

Rereading the Preparation methods of Minium, Vermilion and Realgar Based on the Text of Ten Historical Treatises from the 4th to the 11th Century AH

Somayeh Noghani^{*1}, Parnia Modarresi², Razieh Jafari³

1- Faculty of Conservation and Restoration, Iran University of Art, P. O. Code: 1136813518, Tehran, Iran.

2- Faculty of Theoretical Science & Higher Art Studies, Iran University of Art, P. O. Code: 1136813518, Tehran, Iran.

3- Color Physics Faculty, Department of Color control and Color Reproduction, Institute for Color Science and Technology, P. O. Box: 1668836471, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 12- 05- 2024

Accepted: 04- 08- 2024

Available online: 16 -10- 2024

Print ISSN: 2251-7278

Online ISSN: 2383-2223

DOI: 10.30509/JSCW.2024.167329.1193

Keywords:

Book design treatises

Traditional pigments

Red hue

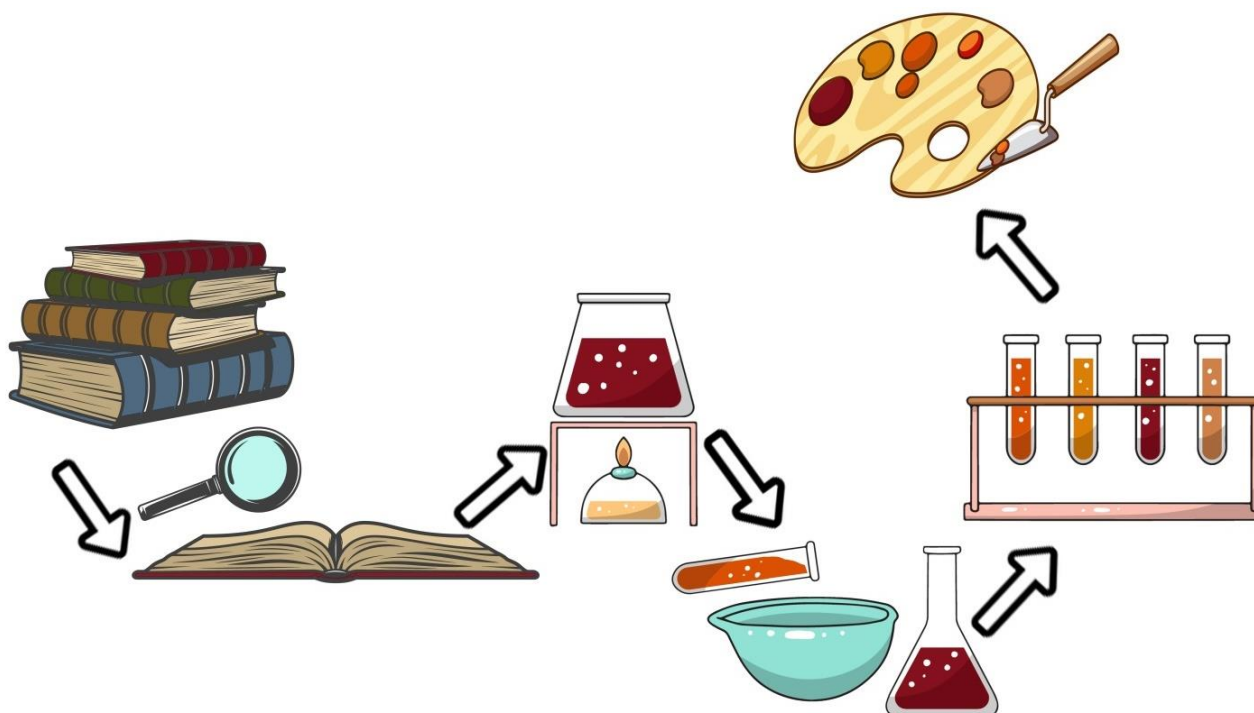
Red lead

Vermilion

Realgar

ABSTRACT

Investigation on the methods of production and preparation of art materials based on the text of historical treatises, in addition to introducing the techniques, principles, and secrets of past artists, can be used for the study of technology, diagnosis, provenance, authenticity and providing suitable methods in the field of conservation and restoration. The spectrum of red colors has long been one of the most important and widely used colors in Iranian painting and book design. In this research, the principles of production and preparation of vermilion (HgS), minium or red lead (Pb_3O_4), and realgar (As_4S_4) pigments have been investigated based on the text of ten treatises belonging to the 4th to 11th A.H. centuries (11th to 18th AD) (*Umdat al-Kottab*, *Bayan al-Senaat*, *Jowhare-e*, *Savad al-Khat*, *Medad al-Khotout*, *Qanun al-Sovar*, *Golzar-e Safa*, *Adab al-Khat*, *Heliyyat al-Kottab*, and *Golestan-e Honar*) with a descriptive-analytical method. In general, different production and preparation methods, including raw materials, firing, and acid washing for these pigments are mentioned in the treatises.



Corresponding author: s.noghani@art.ac.ir

somayeh.noghani@yahoo.com



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



بازخوانی روش‌های آماده‌سازی رنگدانه‌های سرنج، شنگرف و زرنیخ براساس متن ده رساله تاریخی از قرن چهارم تا یازدهم هجری قمری

سمیه نوغانی^{۱*}، پرنیا مدرسی^۲، راضیه جعفری^۳

۱- استادیار، گروه مرمت اشیاء تاریخی- فرهنگی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران. کدپستی: ۱۱۳۶۸۱۳۵۱۸.

۲- دانشجوی دکتری، دانشکده علوم نظری و مطالعات عالی هنر، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران. کدپستی: ۱۱۳۶۸۱۳۵۱۸.

۳- استادیار، گروه پژوهشی دوباره تولید رنگ و کنترل رنگ، پژوهشکده فیزیک رنگ، پژوهشگاه رنگ، صندوق پستی: ۱۶۶۸۸۳۶۴۷۱.

چکیده

بررسی روش‌های تولید و آماده‌سازی مواد هنری براساس متن رساله‌های تاریخی، علاوه بر معرفی روش‌ها، اصول و رمزهای هنرمندان در گذشته، می‌تواند جهت مطالعات فن‌شناسی، آسیب‌شناسی، منشاییابی، اصالت‌سنجی و ارائه شیوه‌های مناسب حفاظت و مرمت آثار، راهگشا باشد. طیف فام سرخ از دیرباز، از دسته رنگ‌های مهم و پرکاربرد در هنر نگارگری و کتاب‌آرایی ایران بوده است. در این پژوهش، روش‌های تولید و آماده‌سازی رنگدانه‌های سرنج یا قرمز سرب (Pb_3O_4)، شنگرف (HgS) و زرنیخ سرخ (As_4S_4) براساس متن ده رساله از قرون چهارم تا یازدهم ه.ق (رساله‌های عمده‌الکتاب، بیان‌الصناعات، جوهریه، سوادالخط، مدادالخطوط، قانون‌الصُور، گلزارصفا، آداب‌الخط، حلیه‌الکتاب و گلستان هنر) و با روش توصیفی - تحلیلی بررسی شده‌اند. در مجموع روش‌های تولید و آماده‌سازی متفاوتی اعم از مواد اولیه، روش پخت و همچنین اسیدشویی برای این رنگدانه‌ها در رسالات ذکر شده است.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸

در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵

شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۲۷۸

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۲۲۲۳

DOI: 10.30509/JSCW.2024.167329.1193

واژه‌های کلیدی:

رساله‌های کتاب‌آرایی

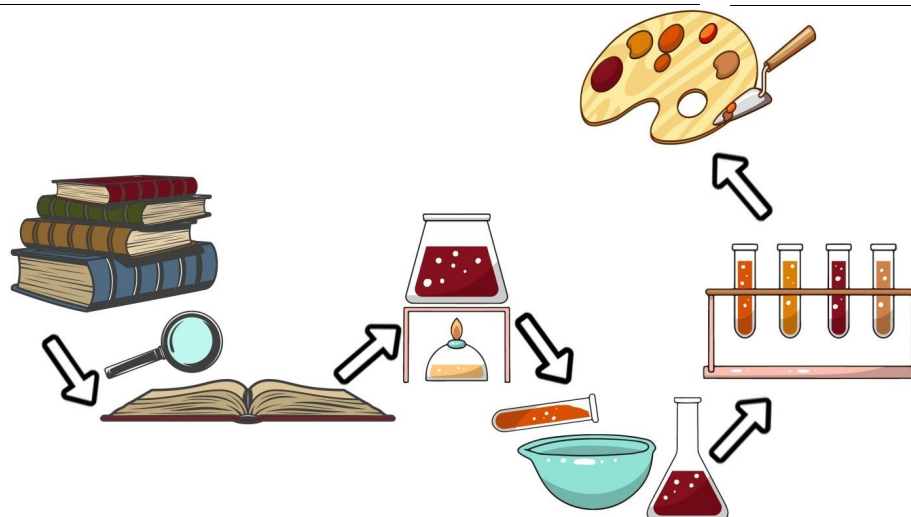
رنگدانه‌های سنتی

فام سرخ

سرنج

شنگرف

زرنیخ سرخ



Corresponding author: s.noghani@art.ac.ir

somayeh.noghani@yahoo.com



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

از منابع مهم شناخت شیوه‌های نسخه‌نویسی و کتاب‌آرایی به عنوان یکی از گرایش‌های هنری حائز اهمیت در ایران، رسالات کتاب‌آرایی است که در ادوار مختلف نوشته شده و در آنها علاوه بر معرفی هنرمندان و ابزارهای استفاده شده توسط آنها، بخش‌هایی نیز به آماده‌سازی مواد هنری اختصاص یافته است. برخی از این شیوه‌ها، نسل به نسل ادامه یافته و در هنرهایی چون تصویرسازی کتاب‌ها، تذهیب، جدول‌کشی و نگارگری استفاده شده‌اند. از جمله مهم‌ترین فام‌های رنگ در هنر ایران، طیف فام سرخ است. کاربرد این طیف رنگی، چه در دوران قبل از اسلام و چه پس از ورود اسلام به ایران دیده می‌شود. برای مثال از اولین نسخ تزئین شده با فام سرخ در دوره اسلامی، می‌توان به قرآن‌هایی با خط کوفی اشاره کرد که این رنگ ابتدا برای نقطه‌گذاری و در قرون بعدی برای تزئینات نشان‌ها، جدول‌کشی، کتیبه‌نویسی و سپس تصویرسازی برای کتاب‌های علمی و ادبی و نگارگری استفاده شده است.

منظور از طیف فام سرخ، طیف رنگی است که طول موج ماکزیم انعکاس آن در محدوده ۶۲۵ تا ۷۴۰ نانومتر از طیف مرئی قرار دارد و از لحاظ دسته‌بندی رنگی، در زمره رنگ‌های گرم قرار می‌گیرد (۱). با توجه به آزمایش‌های انجام شده بر روی آثار متنوعی از دوران‌های مختلف، بیشترین رنگدانه‌های استفاده شده در پالت رنگ سرخ شامل ورمیلیون (شنگرف)، همتایت (اخرای قرمز) و قرمز سرب (سرنج) می‌باشند (۲-۵). در برخی موارد برای رسیدن به تاریک‌روشنی‌آمورد نظر، این مواد با یکدیگر و یا رنگدانه‌های دیگری مانند سفید سرب ترکیب شده‌اند. همچنین علاوه بر رنگدانه‌ها (با منشا معدنی)، مواد رنگزای آلی^۳ نیز با منشا گیاهی (مانند روناس و یا زعفران) و منشا حیوانی (قرمزدانه) استفاده شده و گاهی با رنگدانه‌های دیگری نیز ترکیب شده‌اند (۶، ۷).

همانطور که پیش از این اشاره شد، روش‌های آماده‌سازی و تولید مواد رنگی در منابع مکتوب تاریخی و از دوران‌های مختلف، ذکر شده است. برای مثال زکریای رازی در قرن چهارم هجری به روش‌های کیمیاگری برای ساخت لاجورد، نیل و غیره در کتاب الاسرار اشاره کرده (۸)، و یا در رساله عمده‌الکتاب متعلق به قرن پنجم هجری شیوه ساخت جوهرها و مرکب‌های رنگی توضیح داده شده است (۹). بازخوانی رساله‌های تاریخی می‌تواند جهت پژوهش‌هایی بیشتر در زمینه بازسازی و بازتولید مواد رنگزا و استفاده از آنها در هنرهای سنتی و همچنین روش‌های حفاظت و مرمت آثار مانند نسخ خطی، نگاره‌ها، نقاشی‌های دیواری و غیره راهگشا باشد. اما یکی از نکاتی که در بررسی رساله‌های تاریخی باید مورد توجه قرار گیرد، معادل امروزی واژگان و

اصطلاحاتی است که برای مواد و روش‌های فراوری و آماده‌سازی آنها ذکر شده است. بسیاری از این واژگان از دایره لغات دوران معاصر حذف شده و بازخوانی این متون را دشوار می‌کند. گاهی برای یک ماده، چندین اصطلاح استفاده شده؛ برای مثال از جیوه در منابع تاریخی با کلماتی مانند ژیوه (مثلاً در رساله بیان‌الصناعات (۱۰))، سیماب (مثلاً در رساله‌های آداب‌الخط و جوهریه (۱۱)) و زببق (مثلاً در رساله سوادالخط (۱۱)) یاد شده است. همچنین گاهی در نسخ تصحیح شده، معانی کلمات سنتی اشاره نشده است.

