Journal of Research on Archaeometry, 2020; 6 (2):157−173

Journal of Research on Archaeometry

Tabriz Islamic Art University 1999

DOI: 10.52547/jra.6.2.157

URL: https://jra-tabriziau.ir/

Original Paper

Investigation and Recognition of Organic Matterials of Pastiglia Layer and Gliding of Safavid Period in Chehel Sotoun Palace of Qazvin

Seyyed Mohsen Haji Seyyed Javadi[1]*, Asghar Fahimifar[2], Yaser Hamzavi[3]

[1] *Assistant Professor at Department of Art and Architecture, Payam-e Noor University, Tehran, IRAN*

[2] *Associate Professor, Tarbiat Modares University, Department of Art and Art History Research, Tehran, IRAN*

[3] *Assistant Professor, Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN*

Received: 02/26/2020 **Accepted: 07/19/2020**

Abstract

Pastiglia and gilding are one of the most complex and special methods of surface decoration in Islamic architecture of Iran, the flourishing of which should be sought in the Safavid period; this architectural array, which is a combination of organic materials as well as metallic and non-metallic minerals, was processed and executed during a special process. In order to properly protect the work and also to retrieve the technical information contained in it, as well as to obtain the technical information of this type of architectural arrangement in Safavid Iran, its artistic and technical recognition in Chehel Sotoun of Qazvin as one of the most important buildings in the capital. Safavism becomes important and necessary. From the first capital of the Safavid period (in Tabriz) there is no layered and gilded array and Qazvin before Isfahan was considered and appropriate measures have been taken to create architectural arrays. The present research is trying to study the structure of layered and gilded arrays in the two Safavid periods (Shah Tahmaseb and Shah Abbas I period) in Chehel Sotoun of Qazvin.

This research has been done with a laboratory approach with the aim of analyzing and understanding the structure of different parts of these arrays, including the organic and inorganic structure of the pastiglia layer, as well as the golden layer used on the pastiglia layer, called gilding. In this regard, sampling was done from the layer of pastiglia and gilding related to Shah Tahmaseb period and also the layer related to Shah Abbas Safavid period, which was evaluated using analyzes (SEM-EDS, FT-IR, GC-MS) and were compared. The result of EDS analysis from the surface of the metal layer indicates high purity gold. Also, the mineral part of the pastiglia layer is composed of gypsum and a type of soil with a high percentage of iron (Hormuz or Armenian mud). Examination of SEM images on the samples showed the presence of residues of organic matter used in pastiglia and gold-plated arrays. Examination of the samples with GC-MS indicates the use of vegetable oils, which due to the significant amount of eighteen carbon compounds and their oxides, it can be attributed to flaxseed oil as a gold leaf adhesive in pastiglia layer arrays and Gilding has been used.

Keywords: Pastiglia, Gilding, Chehel Sotoun of Qazvin, SEM-EDS, FT-IR, GC-MS

* Corresponding author: hajsayyedjavady@yahoo.com

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]

[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

Introduction

Pastiglia and gilding are one of the most complex methods of surface decoration in Islamic architecture of Iran, the flourishing of which should be sought in the Safavid period; this architectural array, which is a combination of organic materials and metallic and non-metallic minerals, was processed and executed in a special process. In order to properly protect the work and also to retrieve the technical information contained in it and also to obtain the technical information of this type of architectural arrangement in Iran during the Safavid period, its artistic and technical recognition in Chehel Sotun Palace of Qazvin becomes important and necessary as one of the most important capital buildings in the Safavid era. From the first capital of the Safavid period, pastiglia and gilding has not remained and Qazvin was considered before Isfahan and appropriate actions have been done to create architectural arrays. The present study has investigated the structure of pastiglia and gilding arrays in two Safavid periods (Shah Tahmaseb and Shah Abbas I period) in Chehel Sotun Palace of Qazvin.

Materials and Methods

During this research sampling was done from the pastiglia and gilding parts of the layer related to Shah Tahmaseb as well as the layer related to Shah Abbas I, which was evaluated using SEM-EDS, FT-IR, GC-MS analyzes. These samples were compared. The prepared samples show three layers of gypsum substrate, pastiglia and gold leaf; In SEM-EDS, EDS analysis was first prepared from the surface of the sheet metal and also from the surface of the pastiglia to identify the sheet material as well as to determine whether the pastiglia minerals are similar or different from the samples studied in Isfahan. To identify organic materials in the pastiglia as well as the adhesive under the gold foil, the surface of the samples was first monitored by SEM to record possible residues. Images were taken at 5000x magnification from the surface of the gold-plated samples. Images with 6,000x, 2,000x, and 10,000x magnifications were also taken from the middle parts of the pastiglia. Also, for FT-IR analysis, gypsum substrate, pastiglia, and gold were analyzed separately so that with the same view selected for the previous experiment, the materials used in the fasteners can be identified using the difference between the identified materials and their quantity. For GC-MS analysis, a sample of pastiglia and gold layer were prepared from each period, so that in the pastiglia sample, the gold layer was removed as much as possible, and in the gold layer sample, the thickness of the rose layer was minimized to distinguish the organic materials used in the pastiglia and the adhesive under the gold using the difference of the identified materials and their quantity in the layers.

Discussion and Results

Examination of SEM images indicates the presence of residues of organic material, which are then examined by FT-IR and GC-MS analyzers. Studies have shown that gold leaf is eroded and gypsum crystals from the pastiglia are clearly visible. In this part, amorphous non-crystalline materials are partially and rarely visible. In this part, amorphous non-crystalline materials are partially and rarely visible. Also, in a part, the gold leaf is completely separated and destroyed, but its adhesive layer is seen as a smooth and polished surface in a dark color. The lower part of the gold leaf is seen more clearly and in layers. Given the crystalline structure of the minerals used in the pastiglia and the differences between the layers identified with them, it can be considered that what is seen is organic material. In the pastiglia studied samples, the structures are mineral materials whose crystalline forms are known and identifiable, and what is recorded in the images is completely different from their crystalline structure, and on the other hand, it is not a function of mineral crystallization structure systems so it can be concluded that what is recorded is the remains of organic materials.

The FT-IR results do not report any organic materials in the internal structure, and based on that, only the presence of gypsum and soil compounds of silicon and iron can be mentioned. Examination of samples with GC-MS indicates the use of vegetable oils, which due to the significant amount of eighteen carbon compounds and its oxides, it can be attributed to flaxseed oil. The result of EDS analysis from the surface of the metal layer indicates high purity gold. Also, the result of this analysis from the material part of the porcelain layer shows gypsum along with soil with high iron. The FT-IR spectrum of all four samples provides the same information. Absorption bands in the areas of cm-13550-3400 related to asymmetric tensile vibrations of OH and absorption bands 602 and 668 cm-1 can be related to sulfate adsorption, both of which can be attributed to the presence of gypsum in these structures. Adsorption bands in the areas of 1620-1680 cm-116 can also be considered due to hydration of sulfate in gypsum. Although vibrations associated with the C = C and C = N groups can also cause absorption bands in this area, other absorption bands should also be considered. Due to the weak adsorption band associated with organic materials, including the absence of CH-induced adsorption in the area of 2800-2950, the possibility of sulfate hydration seems more certain. Elongated and weakly absorbed band 210-220 cm-1 can be associated with HCO3- vibrations. Two weak absorption bands in the regions of 1415 and 1438 cm-1 can be considered as caused by CH vibrations. The 475 cm-1 absorption band can also be associated with silicate vibrations and the 430 cm-1 absorption band can be attributed to FeO vibrations.

Also in samples F1-1 and F2-2, poor absorption in the range of about 1575 cm-1 can be attributed to symmetric CNO vibrations. The intensity of these two recent adsorption bands is so low that no definite conclusion can be drawn based on it, and in general, FT-IR results can be related to adsorption due to calcium sulfate, iron oxide and silicon and the presence of organic matter or its type cannot be strongly confirmed in these samples. In the GC-MS experiment, protein identities as well as amino acids were singled out, and oils, different percentages of carboxylic acids, and ester derivatives of fatty acids were recognized. The results show the constituents of vegetable oils, their oxides and in some cases their glyceride chains. In the results of this method, different structures of carboxylic acids and their derivatives, especially sixteen carbon esters (palmitic acid) and eighteen carbon (stearic, linolenic, linoleic and oleic acid) and their oxides were recognized. They can indicate flaxseed oil. Depending on the saturation of these structures, different behaviors occur in oxidation and then derivation from them, so different combinations of them are seen in this analysis. None of the amino acid-related structures that make up animal adhesives such as silk were shown in this analysis. Also, according to the analysis method, it was not expected that the structure of terpenoid resins could be extracted and identified because these resins are long-chain due to polymerization and cannot be identified by solvent derivation in GC-MS.

Conclusion

The results of the analysis on the samples of the two periods were very similar to each other, which shows the continuity of the technique of performing layer arrays of pastiglia and gilding in the two different Safavid periods. Eventually, the results show that the structure of the materials used in the pastiglia of the two Safavid periods of the Chehel Sotun palace of Qazvin are similar.

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]

[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

پژوهه باستان‌سنجی ۱۳۹۹؛ ۶(۲): ۱۷۳-۱۵۷

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.52547/jra.6.2.157

URL: http://jra-tabriziau.ir/

دانشگاه هنر اسلامی تبریز ۱۳۷۸

مقاله پژوهشی

CrossMark

بررسی و شناخت مواد آلی لایه‌چینی و طلاچسبان دورۀ صفویه در کاخ چهل‌ستون قزوین*

سید محسن حاجی سید جوادی[1]**، اصغر فهیمی‌فر[2]، یاسر حمزوی[3]

۱. استادیار بخش هنر و معماری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس،گروه پژوهش و تاریخ هنر، تهران، ایران

