■ شناسایی رنگینه‌ها و رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در تزیینات و مرکب نسخ خطی قرآنی دورهٔ صفوی

رویا بهادری | فرانک بحرالعلومی

■ چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر شناسایی رنگینه‌ها و رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در تزیینات نسخ خطی قرآنی دورهٔ صفویه با روش‌های دستگاهی و مقایسهٔ آن‌ها با مواد ذکرشده در رساله‌های کتاب‌آرایی است. برای اهداف حفاظتی و مرمتی نیز باید مواد رنگ‌دهنده شناسایی شود تا فرایند فرسایش و چگونگی پاک‌سازی و درمان آن‌ها معلوم گردد.

روش و رویکرد پژوهش: این پژوهش از نوع آمیخته است که گردآوری داده‌ها بر اساس اطلاعات حاصل از مطالعات کتابخانه‌ای و روش‌های دستگاهی است. در این پژوهش از روش شیمی تر، میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به تجزیهٔ شیمیایی پاشندگی پرتوی ایکس (SEM-EDX)، طیف‌سنجی لیزری رامان و طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR) مجهز به سلول انعکاسی ATR استفاده شد.

یافته‌های پژوهش: در این پژوهش شانزده نمونه از رنگ‌های آبی، قرمز و سبز به‌کاررفته در جدول‌کشی، علامت آیه و مرکبِ شش نسخهٔ خطی منسوب به دورهٔ صفویه بررسی و شناسایی شد. نتایج بررسی رنگ‌ها نشان داد که لاجورد، نیل، آزوریت و سفید سرب (کربنات بازی سرب) در رنگ‌های آبی؛ شنگرف، سرنج و روناس (آلیزارین) در رنگ‌های قرمز و زنگار (وردیگریس) و سفید سرب در رنگ‌های سبز تزیینات و مرکب این نسخ قرآنی استفاده شده است. تاریخچهٔ کاربرد رنگینه‌ها و رنگ‌دانه‌های شناسایی‌شده نشان می‌دهد که از همهٔ آن‌ها در رساله‌های قدیمی نام برده شده و از مواد متداول در دورهٔ صفویه بوده است و بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که هیچ تناقضی بین مواد استفاده‌شده و دورهٔ تاریخیِ موردِنظر (صفویه) وجود ندارد.

کلیدواژه‌ها

کتاب‌آرایی، رنگینه، رنگ‌دانه، صفوی

مطالعات آرشیوی

فصلنامهٔ *گنجینهٔ اسناد*: سال بیستم و هفتم، دفتر اول، (بهار ۱۳۹۶)، ۱۲۵-۱۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱۲ ■ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۴

www.SID.ir

شناسایی رنگینه‌ها و رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در تزیینات و مرکب نسخ خطی قرآنی دورهٔ صفوی[1]

رویا بهادری[2] | فرانک بحرالعلومی[3]

مقدمه

رنگ در تزیینات و آرایه‌های نسخ خطی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، به همین دلیل در اغلب نسخه‌های خطی مربوط به کتاب‌آرایی، بخشی نیز به رنگ‌های مورداستفاده برای تزیین نسخه‌های خطی و چگونگی تهیهٔ آن‌ها اختصاص یافته است. در این متون در خصوص چگونگی ساخت مدادهای الوان و رنگ‌های مورداستفاده در نسخ از موادی مانند نیل[4]، زرنیخ[5] و شنگرف[6] برای رنگ‌های آبی، زرد و سرخ نام برده شده است (طبری، ۱۳۹۱). معزبن بادیس (۳۹۸-۴۵۴ق) در رسالهٔ عمدةالکتاب در خصوص مواد استفاده‌شده در آن زمان و طریقهٔ کتابت می‌نویسد که: برای ایجاد رنگ زرد از زرنیخ، برای سبز از زنگار[7]، برای قرمز از شنگرف و سرنج[8] و برای رنگ سفید از سفید سرب (سفیداب سرب)[9] و برای رنگ نقره‌ای از طلق (میکا[10])، توتیا[11] (روی اکسید)، قلع و جیوه استفاده می‌شده است (معزبن بادیس، ۱۳۸۹). مواد دیگری مانند لاجورد[12] و اخرا[13] نیز از دیرباز در نقاشی و کتاب‌آرایی کاربرد داشته است و در کتاب‌های مختلف از آن‌ها نام برده شده است. برای مثال در«رساله در بیان کاغذ، مرکب و حل الوان» مربوط به قرن نهم روش تهیه لاجورد به اجمال آورده شده است (مایل هروی، ۱۳۷۲، ص۶۲). در برخی از رساله‌ها نیزبه‌طور مشروح دربارهٔ مواد استفاده‌شده در تزیینات و آرایه‌های نسخ خطی و چگونگی تهیهٔ آن‌ها مطالبی ذکر شده است (منشی قمی، ۱۳۵۹ ،ص۸۷; مایل هروی، ۱۳۷۲)، ولی بدیهی است که نکات بسیاری نیز مبهم است و تاکنون فهرست کامل این مواد استخراج

۱. این مقاله مستخرج از طرحی پژوهشی در پژوهشگاه میراث فرهنگی است که عنوان آن «شناسایی رنگ در سطوح آثار تاریخی ایران و بررسی تخریب آن از دیدگاه فیزیک و شیمیایی- مرحلهٔ اول: شناسایی رنگ روی کاغذ» است.

۲. مربی و عضو هیئت‌علمی پژوهشکدهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری
r.bahadori@richt.ir
۳. مربی وعضو هیئت علمي پژوهشکدهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری
bfaranak@yahoo.com

4. Indigo/Woad: $C_{16}H_{10}N_2O_2$
5. Orpiment/Auripigmentum: As_2S_3
6. Vermilion/Cinnabar: HgS
7. Verdigris: $Cu(CH_3COO)_2.nCu(OH)_2$
8. Minium/Red lead: Pb_3O_4
9. Lead White: $2PbCO_3.Pb(OH)_2$
10. Mica (Silicate minerals)
11. Vitriol (ZnO)
12. Lazurite/Ultramarine/Lapis Lazuli: $Na_{8-10}AlSi_6O_{24}S_{2-4}$
13. Red ochre/red earth: $Fe_2O_3.nH_2O$

Archive of SID
www.SID.ir

نشده است. همچنین معلوم نیست که آیا مواد دیگری علاوه بر آنچه در این رساله‌ها گفته شده، نیز به کار می‌رفته است یا خیر؟

در جدول۱ موادی آمده است که برای رنگ‌آمیزی تزیینات و آرایه‌های نسخ خطی در رساله‌های مختلف تا دورهٔ صفویه ذکر شده است. البته عمدهٔ مطالب دربارهٔ ساخت موادی برای رنگ‌کردن کاغذ است؛ اما درعین‌حال توضیحاتی دربارهٔ چگونگی فراهم‌آوری رنگ‌هایی مانند زنگار، شنگرف و سفیداب نیز داده شده است. در این نسخ برای تثبیت رنگ به افزودن موادی مانند آب مازو، سرکهٔ انگور، آب مورد، آب پوست انار، زاج، زاج قبرسی، آب شاه‌توت، آب‌لیمو، آب انار ترش، نوشادر و برای قوام رنگ (به‌عنوان بست) استفاده از موادی مانند صمغ عربی، نشاسته، آب سبوس و صمغ (به‌صورت کلی) توصیه شده است.

