

## Identification of the Chemical Composition of the Slip Coating and the Colors Used in Some Slip-painted Pottery from the Sistan Region

Masoud Bater<sup>1\*</sup>, Faezeh Serajii<sup>1</sup>

Department of Conservation and Restoration of historical artifacts, Faculty of Art and Architecture, university of Zabol, P. O. Code. 98613-35856, Zabol, Iran.

### ARTICLE INFO

Article history:

Received: 28- 12- 2022

Accepted: 19 -06 -2023

Available online: 12 -11-2023

Print ISSN: 2251-7278

Online ISSN: 2383-2223

**DOR: 20.1001.1.22517278.1402.13.3.3.9**

### Keywords:

Slip-painted pottery

Pottery analysis

Pigment

Sistan

SEM-EDS

### ABSTRACT

*One of the most important types of pottery of the early Islamic era in Iran is the Slip-painted pottery that was developed and expanded in Iran in the third and fourth AH, especially in the Samanid period. In this research, to understand the techniques of slip coating in this pottery and to identify the chemical composition of slip and the pigments used in them, some historical samples of Slip-painted pottery found from Sistan were studied in various laboratory methods, including microscopic study, spot test, and Analysis by XRD and SEM-EDS method. These laboratory studies showed that clay slurry mixed with Lead compounds was used in the preparation of slip, and it was used for pottery motifs and paints spectrum from red to dark brown from ocher clay containing iron oxide mixed with manganese oxide and for green color, the earthy green pigment. In addition, it was found that according to the analysis of the mineralogical composition of the pottery bodies, they were fired at a temperature of 850-900 degrees Celsius.*



## شناسایی ترکیب شیمیایی پوشش لعاب گلی و رنگ‌های بکار رفته در برخی از سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقه سیستان

مسعود باتر<sup>۱\*</sup>، فائزه سراجی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران، کد پستی: ۹۸۶۱۳۳۵۸۵۶.

۲- دانش آموخته کارشناسی مرمت آثار تاریخی، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران، کد پستی: ۹۸۶۱۳۳۵۸۵۶.

### چکیده

یکی از مهم‌ترین انواع سفال‌های اوایل دوران اسلامی، در ایران، سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش است که در قرون سوم و چهارم هجری قمری به ویژه در عصر سامانیان در ایران توسعه و گسترش یافته است. در این پژوهش به منظور شناخت فنون پوشش گلی در این سفالینه‌ها و شناسایی ترکیب شیمیایی گلابه و رنگدانه‌های به کار رفته در آنها، تعدادی از نمونه‌های تاریخی سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از سیستان به شیوه‌های مختلف آزمایشگاهی، شامل: بررسی میکروسکوپی، آزمون نقطه‌ای، آنالیز به روش SEM-EDS و XRD مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعات آزمایشگاهی، نشان داد که در تهیه گلابه از دوغاب گل رس غنی از آلومینیم که آمیخته با ترکیبات سرب بوده، استفاده شده است و برای نقوش سفالینه‌ها و رنگ‌های طیف قرمز تا قهوه‌ای تیره از گل اخراجی حاوی اکسید آهن مخلوط با اکسید منگنز و برای رنگ سبز، از رنگدانه سبز خاکی استفاده شده بود. علاوه بر این، مشخص شد که با توجه به آنالیز ترکیب کانی شناختی بدنه سفالینه‌ها، این سفالینه‌ها و تزئینات آن در دمایی در حدود ۹۰۰-۱۵۰ درجه سانتی‌گراد پخت داده شده‌اند.

### اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹

در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱

شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۲۷۸

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۲۲۲۳

DOR: 20.1001.1.22517278.1402.13.3.3.9

### واژه‌های کلیدی:

سفال گلابه‌ای منقوش

آنالیز سفال

رنگدانه

سیستان

SEM-EDS



## ۱- مقدمه

استفاده از پوشش گلی (گلابه)، از دوره پیش از تاریخ در هنر سفالگری ایران به منزله نوعی لعاب به منظور نفوذناپذیر کردن بدنه و تزئین آن به کار می‌رفته است. در قرون اولیه اسلامی نیز، استفاده از گلابه روشن به رنگ متمایل به سفید برای تولید محصولات سفالی و در راستای رقابت این تولیدات با ظروف سرامیکی تولید کشور چین در دوران سامانیان رایج گشت. بعلاوه استفاده از پوشش گلی، بستری مناسب برای نقاشی و تزئین سفالینه‌ها فراهم می‌آورد. متأسفانه این روش، در اواخر دوران سلجوقی پس از ابداع بدنه‌های فرتی در قرن ششم هجری قمری به تدریج از رونق افتاد و به فراموشی سپرده شد (۱).

در واقع، می‌توان گفت که مهم‌ترین و رایج‌ترین روش تزئین سفالینه‌های لعاب‌دار در مناطق شرق ایران و آسیای مرکزی در قرون آغازین ورود اسلام در عصر حکومت طاهریان و سامانیان در قرون سوم و چهارم هجری قمری، استفاده از نقاشی گلابه‌ای بوده که چون بیشتر در مناطق شمال شرقی ایران مشاهده شده است، به سفالینه‌های شمال شرقی ایران نیز معروف می‌باشد. از سوی دیگر، چون سفالینه‌های گلابه‌ای، بیشتر در دوره سامانی (۲۰۴-۳۹۵ ه ق / ۸۱۹-۱۰۰۵ م) در محدوده حکومت این سلسله در مناطقی همچون: خراسان، ماوراء النهر و کرمان تولید می‌شده است، به سفال سامانی نیز شهرت دارد (۲، ۱)، با این وجود به دلیل زیبایی بسیار زیاد نقوش و کیفیت بالای ساخت، این سفالینه‌های زیبا، خواستاران زیادی در آن دوران داشته و به همین خاطر، نمونه‌هایی از آنها در بسیاری از مناطق دیگر ایران، از جمله در سیستان نیز کشف شده است (۳).

بررسی فنی ساختار سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش، نشان از اهمیت فوق‌العاده پوشش گلابه در این سفالینه‌ها دارد. اصولاً به هر نوع پوششی که برای تغییر رنگ سرامیک، یا ایجاد لایه‌ای میان بدنه و لعاب به منظور تنظیم و تطبیق ضریب انبساط حرارتی آنها با یکدیگر و یا حتی برای جلوگیری از چسبیدن قطعات سرامیکی به هم بر روی فرآورده‌های سرامیکی به کار رود، اصطلاحاً اینگوب<sup>۱</sup> گفته می‌شود (۱). در واقع این لایه، پوششی است از لعاب گلی که ترکیب شیشه‌ای شده از گل رس می‌باشد که به منظور کاهش تخلخل بدنه سرامیک و جلوگیری از خروج مواد فرار در آن به کار می‌رود (۴).

در متون علمی مربوط به حوزه سفال و سرامیک، معمولاً واژه اینگوب همرا با واژه اسلیپ<sup>۲</sup> به کار می‌رود و در بسیاری از موارد این دو واژه به صورت مترادف یکدیگر استفاده شده که اشتباه است. مترادفی که در زبان فارسی برای واژه اینگوب در فرهنگ‌ها و متون تخصصی به کار رفته است، دوغاب گلی رنگین است (۵)، چون اسلیپ به دوغاب یا سوسپانسیونی از هر نوع گل یا بدنه سرامیکی

آب گفته می‌شود که در اغلب موارد حاوی اکسیدهای رنگی است ولی اینگوب به مخلوطی از دوغاب گل رس و لعاب گفته می‌شود (۶). این دوغاب موجب یکنواختی، دوام، اصلاح ساختار سطحی و تغییر رنگ بدنه اصلی که معمولاً در این سفالینه‌ها قرمز است، می‌شود. این پوشش، معمولاً زمانی که بدنه سفال تا حدی رطوبت خود را از دست داده و هنوز حالت چرمینگی دارد، بر روی بدنه سفال به کار رفته و سطح بدنه با آن پوشش داده می‌شود (۱).

