

Identification of the Type of Coloring Materials in Safavid-era Mural Paintings in Jarchi Bashi Mosque, Isfahan

Sayyedmohsen Hagsayyedjavadi*, Arezoo Pashlang

Department of Art and Architecture, Payam Noor University, P.O. Box: 19395-4697, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 02-10-2024

Accepted: 18-02-2025

Available online: 05-03-2025

Print ISSN: 1735-8779

Online ISSN: 2383-2169

DOI: [10.30509/jcst.2025.167396.1240](https://doi.org/10.30509/jcst.2025.167396.1240)

Keywords:

XRD

FT-IR

Raman

Wall painting

Colorful decorations

Jarchi Bashi Mosque Isfahan

ABSTRACT

This research aims to identify pigments and color agents in the remains of Safavid murals in Jarchibashi Mosque, Isfahan. In this regard, red, blue, white, and gold-colored layers were sampled, as well as the lower layers of the authentic parts of the Safavid period. Analyses such as Fourier transform infrared analysis (FT-IR), Raman spectroscopy, X-ray diffractometry (XRD), and microscopic studies under a polarized microscope (PLM) were used for structural and elemental investigations. Based on the results obtained, in the colored decorations of Jarchibashi Mosque, red syringe pigment was used for red decorations, natural azure blue for blue-colored decorations, white mud (halonite) for white-colored decorations, and gold leaf for golden-colored decorations.

*Corresponding author: * hajisayyedjavady@pnu.ac.ir





شناسایی نوع مواد رنگ‌ساز نقاشی دیواری دوره صفوی در مسجد جارچی‌باشی اصفهان

سیدمحسن حاجی‌سیدجوادی^{۱*}، آرزو پشلنگ^۲

۱- استادیار، گروه هنر و معماری، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵

۲- کارشناس ارشد رشته پژوهش هنر، گروه هنر و معماری، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵

چکیده

هدف از این پژوهش شناسایی رنگدانه‌ها و عوامل رنگی در بقایای دیوارنگاره‌های صفوی مسجد جارچی‌باشی اصفهان است. در این راستا، لایه‌های رنگی فام‌های قرمز، آبی، سفید و طلایی و نیز لایه بستر بخش‌های اصیل دوره صفوی نمونه برداری شد. برای بررسی‌های ساختاری و عنصری آزمون‌هایی نظیر طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FT-IR)، طیف‌سنجی رامان، فلورسانس پرتو ایکس (XRF)، پراش پرتو ایکس (XRD) و مطالعات میکروسکوپی پلاریزه (PLM) استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد که در تزئینات رنگی مسجد جارچی‌باشی، از رنگدانه قرمز سرنج برای تزئینات قرمز، آبی لاجورد طبیعی برای تزئینات آبی، گل سفید (هانتیت) برای تزئینات نواحی سفید و نیز پودر طلا برای تزئینات رنگی طلایی استفاده شده است.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶

در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

شاپا چاپی: ۱۷۳۵-۸۷۷۹

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۲۱۶۹

DOI: 10.30509/jcst.2025.167396.1240

واژه‌های کلیدی:

پراش پرتو ایکس

مادون قرمز تبدیل فوریه

رامان

نقاشی دیواری

تزئینات رنگی

مسجد جارچی‌باشی اصفهان



۱- مقدمه

شناسایی نوع مواد و رنگدانه‌های مورد استفاده در نقاشی‌های تاریخی یکی از مهم‌ترین و برجسته‌ترین پژوهش‌ها در حوزه باستان‌سنجی و حفاظت و مرمت آثار تاریخی است؛ از این رو روش‌های آزمایشگاهی و فنی مختلفی وجود دارد که می‌توانند به این شناخت کمک شایانی نمایند. مطالعات ساختارشناسی و ریزساختارشناسی، روش‌های شیمیایی و نیز تصویربرداری‌های فنی از جمله روش‌های رایج و پرکاربرد این حوزه هستند که در بسیاری از پژوهش‌های مختلف شناسایی رنگدانه‌ها و مواد رنگزا استفاده شده‌اند (۱، ۲). دیوارنگاره‌ها و یا نقاشی‌های دیواری تاریخی از این امر مستثنی نبوده و در این بین می‌توان با استفاده از روش‌های فوق به مطالعه علمی و فنی آنها پرداخت. مطالعه نوع رنگدانه‌ها، بست‌ها و ترکیبات پایه، مواد و مصالح مورد استفاده در لایه‌های مختلف و نیز نوع لایه‌بندی و اجرا از جمله مسائلی هستند که می‌توان به سراغ آنها رفت و نقاشی‌های دیواری تاریخی را بررسی و مطالعه نمود؛ لذا بسیاری از دیوارنگاره‌ها و نقاشی‌های دیواری تاریخی در ایران با استفاده از این روش‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند (۳-۵). در همین راستا نیز در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از روش‌های علمی و آزمایشگاهی مختلفی همچون آزمون طیف‌سنجی فرسرخ تبدیل فوریه، طیف‌سنجی رامان، پراش پرتو ایکس^۱ و میکروسکوپ پلاریزان^۲ به مطالعه نوع مواد رنگزا و رنگدانه‌های تاریخی در آرایه‌های معماری مسجد جارچی‌باشی اصفهان، پرداخت.

مسجد جارچی‌باشی اصفهان، یکی از شاخص‌ترین بناهای عصر صفوی بوده که می‌تواند مرتبط و یا جزئی از مجموعه آثار و بناهای هم دوره خود یعنی عالی‌قاو، مسجد شیخ لطف‌الله، کاخ چهل ستون، عمارت هشت بهشت و غیره باشد. مسجد جارچی‌باشی از بناهای اسلامی قرن یازدهم هجری است، که در بازار بزرگ اصفهان (قیصریه) قرار دارد. تاریخ ساخت بنای مسجد به روایت کتیبه سر در آن ۱۰۱۹ هجری است. در کتیبه سر در مسجد، نام بانی مسجد ملک سلطان جارچی‌باشی و شاه عباس اول صفوی به خط ثلث برجسته ذکر شده است. این بنا دارای ارزش‌های هنری بسیار بالا و جزو برجسته‌ترین نمونه‌های تزئینات ایرانی اسلامی است. تزئینات معماری به کار رفته در بنای جارچی‌باشی شامل تزئینات سنگی، تزئینات چوبی، کاشی‌کاری، تزئینات گچی و نقاشی است. این تزئینات شامل بخش‌های مختلف معماری با انواع مصالح و روش‌های گوناگون است. از جمله مهم‌ترین تزئینات که در این مسجد بسیار به چشم می‌خورد و در معرض آسیب‌های مختلف است نقاشی‌ها و تزئینات رنگی موجود در آن است.

