ournal of Research on Archaeometry, 2021; 7 (1): 81-101

Journal of Research on Archaeometry

DOI: 10.29252/jra.7.1.81 URL: https://jra-tabriziau.ir/

Original Paper

Lustre Production in Kerman; Typology and Elemental analysis of Lustrewares of Exhibition and Pottery Bank of Arg-e Bam

Neda Kameshki[1], Saeed Amirhajloo[2*], Davoud Agha-Aligol[3], Meisam Shahsavari[4], Leiyla Fazel[5]

[1]. M.A in Archaeology, the Employee of the Bam world heritage site, Bam, IRAN

[2]. Assistant Professor, Department of Archeology, Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN

[3]. Physics and Accelerators Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, IRAN

[4]. Assistant Professor, Department of Archaeology, University of Jiroft, IRAN

[5]. PhD student in Archaeology, Bu-Ali Sina University and the Employee of the Bam World Heritage Site, Bam, IRAN

Received: 19/04/2021 **Accepted: 21/08/2021**

Abstract

Significant evidence of the lustre has been discovered during the excavation and restoration of the historical Arg-e Bam. 24 samples of these lustres are kept in the pottery bank and Exhibition of the Arg Bam. There are the following questions about them: what are the characteristic features of the lustrewares in the pottery bank and exhibition of the Arg-e Bam? Where is the production center of these lustrewares based on laboratory results? What local pottery traditions have existed in the production of lustreware in Kerman? After classification and typology of the lustrewares, 10 pieces have been chosen as the samples to perform elemental analysis of the body and glaze by the micro-PIXE method. The results of the elemental analysis of the paste and glaze indicated that these samples are of local origin and their raw materials are supplied from mines in Bam, Jiroft, or Kerman and produced in the same area. Therefore, the variety that can be seen in the color, pattern, and paste of these lustrewares is not due to their production in several centers in Iran, but due to production in different periods from the early to the late Islamic centuries in several local workshops in Kerman, Jiroft, or Bam.

Keywords: Elemental analysis of pottery, Micro-PIXE, Arg-e Bam, Lustreware, Luster Glaze.

Introduction

The studies on the origin of lustre found in Jiroft and Qal'eh Dokhtar of Kerman shows that Kerman region was one of the centers of lustre production in the middle Islamic centuries. Significant samples of lustre ceramics and tiles have been obtained from Arg-e Bam, which were considered in this article. The purpose is to classify the lustrewares of pottery bank and exhibition of the Arg-e Bam in order to explain the stylistic and chronological features, the origin of lustrewares based on laboratory analysis, and to explain the characteristics of local products. The study of these samples clarifies the diversity and distribution of lustrewares in the Jiroft-Bam-Kerman zone.

*Corresponding Author: s.amirhajloo@modares.ac.ir

Materials and Methods

Arg-e Bam is located in the northeast of the modern city of Bam, in the southeast of Kerman province (Figure 1). Numerous archaeological data have been discovered in the archeological and restoration activities of Arg-e Bam, including pieces of lustrewares. Currently, 24 pieces of these lustres are kept in the Pottery Bank and the Exhibition of the Arg-e Bam (Figure 2).

These lustrewares includes plates, bowls, cups, and closed-mouth containers, and based on the paste, they include clay, stone-paste, and porcelain. Depending on the color of the lustre layer, there are different colors of pale gold, olive gold, reddish gold or jujube, and brownish gold in Arg-e Bam samples (Figure 3). Also, based on the pattern, the studied lustrewares are divided into the monumental and miniature style. Various linear and doted motifs, linear and radial branching from the center of the vessel, realistic plant shapes, Khitai flowers, arabesque and pseudo-arabesque forms, Toranj, inscriptions of Naskh and Ta'liq or pseudo-inscriptions, geometric patterns, Mongolian faces, birds such as ducks and animals such as horses can be seen on the lustrewares of Arg-e Bam (Figure 4). Most of them are belong to the early and middle Islamic centuries, and one sample belongs to the late Islamic centuries (probably Safavid) (Table 1).

In this study, a proton beam with an energy of 2.2 MeV with an intensity of about 50 pA was used for micro-PIXE analysis, which is produced by 3 MV Van de graaff accelerator at the Nuclear Science and Technology Research Institute of Iran in Tehran. The diameter of the proton beam in these experiments is set to less than 10 microns. The characteristic X-rays were detected using a Si (Li) detector at an angle of 135º relative to the incident proton beam direction with an energy resolution of 150 eV.

Results

The results of paste analysis by micro-PIXE method indicate the presence of Na2O, MgO, Al2O3, SiO2, P2O5, SO3, Cl, K2O, CaO, TiO2, Cr2O3, MnO, Fe2O3, SrO, PbO in the paste of lustrewares of Arg-e Bam (Table 2; Figures 6 to 8).

Also, based on the test results of the base glaze and lustre layer, in addition to sodium, magnesium, aluminum, silica, phosphorus, sulfur, chlorine, potassium, calcium, titanium, manganese, chromium, iron, strontium, and lead, there is also copper, zinc, cobalt, silver, and tin (Table 3).

Discussion

Micro-PIXE analysis of the samples indicates the presence of magnesium in the elemental composition of these lustrewares, as in the samples of Qal'eh Dokhtar in Kerman [10]. While the presence of magnesium in the lustre glazes in the samples of Kashan, Rey, Takht-e-Soliman, Gorgan, and Alamut has not been reported so far and the only exception is the lustrewares of the underground complex of Tappeh Ghaleh in Khomein [36]. But magnesium is less present in Khomein's lustrewares. As this element in Khomein samples, on average, 1.22% by weight of glaze and in Arg-e Bam samples, on average, 2.12%.

Based on geological studies, magnesium mineral has been identified in Kerman province, especially Ashin valley around Jiroft. The presence of magnesium in the body of the lustrewares of Qal'eh Dokhtar in Kerman indicates the dolomitic origin and extraction from metamorphic areas, and such a situation exists in the Kerman province [37]. Previous studies showed that Jiroft and Kerman region were producing centers of lustreware [6, 8, 9]. Lustre production in these regions in the neighborhood of Bam, is important in explaining the local production of lustrewares in Arg-e Bam.

Also, the comparison of the compounds in the paste and lustre layer in Arg-e Bam samples with other regions of Iran including Kashan, Susa, Gorgan, Takht-e Soleiman, and Reyy show many differences, while compared to Qal'eh Dokhtar samples, There is the most similarity (Tables 4 and 5). Elements such as phosphorus, sodium, and sulfur are present in the glaze of Arg-e Bam and Qal'eh Dokhtar in Kerman. While samples from other regions of Iran do not have these elements. Therefore, the difference between the raw materials of Arg-e Bam samples and Kashan, Reyy, and Takht-e-Soliman samples can indicate a different production formulation.

Also, the local characteristics of the lustrewares of Arg-e Bam are:

A) Various colors of lustre glaze,
B) Various patterns; including monumental and miniature style,
C) Existence of abstract motifs, realistic and khitai plants, arabesque and pseudo-arabesque, Toranj, animal and human, geometric, inscriptions of Naskh and Ta'liq or pseudo-inscriptions, and combined motifs.

Conclusion

The results showed that the lustrewares of the Arg-e Bam have some magnesium and the presence of this element in the metamorphic region of Kerman, Jiroft, and Bam is definite. While in the lustrewares of Kashan, Reyy, Gorgan, and Takht-e-Soliman as important centers of lustre production, magnesium has not been reported. In addition, there are elements such as phosphorus, sodium, and sulfur in the glaze composition of Arg-e Bam and Qal'eh Dokhtar in Kerman. While samples from other regions of Iran do not have these elements. Therefore, it seems that the origin of the lustres of Arg-e Bam is different from the origin of the lustres of Kashan, Reyy, Takht-e-Soliman, and Gorgan. Probably the raw materials of Arg-e Bam samples were supplied from mines in Bam, Jiroft, or Kerman, especially Ashin Valley in Jiroft. Accordingly, the variety that can be seen in the color, pattern, and paste of the Arg-e Bam lustrewares have not been due to their production in several centers in different parts of Iran. Rather, it has been due to production in different periods from the early to the late Islamic centuries, in several local workshops in Kerman, Bam, and Jiroft.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهه باستان‌سنجی ۱۴۰۰؛ ۷(۱)؛ ۸۱-۱۰۱

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.29252/jra.7.1.81 URL: http://jra-tabriziau.ir/

مقاله پژوهشی

صنعت تولید سفال زرین‌فام در ناحیه کرمان؛ گونه‌شناسی و آنالیز عنصری سفال‌های زرین‌فام نمایشگاه و بانک سفال ارگ بم

ندا کمشکی[۱]، سعید امیرحاجلو[۲]*، داوود آقاعلی‌گل[۳]، میثم شهسواری[۴]، لیلا فاضل[۵]

۱. کارشناس‌ارشد باستان‌شناسی، پایگاه میراث جهانی بم، ایران

۲. استادیار گروه باستانشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. پژوهشگر پژوهشکده فیزیک و شتابگرها؛ گروه فیزیک تجربی و کاربردی؛ پژوهشگاه علوم و فنون هستهای، تهران، ایران

۴. استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

۵. دانشجوی دکتری باستان‌شناسی دانشگاه همدان و کارشناس‌ارشد پایگاه میراث جهانی بم، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰

چکیده

سفال زرین‌فام از جمله مواد فرهنگی فاخر دوران اسلامی بوده و تولید آن در ایران به دلیل پیچیدگی فناوری، در انحصار مراکز محدودی قرار داشته است. اما در بررسی‌ها و کاوش‌های باستان‌شناسی، توزیع این گونهٔ سفال در محوطه‌های زیادی گزارش شده است. در مطالعات مستمرِ باستان‌شناختی و حفاظتیِ ارگ بم نیز قطعاتی از سفال زرین‌فام کشف شده است که اکنون در بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم نگهداری می‌شود. مطالعهٔ این نمونه‌ها، تنوع و توزیع سفال زرین‌فام در ناحیهٔ کرمان را روشن می‌سازد. هدف از مقالهٔ حاضر، طبقه‌بندی زرین‌فام‌های بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم به منظور منشأیابی بر پایهٔ نتایج آزمایشگاهی و تبیین ویژگی‌های تولیدات محلی و وارداتی است. پرسشهای مطرح در این پژوهش، این است که سفال‌های زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم بر اساس ویژگی‌های ظاهری به چه گروه‌هایی تقسیم می‌شوند؟ منشأ و مرکز تولید این سفال‌ها بر اساس نتایج آزمایشگاهی کجا است؟ سنت‌های بومی و محلیِ تولید سفال زرین‌فام کرمان چیست؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، ابتدا طبقه‌بندی و گونه‌شناسی سفال‌ها صورت گرفته، سپس ۱۰ نمونه از آنها بر پایهٔ معیارهای سبک نقوش، تنوع رنگ لایه زرین‌فام و لعاب زمینه و نوع خمیره، برای آنالیز عنصری بدنه اصلی، لعاب زمینه و لایه زرین فام با استفاده از روش میکروپیکسی انتخاب شده است. در گام بعد، بر اساس نتایج یافته‌های میدانی، اسنادی و آزمایشگاهی، مطالعهٔ تحلیلی نمونه‌ها به انجام رسیده است. نتایج آنالیز عنصری بدنه و لعاب زمینه نشان میدهد که با توجه به مقادیر عناصر مختلف در نمونه‌های آزمایش شده، این نمونه‌ها منشأ محلی یا منطقه‌ای دارند و مواد اولیهٔ آنها از معادنی در بم، جیرفت یا کرمان تأمین شده و در همین ناحیه تولید شده‌اند. بنابراین، تنوعی که در رنگ، نقش و خمیرهٔ این زرین‌فام‌ها دیده می‌شود به دلیل ساخت آنها در چند مرکز در نقاط مختلف ایران نبوده، بلکه به دلیل تولید در دوره‌های مختلف از صدر اسلام تا سده‌های متأخر در کارگاهای محلی ناحیهٔ کرمان، بم یا جیرفت بوده است.

واژگان کلیدی: آنالیز عنصری سفال، میکروپیکسی، ارگ قدیم بم، سفال زرین‌فام، لعاب زرین‌فام

* نویسندهٔ مسئول مکاتبات: تهران، تقاطع بزرگراه چمران و جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه باستانشناسی

پست الکترونیکی: s.amirhajloo@modares.ac.ir

۱. مقدمه

تولید لعاب زرینفام بهاحتمالزیاد، مهمترین خدمت سفالگران اسلامی به رشد و پیشرفت صنعت سفالگری در جهان بوده است. جلوهٔ درخشان و براقِ لعاب زرینفام که به درخشندگی فلزات گرانبها شباهت دارد، سبب شده است این لعابِ فلزگونه در تهیهٔ ظروف سفالی مورد استفاده قرار گیرد [1]. با وجود این، دانش ایجاد لعاب زرین‌فام روی سفال و کاشی به دلیل پیچیدگی فناوری تولید، تنها در اختیار چند مرکز قرار داشته است. در پژوهش‌های پیشین، نمونه‌های سفال و کاشی زرین‌فام به دست آمده از کاشان، ری، گرگان، ساوه، سلطان‌آباد، تخت‌سلیمان و جیرفت معرفی و مطالعه شده‌اند [2–8]. اما شواهد قطعی تولید زرین‌فام تنها از مناطقی مانند کاشان [2]، گرگان [4] جیرفت [9]، قلعه دختر کرمان [10] و به صورت محدودتر از تخت سلیمان [8] شناسایی شده است .

در دهه‌های گذشته دربارهٔ تولید زرین‌فام در کرمان، اطلاعات کمی منتشر شده است، اما پژوهش‌های دو دههٔ اخیر دربارهٔ منشأ زرین‌فام‌های یافت شده در جیرفت و کرمان نشان می‌دهد که ناحیهٔ کرمان نیز یکی از مراکز تولید زرین‌فام در سده‌های میانی بوده است. تفاوت عمدهٔ تولیدات زرین‌فام جیرفت و کرمان با سایر نواحی ایران، در میزان عناصر موجود در خمیره و لعاب و همچنین، وجود منیزیم در ترکیبات این نمونه‌ها است. در حالی‌که در مطالعات آزمایشگاهی زرین‌فام‌های سایر مناطق ایران، عنصر منیزیم گزارش نشده است [10].