اولین محقق که به مطالعه جامع سفال‌های منقوش گلابه‌ای پرداخت، ویلکینسون بود که بر اساس نمونه‌های بسیاری که در کاوش‌های باستان‌شناسی موزه متروپولیتن از شهر باستانی نیشابور کشف شده بود (۸، ۷)، بر اساس روش تزئین، رنگ نقوش و بستر کار به طبقه‌بندی این نوع سفالینه‌ها پرداخت (۹). بعد از او، بیشتر پژوهشگران بعدی، کم و بیش روش مطالعه و شیوه طبقه‌بندی وی را مبنای کارهای پژوهشی خود قرار دادند (۱۰، ۹). با این حال، بعضی از محققان نیز، همچون: ریچارد بولیت با دیدگاه متفاوتی، بر اساس ارتباط این سفالینه‌ها با جایگاه مختلف اجتماعی به مطالعه این شیوه و سبک سفالگری دوران اسلامی پرداخته‌اند (۱۱) و برخی دیگر، مانند واتسون با شیوه‌ای متفاوت این سفال‌ها را بر اساس نوع نقوش به کار رفته (کتیبه‌ای، هندسی، گیاهی، انسانی و غیره) طبقه‌بندی نموده‌اند (۱۰).

بررسی مطالعات و پژوهش‌های انجام شده توسط محققان مختلف که تا کنون بر روی سفال‌های گلابه‌ای منقوش انجام شده است، نشان دهنده آن است که در بیشتر این پژوهش‌ها، محققان از منظر تاریخی و توصیفی به بررسی و مطالعه این دسته از سفالینه‌های مهم دوران اسلامی پرداخته‌اند و یا نقوش تزئینی آنها را به لحاظ محتوی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند و در این میان، کمتر پژوهشی را می‌توان سراغ گرفت که بر اساس روش‌های تجربی مبتنی بر مطالعات آزمایشگاهی به بررسی جنبه‌های مختلف علمی و فنی این آثار پرداخته باشد.

در این میان تنها سه پژوهش به شیوه تجربی بر روی سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش انجام شده است. برنستد در کتاب مشهور خود، «روش و مواد سفال‌های اولیه اسلامی» که در سال ۲۰۰۳ میلادی منتشر شده است، به معرفی نوع لعاب و رنگ‌های به کار رفته در سفال‌های گلابه‌ای نیشابور پرداخته است (۱۲). هلاکویی و همکارانش در سال ۲۰۱۹ میلادی با بررسی و آنالیز دستگامی تعدادی از قطعات سفال‌های گلابه‌ای مکشوفه از نیشابور و افراسیاب در سمرقند نشان دادند که ترکیب گلابه در این دو منطقه با یکدیگر تفاوت‌های آشکاری دارد که نشان از سنت‌های محلی تولید در این گونه از سفالینه‌های دوران اسلامی است علاوه بر این نوع رنگ‌های به کار رفته در نقوش، نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش، شناسایی شده است (۱۳).

<sup>۱</sup> Engobe<sup>۲</sup> Slip

بی‌بی دوست در سیستان بدست آمده است، به روش تجربی با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی مختلف مورد مطالعه و آنالیز قرار گرفته است تا به این ترتیب فنون به کار گیری پوشش لعاب گلی در این سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش و ترکیب شیمیایی این نوع لعاب و همچنین رنگ‌های مختلف به کار رفته بر روی آنها بر اساس مطالعه آزمایشگاهی نمونه‌های تاریخی اصیل مورد شناسایی قرار گیرد که مسئله مهم و اصلی این پژوهش است.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

در این پژوهش، تعداد شش قطعه شکسته از بدنه سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش چند رنگ دوران اسلامی که از مطالعات سطح الارضی حوزه برج افغان در نزدیکی محوطه تاریخی بی‌بی دوست شهرستان زابل در دشت سیستان بدست آمده است، به روش تجربی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. این منطقه در منتهی الیه بخش ربض شهر تاریخی زاهدان کهنه از دوران اسلامی سیستان قرار دارد.

محوطه تاریخی زاهدان کهنه یکی از مهم‌ترین محوطه‌های باستان شناسی دوران اسلامی در دشت سیستان، می‌باشد (شکل ۱) که در طول قرون ۵ تا ۹ هجری قمری مرکز سیستان بزرگ در آن دوران بوده است.

مورلا و همکارانش نیز در سال ۲۰۲۰ میلادی در پژوهشی ضمن بررسی و آنالیز تعدادی از سفالینه‌های دوران اسلامی منطقه باستانی ترمز در ازبکستان که با روش‌های مختلف این دوران تزئین شده بوده، برخی از نمونه سفال‌های گلابه‌ای منقوش را که در میان این قطعات بوده است، از نظر ترکیب لعاب گلی و رنگ‌های به کار رفته، مورد بررسی و مطالعه قرار داده‌اند [۱۴].

در واقع اهمیت و ضرورت این پژوهش از آن جایی بیشتر آشکار می‌گردد که بدانیم، همین اندک مطالعاتی هم که در این بخش مرور شد، بیشتر با هدف طبقه‌بندی و تاریخ‌گذاری این دسته از آثار سفالی انجام شده است و پژوهش‌های تجربی که متکی بر بررسی آزمایشگاهی بر روی پوشش لعاب و رنگ‌های به کار رفته در نقوش زیبای این گروه از سفالینه‌های دوران اسلامی باشد، بسیار اندک است؛ لذا در این پژوهش هدف ما بررسی و شناسایی ترکیب پوشش لعاب گلی و شناخت رنگ‌های مختلف به کار رفته در نقوش رنگین سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش، مکشوفه از سیستان است که بر اساس مطالعه تجربی و آزمایشگاهی آنها انجام می‌گیرد تا گامی هر چند کوچک در راستای رفع خلاء علمی موجود در این زمینه برداشته شود. در واقع این تحقیق با هدف شناسایی ترکیب شیمیایی مورد استفاده در تهیه پوشش گلابه در این گروه از سفالینه‌ها و شناخت عوامل مهم و اصلی رنگزا در نقوش رنگارنگ به کار رفته در آنها، بر اساس روش‌های تجربی انجام شده است.

در این تحقیق، تعدادی از قطعات شکسته سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش چند رنگ مطالعاتی که از منطقه برج افغان در نزدیکی محوطه



شکل ۱: موقعیت زاهدان کهنه در سیستان [۱۵].

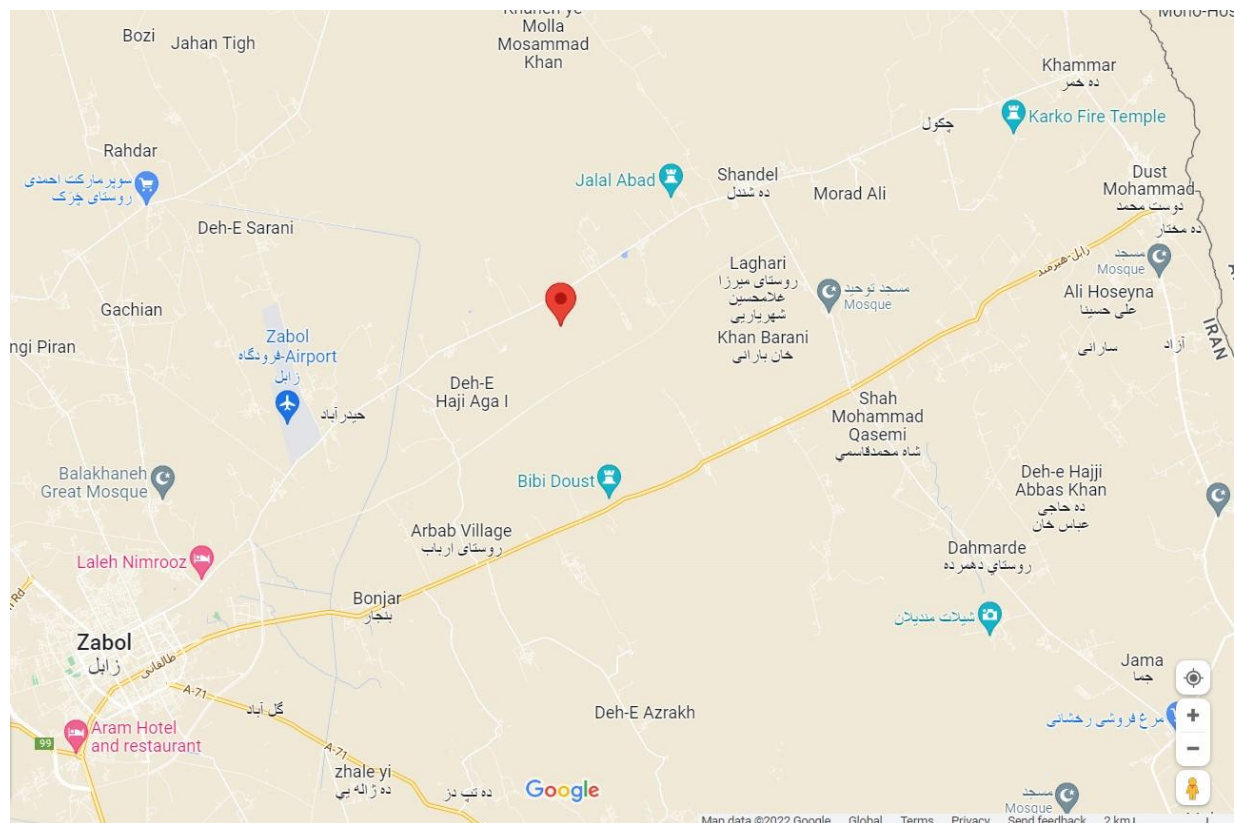
Figure 1: The location of the Zahedan-e-Kohne in Sistan [15].