نام رساله	مؤلف	تاریخ	رنگینه (مواد گیاهی یا حیوانی)	رنگ‌دانه‌ها (مواد معدنی)
عمدةالکتاب	ابن بادیس صنهوجی	قرن پنجم ق	بقم،زعفران، سماق، گل شقایق نعمانی،نیل	زرنیخ،زنجفر، سرنج، سفیداب،شنگرف،طلق، لاجورد، مرغش
رساله در بیان کاغذ، مرکب و حل الوان	ناشناس	قرن نهم	بقم، زعفران، کبوده، لاک، گل معصفر، نیل	زرنیخ، زنگار، طلق، گل هرموز، لاجورد
مدادالخطوط	میرعلی‌هروی	قرن نهم و دهم	-	زنگار،شنگرف
سوادالخط	مجنون‌رفیقی هروی	قرن نهم و دهم	زعفران	زنگار،شنگرف
آداب‌المشق مجنون رفیقی هروی	-	-	زعفران، گل پکم، نیل	-
گلزار صفا	صیفی	قرن دهم	گل‌معصفر	زرنیخ،زنگار،سفیداب، شنجرف، گل هرمز، لاجورد
خط و مرکب	حسین‌عقیلی رستمداری	قرن دهم	شاهاب‌معصفر	زرنیخ،زنگار،سفیداب، شنجرف، طلق، گل هرمز، لاجورد
قانون‌الصور	صادق بیک افشار	قرن دهم	لاک	زنگار، سرنج، سفید سرب (سفیداب)،شنجرف
جواهرالصنایع	مؤلف‌ناشناس	دورهٔ صفویه	بقم، روناس، زعفران، گل معصفر،نیل	زنگار، زرنیخ، سفید سرب، مرقشیشای‌سوخته

جدول ۱

لیست مواد رنگ‌زای استفاده‌شده در کتاب‌آرایی، مستخرج از رساله‌ها

www.SID.ir

بررسی رنگینه‌ها و رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در نسخ خطی

لاجورد از دیرباز در تزیین نسخ خطی استفاده می‌شده است. در کتاب غرائب‌الفنون و ملاح‌العیون مربوط به قرن پنجم قمری که در کتابخانهٔ بودلیان نگهداری می‌شود، برای ترسیم رنگ آب‌ها و آسمان از لاجورد به‌تنهایی یا در ترکیب با مواد دیگر استفاده شده است (Chaplin, 2006: 865). لاجورد طبیعی از کانی کمیاب آن به نام لاپیس لازولی تهیه می‌شده است اما در سال ۱۸۳۰ لاجورد به‌طور مصنوعی تهیه و وارد بازار شد. شناسایی لاجورد با روش‌های شیمیایی و دستگاهی امکان‌پذیر است (Plesters,1997,p 45). نیل رنگ‌دانه‌ای آلی است که از تخمیر برگ‌های دو نوع درخت ایندیگوفرا[1] و وسمه[2] –که هر دو بومی آسیا هستند– با آب یا در یک محلول قلیایی به دست می‌آید. استفاده از نیل در جهان برای رنگرزی الیاف سابقه‌ای چندهزارساله دارد. از دیرباز در تزیین نسخ خطی از نیل برای تهیهٔ رنگ و مرکب آبی استفاده می‌شد و در منابع مختلف به چگونگی تهیهٔ نیل برای کتاب‌آرایی و نیز تهیهٔ رنگ‌های آبی و سبز با استفاده از مخلوط نیل و رنگ‌دانه‌های دیگر مثل زرنیخ پرداخته شده است (Schweppe, 1997,p 81؛Balfour-Paul, 1990,p 56). از آزوریت[3] که یکی از کانی‌های مس است در هیچ‌یک از منابع قدیمی برای تزیین نسخه‌های خطی ایران نامی برده نشده است ولی در تذهیب نسخه‌های خطی اروپایی از آن به‌وفور نام برده شده است (Delamar and Guieau, 2010,p 46). روناس یا آلیزارین[4] یک ترکیب گیاهی و یکی از پرکاربردترین رنگ‌های قرمز در ایران بوده است. این گیاه به‌طور گسترده در فارس و اصفهان کشت می‌شد و کاربرد آن در رنگرزی پارچه و الیاف بوده است؛ اما دربارهٔ استفاده از آن در تذهیب و کتاب‌آرایی در منابع کمتر سخن گفته شده است؛ برای مثال در رسالهٔ حلیة‌الکتاب فقط اشاره شده است که «اگر روناس [را] سه روز در آب تر کند، بعده[5] نویسد به آب او، از هر چیز لطیف‌تر برآید» (مایل هروی، ۱۳۷۲). پورتر نیز که دربارهٔ کتاب‌آرایی و نقاشی در جهان اسلام کار کرده است می‌نویسد که «غالباً در رساله‌ها از این رنگ برای رنگ کردن پارچه یاد شده و جای شگفتی است که به کاربرد آن برای کاغذسازی اشاره‌ای نشده است» (پورتر، ۱۳۸۹). این ماده در سال ۱۸۶۹ به‌طور مصنوعی هم تهیه و جایگزین روناس طبیعی شد. برای شناسایی این ترکیب که ساختار آلی دارد از روش‌های آنالیز ترکیبی استفاده می‌شود (Schweppe and Winter, 1997: 109). شنگرف و سرنج از رنگ‌دانه‌های قرمز هستند که از دوران باستان استفاده می‌شدند. شنگرف رنگ‌دانه‌ای سمی است که هم به‌صورت کانی طبیعی از معادن استخراج می‌شود و هم به‌صورت مصنوعی از ترکیب گوگرد و جیوه ساخته می‌شود و بسیار پایدار است. آنالیز عنصری بهترین روش برای شناسایی این رنگ‌دانه است. (Gettens et al., 1997,p159)

1. Indigofera
2. Woad: Isatis tinctoria L
3. Azurite: $2CuCO_3.Cu(OH)_2$
4. Madder/Alizarin: $C_{14}H_8O_4$
۵. پس از آن

Archive of SID
www.SID.ir

سرنج به‌صورت یک کانی طبیعی وجود دارد اما از حرارت دادن سفید سرب به همراه قلع تحت شرایط کنترل‌شده، به‌صورت مصنوعی نیز تولید می‌شود. با توجه به ساختار معدنی این ماده می‌توان از روش‌های متعدد این رنگ‌دانه را شناسایی کرد (West Fitzhugh, 1986,p 109). روش تهیهٔ رنگ از آن و استفاده در ساخت مرکب و تزیین نسخه‌های خطی در منابع متعددی ذکر شده است (مایل هروی، ۱۳۷۲). زنگار یا وردیگریس یک رنگ‌دانهٔ مصنوعی است که از دوران باستان کاربرد داشته است. این رنگ‌دانه از تأثیر بخار اسید استیک بر فلز مس تهیه می‌شود. از این ماده به‌وفور در رساله‌ها برای ایجاد رنگ سبز به‌تنهایی یا مخلوط با مواد دیگر مثل زعفران[1] نام برده شده است (Barkeshli and Ataiea, 2008). برای شناسایی این ماده می‌توان از روش‌های آنالیز عنصری و ترکیبی استفاده کرد (Kuhn, 1997: 131).

پیشینهٔ تحقیق

استفاده از روش‌های آزمایشگاهی برای مطالعه و شناسایی رنگ‌های به‌کاررفته در نسخ خطی می‌تواند گامی در جهت رفع ابهامات و تدوین تاریخ هنر کتاب‌آرایی باشد. با توجه به محدودیت مقدار نمونه، نیاز به استفاده از روش‌های غیرتخریبی[2] برای شناسایی عناصر و ترکیبات به‌کاررفته، است. شناسایی این مواد می‌تواند گامی در جهت تهیهٔ بانک اطلاعاتی از مواد و مصالح به‌کاررفته در هنر کتاب‌آرایی در هر دوره، مقایسهٔ آن با نسخ خطی و رساله‌های مربوطه و تدوین گوشه‌ای از تاریخ این هنر باشد. تاکنون مطالعات آزمایشگاهی اندکی درزمینهٔ شناسایی رنگ‌دانه‌ها و رنگینه‌ها در نسخ خطی دورهٔ صفویه صورت گرفته است. البته پژوهش‌هایی در این زمینه بر روی رنگ‌های به‌کاررفته در دورهٔ قاجار انجام شده است (حاجیانی و گرجی، ۱۳۸۷؛ Samanian et al, 2014). ولی با توجه به واردات مواد رنگ‌زا در دورهٔ قاجار و جایگزینی آن‌ها با رنگ‌های سنتی، نتایج این پژوهش‌ها قابل‌تعمیم به نسخ مُذَهَّب دورهٔ صفویه نیست. برای مثال حاجیانی و سامانیان در دو پژوهش جداگانه رنگ آبی به‌کاررفته در نقاشی‌های دورهٔ قاجار را آبی پروس[3] شناسایی کردند که رنگی مصنوعی است و در سال ۱۷۰٤م ساخته شده است.

