23

Journal Homepage: http://journal.richt.ir/mbp/
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706
Motaleat-eBastanshenasi-eParseh(MBP) || Vol. 7 || No. 23 || Spring 2023 ||

A Technological Study of the Turquoise Glazed Potteries Identified From the Excavation of the Historical House of Moravvej-e Ardabili

Mehrabani, M.[1]; Mehrabani, Z.[2]; Yousefnejhad, S.[3]; Mohammadi, R.[4]; Yousefi, H.[5]

Type of Article: **Research**
Pp: 265-284
Received: 2021/06/13; Accepted: 2021/12/18
https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.265

Abstract

Glaze is a prepared mixture of materials ready for application to ceramic wares by dipping or spraying. In Islamic period, decoration using the glaze was widespread. Different methods of glazing have played a major role in the beauty of glazed potteries during this period. Turquoise glazed potteries are one the significant groups of Islamic period. In this article, five turquoise glazed pottery sherds have been studied in order to identify their elements, composition and technology. The mentioned sherds dated back to 14 - 18 A.D (late Ilkhanate, Timurid and Safavid periods) , and identified from a historical house called Moravvej-e Ardabili House, in the historical part of Ardabil city. This site identified in a rescue excavation held by HassanYousefi which regarding to the cultural materials dated back to 11 - 18 A.D. The aim of this article is investigating and understanding the similarities and differences in five glazed sherds. Regarding to the mentioned point, XRD analyze applied for characterizing their phases as well as EDX analyze used for identifying the elements of glaze, and also their quantity. This research has an analytical approach and it's method is based on analytical studies, textual evidences and comparative analyzes. According to the results obtained from analyzes, four glazes have an alkaline based and one has a lead base. Colorant oxides in glazes represent that copper used as the primary element to make the turquoise color. In general, the main elements in glazes include silica, aluminum, calcium, sodium, potassium and a negligible amount of lead. Statistical analyzes represent that the most similarities exist in sample two and sample five which belongs to the same period (late Ilkhanate and Timurid),and the most differences exist in sample four and sample five which dated back to a different periods.

Keywords: Glaze, Turquoise, Moravvej-e Ardabili, XRD, EDX.

1. M.A. in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. M.A. in Islamic Art, Pottery Major, Department of Islamic Art -Pottery Tendency, Faculty of Art, Tabriz Islamic Art University, Iran.
3. Assistant Professor, Architecture and Urban Planning Department, Faculty of Architecture and Urban Planning, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: m.mehrabanig@gmail.com
4. PhD in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. PhD in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

***Motaleat-e Bastanshenasi-e Parseh* (MBP)**

Parseh Journal of Archaeological Studies
Journal of Archeology Department of Archeology Research Institute, Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT), Tehran, Iran

Publisher: *Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT).*
Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the ***Creative Commons****.*

Citations: Mehrabani, M.; Mehrabani, Z.; Yousefnezhad, S.; Mohammadi, R. & Yousefi, H., (2023). "A Technological Study of the Turquoise Glazed Potteries Identified From the Excavation of the Historical House of Moravvej-e Ardabili:. *Parseh J Archaeol Stud,* 7 (23): 265-284. (https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.265).
Homepage of this Article: http://journal.richt.ir/mbp/browse.php?a_id=584&sid=1&slc_lang=en

Introduction

In the prehistoric era, slip used as a sort of glaze in order to proof the body of the pottery, increase the aesthetical aspect of the pottery and protect the hand of the pottery maker to steak to the clay. In the historical period, using a transparent and colored glaze became widespread, but in the Islamic period the using of the glaze with various functions expanded. There are three main period in the evolution of the pottery in the Islamic era. 1. Early Islamic potteries 2. Middle Islamic potteies 3. Late Islamic potteries. During the rescue excavation in the Moravvej Historical House in Ardabil province in 2006, a vast number of pottery sherds mostly, belong to Seljuk to Safavid periods identified. This site located in the historical part of the city nearby the Sheikh Safi Al-Din Ardabili's monument. Turquoise glazed potteries were the remarkable amount of the identified potteries in the above mentioned excavation. The questions of this article is on the subject of the turquoise glaze potteries; the amount and the type of the constructed elements ,and also study the similarities and differences between the glaze from different period. Five pieces (three sherds from 14-15 A.D and two sherds from 16-18 A.D) selected for the analytical studies with the aim of better understanding their constructed elements, technology and composition. In order to achieve to this aim, XRD and EDX analyses provided promising results about the technological aspects of the sherds, and also a comparative study not only was highly beneficial in clarifying the similarities along with differences of the composition of glazes, but also was helpful in better understanding of the turquoise glazes in the larger region. Since there has not been applied any analytical study on the sherd identified from this site, this research would increase our knowledge about it. The pottery sherd divided into three categories, and then two samples from each category selected for the analytical studies. In the next step, technical characteristics of the sherds documented. After that, the pieces delivered to the laboratory for the analytical studies. XRD analyses, was done in Razi Metallurgical Research Center using the Xpert Pro MPD system Panalytical model made in Poland. EDX analyses was done in Kansaran Binaloud Center using Micro Prob Horiba 7200 model made in Japan. Also, Peason Correlation Coefficient used for better understanding the correlation between different elements.

Discussion

Based on the XRD analyses, in the first sample dated back to the 14-15 AD, cristobalite, amorphous, quartz and silica were the main elements. Quartz, cristobalite and silica are the different phases of SiO2. Based on being buried, the amount of silica decrease and the other elements increase which are shown as different picks. Quartz ingredients changed to the cristobalit as a result of increasing the temperature while baking. In the second sample dated back to the 14-15 A.D, calsite, quartz and silica phases reported. Quartz and silica represent SiO2, and calsite indicates the destruction process and release the alkaline ion from the glaze and formation on the surface of the glaze which regarding

the date of the pottery and being buried, it seems reasonable. In the third sample from Safavid period , gypsum phase reported. The mentioned phase represent the destruction of the glaze as well as releasing the alkaline ion like calcium as a constructed element of the glaze. In the forth sample from Safavid period in addition to the silica and quartz, cesterite phase represnt SnO2 which functioned as a flatting element in the glaze. In the fifth sample dated back to the 14-15 A.D, in addition to silica and quartz phases, nepheline synenite was reported because of the slip.

Based on the EDX analyses, copper functioned as the primary element for making the turquoise color. The amount of the copper in the samples is respectively 3/19%, 1/15%, 3/53%, 1/39% and 1/36%. The glazes have an alkaline base since sodium, potassium, calsium, mangesium and stroncium was reported in EDX analyses; This means that the samples of this research have an alkaline base unless the sample four. The amount of lead in the samples respectively is 13%, 0/17%, 0/27% and 12/64%; this element was not reported in sample five. Comparing to the other samples, sample four shows a great amount of lead (12/64%), and also have 7/07% amount of tin. Calsium solfate was reported in the samples; the amount of this element is respectively 4/06%, 2/35%, 2/75%, 3/72% and 2/67% which mostly is as a result of the destruction during the decades. The first sample represents the most amount of the calsium solfate comparing to the other samples. The aluminum is respectively 4/06%, 2/25%, 2/75%, 3/72% and 2/67% which indicates the destruction during time. The most amount of destruction belongs to sample one and then sample four and is almost equal in the other samples.

Conclusion

In Iran, the most ancient usage of glaze has been reported from the ancient site of Susa as well as Choghazanbil located in the southwestern part of country in Khuzestan province. In the Achaemenid period application of glaze on mud-brick of royal buildings was one the common architectural decoration methods. In Islamic period, decoration using the glaze was widespread since it can be seen in buildings namely masques, schools along with potteries. In general, the Islamic potteries can be divided into two distinct groups: glazed and unglazed potteries. In this article, five turquoise glazed pottery sherds have been studied in order to identify their elements, composition and technology. The mentioned sherds dated back to 14 - 18 A.D (late Ilkhanate, Timurid and Safavid periods), and identified from a historical house called Moravvej-e Ardabili House, in the historical part of Ardabil city. EDX analyses indicated that the copper is the main element which used for creating the turquoise color. It is respectively from sample one to five, 3/19%, 1/15%, 3/53%, 1/39% and 1/63% in the samples and shows that sample three have the most amount of the copper in the glaze. In addition to this, chromium has been used as a coloring oxide in this sample. chromium in the glazes is a key factor in order to making the different shades of green color and this is why the color of this sample is much more different than the other samples. Based on the analyses,

glazes have an alkaline base as a result of high amount of the alkaline elements such as potassium, sodium and calcium in all samples. The amount of lead compare to the alkaline elements is a negligible amount unless sample four which a considerable amount of lead (12/64%) was reported; The amount of lead is respectively from sample one to four, 13%, 0/17%, 0/27% and 12/64%;This element was not reported in sample five. Also, in sample five, nepheline syenite indicates using slip on the pottery. Regarding the statistical analyses, generally there is a signnificant correlation between the samples. The high amount of the correlation is in samples two and five dated back to 14-15 A.D as well as the less correlation is between sample four dated back to the Safavid period and sample five belongs to 14-15 A.D which is seems resonnable.

Acknowledgment

We are thankful of MS Nasim Feizi for her technical point of view in the statistical study in this article and also, Miss Habibeh Abbasi for her beneficial comments.

