهای وابسته (صص. ۱-۱۴). چاپ دوم. تهران: روزنه.

----- (۱۳۹۸). مداد الخطوط. در نجیب مایل‌هروی، کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (ج. ۱) (صص. ۱۰۱-۱۱۹). چاپ سوم. مشهد: آستان قدس رضوی.

----- (۱۳۹۹). مداد الخطوط. در حبیب‌الله فضائلی، تعلیم خط (صص. ۳۷۰-۳۷۳). چاپ پانزدهم. تهران: سروش.

Botti, L., Mantovani, O. & Ruggiero, D. (2005). Calcium Phytate in the Treatment of Corrosion Caused by Iron Gall Inks: Effects on Paper. *Restaurator- international Journal for The Preservation of Library and Archival Material*, 26 (1), 44-62. Doi:10.1515/REST.2005.44.

Carvalho, D. N. (1904). *Forty Centuries of Ink: Or a Chronological Narrative Concerning Ink and Its Backgrounds*. New York: The Banks law Publishing Co.

Christiansen, T. (2017). Manufacture of Black ink in the Ancient Mediterranean. *The Bulletin of the American Society of Papyrologists*, No. 54, 167-195. Doi: 10.2143/BASP. 54.0.3239877

Christiansen, T., Cotte, M., de Nolf, W., Mouro, E., Reyes-Herrera, J., de Meyer, S., Vanmeert, F., Salvadó, N., Gonzalez, V., Lindelof, P. E., Mortensen, K., Ryholt, K., Janssens, K., & Larsen, S. (2020). Insights into the composition of ancient Egyptian red and black inks on papyri achieved by synchrotron-based microanalyses. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences of the United States of America*, 117 (45), 27825-27835. Doi: 10.1073/pnas.2004534117
- Cohen, Z. (2021). "Chapter 2 Writing Materials". In *Composition Analysis of Writing Materials in Cairo Genizah Documents* (pp. 36-52). Leiden, The Netherlands: Brill.
- Corregidor, V., Viegas, R., Ferreira, L. M., & Alves, L. C. (2019). Study of Iron Gall Inks, Ingredients and Paper Composition Using Non-Destructive Techniques. *Heritage*, 2 (4), 2691-2703. Doi: 10.3390/heritage2040166
- Davids, T. (1860). *The History of Ink, Including Its Etymology, Chemistry and bibliography*. New York: Francis Hart & Co.
- Encyclopedia Britannica. (2024, February 5). *ink*. Retrived from <https://www.britannica.com/topic/ink-writing-medium>
- Gettens, R. J., & Stout, G. L. (1947). *Painting materials: a short encyclopedia*. New York: D. Van Nostrand Company, Inc. Forth printing. Retrieved from <https://archive.org/details/PaintingMaterial/mode/2up>.
- Mert, E. (2008). A comparative study on chemical characterization of different ink ingredients used in ancient ornamented manuscripts (Unpublished Master of science thesis). Faculty of Arts and Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Mitchell, C. A., & Hepworth, T. C. (1904). *Inks their composition and manufacture: Including methods of examination and full list of English patents*. London: Charles Griffin & Company, LTD.
- Nir-El, Y. & Broshi, M. (1996). The Black Ink of the Qumran Scrolls. *Dead Sea Discoveries*, 3 (2), 157-167.
- Pines, C. C. (1931). The Story of Ink. *The American Journal of Police Science*, 2 (4), 290-301.
- Rabin, I. (2021). "Chapter 4 Material Studies of Historic Inks: Transition from Carbon to Iron-Gall Inks". In *Traces of Ink* (pp. 70-78). Leiden, The Netherlands: Brill. Doi: 10.1163/9789004444805_006
- Völkel, L., Prohaska, T. & Potthast, A. (2020). Combining phytate and nanocellulose stabilization for mitigating iron gall ink damage in historic papers. *Heritage Science*, No. 86, 1-15. Doi: 10.1186/s40494-020-00428-6
- Zekrgoo, S. (2014). Methods of Creating, Testing and Identifying Traditional Black Persian Inks. *Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*, 35 (2), 133 - 158 . Doi: 10.1515/rest-2014-1001
- Zekrgoo, S., Nel, P. & Sloggett, R. (2017). Peacock Ink: Investigation into the Constituents of the Most Prized Ink of Persia. *Restaurator-International Journal for the preservation of Library and Archival Material*, 38 (2), 205-233. Doi:10.1515/rest-2016-0033

