Journal of Research on Archaeometry, 2023; 8 (2): 47-64

Journal of Research on
Archaeometry

Tabriz Islamic Art University 1999

DOI: 10.52547/jra.8.2.47

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

Original Paper

Studies on the Body Structure of the Islaim Period Slip-painted Pottery Shards of Sistan

Masoud Bater*[1], Faezeh Serajii [2]

[1]. Assistant Professor, Department of Conservation and Restoration of historical artifacts, Faculty of Art and Architecture, University of Zabol, Zabol, IRAN

[2]. BA of Conservation and Restoration of Historical Artifacts, Department of Conservation and Restoration of Historical Artifacts, Faculty of Art and Architecture, University of Zabol, Zabol, IRAN

Received: 16/10/2022 **Accepted: 15/02/2022**

Abstract

The Sistan plain is one of the most important centers in eastern and southeastern Iran in prehistory and the Islamic period, and little research has been done to understand its historical and cultural history. In this research, the bodies of six shreds of slip-painted pottery deriving from the Sistan plain were studied and investigated to identify their structure and mineralogical composition by various laboratory methods so as to specify their manufacturing technique and origin. To this end, various laboratory methods were used, such as X-ray diffraction (XRD), thin section petrography, and Scanning electron microscope in combination with energy-dispersive X-ray microanalysis ((SEM-EDS). Structural study of the body of these pieces showed all samples to be identical in structure and mineralogy. On the other hand, the absence of high-temperature mineralogical phases and the presence of some special phases indicated that the potters of the Islamic times used an average temperature of about 850 to 900 °C to fire these pieces. According to the phases identified in their body and the results of the elemental analysis, red clay was seemingly used for the production of these pottery vessels, causing them to acquire a red color after firing in oxidizing atmosphere. Given the limited quantity of the related pieces in the region and the incongruity of mineralogical composition and elements constituting their fabric with the structure and geological composition of the Sistan plain, these probably represent imported items.

Keywords: Sistan plain, Slip-painted pottery, Analysis of pottery, Structural study, XRD, Petrography.

*Corresponding Author: masoud.bater@uoz.ac.ir

Introduction

A major, fascinating pottery decoration technique in the early Islamic era consisted of applying a slip on the surface which was then decorated with various monochrome and polychrome motifs. Large numbers of this new type of pottery are known across Iran from Sari and Gorgan in the north to Marv and Neyshabur in the northeast, and from Kerman and Sistan in the southeast to Siraf in the south [1]. The attractiveness, artistic values, variety of motifs and decorations, individual technique, expansion, and significant spread of this new style in the pottery of the early Islamic period have caused many researchers to study different aspects of these valuable cultural, artistic, and historical works. However, as the bulk of related pottery still remains unstudied and given their extraordinary variety, many aspects of this pottery remain unclear, requiring a lot of investigation. An important and interesting region where Slip-painted pottery occurs is the Sistan plain in the southeast quadrant of Iran, which is the concern of the present paper. Here a sample of polychrome Slip-painted pottery from Borj-e Afghan, Sistan is studied using different laboratory methods to determine the structure and composition of their body to gain insights into their manufacturing techniques. This research aims to identify the structure and mineralogical composition of the bodies of Slip-painted ceramics of the Islamic period in Sistan. It seeks to find answers to these question: What technique was used in the production of this pottery, and where is their provenance in Sistan?

Materials and Methods

Six shreds of polychrome Slip-painted pottery from the Islamic centuries deriving from the Borj-e Afghan area in Sistan were analyzed through different laboratory methods to characterize the structure, mineralogy, and chemical composition of their fabric. The X-ray diffraction (XRD) method was used to identify the existing crystalline phases with a D8 ADVANCE Bruker XRD device made in Germany with a copper tube. In addition, to complete the data related to understanding the structure and mineralogical composition of the sample, thin sections were prepared and studied petrographically using an Olympios BX51 polarizing petrographic microscope made in Japan. To identify the elemental composition of the fabric, the Scanning electron microscope in combination with energy-dispersive X-ray microanalysis ((SEM-EDS) was used. This laboratory study was conducted with a 1450VP electron microscope, manufactured by LEO, Germany.

Fig; 1: Map showing the location of Zahedan-e-Kohne in Sistan [6] Fig; 2: Borj-e Afghan area near Bibi Doust

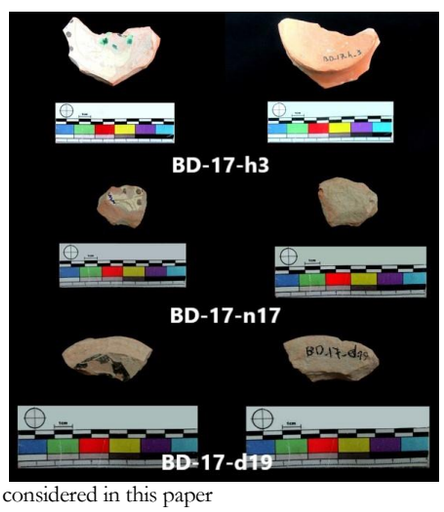


Fig 3, 4: Slip-painted pottery sherds considered in this paper

Results of XRD

To study the structure and accurately identify the mineralogical composition of their fabric, samples were taken from five shreds. The samples were analyzed by X-ray diffraction method and the existing phases were determined. The results of the analysis and diffractometry of the samples are given in Table 2 and Figure 5.

Table 2: The results of the XRD analysis of the body of Slip-painted pottery

Chemical composition of phase	Mineralogical composition and identified phase	pottery code
SiO_2	Quartz	BD-17-d19
$Ca(Mg, AL)(Si, Al)_2 O_6$	Diopside	
$NaAlSi_3O_8$	Albite, ordered	
Fe_2O_3	Hematite, syn	
SiO_2	Quartz	BD-17-h3
$Ca(Mg, AL)(Si, Al)_2 O_6$	Diopside	
$NaAlSi_3O_8$	Albite, ordered	
Fe_2O_3	Hematite, syn	
$KAlSi_3O_8$	Microcline, ordered	
SiO_2	Quartz	BD-17-n17
$Ca(Mg, AL)(Si, Al)_2 O_6$	Diopside	
$NaAlSi_3O_8$	Albite, ordered	
Fe_2O_3	Hematite, syn	
$KAlSi_3O_8$	Microcline, ordered	
SiO_2	Quartz, syn	BD-22-i1
$(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$	Albite, calcian, ordered	
$Ca(Mg, AL)(Si, Al)_2 O_6$	Diopside	
$CaCO_3$	Calcite, syn	
SiO_2	Quartz, syn	BD-22-c3
$(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$	Albite, calcian, ordered	
$Ca(Mg, AL)(Si, Al)_2 O_6$	Diopside	
$CaCO_3$	Calcite, syn	

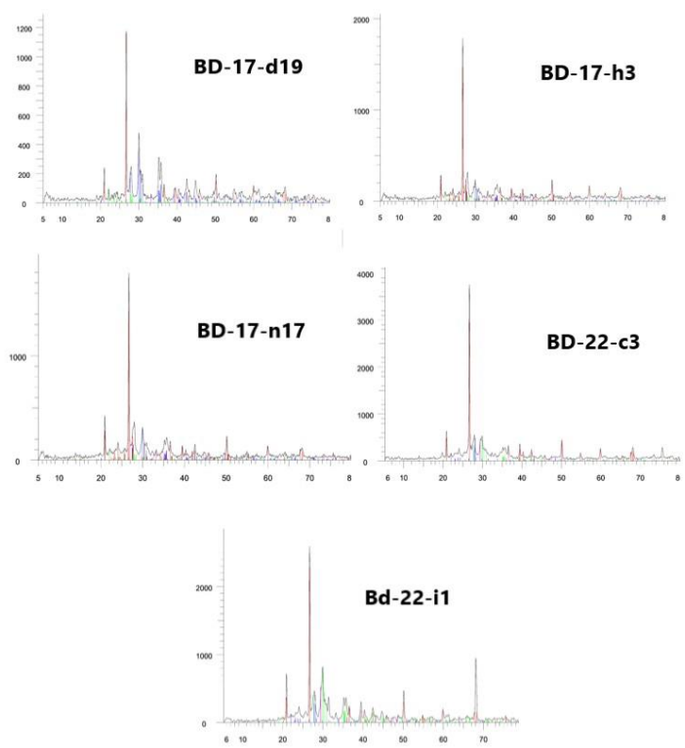


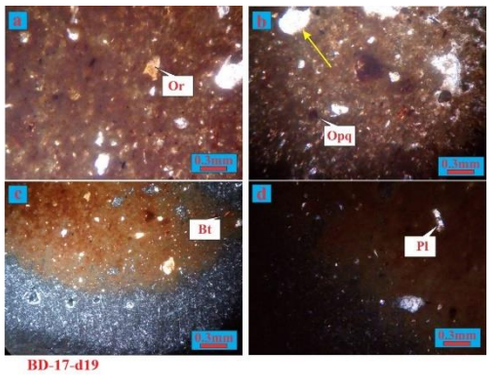
Fig 3: Diffraction diagram the fabric of Slip-painted pottery samples by the XRD method

Results of Petrography

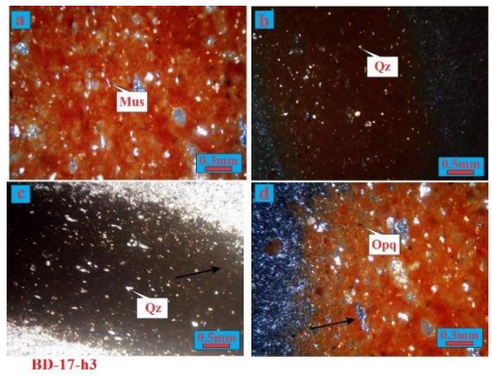
In this part of the study, the specimens sectioned from six sherds of Slip-painted pottery were examined under the petrographic microscope with transmitted and polarized light, and the mineralogical composition of each sample and the relative frequency of each mineral were determined. The results are presented in Table 4 and Figs. 6 to 11.

Table 4: The results of petrographic study of the structure and mineralogical composition of the Slip-painted pottery samples

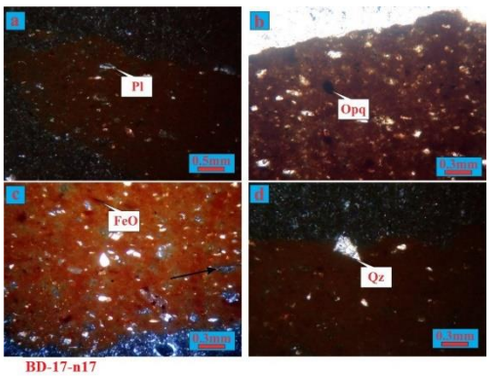
Sample fabric	Secondary minerals	Major minerals	Sample code
Predominance of clay over grain	Iron oxide with an abundance of 10%	Quartz (3 %) - Muscovite (less than 1 %) - Metal mineral (less than 1 %)	BD-17-h3
of clay (matrix) Dominance of clay (matrix) and Lack of coarse crystal minerals	Iron oxide with an abundance of 10%	Orthoclase (1 %) - Quartz (4 %) - Plagioclase (1 %) - Biotite (1 %) - Metal mineral less than 1 %	BD-17-d19
Dominance of clay matrix over grain	The abundance of iron oxide is less than 10 to 12 %	Quartz (5 %) - plagioclase (1 %) - metal mineral (1 %).	BD-17-n17
Dominance of clay (matrix)	have not	Quartz (15 %) - orthoclase (3 %) - plagioclase (3 to 4 %) - opaque mineral (less than 1 %) - Chert pieces (2 %) - muscovite (2 to 3 %) the rest is clay mineral	BD-22-i1
Predominance of red and uniform clay	have not	Quartz (3 to 5 %) - opaque (1 %) - Biotite (3 to 5 %)	BD-22-d7
Relative grain abundance in clay	Iron oxide	Quartz (8 %) - Biotite (3 %) - Plagioclase (1 to 2 %) - Orthoclase (5 %) - Muscovite (2 %)	BD-22-c3



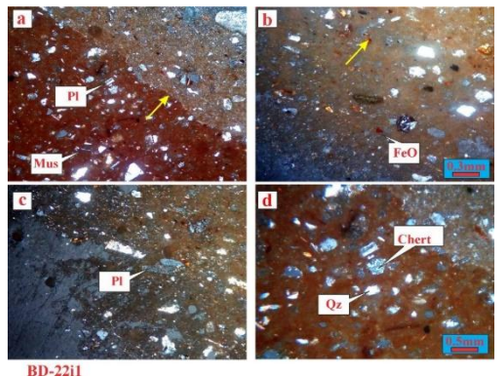
Fig; 6: Micrographs of Sample BD-17-d19: a. the mineral Orthoclase. b. voids and metal minerals. c. microcrystalline Biotites. d. Plagioclase crystals to polysynthetic mackle



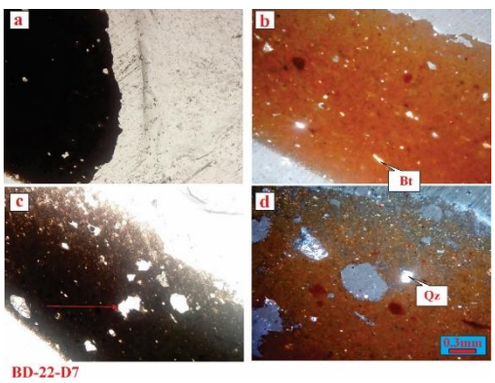
Fig; 7: Micrographs of Sample BD-17-h3: a. a Muscovite needle crystal. b. fine Quartz crystals. c. the predominance of Clay matrix. d. the arrow shows voids along with the presence of Metal minerals