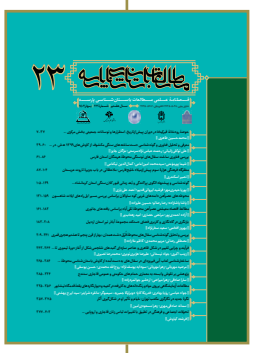
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نشانی پایگاه نشریه: http://journal.richt.ir/mbp
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706
فصلنامهٔ علمی مطالعات باستان‌شناسی پارسه || شمارهٔ ۲۳ || سال هفتم || بهار ۱۴۰۲ ||

ساختارشناسی لعاب آبی فیروزه‌ای در سفال‌های به‌دست‌آمده از کاوش باستان‌شناسی محوطهٔ تاریخی خانهٔ مروّج در اردبیل

مرضیه مهربانی[I]؛ زهرا مهربانی[II]؛ سودابه یوسف‌نژاد[III]؛ روح‌الله محمدی[IV]؛ حسن یوسفی[V]

نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۲۸۴ - ۲۶۵
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳
شناسهٔ دیجیتال (DOI): https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.265



چکیده

در پژوهش حاضر، پنج قطعه سفال با لعاب آبی فیروزه‌ای مربوط به سده‌های ۸ تا ۱۲هـ.ق. به‌دست‌آمده از کاوش باستان‌شناسی محوطهٔ تاریخی خانهٔ «آیت‌الله مروّج (خلیل‌زاده)» در شهر اردبیل، جهت فن‌شناسی این گونهٔ لعاب و شناخت نوع و مقدار عناصر موجود در آن مورد مطالعه قرار گرفت. برای نیل به این هدف از روش‌های آزمایشگاهی طیف‌سنجی اشعهٔ ایکس (XRD) و طیف‌سنجی پراش انرژی اشعهٔ ایکس (EDX) استفاده شد. این پژوهش ماهیت توصیفی-تحلیلی دارد و روش انجام آن به‌صورت ترکیبی از مطالعات آزمایشگاهی و تحلیل‌های مقایسه‌ای و آماری است. با توجه به داده‌های حاصل از نتایج آزمایش‌ها، می‌توان اظهار داشت که چهار قطعه از لعاب‌ها از دستهٔ لعاب‌های قلیایی و تنها یک قطعه سفال، لعاب پایهٔ سربی دارد. براساس اکسیدهای رنگ‌ساز شناسایی‌شده می‌توان گفت که در ایجاد رنگ آبی فیروزه‌ای، از عنصر واسطهٔ رنگ‌ساز مس در هر پنج نمونه استفاده شده است و فقط در یک نمونه علاوه‌بر مس، اکسید کروم نیز به‌کار رفته است؛ به‌طور کلی، مهم‌ترین عناصر موجود در نمونهٔ لعاب‌های مورد پژوهش، سیلیس، آلومینیوم، کلسیم، سدیم، پتاسیم و درصد ناچیزی از سرب است. براساس مطالعات آماری، بیشترین هم‌بستگی عناصر در نمونه‌های مربوط به سده‌های ۸ تا ۹هـ.ق. وجود دارد و کمترین شباهت بین نمونه‌ای از دورهٔ صفوی در مقایسه با سفال‌های سده‌های مذکور مشاهده شد.

کلیدواژگان: اردبیل، محوطهٔ تاریخی خانهٔ آیت‌الله مروّج، لعاب آبی فیروزه‌ای، روش آنالیز، XRD، EDX.

I. کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
II. کارشناسی‌ارشد هنر اسلامی گرایش سفال، گروه هنر اسلامی، دانشکدهٔ هنر، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران.
III. استادیار گروه معماری و شهرسازی، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: syousefnezhad@yahoo.com
IV. دکترای باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
V. دکترای باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران.

ارجاع به مقاله: مهربانی، مرضیه؛ مهربانی، زهرا؛ یوسف‌نژاد، سودابه؛ محمدی، روح‌الله؛ و یوسفی، حسن، (۱۴۰۲). «ساختارشناسی لعاب آبی فیروزه‌ای در سفال‌های به‌دست‌آمده از کاوش باستان‌شناسی محوطهٔ تاریخی خانهٔ مروّج در اردبیل». مطالعات باستان شناسی پارسه، ۷ (۲۳): ۲۸۴-۲۶۵. (https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.265).
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: http://journal.richt.ir/mbp/browse.php?a_id=584&sid=1&slc_lang=fa

ناشر: پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری
حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقالهٔ چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

مقدمه

لعاب لایهٔ شیشه‌ای نازکی است که سطوح بدنه‌های سفال را پوشانده و به‌وسیلهٔ ذوب مواد معدنی در سطح بدنه به‌وجود می‌آید و با توجه به ساختمان آن‌ها جزئی از انواع شیشه‌ها است (رحیمی و متین، ۱۳۶۹: ۴۰۵). لعاب علاوه‌بر جنبهٔ زیبایی و هنری، با ایجاد پوشش شیشه‌ای برروی ظروف سفالی و کاشی‌ها، باعث غیرقابل‌نفوذ شدن آن می‌شود (گرامی‌نژاد، ۱۳۸۳: ۱۲۶).

در دورهٔ پیش‌ازتاریخ در مناطق مختلف ایران، پوشش‌های گلی (گلابه یا دوغاب) به‌منزلهٔ نوعی لعاب برای نفوذناپذیر کردن بدنه، یک‌دستی و زیبایی ظرف و نیز برای جلوگیری از چسبیدن گل سفال به‌دست سفالگر در جریان شکل‌دهی به ظرف به‌کار می‌رفته است (طلایی، ۱۳۹۰: ۱۳-۱۲). در دوران تاریخی، استفاده از لعاب شفاف و انواع رنگی آن برروی سفال رواج می‌یابد (تمدن و سرپولکی، ۱۳۸۵: ۵۴)؛ اما اوج شکوفایی صنعت سفال و لعاب ایران در دوران اسلامی روی می‌دهد. تکامل سفال دورران اسلامی را می‌توان به سه دورهٔ کلی تقسیم کرد؛ سفال اوایل اسلام (سده‌های ۴-۳هـ.ق.)، سفال سده‌های میانه (۹-۵هـ.ق.) و سفال سده‌های متأخر (۱۳-۱۰هـ.ق.). در این سه دوره که تقریباً یک‌هزار سال طول کشید، مراکز سفال‌سازی متعددی در اغلب شهرهای ایران به‌وجود آمد و سفال‌های متنوعی با سبک خاص هر دوره توسط سفالگران ساخته شد (کیانی، ۱۳۵۷: ۸).

محوطهٔ خانهٔ تاریخی «آیت‌الله مروّج (خلیل‌زاده)»، امام جمعهٔ فقید شهر اردبیل، یکی از محوطه‌های باارزش مربوط به دورهٔ اسلامی شهر اردبیل است که در دههٔ هشتاد موردکاوش قرار گرفت. خانهٔ مذکور در نزدیکی میراث جهانی مجموعهٔ «شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی» و حاشیهٔ بافت تاریخی شهر در خیابان سی‌متری واقع است. در سال ۱۳۸۵هـ.ش. طی برنامهٔ مرمتی و گودبرداری حیاط آن، مجموعه‌ای از سفال‌های دورهٔ اسلامی کشف و با توقف عملیات عمرانی، کاوش نجات‌بخشی آثار در محوطهٔ حیاط شمالی منجر به شناسایی مجموعه‌ای نفیس از ظروف سفالی کامل صفوی و قطعات متعدد سفال‌های متعلق به دورهٔ سلجوقی تا قاجار گردید (یوسفی، ۱۳۸۶: ۳۳۵). در این پژوهش، سفال‌های با لعاب آبی فیروزه‌ای که قسمت عمده‌ای از یافته‌های محوطه را شامل می‌شود، مورد مطالعه و آنالیز قرار گرفته است.

در این پژوهش پنج قطعه از سفال‌های به‌دست‌آمده از محوطهٔ مذکور، با مطالعات آزمایشگاهی طیف‌سنجی اشعهٔ ایکس[۱] (XRD) و طیف‌سنجی پراش انرژی اشعهٔ ایکس[۲] (EDX) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت[۳]. نتایج این پژوهش اطلاعات مفیدی در زمینهٔ ساختارشناسی لعاب‌های آبی فیروزه‌ای در اختیار قرار می‌دهد و امکان مقایسهٔ ترکیبات نمونه‌ها را فراهم می‌کند. این مقایسه، نه‌تنها شباهت و تفاوت در فن لعاب آبی فیروزه‌ای نمونه‌های این پژوهش را روشن می‌کند، بلکه در آینده می‌توان از این نتایج در مطالعات مقایسه‌ای این نوع لعاب در سایر محوطه‌های دوران اسلامی بهره برد و به شناختی جامع‌تر دست‌یافت؛ هم‌چنین با توجه به این‌که تاکنون روی لعاب سفال‌های آبی فیروزه‌ای این منطقه مطالعات باستان‌سنجی صورت نگرفته است، معرفی این نمونه‌ها می‌تواند باستان‌شناسان و دیگر پژوهشگران را با یکی از مراکز تولید چنین سفال‌هایی در شمال‌غرب ایران آشنا کرده و شناخت آن‌ها را با فن‌شناسی این نوع سفال عمیق‌تر کند.

پرسش‌های پژوهش: مسألهٔ اصلی این پژوهش شناسایی مقدار و نوع عناصر رنگ‌ساز و دیگر ترکیبات موجود در لعاب آبی فیروزه‌ای سفال‌های متعلق به دوره‌های قرن ۸ و ۹هـ.ق.[۴] و دورهٔ صفوی مکشوف از محوطهٔ تاریخی خانهٔ مروج است، علاوه‌بر این، فن‌شناسی ساخت این لعاب‌ها و شناخت وجه تمایز و تشابه ترکیبات لعاب این قطعات با یک‌دیگر، از پرسش‌های این پژوهش است.

روش پژوهش: در گام اول این پژوهش که ماهیت توصیفی-تحلیلی دارد، مجموعهٔ سفال‌های

با لعاب آبی فیروزه‌ای در سه گروه، به تفکیکِ نوع نقش سفال، طبقه‌بندی شده و سپس از هر گروه دو قطعه برای مطالعات آزمایشگاهی انتخاب شدند، و در مرحلهٔ بعد به مستندنگاری مشخصات فنی سفال‌های منتخب پرداخته شد. این قطعات سپس جهت آنالیز فازشناسی XRD و آنالیز عنصری EDX به آزمایشگاه تحویل داده شد. آنالیز XRD برروی قطعات موردنظر، در مرکز پژوهش متالورژی رازی تهران با استفاده از دستگاه Xpert Pro MPD مدل Panalytical ساخت هلند انجام پذیرفت و آنالیز EDX موردنظر در آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود تهران با استفاده از دستگاه Micro Prob مدل Horiba 7200 ساخت ژاپن انجام یافت. لازم‌به‌ذکر است ازمیان نمونه‌های ارسالی، سه نمونه سفال با لعاب آبی فیروزه‌ای متعلق به سده‌های ۸-۹هـ.ق. با خمیره‌ای از خاک رس و دو نمونه از قطعه سفال‌های صفوی با لعاب آبی فیروزه‌ای و خمیرهٔ بدل‌چینی، جهت شناخت و مقایسهٔ لعاب انتخاب شد.