۳. استادیار دانشکدۀ هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۹

چکیده

آرایۀ لایه‌چینی و طلاکاری یکی از پیچیده‌ترین و خاص‌ترین شیوه‌های تزئین سطح، در معماری اسلامی ایران است که شکوفایی آن را باید در دورۀ صفوی جست‌وجو کرد؛ این آرایۀ معماری که ترکیبی از مواد آلی و همچنین مواد معدنی فلزی و غیرفلزی در کنار یکدیگر است، طی فرایند خاصی عمل‌آوری و اجرا می‌شده است. جهت حفاظت صحیح اثر و همچنین بازیابی اطلاعات فنی نهفته در آن و همچنین دستیابی به اطلاعات فنی این گونۀ آرایۀ معماری در ایران دورۀ صفویه، بازشناخت هنری و فنی آن در کاخ چهل‌ستون قزوین به عنوان یکی از مهم‌ترین بناهای پایتخت بخشی از دورۀ صفویه، اهمیت و ضرورت پیدا می‌کند. از اولین پایتخت دورۀ صفویه (در تبریز) آرایۀ لایه‌چینی و طلاکاری باقی نمانده است و قزوین قبل از اصفهان مورد توجه بوده و اقدامات شایسته‌ای در خلق آرایه‌های معماری انجام پذیرفته است. پژوهش حاضر، به مطالعۀ ساختار آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری در دو دورۀ صفویه (دورۀ شاه تهماسب و دورۀ شاه عباس) در کاخ چهل‌ستون قزوین پرداخته است. این پژوهش، با رویکرد آزمایشگاهی با هدف واکاوی و شناخت ساختار بخش‌های مختلف این آرایه‌ها از جمله ساختار آلی و معدنی لایه‌چینی و همچنین لایۀ طلایی استفاده شده بر روی لایه‌چینی، موسوم به طلاکاری، انجام پذیرفته است. در این راستا، از بخش لایه‌چینی و طلاکاری لایۀ مربوط به دورۀ شاه تهماسب و همچنین لایۀ مربوط به دورۀ شاه عباس صفوی نمونه‌برداری انجام پذیرفت که با استفاده از آنالیزهای (SEM-EDS، FT-IR، GC-MS) به ارزیابی و مقایسۀ این نمونه‌ها پرداخته شد. نتیجۀ آنالیز EDS از سطح لایۀ فلزی، نشان‌دهندۀ طلا با خلوص بالا است، همچنین بخش معدنی لایه‌چینی، از ترکیب گچ و نوعی خاک با درصد آهن بالا (گل هرمز یا گل ارمنی) تشکیل شده است. بررسی تصاویر SEM بر روی نمونه‌های مورد بررسی، نشان‌دهندۀ وجود بقایایی از مواد آلی مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی است. بررسی نمونه‌ها با GC-MS نشان‌دهندۀ استفاده از روغن‌های گیاهی است که باتوجه به مقدار قابل توجه ترکیبات هجده کربنی و اکسیدهای آن، می‌توان آن را منسوب به روغن بزرک دانست که به عنوان چسبانندۀ ورق طلا در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری مورد استفاده بوده است.

واژگان کلیدی: لایه‌چینی، طلاچسبان، کاخ چهل‌ستون قزوین، SEM-EDS، FT-IR ، GC-MS

* این مقاله برگرفته از رساله دکترای تخصصی نگارندۀ اول در رشتۀ پژوهش هنر دانشگاه تربیت مدرس با عنوان «مطالعۀ ساختار آرایه‌های طلاکاری، لایه‌چینی و آنالیز نقوش تزئینی آن در دورۀ صفوی در عمارت چهلستون قزوین» است.

** مسئول مکاتبات: تهران، بلوار ارتش، ابتدای شهرک نفت، خیابان نخل، سازمان مرکزی دانشگاه پیام نور

پست الکترونیکی: hajsayyedjavady@yahoo.com

۱. مقدمه

یکی از فنون تزئینی در هنر دیوارنگاری معماری ایرانی–اسلامی، آرایهٔ لایه‌چینی است؛ لایه‌چینی به معنی قرار دادن چندین لایه از یک مایع روان با قلم‌مو در چند مرحله روی سطح صاف به منظور ایجاد یک نقش برجسته است. این نقش (که اغلب، قرمز رنگ بوده) زمینه‌ای برای قرارگیری ورقه‌های فلزی (ورق طلا) بوده و سبب می‌شده‌است که ویژگی‌های بصری این ورقه‌های فلزی برای اهداف خاصی تغییر کند [1]. لایه‌چینی یکی از بخش‌های برخی از دیوارنگاره‌ها است. دیوارنگاره‌ها بسته به کیفیت آثار، حداقل از دو لایهٔ تکیه‌گاه (سازه معماری) و لایهٔ رنگ (نقوش)، تا شش لایه (تکیه‌گاه، لایه آستر، لایه بستر، لایه بوم‌کننده، لایه رنگ، و لایه محافظ یا ورنی) متغیر بوده و اجرا می‌شده‌اند [2]. در واقع لایه‌چینی بر روی لایهٔ بستر گچی اجرا می‌شده که خود بستری برای طلاچسبان بوده است. مضامین اصلی در این آرایه‌ها بیش‌تر گل‌ها و برگ‌های اسلیمی و ختایی بوده که در راستای ارتباط انسان با طبیعت و عالم مثال ایجاد شده‌اند.

از آنجایی که آرایهٔ لایه‌چینی در دورهٔ صفویه در کاخ‌ها و بناهای مهم به ویژه کاخ چهل‌ستون قزوین به وفور اجرا شده، از اهمیت بالایی برخوردار است. در خصوص فن‌شناخت این گونه از آرایه‌های معماری مطالعات کمی صورت گرفته و شناخت زیادی حاصل نشده است. یک پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی در دانشگاه هنر تهران در این حوزه انجام شده که محدود به سه بنای صفوی چهل‌ستون، عالی قاپو و هشت بهشت اصفهان می‌شود [1] و یک پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ باستان‌سنجی در دانشگاه هنر اسلامی تبریز انجام پذیرفته که نمونه‌های مطالعاتی مربوط به دو کلیسای وانک و بیت‌لحم اصفهان است [3]. بنابراین مطالعهٔ تخصصی ساختارشناسی بر روی آرایه‌های لایه‌چینی، کم و محدود به اصفهان است.

در این پژوهش، تلاش شده است تا مواد آلی چسباننده در مادهٔ لایه‌چینی و همچنین چسب استفاده شده برای طلاچسبانی مورد مطالعه دقیق قرار گیرد و برای اولین بار اطلاعات فنی پیرامون لایه‌چینی از دولایهٔ مختلف دیوارنگاره در کاخ چهل‌ستون قزوین که هر دولایه مربوط به دورهٔ صفویه است، به‌دست آید. با توجه به این‌که عمارت مذکور جزو اولین بناهای معرف هنر و معماری دورهٔ صفویه است (که باقی مانده و قابل بازدید است)، شناخت فنی و هنری آن در سیر هنر دورهٔ صفویه اهمیت بسیاری دارد، اما تاکنون بررسی‌های منسجم و گسترده‌ای در مورد آن مشاهده نمی‌شود. هدف این پژوهش شناخت فنی مواد آلی مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری به جا مانده از دوره‌های اول و دوم حکومت صفویه در کاخ چهل‌ستون قزوین است.

در این مقاله، پس از پیشینهٔ پژوهش، مواد و روش‌های آزمایشگاهی معرفی شده و سپس اطلاعات اولیه به‌دست آمده از آنالیزها ارائه شده است. در ادامه، تحلیل‌های مربوط به یافته‌های پژوهش انجام شده و در پایان، نتیجه‌گیری کلی از پژوهش ارائه شده است.

۲. پیشینهٔ پژوهش

دیوارنگاره‌های کاخ چهل‌ستون قزوین از حیث شناخت مکتب‌های نگارگری و به خصوص مکتب قزوین حائز اهمیت است و از طرفی نیز برخی نگاره‌ها را منسوب به هنر خود شاه تهماسب صفوی می‌دانند که ارزش‌های معنوی آثار را ارتقا می‌دهد؛ ولی تاکنون مطالعه‌ای در مورد ساختارشناسی آن‌ها صورت نپذیرفته است؛ تنها مطالعه در خصوص فن و ساختار دیوارنگاره‌های عمارت مذکور مربوط به پایان نامه‌ای در مقطع دکترای تخصصی پژوهش دانشگاه تربیت مدرس است. موضوع این پایان‌نامه دربارهٔ شناخت ساختاری مواد مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی است که از طریق بررسی‌های ماکروسکوپی، آنالیز عنصری و تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDS) و بررسی ترکیب فازی (XRD) از لایه‌های مذکور صورت پذیرفته و در آن، به وجود سه لایه بستر گچی، گل سرخ حاصل از گچ و گل رس، و نیز استفاده از ورق طلا در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی دو دورهٔ صفوی اشاره شده است [4]. دیگر مطالعات صورت گرفته، بیش‌تر در حوزهٔ معرفی بنا، ساخت، تعمیرات، الحاقات، مرمت و بازسازی، و معرفی آرایه‌های معماری آن بر پایهٔ اسناد تاریخی و شواهد باقی

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

مانده در بنا است [5]؛ [6]؛ [7]؛ [8]؛ [9] و [10].

پژوهش و شناخت آثار تاریخی گچی در ایران دو مشکل فنی دارد که اغلب ناشی از شناخت خصوصیات بلور گچ، همچون تغییرات حلالیت یا شکل بلوری در اثر حضور مواد افزودنی یا تغییرات محیطی است [11].

همچنین پژوهش‌هایی مربوط به مادهٔ آلی و معدنی در ساختار لایه‌چینی و دیوارنگاره‌ها در دیگر بناهای دورهٔ صفوی و قبل و بعد از آن صورت پذیرفته است؛ در مقاله‌ای فن ساخت و عناصر مورد استفاده در لایه‌چینی‌ها و طلاچسبانی‌های کاخ عالی‌قاپو، چهل‌ستون و هشت‌بهشت اصفهان توسط آنالیزهای TLC، XRD، SEM-EDX بررسی شده که در ترکیب لایه‌چینی‌های مورد مطالعه، گچ کشته‌نشده، گل ارمنی و یک چسب پروتئینی شناسایی شده است [1]. در مقاله‌ای دیگر لایه‌های دیوارنگارهٔ سقف گنبد بقعهٔ سید رکن‌الدین یزد توسط آنالیزهای SEM-EDX، XRD و شیمی کلاسیک (شناسایی رنگ‌دانه‌ها و رنگینه‌ها به کمک شناساگرهای شیمیایی) بررسی شده و چندلایه بودن، نیمه کشته و تیز بودن لایه‌های بستر، استفاده از ورق طلا، رنگدانه‌های سبز سیلو، شنگرف و رنگینهٔ نیل و واسطی روغنی در فن طلاچسبانی حاصل آمده است [12]. در مقاله‌ای دیگر آرایه‌های طلاکاری روی سنگ‌های مجموعهٔ کاخ گلستان تهران، توسط روش‌های آنالیزی SEM-EDS و FTIR بررسی شده که در خصوص فن طلاچسبانی آن‌ها، مادهٔ مورد استفاده، واسطی روغنی (به احتمال زیاد، روغن کمان) معرفی شده است [13]. در مقاله‌ای دیگر نیز آرایه‌های طلاکاری کتیبه‌های سنگی کلیسای وانک در اصفهان، با روش‌های آنالیزی SEM-EDS و FTIR مطالعه شده و فن طلاچسبانی آن توسط واسطی روغنی معرفی شده است [14]. در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دیگری، آرایه‌های لایه‌چینی کلیسای وانک و بیت‌لحم اصفهان توسط آنالیزهای XRF، XRD، SEM-EDS، FT-IR، GC-MS، Py-GC-MS مورد بررسی قرار گرفته و سریشم برای بست لایه‌چینی، و روغن بزرک برای طلاچسبانی شناسایی شده است [3].