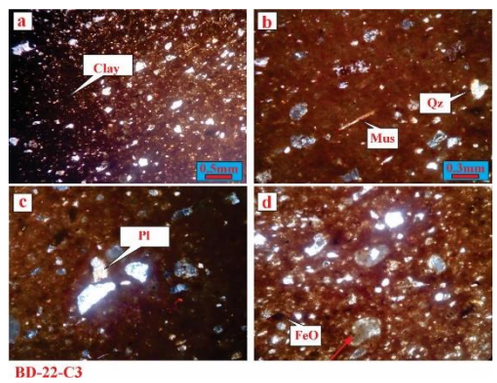
Fig; 8: Micrographs of Sample BD-17-n17: a. Plagioclase mineral. b. Opaque or Metal minerals. c. voids (indicated by arrow) and Iron Oxide inclusion in the matrix. D. Quartz (Qz)



Fig; 9: Micrographs of Sample BD-22-i1: a. boundary between two parts of the red clay and the presence of minerals Plagioclase-Muscovite. b. Iron Oxide. c. Plagioclase. d. Chert clast and Quartz



Fig; 10: Micrographs of Sample BD-22-d7: a. a view of the sample in PPL. b. Biotite. c. voids. d. Quartz



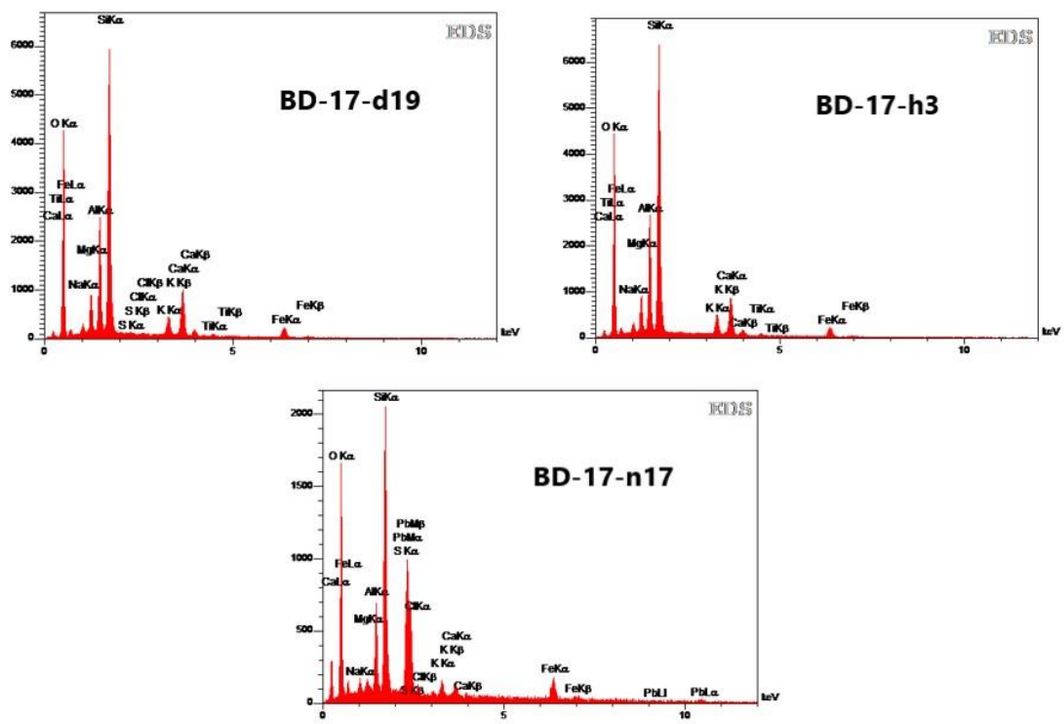
Fig; 11: Micrographs of Sample BD-22-c3: a. Clay minerals. b. Muscovite and Quartz. c. Plagioclase mineral and Iron Oxide. d. voids and Iron oxide

Results of SEM-EDS

To qualitatively and quantitatively analyze the chemical composition of the fabric an electron microscope equipped with an X-ray scattering analysis system (SEM-EDS) was used as a surface analysis method, given the severe limitation of sampling. Accordingly, small samples taken from three shreds were analyzed, the results of which are given in Fig. 12 and Table 5.

Table 5: The results of the elemental analysis of the fabric of Slip-painted pottery samples using the EDS method

O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Pb	W% / No
52.37	0.85	2.85	7.52	19.95	0.29	0.19	2.70	7.24	0.45	5.58	-	BD-17-d19
52.69	0.88	2.57	7.98	20.95	-	-	2.67	6.46	0.28	5.52	-	BD-17-h3
35.02	0.93	0.67	3.47	10.53	0.21	026	1.22	1.15	-	5.86	4.69	BD-17-n17



Fig; 12: EDS diagram of the elemental analysis of the chemical composition of the fabric of Slip-painted pottery samples

Discussion

Examination of the diffractometric pattern of the sample under study and the phases identified in their paste revealed a similar diffraction pattern and a same fabric and mineralogical composition for the entire sample. Almost all the specimens exhibited four main phases of quartz, diopside, albite, and hematite. The existence of these relatively common phases can confirm to some extent that the required clay was probably procured from a same source. Results of petrographic observation of the thin sections show a good agreement with those obtained from the diffractometry of the samples by the XRD method and confirms this finding through the similarity of the structure and mineralogical composition of the pieces. The most important minerals observed in the thin sections were silicate and feldspar. These are minerals commonly found in the composition of clays used for pottery. In addition, the presence of a bright red clay matrix indicates that the original vessels were fired in

oxidizing conditions. Examination of the thin sections revealed that in all cases mineral fillers were used, as no indications of organic fillers were detected. Therefore, the fillers mostly consisted of quartz particles. Elemental analyses showed that the chemical as well as the mineralogical composition of the specimens are very similar to each other in the type and frequency of the elements. The study of the mineralogical structure of the pottery body based on the results of diffractometry and examination of thin sections by petrographic method showed that the firing temperature was below 900 °C because the laboratory studies failed to detect any high-temperature minerals. In other words, most of the identified minerals were stable at relatively low and moderate temperatures.

Conclusions

Examination of the fabric of slip-painted pottery from the archaeological complex of Borj-e Afghan in Sistan by various methods, including X-ray diffraction and petrography supplemented with elemental analysis through the EDS method indicates that the entire specimens share almost a same structure and mineralogical composition and were probably imported to the region from another center of an Islamic period date. On the other hand, the absence of high-temperature mineralogical phases along with some specific phases, such as calcite, in the structure of the analyzed sample suggest that these Islamic ceramics were fired at average temperatures of about 850 to 900 °C. The presence of iron-rich minerals, such as hematite at the diffraction pattern of the fabric and their detection in the petrographic thin sections as well as the marked attestation of iron (III) cations in the elemental analysis results, at about 6% by weight, all show that probably, red clay was used to form the paste of the original vessels. This, coupled with firing at an average temperature of about 850-900 °C in an oxidizing atmosphere, has given a right red color to the vessels after firing. Given the relative scarcity of this type compared to the much higher frequencies of the other types of the Islamic period ceramics from this archeological complex, and the inconsistency of the mineralogical and elemental compositions of their fabric with the structure and chemical composition of the regional soil, the slip-painted pottery had seemingly made its way into the Sistan region as items imported from other commercial centers.

References

[1] Nouri N, Salehi Kakhki A. Documentation of Polychrome Slip-painted Potteries with White Background (Case study: Mostazafan Foundation Museum of Tehran), J Negarineh Islamic Art, 2019; 6(17):4-22. [in Persian].

[2] Statistical Yearbook of Sistan and Baluchistan Province. Zahedan : Sistan and Baluchistan Governorate Planning Deputy ; 2010. [in Persian].

[3] Seyyed Sajjadi SM. The Natural Environment and Historical monuments in the Sistan plain. J Geographical Researches. 2000;15(1):146-86. [in Persian].

[4] Nahouki A. The role of Britain in shaping the southeastern borders of Iran. J Historical Researches. 2020 ; (25):179-96. [in Persian].

[5] Saeedeyon, G Bavar, S. The Role of England in Separation a Part of Baluchistan from Iran, J Moskuya. 2011; 6(17) :19-36. [in Persian].

[6] Ebrahimzadeh Akbad, E. Landuse and Environmental Planning in Southeast of Iran. Tehran: Ettelaat Daily, 2010. [in Persian].

[7] Mousavi haji. S.R. Zahedan-e kohne the abandoned city in sistan. Mashhad: Paazh publication, 2009. [in Persian].

[8] Mousavi haji. S.R, Mehrafarin. R. and Alaei Moghadam, J. Review the Environmental Characteristics of Historical City of Zahedan-e-Kohne. J Geography and Development. 2011: 79-96. [in Persian].

[9] Tate, G. P. Seistan: A Memoir on the History, Topography, Ruins, and People of the Country, in Four Parts. Vol. 1. Superintendent government printing, 1910.

[10] Ataie M, Mosaviye Haji S, Koulabadi R. Slip-painted Pottery (Types, Widespread, Dating). Negareh Journal. 2012 Sep 22; 7(23):71-88. [in Persian].

[11] Wilkinson CK. Nishapur: pottery of the early Islamic period. Metropolitan Museum of Art; 1973.

[12] Wilkinson CK. The glazed pottery of Nishapur and Samarkand. The Metropolitan Museum of Art Bulletin. 1961 Nov 1; 20(3):102-15.

[13] Watson, O. Ceramics from Islamic Lands-The Al-Sabah Collection, Kuwait National Museum. 2004.
[14] Fehervari, Geza. Ceramics of the Islamic Word in the Tareq Rajab Museum, IB Tauris & Co. Ltd. London, 2000.
[15] Bulliet RW. Pottery styles and social status in medieval Khurasan. InArchaeology, Annales and Ethnohistory 1992 (pp. 75-82). Cambridge: Cambridge University Press.
[16] Volov L. Plaited Kufic on Samanid epigraphic pottery. Ars Orientalis. 1966 Jan 1:107-33.
[17] Pancaroglu, Oya, Functions of Literary Epigraphy on Medieval Islamic Ceramics, http://islamicceramics.ashmolean.org/Samanids/oya-part-one.htm, Oxford: The Ashmolean Museum Website, accessed Sept. 5, 2001.
[18] Henshaw, Christina M. Early Islamic ceramics and glazes of Akhsiket, Uzbekistan." PhD diss., UCL (University College London), 2010.
[19] Noghani, S., Emami, S. M. A. Archaeometry of Historical potteries: Requirements and Methods. Paper presented at: First Symposium on Materials Science and Conservation of cultural, historical, 2012 Feb 29, Tehran, Iran, Research Institute of Cultural Heritage, Handicraft and Tourism, 2012, p 505-524.[in Persian].
[20] Paydar, H. The raw material used in the ceramics industry. Isfahan: Gazal publications, 2005. [in Persian].
[21] Nourzehi Z, Ajorloo B, B Kasiri M, Ebrahimi G. The Archaeo-mineralogy of The Bronze Age Pottery shreds from Kul Tepe of Ajabshir, Eastern Lake Urmia Basin, Iran. Journal of Research on Archaeometry. 2017 Mar 10; 2(2):1-7.[in Persian].
[22] Klein M, Jesse F, Kasper HU, Gölden A. Chemical characterization of ancient pottery from sudan by x-ray fluorescence spectrometry (xrf), electron microprobe analyses (empa) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP–MS). Archaeometry. 2004 Aug; 46(3):339-56.
[23] Afsharinejad, H. The Structural Analysis of the Kura-Araxes Pottery shreds from Kohna Shahar, Chaldiran, West Azerbaijan, Iran. (Unpublished master's Thesis). Department of Archaeometry , Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Art University, 2015. [in Persian].
[24] Forghani, A. H. Mineralogy, Vol 1, Tehran: University Tehran press, 2003. [in Persian].
[25] Hadiyan Dehkordi, M. Mineralogy and consideration of backing conditions of Chogha Zanbil historical bricks. Iranian Journal of Ceramic Science & Engineering, 2015; 4 (2): 33-46. [in Persian].
[26] Emami, S. M. A., Noghani, S. An Investi–gation of re- Carbonation Process and Formation of Secendary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method, J Maremat & Memari-e Iran, 2013, 3(5): 55- 67. [in Persian].
[27] Noll, W., & Heimann, R. B. Ancient Old World Pottery, Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, 2016.
[28] Maggetti M, Neururer C, Ramseyer D. Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. Applied Clay Science. 2011 Sep 1; 53(3):500-8.
[29] Riederer J. Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics. Hyperfine Interactions. 2004 Jun; 154(1-4):143-58.
[30] Noghani S, Emami SM. Structural pattern of parthian clinky pottery: An Archaeometric Study. Journal of Archaeological Studies. 2012 Feb 20; 3(2):15-34. [in Persian].
[31] Bater M, Saberniya M, Ahmadi H. Identification of Materials and Colorants in Decorative Mosaic Tiles of Musalla Historical Building in Mashhad. Journal of Research on Archaeometry. 2017 Jun 10; 3(1):29-46. [in Persian].
[32] [Cultrone G, Rodriguez-Navarro C, Sebastian E, Cazalla O, De La Torre MJ. Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. European Journal of Mineralogy. 2001 May 1;13(3):621-34.
[33] Maggetti, M, Schwab, H. Iron Age fine pottery from Châtillon-s-Glâne and the Heuneburg, J Archaeometry, 1982, 24(1): 21-36.
[34] Emami M, Trettin R. Mineralogical and chemical investigations on the ceramic technology in Čoġā Zanbil,(Iran, 1250 BC). Periodico di Mineralogia. 2012 Dec 3;81(3):359-77.
[35] Quinn PS. Ceramic petrography: the interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section. Ceramic Petrography. 2013:1-260.