ایو پورتر (۱۳۸۹) در کتابی دربارهٔ کتاب‌آرایی در جهان اسلام با توجه به نسخه‌ها و رساله‌های مختلف، فهرستی از رنگ‌های به‌کاررفته در نقاشی روی کاغذ را ذکر کرده است. کثیری با استفاده از روش پرتوی ایکس القایی پروتون (PIXE) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) توانست وجود لاجورد را در کتاب یوسف و زلیخای جامی (۸۱۷–۸۹۸ق) متعلق به دورهٔ صفویه شناسایی کند (Kasiri, 2015). بَرکَشلی در مقاله‌ای با استفاده از روش طیف‌سنجی زیرقرمز و میکروسکوپ نوری، رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته را در دوازده

1. Saffron
2. Non-Destructive Testing (NDT)
3. Prussian blue: $Fe_4(Fe[CN]_6)_3$

Archive of SID
www.SID.ir

مجلس نگارگری از مینیاتورهای روی کاغذ در نسخه‌های مُذَهَّب دورهٔ صفوی تا دورهٔ قاجار آنالیز کرده است. (Barkashli, 2009) در این نقاشی‌ها تا دورهٔ قاجار رنگ‌دانه‌هایی مانند زنگار، شنگرف، لاجورد، سرنج، اخرا، زرنیخ و رنگینه‌هایی مانند نیل و زعفران به کار رفته است؛ اما در نقاشی‌های دورهٔ قاجار، موادی مانند سبز زمردی[1] و آبی پروس نیزشناسایی شد که همهٔ آن‌ها در اروپا از قرن هجدهم میلادی به بعد ساخته و وارد بازار شده‌اند. در بررسی یک نسخهٔ خطی هفت‌پیکر نظامی مربوط به قرن۱۰ق (١٦ میلادی)، متعلق به موزهٔ فیتزویلیام در انگلستان، روش‌های دستگاهیِ قابل‌حملِ مختلفی مانند طیف‌سنجی زیرقرمز، طیف‌سنجی لیزریِ رامان، فلورسانسِ پرتویِ ایکس استفاده شده است. آنالیز سه پردهٔ مینیاتور از این کتاب که دو تا از آن‌ها دارای تاریخ ۹۳۱ق (۱۵۲۵م) و سومی ۱۰۸٦ق (١٦٧٥م) است نشان داد که در این دورهٔ حدوداً ۱۵۰ ساله مواد مورداستفاده توسط هنرمندان تغییر نداشته است. در این نقاشی‌ها برای تهیهٔ رنگ آبی از لاجورد، رنگ قرمز از شنگرف، رنگ سفید از سفید سرب، رنگ صورتی از قرمزدانه، رنگ بنفش از مخلوط قرمزدانه و لاجورد، رنگ زرد از زرنیخ، رنگ نارنجی مخلوطی از سرنج و زرنیخ و برای رنگ سبز از زنگار استفاده شده است (Anselmi, et al, 2016). در مقالهٔ دیگری محمودی و همکاران با استفاده از دستگاه فلورسانس پرتوی ایکس قابل‌حمل، طیف‌نگاری انعکاسی فیبر نوری و فلئوریمتری مولکولی فیبر نوری، رنگ‌دانه‌ها و رنگینه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های مینیاتور یک نسخه از هفت‌اورنگ جامی کتابت ۹٦۱ق، دورهٔ صفویه (۱۵۵۳م) را متعلق به موزهٔ هنرِ شرقِ تورینِ ایتالیا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در این نقاشی‌ها مخلوطی از زعفران و نیل همراه با زنگار برای ایجاد طیف‌های مختلف رنگ سبز، مالاکیت[2] برای رنگ سبز، شنگرف و اخرا برای رنگ قرمز، مخلوط شنگرف و سرنج برای قرمز، مخلوط لاجورد و نیل برای مرکب آبی و اخرا برای مرکب قرمز به کار رفته است (Mahmoudi Khorandi et al, 2016). در مقالهٔ دیگری با استفاده از طیف‌سنجی لیزری رامان، رنگ‌دانه‌های مورداستفاده در نقاشی‌های یک نسخهٔ کتابت شده در هرات مورخ ۹۹۷ق شناسایی شد که شامل لاجورد، زرنیخ، شنگرف، سرنج و سفیداب سرب بود (Hayes, et al, 2004). وجود شنگرف در مرکبِ قرمزِ پوست‌نوشته‌های قرآنی قرن چهارم نیز ثابت شده است (کردوانی و دیگران، ۱۳۹۳؛ لامعی و دیگران، ۱۳۸۸).

1. Emerald green;
2. Malachite: $CuCO_3.Cu(OH)_2$
$Cu(CH_3CO_2).3Cu(AsO_2)_2$

Archive of SID
www.SID.ir

روش کار

در ابتدا همهٔ نمونه‌ها با لوپ از نوع زوم استریو میکروسکوپ[1] یونیورسال با بزرگنمایی تا ۱۸۰ برابر بررسی و عکس‌برداری شدند؛ سپس رنگ‌ها با روش شیمیایی بررسی شدند. این بررسی شامل مطالعهٔ اثر اسید، باز و در برخی موارد معرف‌های شیمیایی بر روی نمونه‌ها بود. برای آنالیز عنصریِ نقطه‌ایِ نمونه‌ها از میکروسکوپِ الکترونیِ روبشیِ مجهز به تجزیهٔ شیمیاییِ پاشندگیِ انرژیِ پرتویِ ایکس (SEM-EDX)[2] استفاده شد. این روش به مقدار کمی نمونه نیاز دارد و آماده‌سازی نمونه، مستلزم استفاده از روش‌های شیمیایی و فیزیکیِ خاصی نیست. دستگاه استفاده‌شده در این آنالیزها Tescan مجهز به دستگاه آنالیز عنصریِ Rontec بود. برای شناسایی رنگینه‌های آلی و برخی از رنگ‌دانه‌های معدنی از دستگاه طیف‌سنج زیرقرمزِ تبدیل فوریه (FTIR)[3] استفاده شد. دستگاه مورداستفاده Brucker مدل Tensor ۲۷ مجهز به سلول انعکاسی ATR[4] (سل ZnSe) بود. برای آماده‌سازی نمونه‌ها، چند میلی‌گرم از نمونه با حدود ۲۰ برابر نمکِ برمید پتاسیم (KBr) در یک هاون عقیق ساییده شد و سپس تحت خلأ با اعمال فشار ده اتمسفر تبدیل به قرص شفاف با ضخامت یک میلی‌متر شد. در مواردی که امکان نمونه‌برداری وجود نداشت از روش بازتابشِ کلیِ تضعیف‌شده (ATR) استفاده شد. طیف‌ها برای روش قرص در ناحیهٔ $4000-400\ cm^{-1}$، با ۳۲ بار پیمایش و تفکیک $4\ cm^{-1}$ در دما و رطوبت اتاق ثبت شدند.

برای مطالعات تکمیلی و شناسایی برخی ترکیبات آلی و معدنی از روش طیف‌سنجیِ لیزریِ رامان[5] استفاده شد که روشی جدید و قدرتمند است. دستگاه طیف‌سنجِ رامانِ به‌کاررفته در این کار، مدلDispersive Raman Almega ساخت شرکت Nicolet، دارای پرتویِ خروجیِ قطبی‌شده با طول‌موج 532 nm ناشی از هماهنگ دوم لیزرِ Nd:YAG بود. ازآنجایی‌که در مطالعهٔ آثار هنری، غیرمخرب‌بودنِ روش اهمیت بسیاری دارد، شدت نور لیزر باید به‌گونه‌ای باشد که به نمونه آسیب نرساند، ازاین‌رو شدت نور لیزر روی 65 mw تنظیم شد. جهت بالا بردن دقت در تاباندن نور لیزر بر نقاط موردمطالعه از میکروسکوپی با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر استفاده شد.

1. Stereo Microscope
2. Scanning electron microscopy in combination with energy dispersive X-ray microanalysis (SEM-EDX)
3. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)
4. Attenuated Total Reflection (ATR)
5. Raman Laser Spectroscopy

Archive of SID
www.SID.ir

نمونه‌های موردبررسی

در این کار پنج پاره قرآن[1] اهدایی (S1-S5) و یک شجره‌نامه از مجموعه‌ای خصوصی (S٦) که همه منسوب به دورهٔ صفویه بودند برای آنالیز با روش‌های شیمیایی و دستگاهی انتخاب شدند (تصویر ۱). تعدادی از نسخه‌های موردبررسی تاریخ‌دار بود و بعضی از آن‌ها براساس نوع خط و تزیینات تاریخ‌گذاری شدند. رنگ‌های به‌کاررفته در تزیینات این نسخه‌ها آبی، قرمز و سبز است که در جدول‌کشی، علائم انتهای آیه‌ها و مرکب به کار رفته بود. ١٦ نمونه رنگ از ١٠ محل برداشته‌شده از نسخ، ٨ نمونه آبی، ٦ نمونه قرمز و ٢ نمونه سبز بود. مشخصات نسخ در جدول ٢ آمده است. از بعضی از محل‌های مشخص شده دو رنگ برداشته شده است.تزیینات طلایی‌رنگ به‌کاررفته در این شش نسخه در مقالهٔ جداگانه‌ای با روش SEM-EDX شناسایی شدند که در همهٔ رنگ‌های طلایی، آلیاژ طلا و نقره استفاده شده بود (بحرالعلومی و بهادری، ١٣٩٠).