The Feasibility of Making the Black Ink Based on the Common Instructions in Persian Calligraphy Treatises and the Practical Writing Test with Samples

Seyyed Mohammad Moeini

M.A. in Islamic Art, Department of Islamic Art, Art University of Isfahan, Iran/
mohammadmoeeni@gmail.com

Farhad Khosravi Bizhaem

Associate Professor, Department of Calligraphy and Persian Painting, Art University of Isfahan, Iran
(Corresponding Author) / f.khosravi@aui.ac.ir

Mohsen Mohammadi Achachlouyi

Assistant Professor, Department of Conservation and Restoration of Cultural Heritage, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran/ m_mohammadi912@yahoo.com

Received: 29/11/2024

Accepted: 25/02/2025

Introduction

The necessity of using tools and materials which improve the speed and quality of writing has led to the creation of a material called ink. In Iran, ink has also been considered as a writing tool by calligraphers since long ago as showcased by different instructions in calligraphy treatises. One of the instructions, deployed as the basis of the samples of this study, is that “soot is as much as the alum, gall is as much as both, gum is as much as the three and, then, the power of elbows works”. The aim of this study is to make a practical ink which can be used in calligraphy in different proportionalities. This study tries to answer the question how it is possible to gain an appropriate ink based on the common instruction in calligraphy treatises. Accordingly, two kinds of Persian black inks were produced and tested in a practical writing test.

Research Method

This study first investigated the historical studies and methods of making the Persian black ink in calligraphy treatises; then, some samples were prepared. To do so, data were gathered from library studies and laboratories. The Persian black inks samples created for this study were of two kinds based on the common instruction “soot is as much as the alum, gall is as much as both, gum is as much as the three and then the power of elbows works”. These samples were examined in a practical writing test. Thus, the method is scientific-experimental. In making these samples, elements such as soot, gall, and gum were considered fixed. However, since alum is mentioned generally in common instructions without referring to its type, two kinds of alums were used in making these samples. By investigating treatises on calligraphy such as Medad al-Khotout, Adab-ol-Mashgh, Savad al-Khatt (Khatt va Savad), Joharriyeh, Kashf al-Sanaye, Adab al-Khatt, Holiyat-al Kottab, a treatise on paper and painting, Aowhal and Moshajjar Scripts, the poems of Emad ol-Kottab, Serat al-Sotour and also Golestan-e Honar which had mentioned the white, the Cypriot, the Turkish, the black, the Kermani, the red, the yellow and the Circumcision alums and Zameh, it turned out that those kinds of alums like the white, the Turkish, and the Cypriot alums were used more than the other kinds. Since the Turkish and the Cypriot alums with the chemical formula $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ are, indeed, the very green alum ($\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), two kinds of alums, including the green one (Iron (II) sulfate: FeSO_4) and the white one ($\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$), were used in making these samples.

مجله هنرهای ایرانی

امکان‌سنجی ساخت مرکب
سیاه بر اساس دستورالعمل
رایج در رساله‌های
خوشنویسی... سیدمحمد
معینی و همکاران، ۳۶-۲۵

Research Findings

The black ink is a perdurable old material that human has used for writing, communication, and the transferring of thoughts and experiences throughout the world. Black inks can be classified into two common categories; the first category itself is divided into two groups: carbon inks and iron-gall inks. The second category is divided into three groups: carbon inks, iron-gall inks, and compound or mixed inks. Carbon inks are composed of carbon, water, and Arabic gum. In contrast, iron-gall inks are made of gallnut extract with Iron (II) sulfate. Combining carbon inks with iron-gall inks makes a compound or a mixed ink. The compound ink is the same ink which has been used from the past by calligraphers, especially in the Timurid, Safavid, and Qajar eras. It was also called the Persian black ink. The Iranians made Persian ink for the first time by mixing the carbon ink and the gall ink. It happened in the fourth century when Ibn Muqla added carbon to the common iron-gall ink. In Persian treatises on calligraphy, different instructions are mentioned for making the black ink. One of the most common ones, a couplet, is deployed in this research to investigate the feasibility of making ink.