پژوهه باستان‌سنجی ۱۴۰۱؛ ۸(۲): ۴۷-۶۴

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.52547/jra.8.2.47

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

دانشگاه هنر اسلامی تبریز ۱۳۷۸

مقاله پژوهشی

بررسی و مطالعهٔ ساختاری بدنهٔ سفالینه‌های تاریخی گلابه‌ای منقوش دوران اسلامی سیستان

مسعود باتر[۱*]، فائزه سراجی [۲]

۱. استادیار گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. کارشناسی مرمت آثار تاریخی، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶**

چکیده

دشت سیستان یکی از مهم‌ترین مراکز باستانی و تاریخی شرق و جنوب‌شرق ایران در دوران پیش از تاریخ و دوران اسلامی است که پژوهش‌های اندکی برای شناخت پیشینه تاریخی و فرهنگی آن انجام شده است. در این پژوهش بدنهٔ شش قطعه از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش متعلق به دشت سیستان با هدف شناسایی ساختار و ترکیب کانی‌شناختی آن‌ها به روش‌های مختلف آزمایشگاهی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است تا تکنیک ساخت و منشاء آن‌ها شناسایی گردد. برای این منظور از روش‌های مختلف آزمایشگاهی، همچون پراش پرتوی ایکس (XRD)، پتروگرافی مقاطع نازک و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی پرتوی ایکس (SEM-EDS) استفاده شده است. مطالعهٔ ساختاری بدنهٔ سفالینه‌ها نشان داد که تمامی نمونه‌ها از نظر ساختار و ترکیب کانی‌شناختی تقریباً مشابه‌اند. ازسوی دیگر، نبود فازهای کانی‌شناختی دمای بالا و حضور برخی از فازهای ویژه، گویای آن بود که سفالگران دوران اسلامی برای پخت این سفالینه‌ها از دمای متوسطی حدود ۸۵۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد استفاده نموده‌اند. با توجه به فازهای شناسایی‌شده در بدنهٔ سفال‌ها و داده‌های حاصل از آنالیز عنصری به‌نظر می‌رسد که در تهیهٔ گل سفالگری این آثار سفالی از خاک‌های رس سرخ‌رنگ استفاده شده که همین امر موجب گشته است با پخت سفالینه‌ها در شرایط اکسیداسیون، رنگ خمیرهٔ آن‌ها قرمز شود. با توجه به تعداد محدود نمونه‌های کشف‌شده از این نوع سفال در این منطقه و عدم همخوانی ترکیب کانی‌شناختی و عناصر تشکیل‌دهندهٔ بدنهٔ این سفال‌ها با ساختار و ترکیب زمین‌شناختی منطقهٔ دشت سیستان، به‌نظر می‌رسد که احتمالاً این نمونه‌های سفالی وارداتی است.

واژگان کلیدی: دشت سیستان، سفال گلابه‌ای منقوش، آنالیز سفال، مطالعهٔ ساختاری، پراش‌سنجی، پتروگرافی.

* نویسنده مسئول مکاتبات: زابل، کیلومتر دوم جادهٔ بنجار، پردیس دانشگاه زابل، دانشکدهٔ هنر و معماری، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، کد پستی: ۹۸۶۱۳۳۵۸۵۶

پست الکترونیکی: masoud.bater@uoz.ac.ir

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین و زیباترین فنون تزئین در هنر سفالگری اوایل دوران اسلامی، استفاده از لعاب گلی روی سطح سفالینه‌ها و سپس تزئین سطح گلابه با نقوش متنوع به‌صورت تک‌رنگ و چندرنگ بوده است که ظهور این شیوهٔ جدید در هنر سفالگری ایران از قرن سوم هجری قمری به بعد، نقطه عطفی در هنر این سرزمین به‌شمار می‌رود. نمونه‌های بسیاری از این نوع جدید سفال در این دوران از مناطق مختلفی از سرزمین ایران، از ساری و گرگان در شمال تا مرو و نیشابور در شمال‌شرق و از کرمان و سیستان در جنوب‌شرق تا بندر سیراف در جنوب کشور به‌دست آمده است. جالب آنکه پراکندگی و گسترش سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به‌حدی است که نمونه‌های بسیاری از این سفالینه‌ها، حتی از خارج از مرزهای جغرافیایی فعلی نیز در کشورهای همسایه، همچون ازبکستان، قزاقستان، ترکمنستان و افغانستان نیز کشف شده که همین تنوع و پراکندگی موجب گشته است که در طول سالیان گذشته موضوع این سفالینه‌ها، به‌شدت، مورد توجه محققان و پژوهشگران مختلف ایرانی و خارجی قرار گیرد[1].

زیبایی، ارزش‌های هنری، تنوع نقوش و تزئینات، تکنیک ویژه، گسترش و پراکندگی قابل توجه این سبک جدید در هنر سفالگری اوایل دوران اسلامی، موجب شده است که پژوهشگران بسیاری از ابعاد مختلف به بررسی و مطالعهٔ این آثار ارزشمند فرهنگی، هنری و تاریخی بپردازند. بااین‌حال، با توجه به حجم آثار مکشوفه و تنوع فوق‌العادهٔ آن‌ها، هنوز نکات مجهول بسیاری در ارتباط با این دسته از آثار سفالی مهم اوایل دوران اسلامی باقی است که نیازمند تحقیق و بررسی بسیار است.

یکی از مناطق مهم و جالب توجهی که نمونه‌هایی از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش از آن به‌دست آمده است، دشت سیستان در جنوب‌شرق کشور است که در این پژوهش مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. در واقع، در تحقیق پیش روی، تعدادی از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش چندرنگ به‌دست‌آمده از حوزهٔ برج افغان که در ادامهٔ بخش ربض محوطهٔ تاریخی زاهدان کهنه و در کنار منطقهٔ بی‌بی‌دوست سیستان قرار گرفته است، به روش تجربی متکی‌بر مطالعات آزمایشگاهی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است تا ساختار و ترکیب بدنهٔ این سفالینه‌ها و فنون ساخت این نوعِ معروف سفال اوایل دوران اسلامی بر اساس مطالعهٔ آزمایشگاهی نمونه‌های تاریخی اصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته و روشن گردد. واقعیت آن است که در میان گونه‌های مختلف سفالینه‌های دوران اسلامی، مطالعات اندکی به‌نسبت سایر آثار سفالی روی سفال‌های گلابه‌ای منقوش انجام شده است. اهمیت و ضرورت این پژوهش از آنجا بیشتر آشکار می‌گردد که بدانیم همین اندک مطالعات نیز، بیشتر با هدف طبقه‌بندی و تاریخگذاری این دسته از آثار انجام شده است و تاکنون مطالعهٔ چندانی به شیوهٔ تجربی با استفاده از بررسی‌های آزمایشگاهی بر ساختار و بدنهٔ این گروه از سفالینه‌های دوران اسلامی انجام نشده است.

در واقع، این پژوهش با هدف شناسایی ساختار و ترکیب کانی‌شناختی بدنهٔ تعدادی از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش دورهٔ اسلامی سیستان به‌دنبال حل این مسئله است که تکنیک ساخت این آثار سفالی چگونه بوده است و منشاء ظهور این سفالینه‌ها در منطقهٔ سیستان از کجاست.

۲. دشت سیستان

استان سیستان‌وبلوچستان، یکی از مهم‌ترین مراکز باستانی منطقهٔ شرق و جنوب‌شرق فلات ایران است که بخش عمده‌ای از آن در مناطق مرزی کشور واقع شده است. این استان، با وسعتی درحدود ۱۸۷۵۰۲ کیلومترمربع، معادل ۱۱/۵ درصد از مساحت کل کشور را داراست[2]. دشت سیستان از شمال و شرق به کوه‌های باباسلیمان در افغانستان مرکزی، از جنوب به رشته‌کوه‌های ملک‌سیاه و بلوچستان و از مغرب به کویر لوت و استان خراسان جنوبی محدود می‌شود [3]. این منطقهٔ وسیع تا قبل از آنکه با مداخلات استعمارگرانهٔ دولت انگلیس بین ایران و افغانستان تقسیم گردد، منطقه‌ای یکپارچه بود که حدود آن را مرزهای طبیعی میان دو کشور تعیین می‌نمود [4,5]. در واقع، مرزهای فعلی که در این منطقه میان ایران و افغانستان مشخص شده است، توسط افسران عالی‌رتبهٔ انگلستان، گلد

اسمیت در سال ۱۸۷۲ میلادی و سپس کلنل مک‌ماهون در سال ۱۹۰۵ میلادی مرزبندی و مشخص گردیده است که این مرز به خط مک ماهون نیز مشهور است [6].

سیستان نه‌تنها در تاریخ اساطیری ایران از اهمیتی بسیار برخوردار است؛ علاوه‌بر این، این منطقه به‌عنوان یکی از ایالت‌های مهم و کلیدی این سرزمین در دوران باستان نیز، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است. آثار تاریخی و تپه‌های باستانی بسیاری که در این بخش از خاک ایران باقی مانده، نشان‌دهندهٔ همین امر است. مشاهدهٔ این آثار تاریخی و بقایای به‌جای‌مانده در سطح دشت سیستان و بررسی منابع مکتوب و مستند تاریخی که در این زمینه به دست ما رسیده است، حاکی از آن است که سیستان هم در دوره‌های قبل از اسلام و هم در دوران اسلامی، در سرزمین ایران از اعتبار و ارزش ویژه‌ای برخوردار بوده است. در واقع، دشت سیستان از دوران پیش از تاریخ تا دوران معاصر محل سکونت، فرهنگ‌ها و تمدن‌های مختلفی بوده است که هریک نقش بسیار مؤثری در شکل‌دهی به تاریخ و فرهنگ این منطقه داشته‌اند، این شرایط از زمان شکل‌گیری شهر سوخته در عصر مفرغ تا دوران متأخر اسلامی ادامه داشته است.

از مهم‌ترین محوطه‌های باستان‌شناختی دوران اسلامی در دشت سیستان، محوطهٔ تاریخی زاهدان کهنه است که در طول سده‌های ۵ تا ۹ هجری قمری مرکزیت سیستان بزرگ را داشته است. این شهر دوران اسلامی در ۲۰ کیلومتری جنوب‌شرقی زابل، در شمال حوزهٔ زهک سیستان و در هفتصدمتری شرق روستای جدید زاهدان (شکل ۱) قرار گرفته است [7,8]. زاهدان کهنه، یکی از مهم‌ترین شهرهای سیستان در دوران اسلامی پس از زرنج بوده است که احتمالاً حدود سال ۳۶۵ هجری قمری در زمان خلف بن احمد در سیستان بنیان نهاده شده است [9]. این شهر از پنج بخش مجزا به نام‌های قلعه یا کهندژ، ارگ اول، ارگ دوم، شارستان و ربض تشکیل شده است[8].

بخش ربض شهر تاریخی زاهدان کهنه که حومه شهر محسوب می‌شده، بسیار وسیع و گسترده بوده است، به‌طوری‌که بر اساس گزارش‌های سایکس و همچنین لندور، وسعت بخش ربض زاهدان کهنه را نمی‌توان به‌طور دقیق مشخص نمود، ولی به نظر می‌رسد که احتمالاً وسعت این شهر تاریخی مهم، از شمال تا منطقهٔ بی‌بی‌دوست و از جنوب تا تپهٔ شهرستان گسترش داشته است [7]. پس از بخش ربض محوطهٔ زاهدان کهنه، بقایای ساختارهای معماری حومهٔ این شهر بزرگ دوران اسلامی که زمانی دارالحکومه سیستان نیز بوده است، همچنان ادامه داشته و حتی پس از منطقه بی‌بی‌دوست که محدودهٔ پایانی بخش ربض آن است، در منطقهٔ برج افغان نیز، این آثار مشاهده می‌گردد که این امر حاکی از پیوستگی و تداوم تاریخی آثار و ساختارهای معماری در این منطقه از دشت سیستان است (شکل ۲).

در سراسر سطح تپه‌ها و ساختارهای معماری پراکنده‌ای که در بخش ربض زاهدان کهنه و اطراف آن به‌چشم می‌خورَد، یافته‌های باستان‌شناختی بسیاری به‌ویژه نمونه‌های سفالینه‌های متعلق به دوران اسلامی مشاهده می‌گردد که بیشتر این سفالینه‌ها در انواع و اَشکال مختلف ساده و لعابدار سطح این تپه‌های باستانی را پوشانده است.

شکل ۱: موقعیت زاهدان کهنه در سیستان [6]

Fig; 1: The location of the Zahedan-e-Kohne in Sistan [6]

شکل ۲: بخشی از منطقهٔ برج افغان در نزدیکی بی‌بی‌دوست

Fig; 2: A part of the Afghan tower area near Bibi Duost]

۳. پیشینهٔ پژوهش

بررسی و مطالعهٔ انجام‌شده بر هنر سفالگری دوران اسلامی، به‌ویژه در قرون اولیه، حاکی از آن است که مهم‌ترین و رایج‌ترین شیوهٔ تزئین سفالینه‌های لعابدار در آسیای مرکزی و مناطق شرق ایران طی سده‌های آغازین ورود اسلام به این سرزمین، استفاده از تکنیک نقاشی گلابه‌ای بوده است. این نوع سفال‌ها، چون بیشتر در دوران سامانی (۲۰۴–۳۹۵ ه ق/ ۸۱۹–۱۰۰۵ م) در محدودهٔ حکومت این سلسه در مناطقی همچون خراسان، ماوراءالنهر و کرمان تولید می‌شده است، به نام سفالینهٔ سامانی نیز مشهور است [10].

ویلکینسون اولین پژوهشگری است که ضمن معرفی جامع، به مطالعهٔ سفالینه‌های منقوش گلابه‌ای پرداخته است. اساس این مطالعه نیز نمونه‌های بسیاری است که طی حفاری‌های موزهٔ متروپلیتن در نیشابور توسط وی به‌دست آمده است [11,12]. پس از بررسی جامعی که ویلکینسون بر سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش انجام داد، سایر محققان، کم‌وبیش، مطالعات و طبقه‌بندی پیشنهادی او را مبنای کار خود قرار دادند [13,14]. بااین‌حال، برخی از پژوهشگران نیز با دیدگاه متفاوتی به مطالعه و بررسی این مکتب جدید سفالگری پرداخته‌اند، همچنان که ریچارد بولیت در پژوهش‌های خود با رویکردی متفاوت از دیگران به بررسی سبک‌های مختلف این سفالینه‌ها و ارتباط آن‌ها با جایگاه مختلف اجتماعی پرداخته است [15].

