



بررسی و مطالعه ساختاری بدنه سفالینه‌های تاریخی گلابه‌ای منقوش دوران اسلامی سیستان

مسعود باتر^{۱*}، فائزه سراجی^۲

۱. استادیار گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. کارشناسی مرمت آثار تاریخی، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴

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 بدنه 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. مطالعه ساختاری بدنه سفالینه‌ها نشان داد که تمامی نمونه‌ها از نظر ساختار و ترکیب کانی‌شناختی تقریباً مشابه‌اند. از سوی 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 شناسایی شده در بدنه سفال‌ها و داده‌های حاصل از آنالیز عنصری به نظر می‌رسد که در تهیه گل سفالگری این آثار سفالی از خاک‌های رس سرخ‌رنگ استفاده شده که همین امر موجب گشته است با پخت سفالینه‌ها در شرایط اکسیداسیون، رنگ خمیره آن‌ها قرمز شود. با توجه به تعداد محدود نمونه‌های کشف شده از این نوع سفال در این منطقه و عدم همخوانی ترکیب کانی‌شناختی و عناصر تشکیل‌دهنده بدنه این سفال‌ها با ساختار و ترکیب زمین‌شناختی منطقه دشت سیستان، به نظر می‌رسد که احتمالاً این نمونه‌های سفالی وارداتی است.

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

* نویسنده مسئول مکاتبات: زابل، کیلومتر دوم جاده بنجار، پردیس دانشگاه زابل، دانشکده 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 به صورت تک‌رنگ و چندرنگ بوده است که ظهور این شیوه 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 شمال شرق و از کرمان و سیستان در جنوب شرق 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 مطالعه این آثار ارزشمند فرهنگی، هنری و تاریخی بپردازند. با این حال، با توجه به حجم آثار مکشوفه و تنوع فوق‌العاده 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 جنوب شرق 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 حوزه برج افغان که در ادامه بخش ریض محوطه تاریخی زاهدان کهنه و در کنار

منطقه بی‌بی‌دوست سیستان قرار گرفته است، به روش تجربی متکی بر مطالعات آزمایشگاهی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است تا ساختار و ترکیب بدنه این سفالینه‌ها و فنون ساخت این نوع معروف سفال اوایل دوران اسلامی بر اساس مطالعه 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 مطالعه چندانی به شیوه تجربی با استفاده از بررسی‌های آزمایشگاهی بر ساختار و بدنه این گروه از سفالینه‌های دوران اسلامی انجام نشده است.

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

۲. دشت سیستان

استان سیستان و بلوچستان، یکی از مهم‌ترین مراکز باستانی منطقه شرق و جنوب شرق فلات ایران است که بخش عمده‌ای از آن در مناطق مرزی کشور واقع شده است. این استان، با وسعتی در حدود ۱۸۷۵۰۲ کیلومتر مربع، 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 منطقه وسیع تا قبل از آنکه با مداخلات استعمارگرانه 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 عالی‌رتبه انگلستان، گلد

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 کهنه‌دژ، 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، به طوری که بر اساس گزارش‌های سایکس و همچنین لندور، وسعت بخش ربض زاهدان کهنه را نمی‌توان به طور دقیق مشخص نمود، ولی به نظر می‌رسد که احتمالاً وسعت این شهر تاریخی مهم، از شمال تا منطقه بی‌بی‌دوست و از جنوب تا تپه شاهرستان گسترش داشته است [7]. پس از بخش ربض محوطه زاهدان کهنه، بقایای ساختارهای معماری حومه این شهر بزرگ دوران اسلامی که زمانی دارالحکومه سیستان نیز بوده است، همچنان ادامه داشته و حتی پس از منطقه بی‌بی‌دوست که محدوده پایانی بخش ربض آن است، در منطقه 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 به چشم می‌خورد، یافته‌های باستان‌شناختی بسیاری به‌ویژه نمونه‌های سفالینه‌های متعلق به دوران اسلامی مشاهده می‌گردد که بیشتر این سفالینه‌ها در انواع و اشکال مختلف ساده و لعابدار سطح این تپه‌های باستانی را پوشانده است.

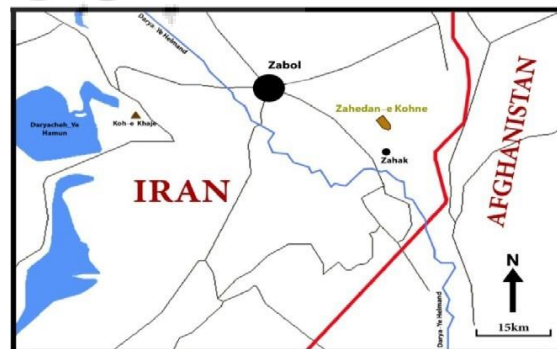
اسمیت در سال ۱۸۷۲ میلادی و سپس کلنل مک‌ماهون در سال ۱۹۰۵ میلادی مرزبندی و مشخص گردیده است که این مرز به خط مک‌ماهون نیز مشهور است [6].

سیستان نه تنها در تاریخ اساطیری ایران از اهمیتی بسیار برخوردار است؛ علاوه بر 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، نشان‌دهنده همین امر است. مشاهده این آثار تاریخی و بقایای به‌جای مانده 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 هر یک 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، محوطه 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 حوزه زهک سیستان و در هفتصدمتری شرق روستای جدید زاهدان (شکل ۱) قرار گرفته است [7,8]. زاهدان کهنه، یکی از مهم‌ترین



شکل ۲: بخشی از منطقه برج افغان در نزدیکی بی‌بی‌دوست
] Fig. 2: A part of the Afghan tower area near Bibi Duost



شکل ۱: موقعیت زاهدان کهنه در سیستان [6]
Fig. 1: The location of the Zahedan-e-Kohne in Sistan [6]

۳. پیشینه پژوهش

بررسی و مطالعه انجام‌شده بر هنر سفالگری دوران اسلامی، به‌ویژه در قرون اولیه، حاکی از آن است که مهم‌ترین و رایج‌ترین شیوه 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 هـ ق / ۸۱۹-۱۰۰۵ م) در محدوده حکومت این سلسله در مناطقی همچون خراسان، ماوراءالنهر و کرمان تولید می‌شده است، به نام سفالینه سامانی نیز مشهور است [10].