نقوش نقاشی‌های گنبد بنا شامل نقاشی‌های گل و بته (ختایی) و اسلیمی بوده که بعضی از نقوش به صورت سر شکل ترنج است. نقاشی‌ها دارای فام‌های قرمز، زرد، سبز، آبی و طلایی بوده است (۶). مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته بر روی این بنا بسیار محدود و اندک است به طوری که در رابطه با بنا می‌توان به پایان‌نامه قانعیان-سبدانی تحت عنوان "بررسی تطبیقی ویژگی‌های هنری تزئینات مسجد جارچی و مسجد خیاط‌ها در بازار بزرگ اصفهان برای طراحی و ساخت آثار چوبی معاصر" (۷) و مقاله خسروی‌بیژانم که به معرفی تاریخ و کتیبه‌نگاری بنای موردنظر، به صورت بسیار محدود پرداخته است اشاره نمود (۸). لذا تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در رابطه با تزئینات معماری به ویژه در رابطه با شناخت نقاشی‌ها و رنگدانه‌های به کار رفته در تزئینات مسجد جارچی‌باشی اصفهان منتشر نشده است. اما در رابطه با روش‌ها و شیوه‌های مطالعاتی باستان‌سنجی رنگ که سعی شده است در این پژوهش از آنها بهره گرفته شود می‌توان به پژوهش‌های مهمی چون پژوهشی که توسط عباسی و همکارانش بر روی مواد و رنگدانه‌های به کار رفته در دیوارنگاره‌های بقعه قدمگاه نیشابور پرداخته‌اند، اشاره نمود؛ این پژوهشگران با استفاده از روش‌های XRD، FTIR، SEM-EDX و PLM پوش‌رنگ آبی را از نوع لاجورد مصنوعی، طلایی را پودر برنج، قرمز را اخرا و سبز را مس فتالوسیانین، شناسایی نموده‌اند (۹). همچنین این نویسنده به بررسی رنگدانه‌های نقاشی دیواری عمارت باغ رحیم‌آباد بیرجند تحت عنوان "شناسایی مواد و رنگدانه‌های به کار رفته در نقاشی‌های دیواری مجموعه باغ و عمارت تاریخی رحیم‌آباد بیرجند" پرداخته است. رنگدانه‌های شناسایی شده از نوع قرمز سرب، مخلوطی از مالاکیت و پروس، آبی لاجورد و مخلوطی از مس و روی بوده است (۱۰). همچنین فیروزنیا و همکارانش به بررسی مواد و رنگدانه‌های دیوارنگاره‌های اتاق‌های خانه تاریخی درمیانی اصفهان با استفاده از روش‌های FTIR و SEM-EDS پرداخته است. در این تحقیق، بستر ترکیبی از هانتیت و ژیبس شناسایی شده است؛ همچنین رنگدانه‌های شناسایی شده از نوع قرمز سرنج، آبی پروس، سبز سیلو، سفید سرب و ترکیبی از مس و روی بوده است (۱۱). از دیگر پژوهش‌های صورت گرفته باید به کلایی و سامانیان با عنوان تحلیل ساختاری مواد و تکنیک به‌کاررفته در تزئینات ازاره سنگی دوره صفوی (نمونه مطالعاتی بقعه شاه عباس ثانی قم) اشاره نمود. پژوهشگران با استفاده از روش‌های FTIR، XRF و PLM به شناسایی رنگدانه‌ها پرداخته‌اند و رنگدانه سفید را از نوع سفیدآب سرب، قرمز سرنج و اخرا، آبی لاجورد، سبز زنگار مس و مالاکیت و رنگ طلایی را نیز فلز طلا شناسایی نموده‌اند (۱۲). همچنین در پژوهشی دیگر که توسط رازانی و همکارانش بر روی نقوش تزئینی گنبد سلطانی انجام شده است سعی نموده‌اند تا با استفاده از روش‌های باستان‌سنجی به شناسایی رنگدانه‌های سبز، آبی، قرمز، زرد، سفید و سیاه بپردازند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده استفاده از رنگدانه‌های

1- Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR)

2- Raman spectroscopy

3- X-ray Diffraction (XRD)

4- Polarizing Microscope (PLM)

بستر استفاده شده شناسایی شوند.

۲- بخش تجربی

۲-۱- نمونه‌برداری از نقاشی‌ها و آرایه‌ها

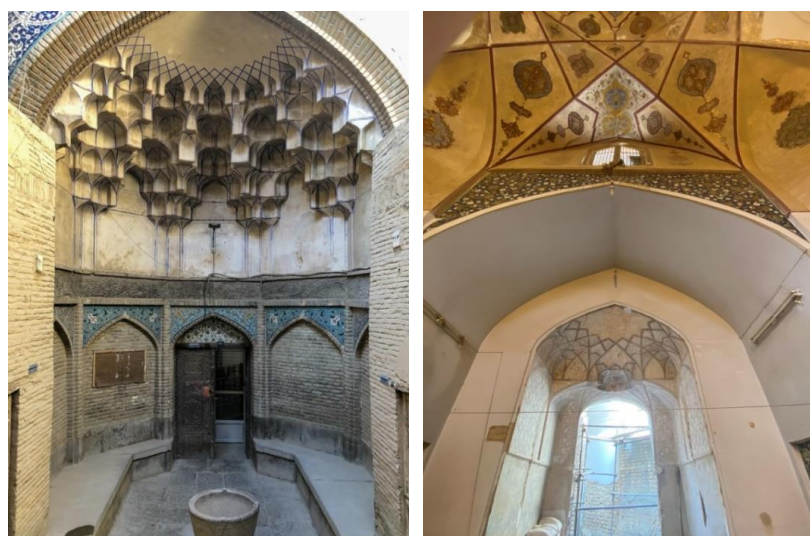
بنای مسجد جارچی باشی اصفهان، بنایی پوشیده از تزئینات مختلف است. مهم‌ترین بخش تزئینات آن مقرنس بالای میان در است که دارای گچ‌بری و لایه‌چینی و بخش دیگر آن نقاشی‌های گنبد است (شکل ۱). نمونه‌های بوم ساب، لایه چینی و نقاشی بنا از بخشی که استحکام نداشته و در حال ریختن تهیه شده است، به طوری که برخی از نمونه‌ها پس از نمونه‌برداری به مکان اصلی خود بازگردانده و در فرایند مرمت آنها به دیوار تثبیت گردیده‌اند. نمونه‌های بوم ساب از قسمت‌هایی از دیوارهای پایین مقرنس برداشته شده است (نمونه‌های ۱، ۳ و ۵). پوشش زرد (لایه چینی) فقط در قسمت‌هایی از مقرنس میان در اجرا شده است به همین دلیل نمونه برداشت شده از آن با دقت انجام شد که آسیبی به آن وارد نشود. نمونه‌برداری نقاشی گنبد مسجد جارچی باشی از قسمت بالای پنجره که در جهت شمال بنا قرار دارد و از زیر لایه‌های الحاقی که مربوط به دوره صفوی بوده انجام شد. تمام نمونه‌برداری‌ها بر روی پلان جانمایی و تصویر آن مشخص شده است (شکل ۲A و ۲C). نمونه‌برداری‌ها بدون تماس دست به کمک تیغ بیستوری و پنس تا عمق لایه بستر گچی انجام شده و نمونه‌ها داخل زیپ‌کیپ نگهداری شدند. نمونه‌های حاصل پس از مستندنگاری با مقیاس، به آزمایشگاه تحول داده و مابقی آن به محل مورد بازگردانده و در اختیار تیم مرمت تزئینات بنا برای جای‌گذاری مجدد قرار داده شده است. در شکل ۲ محل نمونه‌برداری پوشش زرد بر روی پلان مسجد مشخص شده است.

سبز مالاکیت و سبز زنگار، آبی آزوریت مس، قرمز اخرا، زرد اکرا، سفید انیدرید و سیاه کربن در نقوش گنبد سلطانیه بوده است (۱۳).

با توجه به استفاده گسترده از رنگ و مواد رنگزا در نقاشی‌ها و آرایه‌های معماری دوره صفویه و همچنین در بنای شاخصی چون مسجد جارچی‌باشی، شناخت مواد به کار رفته در قالب مواد رنگزای این بنا برای ارزیابی سیر تحول و تطور مواد رنگی در دوره‌های مختلف و به ویژه هم‌عصر خود ضروری است؛ از این رو، در این پژوهش سه پرسش اصلی وجود دارد که عبارتند از:

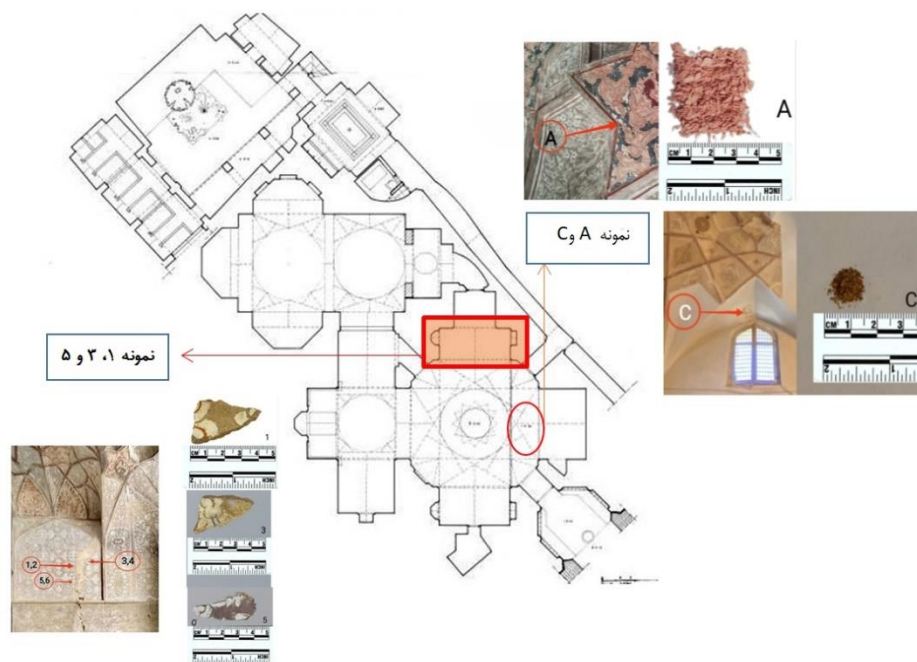
- ۱- با توجه به آزمایش‌های انجام شده، در دوره صفویه از چه نوع مواد رنگزایی استفاده شده است؟
- ۲- شناسایی لایه‌ها و نحوه آماده‌سازی زمینه اجرای تزئینات به کار رفته چگونه است؟
- ۳- از چه نوع ترکیب موادی برای لایه‌های رنگ طلائی در بخش‌های مختلف استفاده شده است؟