Conclusion

The research has been carried out to assess the feasibility of making the practical ink which can be used in calligraphy. Four elements including soot, gall, gum, and alum were used in the production of samples. Soot, gall, and Arabic gum were fixed. However, as the kind of alum was not determined in the common instruction, two kinds of frequently discussed alums in calligraphy treatises were used: the white alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) in making sample L1 and the green alum (Iron (II) sulfate: FeSO_4) in making sample L2. Therefore, the results suggested that these samples have the capability of writing in reed pens. The results of the practical writing test revealed that calligraphy with both samples on both handmade and glossy paper was possible. Thus, changing the sheet did not make any challenges for calligraphers. Also, conducting the practical writing test with different proportionalities, ranging from 3mm to 10mm, and different reed pens, such as Nastaliq, broken Nastaliq, Thuluth, and Muhaqqaq, showed both samples could be used with different proportionalities and reed pens. Although changing reed pens and proportionalities affected the writing quality of samples, both samples showed acceptable performance. Moreover, the results of the practical writing test demonstrated that the quality on ink taking and ink putting of sample L1 with white alum was better than sample L2 with green alum, but it had less elasticity. And, the darkness of sample L1 was purer than sample L2. In writing Shamarehs and Ersals, the first sample was higher in quality than the second sample.

Keywords: Calligraphy ink, Persian black ink, Making ink, Calligraphy treatises.

References

- Botti, L., Mantovani, O. & Ruggiero, D. (2005). Calcium Phytate in the Treatment of Corrosion Caused by Iron Gall Inks: Effects on Paper. *Restaurator-international Journal for The Preservation of Library and Archival Material*, 26 (1), 44-62. Doi:10.1515/REST.2005.44.
- Bukhari, D. M. (2016). Fava'ed al-Khotoot. In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on Calligraphy and Related Arts* (2nd ed., pp. 305–398). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- Bukhari, M. (2019). Fava'ed al-Khotoot. In N. Mayel Heravi (Ed.), *The Art of the Book in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 431–557). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- Carvalho, D. N. (1904). *Forty Centuries of Ink: Or a Chronological Narrative Concerning Ink and Its Backgrounds*. New York: The Banks law Publishing Co.
- Christiansen, T. (2017). Manufacture of Black ink in the Ancient Mediterranean. *The Bulletin of the American Society of Papyrologists*, No. 54, 167–195. Doi: 10.2143/BASP. 54.0.3239877