ویلیکینسون اولین پژوهشگری است که ضمن معرفی جامع، به مطالعه سفالینه‌های منقوش گلابه‌ای پرداخته است. اساس این مطالعه نیز نمونه‌های بسیاری است که طی حفاری‌های موزه متروپولیتن در نیشابور توسط وی به‌دست آمده است [11,12]. پس از بررسی جامعی که ویلیکینسون بر سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش انجام داد، سایر محققان، کم‌وبیش، مطالعات و طبقه‌بندی پیشنهادی او را مبنای کار خود قرار دادند [13,14].

باین‌حال، 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 مطالعه کتیبه‌های کوفی نقش‌شده بر این سفالینه‌ها اکتفا نموده‌اند [10,16,17]. کریستینا هِنشوا نیز در بخشی از رساله دکتری‌اش مجموعه قابل توجهی از این سفالینه‌ها را که به اخصیکت 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 مبتنی بر مطالعات آزمایشگاهی به بررسی جنبه‌های مختلف علمی و فنی این آثار پرداخته باشد. لذا در این پژوهش، هدف ما همچنان که پیشتر در مقدمه این مقاله ذکر شد، بررسی ساختار و ترکیب کانی‌شناختی بدنه تعدادی از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به‌دست‌آمده از منطقه سیستان بر اساس مطالعه تجربی آزمایشگاهی است تا گامی هرچند کوچک در راستای رفع خلاء علمی موجود در این زمینه برداشته شود.

۴. مواد و روش‌ها

در این پژوهش شش قطعه سفال مطالعاتی از نوع گلابه‌ای منقوش چندرنگ متعلق به دوران اسلامی که از منطقه برج افغان در نزدیکی محوطه بی‌بی‌دوست زابل به‌دست آمده است، به‌منظور مطالعات ساختارشناسی، شیمیایی و کانی‌شناسی بدنه سفالینه‌ها مورد آزمایش قرار گرفته است (اشکال ۳ و ۴). برای این کار، پس از مستندنگاری نمونه‌ها و تصویربرداری از آن‌ها، از بدنه هریک از قطعات به مقدار بسیار اندکی برای بررسی‌های آزمایشگاهی به روش‌های مختلف دستگاهی نمونه‌برداری شد. به‌منظور شناسایی فازهای کریستالین تشکیل‌دهنده بدنه سفالینه‌ها نمونه‌های برداشته‌شده از بدنه آن‌ها به روش پراش سنجی 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. علاوه بر این، به‌منظور تکمیل داده‌های مربوط به شناخت ساختار و ترکیب کانی‌شناختی نمونه‌ها، پس از تهیه مقطع نازک از بدنه سفالینه‌ها، بدنه کلیه نمونه‌ها به روش پتروگرافی نیز مورد مطالعه قرار گرفت؛ برای این کار از میکروسکوپ پتروگرافی پلاریزان المپوس مدل BX51 ساخت کشور ژاپن استفاده شد. با توجه به منحصره‌فرد بودن نمونه‌های تاریخی به‌دست‌آمده از این نوع سفال معروف دوره اسلامی در منطقه سیستان و کوچک‌بودن قطعات سفال، برای شناسایی ترکیب عنصری بدنه سفالینه‌ها از روش

ماکروسکوپی حاکی از آن بود که خمیره تشکیل دهنده بدنه تمامی قطعات سفالین، قرمز رنگ بوده و در ظاهر بافت بدنه در تمامی آن‌ها از سختی و انسجام خوبی برخوردار است. سطح داخلی تمامی قطعات با یک لایه بسیار نازک از لعاب گلی نخودی متمایل به زرد بسیار روشن پوشش داده شده است که روی آن با نقوشی به رنگ‌های مختلف به صورت چند رنگ، شامل: قرمز، قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای، قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی و سبز تزیین شده است (تصاویر ۴-۳). این قطعات سفالی گلابه‌ای منقوش، با توجه به فرم نقوش به نظر 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:

تجزیه 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 مطالعه آزمایشگاهی برای شناخت ترکیب عناصر تشکیل دهنده بدنه سفالینه‌های مورد مطالعه با میکروسکوپ الکترونی مدل 1450VP، ساخت شرکت LEO، کشور آلمان انجام شد.

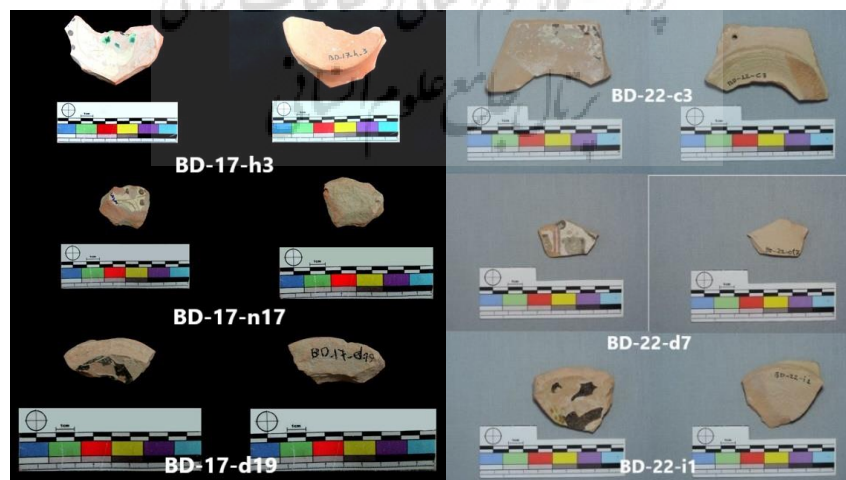
۵. بحث و بررسی

۵-۱. بررسی ظاهری و معرفی نمونه سفال‌های گلابه‌ای مورد مطالعه
بررسی و مطالعه ظاهری شش قطعه سفال مطالعاتی منقوش گلابه‌ای چندرنگ به صورت چشمی و

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
۴	BD-22-i1	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه - نخودی روشن	منقوش
۵	BD-22-d7	منطقه برج افغان	قرمز	گلابه - نخودی روشن	منقوش
۶	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