منقوش، بدون لعاب و لعاب‌دار سطح بیشتر این تپه‌های باستانی را پوشانده است. قطعات مطالعاتی سفالینه‌های گلابه‌ای مورد نظر که از این منطقه بدست آمده است به منظور شناسایی نوع پوشش لعاب گلی و همچنین رنگ‌های به کار رفته در تزئین نقوش آنها در این پژوهش به روش‌های مختلف مورد آنالیز و آزمایش قرار گرفته است (شکل ۳). بررسی و مطالعه ظاهری سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از سیستان به روش ماکروسکوپی و میکروسکوپی نشان دهنده آن بود که رنگ خمیره قطعات سفالی گلابه‌ای منقوش، قرمز رنگ است و بافت بدنه و خمیره آنها از سختی و استحکام مطلوبی برخوردار است. فرم و شکل کلی این سفالینه‌ها که جز ظروف می‌باشند، احتمالاً به صورت کاسه و بشقاب بوده است. ضخامت بدنه در این ظروف سفالی در حد متوسط و حدود ۹-۷ میلی‌متر است ولی در میان سفال‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه، دو قطعه با بدنه نسبتاً ظریف به ضخامت ۴ میلی‌متر نیز مشاهده می‌گردد.

در تمامی این سفالینه‌ها، سطح داخلی بدنه منقوش و با رنگ‌های مختلف به صورت بسیار زیبایی تزئین شده است (شکل ۳). با توجه به بقایای نقوش بجای مانده بر روی قطعات و شکل کلی سفالینه‌ها، احتمالاً این سفال‌های گلابه‌ای منقوش چند رنگ به قرون چهارم و پنجم هجری قمری تعلق دارند [۱۰، ۳، ۲].

این شهر مهم دوران اسلامی که در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل و شمال منطقه زهک واقع شده [۱۶، ۱۵]، در حدود سال ۳۶۵ هجری در دوران حکومت خلف بن ابو جعفر بن لیث، آخرین امیر صفاریان در سیستان بنیان نهاده شده است [۱۷]. قسمت رضی این شهر تاریخی که نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش از این بخش بدست آمده است در واقع حکم حومه شهر را داشته و شامل منطقه بسیار وسیع و گسترده‌ای بوده است که وسعت آن را به دلیل گستردگی این بخش، به طور دقیق نمی‌توان مشخص نمود ولی احتمالاً مساحت آن، از شمال تا منطقه بی بی دوست و از جنوب تا تپه شهرستان گسترده بوده است [۱۵]. با این وجود، پس از این محدوده نیز هنوز، ساختارهای تاریخی و معماری، در این منطقه تا حوزه برج افغان، همچنان گسترده شده که این امر نشان دهنده پیوستگی و تداوم تاریخی آثار معماری در دشت بزرگ سیستان است (شکل ۱-۲).

در سطح بیشتر تپه‌ها و ساختارهای معماری ویران شده بخش رضی زاهدان کهنه و اطراف آن از منطقه بی‌بی دوست تا حوزه برج افغان، یافته‌های باستان‌شناختی بسیاری به ویژه قطعات شکسته شده سفال‌های تاریخی که بیشتر آنها به دوران اسلامی تعلق دارد، مشاهده می‌گردد. این آثار سفالی تاریخی در انواع و اشکال مختلف، اعم از ساده،



شکل ۲: موقعیت محل کشف نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش در برج افغان در نزدیکی بی‌بی دوست (google map).

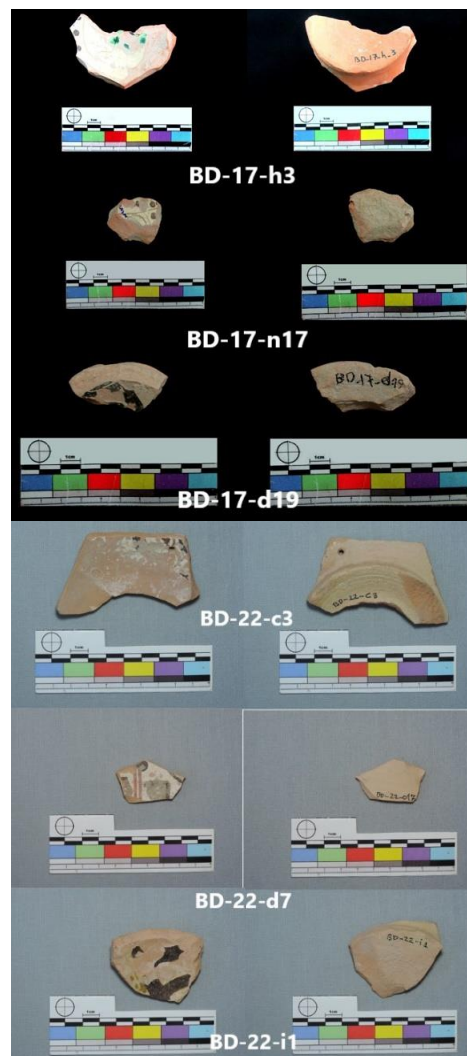
Figure 2: The location of the discovery of slip-painted pottery in Afghan Tower near Bibi Doust (google map).

بسیار اندکی از نمونه‌ها را شامل می‌شود، سفال‌های گلابه‌ای منقوش است. از میان ۱۸ قطعه سفال مطالعاتی این گونه که شامل سفال‌های گلابه‌ای منقوش تک رنگ و چند رنگ بود، شش نمونه به طور اتفاقی (Random) برای بررسی و مطالعه در این پژوهش انتخاب گردید. پس از انتخاب قطعات سفالی، از لعاب گلی، انواع رنگ به کار رفته در نقوش و بدنه قطعات به طور جداگانه به میزان بسیار اندکی، نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها، پس از مستند نگاری و شماره گذاری برای انجام مطالعات آزمایشگاهی، آماده‌سازی شد که مشخصات ظاهری قطعات سفالی مورد مطالعه در این پژوهش و کد نمونه‌ها به شرح زیر در جدول شماره ۱ آمده است.

مطالعه تطبیقی قطعات سفالی مورد مطالعه در این پژوهش، حاکی از آن است که با توجه به نمونه‌های تاریخی مشابهی که در بررسی‌های دشت سیستان توسط موسوی حاجی و همکارانش بدست آمده است (۲) و آثار مشابهی که در «مطالعه مجموعه‌ای از نمونه‌های سفالین سیستان» بررسی شده است، این قطعات به قرون ۴-۵ هجری قمری تعلق دارد (۳) (شکل ۴). سفال‌های مورد مطالعه از نوع سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش چند رنگ بر زمینه سفید می‌باشد که از نظر رنگ نقوش به کار رفته، نوع لعاب گلی، رنگ سفید زمینه نقوش و محتوی و شکل نقوش به کار رفته در تزیین قطعات با سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش متعلق به قرون ۴-۵ هجری قمری بدست آمده از نیشابور و کرمان، قابل مقایسه است.

