

ساختارشناسی سفال‌های دوره‌ی پایانی مفرغ قدیم محوطه‌ی باستانی کهنه‌شهر آذربایجان غربی

حکیمه افشاری‌نژاد*

دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد باستان‌سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران

بهرام آجورلو

دانشیار گروه باستان‌سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران

احمد جهانگیری

استاد گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز، ایران

مهدی رازانی

دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی و فرهنگی دانشگاه هنر اصفهان، ایران

کریم علیزاده

استادیار گروه علوم اجتماعی دانشگاه آیوای شمالی، ایالات متحده آمریکا

(از ص ۱ تا ۱۷)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش قطعی: ۹۶/۰۳/۳۰

چکیده

محوطه‌ی باستانی کهنه‌شهر در شمال‌غرب استان آذربایجان غربی به‌عنوان یکی از محوطه‌های دوره‌ی مفرغ قدیم، پس از کاوش‌های علمی در ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳، یافته‌های تازه‌ای را به همراه داشته است. اطلاعات موجود در رابطه با سفال‌های این محوطه تنها محدود به بررسی‌های باستان‌شناسی بوده و در زمینه‌ی باستان‌سنجی مطالعاتی صورت نگرفته است. نمونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق سفال‌های دست‌ساز سیاه‌خاکستری، قرمز و نخودی متعلق به اواخر هزاره‌ی سوم ق.م بوده که از یک لایه و یک مرحله (فاز پایانی استقرار) محوطه به‌دست آمده است. هدف اصلی این تحقیق، ساختارشناسی و تعیین جنبه‌های اشتراک و افتراق بین دو گروه سفال سیاه‌خاکستری، قرمز و نخودی است. نتایج حاصل از روش پتروگرافی و آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) حاکی از آن است که نمونه‌ها از نظر ساختار مشابه هم بوده و تولید محلی هستند. هر دو گروه سفال‌ها تا درجه حرارتی حدود 850°C پخت شده و تنها از نظر سبک و تکنیک پخت متفاوت‌اند.

واژه‌های کلیدی: باستان‌سنجی، ساختارشناسی سفال، محوطه‌ی کهنه‌شهر، پتروگرافی، XRD

*رابطه‌ی نویسنده‌ی مسئول: Afsharinezhadhakime@yahoo.com

۱. مقدمه

سنت دوری مفرغ قدیم معروف به ماورای قفقاز و یا کورا-ارس، حدود نیمه‌ی دوم هزاره‌ی چهارم تا پایان هزاره‌ی سوم ق.م از قفقاز جنوبی تا دره‌ی کنگاور در زاگرس مرکزی و از دشت الازیغ در شرق آنکارا در فلات آناتولی تا دشت قزوین در شمال مرکزی فلات ایران گسترش یافت (Ajrloo 2012: 263). اعتقاد بر این است که منشأ شکل‌گیری این فرهنگ، قفقاز جنوبی، به‌ویژه منطقه‌ی بین رودخانه‌های کورا و ارس و برخی از نواحی هم‌جوار شمال شرق آناتولی و جنوب داغستان بوده و از آنجا به ایران و ترکیه گسترش یافته است (علیزاده، ۱۳۹۱؛ Batiuk and Rothman 2007: 22؛ Batiuk 2005). چارلز برنی (Charles Burney) از تحلیل فرهنگ مادی مردمان فرهنگ مفرغ قدیم، آنان را دامدارانی نیمه‌کوچرو معرفی می‌کند که با زراعت هم آشنا بودند (Burney 1961). باتیوک و روثنمن (Rothman) آنان را جمعیت کوچک کشاورز می‌دانند که از منشأ خود در ماورای قفقاز با حرکت تدریجی به سمت جنوب غربی ترکیه، عراق، سوریه، لبنان، اردن، فلسطین و غرب ایران مهاجرت کرده‌اند (Batiuk and Rothman 2007: 15).

فرهنگ مفرغ قدیم به‌لحاظ شیوه‌های معماری به دو مرحله‌ی معماری گرد و معماری چهارگوش تقسیم شده (Burney and Lang 1971: 47) و به‌لحاظ تحولات سفالگری، سه دوره‌ی تحولی برای آن فرهنگ تعریف شده است (علیزاده و آذرنوش، ۱۳۸۲: ۹). ویژگی عمومی سفال‌های فرهنگ مفرغ قدیم؛ سفال خاکستری تیره دست‌ساز با سطوح صیقلی شده و شاموت اجزای معدنی از جمله شن است (آجورلو، ۱۳۸۳: ۴۶).

محوطه‌ی باستانی کهنه‌شهر یکی از محوطه‌های فرهنگ ماورای قفقاز قدیم یا کورا-ارس بوده که واقع در ۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر چالدران در استان آذربایجان غربی است. این محوطه با وسعت ۱۵ هکتار به‌عنوان بزرگ‌ترین سکونتگاه دوری مفرغ قدیم شمال غرب فلات ایران معرفی شده است (Kohl 2009: 251). در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ در طی سه فصل کاوش، کریم علیزاده شواهدی از معماری همچون معماری گرد و سفالگری با قطعات سفال دست‌ساز سیاه‌خاکستری براق ارایه داد (Bayani & Alizadeh 2014). عمده تزیینات سفال‌ها؛ گودی و شیاری مشابه سفال‌های گوی‌تپه و کنده‌کاری و نقاشی مشابه سفال‌های یانیق‌تپه است (Alizadeh et al. 2015: 41). کاوشگر با مطالعه‌ی یافته‌های باستان‌شناختی، محوطه را متعلق به مرحله‌ی پایانی دوری مفرغ قدیم می‌داند (Alizadeh et al. 2015: 37).

نکته مورد توجه در این پژوهش وجود قطعات سفالی قرمز و نخودی‌رنگ در لایه‌هایی است که هم‌مرحله و هم‌لایه با سفال‌های دست‌ساز سیاه‌خاکستری گونه‌ی مفرغ قدیم شمال غرب هستند که شماری از آن‌ها به‌لحاظ گونه‌شناسی مشابه سفال‌های سنت مفرغ قدیم بوده و تعدادی نه‌تنها از نظر گونه‌شناختی با انواع موسوم به مفرغ قدیم تفاوت دارند، بلکه به‌لحاظ مشاهدات ماکروسکوپی در نوع آمیزه نیز متفاوت هستند (مصاحبه شخصی با کریم علیزاده، شهریور ۱۳۹۲). به‌طوری‌که به نظر می‌رسد به‌لحاظ فناوری و کیفیت ساخت آن‌ها از نمونه‌های مفرغ قدیم شمال غرب متفاوت و به احتمال معرف تکنیک ساخت متفاوت در آن دوره باشند.