۲-۵. بررسی ساختار بدنه سفالینه‌ها به روش پراش اشعه ایکس (XRD)

به منظور مطالعه ساختاری و شناسایی دقیق ترکیب کانی شناسی بدنه سفالینه‌های مورد مطالعه در این پژوهش، از بدنه پنج قطعه از سفالینه‌ها نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها به روش پراش اشعه ایکس مورد بررسی و فازشناسی قرار

گرفت. چون نمونه سفال BD-22-D7 بسیار کوچک بوده و بدنه نازکی داشت و سطح آن به‌تمامی دارای نقوش منحصر به فردی بود، امکان نمونه‌برداری از این نمونه وجود نداشت. نتایج حاصل از آنالیز و پراش سنگی نمونه های سفال گلابه‌ای منقوش به شرح ذیل در جدول ۲ و شکل ۵ آمده است:

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

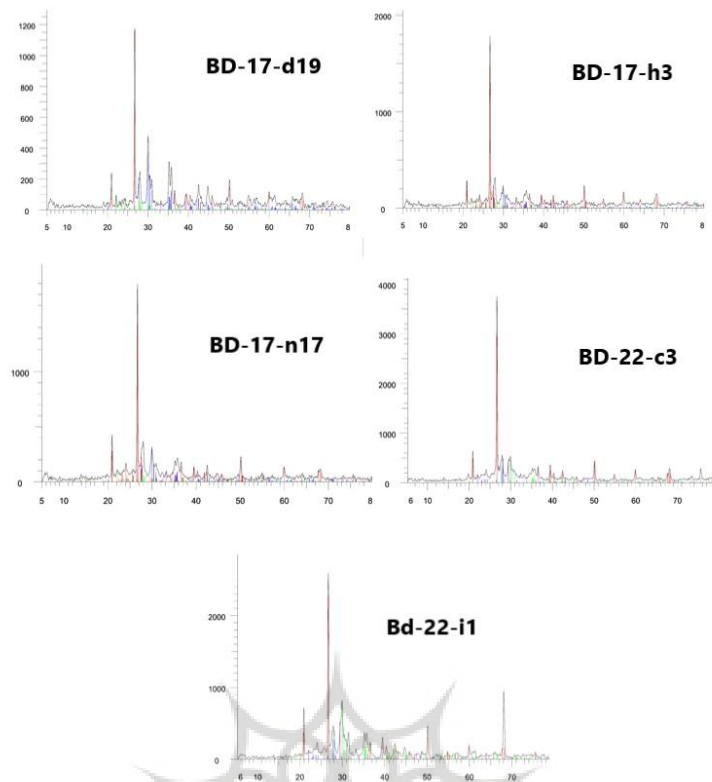
Table 2: The results of the analysis of the body of Slip-painted pottery samples by the XRD method

ترکیب شیمیایی فازها Chemical composition of phases	ترکیب کانی شناختی و فازهای شناسایی شده Mineralogical composition and identified phases	کد سفال pottery code
SiO ₂	Quartz	BD-17-d19
Ca(Mg, Al)(Si, Al) ₂ O ₆	Diopside	
NaAlSi ₃ O ₈	Albite, ordered	
Fe ₂ O ₃	Hematite, syn	
SiO ₂	Quartz	BD-17-h3
Ca(Mg, Al)(Si, Al) ₂ O ₆	Diopside	
NaAlSi ₃ O ₈	Albite, ordered	
Fe ₂ O ₃	Hematite, syn	
KAlSi ₃ O ₈	Microcline, ordered	BD-17-n17
SiO ₂	Quartz	
Ca(Mg, Al)(Si, Al) ₂ O ₆	Diopside	
NaAlSi ₃ O ₈	Albite, ordered	
Fe ₂ O ₃	Hematite, syn	BD-22-i1
KAlSi ₃ O ₈	Microcline, ordered	
SiO ₂	Quartz, syn	
(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Albite, calcian, ordered	
Ca(Mg, Al)(Si, Al) ₂ O ₆	Diopside	BD-22-c3
CaCO ₃	Calcite, syn	
SiO ₂	Quartz, syn	
(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Albite, calcian, ordered	
Ca(Mg, Al)(Si, Al) ₂ O ₆	Diopside	
CaCO ₃	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 body of Slip-painted pottery samples by the XRD method

Sample Identification and Quantification			
Line Color	Compound Name	Formula	PDF Number
	Quartz, syn	SiO ₂	46-1045
	Diopside	Ca(Mg,Al)(Si,Al) ₂ O ₆	41-1370
	Albite, ordered	NaAlSi ₃ O ₈	19-1184
	Hematite, syn	Fe ₂ O ₃	33-0664
	Microcline, ordered	KAlSi ₃ O ₈	19-0926
	Albite, calcian, ordered	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	41-1480
	Calcite, syn	CaCO ₃	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

شناسایی شده در بدنه این نمونه‌های سفال، از نوع کوارتز آلفا (α) است ($2\theta = 26.64^\circ$). کوارتز آلفا در سیستم تری‌گونال متبلور می‌شود و در دمای پایین‌تر از 573°C درجه 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 بدنه نمونه‌های شماره BD-17-h3 و BD-17-n17 شناسایی شده است، کانی دما پایین فلدسپات‌های پتاسیم‌دار با سیستم تبلور تری‌کلینیک است که در طیف وسیعی از سنگ‌های آذرین و دگرگونی مشاهده می‌گردد [21].