## ۲-۲- روش‌ها

به منظور بررسی و مطالعه سفالینه‌های گلابه‌ای مورد نظر به روش تجربی با استفاده از شیوه‌های مختلف آزمایشگاهی، در آغاز، تمامی قطعات به طور جداگانه تصویربرداری شد و سپس ساختار لایه‌ها و نقوش رنگین اجرا شده بر روی آنها به روش مطالعه ماکروسکوپی و میکروسکوپی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.



شکل ۳: قطعات سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه در این پژوهش.

Figure 3: pottery shreds of Slip-painted studied in this research.

از میان هزاران قطعه انواع سفال مطالعاتی بدست آمده از منطقه باستانی برج افغان در سیستان، که بیشتر آنها به دوران اسلامی و قرون ۴-۶ هجری قمری تعلق دارد، یکی از گونه‌های بسیار نادر که درصد

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

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

No.	Sample code	place of discovery	The color of paste pottey	Color and type of coating	Type of pottery	Position of the piece	Filler type
1	BD-17-h3	Afghan tower area- Zabol	red	Slip - yellow to	painted	bottom dish	Sand & Silt
2	BD-17-d19	Afghan tower area- Zabol	red	Slip - yellow to	painted	body dish	Sand & Silt
3	BD-17-n17	Afghan tower area- Zabol	red	Slip - yellow to	painted	body dish	Sand & Silt
4	BD-22-i1	Afghan tower area- Zabol	red	Slip - yellow to	painted	bottom dish	Sand & Silt
5	BD-22-d7	Afghan tower area- Zabol	red	Slip - yellow to	painted	body dish	Sand & Silt
6	BD-22-c3	Afghan tower area- Zabol	red	Slip - yellow to	painted	bottom dish	Sand & Silt



شکل ۴: قطعات سفال گلابه‌ای منقوش بر زمینه سفید مکشوفه از منطقه سیستان (۲، ۳، ۱۰)

Figure 4: pottery shreds of Slip-painted engraved on an exposed white background from the Sistan region (2, 3, 10).

لوله مس، ساختار و ترکیب کانی شناختی نمونه‌ها مورد مطالعه و آنالیز قرار گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- بررسی ساختار لایه‌های تزئینی گلابه و نقاشی در

##### سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به روش میکروسکوپی

بررسی ساختار لایه‌های تزئینی در سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه در این پژوهش به روش میکروسکوپی، حاکی از آن بود که لایه لعاب گلی نخودی رنگ متمایل به سفیدی که سطح داخلی قطعات با آن پوشش داده شده، بسیار نازک بوده و به واسطه پخت خوبی که سفال داشته است، اتصال خوب و مستحکم با بدنه سفال دارد (شکل ۵). ضخامت کم این پوشش گلابه از یک سو و اتصال مستحکم آن با بدنه سفال، به دلیل پخت مناسب آن از سوی دیگر، موجب شده است که با وجود آن که تمامی قطعات سفال مورد مطالعه در این پژوهش در شرایط محیطی بسیار نامناسبی برای قرن‌ها در معرض عوامل جوی و هوازدگی شدید بوده‌اند؛ باز هم بخش زیادی از تزئینات به کار رفته در سطح قطعات سفالین، اعم از لعاب گلی و همچنین نقوش چند رنگی که برای تزئین آنها به کار رفته است، همچنان سالم باقی بماند. تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از سطح قطعات، گویای آن بود که ابتدا سطح داخلی سفالینه‌ها با یک لایه بسیار نازک از پوشش لعاب گلی سفید پوشش داده شده است (شکل ۵) تا بستر مناسبی به عنوان بوم‌کننده برای تزئینات نقاشی بر روی این نوع سفالینه‌ها فراهم شود تا بدین ترتیب، در هنگام اجرای نقوش تزئینی، رنگ بر روی سطح مورد نظر پخش نشود و باعث خرابی نقوش تزئینی در هنگام نقاشی آنها نگردد.

برای آنالیز ساختار و ترکیب شیمیایی پوشش نازک لعاب گلی و همچنین رنگ‌های مختلف به کار رفته در نقاشی و تزئین سطح سفالینه‌ها که بر روی لایه نازک لعاب گلی اجرا شده بود، به مقدار بسیار اندکی از لایه لعاب گلی و همچنین هر یک از رنگ‌های مختلف نقوش رنگین تزئینی سطح سفالینه‌ها، به طور جداگانه نمونه برداری شد. ابتدا برای آنالیز کیفی و شناسایی کاتیون‌های شاخص موجود در هر یک از رنگ‌های نقوش سفالینه‌ها، نمونه‌های رنگ به روش آزمون نقطه‌ای (اسپات تست) مورد آزمایش قرار گرفت. در این روش، پس از انحلال مقدار بسیار اندکی از رنگدانه‌ها در آب مقطر، به منظور آنالیز کیفی کاتیون‌های شاخص موجود در نمونه‌ها با افزودن چند قطره شناساگر ویژه، حضور و یا عدم وجود آنها با توجه به واکنش انجام شده و تغییرات شاخص ایجاد شده در محلول حاصله، مورد بررسی و شناسایی قرار گرفت. سپس به منظور شناسایی ترکیب دقیق نمونه‌ها و آنالیز کیفی و کمی ترکیب شیمیایی پوشش لعاب گلی و رنگ‌های به کار رفته در نقوش سفالینه‌ها به صورت عنصری با توجه به کوچک بودن قطعات سفالینه‌ها، منحصر به فرد بودن آنها، میزان بسیار اندک نمونه‌ها و محدودیت نمونه برداری از قطعات از روش میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی پرتوی ایکس (SEM-EDS) استفاده گردید که به مقدار نمونه بسیار کمی در حد چند میلی‌گرم برای آنالیز نیازمند است. برای این کار از میکروسکوپ الکترونی مدل 1450VP، ساخت شرکت LEO، کشور آلمان استفاده گردید.

علاوه بر این به منظور شناخت ترکیب کانی شناختی و فازهای تشکیل دهنده خمیره این سفالینه‌ها از بدنه آنها نیز مقداری بسیار کمی نمونه برداری شد و به روش پراش سنجی پرتو ایکس (XRD) با دستگاه XRD مدل D8 ADVANCE Bruker ساخت کشور آلمان با

سفالینه با یک لایه لعاب سربی شفاف بسیار نازک پوشش داده شده است تا نقوش تزئینی زیبای سطح ظروف در مقابل عوامل مخرب محیطی حفاظت شود و هم بر زیبایی بیشتر این سفالینه‌ها افزوده گردد.

ضخامت و کیفیت این لایه پوشش نهایی در سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مناطق مختلف متفاوت است. در نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش که از منطقه سیستان بدست آمده است، ضخامت پوشش سربی شفاف نهایی سطح نقوش بسیار نازک بوده و دارای کیفیت پایینی بود، به طوری که سطح آن در بیشتر نقاط با حباب‌های بسیاری پوشیده شده بود. از سوی دیگر، بخش اعظم لایه لعاب سربی شفاف به دلیل فرسایش و هوازگی شدید قطعات از میان رفته بود و فقط آثاری از آن در زیر میکروسکوپ قابل مشاهده است. در واقع مهم‌ترین جنبه آسیب‌شناختی مورد مطالعه و قابل مشاهده در این نمونه‌های سفالین، تخریب و فرسایش شدید پوشش لعاب سربی شفاف به کار رفته در سطح قطعات سفالین بود که خود عاملی بوده است که موجب گشته که لایه‌های زیرین؛ یعنی لایه لعاب گلی و همچنین لایه رنگ به کار رفته در نقوش تزئینی سفال تا حدی دچار آسیب گردد (شکل ۵). کیفیت پایین لایه لعاب سربی و قرارگیری این قطعات سفالی برای مدت بسیار طولانی در معرض عوامل مخرب محیطی و هوازگی موجب شده است که لایه تزئینی به کار رفته در این سفالینه‌ها به شدت دچار فرسایش و تخریب گردد. بررسی میکروسکوپی قطعات، همچنین گویای آن است که برای تمامی نمونه‌ها از پرکننده‌های معدنی، شامل ذرات ریز شن و ماسه برای کنترل انقباض بدنه سفال در هنگام خشک شدن آنها به منظور جلوگیری از ترک خوردن بدنه سفالینه‌ها در هنگام خشک شدن، استفاده شده است.