گروهی از محققان نیز همچون ولوو، عبدالله قوچانی و پانکار اوغلو تنها به بازخوانی و مطالعهٔ کتیبه‌های کوفی نقش‌شده بر این سفالینه‌ها اکتفا نموده‌اند [10,16,17]. کریستینا هِنشاو نیز در بخشی از رسالهٔ دکتری‌اش مجموعهٔ قابل توجهی از این سفالینه‌ها را که به اخسیکت ازبکستان تعلق دارد، مورد مطالعه و پژوهش قرار داده است [18].

مرور مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده روی سفالینه‌های منقوش گلابه‌ای که تاکنون انجام شده است، حاکی از آن است که بیشتر این مطالعات با دیدگاه تاریخی و توصیفی به بررسی و مطالعه این دسته از سفال‌های قرون اولیه اسلام در ایران پرداخته است و در این میان، کمتر پژوهشی را می‌توان یافت که بر اساس روش‌های تجربی مبتنی‌بر مطالعات آزمایشگاهی به بررسی جنبه‌های مختلف علمی و فنی این آثار پرداخته باشد. لذا در این پژوهش، هدف ما همچنان‌که پیشتر در مقدمهٔ این مقاله ذکر شد، بررسی ساختار و ترکیب کانی‌شناختی بدنهٔ تعدادی از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به‌دست‌آمده از منطقهٔ سیستان بر اساس مطالعهٔ تجربی آزمایشگاهی است تا گامی هرچند کوچک در راستای رفع خلاء علمی موجود در این زمینه برداشته شود.

٤. مواد و روش‌ها

در این پژوهش شش قطعه سفال مطالعاتی از نوع گلابه‌ای منقوش چندرنگ متعلق به دوران اسلامی که از منطقهٔ برج افغان در نزدیکی محوطهٔ بی‌بی‌دوست زابل به‌دست آمده است، به‌منظور مطالعات ساختارشناسی، شیمیایی و کانی شناسی بدنهٔ سفالینه‌ها مورد آزمایش قرار گرفته است (اشکال ۳ و ۴). برای این کار، پس از مستندنگاری نمونه‌ها و تصویربرداری از آن‌ها، از بدنهٔ هریک از قطعات به مقدار بسیار اندکی برای بررسی‌های آزمایشگاهی به روش‌های مختلف دستگاهی نمونه‌برداری شد. به‌منظور شناسایی فازهای کریستالین تشکیل‌دهندهٔ بدنهٔ سفالینه‌ها نمونه‌های برداشته‌شده از بدنهٔ آن‌ها به روش پراش‌سنجی پرتو ایکس با دستگاه XRD مدل D8 ADVANCE Bruker ساخت کشور آلمان با تیوب از جنس مس پراش‌سنجی شد و فازشناسی نمونه‌ها، توسط نرم‌افزار Xpert انجام گردید. علاوه‌بر این، به‌منظور تکمیل داده‌های مربوط به شناخت ساختار و ترکیب کانی‌شناختی نمونه‌ها، پس از تهیهٔ مقطع نازک از بدنهٔ سفالینه‌ها، بدنهٔ کلیهٔ نمونه‌ها به روش پتروگرافی نیز مورد مطالعه قرار گرفت؛ برای این کار از میکروسکوپ پتروگرافی پلاریزان المپیوس مدل BX51 ساخت کشور ژاپن استفاده شد. با توجه به منحصربه‌فردبودن نمونه‌های تاریخی به‌دست‌آمده از این نوع سفال معروف دورهٔ اسلامی در منطقهٔ سیستان و کوچک‌بودن قطعات سفال، برای شناسایی ترکیب عنصری بدنهٔ سفالینه‌ها از روش

تجزیهٔ دستگاهی میکروسکوپ الکترونی روشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی پرتوی ایکس(SEM-EDS) استفاده گردید که برای آنالیز عنصری به مقدار نمونه بسیار اندکی نیازمند است. این مطالعهٔ آزمایشگاهی برای شناخت ترکیب عناصر تشکیل‌دهنده بدنهٔ سفالینه‌های مورد مطالعه با میکروسکوپ الکترونی مدل 1450VP، ساخت شرکت LEO، کشور آلمان انجام شد.

۵. بحث و بررسی

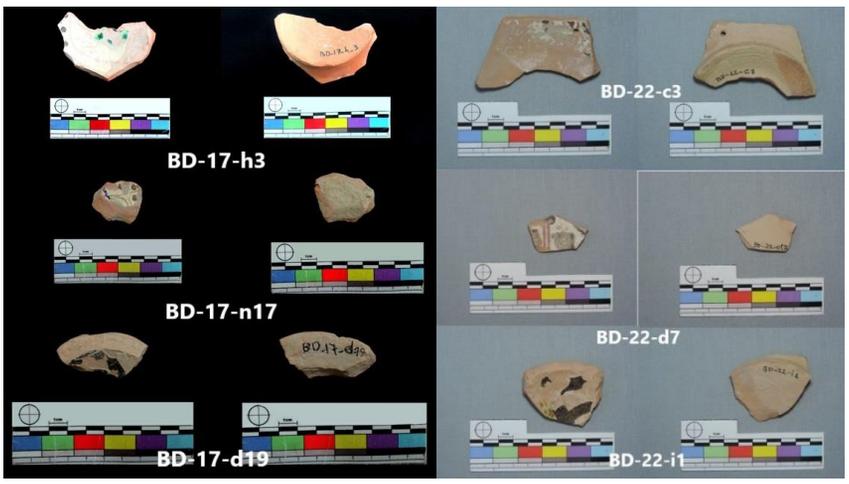
۵-۱. بررسی ظاهری و معرفی نمونه سفال‌های گلابه‌ای مورد مطالعه

بررسی و مطالعه ظاهری شش قطعه سفال مطالعاتی منقوش گلابه‌ایِ چندرنگ به‌صورت چشمی و ماکروسکوپی حاکی از آن بود که خمیرهٔ تشکیل‌دهندهٔ بدنه تمامی قطعات سفالین، قرمزرنگ بوده و در ظاهر بافت بدنه در تمامی آن‌ها از سختی و انسجام خوبی برخوردار است. سطح داخلی تمامی قطعات با یک لایهٔ بسیار نازک از لعاب گلی نخودی متمایل به زرد بسیار روشن پوشش داده شده است که روی آن با نقوشی به رنگ‌های مختلف به‌صورت چند رنگ، شامل: قرمز، قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای، قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی و سبز تزئین شده است (تصاویر ۴-۳). این قطعات سفالی گلابه‌ای منقوش، با توجه به فرم نقوش به‌نظر می‌رسد که متعلق به قرون چهارم و پنجم هجری قمری است. مشخصات و کد نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوشی که در این پژوهش مورد مطالعه و آنالیز قرار گرفته است، به شرح فوق در جدول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱: مشخصات نمونه سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه در این پژوهش

Table 1: Characteristics of the Slip-painted pottery samples studied in this research

ردیف Row	کد نمونه sample code	محل کشف Discovery Place	رنگ خمیره سفال Pottery paste color	رنگ و نوع پوشش Color and type of coating	نوع سفال Type of pottery
۱	BD-17-h3	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه – نخودی روشن	منقوش
۲	BD-17-d19	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه – نخودی روشن	منقوش
۳	BD-17-n17	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه – نخودی روشن	منقوش
٤	BD-22-i1	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه – نخودی روشن	منقوش
۵	BD-22-d7	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه – نخودی روشن	منقوش
٦	BD-22-c3	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه – نخودی روشن	منقوش



شکل ۳ و ۴: تصاویر قطعات سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه در این پژوهش

Fig 3, 4: The images of the Slip-painted pottery shards studied in this research

۵-۲.بررسی ساختار بدنهٔ سفالینه‌ها به روش پراش اشعهٔ ایکس (XRD)

به‌منظور مطالعهٔ ساختاری و شناسایی دقیق ترکیب کانی شناسی بدنهٔ سفالینه‌های مورد مطالعه در این پژوهش، از بدنهٔ پنج قطعه از سفالینه‌ها نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها به روش پراش اشعهٔ ایکس مورد بررسی و فازشناسی قرار گرفت. چون نمونه سفال BD-22-D7 بسیار کوچک بوده و بدنهٔ نازکی داشت و سطح آن به‌تمامی دارای نقوش منحصربه‌فردی بود، امکان نمونه‌برداری از این نمونه وجود نداشت. نتایج حاصل از آنالیز و پراش‌سنجی نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به شرح ذیل در جدول ۲ و شکل ۵ آمده است:

جدول ۲: نتایج آنالیز بدنهٔ نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به روش XRD

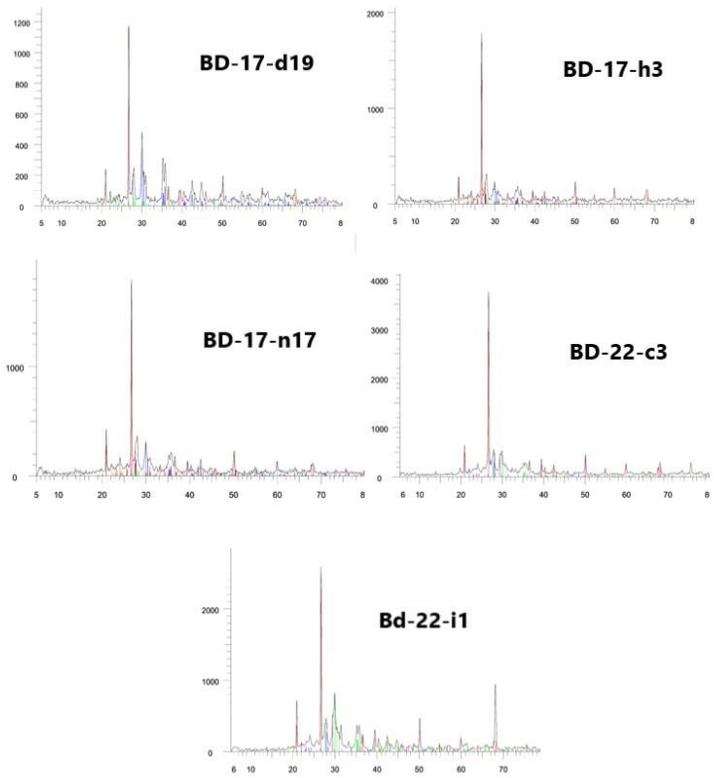
Table 2: The results of the analysis of the body of Slip-painted pottery samples by the XRD method

ترکیب شیمیایی فازها Chemical composition of phases	ترکیب کانی‌شناختی و فازهای شناسایی شده Mineralogical composition and identified phases	کد سفال pottery code
SiO2	Quartz	BD-17-d19
Ca(Mg, AL)(Si, Al)2 O6	Diopside	
NaAlSi3O8	Albite, ordered	
Fe2O3	Hematite, syn	
SiO2	Quartz	BD-17-h3
Ca(Mg, AL)(Si, Al)2 O6	Diopside	
NaAlSi3O8	Albite, ordered	
Fe2O3	Hematite, syn	
KAlSi3O8	Microcline, ordered	
SiO2	Quartz	BD-17-n17
Ca(Mg, AL)(Si, Al)2 O6	Diopside	
NaAlSi3O8	Albite, ordered	
Fe2O3	Hematite, syn	
KAlSi3O8	Microcline, ordered	
SiO2	Quartz, syn	BD-22-i1
(Na,Ca)Al(Si,Al)3O8	Albite, calcian, ordered	
Ca(Mg, AL)(Si, Al)2 O6	Diopside	
CaCO3	Calcite, syn	
SiO2	Quartz, syn	BD-22-c3
(Na,Ca)Al(Si,Al)3O8	Albite, calcian, ordered	
Ca(Mg, AL)(Si, Al)2 O6	Diopside	
CaCO3	Calcite, syn	

جدول ۳: داده‌های خطوط طیفی حاصل از آنالیز نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به روش XRD

Table 3: Spectral line data from the analysis of the analysis of the body of Slip-painted pottery samples by the XRD method

Sample Identification and Quantification			
Line Color	**Compound Name**	**Formula**	**PDF Number**
	Quartz, syn	SiO2	46-1045
	Diopside	Ca(Mg,Al)(Si,Al)2O6	41-1370
	Albite, ordered	NaAlSi3O8	19-1184
	Hematite, syn	Fe2O3	33-0664
	Microcline, ordered	KAlSi3O8	19-0926
	Albite, calcian, ordered	(Na,Ca)Al(Si,Al)3O8	41-1480
	Calcite, syn	CaCO3	05-0586



شکل ۵: دیاگرام پراش‌سنجی نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به روش XRD
Fig 3: Diffraction diagram of the analysis of the body of Slip-painted pottery samples by the XRD method

بررسی الگوی پراش‌سنجی نمونه‌های سفال مورد مطالعه و فازهای شناسایی‌شده در بدنهٔ این سفالینه‌ها نشان داد که تمامی آن‌ها دارای الگوی پراش تقریباً مشابهی بوده و از نظر ساختاری دارای بافت و ترکیب کانی‌شناختی به‌نسبت یکسانی هستند. تقریباً در آنالیز بدنهٔ تمامی نمونه‌ها، چهار فاز اصلی کوارتز، دیوپسید، آلبیت و هماتیت مشاهده می‌شود که وجود این فازهای به‌نسبت مشترک در بدنهٔ نمونه‌ها، می‌تواند تا حدی مؤید این نکته باشد که احتمالاً در ساخت این سفالینه‌ها از خاک رس تقریباً مشابهی استفاده شده است.