از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام گرفته در زمینهٔ لایه‌چینی در اروپا مطالعات نادولنی است که به بررسی تکنیک‌های طلاکاری برجستهٔ شمال اروپا در قرون ۱۲ تا ۱۵ میلادی پرداخته است [15]. کلمبینی برای شناسایی مواد پروتئینی با منشأ شیر به عنوان چسب در طلاکاری نمونه‌های مربوط به سه کلیسا در ایتالیا، از GC/MS استفاده کرده‌است [16]. از دیگر پژوهش‌های مشابه، در راستای روش تحقیق پژوهش حاضر، می‌توان به تحقیقاتی اشاره‌کرد که برای شناسایی مواد آلی بست و چسب، به روش CG/MS و Py-GC-MS انجام یافته‌اند [17].

۳. کاخ چهل‌ستون قزوین

شهر قزوین در دورهٔ صفویه برای بیش از نیم قرن، پایتخت کشور ایران بوده است و به طور رسمی اولین دولت‌خانه و باغ‌شهر شاهی دورهٔ صفویه محسوب می‌شود. دولت‌خانهٔ مذکور از سال ۹۶۲ تا ۹۶۶ ه. ق. در ۷۴ هکتار با نقشه‌ای مهندسی شده و منظم برای زندگی خاندان سلطنتی، امرای دولت و پذیرایی از مهمانان سلطنتی ساخته شده است. امروزه تنها چند اثر شاخص از بناهای شهرشاهی آن دوره به جا مانده که از آن میان کاخ چهل‌ستون با توجه به دیوارنگاره‌های به جامانده از مکاتب اولیهٔ دیوارنگاری دورهٔ صفوی، اهمیت بسزایی دارد که نیازمند پژوهش‌های گسترده نیز است. این بنا در بخش شمالی مجموعهٔ دولت‌خانه و تقاطع خیابان‌های اصلی است. اصل بنا یک طبقه‌ای هشت ضلعی با دیوارنگاره‌های داخلی و بیرونی مربوط به دورهٔ شاه تهماسب است و طبقهٔ دوم به احتمال زیاد در دورهٔ شاه عباس به بنا افزوده شده است؛ همچنین بنا در دوره‌های مختلفی مورد مرمت، تعمیر و بازسازی الحاقاتی قرار گرفته است [9] (شکل ۱؛ جدول ۱).

کاخ چهل‌ستون در بخش شمالی مجموعه بناهای سلطنتی سعادت‌آباد به عنوان محل سکونت شاهان صفوی و اغلب محل پذیرایی از شخصیت‌های مهم داخلی و خارجی بوده که بنایی هشت‌گوش و نامنظم روی سکویی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و در دو طبقه با زیربنای تقریبی ۵۰۰ متر مربع بنا شده است. رواقی با ستون‌های آجری و قوس‌های نیم‌دایره‌ای بنا را دربرگرفته و بر بالای آن ایوانی با ستون‌های چوبی

[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]
[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]

استوار شده است. نقشهٔ بنا دارای طرحی با محورهای صلیبی و برون‌گرا و سقف طبقهٔ همکف پوشیده از یزدی‌بندی و کاربندی و سقف طبقهٔ فوقانی خنچه‌پوش است. اطراف ایوان دارای ستون‌های استوانه‌ای آجری با قوس‌های نیم‌بیضی است [4].

تقریباً تمام نمای بنا از نقاشی پوشیده است. مهم‌ترین بخش آن تالار مرکزی وسیعی است که با دهانه‌هایی با قوس جناقی به ایوان‌ها متصل می‌شوند. در دورهٔ دوم صفوی این قوس‌ها کندتر و دیوارنگاره‌های دیگری روی آن‌ها جایگزین شدند. سپس در دورهٔ قاجار با قوس‌های دایره‌ای با دهانه بزرگ‌تر پوشانده‌اند و دیوارنگاره‌های دیگری جاگزین آن‌ها شده است (شکل ۲).

شکل ۱: موقعیت شماتیکی قزوین و بنای چهل‌ستون به همراه تصویر و پلان بنا
Fig. 1: The schematic location of Qazvin and the construction of Chehelsotoun along with the image and plan of the building

شکل ۲: لایه‌چینی و طلاکاری در لایه‌های مختلف آرایهٔ معماری در عمارت چهل‌ستون قزوین
Fig. 2: Pastiglia and gilding in different layers of architectural arrangement in Qazvin chehelsotoun

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

جدول.۱: دوره‌های زمانی مداخلات (بازسازی، تعمیر، مرمت، الحاقات) در بنای چهل‌ستون قزوین [5،4، 9 و 18]

Table 1: Time periods of interventions (reconstruction, repair, restoration, additions) in Qazvin Chehelsotoun

دوره زمانی PERIOD(S)	نوع مداخله در عمارت چهل ستون قزوین TYPE OF INTERVENTION IN QAZVIN CHEHELSTON MANSION
دورهٔ شاه تهماسب صفوی THE PERIOD OF SHAH TAHMASB SAFAVID	احداث دولت‌خانه Construction of Dowlat khaneh
دورهٔ صفوی، شاه اسماعیل دوم SAFAVID PERIOD, KING ISMAIL II	تغییرات در ارکان دولت‌خانه و باغ سعادت آباد Changes in the elements of government place (Dowlat khaneh) and garden of Saadat Abad
دورهٔ صفوی، شاه عباس (۱۰۳۸ ق. / ۱۶۲۹ م.) SAFAVID PERIOD, SHAH ABBAS (1629)AD	افزودن طبقه دوم و پلکان آن از جنوب شرقی عمارت Add the second floor and its stairs from the southeast directiont of the mansion
دورهٔ قاجار (۱۲۹۵ ق. / ۱۸۷۸ م.) QAJAR PERIOD (1878 AD)	اولین تعمیرات بنا The first restoration of the building
دورهٔ قاجار (۱۳۰۵– ۱۳۰۶ ق. / ۱۸۸۸– ۱۸۸۹ م.)، سعدالسلطنه THE QAJAR PERIOD (1889-1888), DURING THE REIGN OF SAAD AL-SALTANAH	دوره دوم تعمیرات به خصوص در طبقه دوم و افزایش ارتفا سقف، الحاق رواق آجری با قوس نیم‌دایره اطراف بنا، و ساخت پلکان برای طبقه دوم بنا از جانب شمال Second period of repairs, especially on the second floor and elevation of the roof, brick fitting with semicircular arch around the building, and construction of stairs for the second floor on the north side
دورهٔ قاجار (۱۳۲۰ ق. / ۱۹۰۲ م.)، سالار اکرم THE QAJAR PERIOD (1902 AD), SALAR AKRAM'S REIGN	تعمیرات دورهٔ سوم Third Period of Restoration
دوره قاجار (۱۳۳۷– ۱۳۳۸ ق. / ۱۹۱۹– ۱۹۲۰ م.) سال‌های حکومت نظام‌السلطان و موفق الدوله THE QAJAR PERIOD 1919 TO 1920A.D - REIGN OF NEZAM AL-SULTAN AND MUFAFAGH AL-DAWLAH	ساختن پلکانی برای عمارت Build a staircase for the mansion
دورهٔ قاجار (۱۳۳۹ق. / ۱۹۲۱ م.) THE QAJAR PERIOD (192 A.D)	حذف پلکان The stairs were removed and demolished
دورهٔ پهلوی (۱۳۳۶ ش. / ۱۹۵۷ م.) A.D) PAHLAVI PERIOD (1957	پی بردن به نقاشی‌های زیرلایه گچی، تغییر مسیر دسترسی طبقه دوم، تعبیه سقف شیب‌دار با ورق گالوانیزه Paintings found on gypsum substrate - second floor access path changed - galvanized sheet gable roof installed
دورهٔ پهلوی (۱۳۴۷ ش. / ۱۹۶۸ م.) PAHLAVI PERIOD (1968)	اولین مرمت‌های علمی در بنا، کلاف‌کشی و استحکام‌بخشی The first scientific reconstruction of the building was carried out - Tie .stiffening and strengthening was done
دورهٔ پهلوی (۱۳۵۲ ش. / ۱۹۷۳) PAHLAVI PERIOD (1973)	لایه‌برداری نقاشی‌ها و جداکردن برخی نقاشی‌ها از بنا The paintings were peeled and some paintings were removed from the building
دورهٔ پهلوی (۱۳۵۷ش. / ۱۹۷۸ م.) PAHLAVI PERIOD (1978)	کلاف‌کشی دور ایوان The tie wrapping was done around the porch
دورهٔ جمهوری اسلامی (۱۳۶۰ ش. / ۱۹۸۱ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1981)	توقف اقدامات حفاظت و مرمت تزئینات All preservation and restoration activities were stopped
دورهٔ جمهوری اسلامی (۱۳۶۱ ش. / ۱۹۸۲ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1982)	قرار دادن تیرآهن به جای ستون‌های چوبی، و کانال‌کشی (گربه‌رو) در پایه ستون‌ها برای دفع رطوبت Instead of wooden columns, iron beams were inserted At the base of the columns for damping and moisture removal, .channeling was performed
دورهٔ جمهوری اسلامی (۱۳۷۱ ش. / ۱۹۹۲ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1992)	مرمت شیروانی و سقف .The roof of the building were repaired
دورهٔ جمهوری اسلامی (۱۳۷۷ ش. / ۱۹۹۸ م.) ISLAMIC REPUBLIC PERIOD (1998)	تبدیل بنا به موزه .This monument became a museum

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

شکل ۳: آرایۀ لایه‌چینی و طلاکاری مربوط به عمارت چهل‌ستون قزوین که به شیوۀ استاکو جدا شده و بر روی پنل چوبی نصب شده است.
Fig. 3: Pastiglia and gilding layer arrangement related to Qazvin Chehelsotoun, which has been separated in the style of Stako and installed on a wooden panel.

طبقۀ دوم بنا یک تالار بـا چهـار گوشـواره در چهـار طرف است که یکی از گوشواره‌هـا بـرای راه‌پلـه اسـتفاده می‌شود. طبقۀ دوم نیز با دیوارنگاره‌هایی مـزین بـوده کـه امروزه بخش ناچیزی از آن‌ها باقی است. بر گرداگـرد بنـا غلام‌گردش وجود دارد که طبقۀ اول با ستون‌هـای مـدوّر آجری تزئین شده و طبقه دوم با ستون‌های نـازک چـوبی مزین شده است. قوس‌های طبقۀ دوم نیز متعلـق بـه دورۀ قاجار هستند [18]. در دوره‌های گذشته و در مرمـت‌هـای پیشین، بخشی از آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری به شیوۀ استاکو از معماری جدا شده‌اند و بر روی پنـل‌هـای چـوبی نصب و نگهداری می‌شوند (شکل ۳).