پرسش اصلی این است که جنبه‌ی اشتراک و افتراق سفال‌های خاکستری سیاه براق و سفال‌های قرمز و نخودی به‌لحاظ فناوری، ریزساختارشناسی و کانی‌شناختی چیست؟ و اینکه آیا به‌لحاظ ساختارشناسی تولید

سفال‌های نوع قرمز و نخودی‌رنگ می‌تواند نشانه‌ی گسترش سنت (تکنیک ساخت) سفالگری متفاوت از سنت مفرغ قدیم شمال غرب در منطقه باشد؟

هدف اصلی تحقیق، شناسایی مواد به‌کاررفته در ساختار سفال‌های محوطه‌ی کهنه‌شهر و بررسی میزان شباهت و تفاوت در ساختار دو گروه سفال سیاه و قرمز با بهره‌گیری از روش‌های پتروگرافی مقطع نازک و آنالیز پراش پرتو ایکس XRD است.

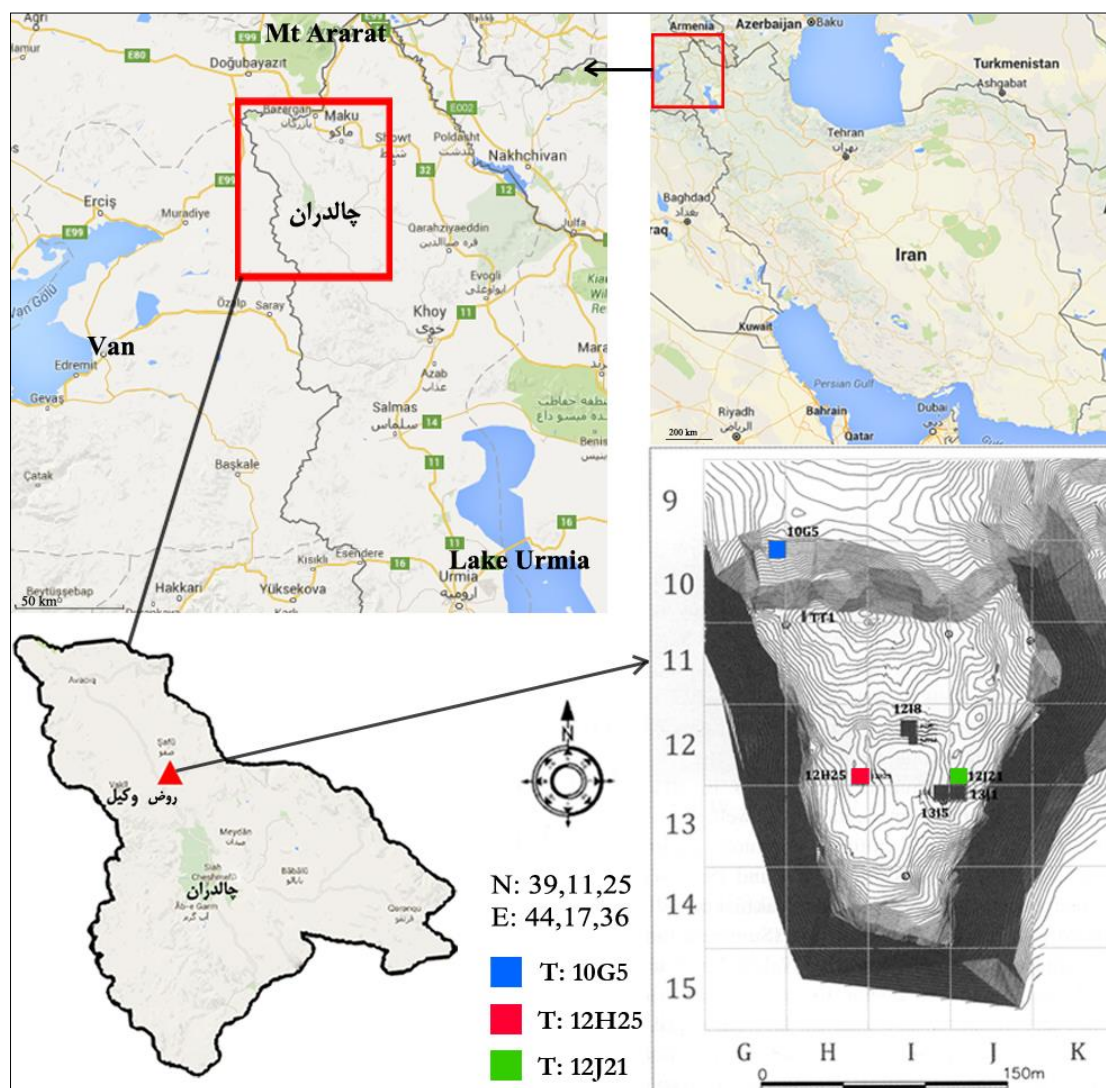
۲. پیشینه‌ی باستان‌شناختی پژوهش

مطالعات باستان‌شناختی پراکندگی استقرارهای فرهنگ ماورای قفقاز را در محوطه‌های کاوش شده نشان می‌دهد که عبارت‌اند از: بررسی‌های سطحی در سده‌ی ۱۹م. در جنوب قفقاز (Burney and Lang 1971)، مطالعه‌ی سفال‌های قفقاز جنوبی و اشیای گورهای منطقه‌ی تریالیته (Triallate) در گرجستان توسط بوریس کوفتین (B. Kufin) و به‌کار بردن اصطلاح کورا-ارس برای این فرهنگ سفالی در ۱۹۴۰م. (Kufin and Field 1946)، کاوش محوطه‌هایی همچون گوی‌تپه در دشت ارومیه (Burton-Brawn 1951)، محوطه‌ی خیریت‌کراک (بت‌پراه امروزی) (Albright 1924)، شمال‌شرق آناتولی (Lamb, 1954)؛ تل‌جدیده (Tell al-Judaidah) و تل‌ذهاب (Tell Dhahab) در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ م. در سوریه (Çilingiroglu and Sagona 2004)؛ یانیق‌تپه شرق دریاچه‌ی ارومیه (Burney 1961)، محوطه‌ی سوس‌هؤیوک در آناتولی شرقی (2000)، (Sagona)، گودین‌تپه در غرب ایران (Mason and Cooper 1999)، ولی‌کنت (Velikent) (Kohl 2009)، کهنه‌شهر یا تپه‌روض (علیزاده، ۱۳۹۲)، گوی‌تپه، هفتوان‌تپه، گیج‌لر‌تپه (Summers 2004؛ Kohl 2009: 249)، دشت قزوین و تهران (فاضلی‌نثلی و آجورلو، ۱۳۸۳)، کهنه پاسگاه‌تپه‌سی خداآفرین (کهنه شهر) (Maziar 2010)، کول‌تپه هادی‌شهر جلفا (Abedi et al 2014).