روش پژوهش در مقاله حاضر بر مبنای مطالعات تجربی و توصیفی (آزمایشگاهی، میدانی و کتابخانه‌ای) استوار گشته است. در ابتدا پوشش‌های به کار رفته در نقاشی‌ها و آرایه‌های درونی که مرتبط با دوره صفویه بوده مشاهده، ثبت و نیز نمونه‌برداری‌های لازم با رعایت اصول و قواعد حفاظت از آثار تاریخی انجام گردید، سپس در بخش شناسایی نوع پوشش‌ها، سعی شده است تا از روش‌های بالا که می‌توانسته ترکیبی موفق در کنار یکدیگر به منظور شناسایی رنگدانه‌ها داشته باشند، استفاده شده است. شناسایی نوع رنگدانه‌های بکار رفته در این تزئینات رنگی یکی از مهم‌ترین مسائلی است که می‌تواند به شناخت بیشتر و بهتر فنون نقاشی‌های دیواری دوره صفوی کمک شایانی نماید. از این رو در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از روش‌های علمی و آزمایشگاهی ماهیت رنگدانه‌ها و



شکل ۱: نمای وردی (سمت راست) و نمای داخلی مسجد (سمت چپ).

Figure 1: View of the entrance (right) and interior view of the mosque (left).



شکل ۲: جانمایی محل نمونه‌برداری از نقاشی‌های مسجد جارچی باشی

Figure 2: Location of sampling from paintings in Jarchi-Bashi Mosque.

میکروسکوپ رامان Takram مدل DL-G100 شرکت تکرام ساخت ایران تصویربرداری شدند. طیف‌سنجی با عدسی شیء ۶۰ برابر و لیزر ۷۸۵ و ۵۳۲ و با توان لیزر ۲ تا ۱۰۰ nm انجام شد. در ادامه از دستگاه میکروسکوپ نوری مدل Primotech شرکت زایس (ZEISS) کشور آلمان برای شناخت لایه‌های موجود در تزئین بوم ساب استفاده شد. در این روش نمونه‌ها در رزین اپوکسی مانده و سپس با کاغذ سنباده صیقل داده شده و با میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شناسایی لایه بستر و ماده بوم‌کننده

برای شناسایی و بررسی لایه‌های زیرین پوشش رنگ و بستر موجود در نقاشی‌ها سعی شده است تا از دو روش آزمون FT-IR و مطالعات میکروسکوپی استفاده شود. در ابتدای امر سعی شد تا به منظور درک کلی از تعداد و نوع لایه‌های زیرین از آنها مقطع عرضی تهیه شود. مشاهدات میکروسکوپی نشان داد که تزئین گچی شامل دو لایه می‌شود. لایه زیرین شامل یک اندود گچی با دانه‌های درشت (شکل ۳ و ۴) و لایه رویی شامل لایه‌ای نازک گچی با ضخامت کم و در حدود ۱ میلی‌متر بود. تزئینات خراشی و خط اندازی بر روی این لایه دوم قرار داشت. از این رو سعی شد تا از لایه زیر پوشش رنگ FT-IR گرفته شود. نوارهای مربوط به 3406 cm^{-1} و 3404 cm^{-1} به ارتعاشات کششی نامتقارن پیوند O-H نسبت داده می‌شود. قله 1621 cm^{-1}

۳-۲- تجهیزات

آزمون پراش پرتوی ایکس (XRD) یکی از مهم‌ترین روش‌های شناسایی فازی و ساختاری مواد و مصالح مختلف است. دستگاه مدل D8-ADVANCE، ساخت شرکت Bruker (۲۰۰۳) آلمان است. دستگاه مورد نظر دارای لامپ تیوپ تولیدکننده پرتو ایکس از جنس مس (Cu) بوده که با اختلاف پتانسیل ۴۰ کیلوولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر، پرتو مورد نیاز را تولید می‌نماید. این آزمایش از زاویه ۱۰ تا ۶۰ درجه ($2\theta=10-60$) انجام شده است. روش مورد استفاده به صورت پودری بوده است.

برای شناسایی بستر مورد استفاده و فازهای مواد آلی در تزئینات بوم ساب و نقاشی بنای جارچی‌باشی از دستگاه FT-IR (طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه) مدل 6300 شرکت ژاپنی Jasco با رزولوشن 4 cm^{-1} استفاده شده است.

به منظور مطالعه ترکیب شیمیایی رنگدانه‌های مورد استفاده به صورت نیمه کمی، از دستگاه فلورسانس پرتوی ایکس (XRF) مدل XMF-104 شرکت Unisantis ساخت سوئیس استفاده شده است. دستگاه مجهز به یک تیوپ مولیبدنی و یک آشکارساز Si-PIN است. اندازه‌گیری‌ها در 35 kV و 5 mA به مدت ۳۰۰ ثانیه انجام شده است. این آزمایش در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه هنر اصفهان انجام شده است.

طیف رنگدانه‌های تزئینات بنای جارچی باشی، توسط دستگاه

این دسته از مواد است (شکل ۷-۵). چسب‌های حیوانی مثل سریشم از جمله مواد طبیعی هستند که از پوست، استخوان و سایر اجزاء حیوانات به دست می‌آیند و به عنوان سریشم و بست به کار می‌روند (۱۴). تقریباً نوارهای به دست آمده ترکیبی از مواد رنگزا، بست و ترکیب لایه بستر را نشان می‌دهد. این نوارها به طور کلی نشان‌دهنده موادی چون ژپس، هانتیت^۱ و مواد سربی (مثل رنگدانه سرنج)^۲ و نیز مواد پروتئینی است.

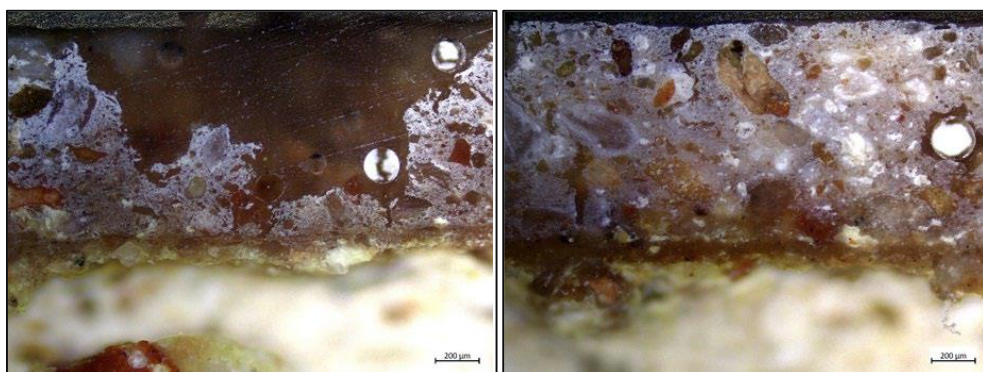
- 1- Gypsum
- 2- Huntite
- 3- Red Lead (Pb₃O₄)