در فعالیت‌های باستان‌شناختی، مرمتی و حفاظتی پایگاه میراث جهانی بم در طول سال‌های گذشته نیز نمونه‌های قابل توجهی از سفال و کاشی زرین‌فام به دست آمده است و اکنون بخشی از این یافته‌ها در دو مجموعهٔ بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم نگهداری می‌شود. با توجه به نتایج پژوهش‌های اخیر مبنی بر تولید زرین‌فام در جیرفت و کرمان و در راستای تکمیل نتایج پژوهش‌های پیشین، در این مقاله تلاش شده است تا منشأ و مرکز تولید سفال‌های زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم نیز شناسایی شود و ویژگی‌های تولیدات محلی زرین‌فام در نواحی کرمان تبیین شود. بر این اساس، سه پرسش مطرح است: نخست، سفال‌های زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم بر اساس ویژگی‌های ظاهری به چه گروه‌هایی تقسیم می‌شوند؟ دوم، منشأ و مرکز تولید این سفال‌ها بر اساس نتایج آزمایشگاهی کجا است؟ سوم، سنت‌های بومی و محلیِ تولید سفال زرین‌فام کرمان چیست؟ بنابراین، هدف از مقالهٔ حاضر، طبقه‌بندی زرین‌فام‌های بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم به منظور تبیین ویژگی‌های سبکی و گاهنگاری، منشأیابی بر پایهٔ نتایج آزمایشگاهی و تبیین شاخصه‌های تولیدات محلی و وارداتی است. مطالعهٔ این نمونه‌ها، تنوع و توزیع سفال زرین‌فام را در ناحیهٔ کرمان نشان می‌دهد و وضعیت تولید این گونهٔ سفال فاخر را در مثلث جیرفت – بم – کرمان روشن می‌سازد .

۲. پیشینهٔ پژوهش

سفال‌ها و کاشی‌های زرینفام ایران، پیشتر در پژوهش‌های زیادی مورد توجه قرار گرفته است. اما دربارهٔ نمونه‌های سفال زرینفام ارگ بم و آنالیز عنصری بدنه و لعاب آنها تاکنون هیچ پژوهشی منتشر نشده است. مهم‌ترین مرجع علمی دربارهٔ مجموعه سفال‌های ارگ بم، گزارش منتشر نشدهٔ پنج جلدی است که اکنون در بایگانی پایگاه میراث جهانی بم نگهداری می‌شود. نرگس احمدی و همکارانش [11] در این گزارش، ۸۲۵ قطعه از گونه‌های متنوع سفال متعلق به ادوار مختلف را که حاصل آواربرداری ارگ بم بود، ثبت و مستندنگاری کردند و تنها بخش کوچکی از این گزارش، به معرفی نمونه‌های زرین‌فام اختصاص دارد.

با این همه، پژوهش‌های سفال و کاشی زرین‌فام در نواحی دیگر در استان کرمان را می‌توان به عنوان مبنایی برای مطالعات مقایسه‌ای مورد استفاده قرار داد و در تبیین تولیدات محلی یا وارداتی از آنها سود جست. حمیده چوبک [9] در مقاله‌ای با عنوان «سفالینه‌های دوران اسلامی شهر کهن جیرفت»

ویژگی فناوری سفال در این شهر را تبیین کرده است. او ویژگی‌های سفال شهر اسلامی جیرفت را بدین ترتیب برشمرده است: وجود گونه‌های شاخص سده‌های نخست تا هفتم هجری، تولید انبوه سفال، نمونه‌های قابل مقایسه با دیگر مراکز تمدنی همزمان در بیرون از ایران چون چین، هند، عمان و درون سرزمین مانند نیشابور، ری وکاشان. او به وجود دو گروه از سفال‌های زرین‌فام، یعنی نمونه‌های زرین‌فام اولیه و سده‌های میانی در شهر کهن جیرفت اشاره کرده است [9]. داوود آقاعلی‌گل و همکاران [12] در مقاله‌ای به مطالعهٔ منشأ تولید سفالینه‌های زرین‌فام ایرانی به روش آنالیز پیکسی پرداخته‌اند. ایشان چنین نتیجه گرفته‌اند که روش تجزیهٔ عنصری، روشی مناسب برای منشأیابی سفال‌های زرین‌فام است و بر اساس این مطالعات، می‌توان وجود چند مرکز تولید زرین‌فام را در ایران تأیید کرد. محمد محسنیان [6] زرین‌فام‌های سده‌های ششم و هفتم هجری به دست آمده از جیرفت را به روش‌های آزمایشگاهی مطالعه کرده و چنین نتیجه گرفته است که نمونه‌های زرین‌فام حاصل از کاوش‌های باستان‌شناسی در شهر اسلامی جیرفت، منشأ محلی دارند و در خود همین شهر تولید شده‌اند.

سعید امیرحاجلو و همکاران [10] تعدادی از کاشی‌های زرین‌فام قلعه دختر شهر کرمان را مطالعه کرده‌اند. ایشان ضمن معرفی و طبقه‌بندی کاشی‌ها، به تبیین شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها با نمونه‌های سایر مناطق ایران بر پایه نقوش، کتیبه‌ها و اشعار روی کاشی‌ها پرداخته‌اند. همچنین بر پایهٔ نتایج آزمایشگاهی و میکروسکوپی بیان داشته‌اند که مواد اولیهٔ تولید زرین‌فام در قلعه‌دختر کرمان، از منابع و معادن اطراف کرمان به ویژه درّه آشین در نزدیکی جیرفت تأمین می‌شده است و بر این‌اساس، کاشی‌های زرین‌فام قلعه دختر را تولید محلی دانسته‌اند. به اعتقاد آنها، بهاحتمالزیاد، هنرمندان جیرفت پس از رویدادهای سیاسی اواخر سدهٔ ششم و افول جیرفت در سدهٔ هفتم هجری، به کرمان مهاجرت کرده و به تولید زرینفام ادامه دادهاند [10].

افزون بر اینها، دربارهٔ لعابهای زمینه و لایه های زرین فام روی سفال و کاشی‌های ایران، پژوهش‌های دیگری نیز به انجام رسیده است. برای نمونه، نتایج آنالیز عنصری لعابهای زمینه و لایه های زرین فام در تعدادی از زرین‌فام‌های به دست آمده از ری، نیشابور و کاشان قبلاً منتشر شده است [11–12]. بورگیا و همکارانش چنین نتیجه گرفته‌اند که درخشندگی سفال‌های زرین‌فام سده‌های میانی، ناشی از حضور نانوذرات نقره و مس در ماتریس شیشه‌ای لعاب است و در نمونه‌هایی که لایه زرین‌فام متمایل به قرمز است، نانوذرات مس غالب هستند. همچنین ایشان بیان داشته‌اند که در زرین‌فام‌های ایرانیِ سدهٔ چهارم هجری در مقایسه با زرین‌فام‌های سده هفتم هجری، اکسید سرب کمتری یافت می‌شود [11]. پرادل و همکارانش نیز چنین نتیجه گرفته‌اند که زرین‌فام‌های سده چهارم تا هفتم هجری از نظر تکنیک ساخت و ترکیبات، تفاوت‌ها و شباهت‌های قابل توجهی دارند. برای نمونه، تولیدات اولیه در عراق، ترکیباتی از مس و نقره را نشان می‌دهند اما میزان سرب در آنها کم است و درخشندگی کمتری نسبت به زرین‌فام‌های سده‌های بعدی دارند. در حالی‌که بعدها، لعاب یکدست‌تر و باکیفیت‌تر شد و استفاده از لعاب‌های سرب‌دار رواج بیشتر یافت. این دانش، با مهاجرت سفالگران از عراق به مصر، سوریه، ایران و جاهای دیگر (به ویژه اسپانیا) منتقل شد [12]. همچنین روحفر و نیستانی، نمونه‌هایی از زرینفام‌های شوش، ری، گرگان، تخت‌سلیمان و کاشان را به روش پیکسی آنالیز کردهاند و سپس ترکیبهای این زرین‌فام‌ها را با مواد بیان شده در رسالهٔ ابوالقاسم کاشانی تطبیق داده‌اند [7]. ایشان در نتیجهٔ پژوهش خود چنین بیان کرده‌اند که سیلیس با میانگین ۶۰ تا ۹۰ درصد، میزان قابل توجهی از خاک بدنهٔ این زرین‌فام‌ها را تشکیل می‌دهد که نشانگر استفاده از خاک کائولن یا چینی در ساخت آنها است. موضوعی که ابوالقاسم کاشانی نیز در رسالهٔ خود به آن اشاره و بدنهٔ زرین‌فام را ترکیبی از شکرسنگ (سیلیس)، شخار (خاکستر گیاه اشنان)، گل لوری (یا همان گل سرشوی) و آب معرفی کرده است. همچنین، آزمایش

لعاب نمونه‌ها نشان داده که بیشترین درصد عناصر لعاب از سیلیس، سرب و قلع تشکیل شده است. با وجود این، قلع و سرب در نمونه‌های سده‌های اولیه در شوش، کمتر از نمونه‌های سده‌های میانی در مناطق دیگر است. در این زرین‌فام‌ها، اکسیدهای سیلیس و سرب به عنوان شبکه‌ساز، اکسیدهای پتاسیم و کلسیم به عنوان اصلاح کنندگان لعاب (گدازآور) و اکسید آلومینیوم به عنوان کمک شبکه‌ساز به کار رفته است. در نهایت ایشان چنین نتیجه گرفته‌اند که اگرچه تفاوت میان زرین‌فام‌های مناطق مختلف ایران در سده‌های میانی کم است، با وجود این، برخی تفاوت‌ها در دستورالعمل و ترکیبهای زرین‌فام‌ها باید مبنایی برای طبقه‌بندی و منشأیابی آنها باشد و جایگزین شیوهٔ طبقه‌بندی بر اساس نقوش شود [7].

علاوه بر این، با استفاده از تحلیل آماریِ نتایج آنالیز عنصری ۴۳ نمونه از بدنه سفالهای زرینفامِ یافت شده از ری، الموت، مراغه، کاشان، تخت سلیمان و جیرفت، خاستگاه و محل تولید برخی سفالهای زرین فام ایران بررسی شده است [8]. آقاعلی‌گل و همکارانش در این بررسی، به این نتیجه رسیده‌اند که برخلاف پژوهشگران پیشین که همه این نمونه‌ها را بر اساس نوع نقوش و رنگ لعاب به کاشان نسبت داده‌اند، نتایج آنالیز بدنه زرین‌فام‌ها نشانگر سه گروه متمایز است. بر این اساس، نمونه‌های کاشان و ری در یک گروه مشابه قرار می‌گیرند. این نمونه‌ها دارای میزان بالاتری از اکسید پتاسیم نسبت به نمونه‌های دیگر هستند. زرین‌فام‌های جیرفت یک گروه دیگر را تشکیل می‌دهد. میزان اکسیدآهن در نمونه‌های جیرفت کمتر از نمونه‌های دیگر است. گروه سوم، نمونه‌های مراغه و تخت سلیمان است که حاوی Cr_2O_3 و Cu_2O هستند. نمونه‌های الموت مربوط به یک گروه واحد نیستند و به نظر می‌رسد از جاهای دیگر به الموت منتقل شده‌اند [8].

بنابراین، مقایسه و جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که میان زرین‌فام‌های سده‌های نخستین و سده‌های میانی اسلامی تفاوت‌هایی در میزان قلع و سرب وجود دارد، چنان‌که قلع و سرب در نمونه‌های صدراسلام کمتر از نمونه‌های سده‌های میانی اسلامی است. بر پایهٔ پژوهش‌های پیش‌گفته، میان ترکیبات زرین‌فام‌های منسوب به کاشان، ری، گرگان و تخت سلیمان تفاوت‌های کمی وجود دارد. با وجود این، بر پایهٔ همین تفاوت‌ها که بیشتر در دستورالعمل تولید زرین‌فام در این مراکز دیده می‌شود، می‌توان هر یک از این شهرها را به عنوان یک مرکز تولید زرین‌فام برشمرد. در دهه‌های گذشته، از نواحی کرمان به عنوان مرکز تولید زرین‌فام نام برده نشده است، اما در مطالعات جدیدتر بر پایهٔ آنالیزهای تجزیه عنصریِ زرین‌فام‌های جیرفت و قلعه‌دختر کرمان و همچنین بر اساس شواهد باستان‌شناسی از تولید زرین‌فام در جیرفت، تأکید شده که نواحی کرمان نیز یکی از مراکز تولید زرین‌فام محسوب میشده است و زرین‌فام‌های این ناحیه از نظر ترکیب عنصری، تفاوت‌های بسیاری با نمونه‌های کاشان، ری، گرگان و تخت‌سلیمان دارند و در گروه متمایزی از زرین‌فام‌های سده‌های میانی اسلامی قرار می‌گیرند .

۳. مواد و روش‌ها

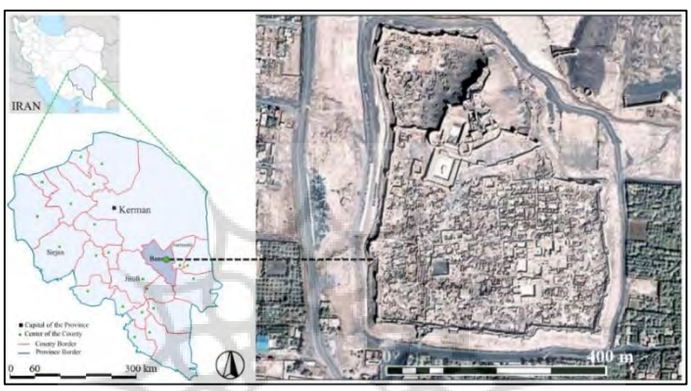
۳-۱. بستر باستان‌شناختی نمونه‌های مورد مطالعه

ارگ کهن بم، در شمال شرقی شهر امروزی بم و در جنوب شرق استان کرمان در میان زمین‌های حاصل‌خیز و نزدیک به رود شمالی (پشت‌رود) واقع است (شکل ۱). ارگ بم با ۲۰ هکتار وسعت، تا حدود ۲۰۰ سال پیش، محل سکونت مردم و شهر اصلی بم محسوب می‌شد اما با شکل‌گیری شهر جدید بم در خارج از حصار ارگ، ساکنان آن به تدریج در شهر جدید سکونت یافتند .

ارگ بم شامل دو قسمت است؛ بخش نخست، دژ حکومتی یا حاکم‌نشین است که روی تپه‌ای با بستر سنگی قرار دارد و مشتمل بر ساختمان سه طبقهٔ چهارفصل، خانه حاکم، زیرزمین‌هایی موسوم به زندان، چاه آب، حمام خانه حاکم، سربازخانه، برج و بارو، دروازه دوم و ساختمان معروف به آسیاب‌بادی است.

بخش دوم ارگ، مردم‌نشین یا عامه‌نشین است که پیرامون حاکم‌نشین و در ارتفاع پایین‌تری نسبت به آن قرار دارد و دورتادور آن را حصاری محکم و خندقی فرا گرفته است [15–16]. بخش عامه‌نشین ارگ بم شامل عناصر مختلف شهری مانند بازار، تکیه، مسجد جامع، مدرسه، زورخانه، حمام، اصطبل، کاروانسرا و منازل مسکونی است. به طور کلّی، بخش حاکم‌نشین و عامه‌نشین با باروی حصینی با ۴۸ برج بزرگ و کوچک محصور شده و تنها دروازهٔ هر دو بخش در میان باروی جنوبی مردم‌نشین جاسازی شده است [16].