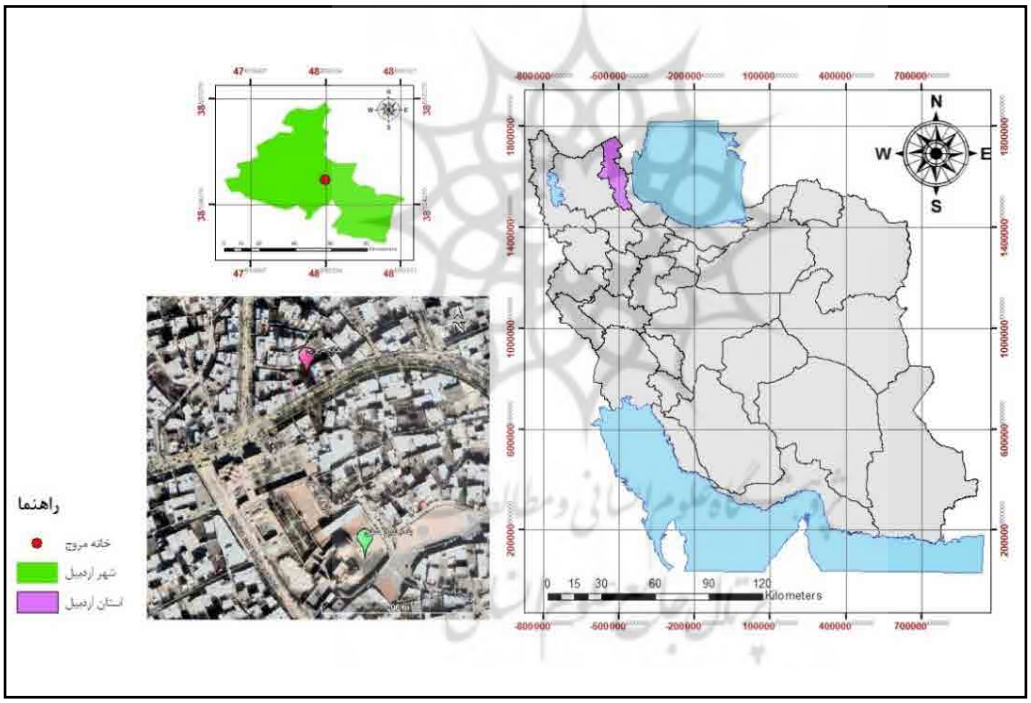
پیشینهٔ پژوهش

در ارتباط با لعاب آبی فیروزه‌ای، در پژوهشی به بازآفرینی لعاب سرامیک‌های باستانی معروف به «خرمهره» با رنگ آبی فیروزه‌ای پرداخته شده و برای تولید این لعاب از روش‌های مختلف آزمایشگاهی (XRD, GNRMPD3000, FE-SEM MIRRA//TESCAN) با تمرکز بر ویژگی‌های عنصری، ساختاری، ریخت‌شناسی و رنگ‌سنجی استفاده شده است. براساس نمونه‌های باستانی و نمونه‌های بازآفرینی‌شده، رنگ آبی فیروزه‌ای سرامیک‌ها به‌خاطر اکسید مس در بدنهٔ سیلیسی است و دانه‌بندی ذرات در شفافیت رنگ مؤثر هستند (Mesbahinia et al., 2014). در مقاله‌ای به مطالعهٔ بدنه و لعاب یک نمونه کاشی هفت‌رنگ (احتمالاً متعلق به دورهٔ صفوی) با هدف شناسایی مواد تشکیل‌دهندهٔ ساختار کاشی موردنظر ازطریق آنالیزهای عنصری، فازی و حرارتی (XRF, XRD, STA) پرداخته شده است؛ براساس اکسیدهای رنگ‌ساز شناسایی‌شده در رنگ آبی فیروزه‌ای به‌کاررفته در این کاشی، مشخص شد که از اکسید مس برای به‌دست آوردن رنگ آبی استفاده شده و محیط پخت لعاب نیز در اتمسفر اکسیداسیون بوده است (نوغانی و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعهٔ فنی که برروی کاشی نرهٔ تک‌رنگ فیروزه‌ای گنبد سلطانیه و گنبد بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی انجام شده است، با استفاده از روش پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی ICP و XRD، عناصر رنگ‌ساز لعاب و فازهای تشکیل‌دهندهٔ بدنه شناسایی شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، عنصر رنگ‌ساز برای ایجاد رنگ فیروزه‌ای در نمونه‌های مورد مطالعه، مس و مقدار کمتری کبالت بوده است (یوسف‌نژاد، ۱۳۹۹).

مطالعات باستان‌شناسی نیم‌سدهٔ اخیر در شهر اردبیل، محدود به کاوش‌های محوطهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی (سرفراز، ۱۳۵۴؛ موسوی، ۱۳۷۹؛ یوسفی، ۱۳۸۵الف)، محوطهٔ باستانی مسجد جامع اردبیل توسط «علی‌اکبر سرفراز» در سال ۱۳۵۳هـ.ش.، «سیدمحمود موسوی» در سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۶۷، ۱۳۷۳، ۱۳۷۴هـ.ش. و «حسن یوسفی» در سال ۱۳۹۸هـ.ش. (موسوی، ۱۳۸۱؛ یوسفی، ۱۳۹۸) و گمانه‌زنی محوطهٔ تاریخی خانهٔ آیت‌الله مروج توسط باستان‌شناس اخیر است؛ ازجمله پژوهش‌های مستقلِ انجام‌شده روی سفال‌های شهر اردبیل، می‌توان به پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد با موضوع مطالعهٔ اشیاء مکشوف از بافت تاریخی اردبیل و محوطهٔ تاریخی مجموعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی با روش پیکسی (اسمعیل‌زاده‌کیوی، ۱۳۹۲) و بررسی و معرفی ۱۲۰ قطعه از چینی‌آلات بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی (نعمتی و یوسفی، ۱۳۹۱) اشاره کرد. تحقیق حاضر با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی، لعاب آبی فیروزه‌ای سفال‌های حاصل از کاوش‌های باستان‌شناختی در شهر اردبیل را مورد شناخت و ارزیابی قرار داده است.

معرفی خانهٔ آیت‌الله مروج اردبیلی

خانهٔ تاریخی آیت‌الله مروج، ازجمله آثار دوره‌های قاجار و پهلوی در ۱۳۸۲ به‌شمارهٔ ۸۸۹۵ در فهرست آثار ملی کشور به ثبت رسید. این اثر در مختصات عرض جغرافیایی ۰۸/۰۴ ۱۵ ۳۸ و طول جغرافیایی ۳۱/۰۱ ۱۷ ۴۸ در ارتفاع ۱۳۶۷ متری از سطح دریا واقع است (یوسفی، ۱۳۸۶: ۳۳۴). این بنای تاریخی در خیابان سی‌متری و ضلع شمالی سردر میدان عالی‌قاپو با فاصلهٔ کمی از بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی قرار دارد (تصویر ۱). در شهریور ۱۳۸۵هـ.ش. در جریان مرمت و خاک‌برداری در سمت شرقی حیاط شمالی خانه، و در عمق بیش از ۳۸۰ سانتی‌متری از کف اتاق پنج‌دری، مجموعهٔ نفیس سفال‌های عصر صفوی و کورهٔ سفالگری پدیدار شد (تصویر ۲). به‌محض نمایان شدن عناصر معماری و مواد فرهنگی، عملیات خاک‌برداری و مرمت متوقف و با اخذ مجوز نجات‌بخشی آثار از سر گرفته شد. بیشتر آثار این کاوش شامل سفال‌های کامل و صدها قطعه سفال شکسته از دوره‌های مختلف، به‌ویژه عصر سلجوقی تا دورهٔ صفوی است. یافته‌های فرهنگی این محوطه که بخش‌کوچکی از بافت قدیم شهر اردبیل است، نشان‌دهندهٔ پویایی تمدن در شهر اردبیل در سده‌های ششم تا یازدهم هجری‌قمری است (همان: ۳۳۵-۳۳۴).

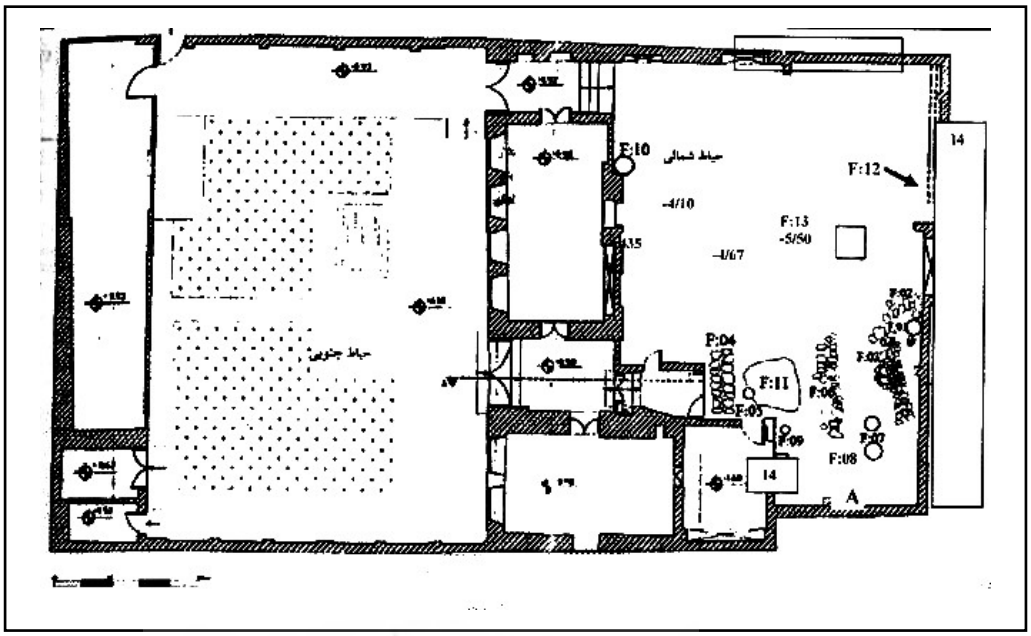


تصویر ۱. موقعیت شهر اردبیل در نقشهٔ کشور و خانهٔ تاریخی آیت‌الله مروج در بافت شهر اردبیل (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 1. Geographical location of Ardabil and the location of the Historical House of Moravvej (Authors, 2020).