احتمالاً مربوط به پیوند هیدروکسیل موجود در ساختار شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است. همچنین نوارهای ارتعاشی ۱۱۱۷ تا 1138 cm^{-1} متعلق به ارتعاشات کششی نامتقارن پیوند $\text{S}=\text{O}$ و نواحی خمشی در 600 تا 700 cm^{-1} به عنوان یک منطقه ثانویه از اثر انگشت برای نمونه کلسیم سولفات و نیز متأثر از حضور پیوند $\text{O}-\text{S}$ مشخص شده است. همچنین حضور نوارهای نواحی 1444 ، 870 و 780 cm^{-1} نشان‌دهنده وجود منیزیم و کلسیم کربنات و نوارهای 1536 ، 2854 و 2925 cm^{-1} نشان‌دهنده یک ماده آلی پروتئینی است که معمولاً در زیر لایه پوشرنگ به عنوان بوم‌کننده به کار می‌رفته است (۹-۱۱). پروتئین‌ها اغلب، با ظاهر شدن نوارهای آمید I و II شناسایی می‌شوند که عدد موجی 1565 – 1500 cm^{-1} مربوط به



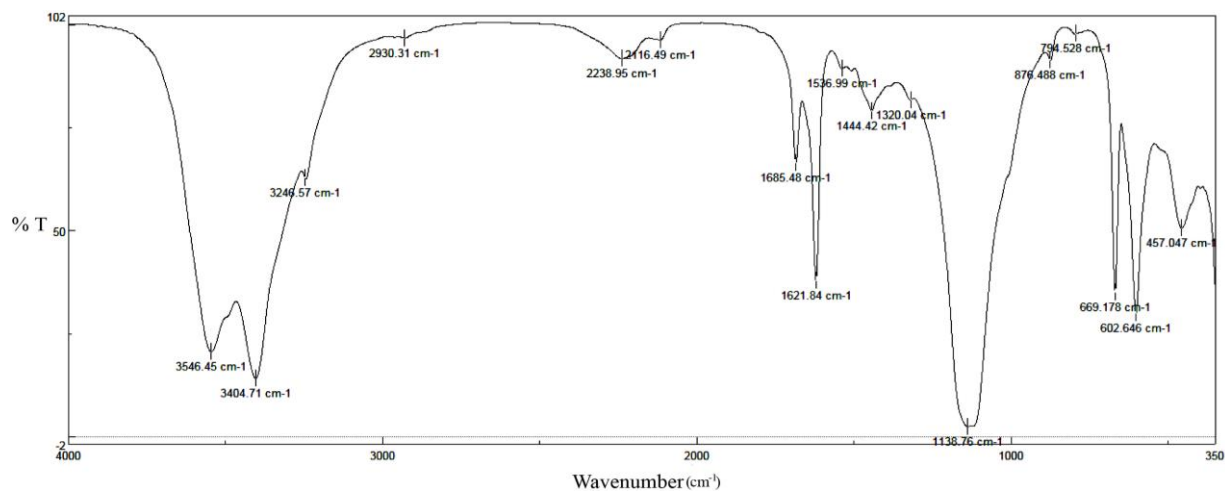
شکل ۳: بافت درشت دانه اندود گچی لایه زیرین تزیینات گچی

Figure 3: Coarse-grained texture of plaster underlayment of plaster decorations.



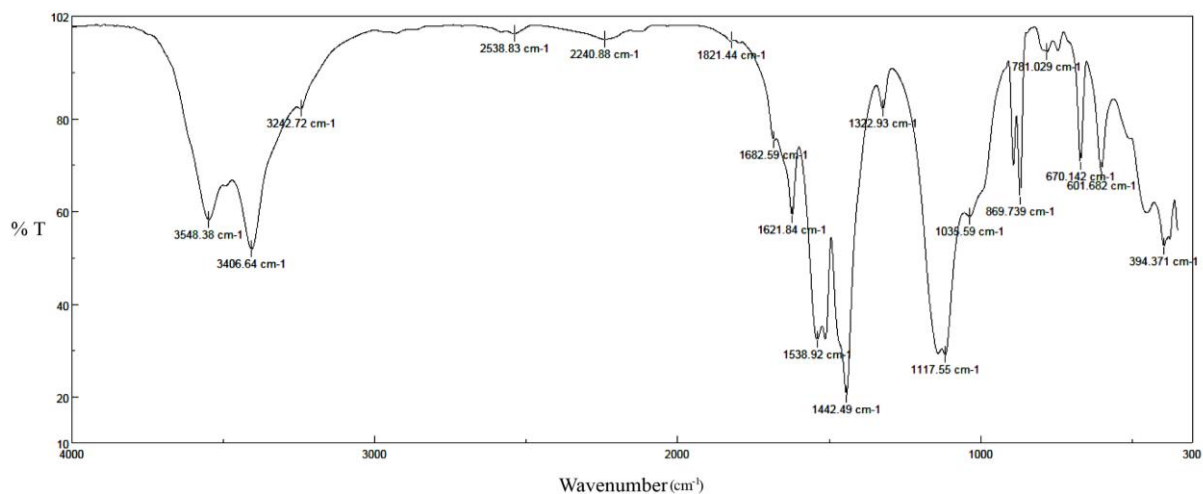
شکل ۴: (راست) بافت ریزدانه اندود گچی لایه رویی تزیینات گچی و (چپ) تزیین خط اندازی روی لایه رویی تزیینات.

Figure 4: (Right) Fine-grained texture of plaster overlying the plaster decoration and (Left) Line decoration on the overlying plaster decoration.



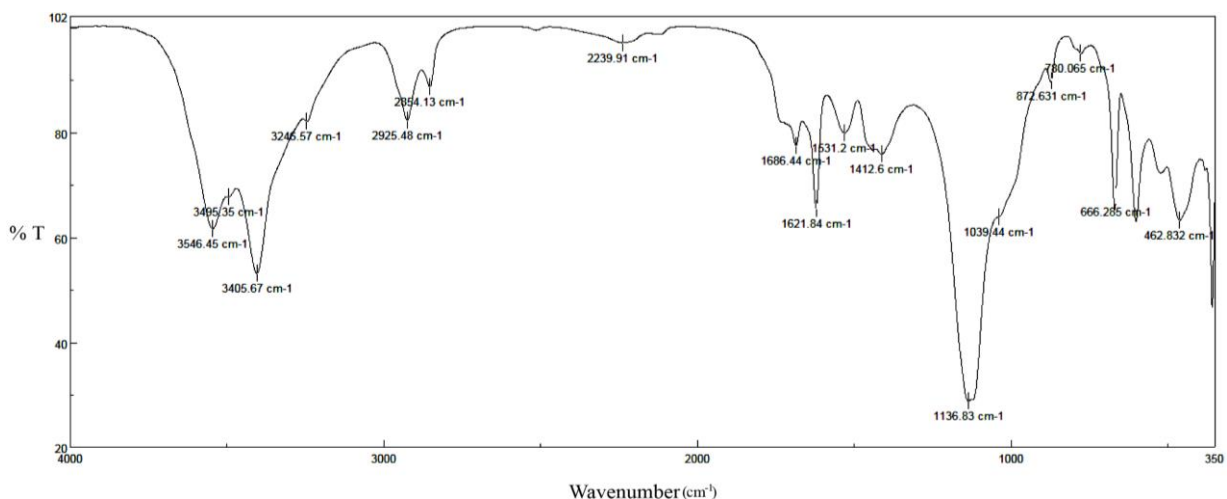
شکل ۵: آزمون FT-IR از نمونه A از لایه طلا.

Figure 5: FT-IR analysis of sample A of the gold layer.



شکل ۶: آزمون FT-IR از نمونه B پوشش‌رنگ.

Figure 6: FT-IR analysis of sample B of mural painting.



شکل ۷: آزمون FT-IR از نمونه C پوشش‌رنگ.

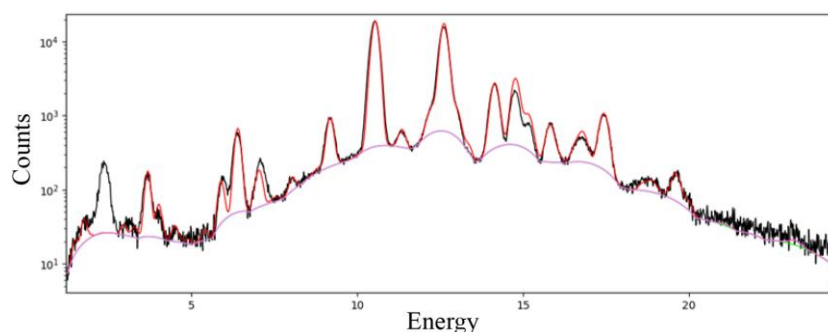
Figure 7: FT-IR analysis of sample C of mural painting.