فعالیت‌های باستان‌شناختی، مرمتی و حفاظتی در مجموعه حاکم‌نشین و عامه‌نشین ارگ بم، در سال‌های گذشته به صورت مستمر صورت پذیرفته و به کشف و شناسایی مواد فرهنگی ارزشمندی منجر شده است. داده‌های مورد مطالعه در این مقاله نیز بخشی از مواد فرهنگی یافت‌شده در این فعالیت‌ها هستند که روند تداوم حیات را از سده‌های نخست تا ادوار متأخر اسلامی نشان می‌دهند.



شکل ۱: نقشه شهرستان بم طبق آخرین تقسیمات در سال ۱۳۹۸ (www.amar.org.ir) و موقعیت مکانی بم در استان کرمان (Unesco.org)
Fig. 1: The map of Bam in Kerman Province and Iran (Unesco.org; www.amar.org.ir)

۳-۲. جامعهٔ آماری مورد مطالعه

تعداد ۲۴ قطعه سفال زرین‌فام در نمایشگاه و بانک سفالِ پایگاه میراث جهانی ارگ بم نگهداری می‌شود که در فعالیت‌های باستان‌شناختی، آواربرداری، حفاظت و مرمت ارگ بم به دست آمده‌اند (شکل ۲). در این مقاله، ابتدا به مطالعه، طبقه‌بندی و مستندنگاری مجموعهٔ قطعات سفال زرین‌فام در دو بخش نمایشگاه و بانک سفال پایگاه ارگ بم پرداخته شده است. سپس در بخش‌های بعد، نتایج مطالعات آزمایشگاهیِ قطعاتی ارائه شده است که از میان ۲۴ قطعه گزینش شده‌اند[1].

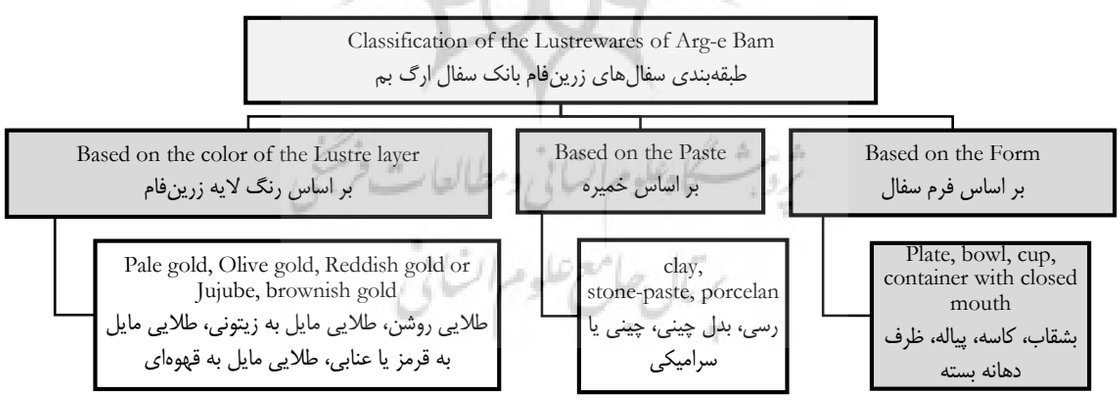
شکل ۲: مجموعه سفال‌های زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه ارگ قدیم بم
Fig. 2: The lustrewares in the pottery bank and exhibition of Arg-e Bam

۳-۳. معرفی و طبقه‌بندی سفال‌های زرین‌فام ارگ بم

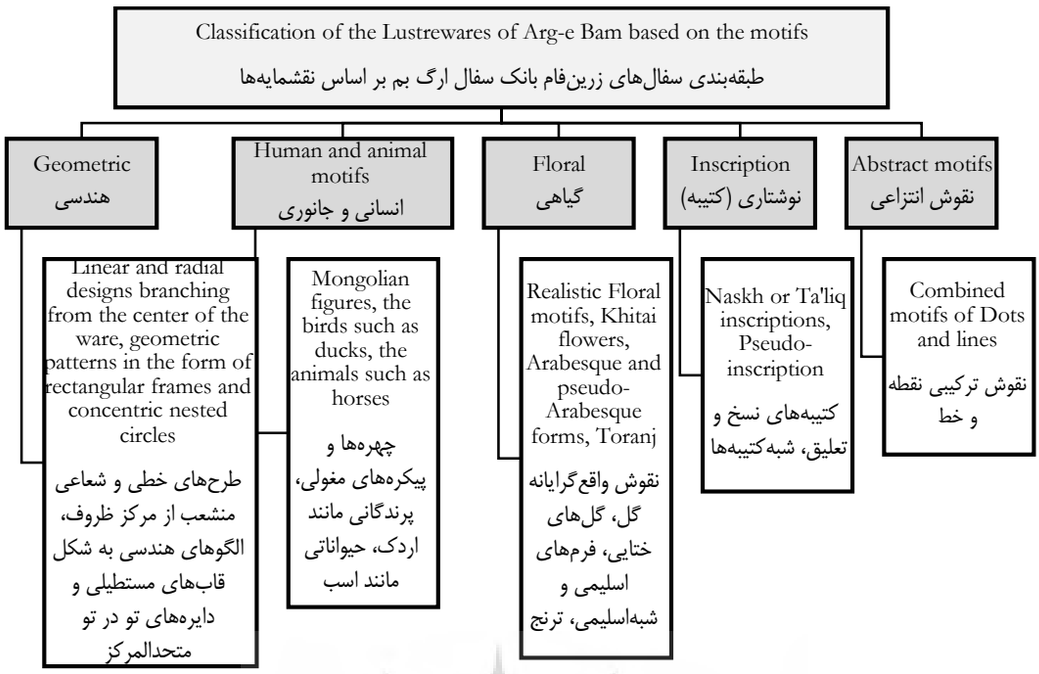
سفال‌های زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم در این پژوهش بر پایهٔ معیارهای فرم ظرف، نوع خمیره، رنگ لایه زرین‌فام و نقوش طبقه‌بندی شدند. همچنین طبقه‌بندی بر اساس نقش و تاریخ‌گذاری نسبی نیز به انجام رسیده است. این طبقه‌بندی در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر این اساس، فرم سفال‌های زرین‌فام موجود در بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم، شامل بشقاب، کاسه، پیاله و ظرف دهانه بسته است. این نمونه‌ها بر اساس خمیره نیز سه دستهٔ اصلی خمیره رسی، خمیره بدل چینی و چینی را شامل می‌شوند. بر اساس رنگ لایهٔ زرین فام، همهٔ انواع رنگ‌های رایج در لعاب‌های زرین‌فام ـ از روشن تا تیره ـ در نمونه‌های بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم وجود دارند؛ از جمله طلایی‌روشن، طلایی مایل به زیتونی، طلایی قرمز یا مایل به عنابی، طلایی مایل به قهوه‌ای یا خرمایی. بنابراین، یکی از ویژگی‌های اصلی این نمونه‌ها، تنوع رنگ لایهٔ زرین‌فام است.

سفال‌های مورد مطالعه، بر اساس نقش به درشت‌نقش و ریزنقش تقسیم‌بندی می‌شوند. نقوش متنوعی از جمله نقوش خطی و نقطه‌ای، نقوش خطی و شعاعی منشعب از مرکز ظرف، نقوش گیاهی رئالیستی، گل‌های ختایی، فرم‌های اسلیمی و شبه‌اسلیمی، ترنج‌ها، کتیبه‌های خط نسخ و تعلیق یا شبه‌کتیبه‌ها، نقوش هندسی به صورت قاب‌های مستطیل شکل و دوایر متحدالمرکز تو در تو، چهره‌های مغولی، نقوش پرندگانی مانند مرغابی و نقش حیواناتی مانند اسب بر سطح سفال‌های زرین‌فام ارگ بم دیده می‌شود.

نتایج مطالعهٔ ویژگی‌های ظاهری و فنی سفال‌ها و کاشی‌های زرین‌فام نمایشگاه و بانک سفال ارگ بم نشان داد که اغلب آن‌ها، نمونه‌های متنوعی از زرین‌فام‌های صدراسلام و سده‌های میانی اسلامی هستند و یک نمونه نیز به سده‌های متأخر اسلامی (به احتمال زیاد، صفوی) تعلق دارد (جدول ۱). این موضوع نشان‌دهندهٔ توالی دوره‌های مختلف در سفال‌های حاصل از ارگ قدیم بم است.



شکل ۳: طبقه‌بندی سفال‌های زرین‌فام در نمایشگاه و بانک سفال ارگ قدیم بم بر اساس فرم ظرف، نوع خمیره و رنگ لایه زرین‌فام
Fig. 3: Classification of the lustrewares of Arg-e Bam based on the form, paste, and color of lustre layer



شکل ۴: طبقه‌بندی سفال‌های زرین‌فام در نمایشگاه و بانک سفال ارگ قدیم بم بر اساس نقش
Fig. 4: Classification of the lustrewares of Arg-e Bam based on the motifs

جدول ۱: گاهنگاری مقایسه‌ای و نسبی سفال‌های زرین‌فام مورد مطالعه
Table 1: Relative chronology of the lustrewares of Arg-e Bam

	Code of the Sample شماره قطعه	Paste خمیره	Thickness (mm) ضخامت	Color of the Lustre glaze رنگ لایه زرین‌فام	Relative dating گاهنگاری نسبی	Reference منبع	Location of Excavation مکان کشف
1	021571	Stone-paste بدل چینی	3	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	6-7AH/ 12-13AD	[17-18]	Aeg-e Bam (Western Wall) برج ۴۶ حصار غربی ارگ بم[۲]
2	000524	Stone-paste بدل چینی	3	Brownish gold طلایی مایل به قهوه‌ای	6-7AH/ 12-13AD	[17, 19]	Aeg-e Bam (Western wall) ارگ بم (باروی غربی)
3	018128	Stone-paste بدل چینی	5	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	?	?	Aeg-e Bam (In front of the bakery) ارگ بم (مقابل نانوایی)
4	000825	Stone-paste بدل چینی	6	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	6-7AH/ 12-13AD	[19]	Aeg-e Bam (Northern wall) ارگ بم (باروی شمالی)
5	001367	Stone-paste بدل چینی	5	Reddish gold or Jujube طلایی مایل به قرمز یا عنابی	6-7AH/ 12-13AD	[17]	Aeg-e Bam (The ruler residence) ارگ بم (اقامتگاه حاکم)
6	004707	Stone-paste بدل چینی	4	Reddish gold or Jujube طلایی مایل به قرمز یا عنابی	6-7AH/ 12-13AD	[20]	Aeg-e Bam ارگ بم
7	003548	Stone-paste بدل چینی	6	Brownish gold طلایی مایل به قهوه‌ای	6-7AH/ 12-13AD	[21]	Aeg-e Bam (The old Bath) ارگ بم (حمام قدیم)
8	004253	Stone-paste بدل چینی	3	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	6-7AH/ 12-13AD	[2]	-
9	002724	Stone-paste بدل چینی	2	Brownish gold طلایی مایل به قهوه‌ای	?	?	-
10	017445	Porcelain بدل چینی	7	Pale gold طلایی روشن	Safavid	[1-2, 17]	Aeg-e Bam (People's residence, between 5th and 6th alleys) ارگ بم (محلات عامه‌نشین، میان معابر ۵ و ۶)
11	002024	Stone-paste بدل چینی	3	Brownish gold طلایی مایل به قهوه‌ای	6-7AH/ 12-13AD	[22]	Aeg-e Bam (the sondage between 8th and 9th towers) ارگ بم (گمانه بین برج‌های ۸ و ۹)
12	021638	Stone-paste	2	Brownish gold	6-7AH/ 12-	[21]	Aeg-e Bam (tower no.

		بدل چینی		طلایی مایل به قهوه‌ای	13AD		1) ارگ بم (برج ۱)
13	004070	Stone-paste بدل چینی	4	Pale gold طلایی روشن	6-7AH/ 12-13AD	[23]	Aeg-e Bam ارگ بم
14	001550	Stone-paste بدل چینی	5	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	6-7AH/ 12-13AD	[19]	-
15	007996	Clay رسی	3	Pale gold طلایی روشن	3-4AH/ 9-10AD	[3, 19, 23-25]	Aeg-e Bam (west of the Sistani house) ارگ بم (غرب خانه سیستانی)
16	2679	Clay رسی	3	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	3-4AH/ 9-10AD	[3, 19, 23-25]	Aeg-e Bam (North-west wall) ارگ بم (باروی شمال‌غربی)
17	003892	Clay رسی	5	Olive gold and Reddish gold طلایی مایل به زیتونی و قرمز	3-4AH/ 9-10AD	[26]	Aeg-e Bam (Western wall, Konari Mahhaleh) ارگ بم (باروی غربی، کُناری محله)
18	000651	Clay رسی	4	Pale gold طلایی روشن	3-4AH/ 9-10AD	?	Aeg-e Bam (Western wall) ارگ بم (باروی غربی)
19	018457	Stone-paste بدل چینی	3	Brownish gold طلایی مایل به قهوه‌ای	?	?	Aeg-e Bam (Mir Akbar) ارگ بم (میراکبر)
20	015201	Stone-paste بدل چینی	5	Brownish gold طلایی مایل به قهوه‌ای	6-7AH/ 12-13AD	[22]	Aeg-e Bam (North of tower no. 7) ارگ بم (شمال برج ۷)
21	016997	Stone-paste بدل چینی	4	Pale gold طلایی روشن	?	?	Aeg-e Bam (Tower 7, Sondage A) ارگ بم (برج ۷، گمانه A)
22	010172	Stone-paste بدل چینی	4	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	6-7AH/ 12-13AD	[17]	Aeg-e Bam (Mir house) ارگ بم (خانه میر)
23	009390	Stone-paste بدل چینی	3	Reddish gold or Jujube طلایی مایل به قرمز یا عنابی	5 AH/ 11 AD	[9]	Aeg-e Bam (North of Mir house) ارگ بم (شمال خانه میر)
24	013488	Stone-paste بدل چینی	4	Olive gold طلایی مایل به زیتونی	6-7AH/ 12-13AD	[27]	Aeg-e Bam (Stable) ارگ بم (اصطبل)