از نظر پیشینه‌ی مطالعات، محوطه‌ی کهنه‌شهر نخست با بررسی سطحی گروه باستان‌شناسی آلمانی به سرپرستی ولفرام کلایس و استفان کرول در سال ۱۳۵۶ مورد کاوش گرفت (Kleiss and Kroll 1979). سپس در سال ۱۳۸۸ در فهرست آثار ملی ثبت شد. کاوش‌های باستان‌شناختی آن در سه فصل به سرپرستی کریم علیزاده انجام گرفت و در ادامه اطلاعات جانورباستان‌شناسی آن (Samei et al. 2013) و معماری شهر کورا-ارس در قالب پوستر (Bayani and Alizadeh 2014) در نشست سالانه‌ی پژوهش‌های شرقی امریکا ارائه شد. اما از نظر پژوهش‌های باستان‌سنجی تاکنون فعالیت‌هایی در این محوطه صورت نگرفته است. در زمینه‌ی پیشینه‌ی کانی‌شناختی سفال‌های فرهنگ مفرغ قدیم شمال غرب ایران، می‌توان به پراکندگی مطالعاتی چون پتروگرافی سفال‌های نوع یانیق‌تپه در محوطه‌ی باستانی گودین‌تپه IV اشاره کرد که وارداتی بودن آن‌ها را بر مبنای آنالیز شاموت خرده‌سفال نشان داده است (Mason and Cooper 1999). پتروگرافی سفال‌های نوع یانیق‌تپه در منطقه بایبورد (Bayburt) در آناتولی نیز بر اساس متناسب بودن محصولات با ویژگی زمین‌شناسی هر منطقه و وجود خرده‌سفال در شاموت سفال‌های آن، تولید سفال‌ها را بازتابی از تولید خانگی و نشانی از فناوری بومی هر منطقه دانسته‌اند (Batiuk 2000). همچنین به نقل از ساگونا «پتروگرافی نمونه سفال‌های محوطه‌ی سوس هؤیوک در آناتولی شرقی و واقع در شمال شرق ترکیه، حاکی از این است که اجتماعات کورا-ارسی آن منطقه، خاک رس مربوط برای تولید ظروف سفالی را از همان محل تهیه کرده و سبک تولید محلی داشته‌اند.» (Kibaroglu et al. 2011: 3082)

۳. معرفی محوطه‌ی کهنه‌شهر از منظر جغرافیایی و زمین‌شناختی

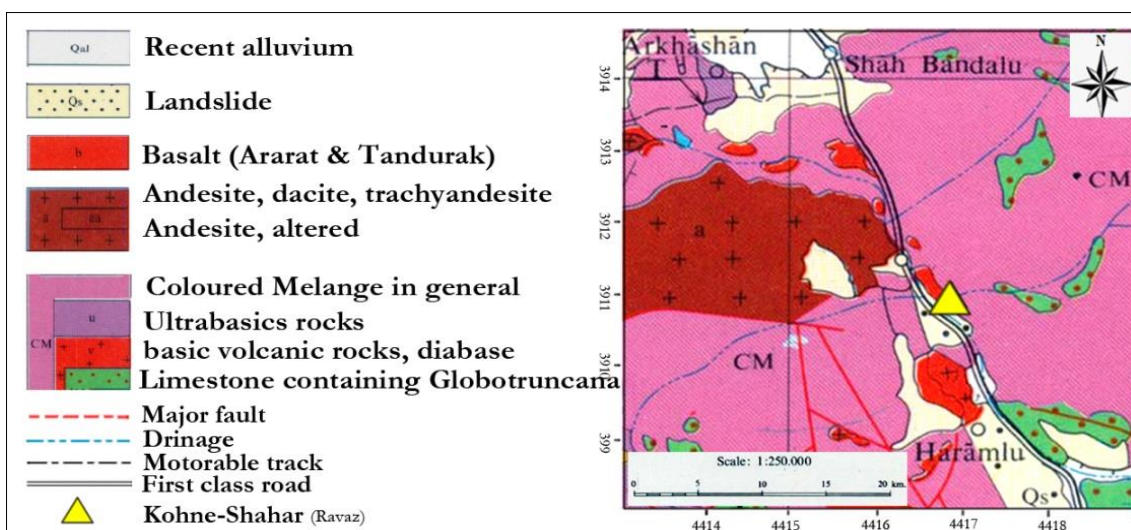
محوطه‌ی کهنه‌شهر در موقعیت جغرافیایی 39.11,20 شمالی و 44.17,46 غربی و در ارتفاعی بین ۱۸۹۰ تا ۱۹۰۵ متر از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته (تصویر ۱) و از دو بخش درونی و بیرونی یا به عبارتی از دو بخش ارگ و شارستان تشکیل شده است. ارگ تقریباً به شکل مثلث نامنظم و شبیه متوازی‌الاضلاع در بخش جنوبی محوطه بین ۸ تا ۹ متر بالاتر از بخش شارستان قرار گرفته است (Alizadeh et al 2015: 40).



تصویر ۱: موقعیت راه‌های دسترسی به محوطه‌ی کهنه‌شهر به همراه موقعیت نمونه سفال‌های قرمز و نخودی در کارگاه‌های کاوش (مآخذ نقشه هوایی: Google Earth, 2015, نقشه توپوگرافی برگرفته از Alizadeh et al 2015)

از نظر زمین‌شناختی این محوطه روی صخره‌ای آذرین واقع شده که مواد سرد شده‌ی مذاب حاصل از فعالیت‌های آتشفشانی در برخی جاها به خوبی قابل مشاهده است. صخره‌های آذرین در جای‌جای این ناحیه مشاهده شده و به نظر می‌رسد که حاصل فعالیت‌های آتشفشانی در گسله‌های موجود در منطقه هستند. این

گدازه‌ها که از نظر ترکیب شیمیایی در محدوده‌ای از سنگ‌های کالک آلکالن (Calc-alkaline) از نوع بازالت، آندزیت بازالت و داسیت قرار می‌گیرند، به نسبت وسیعی در حاشیه‌ی باختری رودخانه‌ی ارس گسترش یافته است. گدازه‌های بازالتی از نظر کانی‌شناختی دارای الیوین، پیروکسن (اوژیت) و پلاژیوکلاز (آنورتیت تا لابرادوریت) هستند. بازالت‌ها و دیابازها بر اساس نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ماکو بخشی از مکان افیولیتی چالدران می‌باشند که در تصویر دو با علامت CM مشخص شده‌اند (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۹۴).



تصویر ۲: موقعیت محوطه‌ی کهنه‌شهر در بستر زمین‌شناسی منطقه (نقشه‌ی ماکو، ۱۹۷۵، سازمان زمین‌شناسی کشور)

۴. مواد و روش‌ها

۴.۱. نمونه‌های مورد مطالعه

برای مطالعه، ۱۰ قطعه سفال انتخاب شد. پنج قطعه سفال سیاه‌خاکستری و پنج قطعه دیگر آن سفال قرمز و نخودی است (تصویر ۳ و ۴). این سفال‌ها از سه کارگاه کاوش شده در بخش ارگ محوطه‌ی کهنه‌شهر در سال ۱۳۹۳ به‌دست آمده و متعلق به لایه‌های مختلف فاز پایانی استقراری محوطه و معرف نیمه دوم هزاره‌ی سوم ق.م (حدود ۲۳۰۰-۲۲۰۰ پ.م) هستند (مصاحبه شخصی با کریم علیزاده، شهریور ۱۳۹۲). نمونه سفال‌های قرمز به تعداد دو قطعه از کارگاه 12H25، یک قطعه از کارگاه 12J21، دو قطعه از کارگاه 10G6 و سفال‌های سیاه‌خاکستری به صورت تصادفی از سه کارگاه مزبور (10G6, 12J21, 12H25) انتخاب شده‌اند.