یکی از کانی‌های شناسایی‌شده در ساختار بدنهٔ تمامی سفالینه‌های مورد مطالعه، کوارتز است که حضور این کانی علاوه‌بر تأثیرات عمده‌ای که در تغییرات کانی‌شناسانهٔ سفال در مرحلهٔ پخت دارد، شاخص مهمی نیز برای منشأیابی مواد اولیهٔ مورد استفاده در تولید سفال محسوب می‌شود [19]. با توجه به تغییر و تبدیلات فاز کوارتز در دماهای مختلف و به‌عکس، به‌نظر می‌رسد که فاز کوارتز شناسایی‌شده در بدنهٔ این نمونه‌های سفال، از نوع کوارتز آلفا (α) است (θ= 26.642). کوارتز آلفا در سیستم تری‌گونال متبلور می‌شود و در دمای پایین‌تر از ۵۷۳ درجهٔ سانتیگراد، پایدار بوده و با افزایش دما به کوارتز بتا که فاز حرارت بالای کوارتز است و در سیستم هگزاگونال متبلور می‌شود، تبدیل می‌گردد [20].

فاز میکروکلین که در بدنهٔ نمونه‌های شماره BD-17-h3 و BD-17-n17 شناسایی شده است، کانی دما پایین فلدسپات های پتاسیم‌دار با سیستم تبلور تری‌کلینیک است که در طیف وسیعی از سنگ‌های آذرین و دگرگونی مشاهده می‌گردد [21].

کانی هماتیت با ترکیب شیمیایی Fe2O3 و طیف رنگی قهوه‌ای، قرمز، خاکستری و سیاه به سه دلیل ممکن است در بافت سفال دیده شود. این کانی یا به‌صورت یک فاز اکسیدی در درجه حرارت پایین که بیشتر محصول فرآیند اکسیداسیون در شرایط دفن است، به‌وجود آمده و یا به‌صورت یک کانی ثانویه در

درجه حرارت بالا در محیط اکسیداسیون در کورهٔ پخت سفال تولید شده است و یا به‌صورت ذرات هماتیت در خاک رس وجود داشته است [22,23]. وجود کانی هماتیت در بدنهٔ این قطعات سفالی، احتمالاً یکی از دلایل ایجاد رنگ قرمز در بدنهٔ آن‌هاست که به نظر می‌رسد احتمالاً به دلیل استفاده از خاک‌های رس سرخ‌رنگی بوده که درصد بالایی از اکسید آهن III را در خود داشته‌اند که محتمل است که سفالگران از چنین خاکی در تهیهٔ گل سفالگری استفاده نموده‌اند.

اگرچه دیوپسید کانی پیروکسن‌های حرارت بالا است، در محیط‌هایی که میزان کربنات فراوان است (مخصوصاً کربنات کلسیم و منیزیم) می‌تواند در حرارت پایین‌تر نیز ایجاد شود [24]، الگوهای پراش‌سنجی به‌دست‌آمده از بدنهٔ سفال‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه نیز وجود کانی دیوپسید را در تمامی نمونه‌ها نشان داده است که در دمای بالای ۶۰۰ درجهٔ سانتیگراد تشکیل می‌شود و این بدان معناست که با توجه به حضور این فاز، دمای پخت این سفالینه‌ها، دمای بالای ۶۰۰ درجه سانتیگراد را پشت سر گذاشته است [24,25].

حضور فازهای کربناته در ماتریکس سفال، موجب بیشترین تغییر و تبادل در فازهای بلورین بافت سفالینه‌ها در حین فرآیند پخت می‌شود. به‌طوری‌که این فازها در دمایی حدود ۷۰۰–۶۵۰ درجهٔ سانتیگراد در ماتریکس سفال ناپایدار شده و تخریب می‌گردند. تجزیهٔ فاز کلسیت در دمایی در حدود ۶۰۰ درجه سانتیگراد شروع شده و تقریباً در دمای ۸۰۰–۹۰۰ درجه سانتیگراد پایان می‌گیرد؛ بنابراین، نقش کربنات‌کلسیم در تعیین حرارت و دمای پخت سفالینه‌های تاریخی قابل‌توجه است. چون کربنات کلسیم در ماتریکس‌های رسی در دمای ۶۵۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد شروع به تجزیه‌شدن کرده و به آهک تبدیل می‌شود و این فرآیند در دمای ۸۰۰ درجهٔ سانتیگراد بیشتر شده و تقریباً در دمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد، فاز کلسیت باقی‌مانده از بین می‌رود. بنابراین، در صورت وجود کلسیت در ساختار سفالینه‌ها می‌توان احتمال داد که دمای پخت آن‌ها در حدود ۸۵۰ درجهٔ سانتیگراد باشد [26]. در نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش مورد آزمایش در این بخش، این فاز در دو نمونه؛ یعنی سفال‌های شماره BD-22-c3 و BD-22-i1 مشاهده می‌شود، ولی در سایر نمونه‌ها اثری از آن به‌چشم نمی‌خورَد که می‌تواند دلیل بر فراتر رفتن دمای پخت در سایر نمونه‌ها اندکی بیش از محدودهٔ ۸۵۰ درجهٔ سانتیگراد باشد.

آنچنانکه در الگوی پراش نمونه‌ها مشاهده می‌گردد، در آنالیز پراش‌سنجی تمامی قطعات، با پلاژیوکلازهایی نظیر آلبیت که سرگروه فلدسپات‌های سدیک–پتاسیک می‌باشند، مواجهیم. بدین ترتیب، رنگ و بافت خمیرهٔ سفالینه‌های تاریخی مورد مطالعه با توجه به نتایج حاصل از مطالعات ساختاری، فازشناسی و میکروسکوپی قابل توضیح است. ترکیبات حاوی آهن که عمدتاً از رس‌های ایلیتی نشئت گرفته‌اند، در دمایی حدود ۷۰۰درجهٔ سانتیگراد؛ یعنی ۱۰۰درجه بیشتر از محدودهٔ تخریب کامل ایلیت، چون خود را در ساختار پلاژیوکلازها نمی‌توانند حفظ کنند، به درون بافت سفال وارد می‌شوند و حتی در درجه حرارت پایین هم اکسید شده و در نتیجه رنگ خمرهٔ سفال را قرمزتر می‌نمایند[27].

۵-۳. بررسی کانی‌شناختی نمونه‌ها با مطالعهٔ مقطع نازک آن‌ها به روش پتروگرافی

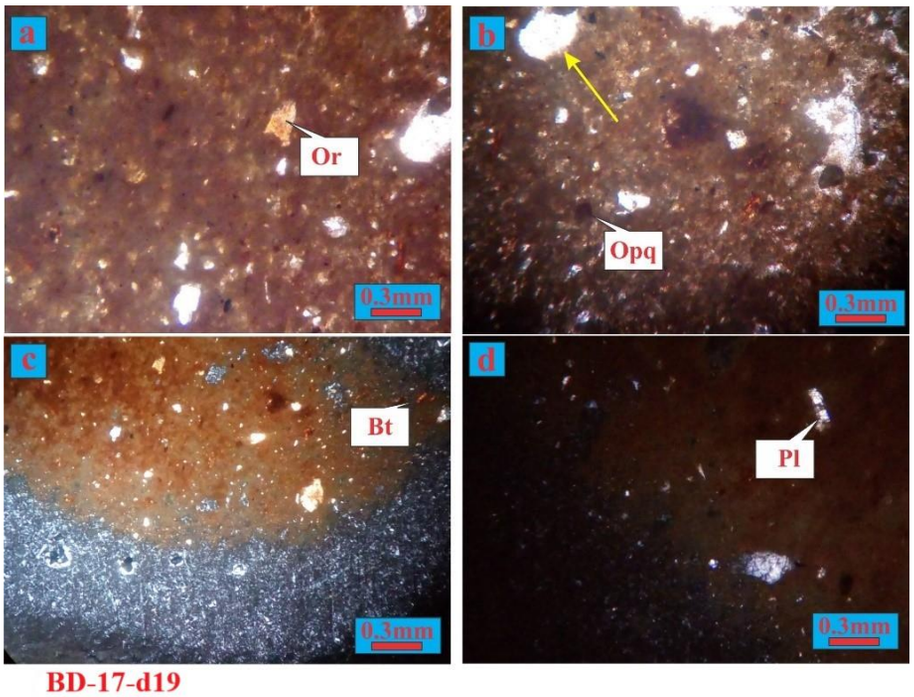
به‌منظور تکمیل داده‌های پژوهش در مورد ساختار و ترکیب کانی‌شناختی بدنهٔ نمونه‌های سفال گلابه‌ای و مطالعهٔ بافت بدنهٔ آن‌ها، از روش پتروگرافی مقطع نازک نیز در این پژوهش استفاده شد. به‌کارگیری این روش، علاوه‌بر امکان شناسایی برخی از ترکیبات سفالینه‌ها، میزان استحکام و پایداری قطعات را نیز در مقابل عوامل آسیب‌رسان و شرایط محیطی به ما نشان می‌دهد. برای این کار از هریک از قطعات سفال‌های مورد مطالعه با توجه به محدودیت نمونه‌برداری یک تکهٔ بسیار کوچک برداشته شد. در مجموع، شش نمونه از بدنهٔ سفالینه‌ها برداشته شد و پس از برش و تهیهٔ مقطع نازک از آن‌ها، نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ پتروگرافی با نور عبوری و پلاریزه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و ترکیب کانی شناختی هریک از نمونه‌ها و درصد نسبی هر کانی تعیین

گردید. نتایج حاصل از بررسی و مطالعهٔ میکروسکوپی بدنهٔ سفالینه‌های اسلامی منقوش گلابه‌ای این محوطه اسلامی به روش پتروگرافی در جدول ۴ و تصاویر ۶ تا ۱۱ به شرح ذیل آمده است:

جدول ۴: نتایج مطالعهٔ ساختاری و ترکیب کانی‌شناسی بدنه نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به روش پتروگرافی

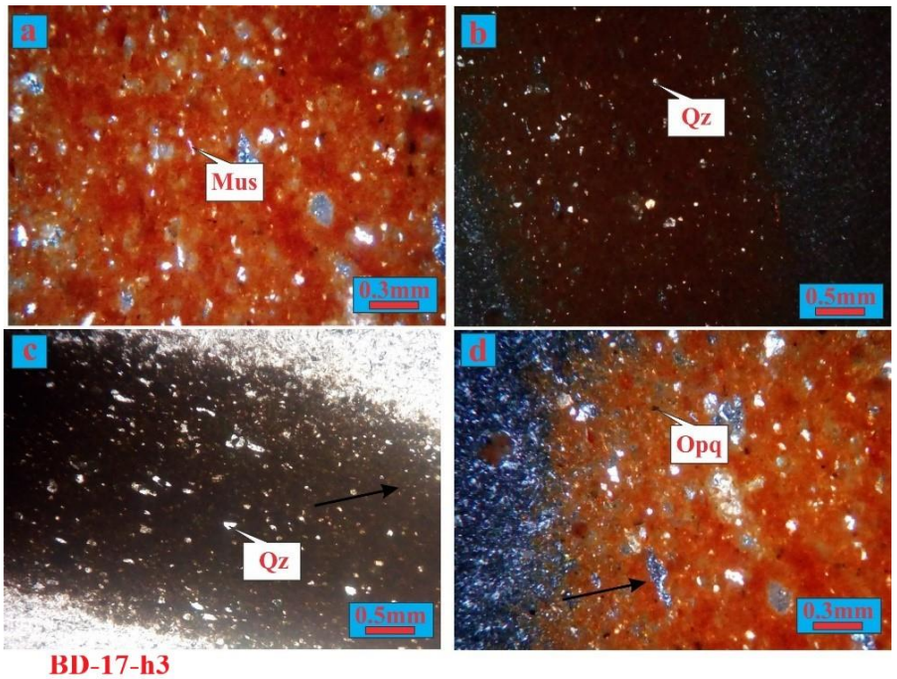
Table 4: The results of studying the structure and mineralogical composition of the body of Slip-painted pottery samples by the petrographic method

کد نمونه Sample code	کانی‌های اصلی Major minerals	کانی‌های ثانویه Secondary minerals	بافت نمونه Sample fabric
BD-17-h3	کوارتز (۳ درصد)- مسکویت (کمتر از ۱ درصد)- کانی فلزی (کمتر از ۱ درصد)	اکسید آهن با فراوانی ۱۰ درصد	غلبهٔ رس بر دانه است
BD-17-d19	ارتوکلاز(۱ درصد)- کوارتز (۴ درصد)- پلاژیوکلاز (۱ درصد)- بیوتیت (۱ درصد)- کانی فلزی کمتر از ۱ درصد	اکسید آهن با فراوانی ۱۰ درصد	غلبهٔ رس (ماتریکس) و کم بودن کانی‌های درشت بلور
BD-17-n17	کوارتز (۵ درصد)- پلاژیوکلاز (۱ درصد)- کانی فلزی (۱ درصد)	اکسید آهن فراوانی کمتر از ۱۰ تا ۱۲ درصد	غلبه ماتریکس گلی بر دانه
BD-22-i1	کوارتز (۱۵ درصد)- ارتوکلاز (۳ درصد)- پلاژیوکلاز (۳ تا ۴ درصد)- کانی اپک (کمتر از ۱ درصد)- قطعات چرت (۲ درصد) – مسکویت (۲ تا ۳ درصد) مابقی کانی رسی	ندارد	غلبهٔ رس (ماتریکس)
BD-22-d7	کوارتز (۳ تا ۵ درصد)- اپک (۱ درصد)- بیوتیت (۳ تا ۵ درصد)	ندارد	غلبه رس قرمزرنگ و یکدست
BD-22-c3	کوارتز (۸ درصد)- بیوتیت (۳درصد)- پلاژیوکلاز (۱ تا ۲ درصد)- ارتوکلاز (۵ درصد)- مسکوویت (۲ درصد)	اکسید آهن	فراوانی نسبی دانه مشاهده می‌شود در زمینه رسی



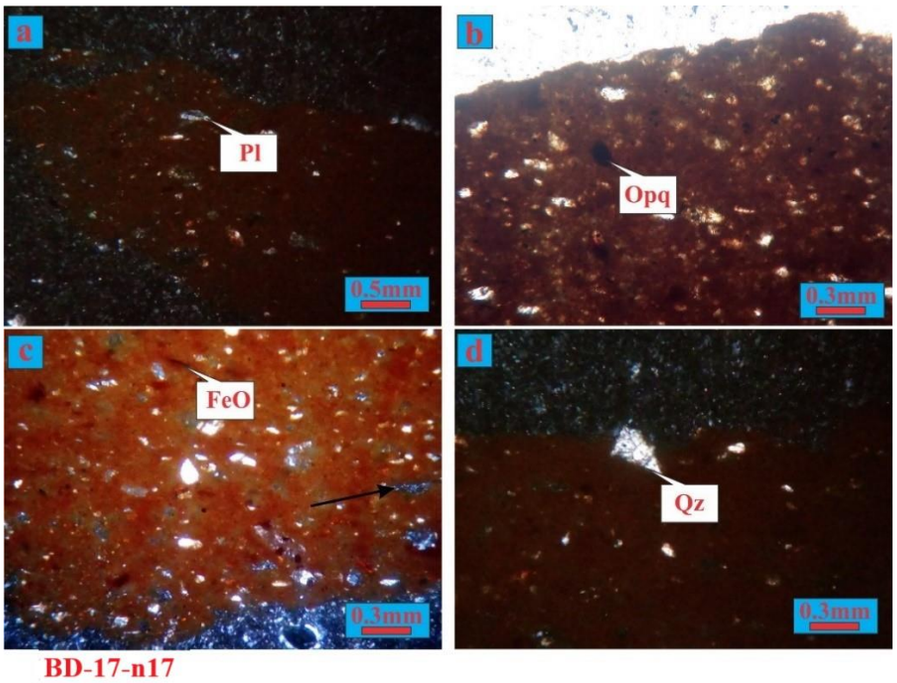
شکل ۶: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شمارهٔ BD-17-d19، a a. تصویری از کانی ارتوکلاز. b. نمایی از تخلخل نمونه و کانی فلزی. c. تصویری از بیوتیت‌های ریز بلور. d . بلورهای پلاژیوکلاز به ماکل پلی سنتتیک.