کانی هماتیت با ترکیب شیمیایی Fe_2O_3 و طیف رنگی قهوه‌ای، قرمز، خاکستری و سیاه به سه دلیل ممکن است در بافت سفال دیده شود. این کانی یا به صورت یک فاز اکسیدی در درجه حرارت پایین که بیشتر محصول فرآیند اکسیداسیون در شرایط دفن است، به وجود آمده و یا به صورت یک کانی ثانویه در

بررسی الگوی پراش‌سنجی نمونه‌های سفال مورد مطالعه و فازهای شناسایی شده در بدنه این سفالینه‌ها نشان داد که تمامی آن‌ها دارای الگوی پراش تقریباً مشابهی بوده و از نظر ساختاری دارای بافت و ترکیب کانی‌شناختی به نسبت یکسانی هستند. تقریباً در آنالیز بدنه تمامی نمونه‌ها، چهار فاز اصلی کوارتز، دیوپسید، آلیت و هماتیت مشاهده می‌شود که وجود این فازهای به نسبت مشترک در بدنه 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 شناسایی شده در ساختار بدنه تمامی سفالینه‌های مورد مطالعه، کوارتز است که حضور این کانی علاوه بر تأثیرات عمده‌ای که در تغییرات کانی‌شناسانه سفال در مرحله پخت دارد، شاخص مهمی نیز برای منشأیابی مواد اولیه مورد استفاده در تولید سفال محسوب می‌شود [19]. با توجه به تغییر و تبدیلات فاز کوارتز در دماهای مختلف و به عکس، به نظر می‌رسد که فاز کوارتز

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 به چشم نمی‌خورد که می‌تواند دلیل بر فراتر رفتن دمای پخت در سایر نمونه‌ها اندکی بیش از محدوده ۸۵۰ درجه سانتیگراد باشد.

آنچنانکه در الگوی پراش نمونه‌ها مشاهده می‌گردد، در آنالیز پراش سنجی تمامی قطعات، با پلاژیوکلازهایی نظیر آلپیت که سرگروه فلدسپات‌های سدیک-پتاسیک می‌باشند، مواجهیم. بدین ترتیب، رنگ و بافت خمیره 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 ۷۰۰ درجه سانتیگراد؛ یعنی ۱۰۰ درجه بیشتر از محدوده 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 خمیره سفال را قرمزتر می‌نمایند [27].

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

به‌منظور تکمیل داده‌های پژوهش در مورد ساختار و ترکیب کانی‌شناختی بدنه نمونه‌های سفال گلابه‌ای و مطالعه بافت بدنه آن‌ها، از روش پتروگرافی مقطع نازک نیز در این پژوهش استفاده شد. به‌کارگیری این روش، علاوه بر 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 تکه بسیار کوچک برداشته شد. در مجموع، شش نمونه از بدنه سفالینه‌ها برداشته شد و پس از برش و تهیه 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

درجه حرارت بالا در محیط اکسیداسیون در کوره پخت سفال تولید شده است و یا به‌صورت ذرات هماتیت در خاک رس وجود داشته است [22,23]. وجود کانی هماتیت در بدنه این قطعات سفالی، احتمالاً یکی از دلایل ایجاد رنگ قرمز در بدنه 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 تهیه گل سفالگری استفاده نموده‌اند.

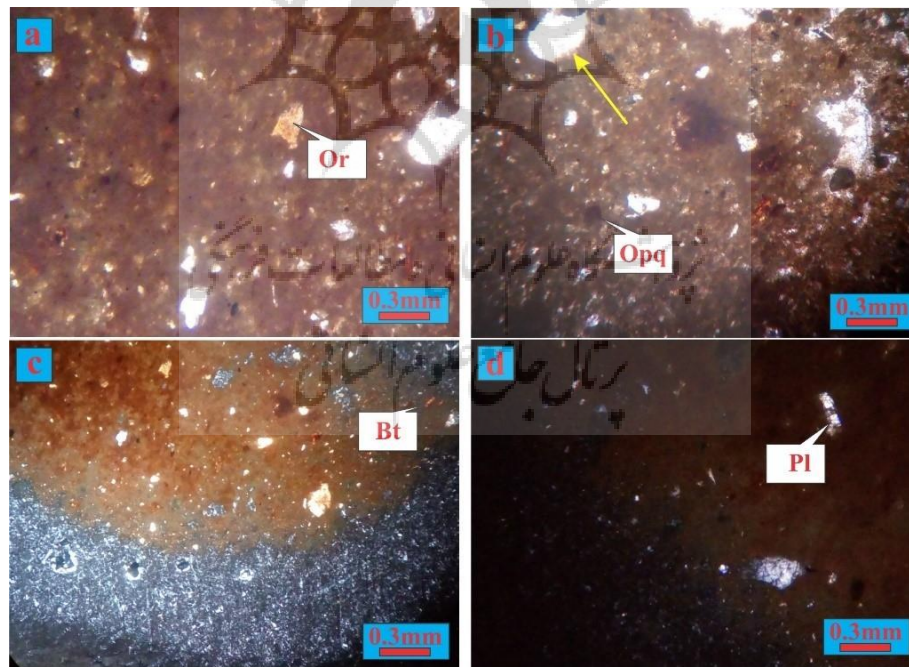
اگرچه دیوپسید کانی پیروکسن‌های حرارت بالا است، در محیط‌هایی که میزان کربنات فراوان است (مخصوصاً کربنات کلسیم و منیزیم) می‌تواند در حرارت پایین‌تر نیز ایجاد شود [24]، الگوهای پراش سنجی به‌دست‌آمده از بدنه سفال‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه نیز وجود کانی دیوپسید را در تمامی نمونه‌ها نشان داده است که در دمای بالای ۶۰۰ درجه 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 درجه سانتیگراد در ماتریکس سفال ناپایدار شده و تخریب می‌گردند. تجزیه فاز کلسیت در دمایی در حدود ۶۰۰ درجه سانتیگراد شروع شده و تقریباً در دمای ۸۰۰-۹۰۰ درجه سانتیگراد پایان می‌گیرد؛ بنابراین، نقش کربنات کلسیم 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 تجزیه شدن کرده و به آهک تبدیل می‌شود و این فرآیند در دمای ۸۰۰ درجه 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 درجه سانتیگراد باشد [26]. در نمونه‌های سفال گلابه‌ای