۲-۳- شناسایی رنگدانه قرمز

به منظور شناسایی نوع ترکیبات موجود در رنگدانه قرمز از نمونه مورد نظر دو آزمون شیمیایی XRF و آزمون ساختاری رامان گرفته شده است. طیف XRF نمونه رنگدانه قرمز (شکل ۸) مقدار قابل توجهی سرب (Pb) را نشان می‌دهد. از طرفی طیف رامان (شکل ۹) نشان‌دهنده قله شاخص در 543 cm^{-1} است که با توجه به مقایسه با داده‌های موجود در پایگاه CAMEO نشان‌دهنده رنگدانه قرمز سرنج (شکل ۱۰) است. بنابراین سرب مشاهده شد، مربوط به رنگدانه قرمز موجود در نمونه‌ها است، که به احتمال بسیار زیاد همان سرنج (یا کانه نارنجی تتراکسید سرب قرمز است (۱۵) که در بسیاری از پژوهش‌های مختلف دیگر شناسایی شده است (۱۶-۱۸).

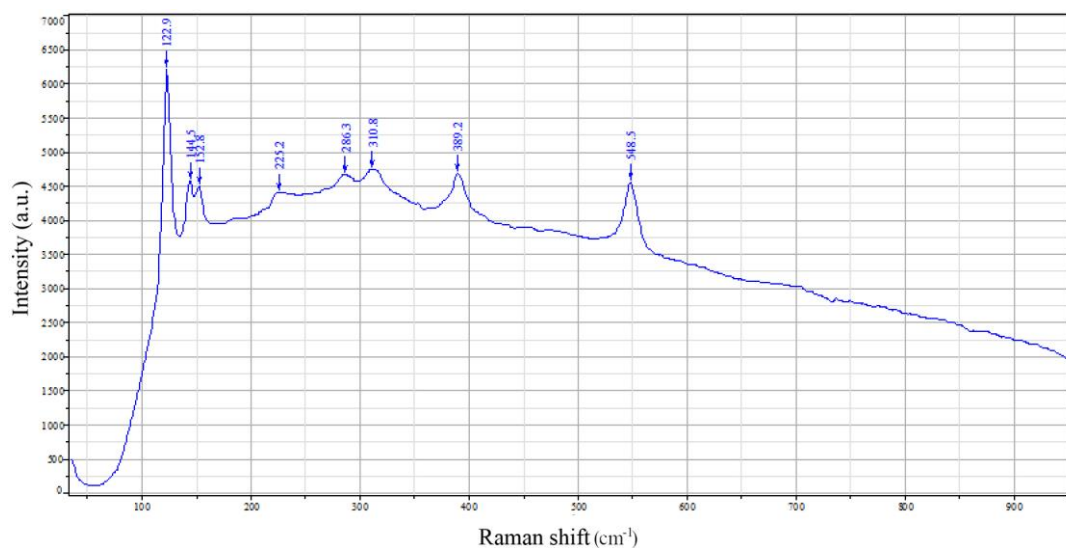
این رنگدانه از گداختن لیتارژ یا سفیداب سرب در دمای 840°C در سانتی‌گراد به مدت چند ساعت، به دست می‌آید و استفاده از آن را در اشیاء دوران باستان تا دوران متاخر می‌توان مشاهده نمود (۱۹). این رنگدانه تحت عنوان سرنج شناخته می‌شود و از کاربردهای رایج آن، استفاده در نقاشی‌های دیواری، نسخ و مینیاتورها و غیره است و در برخی موارد به عنوان مرکب در نگارش نیز مورد استفاده قرار می‌گرفته است (۲۰، ۲۱).

- 1- Red Lead
- 2- Lead tetroxide
- 3- Litharge



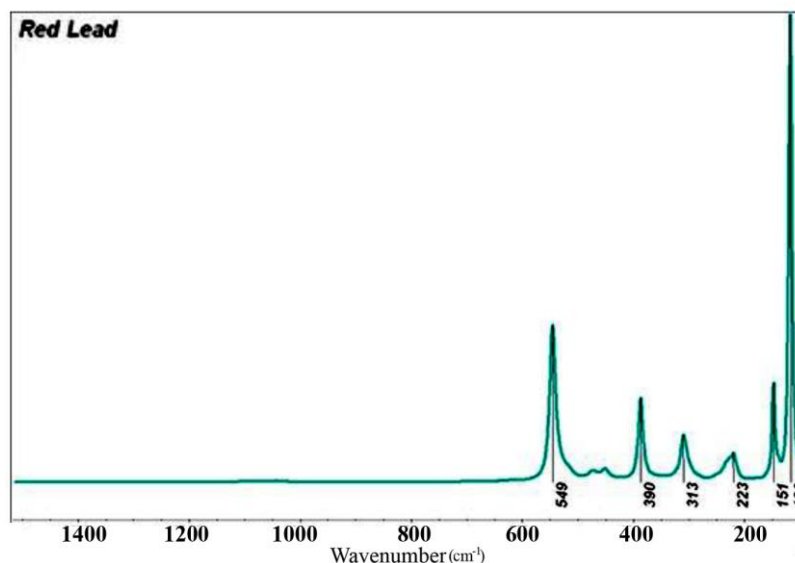
شکل ۸: طیف XRF رنگدانه قرمز.

Figure 8: XRF spectrum of red pigment.



شکل ۹: طیف رامان رنگدانه قرمز.

Figure 9: Raman spectrum of red pigment.



شکل ۱۰: طیف رامان در پایگاه داده‌های CAMEO.

Figure 10: Raman spectrum in the CAMEO database.

آزمون‌ها می‌توان اثبات کرد این است که رنگدانه آبی مورد استفاده از نوع لاجورد طبیعی است.

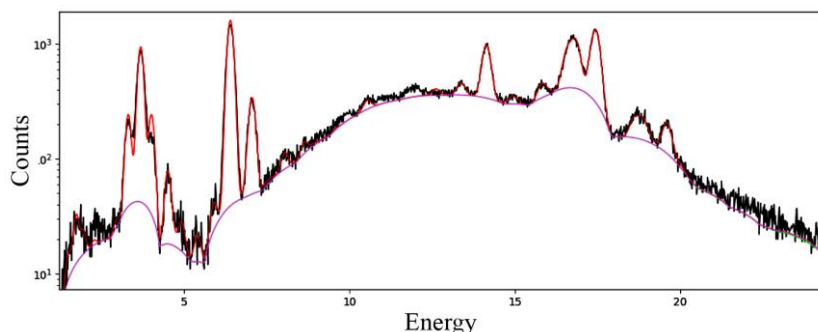
۳-۴- شناسایی رنگدانه سفید

برای شناسایی نوع رنگدانه‌های مصرفی در تزئینات و نقاشی‌های سفید رنگدانه سفید آزمونهای XRF و رامان مورد بررسی قرار گرفتند. آزمون نیمه کمی عنصری (شکل ۱۴) نشان‌دهنده مقدار قابل توجهی کلسیم (Ca) است. به طور معمول در نمونه‌های گچی سطوح تزئینی ایرانی کلسیت مربوط به گل سفید است. همچنین رامان نوارهایی در حدود 1074 cm^{-1} و 1122.5 را نشان داد که مربوط به ساختار سولفات کلسیم و قله شاخص هانتیت است (۲۴). طیف رامان نمونه سفید (شکل ۱۵) می‌تواند مربوط به کانی هانتیت (یا هونتیت) (گل سفید) باشد.