۳-٤. مطالعات آزمایشگاهی نمونه‌ها

آنالیز عنصری با روش Micro-PIXE، روشی دقیق برای اندازه‌گیری عناصر اصلی و کم‌مقدار در اشیاء تاریخی و فرهنگی است. حساسیت و سرعت بالا، چند عنصری و غیرمخرب بودن از مزایای اصلی روش پیکسی در مطالعهٔ اشیاء باستانی محسوب می‌شود. با استفاده از روش Micro-PIXE می‌توان نقشهٔ توزیع عناصر مختلف را در ترکیبات ناهمگن با دقت میکرونی مشخص کرد، زیرا با استفاده از باریکهٔ میکرونی پروتون می‌توان سطح نمونه را اسکن کرد و تصویری دو بعدی از عناصر موجود در نمونه به دست آورد. در این روش، نمونهٔ مورد بررسی تحت تابش پروتون قرار می‌گیرد. در اثر برخورد پروتون با الکترون‌های اتم‌های هدف، پرتو Xمشخصه‌ای گسیل می‌شود که انرژی پرتو X، نوع عنصر حاضر در نمونه و تعداد Xهای مشخصه با انرژی معین، غلظت عناصر در نمونه را مشخص می‌کند. بنابراین در این روش پرتو ایکس گسیل‌شده از اتمِ عناصرِ موجود در ترکیب مورد مطالعه، که در اثر برانگیختگی با پروتون ایجاد شده است، اندازه‌گیری می‌شود که با استفاده از آن می‌توان غلظت عناصر موجود در نمونه را مشخص کرد. آنالیز طیف‌های به دست آمده برای اندازه‌گیری ترکیبات عنصری به صورت کمّی با استفاده از نرم‌افزار «GUPIXWIN» انجام می‌شود که یک روش پارامتری برای آنالیز کمّی ارائه می‌کند و در همه آزمایشگاه‌ها به طور متداول برای آنالیز طیف‌های پیکسی استفاده می‌شود [14, 28–30]. در این پژوهش برای انجام آنالیز میکروپیکسی از باریکهٔ پروتون با انرژی MeV 2/2 و با شدتی در حدود pA50 استفاده شده است که توسط شتاب‌دهنده واندوگراف MV 3 آزمایشگاه واندوگراف پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای تولید می‌شود. قطر باریکهٔ پروتون در این آزمایش‌ها کمتر از۱۰ میکرون تنظیم شده است. برای آشکارسازی اشعهٔ X از آشکارساز Si(Li) استفاده شده است که در زاویهٔ ۱۳۵ درجه نسبت به پرتوهای پروتون فرودی قرار گرفته و دارای قدرت تفکیک eV150 است. همچنین برای اندازه‌گیری مقدار خطا و عدم

دقت در اندازه‌گیری درصد وزنی عناصر تشکیل‌دهندهٔ نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش، نمونه‌های استاندارد شیشهٔ موزهٔ کورنینگ نیویورک همزمان و تحت شرایط یکسان با نمونه‌ها، مورد آنالیز قرار گرفتند.

۳-۵. نمونه‌های انتخاب شده برای آنالیز

برای گزینش نمونه‌ها و انجام آزمایش میکروپیکسی، ابتدا همهٔ قطعات بر اساس ویژگی‌های ظاهری به گروه‌هایی تقسیم شدند و خوشه‌بندی آن‌ها بر اساس بیشترین میزان تجانس و همسانی در رنگ لعاب، نقش و خمیره صورت گرفت. سپس از هر خوشه یا گروه، یک یا دو قطعهٔ شاخص انتخاب شد. برای این منظور سعی شده است از میان نمونه‌های هر گروه، قطعاتی برای آنالیز انتخاب شود که تعداد رنگ‌های لعاب و نقوش آن‌ها بیشتر باشد تا بتوان نمونه‌ها و رنگ‌های بیشتری را مورد آزمایش قرار داد. بدین ترتیب، ۱۰ قطعه از میان ۲۴ قطعه برای انجام آزمایش انتخاب شدند. از نظر گاهنگاری، این ۱۰ قطعه به سه دورهٔ صدراسلام، سده‌های میانی و سده‌های متأخر تعلق دارند. از میان ۲۴ قطعهٔ زرین‌فام موجود در بانک سفال، تنها یک قطعه (کد ۰۱۷۴۴۵) مربوط به دوران متأخر اسلامی (به احتمال زیاد، عصر صفوی) است و این قطعه برای آنالیز انتخاب شده است. چهار قطعه از مجموع ۲۴ قطعه سفال زرین‌فام ارگ بم نیز مربوط به سده‌های نخستین اسلامی هستند که با توجه به معیارهایی که در بالا اشاره شد، یک قطعه (کد ۰۰۷۹۹۶) به عنوان نمونه برای آنالیز انتخاب شده‌اند. همچنین، ۱۹ قطعه از مجموع ۲۴ قطعه سفال ارگ بم مربوط به سده‌های میانی هستند. با توجه به اینکه بیشترین فراوانی زرین‌فام‌های بانک سفال، مربوط به سده‌های میانی است و مقاله نیز بر تولید زرین‌فام در سده‌های میانی تمرکز دارد (مانند تولیدات جیرفت و سایر نقاط کرمان)، از زرین‌فام‌های سده‌های میانی، نمونه‌های بیشتری گزینش شده است. بدین ترتیب، از میان ۱۹ قطعه زرین‌فام سده‌های میانی، تعداد هشت قطعه بر اساس معیارهای بیان شده در سطور پیشین، برای آنالیز انتخاب شده است.

برای کدگذاری قطعات، از همان شماره یا کدی استفاده شد که در بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم به آن‌ها اختصاص داده شده بود. بنابراین کد هر کدام قطعات آنالیزشده عبارت است از: ۰۰۹۳۹۰، ۰۱۷۴۴۵، ۰۰۴۷۰۷، ۰۰۰۸۲۵، ۰۰۱۵۵۰، ۰۰۷۹۹۶، ۰۰۳۵۴۸، ۰۰۱۳۶۷، ۰۱۸۴۵۷ و ۰۱۵۲۰۱. سپس عکاسی از نمونه‌ها صورت گرفت (شکل ۵) و ویژگی‌های عمومی آن‌ها در جدول مشخصات فنی سفال ثبت شد. لازم به ذکر است که از هر یک از نمونه‌ها، قطعه‌ای یک تا دو سانتی‌متری جداسازی شد.

شکل ۵: نمونه‌های انتخاب شده و محل جداسازی آن‌ها برای انجام آزمایش میکروپیکسی

Fig. 5: Selected samples and the cutted sections to Micro-PIXE analysis

٤. نتایج

٤-١. آزمایش خمیره بدنه

نتایج آزمایش خمیره بدنه نمونه‌ها به روش میکروپیکسی نشانگر وجود ترکیبات اکسید سدیم (Na2O)، اکسید منیزیم (MgO)، اکسید آلومینیوم (Al2O3)، اکسید سیلیسیم (SiO2)، اکسید فسفر (P2O5)، اکسید گوگرد (SO3)، کلر (Cl)، اکسید پتاسیم (K2O)، اکسید کلسیم (CaO)، اکسید تیتانیوم

(TiO_2)، اکسید کروم (Cr_2O_3)، اکسید منگنز (MnO)، اکسید آهن (Fe_2O_3)، اکسید استرانسیوم (SrO) و اکسید سرب (PbO) در خمیره بدنهٔ سفال‌های زرین‌فام ارگ بم است (جدول ۲؛ شکل‌های ۶ تا ۸).

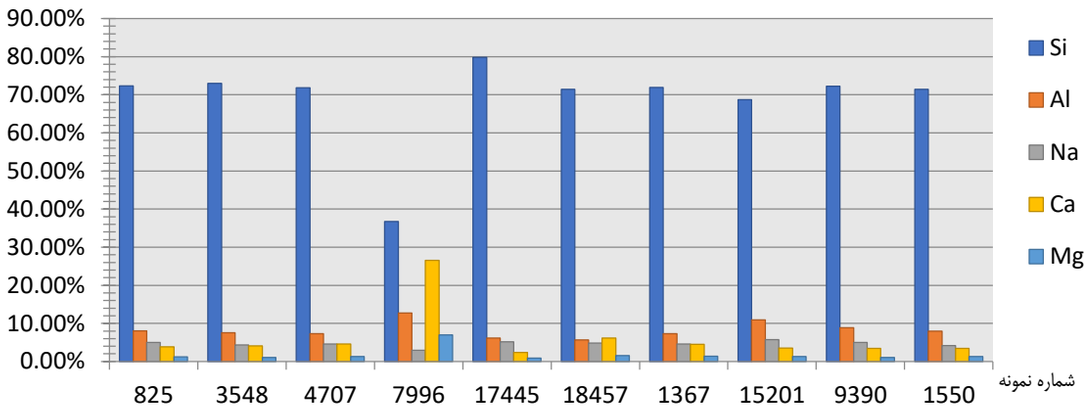
از نظر فراوانی و درصد وزنی، عناصر با بیش‌ترین درصد وزنی در بدنهٔ نمونه‌های آنالیز شده شامل، سیلیسیم (۴۵/۲۸ تا ۸۳/۰۸ درصد)، آلومینیوم (۶/۷۱ تا ۱۵/۵۱ درصد) و سدیم (۲/۸۸ تا ۵/۵۹ درصد) است. مقدار عناصر منیزیم بین ۰/۹۴ تا ۸/۰۲، کلسیم بین ۰/۹۱ تا ۱۸/۰۷، آهن بین ۰/۴۵ تا ۷/۷۳ و پتاسیم بین ۰/۷۰ تا ۲/۲۰ است. عموماً در مطالعات آزمایشگاهی نمونه‌های سفال، درصد بالای اکسید سیلیسم (سیلیس) نشان‌دهندهٔ رسوبی بودن محل تأمین مواد اولیهٔ سفال است [31]. زمین‌ریخت‌شناسی و ناهمواری قلمرو پژوهش یعنی منظر فرهنگی بم نیز نشان می‌دهد که بعد از پهنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی قدیمی، رسوبات و تشکیلات دوران چهارم آغاز می‌شود که در اصل همان تشکیلات دشت بم ـ نرماشیر است، ساختمان اصلی نواحی دشتی از آبرفت‌های جدید تشکیل شده است و دانه‌های آن‌ها کوچک‌تر و رنگشان روشن‌تر از آبرفت‌های قدیمی به نظر می‌رسد. حاشیهٔ دشت از عناصر درشت مانند قلوه‌سنگ، شن و ریگ با قابلیت نفوذپذیری زیاد و نواحی مرکزی از دانه‌های کوچک‌تر شن، ماسه و سیلت با قابلیت نفوذپذیری کم تشکیل یافته است [32].

مقایسهٔ درصد وزنی عناصر بدنهٔ سفال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که میان نمونه ۰۰۷۹۹۶ با سایر نمونه‌ها تفاوت وجود دارد. چنان‌که ۸/۰۲ درصد از ترکیبات بدنه سفال شماره ۰۰۷۹۹۶ را منیزیم، ۷/۷۳ درصد از آن را اکسید آهن و ۰/۱۳ درصد از آن را منگنز تشکیل می‌دهد که بسیار بیشتر از نمونه‌های دیگر است. همچنین درصد وزنی اکسید سیلیسیم در این نمونه نیز نسبت به نمونه‌های دیگر حدود ۲۰ درصد کمتر است و به حدود ۴۵ درصد می‌رسد. دلیل این امر، تعلّق این نمونه به سده‌های نخست اسلامی و قرارگیری آن در گونهٔ سفال‌های زرین‌فام اولیه است. همان‌گونه که پیشتر اشاره شد، ۴ قطعه از ۲۴ قطعه سفال مورد مطالعه، بر اساس ویژگی‌های سبکی و فنی، از نوع زرین‌فام‌های اولیه هستند و قطعهٔ شمارهٔ ۰۰۷۹۹۶ به عنوان نمونه شاخص از میان این چهار قطعه برای آنالیز انتخاب شده بود. سایر نمونه‌ها به سده‌های میانی و یک قطعه به سده‌های متأخر اسلامی تعلّق دارند و درصد ترکیبات عناصر در آن‌ها متفاوت است.

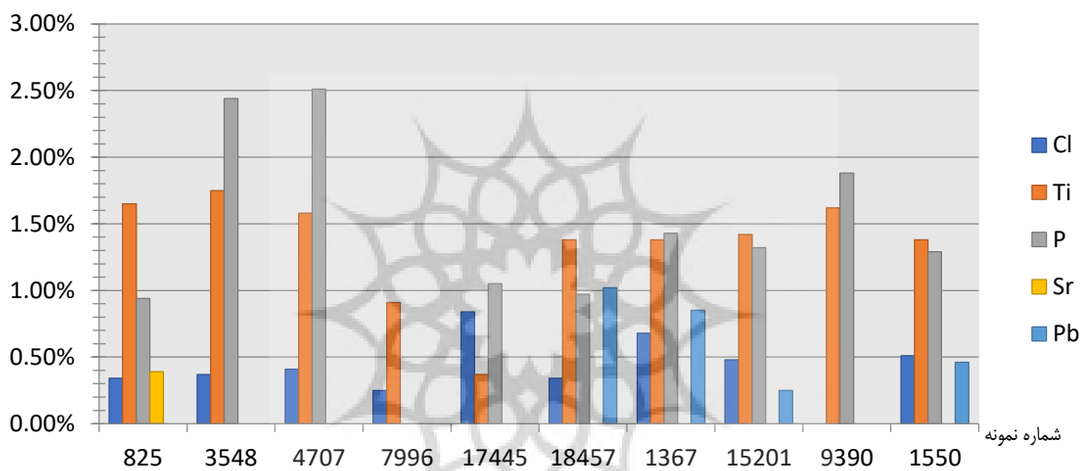
بنابراین، بر پایهٔ آنالیز عناصر موجود در ترکیبات بدنه یا خمیره سفال‌های زرین‌فام ارگ بم، تمام نمونه‌ها از نظر نوع و درصد عناصر بدنه یکسان هستند و تنها نمونهٔ ۰۰۷۹۹۶ از نظر ترکیبات عنصری کاملاً با بقیهٔ نمونه‌های آنالیز شده متفاوت است.