علاوه بر این، در رابطه با موضوع رنگ، مواد رنگزا و شیوه‌های فراوری آنها، متون تاریخی مختلفی وجود دارد که شامل رسالات هنری مانند رسالات کتاب‌آرایی و یا رساله‌هایی با معرفی هنرمندان، متون مرتبط با کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی سنتی مانند جواهرنامه‌ها، متون کیمیاگری و همچنین متن‌های مرتبط با داروسازی می‌باشند. برای مثال در مقاله سوم از عرایس‌الجواهر و نفایس‌الاطیاب نوشته ابوالقاسم کاشانی (قرن هشتم ه.ق) که کتابی در زمینه جواهرشناسی، کاشی‌گری و عطرهاست، به شرح فلزات هفت‌گانه می‌پردازد؛ «و از زببق زنجفر سازند اهل صناعت اکسیر. به شرکت کبریت مختنق و منعقد گردد» (۱۲). در رساله دیگری مانند جواهرالصنایع چندین روش در آماده‌سازی شنگرف و روش‌های شستشوی آن و حتی ساختن کوره جهت تولید شنگرف ذکر شده (۱۳) که خود نیازمند پژوهشی مجزا و مفصل است.

از سویی دیگر پژوهشگران این عرصه، بیشتر به صورت موردی و متناسب با موضوع پژوهش خود به هر یک از این رساله‌ها و یا مواد رنگزا پرداخته و بنابراین تجمیع متون تاریخی مرتبط با یک ماده مشخص برای انجام مطالعات تطبیقی ضروری به نظر می‌رسد.

در این پژوهش، متن ده رساله کتاب‌آرایی متعلق به قرن‌های چهارم تا یازدهم هجری به منظور بازخوانی روش‌های تولید و آماده‌سازی رنگدانه‌های سرنج، شنگرف و زرنیخ سرخ، با روش توصیفی - تحلیلی و براساس منابع کتابخانه‌ای، بررسی و مطالعه شده‌اند. این رسالات شامل عمده‌الکتاب و عده ذوی الالباب، بیان‌الصناعات، جوهریه، سوادالخط، مدادالخطوط، قانون‌الصُّور، گلزارصفا، آداب‌الخط، حلیه‌الکتاب و گلستان هنر می‌باشند.

عمده‌الکتاب رساله‌ای به زبان عربی اثر معزبن بادیس تمیمی صنهاجی (۴۵۴-۳۹۸ ه.ق) در رابطه با جوهر و مرکب‌های رنگین است که توسط نجیب مایل هروی و عصام مکیه تصحیح شده و توسط بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی به چاپ رسیده است (۱۴) (۹۰). بیان‌الصناعات کتابی به فارسی و در رابطه با صناعت‌های مختلف (میناکاری، فلزکاری، و غیره) است که توسط حبیب بن محمد تفلیسی

^۳ Dyes^۱ Pigments^۲ Tonality

تصحیح احمد سهیلی خوانساری است که در انتشارات بنیاد فرهنگ ایران سال ۱۳۵۲ چاپ شده است. این اثر شرح‌حالی از خوشنویسان و نگارگران است که در قرن یازدهم هجری قمری نگارش یافته و شامل مقدمه، چهار فصل و خاتمه است. در بخش خاتمه این رساله و به صورت نظم، به ساختن برخی رنگ‌های الوان و مرکب اشاره شده است (۱۹).

۲- مروری بر مطالعات انجام شده در رابطه با رسالات کتاب آرای و رنگ سرخ

در مورد فنون کتاب‌آرایی، رسالاتی طی ادوار مختلف نوشته شده و بارها توسط محققان از منظرهای گوناگون مطالعه و بررسی شده‌اند. بخشی از این تحقیقات، مقالات و کتاب‌هایی هستند که ضمن فهرست کردن این رساله‌ها، به‌طور خلاصه به محتوای آنها نیز اشاره داشته‌اند؛ برای مثال متونی که به زندگی‌نامه خوشنویسان و هنرمندان پرداخته (۲۰) و یا علاوه بر معرفی رسالات هنری مرتبط با کتاب‌آرایی، توضیحات مختصری در رابطه با انواع رنگ‌های مناسب برای رنگ‌کردن کاغذ ارائه داده است (۲۱). در پژوهشی از جوکار و میرزاخانی، ضمن معرفی رساله‌های گلزار صفا و قانون‌الصور، شیوه‌های مربوط به رنگ‌سازی در این دو رساله از منظر مواد و رنگ‌مایه‌ها بررسی و شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها بررسی شده است (۲۲). پورتر نیز در کنار معرفی دیدگاه‌های عارفانه و فلسفی نسبت به مقوله رنگ، رنگدانه‌های مهم و پرکاربرد در نگارگری ایران را براساس متن رسالات کتاب‌آرایی عنوان کرده و شرح مختصری در مورد روش تولید و آماده‌سازی رنگ‌های استفاده شده توسط نقاشان ارائه داده است. او در کتاب خود، به رنگدانه‌های زرنیخ سرخ، سرنج، شنگرف و آخرای قرمز به عنوان رنگدانه‌های سرخ رنگ اشاره کرده و روش آماده‌سازی آنها را به اختصار بیان می‌کند (۲)؛ ولی در نهایت تحلیلی کامل و علمی از رساله‌ها نداشته و خواص این رنگدانه‌ها را با دلایل علمی توضیح نمی‌دهد. ناظم، علاوه بر بررسی نسخ موجود از رساله قانون‌الصور صادقی بیک افشار، به مقابله نسخ و تصحیح متن پرداخته، همچنین لغات و اصطلاحات این متن معنا شده و به‌صورت توصیفی و حاشیه‌نویسی تجزیه و تحلیل شده است (۲۳). علاوه بر این، رنگ‌ها و روش‌های آماده‌سازی آنها در نقاشی ایرانی با رنگدانه‌های معدنی و گیاهی براساس رساله قانون‌الصور بررسی شده است (۲۴). در پژوهشی متمرکز بر رسالات گلستان هنر، مناقب هنروران و قانون‌الصور، در راستای ایجاد درکی بهتر از مفاهیم و شناخت رویکردها و نگرش‌های بنیادین هنرمندان دوران صفوی، ابعاد تاریخ‌نگاری سه رساله فوق‌مدنظر قرار گرفته است (۲۵).

از دیگر پژوهش‌هایی که بر روی رساله‌های مرتبط با کتاب‌آرایی و بخش مربوط به رنگ‌سازی آنها تاکنون صورت گرفته، تحقیقاتی است که

از دانشمندان قرن ششم هجری قمری و در بیست باب نوشته شده است. در باب اول و در صناعات علم کیمیا به روش آماده‌سازی رنگ‌ها اشاره شده و باب نهم این رساله به آمیختن رنگ‌ها اختصاص دارد. این رساله به کوشش و ویرایش ایرج افشار، توسط انتشارات بنیاد فرهنگ ایران زمین (۱۳۳۶) به چاپ رسیده است (۱۰).

رساله جوهریه، کتابی در آموزش آداب منشی و کاتب، نوشته سیمی نیشابوری (نیمه اول قرن نهم هجری قمری) است که در مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی با تحقیق و تالیف نجیب مایل هروی به چاپ رسیده است (۱۱).

سوادالخط، رساله‌ای است اثر مجنون رفیقی هروی (قرن دهم هجری قمری) که در شش باب تنظیم شده و این رساله نیز در مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی به چاپ رسیده است (۱۱).

مدادالخطوط رساله‌ای در آموزش خوشنویسی است که به میرعلی هروی منسوب شده (قرن ۱۰ هجری قمری)، بیشتر متن این اثر برگرفته از رساله «سوادالخط» بوده و از متن رسالات دیگری مانند «رسم الخط» مجنون رفیقی هروی، «اصول خط» عبدالله صیرفی و «اصول و قواعد خطوط سته» فتح‌الله سبزواری نیز در نگارش آن استفاده شده است. البته در انتساب این رساله به میرعلی هروی شبهاتی وجود دارد (۱۵). متن این رساله نیز در مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی منتشر شده است (۱۱).

قانون‌الصور، یکی از رسالات نادر در حوزه نگارگری است که توسط صادقی بیک افشار در قرن یازدهم هجری قمری و به نظم (شامل ۲۰۵ بیت شعر) نگارش شده و متن این رساله نیز در مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی به چاپ رسیده است (۱۱). علاوه بر این در نشریه هنر و مردم شماره ۹۰ هم این رساله با تصحیح محمدتقی دانش‌پژوه منتشر شده است (۱۶).

گلزارصفا، رساله‌ای به نظم در فن کتابت و کتاب‌آرایی است که توسط صیرفی و در قرن دهم هجری قمری نگارش شده است. این رساله در مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی به چاپ رسیده (۱۱) و در شماره ۹۳ نشریه هنر و مردم توسط محمدتقی دانش‌پژوه معرفی شده است (۱۷).

رساله آداب‌الخط عبدالله صیرفی تبریزی در فن نسخه‌نویسی و نسخه‌آرایی نیز متعلق به قرن دهم هجری قمری است که علاوه بر مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی (۱۱) در مقاله‌ای با عنوان «رساله آداب خط عبدالله صیرفی تبریزی» توسط نجیب مایل هروی معرفی شده است (۱۸).

حلیه‌الکتاب رساله‌ای است با نویسنده نامشخص (قرن یازدهم هجری قمری) که در ده فصل به طرز ساختن قلم نقاشی و مرکب و آمیختن رنگ‌ها و غیره می‌پردازد و در مجموعه کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی به چاپ رسیده است (۱۱).

گلستان هنر نیز رساله‌ای به تالیف قاضی میراحمد منشی قمی و به

بازسازی نوعی مرکب براساس متن رساله تاریخی انجام شده، اما با توجه به محدود بودن پژوهش‌هایی از این دست در بازتولید روش‌های ذکر شده در رسالات، در اینجا به آن اشاره شده است.

کیفیت بصری رنگ حاصل از دستورالعمل‌های آماده‌سازی شنگرف براساس متن پنج رساله گلستان هنر، قانون‌الصور، مدادالخطوط، حلیه‌الکتاب و آداب‌الخط با توجه به معیارهای استاندارد حوزه فیزیک رنگ، بررسی شده و نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بازسازی فام سرخ با توجه به شیوه‌های متفاوت اسیدشویی رنگدانه شنگرف، سبب ایجاد تهرنگ‌های متفاوتی از قرمز شفاف، تا صورتی و نارنجی می‌شود (۳۵). همچنین مقایسه فام سرخ تولید شده با رنگدانه شنگرف نسبت به شنگرف به کار رفته در چند نسخه مصور از دوره صفوی، با روش طیف نورسنج، مشابهت قابل توجهی را نشان می‌دهد (۳۶، ۳۷). از منظر فیزیک رنگ، اختلاف رنگ نمونه‌های بازتولید شده از رنگدانه سرنج براساس متن رساله‌های عمده‌الکتاب، بیان‌الصناعات و قانون‌الصور با تعدادی از نسخ مصور دوره صفوی بررسی شده و نتایج قابل قبولی را نشان می‌دهد (۳۸). در جدیدترین مطالعات انجام شده در این رابطه، مقایسه ساختار شنگرف طبیعی و مصنوعی ساخته شده براساس متن رسالات کتاب‌آرایی و با روش‌های طیف‌سنجی انجام شده و اظهار می‌دارد امکان شناسایی نوع طبیعی و یا مصنوعی این رنگدانه براساس نتایج آنالیزهایی چون طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDX) و طیف‌سنجی رامان، وجود دارد (۳۹).

بنابراین با توجه به اهمیت مقوله رنگ در آثار تاریخی و مباحث مرتبط با فن‌شناسی و روش‌های فراوری و آماده‌سازی رنگ‌ها، همچنین اثراتی که فن‌شناسی اصولی بر شناخت درست و دقیق آسیب‌ها در این دسته از مواد دارد، و از سویی دیگر بهینه‌سازی و بهره‌گیری از شیوه‌های سنتی فراوری رنگ جهت انجام عملیات مرمت، بازخوانی و بررسی متون تاریخی مرتبط با این حوزه حائز اهمیت خواهد بود. در ادامه متن رسالات تاریخی مرتبط با سه رنگدانه پر کاربرد با فام سرخ (سرنج، شنگرف و زرنیخ سرخ) و توصیف و تحلیل این متون ارائه خواهد شد.