۱. در اصطلاحات نسخه شناسی، پاره قرآن به نسخهٔ قرآنی گفته می شود که تنها بخشی از آن باقی مانده است.

تصویر ۱

شش نسخهٔ خطی دورهٔ صفوی که رنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در تزیینات و مرکب آن‌ها شناسایی شد، شمارهٔ نسخه‌ها و محل‌های نمونه‌برداری در شکل مشخص شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

ردیف	شمارهٔ نسخه	مشخصات نسخه	رنگ به‌کاررفته در تزیین نسخه	رنگ به‌کاررفته در مرکب	محل نمونه‌برداری
۱	S۱	قرآن دو برگی	آبی، قرمز، طلایی، سبز	قرمز	خطوط حاشیه، علامت آیه
۲	S۲	قرآن چهار برگی	آبی، قرمز، طلایی	قرمز، طلایی	خطوط حاشیه
۳	S۳	قرآن با تعداد برگ زیاد	آبی، قرمز، طلایی	قرمز	خطوط حاشیه و تزیین سمت چپ
۴	S۴	قرآن با ۲۰-۳۰ برگ	آبی، قرمز، طلایی	قرمز	خطوط حاشیه و مرکب
۵	S۵	قرآن با ۲۰-۳۰ برگ	آبی، طلایی	قرمز، آبی	خطوط حاشیه و مرکب سرسوره
۶	S۶	شجره‌نامه	آبی، سبز	قرمز	خطوط حاشیه

جدول ۲

مشخصات نسخه‌های بررسی‌شده

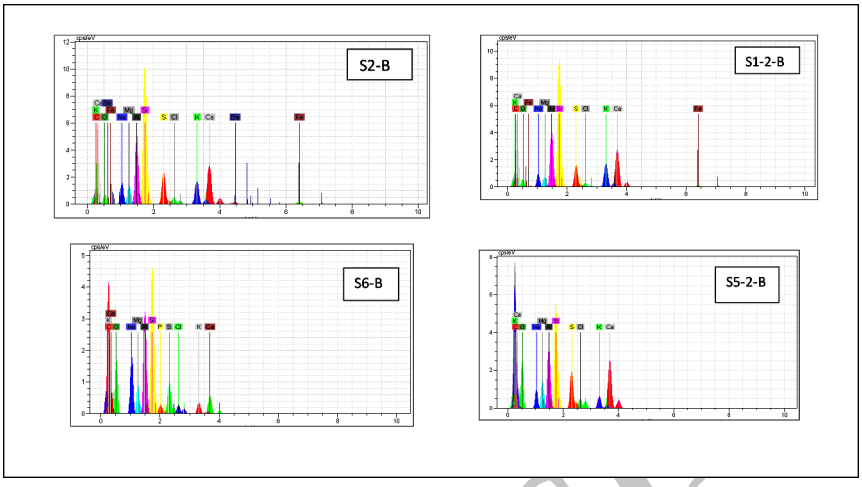
بحث و تحلیل یافته‌ها

شناسایی مواد سازندهٔ رنگ‌های آبی

برای شناسایی مواد سازندهٔ رنگ‌های آبی که در خطوط حاشیه، علامت آیه و مرکب به کار رفته بود از آزمایش‌های شیمیایی و دستگاهی استفاده شد. از ۸ نمونهٔ رنگ آبی، ٤ نمونه در اسید هیدروکلریک (HCl) سرد و رقیق بی‌رنگ شد، این بی‌رنگ شدن همراه با ایجاد گاز بدبوی سولفید هیدروژن (H_2S) بود که از مشخصه‌های رنگ‌دانهٔ لاجورد است (plesters, ۱۹۹۷). طیف EDX نمونه‌ها نیز وجود عنصر سیلیسیم (Si) را به مقدار زیاد و عناصر گوگرد (S)، آلومینیم (Al)، سدیم (Na)، پتاسیم (K) و منیزیم (Mg) را به مقدار کمتر نشان داد. طیف EDX این چهار نمونه در تصویر ۲ آمده است. در طیف FTIR نمونهٔ S2-B نوار 997 cm^{-1} به دلیل پیوند Si-O است که در لاجورد وجود دارد (تصویر۳). لاجورد از رنگ‌دانه‌های متداول در دورهٔ صفویه بوده و وجود آن در بسیاری از نسخه‌های ایرانی- اسلامی دورهٔ صفوی و قاجار به اثبات رسیده است (Kasiri, 2015, p65; Koochakzaei et al, 2016, p279).

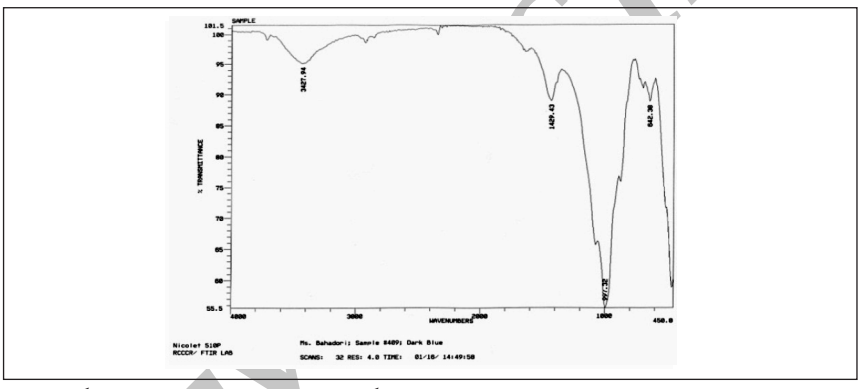
Archive of SID

www.SID.ir



تصویر ۲

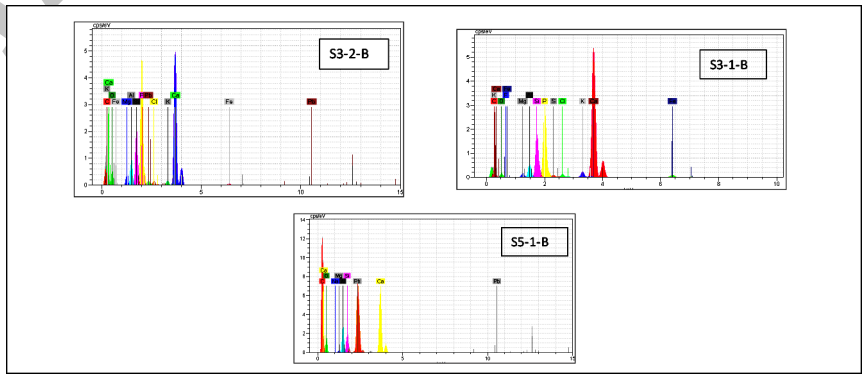
طیف EDX چهار نمونهٔ رنگ آبی که عناصر موجود در آن‌ها وجود رنگ‌دانهٔ لاجورد را ثابت می‌کند.



تصویر ۳

طیف FTIR نمونه S2-B که پس از تراشیدن رنگ از سطح نمونه به روش قرص تهیه شده است.

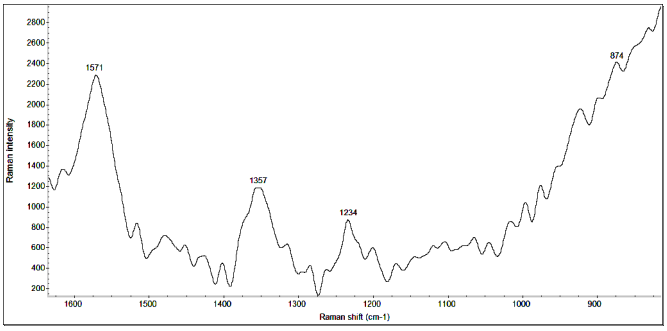
اسید هیدروکلریک سرد و رقیق بر سه نمونهٔ دیگر هیچ اثری نداشت و تغییر رنگی در آن‌ها مشاهده نشد. طیف EDX این رنگ‌های آبی وجود کربن و اکسیژن را به مقدار زیاد و کلسیم (Ca)، فسفر (P)، سرب (Pb)، سیلیسیم (Si)، آهن (Fe)، پتاسیم (K) آلومینیم (Al) و منیزیم (Mg) را به مقدار کمتر نشان داد که می‌تواند به علت وجود رنگینه‌ای با ساختار آلی باشد (تصویر ٤).