### ۲-۳- شناسایی کیفی کاتیون‌های شاخص موجود در رنگ‌های به کار رفته در نقوش تزئینی رنگین سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به روش آزمون نقطه‌ای (اسپات تست)

به منظور شناسایی و آنالیز کیفی عناصر تشکیل دهنده رنگدانه‌های به کار رفته در نقوش تزئینی سفالینه‌ها، به ویژه شناخت کاتیون‌های شاخص رنگزا در نمونه‌های رنگ نقوش، از روش قدیمی آزمون نقطه‌ای (اسپات تست) با استفاده از معرف‌های مربوطه استفاده شد. در این بخش از مطالعات آزمایشگاهی، کاتیون‌های عناصر مهم معدنی، همچون: آهن، سرب، مس و کروم که عامل ایجاد رنگ در رنگدانه‌های مهم طبیعی مورد استفاده در نقوش سفال بوده، با توجه به طیف رنگ‌های به کار رفته در نقوش سفال با این شیوه، مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفت. بدین منظور، برای آنالیز کیفی کاتیون آهن III از معرف فروسیانید پتاسیم و تیوسیانات آمونیم، برای شناسایی کیفی کاتیون سرب II از معرف یدید پتاسیم و کرومات پتاسیم و برای آنالیز کیفی کاتیون مس II و کاتیون کروم III از



شکل ۵: تصویر میکروسکوپی وضعیت و نحوه قرارگیری لایه پوشش گلابه و نقوش تزئینی رنگین اجرا شده بر روی آن با بزرگنمایی 15X.

Figure 5: Microscopic image of the condition and placement of the slip coating layer and colorful decorative motifs executed on it with 15X.

در واقع رواج و گسترش استفاده از سفالینه‌ها بجای ظروف فلزی و بکارگیری پوشش گلی یا گلابه در سطح ظروف سفالی، به منظور زیباسازی هر چه بیشتر آنها، موجب پیشرفت بسیاری در فنون تزئین سفالینه‌ها در قرون اولیه اسلام شد، چون در این دوره میل به زهد و تقوا از یک سو و پرهیز از تجمل و مواهب مادی از سوی دیگر و همچنین حرمت استفاده از ظروف زرین و سیمین برای خوردن و آشامیدن در آیین اسلام و عوامل اقتصادی، موجب شد که مجدداً صنعت و هنر سفالگری رونقی دوباره یابد.

علاوه بر این، به لحاظ فناوری نیز، استفاده از این روش جدید سفالگران را قادر می‌ساخت که نقوش مختلفی را به دلخواه به صورت تک رنگ و چند رنگ بر روی سفالینه‌ها به کار برند؛ چون هنگامی که در مرحله پخت، لعاب سربی شفاف رویه سفالینه‌ها در معرض دمای بالای کوره قرار می‌گرفت، لایه لعاب گلی به کار رفته در سطح سفالینه‌ها، از لکه‌شدن و پخش رنگ نقوش به کار رفته در سطح لعاب گلی و تخریب آنها جلوگیری می‌نمود (۱۹، ۹، ۸).

بررسی نمونه سفال‌های مورد مطالعه نشان داد که پس از اجرای پوشش لعاب گلی، سطح قطعات سفالی با نقوش تزئینی بسیار زیبایی به رنگ‌های مختلف، شامل: قرمز، قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای، قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی و سبز، نقاشی و آراسته شده است که در این میان، ضخامت لایه رنگ به کار رفته در نقوش، از ضخامت لعاب گلی مورد استفاده در سفالینه‌ها، کمتر بوده است. در پایان کار نیز سطح کل



این لایه و پوشش استفاده شده و حضور بارز کاتیون سرب به میزان ۳۷/۱۶ درصد وزنی عامل ایجاد رنگ روشن و سفید لایه گلابه در سطح سفال است. در واقع به نظر می‌رسد که برای ایجاد رنگ روشن و سفید پوشش گلابه احتمالاً از سفیداب سرب  $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$  برای این منظور استفاده شده است.

بررسی طیف آنالیز عنصری لعاب گلی در نمونه سفال BD-17-d19 به روش SEM-EDS و نتایج آن (جدول ۳)، حاکی از آن است که با توجه به درصد عناصری نظیر سلیس به میزان ۱۵/۰۸ درصد، اکسیژن ۴۴/۳۷ و آلومینیم ۸/۵۲ درصد و شناسایی عناصر قلیایی و قلیایی خاکی، همچون: سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ترکیب شیمیایی گلابه که میزان آنها به ترتیب ۰/۸۵، ۱/۵۳، ۵/۴۴ و ۱/۷۴ درصد وزنی است، در ترکیب لعاب گلی در این نمونه سفال نیز همچون سایر نمونه‌ها از مخلوطی از گل رس دوغابی با رنگ سفید برای پوشش دهی سطح بدنه سفال استفاده شده است.

در این نمونه نیز وجود کاتیون سرب به میزان بالای ۱۸/۶۹ درصد وزنی، عامل ایجاد رنگ روشن و سفید در پوشش گلابه مورد استفاده در سطح سفال بوده است که احتمالاً نشانی است از به کارگیری رنگدانه سفیداب سرب که با دوغاب گل رس برای ایجاد رنگ روشن در گلابه ترکیب شده است.

معرف آمونیاک استفاده شد که نتایج این بخش از آزمایشات در جدول ۲ آمده است.

### ۳-۳- آنالیز ترکیب شیمیایی لعاب گلی در سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده شده (SEM-EDS)

به منظور شناسایی کیفی و کمی ترکیب شیمیایی پوشش گلابه مورد استفاده در سطح داخلی سفالینه‌های مورد مطالعه و تعیین عناصر تشکیل دهنده آن، از روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده شده (SEM-EDS) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

بررسی طیف حاصل از تجزیه عنصری لعاب گلی در نمونه سفال BD-17-n17 به روش SEM-EDS و نتایج حاصل از آن (جدول ۳)، حاکی از آن است که با توجه درصد عناصر بدست آمده در آنالیز؛ یعنی حضور بارز عناصری همچون سلیس به میزان ۱۲/۵۵ درصد، آلومینیم ۴/۹۰ درصد و عناصر قلیایی و قلیایی خاکی همچون: سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب به میزان ۱/۳۶، ۱/۵۹، ۱/۳۰ و ۰/۸۹ درصد وزنی در این نمونه، از ترکیبی از گل رس به صورت دوغاب برای تهیه

جدول ۲: نتایج آنالیز کیفی کاتیون‌های شاخص موجود در رنگ‌های نقوش تزئینی سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به روش آزمون نقطه‌ای.

**Table 2:** The results of the qualitative analysis of the indicator cations in the paints of the decorative motifs of the Slip-painted pottery by the spot test method.

Sample no spot test method	BD-17-h3	BD-17-d19	BD-17-n17	BD-22-i1	BD-22-d7	BD-22-c3
Fe <sup>3+</sup> test with potassium ferrocyanide	Prussian blue, +	Prussian blue, +	Prussian blue, +	Prussian blue, +	Prussian blue, +	Prussian blue, +
Fe <sup>3+</sup> test with Ammonium thiocyanate	blood red, +	blood red, +	blood red, +	blood red, +	blood red, +	blood red, +
Pb <sup>2+</sup> test with potassium iodide	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +
Pb <sup>2+</sup> test with Potassium chromate	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +	Yellow precipitate, +
Cu <sup>2+</sup> test with ammonia	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -
Cu <sup>2+</sup> test with Potassium thiocyanate	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -
Cr <sup>3+</sup> test with ammonia	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -	No change, -

جدول ۳: نتایج تجزیه عنصری گلابه در نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش.