Fig; 6: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-17-d19 a. image of the mineral Orthoclase. b. a view of sample porosity and metal mineral. c. image of microcrystalline Biotites. d. Plagioclase crystals to polysynthetic mackle



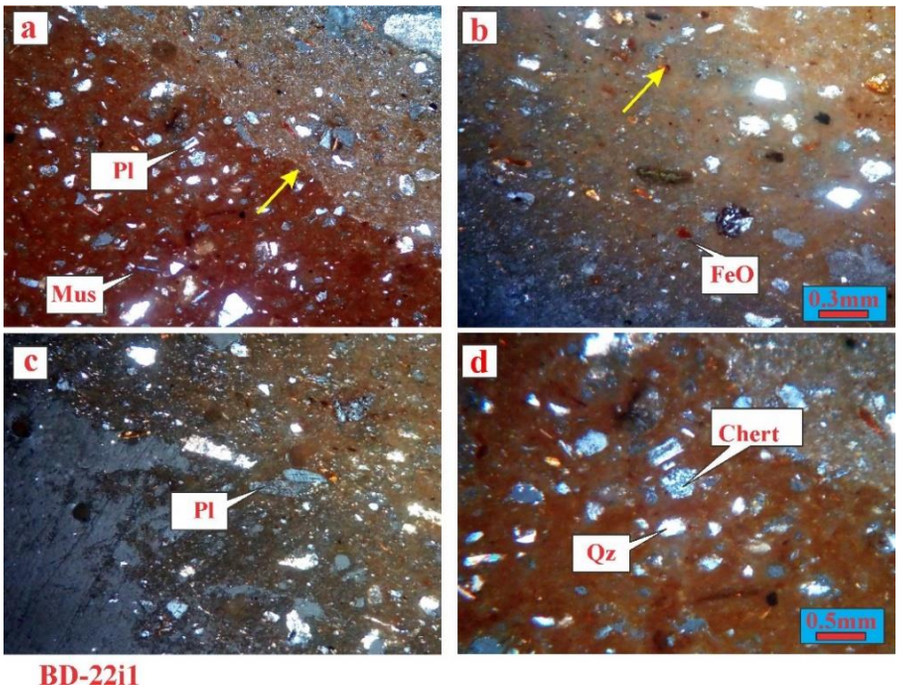
شکل ۷: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شماره BD-17-h3، a. تصویری از بلور سوزنی مسکویت. b. نمایی از کانی‌های ریز بلور کوارتز. c. غلبه ماتریکس گلی. d . جهت فلش، تخلخل نمونه را نشان می‌دهد همراه با وجود کانی فلزی

Fig; 7: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-17-h3 a. image of a Muscovite needle crystal. b. A view of fine Quartz crystal minerals. c. The predominance of Clay matrix. d. The direction of the arrow shows the porosity of the sample along with the presence of Metal minerals



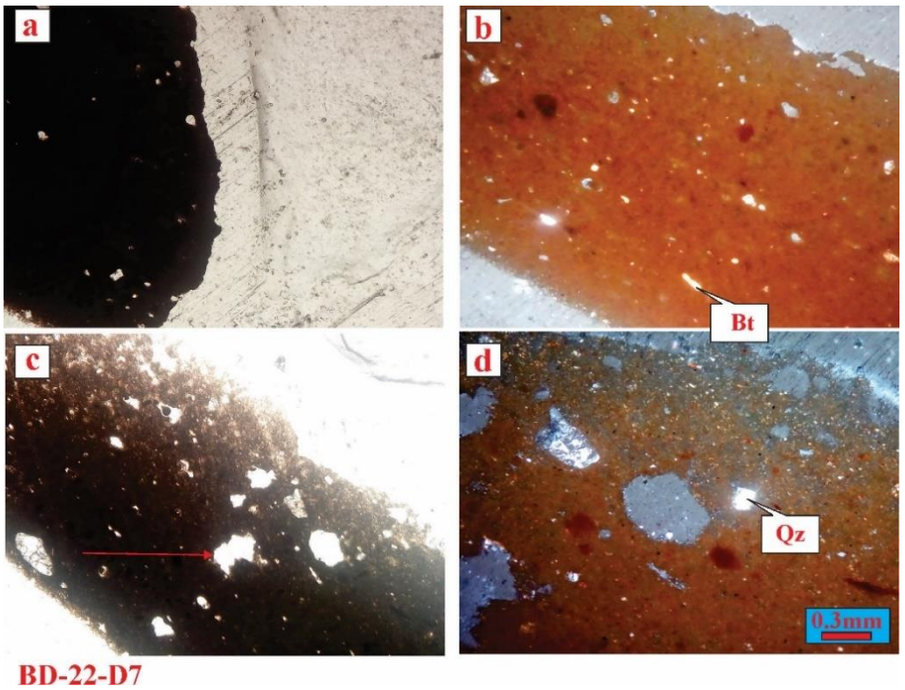
شکل ۸: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شماره BD-17-n17، a. تصویری از کانی پلاژیوکلاز. b. نمایی از کانی‌های اوپک یا فلزی. c. وجود حفرات نمونه (جهت فلش) و آغشتگی اکسید آهن با رس زمینه. d. تصویری از کانی کوارتز (Qz).

Fig; 8: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-17-n17 a. An image of the Plagioclase mineral. b. A view of Opaque or Metal minerals. c. The presence of sample holes (arrow direction) and Iron Oxide contamination with ground clay. .d a picture of a Quartz mineral (Qz)



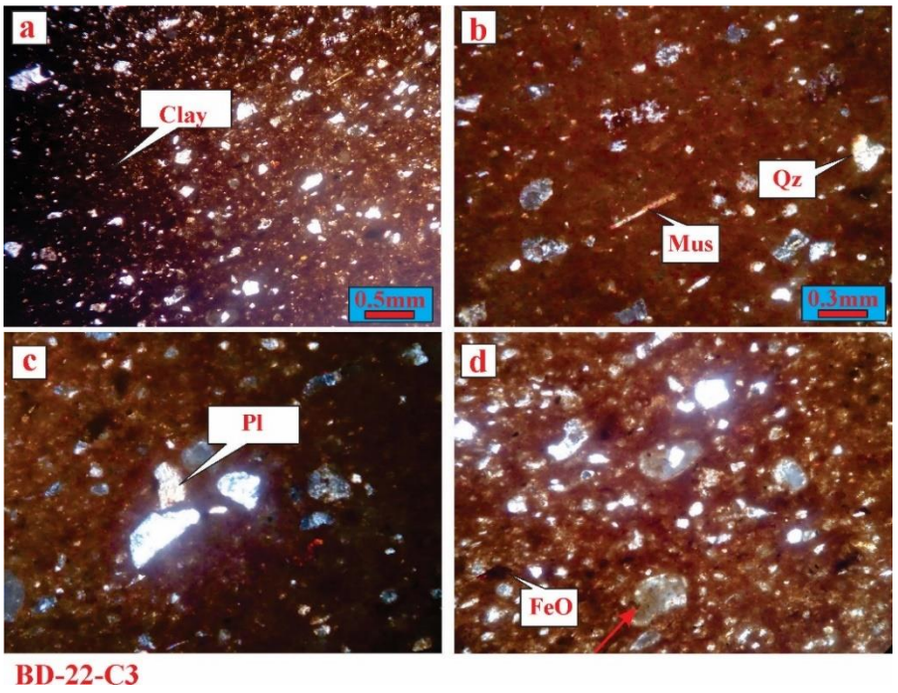
شکل ۹: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شماره BD-22-i1، a. تصویری از مرز بین دو بخش رسی قرمزرنگ و وجود کانی‌های پلاژیوکلاز– مسکویت. b. نمایی از اکسید آهن . c. تصویری از کانی پلاژیوکلاز. d . نمایی از قطعه چرت و کانی کوارتز.

Fig; 9: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-22-i1 a. image of the border between two parts of red clay and the presence of minerals Plagioclase-Muscovite. b. A view of Iron Oxide. c. An image of the Plagioclase mineral. d. A view of a piece of Chert and Quartz mineral



شکل ۱۰: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شماره BD-22-d7، a. تصویری از نمونه سفال در نور PPl. b. نمایی از کانی بیوتیت. c. تصویری از تخلخل نمونه. d. نمایی از کانی کوارتز.

Fig; 10: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-22-d7 a. image of a pottery sample in PPl light. b. A view of Biotite mineral. c. image of the porosity of the sample. d. A view of the Quartz mine



شکل ۱۱: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه‌سفال شماره BD-22-c3، a. تصویری از کانی‌های رسی b. نمایی از کانی مسکویت و کوارتز. c. تصویری از کانی پلاژیوکلاز و اکسید آهن. d . وجود تخلخل در نمونه فوق و اکسید آهن.

Fig; 11: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-22-c3 a. An image of Clay minerals
b. A view of Muscovite and Quartz mineral. c. image of Plagioclase mineral and Iron Oxide. d. The presence of porosity in the above sample and Iron oxide

بررسی نتایج حاصل از مطالعات مقاطع نازک تهیه‌شده از بدنهٔ سفال‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقهٔ برج افغان سیستان در زابل متعلق به سده‌های ۵-۴ هجری قمری، هماهنگی به‌نسبت خوبی با نتایج به‌دست‌آمده از پراش‌سنجی نمونه‌ها، داشته و این یافته را مبنی بر مشابهت ساختار و ترکیب کانی شناختی آن‌ها را قوت می‌بخشد.

نتایج به‌دست‌آمده در این بخش، گویای آن است که مهم‌ترین کانی‌هایی که در ساختار نمونه‌ها در بررسی مقاطع نازک بدنهٔ سفالینه‌ها قابل مشاهده است، کانی‌های سلیکاتی و فلدسپاتی است که جزو کانی‌های متداولی است که در ترکیب خاک‌های رسی مشاهده می‌شود. وجود ماتریکس رسی روشن متمایل به قرمز حاکی از پخت بدنهٔ سفالینه‌ها در شرایط اکسیداسیون است [28].

کوارتز (Quartz) یکی از کانی‌های اصلی است که در تمامی مقاطع نازک تهیه‌شده از نمونه‌های سفال مورد مطالعه مشاهده شده است. این کانی که به شکل بلورهای تیز و زاویه‌دار مشاهده می‌شود، پراکندگی و اندازهٔ ذرات آن در تمام بافت بدنهٔ نمونه‌ها، تقریباً یکسان است. وجود دانه‌های کوارتز به این شکل، در بدنهٔ سفال حاکی از آن است که احتمالاً از ماسهٔ سیلیسی خُردشده یا شن خرد و الک‌شده [29]، در بدنهٔ این سفال‌ها به‌عنوان پرکننده استفاده شده است؛ علاوه‌بر این امکان دارد که وجود این ذرات کوارتز، محصول هوازدگی و خُردشدن سنگ مادر مولد خاک مورد استفاده در ساخت بدنهٔ سفالینه‌ها باشد [21]. ازسوی دیگر، بررسی مقاطع نمونه‌های سفال نشان داد که در تمامی آن‌ها، پرکنندهٔ به‌کاررفته در زمینهٔ رسی، معدنی است و شواهدی از پُرکننده‌های آلی در ساختار آن‌ها و بدنهٔ سفالینه‌ها در مشاهدات ماکروسکوپی آن‌ها نیز دیده نمی‌شود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که غالب پُرکنندهٔ مورد استفاده در بدنهٔ این سفال‌ها، ذرات کوارتز بوده است که پرکننده‌های زمینهٔ رسی در بیشتر نمونه‌ها را تشکیل می‌دهد.

به‌کارگیری ذرات کوارتز ریزدانه و گوشه‌دار همراه با کانی‌های رسی در ترکیب با آب برای تهیهٔ گل سفالگری

و سپس ورزدادن این توده گل به‌مدت طولانی، موجب ایجاد بافتی متراکم، منسجم و همگن در بدنهٔ سفالینه‌ها شده است [30] که نتیجهٔ آن پیوستگی بیشتر اجزای بافت تشکیل‌دهندهٔ بدنهٔ سفالینه‌ها به یکدیگر است (اشکال ۱۱-۶). با وجود این، وجود مقادیر زیاد سیلیس در ترکیب بدنهٔ سفالینه‌ها، همیشه این عیب را نیز دارد که هرچند موجب سخت‌شدن بدنهٔ سفال می‌گردد، میزان شکل‌پذیری و انعطاف گل تهیه‌شده را نیز تا حد زیادی کم می‌کند [31].