معرفی نمونه‌های مورد پژوهش

پنج نمونه از قطعات سفالی با لعاب آبی فیروزه‌ای مورد پژوهش، شامل یک قطعه لبه، یک قطعه بدنه، یک قطعه دسته و دو قطعه کف است. این قطعات براساس تاریخ‌گذاری نسبی مربوط به سده‌های ۸-۱۲هـ.ق. هستند. خمیرهٔ قطعات شمارهٔ ۳ و ۴ مربوط به دورهٔ صفوی از بدل‌چینی و خمیرهٔ قطعات ۱، ۲ و ۵ از خاک رس متعلق به سده‌های ۸-۹هـ.ق. است (جدول ۱ و ۲). نمونه‌های



تصویر ۲. نقشهٔ خانهٔ مروج در زمان کاوش و محل آثار یافت‌شده در حیاط شمالی، A. محل کوره و مجموعه سفال‌ها ۱. خمره ۲، ۳، ۴ و ۶. دیوار سنگی ۵. اجاق ۷، ۹ و ۱۰. تنور ۸. چاه فاضلاب ۱۱. کف کوبیده ۱۲. تنبوشه ۱۳. پایهٔ ساختمان جدیدالاحداث ۱۴. محل انباشت خاکستر و جوش‌کوره (یوسفی، ۱۳۸۶).

Fig. 2. The map of the Historical House of Moravvej and the location of the discovered structures (Yousefi, 2007).

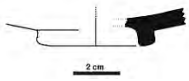
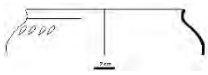
شمارهٔ ۱ و ۲ سفال تک‌رنگ آبی فیروزه‌ای، نمونهٔ شمارهٔ ۳ سفال تک‌رنگ آبی فیروزه‌ای با نقش افزوده و نمونهٔ شمارهٔ ۳ و ۵ سفال با نقاشی زیرلعاب است. انتخاب نمونه از دو دورهٔ تاریخی متفاوت با هدف شناخت بیشتر و فراهم آوردن امکان مقایسهٔ نمونه‌ها انجام شد. سفال‌های با لعاب آبی فیروزه‌ای به تفکیک نوع نقش، در سه گروه نقاشی زیرلعاب، نقش‌کنده و نقش‌برجستهٔ زیرلعاب و نقش افزودهٔ زیرلعاب طبقه‌بندی شد، که قطعات منتخب مربوط به گونه‌های معرفی‌شده از این نوع سفال‌ها است.

تفسیر نتایج آنالیز XRD

در تصویر ۳، نتایج تجزیهٔ لعاب‌های مطالعه‌شده با روش طیف‌سنجی پرتو ایکس ارائه شده است؛ در نمونهٔ ۱ متعلق به سده‌های ۸-۹هـ.ق. فازهای کریستوبالیت، کوارتز، آمورف و شیشه شناسایی شد. کوارتز، کریستوبالیت و شیشه فازهای مختلف SiO_2 هستند. این فازها از لحاظ فرمول شیمیایی برابرند، اما دارای آرایش اتمی متفاوتی هستند. مواد آمورف مانند شیشه پیک مشخصی در طیف XRD ندارند و این موضوع در زمینهٔ تمام طیف‌های ارائه‌شده در این گزارش آزمایش مشهود است. لعاب در اصل دارای ساختار شیشه‌ای است و شیشه ساختار آمورف دارد. فازهای مشخص‌شده در نتایج حاصل، نشان‌دهندهٔ تشکیل آن‌ها با گذشت زمان براساس قرارگیری در محیط دفن، محصولات حاصل از روند فرآیندهای فرسایش به‌مرور زمان، پیشرفت فرآیند شیشه‌زدایی و تقلیل فاز شیشه‌ای و افزایش غلظت سایر مواد که به‌صورت پیک‌هایی در طیف مشخص شده‌اند، می‌باشد. بررسی‌ها نشان‌دادند که دانه‌های کوارتز در حین فرآیند پخت با افزایش دما به کریستوبالیت تبدیل شده، که در نتیجهٔ این نمونه، گزارش شده است.

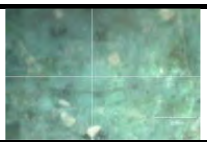
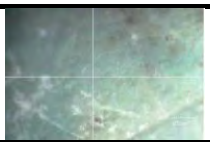
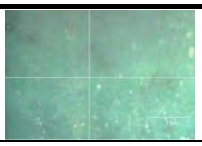
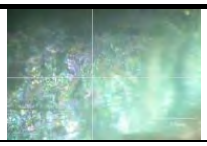
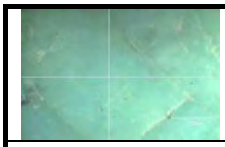
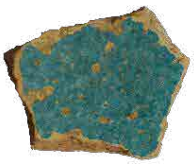
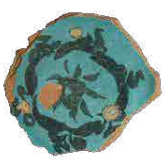
جدول ۱. مشخصات قطعات سفال (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Tab. 1. Technical information of the potteries (Authors, 2020).

شمارهٔ نمونه	طراحی فنی قطعه	نوع قطعه	نوع خمیره	تزئین و پوشش سطح درونی	تزئین و پوشش سطح بیرونی	دوره
۱		بدنه	گل رس نخودی مایل به نارنجی با کانی بسیار ریز به میزان متوسط و حفره‌های خلل و فرج هوا به تعداد زیاد	لعاب آبی فیروزه‌ای	بدون پوشش و تزئین	قرن ۸-۹ ه.ق. (یوسفی، ۱۳۸۵ب)
۲		دسته	گل رس صورتی مایل به نارنجی با ذرات کانی بسیارریز به میزان بسیار کم	لعاب آبی فیروزه‌ای	لعاب آبی فیروزه‌ای شیار فرورفته در اثر فشار انگشت	قرن ۸-۹ ه.ق. (یوسفی، ۱۳۸۵ب)
۳		کف	خاک سفید از جنس کائولن با مقدار بسیار کمی رس	دو ردیف نقش نواری موازی زیرلعاب آبی فیروزه‌ای	لعاب آبی فیروزه‌ای	صفوی (یوسفی، ۱۳۸۵ب)
۴		لبه	خاک سفید از جنس کائولن با مقدار بسیار کمی رس	لعاب آبی فیروزه‌ای	یک ردیف نقش‌برجسته شیاری (اشکی) زیرلعاب آبی فیروزه‌ای	صفوی (یوسفی، ۱۳۸۵ب)
۵		کف	گل رس نارنجی روشن مایل به‌صورتی با ذرات بسیار ریز کانی به میزان بسیار کم	گلابهٔ سفید روی بدنه، نقوش گیاهی زیرلعاب آبی فیروزه‌ای (سفال قلم‌مشکی)	گلابهٔ سفیدرنگ	قرن ۸-۹ ه.ق. (یوسفی، ۱۳۸۵ب)

جدول ۲. قطعات مورد پژوهش و تصویر میکروسکوپی نمونه‌ها(نگارندگان، ۱۴۰۰).

Tab. 2. The samples and their microscopic photos (Authors, 2020).

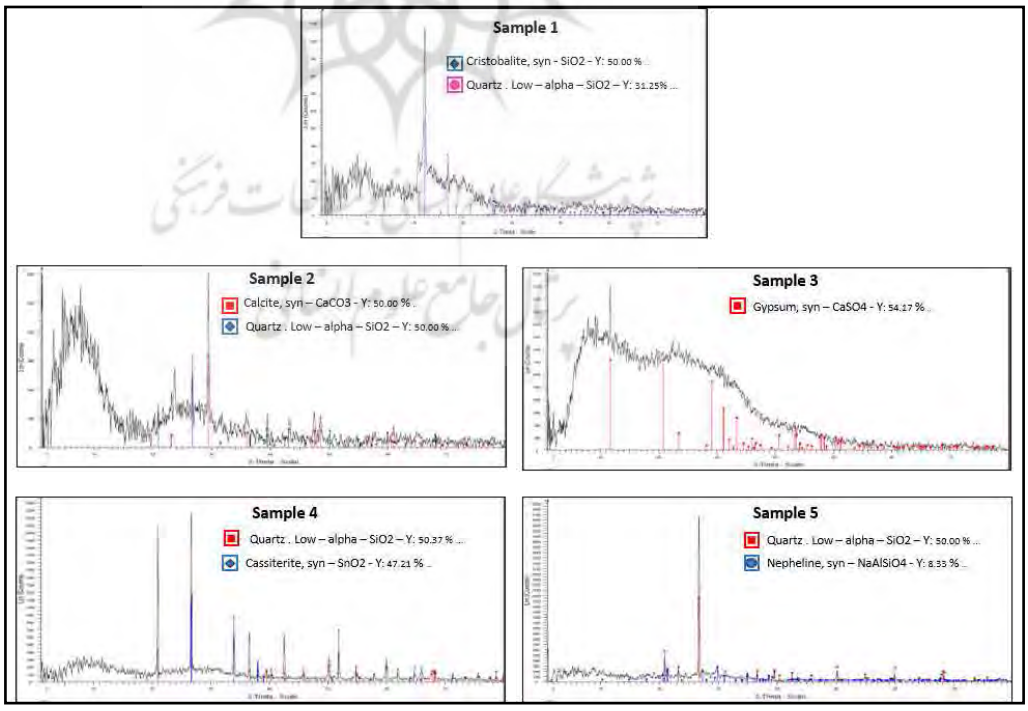
نمونهٔ ۱	نمونهٔ ۲	نمونهٔ ۳	نمونهٔ ۴	نمونهٔ ۵
				
				

در نمونهٔ ۲ متعلق به سده‌های ۸-۹هـ.ق. فازهای کلسیت، کوارتز و فاز شیشه گزارش شده است. کوارتز و فاز شیشه‌ای معرف وجود SiO2 هستند. وجود کلسیت در این نمونه، نشان‌دهندهٔ پیشرفت فرآیندهای فرسایش و خروج یون‌های قلیایی خاکی از ساختار لعاب و تشکیل در سطح لعاب است، که براساس قدمت نمونه و وجود نشانه‌های فرسودگی در سطح آن، نتیجهٔ حاصل، دور از انتظار نیست.