دیوارنگاره‌های کاخ چهل‌ستون قزوین مربوط به سه دورۀ زمانی، در حکومـت‌هـای صـفویه و قاجـار، اسـت؛ دیوارنگاره‌های لایۀ اول (لایۀ زیـرین) مربـوط بـه دورۀ شاه تهماسب صفوی، لایۀ دوم به احتمال زیـاد، مربـوط به بازسازی‌های زمان شاه عباس صـفوی و لایـۀ سـوم مربوط به دورۀ قاجار و سـلطنت ناصـرالدین شـاه اسـت [9،5 و 19]. ایـن آرایـه‌هـای معمـاری در گـذر زمـان آسیب‌های بسیاری دیده و برخی به کل نابود شـده‌انـد و تنها در بخش‌های اندکی از بنا می‌توان توالی لایـه‌هـای مختلف دیوارنگاره‌های این سـه دوره را در بنـا مشـاهده کرد (شکل ۴).

شکل ۴: سه لایه تزئینی از دوره‌های صفوی و قاجار؛ لایه ۱: دوره شاه تهماسب، لایه ۲: دوره شاه عباس و لایه ۳: دوره قاجار
Fig. 4: Three decorative layers from Safavid and Qajar periods; Layer 1: Shah Tahmasb period, layer 2: Shah Abbas period and layer 3: Qajar period

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

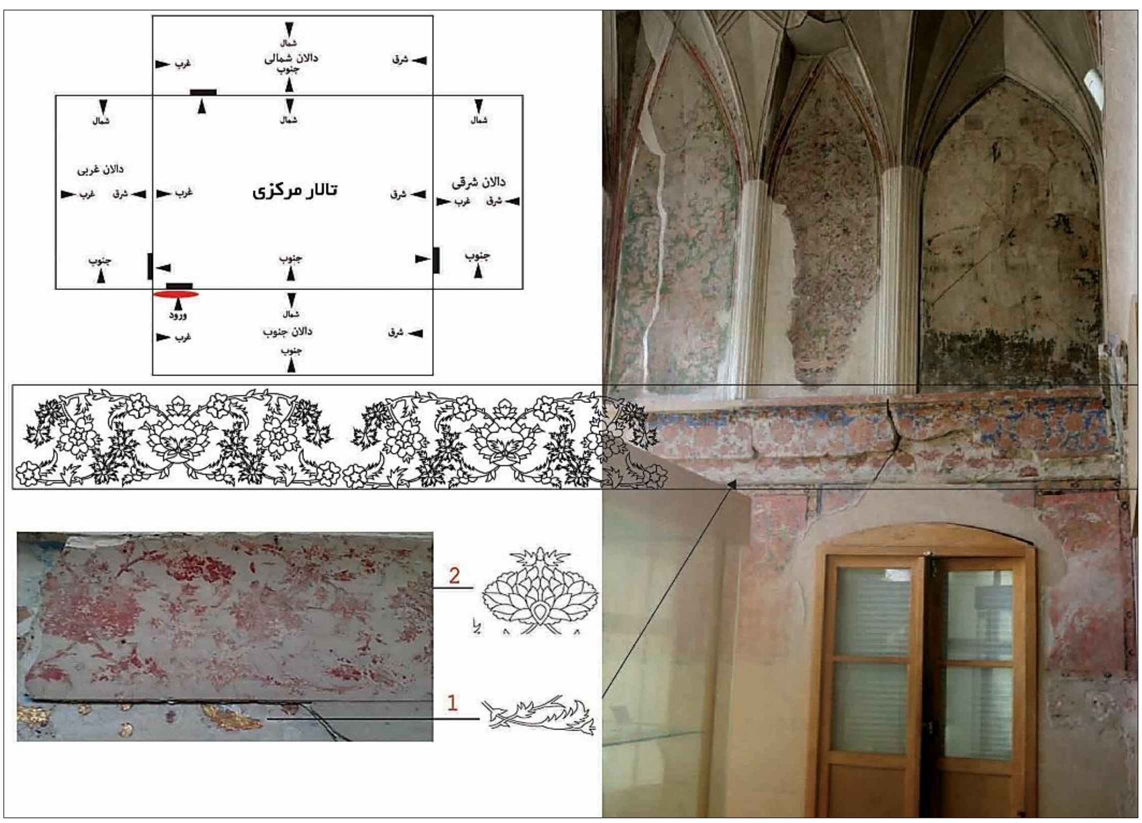
٤. مواد و روش‌های آزمایشگاهی

از بخش غربی ایوان جنوبی کاخ چهل‌ستون که نقوش گیاهی (ختایی) دو دورهٔ صفویه روی همدیگر قرار داشتند، به کمک ابزار دندانپزشکی (تیغ بیستوری) تا عمق لایه بستر گچی به منظور تهیه مواد مورد نیاز آزمایش‌های این پژوهش، نمونه‌برداری شد (شکل ۵). در ابتدا به منظور مشاهدهٔ بقایای آلی، نمونه‌های مذکور با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) دانشگاه تربیت مدرس تهران (مدل ProX، شرکت Phenom کشور هلند) تصویربرداری شدند. سپس شناسایی بست مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و فازهای مواد آلی نمونه‌ها توسط دستگاه FT-IR Spectrometer مدل PorkinElmer شرکت Frontier ایالات متحدهٔ امریکا، به روش پودری و تهیهٔ قرص شفاف در دانشکدهٔ مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس و به صورت پودر کردن مستقیم بخشی از نمونه‌ها انجام شد. در ادامه، از دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مدل Termo Finnigan دانشکدهٔ داروسازی دانشگاه شهید بهشتی تهران برای شناخت بست‌های مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی دو دورهٔ بنا استفاده شد.

نمونه‌های تهیه شدهٔ مربوط به دو دورهٔ صفویه، سه لایه بستر گچی، لایه‌چینی و ورق طلا را نشان می‌دهند؛ برای آنالیز GC- MS از هر دوره یک نمونه از لایه‌چینی و لایهٔ طلا آماده‌سازی شدند به نحوی که در نمونهٔ

جدول.۲: مشخصات و ویژگی‌های آنالیز کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی
Table 2: Specification of GC-MS analysis

Agilent 7000, Triple Quad, GC 7890A	Column: 30m* 0.25mm id* 0.25μm	HP-5MS
Injection Volume: in acqmeth	Split: in acqmeth	Heater: in acqmeth
Carrier: Helium constant in acqmeth	Temperature Programming: in acqmeth Ion Source: 230°C	Detection: MS in scan mode (25-800 amu)
EI : 70ev	Transfer line: 300°C	NIST Library



شکل ۵: نماهایی از محل نمونه‌برداری به منظور آزمایش‌های منتخب پژوهش
Fig. 5: Facades from the sampling site for selected research experiments

شکل ۶: نمونه‌های برداشت شدهٔ لایهٔ بستر گچی به همراه آرایهٔ لایه‌چینی و طلاچسبان از دوره‌های اول و دوم صفوی
Fig. 6: samples of gypsum layer along with pastiglia and gilding layer arrangement from Safavid periods 1 and 2

جدول ۳: کدگذاری نمونه‌های منتخب از دوره‌های صفوی عمارت چهل‌ستون قزوین
Table 3: Coding of selected samples from Safavid periods of Qazvin Chehelsotoun

لایه‌چینی	لایه چسب زیر ورق طلا	شماره نمونه‌ها	نوع آزمایش	دوره تاریخی
G.1.2	G.1.1	G.1	GC- MS	شاه تهماسب
G.2.2	G.2.1	G.2		شاه عباس
F.1.2	F.1.1	F.1	FT-IR	شاه تهماسب
F.2.2	F.2.1	F.2		شاه عباس

لایه‌چینی حتی‌المقدور لایهٔ طلا حذف شد و در نمونهٔ لایه طلا، میزان ضخامت لایهٔ گل سرخ به حداقل رسید تا با اختلاف مواد مورد شناسایی و کمیّت آن‌ها در لایه‌ها بتوان مواد آلی به کار رفته در لایه‌چینی و چسب زیر طلا را از هم تمیز داد.

برای آنالیز FT- IR نیز لایه‌های بستر گچی، لایه‌چینی و طلا به صورت مجزا آنالیز شدند تا با همان دیدگاه منتخب برای آزمایش پیشین، با مشاهدهٔ اختلاف مواد مورد شناسایی و کمیت آن‌ها بتوان مواد به کار رفته در بست‌ها را شناسایی کرد (شکل ۶).

نمونه‌های با کد N1 و N2 مربوط به آنالیز GC-MS بوده و نمونه‌های با کد F1 و F2 مربوط به آنالیز FT- IR است (جدول ۳).

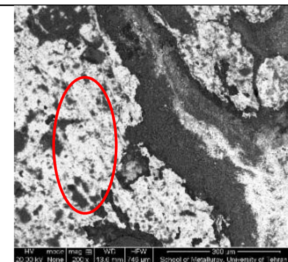
۵. یافته‌های پژوهش

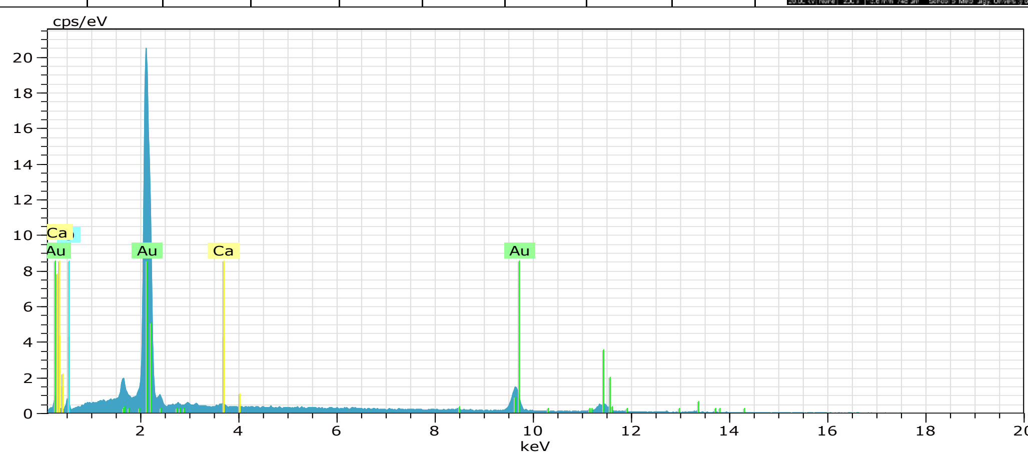
EDS: ابتدا آنالیز عنصری نقطه‌ای (EDS) از سطح ورق فلزی و همچنین از سطح لایه‌چینی تهیه شد (جدول ۴) تا جنس ورق شناسایی و همچنین مشخص شود که مواد معدنی لایه‌چینی شبیه به نمونه‌های مطالعه شده در اصفهان هست یا متفاوت از آن‌ها است.