۳- سرنج

سرنج با نام علمی تتراکسید سرب (III) (Pb_3O_4) که با نام سرب قرمز^۲ نیز شناخته می‌شود، از ترکیبات ثابت سرب است و از اکسید سرب (II) به‌دست می‌آید (۴۰). این رنگدانه یکی از قدیمی‌ترین ترکیبات معدنی است که از دیرباز مورد استفاده هنرمندان بوده (شکل ۱) و همچنان کاربرد دارد. این رنگ معدنی احتمالاً از زمان آغاز عصر فلز در چین و خاورمیانه استفاده می‌شده است. سابقه منابع مکتوب در مورد این اکسید در ایران به قرون سوم و چهارم هجری می‌رسد که توسط زکریای رازی اکسید سرب (II) (شامل سرب قرمز و سرب سفید) به عنوان دو ماده هنری معرفی شده است (۴۱).

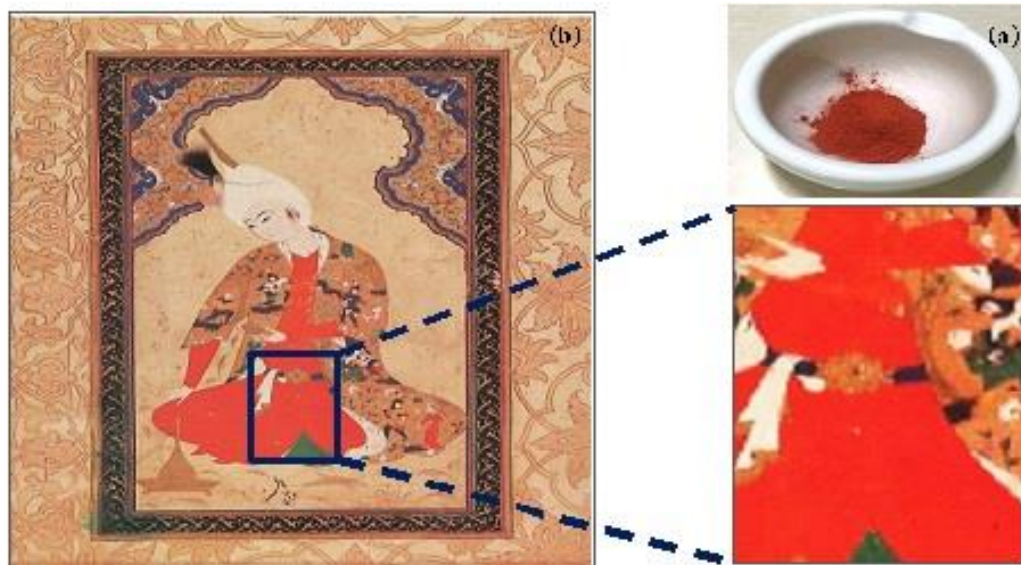
در راستای فن‌شناسی نسخ انجام شده است. در این دسته از پژوهش‌ها، با استفاده از روش‌های مختلف آنالیز دستگامی، عناصر تشکیل‌دهنده رنگ‌ها در نسخ تاریخی شناسایی شده و سپس با مراجعه به رسالات کتاب‌آرایی هم‌دوره با اثر، رنگدانه‌ها با مواد ذکر شده در رسالات مطابقت داده شده‌اند. برای مثال در پژوهشی توسط بهادری و بحرالعلومی (۱۳۹۶)، رنگدانه‌ها و مواد رنگزای آلی نام‌برده در ۹ رساله کتاب‌آرایی از قرن ۴ تا ۱۱ هجری قمری بررسی شده و سپس با استفاده از آنالیز دستگامی، مواد به کار رفته در چند نسخه خطی قرآنی دوره صفوی را شناسایی کرده و با اطلاعات به‌دست آمده از رسالات مطابقت داده‌اند (۲۶). با استفاده از روش‌های آنالیز طیفی، حضور سه رنگدانه سرخ رنگ هماتیت (اخرای قرمز)، سرنج و شنگرف در نسخه رساله المشفیه للامراض المشکله (صفویه)، تایید شده است (۲۷). با استفاده از آنالیزهای دستگامی بر روی رنگدانه‌های ۱۹ نقاشی ایرانی از قرون ۱۵ تا ۱۷ میلادی (دوره صفوی) موجود در موزه هنر لس‌آنجلس، مواد رنگزای آلی روناس و لاک و رنگدانه‌های شنگرف، آخرا، سرنج و زرنیخ سرخ شناسایی شده و نتایج حاصل با متن دو رساله گلستان هنر و قانون‌الصور هماهنگی داشتند (۷). پالت رنگ در چهار نسخه مصور قرن ۱۶ تا ۱۷ میلادی متعلق به موزه ویکتوریا و آلبرت توسط مورالیا و همکارانش (۲۰۱۲) بررسی شده است. در این تحقیق با استفاده از آنالیز دستگامی، رنگدانه‌های به کار رفته در این چهار نسخه را شناسایی و با متن دو رساله گلستان هنر و قانون‌الصور تطبیق داده‌اند (۴). در این پژوهش‌ها، محققان با استفاده از روش‌های آنالیز طیفی در خصوص رنگ سرخ به استفاده از ترکیبات سرب، جیوه، آرسنیک و آهن اشاره کرده‌اند که پس از شناسایی این عناصر و مطابقت آنها با متن رسالات کتاب‌آرایی مانند گلستان هنر و قانون‌الصور، این رنگدانه‌ها را سولفید جیوه (شنگرف)، اکسید سرب (سرنج)، هماتیت یا اکسید آهن (اخرای قرمز) و سولفید آرسنیک (زرنیخ) معرفی کرده‌اند.

همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، در مجموع پژوهش‌های متعددی بر روی شناسایی رنگدانه‌ها، مواد رنگزای آلی به کار رفته در نسخ و نگاره‌های تاریخی و عمدتاً با هدف تعیین و شناسایی نوع ماده رنگزای انجام شده است (۲۸-۳۳). به طور کلی این دست از پژوهش‌ها به منظور فن‌شناسی نسخ انجام شده‌اند. روش‌های تولید و آماده‌سازی مواد و ابزار کتاب‌آرایی براساس آنچه در رساله‌های تاریخی ذکر شده، به صورت مستقل مورد بررسی قرار نگرفته و استناد به این رسالات بیشتر برای حصول اطمینان از نتایج آنالیزهای دستگامی انجام شده است.

علاوه بر مطالعاتی که بر روی شناسایی رنگدانه‌های سرخ در نسخ و نگاره‌ها و با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی انجام شده، پژوهش‌های اندکی نیز در زمینه بازسازی رنگ‌ها براساس متن رسالات تاریخی انجام شده است؛ برای مثال شناخت روش ساخت و کاربرد حبر آسود و اساساً تفاوت انواع مرکب‌ها در نسخه‌های خطی با تاکید بر رساله عمده‌الکتاب (۳۴) که اگرچه این پژوهش مستقیماً به تحقیق حاضر مرتبط نبوده و

^۲Red lead

^۲Lead tetraoxide



شکل ۱: (a) نمونه‌ای از پودر رنگ سرنج (ماخذ: نگارندگان) و (b) کاربرد این رنگ در نگارگری قرن نهم هجری (۳۹).
Figure 1: (a) An example of red lead pigment (source: authors), and (b) the use of this color in the painting of the 9th century AH (39).

لیتارژ^۲، ماسیکوت^۳، زرد سرب- قلع، زرد سرب- قلع - آنتیوان، زرد کرومات سرب و زرد ناپل (۴۳) می‌باشند. سرنج یکی از رنگدانه‌هایی است که در زمینه‌های مختلف، از نقاشی دیواری تا نگاره‌ها و نسخ خطی، در طول تاریخ هنر ایران استفاده شده است. این رنگدانه در قطعات گچی نقاشی شده از قرون اولیه اسلامی در نیشابور شناسایی شده است (۴۴). یکی از سه رنگدانه قرمز شناسایی شده در نقاشی‌های دیواری به‌دست آمده از قرن پنجم ه. ق در قلعه شاه‌دژ کوه صفه اصفهان، سرنج بوده است (۴۵). علاوه‌براین، در بسیاری از نسخ خطی و نگاره‌های تاریخی ایران و با کمک روش‌های مختلف آنالیز، این رنگدانه تشخیص داده شده است (۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۲۸، ۶، ۴).

۳-۱- سرنج در رسالات کتاب آرایبی

از میان ده رساله بررسی شده در این پژوهش، تنها در سه رساله عمده‌الکتاب، بیان‌الصناعات و قانون‌الصّور به رنگدانه سرنج اشاره شده است. در ترجمه فارسی رساله عمده‌الکتاب در صنعت اول مربوط به ساخت مداد گلرنگ (به رنگ گُل؛ سرخ‌رنگ؛ لغت نامه دهخدا، ذیل گلرنگ) (۴۸) نویسنده گفته است: «بستانند اسفیداج آرزیز دو جزو و سرنج یک جزو و خمیر سازند به سرکه و در دیگی کنند که به گِل حکمت گرفته باشند و در کوره بالائین آبگینه‌گران نهند سه شبانه‌روز. پس بیرون آورند و بسایند و بریزند بر آن اندک آب مازوی سفید و در آن اندازند قدری صمغ عربی و بنویسند» (۹). طبق این نوشته، سفیداب

سرنج به صورت بلورهای براق و یا پودری شکل وجود دارد. چگالی این ترکیب ۹/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد ساختار بلوری خود را از دست می‌دهد. در دمای ۸۳۰ درجه سانتی‌گراد تحت فشار و در حضور اکسیژن ذوب می‌شود. این ترکیب در آب و الکل نامحلول و در استیک اسید سرد، هیدروکلریک اسید گرم و ترکیب رقیق نیتریک اسید و پراکسید هیدروژن حل می‌شود. تتراکسید سرب با حرارت دادن مونوکسید سرب (سرب سفید) در هوا و دمای ۴۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد مطابق واکنش ۱ تشکیل می‌شود (۴۲). فراوری سرب قرمز با استفاده از روش حرارت دادن سرب سفید، از زمان‌های دور روشی شناخته شده بوده است (۴۳). در زمان واکنش حتماً باید دما زیر ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد کنترل شود و در صورت بالاتر رفتن آن، ترکیب تجزیه می‌شود. همچنین این ترکیب از حرارت دادن مخلوط مونوکسید سرب و دی‌اکسید سرب در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌تواند مطابق واکنش ۲ تشکیل شود (۴۲).



لازم به ذکر است که کانی‌های حاوی سرب نسبتاً گسترده هستند و انواع مختلفی دارند که شامل کانی‌های اکسیدی، سولفیدی/سولفیتی/سولفاتی، هیدروکسیدی و همچنین کانی‌های کربناته، کلریدی، کروماتی، آستاتی و غیره می‌باشند. مهم‌ترین کانی حاوی Pb، گالن است. رنگدانه‌های حاصل از سرب نظیر سفید سرب، قرمز سرب،

³ Massicot

¹ Galena

² Litharge

ذکر است که سرنج (مینیموم) به عنوان کانی طبیعی کمیاب بوده و براساس متن منابع، عمدتاً به صورت بشرساخت و از طریق حرارت دادن سایر ترکیبات حاوی سرب (مانند سفید سرب) تولید می‌شده است (۴۳).

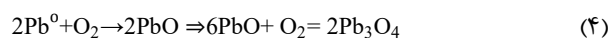
۲- دمای ذوب سیلیس در کوره‌های تولید شیشه، بیشتر از دمای ذوب سرب بوده، آیا به لحاظ منطقی قرار گرفتن این ترکیب به مدت سه شبانه روز در این فضا، قابل قبول است؟ همان‌طور که پیش از این ذکر شد، تتراکسید سرب در دمای حدود ۸۳۰ درجه و در حضور اکسیژن، ذوب می‌شود. بنابراین احتمالاً به دلیل ایجاد شرایط احیا درون ظرف کاملاً سرپوشیده حاوی این ترکیب، ذوب ماده رخ نداده و دمای لازم برای واکنش و تولید سرب خالص فراهم می‌شد.