در نمونهٔ ۳ متعلق به دورهٔ صفوی، علاوه‌بر شیشه، فاز ژیپس گزارش شده است. حضور این فاز در نمونهٔ لعاب تاریخی نشان‌دهندهٔ فرسایش لعاب و خروج یون‌های قلیایی خاکی مانند یون کلسیم از ساختار لعاب است که به‌مرور زمان در محیط دفن با حضور آنیون‌های سولفات موجود در خاک که خود حاصل فرآیندهای زیستی واقع‌شده در خاک است، فاز سولفات کلسیم را تشکیل داده است.

نمونهٔ دوم تحت شمارهٔ ۴ متعلق به دورهٔ صفوی، علاوه‌بر حضور شیشه و فاز کوارتز که نشان از وجود SiO2 دارد، براساس گزارش، فاز کستریت در این نمونه، وجود اکسید قلع (SnO2) در ترکیب لعاب نقش مات‌کننده در لعاب این نمونه ظرف را داشته است.

در نمونهٔ ۵ متعلق به سده‌های ۸-۹هـ.ق. نیز علاوه‌بر وجود شیشه و فاز کوارتز که نشان‌دهندهٔ SiO2 است، فاز نفلین سینیت گزارش شده است. این نمونه نقش‌دار و دارای لایهٔ اِنگوب[5] است؛ انگوب ترکیبی مات و سفیدرنگ است که با پوشش‌دهی و بهبود کیفیت سطحی بدنه، محیط مناسبی را برای اعمال لعاب رنگین و ایجاد نقش روی ظرف فراهم می‌آورد (Potter, 2002: 273). آن‌چه در ترکیب انگوب سبب بهبود خواص سطحی بدنه می‌شود، وجود فاز نفلین سینیت است که از روش‌های شناسایی آن، آزمایش پراش پرتو X است که در این تحقیق نیز نتایج طیف XRD حضور فاز نفلین سینیت را در نمونهٔ مورد مطالعه ثابت کرده است.



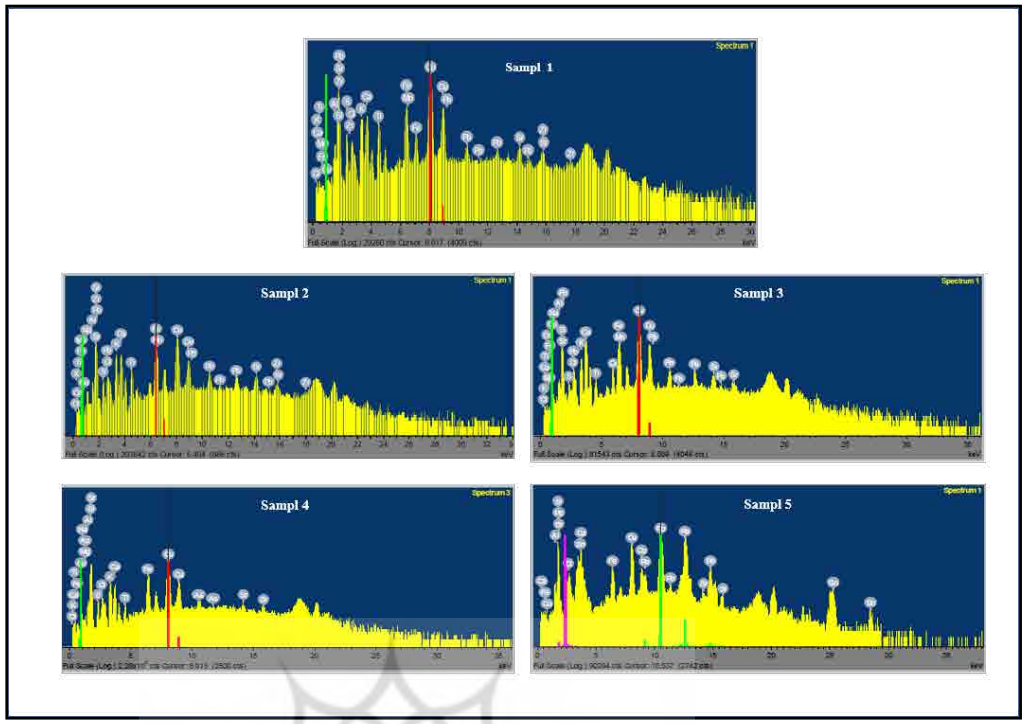
تصویر ۳. نمودار طیف‌سنجی XRD در لعاب نمونه‌های ۱- ۵ سفال‌های خانهٔ مروج (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 3. XRD analyses in sample 1-5 (Authors, 2020).

تفسیر نتایج آنالیز عنصری EDX

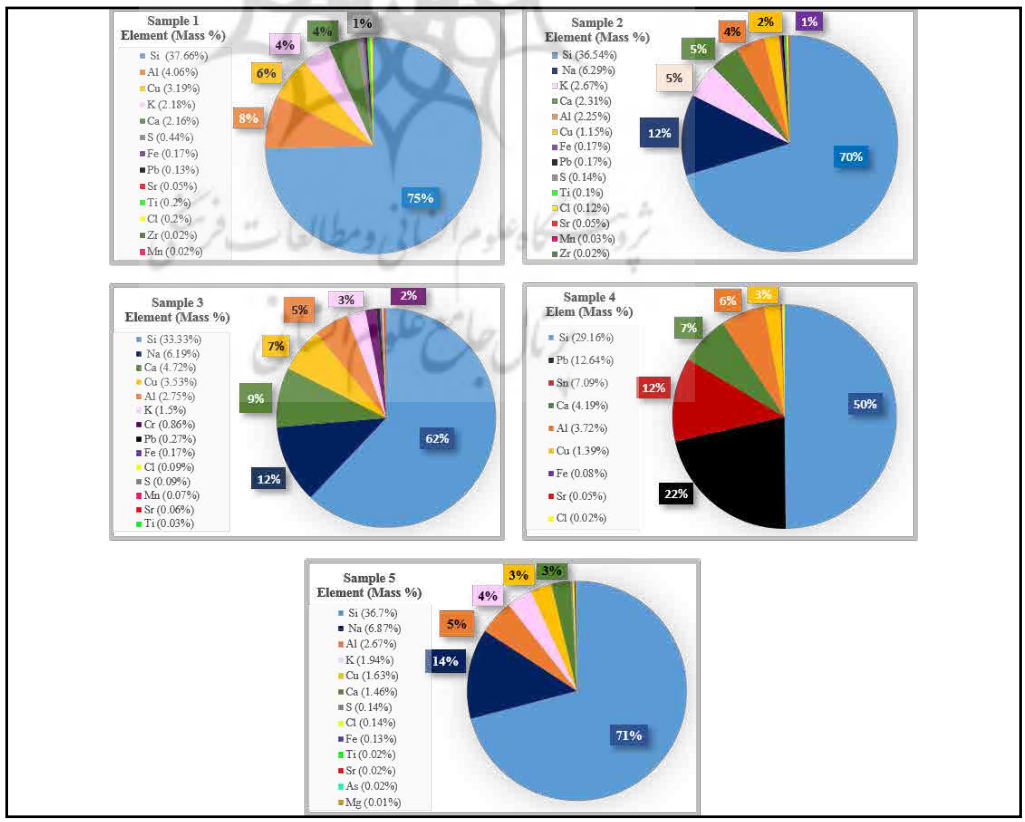
براساس نتایج گزارش‌شده از روش تجزیهٔ EDX که در تصویر ۴ آمده است، در همهٔ نمونه‌های موردمطالعه در این پژوهش، مس به‌عنوان عنصر رنگ‌ساز فیروزه‌ای در این لعاب‌ها گزارش شده است. میزان این عنصر با توجه به نتایج حاصل از تجزیهٔ این لعاب‌ها به‌ترتیب در نمونه‌های ۱ تا ۵ عبارت است از: ۳/۱۹٪، ۱/۱۵٪، ۳/۵۳٪، ۱/۳۹٪ و ۱/۶۳٪ که بیشترین مقدار آن در نمونهٔ ۳ صفوی با مقدار ۳/۵۳٪ گزارش شده است (تصویر ۹- ۵)؛ البته در این نمونه علاوه‌بر مس، عنصر رنگ‌ساز کروم نیز به‌مقدار ۰/۸۶٪ گزارش شده، که خود از عوامل ایجاد رنگ سبز در لعاب است؛ لذا در این نمونه فام رنگی فیروزه‌ای از سایر نمونه‌ها متفاوت است. نمونهٔ لعاب‌های موردمطالعه دارای عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و استرونسیوم هستند که عناصر قلیایی و قلیایی خاکی لعاب را تشکیل می‌دهند. با توجه به نتایج تجزیهٔ عنصری گزارش‌شده، مقدار این عناصر نسبت به سرب بیشتر بوده و لعاب‌های مورد مطالعه در این پژوهش به‌جزء نمونهٔ شمارهٔ ۴ صفوی، ماهیت قلیایی دارند، میزان عنصر سرب در این نمونه‌ها به‌ترتیب در نمونه‌های ۱ تا ۴ عبارت است از: ۰/۱۳٪، ۰/۱۷٪، ۰/۲۷٪ و ۱۲/۶۴٪ در نمونهٔ ۵ سرب گزارش نشده است و در سایر نمونه‌ها نیز که وجود سرب گزارش شده، مقدار این عنصر در آن‌ها در مقایسه با عناصر قلیایی لعاب، کم است؛ البته همان‌طور که ذکر شد، به‌جزء نمونهٔ ۴ مربوط به دورهٔ صفوی که با گزارش ۱۲/۶۴٪ دارای بیشترین مقدار سرب در نمونهٔ لعاب‌های موردمطالعه در این پژوهش است. تفاوت دیگر نمونهٔ ۴ صفوی با سایر موارد در وجود عنصر قلع است. از این عنصر در لعاب به‌عنوان عامل مات‌کنندهٔ لعاب استفاده می‌شود و در نتایج این آزمایش به‌مقدار ۷/۰۹٪ در نمونهٔ ۴ صفوی گزارش شده است. در نتایج گزارش آزمایش XRD این نمونه نیز همان‌طورکه ذکر شده است، فاز کستریت حاکی از وجود اکسید قلع در این نمونهٔ لعاب است که با نتایج حاصل از تحلیل طیف EDX نمونهٔ هماهنگی دارد. وجود عناصری مانند گوگرد و کلر که در نمونه‌ها گزارش شده است و از عناصر سازندهٔ لعاب نیستند، می‌تواند ناشی از هم‌جواری نمونه‌ها با خاک در محیط دفن به‌مدت طولانی باشد؛ همان‌طورکه براساس نتایجXRD در نمونهٔ ۳ صفوی، فاز سولفات کلسیم نیز گزارش شده است. در نمونهٔ لعاب‌های تاریخی پیشرفت فرآیندهای فرسایشی لعاب در طی سال‌ها، سبب خروج یون‌های قلیایی و قلیایی خاکی از ساختار لعاب می‌شود و این خود سبب افزایش غلظت سایر یون‌ها در ساختار لعاب مانند آلومینیوم است (یوسف‌نژاد، ۱۳۹۹: ۸)؛ لذا با مقایسهٔ مقدار این یون می‌توان درمورد میزان فرسودگی نمونه‌ها مطالعه کرد. بر این‌اساس مقدار گزارش‌شدهٔ این عنصر در نمونه‌های ۱ تا ۵ به‌ترتیب عبارت است از: ۴/۰۶٪، ۲/۲۵٪، ۲/۷۵٪، ۳/۷۲٪ و ۲/۶۷٪ که نشان می‌دهد بیشترین مقدار این عنصر در نمونهٔ ۱ مربوط به قرن ۸-۹هـ.ق. گزارش شده است و بر این‌اساس بیشترین فرسودگی در این نمونه و پس از آن در نمونهٔ ۴ صفوی و در بقیهٔ موارد به‌صورت تقریبی یکسان است (تصاویر ۱۰ و ۱۱).