تصویر ۴

طیف EDX سه نمونه رنگ آبی که اسید آن‌ها را بی‌رنگ نکرد.

Archive of SID
www.SID.ir

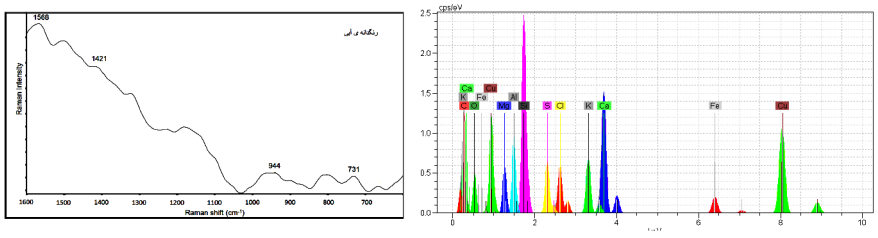


تصویر ۵

طیف رامان S3-2-B که وجود رنگینهٔ نیل را نشان می‌دهد

برای شناسایی ترکیبات به‌کاررفته در این نمونه‌ها از آن‌ها طیف لیزری رامان گرفته شد. با توجه به نوارهای 874، 1234، 1357، 1571 cm^{-1} در طیف رامان این نمونه‌ها و مقایسه آن‌ها با مراجع، مشخص شد که در این سه نمونه از رنگینهٔ نیل استفاده شده است. تصویر ۵ طیف رامان نمونهٔ S3-2-B را نشان می‌دهد. پیک 1572 cm^{-1} از پیک‌های خیلی قوی در طیف رامان نیل است که وجود پیک 1571 cm^{-1} در نمونه، تأییدی بر وجود نیل است (Schweppe, 1997, vol 3, P81). در طیف EDX دو نمونه‌ای که در آن‌ها نیل شناسایی شد (S3-2-B و S5-1-B) سرب وجود داشت که می‌تواند تأییدی بر وجود سفید سرب باشد که برای روشن کردن یا جسمیت بخشیدن به رنگینهٔ نیل اضافه شده است (Gettens and Fitzhugh, 1997, vol 2, P77). کاربرد نیل و سفید سرب در نسخ دورهٔ صفوی متداول بوده و از آن به‌وفور نام برده شده است (مایل هروی، ۱۳۷۲، ص ۲۳۰).

طیف EDX رنگ آبی به‌کاررفته در نمونهٔ S4-1-B، مس (Cu) را با غلظت بالا نشان داد که می‌تواند به علت وجود ترکیبات مس در این رنگ باشد. این نمونه در اسید بی‌رنگ شد ولی بوی گاز H_2S به مشام نرسید. طیف رامان این رنگ به علت وجود نوارهای 731، 944، 1421، 1568 cm^{-1} نشان‌دهندهٔ آزوریت با فرمول شیمیایی $2CuCO_3.Cu(OH)_2$ است (Gettens and Fitzhugh, 1997, vol 2, P23). طیف EDX و رامان این نمونه در تصویر۶ آمده است.



تصویر ۶

طیف EDX و رامان نمونهٔ S4-1-B

Archive of SID
www.SID.ir

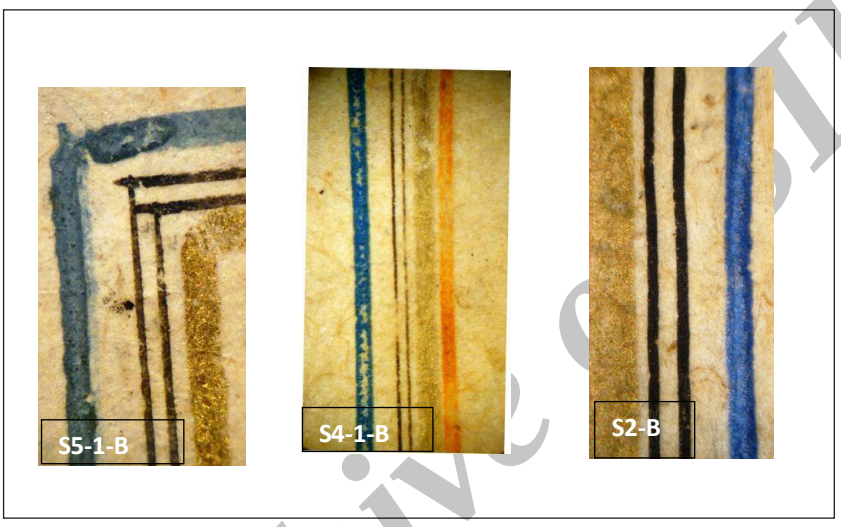
جدول ۳

نتایج آنالیز نیمه‌کمیِ عنصریِ رنگ‌های آبی با روش EDX

شمارهٔ نسخه	شمارهٔ نمونه	درصد عناصر موجود در آنالیز EDX رنگ‌های آبی												مادهٔ شناسایی‌شده
		C	O	Si	Ca	Al	Mg	Na	K	Pb	Fe	S	Cl	Cu	P	
S1	S1-2-B	11/15	31/51	22/84	8	9/87	2/23	3/92	4/66	-	0/5	4/44	0/88	-	-	لاجورد
S2	S2-B	9/41	22/08	24/36	8/29	11/97	3/82	5/61	4/52	-	0/83	6/29	1/92	-	-	لاجورد
S3	S3-1-B	9/35	36/41	7/39	72	2/48	1	-	1/01	-	0/98	0/45	0/59	-	12/03	نیل
S3	S3-2-B	19/38	18/14	6/82	30/75	2/82	1/17	-	0/93	0/99	1/27	17/02	0/72	-	-	نیل، سفید سرب
S4	S4-1-B	11/86	37/41	10/97	6/31	4/86	3/73	-	2/60	-	1/66	2/57	2/52	51/35	-	آزوریت
S5	S5-1-B	48/58	16/37	1/58	12/35	2/31	0/15	-	-	18/66	-	-	-	-	-	نیل، سفید سرب
S5	S5-2-B	13/73	34/19	14/36	12/64	7/35	3/5	2/72	2/76	-	-	6/14	2/60	-	-	لاجورد
S6	S6-B	25/18	31/69	13/67	3/29	9/12	2/55	5/91	1/83	-	-	3/84	1/62	-	1/13	لاجورد

www.SID.ir

وجود سایر عناصر مثل کلسیم، منیزیم، فسفر، آهن، پتاسیم، سدیم، کلر و آلومینیم در رنگ آبی نمونه‌ها می‌تواند به علت وجود مواد پرکننده در کاغذ و رنگ، مثل کلرید سدیم (NaCl)، کربنات کلسیم (CaCO3)، زاج یا سولفات مضاعف پتاسیم و آلومینیم ($AlK(SO_4)_2$)، کربنات منیزیم (MgCO3) فسفات آهن ($Fe_3(PO_4)_2$) و کربنات آهن ($FeCO_3$) باشد که از آن‌ها در منابع برای تهیهٔ مرکب و افزودنی‌های کاغذ نام برده شده است (مایل هروی، ۱۳۷۲، ص۷۹۰). نتایج آنالیز نیمه کمی EDX رنگ‌های آبی در جدول ۳ و مقایسهٔ رنگ‌های آبی به‌کاررفته در نسخه‌های خطی در تصویر ۷ آمده است.