SEM: برای شناسایی مواد آلی در لایه‌چینی و همچنین چسب زیر ورق طلا، ابتدا توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) سطح نمونه‌ها پایش شد تا بقایای احتمالی از آن‌ها ثبت شود. مشاهده و تشخیص وجود مواد آلی که ظاهری کاملاً متفاوت از مواد معدنی دارند، در تصاویر الکترونی با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر ممکن است. امتیاز میکروسکوپ الکترونی روبشی در توانایی ذاتی آن برای مشاهدهٔ نمونه‌های زیستی در مقیاس میکرو و نانو، استفاده از تصاویر الکترون‌های ثانویه و برگشتی است؛ بررسی مواد زیستی نیازمند فرایندهای آماده‌سازی نمونه است [20 ، 21 و 22] ؛ اما مواد آلی مورد بررسی این پژوهش، با گذر زمان کاملاً خشک بود و در بستر متفاوت معدنی و خشک گچی قرار داشت که نیاز به آماده‌سازی نمونه برای مشاهده نداشت.

جدول ۴: آنالیز عنصری نقطه‌ای (EDS) از سطح ورق فلزی و سطح لایه چینی

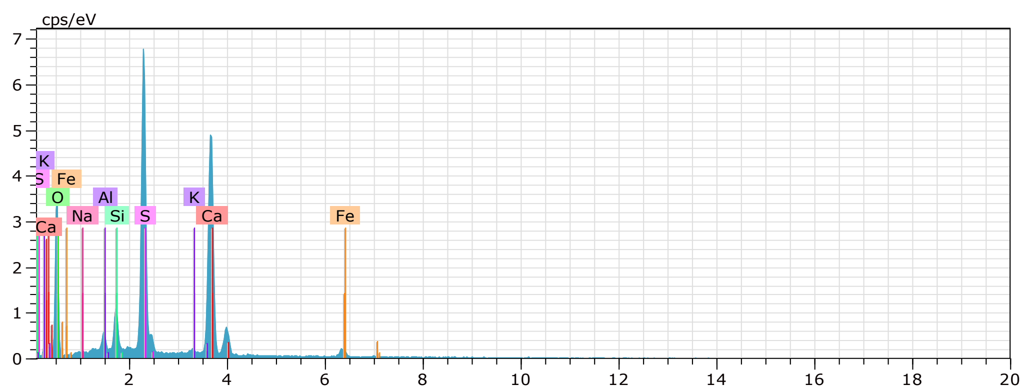
Table 4: Point elemental analysis (EDS) of the metal sheet surface and pastiglia

Elem / Sam	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_3	K_2O	Na_2O	AuO	تصاویر بخشی از نمونه‌ها که آنالیز تهیه شده است
	%	%	%	%	%	%	%	%	
Gilding	–	–	–	1.68	–	–	–	98.32	
pastiglia	4.79	2.51	2.84	31.47	45.12	0.91	0.03	–	



شکل ۷: طیف به‌دست آمده از آنالیزعنصری نقطه‌ای از سطح ورق فلزی

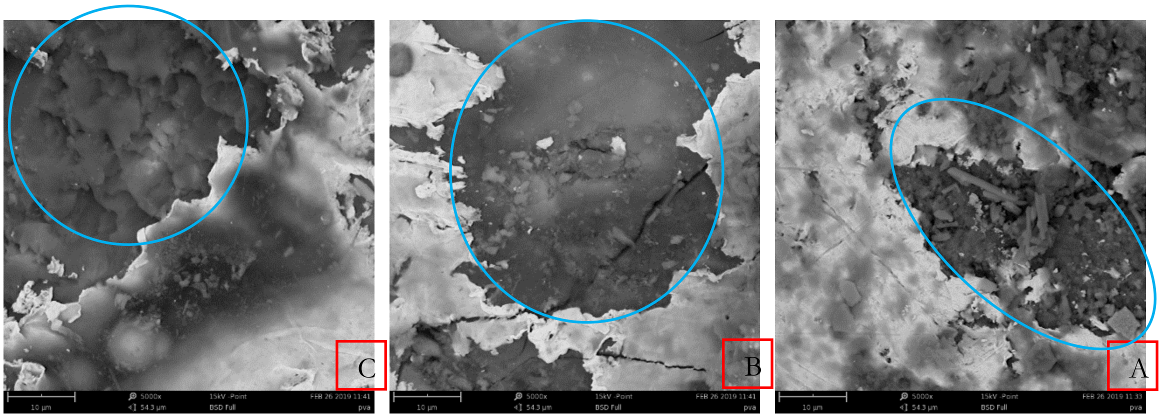
Fig. 7: The spectrum obtained Point elemental analysis (EDS) of the metal sheet surface



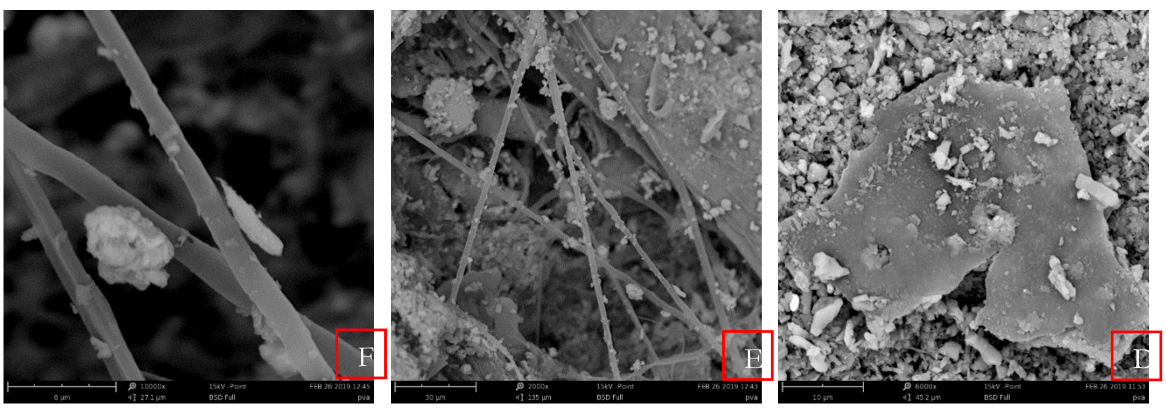
شکل ۸: طیف به‌دست آمده از آنالیزعنصری نقطه‌ای از سطح لایه‌چینی

Fig. 8: The spectrum obtained Point elemental analysis (EDS) of the metal sheet surface

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]
[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]



شکل ۹: ورق طلا و لایه‌های زیرین. A و B: لایهٔ اول (دورهٔ شاه تهماسب)؛ C لایهٔ دوم (دورهٔ شاه عباس)
Fig. 9: Gold leaf and underlays. A and B: The first layer (Shah Tahmaseb's period); C Second layer (Shah Abbas period)



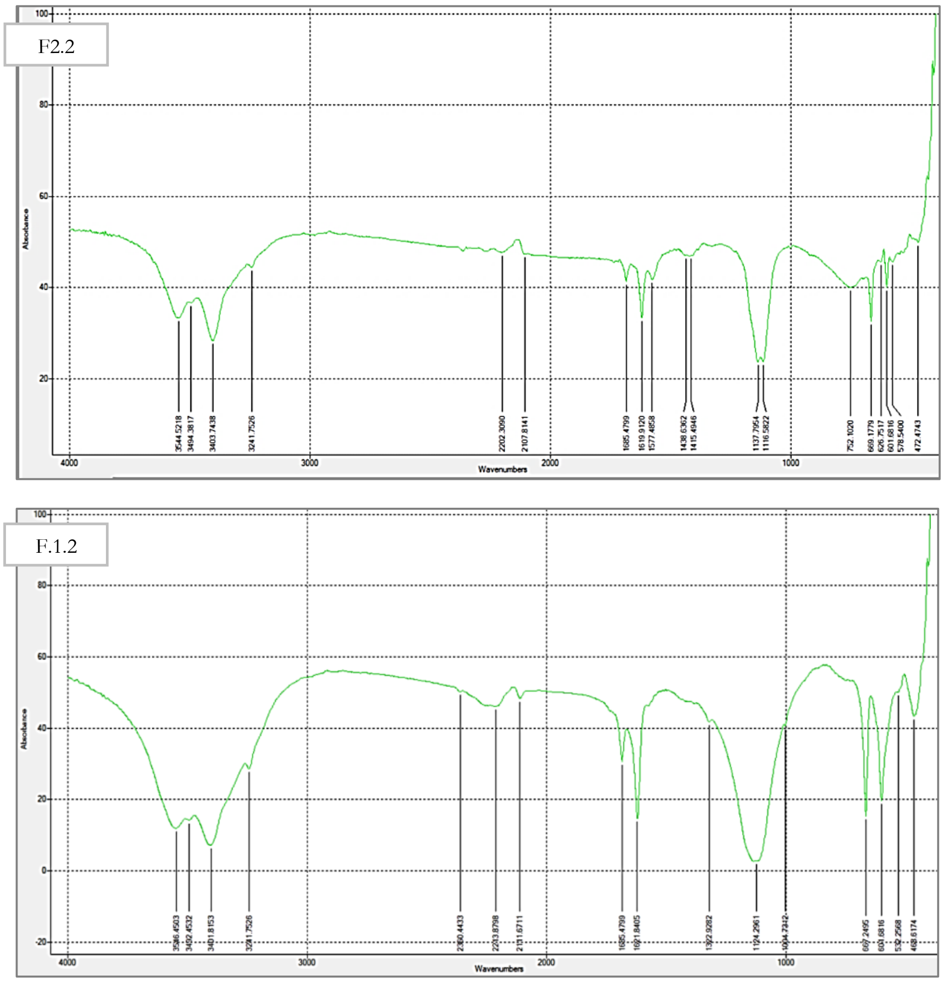
شکل ۱۰: ساختار لایه‌چینی. D: لایهٔ اول (دورهٔ شاه تهماسب)؛ E و F لایهٔ دوم (دورهٔ شاه عباس)
Fig. 10: Pastiglia structure. D: The first layer (Shah Tahmaseb's period); E and F second layer (Shah Abbas period)

تصاویری با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر از سطح نمونه‌ها که طلاچسبان شده بود، تهیه شد (شکل ۹). همچنین تصاویری با بزرگ‌نمایی‌های ۶۰۰۰ برابر، ۲۰۰۰ برابر و ۱۰۰۰۰ برابر از بخش میانی (مغز) لایه‌چینی تهیه شد (شکل ۱۰).

FT-IR: به منظور شناخت بیشتر بقایای مواد آلی در لایه‌چینی (کد: F.1.2 و F.2.2) و لایهٔ زیرین ورق طلا (کد: F.1.1 و F.2.1) از طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده شد. از چهار نمونهٔ تهیه شده دورهٔ شاه تهماسب و شاه عباس، آنالیز انجام شد که نتایج آنالیز در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ قابل مشاهده است. در هر کدام از شکل‌ها، طیف زیرین مربوط به نمونه‌های دورهٔ شاه تهماسب و طیف رویی مربوط به نمونه‌های دورهٔ شاه عباس است.