۴.۲. روش‌های آزمایش

نمونه‌ها برای تهیه مقاطع نازک به منظور مطالعه‌ی پتروگرافی با میکروسکوپ پلاریزان آماده شده و تا ضخامت ۳۰ میکرومتر (آدامز، ۱۳۹۰: ۹۵) پولیش داده شد. سپس بر اساس خصوصیات ماتریکس و سه فاکتور اصلی از جمله بافت سفال، مواد تشکیل‌دهنده‌ی خمیره، شکل و اندازه‌ی فضاها (Riederer 2004: 146) از طریق میکروسکوپ نوری پلاریزان (OPM) مدل Olympus (BX51TRF). ساخت کشور ژاپن در آزمایشگاه پتروگرافی دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز مورد مطالعه و طبقه‌بندی قرار گرفت. در این روش توصیف مواد، ارتباط بین اجزا و مرزدهانه‌های موجود در نمونه‌های سیاه‌خاکستری، قرمز و نخودی، نحوه‌ی شکل‌گیری، رشد تخلخل‌ها و تغییرات مینرالوژیکی حین پخت آن‌ها (نوغانی و امامی، ۱۳۹۱، ۵؛

(Belfiore et al. 2007: 623)، همچنین تخمین دمای پخت بر اساس تغییر و تحولات مواد معدنی در دمای بالا (Reedy 2008: 2) مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

آزمایش پراش پرتو ایکس به روش پودری (XRPD) (Maritan et al. 2015: 541) به منظور شناسایی و تشخیص فازهای کریستالی تشکیل شده در نمونه‌ها (استوارت، ۱۳۹۳: ۳۱۴)، تعیین کیفی کریستال‌ها، تعیین دمای پخت شامل ایجاد یک رابطه بین درجه حرارت پخت و تغییرات کانی‌شناسی (Tite 2008: 219; Emami et al. 2011) انجام گرفت. در این روش شناسایی تغییرات کانی‌های سازنده‌ی بافت داخلی سفال، بر اساس شرایط پایداری فازها و تشخیص فاز اولیه (که از ابتدای ساخت در بافت سفال وجود داشته‌اند) و ثانویه (که در اثر فرآیند پخت و دماهای بالاتر یا اکسیداسیون به وجود می‌آیند) ممکن خواهد بود (امامی، ۱۳۹۴: ۳۴۸).

۳.۴. مشخصات ماکروسکوپی نمونه سفال‌های مورد مطالعه‌ی محوطه‌ی کهنه‌شهر

سفال‌های گروه سیاه‌خاکستری همگی قطعاتی از بدنه‌ی ظرف هستند (تصویر ۳). بیشترین ضخامت در این نمونه‌ها ۱۶ و کمترین آن شش میلیمتر است. به نظر می‌رسد وجود تخلخل زیاد در نمونه‌ها حاکی از پخت ناکافی سفال‌ها باشد. رنگ سطح بیرونی، درونی و خمیره میانی در دو نمونه از آن‌ها به رنگ سیاه، در سه نمونه‌ی دیگر رنگ سطح بیرونی سیاه، سطح درونی و میانی به رنگ قهوه‌ای سیاه است. سطح بیرونی این گروه از سفال‌ها صیقلی و یکدست، بدون نقش، دارای شاموت (ماده چسباننده) دانه‌های ریز و درشت ماسه (ذرات ریز بین ۰/۰۵ تا ۰/۲ و ذرات درشت بین ۰/۰۵ تا دو میلیمتر) به همراه حفرات حاکی از وجود احتمالی ماده‌ی آلی در ترکیب آن‌ها است. سفال‌های گروه قرمز و نخودی نیز همگی قطعاتی از بدنه‌ی ظرف بوده و سطح بیرونی، میانی و درونی آن‌ها به رنگ قرمز و نخودی است (تصویر ۴). شاموت این قطعات ماسه با دانه‌های ریز سیاه‌رنگ و درشت سفیدرنگ است. تخلخل در این گروه به نسبت گروه سیاه کمتر بوده و به نظر می‌رسد پخت آن‌ها مطلوب بوده است. بیشترین ضخامت بدنه در نمونه‌های قرمز و نخودی ۱۶ و کمترین آن هشت میلیمتر است. مشخصات فنی و ماکروسکوپی این دو گروه سفال در جدول ۱ ارائه شده است.





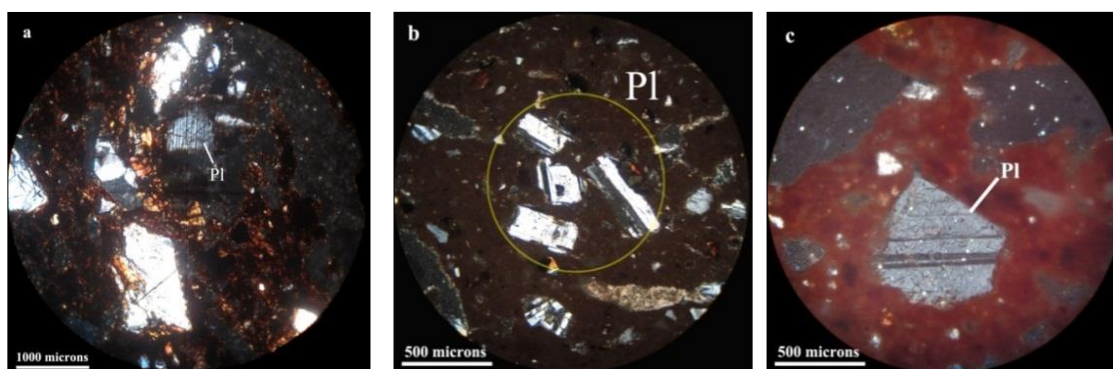
تصویر ۴: نمونه سفال‌های قرمز و نخودی محوطه کهنه شهر (افشاری نژاد ۱۳۹۴)