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

جدول ۴: نتایج مطالعه 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

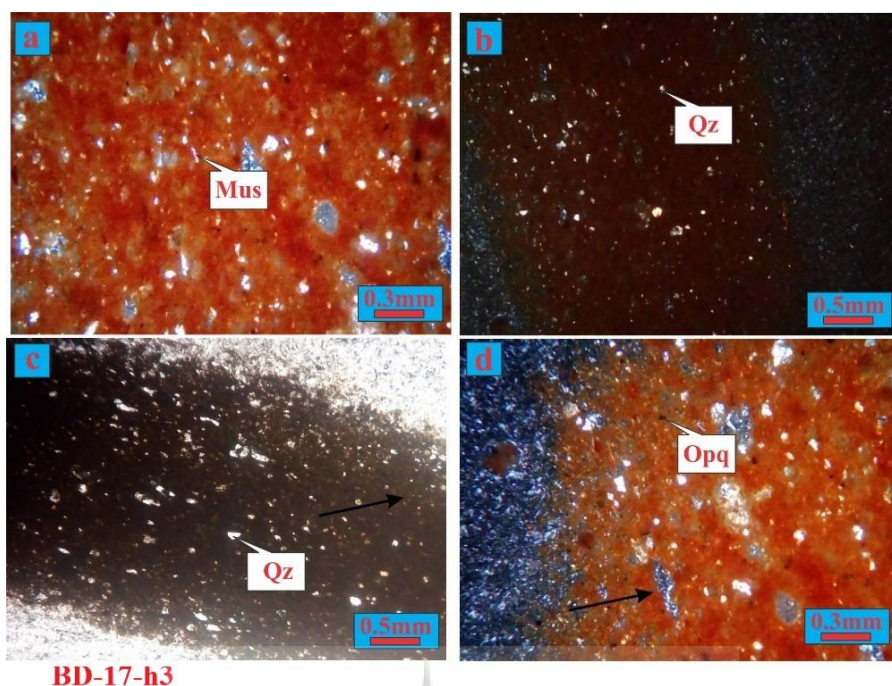
کد نمونه Sample code	کانی‌های اصلی Major minerals	کانی‌های ثانویه Secondary minerals	بافت نمونه Sample fabric
BD-17-h3	کوارتز (۳ درصد) - مسکویت (کمتر از ۱ درصد) - کانی فلزی (کمتر از ۱ درصد)	اکسید آهن با فراوانی ۱۰ درصد	غلبه رس بر دانه است
BD-17-d19	ارتوکلاز (۱ درصد) - کوارتز (۴ درصد) - پلاژیوکلاز (۱ درصد) - بیوتیت (۱ درصد) - کانی فلزی کمتر از ۱ درصد	اکسید آهن با فراوانی ۱۰ درصد	غلبه 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	غلبه رس (ماتریکس)
BD-22-d7	کوارتز (۳ تا ۵ درصد) - اپک (۱ درصد) - بیوتیت (۳ تا ۵ درصد)	ندارد	غلبه رس قرمز رنگ و یکدست
BD-22-c3	کوارتز (۸ درصد) - بیوتیت (۳ درصد) - پلاژیوکلاز (۱ تا ۲ درصد) - ارتوکلاز (۵ درصد) - مسکویت (۲ درصد)	اکسید آهن	فراوانی نسبی دانه مشاهده می‌شود در زمینه رسی



BD-17-d19

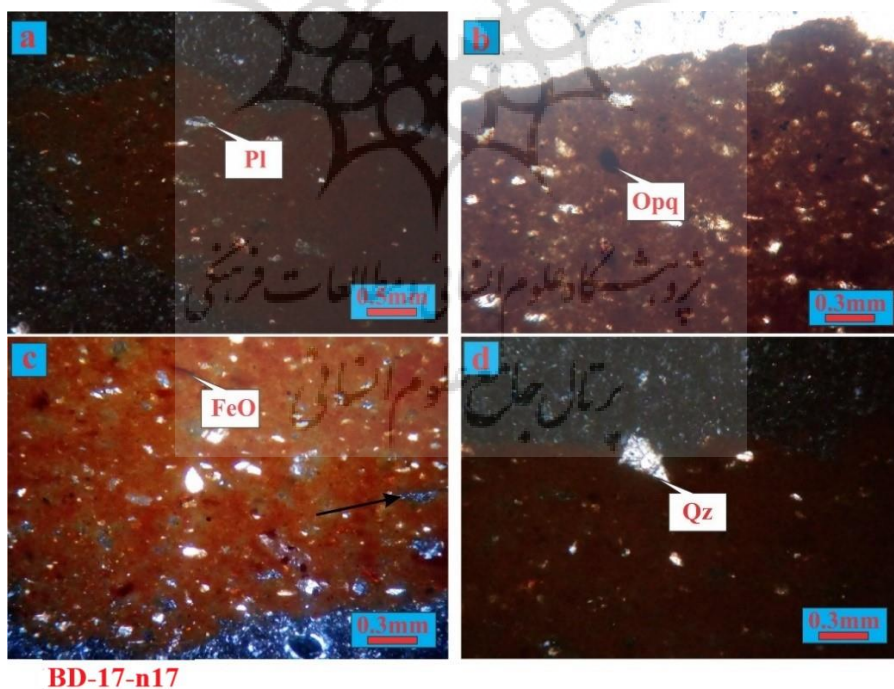
شکل ۶: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شماره BD-17-d19. a. تصویر از کانی ارتوکلاز. b. نمایی از تخلخل نمونه و کانی فلزی. c. تصویری از بیوتیت‌های ریز بلور. d. بلورهای پلاژیوکلاز به ماکل پلی سستیک.

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 with polysynthetic mackle



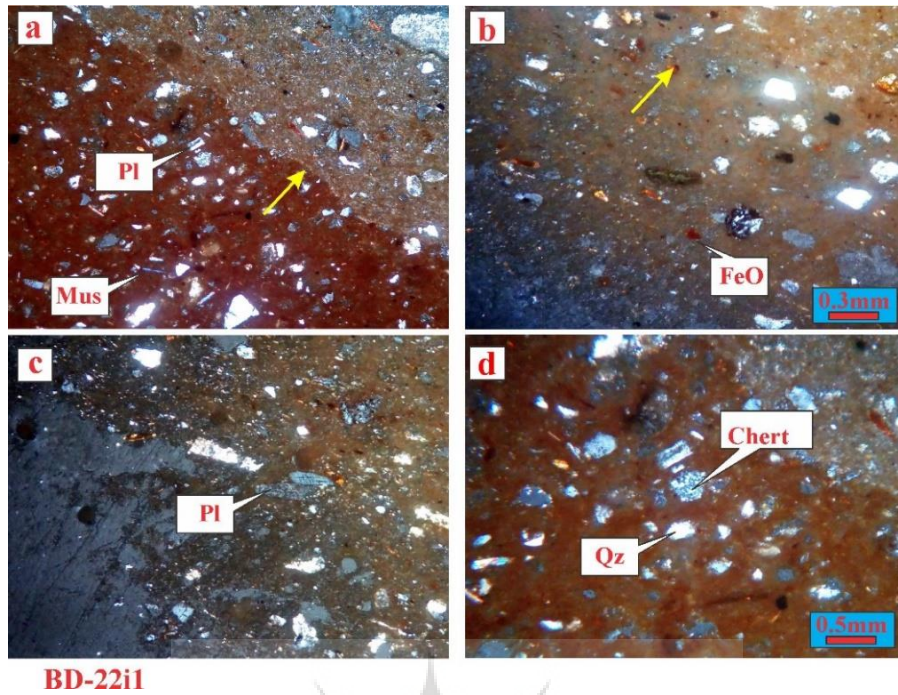
شکل ۷: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال شماره BD-17-h3. a. تصویری از بلور سوزنی مسکوویت. b. نمایی از کانی‌های ریز بلور کوارتز. c. غلبه ماتریکس گلی. d. جهت فلش، تخلخل نمونه را نشان می‌دهد همراه با وجود کانی فلزی