در رساله بیان‌الصناعات در باب اول و در صناعات علم کیمیا در ذیل عنوان "مُرداسنگ و سرنج کردن" آمده است: «سرب را صَفیحا بکنند و بر قدر صفیحه آتشدانی بسازد. پس اگر نیم‌کوفت درون آتشدان بپراکنند و صَفیحه سرب بروی ابر وی [بند و بالای صفیحه دیگر پاره‌ای] نیم‌کوفت پیدا کند و صفیحه دیگر بالایش بنهد و هم بدین قیاس همی کند، پس چون صفیحه نماند اگر نیم‌کوفت بروی ابر وی [پراکند و بعد از آن اگر کوفته بالایش بریزد، و از آن پس از همه جانب آتشدان و نیز بالایش شبانروزی آتش همی کند، بعد از آن چون نگاه کند مُرداسنگ گشته باشد. پس اگر خواهد که سرنج کند شبانروزی دیگر آتش وی زیادت کند همچنانکه نخست کرد. پس از آن چون نگاه کند آن مُرداسنگ سرنج گشته باشد» (۱۰). براساس این متن، برای تهیه مُرداسنگ یا مرداسنگ (لغت‌نامه دهخدا: اکسید دو ظرفیتی سرب؛ لیتارژ: PbO، لیتارژ دارای رنگ زرد لیمویی یا زرد مایل به قرمز است) از سرب به شکل کانی آن استفاده شده است. گالن (PbS)، کانی طبیعی و اصلی‌ترین کانی سرب است. این کانی دارای رَخ (کلیواژ؛ تورق در جهت صفحات بلوری) بسیار خوب و شکستگی^۲ با تورق سه وجهی است. بنابراین امکان صفیحه کردن (در لغت‌نامه دهخدا به معنی سنگ پهن؛ روی هر چیز پهن، آمده است) این کانی وجود داشته است. کانی سرب را به صورت صفیحه (احتمالاً به صورت صفحاتی با سطح مقطع زیاد و ضخامت کم) آماده کرده و آتشدان (کوره‌ای سرباز) به اندازه آن آماده می‌کردند. سپس در پایین و بین و بالای صفیحه‌ها، نیم‌کوفت (در لغت‌نامه دهخدا به معنی نیم‌کوب، نیم‌کوفته و بلغور است و به نظر می‌رسد یک ماده گیاهی مانند گندم یا جو به‌حالت نیم‌کوب مدنظر باشد)، ریخته و درون آتشدان، آتشی شعله‌ور روشن می‌شده است. احتمالاً وجود یک ماده گیاهی در میان سنگ‌ها باعث می‌شده حرارت در لابه‌لای سنگ‌ها نیز به طور نسبتاً یکنواخت وجود داشته باشد. در اثر حرارت و حضور اکسیژن (زیرا آتشدان سرباز بوده)، ترکیبات سنگ تجزیه شده و اکسید سرب حاصل می‌شده (واکنش ۱) و با وجود حرارت و

قلع (اسفیداج ارزیز) که یکی از نمک‌های فلز قلع محسوب می‌شود و سرنج را با نسبت دو به یک، با سرکه (که بخش اصلی تشکیل‌دهنده آن استیک اسید است) ترکیب می‌کردند تا حالت خمیری بگیرد و سپس آن را در دیگی ریخته (به جنس دیگ اشاره نشده)، تمام بخش‌های بیرونی این ظرف را با گِل حکمت (مخلوط گِل کوزه‌گری خالص که با آب، خمیر شده باشد، تا خوب چسبنده شود با هم وزنش سرگین (پهن) بیخته و موی حیوانی ریز ریز شده که برای هر رطل (نوعی واحد وزن؛ پیمان) آن یک کف دست نمک به آن افزوده باشند (۴۸) می‌پوشاندند و آن را به مدت سه شبانه روز در اتاقک بالایی کوره‌های پخت شیشه (کوره بالائین آبگینه‌گران) و درواقع در معرض حرارت غیرمستقیم اما زیاد، قرار می‌دادند. با توجه به پوشیده بودن کامل ظرف با ترکیب رُس و نداشتن هیچ روزنه‌ای در آن و حتی استفاده از سرکه به عنوان یک ماده آلی در تهیه خمیر ماده اولیه، محیط پخت احیا فراهم می‌شده است. از آنجا که تمایل اکسایش قلع از سرب بیشتر است در این شرایط احتمالاً واکنش رخ می‌دهد.



به نظر می‌رسد پس از حرارت دیدن و خارج شدن سرب از ظرف، سرب با دمای بالا، به سرعت در مجاورت هوا اکسید شده و سرنج حاصل می‌شود (واکنش ۴).



در رابطه با حضور سرکه در این ترکیب احتمال دیگری نیز وجود دارد و آن تشکیل استات سرب و سپس شکل‌گیری هیدروکروسیت^۱ (ترکیب کربنات و هیدرات سرب) است (به این ترکیب سفید سرب، سفیدآب سرب نیز گفته می‌شود) که این ترکیب نیز مجدداً در حضور اکسیژن و حرارت تجزیه شده، ابتدا لیتارژ (PbO) و نهایتاً در اثر اکسیدشدن، قرمز سرب تشکیل می‌شود (۴۳).

پس از پخت و سردشدن، ماده آماده‌شده را ساییده و در نهایت برای اسیدشویی ماده حاصل و براق شدن آن، از آب مازوی سفید که شامل تانیک اسید رقیق است، استفاده می‌کردند. صمغ عربی نیز به‌عنوان بست به کار برده می‌شد. در این رساله به‌طور مشخص به تهیه ماده اولیه سرنج اشاره نشده و احتمالاً کانی این ماده به صورت پودر، برای ترکیب با سفیدآب قلع و تهیه مداد گلرنگ، استفاده می‌شده است.

بنابراین در رابطه با تهیه مداد گلرنگ و نام سرنج ذکر شده در رساله عمده‌الکتاب، دو نکته حائز اهمیت است:

۱- منشا و ماده اولیه تهیه سرنج مورد استفاده در آماده‌سازی خمیر چه بوده و اینکه آیا مخلوط کردن سرنج با سفیدآب قلع، به منظور خالص‌سازی سنگ معدن سرنج بوده است؟ احتمالاً با توجه به واکنش‌های ۳ و ۴، نوعی خالص‌سازی انجام می‌شده است. البته لازم به

² Fracture

¹Hydrocerussite

آن را شسته و سپس آن را با نَشادر (کلرید آمونیم؛ NH_4Cl) و سرکه می‌سایند. در مرحله بعد و برای حذف نشادر، به عَذَب اشاره شده است (در نسخه دانش‌پژوه (۱۳۴۹)، این واژه به صورت "عَضَب" نوشته شده است (۱۶)). عَذَب، عذبه یا عَضَب (حروف ذ و ب، ساکن هستند)، میوه و ثمره چوب گز است (۴۹). اگر مقصود همین ماده باشد، احتمالاً وجود ماده پراکسیداز به عنوان یک همی‌پروتئین و آنزیم گیاهی با نشادر وارد واکنش شده و آن را از ترکیب آماده شده، جدا می‌کند (این نکته نیاز به بررسی و آزمایش دارد و در اینجا صرفاً به عنوان یک فرضیه مطرح شده است). پس از حذف نشادر با عَذَب، ماده را خوب خشک کرده و مجدداً باید این عمل را تکرار کرد. پس از سَحَق (کوفتن؛ ساییدن؛ نرم کردن) و شستن مکرر، «... بپرداز از خلاصش بار دیگر» شاید در اینجا منظور آن است که مجدداً فرایند قرار گرفتن در مجاورت آتش و اکسیژن انجام شود زیرا که خلاص به معنی صاف شدن آمده (۴۸) و همچنین واژه خلاص به معنی ناب و ناآمیخته و گداخته زر و سیم (۵۰) نیز استفاده شده است. سپس شستشو و مجدداً حرارت دادن «... بیفزایی خلاصی در خلاصش»، تا رسیدن به سرنجی خالص و مرغوب، در واقع احتمالاً واژه "خلاص" اول به معنی خلوص و "خلاص" دوم به معنی فلز گداخته باشد. اگر طبق نظر دانش‌پژوه (۱۶) در بیت آخر، واژه "دو آتش" به جای "دو آتش" در تصحیح مایل هروی صحیح باشد، آنگاه واژه خلاص به معنی در معرض حرارت قرار دادن و گداختن، معنا می‌یابد.

در مجموع می‌توان اظهار داشت که مواد اولیه و روش‌های تولید و آماده‌سازی سرنج در این سه رساله کاملاً متفاوت است. همچنین آماده‌سازی سرنج برای مداد گلرنگ (رساله عمده‌الکتاب) در اتمسفر احیا صورت می‌گرفته، در حالی که در دو رساله دیگر، مرحله اول برای تهیه سرنج، حرارت‌دهی در جو با اکسیدشدن است.

۴- شنگرف

جیوه سولفید (HgS) ترکیب شیمیایی کانی سینابار است که به رنگدانه آن شنگرف (معرب: شنجرف) گفته می‌شود (شکل ۲) و اگر به صورت مصنوعی تهیه شود، آن را با نام ورمیلیون می‌شناسند. در مجاورت با حرارت، کانی سینابار تا حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد ثبات رنگی داشته و در دماهای بالاتر به تدریج تیره شده و به سولفید سیاه‌رنگ جیوه تبدیل می‌شود. این ماده در آب، الکل و نیتریک اسید نامحلول است (۴۰). سولفید قرمز رنگ جیوه به صورت مصنوعی به دو روش خشک و تر تولید می‌شود. در روش خشک، جیوه و گوگرد در دیگچه آهنی تا دمای بالاتر از ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌بینند و کم کم مواد ترکیب‌شده در سیلندرهای آهنی به سولفید بلوری قرمز رنگ جیوه تبدیل می‌شوند.

مجاورت با اکسیژن، از اکسیدهای سرب (PbO و PbO_2)، سرنج تشکیل می‌شده است (واکنش‌های ۲ و ۳).

در ادامه در باب نهم این رساله نویسنده در مورد آمیختن رنگ‌ها جهت استفاده برای نقاشی، تنها به ترکیب تمامی رنگ‌ها با صمغ عربی اشاره کرده است. نکته حائز اهمیت آن است که اگر از کانی گالن (PbS) که سنگ معدن طبیعی سرب است، در این روش استفاده شده باشد، فرایندی مشابه عمل تشویه^۱ در صنعت ذوب فلز رخ می‌دهد. در تشویه، کانی سولفیدی در مجاورت اکسیژن حرارت داده می‌شود تا ترکیب اکسیدی فلز حاصل شده و سپس روند استحصال انجام شود. البته در تشویه، میزان حرارت به دمای ذوب نمی‌رسد.

در رساله قانون‌الصّور در ساختن سفیدآب و سرنج آمده است (۱۱):

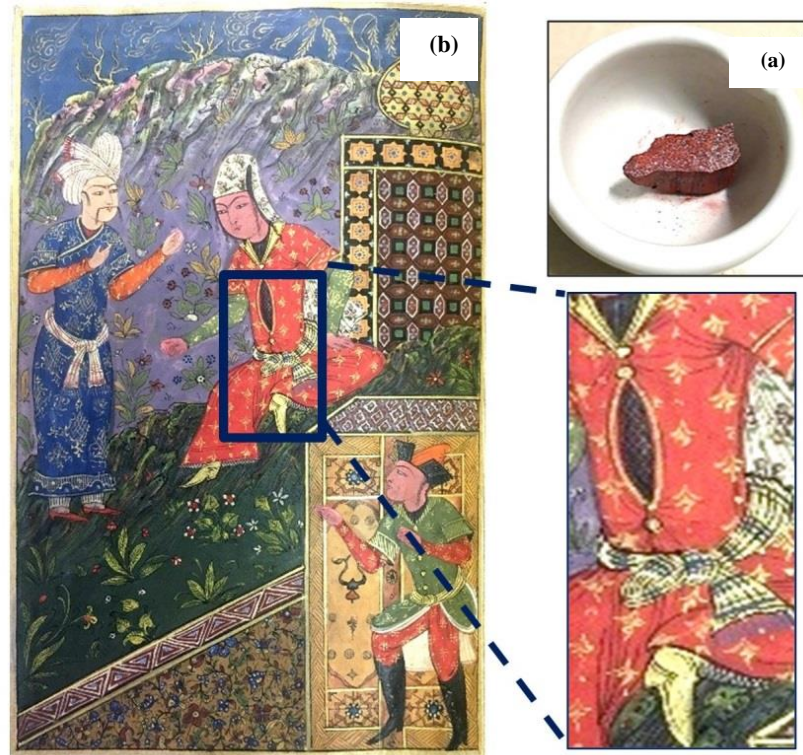
«بُود مشکل به منزل راه بردن
کنم چون با تو دارم حق یاری
بگیر از سرب هر چندان که باید
بینه بر دیگدان دیگ مقرر
به آهن کفچه‌اش یکسان بیاشور
بسان سرمه گردد تیره خاکی
بینه سرپوش و محکم دار پیوند
چو گردد سرمه باید پختن خوب
سه بارش چون بشستی ای نکورای
به عَذَب از وی نشادر پاک بستان
چو کردی شستن و سَحَقش مکرر
ز بعد آن خلاص او را بشو پاک
بری گر بار دیگر در خلاصش
چو فارغبال [فارغبال] گردی از دواش
به خود سر راه هر منزل سپردن
ز تعلیمت رفیقی سازگاری
به دیگری از سفالین کن که شاید
بکن آتش که گردد آب یکسر
چو خاکستر ز سیالی شود دور
فند آتش در او از تابناکی
گشوده راه آتشگاه مپسند
به آب ملح شستن پاک و مرغوب
بینه نوشادر و با سرکه می‌سای
بکن خشک و دگر می‌سای با آن
بپرداز از خلاصش بار دیگر
که گردی از صفای او فرحناک
بیفزایی خلاصی در خلاصش
برون آید سرنج پاک و بی‌غش»

براساس این رساله، سرب را در دیگی سفالی ریخته [آتش‌دانی سفالی] و بر روی حرارت قرار می‌دادند، آتشی پُر خروش که تمامی دیگ را در بر بگیرد، به صورتی که کاملاً به حالت مذاب درآید (بکن آتش که گردد آب یکسر). سپس از واژه "بیاشور" استفاده شده است. "شوریدن" در لغت‌نامه دهخدا به معنی برهم زدن و درآمیختن چیزهایی با یکدیگر با آلتی یا با دست یا به یک انگشت؛ و بیامیختن با کفچه و انگشت و مانند آن، آمده است. بنابراین این بیت اشاره به آن دارد که با کفگیر آهنی به طور یکسان، این مذاب را بر هم زده تا خاکستر (حاوی ناخالصی‌ها) از سرب مذاب دور شود. نقطه ذوب سرب پایین است و در دمای ۳۲۷/۴ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود. پس از آن که مذاب مانند سرمه تیره شد و به حالت کاملاً مذاب و گداخته درآمد (فند آتش در او از تابناکی)، در پوش ظرف را گذاشته، چنان‌که کاملاً راه هوا بسته شود. پس از آن که خوب مانند سرمه پخته شد، با آب ملح (نمک) سه مرتبه

^۱Cinnabar

^۱ Roasting

^۲Peroxidase



شکل ۲: نمونه کانی سینابار (a) رنگ شنگرف به کاررفته در نسخه مثنوی معنوی به شماره ۲۶۴۵، صفحه ۲۰۰، (b) متعلق به کتابخانه مجلس شورای اسلامی (منبع تصویر: نویسندگان، ۱۴۰۰).