جدول ۱: مشخصات فنی نمونه سفال‌های سیاه-خاکستری و قرمز و نخودی مورد مطالعه محوطه کهنه شهر											
ردیف	محوطه	لایه	نوع قطعه	شیوه ساخت	پوشش	پخت	آمیزه (شاموت)	رنگ			ضخامت (mm)
								درون	خمیره	بیرون	
۱	کهنه شهر	فاز پایانی استقرار	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	ناکافی	دانه‌های ماسه	سیاه	سیاه	سیاه	۱۶
۲	کهنه شهر	فاز پایانی استقرار	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	ماسه ریز و درشت	قهوه‌ای تیره	قهوه‌ای/سیاه	سیاه براق	۹
۳	کهنه شهر	فاز پایانی استقرار	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	ماسه	قهوه‌ای تیره	قهوه‌ای/سیاه	سیاه براق	۶
۴	کهنه شهر	فاز پایانی استقرار	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	ماسه ریزدانه	سیاه	سیاه	سیاه براق	۱۲
۵	کهنه شهر	فاز پایانی استقرار	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	ناکافی	ماسه	قهوه‌ای	قهوه‌ای/سیاه	قهوه‌ای/سیاه	۶
۶	کهنه شهر	ترانشه 12H25 لوکوس 506	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	ماسه	قرمز	قرمز	قرمز	۸
۷	کهنه شهر	ترانشه 12J21 لوکوس 433	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	شن ریز و ماسه	نخودی	نخودی	قرمز	۸
۸	کهنه شهر	ترانشه 12H25 لوکوس 506	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	شن و ماسه	قرمز	قرمز	قرمز	۹
۹	کهنه شهر	ترانشه 10G6 لوکوس 608	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	شن و ماسه	قرمز	قرمز	قرمز	۸
۱۰	کهنه شهر	ترانشه 10G6 لوکوس 608	بدنه	دست‌ساز	دست مرطوب	کافی	شن و ماسه	قرمز	قرمز	قرمز	۱۶

۴.۴. نتایج و تحلیل مطالعات پتروگرافی با میکروسکوپ پلاریزان

کانی‌های شاخص مشاهده شده در نمونه‌های سیاه‌خاکستری، قرمز و نخودی محوطه کهنه شهر بر اساس خواص نوری مشخصه و محورهای عبوری زیر نور پلاریزه شامل شفافیت، رنگ، چندرنگی (Pleochroism)، ریخت‌شناسی (Morphology)، بیرفرانسانس (Birefringence) و همگونی یا ناهمگونی مورد بررسی قرار گرفتند و نمونه کانی‌های کوارتزهای ریزبلور گرد و کوارتزهای درشت پلی‌کریستالین (Polycrystalline) گوشه‌دار و دارای زوایای تیز، قطعات درشت‌سنگی (Lithic) ترکیبی از کانی‌های کوارتز شناسایی شدند.

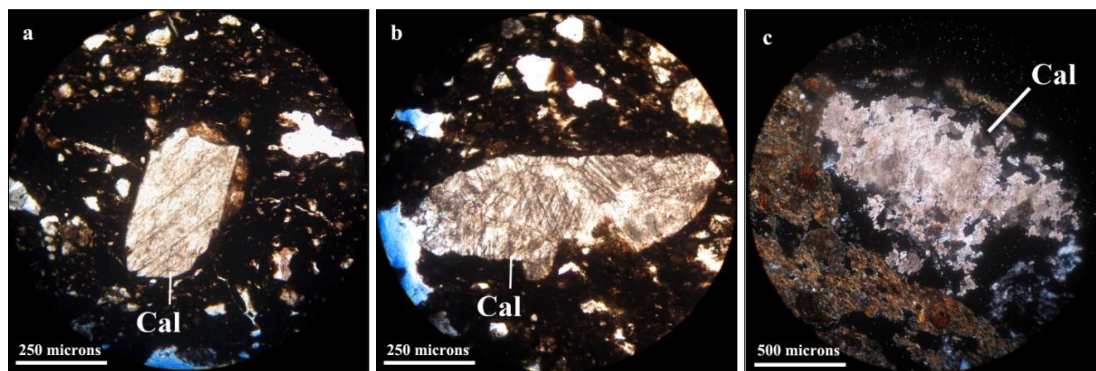
کوارتز، از جمله فراوان‌ترین کانی‌ها در بافت سفال‌های تاریخی است که یا به‌صورت خرده‌سنگ یا ماسه در خاک مورد استفاده وجود دارد که می‌توانسته به‌صورت تصادفی یا به‌عنوان ماده‌ی افزودنی - به دلیل خواص حرارتی و دسترسی آسان و بسیار به آن - در ساختار سفال‌ها وارد شده باشد (Sterba et al. 2009: 1583)، به مواد اولیه تهیه‌ی سفال افزوده شده است و برطبق ویژگی‌های آن از قبیل گردشگی، کروی بودن، درصد و اندازه‌ی توزیع دانه‌های مجزا، می‌توان از آن در تعیین منشأ استفاده نمود؛ به‌طوری‌که 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 خردشدن سنگ‌مادر مولد خاک مورد استفاده است (Peterson 2009: 6; Smith 2008: 75). در ساختار تمامی نمونه‌های مورد مطالعه‌ی محوطه‌ی کهنه‌شهر نیز کانی کوارتز به‌شکل بلورهای ریزدانه گرد است که مربوط به خود محتویات خاک مورد استفاده بوده و نشان‌دهنده‌ی منشأ رسوبی است. قطعات فلدسپار از نوع پلاژیوکلاز (Plagioclase) با ماکل آلبیتی (Albite) یا پلی‌سنتتیک (Polysynthetic) با رنگ‌های سفید، سفید متمایل به خاکستری گاهی با تهرنگ‌های آبی به‌صورت بلورهای درشت ظاهر شده و به‌وسیله‌ی زاویه‌ی خاموشی مایل (پایدار، ۱۳۸۴: ۲۴۱) در همه‌ی نمونه‌ها قابل تشخیص هستند (تصویر ۵).



تصویر ۵- a: فلدسپار از نوع پلاژیوکلاز (Pl: Plagioclase) با ماکل آلبیتی (XPL) در سفال سیاه شماره ۱؛ b: پلاژیوکلاز با ماکل آلبیتی با اندازه‌های $0/5 \times 0/3 \times 0/2$ میلی‌متر تا $0/2 \times 0/3 \times 0/2$ میلی‌متر (XPL) در سفال قرمز شماره ۷؛ c: فلدسپار از نوع پلاژیوکلاز با ماکل آلبیتی (PPL) در سفال قرمز شماره ۹ (افشاری‌نژاد، ۱۳۹۴)

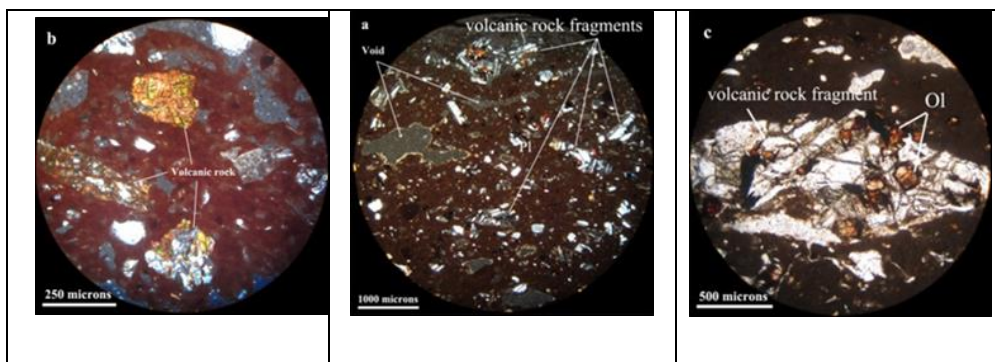
بر اساس مشاهدات مقاطع نازک نمونه‌ها با میکروسکوپ پلاریزان، کانی کلسیت سالم و تجزیه نشده با تیغه‌های ماکل به موازات قطر بلند در نمونه‌های شماره دو و سه سفال‌های سیاه‌خاکستری (تصویر ۶، a, b) قابل مشاهده است. در سفال‌های قرمز و نخودی، دانه‌های کلسیت جزئی در نمونه‌ی شماره‌ی هشت و نیز کانی کلسیت در حال تجزیه - بیشتر در حاشیه‌ی فاز - در نمونه‌ی شماره‌ی ۱۰ مشخص شد (تصویر ۶، c). با توجه به این که استفاده از کربنات‌ها به‌عنوان شاموت، تأثیرات عمده‌ای در افزایش مقاومت نسبی در مقابل شوک‌های حرارتی بدنه‌های رسی به‌خصوص در سفال‌های با درجه‌ی پخت پایین دارد و همین‌طور وجود کلسیت در ماتریکس سفال که عامل مهمی در تعیین حرارت و تخمین دمای پخت است (Readdy 2008: 141)، می‌توان طبق تغییرات فازی کانی کلسیت در نمونه‌های مورد مطالعه دمای آن‌ها را تخمین زد. با توجه به تصاویر ۶- a, b کلسیت‌های موجود در نتیجه‌ی مشاهدات به‌عنوان کلسیت اولیه در ترکیب سفال شناخته شده که تا حرارت حدود 750°C بدون تغییر و حفظ رخ لوزوجهی (Rhombhedra) خود، در ترکیب سفال باقی می‌ماند

(Fabbri et al. 2014: 1907). آغاز فرآیند تجزیه‌ی بلورهای کلسیت در دمای حدود 600°C و پایان آن در حدود $800-900^{\circ}\text{C}$ (امامی و نوغانی، ۱۳۹۲، ۵۷؛ 61 (Carvalho et al 2013) است. بنابراین با توجه به سالم بودن این کانی در نتیجه‌ی مشاهدات میکروسکوپی و آغاز تجزیه آن در نمونه‌ی شماره ۱۰، می‌توان گفت دمای پخت سفال‌های محوطه‌ی کهنه‌شهر به‌طور تقریبی تا 800°C بوده است.



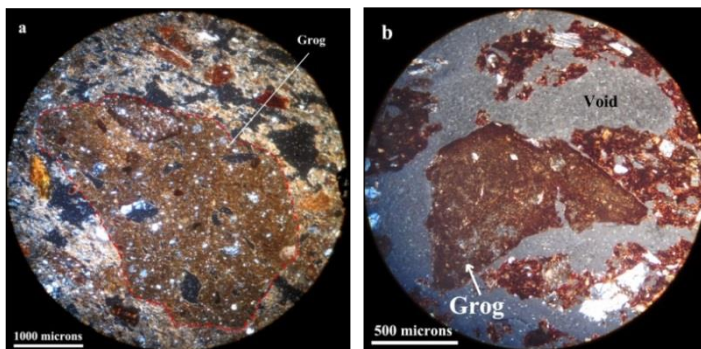
تصویر ۶-**a**: کانی کلسیت (Cal: Calcite) سالم و تجزیه نشده با ماکل موازی (XPL) با اندازه 0.42×0.25 میلی‌متر در سفال سیاه شماره ۲؛ **b**: کانی کلسیت سالم و تجزیه نشده (XPL) با اندازه 0.3×0.9 میلی‌متر در سفال سیاه شماره ۳؛ **c**: دانه‌ی کلسیت در حال تخریب در اثر حرارت (XPL) در سفال قرمز شماره ۱۰ (افشاری‌نژاد، ۱۳۹۴)

نکته‌ی قابل توجه این است که در مشاهدات میکروسکوپی وجود قطعات درشت سنگی به‌اندازه‌ی 0.8 در 0.6 میلی‌متر دارای کانی‌های رنگی اپیدوت (Epidote)، میکا، کوارتز، آپاتیت (Apatite)، تکه‌سنگ‌های آتشفشانی بازالتی که شکستگی‌های آن با هیدروکسید آهن پر شده، در تمامی نمونه‌ها قابل مشاهده است. قطعات سنگی غالب از نوع سنگ نیمه آتشفشانی دیابازی است که در ماتریکس نمونه‌های سیاه‌خاکستری شماره‌ی دو و چهار و نیز تمامی نمونه‌های قرمز و نخودی در اندازه‌های ریز تا قطعات درشت (0.8 تا 1.7 میلی‌متر) دیده می‌شود و حاوی کانی‌های فلدسپار و کانی‌های فرو منیزین از قبیل الیوین (Olivine) و پیروکسن (Pyroxene) پراکنده هستند (تصویر ۷)؛ که این ترکیبات با توجه به ویژگی زمین‌شناسی منطقه می‌تواند در طبقه‌بندی تمپر نمونه سفال‌ها و نیز بومی‌سازی آن‌ها مفید واقع شود (Riederer 2004: 151). فراوانی و اندازه درشت ($1/5$ میلی‌متر) این نوع از قطعات سنگی، به‌خصوص در ترکیب سفال‌های شماره هفت تا ده با استناد به ویژگی‌های زمین‌شناختی منطقه که در تصویر دو ارائه شده، نشان‌دهنده‌ی نزدیکی سفالگر به منبع دیابازی بوده است. چراکه، بر اساس اطلاعات سازمان زمین‌شناسی کشور، گسترش بیشتر گدازه‌های ولکانیک بازالتی مربوط به آتشفشان کوه آزارات در طول رودخانه‌ی زنگ‌مار (دره ماکو) (ر.ک: تصویر ۲) چنین می‌نماید که این گدازه‌ها از محل شکستگی‌های موجود در طول این مسیر بیرون ریخته‌اند و می‌توان گفت بخشی از این ولکانیک‌ها در ترکیب خاک منطقه موجود است. بنابراین، میزان فراوان کانی‌های مشابه در سفال‌ها و حوزه‌ی زمین‌ساختی منطقه می‌تواند حاصل بوم‌آورد بودن ماده اولیه در تهیه سفال‌ها باشد.



تصویر ۷- a: زمینه‌ی قرمز سفال شماره هفت قرمز دارای تخلخل، تمپر از یک نوع سنگ‌های آتشفشانی فراوان دیابازی (الیوین، پلاژیوکلاز، پیروکسن) با اندازه‌های $0/8 \times 1/3 \times 0/1$ میلی‌متر تا $0/1$ میلی‌متر (XPL)؛ b: لیتیک‌های آتشفشانی کمتر از 1 میلی‌متر در ماتریکس سفال شماره ۹ قرمز؛ c: تکه‌سنگ آتشفشانی با دانه‌های رنگین الیوین (Ol: Olivine) به اندازه $0/9 \times 0/2 \times 0/2$ میلی‌متر (PPL) در ماتریکس سفال شماره ۷ (افشاری‌نژاد، ۱۳۹۴)

در مشاهدات میکروسکوپی نمونه سفال‌های متعلق به محوطه‌ی کهنه‌شهر دانه‌های درشت خرده‌سفال (Grog) با اندازه‌های $0/9 \times 1/3 \times 0/3$ میلی‌متر تا دانه‌های کوچک $0/3$ میلی‌متر در نمونه‌های شماره یک، دو، سه سیاه‌خاکستری و نمونه شماره ده سفال قرمز شناسایی شد. خرده‌سفال‌های موجود در ماتریکس این نمونه‌ها، از نوع سفال قرمز است که در زمینه‌ی رسی سفال‌های سیاه‌خاکستری به‌وضوح مشخص هستند. در سفال‌های سیاه‌خاکستری ویژگی‌های ساختاری از قبیل نوع، اندازه اجزای معدنی، درصد پراکندگی آن‌ها، شکل و فراوانی تخلخل و حفرات موجود در خرده‌سفال‌ها کاملاً متفاوت با ویژگی‌های زمینه‌ی رسی اصلی (سفال میزبان) است. با رجوع به تصویر ۸-b می‌توان تفاوت قطعات سفالی موجود در نمونه‌ی شماره‌ی یک سیاه‌خاکستری را بررسی نمود. خرده‌سفال‌های قابل مشاهده از طریق میکروسکوپ پلاریزان در زمینه‌ی نمونه‌ی مزبور، دارای رنگ زمینه‌ی قرمز، تراکم بالا، تخلخل بسیار ناچیز و دانه‌های جزئی و پراکنده کوارتز است؛ در صورتی‌که زمینه‌ی سفال اصلی دارای تخلخل فراوان در مقیاس بالا، اجزای معدنی درشت و متنوع از قبیل کوارتز، فلدسپار، قطعات سنگی دارای کانی‌های رنگی و غیره است که کاملاً ناهمسان و نامشابه با خرده‌سفال‌های موجود است. بالعکس خرده‌سفال‌های موجود در زمینه‌ی سفال قرمز مثل نمونه ۱۰ (تصویر ۸-a) از نظر ترکیبات موجود در ماتریکس و تخلخل بسیار مشابه و همسان با زمینه‌ی سفال اصلی است که می‌توان به‌وسیله صفحه-گردان میکروسکوپ و نور پلاریزه مرز بین قطعات سفال خردشده با سطح اصلی را تشخیص داد. در جدول ۳ شباهت و تفاوت ویژگی‌های خرده‌سفال‌ها با زمینه‌ی اصلی ماتریکس مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در انتهای این بخش خلاصه‌ای از مشاهدات میکروسکوپی مقاطع نازک نمونه‌ها در جدول دو ارائه شده است.



تصویر ۸- a: خرده‌سفال (XPL) به اندازه 4×3 میلی‌متر) در زمینه سفال قرمز شماره ده، بافت همسان گراگ با زمینه اصلی؛ b: خرده‌سفال (گراگ) به‌اندازه $1 \times 1/1$ میلی‌متر (XPL) در مرکز و قطعات زاویه‌دار کوارتز در اطراف گراگ، بافت متفاوت گراگ با زمینه اصلی سفال سیاه شماره ۱ (افشاری‌نژاد، ۱۳۹۴)

جدول ۲: کانی‌های شاخص مشاهده شده در سفال‌های سیاه-خاکستری و قرمز و نخودی محوطه کهنه‌شهر با میکروسکوپ پلاریزان								
نمونه	کوارتز		فلدسپار (پلاژیوکلاز)	کربنات‌ها	قطعات سنگی	کانی‌های مافیک	خرده-سفال	مواد معدنی مات
	شکل	اندازه						
۱	گرد	ریزبلور	پلاژیوکلاز با ماکل پلی‌سنتتیک	-	۱. دارای کانی‌های رنگی اپیدوت، میکا، کوارتز ۲. ترکیبی از کانی-های کوارتز، فلدسپار بیوتیت	۱. کانی کلریت ثانویه ۲. آمفیبول	در اندازه در ۱/۳ تا ۰/۹ تا ۰/۳ میلی‌متر	-
۲	گرد (نسبتاً کم)	ریزبلور	پلاژیوکلاز با اندازه ۱ در ۱ میلی‌متر	کلسیت سالم با تیغه‌های ماکل موازی	۱. لیتیک آتشفشانی دانه‌ریز بازالیت دارای هیدروکسید آهن ۲. قطعات درشت و ریز غنی از کوارتز، فلدسپار، پلاژیوکلاز	کانی پیروکسن	در دانه‌های بسیار کوچک	همایت دانه‌ریز با حاشیه قرمز در قسمت روشن مقطع
۳	گرد و گوشه دار	ریزبلور با تراکم پایین	قطعات پلاژیوکلاز با ماکل پلی-سنتتیک	کانی کلسیت سالم با تیغه‌های ماکل	۱. لیتیک پر شده با اکسید آهن ۲. قطعات دارای کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و کوارتز	کانی پیروکسن	در دانه‌های بسیار کوچک در ماتریکس	دانه‌های ریز پراکنده در قسمت رنگ روشن درونی
۴	گرد	کوارتزها ی دانه-ریزتر	به صورت قطعات ریز پراکنده در سطح	-	قطعه سنگ آتشفشانی (دارای کانی‌های آمفیبول) در اندازه ۰/۲ میلی‌متر	تجمع کانی‌های آمفیبول با حاشیه سوخته و پیروکسن	-	-
۵	گرد	ریزبلور و درشت	فلدسپار و پلاژیوکلاز	کلسیت (سالم و تجزیه نشده)	قطعات لیتیک درشت متشکل از کانی‌های پلاژیوکلاز	کانی پیروکسن	-	دانه‌های ریز و درشت همایت
۶	گرد	ریزبلور	دانه‌های ریز پراکنده	-	دارای کانی‌های رنگی بیوتیت، فلدسپار، پلاژیوکلاز	-	-	همایت با میزان بالاتری و پراکنده
۷	گرد (نسبتاً کم)	ریزبلور	به میزان بالاتری از نوع پلاژیوکلاز با ماکل پلی‌سنتتیک (۰/۵ mm) × (۱/۳)	-	قطعات آتشفشانی دیابازی در اندازه (۰/۸ × ۱/۳) دارای کانی‌های رنگی الیوین، پلاژیوکلاز، پیروکسن	-	-	دانه‌های ریز و درشت قرمز همایت پراکنده در بافت
۸	گرد	ریزبلور	تکه‌های فلدسپار پراکنده در بافت	به صورت جزئی مشاهده شد	۱. قطعات آتشفشانی ۲. لیتیک حاوی کوارتز، فلدسپار، (۱/۷ × ۱/۲ mm)	۱. کانی پیروکسن ۲. تجمع کانی‌های آمفیبول و پیروکسن	-	دانه‌های همایت پراکنده در بافت
۹	گرد	ریزبلور	پلاژیوکلاز با ماکل پلی‌سنتتیک	-	۱. قطعات آتشفشانی ۲. لیتیک حاوی کوارتز، فلدسپار	کانی پیروکسن	-	دانه‌های ریز پراکنده
۱۰	گرد	ریزبلور	تکه‌های دانه-ریز فلدسپار پراکنده در بافت	کلسیت در حال تجزیه (mm) (۱/۸ × ۱/۱)	۱. قطعات آتشفشانی دارای کانی پیروکسن ۲. لیتیک حاوی کوارتز، فلدسپار	کانی‌های پیروکسن شکسته	تکه‌های گراگ اندازه (۴ × ۳ mm)	دانه‌های ریز و درشت قرمز رنگ