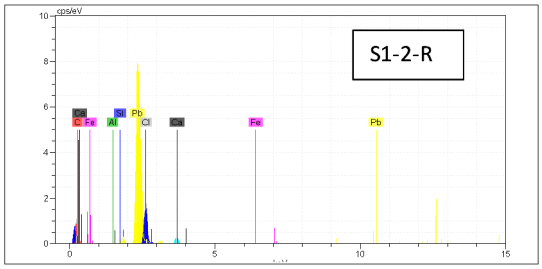
تصویر ۷

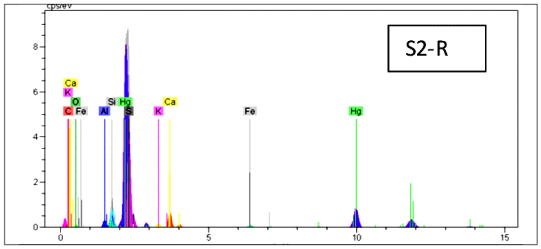
تصاویر میکروسکوپی از کاربرد رنگ آبی در سه نمونهٔ (S2-B) لاجورد، (S4-1-B) آزوریت و (S5-1-B) مخلوط نیل و سفید سرب، بزرگنمایی 40X

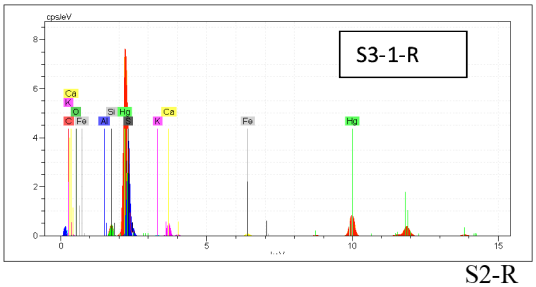
شناسایی مواد سازندهٔ رنگ‌های قرمز

رنگ قرمز در نسخه‌های موردبحث در خطوط حاشیه، علامت آیه و مرکب به کار رفته است. نتایج EDX سه نمونه، شامل عنصر جیوه (Hg) با درصد بالا بود که به علت کاربرد شنگرف (HgS) در رنگ قرمز است. درصد بالای سرب (pb) در طیف EDX دو نمونهٔ دیگر نشان‌دهندهٔ وجود سرنج (pb_3o_4) است (تصویر ۸). طیف EDX یک نمونه نیز فاقد جیوه، آهن و سرب بود و فقط کربن و اکسیژن را به مقدار زیاد نشان داد که می‌تواند به دلیل وجود مواد آلی در این نمونه باشد. نوارهای 2922 cm^{-1} و 1639 و 1456 و 1386 و 1025 در طیف FTIR این نمونه وجود روناس را ثابت کرد. طیف‌های EDX و FTIR این نمونه در تصویر ۹ آمده است. در طیف EDX این نمونه مقداری طلا وجود داشت که می‌تواند به علت وجود تزیینات طلایی در زیرِ لایهٔ رنگ قرمز باشد. مقایسهٔ کاربرد رنگ قرمز در تزیینات نسخه‌های خطی در تصویر ۱۰ و نتایج آنالیز نیمه‌کمیِ رنگ‌های قرمز با روش EDX در جدول ٤ آمده است.

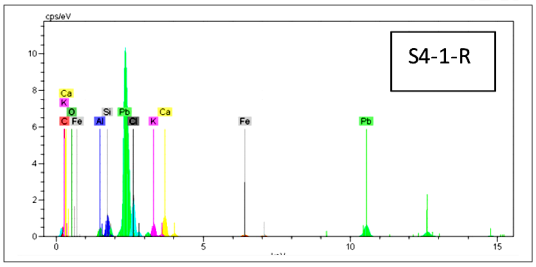
Archive of SID
www.SID.ir

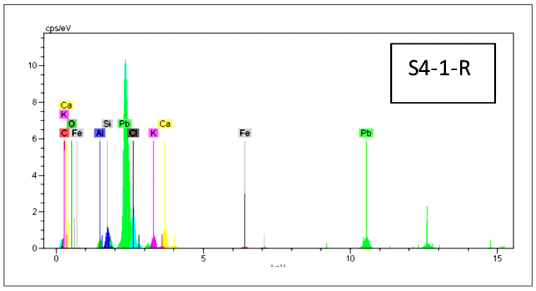






S2-R

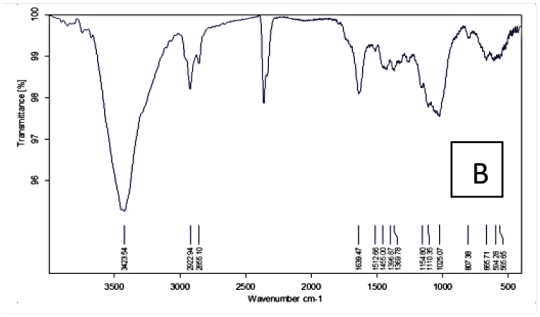


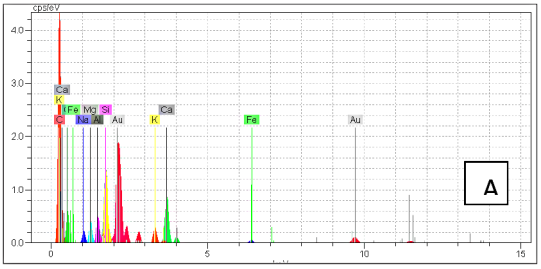


تصویر ۸

طیف EDX نمونه‌های قرمز

www.SID.ir





تصویر ۹

طیف EDX (A) و طیف FTIR (B) نمونهٔ S1-1-R که نشان‌دهندهٔ آلیزارین (روناس) است.

تصویر ۱۰

تصاویر میکروسکوپی از کاربرد رنگ قرمز در تزیینات نسخ خطی، (S1-2-R) سرنج، (S2-R) شنگرف، (S4-1-R) سرنج، بزرگنمایی 40X

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴

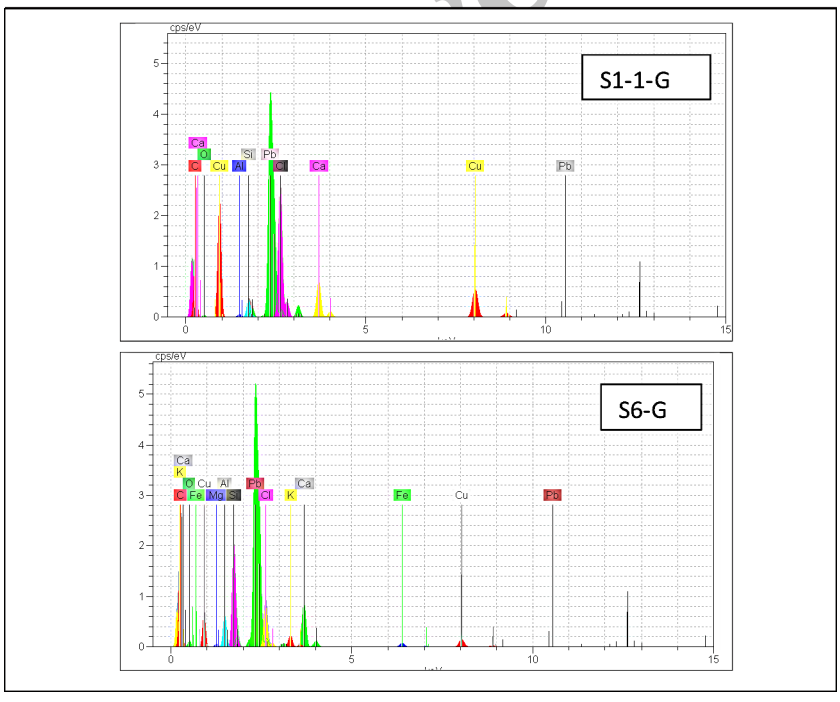
نتایج آنالیز نیمه‌کمیِ عنصریِ رنگ‌های قرمز با روش EDX