Figure 2: Cinnabar (a) red lead color used in Masnavi-ye-Manavi 2645, p. 300, (b) Belonging to the library of Islamic parliament.

نگاره‌های دوره اسلامی ایران نیز تشخیص داده شده که در ادامه تنها به چند نمونه اشاره می‌شود: در سرلوح و نقاشی‌های نسخه خطی منحصر به فرد پنج گنج نظامی (۷۱۸ ه.ق) موجود در کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران (۵۴)، پنج نسخه خطی قرآن متعلق به قرون ۱۶ تا ۱۸ میلادی در موزه ویکتوریا آلبرت (۵۵)، در نگاره‌های منتخب از ۹ شاهنامه از مکاتب تیموری، جلایری و صفوی (۵۶)، نسخه خطی ایرانی متعلق به قرن هشتم ه.ق در آرشیو ایالتی میلان (۴۶) و غیره.

۴-۱- شنگرف در رساله‌های کتاب آرایی

شنگرف تنها رنگدانه‌ای است که در تمامی رسالات مورد بررسی در این پژوهش، از آن نام برده شده است. در رساله عمده‌الکتاب در صنعت ششم (در ذیل ساختن مداد سرخ) از چگونگی به‌دست آوردن شنگرف سخنی گفته شده و تنها به واژه زنجفر به معنای شنگرف اشاره شده و در رابطه با آماده‌سازی شنگرف یعنی خرد کردن، ساییدن، شستشو با آب و در نهایت اسیدشویی با آب مازو و ترکیب نهایی با صمغ عربی به عنوان بست توضیحاتی داده شده است. «بستانند از آب مازو آن قدر که از برای مداد سفید گرفته بودند و بستانند زنجفر شسته. و صفت شستن او آن است که آن را خرد کنند

در روش تر، ترکیب سیاه‌رنگ گوگرد و جیوه با حرارت دادن درون محلول آمونیم یا سولفید پتاسیم به بلورهای قرمز رنگ سولفید جیوه تبدیل می‌شوند (۴۱). البته در پژوهش میگوئل و همکارانش (۵۱)، دمای تبدیل β -HgS سیاه‌رنگ و با شبکه کریستالی مکعب ساده (S.C) به α -HgS قرمز رنگ و با شبکه کریستالی هگزاگونال، ۲۳۵ درجه سانتی‌گراد ذکر شده و این تبدیل در فاز جامد رخ می‌دهد.

شنگرف از رنگدانه‌های بسیار پرکاربرد در هنرهای تزئینی بوده و پژوهش‌های فراوانی به استفاده از این رنگدانه در ایران پیش از اسلام و دوره اسلامی اشاره کرده‌اند. اولین نشانه‌های استفاده از این رنگدانه به دوره هخامنشی و محوطه‌های پاسارگاد و تخت‌جمشید بازمی‌گردد که در دوران‌های بعدی نیز ادامه یافته و برای مثال در نقاشی‌های دیواری قلعه گوری متعلق به دوره ساسانی در راموند سیمره، این رنگدانه شناسایی شده است (۵۲). شاخص‌ترین رنگدانه قرمز شناسایی شده در قطعات دیوارنگاره به دست آمده از نیشابور (متعلق به موزه متروپولیتن) نیز شنگرف است (۴۴). در پژوهشی که بر روی بیش از ۲۰۰ نمونه از ۵۰ بنای تاریخی از قرون ۱۱ تا ۱۵ میلادی در ایران انجام شده، شنگرف به عنوان یکی از رنگدانه‌های اصلی قرمز، شناسایی شده است (۵۳). علاوه بر تزئینات وابسته به معماری، شنگرف در بسیاری از نسخ خطی و

محل‌ها بکار آید. و در صلایه کردن آن احتیاط تمام بجای آوردن شرطست. اول بر سنگ بسایید خشک، تا نیک نرم شود. بعد از آن، اندک اندک به آب انار ترش صلایه کند، تا وقتی که هیچ جرم نماند پس به آب گرم سنگ را و دست را در کاسه بشوید، و ده ساعت بگذارد تا زردابی که دارد، بر سر آید، آنرا بریزد. و باقی را بر خشت پخته نو آب نارسیده کند تا زود خشک شود. پس قدری را به آب صمغ برسرشد و بدان کتابت کند» (۱۱). پس از تهیه ترکیب شنگرف، گفته شده که در ساییدن آن باید احتیاط کامل شود. پس از ساییدن آن به صورت خشک بر سنگ، کم کم آب انار ترش به آن اضافه شده و فرایند ساییدن انجام شود تا زمانی که جرمی از شنگرف تولید شده باقی نمانده و (احتمالاً همه آن به دلیل بسیار نرم شدن، به شکل لایه‌ای از فام سرخ بر روی سنگ درآمده باشد) با شستن سنگ با آب گرم، این پودر رنگ بسیار نرم به درون ظرف منتقل شده و آنجا به مدت ده ساعت می‌ماند تا رنگدانه ته‌نشین شده و سپس زردابی که روی آن تشکیل می‌شود، دور ریخته شود. این پودر مرطوب را درون ظرف سفالی (خشت پخته نو که به آن آب نرسیده باشد) ریخته تا از طریق کشش مویین تخلخل‌های موجود در سفال، رطوبت جذب شده و پودر رنگ زودتر خشک شده و آماده شود.

در رساله سوادالخط آمده است: «حماه گل ختمی و موی سر آدمی، سبوس اینها را با یکدیگر عجین کن و بسیار بمال، و تا نیمه شیشه متین کن و خشک کن. چنان که اثر رطوبت در او نماند. و اگر شیشه سفید باشد بهتر. کبریت یک من و سیماب نیم من، اگر خواهی که در اعلی مرتبه آید مناصفه کبریت، و زبیق هر دو را با یکدیگر صلایه کن و در شیشه کن و سر شیشه را محکم کن و بر سر شیشه مقدار سر جوالدوزی سوراخ بگذار و بر آتش آنگشت نه، و نرم می‌دم از صبح تا نیم روز، تا آن زمان که دود سیاه از سوراخ شیشه برآید. بگذار تا دوده زرد و سفید شود، فی‌الحال محکم کن چون تمام گذاخته شود شنگرف باشد» (۱۱). براساس این متن، ترکیبی از گل سیاه (در فرهنگ معین حمایه به معنی گل سیاه؛ لحن آمده است (۵۷))، گل ختمی و موی سر آدمی را کاملاً ساییده و تا نیمه شیشه‌ای را به صورت یکنواخت (متین) پُر می‌کردند چنانکه کاملاً خشک بوده و رطوبتی نداشته باشد. البته به شیوه‌های دیگر نیز می‌توان ابتدای این جمله را تفسیر کرد؛ اگر جمله به این صورت باشد "حمایه گل ختمی و ..."، شاید به معنی گل ختمی است که کاملاً پوسیده شده. همچنین در فرهنگ عمید (۵۷)، واژه متین به عنوان یکی از مترادف‌های واژه یکنواخت هم ذکر شده است. از سویی دیگر احتمال دارد، نگارش واژه مُطَبِّین به معنی گل‌اندود شده، به صورت متین نوشته شده باشد که در این صورت " ... تا نیمه شیشه متین کن ... " به معنی گل‌اندود کردن شیشه تا نیمه است. سپس با نسبت یک به نیم گوگرد و جیوه (زبیق)، و یا مقدار مساوی از هر دو را با یکدیگر ساییده و در همان شیشه حاوی ترکیب گل ختمی و موی سر ریخته و در آن را محکم کرده و تنها به مقدار اندکی (به اندازه قطر یک جوالدوز) سوراخی در سرپوش شیشه ایجاد می‌کردند و با دمش نرم به مدت نیم روز در آتش زغال

و در ظرفی کنند و آب بَرُو ریزند و بگذارند تا در ته آب نشینند و آب از او بَریزند. چندبار همچنین کنند. پس خشک کنند و بسایند نرم نرم و بیامیزد به آن آب مازو که نگاه داشته بودند و بگذارند یک لحظه. پس بستند صمغ عربی و حل کنند به آب و بندازند بر آن و بزند سخت، پس به آن بنویسند» (۱۴). از آنجا که به خرد کردن زنجفر اشاره شده، احتمالاً منظور سنگ معدن یا کانسنگ شنگرف یعنی سینابار است.

در رساله بیان‌الصناعات در بخش "اندر عمل داروها"، به ساخت شنگرف به روش خشک اشاره شده است. «بستاند شیشه آگینه سطر بر ترنجی، یعنی که بن وی باریک باشد و سر وی تنگ چون کوزه قُفّاع، و ژبوه [جیوه] در وی کند و چهار یکی گوگرد زرد با وی بیامیزد و اگر شش یکی [بود] بهتر بود و پاره‌ای [مس تُنک کرده بر سر وی بنهد و از آن پس جمله شیشه را بگل [به گل] حکمت نیک بینداید و بافتاب [به افتاب] بنهد تا خشک شود. پس اگر گل وی بشکافد دیگر باره بینداید تا محکم گردد، و زان پس در تنوری پشکل گوسفند نیک بیفرورد و این شیشه را در میان آتش بنهد و سر تنور را بگل [به گل] بینداید و یک شبانروزی در آتش رها کند، بعد از آن چون پدَرآرد سرخ و نیکو گشته باشد، پس اگر خواهد که سرخ‌تر گردد بآب [به آب] انار وی را بشوید» (۱۰). به نظر می‌رسد ظرف تهیه این ماده نیز حائز اهمیت بوده چرا که ویژگی‌های آن ذکر شده است؛ ظرف شیشه‌ای ضخیم و قطوری به شکل ترنج، مانند کوزه قُفّاع (شراب؛ آب‌جو)، آماده شده و جیوه و گوگرد زرد را به نسبت ۴ به ۱ و یا ۶ به ۱ (که این نسبت را بهتر دانسته) درون آن ریخته (البته در متن مشخص نشده که ظرف شیشه‌ای باید کاملاً از مواد اولیه (جیوه و گوگرد) پُر شود و یا خیر؟)، سپس بر در ظرف تکه‌ای فلز مس تُنک (نازک) قرار داده و کل ظرف با گل حکمت کاملاً پوشانده شده و حتی اگر پس از خشک شدن گل، ترکی در آن ایجاد شده، ترمیم شود. سپس به مدت یک شبانه‌روز در آتش تنوری پر شده از فضولات گوسفند قرار دهند. تنور نیز سرپوشیده است. در نهایت نگارنده برای قرمزتر شدن شنگرف، پیشنهاد سستشوی آن با آب انار را می‌دهد. بنابراین مرحله اسیدشویی پیشنهاد شده در این رساله، با استفاده از آب انار بوده که حاوی تانیک اسید و فرولیک اسید است. اتمسفر محیط فراوری شنگرف در این روش، اتمسفر احیا است. البته باید به این نکته توجه داشت که مهم‌ترین منبع تهیه جیوه، فرم سولفیدی آن یعنی HgS یا همان کانی شنگرف است. در این رساله به منبع تهیه جیوه (که آیا به شکل جیوه فلزی استفاده شده و یا از راه حرارت دادن شنگرف در محیط اکسایش جیوه به دست آمده) اشاره نشده است.

در رساله جوهریه در کنار اشاره به این که نمونه مرغوب شنگرف، کانی است که از فرنگ آورده می‌شود، به تولید آن با ترکیب سیماب (جیوه) و گوگرد درون کوزه‌ای از گل نیز اشاره می‌شود. «اصل آن از گوگرد و سیماب است. و از گل حکمت کوزه سازند و به آتش نرم نرم آنرا بپزند. و بهترین آن در فرنگ سازند. پس کاتبانرا [کاتبان را] در بسیار

برای استفاده نیز با سریشم و یا صمغ (به طور کلی و شاید منظور صمغ عربی باشد) ترکیب کنند. با توجه به شباهت متن و اینکه رساله مدادالخطوط در حدود سال‌های ۹۳۵-۹۳۶ هجری قمری نوشته شده و رساله سوادالخط در اواخر قرن دهم هجری، ممکن است نویسنده سوادالخط از رساله مدادالخطوط استفاده کرده باشد.