در جدول شمارهٔ ۳ آمار توصیفی درصد وزنی عناصر ۵ نمونهٔ مورد مطالعه ارائه شده است؛ بر این‌اساس میانگین نمونه‌ها حدود ۵،۵ است، و انحراف معیار در بازهٔ ۱۱،۵ تا ۱۴،۵ در نوسان است. همان‌طورکه آزمون پیرسون[۶] نشان می‌دهد، بین درصد وزنی نمونه‌ها همبستگی و مشابهت بالایی برقرار است. رابطهٔ بین نمونه‌ها درسطح ۰،۰۱ برای آزمون پیرسون معنادار است، به‌طوری‌که کمترین مقدار r=0.94 و بیشترین مقدار آن r=0.99 است[۷]؛ بر این‌اساس بیشترین همبستگی بین دو نمونهٔ ۲ و ۵ (تصویر ۱۲) و کمترین همبستگی بین دو نمونهٔ ۴ و ۵ است که هم‌چنان عدد بزرگی است (تصویر ۱۳).



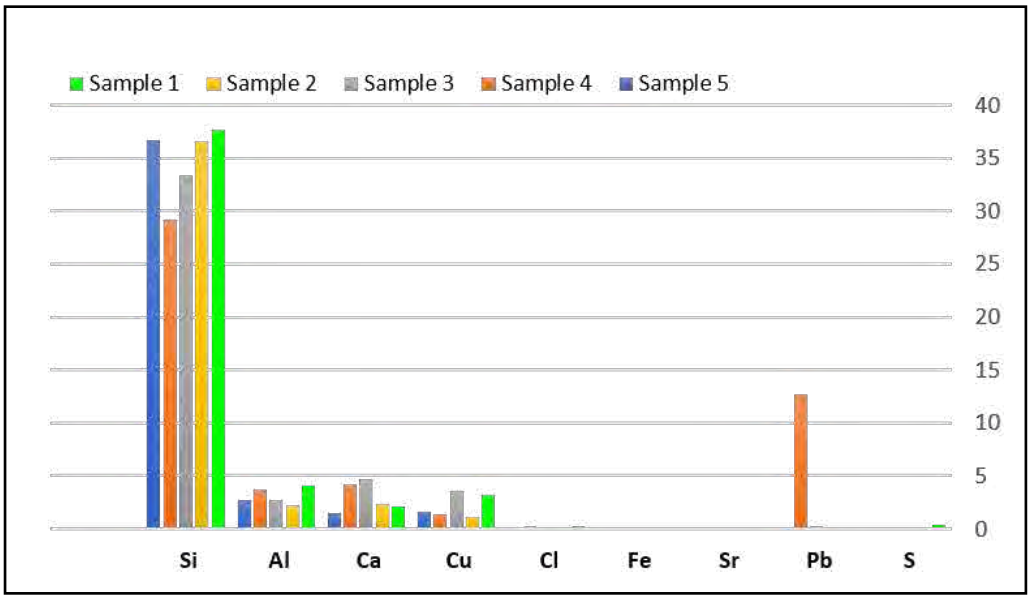
تصویر ۴. نمودار طیف‌سنجی EDX در لعاب نمونه‌های ۱- ۵ در سفال‌های محوطه خانهٔ تاریخی مروج (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 4: EDX analyses in sample 1-5 (Authors, 2020).



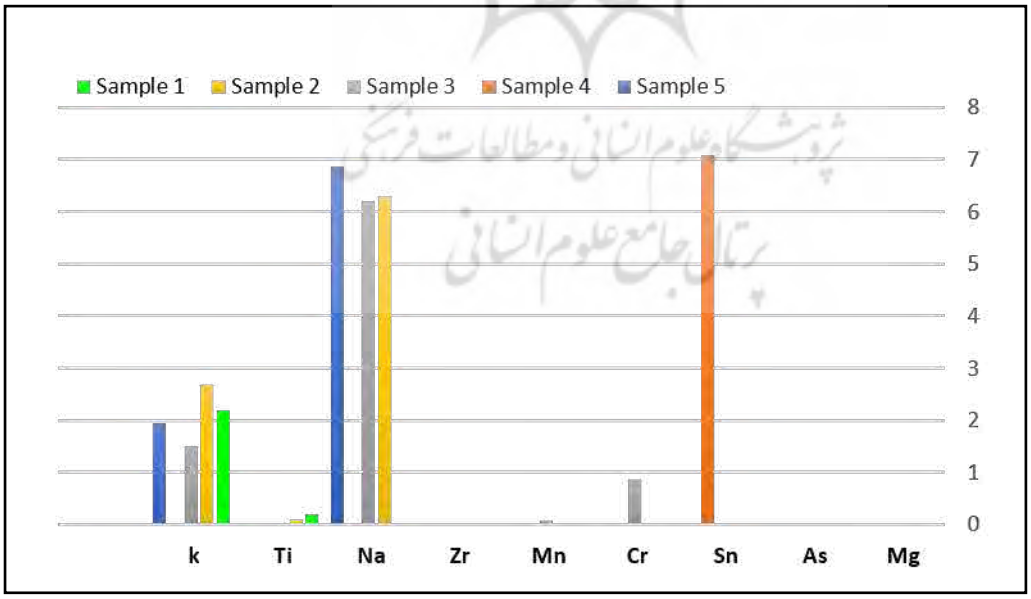
تصاویر ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹: نمودار فراوانی وزنی عناصر موجود در لعاب نمونه‌های ۱- ۵ (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 5-9. Mass percentage pie chart of elements in samples 1-5 (Authors, 2020).



تصویر ۱۰. نمودار مقایسه‌ای نوع و مقدار عناصر در لعاب نمونه‌های ۱- ۵ (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 10. A comparative bar graph of type and amount of the elements in samples 1-5 (Authors, 2020).



تصویر ۱۱. نمودار مقایسه‌ای نوع و مقدار عناصر در لعاب نمونه‌های ۱- ۵ (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 11. A comparative bar graph of type and amount of the elements in samples 1-5 (Authors, 2020).

جدول ۳. آمار توصیفی درصد وزنی عناصر ۵ نمونه مورد مطالعه (نگارندگان، ۱۴۰۰).