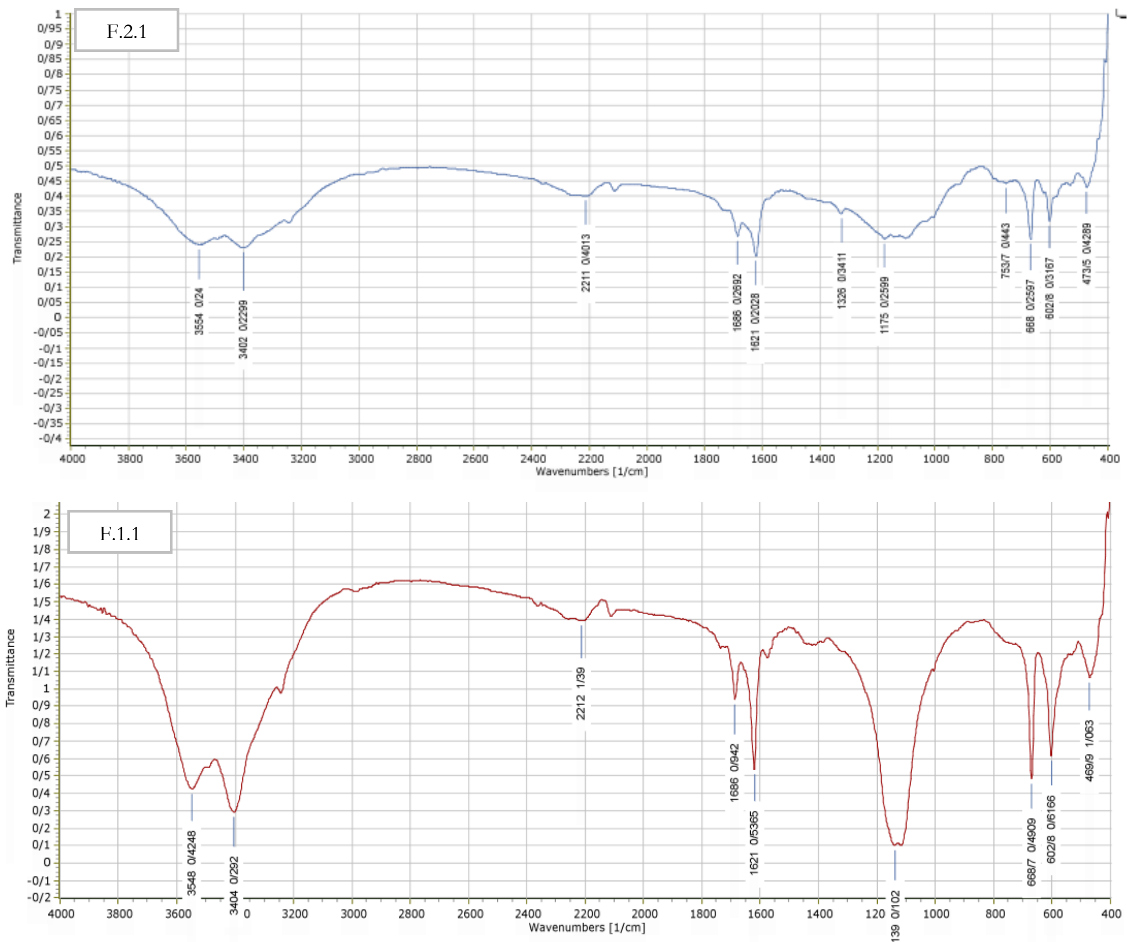
GC-MS: در ادامه، آنالیز کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی بر روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. به این ترتیب از دو دورهٔ مورد مطالعه، دو نمونهٔ مجزا از لایه‌های چسب زیر ورق طلا و همچنین لایه‌چینی آماده شد و مورد آنالیز قرار گرفت. جدول شمارهٔ ۵ ساختارهای شناسایی شده در هر لایه را نشان می‌دهد.

با توجه به ساختار بلورین مواد معدنی مورد استفاده در لایه‌چینی و تفاوت لایه‌های شناسایی شده با آن‌ها، می‌توان در نظر داشت آن‌چه که دیده می‌شود، مواد آلی است. در نمونه‌های مورد بررسی لایه‌چینی (گچ و گل سرخ) ساختار متشکله، مواد معدنی هستند که فرم‌های بلورین آن‌ها مشخص و قابل شناسایی و قابل مطالعه است و آن‌چه در تصاویر ثبت شده، با ساختار بلورین آن‌ها کاملاً متفاوت است و از طرفی نیز تابع سیستم‌های ساختار تبلوری مواد معدنی نیست که می‌شود نتیجه گرفت آن‌چه ثبت شده، بقایایی از مواد آلی است.



شکل ۱۱: طیف‌های تبدیل فوریه مادون قرمز از نمونه‌های لایه‌چینی، مربوط به دورهٔ صفویه کاخ چهل‌ستون قزوین
Fig 11: Infrared Fourier transform spectra of pastiglia samples, related to the Safavid period of Qazvin Chehelsotoun

FT-IR: طیف مادون قرمز تبدیل فوریهٔ هر چهار نمونه، اطلاعات مشابهی را ارائه می‌دهد. نوار جذب‌های نواحی cm^{-1} ۳۵۵۰–۳۴۰۰ مربوط به ارتعاشات کششی نامتقارن O-H (گروه هیدروکسیل) و نوار جذب‌های cm^{-1} ۶۰۲ و ۶۶۸ می‌تواند مرتبط با جذب سولفات باشد که هر دو را می‌توان ناشی از وجود گچ در این ساختارها دانست. نوار جذب‌های نواحی cm^{-1}۱۶۸۰– ۱۶۲۰ را نیز می‌توان ناشی از هیدراسیون سولفات در گچ دانست. هرچند ارتعاشات مرتبط با گروه C=C و C=N نیز می‌تواند در این ناحیهٔ نوار جذبهایی ایجاد کند، اما باید به سایر نوار جذبها نیز توجه داشت. باتوجه به ضعیف بودن نوار جذب‌های مرتبط با مواد آلی از جمله عدم وجود جذب ناشی از CH در ناحیهٔ ۲۸۰۰–۲۹۵۰، احتمال هیدراسیون سولفات، قطعی‌تر به نظر می‌رسد. نوار جذب کشیده و ضعیف cm^{-1} ۲۱۰۰–۲۲۰۰ می‌تواند در ارتباط با ارتعاشات HCO_3^- باشد. دو نوار جذب ضعیف در نواحی cm^{-1} ۱۴۱۵ و ۱۴۳۸ را می‌توان ناشی از ارتعاشات CH دانست. نوار جذب ناحیه cm^{-1} ۴۷۵ را نیز می‌توان در ارتباط با ارتعاشات سیلیکات و نیز نوار جذب ناحیه cm^{-1} ۴۳۰ را می‌توان ناشی از ارتعاشات FeO دانست. همچنین در نمونه‌های F1-1 و F2-2 جذب ضعیف در ناحیهٔ حدود cm^{-1} ۱۵۷۵ را می‌توان مربوط به ارتعاشات متقارن CNO دانست. شدت این دو نوار جذب اخیر چنان کم است که نمی‌توان بر اساس آن نتیجهٔ قطعی گرفت و به‌طور کلی می‌توان نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه را مرتبط با جذب‌های ناشی از سولفات کلسیم، اکسید آهن و سیلیسم دانست و وجود مواد آلی یا نوع آن را نمی‌توان در این نمونه‌ها با قدرت تأیید کرد.

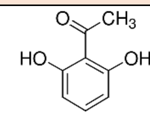
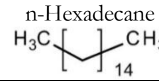
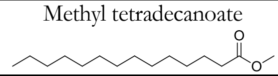
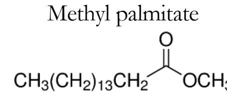
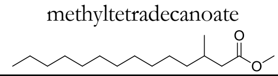
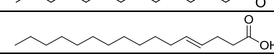
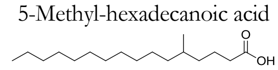
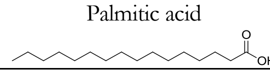
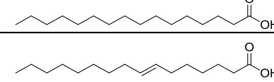
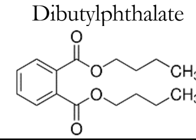
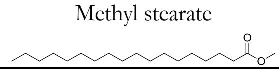
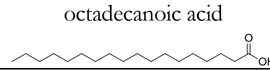
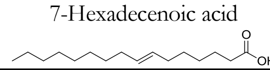
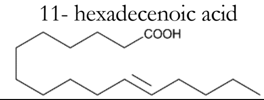
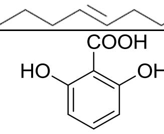


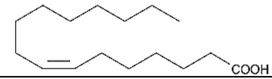
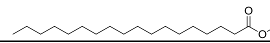
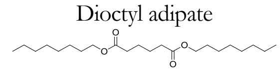
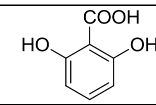
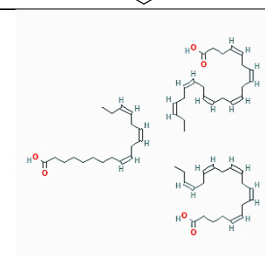
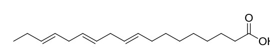
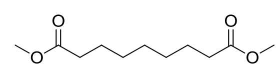
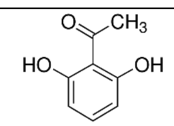
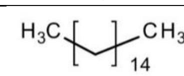
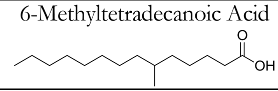
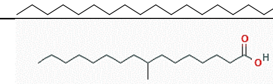
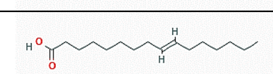
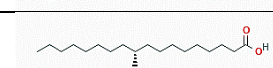
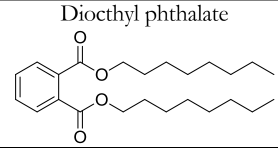
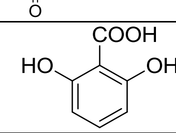
شکل ۱۲: طیف‌های تبدیل فوریه مادون قرمز از نمونه‌های چسب زیر ورق طلا، مربوط به دورهٔ صفویه کاخ چهل‌ستون قزوین

Fig 12: Infrared Fourier transform spectra of glue samples under gold leaf, related to the Safavid period of Qazvin Chehelsotoun