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 آغستگی اکسید آهن با رس زمینه. d. تصویری از کانی کوارتز (Qz).

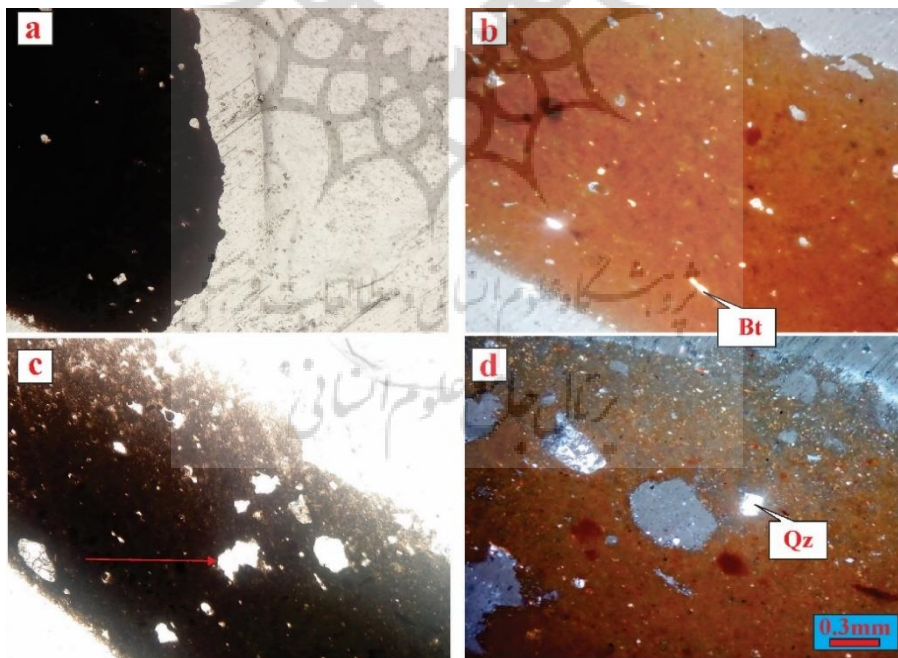
Fig. 8: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-17-n17 a. An image of the Plagioclase mineral. b. A view of Opaque or Metal minerals. c. The presence of sample holes (arrow direction) and Iron Oxide contamination with ground clay. d. a picture of a Quartz mineral (Qz)



BD-22i1

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

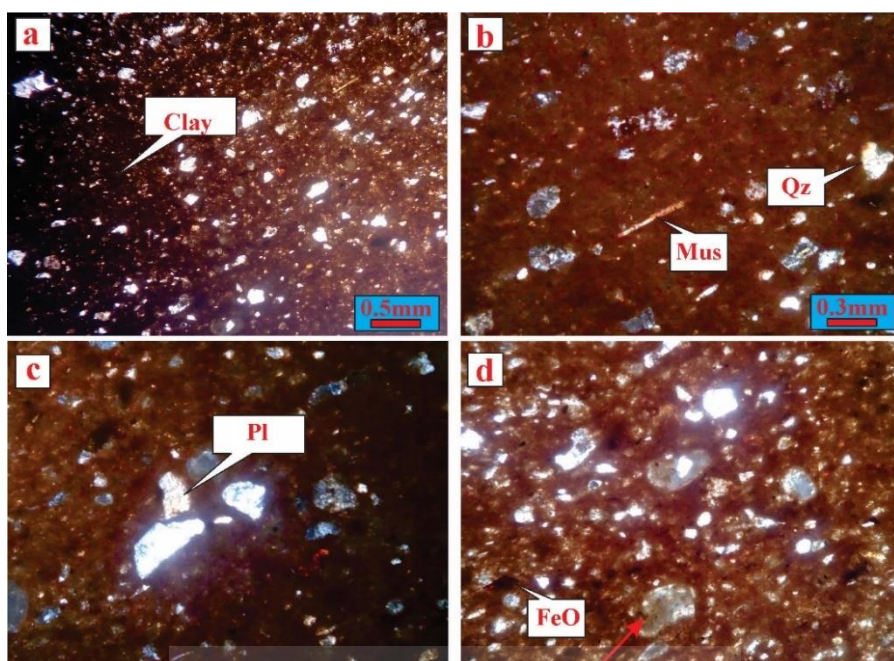
Fig. 9: Microscopic images of thin section petrography of pottery sample number BD-22-i1 a. image of the border between two parts of red clay and the presence of minerals Plagioclase-Muscovite. b. A view of Iron Oxide. c. An image of the Plagioclase mineral. d. A view of a piece of Chert and Quartz mineral



BD-22-D7

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



BD-22-C3

شکل ۱۱: تصاویر پتروگرافی مقطع نازک نمونه سفال 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

آن در تمام بافت بدنه نمونه‌ها، تقریباً یکسان است. وجود دانه‌های کوارتز به این شکل، در بدنه سفال حاکی از آن است که احتمالاً از ماسه سیلیسی خردشده یا شن خرد و الک شده [29]، در بدنه این سفال‌ها به‌عنوان پرکننده استفاده شده است؛ علاوه بر این امکان دارد که وجود این ذرات کوارتز، محصول هوازگی و خرد شدن سنگ مادر مولد خاک مورد استفاده در ساخت بدنه سفالینه‌ها باشد [21]. از سوی دیگر، بررسی مقاطع نمونه‌های سفال نشان داد که در تمامی آن‌ها، پرکننده به‌کاررفته در زمینه رسی، معدنی است و شواهدی از پرکننده‌های آلی در ساختار آن‌ها و بدنه سفالینه‌ها در مشاهدات میکروسکوپی آن‌ها نیز دیده نمی‌شود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که غالب پرکننده مورد استفاده در بدنه این سفال‌ها، ذرات کوارتز بوده است که پرکننده‌های زمینه رسی در بیشتر نمونه‌ها را تشکیل می‌دهد.