جدول ۲: نتایج آزمایش خمیره بدنه نمونه‌های مورد مطالعه با روش میکروپیکسی
Table 2: The analysis results of the paste of samples by Micro-PIXE

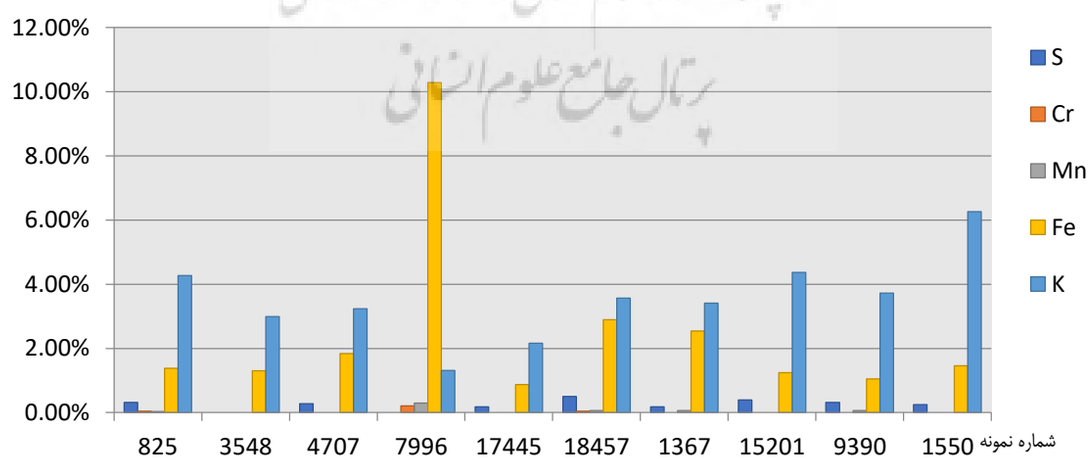
sample	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Sr	Pb
000825	4.96	1.18	8.05	72.31	0.94	0.32	0.34	4.27	3.89	1.65	0.04	0.03	1.38	0.39	nd
003543	4.33	1.02	7.54	73.02	2.44	nd	0.37	2.99	4.13	1.75	nd	nd	1.30	nd	nd
004707	4.61	1.29	7.28	71.86	2.51	0.28	0.41	3.23	4.63	1.58	nd	nd	1.84	nd	nd
007996	2.98	6.95	12.71	36.70	nd	nd	0.25	1.31	26.52	0.91	0.21	0.30	10.28	nd	nd
017445	5.20	0.91	6.17	79.78	1.05	0.18	0.84	2.16	2.41	0.37	nd	nd	0.87	nd	nd
018457	4.86	1.51	5.64	71.41	0.97	0.50	0.34	3.75	6.17	1.38	0.04	0.06	2.89	nd	1.02
001367	4.62	1.41	7.27	71.92	1.43	0.18	0.68	3.41	4.52	1.38	nd	0.06	2.54	nd	0.85
015201	5.78	1.34	10.91	68.71	1.32	0.39	0.48	4.37	3.54	1.42	nd	nd	1.24	nd	0.25
009390	4.99	1.02	8.90	72.26	1.88	0.32	nd	3.72	3.47	1.62	nd	0.06	1.05	nd	nd
001550	4.16	1.26	7.98	71.41	1.29	0.25	0.51	6.26	3.40	1.38	nd	nd	1.46	nd	0.46



شکل ۶: درصد فراوانی سیلیسیم، آلومینیوم، سدیم، کلسیم و منیزیم در خمیره بدنه نمونه‌های مورد مطالعه
(محور افقی: شماره نمونه‌ها ـ محور عمودی: درصد وزنی ترکیبات).
Fig. 6: The weight percentage (Wt.%) of SiO2, Al2O3, Na2O, CaO MgO in the paste of the samples



شکل ۷: درصد فراوانی کلر، تیتانیوم، فسفر، استرانسیوم و سرب در خمیره بدنه نمونه‌های مورد مطالعه
(محور افقی: شماره نمونه‌ها ـ محور عمودی: درصد وزنی ترکیبات).
Fig. 7: The weight percentage (Wt.%) Cl, TiO2, P2O5, SrO, PbO in the paste of the samples



شکل ۸: درصد فراوانی گوگرد، کروم، منگنز، آهن و پتاسیم در خمیره بدنه نمونه‌های مورد مطالعه
(محور افقی: شماره نمونه‌ها ـ محور عمودی: درصد وزنی ترکیبات).
Fig. 8: The weight percentage (Wt.%) of SO3, Cr2O3, MnO, Fe2O3, K2O in the paste of the samples

٤-٢. نتایج آنالیز لعاب زمینه و لایهٔ زرین‌فام

در این پژوهش، با جداسازی بخش‌هایی از هر نمونه در ابعاد یک تا دو سانتی‌متر، تلاش شد تا حد امکان تمام رنگ‌های لعاب زمینه و لایهٔ زرین‌فام در هر نمونه آنالیز شود. در جدول ترکیبات عنصری لعاب زمینه و لایهٔ زرین‌فام (جدول ۳)، علاوه بر عناصر سدیم، منیزیم، آلومینیوم، سیلیسیم، فسفر، گوگرد، کلر، پتاسیم، کلسیم، تیتانیوم، منگنز، کروم، آهن، استرانسیوم و سرب، عناصری دیگر مانند، مس، روی، کبالت، نقره و قلع نیز وجود دارد. برای بررسی بهتر و دقت در نتایج، آنالیزها از پشت و روی سفال‌ها و همچنین از لعاب زمینه و لایهٔ زرین‌فام انجام شده است و در جدول ۲ با نشان‌های B/ (back پشت سفال)، F/ (front روی سفال)، G / (glaze لعاب زمینه) و L / (luster لایه زرین‌فام) نام‌گذاری شده است. رنگ لعاب زمینه در هشت نمونه، سفید ـ کرم است و تنها در سه نمونه ۰۰۱۳۶۷(F-B) و ۰۱۵۲۰۱(B) و ۰۰۳۵۴۸ (F) لعاب زمینهٔ آبی نیز دیده می‌شود.

جدول ۳: نتایج آزمایش لعاب و لایه‌های زرین‌فام نمونه‌های مورد مطالعه با روش میکروپیکسی

Table 3: The results of the analysis of lustre and other glaze layers in the samples by Micro-PIXE

sample	Color	G/L	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Cr	Fe	Cu	Zn	Co	Ag	Sn	Pb	Sr
000825-B	Cream	G	7.42	2.51	4.64	58.19	1.44	0.34	0.97	5.74	12.10	0.64	0.10	0.04	2.14	0.06	0.07	nd	nd	0.91	2.18	0.21
000825-F	Cream	G	7.33	1.28	2.17	35.41	nd	nd	1.07	2.06	3.25	0.09	nd	nd	1.00	0.06	nd	nd	nd	10.46	35.15	nd
000825-F	Olive	L	3.24	1.46	2.25	37.02	nd	nd	0.79	3.11	3.42	0.07	0.03	nd	1.08	3.32	nd	nd	2.06	5.78	36.22	nd
003548-B	Cream	G	8.01	2.42	4.90	62.55	1.61	nd	0.54	4.13	8.53	0.72	0.08	nd	1.99	0.13	0.06	nd	nd	1.00	2.53	nd
003548-F	Cream	G	10.00	2.30	2.97	40.70	nd	nd	0.36	2.27	8.06	nd	nd	nd	1.65	nd	nd	nd	nd	11.40	18.31	nd
003548-F	Olive	L	5.03	2.10	2.81	42.24	0.47	nd	0.49	3.60	8.65	0.18	0.08	nd	1.61	2.20	nd	nd	1.57	11.75	17.00	nd
004707-B	Cream	G	6.16	1.47	2.43	55.60	1.05	nd	0.46	3.45	3.86	0.11	0.03	nd	1.05	0.08	nd	nd	nd	5.24	16.25	nd
004707-F	Cream	G	6.35	1.11	2.26	45.12	nd	nd	1.00	3.38	3.30	0.08	0.04	nd	0.96	0.20	nd	nd	nd	6.08	29.54	nd
004707-F	Red	L	5.75	0.98	2.10	44.83	nd	nd	0.66	3.01	3.22	nd	nd	nd	0.94	1.10	nd	nd	0.71	5.95	30.02	nd
007996-B	Front and back have same color and form, so we did not any analysis from back glaze.																					
007996-F	Cream	G	3.32	2.14	2.74	45.88	nd	nd	0.31	6.24	5.39	0.11	0.18	nd	0.73	0.11	nd	nd	nd	10.44	21.21	nd
007996-F	Olive	L	2.32	1.99	2.51	45.89	nd	nd	0.50	6.46	5.29	0.10	0.17	nd	0.71	0.16	nd	nd	2.96	10.03	20.77	nd
017445-B	Cream	G	4.42	1.43	2.81	73.14	0.84	0.19	2.02	4.83	7.52	0.19	0.08	0.14	1.56	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	nd
017445-F	Cream	G	11.85	2.69	2.83	65.29	1.37	0.44	0.47	3.06	7.87	0.26	nd	nd	1.20	0.42	nd	nd	nd	nd	nd	nd
017445-F	Light brown	L	11.31	2.96	2.66	62.64	1.06	0.30	0.43	2.83	7.17	0.17	0.05	nd	1.04	7.12	nd	nd	nd	nd	nd	nd
018457-B	Cream	G	4.01	2.01	8.65	51.83	0.97	0.85	1.79	6.19	8.94	0.98	0.07	0.04	3.33	0.17	0.10	nd	nd	1.46	8.18	nd
018457-F	Cream	G	6.49	1.69	2.58	39.37	nd	nd	0.90	2.36	6.42	0.10	nd	nd	0.98	0.32	nd	nd	nd	7.02	31.35	nd
018457-F	Light brown	L	4.48	1.39	2.51	38.31	nd	nd	0.74	2.44	6.59	0.08	0.03	nd	0.92	2.24	nd	nd	1.56	6.52	31.92	nd
001367-B	Cream	G	8.10	1.39	2.87	39.40	nd	nd	1.77	2.53	4.15	0.20	nd	nd	0.76	0.08	nd	nd	nd	7.45	30.72	nd
001367-F	Cream	G	5.71	1.42	1.82	42.58	nd	nd	0.69	4.43	3.77	0.06	0.03	0.04	0.70	0.14	nd	nd	nd	5.49	32.81	nd
001367-F	Brown	L	4.93	1.17	1.49	41.71	nd	nd	0.59	4.69	3.80	0.07	0.02	nd	0.70	0.52	nd	nd	0.90	5.51	33.59	nd
001367-F	Blue	G	5.39	1.57	2.27	42.76	nd	nd	0.79	4.71	4.70	0.08	0.06	nd	0.89	0.13	nd	0.09	nd	4.90	31.25	nd
015201-B	Blue	G	7.85	2.06	2.47	64.61	0.74	0.17	0.48	6.06	7.68	0.22	0.12	nd	3.98	0.37	nd	0.32	nd	nd	2.50	nd
015201-F	Cream	G	14.39	2.96	3.42	55.23	0.87	nd	1.47	4.62	7.11	0.14	0.04	0.06	1.67	0.04	nd	nd	nd	1.65	5.89	nd
015201-F	Brown	L	6.51	2.45	2.23	56.05	0.47	0.32	0.49	5.21	7.36	0.13	0.05	nd	1.66	6.55	nd	nd	3.17	nd	7.12	nd
009390-B	Without any glaze, so it did not analyzed.																					
009390-F	Cream	G	7.49	3.01	2.54	62.76	0.96	nd	0.59	5.85	6.48	0.13	nd	nd	2.32	0.87	nd	nd	nd	nd	5.55	nd
009390-F	Brown	L	5.96	2.74	2.14	60.45	nd	nd	0.54	5.78	6.64	nd	0.07	nd	2.36	4.22	nd	nd	1.68	1.46	5.40	nd
001550-B	Cream	-	5.85	2.04	6.69	45.90	0.41	0.21	1.20	4.98	7.64	0.59	0.07	0.03	1.55	0.27	0.03	nd	nd	5.85	16.39	0.17
001550-F	Cream	G	5.64	1.69	1.64	40.03	nd	nd	0.77	2.51	4.24	0.24	nd	nd	0.72	1.24	nd	nd	nd	10.16	30.28	nd
001550-F	Olive	L	4.79	1.93	1.93	39.69	nd	nd	0.77	2.39	4.09	0.18	0.03	nd	0.70	4.42	0.03	nd	0.53	9.42	28.82	nd
001550-F	Brown	L	5.54	2.01	2.08	40.99	nd	nd	0.72	2.56	4.35	0.17	0.05	nd	0.69	2.49	nd	nd	0.33	6.39	30.27	nd

L= Lustre Glaze; G= Ground Glaze; B= Back of Ceramic; F= Front of Ceramic; nd= not detected

نتایج آنالیز میکروپیکسی نشان می‌دهد بیشترین میزانِ عناصر تشکیل‌دهندهٔ لعاب زمینه و لایه‌های زرین‌فام شامل سیلیس، سرب، سدیم، آلومینیوم و قلع است. عنصر سیلیسیم مهم‌ترین ترکیب لعاب زمینه است. سیلیس یا کوارتز در واقع قسمت اصلی لعاب یا عامل سازندهٔ اصلی لعاب است و نقش اصلی شبکه‌سازی را بر عهده دارد. سیلیس ضریب انبساط کمی دارد و ماده‌ای سخت و بادوام است و کمتر تحت تأثیر

تغییرات شیمیایی قرار می‌گیرد و همین خاصیت آن را برای لعاب‌سازی مناسب کرده است. لعاب‌هایی که سیلیس بیشتری دارند نسبت به لعاب‌هایی که سیلیس کمتری دارند، مقاوم‌تر هستند. علاوه بر این سیلیس دمای ذوب بالایی دارد و از روان شدن مادهٔ مذاب جلوگیری می‌کند [21]. برای تهیهٔ سیلیس اغلب از شن، ماسه یا سنگ چخماق (رگه‌های کوارتز خالص) استفاده می‌شده است و مواد دیگری که به آن اضافه می‌شوند اصولاً برای پایین آوردن نقطهٔ ذوب سیلیس و ایجاد رنگ‌های دلخواه یا ایجاد ماتی و روشنی در لعاب است. مواد ذوب‌کننده یا گدازآور، گروه دیگری از مواد است که در تولید لعاب از آن‌ها استفاده می‌شود. این مواد سبب کاهش نقطهٔ ذوب سیلیس می‌شوند و غالباً شامل اکسید سدیم هستند که به صورت کربنات سدیم، سولفات سدیم، استات سدیم مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در برخی موارد هم از اکسید پتاسیم، اکسید سرب و اکسید باریم و یا ترکیب این مواد استفاده می‌شده است. منابع تأمین سودای مورد استفاده، خاکستر گیاهان رشد یافته در شوره‌زار و بیابان‌ها یا برخی از کانی‌های معدنی خالص بوده است. بنابراین عنصر سدیم در لعاب سفال‌های زرین‌فام ارگ بم نقش مهمی را ایفا کرده است. زیرا در این نمونه‌ها سدیم به عنوان یکی از مواد گدازآور در ترکیب لعاب زمینه نقش داشته و به عنوان کاهش‌دهندهٔ دمای ذوب استفاده می‌شده است [۳۸]. عناصر سرب و سیلیس به تنهایی لعاب مطلوبی را تشکیل می‌دهند. اکسید سرب به همراه سودا در این لعاب‌ها سبب کاهش نقطهٔ ذوب سیلیس شده است. همچنین، لعاب‌هایی که اکسید سرب دارند رنگ‌های شفاف و متنوعی را به وجود می‌آورند. ضریب انبساط سرب کم و با بیشتر سفال‌ها سازگار است. اکسید سرب باید در کوره‌هایی که داخل آن جریان هوا وجود دارد، حرارت داده شود. زیرا اگر با دود تماس داشته باشد، سیاه می‌شود و آن را در درجات بالا به کار نمی‌برند [21]. در لعاب سفال‌های زرین‌فام ارگ بم نیز سیلیس به عنوان عمده‌ترین مادهٔ اولیه مورد استفاده قرار گرفته است و مقدار آن بین ۴۸/۷۲ تا ۸۳/۸۹ است. ترکیب عنصری حاوی کلسیم، سرب، قلع و سیلیس در بسیاری از نقاط دیگر هم در لعاب‌ها قابل مشاهده است.