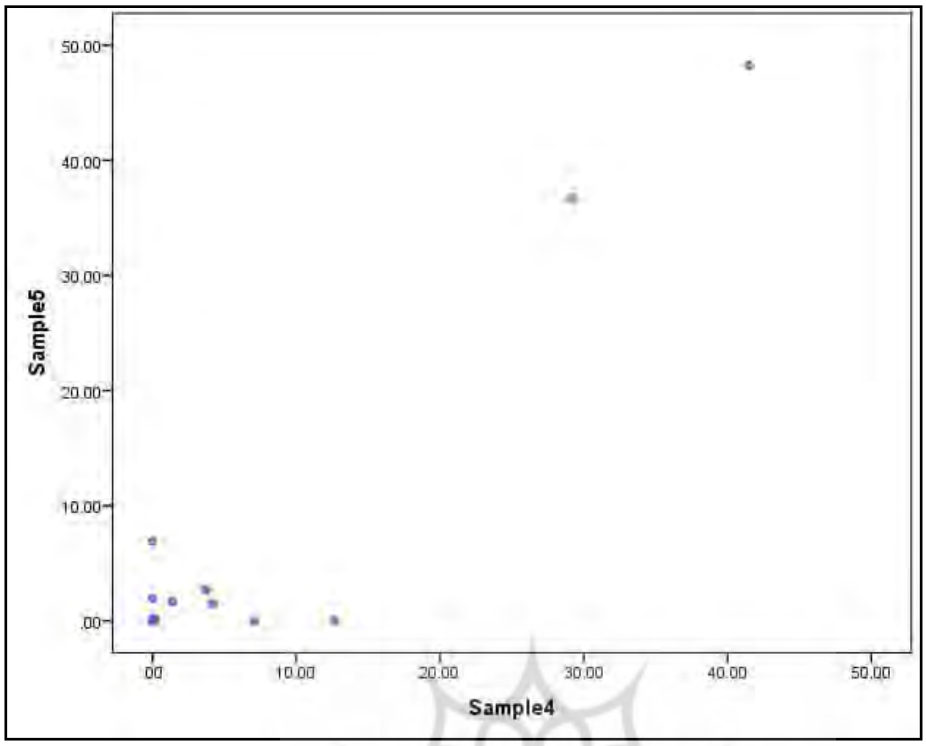
Tab. 3. Descriptive statistics of mass percentage of elements (Authors, 2020).

	Mean	Std. Deviation	N
Sample1	5.55	13.7	18
Sample2	5.5	11.5	18
Sample3	5.5	12.7	18
Sample4	5.5	13.7	18
Sample5	5.5	14.2	18

جدول ۴. همبستگی عناصر براساس آزمون پیرسون، اعداد ستاره‌دار جدول نشان‌دهندهٔ معناداری رابطه و وجود همبستگی قوی بین تمام نمونه‌هاست (نگارندگان، ۱۴۰۰).

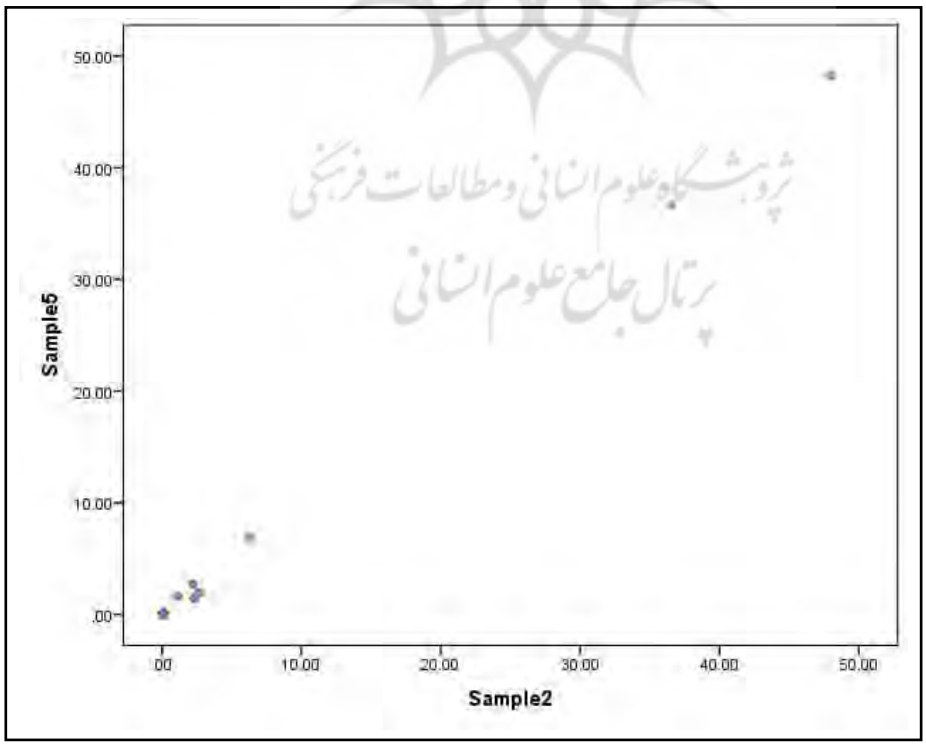
Tab. 4. The correlation of elements based on Pearson Correlation Coefficient (Authors, 2020).

		Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Sample1	Pearson Correlation	1	.942**	.996**	.999**	.992**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	18	18	18	18	18
Sample2	Pearson Correlation	.942**	1	.942**	.944**	.953**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	18	18	18	18	18
Sample3	Pearson Correlation	.996**	.942**	1	.996**	.992**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	18	18	18	18	18
Sample4	Pearson Correlation	.999**	.944**	.996**	1	.993**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	18	18	18	18	18
Sample5	Pearson Correlation	.992**	.953**	.992**	.993**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	18	18	18	18	18



تصویر ۱۲. نمودار بیشترین همبستگی عناصر در نمونه‌های ۵ و ۲ (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 12: The most correlation between sample 2 and sample 5 (Authors, 2020).



تصویر ۱۳. نمودار کمترین همبستگی عناصر در نمونه‌های ۵ و ۴ (نگارندگان، ۱۴۰۰).

Fig. 13. The least correlation between sample 5 and sample 4 (Authors, 2020).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ساختار لعاب پنج قطعه از سفال‌های لعاب‌دار آبی فیروزه‌ای با استفاده از آزمایشات فازشناسی XRD و آنالیز عنصری EDX مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آنالیز عنصری EDX نشانگر وجود عنصر واسطهٔ رنگ‌ساز مس در ایجاد رنگ آبی فیروزه‌ای است که مقدار آن در نمونه‌های ۱ تا ۵ به‌ترتیب ۳/۱۹٪، ۱/۱۵٪، ۳/۵۳٪، ۱/۳۹٪ و ۱/۶۳٪ است. بیشترین میزان عنصر مس در نمونهٔ ۳ به میزان ۳/۵۳٪ است که علاوه‌بر این، عنصر کروم نیز به‌عنوان اکسید رنگ‌ساز استفاده شده است. کروم در لعاب‌ها عامل ایجاد طیف سبزرنگ است و همین موضوع دلیل تفاوت رنگ این نمونه از سایر نمونه‌هاست. با توجه به‌وجود درصد قابل‌توجهی از عناصر قلیایی نظیر پتاسیم و سدیم در تمامی نمونه‌ها، لعاب نمونه‌های موردپژوهش لعاب با پایهٔ قلیایی هستند. در این نمونه‌ها میزان عنصر سرب در مقایسه با عناصر قلیایی ناچیز است؛ به‌جز نمونهٔ ۴ که در آن، بیشترین مقدار سرب به‌میزان ۱۲/۶۴٪ گزارش شده است. میزان عنصر آلومینیوم در نمونه‌های ۱ تا ۵ به‌ترتیب ۴/۰۶٪، ۲/۲۵٪، ۲/۷۵٪، ۳/۷۲٪ و ۲/۶۷٪ است. باید توجه کرد که افزایش غلظت برخی یون‌ها مانند آلومینیوم در نتیجهٔ فرسایش لعاب‌ها درطول سال‌ها در زیر خاک است؛ بنابراین می‌توان گفت بیشترین میزان فرسودگی در نمونهٔ ۱ و سپس در نمونهٔ ۴ رخ داده است و در سایر نمونه‌ها تقریباً یکسان است. در نتایج گزارش آزمایش XRD، براساس فازهای شناسایی‌شده، آمورف، کوارتز و شیشه کریستال‌های اصلی لعاب را تشکیل می‌دهند. وجود فاز کلسیت در نمونهٔ شمارهٔ ۲ و فاز سولفات‌کلسیم در نمونهٔ ۳ می‌تواند به‌دلیل تأثیرپذیری از محیط دفن در طولانی‌مدت باشد. هم‌چنین در نمونهٔ ۵، وجود فاز نفلین سینیت نشانگر استفاده از انگوب برای پوشش بدنهٔ سفال قبل از لعاب‌دهی و ایجاد نقش است. با توجه به مطالعات آماری باید اشاره داشت که به‌طور کلی بین درصد وزنی نمونه‌ها هم‌بستگی و مشابهت بالایی برقرار است. بر این‌اساس، بیشترین هم‌بستگی عنصری در نمونه‌های ۲ و ۵، مربوط به سده‌های ۸ تا ۹هـ.ق. وجود دارد و بیشترین تفاوت عنصری بین نمونهٔ ۴، متعلق به دورهٔ صفوی است که در نمونهٔ ۵ مشاهده شد.

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانیم از سرکار خانم نسیم فیضی بابت ارائهٔ نظرات تخصصی در مطالعات آماری این پژوهش سپاسگزاری نماییم و قدردان لطف و همراهی سرکار خانم حبیبه عباسی در بازخوانی این نوشتار هستیم.

پی‌نوشت

۱. X Ray Diffraction: این آزمایش از آن جهت که روشی برای مشخص کردن نوع فازها و ساختار بلورین مواد است، بسیار اهمیت دارد و چون تنها روش مستقیم تعیین ترکیب و ساختار فازی مواد است، کاربردهای وسیعی در زمینه‌های گوناگون علم مواد و صنایع مربوط به آن دارد (گلستانی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۳: ۷۸- ۷۵). این روش با استفاده از اشعهٔ ایکس‌های با طول موج مشخص برای شناسایی ساختار بلوری و تشخیص ترکیبات شیمیایی به‌کار می‌رود (Pollard et al., 2007: 93).