بررسی رنگ و بافت مقاطع تهیه‌شده از سفالینه‌های گلابه‌ای مورد مطالعه در این پژوهش، حاکی از آن بود که اتمسفر کوره در هنگام پخت بدنه در بیشتر نمونه‌ها اتمسفری اکسیدی بوده، به‌همین خاطر است که تغییرات رنگی که در مقطع نازک سفالینه‌ها مشاهده می‌گردد، از قرمز روشن تا قرمز تیره است. البته چون برای پخت این سفال‌های اسلامی از کوره‌های سنتی استفاده می‌شده که با سوخت‌های طبیعی، همچون هیزم کار می‌کرده است، کنترل دما و شرایط اتمسفر کوره، در هنگام پخت کار بسیار سخت و مشکلی بوده و گاهی اوقات تغییر اتفاقی و غیرقابل کنترل در محیط کوره در برخی موارد، به دودزدگی بافت سفال در اثر بازشدن ناگهانی دریچه‌های هوای کوره منجر می‌شده است.

در بیشتر مقاطع نازک نمونه‌های سفال به‌جز دو نمونه BD-22-i1 و BD-22-d7 ذرات فلزی اکسید آهن به‌صورت ذرات قرمز رنگی به‌میزان ۱۲-۱۰ درصد در سطح مقاطع مشاهده می‌شود که به‌نظر می‌رسد که به‌صورت یک کانی ثانویه در درجه حرارت بالا در محیط اکسیداسیون در هنگام پخت این سفالینه‌ها در کوره تولید شده است و یا به‌صورت ذرات هماتیت در خاک رس وجود داشته است [22,23]. البته نتایج حاصل از پراش‌سنجی بدنهٔ نمونه‌ها نیز حضور بارز فاز هماتیت در آن‌ها را تأیید نموده است. در واقع، می‌توان گفت که با توجه به نتایج پراش‌سنجی و مقاطع نازک مطالعه‌شده با میکروسکوپ پلاریزان، کانی هماتیت به‌رنگ قهوه‌ای-قرمز در زمینهٔ رسی در نمونه‌های سفال مورد مطالعه شناسایی شده که شرایط پخت و واکنش‌های اکسیداسیون عامل اصلی در ایجاد آن بوده است. وجود ذرات پراکندهٔ اکسید آهن در داخل تصاویر مقاطع، حاکی از وجود بارز این ماده در ترکیب خاک محیط پیرامون یا منشاء سفال بوده و از داخل خاک رس مورد استفاده، برای سفالگری طی فرایند پخت آزاد شده و به‌صورت هماتیت شناسایی می‌گردد [32,33].

از دیگر کانی‌های مهمی که در مقاطع نازک بیشتر نمونه‌ها مشاهده شد، پلاژیوکلاز است (اشکال ۶، ۸، ۹ و ۱۱). پلاژیوکلازها در سیستم تری‌کلینیک متبلور و در ۸۰۰ درجهٔ سانتیگراد تغییر شکل می‌یابند [34].

کانی‌های گروه میکا مانند مسکویت و بیوتیت که در تمامی نمونه‌های به‌جز BD-17-n17 مشاهده می‌شود (اَشکال ۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱)، می‌توانند در سنگ‌های رسی برحسب شرایط تشکیل وجود داشته باشند. آهن موجود در میکاها سبب تیره‌رنگ‌شدن رس‌ها هنگام پخت می‌گردد. ازسوی دیگر، میکا به دلیل داشتن قلیا در ترکیب شیمیایی خود به‌عنوان گدازآور نیز عمل کرده و باعث پایین‌آمدن دمای پخت بدنهٔ سفالینه‌ها می‌شود [20]. حضور بیوتیت در ساختار نمونه‌ها، خود موجب آزادنمودن آهن در داخل بافت سفال شده و رنگ خمیرهٔ سفال را قرمز رنگ می‌نماید. بررسی ذرات بیوتیت در مقاطع با بزرگنمایی بالا، نشان‌دهندهٔ پیوستگی و انسجام بافت زمینه و ذرات بیوتیت است که احتمالاً به دلیل واکنش حاشیهٔ ذرات با بافت بدنه است (شکل ۷ و ۱۰) [31].

با توجه به مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک نمونه‌های سفال، به‌نظر می‌رسد که خاک مورد استفاده در تهیهٔ این سفالینه‌ها احتمالاً خاک رس غنی از آهن، همچون خاک‌های رس قرمز بوده که موجب شده است در طول پخت سفالینه‌ها در کوره و به‌واسطهٔ اتمسفر اکسیداسیون، در ساختار سفالینه‌ها طبق نتایج آنالیز پراش‌سنجی، شاهد حضور کانی‌های فریک، از قبیل هماتیت باشیم که موجب می‌شوند که رنگ بدنه و خمیرهٔ این آثار سفالی نارنجی، قرمز یا قهوه‌ای شود [35]، ضمن اینکه در مقاطع نازک بیشتر نمونه‌ها نیز حضور اکسید آهن به‌صورت کانی ثانویه بارز است (اَشکال ۸، ۹ و ۱۱).

کارکرد اصلی و مهم کانی‌های فیلوسیلیکاتی، نظیر مسکوویت و بیوتیت، در بدنهٔ آثار سفالی، با توجه به

پلاستیسیتهٔ کم آن‌ها، همراهی این فازها با کانی‌های رسی موجود در بدنهٔ سفال و ممانعت از انقباض بیش از حد بدنه در هنگام خشک‌شدن آن‌هاست [32]. با توجه به شباهتی که میان ساختار کانی‌های مسکوویت و بیوتیت با کانی‌های رسی وجود دارد، این کانی‌ها به‌آسانی در ترکیب بدنهٔ سفال‌ها، جای گرفته و سپس با آزادکردن سیلیکا و آلومینا از دمای ۸۵۰ درجهٔ سانتیگراد در هنگام پخت سفال در کوره به جوانه‌زنی محصولات جدید و فرآیند شیشه‌ای‌شدن بدنهٔ سفالینه‌ها کمک شایانی می‌نمایند [32].

در مقاطع پتروگرافی بررسی‌شده، همچون نتایج پراش‌سنجی، هیچ کانیِ دمای بالایی به‌چشم نمی‌خورَد و بیشتر کانی‌های شناسایی‌شده در دمای پایین و متوسط پایدارند. بررسی بافت نمونه‌ها در مقاطع میکروسکوپی آن‌ها، حاکی از غلبهٔ ماتریس رسی ریزدانه در بدنهٔ سفالینه‌هاست که از ویژگی‌های مهم خاک‌های رسی ثانویه، همچون خاک‌های رس سرخ‌رنگ است که علاوه‌بر وجود ناخالصی‌های مختلف به دلیل حرکت از محل تشکیل به محل رسوب در گذر زمان، دارای ساختار ریزدانه‌ای گشته‌اند. وجود قطعات چرت در ساختار نمونه‌ها (شکل ۹) و درصد بالای کوارتز که هم در الگوی پراش‌سنجی تمامی نمونه‌ها و هم در مقاطع پتروگرافی مشاهده می‌شود، احتمال استفاده از پُرکننده‌های شن و ماسه برای کاهش میزان انقباض گل سفالگری در هنگام خشک‌شدن و جلوگیری از ترک‌خوردن بدنهٔ سفالینه‌ها را افزایش می‌دهد، ضمن آنکه حضور کوارتز موجب افزایش سختی و دوام و استحکام بدنهٔ سفالینه‌ها نیز شده است.

۵-٤. آنالیز ترکیب عنصری بدنهٔ سفالینه‌ها به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیهٔ پرتوی ایکس پراکنده‌شده (SEM-EDS)

به‌منظور تکمیل داده‌های پژوهش و آنالیز کیفی و کمی ترکیب شیمیایی بدنهٔ سفالینه‌ها با توجه به محدودیت شدید نمونه‌برداری و منحصربه‌فردبودن قطعات این سفال‌های تاریخی و همچنین کوچک‌بودن آن‌ها، امکان استفاده از روش فلورسانس پرتوی ایکس (XRF)، برای آنالیز عنصری نمونه‌ها ممکن نبود. بنابراین، برای این منظور از سه قطعه از نمونه‌های مورد مطالعه به مقدار بسیار اندکی نمونه‌برداری شد و سپس به روش میکروسکوپ الکترونی مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده‌شده (SEM-EDS) به روش آنالیز سطحی، نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج حاصل از آن به شرح زیر در شکل ۱۲ و جدول ۵ آمده است.

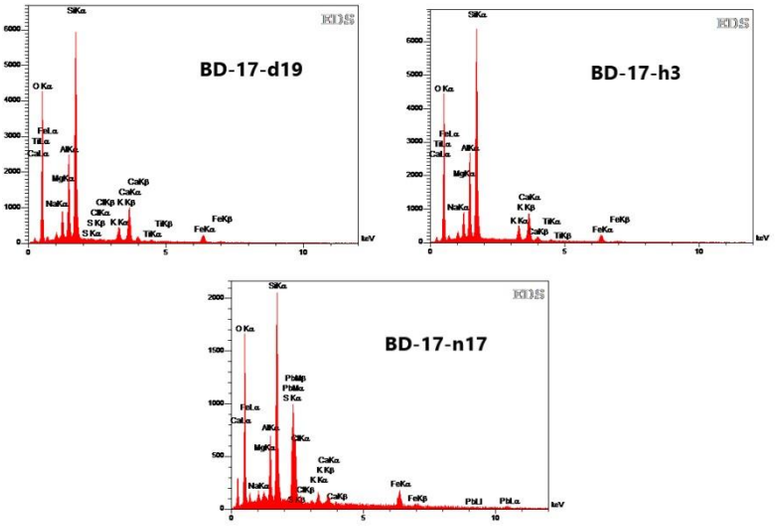
جدول ۵: نتایج آنالیز عنصری بدنهٔ نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به روش EDS

Table 5: The results of the elemental analysis of the body of Slip-painted pottery samples using the EDS method

O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Pb	W% / No
52.37	0.85	2.85	7.52	19.95	0.29	0.19	2.70	7.24	0.45	5.58	-	BD-17-d19
52.69	0.88	2.57	7.98	20.95	-	-	2.67	6.46	0.28	5.52	-	BD-17-h3
35.02	0.93	0.67	3.47	10.53	0.21	026	1.22	1.15	-	5.86	4.69	BD-17-n17

نتایج حاصل از آنالیز عنصری بدنهٔ سفال‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقهٔ برج افغان سیستان، نشان داد که ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه نیز همچون ترکیب کانی‌شناختی بدنه آن‌ها، از نظر نوع عناصر و درصد آن‌ها، شباهت بسیاری به یکدیگر دارد و این نتایج در پیوند با بررسی و شناسایی ساختار بدنه این سفالینه‌ها و فازهای موجود در آن، هماهنگی به‌نسبت خوبی با نتایج به‌دست‌آمده از بررسی فازی سفالینه‌ها داشت و مؤید و تکمیل‌کنندهٔ آن‌ها بود. البته در این میان، ترکیب شیمیایی نمونه سفال BD-17-n17، تفاوت‌های آشکاری به لحاظ درصد عناصر با دو نمونه مشابه دیگر (BD-17-d19، BD-17-h3) از خود نشان داده است، همان‌طور که در

جدول ۵ مشاهده می‌شود، میزان عناصری همچون: Mg، Al، Si، K، Ca و Pb در این نمونه، نسبت‌به دو نمونهٔ دیگر کاهش قابل توجهی از خود نشان داده است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که علت این امر کوچکی قطعه BD-17-n17 (اشکال ۳ و ۴) و مشکل نمونه‌برداری از بخشی از بدنه در نزدیکی سطح سفال و لعاب سربی آن بوده که موجب شده است نتایج در این نمونه در میزان عناصر، نسبت‌به دو نمونهٔ دیگر، کاهشی را از خود نشان دهد. در واقع، به همین خاطر است که در این نمونه، شاهد حضور چشمگیر سرب نیز هستیم که در سایر نمونه‌ها اثری از آن نیست.