وجود همزمان سرب و قلع به میزان مناسب در بافت شیشه‌ای لعاب‌ها به عنوان شبکه‌ساز لعاب و ایجاد کنندهٔ ماتی مطرح می‌شود [33–35]. قلع به عنوان ماده‌ای مهم در ساختار شیمیایی لعاب‌ها و به عنوان یک اثر انگشت ژئوشیمیایی اهمیت دارد و کدرکننده و مات‌کننده نیز است. اما اکسید سرب و اکسید قلع سبب شفافیت می‌شوند و رنگ لعاب زرین‌فام را بهتر روی بدنهٔ سفالین بروز می‌دهند [37]. عنصر سرب و قلع، به طور مخلوط در سفال‌ها وجود دارد، اما مقدار سرب در سفال‌ها بیشتر است.

اکسید آلومینیوم نیز از عناصر مهم در لعاب سفال‌های زرین‌فام ارگ بم است. زیرا میزان غلظت لعاب در هنگام حرارت در کوره و ذوب شدن لعاب، اهمیت زیادی داشته و این غلظت و روانی لعاب با اضافه کردن اکسید آلومینیوم کنترل می‌شده است. اکسید آلومینیوم از متبلور شدن لعاب نیز جلوگیری می‌کند و بدون آن، لعاب موقع سرد شدن کدر می‌شود [21]. منبع تأمین اکسید آلومینیم، ناخالصی موجود در سیلیس یا استفاده از موادی مانند کائولین است.

مواد تثبیت‌کننده به منظور افزایش استحکام و جلوگیری از حل شدن لعاب در مواد مختلف مانند آب استفاده می‌شده است. کربنات کلسیم از رایج‌ترین مواد تثبیت‌کننده بوده است. منبع اصلی تأمین این ماده، خاکستر گیاهان یا کانی‌های معدنی خالص کربنات کلسیم بوده است. اغلب لعاب‌ها در نمونه‌های ارگ بم، اکسید کلسیم دارند و این عنصر، در لعاب‌ها به عنوان تثبیت‌کنندهٔ شبکه اصلی به کار می‌رود. وجود کلسیم در لعاب سبب ازدیاد دوام آن و همچنین موجب سفیدی و سختی لعاب می‌شود. ازدیاد مقدار اکسید کلسیم در لعاب سبب ایجاد ماتی در لعاب و زیر لعاب می‌شود. همچنین کلسیم به عنوان شبکه‌ساز نیز استفاده شده است [7].

اکسید منیزیم، هم در لایهٔ زرین‌فام و هم در ترکیب لعاب زمینه در همهٔ نمونه‌ها مشاهده می‌شود. این عنصر غالباً از طریق ناخالصی‌های موجود در گدازآور

که در این نمونه‌ها اکسید سدیم یا سودا است، وارد لعاب‌ها شده است. اکسید منگنز نیز در لعاب‌های دیرگداز به کار می‌رود و بر کیفیت رنگ اثر می‌گذارد. مخصوصاً با آبی کبالت، رنگ سرخ و بنفش به وجود می‌آورد. منگنز همراه با اکسید آهن رنگ قهوه‌ای را ایجاد می‌کند [21].

اکسید مس در لعاب‌های قلیایی، به عنوان مادهٔ رنگزا و عامل اصلی ایجاد رنگ آبی و فیروزه‌ای به کار می‌رود و در لعاب‌های سربی رنگ‌های مختلف سبز را تولید می‌کند [21]. اما در لعاب‌های زرین‌فام نیز وجود مس در کنار نقره، سبب ایجاد طیف‌های رنگی مختلفِ لایهٔ زرین‌فام می‌شود. دو طیف رنگی قرمز و قهوه‌ای در زرین‌فام، متناسب با مقدار اکسیدمس و نقره و میزان احیا شدن آن‌ها ایجاد می‌شود. تنوع رنگِ لایهٔ زرین‌فام در نمونه‌های ارگ بم نیز ناشی از مقادیر مختلف اکسیدمس و نقره است.

اکسید آهن نیز از دیگر عناصر موجود در ترکیبات لعاب سفال‌های زرین‌فام ارگ بم است. اکسید آهن در لعاب‌های سربی سبب ایجاد رنگ‌های زرد، قهوه‌ای و عنابی می‌شود. هر چه مقدار سرب در لعاب کمتر باشد، تأثیر اکسید آهن و ایجاد رنگ آن در لعاب کمتر است. هنگامی‌که اکسید آهن در لعاب‌های سربیِ دارای اکسید قلع وارد شود، رنگ خامه‌ای تولید می‌کند و در نقاطی چون لبه‌های ظرف که کمتر لعاب به خود می‌گیرند، رنگ قهوه‌ای خوش‌رنگی حاصل می‌شود. اکسید آهن در لعاب‌های قلیایی، رنگ‌های زرد، صورتی و قهوه‌ای را به وجود می‌آورد. وقتی اکسید آهن به لعاب‌های دارای اکسید روی افزوده شود، رنگ به دست آمده اغلب، کدر می‌شود. به طور کلی در لعاب‌های بدون اکسید روی، بهترین نتیجه با افزودن اکسید آهن حاصل می‌شود [21].

اکسید کبالت به عنوان مادهٔ پدید آورندهٔ رنگ آبی، تنها در لعاب سه نمونه ۰۰۱۳۶۷ با مقدار ۰/۰۷ درصد و ۰۱۵۲۰۱ با مقدار ۰/۱۸ درصد و ۰۰۹۳۹۰ با مقدار ۰/۰۲ درصد وجود دارد. اکسید کبالت در نمونهٔ سوم، به دلیل مقدار بسیار ناچیز، در رنگ لعاب هیچ تأثیری نگذاشته است.

پتاسیم جزو ترکیبات شیمیایی است که هم در ساختار لعاب‌ها به عنوان گدازآور و شبکه‌ساز نقش مهمی را ایفا می‌کند و هم در بدنه و لعاب سفال‌ها سبب ایجاد خصلت‌های مکانیکی و شیمیایی مناسبی می‌شود [۱۰]. عنصر پتاسیم در لعاب همهٔ نمونه‌های زرین‌فام ارگ بم وجود دارد و مقدار آن بین ۱/۲۱ تا ۳/۷۵ است و می‌تواند نقش گدازآور نیز داشته باشد.

موجودیت عناصر گوگرد، کلر و فسفر به دلیل ترکیب شیمیایی و ناخالصی‌های موجود در سیلیس و مادهٔ گدازآور است. سولفات‌ها بیشتر به صورت ترکیبات با منشأ شوره و یا آلاینده از محیط‌های باتلاقی و مرطوبی تولید می‌شوند که همجوار با منابع تولید گازهای فاضلابی و صنعتی هستند. همچنین ممکن است به واسطهٔ شسته شدن گچ در محیط کاوش ایجاد شوند. کلر در همهٔ نمونه‌ها به غیر از نمونهٔ ۰۰۳۵۴۸ وجود دارد. عنصر گوگرد و فسفر نیز تنها در برخی از نمونه‌ها مشاهده شد.

عمل اکسید استرانسیوم همانند اکسید کلسیم در لعاب‌سازی است، اما از آن فعال‌تر است. این عنصر فقط در یک نمونه (F)۰۰۹۳۹۰ با مقدار ۰/۱۷ وجود دارد. کرومیت، آهن، کروم و منیزیم دارد و از جمله کانی‌های دیرگداز است و سبب ایجاد رنگ سیاه در سفال می‌شود. مقدار کروم در برخی از نمونه‌ها در حدود ۰/۰۲ تا ۰/۲۲ درصد و بسیار کم است.

۵. بحث؛ منشأیابی سفال‌ها

بر پایهٔ ریخت‌شناسی و تنوع ظاهری در رنگ، نقش و خمیرهٔ سفال‌های زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم، پیش از انجام این پژوهش این گونه به نظر می‌رسید که به‌احتمال زیاد، این سفال‌ها در چند مرکز تولید شده‌اند و منشأ و محل تأمین مواد اولیه آن‌ها را باید در چند منطقه جستجو کرد. برای تأیید یا رد این فرضیه، آزمایش خمیره و لعاب نمونه‌ها به روش میکروپیکسی به انجام رسید تا با مشخص شدن میزان و درصد عناصر موجود در بدنه، بتوان دربارهٔ منشأ و محل تولید نمونه‌ها توضیح داد. مقایسهٔ نتایج آزمایش

میکروپیکسی با داده‌های پژوهش‌های پیشین دربارهٔ ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه و همچنین با ترکیبات عنصری سفال‌های زرین‌فام نواحی دیگر ایران، ابهامات موجود را در این‌باره زدود.

امیرحاجلو و همکاران در مطالعهٔ کاشی‌های زرین‌فام کاوش شده از قلعه‌دختر شهر کرمان و مقایسهٔ ترکیبات عنصری نمونه‌های کاشی قلعه‌دختر با نمونه‌های کاشان، ری، گرگان، تخت سلیمان، الموت و مراغه به این نتیجه رسیده‌اند که در لعاب کاشی‌های زرین‌فام قلعه‌دختر شهر کرمان، مقادیری از منیزیم وجود دارد [10]. آزمایش میکروپیکسی نمونه‌های نمایشگاه و بانک سفال ارگ بم نیز همانند نمونه‌های قلعه‌دختر شهر کرمان، نشان می‌دهد که منیزیم در ترکیب عنصری سفال‌ها وجود دارد. در حالی‌که در تمام مطالعاتی که در بخش پیشینهٔ پژوهش به آن‌ها اشاره شد، وجود منیزیم در ترکیب لعاب‌های زرین‌فام در نمونه‌های کاشان، ری، تخت‌سلیمان، گرگان و الموت گزارش نشده است و تنها یک استثناء در این زمینه وجود دارد که آن هم نمونه‌های زرین‌فام مجموعهٔ دست‌کند زیرزمینی تپه قلعهٔ خمین است [36]. با وجود این، مقایسهٔ میانگین منیزیم در لعاب زرین‌فام‌های ارگ بم با نمونه‌های تپه قلعهٔ خمین نشان می‌دهد که منیزیم در زرین‌فام‌های خمین به میزان کمتری وجود دارد و به طور میانگین، ۱/۲۲ درصد وزنی لعاب را تشکیل می‌دهد. در حالی‌که وجود منیزیم در لعاب زرین‌فام‌های ارگ بم بسیار شاخص‌تر است و به طور میانگین، ۲/۱۲ درصد از وزن لعاب را شامل می‌شود. اما در بدنهٔ اصلی و خمیره نمونه ۰۰۷۹۹۶، مقدار منیزیم بسیار بالاتر از دیگر نمونه‌ها است و این نمونه کاملاً از نظر منشأیابی با دیگر نمونه‌های آنالیز شده در این پژوهش متفاوت است. از طرفی منیزیم موجود در لعاب نمونه‌های آنالیز شده همان‌طور که در بخش قبل نیز اشاره شد، می‌تواند ناشی از ناخالصی موجود در مادهٔ گدازآور سودا باشد که در تهیهٔ این لعاب‌ها استفاده شده است. بنابراین به‌احتمال-زیاد، این لعاب‌ها از نظر ماده اولیه، با لعاب زرین‌فام‌های کاشان، ری و تخت‌سلیمان متفاوت هستند و می‌توانند نشان‌دهندهٔ محل ساخت متفاوتی باشند. به بیان دیگر، بر اساس آنالیزهای فوق، نمی‌توان زرین‌فام‌های بانک سفال ارگ بم را مشابه بسیاری از زرین‌فام‌های تولید کاشان، ری، تخت‌سلیمان یا گرگان دانست. بر اساس بررسی‌های زمین‌شناسی، کانی منیزیم در خاک نواحی کرمان شناسایی شده است. برای نمونه، درّه آشین در اطراف جیرفت از نظر غنای منیزیم در ترکیبات خاک مورد توجه است. وجود منیزیم در کاشی‌های زرین‌فام قلعه دختر شهر کرمان، به دلیل منشأ دولومیتی آن و بیانگر این است که معادن خاک مورد استفاده برای ساخت بدنه سفال از لحاظ زمین‌شناسی، منطقه‌ای متامورفیکی بوده است و چنین وضعیتی در نواحی کرمان و شهرهای پیرامون آن وجود دارد [37]. از سوی دیگر، اگر وجود منیزیم در زرین‌فام‌های تپه قلعهٔ خمین در نظر گرفته شود، فرض انتقال سفال‌های زرین‌فام ارگ بم از منطقه‌ای مانند خمین به بم، فرضی بعید است. زیرا مطالعات قبلی نشان داد که منطقهٔ جیرفت و کرمان، یکی از مراکز تولید زرین‌فام بوده است [6, 8-9] و هنگامی‌که در دو منطقهٔ جیرفت و کرمان در همسایگی بم، تولید زرین‌فام صورت می‌گرفته است، انتقال این مادهٔ فرهنگی از خمین به بم به دلیل بُعد مسافت منطقی نیست. این موضوع، در تبیین و توضیح بومی بودن تولید سفال‌های زرین‌فام ارگ بم ـ همانند کاشی‌های زرین‌فام قلعه دختر شهر کرمان و سفال‌های زرین‌فام جیرفت ـ اهمیت بسیاری دارد.

همچنین، مقایسهٔ نوع ترکیبات و میانگین درصد هر عنصر در خمیره و لایه زرین‌فام در لعاب سفال‌های ارگ بم با مناطق مختلف ایران از جمله کاشان، شوش، گرگان، تخت سلیمان و ری، وجود تفاوت‌های زیادی را نشان می‌دهد، در حالی‌که در مقایسه با نمونه‌های قلعه‌دختر شهر کرمان، کمترین میزان تفاوت و بیشترین همسانی‌ها وجود دارد (جداول ۴ و ۵). چنان‌که علاوه بر منیزیم که عنصر اختصاصی در نمونه‌های ارگ بم و قلعه دختر کرمان است و در نمونه‌های کاشان، شوش، ری، گرگان و تخت‌سلیمان دیده نمی‌شود، عناصر دیگری مانند

فسفر، سدیم و گوگرد در ترکیب لعاب نمونه‌های ارگ بم و قلعه دختر شهر کرمان وجود دارد. در حالی‌که نمونه‌های سایر مناطق ایران، فاقد این عناصر هستند. افزون بر این، میانگین میزان سیلیسیم در ترکیب لعاب زرین‌فام‌های مناطق مختلف ایران، بالاتر از ۷۰ درصد است. در حالی‌که در نمونه‌های ارگ بم و قلعه دختر شهر کرمان، میانگین این عنصر حدود ۶۱ تا ۶۲ درصد از درصد وزنی لعاب است. بر این اساس، به نظر می‌رسد نمونه‌های ارگ بم و قلعه‌دختر کرمان، با نمونه‌های کاشان، ری، گرگان، شوش و تخت‌سلیمان از نظر منشأ متفاوت هستند.