- Christiansen, T., Cotte, M., de Nolf, W., Mouro, E., Reyes-Herrera, J., de Meyer, S., Vanmeert, F., Salvadó, N., Gonzalez, V., Lindelof, P. E., Mortensen, K., Ryholt, K., Janssens, K., & Larsen, S. (2020). Insights into the composition of ancient Egyptian red and black inks on papyri achieved by synchrotron-based microanalyses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117 (45), 27825–27835. Doi: 10.1073/pnas.2004534117
- Cohen, Z. (2021). "Chapter 2 Writing Materials". In *Composition Analysis of Writing Materials in Cairo Genizah Documents* (pp. 36-52). Leiden, The Netherlands: Brill.
- Corregidor, V., Viegas, R., Ferreira, L. M., & Alves, L. C. (2019). Study of Iron Gall Inks, Ingredients and Paper Composition Using Non-Destructive Techniques. *Heritage*, 2 (4), 2691-2703. Doi: 10.3390/heritage2040166
- Davids, T. (1860). *The History of Ink, Including Its Etymology, Chemistry and bibliography*. New York: Francis Hart & Co.
- Dehkhoda, A. A. (1998). *Dehkhoda Dictionary* (Vol. 8, 2nd ed.). Tehran: University of Tehran Press [In Persian].
- Encyclopedia Britannica. (2024, February 5). *ink*. Retrieved from <https://www.britannica.com/topic/ink-writing-medium>
- Farahi, A. (1982). *Nesab al-Sebyan* (3rd ed.). Tehran: Ashrafi [In Persian].
- Farahmand Boroujeni, H., Abed Esfahani, A., & Soltani, Z. (2015). Technical study and damage assessment of black inks used by contemporary calligraphers. *Restoration and Architecture of Iran*, No. 9, 103–119 [In Persian].
- Farahmand Boroujeni, H., Soltani, Z., & Jokar, J. (2013). Comparative study of similarities and differences between ink and ḥibr in terms of preparation methods. *Islamic Traditional Arts*, 1 (2), 91–112 [In Persian].
- Gettens, R. J., & Stout, G. L. (1947). *Painting materials: a short encyclopedia*. New York: D. Van Nostrand Company, Inc. Forth printing. Retrieved from <https://archive.org/details/PaintingMaterial/mode/2up>.
- Ghelichkhani, H. R. (2016). *Treatises on calligraphy and related arts* (2nd ed.). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- (2022). Studying the authenticity of the treatise Midad al-Khotoot attributed to Mir Ali Heravi compared to the treatise Khatt va Savaad by Majnun Rafiqi. *Art Research*, No. 23, 73–82 [In Persian].
- Haddadi, M. (2019). *Control of iron-gall ink corrosion process using synthetic antioxidants BAH, BTH, TBHQ* (Unpublished doctoral dissertation). Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran [In Persian].
- Heravi, M. A. (2016). *Medad al-Khotout*. In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on calligraphy and related arts* (2nd ed., pp. 1–14). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- (2019). *Medad al-Khotout*. In N. Mayel Heravi (Ed.), *The art of the book in Islamic civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 101–119). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- (2020). *Medad al-Khotout*. In H. Fazayeli (Ed.), *calligraphy instruction* (15th ed., pp. 370–373). Tehran: Soroush [In Persian].
- Holiyat-al Kottab. (2019). In N. Mayel Heravi (Ed.), *The art of the book in Islamic civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 609–617). Mashhad: Astan Quds Razavi. [In Persian]
- Hosseini, A. (2019). *Ink making and bookbinding*. In N. Mayel Heravi (Ed.), *The art of the book in Islamic civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 675–695). Mashhad: Astan Quds Razavi. [In Persian]
- Khosravi Bizhaem, F. (2006). Technology and pathology of traditional inks and protective strategies (Unpublished master's thesis). Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran [In Persian].