تفاوت‌های جزئی در این دو متن دیده می‌شود؛ برای مثال در مدادالخطوط از واژه "مُطَيَّن" به معنی گِل‌اندود و در سوادالخط از واژه "متین" استفاده شده است. ممکن است این تفاوت تنها در املائی کلمات بوده و هر دو به معنی گِل‌اندود کردن باشند. همچنین مدادالخطوط بهترین شنگرف را متعلق به فرنگ و روم می‌داند. متن رساله قانون‌الصّور در مورد ساختن شنگرف به این صورت است (۱۱).

«بدست آور گریزنده سه و چار سه مثقال دگر کبریت کن یار
بسای اندر صلايه ساعتی بیش شود خاکستر تیره میندیش
بنه در شیشه مُطَيَّن دلکش بیفروز از پسین تا شام آتش
چو گردد سرد بیرون آر و بنگر که شنگرفی شود نیکو و احمر»

دستورالعمل ارائه شده بر ساییدن جیوه (گریزنده) با سه مثقال گوگرد (کبریت) اشاره دارد که پس از ساییدن به ترکیبی خاکستری رنگ تبدیل می‌شود. سپس این ترکیب در شیشه‌ای گِل‌اندود (مُطَيَّن) قرار داده شده و به مدت زمان عصر (پسین) تا شب در معرض آتش قرار می‌گیرد. در گلزار صفا آمده است (۱۱).

«ای ز رخساره شنجرف مثال خط زنگار کشیده پی حال
از جفای تو و از کثرت غم همچو گوگرد شده زرد رُخَم
زیق اشک روان کرده بر او داده از آتش دل رنگ بر او
از رخ و اشک روم این طرف است کز پی نسخه تو شنگرف است»

به نظر می‌رسد در این نسخه استفاده از کانی شنگرف مدنظر است که آن را بر سنگی ساییده تا کاملاً نرم شود. سپس با آب انار ترش صلايه کردن (ساییدن) ادامه پیدا می‌کند تا پودر شده و ذرات درشتی در آن باقی نمانده باشد (تا در او جرم نماند مطلق). با آب گرم، سنگی که رنگدانه را بر آن ساییده، شسته و داخلی ظرفی می‌ریزند. پس از یکی دو ساعت با آب سرد آن را شسته (و یا آب جمع شده در سطح رنگدانه ته‌نشست شده را دور ریخته) و سپس پودر رنگ آماده شده در ظرفی سفالی و آب ندیده نگهداری شود و پس از خشک شدن و برای استفاده، با صمغ [احتمالاً صمغ عربی] ترکیب شود. رساله هشتم، آداب‌الخط است (۵۸).

«گر هست تو را هوای شنگرف حرفی بشنو برای شنگرف
سیماب هر آنچه می‌توانی گوگرد همان قدر ستانی
و آنگه سر شیشه ساز محکم نه بر سر آتش دیدم [دادم؟]
اما سر شیشه را به سوزن سوراخ کنی به وجه احسن
تا دود سیه برآید از وی میدم همه دم بدم پیایی

(آنگشت) قرار می‌دادند. از حفره ایجاد کرده در سرپوش ظرف، ابتدا دود سیاه خارج شده و پس از پس از اینکه دوده یا دود، زرد و سفید شد، این سوراخ باید گرفته شود و پس از گداختن کامل، شنگرف تولید شده است. در این رساله نیز عمل‌آوری شنگرف در محیط احیا بوده اما به منبع جیوه اشاره نشده است.

در رساله مدادالخطوط تولید شنگرف مانند رساله سوادالخط ذکر شده با این تفاوت که در رساله سوادالخط به مرحله آماده‌سازی پس از تولید شنگرف اشاره‌ای نشده ولی در مدادالخطوط به تفضیل در مورد چگونگی ساییدن شنگرف با آب انار ترش و شستشو با آب و در نهایت اضافه کردن سریشم یا صمغ عربی توضیح داده شده که مشابه روش ذکر شده در رساله جوهریه است. «بهترین شنجرف آن است که در فرنگ و روم سازند و ساختن آن چنان است که گل و لای که در ته جوی‌ها می‌باشد و گل خطمی و موی سر آدمی و سپوس، اینها را با یکدیگر خمیر کرده بسیار مالش دهد تا نیمه شیشه مُطَيَّن سازد و خشک کند به مرتبه‌ای که اثر رطوبت در او نماند. و اگر شیشه سفید باشد بهتر است و بعد از آن گوگرد یک من و سیماب یک من، و اگر اعلا مرتبه خواهد مناصف کبریت و سیماب را با یکدیگر ضم و صلايه کند و در شیشه ریزد و سر شیشه را محکم کند و سوراخی به قدر سوراخ جوالدوز بر قلّه شیشه بگذارد و به آتش انگشت او را نرم نرم بدمد از صبح تا نیمروز، اما تا زمانی که دوده سیاه و الوان از سر شیشه بیرون آید بگذارد، چون دود سیاه نباید سفید آید فی‌الحال سر شیشه را محکم کند، چون که تمام گداخته شود شنجرف باشد در نهایت خوبی. و در صلايه آن اجتناب شرط است باید که او را در بالای سنگ به آب انار ترش قطره قطره چکانیده صلايه کند تا وقتی بسیار نرم شود و هیچ درشتی در او نمی‌ماند، پس به آب گرم دست و سنگ را بشوید و در کاسه دو سه ساعت بگذارد تا زرداب آن جمع شود و زرداب آن را بریزد و آنچه در ته کاسه بماند بر سفال آب ندیده با صفا که هموار و بی‌غبار باشد بریزد تا آنکه خشک شود، پس هروقت که خواهد قدری را به آب سریشم یا صمغ برسرند و کتابت کنند» (۱۱). ترکیب گِل و لای کف جوی‌ها و گِل ختمی (خطمی) و موی سر و سپوس (سپوس) را با یکدیگر مخلوط کرده (در لغت‌نامه دهخدا ضم به معنی فراهم آوردن؛ اضافه کردن؛ افزودن) و ورز داده و تا نیمه شیشه را گِل‌اندود (مُطَيَّن) می‌کند. پس از حذف کامل رطوبت، ترکیب گوگرد و جیوه را به داخل شیشه اضافه کرده و در آن را محکم بسته و به اندازه قطر یک جوالدوز در سرپوش، سوراخی ایجاد شود. از صبح تا نیمروز با آتش زغال آن را پخته و پس از خروج دود سیاه و در نهایت دود سفید، سوراخ در شیشه را مسدود کرده و حرارت دادن را ادامه می‌دهد تا به طور کامل گداخته شود. مرحله آماده‌سازی پودر رنگ شنگرف نیز با رعایت این نکته بوده که آب انار ترش به صورت قطره قطره بر آن چکانده شده و عمل سایش بر روی سنگ انجام شود. پس از حذف زرداب حاصل از این اسیدشویی و شستشو با آب، شنگرف حاصل را در سفالی صاف و بدون گرد و غبار و رطوبت ندیده، قرار داده و در نهایت

در انتها باید چند نکته را خاطرنشان ساخت:
شنگرف و جیوه از جمله ترکیبات مورد استفاده در کیمیاگری بوده، در نتیجه تهیه و آماده‌سازی آن احتمالاً پیچیدگی‌های خود را داشته و شاید همه مراحل ذکر نشده باشند.
منبع اصلی تهیه جیوه در طبیعت کانی شنگرف است. بنابراین به نظر می‌رسد تهیه رنگدانه شنگرف از کانی آن، ساده‌تر از استحصال جیوه از کانی و سپس پخت رنگدانه از ترکیب جیوه و گوگرد باشد که ترکیبی سمی است.

۵- زرنیخ سرخ

زرنیخ سرخ ترکیب بلوری گوگرد و آرسنیک با فرمول شیمیایی As_4S_4 است (شکل ۳). این ترکیب به صورت کانی با نام رآلگار در طبیعت وجود دارد. این کانی سمی دارای چگالی $۳/۵$ گرم بر سانتی‌مترمکعب است و تا دمای ۲۶۷ درجه سانتی‌گراد دارای ثبات رنگی بوده و در بالاتر از این دما به سیاهی می‌گراید تا در نهایت در دمای ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شود (۴۰).

علاوه بر استفاده از کانی طبیعی زرنیخ، این رنگدانه می‌تواند به صورت مصنوعی و با دوروش تر و یا خشک تولید شود. در روش خشک، آرسنیک و گوگرد باهم حرارت داده و واکنش می‌دهند که ابتدا از ترکیب حاصل زرنیخ زرد با ترکیب شیمیایی As_2S_3 شکل می‌گیرد و با ادامه دادن فرایند، زرنیخ سرخ تولید می‌شود. در روش تر، این رنگدانه از آرسنیک اکسید در حمام هیدروکلریک اسید و سولفوریک اسید به‌دست می‌آید. لازم به ذکر است که از حرارت دادن زرنیخ زرد همراه با کمی آرسنیک نیز زرنیخ سرخ تولید می‌شود. در مورد پایداری زرنیخ سرخ باید گفت که این رنگدانه در مجاورت نور خورشید در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنها دو سال پایدار بوده و پس از آن به زردی می‌گراید. به همین دلیل، در صورت استفاده از این رنگدانه در نمونه‌های مصورسازی شده نسخ، فام نهایی به رنگ نارنجی متمایل به زرد مشاهده می‌شود (۵۹). همچنین برای رسیدن به تاریکی روشنی رنگ مطلوب هنرمند، این رنگدانه ممکن است به صورت ترکیب با شنگرف و سرنج استفاده شده باشد (۵۵). از دیگر نکات مهم مربوط به رنگدانه زرنیخ، آن است که اگر پیش از استفاده اندکی گرم شود، تیره‌تر و براق‌تر به نظر می‌رسد که با سرد شدن مجدد به فام اولیه باز می‌گردد. همچنین لازم به ذکر است که کلیه ترکیبات آرسنیک، به شدت سمی هستند. در آنالیز برخی از نسخ خطی و نگاره‌های تاریخی ایران، این رنگدانه نیز شناسایی شده است (۴۰ ، ۵۰ ، ۷۰ ، ۴۱ ، ۵۵ ، ۶۰).

تا دود سفید از او برآید هنگام دمیدنش سرآید
آن روزنه را ببند و بگذار بگداخته کام خویش بردار»
در این رساله نیز به ساخت شنگرف با نسبت یک به یک گوگرد و جیوه (سیماب) درون شیشه و به روش خشک اشاره شده، به صورتی که درپوش شیشه نیز سوراخی داشته باشد. زمانی شنگرف آماده شده که به جای دود سیاه، دود سفید از شیشه خارج شود. در این زمان، سوراخ سرپوش شیشه را مسدود کرده و شنگرف برای استفاده آماده است.
آماده‌سازی شنگرف در رساله حلیه‌الکتاب به این صورت ذکر شده: «او را صلایه کنند و نیک بسایند و در کاسه چینی کنند و آب بر سرش ریزند و بشورانند، بعد از آن از او بریزند و باز آب صمغ کنند تا نیک زرد آب برند. قدری آب لیمو زرد کنند و بگذارند تا در آب لیمو خشک شود بعد از آن به وقایه باریک از دالا بپزند و در سکویره چینی کنند و به آب صمغ عربی بسرشند و بکار [به کار] برند و در غایت خوبی آید» (۱۱). در این رساله از تهیه شنگرف سخنی گفته نشده و تنها به آماده‌سازی آن پرداخته شده است. شنگرف را به خوبی بسایند و در کاسه چینی قرار دهند و با آب آن را شستشو دهند. گویا پس از آن یک بار با آب صمغ شستشو داده تا نیک زرد آب به دست. مقداری آب لیموترش به ماده اضافه کنند و اجازه می‌دهند تا خشک شود. در رابطه با این بخش از جمله "به وقایه باریک از دالا بپزند"، وقایه در فرهنگ معین به عنوان روسری و سربند زنان آمده است. دالا به معنی نوعی حریر نازک و محکم است (۱۱). اگر فعل جمله ببینند (به معنی الک کردن و غربال کردن) باشد (به جای بپزند) شاید منظور الک کردن رنگدانه با استفاده از حریری نازک برای به دست آوردن پودری یک‌دست و نرم باشد؛ و اگر فعل بپزند صحیح باشد، احتمالاً به حرارت دادن پودر رنگ ترکیب‌شده با آب لیمو که داخل حریری نازک قرار داده شده اشاره دارد که پس از این حرارت دیدن، مواد آلی (الیاف حریر و آب لیمو) تجزیه شده و پودر رنگ باقی می‌ماند. در نهایت رنگدانه آماده شده را در کاسه (سکویره) چینی ریخته و با صمغ عربی ترکیب کنند.