جدول ۴: میانگین میزان عناصر در لایه زرین‌فام در لعاب سفال‌های ارگ بم و دیگر مناطق ایران

Table 4: The average amount of elements in the glaze of the lustrewares of Arg-e Bam and other sites of Iran

Site	Number of Samples	Na	Mg	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Cr	Fe	Cu	Zn	Ag	Sn	Pb	Sr
Bam	10	5.44	1.92	46.34	0.18	0.05	0.61	3.82	5.50	0.10	0.05	0	1.12	3.12	0	1.40	5.71	21.92	0
Qal'eh Dokhtar Kerman	11	1.17	1.40	61.60	0.42	0.19	0.18	3.25	3.29	0.06	0.01	0	0.61	0.80	0	1.15	5.29	17.26	0
Kashan	7	0	0	70.99	0	0	1.60	1.85	2.17	0.06	0.01	0	0.48	1.07	0	0.70	3.87	18.97	0
Susa	3	0	0	81.15	0	12.40	1.58	2.98	2.65	0.09	0.68	0.01	0.77	0.60	0.03	1.66	1.81	3.61	0
Gorgan	4	0	0	70.92	0	0	1.62	2.15	2.8	0.07	0.03	0	0.62	1.09	0	0.39	5.00	16.27	0
Reyy	9	0	0	70.82	0	0	0.72	1.95	1.99	0.09	0.01	0	0.57	1.18	0.01	0.72	3.85	16.73	0
Takh-e Soleyman	5	0	0	71.47	0	0	0.37	1.54	2.64	0.05	0.01	0	0.90	0.84	0	0.23	4.02	15.66	0

جدول ۵: میانگین میزان عناصر در خمیرهٔ بدنهٔ زرین‌فام‌های ارگ بم و دیگر مناطق ایران

Table 5: The average amount of the elements in the paste of the lustrewares of Arg-e Bam and other sites of Iran

Site	Number of Samples	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Sr	Pb	Cr	Ni	As
Bam	10	4.64	1.78	8.24	68.93	1.38	0.24	0.42	3.54	4.01	1.34	0.05	1.61	0.03	0.25	0.02	0	0
Qal'eh Dokhtar Kerman	11	1.93	5.31	14.24	56.14	0.76	0.56	0.90	1.52	14.66	0.59	0.06	4.02	0	0.18	0	0	0
Kashan	7	0	0	5.83	90.63	0	0	0.83	1.92	1.88	0.5	0.02	1.07	0	0.79	0	0.2	0
Susa	3	0	0	نامشخص	66.67	0	0	0	0.98	15.25	0.37	0.10	4.18	0	0	0.03	0	0
Gorgan	4	0	0	8.05	82.7	0	0	0.84	1.61	5.12	0.59	0.05	2.12	0	0.2	0.04	0	0.1
Takh-e Soleyman	5	0	0	10.06	85.49	0	0	0.82	0.82	2.16	0.49	0.01	0.50	0	0.30	0	0	0
Reyy	9	0	0	8.68	87.05	0	0	0.76	1.19	1.35	0.31	0.23	0.54	0	0.72	0	0	0

از سوی دیگر، با توجه به نتایج آزمایش میکروپیکسی بدنهٔ اصلی نمونه‌های سفال زرین‌فام ارگ بم، به جز یک نمونه، تمام نمونه‌ها از نظر ترکیبات عنصری بدنه تقریباً یکسان هستند. بنابراین با وجود تنوع ظاهری در رنگ، نقش و خمیره سفال‌های مورد مطالعه، باید گفت همهٔ این نمونه‌ها منشأ یکسانی دارند. در این میان، تنها در نمونهٔ شمارهٔ ۰۰۷۹۹۶، درصد وزنی عناصر خمیرهٔ بدنه با بقیهٔ نمونه‌ها متفاوت است. اما به دو دلیل، این نمونه را نیز مانند نُه نمونهٔ دیگر باید از تولیدات محلی و منطقه‌ای دانست. نخست اینکه در همین نمونه ۰۰۷۹۹۶ نیز مقدار زیادی منیزیم وجود دارد، در حالی‌که پیشتر اشاره شد این عنصر در نمونه‌های کاشان، ری، شوش، گرگان و تخت‌سلیمان شناسایی و گزارش نشده است و وجود آن در خمیرهٔ سفال، ناشی از تأمین خاک از یک منطقهٔ متامورفیکی مانند کرمان، جیرفت و بم است. دلیل دوم اینکه، تفاوت ترکیبات نمونهٔ ۰۰۷۹۹۶ با نُه نمونهٔ دیگر، تنها در عناصر خمیرهٔ بدنه است. در حالی‌که از نظر نوع و

درصد ترکیبات لعاب، این نمونه با نُه نمونهٔ دیگر تفاوت فاحشی ندارد. بنابراین سفال‌های زرین‌فام ارگ بم، از نظر منشأ مواد اولیه و مرکز تولید، وضعیت یکسانی دارند و وجود منیزیم در ترکیبات آن‌ها، به عنوان یک شاخصهٔ منحصربه‌فرد در ناحیهٔ کرمان، نشانگر تأمین مواد اولیهٔ آن‌ها از معادنی در ناحیهٔ کرمان، جیرفت یا بم است.

بر این‌اساس، تنوعی که در رنگ، نقش و خمیرهٔ زرین‌فام‌های بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم دیده می‌شود به دلیل ساخت آن‌ها در چند مرکز تولید در مناطق دیگر ایران نیست، بلکه به دلیل تولید سفال‌ها در دوره‌های مختلف از صدراسلام تا سده‌های متأخر اسلامی در چند کارگاه محلی در ناحیهٔ کرمان، جیرفت یا بم است.

همچنین، همهٔ ویژگی‌های ظاهری در رنگ لعاب، نقش و خمیرهٔ سفال‌های زرین‌فام ارگ بم را می‌توان از ویژگی‌های بومی و محلی این نمونه‌ها دانست. بدین ترتیب، ویژگی‌های بومی و محلی در سفال‌های زرین‌فام نمایشگاه و بانک سفال ارگ بم و به طور کلی در صنعت سفال زرین‌فام کرمان شامل موارد زیر است:

الف) رنگ‌های متنوع: از نظر ارزش و قدرت رنگ در طیفی از روشن تا تیره و از نظر فام رنگ در طیفی از طلایی، زیتونی، عنابی، قهوه‌ای و خرمایی.

ب) ترکیب‌بندی و سبک‌های متنوع نقوش: شامل سبک درشت‌نقش و ریزنقش.

ج) وجود تنوعی از نقوش انتزاعی، گیاهی رئالیستی و ختایی، اسلیمی و شبه‌اسلیمی، ترنجی، جانوری و انسانی، هندسی، کتیبه نسخ و تعلیق یا شبه‌کتیبه و نقوش ترکیبی.

٦. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که سفال‌های زرین‌فام موجود در بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم بر اساس نقش، به دو نوع درشت‌نقش و ریزنقش تقسیم‌بندی می‌شوند و دارای نقوش متنوعی گیاهی، انتزاعی، هندسی، جانوری و انسانی، کتیبه و ترکیبی هستند. بر اساس رنگ، همهٔ انواع رنگ‌های رایج در لایهٔ زرین‌فام در نمونه‌های بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم وجود دارد. این نمونه‌ها بر اساس خمیره نیز شامل سه دستهٔ اصلی خمیره رسی، بدل چینی و چینی می‌شوند و به فرم‌هایی مانند بشقاب، کاسه، پیاله و ظرف دهانه بسته ساخته شده‌اند. همچنین، بر پایهٔ گاهنگاری مقایسه‌ای، سفال‌های زرین‌فام نمایشگاه و بانک سفال ارگ بم شامل نمونه‌های متنوعی از سده‌های اولیه اسلامی (سده‌های ۳ و ۴ هجری)، سده‌های میانی (سده‌های ۵ تا ۷ هجری) و متأخر اسلامی (احتمالاً صفوی) هستند. این موضوع نشان‌دهندهٔ حضور توالی دوره‌های مختلف در سفال‌های حاصل از ارگ قدیم بم است.

بر پایهٔ نتایج آزمایش ۱۰ نمونه از ۲۴ قطعه سفال موردمطالعه به روش میکروپیکسی، سفال‌های نمایشگاه و بانک سفال ارگ بم نیز همانند نمونه‌های قلعه دختر کرمان دارای مقادیری از منیزیم است و وجود این عنصر در منطقهٔ متامورفیکی کرمان، جیرفت و بم قطعی است. در حالی‌که در نمونه‌های زرین‌فام کاشان، ری، گرگان و تخت‌سلیمان به عنوان مراکز مهم تولید زرین‌فام در ایران، تاکنون عنصر منیزیم گزارش نشده است. افزون بر این، عناصر دیگری مانند فسفر، سدیم و گوگرد در ترکیب لعاب نمونه‌های ارگ بم و قلعه دختر شهر کرمان وجود دارد، در حالی‌که نمونه‌های سایر مناطق ایران، فاقد این عناصر هستند. بنابراین، به نظر می‌رسد منشأ زرین‌فام‌های ارگ بم، مانند نمونه‌های قلعه دختر شهر کرمان، با منشأ زرین‌فام‌های کاشان، ری، تخت‌سلیمان و گرگان متفاوت است و به‌احتمال‌زیاد، نمونه‌های ارگ بم مانند نمونه‌های قلعه دختر شهر کرمان، منشأ محلی یا منطقه‌ای دارند و مواد اولیهٔ آن‌ها از معادنی در ناحیهٔ بم، جیرفت یا کرمان، به ویژه درّه آشین در جیرفت، تأمین شده است. بر این اساس، تنوعی که در رنگ، نقش و خمیره زرین‌فام‌های بانک سفال و نمایشگاه ارگ بم دیده می‌شود به دلیل ساخت آن‌ها در چند مرکز تولید در نقاط مختلف ایران نبوده است، بلکه به دلیل تولید در دوره‌های مختلف از صدراسلام تا سده‌های متأخر در چند کارگاه محلی در خود ناحیه کرمان، بم و جیرفت بوده است.

افزون بر این، با توجه به منشأ محلی همه نمونه‌ها، ویژگی‌های ظاهری آن‌ها را می‌توان به عنوان ویژگی‌های بومی و محلی صنعت سفال زرین‌فام در بم و به طور کلّی در کرمان برشمرد. بدین ترتیب، رنگ‌های متنوع (از روشن تا تیره و در طیفی از طلایی، زیتونی، عنابی، قهوه‌ای و خرمایی)، ترکیب‌بندی و سبک‌های متنوع نقوش (سبک درشت‌نقش و ریزنقش) و وجود تنوعی از نقوش انتزاعی، گیاهی، جانوری و انسانی، هندسی، کتیبه و ترکیبی از جمله ویژگی‌های صنعت سفال زرین‌فام در این منطقه است.

پی‌نوشت‌ها

۱. نمونه‌برداری از قطعات زرین‌فام بانک سفال و نمایشگاه پایگاه میراث جهانی ارگ بم، بر اساس مجوز شماره ۹۸۳۵۰۳/۷۱۲۳۲ به تاریخ ۱۳۹۸/۱۱/۲ از طرف جناب آقای محمدرضا کارگر، مدیر کل محترم موزه‌ها و اموال منقول فرهنگی تاریخی صورت گرفته است. بدین‌وسیله از جناب آقای مهندس محسن موحدی رییس سابق پایگاه میراث جهانی ارگ بم به دلیل همکاری‌های اولیه و از جناب آقای دکتر محسن قاسمی، رییس فعلی پایگاه میراث جهانی ارگ بم به دلیل همکاری و پیگیری برای صدور مجوزِ نمونه‌برداری قدردانی می‌شود.

۲. نمونه سفال زرین‌فام شماره ۰۲۱۵۷۱ در برج ۴۶ در حصار غربی ارگ بم کشف شده و یزدانی و احمدی [۳۹] آن را در سالنامه پژوهشی پروژه نجات‌بخشی میراث فرهنگی بم ارائه کرده‌اند.

References

[1] Allan J. W. Islamic Pottery. Tr. by Mahnaz Shayestehfar. Tehran: Institute for Islamic Art; 2004. [in Persian].
[آلن جیمز ویلسن. سفالگری اسلامی. ترجمه مهناز شایسته‌فر. تهران: مؤسسه مطالعات هنر اسلامی؛ ۱۳۸۳.]

[2] Watson O. Persian Lustre Ware. London-Boston: Faber and Faber; 1985.

[3] Towhidi F. Pottery Technique and Art. Tehran: SAMT; 2003. [in Persian].
[توحیدی فائق. فن و هنر سفالگری. تهران: سمت؛ ۱۳۸۲.]

[4] Sedighian H, Hajnaseri P. The Lustre Ware during the Middle Islamic Period and its Production Centers in Iran. Islamic Archaeological Studies. 2016; 1: 37-48. [in Persian].
[صدیقیان حسین، حاج ناصری پانته‌آ. سفال زرین‌فام قرون میانی اسلامی و مراکز تولیدی آن در ایران. مطالعات باستان‌شناسی دوران اسلامی. ۱۳۹۵؛ ۱: ۳۷-۴۷.]

[5] Kiyani M, Karimi F. Pottery during the Islamic Period in Iran. Tehran: the Center of Archaeology of Iran; 1985. [in Persian].
[کیانی محمدیوسف، کریمی، فاطمه. هنر سفالگری دوره اسلامی ایران. تهران: مرکز باستان‌شناسی ایران؛ ۱۳۶۴.]

[6] Mohsenian M. The Study of Lusterware Ceramics of Iran from 12th – 13th centuries CE by the Instrumental Analysis methods [unpublished dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares Univerity; 2004. [in Persian].
[محسنیان محمد. بررسی سفالینه‌های زرین‌فام قرون شش و هفت هجری ایران به کمک روش‌های تجزیه دستگاهی [منتشرنشده]. پایان‌نامه دوره کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس: دانشکده علوم انسانی؛ ۱۳۸۳.]