شکل ۱۲: دیاگرام EDS آنالیز عنصری ترکیب شیمیایی بدنهٔ نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش

Fig; 12: EDS diagram of the elemental analysis of the chemical composition of the body of Slip-painted pottery samples

٦. نتیجه‌گیری

بررسی و مطالعهٔ ساختاری بدنهٔ سفال‌های گلابه‌ای منقوش به‌دست‌آمده از حوزهٔ برج افغان سیستان به روش‌های مختلف ازجمله پراش پرتوی ایکس، پتروگرافی و تکمیل داده‌های پژوهش از طریق آنالیز عنصری بدنهٔ نمونه‌ها به روش EDS حاکی از آن است که تمامی نمونه‌ها از نظر ساختار و ترکیب کانی‌شناختی تقریباً مشابه یکدیگر بوده و احتمالاً از یک منطقه و محوطهٔ باستانی دیگر متعلق به دورهٔ اسلامی به منطقهٔ سیستان وارد شده است. در واقع، به دلیل استفاده از خاک رس مشابه در تهیه گل سفالگری به‌کاررفته در ساخت بدنهٔ این سفالینه‌ها، ساختار کانی‌شناختی و ترکیب عنصری بدنهٔ آن‌ها، مشابه هم است. ازسوی دیگر، عدم وجود فازهای کانی‌شناختی دمای بالا و حضور برخی از فازهای ویژه، همچون کلسیت نشان می‌دهد که سفالگران دوران اسلامی برای پخت این سفالینه‌ها از دمای متوسطی درحدود ۸۵۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد استفاده نموده‌اند. البته در این میان، استفاده از ترکیبات گدازآور دارای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ترکیب خاک مورد استفاده در ساخت این سفال‌ها موجب شده است که دمای پخت سفالینه‌ها تا حد زیادی کاهش یابد. وجود کانی‌های غنی از آهن، همچون هماتیت در الگوی پراش بدنهٔ نمونه‌ها که شواهد آن در مقاطع پتروگرافی سفالینه‌ها نیز دیده شد و همچنین، حضور بارز کاتیون آهن III در نتایج آنالیز عنصری نمونه‌ها که نزدیک به ۶ درصد وزنی است، همه نشان از آن دارد که احتمالاً در تهیهٔ گل سفالگری این آثار سفالی دوران اسلامی از خاک‌های رس سرخ‌رنگ استفاده شده که موجب گشته است با پخت بدنهٔ سفالینه‌ها در دمای متوسطی در حدود ۹۰۰–۸۵۰ درجهٔ سانتیگراد با شرایط اکسیداسیون، رنگ بدنه و خمیرهٔ این سفالینه‌ها قرمز روشن شود. با توجه به میزان و تعداد بسیار کم این دسته از قطعات و گونه سفال در مقایسه با حجم زیاد سایر انواع

سفالینه‌های دوران اسلامی که از این منطقه به‌دست آمده است و عدم همخوانی ترکیب کانی‌شناختی و ترکیب عناصر بدنهٔ این سفال‌ها با ساختار و ترکیب شیمیایی خاک منطقه دشت سیستان، به‌نظر می‌رسد که احتمالاً این نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش، سفالی وارداتی است که از منطقهٔ دیگری به‌عنوان کالای تجاری به منطقهٔ سیستان وارد شده است. البته اطمینان کامل از این موضوع و منشاءشناسی دقیق این سفالینه‌ها، به بررسی و مطالعات بیشتری نیازمند است که لازمهٔ آن کشف نمونه‌های بیشتری از این گونه سفال در مطالعات و کاوش‌های باستان‌شناختی این محوطه در آینده و مطالعهٔ آزمایشگاهی آن‌ها است.

سپاسگزاری

در انجام این پژوهش و نگارش این مقاله از حمایت‌های دانشگاه زابل در قالب پژوهانه با کد UOZ- GR-7987 استفاده شده است که بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از همکاری مدیر اسبق ادارهٔ کل میراث فرهنگی شهرستان زابل، جناب آقای مهندس کیخا آریا، تشکر و قدردانی نمایند. علاوه‌بر این، بدین‌وسیله از کمک و یاری همکار ارجمند و گرامی، جناب آقای مهندس رضا خنجری، سپاسگزاری می‌گردد.

References

[1] Nouri N, Salehi Kakhki A. Documentation of Polychrome Slip-painted Potteries with White Background (Case study: Mostazafan Foundation Museum of Tehran), J Negarineh Islamic Art, 2019; 6(17):4-22. [in Persian].

[نوری، نجمه و صالحی کاخکی، احمد. مستندنگاری سفال‌های گلابه‌ای منقوش رنگارنگ روی زمینه سفید (نمونه موردی موزهٔ بنیاد مستضعفان تهران)، دو فصلنامه نگارینه هنر اسلامی: ۱۳۹۸، ۶ (۱۷): ۲۲-۴.]

[2] Statistical Yearbook of Sistan and Baluchistan Province. Zahedan : Sistan and Baluchistan Governorate Planning Deputy ; 2010. [in Persian].

[سالنامهٔ آماری استان سیستان و بلوچستان. زاهدان: معاونت برنامه‌ریزی استانداری سیستان و بلوچستان؛ ۱۳۹۰.]

[3] Seyyed Sajjadi SM. The Natural Environment and Historical monuments in the Sistan plain. J Geographical Researches. 2000;15(1):146-86. [in Persian].

[سیدسجادی، سید منصور. محیط طبیعی و آثار باستانی دشت سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی: ۱۳۷۹، ۱۵ (۱و۲): ۱۴۶-۱۸۶.]

[4] Nahouki A. The role of Britain in shaping the southeastern borders of Iran. J Historical Researches. 2020 ; (25):179-96. [in Persian].

[ناهوکی، نصرت خاتون علوی. نقش انگلیس در شکل‌گیری مرزهای جنوب‌شرقی ایران (با تأکید بر خط مرزی گلد اسمیت و کلنل هلدیچ)، مجلهٔ پژوهش‌های تاریخی ایران و اسلام: ۱۳۹۸، ۱۳ (۲۵): ۱۹۶-۱۷۹.]

[5] Saeedeyon, G Bavar, S. The Role of England in Separation a Part of Baluchistan from Iran, J Moskuya. 2011; 6(17) :19-36. [in Persian].

[سعیدیان، غلامحسین و باور، ساره. نقش انگلیس در جدایی قسمتی از بلوچستان از ایران، فصلنامه مسکویه: ۱۳۹۰، ۶ (۱۷): ۳۶-۱۹.]

[6] Ebrahimzadeh Akbad, E. Landuse and Environmental Planning in Southeast of Iran. Tehran: Ettelaat Daily, 2010. [in Persian].

[ابراهیم‌زاده، عیسی. آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی محیطی در جنوب‌شرق ایران. تهران: نشر اطلاعات؛ ۱۳۸۹.]

[7] Mousavi haji. S.R. Zahedan-e kohne the abandoned city in sistan. Mashhad: Paazh publication, 2009. [in Persian].

[موسوی حاجی، رسول. زاهدان کهنه‌شهری خفته در سیستان، مشهد: نشر پاژ؛ ۱۳۸۸.]

[8] Mousavi haji. S.R, Mehrafarin. R. and Alaei Moghadam, J. Review the Environmental Characteristics of Historical City of Zahedan-e-Kohne. J Geography and Development. 2011: 79-96. [in Persian].

Requirements and Methods. Paper presented at: First Symposium on Materials Science and Conservation of cultural, historical, 2012 Feb 29, Tehran, Iran, Research Institute of Cultural Heritage, Handicraft and Tourism, 2012, p 505-524.[in Persian].

[نوغانی، سمیه و امامی، سیدمحمد امین. باستان‌سنجی سفال‌های تاریخی: ضرورت‌ها و روش‌ها، مقاله ارائه‌شده در: نخستین همایش علم مواد و حفاظت آثار فرهنگی – تاریخی ۱۳۹۰. پژوهشگاه مواد و انرژی ایران؛ ۱۰ اسفند ۱۳۹۰؛ ص. ۵۲۴-۵۰۵.]

[20] Paydar, H. The raw material used in the ceramics industry. Isfahan: Gazal publications, 2005. [in Persian].

[پایدار، حسین. مواد اولیهٔ مصرفی در صنایع سرامیک. اصفهان: نشر غزل؛ ۱۳۸۴.]

[21] Nourzehi Z, Ajorloo B, B Kasiri M, Ebrahimi G. The Archaeo-mineralogy of The Bronze Age Pottery shreds from Kul Tepe of Ajabshir, Eastern Lake Urmia Basin, Iran. Journal of Research on Archaeometry. 2017 Mar 10; 2(2):1-7.[in Persian].

[نورزهی، زینب؛ آجورلو، بهرام؛ باقرزاده کثیری، مسعود و ابراهیمی، قادر. باستان کانی‌شناسی سفالینه‌های عصر مفرغ کؤل تپهٔ عجب شیر، شرق دریاچهٔ ارومیه، دو فصلنامه پژوهه باستان‌سنجی: ۱۳۹۵، ۲ (۲): ۱۷-۱.]

[22] Klein M, Jesse F, Kasper HU, Gölden A. Chemical characterization of ancient pottery from sudan by x-ray fluorescence spectrometry (xrf), electron microprobe analyses (empa) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP–MS). Archaeometry. 2004 Aug; 46(3):339-56.

[23] Afsharinejad, H. The Structural Analysis of the Kura-Araxes Pottery shreds from Kohna Shahar, Chaldiran, West Azerbaijan, Iran. (Unpublished master's Thesis). Department of Archaeometry , Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Art University, 2015. [in Persian].

[افشاری‌نژاد حکیمه. باستان‌سنجی کانی‌شناختی سفال‌های دورهٔ مفرغ قدیم (سنت کورا–ارس) محوطهٔ کهنه‌شَهَر چالدران [منتشرنشده]. پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد

[موسوی حاجی، سید رسول؛ مهرآفرین، رضا و علایی مقدم، جواد. بررسی ویژگی‌های محیطی شهر تاریخی زاهدان کهنه، فصلنامه جغرافیا و توسعه: ۱۳۸۹، ۸ (۲۰): ۹۶-۷۹.]

[9] Tate, G. P. Seistan: A Memoir on the History, Topography, Ruins, and People of the Country, in Four Parts. Vol. 1. Superintendent government printing, 1910.

[10] Ataie M, Mosaviye Haji S, Koulabadi R. Slip-painted Pottery (Types, Widespread, Dating). Negareh Journal. 2012 Sep 22; 7(23):71-88. [in Persian].

[عطایی، مرتضی؛ موسوی حاجی، سید رسول؛ و کولابادی، راحله. سفال منقوش گلابه‌ای (انواع، گستردگی، تاریخ گذاری)، فصلنامهٔ نگره: ۱۳۹۱، ۷ (۲۳): ۸۸-۷۱.]

[11] Wilkinson CK. Nishapur: pottery of the early Islamic period. Metropolitan Museum of Art; 1973.

[12] Wilkinson CK. The glazed pottery of Nishapur and Samarkand. The Metropolitan Museum of Art Bulletin. 1961 Nov 1; 20(3):102-15.

[13] Watson, O. Ceramics from Islamic Lands-The Al-Sabah Collection, Kuwait National Museum. 2004.

[14] Fehervari, Geza. Ceramics of the Islamic Word in the Tareq Rajab Museum, IB Tauris & Co. Ltd. London, 2000.

[15] Bulliet RW. Pottery styles and social status in medieval Khurasan. InArchaeology, Annales and Ethnohistory 1992 (pp. 75-82). Cambridge: Cambridge University Press.

[16] Volov L. Plaited Kufic on Samanid epigraphic pottery. Ars Orientalis. 1966 Jan 1:107-33.

[17] Pancaroglu, Oya, Functions of Literary Epigraphy on Medieval Islamic Ceramics, http://islamicceramics.ashmolean.org/Samanids/oya-part-one.htm, Oxford: The Ashmolean Museum Website, accessed Sept. 5, 2001.

[18] Henshaw, Christina M. Early Islamic ceramics and glazes of Akhsiket, Uzbekistan." PhD diss., UCL (University College London), 2010.

[19] Noghani, S., Emami, S. M. A. Archaeometry of Historical potteries:

Jun; 154(1-4):143-58.

[30] Noghani S, Emami SM. Structural pattern of parthian clinky pottery: An Archaeometric Study. Journal of Archaeological Studies. 2012 Feb 20; 3(2):15-34. [in Persian].

[نوغانی، سمیه و امامی، سیدمحمدامین. ساختارشناسی سفال جلینکی متعلق به دوران پارتی بر اساس مطالعات آرکئومتریک (باستان سنجی)، مطالعات باستان‌شناسی (دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران)، ۱۳۹۰، ۳ (۴): ۳۴-۱۵.]

[31] Bater M, Saberniya M, Ahmadi H. Identification of Materials and Colorants in Decorative Mosaic Tiles of Musalla Historical Building in Mashhad. Journal of Research on Archaeometry. 2017 Jun 10; 3(1):29-46. [in Persian].

[باتر، مسعود؛ صابرنیا، ملیحه و احمدی، حسین. شناسایی مواد و رنگ‌های به‌کاررفته در تزیینات کاشیکاری معرق بنای تاریخی مصلای مشهد، دو فصلنامهٔ پژوههٔ باستان‌سنجی، ۱۳۹۶، ۳ (۱): ۴۶-۲۹.]

[32] [Cultrone G, Rodriguez-Navarro C, Sebastian E, Cazalla O, De La Torre MJ. Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. European Journal of Mineralogy. 2001 May 1;13(3):621-34.

[33] Maggetti, M, Schwab, H. Iron Age fine pottery from Châtillon-s-Glâne and the Heuneburg, J Archaeometry, 1982, 24(1): 21-36.

[34] Emami M, Trettin R. Mineralogical and chemical investigations on the ceramic technology in Čoġā Zanbil,(Iran, 1250 BC). Periodico di Mineralogia. 2012 Dec 3;81(3):359-77.

[35] Quinn PS. Ceramic petrography: the interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section. Ceramic Petrography. 2013:1-260.

باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز: دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، ۱۳۹۴.]

[24] Forghani, A. H. Mineralogy, Vol 1, Tehran: University Tehran press, 2003. [in Persian].

[فرقانی، عبدالحسین. کانی‌شناسی (جلد اول). تهران: نشر دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۱.]

[25] Hadiyan Dehkordi, M. Mineralogy and consideration of backing conditions of Chogha Zanbil historical bricks. Iranian Journal of Ceramic Science & Engineering, 2015; 4 (2): 33-46. [in Persian].

[هادیان دهکردی، منیژه. کانی‌شناسی و بررسی شرایط پخت آجرهای تاریخ چغازنبیل، فصلنامه علم و مهندسی سرامیک: ۱۳۹۴، ۴ (۲): ۴۶-۳۳.]

[26] Emami, S. M. A., Noghani, S. An Investi–gation of re- Carbonation Process and Formation of Secendary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method, J Maremat & Memari-e Iran, 2013, 3(5): 55- 67. [in Persian].

[نوغانی، سمیه و امامی، سیدمحمدامین. بررسی روند کربناتیزاسیون مجدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه در سفال‌های باستانی بر اساس مطالعات پتروگرافیک، فصلنامه مرمت و معماری ایران (مرمت آثار و بافت‌های تاریخی فرهنگی)، ۱۳۹۲، ۳ (۵): ۶۷-۵۵.]

[27] Noll, W., & Heimann, R. B. Ancient Old World Pottery, Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, 2016.

[28] Maggetti M, Neururer C, Ramseyer D. Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. Applied Clay Science. 2011 Sep 1; 53(3):500-8.

[29] Riederer J. Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics. Hyperfine Interactions. 2004