شناسایی	عناصر موجود در آنالیز EDX												شمارهٔ فونه	شمارهٔ نسخه
	Au	Cl	Hg	S	Fe	Pb	K	Na	Mg	Al	Ca	Si	O	C		
آلیزارین	2/01	-	-	-	0/24	-	0/52	1/08	1/23	1/17	1/70	2/72	85/65	3/58	S1-1-R	S1
سرنج	-	6/39	-	-	0/31	61/60	-	-			1/86	-	-	29/84	S1-2-R	S1
شنگرف	-	-	51/45	9/64	0/56	-	0/64	-	-	1/06	3/03	2/08	15/93	15/59	S2-R	S2
شنگرف	-	-	21/49	4/02	0/23	-	1/03	-	-	-	1/02	-	23/31	49/65	S3-1-R	S3
سرنج	-	-	-	-	0/78	50/85	2/40	-	-	1/17	3/93	2/25	0/15	32/63	S4-1-R	S4
شنگرف	-	-	33/59	6/01	-	-	0/2	-	-	-	21/49	2/37	32	22	S4-2-R	S4

www.SID.ir

شناسایی مواد سازندهٔ رنگ‌های سبز

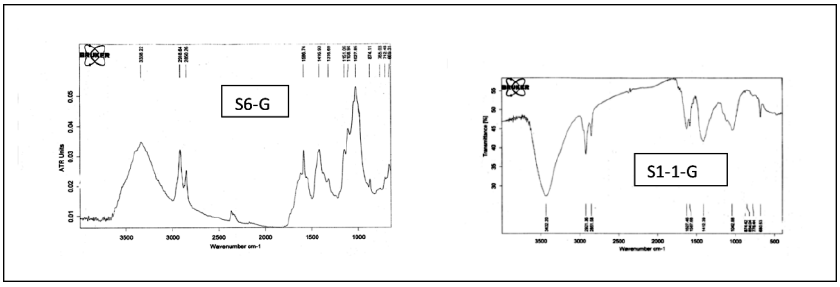
رنگ سبز که کاربرد آن نسبت به رنگ قرمز و آبی کمتر است در جدول‌کشی دو نسخهٔ S1 و S6 به‌کاررفته است. طیف EDX هر دو نمونه وجود Pb و Cu را با درصد بالا نشان داد (تصویر ۱۱) که به علت استفاده از ترکیبات مس و سرب است. برای شناسایی ترکیبات به‌کاررفته در این دو رنگ از آن‌ها طیف FTIR و رامان گرفته شد. در طیف FTIR نمونهٔ S1-1-G که با نمونه‌برداری و به روش قرص گرفته شد نوارهای 2921 cm^{-1} و 1627 و 1587 و 1042 وجود وردیگریس با نام شیمیایی استات بازی مس و نوارهای 3432 cm^{-1} و 1412 و 680 وجود سفید سرب را ثابت کرد و در طیف FTIR نمونهٔS6-G که به روش ATR و بدون نمونه‌برداری انجام شد، نوارهای 2918 cm^{-1} و 2850 و 1585 وجود وردیگریس، نوارهای 3338 cm^{-1} و 1416 و 669 وجود سفید سرب و نوارهای 874 cm^{-1} و 1042 وجود کاغذ را نشان داد (تصویر ۱۲). نوارهای 1451، 1419، 1346، 929، 682، 614، 509 cm^{-1} و 1554 نیز در طیف رامان نمونهٔ S1-1-G وجود وردیگریس را ثابت کرد (تصویر۱۳). در هر دو نمونه مخلوط وردیگریس و سفید سرب به کار رفته است که در متون قدیمی از کاربرد این دو ماده برای ایجاد رنگ سبز روشن بسیار نام برده شده است (مایل هروی، ۱۳۷۲). در جدول ۵ نتایج آنالیز نیمه‌کمیِ نمونه‌هایِ سبز و در تصویر ۱۴ کاربرد رنگ سبز در این دو نمونه آمده است.



تصویر ۱۱

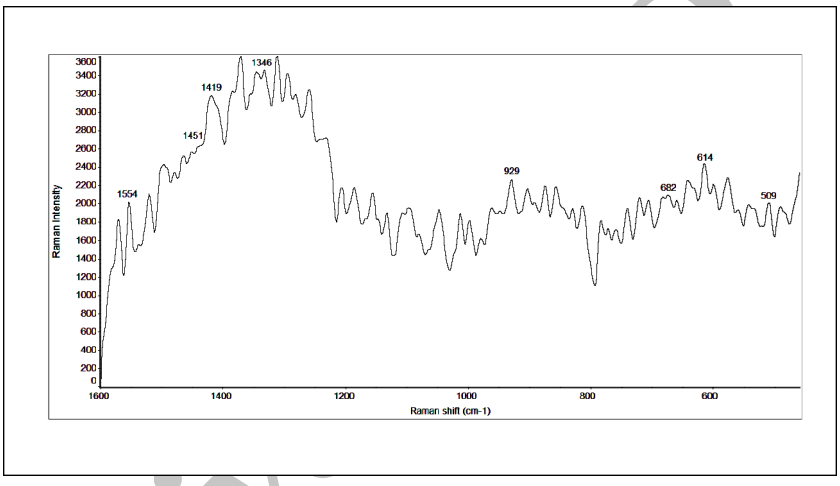
طیف EDX رنگ‌های سبز به‌کاررفته در دو نمونه از نسخ

www.SID.ir



تصویر ۱۲

طیف FTIR نمونهٔ S1-1-G که به روش قرص و به‌صورت عبوری و نمونهٔ S6-G که به روش ATR و به‌صورت جذبی گرفته شده است.



تصویر ۱۳

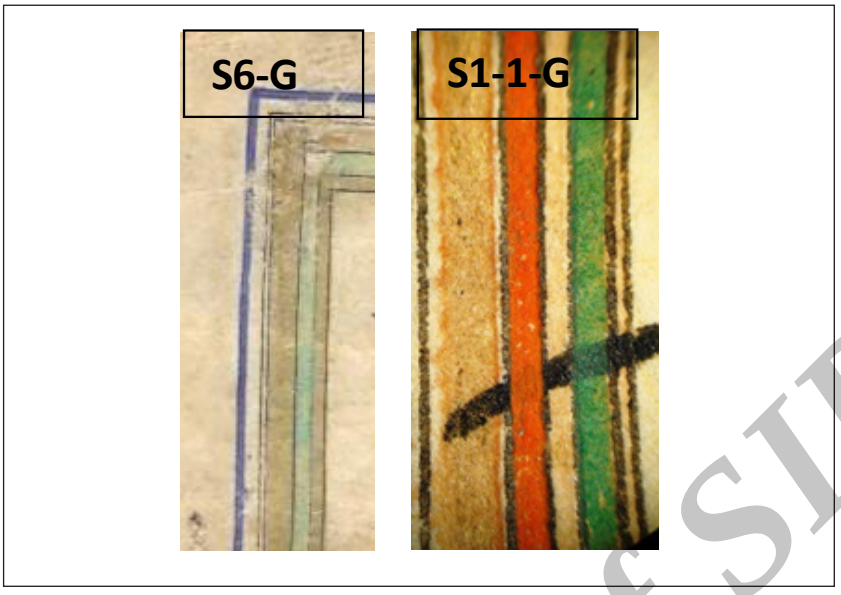
طیف رامان رنگ سبز نمونهٔ S1-1-G

جدول ۵

نتایج آنالیز نیمه‌کمیِ عنصریِ رنگ‌های سبز با روشِ EDX

شمارهٔ نسخه	شمارهٔ نمونه	عناصر موجود در آنالیز EDX													شناسایی
		C	O	Si	Ca	Al	Mg	Na	K	Pb	Fe	S	Cu	Cl	
S1	S1-1-G	20/03	90/65	0/89	9/92	0/65	-	-	-	31/21	-	-	22/91	8/33	زنگار (وردیگریس) و سفید سرب
S6	S6-G	36/24	3/08	4/26	4/30	1/35	0/11	-	1/04	38/22	1/34	-	7/35	2/71	زنگار (وردیگریس) و سفید سرب

www.SID.ir



تصویر ۱۴

تصویر میکروسکوپی از کاربرد رنگ سبز در نمونه‌های S1-1-G و S6-G که در هر دو نمونه مخلوطی از وردیگریس (زنگار) و سفید سرب به‌کار رفته است، بزرگنمایی 40X

نتیجه‌گیری

برای تزیین نسخه‌های خطی قرآنی معمولاً از جدول‌کشی، تزیین ابتدای سوره و انتهای آیه استفاده می‌شده است و در این تزیینات رنگ‌های متنوعی مثل آبی، قرمز، سبز، زرد و طلایی به‌کار رفته است. در این پژوهش رنگ‌های به‌کاررفته در چند نسخهٔ خطی قرآنی مربوط به دورهٔ صفوی با روش‌های شیمیایی و دستگاهی بررسی و آنالیز شد. نتایج نشان داد که در این تزیینات هم از رنگ‌دانه‌های معدنی مثل لاجورد، شنگرف، سرنج، سفید سرب و وردیگریس و هم از رنگ‌های آلی با منشأ گیاهی مثل نیل و روناس (آلیزارین) استفاده شده است.