در آخرین رساله یعنی گلستان هنر نیز تنها به آماده‌سازی شنگرف و به ویژه تعداد دفعاتی که لازم است تا با آب شستشو شود، اشاره شده و از ماده دیگری برای اسیدشویی نامی برده نشده است. «شنگرف را چون سرمه بساید پس از آن بشوید و شستن وی چنان بود که آنرا آن را در کاسه رنگین کند و آب در وی کند و بجنباند و ساعتی رها کند تا آب صافی شود بعد از آن آبر [آب را] بریزد و دیگر صلایه کند و دو نوبت دیگر چنین کند البته سه کرت [دفعه] باید شستن و چون شسته باشد از خاک و غبارش نگاه‌دارد، و دیگر باره بساید و آب صمغ عربی در وی کند تا سَطْبَر شود و اگر برای قلم بکار [به کار] برد، تُنک [رقیق] باید کرد تا قلم پرود» (۱۹).

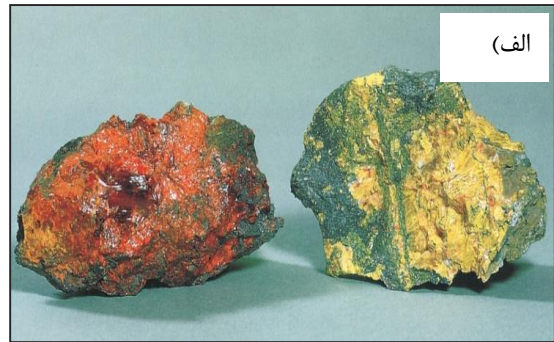
به پارا-رآلگار تبدیل شده است. استفاده از روش‌های آنالیز دستگاهی مانند طیف‌سنج رامان و پراش پرتو ایکس (XRD) می‌تواند جهت شناسایی و تفکیک این فازهای متفاوت، راهگشا باشد.

۵-۱- زرنیخ سرخ در رسالات کتاب آرای

روش آماده‌سازی زرنیخ سرخ در پنج رساله بیان‌الصناعات، جوهریه، گلزارصفاء، حلیه‌الکتاب و گلستان هنر ذکر شده و به روش تولید آن اشاره نشده است که احتمالاً به دلیل وجود کانی زرنیخ (به‌عنوان یکی از منابع مهم عنصر آرسنیک) در طبیعت است. زرنیخ با سینابار (کانی شنگرف) پاراژنز (همایند کانی‌شناسی یا کنارزایی) دارد؛ یعنی این کانی‌ها در شرایط مشابه، در کنار هم تشکیل می‌شوند.

در رساله بیان‌الصناعات در مورد آماده‌سازی زرنیخ آمده است: «اگر خواهند که زرنیخی زرد آید بر آب صلایه کنند ویرا [وی را] بسایند. پس آب صمغ عربی باوی [با وی] بیامیزد تا روان گردد. و اگر خواهد که زرد [ا] سرخ آید بخشک [به خشک] ویرا [وی را] بسایند که هر چه خشکتر [خشک‌تر] ساید سرخ‌تر آید بمانند شنگرف» (۱۰). نکته قابل توجه آن است که گفته شده برای تهیه زرنیخ سرخ، زرنیخ زرد را در حالت خشک بسایند؛ احتمالاً گرمای تولید شده در اثر اصطکاک حاصل از سایش، سبب واکنش و در نهایت تشکیل زرنیخ سرخ می‌شود و همان‌طور که گفته شده استمرار در ساییدن، سبب سرخ‌تر و براق‌تر شدن زرنیخ می‌گردد که با سرد شدن کمی کدر و نارنجی رنگ خواهد شد.

در رساله جوهریه تنها به نگارش واژه زرنیخ بسنده شده و اشاره‌ای به فام آن نشده است. «زرنیخ حل: و این نیز دو گونه باشد زرنیخ ورق و زرنیخ کلوخ. اما زرنیخ ورق، رنگین‌تر و درخشان‌ترست. قدری، از آن بستاند و بر روی سنگ نرم کنند، و بسایند. پس بکرباس [به کرباس] ببیزد، و به آب سرد صلایه کند، و بصمغ [احتمالاً صمغ عربی] بسرشد، و بدان کتابت کند؛ که بغایت [به غایت] رعنا نماید» (۵۸). در این رساله زرنیخ را به دو شکل کلوخ و ورقه تقسیم کرده و اذعان می‌دارد که زرنیخ ورق رنگین‌تر و درخشان‌تر است. احتمالاً مقصود نگارنده رساله از اصطلاح «زرنیخ ورق»، شکلی از زرنیخ است که کانی آن به شکل لایه‌لایه و ورقه‌ای باشد؛ زیرا که کانی رآلگار، کلیواژ (رَخ: تمایل بلورها برای شکست در امتداد صفحات بلوری خاص) کامل مطابق با سطح دارد. همچنین پس از ساییدن اولیه و نرم شدن ماده رنگدانه، آن را از صافی کرباس عبور داده (به کرباس ببیزد: بیز و ببیزدن به معنی بیختن است یعنی الک‌کردن و از صافی رد کردن) و با آب سرد مجدداً بسایند. در نهایت هم از صمغ (احتمالاً صمغ عربی) به‌عنوان بست استفاده شده است.



شکل ۳: (الف) کانی‌های زرنیخ زرد و زرنیخ سرخ یا رآلگار. (ب) قسمی از شاهنامه شیراز ۱۵۶۰ میلادی، قسمت‌های زرد و نارنجی رنگ به ترتیب زرنیخ زرد و سرخ است، نسخه متعلق به انستیتو اسمیت (۴۸).

Figure 3: (a) Yellow arsenic and red arsenic or Realgar. (b) A part of the Shahnameh of Shiraz, 1560 AD, the yellow and orange parts are yellow and red arsenic respectively, the copy belongs to the Smith Institute (48).

همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، این نکته را باید در نظر داشت که زرنیخ سرخ ترکیبی ناپایدار بوده و به مرور زمان دچار تغییرات شیمیایی شود؛ برای مثال در برخی پژوهش‌های انجام شده در بررسی رنگدانه‌های نسخ خطی، فاز میانه‌ای به نام پارا-رآلگار^۱ ($\beta\text{-As}_4\text{S}_4$) شناسایی شده که با رآلگار ایزومری دارد و در اثر واکنش‌های فتوشیمیایی ناشی از تخریب ساختار رآلگار ایجاد می‌شود. درواقع رآلگار در معرض نور دچار دگرسانی (آلتراسیون) شده و به پارا-رآلگار زرد رنگ تبدیل می‌شود (۵۵). قبلاً تصور براین بود که این رنگ زرد، زرنیخ زرد یا اورپیمنت (As_2S_3) است اما مطالعات مینرالوژیک ترکیب ساختاری متفاوت آن را نشان داد (۶۱). بنابراین در برخی نسخ و نگاره‌ها، ممکن است رنگ زرد، درواقع زرنیخ سرخ بود که به مرور زمان

Pararealgar

نگارگران، کاتبان، حفاظت‌گران و مرمت‌گران نسخ، رساله‌های تاریخی و به‌طور مشخص رساله‌های کتاب‌آرایی است که دربردارنده اطلاعات ارزشمندی در خصوص روش‌های تهیه رنگ‌ها، کاغذسازی، جلدسازی و غیره در زمان‌های مختلف است. رنگ سرخ یکی از رنگ‌های پرکاربرد در نگارگری است و در همه دوران‌ها مورد استفاده بوده است. در این پژوهش، سه رنگدانه سرنج (Pb_3O_4)، شنگرف (HgS) و زرنیخ سرخ (As_4S_4) با مرور متن ده رساله از سده چهارم تا یازدهم هجری شامل: عمده‌الکتاب، بیان‌الصناعات، جوهریه، سوادالخط، مدادالخطوط، قانون‌الصورة، گلزار صفا، آداب‌الخط، حلیه‌الکتاب، و گلستان هنر، در کنار روش تهیه و آماده‌سازی آن‌ها بررسی شده‌اند.

در سه رساله عمده‌الکتاب، بیان‌الصناعات و قانون‌الصورة به تهیه و تولید رنگ سرنج اشاره شده است. روش‌های تولید و آماده‌سازی این رنگدانه در هر یک از این سه رساله تفاوت داشته و از مواد اولیه، روش پخت و همچنین اسیدشویی متفاوتی یاد شده است. برای مثال در عمده‌الکتاب، از ترکیب سرنج و سفیداب قلع (اسفیداج ارزیز) همراه با سرکه، در ظرفی کاملاً سربسته، در حرارت غیرمستقیم و شرایط احیا، یاد شده و در بیان‌الصناعات، به حرارت دادن صفیحه سرب در آتشدان روباز اشاره شده که احتمالاً مشابه عمل تشویه در صنایع ذوب فلز بوده است. در قانون‌الصورة نیز عملی مشابه ذوب و استحصال فلز سرب ذکر شده همراه با توضیحاتی مفصل در خصوص شستشوی رنگدانه حاصل با آب نمک، سپس شستشو با نشادر و سرکه، پس از آن استفاده از ماده گیاهی از درخت گز به نام عذب یا عَضَب برای حذف شیمیایی نشادر و در نهایت شستشو با آب بیان شده است.

از ده رساله‌ای که به توضیح آماده‌سازی شنگرف اشاره داشته‌اند، روش‌های فراوری این رنگدانه در هشت رساله، متفاوت بوده و تنها دو رساله سوادالخط و مدادالخطوط روش آماده‌سازی مشابهی برای این رنگدانه ذکر می‌کنند. در عمده‌الکتاب، گلزار صفا و گلستان هنر، به استفاده از کانی شنگرف اشاره می‌شود که پس از مراحل سَحَق کردن و ساییدن و اسیدشویی، آماده می‌شود اما در هفت رساله دیگر، رنگدانه شنگرف از ترکیب و حرارت دادن گوگرد و جیوه در شیوه‌های متنوع، تولید می‌شود. همچنین در این ده رساله برای اسیدشویی شنگرف نیز به مواد مختلفی مانند آب انار ترش، آب مازو و آب لیموترش اشاره شده است.

در تهیه رنگدانه زرنیخ سرخ، روش‌های خشک و تر پیشنهاد شده که در روش خشک با ساییدن کانی و در روش تر، صلایه کردن و ساییدن در مجاورت آب ذکر شده است. دو رساله گلزار الصفا و جوهریه، دستورالعمل مشابهی برای آماده‌سازی این رنگدانه بیان کرده‌اند.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است

در رساله گلزار صفا نیز نگارنده به استفاده از ورق زرنیخ تأکید کرده و در ابیات به صورت کلی به صفت رنگ زرد آن اشاره دارد و از زرنیخ سرخ، سخنی به میان نیامده است. مراحل آماده‌سازی نیز مانند شیوه گزارش شده در رساله جوهریه است. نکته قابل توجه در اینجا اشاره به «کاغذ آل» است. در تعریف کاغذ آل آمده است «به کاغذی گفته می‌شود که با رنگ آل (نیم‌رنگ متمایل به سرخی) رنگ شده باشد» (۱۱). «آل» در لغت‌نامه دهخدا و فرهنگ‌های معین و عمید به معنی سرخ و احمر آمده است. اما در این شعر گفته شده «... هست بر کاغذ آل آن رعنا؛ کاغذ از زانکه کیبود است سیاه...» به صفت تیرگی کاغذ اشاره دارد.

«ای چو زرنیخ زهجت رویم	بنگر از عین تَلَطَّف سویم
تا به کی گردد از سنگ حسود	رخ زرد من دلخسته کیبود
رخ زردم که کیبود است ببین	لاجوردیست به زرنیخ قرین
بتو [به تو] ای عمر گرامی زین رو	می‌نمایم حل زرنیخ نکو
رنگ زرنیخ نماید زیبا	هست بر کاغذ آل آن رعنا
کاغذ از زانکه کیبود است سیاه	آید آن رنگ برو [بر او] خاطرخواه
لاجوردش چو قرینست ای دوست	آن بسی طرفه و نغز و دلجوست
عملش آن بود ای راحت دل	که بدان چون دل تو شد مایل
بستان جزوی زرنیخ ورق	سَحَق کن تا که بیابد رونق
پس به کربلس به بیزش [ببیزش] دیگر	زاب سردش بنما آنکه تر
پس صلایه کن ده صمغ آبش	به قلم باز روان دربابش» (۵۸)

در رساله حلیه‌الکتاب نیز تنها در مورد ساییدن زرنیخ با آب و صمغ به صورت بسیار مختصر توضیحاتی ذکر شده است. «شاخ شاخ سرخ بر سنگ صلایه کنند چون نرم شود در سکوره کنند به آب صمغ می‌مالند تا آمیخته شود، پس بر آفتاب نهند تا خشک شود و بار دیگر به صمغ بمالند و بکار [به کار] برند» (۱۱). نکته جالب توجه در اینجا استفاده از کلمات «شاخ شاخ سرخ» است. کانی رآلگار در سیستم مونوکلینیک متبلور می‌شود و ظاهری منشوری شکل دارد. بنابراین احتمال دارد با توجه به ظاهر این کانی، نام شاخ شاخ برای آن استفاده شده باشد.