GC-MS: در این آزمایش، شناسایی بست‌های پروتئینی، شناخت اسیدهای آمینه، و برای شناسایی روغن‌ها، شناسایی درصدهای مختلف اسیدهای کربوکسیلیک و مشتقات اسیدهای چرب استری مدنظر قرار گرفت [23]. نتایج حاصل از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی، نشان دهندهٔ ترکیبات تشکیل دهندهٔ روغن‌های گیاهی، اکسیدهای آن‌ها و نیز در برخی موارد زنجیره‌های گلیسریدی آن‌ها است. در نتایج آنالیزی این روش، ساختارهای مختلفی از اسیدهای کربوکسیلیک و مشتقات آن‌ها به ویژه استرهای شانزده کربنی (پالمیتیک اسید) و هجده کربنی (استئاریک، لینولنیک، لینولئیک و اولئیک اسید) و اکسیدهای آن‌ها مشخص شد که مشتقات استری ترکیباتی چون اسیدهای هگزادکانوئیک اسید، و اکتادکانوئیک اسید، می‌توانند نشان‌دهندهٔ روغن بزرک باشند [24]. بسته به میزان اشباع این ساختارها رفتارهای متفاوتی در اکسیداسیون و سپس مشتق‌سازی از آن‌ها بروز می‌کند، به همین دلیل ترکیبات گوناگونی از آن‌ها در این آنالیز دیده می‌شود. هیچ یک از ساختارهای مرتبط با آمینواسیدها که تشکیل دهندهٔ چسب‌های حیوانی همچون سریشم هستند در این آنالیز نمایان نشدند. همچنین با توجه به روش انجام آنالیز، انتظار نمی‌رفت که بتوان ساختار رزین‌های ترپنوییدی را استخراج و شناسایی کرد. زیرا این رزین‌ها به‌دلیل بسپارش، بلند زنجیر بوده و نمی‌توان به روش مشتق‌سازی حلالی آن‌ها را در GC-MS شناسایی کرد. بنابراین ساختارهای حلقوی شناسایی شده، مرتبط با رزین‌های فنولی نبوده‌اند و می‌توانند ناشی از کاربرد حلال‌های مشتق ساز در فرایند نمونه‌سازی باشند.

جدول ۵: نتایج به‌دست آمده از نمونه‌های مورد آزمایش با دستگاه GC-MS
Table 5: Results obtained from the tested samples with GC-MS device

نام ترکیب	Sample G.1.1	Sample G.1.2	Sample G.2.1	Sample G.2.2	Molecular Formula	2D Structure
1-2 & 6 dihydroxy acetophenone	❉	❉	❉	–	1-(2,6-Dihydroxyphenyl) ethanone $C_8H_8O_3$	
Hexadecane	❉	–	–	–	n-Hexadecane $C_{16}H_{34}$	$CH_3(CH_2)_{14}CH_3$
2-Hexadecane	–	❉	❉	–	$C_{16}H_{34}$	n-Hexadecane 
2-Methyl tetradecanoate	❉	–	–	–	Methyl tetradecanoate $C_{15}H_{30}O_2$	Methyl tetradecanoate 
3-Methyl hexadecanoic acid	❉	–	–	–	$C_{17}H_{34}O_2$	Methyl palmitate 
3-Methyl tetradecanoate	–	❉	❉	–	Methyl 3-methyltetradecanoate $C_{16}H_{32}O_2$	Methyl 3-methyltetradecanoate 
4-hexadecenoic acid	❉	–	–	–	$C_{16}H_{30}O_2$	
4-Octadecane	–	❉	❉	–	Octadecane $C_{18}H_{38}$	Octadecane $CH_3(CH_2)_{16}CH_3$
5-Methyl hexadecanoic	❉	❉	❉	–	5-Methyl-hexadecanoic acid $C_{17}H_{34}O_2$	5-Methyl-hexadecanoic acid 
6-Hexadecanoic acid	–	❉	❉	–	Palmitic acid $C_{16}H_{32}O_2$	Palmitic acid 
7-Hexadecenoic acid	–	❉	–	–	$C_{16}H_{30}O_2$	
8-Dibutylphthalate	–	❉	–	–	Dibutylphthalate $C_{16}H_{22}O_4$	Dibutylphthalate 
9-methyl octadecanoat	–	❉	–	–	Methyl stearate $C_{19}H_{38}O_2$	Methyl stearate 
6-octadecanoic acid	❉	–	–	–	octadecanoic acid $C_{18}H_{34}O_2$	octadecanoic acid 
7-Dioctyl hexadecenoic acid	❉	–	–	–	7-Hexadecenoic acid $C_{16}H_{30}O_2$	7-Hexadecenoic acid 
10-Tetradecane	–	❉	–	–	$C_{16}H_{28}$	Tetradecane $CH_3(CH_2)_{12}CH_3$
11-Dioctyl hexadecenoic acid	–	❉	–	❉	11- hexadecenoic acid $C_{16}H_{30}O_2$	11- hexadecenoic acid 
2,6-Dihydroxybenzoic acid	–	❉	–	–	$C_7H_6O_4$	

نام ترکیب	Sample G.1.1	Sample G.1.2	Sample G.2.1	Sample G.2.2	Molecular Formula	2D Structure
7-Dioctyl hexadecenoic acid	❉	–	–	–	*cis*-7-Hexadecenoic Acid $C_{16}H_{30}O_2$	*cis*-7-Hexadecenoic Acid 
7-methyl octadecanoat	–	–	❉	–	methyl octadecanoat $C_{19}H_{38}O_2$	methyl octadecanoat 
8-Dioctyl adipate	–	–	❉	–	Dioctyl adipate $C_{22}H_{42}O_4$	Dioctyl adipate 
2,6-Dihydroxy benzoic acid	–	–	❉	–	$C_7H_6O_4$	
Omega- 3	–	–	–	❉	$C_{60}H_{92}O_6$	
9- 12- 15- Octadecatrienoic acid	–	–	–	❉	$C_{18}H_{30}O_2$	
3-Nonanedioic acid, dimethyl ester	–	–	–	❉	Nonanedioic acid, dimethyl ester $C_{11}H_{20}O_4$	
4-2 & 6 dihydroxy acetophenone	–	–	–	❉	1-(2,6-Dihydroxyphenyl) ethanone $C_8H_8O_3$	
5-Hexadecane	–	–	–	❉	n-Hexadecane $C_{16}H_{34}$	
6-Methyl tetradecanoate	–	–	–	❉	6-Methyltetradecanoic Acid $C_{15}H_{30}O_2$	6-Methyltetradecanoic Acid 
7-Octadecane	–	–	–	❉	Octadecane $C_{18}H_{38}$	$CH_3(CH_2)_{16}CH_3$
8-Methyl hexadecenoic acid	–	–	–	❉	$C_{17}H_{34}O_2$	
9-Hexadecanoic acid	–	–	–	❉	$C_{16}H_{30}O_2$	
10-methyl octadecanoic acid	–	–	–	❉	$C_{19}H_{38}O_2$	
12-Diocthyl phthalate	–	–	–	❉	Diocthyl phthalate $C_{24}H_{38}O_4$	Diocthyl phthalate 
2,6-Dihydroxybenzoic acid	–	–	–	❉	$C_7H_6O_4$	

۷. نتیجه‌گیری

نتیجهٔ آنالیز عنصری نقطه‌ای از سطح لایهٔ فلزی نشان‌دهندهٔ طلا با خلوص بالا است. همچنین نتیجهٔ این آنالیز از بخش مادهٔ لایه‌چینی نشان‌دهندهٔ اجزای تشکیل‌دهندهٔ گچ به همراه خاکی با آهن زیاد (گل هرمز یا گل ارمنی) است. بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی بر روی نمونه‌های مورد بررسی، نشان دهندهٔ وجود بقایایی از مواد آلی مورد استفاده در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی است که در ادامه، به وسیلهٔ دستگاه‌های آنالیزی FT-IR و GC-MS مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ نتایج FT-IR هیچ گونه مادهٔ آلی را در ساختار داخلی، گزارش نمی‌کند و براساس آن، تنها می‌توان به وجود گچ و ترکیبات خاکی سیلیسیم و آهن اشاره کرد. بررسی نمونه‌ها با GC-MS نشان دهندهٔ استفاده از روغن‌های گیاهی است که باتوجه به مقدار قابل توجه ترکیبات هجده کربنی و اکسیدهای آن، می‌توان آن را منسوب به روغن بزرک دانست که به عنوان چسبانندهٔ ورق طلا در آرایه‌های لایه‌چینی و طلاکاری مورد استفاده بوده است. باتوجه به اینکه روش مورد استفاده، امکان آنالیز رزین‌های ترپنوییدی را فراهم نمی‌کرد، بنابراین نمی‌توان دربارهٔ قطعیت استفاده از روغن بزرک یا روغن کمان (پخت روغن بزرک به‌علاوهٔ سندروس بلورین با فرایند خاص) اظهار نظر کرد. نتایج آنالیزی بر روی نمونه‌های دو دوره (دورهٔ شاه تهماسب صفوی و دورهٔ شاه عباس صفوی)، شباهت زیادی به همدیگر داشتند که نشان از استمرار تکنیک انجام آرایه‌های لایه‌چینی و طلاچسبانی در دو دورهٔ صفوی دارد. باتوجه به نتایج، نمی‌توان استفاده از سریشم را که به عنوان چسب مادهٔ لایه‌چینی به‌کار می‌رفته، قطعی دانست. از سویی، بر روی سطح لایه‌چینی به منظور چسباندن ورق‌های طلا از روغن بزرک یا روغن کمان استفاده شده تا عمل طلاچسبانی و اتصال مناسب لایه‌ها به درستی صورت پذیرد. در انتها، نتایج نشان می‌دهند ساختار مواد به کار رفته در لایه‌چینی‌های دو دورهٔ صفوی عمارت چهل‌ستون قزوین مشابه هم هستند.

سپاسگزاری

از استادان معزز ذیل که در این پژوهش ما را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را داریم: جناب آقای دکتر فرزاد کبارفرد استاد دانشکده داروسازی دانشگاه شهید بهشتی، جناب دکتر ابوالفضل علیایی دانشیار رشته شیمی آلی دانشگاه پیام نور، جناب دکتر علی نعمتی بابایلو استادیار دانشکده هنرهای کاربردی دانشگاه هنر اسلامی تبریز .

References

[1] Holakouee, Parviz. Understanding the technique and pathology of ornamental stratification in some historical monuments of the Safavid period in Isfahan (Aali Qapo, Chehel Sotoon and Hasht Behesht). (Unpublished). Dissertation to receive a master's degree. Under the Supervision of Samad Samanian and Hesam Aslani. Tehran University of the Arts. 2008. [in Persian]

[هلاکویی پرویز. فن‌شناسی و آسیب‌شناسی لایه‌چینی تزیینات برخی از بناهای دورهٔ صفوی اصفهان (عالی‌قاپو، چهل ستون و هشت بهشت). (منتشر نشده). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، به راهنمایی صمد سامانیان و حسام اصلانی، دانشگاه هنر تهران. ۱۳۸۷.]

