

## مطالعات باستان‌سنجی سرامیک‌ها و سفال‌های عصر مفرغ تپه سیلوه پیرانشهر،

## شمال غرب ایران

نوع مقاله: علمی پژوهشی

پریسا رحمانی کرکوندی<sup>۱</sup>، اکبر عابدی<sup>۱\*</sup>، سید محمدامین امامی<sup>۲</sup>، مهدی رازانی<sup>۱</sup><sup>۱</sup> گروه باستان‌سنجی، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز<sup>۲</sup> گروه مرمت و باستان‌سنجی دانشگاه هنر اصفهان

\* akbar.abedi@tabriziau.ac.ir

## چکیده:

تپه سیلوه پیرانشهر یکی از محوطه‌های شاخص پیش‌ازتاریخی (دالما، بیزدلی، حسلو VII یا فرهنگ حسن علی، عصر آهن)، تاریخی (اشکانی) و اسلامی است که در دشت برینه پیرانشهر در جنوب دریاچه ارومیه و در شمال غرب ایران واقع شده است. کاوش‌های اضطراری و نجات بخشی باستان‌شناسی در راستای احداث سد سیلوه منجر به کشف یافته‌های تازه‌ای از تپه باستانی سیلوه گردید که در بردارنده آثاری از دوران پیش از تاریخ تا اسلامی است. از جمله آثار به‌دست‌آمده از این کاوش‌ها تعداد قابل توجهی از سفال‌های نخودی منقوش و خاکستری سیاه بود که تا پیش از این تحقیق، اطلاعات موجود در رابطه با سفال‌های این محوطه تنها محدود به کاوش‌های باستان‌شناختی بوده و در زمینه‌ی باستان‌سنجی و کانی‌شناسی مطالعاتی صورت نگرفته است. این تحقیق با هدف ساختارشناسی و شرایط تکنولوژی ساخت و تعیین جنبه‌های اشتراک و افتراق بین این سرامیک‌ها و سفال‌ها انجام شده است. نمونه‌های مورد مطالعه پژوهش از سفال‌های خاکستری سیاه براق و صیقلی فرهنگ کورا - ارس و نخودی منقوش فرهنگ حسلو VII، یا همان سفال‌های حسن علی ویر یا گونه‌ی نینوای ۷ انتخاب گردید تا با نتایج حاصله از آن و تطبیق با ویژگی‌های زمین‌شناختی منطقه مورد مطالعه، بتوان تولید بومی یا غیربومی بودن نمونه‌های مطالعاتی مربوطه را سنجید. برای نیل به اهداف تحقیق از روش‌های آزمایشگاهی پراش پرتوایکس (XRD)، دمانگاری (DTA)، و پتروگرافی (مطالعه مقطع نازک با استفاده از میکروسکوپ نوری پلاریزان) استفاده گردید. نتایج حاصل حاکی از آن است که سفال‌های مورد مطالعه از نظر ترکیب و کانی‌شناسی مشابه هم بوده ولی از نظر گونه‌شناسی، تکنیک پخت و رنگ و از نظر شرایط کوره تفاوت دارند و با توجه به همسان بودن ترکیبات ساختاری عمده‌ی سفال‌های خاکستری سیاه با ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه، این موضوع حاکی از آن است که نمونه‌های سفالین مورد مطالعه از تولیدات بومی و محلی هستند و یا در مناطق همجوار نزدیک به محوطه تپه باستانی سیلوه که از لحاظ ساختارها و سازندهای زمین‌شناسی دارای ترکیبات مشابهی هستند، تولید شده‌اند. همچنین با توجه به مطابقت کامل آنالیزهای حرارتی با نتایج پتروگرافی و آنالیز پراش ایکس، دمای پخت در کلیه نمونه‌ها را می‌توان ۸۵۰ درجه تخمین زد.

## اطلاعات مقاله:

دریافت: ۲۷ خرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۲۸ بهمن ۱۳۹۸

## کلید واژه:

باستان‌سنجی، ساختارشناسی، تپه سیلوه، سفال حسن علی



## ۱- مقدمه

تپه سیلوه محوطه شاخصی است در راستای آبیگری سد سیلوه هم اکنون بکلی زیر آب رفته است و هیچ اثری از این محوطه دیگر باقی نمانده است. اطلاعاتی که در ادامه خواهند آمد و مطالعاتی که در آینده از این محوطه انتشار خواهند یافت جزء تنهاترین اطلاعات موجود در رابطه با این محوطه خواهد بود. توالی لایه‌نگاری این محوطه نشان می‌دهد که این محوطه در طول هزاره چهارم و هزاره سوم ق.م مسکون بوده است. توالی‌های سفالی این محوطه فازهای مختلف سفال‌های نارنجی منقوش موسوم به فرهنگ حسن علی ویر یا همان حسنلو VII را آشکار ساخته است که در طول هزاره سوم ق.م در منطقه رواج داشته‌اند. در میان سبک‌های سفالی بومی منطقه گونه‌های سفالی مختلفی دیده می‌شود که برخی از این گونه‌های سفالی به دلیل عدم شناسایی این گونه سفال‌ها در سایر محوطه‌های این دوره در جنوب دریاچه ارومیه معنادار بوده‌اند به گونه‌ای که منشأ این سفال‌ها می‌تواند خارج از حوضه جنوبی دریاچه ارومیه بوده و در مراودات فرهنگی و یا در اثر مهاجرت مردمان دارای این سبک سفالی وارد این منطقه و محوطه گردیده باشند. پرسش اصلی این است تفاوت میان سفال‌های (حسنلو VII) یا به عبارتی سفال‌های نوع حسن علی و خاکستری احتمالی نوع کورا - ارس از لحاظ ساختاری و فناوری ساخت چیست؟ با توجه به اینکه در بین سفال‌های نخودی نیز از لحاظ ظاهری تفاوتی دیده می‌شود، از لحاظ ساختاری و فناوری ساخت نیز گونه‌های متفاوتی را نشان می‌دهند؟ یا تمام مجموعه نخودی یک ساختار و تکنولوژی مشابهی را به نمایش می‌گذارند؟ این سوالات زمینه را جهت بررسی دقیق‌تر از طریق مطالعات

در میانه هزاره چهارم ق.م. تا اواخر هزاره سوم ق.م. سنت فرهنگی جدیدی در بخش‌هایی از قفقاز (بین رود کور و ارس) پدیدار شد که دامنه گسترش آن بعدها تا مناطق جنوبی رود ارس، زاگرس مرکزی و مرکز آناتولی هم کشیده شد. این سنت جدید که موسوم به فرهنگ «کورا - ارس» (Kura-Araxes) است، در نیمه دوم هزاره چهارم و اوایل هزاره سوم ق.م. همزمان با دوره‌ی مفرغ قدیم، در سراسر منطقه قفقاز جنوبی و شمال غرب ایران گسترده شد و تا آناتولی و ساحل شرقی مدیترانه گسترش یافت. این سنت بر اساس توالی تحولات سفالی و معماری به سه مرحله I و II و III تقسیم شده است. ویژگی بارز و مشخصه اصلی سفال فرهنگ کورا - ارس، رنگ خاکستری تیره مایل به سیاه براق، دست‌ساز و دارای آمیزه شن و ماسه (آمیزه غیرآلی) است که سطح بدنه آن را خوب صیقل داده‌اند [۱ و ۲] از طرف دیگر با توجه به توالی لایه‌نگاری باستان‌شناختی حاصل از کاوش‌های محوطه باستانی حسنلو در جنوب دریاچه ارومیه همزمان با فرهنگ کورا - ارس تحولات فرهنگی متفاوتی در این منطقه شکل گرفته و سنت‌های سفالی مس و سنگ جدید با مشخصه سفال‌های منقوش با تکوین جوامع حاضر در این منطقه ادامه یافته و فرهنگ سفالی منقوش موسوم حسنلو VII و یا به عبارت دیگر سفال‌های نوع حسن علی ویر (Hasanali Ware) شکل می‌گیرد.

تپه سیلوه پیرانشهر یکی از محوطه‌های شاخص پیش از تاریخی است که در دشت برینه شهرستان پیرانشهر و در جوار روستای سیلوه در جنوب دریاچه ارومیه واقع شده است.



باستان‌سنجی فراهم ساخت و با کمک گرفتن از روش‌های مختلف آزمایشگاهی سعی در پاسخ به ابهامات و سؤالات موجود خواهد بود.

## ۲- پیشینه پژوهش

پیترسون و بتانکرد در کتاب "پتروگرافی مقاطع نازک مواد سرامیکی" در سال ۲۰۰۹ به این نکته اشاره دارند که استفاده از پتروگرافی در تحلیل سفال‌های باستانی سابقه‌ای چند دهه‌ساله دارد [۳]. هنری کلیفتون سربی از اساتید دانشگاه شفیلد نخستین کسی بود که ادعا نمود صفات بصری مواد معدنی در زیر نور مغناطیسی، قابل تشخیص هستند. وی در سال ۱۸۴۹ نخستین برداشت پتروگرافیک خود را از نمونه‌های تخته‌سنگ ماسه‌ای انجام داد [۴] اولین مطالعاتی که از تکنیک پتروگرافیک در آنالیز مواد باستان‌شناختی بهره برد، در سال ۱۸۹۰ توسط کارل جرج ریچارد لیپسوس (زمین‌شناس آلمانی) به رشته تحریر درآمد. وی در سفری که به یونان داشت ۴۰۹ نمونه سنگ مرمر را گردآوری کرده و با استفاده از روش برش میکروسکوپی، نمونه‌ها را در انواع مختلف و بر اساس مؤلفه‌هایی چون رنگ، اندازه و ترکیبات طبقه‌بندی نمود. استفاده از این روش در مطالعات سفال توسط آنا شیرد در قرن بیستم پایه‌گذاری شد [۵] وی با مطالعه بر روی سفال‌های منقوش به‌دست‌آمده از منطقه پکوس در نیومکزیکو (جنوب غربی آمریکا)، اطلاعاتی به دست آورد که آنالیز سبکی و ریخت‌شناسی نمی‌توانست چنین کاری انجام دهد او چندین نوع مختلف از سفال را بر اساس تمایز بین آمیزه سفال دسته‌بندی نمود. مضاف بر این با مطالعه داده‌های زمین‌شناسی منطقه به شواهدی در مورد

منابع تأمین مواد خام تهیه سفال دست‌یافت. وین فلتن آمریکایی با انجام آنالیز پتروگرافیک بر روی سفال و خاک به‌دست‌آمده از محوطه تروی در سواحل غربی ترکیه، ظروف بومی و وارداتی این محوطه را تفکیک نمود. وی با انجام این سلسله مطالعات تفاوت‌های آشکار در تکنیک‌های فرم دهی و پخت سفال‌های وارداتی و محلی را آشکار نمود [۴]. همچنین از لحاظ پیشینه مطالعات باستان‌شناسی منطقه پیرانشهر و محوطه تپه سیلوه می‌توان به اولین فعالیت‌های باستان‌شناسی شهرستان پیرانشهر توسط آقایان حاکمی و راد در سال ۱۳۴۲ انجام پذیرفته، اشاره کرد. پس از ایشان بررسی‌هایی هم توسط اشتفان کرول و ولفرام کلایس در این منطقه به انجام می‌رسد که منجر به شناسایی محوطه‌های شاخصی از دوران نوسنگی تا اورارتویی در این منطقه می‌گردد [۶ و ۷] بعد از ایشان فرانک هول هم در راستای شناسایی محوطه‌های نوسنگی شمال غرب ایران به برخی از محوطه‌های نوسنگی و مس و سنگ این منطقه اشاراتی می‌نماید. پس از انقلاب نیز فعالیت‌هایی توسط باستان‌شناسان داخلی جهت بررسی و شناسایی محوطه‌های این شهرستان به انجام می‌رسد که از جمله آن‌ها می‌توان به بررسی باستان‌شناسی پیرانشهر جهت ثبت آثار توسط خرازی و همکاران در سال ۱۳۸۱ [۸]، قلی زاده و همکاران در سال ۱۳۸۵ [۹] و خان محمدی و همکاران در سال ۱۳۸۷ [۱۰] اشاره کرد. از دیگر فعالیت‌های انجام‌شده در این شهرستان می‌توان به بررسی باستان‌شناسی حوضه رودخانه زاب اشاره کرد که توسط بیننده در سال ۱۳۸۷ به انجام رسید [۱۱ و ۱۲] کاوش در تپه لایون نیز که توسط بیننده به انجام رسید از معدود کاوش‌های هدفمند سؤال محور در این منطقه بوده



بر اساس توالی تحولات سفالی و معماری به سه مرحله I و II و III تقسیم شده است. ویژگی بارز و مشخصه اصلی سفال فرهنگ کورا-ارسی، رنگ خاکستری تیره مایل به سیاه براق، دست‌ساز و دارای شاموت شن و ماسه است که سطح بدنه آن را خوب صیقل داده‌اند [۱ و ۲] از طرف دیگر با توجه به توالی لایه نگاری باستان‌شناختی حاصل از کاوش‌های محوطه باستانی حسنلو در جنوب دریاچه ارومیه همزمان با فرهنگ کورا-ارسی تحولات فرهنگی متفاوتی در این منطقه شکل گرفته و سنت‌های سفالی مس و سنگ جدید با مشخصه سفال‌های منقوش با تکوین جوامع حاضر در این منطقه ادامه یافته و فرهنگ سفالی منقوش موسوم به حسن علی ویر "Hasanali Ware" شکل می‌گیرد که با نام‌های حسنلوی VII و نینوای V نیز شناخته می‌شود. آثار این دوره، علاوه بر کاوش‌های پروژه حسنلو، از کاوش‌های باستان‌شناختی محوطه‌های دیگر دشت‌های جنوب دریاچه ارومیه شناسایی شده است. کاوش‌های صورت گرفته در تپه قره قوزلو [۱۸] در دشت میان‌دوآب مجموعه سفال‌های مشابه این دوره را ارائه داده است، همچنین کاوش‌های انجام یافته از طرف گروه باستان‌شناسی دانشگاه آزاد مهاباد در تپه سه گردان [۱۱] و [۲۰] در نزدیکی مهاباد مواد فرهنگی این دوره را در جنوب دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. اما فراتر از دشت‌های جنوبی دریاچه ارومیه مجموعه‌های قابل مقایسه با سفال‌های حسنلو VII، به خصوص فازهای قدیمی‌تر، از محوطه‌های میانکوهی دره‌های جنوبی دامنه‌های کوهستان سهند از محوطه کول تپه هشترود [۲۱ و ۲۲] و همچنین در تپه توپراقلی تپه [۲۱] در حوضه رودخانه آیدوغموش میانه

است که در سال ۱۳۸۷ انجام یافت [۱۱ و ۱۳] همچنین قبل از انجام پروژه‌های کاوش سد سیلوه پیرانشهر، یک بررسی باستان‌شناسی هم توسط قهرمانی در سال ۱۳۹۴ جهت شناسایی محوطه‌های محدوده سد سیلوه به انجام رسید [۱۴]. بررسی باستان‌شناسی دشت لاجان پیرانشهر نیز جهت شناسایی محوطه‌های پیش‌ازتاریخی و تاریخی توسط مهرروز مورد بررسی و شناسایی قرار گرفت که منجر به شناسایی آثاری از دوران مس و سنگ تا عصر آهن گردید [۱۵] از دیگر فعالیت‌هایی که توسط پژوهشگران این حوزه به انجام رسید می‌توان به بررسی الگوهای استقرار عصر آهن حوضه رودخانه زاب کوچک توسط سرخابی اشاره کرد که در سال ۱۳۹۵ به انجام رسید؛ و در نهایت هم کاوش در محوطه‌های تپه سیلوه (شیخ اسماعیل) [۱۶] و تپه سرباز گمانه‌زنی [۱۷] به‌منظور تعیین عرصه و حریم محوطه هفت شیخان [۱۸] و همچنین بررسی باستان‌شناسی محدوده سد سیلوه پیرانشهر [۱۹] از جمله آخرین فعالیت‌هایی است که در راستای کاوش‌های نجات بخشی سد سیلوه پیرانشهر به انجام رسیده است.

در میانه هزاره چهارم ق.م، تا اواخر هزاره سوم ق.م. سنت فرهنگی جدیدی در بخش‌هایی از قفقاز (بین رود کور و ارس) پدیدار شد که دامنه گسترش آن بعدها تا مناطق جنوبی رود ارس، زاگرس مرکزی و مرکز آناتولی هم کشیده شد. این سنت جدید که موسوم به "کورا-ارسی"<sup>۱</sup> است، در اوایل هزاره سوم ق.م همزمان با دوره‌ی مفرغ قدیم، در سراسر منطقه قفقاز جنوبی و شمال‌غرب ایران گسترده شد و تا آناتولی و ساحل شرقی مدیترانه گسترش یافت. این سنت

<sup>۱</sup> Kura-Araxes



## ۳- معرفی محوطه تپه سیلوه پیرانشهر از منظر جغرافیایی و زمین‌شناختی

تپه سیلوه با مختصات جغرافیایی ( $36^{\circ} 48' 099''$  N: - E:  $45^{\circ} 05' 937''$ ) و (UTM: 0508825-4072870) در جوار روستای سیلوه با ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته است. این تپه از جنوب و غرب به بستر رودخانه لاوین (سیلوه)، از شمال به راه خاکی روستای سیلوه به پیرکانی و از شرق به منازل تخریب‌شده روستای سیلوه منتهی می‌گردد. از نظر وضعیت توپوگرافی تپه به شکل یک برجستگی بیضی‌شکل است که نسبت به کف رودخانه نزدیک به ۱۸ متر اختلاف ارتفاعی دارد. این تپه بر روی یک بستر طبیعی ماسه‌سنگی قرار گرفته است. تمام سطح تپه پوشیده از قلوه‌سنگ‌های بزرگ و کوچک مربوط به قبور متأخر اسلامی است. در رأس تپه یک حصارسنگی به روش خشکه‌چین دایره‌ای شکل ایجاد شده که در فضای داخلی آن تعدادی گور در جهت شرقی غربی قرار گرفته‌اند. دورتادور تپه یک دیوار سنگ‌چین وجود دارد که به شکل یک حصار تپه را محصور کرده است. در تصویر هوایی تپه شواهدی از یک بنای بزرگ قابل تشخیص است. پراکندگی زیاد مواد فرهنگی در سطح بسیار چشم‌گیر است. تنوع گونه‌های مختلف سفال و مواد فرهنگی نشان از توالی فرهنگی و استقرار طولانی‌مدت در این تپه است که آثاری را از هزاره پنجم قبل از میلاد تا دوران اسلامی را در برمی‌گیرد (شکل ۱ و ۲) [۱۶].

بدست آمده است. در کنار مواد حاصل از کاوش‌های باستان‌شناختی در منطقه مجموعه سفال‌های مشابه با مجموعه سفالینه‌های حسنلو VII در بررسی‌های باستان‌شناختی از محوطه سوموک تپه در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب یانیق تپه [۶] و کول تپه عجب شیر [۲۳] و [۲۴] بدست آمده است. علاوه بر این در منطقه چاراویماق سفال‌های مشابه فازهای جدیدتر حسنلو VII و همچنین مشابه سفال‌های کول تپه عجب‌شیر، تپه قره قوزلو، تپه قره آغاج [۲۵]، و تپه ذوالبین هشتروند [۲۱] بدست آمده است. سفال‌های نوع حسن علی (حسنلو VII) و سفال‌های خاکستری نوع کورا- ارس از لحاظ ساختاری و فناوری ساخت دو گونه و طیف متفاوتی هستند و تفاوت‌های اساسی در نوع ساخت، نوع کوره و تکنولوژی ساخت دارند. سفال‌های نخودی شاخص حسن علی (حسنلو VII) عصر مفرغ قدیم تپه سیلوه نیز دو طیف متفاوتی هستند که یک طیف متعلق به شمال بین‌النهرین و بخش دیگر بومی خود منطقه سیلوه پیرانشهر هستند. سفال‌های نوع حسن علی عمدتاً سفال‌های ظریف تا متوسط (۱-۷ میلی متر) که طیف رنگی نارنجی تا نخودی را در بر می‌گیرند. اغلب این سفال‌ها منقوش هستند که این نوع سفال‌ها را از سفال‌های همزمان خود یعنی سفال‌های خاکستری - سیاه براق و صیقلی کاملاً متمایز می‌کنند. همان گونه که در بالا آمد دامنه گسترش این سفال‌ها جنوب و بخش‌هایی از شرق دریاچه ارومیه است درحالی‌که دامنه گسترش سفال‌های- کورا- ارس اغلب در شمالی، غربی و شرقی است.





شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان پیرانشهر و سد سیلوه و محوطه تپه سیلوه در شمال غرب ایران [۱۶]



شکل ۲- نمونه سفال‌های مرمت شده تپه سیلوه پیرانشهر [۱۶]

۲- تکنولوژی ساخت و ماتریکس بدنه و افزودنی‌های بدنه سفال‌ها

۳- مشخصات ظاهری (طرح و نقش و اشکال روی بدنه‌ها) بر اساس موارد فوق ۲۰ قطعه سفال انتخاب شد. ۱۱ قطعه سفال سیاه خاکستری منتسب به فرهنگ کورا - ارس و ۹ قطعه دیگر آن سفال نخودی منقوش نوع حسن علی (حسنلو VII) است. مستندنگاری و توصیف فنی نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و ۲ آمده است.

#### ۴- مواد و روش‌های مورد مطالعه

##### ۴-۱- معرفی نمونه‌های مورد مطالعه

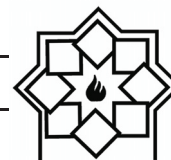
در راستای مطالعات باستان‌شناسی تپه سیلوه که منجر به کشف چند صد قطعه سفال باستانی گردید تصمیم بر آن شد تا بررسی‌ها بر روی ساختار شناسی سفال‌های مربوط به دوره عصر مفرغ به عمل آید از این رو بر اساس معیارهای زیر اقدام به نمونه‌برداری و آزمایش نمونه‌ها گردید:

۱- تقدم و تأخر لایه‌های کاوش شده در حین حفاری



## جدول ۱- مشخصات ظاهری نمونه سفال‌های سیاه- خاکستری مورد مطالعه در این پژوهش

مشخصات نمونه	تصویر نمونه	مستندنگاری
شماره سفال: ۱ T.S.2017 Tr.I Loc.1164 R.N.1298 فرم: قسمتی از لبه ظرف		
نمونه قسمتی از لبه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی صیقل براق و درونی دست مرطوب است.	شماره سفال: ۲ T.S.2017 Tr.I Loc.1164 R.N.1298 فرم: قسمتی از لبه ظرف	
نمونه قسمتی از لبه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی صیقل براق و درونی دست مرطوب است.	شماره سفال: ۳ T.S.2017 Tr.I Loc.1178 R.N.1339 فرم: قسمتی از لبه ظرف	
نمونه قسمتی از لبه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم سفال دست‌ساز است. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی و درونی صیقل است.	شماره سفال: ۴ T.S.2017 Tr.I Loc.1178 R.N.1339 فرم: قسمتی از کف ظرف	
نمونه قسمتی از کف پایه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم سفال دست‌ساز است. بافت سفال خشن و تکنیک پرداخت بیرونی صیقل و درونی دست مرطوب است.		



## جدول ۲- ادامه جدول ۱

مستندنگاری	تصویر نمونه	مشخصات نمونه
		شماره سفال: ۵ T.S.2017 Tr.I Loc.1240 R.N.1145 فرم: قسمتی از لبه پایه ظرف
<p>نمونه قسمتی از لبه پایه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت درونی و بیرونی دست مرطوب است.</p>		شماره نمونه: ۶ T.S.2017 Tr.III Loc.3007 R.N.3006 فرم: قسمتی از لبه ظرف
	<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف سیاه-خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی و درونی صیقل براق است.</p>	شماره نمونه: ۷ T.S.2017 Tr.III Loc.3079 R.N.3079 فرم: قسمتی از لبه ظرف
		شماره سفال: ۸ T.S.2017 Tr.III Loc.3109 R.N.3137 فرم: قسمتی از لبه ظرف
	<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی و درونی صیقل است.</p>	



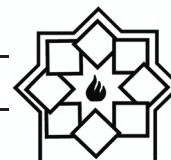


## جدول ۳- ادامه جدول ۱

مستندنگاری	تصویر نمونه	مشخصات نمونه	
		شماره سفال: ۹ T.S.2017 Tr.IV Loc.4011 R.N.4012 فرم: قسمتی از لبه ظرف	
<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال ظریف و تکنیک پرداخت بیرونی و درونی صیقل براق است.</p>			شماره سفال: ۱۰ T.S.2017 Tr.IV Loc.4011 R.N.4012 فرم: قسمتی از بدنه ظرف
<p>نمونه قسمتی از بدنه یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی صیقل است.</p>			شماره سفال: ۱۱ T.S.2017 Tr.IV Loc.4030 R.N.4039 فرم: قسمتی از کف ظرف
<p>نمونه قسمتی از کف یک ظرف سیاه- خاکستری است که فاقد هرگونه تزئینات و با توجه به فرم سفال دست‌ساز و بافت سفال متوسط است.</p>			

## جدول ۴- مشخصات ظاهری نمونه سفال‌های قرمز- نخودی مورد مطالعه در این پژوهش

مستند نگاری	تصویر نمونه	شماره و مشخصات نمونه
		شماره سفال: ۱۲ T.S.2017 Tr.I Loc.1231 R.N.1143 فرم: قسمتی از لبه ظرف
<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف قرمز- نخودی است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. دانه‌بندی بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت بیرونی صیقلی و درونی با دست مرطوب است.</p>		



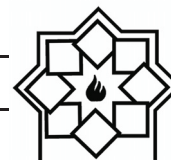
جدول ۵- ادامه جدول ۲

مستند نگاری	تصویر نمونه	شماره و مشخصات نمونه	
<p>NO: 13</p>		<p>شماره سفال: ۱۳ T.S.2017 Tr.I Loc.1231 R.N.1143 فرم: قسمتی از بدنه ظرف</p>	
<p>نمونه قسمتی از بدنه یک ظرف قرمز- نخودی است که در قسمت بیرونی دارای نقش هندسی- گیاهی به رنگ سیاه-قرمز دارد و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. دانه‌بندی بافت سفال متوسط و تکنیک پرداخت درونی دست مرطوب است.</p>	<p>NO: 14</p>		<p>شماره سفال: ۱۴ T.S.2017 Tr.I Loc.1240 R.N.1145 فرم: قسمتی از بدنه ظرف</p>
<p>نمونه قسمتی از بدنه یک ظرف قرمز- نخودی است که در قسمت بیرونی دارای نقش هندسی- نواری به رنگ قرمز تیره- سیاه دارد و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. دانه‌بندی بافت سفال ظریف و تکنیک پرداخت درونی دست مرطوب است.</p>	<p>NO: 15</p>		<p>شماره سفال: ۱۵ T.S.2017 Tr.I Loc.1240 R.N.1145 فرم: قسمتی از لبه ظرف</p>
<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف قرمز- نخودی است که در قسمت بیرونی دارای نقش هندسی به رنگ سیاه دارد و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. دانه‌بندی بافت سفال ظریف و تکنیک پرداخت درونی دست مرطوب است.</p>	<p>NO: 16</p>		<p>شماره سفال: ۱۶ T.S.2017 Tr.III Loc.3007 R.N.3006 فرم: قسمتی از لبه ظرف</p>
<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف قرمز- نخودی است که دارای دسته نخجوانی چسبیده به بدنه است. با توجه به فرم سفال دست‌ساز است. دانه‌بندی بافت سفال خشن و تکنیک پرداخت بیرونی دست مرطوب است.</p>			



## جدول ۶- ادامه جدول ۲

مستند نگاری	تصویر نمونه	شماره و مشخصات نمونه
 NO: 17	 5 cm	شماره سفال: ۱۷ T.S.2017 Tr.III Loc.3079 R.N.3079 فرم: قسمتی از بدنه ظرف
<p>نمونه قسمتی از بدنه یک ظرف قرمز- نخودی است که در قسمت بیرونی دارای نقش نواری به رنگ قرمز قهوه‌ای دارد و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال ظریف و تکنیک پرداخت بیرونی و درونی دست مرطوب است.</p>		
 NO: 18	 5 cm	شماره سفال: ۱۸ T.S.2017 Tr.III Loc.3109 R.N.3137 فرم: قسمتی از بدنه ظرف
<p>قسمتی از بدنه یک ظرف قرمز- نخودی است که قسمت بیرونی دارای نقش به رنگ قرمز قهوه‌ای و با توجه به اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال ظریف و تکنیک پرداخت بیرونی و درونی دست مرطوب است.</p>		
 NO: 19	 5 cm	شماره سفال: ۱۹ T.S.2017 Tr.IV Loc.4011 R.N.4012 فرم: قسمتی از لبه ظرف
<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف قرمز- نخودی است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده و بافت آن ظریف است.</p>		
 NO: 20	 5 cm	شماره سفال: ۲۰ T.S.2017 Tr.IV Loc.4011 R.N.4012 فرم: قسمتی از لبه ظرف
<p>نمونه قسمتی از لبه یک ظرف قرمز- نخودی است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده. بافت سفال ظریف و تکنیک پرداخت بیرونی صیقل است.</p>		



## ۴-۲- روش‌های آزمایشگاهی

نمونه‌ها برای تهیه مقاطع نازک به منظور مطالعه‌ی پتروگرافی با میکروسکوپ پلاریزان آماده شده و تا ضخامت ۳۰ میکرومتر [۲۶] پولیش داده شد. سپس با هدف شناسایی کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی خمیر سفال، زمینه یا ماتریکس، الگوی تخلخل و آمیزه‌های -تمپ‌های موجود در بدنه سفال با میکروسکوپ پلاریزان دوچشمی مدل المپیوس BX51 در دانشگاه هنر اسلامی تبریز مشاهده و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در این روش توصیف و طبقه‌بندی کانی‌های و ارتباط بین اجزاء موجود در نمونه‌های سیاه خاکستری و نخودی منقوش، نحوه‌ی شکل‌گیری، تعیین مقادیر نسبی کانی‌ها و اجزای اصلی نمونه، مقایسه خصوصیات نمونه با دیگر نمونه‌های گرفته‌شده از یک یا چند منبع [۲۷]. همچنین تخمین دمای پخت بر اساس تغییر و تحولات مواد معدنی در دمای بالا [۲۸] مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. آزمایش پراش پرتوایکس جهت شناسایی و تشخیص فازهای بلوری تشکیل‌شده در بدنه نمونه‌ها و تعیین کیفی کریستال‌ها [۲۹] به روش پودری (XRPD) [۳۰] انجام گرفت. در این پژوهش روش فوق علاوه بر شناسایی فازهای موجود در ساختار سفال، در تعیین دمای پخت شامل ایجاد یک رابطه بین درجه حرارت پخت و تغییرات کانی‌شناسی و یا ساختار سفال به‌کاربرده شد [۳۱] نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه دیفراکتومتر مدل PW1730، ساخت کشور هلند (لامپ تیوپ تولیدکننده‌ی پرتوایکس آن از جنس مس (Cu) بوده که با اختلاف پتانسیل ۴۰ کیلوولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر، پرتوایکس موردنیاز را تولید می‌کرد) مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش XRPD روی نمونه‌ها از

زاویه ۱۰ تا ۶۰ درجه (10-60 = 2θ) انجام شد. همچنین برای تفسیر آنالیزهای XRPD از نرم‌افزار Xpert Highscore-Plus-3.0 استفاده شده است. آنالیز حرارتی تفاضلی جهت تخمین دمای پخت به کار می‌رود. منظور از برنامه حرارتی، گرمایش نمونه با برنامه ویژه دمایی و در محیط مشخص است. به عبارت ساده‌تر، نمونه باید با سرعت مشخص تا دمای معینی گرم و در صورت نیاز، در این دما برای مدت‌زمان مشخصی نگهداری شود [۳۲] نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه Netsch Thermo 2018 Analytic with Proteus Software در دانشگاه University Siegen, Germany مورد آزمایش قرار گرفتند.

## ۵- نتایج و بحث

### ۵-۱- نتایج و تحلیل مطالعات پتروگرافی

#### با میکروسکوپ پلاریزان

کانی‌های شاخص مشاهده‌شده در تمامی ۲۰ نمونه با توجه به اصول شناسایی کانی‌ها در میکروسکوپ پلاریزان (برای مثال رنگ‌های تداخلی و بیرفرنژانس (Birefringence)، رخ (Cleavage) و چندرنگی یا پلی کروماتیسم (Polyochromatism) عبارت‌اند از: کوارتز، پلاژیوکلاز، که تنها میزان و فراوانی هر یک از اجزا در سفال‌های مورد مطالعه با یکدیگر متفاوت است. کوارتز، از جمله فراوان‌ترین کانی‌ها در بافت سفال‌های تاریخی است که یا به‌صورت خرده‌سنگ یا ماسه در خاک مورد استفاده وجود دارد که می‌توانسته به‌صورت تصادفی یا به‌عنوان ماده‌ی افزودنی- به دلیل خواص حرارتی و دسترسی آسان و بسیار



به آن - در ساختار سفال‌ها وارد شده باشد [۳۳] به مواد اولیه تهیه‌ی سفال افزوده شده است و بر طبق ویژگی‌های آن از قبیل کروی بودن، درصد و اندازه‌ی توزیع دانه‌های مجزا، می‌توان از آن در تعیین منشأ استفاده نمود؛ به طوری که اگر کانی کوارتز موجود در ماتریکس سفال، مدور و بدون گوشه‌های تیز باشد، حاکی از منشأ رسوبی و کوارتزهای تیز و زاویه‌دار محصول هوازدگی و خرد شدن سنگ مادر مولد خاک مورد استفاده است. کوارتز همچنین ممکن است خرد، فرآوری و سرند شود و به‌عنوان تمپر استفاده شود [۲۸ و ۳۴]. در ساختار در این پژوهش حضور شاخص فاز کوارتز در کلیه نمونه‌ها بر اساس بررسی‌های مینرالوژیکی ساختار سفال‌های سیاه - خاکستری و نخودی - منقوش مربوط به تپه سیلوه پیرانشهر با آنالیز پراش پرتو ایکس و نیز با مطالعه پتروگرافی، قابل مشاهده است که بیشتر به شکل بلورهای شکل دار و گوشه‌دار هستند؛ که نشان‌دهنده محصول هوازدگی و خرد شدن سنگ مادر مولد خاک مورد استفاده هستند. ذرات کوارتز مشاهده شده زیر میکروسکوپ پلاریزان و موجود در ماتریکس و ساختار نمونه‌های این گروه هم در اندازه‌ی ریز نشان‌دهنده‌ی حضور اولیه آن در خاک رس هم در اندازه‌های درشت نشان از استفاده کوارتز به‌عنوان تمپر و افزودن آگاهانه توسط سفالگر است.

کلسیت موجود در بافت سفال می‌تواند از منشأهای متفاوتی حاصل شود مثل: کلسیت به صورت ذرات مجزا از بلورهای بزرگ سنگ مرمر و تکه‌های سنگ آهکی و قطعاتی و صدف، به دلیل این تنوع، تشخیص گونه کلسیت در مقاطع نازک سفال‌های تاریخی اطلاعات مهمی از منشأ کانی‌های رسی و تمپر، به دست می‌دهد.

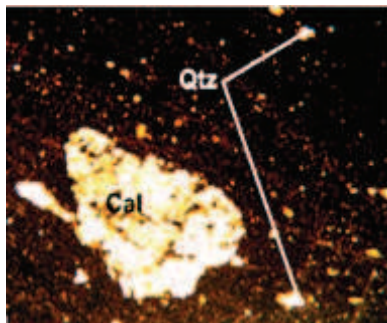
همچنین به وسیله آب‌های زیرزمینی در طول دفن ممکن است به وجود آیند که در این صورت به شکل توده‌ای در اطراف منافذ یا شکستگی‌هایی که در سطح سفال اتفاق می‌افتد [۳۵] رسوب حضور کلسیت در خاک رسی که کانی‌های دما بالا دارد به وضوح نشان می‌دهد که ممکن است این کلسیت از گونه ثانویه باشد و در اثر ماندن در محیط دفن به وجود آمده باشد [۳۶] در نمونه‌های ۵ و ۷ (سفال سیاه - خاکستری) ۱۲ و ۱۹ (سفال نخودی - منقوش) کلسیت نشان داده شده است. کلسیت می‌تواند کلسیت اولیه باشد بنابراین این امر می‌تواند حاکی از دمای پخت کم یعنی حدود  $800^{\circ}\text{C}$  باشد و وجود مسکویت می‌تواند این قضیه را تأیید کند. میکاها به علت داشتن قلیایی‌ها در ترکیب شیمیایی خود باعث پایین آمدن نقطه‌ی ذوب مواد سرامیکی می‌شوند [۳۷] در نمونه‌های ۱ و ۲ و ۴ و ۵ و ۷ و ۱۰ سفال‌های سیاه - خاکستری و ۱۲ و ۱۹ سفال‌های نخودی - منقوش کانی میکا مشاهده شده است. کانی هماتیت یا به صورت یک کانی ثانویه در درجه حرارت بالا در محیط اکسیداسیون در کوره تولید شده است و یا به صورت ذرات هماتیت در خاک رس موجود هست. هماتیت در سفالینه‌ها (به شرط عدم وجود این کانی به صورت طبیعی در خاک منطقه و سفالگری) نشان‌دهنده دمایی بالاتر از  $800^{\circ}\text{C}$  است [۳۸] بر اساس مطالعه مقاطع نازک نمونه‌ها با میکروسکوپ پلاریزان، کانی‌های هماتیت به رنگ قرمز و قهوه‌ای در زمینه‌ی رسی نمونه‌های ۷ و ۸ سفال‌های سیاه - خاکستری و نمونه‌های ۱۳، ۱۵ و ۱۹ سفال‌های نخودی - منقوش مشاهده گردید که خود توجهی بر شرایط



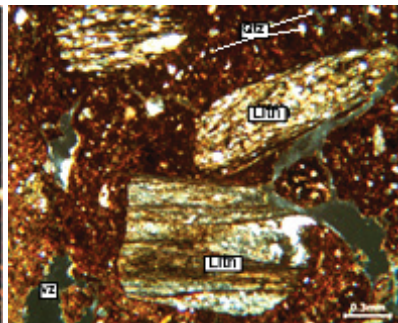


مطالعه پتروگرافی به وجود آمده باشند [۳۴]. حجم فضاهای خالی داخل بافت، از قبیل اندازه و شکل، استحکام، نفوذپذیری، و مقاومت حرارتی مواد درون سرامیک مؤثر بوده و در نتیجه اطلاعاتی در رابطه با کارکرد آن ارائه می‌دهد [۲۸]. همچنین به‌وسیله مطالعه روزنه‌ها و تخلخل می‌توان به چگونگی فرایند ساخت و عمل‌آوری بدنه سفال‌ها دست‌یافت، وجود جهت یافتگی و کشیدگی در سفال‌ها می‌تواند ناشی از چرخ‌ساز بودن سفال باشد (شکل ۳ تا ۸).

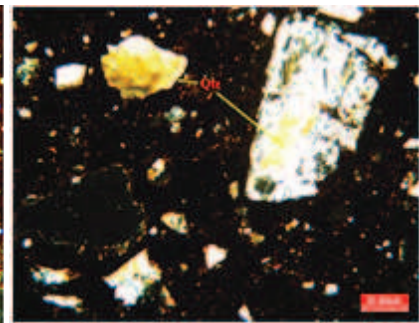
اکسیداسیون پخت سفال‌هاست. در صد فضاهای خالی، اطلاعاتی در رابطه با شیوه تولید اشیاء سفالین ارائه می‌دهد. تعداد، اندازه، شکل و جهت‌گیری حفرات و فضاهای خالی نشان‌دهنده موادی است که یا در طول آماده‌سازی خمیر سفال حضور داشته اما در طول فرایند حرارت به دلیل آزاد شدن گازها یا انقباض رس در حین خشک شدن مواد و یا انحلال مواد در طول فرایند پخت است [۳۹]. همچنین منافذ ممکن است در اثر جدا شدن قطعات معدنی در مرحله آماده‌سازی مقاطع نازک برای



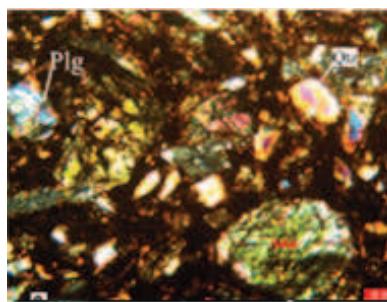
شکل ۵- تصویر میکروسکوپی نمونه ش ۵ سفال خاکستری- سیاه در نور XPL، بزرگنمایی X4



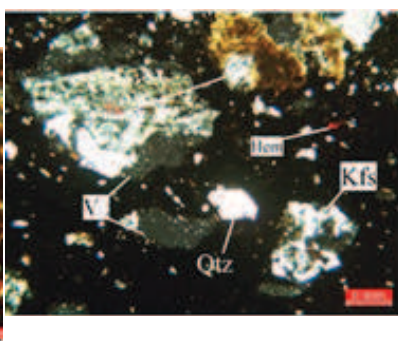
شکل ۴- تصویر میکروسکوپی نمونه ش ۴ سفال خاکستری- سیاه در نور XPL، بزرگنمایی X4



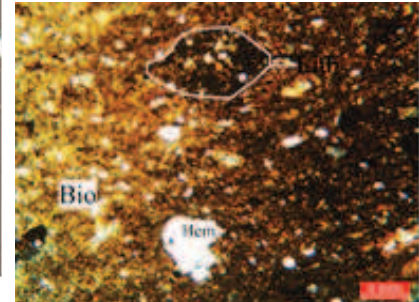
شکل ۳- تصویر میکروسکوپی نمونه ش ۲ سفال خاکستری- سیاه در نور XPL، بزرگنمایی X4



شکل ۸- تصویر میکروسکوپی نمونه ش ۱۶ سفال نخودی- منقوش در نور XPL، بزرگنمایی



شکل ۷- تصویر میکروسکوپی نمونه ش ۷ سفال خاکستری- سیاه در نور XPL، بزرگنمایی X4



شکل ۶- تصویر میکروسکوپی نمونه ش ۷ سفال خاکستری- سیاه در نور XPL، بزرگنمایی X4



## ۵-۲- نتایج و تحلیل مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD)

در این پژوهش، آزمایش پراش پرتو ایکس بر روی ۱۱ نمونه‌ی سیاه- خاکستری سنت کورا- ارس و ۹ نمونه سفال نخودی- منقوش سنت حسنلو VII (حسن علی) انجام گرفت و نتایج آن به صورت فازهای تشکیل دهنده‌ی نمونه‌ها و بر اساس خصوصیات بلورین هر کدام از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که شناسایی تغییرات کانی‌های سازنده‌ی بافت داخلی سفال تنها با دانستن شرایط پایداری هر فاز ممکن است. به طوری که برخی از فازها و کانی‌ها از ابتدای ساخت شیء در بافت سفال وجود داشته و بیش تر به محل ساخت و ماده خام اولیه نسبت

داده می‌شود؛ هم‌چنین برخی از فازهای کریستالین درون زمینه سفال در طی فرایند پخت و دماهای بالاتر در شرایط احیا یا اکسیداسیون، دوباره شکل گرفته و به وجود می‌آیند از این رو بررسی قطعات سفال با این روش آنالیزی می‌تواند تا حدی در کمک به دیگر آنالیزهای استفاده شده بخصوص دمانگاری کمک شایانی در تشخیص دمای پخت سفالینه‌ها در کنار فازهای ایجاد شده و موجودیت ساختاری آن‌ها نماید. نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس نشان دهنده فاز شاخص کوارتز و پلاژیوکلاز به عنوان اجزای اصلی تشکیل دهنده خاک هستند که در ادامه کلیه کانی‌های تشخیص داده شده (جدول ۴ و ۵) و همچنین نمودار بر هم اندازی آن‌ها در (شکل ۹ و ۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۷- فازهای شاخص شناسایی شده در نمونه سفال‌های خاکستری- سیاه مورد مطالعه تپه سیلوه

فاز شناسایی شده	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quartz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Plagioclase	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Calcite	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
Calcite,magnesian	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Muscovite2M1	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Diopside	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Labradorite	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+
Orthoclase	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-

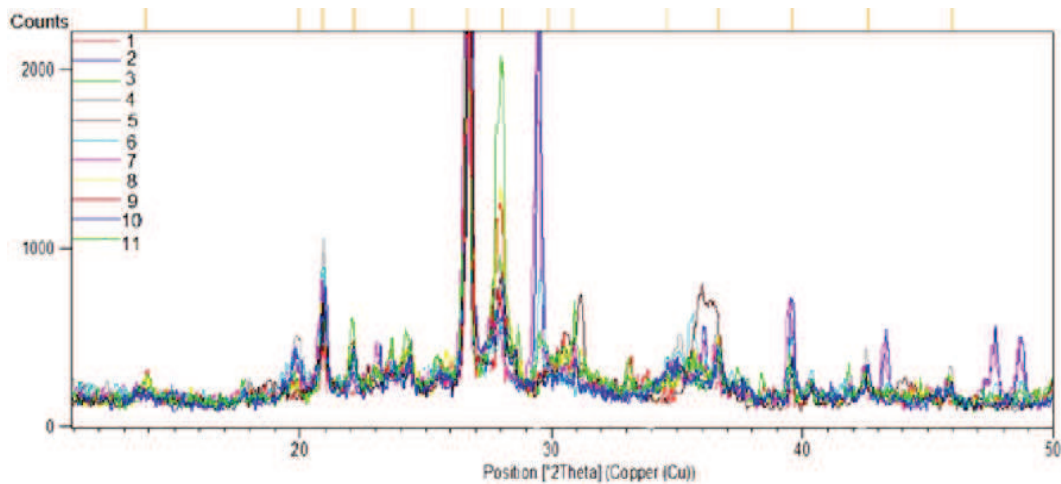
(Quartz)  $\text{SiO}_2$  / (Plagioclase)  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  / (Calcite)  $\text{CaCO}_3$  / (Calcite,magnesian)  $\text{Mg}_{0.64}\text{Ca}_{0.936}\text{CO}_3$  / (Muscovite2M1)  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  / (Diopside)  $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$  / (Labradorite)  $\text{Na}_5\text{Ca}_5\text{Al}_{1.5}\text{Si}_{2.5}\text{O}_8$  / (Orthoclase)  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$



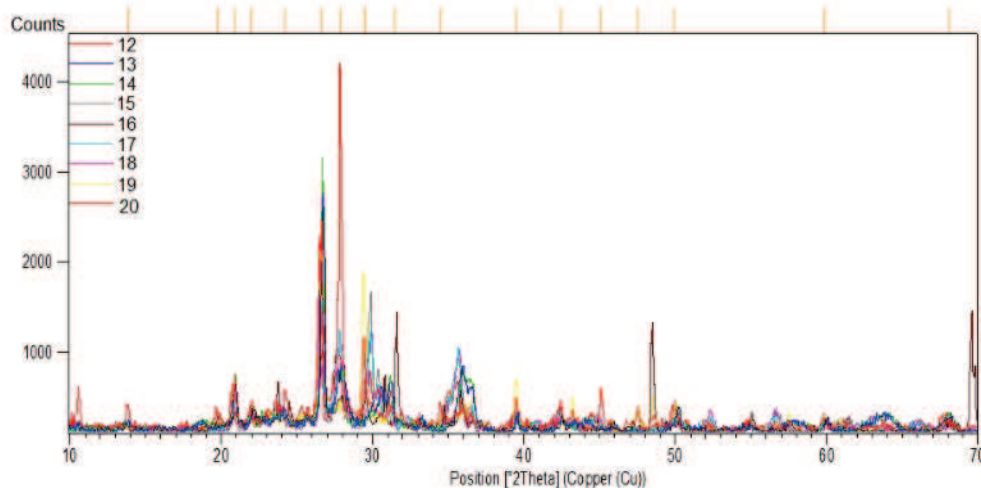
جدول ۸- فازهای شاخص شناسایی شده در نمونه سفال‌های نخودی- منقوش مورد مطالعه تپه سیلوه

20	19	18	17	16	15	14	13	12	فاز شناسایی شده
+	+	+	+	+	+	+	+	+	Quartz
+	-	+	+	+	+	+	+	+	Plagioclase
-	+	-	-	-	-	-	-	+	Calcite
-	+	-	-	-	-	-	-	+	Muscovite2M1
+	-	+	+	-	+	-	+	-	Diopside

(Quartz)  $\text{SiO}_2$  / (Plagioclase)  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  / (Calcite)  $\text{CaCO}_3$   
(Muscovite2M1)  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  / (Diopside)  $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$



شکل ۹- همپوشانی طیف‌های پراش پرتوایکس نمونه سفال‌های سیاه- خاکستری تپه سیلوه جهت مقایسه الگوهای پراش



شکل ۱۰- همپوشانی طیف‌های پراش پرتوایکس نمونه سفال‌های نخودی- منقوش تپه سیلوه جهت مقایسه الگوهای پراش



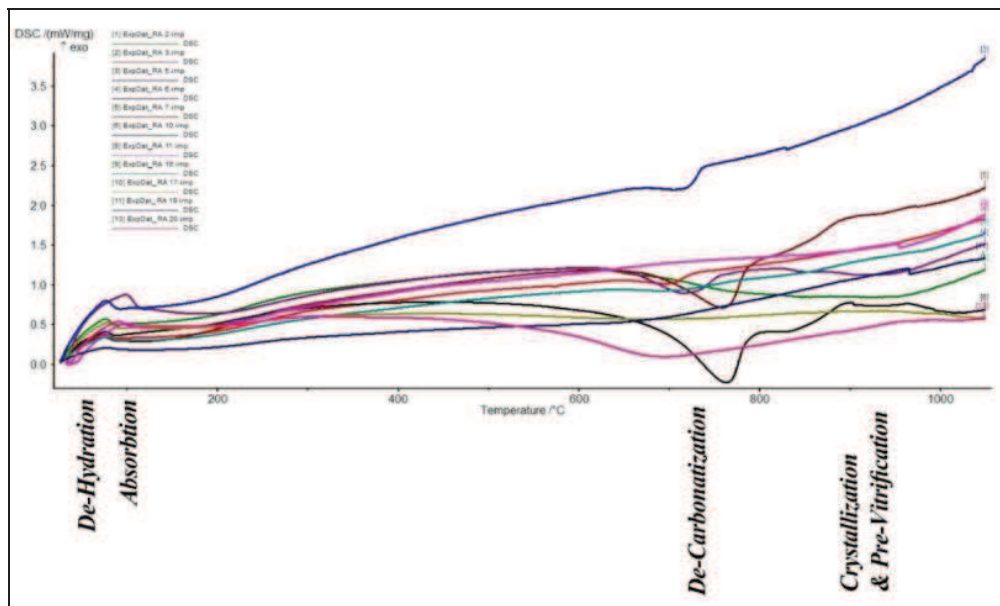
### ۵-۳- نتایج و تحلیل مطالعات حرارتی تفاضلی (DTA)

رنگ سفال، درجه سختی و تخلخل آن همگی بستگی به درجه حرارت کوره، نوع هوادهی و فرایند سرد شدن آن پس از پخت سفال دارد [۳۹] در فرایند پخت از دمای اتاق ۲۰ درجه تا حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد با تبخیر آب فیزیکی جذب‌شده در سطح مواجه هستیم که در گرمانگاشت‌های آنالیز حرارتی تفاضلی پیک گرماگیر خفیفی در این ناحیه ظاهر می‌گردد. کانی‌های رسی از مهم‌ترین مواد تشکیل‌دهنده تولیدات سفال و سرامیک هستند از برخی واکنش‌های شناخته‌شده شامل آبزدایی (Dehydroxylation)، تجزیه (Decomposition)، تغییر شکل (Transformation) تبعیت می‌کنند.

بر اساس نتایج و منحنی‌های به دست آمده از آنالیزهای DSC با نرخ گرمایش  $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$  در اتمسفر کوره ازن روی نمونه‌های پودری قطعات سفال انجام گرفت. با توجه به مطالعات انجام شده در رابطه با تغییرات دمانگاری سفال‌ها می‌توان گفت بر اساس نمودار بر هم اندازی طیف‌های دمانگاری سفال‌های مورد مطالعه پیک ابتدایی در دمای ۵۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد مربوط به آب آزاد جذب‌شده در سطح سفال است. از حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد پیک گرماگیر مربوط به بخار است طیف گرماگیر مربوط به هیدرو اکسیدهای آهن که آبش را از دست می‌دهد در ۳۰۰ درجه قابل مشاهده است که این امر می‌تواند حاکی از جذب رطوبت و تغییرات ساختاری در عناصر آهن دار در طول عمر سفال باشد و ممکن است به صورت پیچیده و با پیک باز تبلور ترکیب اکسیدها و هیدرو اکسید آهن (Fe-OxyHydrooxide)

آمورف و یا تبلور نامطلوب (III Crystallized) در ۳۰۰-۶۵۰ درجه روی هم بیفتند. از دمای ۲۷۵-۴۰۰ درجه سانتی‌گراد مواد آلی موجود در نمونه می‌سوزند و در صورت وجود پیک گرمازا تولید می‌شود. همچنین دمای ۵۵۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۵۰۰-۷۰۰ درجه نیز پیشنهاد شده است. در کمتر از ۷۰۰ <math>^{\circ}\text{C}</math> (۶۰۰-۵۵۰) درجه رس آب تبلور خود را از دست می‌دهد و به اصطلاح آب می‌رود. آغاز تبدیل ترکیباتی مانند سیدریت ( $\text{FeCO}_3$ )، اکسید آهن و غیره به هماتیت در دمای ۵۵۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد است. همچنین حدود ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز پیشنهاد شده است [۳۸]. تغییر فازهای کوارتز آلفا به بتا در دمای ۵۷۳ درجه سانتی‌گراد است. تغییر ساختار و تجزیه کربنات کلسیم  $\text{CaCO}_3$  به  $\text{CaO}$  و  $\text{CO}_2$  از حدود ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. آغاز فرایند شیشه‌ای شدن در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد با نمایش پیک گرمازا و تغییر فاز کوارتز بتا به تریدمیت در ۸۷۰-۸۶۷ درجه سانتی‌گراد، کانی‌هایی مانند اسپینل و مولایت و دیوپسید در حرارت‌های بالاتر از ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند و فازهای کریستوبالیت و مولایت در ۱۰۰۰-۱۱۰۰ تشکیل می‌شود [۳۵]. بر اساس بررسی و آنالیزهای DTA صورت گرفته بر روی نمونه‌ها می‌توان پیک‌های گرماگیر و گرمازا که ناشی از فرایندهایی مانند تجزیه و از دست دادن آب (در دمای ۵۰ تا ۱۰۰) و همچنین باز تبلور کانی‌های موجود است را در نمونه‌ها مشاهده نمود. الگوی گرمانگاشت در کلیه نمونه‌های مورد آزمایش تقریباً یکسان است و نتایج آن در (شکل ۱۱) آماده است. این قسمت نیازمند بررسی دقیق و کامل است توضیح تفاوت الگوی گرمانگاشت سفال خام و پخته شده بسیار اهمیت دارد که در این متن مخلوط شده است.





شکل ۱۱- نمودار آنالیز حرارتی تفاضلی

## ۶- نتیجه گیری

کلیه نمونه‌ها نمی‌تواند از ۸۵۰ درجه کمتر بوده باشد و بر همین اساس و اطلاعات موجود در رابطه با ظهور و بروز این فازها در کل می‌توان تغییرات و تحولات مربوط به کانی‌های موجود در سفال‌های مورد مطالعه محوطه تپه سیلوه پیرانشهر را دمای ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد تخمین زد. همسان بودن ترکیبات ساختاری عمده‌ی سفال‌های خاکستری سیاه با ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه حاکی از آن است که نمونه‌های سفالین مورد مطالعه از تولیدات بومی و محلی هستند و یا در مناطق همجوار نزدیک به محوطه تپه باستانی سیلوه که از لحاظ ساختارها و سازندهای زمین‌شناسی دارای ترکیبات مشابهی هستند، تولید شده‌اند. با توجه به میزان بسیار پایین سفال‌های خاکستری نسبت به کل سفال‌های قرمز (در حدود ۵-۷٪) نسبت به کل مجموعه سفال‌های به‌دست‌آمده در طی کاوش‌های باستان‌شناسی، می‌توان گفت احتمالاً حضور سفال‌های خاکستری - سیاه احتمالی کورا- ارس نشان از ورود فناوری جدید ساخت سفال، یا تقلید و

با توجه به نتایج حاصله از آزمایش‌های صورت گرفته سفال‌های گروه خاکستری سیاه و نخودی و منقوش به لحاظ ریزساختارشناسی و کانی‌شناختی مشابه هم بوده اما از نظر نوع آماده‌سازی مواد اولیه و عمل ورزدهی خمیره سفال تفاوت دارند و این دو گروه سفال از نظر شرایط کوره متفاوت‌اند. به بیانی دیگر فرایند پخت سفال‌های خاکستری سیاه در شرایط احیاء و سفال‌های نخودی و منقوش در شرایط اکسیداسیون بوده است. سفال‌های نخودی و منقوش که به لحاظ ترکیب مواد تشکیل‌دهنده مشابه ترکیبات سفال‌های خاکستری سیاه ولی از نظر گونه شناسی، تکنیک پخت و رنگ متفاوت از سفال‌های خاکستری سیاه هستند. و با توجه به مطابقت کامل آنالیزهای حرارتی با نتایج پتروگرافی و آنالیز پراش پرتو ایکس و حضور فازهای دمابالا همانند هماتیت، دیوپسید و ظاهر رنگی آن‌ها دمای پخت در





[4] P.S. Quinn., "Ceramic petrography. The interpretation of archaeological pottery and related artefacts in thin section", Oxford, Archaeopress. 2013.

[۵] نقشینه، امیر صادق، الناز حاتمی و هومن نیکروان متین.. "مطالعه پتروگرافی سفال عصر آهن غار هوتو". مجله پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۳۹۲، شماره ۳(۵): صص. ۶۳-۷۸.

[6] S, Kroll., "Archäologische Fundplätze in Iranisch-Ost-Azarbaidjan". AMI, Vol. 17, pp. 13-5, 1984.

[7] W. Kleiss., S. Kroll, "Survey in Ost-Azarbaidjan 1991", Archaeologische Mitteilungen aus Iran, Vol. 25, pp. 1-46. 1992.

[۸] خرازی، ابراهیم. گزارش محوطه‌های ثبتی شهرستان پیرانشهر در سال ۱۳۸۱، آرشیو میراث فرهنگی استان آذربایجان غربی، (منتشر نشده). ۱۳۸۵.

[۹] قلی زاده، خیرالله. گزارش محوطه‌های ثبتی شهرستان پیرانشهر در سال ۱۳۸۵. آرشیو میراث فرهنگی استان آذربایجان غربی، (منتشر نشده). ۱۳۸۶.

[۱۰] خان‌محمدی، بهروز. گزارش محوطه‌های ثبتی شهرستان پیرانشهر در سال ۱۳۸۵، آرشیو میراث فرهنگی استان آذربایجان غربی، (منتشر نشده). ۱۳۸۷.

[۱۱] بیننده، علی. سکونت‌گاه‌های مانایی در زاگرس

هماندسازی سبک کورا-ارس به منطقه سیلوه پیرانشهر است. بر اساس شواهد باستان‌سنجی می‌توان این‌گونه بیان کرد که ساخت چنین سفال‌هایی در منطقه با توجه به زمین‌شناسی و فناوری آن‌ها قابل توجیه است اما از نظر باستان‌شناسی این فرضیه نیاز به مطالعات دقیق‌تری دارد تا بتوان این اطلاعات را با داده‌های باستان‌شناسی تطبیق داد و نتایج را غنی بخشید.

## مراجع

[1] M. Kibaroglu., Sagona A, M. Satir, "Petrographic and geochemical investigations of the late prehistoric ceramics from Sos Höyük, Erzurum (Eastern Anatolia)". Journal of Archaeological Science, Vol. 38(11): pp.3072-84, 2011 Nov 1.

[2] M.S. Rothman., "Kura Araxes Culture Areas and the Late 4th and Early 3rd Millennia BC Pottery from Veli Sevin's Surveys in Malatya and ElaziG, Turkey". Origini: Preistoria e protostoria delle civiltà antiche. Vol. 36: pp. 37-91, 2014.

[3] P.P. Betancourt., S.E. Peterson, "Thin-section Petrography of ceramic materials. Institute for Aegean Prehistory, archaeological excavation manual"., 2, 2009.



عرصه و حریم تپه هفت شیخان سد سیلوه پیرانشهر،  
آرشیو پژوهشکده باستان‌شناسی (پژوهشگاه)، بهار  
۱۳۹۶ (منتشر نشده).

[۱۹] گراوند، افراسیاب. گزارش بررسی باستان‌شناسی  
محدوده سد سیلوه پیرانشهر. آرشیو پژوهشکده  
باستان‌شناسی (پژوهشگاه)، (منتشر نشده)، ۱۳۹۶.

[20] A. Sohrabi., Gh. Ebrahimi,  
"Classification and Typology of Tepe Se-  
Girdan Early Bronze Age Potteries",  
International Congress of Young  
Archaeologists. 2015.

[۲۱] عمرانی، بهروز و جواد ژاله اقدم. گزارش لایه نگاری  
و تعیین حریم تپ هذوالبین شهرستان هشتگرد،  
مرکز اسناد پژوهشکده باستان‌شناسی سازمان میراث  
فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری کشور. (منتشر  
نشده). ۱۳۸۷.

[22] B. Omrani., "Early Bronze Age in NW  
Iran." Unpublished PhD diss. University  
of Tarbiat Modares, Tehran. 2006 (In  
Persian with English abstract).

[23] H. Tala'i., "Notes on new pottery evidence  
from the Eastern Urmia Basin: Gol Tepe.",  
Iran, Vol. XXII, pp. 151-156, 1984.

[۲۴] پور فرج، اکبر. چایچی امیرخیز، احمد. گاهنگاری  
ایران از حدود ۸۰۰۰ تا ۲۰۰۰ قبل از میلاد،  
(ترجمه)، نوشته ماری ویت و رابرت دایسون،  
انتشارات نسل باران، کرمان، ۱۳۸۲، ص ۱۶۹.

شمالی. اولین کنفرانس بین‌المللی سکونتگاه‌های  
سنتی زاگرس، دانشگاه کردستان-سندج، ۱۳۸۷.

[12] A. Binandeh., "A New Archaeological  
Research in Northwestern Iran:  
Prehistoric Settlements of Little Zab  
River Basin." The International Journal  
of Humanities, Vol. 19(2), pp. 27-41.  
2013 Jan 17.

[13] A, Hejabri Nobari., A. Binandeh, J.  
Neyestani, H. Vahdati Nasab.  
"Excavation at Lavin Tepe in Northwest  
Iran." Ancient Near Eastern Studies, Vol.  
49, pp. 95-117, 2012.

[۱۴] قهرمانی، نسربین. بررسی باستان‌شناسی محدوده‌ی  
سد سیلوه پیرانشهر. آرشیو پژوهشکده‌ی باستان‌ناسی  
کشور. (چاپ‌نشده). ۱۳۹۴.

[۱۵] مهرورز، فتاح. بررسی باستان‌شناسی دشت لاجان  
شهرستان پیرانشهر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد،  
دانشگاه محقق اردبیلی (منتشر نشده). ۱۳۹۴.

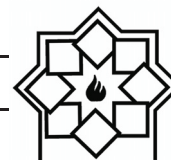
[۱۶] عابدی، اکبر. گزارش اولین فصل کاوش تپه سیلوه  
پیرانشهر. تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی،  
پژوهشکده باستان‌شناسی. ۱۳۹۶.

[۱۷] حاجی محمدی، کیومرث. گزارش اولین فصل  
کاوش‌های باستان‌شناسی تپه سرباز سد سیلوه  
پیرانشهر، آرشیو پژوهشکده باستان‌شناسی  
(پژوهشگاه)، بهار ۱۳۹۶ (منتشر نشده).

[۱۸] خرازی، ابراهیم. گزارش گمانه‌زنی به‌منظور تعیین



- [31] M.S. Tite., "Ceramic production, provenance and use—a review.", *Archaeometry.*, Vol. 50(2): pp. 216-31, 2008 Apr.
- [32] گلستانی فرد، فرهاد. محمدعلی بهره‌ور و اسماعیل صلاحی. روش‌های شناسایی و آنالیز مواد. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران ۱۳۸۹، ۱۰۶-۱۰۵.
- [33] JH. Sterba., H. Mommsen, G. Steinhauser, M. Bichler, "The influence of different tempers on the composition of pottery." *Journal of Archaeological Science*, Vol. 36(7): pp. 1582-9, 2009 Jul 1.
- [34] S. Smith, Michael., *Petrography* (Chapter 6). In: Herbert, Joseph M. and McReynolds, Theresa E. (eds.) "Woodland Pottery Sourcing in the Carolina Sandhills. Research Laboratories of Archaeology", University of North Carolina at Chapel Hill, Research Report No. 29, pp. 73-107, 2008.
- [35] S. M. Emami., R. Trettin, "Phase generating processes in ancient ceramic matrices through microstructure investigation with high resolution microscopy methods.", *Journal of*
- [25] J. Ghandgar., "Report of Archaeological Survey on Aydoghmush River Direction in Aydoghmush Dam Area", Tehran: Iranian Center for Archaeological Research. 2005 (Unpublished in Persian).
- [26] آدامز، آ.آی.، دبلیو اس. مکنزی، و سی. گیلفور. . اطلس رنگ‌های رسوبی در زیر میکروسکوپ (چاپ دوم). ترجمه‌ی محمدحسین آدابی و زهرا زرگر امینی. / ۱۳۹۰ تهران: مرکز نشر دانشگاهی. [نسخه اصلی ۱۹۵۱] صص ۹۵.
- [27] رازانی، مهدی، فلی مارتینزگونیکرو، مهین منصوری اصفهانی، و حکیمه افشاری‌نژاد. آماده‌سازی مقاطع نازک از مواد متخلخل برای مطالعات. پژوهش باستان‌سنجی: ۱۳۹۵، ۳. (۵) ۴۵-۶۰.
- [28] J. Riederer., "Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics", *Hyperfine Interactions.*, Vol. 154(1-4): pp. 143-58, 2004 Jun 1.
- [29] استوارت، باربارا. روش‌های تجزیه مواد در مرمت و حفاظت آثار تاریخی. ترجمه‌ی مسعود باقرزاده کثیری. تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز. صص ۳۱۴ [نسخه اصلی ۲۰۰۸].
- [30] L. Maritan., P. Holakoei, C. Mazzoli, "Cluster analysis of XRPD data in ancient ceramics: what for?", *Applied Clay Science*, Vol. 114: pp. 540-9, 2015 Sep 1.



Advanced Microscopy Research, Vol. 5(3): pp. 181-9, 2010 Dec 1.

- [36] E. Marengo., M. Aceto, E. Robotti, MC. Liparota, M. Bobba, G. Pantò, "Archaeometric characterisation of ancient pottery belonging to the archaeological site of Novalesa Abbey (Piedmont, Italy) by ICP-MS and spectroscopic techniques coupled to multivariate statistical tools." *Analytica Chimica Acta*, Vol. 537(1-2): pp. 359-75, 2005 Apr 29.

[37] پایدار، حسین. مواد اولیه مصرفی در صنایع سرامیک. اصفهان: انتشارات غزل، ۱۳۸۴، ص ۲۰۸.

[38] رازانی، م، آجورلو، ب، حائزی، ا، تیرانداز، آ. بررسی‌های باستان‌سنجی سفال‌های دوران اسلامی قره داغ، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. شماره طرح ۱۳۹۲. ۸۱۹۵. ص ۴۹، ۵۵ و ۷۴.

[39] نوغانی، امامی، سید محمد امین. ساختارشناسی سفال جلینکی متعلق به دوران پارتنی بر اساس مطالعات آرکئومتریکی (باستان‌سنجی). مطالعات باستان‌شناسی. ۱۳۹۰، ۳(۲): ۱۵-۳۴.