در آخرین رساله، گلستان هنر در مورد زرنیخ کاملاً توضیحاتی مشابه با بیان‌الصناعات داده شده است. «اگر کسی خواهد که زرنیخ زرد را بآب [به آب] صلایه کند پس آب صمغ عربی باوی [با وی] بسپرد تا روان گردد. اگر خواهد زرنیخ سرخ آید، نخست وی را بساید نیک، هر چند که خشک‌تر آید سرخ‌تر گردد» (۱۹). بنابراین طبق نوشته این رساله اگر زرنیخ زرد مد نظر باشد آن را با آب می‌سایند و اگر زرنیخ سرخ بخواهند، آن را خشک می‌سایند؛ هرچه خشک‌تر باشد، قام سرخ‌تر می‌شود.

۶- جمع‌بندی

یکی از منابع مهم بررسی تاریخی فنون کتاب‌آرایی به‌ویژه برای

۷- مراجع

1. Itten J. The art of color. Tehran: Yasawli publications; 1391 [In Persian].
2. Porter E. The manners and techniques of painting and book design. Tehran: Farhangistan honar publications; 1392 [In Persian].
3. Ciomartan D A, Clark RJ. Raman microscopy applied to the analysis of the pigments used in two Persian manuscripts. J Braz Chem Soc. 1996;7:395-402.
4. Muralha VS, Burgio, L, Clark RJ. raman spectroscopy analysis of pigments on 16–17th c. persian manuscripts.SAA, 2012;92:21-28.
5. Pakzad Z. Color structure in the persian painting. Rev Eur Stud. 2017;9(1):1-17. <http://dx.doi.org/10.5539/res.v9n1p1>.
6. Knipe P, Eremin K, Walton M, Babini A, Rayner G. Materials and techniques of Islamic manuscripts. Herit Sci. 2018;6:1-40. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0217-y>.
7. Purinton N, Waiters M. A study of the materials used by medieval Persian painters. JAIC. 1991;30(2):125-44.
8. Razi MZ. Al-Asrar. Translated by Hassan Ali Sheybani, Tehran: Publishing and printing institute of tehran university; 1349 [In Persian].
9. Al-Sanhaji A. Umdat al-Kottab va Uddat Zawi al'Albab. In: Hirawi NM, editor. Mashhad: Islamic Research Academy; 1367 [In Persian].
10. Tbilisi HM. Bayan al-Sanaat. Farhang Iran Zemin. 1336;5:278-458. [In Persian].
11. Mayel Heravi N. The art of bibliopegy in islamic civilization: A collection of articles on penmanship ink making, papers. Mashhad: Astan Quds Razavi Publishing House; 1372 [In Persian].
12. Kashani AA. Arais al-Jawahar and Nafais al-Atayeb. In: Afshar I, editor. Tehran: Association of National Artifacts; 1345 [In Persian].
13. Jawahar al-Sana'ye. Tehran: Islamic Council Library [In Persian].
14. Sanhaji IB. Turkey (Bouqalamoun) treatise on colors (an old translation of the colors part of Omdat al-Kottab). Naameyh Baharestan. 1389;17:17-30 [In Persian].
15. Iranpour A. Medad al-Khotout: a fake treatise attributed to Mir Ali Heravi. Golestan-e Honar. 1399;7(3):13-22 [In Persian].
16. Danesh Pajouh MT. Qanoun al-Sovvar. Honar va Mardom (Art and People) Magazine. 1349;90:11-21 [In Persian].
17. Danesh Pajouh MT. Golzar Safa: Sirafi. Honar va Mardom. 1349;93(1):30-42. [In Persian].
18. Heravi NM. Etiquette treatise written by Abdallah Sirfi Tabrizi. Vaqf Miras-e Jaavidan. 1372;4:128-36. [In Persian].
19. Ghomi GAM. Golestan-e honar. Tehran: Manouchehri; 1383 [In Persian].
20. Danesh Pajouh MT. Biographies of calligraphers and artists. Honar va Mardom. 1348;86-87 [In Persian].
21. Afshar I. Color on paper Gozaresh-e Miras (Heritage Report). 1388;36:8-14. [In Persian].
22. Jokar J, Mirzakhani R. Comparative study of traditional dyeing techniques in the treatises of Golzar Safa and Qanoun al-Sovvar. The first international conference of arts and industries in Islamic Iranian culture and civilization; Isfahan: Isfahan University of Art; 1395 [In Persian].
23. Nazem H. Editing and proofreading of Sadeghi Beyk Afshar's treatise on the Qanun al-Sovar: Isfahan University of Art; 1392. [In Persian].
24. Shirazi F, editor The law of pictures and how to color Iranian paintings with mineral and organic pigments. The first national conference of chemistry and medicinal plants; 1401; Zahedan [In Persian].
25. Ghaffari L. An overview of the historiography of art treatises of the Safavid era (case study: Golestan-e Hanar, Manaqib Honarvaran and Qanuun al-Sovar). Fine Arts Studies. 1400;2(6):23-7 [In Persian].
26. Bahadori R, Bahrololoomi F. Dyes and Pigments in the Ornaments and the Inks of Illuminated Quran Manuscripts of Safavid Era. 2017 [In Persian].
27. Zomorodian A. Ttechnology and pathology of the Safavid version of the "Treatise of Al-Mushfiya le-Amrazw-e Al-Moshkelah", in order to present a conservation plan. Isfahan: University of Art; 1395 [In Persian].
28. Anselmi C, Ricciardi P, Buti D, Romani A, Moretti P, Rose Beers K, et al. MOLAB® meets Persia: non-invasive study of a sixteenth-century illuminated manuscript. Stud Conserv. 2015;60:185-S92. <https://doi.org/10.1179/0039363015Z.000000000223>.
29. Rossi C, Zoleo A, Bertoccello R, Meneghetti M, Deiana R. Application of Multispectral Imaging and Portable Spectroscopic Instruments to the Analysis of an Ancient Persian Illuminated Manuscript. Sens. 2021;21(15):4998. <https://doi.org/10.3390/s21154998>.
30. Clark RJ, Mirabaud S. Identification of the pigments on a sixteenth century Persian book of poetry by Raman microscopy. J. Raman Spectrosc. 2006;37(1-3):235-9. <https://doi.org/10.1002/jrs.1473>
31. Kakuee O, Fathollahi V, Oliyai P, Lamehi-Rachti M, Taheri R, Jafarian HA. External PIXE analysis of an Iranian 15th century poetry book. Nucl.Instrum.Methods Phys. Res., B. 2012;273:178-81. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2011.07.069>.
32. Mahmoudi Khorandi M. Investigation of colour materials applied in Shāhnāma manuscripts of 15th Century by non-invasive analytical methods: Staats-und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky; 2022.
33. Tanevska V, Nastova I, Minčeva-Šukarova B, Grupče O, Ozcatal M, Kavčić M, et al. Spectroscopic analysis of pigments and inks in manuscripts: II. Islamic illuminated manuscripts (16th–18th century). Vib. Spectrosc. 2014;73:127-37. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2014.05.008>
34. Pouriaei A, Marasy M. The making method and usage of black hebr in manuscripts by emphasis on Omdat'alketab manuscript stored in Astan Quds Razavi Library. LIS. 1397;21(3):3 - 27.
35. Noghani S, Modarresi P, Jafari R. Evaluation of different vermilion treatment methods presented in art treatises of the 16th–17th centuries. Journal of Fine Arts: Visual Arts. 2021;26(2):61-9. <https://doi.org/10.22059/jfava.2021.303982.666491> [In Persian].
36. Modarresi P, Jafari R, Noghani S. Recognition of vermilion preparation methods in Safavid illustrated manuscripts through colorimetric analysis. Archaeometry. 2021;63(6):1327-41. <https://doi.org/10.1111/arc.12677>.
37. Modarresi P. Recognition of the method of production and preparation of the red color spectrum used in the illustrated manuscripts of the Safavid period: Iran University of Art; 2017 [In Persian].
38. Jafari R, Modarresi P, Noghani S. Colorimetry of reproduced Minium pigment based on the historical art treatises. 13th Bi-Annual Conference on Conservation and Restoration of

- Historical - Cultural Artefacts and Architectural Decoration; Tabriz. 1403 [In Persian].
39. Nemati-Babaylou A, Koochakzaei A, Malekifar L. Using spectroscopic and microscopic methods in the study of the identification characteristics of paint materials produced based on traditional persian recipes: Cinnabar Red. *J Color Sci Tech*. 2024;18(1):25-36. <https://doi.org/10.1007/s12520-1402.18.1.3.5> [In Persian].
 40. Patnaik P. *Handbook of inorganic chemicals*: McGraw-Hill New York; 2003.
 41. *Artists' Pigments: A handbook of their history and characteristics*. Washington: National Gallery of Art; 1997.
 42. Jokar J. *Painting methods in the realm of art and painting*. Second edition ed. Tehran: Iranian Academy of Arts; 1389 [In Persian].
 43. Gliozzo E, Ionescu C. Pigments—Lead-based whites, reds, yellows and oranges and their alteration phases. *Archaeol. Anthropol. Sci*. 2022;14(1):17. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01407-z>.
 44. Holakoei P, de Lapérouse J-F, Rugiadi M, Carò F. Early Islamic pigments at Nishapur, north-eastern Iran: studies on the painted fragments preserved at The Metropolitan Museum of Art. *Archaeol Anthropol Sci*. 2018;10:175-95. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0347-7>
 45. Holakoei P, Karimy A-H, Saeidi-Anaraki F, Vaccaro C, Sabatini F, Degano I, et al. Colourants on the wall paintings of a mediæval fortress at the mount Sofeh in Isfahan, central Iran. *J. Archaeol. Sci. Rep.*. 2020;29:102065. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102065>
 46. Bruni S, Cariati F, Casadio F, Guglielmi V. Micro-Raman identification of the palette of a precious XVI century illuminated Persian codex. *J.Cult.Herit*. 2001;2(4):291-6. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(01\)01131-1](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(01)01131-1)
 47. Koochakzaei A, Gharetapeh SA, Bidgoli BJ. Identification of pigments used in a Qajar manuscript from Iran by using atomic and molecular spectroscopy and technical photography methods. *Herit Sci*. 2021;10(30). <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00665-x>
 48. Dehkhoda AA. *Dehkhoda dictionary*. Tehran: Dehkhoda Dictionary Institute [In Persian].
 49. Khalaf Tabrizi MH. *Burhan-i Qati*. Tehran: Ibn Sina; 1342. [In Persian].
 50. Mo'in M. *Farhang-e Farsi* (six volumes) Tehran: Amirkabir Publishing House; 1388 [In Persian].
 51. Miguel C, Pinto JV, Clarke M, Melo MJ. The alchemy of red mercury sulphide: the production of vermilion for medieval art. *Dyes Pigm*. 2014;102:210-7. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.10.041>
 52. Holakoei P, Karimy A-H, Hasanpour A, Oudbashi O. Micro-Raman spectroscopy in the identification of wulfenite and vanadinite in a Sasanian painted stucco fragment of the Ghaleh Guri in Ramavand, western Iran. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2016;169:169-74. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.06.033>
 53. Holakoei P, Karimy AH. Colourants on the Persian architectural decorations from the 11th to the 15th century. *Archaeometry*. 2024;66(3):600-17. DOI:10.1111/arcm.12951.
 54. Kordavani L, Bahadori R, Bahrololumi F. Introduction and scientific study of unique manuscript of the Nezami's Panj Ganj in central library and documentation centre of University of Tehran. *Acad. Libr. Info. Res*. 2018;52(2):149-71. <https://doi.org/10.22059/jlib.2019.237278.1232> [In Persian].
 55. Burgio L, Clark RJ, Muralha VS, Stanley T. Pigment analysis by Raman microscopy of the non-figurative illumination in 16th- to 18th century Islamic manuscripts. *JRS*. 2008;39(10):1482-93. <https://doi.org/10.1002/jrs.2027>.
 56. Mahmoudi Khorandi M. Investigation of colour materials applied in Shāhnāma manuscripts of 15th century by non-invasive analytical methods: Staats-und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky; 2022.
 57. Amid H. *Amid Persian Dictionary*. Tehran: Amir Kabir; 1371. [In Persian].
 58. Ghelichkhani H. *Treatises on calligraphy and related arts*. Tehran: Elmi Farhangi Publishing House; 1373.
 59. Fitzhugh EW. *Artists' pigments: a handbook of their history and characteristics*: National Gallery of Art; 1997.
 60. Barkeshli M. Historical and scientific analysis of Iranian illuminated manuscripts and miniature paintings. Contributions to the Symposium on the Care and Conservation of Middle Eastern manuscripts, R Sloggett (Ed), Centre for Cultural Materials Conservation: The University of Melbourne; 2008.
 61. Douglass DL, Shing C, Wang G. The light-induced alteration of realgar to pararealgar. *Am Min*. 1992;77(11-12):1266-74.

How to cite this article:

Noghani S, Modarresi P, Jafari RRereading of Minium, Vermilion and Realgar Preparation Methods in Ten Historical Treatises from 4th to 11th A.H. Centuries. *J Stud Color World*. 2024;14(3):237-252. <https://doi.org/10.30509/JSCW.2024.167329.1193> [In Persian].