1- Huntite

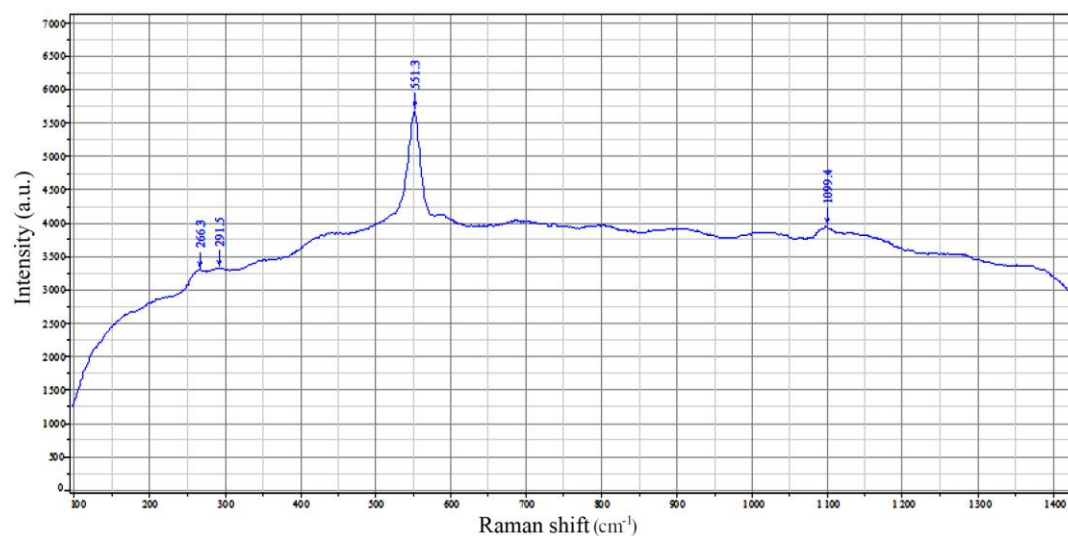
۳-۳- شناسایی رنگدانه آبی

به منظور شناسایی رنگدانه آبی مورد استفاده در نقاشی‌های مورد نظر از نمونه برداشت شده دو نوع آزمون XRF و رامان گرفته شده است. آزمون عنصری XRF (شکل ۱۱) نشان‌دهنده مقادیر قابل توجهی کلسیم (Ca)، آهن (Fe) و گوگرد (S) است. همچنین داده‌های به دست آمده از طیف رامان نشان‌دهنده نوارهایی در حدود 551.3 cm^{-1} و 1099.4 است (شکل ۱۲). قله حاصل در محدوده 551.3 cm^{-1} را با توجه به داده‌های موجود در پایگاه RRUFF (شکل ۱۳) می‌توان به کانی لازوریت (Lazurite) و 1099.4 cm^{-1} را به کلسیت مربوط دانست (۲۲). البته در طیف‌های رامان اولترامارین، قله‌های محدوده 1090 cm^{-1} لزوماً نمی‌تواند ناشی از کلسیت نباشد و شاید می‌تواند نشانی از ارتعاشات S3- در ساختار اولترامارین باشد. لازوریت به عنوان کانی تشکیل‌دهنده لاجورد (Lapis Lazuli) به صورت خالص مشاهده نمی‌شود و معمولاً همراه با کلسیت و پیریت است (۲۳). آنچه که از این



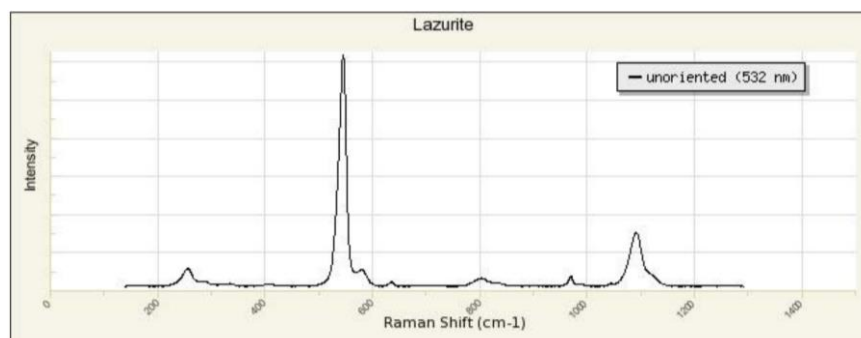
شکل ۱۱: طیف XRF نمونه آبی.

Figure 11: XRF spectrum of blue sample.



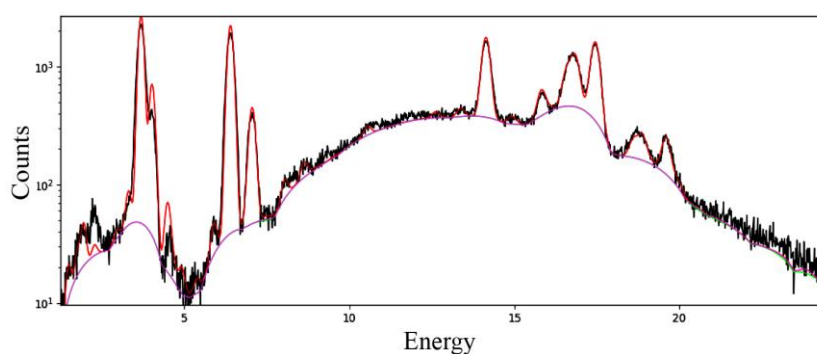
شکل ۱۲: طیف رامان نمونه آبی.

Figure 12: Raman spectrum of blue sample.



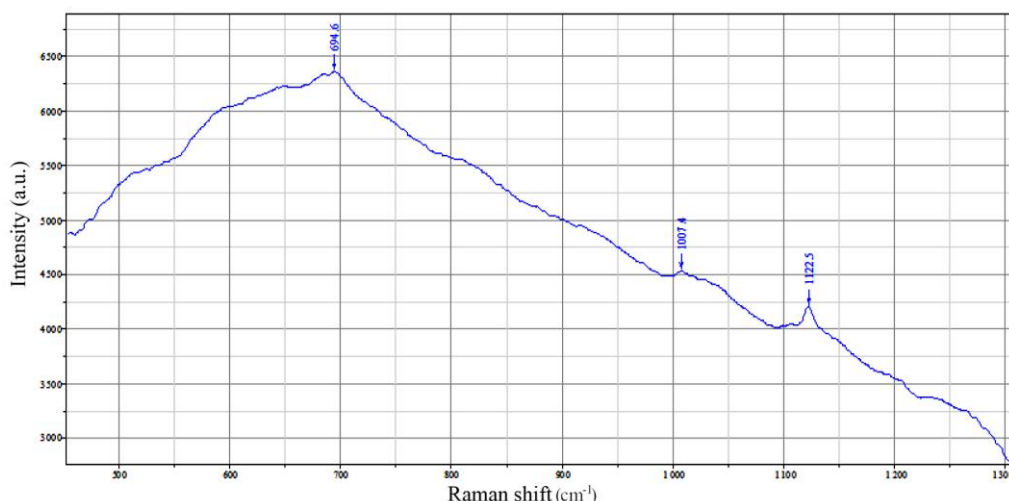
شکل ۱۳: طیف مربوط به لازوریت (لاچورد) در سایت مرجع RRUFF.

Figure 13: Lazurite spectrum on the RRUFF database.



شکل ۱۴: طیف XRF نمونه سفید.

Figure 14: XRF spectrum of white sample.



شکل ۱۵: طیف رامان نمونه سفید.

Figure 15: Raman spectrum of white sample.

مربوط به گچ موجود که طرح بر روی آن اجرا شده است، باشد (شکل ۱۶ و جدول ۱). همچنین تصاویر میکروسکوپی استفاده از پودر طلا را نشان داده است (شکل ۱۷). در دوره صفوی از دو روش برای طلاکاری سطوح نقاشی استفاده می شده است. در روش اول طلاچسبان یا ورق طلا که در این روش ابتدا قطعات طلا را به شکل ورق آماده نموده و سپس با استفاده از روغن کمان سطوح را آغشته نموده و سپس نسبت به چسباندن ورق طلا اقدام می کردند. در روش دوم طلاکاری با استفاده از پودر طلا انجام می شده است. در این روش نیز پودر طلا را با صمغ مخلوط نموده و با استفاده از قلم مو سطوح را طلاکاری می کردند (۲۷).