موادی مانند نیل، لاجورد، شنگرف، سرنج، روناس و سفید سرب از مواد رایج برای کتاب‌آرایی بوده است که در متون قدیمی و منابع مختلف دورهٔ صفویه به‌وفور از آن‌ها نام برده شده است؛ از طرف دیگر در هیچ‌یک از نسخه‌های موردبررسی موادی به غیر از مواد متداول آن دوره به کار نرفته است که این، اصالت نسخه‌ها را ثابت می‌کند. شناسایی رنگ‌دانه‌ها و رنگینه‌ها یکی از مهم‌ترین روش‌های تأیید اصالت نسخهٔ خطی است.

همان‌گونه که در نتایج شناسایی رنگ‌ها مشاهده می‌شود برای تهیهٔ برخی رنگ‌ها، از مخلوط دو رنگ‌دانه استفاده شده است. در نسخه‌های بررسی‌شده نیل و وردیگریس همراه با سفید سرب به‌کار رفته‌اند. نقش سفید سرب که در متون قدیمی هم از آن زیاد نام برده شده است به‌درستی روشن نیست، ولی به‌نظر می‌رسد که سفید سرب در ترکیب

Archive of SID
www.SID.ir

با روناس طیف‌های متفاوت رنگ قرمز مثل صورتی و گل‌بهی و همچنین در ترکیب با نیل و لاجورد، رنگ آبی روشن و در ترکیب با زنگار، سبز پسته‌ای(سبز روشن) ایجاد می‌کرده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می دانند از دکتر محمدرضا ابویی مهریزی که مجموعهٔ بزرگی از اوراق و نسخ خطی را در اختیار قرار دادند، از دکتر رسول ملک‌فر و سعیده شایق برای انجام آنالیز طیف‌سنجیِ رامان و از آقای محمد تهرانی برای ترجمهٔ متون عربی تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

کتاب فارسی

پورتر، ایو. (۱۳۸۹). ***آداب و فنون نقاشی و کتاب‌آرایی***. (زینب رجبی، مترجم). تهران: فرهنگستان هنر، ص۸۷.

طبری، محمد بن ایوب الحاسب. (۱۳۹۱). ***تحفة‌الغرائب***. (جلال متینی، مصحح). تهران: کتابخانه، موزه و مرکز اسناد مجلس شورای اسلامی. صص۱٤۱–۱٤٥.

منشی قمی، احمدبن حسین. (۱۳٥۹). ***گلستان هنر***. (چ۲). (احمد سهیلی خوانساری، کوششگر). تهران: منوچهری.

مایل هروی، نجیب(گردآورنده). (۱۳۷۲). ***کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی***. مشهد: بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی.

مقالهٔ فارسی

آل داوود، سیدعلی. (۱۳۸۹). «رنگ‌آمیزی کاغذ و مرکب‌سازی، برگرفته از کتاب جواهرالصنایع». ***نامهٔ بهارستان***، سال یازدهم، دفتر ۱٦، صص۲۷–۳٦.

بحرالعلومی، فرانک و بهادری، رویا. (۱۳۹۰). «طلا یا به‌مانند طلا». ***نامهٔ بهارستان***، دفتر ۱۸–۱۹، صص۱٥۷–۱٦۱.

حاجیانی، شیوا و مهناز عبدالله خان گرجی. (۱۳۸۷). «شناسایی رنگ‌های مورداستفاده در سه نسخهٔ عقدنامهٔ عصر قاجار». ***مرمت و پژوهش***، شمارهٔ ٤، صص۱۱۹–۱۳۰.

کردوانی، لی‌لی و دیگران. (۱۳۹۳). «مطالعات حفظ و مرمت پوست‌نوشته‌ای قرآنی متعلق به سده‌های سوم و چهارم ق». دوفصلنامهٔ ***مرمت و معماری ایران***، سال چهارم، شمارهٔ هفتم، بهار و تابستان، صص۱۷–۲۷.

لامعی رشتی، محمد و دیگران. (۱۳۸۸). «آنالیز عنصری مرکب‌های به‌کاررفته در قطعات پوست‌نوشت قرآن با روش میکروسکپی». ***نامهٔ بهارستان***، سال دهم، دفتر ۱٥، صص۱۷۷–۱۸٤.

Archive of SID
www.SID.ir

معزّبن بادیس. (۱۳۸۹). «رسالهٔ بوقلمون در رنگ‌ها». (نادر مطلبی کاشانی، کوششگر). ***نامهٔ بهارستان***، سال ۱۱، دفتر ۱۷، صص ۱۷-۳۰.

منابع لاتین

کتاب لاتین

Balfour-Paul, J. (1990). ***Indigo in the Arab world, in: Dyes in History and Archaeology.*** York: Textile Research Associates, pp56-89.

Delamar, F. and B. Guineau. (2010). ***Colour Making and Using Dyes and Pigments.*** UK: Thames and Hudson.

Gettens, R. J.; West Fitzhugh, E. (1997). ***Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics.*** Ashok Roy (ed.). National Gallery of Art and Oxford University Press. Washington, DC: Oxford University Press,vol: 2.

Gettens, R.; Feller, R.; Chase, W. T. (1997). ***Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics.*** Roy, A. (ed.). National Gallery of Art and Oxford University Press. Washington, DC: Oxford University Press, vol: 2.

Kuhn, H. (1997). Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics. A. Roy (ed.). National Gallery of Art and Oxford University Press. Washington, DC: Oxford University Press, vol: 2.

Pelesters, J. (1997). ***Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics.*** Ashok Roy (ed.). National Gallery of Art and Oxford University Press. Washington, DC: Oxford University Press,vol: 2.

Schweppe, H. (1997). ***Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics.*** West FitzHugh, E., (ed). National Gallery of Art and Oxford University Press: Washington, DC, Oxford,vol: 3.

Schweppe, H; Winter, J. (1997). ***Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics.*** West FitzHugh, E., (ed), National Gallery of Art and Oxford University Press: Washington, DC, Oxford,vol: 3.

West Fitzhugh, E. (1986). ***Artists Pigment: A handbook of their history and characteristics.*** Feller, R., (ed). National gallery of art, vol: 1.

مقالهٔ لاتین

Anselmi, K.; et al. (2016). "MOLAB® meets Persia: Non-invasive study of a sixteenth-

Archive of SID
www.SID.ir

century illuminated manuscript Chiara". ***Studies in Conservation,*** Sup. 1, pp185-192.

Barkeshli, M. (2009). "Historical and scientific analysis of Iranian illuminated manuscripts and miniature paintings". ***Golestan-e Honar,*** Vol: 5, Issue: 2 (16), pp8-22.

Barkeshli, M.; AtaieG. H. (2008). "pH Stability of Saffron Used in Verdigris as an Inhibitor in Persian Miniature Paintings". ***Restaurator,*** Volume 23, Issue 3, pp154-164.

Chaplin, T. D .(2006). "Raman spectroscopic analysis of selected astronomical and cartographic folios from the early 13th century Islamic 'Book of Curiosities of the Sciences and Marvels for the Eyes". ***J. Raman Spectrosc,*** pp865-877.

Hayes, V.; S. Denoël; Z. Genadry; B. Gilbert. (2004). "Identification of pigments on a 16th century Persian manuscript by microRaman spectroscopy". ***J. Raman Spectrosc.*** 35, pp781-785.

Kasiri, M. B. (2015). "Identification of Lazurite Pigment in Persian Miniatures by PIXE and AFM Methods". ***J. Color. Sci. Tech.,*** JCST-06-04-2015-1579.

Koochakzaei, A. R. A.; Nemati Babaylou1, A.; Daneshpoor, L. (2016). "Identification of Pigments Used in Decoration of Paper Inscription Related to Ansarin House of Tabriz". ***J. Color. Sci. Tech.,*** pp297-306.

Mahmoudi Khorandi, M.; M. Gulmini1; M. Aceto; A. Agostino and H. Sayyadshahri. (2016). "the non-invasive approaches to identify the dyes and pigments of the Haft Awrang-i Jāmi". ***Second International Conference on Natural Sciences and Technology in Manuscript Analysis,*** Book of Abstracts, Hamburg University, pp13-14.

Samanian, Kouros; Abbasi, Zahra; Dashtizadeh, Maryam. (2014). "Archaeological perspective on the Egyptian girl tableau attributed to Kamal-al-Molk : the Iranian royal painter in the Qajar era (1794 -1925 AD)". ***Mediterranean archaeology & archaeometry,*** Vol: 14, No:1, pp75-92.

Archive of SID

www.SID.ir