**Table 3:** The results of elemental analysis of Slip in the Slip-painted pottery samples.

sample no	W% O	W% Na	W% Mg	W% Al	W% Si	W% P	W% Cl	W% K	W% Ca	W% Ti	W% Mn	W% Fe	W% Ba	W% Pb
BD-17-n17	38.30	1.36	0.89	4.90	12.55	0.47	0.32	1.59	1.30	0	0.07	0.82	0	37.16
BD-17-h3	51.18	1.32	3.58	7.70	19.10	0	0.42	2.08	8.71	0.27	0	5.06	0.58	0
BD-17-d19	44.37	0.85	1.74	8.52	15.08	0.31	0.22	1.53	5.44	0.24	0	2.55	0.37	18.69

مورد پژوهش با نمونه‌های بدست آمده از ترمز ازبکستان متفاوت است که با توجه به استفاده از منابع و مواد اولیه متفاوت، این اختلاف طبیعی به نظر می‌رسد [۱۴]. هولاکویی و همکارانش نیز در بررسی ترکیب لعاب گلی در نمونه‌های بدست آمده از این نوع سفال در نیشابور به نتایج مشابهی دست یافته‌اند و استفاده از خاک رس آلومینوسیلیکاتی را در ترکیب لعاب گلی مورد تاکید قرار داده ولی درصد بالای سرب در این لعاب را حاصل برهم کنش لایه لعاب سربی با این لایه دانسته است [۱۳].

### ۳-۴- شناسایی رنگ‌های به‌کار رفته در نقوش تزئینی سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش به‌روش میکروسکوپ الکترونی روبشی، مجهز به سیستم تجزیه پرتوی ایکس پراکنده‌شده (SEM-EDS)

به منظور شناسایی ترکیب شیمیایی رنگ‌های مختلف به کار رفته در نقوش سفالینه‌های گلابه‌ای و شناخت عوامل رنگزا در ترکیب آنها، با توجه به مقدار بسیار اندک نمونه رنگ باقی مانده در نقوش سفالینه‌ها در این بخش از مطالعات نیز برای آنالیز رنگ‌ها، از روش EDS استفاده شد. پس از نمونه برداری جداگانه از هر یک از رنگ‌های باقیمانده ( قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای، قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی و سبز)، نمونه‌های رنگ به روش فوق مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج آن به شرح زیر در جدول ۴ آمده است. بررسی دیاگرام حاصل از آنالیز عنصری رنگ‌های طیف قهوه‌ای، شامل قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای و قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی در نقوش رنگی به کار رفته در سفالینه‌های مورد مطالعه در این پژوهش (d19، h3 و n17) و نتایج حاصل از آن (جدول ۴)، حاکی از آن است که با توجه به حضور بارز

البته با توجه به پخت سفالینه‌ها در کوره در دمای بالا، در مرحله تجزیه و اکسیداسیون ترکیبات بدنه، احتمالاً کربنات‌هایی همچون کربنات قلیایی سرب (سفیداب شیخ) در اثر حرارت می‌تواند، تجزیه گردد و به ترکیباتی همچون لیتارژ زرد رنگ (اکسید سرب PbO II) تبدیل گردد که با توجه به رنگ مایه سفید متمایل به زرد گلابه در بیشتر قطعات سفالی مورد مطالعه، این امر توجیه پذیر می‌باشد؛ هرچند اظهار نظر قطعی در این رابطه، نیازمند بررسی‌های آزمایشگاهی بیشتری است.

از سوی دیگر وجود درصد بالایی از سرب بین ۱۸-۳۷ درصد در لعاب گلی نمونه‌های مورد بررسی با نتایج یافته‌های حاصل از آنالیز ترکیب لعاب گلی برخی از سفالینه‌های گلابه‌ای منطقه ترمز ازبکستان توسط مورلا و همکارانش همخوانی دارد. در نمونه سفال‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از ازبکستان، میزان اکسید سرب موجود در لایه لعاب گلی بین ۱۰ تا ۲۲ درصد متغییر بوده است ولی مورلا وجود درصد بالای سرب را در ترکیب لعاب گلی عمدی و از اجزای اصلی این نوع لعاب دانسته است، چون موجب اتصال و پیوند مستحکم لعاب گلی با بدنه سفال می‌گردد، نکته بسیار مهمی که عملاً در پیوند و اتصال بسیار محکم لایه گلابه به بدنه در نمونه‌های سفالی گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقه سیستان نیز به خوبی قابل مشاهده است. از سوی دیگر به عقیده وی ترکیب اصلی مورد استفاده برای تهیه لعاب گلی در این گونه سفالینه‌ها دوغابی از گل رس غنی از آلومینیوم با درصد پایینی از اکسید کلسیم است که تا حدی با نتایج بدست آمده از نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش همخوانی دارد. آنالیز ترکیب لعاب گلی قطعات بدست آمده از این نوع سفال در سیستان نیز حکایت از استفاده از دوغابی از گل رس غنی از آلومینیوم دارد، با این تفاوت که میزان آلومینیوم و اکسید کلسیم در نمونه‌های

جدول ۴: نتایج آنالیز رنگ‌های نقوش تزئینی سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش.

Table 4: The results of analysis of the paints of the decorative motifs of the Slip-painted pottery.

Sample no paint	W% O	W% Na	W% Mg	W% Al	W% Si	W% P	W% S	W% Cl	W% K	W% Ca	W% Ti	W% Mn	W% Fe	W% Zn	W% Ba	W% Pb
BD-17-n17 Light brown	37.85	1.04	0.65	6.17	14.13	0.43	0.13	0.24	1.92	1.43	0	0.08	1.03	0	0	34.92
BD-17-h3 brown	47.49	2.06	1.32	6.92	17.64	0.43	0.19	0.32	3.08	5.41	0	0.48	4.59	0.26	1.05	8.76
BD-17-d19 dark brown	40.91	0.89	1.04	6.65	13.24	0.41	0.11	0.40	1.68	2.19	0	0	1.61	0	0	30.87
BD-17-h3 green	48.97	2.45	1.37	7.48	18.15	0.68	0.44	0.69	3.29	4.69	0.42	0	2.68	0	0.51	8.17

پیشینه‌ای بس طولانی است و قدمت آن به دوران پیش از تاریخ بازمی‌گردد، چنانچه مطالعات آزمایشگاهی صدقی و همکاران در بررسی نوع رنگ‌های به کار رفته در نقوش تزئینی سفالینه‌های بدست آمده از محوطه‌های عصر مفرغ منطقه سیستان و بلوچستان که متعلق به هزاره سوم قبل از میلاد است، حاکی از آن می‌باشد که سفالگران این منطقه در عصر مفرغ برای ایجاد رنگ‌های طیف قرمز تا قهوه‌ای از اکسید آهن و برای ایجاد رنگ‌های تیره متمایل به مشکی از ترکیب اکسید آهن و اکسید منگنز استفاده نموده‌اند [۲۲].

بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی رنگ‌های به کار رفته در سفالینه‌های اسلامی منطقه سیستان در این پژوهش نیز استفاده از همین ترکیبات را برای ایجاد رنگ‌های قرمز تا قهوه‌ای متمایل به مشکی را تایید می‌نماید که این نتایج نشان دهنده آن است که فنون استفاده از رنگ‌های طبیعی برای تزئین آثار سفالی در این منطقه دارای پیشینه‌ای چند هزار ساله بوده و سنت‌های باستانی آن تداومی دیرینه داشته است.

بررسی طیف حاصل از تجزیه عنصری رنگ سبز نقوش سفال گلابه‌ای منقوش شماره BD-17-h3 به روش EDS و نتایج بدست آمده از آن (جدول ۴)، نشان دهنده آن است که با توجه به حضور کاتیون‌های سدیم و پتاسیم به میزان ۲/۴۵ و ۳/۲۹ درصد و آلومینیم و سیلیس به میزان ۷/۴۸ و ۱۸/۱۵ درصد وزنی در کنار کاتیون‌های آهن و منیزیم به مقدار ۲/۶۸ و ۱/۳۷ درصد، این ترکیب شیمیایی بیشترین هماهنگی و همگونی را از نظر ترکیب عناصر تشکیل دهنده با رنگدانه سبز حاکی یا سبز سیلو (K, Mg, Fe<sup>2+</sup>)(Fe<sup>3+</sup>, Al)Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH) & (K, Na)(Fe<sup>3+</sup>, Al, Mg)<sub>2</sub>(Si, Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub> دارد. در واقع، به نظر می‌رسد که عامل ایجاد رنگ سبز در این نمونه، نوعی خاک رس سبز رنگ است که ترکیبی است از دو کانی سیلیکاتی گلاکونیت و سلادونیت که از عصر باستان و در ادوار مختلف به عنوان یکی از مهم‌ترین رنگ‌های قدیمی سبز رنگ در رنگ آمیزی و خلق آثار فرهنگی و هنری کاربرد داشته است (۳۱).