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

بررسی نتایج حاصل از مطالعات مقاطع نازک تهیه‌شده از بدنه سفال‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقه برج افغان سیستان در زابل متعلق به سده‌های ۴-۵ 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 بدنه 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 بدنه 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 اندازه ذرات

و سپس ورزدادن این توده گل به مدت طولانی، موجب ایجاد بافتی متراکم، منسجم و همگن در بدنه سفالینه‌ها شده است [30] که نتیجه آن پیوستگی بیشتر اجزای بافت تشکیل‌دهنده بدنه سفالینه‌ها به یکدیگر است (اشکال ۱۱-۶). با وجود این، وجود مقادیر زیاد سیلیس در ترکیب بدنه سفالینه‌ها، همیشه این عیب را نیز دارد که هرچند موجب سخت‌شدن بدنه 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، به همین 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 بدنه 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 زمینه رسی در نمونه‌های سفال مورد مطالعه شناسایی شده که شرایط پخت و واکنش‌های اکسیداسیون عامل اصلی

در ایجاد آن بوده است. وجود ذرات پراکنده 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 ۸، ۹ و ۱۱). پلاژیوکلازها در سیستم تری‌کلینیک متبلور و در ۸۰۰ درجه سانتیگراد تغییر شکل می‌یابند [34].

کانی‌های گروه میکا مانند مسکوویت و بیوتیت که در تمامی نمونه‌های به‌جز BD-17-n17 مشاهده می‌شود (اشکال 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 بدنه سفالینه‌ها می‌شود [20]. حضور بیوتیت در ساختار نمونه‌ها، خود موجب آزاد نمودن آهن در داخل بافت سفال شده و رنگ خمیره سفال را قرمز رنگ می‌نماید. بررسی ذرات بیوتیت در مقاطع با بزرگنمایی بالا، نشان‌دهنده پیوستگی و انسجام بافت زمینه و ذرات بیوتیت است که احتمالاً به دلیل واکنش حاشیه 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 تهیه این سفالینه‌ها احتمالاً خاک رس غنی از آهن، همچون خاک‌های رس قرمز بوده که موجب شده است در طول پخت سفالینه‌ها در کوره و به‌واسطه اتمسفر اکسیداسیون، در ساختار سفالینه‌ها طبق نتایج آنالیز پراش‌سنجی، شاهد حضور کانی‌های فریک، از قبیل هماتیت باشیم که موجب می‌شوند که رنگ بدنه و خمیره 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 (اشکال ۸، ۹ و ۱۱).

کارکرد اصلی و مهم کانی‌های فیلسیلیکاتی، نظیر مسکوویت و بیوتیت، در بدنه آثار سفالی، با توجه به

ماسه برای کاهش میزان انقباض گل سفالگری در هنگام خشک شدن و جلوگیری از ترک خوردن بدنه سفالینه‌ها را افزایش می‌دهد، ضمن آنکه حضور کوارتز موجب افزایش سختی و دوام و استحکام بدنه سفالینه‌ها نیز شده است.

۴-۵. آنالیز ترکیب عنصری بدنه سفالینه‌ها به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده شده (SEM-EDS)

به منظور تکمیل داده‌های پژوهش و آنالیز کیفی و کمی ترکیب شیمیایی بدنه سفالینه‌ها با توجه به محدودیت شدید نمونه‌برداری و منحصربه‌فرد بودن قطعات این سفال‌های تاریخی و همچنین کوچک بودن 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 پراکنده شده (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.

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

در مقاطع پتروگرافی بررسی شده، همچون نتایج پراش سنجی، هیچ کانی دمای بالایی به چشم نمی‌خورد و بیشتر کانی‌های شناسایی شده در دمای پایین و متوسط پایداری دارند. بررسی بافت نمونه‌ها در مقاطع میکروسکوپی آن‌ها، حاکی از غلبه ماتریس رسی ریزدانه در بدنه سفالینه‌هاست که از ویژگی‌های مهم خاک‌های رسی ثانویه، همچون خاک‌های رس سرخ‌رنگ است که علاوه بر 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 پراش سنجی تمامی نمونه‌ها و هم در مقاطع پتروگرافی مشاهده می‌شود، احتمال استفاده از پُرکننده‌های شن و

جدول ۵: نتایج آنالیز عنصری بدنه 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

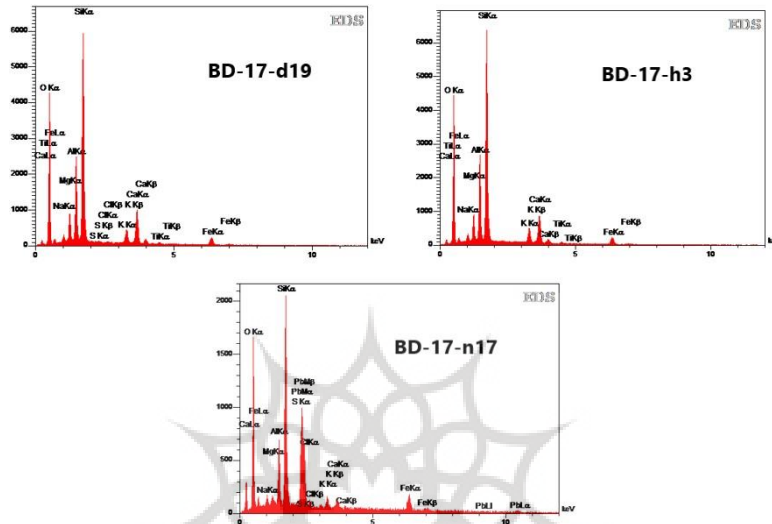
O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Pb	W% No
52.37	0.85	2.85	7.52	19.95	0.29	0.19	2.70	7.24	0.45	5.58	-	BD-17-d19
52.69	0.88	2.57	7.98	20.95	-	-	2.67	6.46	0.28	5.52	-	BD-17-h3
35.02	0.93	0.67	3.47	10.53	0.21	0.26	1.22	1.15	-	5.86	4.69	BD-17-n17