۲. Energy Dispersive X Ray: این آزمایش یکی از روش‌های آنالیز عنصری به‌منظور بررسی ترکیب شیمیایی و شناسایی عناصر کمیاب در مواد فرهنگی ازجمله سفال‌ها است (Adrianes, 2005: 1508). این روش برپایهٔ تولید اشعه‌های ایکس مشخصی عمل می‌کند و عناصر موجود در نمونه‌ها را آشکار می‌سازد (Scimeca et al., 2018:1). در این روش هم امکان شناسایی درصد عنصر و هم تعیین درصد اکسیدی عناصر فراهم است.

۳. این قطعات در مخزن موزهٔ باستان‌شناسی اردبیل نگه‌داری می‌شوند.

۴. دورهٔ آق‌قویونلو و قره‌قویونلو.

5. Engobe

6. Pearson Correlation Coefficient

۷. لازم به ذکر است که آزمون‌های این مقاله با SPSS نسخهٔ ۲۶ انجام شده است.

کتابنامه

- اسمعیل‌زاده‌کیوی، سینا، (۱۳۹۲). «مطالعهٔ اشیای مکشوف از بافت تاریخی اردبیل و محوطهٔ تاریخی مجموعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی با روش پیکسی». پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد فیزیک، دانشگاه محقق اردبیلی (منتشرنشده).
- جانبازی، فاطمه؛ و سرپولکی، حسن، (۱۳۹۲). «بررسی عوامل مؤثر در ایجاد طیف‌های رنگی سبز و آبی در لعاب‌های حاوی ترکیبات مس». مطالعات در دنیای رنگ، ۳ (۴): ۳-۱۲.
- رحیمی، افسون؛ و متین، مهران، (۱۳۶۹). تکنولوژی سرامیک‌های ظریف. جلد دوم، تهران: انتشارات شرکت صنایع خاک چینی ایران.
- سرفراز، علی‌اکبر، (۱۳۵۳). «گزارش گمانه‌زنی در بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی». تهران: مرکز اسناد وزارت میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری (منتشرنشده).
- طلایی، حسن، (۱۳۹۰). هشت‌هزار سال سفال ایران. تهران: انتشارات سمت.
- کیانی، یوسف، (۱۳۵۷). سفال ایرانی: بررسی سفالینه‌های ایرانی مجموعهٔ نخست‌وزیری. تهران: انتشارات مخصوص نخست‌وزیری.
- گرامی‌نژاد، ابوالقاسم، (۱۳۸۳). هنر سفالگری (لعاب، کاشی، سرامیک). تهران: انتشارات آیلار.
- گلستانی‌فرد، فرهاد؛ بهره‌ور، محمدعلی؛ و صلاحی، اسماعیل، (۱۳۹۸). روش‌های شناسایی و آنالیز مواد. تهران: انتشارات دانشگاه علم‌وصنعت ایران، چاپ هشتم.
- موسوی، سیدمحمود، (۱۳۷۹). «گزارش کاوش بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی». تهران: مرکز اسناد وزارت میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری (منتشر نشده).
- موسوی، سیدمحمود، (۱۳۸۱). «مسجد جامع اردبیل در پرتو کاوش‌های باستان‌شناختی». باستان‌شناسی و تاریخ، ۱۶ (۲: ۳۲): ۴۳-۳۵.
- نعمتی، محمدرضا؛ و یوسفی، حسن، (۱۳۹۱). چینی‌ها و اسناد بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی. تهران: انتشارات گنجینهٔ هنر.
- نوغانی، سمیه؛ شیرانی، فهیمه؛ و کریم‌نژاد، محمدمهدی، (۱۳۹۶). «ارزیابی استفاده از آنالیز میکروپروپ اشعهٔ ایکس (XPMA) به‌عنوان روش غیرتخریبی در شناسایی و ترکیب شیمیایی لعاب‌های تاریخی». مطالعات باستان‌شناسی، ۹ (۲): ۲۱۰-۱۹۳.
- ویور، مارتین. ای، (۱۳۵۶). بررسی مقدماتی دربارهٔ مسائل حفاظتی پنج بنای تاریخی ایران. مترجم: کرامت‌الله افسر، تهران: انتشارات سازمان ملی حفاظت آثار باستانی.
- یوسف‌نژاد، سودابه، (۱۳۹۹). «مطالعهٔ فنی و مقایسه‌ای کاشی نره تک‌رنگ فیروزه‌ای ایلخانی و صفوی با پژوهش موردی نمونه‌هایی از گنبد سلطانیه و گنبد بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی». پژوهههٔ باستان‌سنجی، ۶ (۲): ۱۲-۱.
- یوسفی، حسن، (۱۳۸۵الف). «گزارش کاوش بقعهٔ شیخ‌صفی‌الدین اردبیلی». تهران: مرکز اسناد وزارت میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری (منتشرنشده).
- یوسفی، حسن، (۱۳۸۵ب). «گزارش کاوش خانهٔ تاریخی آیت‌الله مروج». تهران: مرکز اسناد وزارت میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری (منتشرنشده).
- یوسفی، حسن، (۱۳۸۶). «گزارش گمانه‌زنی در محوطهٔ تاریخی خانهٔ آیت‌الله مروج (خانهٔ خلیل‌زاده) پاییز ۱۳۸۵». گزارش‌های باستان‌شناسی (۷)، مجموعه مقالات نهمین گردهمایی سالانهٔ باستان‌شناسی ایران، ج ۴، تهران: پژوهشگاه سازمان میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری، صص: ۳۴۷-۳۳۱.
- یوسفی، حسن، (۱۳۹۸). «گزارش کاوش مسجد جمعهٔ اردبیل». تهران: مرکز اسناد وزارت میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری (منتشرنشده).

- Adriaens, A., (2005). "Non-destructive Analysis and Testing of Museum Objects: An Overview of 5 Years of Research". *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 60 (12): 1503-1516.

- Esmaeelzadeh Givi, S.; (2013). "Studying the Objects Discovered from the Historical Part of Ardabil and Sheikh Safi Al-Din Ardabili Monument by Using Pixi Method". MS Thesis in Physics, Mohaghegh Ardabili Univversity, Science Faculty, Unpublished (In Persian).

- Geraminezhad, A.; (2004). *The Art of Pottery (Glaze, Tile, Ceramic)*, Tehran: Aylar Publication (In Persian).

- Golestanifard, F.; Bahrehvar, M. & Salahi, E., (2019). *The Methodology of Detecting and Analyzing the Materials.* Vol. 8, Tehran: Iran University of Science and Technology (In Persian).

- Janbazi, F. & Sarpoolaki, H., (2013). "Study of Effective Parameters on Variety of Green and Blue Colors in Copper Containing Glazes". *Journal of Studies in Color World,* 3 (4): 3-12. (In Persian).

- Kiani, Y., (1978). *Iranian Pottery: Studying Iranian Potteries in Nakhostvaziri Collection*. Tehran: Nakhostvaziri Publication (In Persian).

- Mesbahinia, A.; Rashidi-Huyeh, M. & Shafiee Afarani, M., (2014). "Persian Turquoise Glazed Bodies: Reproduction and Optical Properties". *Applied Physics A,* 118 (4): 1183-1188.

- Mousavi, M., (1993). *Excavation in Sheikh Safi Al-Din Monument*. Tehran: Ministry of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Unpublished (In Persian).

- Mousavi, M., (1993). *Excavation in Sheikh Safi Al-Din Monument.* Tehran: Ministry of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Unpublished (In Persian).

- Nemati, M. & Yousefi, H., (2012). *Ceramics and Documents in Sheikh Safi Al-Din Ardabili Monument.* Tehran, Art Treasure Publication (In Persian).

- Noghani, S.; Shirani, F. & Karimnejad, M., (2018). "Evaluation of X-Ray Microprobe Nondestructive Analysis for Characterization of Chemical Composition of Ancient Glazes". *Journnal of Archaeological Studies,* 9 (16): 193-210. (In Persian).

- Pollard, M.; Batt, K.; Stern, B. & Young, S, M. M., (2007). *Analytical Chemistry in Archaeology*. New York: Cambridge University Press.

- Rahimi, A. & Matin, M., (1990). *The Technology of the Fine Ceremics*. Vol. 2, Tehran: Iran Clay Industries Company (In Persian).

- Sarfaraz, A., (1973). "Test Trench Report in Sheikh afi Al-Din Ardabili Monument". Ministry of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Unpublished (In Persian).

- Scimeca, M.; Bischetti, S.; Lamsira, H.; Bonfiglio, R. & Bonanno, E., (2018). "Energy Dispersive X-Ray (EDX) Microanalysis: a Powerful Tool in Biomedical Research and Diagnosis". *European Journal of Histochemistry*, 62 (7): 1-10.

- Talai, H., (2018). *Eight Thousand Years of Iran Pottery*. Tehran (In Persian).

- Weaver, M., (1977). *Preliminary Study On the Conservation Problems of Five*

Iranian Monuments. Translated by: Afsar, K, Tehran, National Organization of Ancient Monuments Publication (In Persian).

- Yousefi, H., (2006). *Excavation Report of Moravvej Historical Monument.* Tehran:, Ministry of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Unpublished (In Persian).

- Yousefi, H., (2006). "Excavation Sheikh Safi Al-Din Monument". Ministry of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Unpublished (In Persian).

- Yousefi, H., (2006). "Excavation in Jame Mosque of Ardabil". Ministry of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Unpublished (In Persian).

- Yousefi, H., (2007). "Test Trenh Report of the Ayatollah Moravvej Historical Monument Automn 2006". *Archaeological Reports,* 4 (7): 437-431. (In Persian).

- Yousefnezhad, S., (2020). "Technical and Comparative Study Monochrome Turquoise Nare Tile of the Ilkhanid and Safavid Eras (Case Study: Soltanieh Dome and Sheikh Safi Al-Din Ardabili's Shrine)". *Journal of Research on Archeometry*, 6(2): 91-106 (In Persian).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی