

Technical and Structural Study of Iron Age Gray Pottery; A Case Study of Pottery from Zavarehvar Site Excavation in Varamin Plain

Fateme Alimirzaei^{1*}, *Gholamreza Rahmani*²

1*. Ph.D., Research Institute for Conservation and Restoration of Historical and Cultural Relics, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Research Institute for Conservation and Restoration of Historical and Cultural Relics, Tehran, Iran.

Abstract

The Iron Age in Iran (550-1450 BC) and beyond, represents a period characterized by significant social, cultural, economic and technological transformations during its evolutionary stages. Zavarehvar is an Iron Age settlement site located in the Varamin plain in central region of Iran, where numerous excavations have been carried out by various archeologists in recent decades. During the 2017 excavation at the Zavarehvar site, a number of gray pottery pieces related to burials were discovered. Given the distribution of the Iron Age cemeteries and the limited technical studies conducted on these potteries, our understanding of the production methods such as texture, components, and manufacturing processes is crucial for comprehending the pottery production technology of this specific period. Therefore, the results from laboratory studies can be beneficial in finding the production process of these artifacts. This research aimed to provide more precise knowledge for conducting comparative studies and determining the local origin of these artifacts by examining nine Iron Age pottery samples from this region using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and petrographic analysis of thin sections. The results indicated that the main phases of the potteries, based on petrography, include quartz (SiO₂), and calcite. The ICP-MS results also largely confirmed some of the petrographic observations. However, a significant part of the chemical clustering of ceramics was not due to heterogeneity in elemental composition, nor to differences in the clay sources used. Additionally, we can say that the potteries are local origin, since the soils studied showed significant similarities in trace elements with the pottery samples, confirming their local origin.

Keywords: Iron Age, Pottery, Varamin Plain, Petrography, ICP-MS.



**Knowledge of
Conservation and
Restoration**

Vol. 5(3) No.13
December 2022

<https://kcr.richt.ir>

Pages: 1 to 12

Corresponding Author

Fateme Alimirzaei

Ph.D., Research Institute for
Conservation and Restoration
of Historical and Cultural
Relics, Tehran, Iran.

Email
ealimirzaei@yahoo.com

مطالعه فنی و ساختارشناسی سفال خاکستری عصر آهن؛ مطالعه موردی سفال‌های کاوش محوطه زواره‌ور در دشت ورامین

فاطمه علیمیرزایی^{۱*}، غلامرضا رحمانی^۲

۱. دکترای حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی، و کارشناس پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی.
۲. استادیار گروه حفاظت و مرمت، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

چکیده

عصر آهن در ایران (۱۴۵۰ - ۵۵۰ ق.م) و فراتر از آن، معرف دوره‌ای است که در مراحل تکاملی، شاهد تحولات مهم اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و تکنولوژیکی بوده است. زواره‌ور محوطه استقرار از دوره آهن در دشت ورامین در منطقه مرکزی ایران است، که در دهه‌های گذشته کاوش‌های متعددی در این منطقه توسط باستان‌شناسان مختلف انجام شده است. در کاوش سال ۱۳۹۷ انجام شده در منطقه زواره‌ور، تعدادی سفال خاکستری مربوط به تدفین بدست آمده است. با توجه به پراکندگی گورستان‌های عصر آهنی، و مطالعات فنی محدودی که در خصوص این آثار انجام شده است، آگاهی ما از نحوه تولید این آثار همچون بافت، عناصر تشکیل‌دهنده و فرایند تولید از اهمیت بسیاری در شناخت تولید و فناوری سفالگری این دوره خاص برخوردار است. بنابراین، نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی با استفاده از تکنیک‌های مکمل می‌تواند راه‌گشای دستیابی به فرایند تولید این آثار باشد. در این پژوهش تلاش شد تا با اطلاعاتی که از مطالعه ۹ نمونه سفال عصر آهنی این منطقه با استفاده از روش‌های آنالیز طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS)، و مطالعه کانی‌نگاری مقطع نازک (Petrography)، شناخت دقیق‌تری برای انجام مطالعات تطبیقی و منشاء تولید محلی این آثار فراهم کرد. نتایج نشان داد که فازهای اصلی سفال‌های مورد مطالعه با رنگ خمیره خاکستری بر اساس کانی‌نگاری، کوارتز Quartz، سیلیس SiO₂، کلسیت Calcite هستند. نتایج ICP-MS نیز تا حدود زیادی توانست بخشی از مشاهدات حاصل از تحلیل سنگ‌نگاری را تأیید کند. البته، بخش بزرگی از خوشه‌بندی شیمیایی سرامیک ناشی از ناهمگونی در ترکیبات عنصری، از تفاوت در منابع رسی مورد استفاده ناشی نمی‌شود. همچنین خاک‌های مورد مطالعه از نظر عناصر کم مقدار، شباهت زیادی با نمونه سفال‌ها دارد، و می‌توان گفت که محلی بودن آنها را تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: عصر آهن، سفال، دشت ورامین، کانی‌نگاری، ICP_MS.



فصلنامه دانش حفاظت و مرمت

سال پنجم، شماره ۳

شماره پیاپی ۱۳، پاییز ۱۴۰۱

<https://kcr.richt.ir>

صفحات: ۱ تا ۱۲

نویسنده مسئول

فاطمه علیمیرزایی

دکترای حفاظت و مرمت آثار تاریخی -

فرهنگی، و کارشناس پژوهشکده

حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی

رایانامه

ealimirzaei@yahoo.com

مقدمه

صورت‌گرفته بر گونه‌شناسی و طبقه‌بندی این آثار در حوزه مطالعات باستان‌شناختی بوده است (رضا ولی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸؛ کانینگهام و دیگران، ۱۳۹۰؛ حدادیان و همکاران، ۱۳۹۹)، و از مطالعات آزمایشگاهی مبتنی بر شناخت ساختار و مواد تشکیل‌دهنده که می‌تواند در تکمیل داده‌های باستان‌شناسی مفید واقع‌شود، به‌صورت محدود استفاده شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به ساختارشناسی خمه‌ی سفالی پیش از تاریخ کشیک سیستان و بلوچستان، جنوب شرق ایران (صدقی و همکاران، ۱۴۰۰)، بررسی فن‌آوری سفالگری هزاره پنجم ق.م در شمال فلات مرکزی ایران (طلایی و همکاران، ۱۳۸۸)، مطالعه باستان‌سنجی سفال‌های محوطه ده‌دومن (عودباشی و همکاران، ۱۳۹۸)، مطالعه پتروگرافی نمونه سفال‌های تپه گراتزیانی (سلیمان زاده و همکاران، ۱۳۹۳)، باستان‌کانی‌شناسی سفال‌های عصر مفرغ تپه عجب‌شیر، شرق دریاچه ارومیه (نور زهی و همکاران، ۱۳۹۵)، مطالعه ساختاری سفال‌های منطقه هورامان استان کردستان (ساعد موجشی و همکاران، ۱۳۹۸) و بررسی آزمایشگاهی سفال‌های هزاره پنجم ق.م سه‌چای تپه زنگان (رحیمی‌سرخنی و همکاران، ۱۳۹۵) اشاره کرد که همگی وابسته به شی و با استفاده از تکنیک‌های آزمایشگاهی مبتنی بر، XRD، Petrography، XRF انجام شده است. از این‌رو مطالعات ساختارشناسی و شناخت مواد تشکیل‌دهنده آثار این مجموعه وابسته به مکان (بررسی و مطالعه خاک منطقه)، و انتشار نتایج آن می‌تواند نقش کوچک اما مؤثری در پاسخ به پرسش‌هایی در رابطه با تاریخ و فناوری تولید سفال (عناصر و ترکیبات خاک مصرفی و منابع مورد استفاده با توجه به احتمال منطقه‌ای بودن آن‌ها، خرده سفال مورد استفاده، دمای پخت آن‌ها و برخی از شاخصه‌های احتمالی فنی سازندگان سفال در این منطقه) در این دوره تاریخی، خصوصاً در ناحیه فلات مرکزی داشته باشد. در همین راستا، در پژوهش حاضر تعدادی از سفالینه‌های خاکستری به‌دست‌آمده از حفاری‌های منطقه زوارهور ورامین که برای مطالعه و مرمت به پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی منتقل شده بودند، قبل

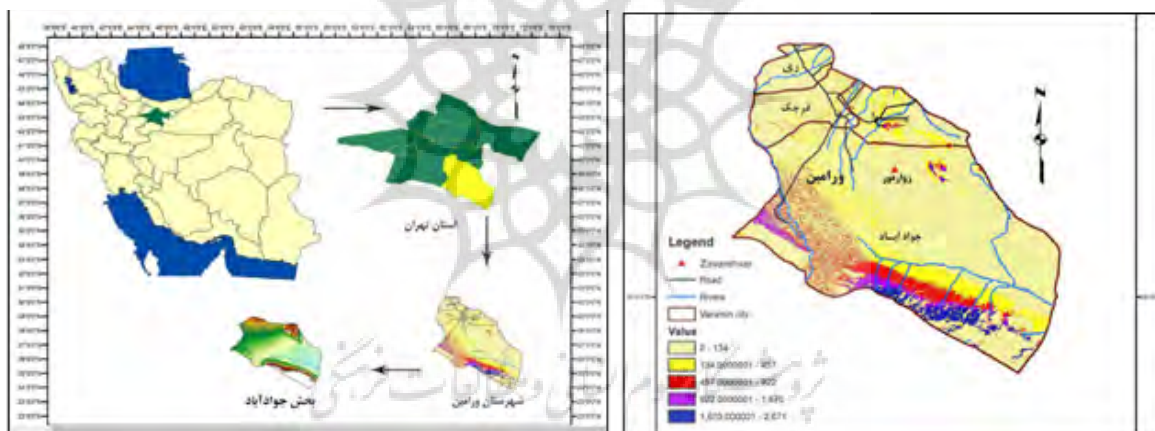
عصر آهن در فلات مرکزی ایران، تاریخی در حدود اوایل هزاره دوم تا هزاره اول ق.م را در برمی‌گیرد. این دوره از نظرگاه پژوهش‌های باستان‌شناسی، بررسی تحولات فرهنگی فلات ایران و آنچه به‌عنوان فرهنگ منحصر فرد ایران شناخته می‌شود، از اهمیت بسیاری برخوردار است. این دوره یکی از دوره‌های پر تحول است که ابهامات زیادی نیز به همراه دارد، به‌گونه‌ای که بسیاری از محققین، اصطلاح عصر تاریکی را برای این دوره به‌کار می‌برند. از مشخصات این دوره، استفاده از سفال خاکستری و تدفین مردگان در خارج از محل سکونت و در قبرستان است. عمده مناطق عصر آهن ایران به چهار دسته شمال‌غرب، شمال، غرب و فلات مرکزی تقسیم شده است (حدادیان و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین، محدوده جغرافیایی دشت ورامین در جنوب فلات مرکزی ایران از نظر باستان‌شناسی محدوده‌ای مهم و بخشی از محور مطالعاتی عصر آهن در فلات مرکزی ایران است. این منطقه نقش بسزایی در بسترسازی و شکل‌گیری نخستین جوامع بشری، تمدن مردمی و رشد و بلوغ فرهنگی به‌خصوص در دوره ساسانی داشته، و محل استقرار تمدن‌های بزرگ در دوره اسلامی نیز بوده است. قدمت دشت ورامین به هزاره چهارم و پنجم ق.م می‌رسد. توجه بیش از حد به منطقه بین‌النهرین در این بازه زمانی موجب ناشناخته ماندن این منطقه شده است (کانینگهام و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین، درباره‌ی عصر آهن این منطقه اطلاعات زیادی در دست نیست (حصاری، ۱۳۹۶)، و بررسی آثار این دوره به‌دلیل ناشناخته‌بودن برخی از جنبه‌های زندگی در آن فرهنگ، اهمیت بسیاری دارد (ملک پورشمهرکی و همکاران، ۱۳۹۹). مرور مطالعات فنی پیرامون سفالینه‌های پیش از تاریخ و به‌طور خاص مربوط به عصر آهن در ایران نیز بیانگر ضعف اطلاعات مستند و علمی وابسته به مکان در ارتباط با این آثار، علی‌رغم گستردگی، قدمت و تنوع کاربرد و روش‌های تولیدی آن‌ها است. به‌طوری‌که مرور مطالعات پیرامون مطالعه سفال‌های به‌دست آمده از کاوش‌های این منطقه نشان می‌دهد که تاکنون تمرکز پژوهش‌های

مناسبتی برای استقرار سکونت‌گاه‌ها و مراکز استقرار انسانی از دوره‌های پیش از تاریخ بوده‌است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱)، و شواهد آن از دوره پارینه‌سنگی تاکنون به دست آمده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷، ۵۱). محوطه زوارهور از جمله استقرارگاه‌هایی است که در حاشیه رودخانه‌هایی که به احتمال زیاد دائمی بوده، قرار داشته و محوطه کلیدی در شرق دشت ری و شمال قم محسوب می‌شود، که در بررسی باستان‌شناسی دشت ورامین در سال ۱۳۹۱ ه.ش شناسایی شده است. این محوطه با توجه به شواهد باستان‌شناسی، مورد استفاده جامعه عصر آهنی بوده است (حصاری، ۱۳۹۶). در این محوطه که طی چند فصل کاوش مورد بررسی قرار گرفته است، یک گورستان تعدادی نمایان شد (شکل ۲). طی کاوش انجام شده، تعداد قابل توجهی شیء سفالی ساده و منقوش

از اینکه تحت عملیات مرمت و بازسازی قرار بگیرند، نمونه‌برداری شده و مورد مطالعه قرار گرفتند. این پژوهش با هدف اصلی شناخت ساختار و ویژگی‌های فنی سفال خاکستری در دشت ورامین، طراحی شد.

معرفی محدوده اکتشافی زوارهور دشت ورامین

تپه باستانی زوارهور در نزدیکی روستایی به همین نام، ما بین دو روستای زوارهور و محمدآباد عرب‌ها در بخش جوادآباد از توابع شهر ورامین در استان تهران و در مختصات جغرافیایی عرض شمالی ۳۵° ۱۵' ۳۵ و طول شرقی ۴۳° ۳۱' ۵۱ در ارتفاع ۸۷۰ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱) (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷). این محوطه به سبب قرار گرفتن بر روی مخروطه افکنه‌های جنوب البرز که کیفیت مناسب خاک برای سفالگری و کشاورزی را فراهم می‌کند، مکان



شکل ۱. نقشه منطقه حفاری شده (زوارهور دشت ورامین) (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۲. نمای جنوبی محوطه (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷).

به‌دست آمده است. سفال‌های منقوش بیشتر به شیوه نقش‌کنده یا نقش برجسته و در مواردی نقوش تک‌رنگ خطی تزیین شده‌اند.

روش پژوهش

روش‌های متعدد و گوناگونی مانند XRF، ICP-MS، SEM-EDX، XRD، NAA و میکروسکوپ پلاریزان برای باستان‌سنجی، آنالیز شیمیایی، کانی‌شناسی و مشخصه‌های پتروگرافی و پترولوژی نمونه‌های تاریخی و فرهنگی و از جمله سفالینه‌ها استفاده می‌شوند (Ortega-Feliu et al., 2017). در این پژوهش، ۹ نمونه سفال از میان قطعات سفال‌های خاکستری انتخاب شدند. با توجه به اینکه قطعات مربوط به اشیاء نسبتاً کاملی بودند، با رعایت اصول نمونه‌برداری به مقدار بسیار کم مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. بخشی دیگر از نمونه‌های مورد مطالعه، خاک سطحی تهیه شده از سه منطقه زوارهور (M)، امیرآباد (M) و خالدآباد (M2) در حوالی محل کاوش است. به‌منظور شناسایی و اندازه‌گیری طیف عناصر به‌کار رفته در ساخت نمونه‌های سفال و خاک، از آنالیز طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) (اختصاری ICP-MS) مدل OES 735 کمپانی Varian متعلق به سازمان شناسایی استفاده شد. این روش نوعی طیف‌سنجی جرمی است که برای ارزیابی و شناسایی فلزها و برخی نافلزها تا غلظت‌هایی در حدود ppb کارایی دارد، و در مقایسه با طیف‌بینی جذب اتمی، دارای دقت، حساسیت و سرعت بیشتری است. از این روش در مطالعات باستان‌سنجی آثار سفالین به‌منظور اندازه‌گیری عناصر کم‌مقدار در راستای منشاییابی استفاده می‌شود (Vannoorenberghe et al., 2022; Iordanidis et al., 2009). مطالعه ساختار بلورین به‌منظور تحلیل کانی‌شناسانه نمونه‌ها به‌وسیله میکروسکوپ پلاریزان مدل James Swift با بزرگنمایی 4X انجام شد. در این روش از نمونه سفال مورد نظر یک لایه نازک به ضخامت ۳۰ میکرون از قسمت عرضی جدا می‌شود و سپس مقطع تهیه شده پس آماده‌سازی با میکروسکوپ بررسی و مطالعه می‌شود (MacKenzie et al. 1982; Yardley 1990).

زمین‌شناسی و ویژگی‌های محیطی منطقه

موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی در نقشه شماره ۲ ارائه شده است. بر اساس این نقشه بیشتر قسمت‌های دشت ورامین توسط واحد (QP (Alluvial) Plains Deposit و رسوبات کواترنر پوشیده شده است. این واحد شامل آبرفت‌های جدیدی است که از نهشت‌های آواری سخت نشده و دانه‌ریزی همچون شن، ماسه، سیلت و رس تشکیل شده‌اند. واحد (QT2) (Young Terraces and Low Level Alluvium) مربوط به عهد حاضر در قسمت‌های باختری دشت گسترش دارد. این واحد شامل پادگانه‌های آبرفتی جوانی است که از نهشته‌های آواری سخت نشده مانند قله‌سنگ، ماسه و رس تشکیل شده‌اند. در آبرفت‌های این منطقه، چه در عمق و چه در افق، تغییرات رخساره از رسوبات دانه‌درشت شنی - ماسه‌ای به رسوبات دانه‌ریز رسی به فراوانی مشاهده می‌گردد (نجاتی جهرمی، ۱۳۹۶). این محوطه در جنوب و جنوب‌غربی دشت است و در دو حوضه رودخانه کرج و جاجرود پراکنده است. در این خوشه، ۳۹.۲٪ استقرارگاه‌ها مربوط به عصر آهن، و در واقع حاصل رسوبات آبرفتی رودخانه‌های جاجرود و کرج هستند که آبرفت‌های حاصل از ارتفاعات به سمت آن سرازیر شده و دارای طبقات رسی است. همین مسئله از سال‌های پیش موجب رشد و رونق صنعت سفالگری و آجرپزی در این ناحیه شده است (فاضلی‌نشلی، ۱۳۸۰). به لحاظ زمین‌شناسی نیز محوطه‌ها در ذخایر تراسی و بر سطح دشت آبرفتی و مخروط افکنه‌ها قرار گرفته‌اند. این محوطه‌ها به‌گونه‌ای هستند که بیشتر در قاعده مخروط افکنه، جایی که دارای رسوبات ریزدانه است، قرار گرفته‌اند؛ زیرا رسوبات این‌گونه مکان‌ها برای کشاورزی و صنعت سفال بسیار مناسب است (مقصودی، ۱۳۹۱).

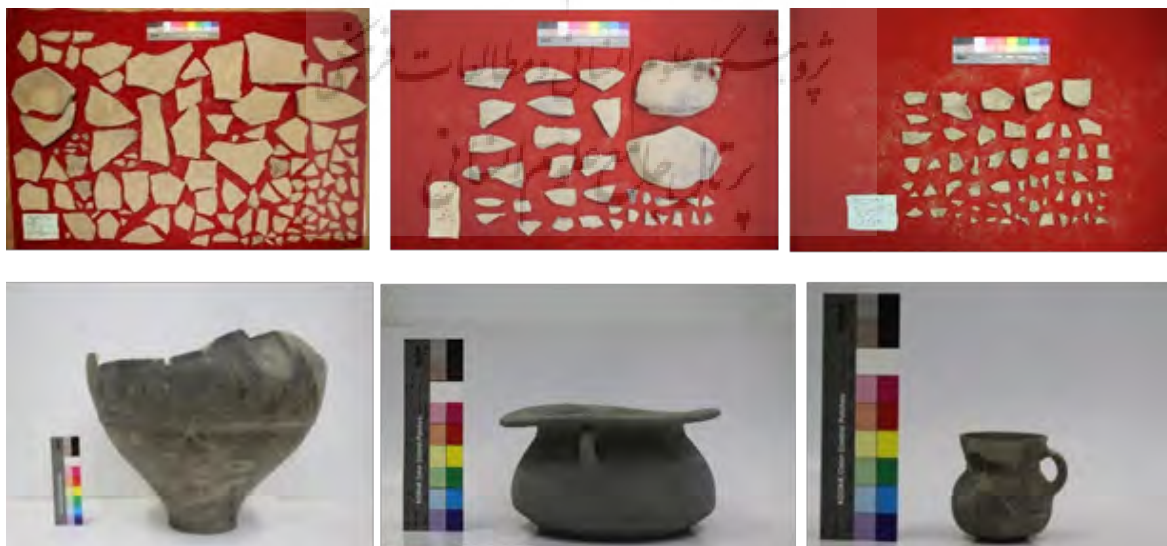
معرفی سفال‌های مورد مطالعه و ریخت‌شناسی آن‌ها

از نظر ظاهری در منطقه دشت ورامین با ۱۱ گونه سفال مواجه هستیم. از نگاه فنی می‌توان این سفال‌ها را به دو دسته بدون پوشش گلی و با پوشش گلی تقسیم‌بندی

می‌توان به اکسیدها و ناخالصی‌های موجود در خمیر آن نسبت داد که در حین فرآیند پخت دچار تغییرات رنگی می‌شوند. خاک رس‌هایی که حاوی اکسید آهن هستند بسته به اتمسفر کوره و مقدار دمای آن، سفال‌هایی با رنگ‌های مختلف قرمز، نارنجی و ارغوانی پدید می‌آورند. بسیاری از این سفال‌ها دارای پخت ناقص بوده و خمیره آن‌ها در برش عرضی توالی رنگی از خود نشان می‌دهد. علت سیاه رنگ شدن درون سفال، وجود مواد آلی در خمیره آن بوده که در هنگام پخت به سبب احیاء مقطعی و کمبود اکسیژن به رنگ سیاه درآمده‌اند (Emami et al. 2009).





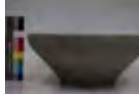




خاکستری شدن مغز سفال همچنین می‌تواند به دلیل پخت ناقص و سریع آن باشد که در چنین شرایطی مغز سفال فرصت پخت کامل را نداشته و احیاء می‌شود (Kavenagh and Wheeler, 2003). همچنین این تیره شدن می‌تواند ناشی از تجزیه کلسیت به دی‌اکسید کربن و اکسید کربن باشد که به دلیل شرایط پخت نتوانسته از کوره خارج شود و لذا به مغز سفال، رنگ تیره‌ای بخشیده است (Emami et al. 2009). نمونه‌های مورد مطالعه در این آزمایش همان‌طور که شرح داده شد، از نوع خاکستری و مطابق با اطلاعات مندرج در (جدول ۱) می‌باشند.

کرد. عمدتاً پوشش گلی سفال‌ها از بین رفته و در بخش‌های محدود باقی‌مانده ضخامت بسیار کمی پیدا کرده است. این آسیب‌ها در پوشش گلی سفال‌ها، پاک‌سازی رسوبات سطحی را بدون آسیب رسیدن به این پوشش، با پیچیدگی‌های فراوانی مواجه می‌کند. مطابق با طبقه‌بندی گونه‌شناختی سفال‌های زوارهور (قاسمی، ۱۳۹۷) اشیاء انتخابی مورد مطالعه در این پژوهش را می‌توان به گونه نخست نسبت داد. این گونه‌ی سفالی به صورت چرخ‌ساز ساخته شده، خمیره خاکستری رنگی داشته و شامل سفال‌های غالباً ساده و به ندرت همراه با خطوط کنده و برجسته موازی، مثلثی و لوزی در نزدیکی کف یا بدنه است. سطح خارجی همه قطعات این گونه سفال به‌طور نامنظم و غالباً افقی داغدار شده است. خاک مورد استفاده با وجود شن، فاقد ناخالصی‌های قابل مشاهده با چشم غیرمسلح است. خمیره به‌خوبی ورز داده شده و از انسجام خوبی برخوردار است (قاسمی، ۹۷). این سفال‌ها از پخت مناسبی برخوردار بوده و فاقد مغزه سیاه رنگ هستند. اغلب این آثار دارای کف‌های تخت و در اندازه‌های کوچک و ظریف، متوسط با ضخامت معمولی و بزرگ و ضخیم، قابل دسته‌بندی هستند (شکل ۳). پدید آمدن رنگ‌های مختلف در سفال‌ها را



شکل ۳. تعدادی از اشیاء قبل و بعد از مرمت.

جدول ۱. معرفی نمونه‌های مورد مطالعه.

V1	V2	V3	V4	V5	کد نمونه
					تصاویر اشیاء نمونه‌برداری شده بعد از مرمت
A.A Trench: B Locus: 6 Find number: 3	M.A Trench: AB تدفین Locus: 101 Find number: 4	M.A Trench: A Locus: 1 Find number: 15	Trench: 1 Locus: 1 Find number: 17	Trench: A Locus: 1 Find number: 5	اطلاعات کاوش نمونه‌ها
V9		V8	V7	V6	کد نمونه
					تصاویر اشیاء نمونه‌برداری شده بعد از مرمت
M.A Trench: A Locus: 2 Find number: 8		A.A Trench: A Locus: 1 Find number: 6	Trench: A Locus: 1 Find number: B	A.A VPP Trench: B Locus: B Find number: 1	اطلاعات کاوش نمونه‌ها

یافته‌ها و بحث

نهشت‌های باستانی مرتبط با حرارت و آتش افزایش پیدامی‌کند (کثیری و دیگران، ۱۳۹۴، ۳۸). بنابراین شاید بتوان غلظت بالای کلسیم و گوگرد در نمونه‌های ذکر شده را نشانه حضور پیشین‌شان در نقاط سکونت‌گاهی و پخت‌وپز دانست. وجود توأم منگنز (هر چند به مقدار بسیار کم اندازه‌گیری شده است) با مقدار زیاد آهن، یکی از عوامل سیاه‌شدن رنگ سفال‌ها است (Molina et al. 2013, 20). عناصر قلیایی نظیر پتاسیم و سدیم در تمام نمونه‌ها دیده می‌شوند. این عناصر مربوط به فازهای آلومینو سیلیکاتی نظیر پلاژیوکلازهای سدیم‌دار و فلدسپات‌های غنی از پتاسیم (ارتوکلاز) هستند. به‌طوری‌که یکی از منابع مهم پتاسیم، خاک‌رس ایلیتی است که در خاک منطقه نیز یافت شده است. تیتانیوم نیز از جمله عناصر موجود در خاک بوده که در ترکیب فاز مگنتیت ظاهر می‌شود (Deer, et al, 2013). فاز مگنتیت در ترکیب سفال‌ها در حین فرایند پخت، تولید شده و حفرات زیادی را در بافت ایجاد می‌کند؛ که این امر موجب شیشه‌ای شدن بدنه سفال می‌شود (Tite, et al. 2008). البته که در اکثر نمونه‌ها مقدار آن بسیار کم اندازه‌گیری شده است.

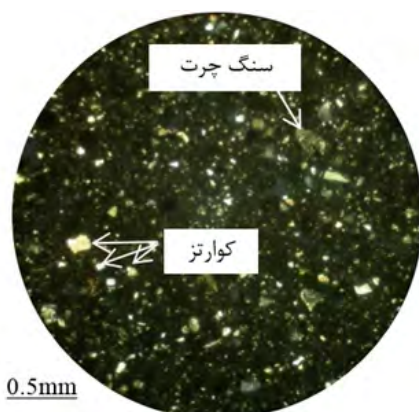
نتایج آنالیز کمی ICP در (جدول ۲) آمده است. این نتایج نشان می‌دهد که عناصر عمده و اصلی در ساختار سفال‌ها Ca، Si، Al و Fe هستند. عناصر آلومینیوم و اکسید آهن در نمونه‌ها درصد بالایی را به خود اختصاص داده‌اند. آهن شناسایی شده دربرگیرندهٔ مجموع آهن‌های دو ظرفیتی و سه‌ظرفیتی است که با توجه به نتایج کانی‌نگاری در فازهای مگنتیت، هماتیت و همچنین سیلیکات آهن (انستاتیت) شناسایی شده است. مقادیر بالای آلومینیوم که در ترکیب کانی‌های رسی موجود است نیز به‌طور مستقیم باعث افزایش انقباض پخت خواهد شد.

کلسیم و گوگرد در نمونه‌های (V4, V11) بسیار قابل توجه است. اما اندازه‌گیری این مقدار گوگرد در نمونه مذکور به‌تنهایی نمی‌تواند شاهد فعالیت انسانی باشد، اما از آنجا که غلظت گوگرد در نمونه‌های سفال بسیار بیشتر از نمونه خاک مورد مطالعه منطقه است، بنابراین نمی‌تواند مربوط به ترکیبات لیتوژنیک و خاک زمین‌زاد باشد. همچنین معمولاً غلظت گوگرد در

جدول ۲. نتایج آنالیز عنصری نمونه‌های سفال و خاک به‌وسیله دستگاه ICP.

M2	M1	M	V9	V8	V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1	Name
0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5	0.6	0.5>	Ag
10.6	2>	2>	4.3	2>	17.9	14.8	2>	2>	2>	9.9	8.3	As
200.9	217.1	1141.6	935.0	552.9	762.7	591.0	836.4	509.9	616.3	586.0	582.9	Ba
1.1	1.1	1.5	2.2	3.0	2.2	2.2	2.0	2.2	2.2	2.0	2.0	Be
0.4	0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	Cd
27.7	25.3	38.8	59.5	63.7	60.2	51.6	54.2	63.3	67.4	49.3	57.7	Ce
17.9	15.1	15.6	18.3	16.3	19.2	17.8	18.6	20.6	17.2	15.9	15.0	Co
84.1	81.6	130.4	123.4	102.9	80.2	161.3	107.4	146.0	124.8	85.9	75.6	Cr
24.9	27.9	14.5	18.2	20.5	30.2	26.8	27.8	34.5	29.7	34.7	27.1	Cu
2.6	2.1	2.5	2.5	3.2	3.0	2.0	2.6	2.5	3.1	4.0	3.1	Dy
2.4	3.9	1.9	0.5>	3.1	2.5	1.6	1.1	2.5	2.7	2.9	2.3	Er
0.8	0.5	1.0	0.8	1.4	1.1	0.8	0.8	1.4	1.2	1.0	1.2	Eu
8.4	9.7	12.5	21.5	23.4	20.7	19.7	18.4	22.6	19.6	18.4	16.7	Ga
5.7	5.5	4.5	5.0	5.1	4.8	4.2	4.9	5.6	5.2	6.0	4.2	Gd
1.6	2.2	1.9	3.0	1.4	2.2	2.5	2.0	2.0	1.4	2.2	1.8	Ge
5.6	6.3	7.1	7.3	8.1	8.2	8.9	7.8	9.3	4.7	5.3	8.1	Hf
0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	Ho
19.1	18.7	24.3	27.3	30.9	31.6	25.2	25.0	33.0	32.5	32.1	30.6	La
30.1	28.5	44.2	34.9	32.0	40.3	40.1	35.6	41.7	41.3	45.8	38.1	Li
0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	Lu
493.4	456.5	534.3	838.5	641.9	632.5	489.7	750.0	549.4	610.0	1066.2	817.1	Mn
0.5>	0.7	0.5>	0.5>	0.5>	0.7	3.7	2.8	2.1	2.8	1.7	0.5>	Mo
13.6	10.7	15.0	23.3	30.4	21.8	25.6	19.5	24.3	24.4	17.0	18.5	Nb
19.4	19.2	22.1	21.9	29.4	29.7	22.0	21.1	29.0	31.7	26.4	27.0	Nd
87.8	93.6	85.8	56.0	39.3	67.1	56.5	58.3	64.1	61.9	47.4	42.8	Ni
1505.7	1871.1	2619.7	109.7	1028.7	959.3	367.2	271.3	700.7	598.7	827.5	796.3	P
25.3	22.3	16.0	17.7	28.3	24.7	26.9	50.2	4.2	23.4	26.1	41.8	Pb
4.9	4.5	5.2	7.0	7.1	7.7	6.8	6.1	8.2	7.0	6.6	6.6	Pr
38.3	41.9	62.8	91.2	61.2	87.1	91.1	77.5	97.7	91.7	92.2	79.6	Rb
456.7	471.5	490.5	304.7	406.8	282.3	249.5	477.2	195.7	277.3	575.2	521.3	S
10.5	10.4	11.6	14.4	12.6	14.5	14.0	11.9	15.7	14.2	12.9	12.4	Sc
3.8	3.4	4.0	4.7	5.5	5.9	4.9	4.9	6.3	6.2	5.1	4.9	Sm
333.8	345.8	302.6	301.1	360.7	342.7	326.7	359.2	320.4	359.4	382.6	359.5	Sr
1.1	1.9	2.5	3.6	2.8	4.5	2.5	1.4	2.8	1.3	2.8	3.6	Ta
0.7	0.5	0.7	0.8	0.5	0.7	0.7	0.6	0.5	0.7	0.7	1.1	Tb
0.1	0.02>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Te
10.2	9.4	15.8	6.3	18.6	18.8	13.6	14.2	5.6	8.6	12.1	17.8	Th
0.5>	0.7	0.6	0.5>	0.9	0.5	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8	Tl
0.5	0.6	0.5	0.2>	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2>	0.2	0.4	0.4	Tm
2817.9	2577.5	3406.0	5036.8	4536.0	4862.8	5031.1	4346.7	5337.7	5003.4	3623.6	3572.7	Ti
3.6	3.8	4.6	1.5	3.7	3.8	3.0	4.1	1.1	1.7	3.8	4.4	U
80.1	73.3	72.0	125.2	99.2	134.5	131.5	101.5	132.6	116.2	91.3	100.2	V
17.4	16.0	15.0	10.0	19.3	20.0	11.8	10.5	17.3	20.3	18.8	19.1	Y
1.4	1.7	1.1	2.0	1.7	2.0	1.9	1.7	2.1	2.2	2.3	2.5	Yb
84.4	69.1	87.3	27.7	72.8	51.2	47.7	84.0	32.6	170.6	72.9	95.8	Zn
300.3	277.1	231.9	299.9	391.5	313.5	352.8	344.2	305.2	407.4	285.0	334.5	Zr

ppm = ۱۰۶ × (جرم محلول بر حسب گرم / مقدار ماده حل شونده بر حسب گرم).



شکل ۴. فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید 2.7mm، نمونه شماره V-1، بافت سیلتی آواری، قطعات فراوان کانی کوارتز در خمیره خاکستری (تیره).

زمان تهیه و تولید سفال در استفاده از مواد خام برای درست کردن آن، هیچ‌گونه تغییر و یا تنوعی داده نشده است.

مواد پرکننده زمينه، بیشتر شامل قطعات سنگ چرت، قطعات خردشده سفال، کوارتز، کلسیت، پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول است. قطعات کوارتز در ماتریکس

از نظر بافت یا پتروفابریک، همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، نمونه‌ها دارای دو بافت پورفیری (اجزا فنوکریست در زمینه ریزبلور) و سیلتی (بافت ریزدانه) هستند. ترکیب کلی نمونه‌ها یکسان است و تفاوت اصلی آن‌ها در درصد فراوانی اجزا سازنده می‌باشد. سفال‌های مورد مطالعه از نظر رنگ خمیره به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول سفال‌هایی که خمیره خاکستری تا تیره دارند. نمونه‌های (V3-4) را دارد (بیش از ۲۰٪) و در خمیره سفال حالت جریانی دیده می‌شود.

دسته دوم سفال‌هایی که خمیره دو رنگ دارند. نمونه‌های (V1-4). این دسته از سفال‌ها از نظر ترکیب شبیه به دیگر نمونه‌ها است و علت تغییر رنگ در خمیره آن‌ها، شرایط پخت کوره و فرایندهای رخ داده است. تغییر رنگ در بدنه سفال‌ها ارتباطی با تغییر ترکیب آن‌ها ندارد. نکته حائز اهمیت در مطالعه مقاطع نازک سفال‌های منطقه زوارهور دشت ورامین تشابهات مواد پرکننده در بافت این سفال‌ها می‌باشد. این تشابهات به‌علاوه نتایج حاصل از مطالعه-ICP MS نمونه‌ها می‌تواند مؤید این باشد که در طول

جدول ۳. جدول نتایج مطالعات پترولوژی نمونه‌ها بر حسب ppm.

Samples	Qz (Clean)	Qz (Cloudy)	Plg	Am & Py	Fe-oxide	Cc	Chert	Grog	V.Rock	بافت
V ₁	*	*	tr	tr	*	*	*	-	-	سیلتی-آواری
V ₂	*	*	*	-	*	*	*	-	-	سیلتی ناهمگن
V ₃	*	*	*	-	*	*	*	*	-	سیلتی-آواری
V ₄	*	*	*	*	*	-	-	-	-	سیلتی
V ₅	*	*	*	tr	*	*	*	-	-	پورفیری
V ₆	*	*	*	*	*	*	*	-	*	پورفیری
V ₇	*	*	*	*	*	*	*	-	*	پورفیری
V ₈	*	*	tr	tr	*	-	-	-	-	سیلتی
V ₉	*	*	tr	-	*	-	-	-	-	سیلتی

QZ (Clean) : کوارتز شفاف و فنوکریست، Qz(Cloudy): کوارتز ابری و پلی کریستالین، Plg : پلاژیوکلاز و فلدسپات، Am&Px : آمفیبول و پیروکسن. Fe-oxid: اکسید آهن، Mica : میکا، Cc(Mic): کلسیت ریزبلور (میکرایت)، Cc (Sp): کلسیت درشت‌بلور (اسپارایت)، V-Rock : سنگ آذرین (ولکانیک): Sand& Silt: بقایای ماسه‌سنگ و سیلت‌استون، Chetr : قطعات سنگ چرت، grog : بقایای سفال‌های قبلی، سیلت و رس.

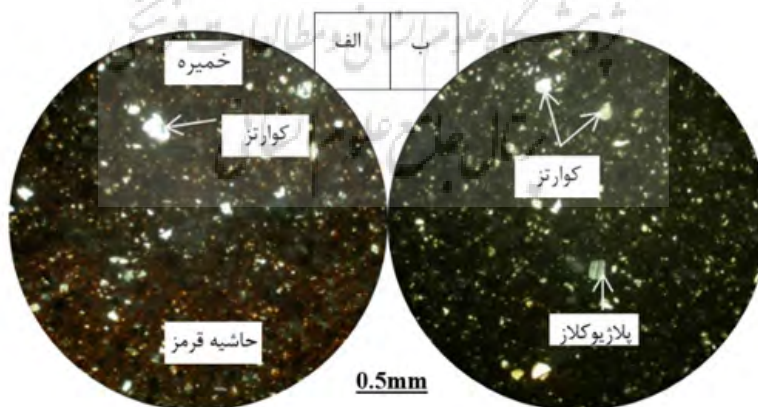
سفال‌ها دیده می‌شود (شکل ۵). از خصوصیات این کانی داشتن ماکل‌پلی سنتتیک است که در دیگر کانی‌ها دیده نمی‌شود. پلاژیوکلازهای سدیم‌دار نظیر آلبیت با توجه به حوزه پایداری بالا تا ۱۳۷۰ درجه سانتیگراد، خود را در بافت سفال به‌وضوح نشان می‌دهند چرا که درجه پخت سفال‌ها بدون شک به این درجه نخواهد رسید. اما این کانی‌ها در محیط‌های مرطوب در مدت زمان زیاد و در اثر هوازدگی شیمیایی تخریب می‌شوند و کانی‌های صفحه‌ای و شبیه به رس به‌نام سریسیت تولید می‌کنند. این فرایند به سریستیزاسیون معروف است و اغلب در تصاویر میکروسکوپی با توجه به خصوصیات دانه‌ای و برفکی، یا سطح زبر و ناصاف روی سطح آلبیت شناسایی می‌شود. شاید بتوان بر این مبنا استناد کرد که اشیاء موردنظر در مدت دفن در محیطی خشک قرار داشته‌اند.

آنورتیت، به‌عنوان پلاژیوکلاز حاوی کلسیم و همچنین با پایداری در درجه حرارت بالا است. آنورتیت، از این جهت مهم است که هم به‌صورت اولیه در مواد معدنی خام مورد استفاده در تولید سفال یافت می‌شود و هم در تولید گلنیت به صورت ثانویه در دمای بالاتر از ۹۷۰ درجه دخیل است (Martineau et al. 2007). در مورد نمونه‌های مذکور فقط آنورتیت شناسایی شد.

رسی بوده که با نتایج حاصل از آنالیز ICP-MS نیز مطابقت دارد. در این سفال‌ها کوارتز، اکسید آهن و پلاژیوکلاز به‌عنوان اجزاء ثابت موجود است.

کانی کوارتز به‌صورت ریزبلور در تمام نمونه‌ها وجود دارد و فراوانی حدود ۲۰-۲ درصد دارد. این کانی اغلب به‌صورت فنوکریست (تک‌بلور) دیده می‌شود و به مقدار محدود به‌صورت پلی کریستالین هستند (شکل ۴). این کانی دارای حاشیه زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده می‌باشد که می‌تواند نشان‌دهنده جابجایی کم آن از محل اولیه باشد و در برخی از نمونه‌ها این کانی کاملاً زاویه‌دار است که نشان می‌دهد، مواد منشأ رسوبی - آواری نداشته‌اند، بلکه از خردشدن قله‌سنگ کوارتز برای استفاده به‌عنوان ماده پرکننده توسط سفال‌گر نشئت گرفته‌اند. ریزدانه و زاویه‌دار بودن کوارتز به پیوستگی اجزاء و درهم تنیدگی بهتر آن‌ها می‌انجامد.

پلاژیوکلاز از دیگر فازهای کریستالین مهم در ترکیب سفال‌ها، وجود پلاژیوکلازها است که در ترکیب کانی‌شناسی خاک منطقه و همچنین در مواد پرکننده بافت سفال وجود دارند. این کانی سیلیکاته دارای کلسیم، سدیم، شاخص سنگ‌های آذرین است که منابع و منشأ اولیه آن در منطقه وجود دارد (فلاحی، ۱۳۶۱)، این کانی از نوع سدیم‌دار و به‌صورت درشت‌دانه تا ریزدانه و به مقدار محدود در خمیره



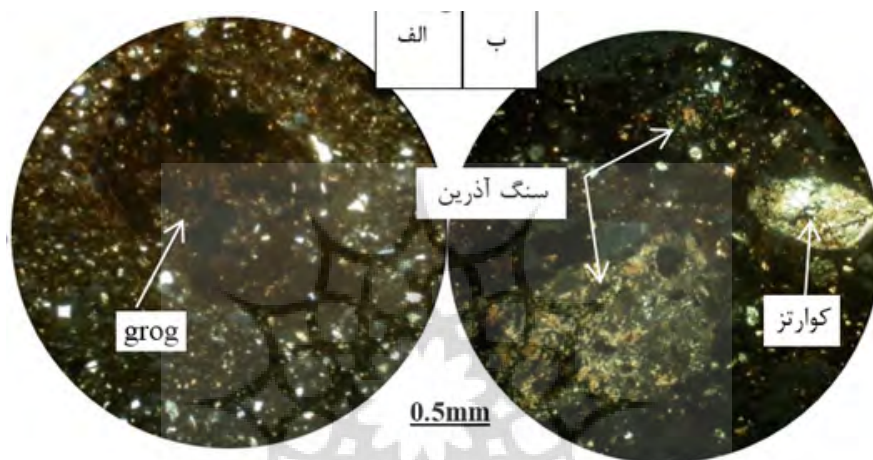
شکل ۵. الف- فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید 2.7mm، نمونه 4-V1، بافت سیلتی. خمیره دو رنگ سفال، حاشیه به رنگ قرمز و مرکز سفال تیره رنگ است. تغییر رنگ ایجاد شده به علت شرایط پخت کوره است و ارتباطی به ترکیب خمیره سفال ندارد.

ب- فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید 2.7mm، نمونه شماره 11-V، بافت سیلتی. یک قطعه کانی پلاژیوکلاز با ماکل پلی سنتتیک در مرکز تصویر. در این نمونه نیز کانی کوارتز بیشترین فراوانی را دارد.

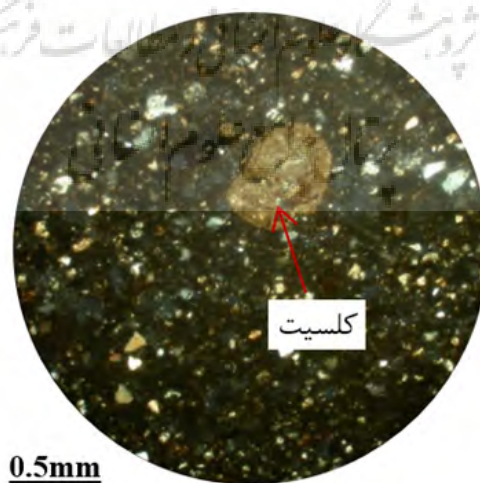
ایجاد اکسیدهای آهن از نوع مگنتیت رنگ سفال به سیاهی نیل می‌کند. وجود آهن بالا در نمونه V9 به رنگ سیاه نوع پخت احیایی را به نمایش می‌گذارد.

در تعدادی از نمونه‌های مورد مطالعه نیز بقایای سنگ‌چرت و قطعات سفال خرد شده در خمیره سفال‌ها وجود دارد. سنگ چرت در اصل همان سنگ سیلیس کریپتو کریستالین است که در سازندهای کنگلومرایی منطقه فراوان است. قطعات سفال خرد

آهن موجود در این ساختار آزاد شده و فازهای آهن‌اکسیدی چون هماتیت و مگنتیت را تولید می‌کند و یا ماتریکس یا بافت زمینه سفال‌ها قرمز می‌شود که به پخت اکسیدی معروف می‌باشد (Kennett, 2002). هماتیت هم به‌عنوان یک فاز اولیه با منشأ رسی، یا در ابتدای فرایند پخت تولید شده که در این محدوده حرارتی سفال به رنگ قرمز مشاهده می‌شود و یا در درجه حرارت‌های بالا و تحت شرایط احیاء به واسطه



شکل ۶ الف- فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید 2.7mm، نمونه 3-V، بافت سیلتی. قطعه درشت سفال خرد شده به رنگ قرمز در مرکز تصویر. ب- فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید 2.7mm، نمونه شماره 7-V، بافت پورفیری (درشت‌دانه)، قطعات درشت سنگ آذرین و کوارتز در خمیره سفال دیده می‌شود.



شکل ۷. فتومیکروگراف، نور XPL، طول میدان دید 2.7mm، نمونه شماره 4-V، بافت سیلتی آواری، یک قطعه درشت کلسیت همراه با تعداد فراوان کوارتز در تصویر دیده می‌شود.

غیرپلاستیک از جنس ماسه و آهک تشکیل شده‌اند که با یا بدون نقش برجسته و نقش‌کننده به‌وسیله چرخ ساخته شده و اغلب پخت کاملی دارند. می‌توان گفت این سفال‌ها با توجه به تنوع بالا در فرم و اندازه و نیز وجود مقادیر نسبتاً بالای گوگرد در برخی از نمونه‌ها برخلاف میزان بسیار کم گوگرد در خاک منطقه مربوط به پخت‌وپز بوده و نمی‌توان آن‌ها را تماماً آیینی دانست. مشاهده دانه‌های کوارتز با گوشه‌های زاویه‌دار توسط میکروسکوپ پلاریزان به‌عنوان فاز اصلی دلیلی است بر این که این مواد منشأ رسوبی - آواری نداشته بلکه ناشی از خردشدن سنگ‌های مادر به‌منظور استفاده به‌عنوان ماده پُرکننده بوده است. دانه‌های کوارتز در اندازه‌های تقریباً یکسان در بافت سفال پخش شده‌اند که نشان از ورز خوردن خوب مواد سازنده می‌باشد. شناسایی فازهایی که در درجه حرارت بالاتر از حدود ۸۰۰ درجه از بین می‌روند مانند کلسیت در بررسی کانی‌نگاری، معرف پخت سفال‌ها در دمای کمتر از ۸۷۰ درجه سانتی‌گراد است. به‌طور کلی این سفال‌ها در نمونه‌های مختلف در محدوده دمایی ۸۰۰ تا ۱۱۴۰ درجه سانتی‌گراد پخته شده‌اند. درصد بالای کلسیم در خاک منطقه (خاک اولیه) مطابق با نتایج ICP-MS، تأثیر به‌سزایی در تشکیل فازهای کلسیت در فرآیند پخت و پایین آوردن دمای پخت سفال‌ها دارد. همچنین بالابودن میزان سدیم و پتاسیم در نمونه‌ها نسبت به خاک می‌تواند نشان از افزودن مواد گدازآور در مرحله ساخت داشته باشد. در نهایت با توجه به تشابه فازهای شناسایی شده در مطالعات کانی‌نگاری و عناصر شناسایی شده در آنالیزهای ICP-MS، می‌توان به این نتیجه رسید که روند ساخت همه نمونه‌ها چه از لحاظ فرآوری و تهیه مواد اولیه و چه از نظر تکنیک پخت تقریباً یکسان بوده است و این می‌تواند نشان دهنده وجود تکنیک و استانداردهای تعریف شده در موضوع ساخت سفال و انتخاب مواد اولیه در این منطقه در عصر آهن باشد. همچنین، با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعات آزمایشگاهی و ساختارشناسی این نمونه‌ها، و تشابه نتایج آنالیز خاک منطقه با این نمونه‌ها، احتمال محلی بودن سفال‌های مذکور مطرح می‌شود. شناسایی بقایای

شده می‌تواند بقایای سفال‌های قبل، قطعات سیلت و یا رس باشد که به‌صورت پُرکننده به خمیره اضافه شده است. این قطعات معمولاً به‌صورت درشت، مدور تا بیضی‌شکل و به‌رنگ قرمز تیره در زیر میکروسکوپ دیده می‌شود (شکل ۶). دیگر اجزا سازنده مانند قطعات کانی پیروکسن و آمفیبول، به مقدار خیلی محدود در تعدادی از نمونه‌ها وجود دارد. نمونه شماره (V7) تنها نمونه‌ای است که می‌توان قطعات سنگ آذرین را در خمیره آن مشاهده کرد. این قطعات در دیگر نمونه‌ها دیده نمی‌شود. بافت نمونه پورفیری و قطعات درشت سنگ آذرین، کلسیت و کوارتز در خمیره سفال دیده می‌شود.

در این پژوهش برای بررسی درجه حرارت پخت سفال از کانی کلسیت استفاده می‌شود. کربناتیزاسیون یا فرآیند تخریب کلسیت و کانی‌های با بنیان کربناته در درجه حرارت ۷۸۰ تا ۸۹۰ درجه سانتی‌گراد در بافت سفال دیده می‌شود. بنابراین وجود کانی کلسیت در برخی از سفال‌های مطالعاتی (جدول ۲)، نشان از درجه حرارت کمتر از ۷۸۰ درجه سانتی‌گراد برای این سفال‌هاست (شکل ۷). با توجه به زمین‌شناسی منطقه که سازندها و رخنمون‌های کربناته در منطقه به‌وفور وجود دارد (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورامین، ۱۴۰۳). در نمونه‌های فاقد کلسیت (جدول ۲) درجه حرارت پخت سفال بیش از ۸۹۰ درجه سانتی‌گراد تخمین زده می‌شود. فازهای کربناتیزه شده در اثر دفن در محیط مرطوب به ترکیبات هیدروکسیدی تبدیل شده که سبب انقباض بافت سفال و تخریب آن می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که رطوبت محیط دفن این آثار بسیار پایین بوده است. موضوع دیگر، دورنگ بودن خمیره برخی از سفال‌ها است که مطالعات پتروگرافی نشان داد این تغییر رنگ در بدنه سفال‌ها ارتباطی با ترکیب آن‌ها ندارد و همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، این حالت در اثر شرایط اکسیداسیون و احیاء و میزان اکسیژن در زمان پخت سفال است، ایجاد شده است.

نتیجه‌گیری

سفال‌های دشت ورامین غالباً از یک خمیر

کارگاه‌های سفال‌گری در زمان گذشته در منطقه و نیز وجود کارگاه‌های سفال‌گری و آجرپزی فعال در زمان حاضر پیرامون محوطه مذکور، نیز این احتمال را تقویت می‌کند. احتمالی که قطعیت بخشیدن به آن نیازمند آزمایش‌ها و بررسی‌های جامع‌تری است.

سپاسگزاری

از حمایت و پشتیبانی ریاست وقت پژوهشکده جناب آقای دکتر کامران احمدی، و جناب دکتر مرتضی حصاری سرپرست کاوش محوطه دشت ورامین، به سبب در اختیار قرار دادن نمونه سفال‌های مورد استفاده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نماید.

حامیان مادی و معنوی

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی مادی و معنوی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، میراث فرهنگی استان ورامین و گروه کاوش ورامین به سرپرستی دکتر مرتضی حصاری انجام شده است.

منابع

باقرزاده کثیری، مسعود؛ قربانی، حمیدرضا؛ نظریه، یاسر. (۱۳۹۴). شاسایی و تحلیل بستر آثار سفالی بر مبنای بقایای محیط دفن (بررسی موردی سفالینه‌های خاکستری منسوب به عصر آهن، پژوهش باستان‌سنجی، (۱)۱، ۳۱-۴۶.

حاجی سیدجوادی، سید محسن؛ صدقی، یاسین؛ شیخی، محمدرضا؛ خاتون میری، نجمه. (۱۴۰۰). بررسی و شناخت هنر سفال خاکستری در محوطه عصر مفرغی چگردک بلوچستان با استفاده از روش‌های پتروگرافی XRD و SEM-EDX. مطالعات باستان‌شناسی پارسه ۵(۱۸)، ۳۱-۴۸.

حدادیان، محمدرضا؛ فیروزمندی شیره‌جینی، بهمن؛ و شعبانی‌صمغ‌آبادی، رضا. (۱۳۹۹). مطالعه استقرارها و سفال خاکستری عصر آهن منطقه طالقان (براساس بررسی‌های میدانی). پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۰(۲۷)، ۹۵-۱۱۴.

حصاری، مرتضی. (۱۳۹۶). تدفین عصر آهن در مرکز فلات ایران مطالعه موردی: محوطه سفالین، پیشوا. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۱۵ (۷)، ۱۱۶-۱۰۱.

رحیمی‌سرخنی، رقیه؛ نیکنامی، کمال‌الدین؛ اسلامی، معین. (۱۳۹۵). سفال‌های غیردالمایی در بستر دالمایی: تشخیص باستانشناختی و توضیح آزمایشگاهی. نمونه موردی: سه‌چای تپه زنگان. مطالعات باستان‌شناسی. ۸(۲). ۷۰-۵۳.

سلمان‌زاده، جواد؛ کاوش، حسینعلی؛ فاضلی‌نشلی، حسن؛ بهشتی، ایراج. (۱۳۹۳). نتایج آزمایشات پتروگرافی نمونه‌های سفالی تپه گراتزیانی. مطالعات باستان‌شناسی. دوره ۶(۲) (پیاپی ۱). ۶۶-۵۵.

عودباشی، امید؛ ناصری، رضا؛ آگارتنر، ایزابل. (۱۳۹۸). مطالعات باستان‌سنجی سفال‌های مکشوف از محوطه‌ی باستانی دَهدومن (جنوب‌غرب ایران)، نتایج مقدماتی. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران. ۹(۲۲)، ۴۶-۲۷.

فاضلی‌نشلی، حسن. (۱۳۸۰). بررسی‌های باستان‌شناسی در دشت تهران. مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران. (۱۶۰). ۲۱۵-۱۹۷.

فلاحی، شجاع‌الدین. (۱۳۶۱). گزارش مطالعات خاک‌شناسی تفصیلی اراضی مرکز اصلاح و تهیه نهال و بذر ورامین. طرح پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب و خاک. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

قاسمی، سبجان؛ حصاری، مرتضی؛ اکبری، حسن. (۱۳۹۷). زوارهور، مرکزی از دوره شهرنشینی دشت ورامین: بررسی شاخه‌های سفالی. مطالعات باستان‌شناسی پارسه. ۴(۲). ۶۸-۵۱.

کانینگهام، رایین؛ مهجور، فیروز؛ فاضلی‌نشلی، حسن؛ صدیقیان حسین؛ خالدیان، ستار. (۱۳۹۰). دشت تهران در دوران اسلامی. مجله مطالعات ایرانی. ۱۰(۲۰). ۲۴۴-۲۱۷.

مقصودی، مهران؛ زمان‌زاده، سیدمحمد؛ فاضلی‌نشلی، حسن؛ چزغه، سمیرا. (۱۳۹۱). نقش ساختارهای طبیعی در الگوی استقرار محوطه‌های پیش از تاریخ دشت تهران با استفاده از GIS. برنامه ریزی و آمایش فضا. ۱۶(۴) (پیاپی ۷۸). ۱۳۷-۱۰۹.

مقصودی، مهران؛ فاضلی‌نشلی، حسن؛ عزیزی، قاسم؛ گیل‌مور، گوین؛ اشمیت، ارمین. (۱۳۹۱). نقش مخروط افکنه‌ها تاریخ از دیدگاه زمین باستان‌شناسی (مطالعه موردی: مخروط افکنه جاجرو و حاجی عرب). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. ۴۴(۴). ۲۲-۱.

Kavenagh, C., & Wheeler, G. (2003). Evaluation of Cleaning Methods for the Exterior Brick Atthe Brooklyn Historical Society. *Journal of the American Institute for Conservation*, 42(1), 97-112.

MacKenzie, W. S., Donaldson, C. H., & Guilford, C. (1982). *Atlas of igneous rocks and their textures* (Vol. 148). Harlow: Longman.

Martineau, R., Walter-Simonnet, A. V., Grobřty, B., & Buatier, M. (2007). Clay resources and technical choices for Neolithic pottery (Chalain, Jura, France): chemical, mineralogical and grain-size analyses. *Archaeometry*, 49(1), 23-52.

Molina, G., Di Febo, R., Molera, J., Pradell, T. (2013). Technology of production of manganese pigments in medieval ceramics, Emac, Proceedings of 12 European meeting on ancient ceramics, Padova, Italy, 19-21.

Ortega-Feliu, I., Gúmez-Tubšo, B., Cöceres, Y., & Respaldiza, M. ě. (2018). Characterization of glaze ceramics from the archaeological site of La Alcazaba, Almerša (Spain). *Microchemical Journal*, 138, 72-81.

Tite, M. S., Shortland, A. J., McCarthy, B., & Paynter, S. (2008). Production of glazed pottery and brickwork in the Near East. *Production technology of faience and related early vitreous materials*, 187-98.

Vannoorenberghe, M., Teetaert, D., Goemaere, E., Van Acker, T., Belza, J., Meylemans, E., ... & Crombř, P. (2022). Complementarity of LA-ICP-MS and petrography in the analysis of Neolithic pottery from the Scheldt River valley, Belgium. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 42, 103413.

Yardley, B. W., MacKenzie, W. S., & Guilford, C. (1990). *Atlas of metamorphic rocks and their textures*. (No Title).

ملک‌پور شهرکی، زهرا؛ ایروانی قدیم، فرشید؛ طلایی، حسن. (۱۳۹۹). فناوری ساخت اشیاء از مواد آلی در فرهنگ عصر آهن شمال غرب ایران و تأثیر آن در اقتصاد و تجارت. *جستارهای باستان شناسی ایران* (پیش از اسلام). ۵ (۱) پی‌اپی ۹-۷۴-۵۹.

موچشی، امیرساعت؛ اثنی عشری، امیر؛ رحمتی، سیدمرتضی و .. (۱۳۹۷). مطالعه ساختاری سفال‌های منطقه هورامان استان کردستان (محوطه‌های سرچم، برده مار و کناچه‌پژوهه باستان سنجی). ۴ (۱). ۱۲۷-۱۰۵.

نجاتی‌جهرمی، زهره. ناصر، حمیدرضا؛ نخعی محمد؛ علیجانی، فرشاد. (۱۳۹۶). ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی آبخوان ورامین از نظر قابلیت شرب: آلودگی با فلزات سنگین، فصلنامه انجمن علمی بهداشت محیط ایران. ۱۰ (۴). ۵۷۲-۵۵۹.

نوزهی، زینب؛ آجلو، بهرام؛ باقرزاده کثیری، مسعود؛ ابراهیمی، قادر. (۱۳۹۵). باستان کانی شناسی سفالینه‌های عصر مفرغ کول تپه عجب شیر، شرق ارومیه. *پژوهه باستان سنجی*. ۲ (۲). ۱۷-۱.

ولی‌پور، حمیدرضا؛ (۱۳۹۰). نگاهی به باستان‌شناسی پیش از تاریخ دشت تهران در پهنه فلات مرکزی ایران. *پیام باستان‌شناس*. ۱ (۱). ۵۶-۳۱.

نقشه زمین شناسی برگرفته از:

https://data.gov.ir/fa_IR/dataset/b8a1af1bed629e998dd064b5eca0fea2882d43b0

Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (2013). *An introduction to the rock-forming minerals*. Mineralogical Society of Great Britain and Ireland.

Emami, S. M. A., Kowald, T., & Trettin, R. (2009). Mineralogical and chemical investigation on the recrystallization process during sintering in phase-interface areas in ancient ceramic matrices. *Materials and Manufacturing Processes*, 24(9), 934-941.

Iordanidis, A., Garcia-Guinea, J., & Karamitrou-Mentessidi, G. (2009). Analytical study of ancient pottery from the archaeological site of Aiani, northern Greece. *Materials characterization*, 60(4), 292-302.