موجود در آن، هماهنگی به‌نسبت خوبی با نتایج به‌دست‌آمده از بررسی فازی سفالینه‌ها داشت و مؤید و تکمیل‌کننده 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

نتایج حاصل از آنالیز عنصری بدنه سفال‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقه 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

بوده که موجب شده است نتایج در این نمونه در میزان عناصر، نسبت به دو نمونه دیگر، کاهش 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.

جدول ۵ مشاهده می‌شود، میزان عناصری همچون: Mg، Al، Si، K، Ca و Pb در این نمونه، نسبت به دو نمونه دیگر کاهش قابل توجهی از خود نشان داده است. بنابراین، به نظر 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



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

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

این سفالینه‌ها از دمای متوسطی در حدود 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 بدنه 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 تهیه گل سفالگری این آثار سفالی دوران اسلامی از خاک‌های رس سرخ‌رنگ استفاده شده که موجب گشته است با پخت بدنه سفالینه‌ها در دمای متوسطی در حدود ۸۵۰-۹۰۰ درجه سانتیگراد با شرایط اکسیداسیون، رنگ بدنه و خمیره این سفالینه‌ها قرمز

۶. نتیجه‌گیری

بررسی و مطالعه ساختاری بدنه سفال‌های گلابه‌ای منقوش به دست آمده از حوزه برج افغان سیستان به روش‌های مختلف از جمله پراش پرتوی ایکس، پتروگرافی و تکمیل داده‌های پژوهش از طریق آنالیز عنصری بدنه 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 محوطه باستانی دیگر متعلق به دوره اسلامی به منطقه سیستان وارد شده است. در واقع، به دلیل استفاده از خاک رس مشابه در تهیه گل سفالگری به کاررفته در ساخت بدنه این سفالینه‌ها، ساختار کانی‌شناختی و ترکیب عنصری بدنه آن‌ها، مشابه هم است. از سوی دیگر، عدم وجود فازهای کانی‌شناختی دمای بالا و حضور برخی از فازهای ویژه، همچون کلسیت نشان می‌دهد که سفالگران دوران اسلامی برای پخت

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 اداره کل میراث فرهنگی شهرستان زابل، جناب آقای مهندس کیخا آریا، تشکر و قدردانی نمایند. علاوه بر این، بدین‌وسیله از کمک و یاری همکار ارجمند و گرامی، جناب آقای مهندس رضا خنجری، سپاسگزاری می‌گردد.

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 بدنه 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 منطقه دیگری به‌عنوان کالای تجاری به منطقه سیستان وارد شده است. البته اطمینان کامل از این موضوع و منشأ‌شناسی دقیق این سفالینه‌ها، به بررسی و مطالعات بیشتری نیازمند است که لازمه آن کشف نمونه‌های بیشتری از این گونه سفال در مطالعات و کاوش‌های باستان‌شناختی این محوطه در آینده و مطالعه آزمایشگاهی آن‌ها است.

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 موزه بنیاد مستضعفان تهران)، دو فصلنامه نگارینه هنر اسلامی: ۱۳۹۸، ۶ (۱۷): ۴-۲۲.]
- [2] Statistical Yearbook of Sistan and Baluchistan Province. Zahedan : Sistan and Baluchistan Governorate Planning Deputy ; 2010. [in Persian].
[سالنامه 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 (۲۰۱): 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)، مجله پژوهش‌های تاریخی ایران و اسلام: ۱۳۹۸، ۱۳ (۲۵): ۱۷۹-۱۹۶.]
- [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].

- [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 World in the Tareq Rajab Museum, IB Tauris & Co. Ltd. London, 2000.
- [15] Bulliet RW. Pottery styles and social status in medieval Khurasan. In *Archaeology, 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, Golden 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*. 2017; 59(2):1-17.
- [موسوی حاجی، رسول. زاهدان کهنه‌شهری خفته در سیستان، مشهد: نشر پاژ؛ ۱۳۸۸.]
- [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.]
- [عطایی، مرتضی؛ موسوی حاجی، سید رسول؛ و کولابادی، راحله. سفال منقوش گلابه‌ای (انواع، گستردگی، تاریخ گذاری)، فصلنامه نگره؛ ۱۳۹۱، ۷ (۲۳): ۸۸-۷۱.]
- [نورزهی، 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.]
- [پایدار، حسین. مواد اولیه مصرفی در صنایع سرامیک. اصفهان: نشر غزل؛ ۱۳۸۴.]
- [نورزهی، زینب؛ آجورلو، بهرام؛ باقرزاده کثیری، مسعود و ابراهیمی، قادر. باستان کانی‌شناسی سفالینه‌های عصر مفرغ کول تپه عجب شیر، شرق دریای ارومیه، دو فصلنامه پژوهش باستان‌سنجی؛ ۱۳۹۵، ۲ (۲): ۱۷-۱.]

- 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، آجلو بهرام، جهانگیری احمد، رازانی مهدی، علیزاده کریم. ساختارشناسی سفال‌های دوره‌ی پایانی مفرغ قدیم؛ محوطه‌ی باستانی کهنه‌شهر آذربایجان غربی. مطالعات باستان‌شناسی، ۱۳۹۶، ۹(۱): ۱۷-۱.]
- [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): ۳۳-۴۶.]
- [26] Emami, S. M. A., Noghani, S. An Investi-gation of re- Carbonation Process and Formation of Secndary 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 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 آرکتومتری (باستان‌سنجی)، 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 مصلا مشهد، دو فصلنامه پژوهش باستان‌سنجی، ۱۳۹۶، ۳(۱): ۳۶-۲۹.]
- [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 Cogā 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.