### ۳-۵- مطالعه ساختاری بدنه سفالینه‌ها به روش پراش پرتوی

#### ایکس XRD

به منظور مطالعه ساختار و شناسایی ترکیب کانی‌شناختی و فازهای تشکیل دهنده بدنه سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه در این پژوهش، از بدنه چهار نمونه از قطعات سفالی، به مقدار بسیار کمی نمونه برداری گردید و نمونه‌ها به روش پراش‌سنجی پودری مورد آنالیز فازی قرار گرفت که نتایج بدست آمده از طیف سنجی پرتوی ایکس این نمونه‌ها در شکل ۶ و جدول ۵ ارائه شده است.

عنصر آهن به میزان ۱/۰۳ تا ۴/۵۹ درصد وزنی در کنار عنصر منگنز به مقدار ۰/۰۸ تا ۰/۴۸ درصد، در رنگ‌های قهوه‌ای نقوش این سفال‌ها، احتمالاً عامل ایجاد رنگ، ترکیبی از اکسید آهن III همراه با مقدار بسیار اندکی اکسید منگنز بوده که موجب شده است، در اثر میزان دمای پخت متفاوت سفالینه‌ها در کوره، این رنگ بسته به میزان دمای کوره و شرایط اتمسفری آن در طیف‌های رنگی مختلف از قهوه‌ای روشن متمایل به قرمز تا قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی دیده شود. البته با توجه به نتایج حاصل از آنالیز رنگ‌ها و درصد این عناصر، نقش کاتیون و اکسید آهن در ایجاد رنگ بیشتر بوده و اکسید منگنز برای تغییر تنالیده رنگ و تیره‌تر کردن آن به کار رفته است.

نتایج بدست آمده از آنالیز عنصری رنگ‌های قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی در قطعات سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از سیستان که نشان‌دهنده استفاده از ترکیبی از اکسید آهن و اکسید منگنز برای ایجاد این رنگ‌ها در نقوش این سفالینه‌ها است با نتایج بدست آمده توسط سایر پژوهشگران در مطالعه ترکیب این رنگ‌ها در سفال‌های گلابه‌ای منقوش بدست آمده از نیشابور توسط برنستد و هولاکویی و همکارانش و همچنین بررسی نمونه‌های گلابه‌ای منطقه ترمز در ازبکستان کاملاً همخوانی دارد، با این تفاوت که نمونه‌های بدست آمده در نیشابور حاوی عنصر کروم نیز می‌باشد و به عقیده هولاکویی و همکارانش از ترکیب کرومیت سیاه برای این منظور استفاده شده است در حالی که در نمونه‌های بدست آمده از سیستان اثری از کروم در ترکیب شیمیایی رنگ سیاه مشاهده نمی‌شود (۱۴-۱۲).

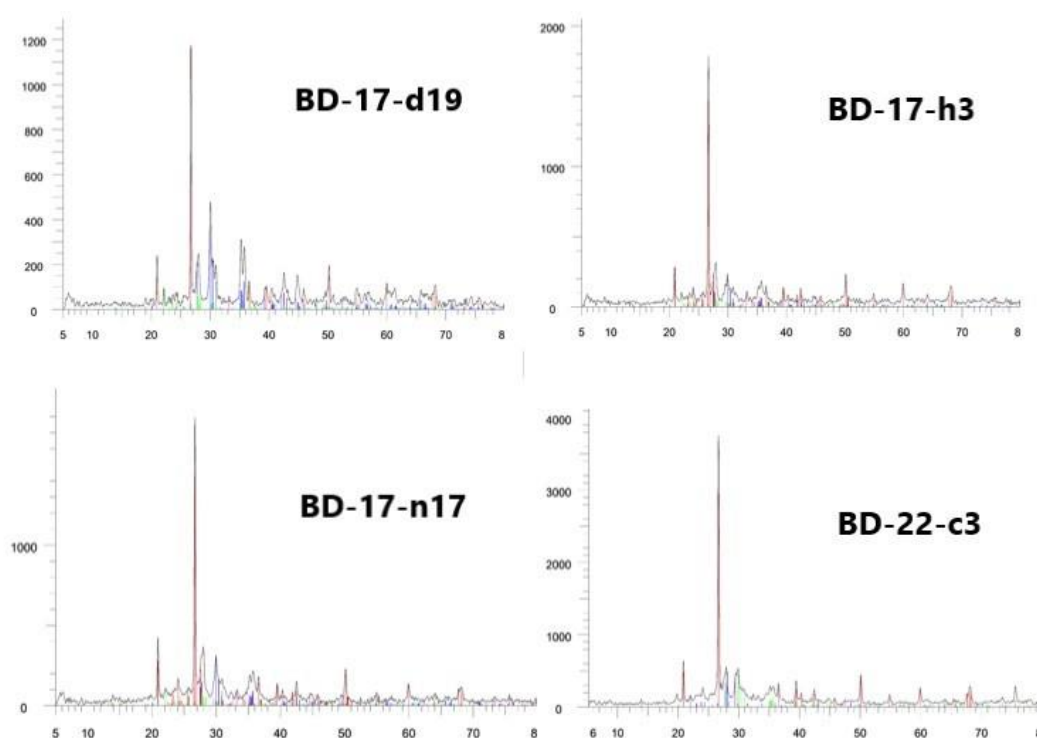
اکسید آهن III، یکی از مرسوم‌ترین و فراوان‌ترین ترکیبات رنگزا در هنر بوده است که از دوره پیش از تاریخ از آن به عنوان رنگدانه برای نقاشی و تزئین آثار هنری مختلف استفاده شده است. مقاومت و دوام بالای این رنگدانه و ثبات و استحکام آن در مقابل عوامل مخرب و حرارت موجب شده است که از اکسید آهن در ادوار مختلف برای تزئین نقوش سفالینه‌های تاریخی استفاده گردد. این ترکیب همراه با ناخالصی‌های مختلف بسته به محیط استخراج به صورت کانه‌های مختلفی، همچون: گوتیت، همتیت، لیمونیت و غیره در طبیعت تشکیل می‌گردد که شناسایی نوع کانه و ترکیب کانی‌شناسی آن نیازمند مطالعات تکمیلی است (۲۰). مطالعات آزمایشگاهی که توسط یزدانی با هدف شناسایی عامل ایجاد رنگ سیاه در نقوش ۱۳ نمونه از سفالینه‌های دوران اسلامی موزه ملی ایران انجام شده است نیز حاکی از استفاده از اکسید آهن برای ایجاد رنگ مشکی در این سفالینه‌هاست که در ترکیب با لعاب قلیایی و یا لعاب سربی-قلیایی به کار رفته است (۲۱).

استفاده از ترکیبات اکسید منگنز و اکسید آهن برای رنگ‌آمیزی و نقاشی بر روی سفالینه‌ها در منطقه سیستان و بلوچستان دارای

جدول ۵: نتایج آنالیز بدنه نمونه‌های سفال گلابه‌ای منقوش به روش XRD.

Table 5: The results of the body analysis of the Slip-painted pottery samples by XRD method.

Formula	Mineralogical composition and identified phases	Pottery No
SiO <sub>2</sub>	Quartz	BD-17-d19
Ca(Mg, AL)(Si, Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Diopside	
NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Albite, ordered	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hematite, syn	
SiO <sub>2</sub>	Quartz	BD-17-h3
Ca(Mg, AL)(Si, Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Diopside	
NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Albite, ordered	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hematite, syn	
KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Microcline, ordered	BD-17-n17
SiO <sub>2</sub>	Quartz	
Ca(Mg, AL)(Si, Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Diopside	
NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Albite, ordered	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hematite, syn	BD-22-c3
KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Microcline, ordered	
SiO <sub>2</sub>	Quartz, syn	
(Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Albite, calcian, ordered	
Ca(Mg, AL)(Si, Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Diopside	BD-22-c3
CaCO <sub>3</sub>	Calcite, syn	



شکل ۶: طیف پراش سنجی پرتوی ایکس بدنه سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه مکشوفه از سیستان.

Figure 6: The spectrum of X-ray diffractometry of the bodies of the studied Slip-painted pottery from Sistan.