- 1- Inlay
- 2- Oil gilding
- 3- Water gilding
- 4- Mercury gilding
- 5- Diffusion bonding
- 6- Electrochemical gilding
- 7- Elechtroless gilding
- 8- Elechtrolytic gilding

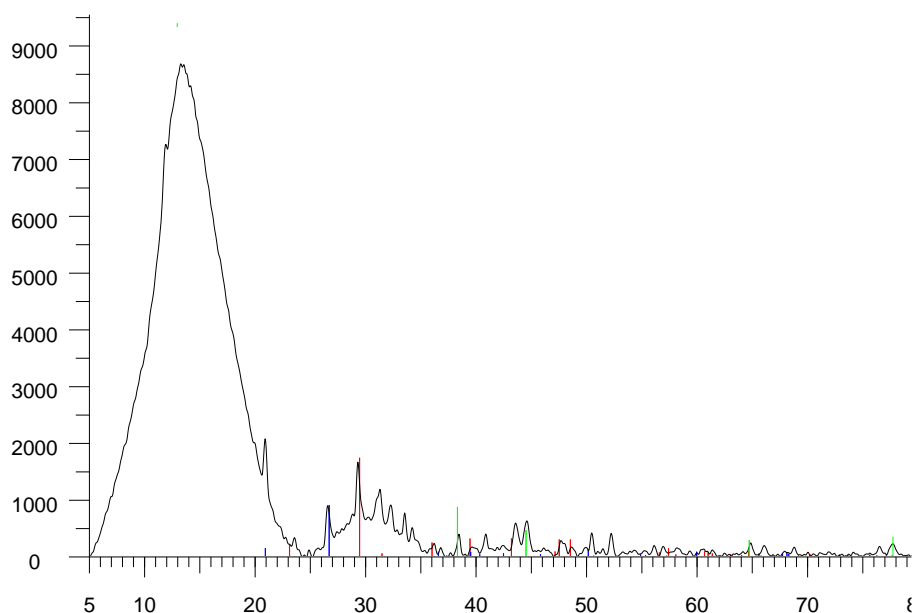
۵-۳- شناسایی رنگدانه طلایی

یکی از رنگ های پر کاربرد در مسجد جارچی باشی پوش رنگ های طلایی است که در طرح ها و بخش های مختلف استفاده شده است. طلاکاری هنری گرانبایه و بیش از هر چیز برخاسته از حس زیبایی شناسی انسان است. قدمت این هنر به هزاره سوم پیش از میلاد بازمی گردد (۲۵). تا به امروز فنون و روش های مختلف مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی برای طلاکاری سطوح مختلف مورد استفاده قرار گرفته است که با استناد به بررسی های انجام شده این روش ها عبارتند از طلاکاری با فویل، ترصیع با طلا، استفاده از ورق طلا به دو روش طلاکاری روغنی^۱ و طلاکاری آبی^۲، استفاده از پودر طلا می باشد. روش های مختص فلزات شامل طلاکاری جیوه ای^۳، طلاکاری به روش انتشار^۴، طلاکاری الکتروشیمیایی^۵، طلاکاری الکترولس^۶، طلاکاری الکترولیتی^۷ هستند (۲۶). به منظور شناسایی نوع رنگدانه مورد استفاده در بخش های تزئینات طلایی و نقاشی های موجود در بنا سعی شد تا از قسمتی که در بخش گنبد موجود است نمونه برداری شده و آزمون های میکروسکوپی و XRD انجام شود. قله های به دست آمده نشان دهنده فازهای غالب کوارتز، کلسیت و طلای موجود در نقاشی است. فازهای کوارتز و کلسیت می تواند

جدول ۱. نتایج فازی بدست آمده از آزمون XRD.

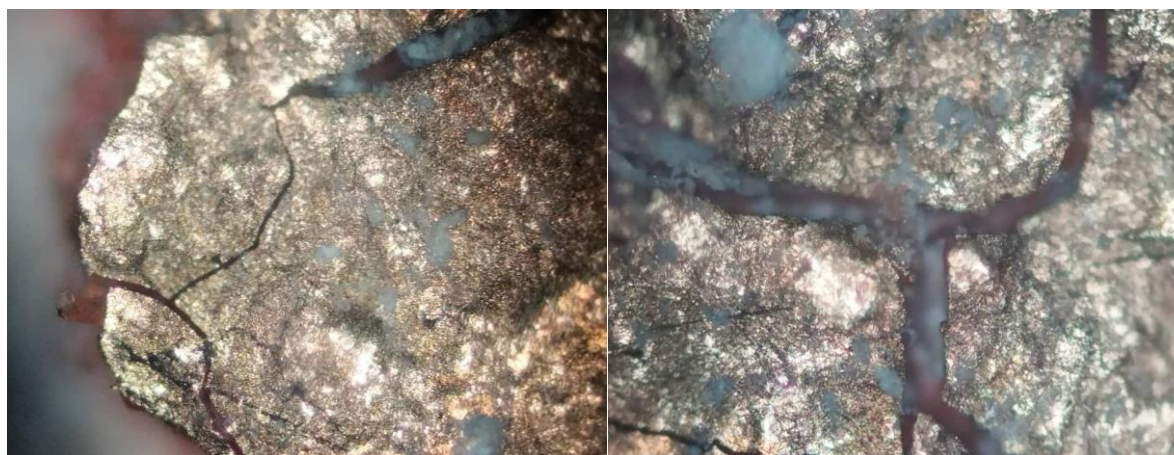
Table 1: Phase results obtained from XRD analysis.

Line Color	Compound Name	Formula	PDF Number
	Calcite, syn	CaCO ₃	05-0586
	Quartz, syn	SiO ₂	46-1045
	Gold	Au	01-1172



شکل ۱۶: الگوی XRD از نمونه رنگدانه طلائی.

Figure 16: XRD pattern of a gold sample.



شکل ۱۷: عکس میکروسکوپی از لایه طلا.

Figure 17: Photomicroscope of a gold layer.

فلورسانس پرتوی ایکس و طیف‌سنجی رامان بر روی پوشش رنگ قرمز نشان‌دهنده استفاده از یک رنگدانه قرمز با پایه سرب است، زیرا آزمون عنصری فلورسانس پرتوی ایکس مقدار قابل توجهی سرب در نمونه را شناسایی و نیز طیف رامان هم نشان‌دهنده پیک شاخص در 543 cm^{-1} است، که این دو مورد نشان‌دهنده استفاده از قرمز سرنج در نقاشی‌ها است. بررسی آزمون‌های عنصری پوشش رنگ آبی نشان‌دهنده مقادیر قابل توجهی کلسیم (Ca)، آهن (Fe) و گوگرد (S)

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت شناسایی رنگدانه‌ها در نقاشی‌ها و تزئینات رنگی بناهای تاریخی، در این پژوهش سعی شده است تا عوامل و رنگدانه‌های موجود در نقاشی‌ها و تزئینات رنگی بنای مسجد جارچی‌باشی اصفهان مورد مطالعه و پژوهش قرار گیرند. نقاشی‌های مورد نظر در این پژوهش دارای فام‌های قرمز، زرد، سبز و آبی و طلائی هستند. بررسی‌های صورت گرفته با استفاده از روش‌های

سطح لایه طلا است که این موضوع می‌تواند موید استفاده از روش پودر طلا در تهیه سطوح طلایی رنگ نقاشی‌های مورد مطالعه باشد. آزمون‌های صورت گرفته بر روی بست نقاشی‌ها از به‌کارگیری نوارهای پروتئینی دلالت داشت که این امر باتوجه به دیگر نتایج بدست آمده استفاده از سریشم را محتمل برمی‌شمارد.