[2] Hamzavi, Yaser. Methodology of preserving canvas-camouflaged murals, Specialized Doctoral dissertation, Isfahan University of Art. (Unpublished). Faculty of Preservation and Restoration. The field of Conservation and Restoration of Historical and Cultural Works and Objects. 2016. [in Persian]

[حمزوی، یاسر. روش‌شناسی حفاظت از دیوارنگاره‌های بوم‌پارچه،(منتشر نشده). رساله دوره دکتری تخصصی، رشته حفاظت و مرمت آثار و اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده مرمت. ۱۳۹۵.]

[3] Tinati Tina. Structural study of stratigraphic arrays in Vanak and Beit Lahm churches of Isfahan. (Unpublished). Dissertation to receive a master's degree. Under the supervision and guidance of: Yaser Hamzavi, Parviz Holakouee and Maria Perla Columbini. Tabriz University of Islamic Arts. 2019. [in Persian]

[طینتی، تینا. مطالعهٔ ساختاری آرایه‌های لایه‌چینی در کلیساهای وانک و بیت لحم اصفهان. (منتشر نشده). پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، به راهنمایی: یاسر حمزوی و پرویز هلاکویی و ماریا پرلا کلمبینی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ۱۳۹۸.]

[4] HajiSeyyedJavadi, Seyed Mohsen. Structural study of golden arrays. Stratigraphy and analysis of its decorative motifs in the Safavid period in the historical mansion of Chehelston Qazvin PhD Thesis in Art Research. Tarbiat Modares University. Tehran. 2019. [in Persian]
[حاجی سید جوادی، سیدمحسن. مطالعه ساختار آرایه‌های طلاکاری، لایه‌چینی و آنالیز نقوش تزئینی آن در دوره صفوی در عمارت چهل ستون قزوین. پایان نامه ی دکترای تخصصی رشته پژوهش هنر، دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۱۳۹۸.]

[5] Mashrouteh, Shirin. Investigation of the remaining paintings in the mansion of Chehelston Qazvin. Postgraduate dissertation. Islamic Azad University. Tehran Branch. Faculty of Art and Architecture / Painting Department. 2012. [in Persian]
[مشروطه، شیرین. بررسی نگاره‌های باقیمانده در عمارت چهل‌ستون قزوین. رساله دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز. دانشکده هنر و معماری/ گروه نقاشی. ۱۳۹۱].

[6] Dabir Siaqi, Mohammad. The history of Qazvin city and its monuments. Cultural Heritage- Handicrafts and Tourism Publications of Qazvin Province. First edition. 2002. [in Persian]
[دبیرسیاقی، محمد. سیر تاریخ شهر قزوین و بناهای آن، انتشارات میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان قزوین. چاپ اول. ۱۳۸۱]

[7] Pazouki, Naser, Shadmehr Abdolkarim. Iran's National Registered Works in the List of National Monuments from 1931 to 2005, published by Cultural Heritage and Tourism Organization of Iran. Tehran. 2005. [in Persian]
[پازوکی ناصر، شادمهر عبدالکریم. آثار ثبت‌شدهٔ ایران در فهرست آثار ملی از سال ۱۳۱۰ الی ۱۳۸۴. تهران: سازمان میراث فرهنگی و گردشگری کشور. ۱۳۸۴.]

[8] Eshraqi, Ehsan. Description of Paintings of the Safavid Statehouse in Abdi Beyg's Poems. Journal of Farhang. Vol. 71. Published by Institute of Humanities and Cultural Studies. 2009; 1-13. [in Persian]
[اشراقی، احسان. توصیف نقاشی‌های عمارت دولتخانه صفوی در اشعار عبدی بیگ. مجله فرهنگ، ۱۳۸۸: ۷۱: ۱-۱۳.]

[9] Parhizgari, Mehrzad. Chehelsotun. The Great Islamic Encyclopedia, Vol. 19. Published by The Great Islamic Encyclopedia Center. Tehran. 2012. [in Persian]
[پرهیزگاری، مهرزاد. چهل‌ستون. دائره‌المعارف بزرگ اسلامی. جلد ۱۹. تهران: مرکز دائره‌المعارف بزرگ اسلامی. ۱۳۹۱]

[10] Qureshi, Seyedhadi. Investigation and introduction of tourism capabilities of Qazvin city- case Stud. Chehelston Palace Building, Master's dissertation. Islamic Azad University of Garmsar Branch. Faculty of Humanities / Department of Geography. 2013. [in Persian]
[قریشی، سیدهادی. بررسی و معرفی توانمندی‌های گردشگری شهر قزوین. نمونه موردی. عمارت کاخ چهل‌ستون. رساله درجه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار. دانشکده علوم انسانی/ گروه جغرافیا. ۱۳۹۲]

[11] Mishmastnehi M. The Application of Crystallographic Interpretation on Technical Study of Gypsum-Based Historical Materials (Case studies of stucco decoration of Kuh-e Khwaja and Gypsum Mortars from Shadiakh and Alamut). JRA. 2016; 1(2):1-14. [in Persian]
[میش مست نهی، مسلم. کاربرد تحلیل‌های بلورشناسی در مطالعات فنی آثار تاریخی گچی (مطالعه‌ی موردی گچ بری کوه خواجه‌ی سیستان. ملات گچ شادیاخ نیشابور و ملات گچ قلعه الموت قزوین). پژوهه باستان سنجی ۱۳۹۴: ۱(۲) :۱-۱۴]

[12] Hamzavi, Yaser. Salahshour, Fatemeh. Muzaffar, Farhang. Gilded cast plaster arrays in the monument of Sayyid Rakneddin Yazd. Bi-annual Scientific-Research Journal of Islamic Art Studies 2013, 19: 111-121.

[DOR: 20.1001.1.24764647.1399.6.2.5.1]

[DOI: 10.52547/jra.6.2.157]

[حمـزوی، یاسـر، سلحشـور فاطمـه. مظفـر. فرهنـگ. طلاکاری آرایه‌های گچی قالبی در بقعۀ سید رکن‌الـدین یزد، دو فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات هنـر اسـلامی. ۱۳۹۲؛ ۱۹: ۱۱۱-۱۲۱.]

[13] Ahmadi, Hossein; Abed Esfahani, Abbas; Mohtasham, AdelehGilding Technique of Gilded orn aments on stone in Tehran's Golestan Palace Complex, Scientific Journal of Maremat & Me'mari-e Iran (quarterly), Vol. l, Art University of Isfahan, 2011. [in Persian].

[احمدی، حسین، عابد اصفهانی عباس، محتشـم عادلـه. فن‌شناسی تزئینات طلاکـاری روی سـنگ در مجموعـه کاخ گلستان تهران. دوفصلنامه مرمت و معمـاری ایـران، ۱۳۹۰.]

[14] Mohtasham, Adeleh, Technical study of Gilding ornaments on stony inscriptions in Vank Cathedral- Isfahan. Journal of research on archaeometry. 2017, 2(2): 77-89. [in Persian]

[محتشـم، عادلـه. مطالعـه فنـی تزئینـات طلاکـاری در کتیبه‌های سـنگی کلیسـای وانـک در اصـفهان، پژوهـه باستان‌سنجی ۱۳۹۵. ۲(۲): ۷۷- ۸۹.]

[15] Nadolny JM. The techniques and use of gilded relief decoration by northern European painters, c. 1200-1500 (Doctoral dissertation, University of London).

[16] Bonaduce I, Colombini M.P, Diring S. Identification of Garlic in Old Gilding by Gas Chromatography- Mass Spectroscopy. J. Chromatogr. A; 2006; 1107:.226-32.

[17] Colombini MP, Modugno F, Giacomelli M, Francesconi S. Characterisation of proteinaceous binders and drying oils in wall painting samples by gas chromatography–mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 1999 Jun 18; 846 (1-2):113-24.

[18] Jabbari, Mona; Fathi, Somayeh, An Investigation Function Palace Chehelsotun Qazvin. Armanshahr, Vol. 1, 2008; 66-75. [in Persian]

[جبـاری، منـا؛ فتحـی، سـمیه. بررسـی کـارکردی کـاخ چهل‌ستون(کلاه فرنگی) قزوین، آرمانشهر، ۱: ۱۳۸۷]

[19] Monshi Ghomi, Ghazi Ahmad, Golestan-e Honar, Correction by Ahmad Soheili Khansari, Third Edition, Manouchehri Library, Tehran. 1987. [in Persian]

[منشی قمی، قاضی میراحمد شرف‌الدین حسین(قرن ۱۰ ه.ق.). گلستان هنر، به اهتمام احمد سهیلی خوانسـاری، ، چاپ سوم، تهران: کتابخانه منوچهری. ۱۳۶۶]

[20] Khanipour, Maryam - Rasouli, Massoud - Hashemian, Nafiseh. Preparing of biological samples for observing with Scanning Electron Microscope (SEM). Iranian Journal of Laboratory Knowledge-7(1): 2019; 13-26. [in Persian]

[خـانی‌پـور مـریم، رسـولی مسـعود، هاشـمیان نفیسـه. آماده‌سازی نمونه‌های زیستی به منظور تصویربرداری بـا اسـتفاده از میکروسـکوپ الکترونـی روبشی،فصـلنامه تخصصی دانـش ازمایشـگاهی ایـران ۱۳۹۸، ۷(۱): ۱۳- ۲۶.]

[21] Mir Hosseini Sarjam, Seyed Mostafa - Sadeh, Roshanak - Hashemian Kakhki, Nafiseh - Amir Shakari, Solmaz. Principles of imaging at low voltage with scanning electron microscopy. Iranian Journal of Laboratory Knowledge. 2015; 3(3):15-23. [in Persian]

[میرحسـینی سـرجمع سـید مصـطفی، سـاده روشـنک، هاشمیان کاخکی نفیسـه، امیرشـکاری سـولماز. اصـول تصویربرداری در ولتاژهای بسیار پایین بـا میکروسـکوپ الکترونی روبشی، فصلنامه تخصصی دانش آزمایشـگاهی ایران ۱۳۹۴، ۳(۳): ۱۵- ۲۳.]

[22] Hamzavi Y. Gypsum Nails as a Solution for Efficient Strengthening and Maintaining of Historical Architectural Decorations. JRA. 2017; 3 (2):103-107. [in Persian]

[حمزوی یاسـر. اسـتفاده از مـیخ گچی،راهکـاری بـرای استحکام بخشی و ماندگاری آریه های معماری تاریخی. پژوهه باستان سنجی ۱۳۹۶، ۳(۲): ۱۰۳-۱۰۷]

[24] Fremout W. Tryptic cleavage of proteinaceous paint: a high-performance protein binder analytical technique (Doctoral dissertation, Ghent University).

[25] Gruia A, Raba DN, Dumbrava D, Moldovan C, Bordean D, Mateescu C. Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (Linumusitatissimum L.) from Romania. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2012; 18 (2):136-40.