آمیخته با ترکیب سرب استفاده شده است که در نتیجه آن بستری مناسب و روشن برای رنگ آمیزی نقوش این سفالینه‌ها فراهم آمده است. آنالیز و شناسایی رنگ‌های به کار رفته برای تزئین نقوش سفالینه‌ها نشان‌دهنده آن بود که سفالگران دوران اسلامی با استفاده از رنگدانه‌های طبیعی حاوی اکسید آهن یا گل اخرا، موفق شده‌اند که طیف‌های رنگی مختلفی از این رنگدانه با دوام به رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای تیره متمایل به مشکی در ترکیب با اکسید منگنز تهیه نمایند. از سوی دیگر در کنار این رنگ‌های طیف قرمز تا قهوه‌ای و مشکی، رنگ سبز خاکی بدست آمده از خاک‌های معدنی سبز نیز برای تنوع بخشیدن به نقوش رنگین و زیبای این سفالینه‌ها به کار رفته است. مطالعه ساختار و ترکیب کانی شناختی خمیره تشکیل‌دهنده بدنه این سفال‌ها به روش پراش سنجی نشان داد که با توجه به فازهای شناسایی شده، دمای پخت این سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش احتمالاً، حدود ۹۰۰-۸۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده است.

#### سیاسگزاری

مقاله حاضر حاصل تحقیق مستقل انجام شده توسط نویسندگان در گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی در دانشکده هنر و معماری دانشگاه زابل است که بخشی از آن مستخرج از پایان نامه دانشجویی می‌باشد. برای انجام این پژوهش از پشتیبانی و حمایت دانشگاه زابل در قالب پژوهانه با کد UOZ- GR-7987 استفاده گردیده است که بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل، کمال قدردانی و تشکر بعمل می‌آید.

#### تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی از طرف نویسندگان گزارش نشده است.

مطالعه طیف پراش سنجی بدنه قطعات سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مورد مطالعه در این پژوهش، حاکی از آن است که الگوی پراش تمامی آنها مشابه یکدیگر می‌باشد (شکل ۶) که این امر نشان‌دهنده آن است که بدنه این سفال‌ها، از نظر ساختار و ترکیب کانی شناختی دارای بافت یکسانی است. در خمیره بدنه تمامی قطعات سفالی، چهار کانی اصلی کوارتز، دیوپسید، آلبیت و همتایت دیده می‌شود که حضور این فازهای مشترک در بدنه سفالینه‌ها، نشان از آن دارد که در ساخت آنها از معدن خاک رس یکسانی استفاده شده است (جدول ۵). حضور فازهای کانی شناختی دمای پایین و متوسط و وجود برخی از کانی‌های ویژه، نظیر فاز کلسیت حاکی از آن است که سفالگران برای پخت این قطعات از دمای متوسطی در حدود ۸۵۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد استفاده کرده‌اند. از سوی دیگر، وجود فازهای غنی از آهن، مانند همتایت در بدنه نمونه‌ها حاکی از آن است که سفالگران، احتمالاً برای تهیه گل سفالگری از خاک‌های رس قرمز رنگ استفاده نموده‌اند که باعث شده است با پخت سفالینه‌ها در دمای متوسطی در حدود ۹۰۰-۸۵۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط اتمسفری اکسیداسیون در کوره، رنگ خمیره تمامی این قطعات، قرمز رنگ گردد (۲۳).

#### ۴- نتیجه‌گیری

بررسی و مطالعه آزمایشگاهی، ترکیب شیمیایی پوشش گلابه و رنگدانه‌های به کار رفته در نقوش رنگین سفالینه‌های گلابه‌ای منقوش مکشوفه از منطقه سیستان به روش‌های مختلف اعم از روش‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی، به ویژه، میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراکنش انرژی پرتوی ایکس (SEM-EDS) حاکی از آن بود که در تهیه لعاب گلی برای پوشش دهی سطح این سفالینه‌ها از دوغاب گل رس غنی از آلومین،

#### ۵- مراجع

1. Tamaddon M, Sarpoolaki H. Ceramic Engobe: A Review of Earthenware Coating in Iranian Pottery History. *golestanehonar*. 2006;2:54-70 [In Persian].
2. Ataie M, Mosaviye Haji SR, Koulabadi R. Slip-painted Pottery (Types, Widespread, Dating). *Negareh Journal*. 2012;23:71-88 [In Persian].
3. Mousavi Haji SR, Ataie M. The study of a collection of potteries samples from sistan. Zahedan: Zahedan Cultural Heritage Administration publication; 2010 [In Persian].
4. SACMI Company. Ceramic tile production process Hashemi Zenouz S, translator. Isfahan; 2002 [In Persian].
5. Ball FC. Decorating pottery with clay, slip, and glaze. Columbus: Professional Pub; 1967.
6. Gorjestani S. Teaching: Ceramics and Pottery art and Technique. Tehran: Art university publication; 2003 [In Persian].
7. Wilkinson CK. Nishapur: pottery of the early Islamic period. New York: Metropolitan Museum of Art; 1973.
8. Wilkinson CK. The glazed pottery of Nishapur and Samarkand. The Metropolitan Museum of Art Bulletin 1961;20(3):102-15.
9. Fehervari G. Ceramics of the Islamic world in the Taregh Rajab museum. London & New York: I.B Tauris; 2000.
10. Watson O. Ceramics from Islamic Lands, the alsabah collection, Kuwait National Museum. United Kingdom: Thames & Hudson; 2004.

11. Bulliet RW. Pottery styles and social status in medieval Khurasan. In: *Archaeology, Annales, and Ethnohistory*. Cambridge: Cambridge University Press; 1992. p. 131-4.
12. Bernstedt AMK. *Early Islamic pottery: materials and techniques*. London: Archetype publication; 2003.
13. Holakoei P, de Laperouse JF, Caro F, Rohrs S, Franke U, Muller-Wiener M, et al. Non-invasive scientific studies on the provenance and technology of early Islamic ceramics from Afrasiyab and Nishapur. *J Archaeol Sci Rep*. 2019;24:759-72. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.02.029>.
14. Molera J, Ferreras VM, Fusaro A, Esparraguera JMG, Gaudenzi M, Pidaev SR, et al. Islamic glazed wares from ancient Termez (southern Uzbekistan). Raw materials and techniques. *J Archaeol Sci Rep*. 2020;29:102169. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102169>.
15. Mousavi Haji SR. *Zahedan-e Kohneh the abandoned city in Sistan*. Mashhad: Paazh publication; 2009 [In Persian].
16. Mousavi Haji SR, Mehrafarin R, Alaei Moghadam J. Review the Environmental Characteristics of Historical City of Zahedan-e-Kohne. *gdij*. 2010;20:79-96. <https://dorl.net/dor/10.22111/GDIJ.2010.599> [In Persian].
17. Tate GP. *Seistan: A Memoir on the History, Topography, Ruins, and People of the Country in Four Parts*. Superintendent government printing; 1910.
18. Ettinghausen R, Scerrato U, Bombaci A. Samani and Ghaznavid art. Tehran: Mola publication; 2015 [In Persian].
19. Jenkins M. *Islamic Pottery: A Brief History*. New York: the Metropolitan Museum of Art Bulletin; 1983.
20. Eastaugh N, Walsh V, Chaplin T, Siddall R. *Pigment compendium: a dictionary of historical pigments*. Routledge; 2007.
21. Yazdani M. The Identification of Black Painted Colorant in Mina'i Ceramic Based on Structural Investigation and Ancient Treatise. *J Color Sci Tech*. 2020; 14(3):223-35. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.17358779.1399.14.3.6> [In Persian].
22. Sedghi Y, Razani M, Ghaeini Z, Sabohi-sani F. An Overview of the Colors Used in the Decoration of Pottery Motifs of the Bronze Age in the Ancient Sites of Sistan and Baluchistan. *J Stud Color World*. 2022; 10(2):61-72. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517278.1399.10.2.5.8> [In Persian].
23. 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* [Internet]. 2004;46(3):339-56. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754/2004/00164.x>.

#### How to cite this article:

Bater Masoud, Serajii F. Identification of the Chemical composition of the Slip Coating and the Colors Used in Some Slip-painted pottery from the Sistan Region. *J Stud color world*. 2023;13(3):269-282 .  
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517278.1402.13.3.3.9> [In Persian].