[7] Neyestani J, Roohfar Z. Production of Luster Glaze in Iran; Based on the Historical Studies and Laboratory Research. Tehran: Armanshahr; 2010. [in Persian].
[نیستانی جواد، روح‌فر زهره. ساخت لعاب زرین‌فام در ایران بر اساس مطالعات تاریخی و پژوهش‌های آزمایشگاهی. تهران: آرمانشهر؛ ۱۳۸۹.]

[8] Agha-Aligol D, Oliaiy P, Mohsenian M., Lamehi-Rachti M., Shokouhi F. Provenance Study of Ancient Iranian Luster Pottery Using PIXE Multivariate Statistical Analysis. Journal of Cultural

at: Physics Conference of Iran 2006. Shahroud University of Technology Central Campus. P. 754-757. [in Persian].
[آقا علی‌گل داوود، محسنیان محمد، اولیایی پروین، باقی‌زاده علی، شکوهی فرح، لامعی‌رشتی محمد، موحد بیژن. مطالعه منشأ تولید سفالینه‌های زرین‌فام ایرانی با استفاده از روش آنالیز پیکسی. مقاله ارائه شده در: کنفرانس فیزیک ایران ۱۳۸۵. دانشگاه صنعتی شاهرود؛ ص. ۷۵۴ –۷۵۷.]

[15] Bahrami M. the complete history of Bam and Arg-e Bam, Publisher: the Author; 2015. [in Persian].
[بهرامی مانی. تاریخ جامع بم و ارگ بم با همکاری شهرداری و شوراهای اسلامی شهرستان بم (دورهٔ چهارم). بم. ناشر مؤلف؛ ۱۳۹۴.]

[16] Mehryar M. the Historical Landscape of the Arg-e Bam. Asar. 2004; 36-37: 39-54. [in Persian].
[مهریار محمد. سیمای تاریخی ارگ بم. اثر. ۱۳۸۳؛ ۳۶ و ۳۷: ۳۹– ۵۴.]

[17] Soleymani Mo'ez V. The Study and analysis of the motifs of 6th and 7th centuries Lustre Wares from Reyy. [Unpublished Thesis]. Islamic Azad University Tehran Center Branch; 2010. [in Persian].
[سلیمانی‌معز وحیده. بررسی و تحلیل نقوش سفال زرین‌فام قرون ۶و۷ ری [منتشرنشده]. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد باستان شناسی ـ گرایش دوران اسلامی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی: دانشکده ادبیات و علوم انسانی؛ ۱۳۸۹.]

[18] Hosseini S. H, Shirkhani S. An Introduction to the Human Mutifs Typology in the Lustre Wares of the Middle Islamic Ages from Reyy and Kashan. Islamic Art Studies. 2016; 25: 67-82. [in Persian].
[حسینی سیدهاشم، شیرخانی سمانه. درآمدی برگونه‌شناسی نقوش انسانی سفال‌های زرین‌فام سده‌های میانه اسلامی ری و کاشان. مطالعات هنر اسلامی. ۱۳۹۵؛ ۲۵: ۸۲ — ۶۷.]

[19] Akbari R. The Study of Lustre Wares collection in the reservoir of Chehelston Museum in Isfahan. [Unpublished Thesis]. Art University of Isfahan; 2012. [in Persian].
[اکبری راحله. بررسی و مطالعه مجموعه سفال‌های زرین‌فام مخزن موزه چهلستون اصفهان [منتشرنشده].

Heritage, 2009; 10: 487-492. https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.01.003.

[9] Choubak H. Islamic pottery of ancient city of Jiroft. Journal of Archaeological Studies. 2012; 4(1): 83-112. https://doi.org/10.22059/jarcs.2012.35377. [in Persian].
[چوبک حمیده. سفالینه‌های دوران اسلامی شهر کهن جیرفت. مطالعات باستان‌شناسی. ۱۳۹۱؛ ۴ (۸): ۱۱۲– ۸۳.]

[10] Amirhajloo S, Emami M, Agha-Aligol D, Riyahian R, Introducing, Classifying and Compositional Study of the Luster Tiles from Kerman. Journal of Research on Archaeometry. 2021; 6(2). [in Persian].
[امیرحاجلو سعید، امامی محمدامین، آقاعلی‌گل داوود، ریاحیان‌گهرتی رضا. معرفی، طبقه‌بندی و ساختارشناسی کاشی‌های زرین‌فام یافت شده از قلعه دختر شهر کرمان. پژوهه باستان‌سنجی. ۱۳۹۹؛ ۶(۲)]

[11] Borgia I, Brunetti B, Giulivi A, et al. Characterisation of decorations on Iranian (10th–13th century) lusterware. Applied Physics A 2004; 79: 257-261. https://doi.org/10.1007/s00339-004-2519-z.

[12] Pradell T, Molera J, Smith A D, Tite M S. Early Islamic Lustre from Egypt, Syria and Iran (10th to 13th Century AD). Journal of Archaeological Science 2008; 35: 2649-2662. https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.05.011.

[13] Ahmadi N, Sajjadi L, Hosseinpour Z, the Research Report of the Studies Center of Bam Archaeological Finds. Vol. 1-5. The Archives of the Bam World Heritage Site; 2010 (Unpublished report) [in Persian].
[احمدی نرگس، سجادی‌هزاوه لیلی، زهره حسین پور. گزارش پژوهش‌های مرکز مطالعه یافته‌های باستان‌شناسی بم. جلد ۱ تا ۵، سازمان میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری، پروژه نجات‌بخشی میراث فرهنگی بم. بایگانی در پایگاه پژوهشی میراث جهانی بم و منظر فرهنگی آن؛ ۱۳۸۹ (گزارش منتشرنشده).]

[14] Agha-Aligol D, Mohsenian M, Oliaiy P, Baghizadeh A, Shokouhi F, Lamehi-Rachti M., Movahed B. The Study of the origin of Iranian Lustre Wares using PIXE analysis method. Paper presented

.۲۰۶]

[24] Ra'uf S. Archaeological analysis of the technique of Lustre Wares in the Collection of the Cultural Institution of Museums. [Unpublished Thesis]. Tarbiat Modares University, 2012. [in Persian].
[رئوف سولماز. معرفی و تحلیل باستان‌شناختی تکنیک سفال‌های زرین‌فام موجود در مجموعه مؤسسه موزه‌های بنیاد [منتشرنشده]. پایان‌نامه دوره کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس: دانشکده علوم انسانی؛ ۱۳۹۱.]

[25] Nikkhah H. Analysis of the Origin of Lustre Wares of Iran (Symbolic Analysis of Motifs) [Unpublished Dissertation]. Tarbiat Modares University; 2014. [in Persian].
[نیکخواه هانیه. واکاوی خاستگاه سفال زرین‌فام ایران (تحلیل و بازشناسی نمادگرایانه نقوش) [منتشرنشده]. رساله دوره دکتری رشته پژوهش هنر، دانشگاه تربیت مدرس: دانشکده هنر و معماری؛ ۱۳۹۳.]

[26] Priestman S. M. N. A Quantitative Archaeological Analysis of Ceramic Exchange in the Persian Gulf and Western Indian Ocean [Unpublished dissertation]. University of Southampton; 2013.

[27] Grube E. J. Cobalt and Lustre; the First Centuries of Islamic Pottery. In: the Nasser D. Khalili Collection of Islamic Art. London and New York: the Nour Foundation and Oxford University Press; 1994.

[28] Parsaee Borazjani M, Rajabi Cheshani J. Laboratory Studies of Ceramic: Its Background, Capacities, and Perspective in archeology. Paper presented at: the 2nd National Conference on Archaeology of Iran 2015. University of Birjand. P. 1-15. [in Persian].
[پارسایی‌برازجانی مهرداد، رجبی‌چشانی جواد. مطالعات آزمایشگاهی سفال: پیشینه، ظرفیت‌ها، آسیب‌ها و چشم‌انداز آن در باستان‌شناسی. مقاله ارائه شده در: دومین همایش ملی باستان‌شناسی ایران ۱۳۹۴. دانشگاه بیرجند؛ ص. ۱– ۱۵.]

[29] Khademi Nadooshan F, Nayebpour M, Sodaee B. Identification of the Sources of Silver Mining for Parthian Coins in the Province of Medes by PIXE method. Archaeological Studies. 2011; 1: 79-88. [in Persian].

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته باستان‌شناسی، دانشگاه هنر اصفهان: دانشکده مرمت؛ ۱۳۹۱.]

[20] Riyahian R. Sonding for Delimitation of the Qal'eh Ardeshir and Qal'eh Dokhtar in Kerman. The Archives of the Administration of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of Kerman; 2019 (Unpublished report) [in Persian].
[ریاحیان رضا. گزارش گمانه‌زنی به منظور تدقیق و بازنگری عرصه و حریم قلعه اردشیر و دختر شهر کرمان. بایگانی اداره کل میراث فرهنگی استان کرمان؛ ۱۳۹۸ (گزارش منتشر نشده).]

[21] Roohfar Z. A Research on the production of Lustre Glaze in Iran, with emphasis on the treatise of Abolghasem Abdullah Kashani. [Unpublished Dissertation]. Tarbiat Modares University; 2009. [in Persian].
[روح‌فر زهره. پژوهش در ساخت لعاب زرین‌فام در ایران، با تأکید بر رساله ابوالقاسم عبدالله کاشانی سده‌های ۸–۷ هجری قمری [منتشرنشده]. رساله دوره دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس: دانشکده علوم انسانی؛ ۱۳۸۸.]

[22] Nasri E. The Study and recognition of Lustre Wares attributed to the sixth, seventh and eighth centuries AH in Museum of Glass and Pottery of Iran. [Unpublished Thesis]. Art University of Isfahan; 2017. [in Persian].
[نصری اسماعیل. مطالعه و شناخت سفالینه‌های زرین فام منتسب به قرون ششم و هفتم و هشتم هجری قمری موزه آبگینه و سفالینه‌های ایران [منتشرنشده]. پایان‌نامه دوره کارشناسی‌ارشد باستان شناسی ـ گرایش تمدن و فرهنگ اسلامی ایران و سرزمین‌های دیگر، دانشگاه هنر اصفهان: دانشکده حفاظت و مرمت؛ ۱۳۹۶.]

[23] Hammati Azandariyani E, Khaksar A, Shabani M. Studying and Analyzing the Islamic Potteries from Underground Troglodytic Architecture Complex at Samen, Malayer. Pazhohesh-ha-ye Bastanshenasi Iran. 2017; 13: 189-206. [in Persian].
[همتی‌ازندریانی اسماعیل، خاکسار علی، شعبانی محمد. بررسی و تحلیل سفال‌های دورهٔ اسلامی مجموعهٔ معماری دست‌کند زیرزمینی سامن ملایر. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۱۳۹۶؛ ۱۳: ۱۸۹–

287. https://doi.org/10.1016/0305-4403(86)90063-4.

[35] Singh M, Kumar S V. Multi-analytical characterization of XVII century Mughal glaze tiles from northern India. International Journal of Conservation Science. 2017; 8: 389-400.

[36] Montazerzohouri M, Torkiha M, Taheri H. An Archaeological Study on the Provenance and Production of the Lusterware from the Underground Complex of Tappeh Ghaleh, Khomein, Iran Using PIXE. Journal of Archaeological Studies. 2020; 22: 205-224.

[منتظرظهوری مجید، ترکی‌های اصفهانی محمد و طاهری حسام. مطالعهٔ باستان‌شناختی منشأ تولید سفال‌های زرین‌فام مجموعه دست‌کند زیرزمینی تپه قلعه خمین با استفاده از روش آنالیز پیکسی. مطالعات باستان‌شناسی، ۱۳۹۹؛ ۱۲(۲): ۲۰۵-۲۲۴].

[37] Matin M, Tite M, Watson O. On the origins of tin-opacified ceramic glazes: New evidence from early Islamic Egypt, the Levant, Mesopotamia, Iran, and Central Asia. Journal of Archaeological Science. 2018 1; 97: 42-66.

[38] Tite M. S., Manti P., Shortland A. J. A. Technological Study of Ancient Faience from Egypt. Journal of Archaeological Science. 2007; 34(10): 1568-1583.

[39] Yazdani O, Ahmadi N. The Report of Archaeological Documentation of the Debris Removal Project in The Fortification of Arg-e Bam, Research Annal of the Salvage Project in Bam. 2005; 1: 66-73. [in Persian].

[یزدانی امید و احمدی نرگس. گزارش مستندنگاری باستان‌شناسی از عملیات آواربرداری حصار ارگ بم. سالنامه پژوهشی پروژه نجات‌بخشی میراث فرهنگی بم ۱۳۸۴؛ ۱: ۶۶-۷۳.]

[خادمی‌ندوشن فرهنگ، نایب‌پور محمد، سودایی بیتا. شناسایی منابع فلزی استحصال نقره برای ضرب سکه‌های اشکانی در استان ماد بزرگ با روش PIXE. مطالعات باستان‌شناسی. ۱۳۹۰؛ ۱: ۷۹-۸۸.]

[30] Heydariyan M, Abedi A, Taghizadeh H. Effective Laboratory Methods in Analyzing Ceramics. Archaeology of Iran 2016; 11: 1-9. [in Persian].

[حیدریان محمود، عابدی اکبر و تقی‌زاده حامد. روش‌های آزمایشگاهی مؤثر در تجزیه و تحلیل داده‌های سفالی. فصلنامه علمی تخصصی باستان شناسی ایران ۱۳۹۵؛ ۱۱: ۱-۹.]

[31] Taghavi A. Origin of Soil Resources Used in Seljuk Ceramics of the ancient city of Jorjan using XRF laboratory method [Unpublished Dissertation]. Tarbiat Modares University; 2010.

[تقوی عابد. منشأیابی منابع خاک مورد استفاده در سفال‌های بومی عصر سلجوقی شهر کهن جرجان با استفاده از روش آزمایشگاهی XRF [منتشرنشده]. رساله دوره دکتری باستان‌شناسی دوره اسلامی، دانشگاه تربیت مدرس: دانشکده علوم انسانی؛ ۱۳۸۹.]

[32] The Geographical Encylopedia of the Villages of Kerman Province – Bam County, Vol. 4. Tehran: Geographical Organization of Armed Forces of Iran; 2003. [in Persian].

[فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کرمان - شهرستان بم. جلد چهارم. تهران: انتشارات سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح؛ ۱۳۸۲.]

[33] Gonzalez-Garcia F, Romero-Acosta V, Garcia-Ramos G, Gonzalez-Rodriguez M. Firing transformations of mixtures of clays containing illite, kaolinite and calcium carbonate used by ornamental tile industries. Applied Clay Science. 1990; 5: 361-375. https://doi.org/10.1016/0169-1317(90)90031-J.

[34] Pollard A, Hatcher H. The chemical analysis of oriental ceramic body compositions; part 2: greenwares. Journal of Archaeological Science. 1986; 13: 261-