- Lamei Rashti, M., Aghaali Gol, D., Khosravi, F., Olyaei, P., Baghizadeh, A., & Shokoohi, F. (2007). Elemental analysis of some samples of ink and paper from the Qajar period using proton beam microscopy. *Nameh-ye Baharestan*, 6 (1), 261–264 [In Persian].
- Mashhadi, S. A. (2016). *Serat al-Sotour*. In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on calligraphy and related arts* (2nd ed., pp. 15–30). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- (2019). *Serat al-Sotour*. In N. Mayel Heravi (Ed.), *The art of the book in Islamic civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 81–100). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- Mayel Heravi, N. (2019). *The Art of the book in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed.). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- Mert, E. (2008). A comparative study on chemical characterization of different ink ingredients used in ancient ornamented manuscripts (Unpublished Master of science thesis). Faculty of Arts and Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Mitchell, C. A., & Hepworth, T. C. (1904). *Inks their composition and manufacture: Including methods of examination and full list of English patents*. London: Charles Griffin & Company, LTD.
- Monshi Qomi, M. A. B. H. (2021). *Golestan-e Honar*. Tehran: Academy of Arts [In Persian].
- Nir-El, Y. & Broshi, M. (1996). The Black Ink of the Qumran Scrolls. *Dead Sea Discoveries*, 3(2), 157–167.
- On paper, coloring, the Awhal, and the Mushajjar script*. (2016). In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on Calligraphy and Related Arts* (2nd ed., pp. 407–418). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- On paper, ink, and the colors making*. (2019). In N. Mayel Heravi (Ed.), *The Art of the Book in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 65–80). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- On the method of making colored inks and papers*. (2019). In N. Mayel Heravi (Ed.), *The Art of the Book in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 619–628). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- On the script, ink, paper, and the making of colors*. (2019). In N. Mayel Heravi (Ed.), *The Art of the Book in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 649–663). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- Pines, C. C. (1931). The Story of Ink. *The American Journal of Police Science*, 2(4), 290–301.
- Rabin, I. (2021). "Chapter 4 Material Studies of Historic Inks: Transition from Carbon to Iron-Gall Inks". In *Traces of Ink* (pp. 70-78). Leiden, The Netherlands: Brill. Doi: 10.1163/9789004444805_006
- Rafiqi Heravi, M. (2016). Khat va Savad. In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on Calligraphy and Related Arts* (2nd ed., pp. 251–269). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- (2019). *Savad al-Khatt*. In N. Mayel Heravi (Ed.), *Book Decoration in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 217–245). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- Sayrafi, A. (2019). Etiquette of script. In N. Mayel Heravi (Ed.), *The Art of the Book in Islamic Civilization* (Vol. 1, 3rd ed., pp. 11–36). Mashhad: Astan Quds Razavi [In Persian].
- Shirazi, M. M. (2016). A chapter from the book Kashf al-Sanaei. In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on Calligraphy and Related Arts* (2nd ed., pp. 293–303). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- Simi Nishaburi. (2016). Johariyya. In H. R. Ghelichkhani (Ed.), *Treatises on calligraphy and related arts* (2nd ed., pp. 271–292). Tehran: Rozaneh [In Persian].
- Soltani, Z., Farahmand Boroujeni, H., & Abed Esfahani, A. (2016a). The effect of honey as an additive on Iranian ink. *Journal of Color Science and Technology*, 10(1), 43–54. [In Persian]
- (2016b). Investigating the effect of saffron in preventing paper corrosion by iron-gall ink. *Saffron Research*, 4(1), 78–102. doi: 10.22077/jsr.2016.395 [In Persian].

- Soltani, Z., Farahmand Boroujeni, H., & Jokar, J. (2016). A comparative study of calligraphic inks used by Iranians, Ottomans, Chinese, Indians, and Arabs. *Ganjineh Asnad*, 26(1), 124–138 [In Persian].
- Soltani, Z., Farahmand Boroujeni, H., Abed Esfahani, A., & Ahmadi, H. (2015). The role of additives on the quality of Iranian ink: A case study of henna and salt. *Ganjineh Asnad*, 25(3), 128–148 [In Persian].
- Talebpour, F., & Veisian, M. (2014). Dyeing woolen raw yarn with saffron petals: a study of the mordant and acid effect. *Goljam*, No. 25, 29–46 [In Persian].
- Völkel, L., Prohaska, T. & Potthast, A. (2020). Combining phytate and nanocellulose stabilization for mitigating iron gall ink damage in historic papers. *Heritage Science*, No. 86, 1-15. Doi: 10.1186/s40494-020-00428-6
- Zekrgoo, S. (2014). Methods of Creating, Testing and Identifying Traditional Black Persian Inks. Restaurator. *International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*, 35(2), 133 - 158. Doi: 10.1515/rest-2014-1001
- Zekrgoo, S., Nel, P. & Sloggett, R. (2017). Peacock Ink: Investigation into the Constituents of the Most Prized Ink of Persia. *Restaurator-International Journal for the preservation of Library and Archival Material*, 38(2), 205-233. Doi:10.1515/rest-2016-0033



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

امکان‌سنجی ساخت مرکب
سیاه بر اساس دستورالعمل
رایج در رساله‌های
خوشنویسی... سیدمحمد
معینی و همکاران، ۴۶-۲۵