تشکر و قدر دانی

نویسندگان این مقاله از جناب آقای روزبه شمسه بابت معرفی بنا و آقای یاسین صدقی در تحلیل برخی از آزمایش‌ها کمال تشکر و قدردانی را دارند. شایان ذکر است که این مقاله برگرفته از پایان‌نامه نویسنده دوم می‌باشد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

1- Gyps

1. Clark RJH, Mirabaud S. Identification of the pigments on a sixteenth century Persian book of poetry by Raman microscopy. *J Raman Spect.* 2006;37(1-3):235-9. <https://doi.org/10.1002/jrs.1473>.
2. Cosentino A. Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method. *Heritage Sci.* 2014;17;2(1):8. <https://doi.org/10.1186/2050-7445-2-8>.
3. Farahmand Boroujeni H; Abed Esfahani A, Shishebori T. The study of materials and techniques of mural painting in five ilkhanid, monuments of yazd city. *J Maremat-e Asar Baft-haye Tarikhi-Farhangi.* 2012;2(4),97-112 [in Persian].
4. Mohtasham A, Samanian K. Identifying the blue pigments used in painted architectural decorations of ilkhanid buildings (1251-1335 AD) in Yazd, Central Iran. *J Islamic Archaeology,* 2017;4(1),113-135.
5. Shirvani, M. Study of pigments in decorations of exterior porch painting in soltanieh dome of zanzan. *JRA.* 2019;5(1),129-142 [in Persian].
6. Pashlang A. A technical and artistic study of the decorations related to the architecture of the Jarchibashi Mosque in Isfahan, belonging to the Safavid period. a thesis obtained under the guidance of Seyyed Mohsen Haji-Seyedjavadi in the master's degree in art research, Payam-e Noor University, Tehran Province, Payam Noor Center, Tehran East, 2023.
7. Qaneyian-Sabdani H. A comparative study of the artistic characteristics of the decorations of the Jarchi Mosque and the Tailors' Mosque in the Grand Bazaar of Isfahan for the design and construction of contemporary wooden works, a thesis obtained under the guidance of Qobad Kianmehr in the Master's Degree in Handicrafts, Faculty of Handicrafts, Isfahan University of Arts, 2023.
8. Khosravi Bizhaem, F. Introducing, classification and examining styles in sahifi jowhari s inscriptions. *paykareh,* 2017;6(11):7-16. <https://doi.org/10.22055/pyk.2017.14500>
9. Abbasi J, Bahadori R, Cappa F, Jembrih-Simbuerger, D.

در نمونه مورد نظر است. همچنین طیف رامان نشان‌دهنده نوارهایی در حدود $551,3 \text{ cm}^{-1}$ و $1099,4 \text{ cm}^{-1}$ است که قله حاصل در محدوده $551,3 \text{ cm}^{-1}$ را می‌توان مربوط به کانی لازوریت و $1099,4 \text{ cm}^{-1}$ را مربوط به کلیست دانست که این موارد نشان‌دهنده استفاده از رنگدانه آبی لاجورد است. همچنین آزمون‌های صورت گرفته بر روی نمونه سفید استفاده از گل سفید یا هانتیت را نشان می‌دهد، زیرا داده‌های به دست آمده نشان‌دهنده مقدار قابل توجهی کلسیم در آزمون عنصری بوده است. به طور معمول در نمونه‌های گچی سطوح تزئینی ایرانی کلسیت مربوط به گل سفید است. همچنین آزمون رامان نوارهایی در حدود $1007,4 \text{ cm}^{-1}$ و $1122,5 \text{ cm}^{-1}$ را نشان داد که این دو قله مربوط به ساختار سولفات کلسیم و نیز ژپس است. طیف رامان نمونه سفید می‌تواند شامل کانی هانتیت (گل سفید) باشد. براساس آزمون فازی پراش پرتو ایکس و مطالعات میکروسکوپی پوشش‌های طلایی نشان‌دهنده استفاده از روش پودر طلا است. آزمون پراش پرتو ایکس فاز طلا را به صورت غالب و اصلی نشان داد. از طرفی دیگر مشاهدات میکروسکوپی نشان‌دهنده پودری بودن

۵- مراجع

10. Schreiner, M. Beheshti, S. I. Laboratory Studies on Materials and Pigments Used in Inscriptions and Mural Paintings in the Tomb of Ghadmagah in Neishabour. *Parseh J Archaeol Stud.* 2023; 7(23): 325-356. <https://doi.org/10.30699/PJAS.7.23.325>.
10. Abbasi J, Bahadori R, Bozorgmehr MA, Beheshti S, Bahrololoumi F. Identification of materials and pigments used in mural painting of rahim abad historic garden & mansion in birjand. *JRA.* 2017; 2(2): 63-76. <https://doi.org/10.29252/jra.2.2.63>.
11. Firooznia, A. Ashrafi, A. Bahrololoumi, F. Identification of the materials and pigments used in the rooms of the Dormiani-home (from the Qajar dynasty). *J Res Archaeom.* 2020; 6(1): 47-66. <https://doi.org/10.29252/jra.6.1.47>.
12. Gholamzade Kalaei A, Samanian K. Structural analysis of materials and techniques of plinth ornaments of safavid era: a case study of shah abbas ii mausoleum in qom. *J Visual Appl Arts.* 2018;10(20):117-131. <https://doi.org/10.30480/vaa.2018.617>
13. Razani M, Kordi M, Mortazavi M, Sedghi Y. Study of colorants materials on the decoration patterns on the north and southeast porches of soltanieh dome, zanzan, iran. *pazhoheshha-ye bastan shenasi Iran,* 2022;11(31):265-288. <https://doi.org/10.22084/nb.2020.21774.2150>.
14. Stuart, B, H. Analytical techniques in materials conservation. John Wiley & Sons. 2007.
15. Bioletti S, Leahy R, Fields J, Meehan B, Blau W. The examination of the Book of Kells using micro-Raman spectroscopy. *J Raman Spectrosc.* 2009;40(8):1043-1049. <https://doi.org/10.1002/jrs.2231>.
16. 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>.
17. Holakooei P, Karimy AH, Saeidi-Anaraki F, Vaccaro C,

- Sabatini F, Degano I, Colombini MP. Colourants on the wall paintings of a mediæval fortress at the mount Sofeh in Isfahan, central Iran. *J Archaeol Sci*. 2020;29:102065. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102065>.
18. Bruni S, Cariati F, Casadio F, Guglielmi V. Micro-Raman identification of the palette of a precious XVI century illuminated Persian codex. *J cult heritage*. 2001;2(4):291-296. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(01\)01131-1](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(01)01131-1).
19. Gettens RJ, Stout GL, *Painting Materials: A Short Encyclopaedia, pigments and inert materials*, (Trns by Hamid Farahmand Boroujeni), 1966.
20. Noghani S, Modarresi P, Jafari R. 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. *J Stud Color World*. 2024;14(3):237-252. <https://doi.org/10.30509/jscw.2024.167329.1193> [in Persian].
21. Koochakzai AR, Nemati Babaylou A, Daneshpoor L. Identification of pigments used in decoration of paper inscription related to ansarin house of tabriz. *J Color Sci Tech*. 2015; 9(4): 297-306. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.17358779.1394.9.4.3.2> [in Persian].
22. Koochakzai A, hamzavi Y, Shojaefar F. Identification of red, blue and golden pigments in Qajar Mural Painting anaclitic fire place in Goharion House in Tabriz. *J Color Sci Tech*. 2022;15(4): 287-299. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.17358779.1400.15.4.3.4> [in Persian].
23. Eastaugh N, Walsh V, Chaplin T, *Pigment compendium: a dictionary and optical microscopy of historical pigments*. Butterworth-Heinemann, 2008, Oxford.
24. Farahmand Boroujeni, H. Abed Esfahani, A. Shishebori, T. The study of materials and techniques of mural painting in five ilkhanid monuments of Yazd city. *Maremat-e Asar Baft-haye Tarikhi-Frahangi*, 2012; 2(4): 97-113.
25. Habashi F. (2016). *Gold—An historical introduction*. In *Gold Ore Processing*, Elsevier, 2016;1-20.
26. Adele, M. Techniccal study of gilding ornaments on stony inscriptions in Vanak Cathedral-Isfahan. *J Res Archaeom*. 2017; 2(2): 77-89. <https://doi.org/10.29252/jra.2.2.77>.
27. Kolahkaj M, Esfandiari gharabi N. Recognizing the layering wall decorations of safavid palaces in isfahan and its regeneration for newer usages. *Paykareh*, 2021;10(23): 60-74. <https://doi.org/10.22055/pyk.2021.16958>.

How to cite this article:

Hagisayyedjavadi SM, Pashlang A. Identification of the type of coloring materials in Safavid-era mural paintings in Jarchi Bashi Mosque, Isfahan. *J Color Sci Tech*. 2024;18(3):221-234. <https://doi.org/10.30509/jcst.2025.167396.1240> [In Persian].