جدول ۳: بررسی ویژگی‌های گراگ موجود در نمونه‌سفال‌های سیاه و قرمز براساس مطالعه مقاطع نازک با میکروسکوپ پلاریزان					
ویژگی‌های خرده‌سفال			ویژگی‌های زمینه اصلی نمونه سفال‌ها		مقاطع حاوی خرده‌سفال
رنگ	اجزاء معدنی موجود	ابعاد	رنگ	اجزای معدنی موجود	
قرمز	دانه‌های جزئی و بسیار ریز کوارتز	۱/۳ mm	سیاه	کوارتز ریز و گرد، فلدسپار، قطعات سنگی، آمفیبول	۱
قرمز	نامعلوم	> ۰.۵ mm	سیاه	کوارتز ریز و گرد، فلدسپار، قطعات آتشفشانی، هماتیت، کلسیت، پیروکسن	۲
قرمز	نامعلوم	> ۰.۵ mm	سیاه	کوارتز ریز و گرد، فلدسپار، قطعات سنگی، هماتیت، کلسیت، پیروکسن	۳
زمینه قرمز با بافت متراکم	کوارتز ریز و گرد، فلدسپار، قطعات آتشفشانی، هماتیت	۳ mm × ۴	قرمز	کوارتز ریز و گرد، فلدسپار، قطعات آتشفشانی، هماتیت، کلسیت، پیروکسن	۱۰

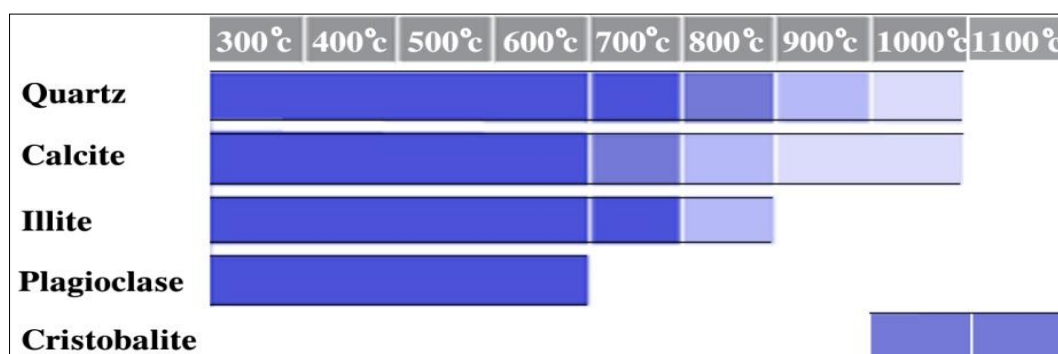
۵. نتایج و تحلیل مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD)

فاز شاخص طیف‌های حاصل از آنالیز پراش پرتو ایکس در همه‌ی نمونه‌ها، کوارتز و پلاژیوکلاز با پیک‌های مشخص و نوک‌تیز هستند (جدول ۴). این شکل پیک با سیمتریک (symetric) (متقارن بودن پیک) بالا، معرف حضور فازهای کریستالین در بافت سفال است که در مورد کوارتز و پلاژیوکلازهای مشاهده شده و در مقاطع نازک صدق می‌کند. با توجه به تغییر و تبدلات فاز کوارتز در دماهای متفاوت، کوارتز مربوط در سفال‌های مورد مطالعه، کوارتز آلفا (α) است ($2\theta=26.64^\circ$) (طیف ۱)؛ به این دلیل که کوارتز آلفا که در سیستم تریگونال (Trigonal) متبلور می‌شود، در دمای پایین‌تر از 573°C پایدار بوده و در این دما به کوارتز بتا که فاز حرارت بالای کوارتز نام دارد و در سیستم هگزاگونال (Hexagonal) متبلور می‌شود، تبدیل می‌شود. کوارتز بتا در حرارت‌های بین 573°C تا 870°C پایدار است (پایدار، ۱۳۸۴: ۲۲۲). برهمین اساس، تخمین دمای پخت سفال‌های گروه سیاه‌خاکستری با شناسایی پیک شاخص کوارتز و عدم شناسایی فاز تریدیمیت (β -Tridymite) و کریستوبالیت (β -Cristobalite) (فاز حرارت بالای کوارتز)، تا این مرحله دمای حدود 850°C را نشان می‌دهد. همین مطلب در خصوص سفال‌های گروه قرمز و نخودی نیز به استثنای نمونه‌ی شماره‌ی نه، که فاز کریستوبالیت در آن شناسایی شده، صدق می‌کند. با ادامه داشتن حرارت، کوارتز در دمای 870°C به تریدیمیت تبدیل شده و در دمای 1470°C به کریستوبالیت تبدیل می‌شود. با اینکه محدوده‌ی پایداری کریستوبالیت در فشار یک اتمسفر در دمای بیش از 1470°C است (پایدار، ۱۳۸۴: ۲۲۳)، اما چنان‌چه دمای کوارتز به سرعت بالا یا پایین برود، تغییر فاز اولیه در دمای 573°C به بتا کوارتز صورت گرفته و بتا کوارتز به بتا کریستوبالیت تبدیل می‌شود (رازانی و همکاران، ۱۳۹۲، ۶۸). بنابراین نمی‌توان به دلیل حضور کانی کریستوبالیت فقط در یک نمونه از سفال‌های گروه قرمز، به قطعیت دمای آن را بالاتر در نظر گرفت. فاز پلاژیوکلاز یا فلدسپارهای سدیک-کلسیک شناسایی شد. این گروه از فلدسپات‌ها با زیرگروه خود یعنی آلبیت (Albite) با فرمول شیمیایی $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ و آنورتیت (Anorthite) $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ در نتیجه‌ی پراش پرتو ایکس مشخص شدند. پلاژیوکلازها در سیستم تری‌کلینیک (Triclinic) متبلور شده و در 800°C تغییر شکل می‌دهند (Emami & Trettin 2010: 373). همچنین حضور ایلیت در پنج نمونه سفال سیاه‌خاکستری و نمونه‌های قرمز با شماره‌ی شش و هشت از طریق پراش پرتو ایکس به اثبات رسیده که نشان‌دهنده‌ی دمای ماکزیمم 850°C است. زیرا ایلیت در بالاتر از این دما تجزیه می‌شود. با رسیدن دما به 800°C ، پیک‌های ایلیت که ناشی از تجزیه ساختار هستند ظاهر شده و فازهای دمای پایین ناپدید می‌شوند؛ شدت پیک‌های

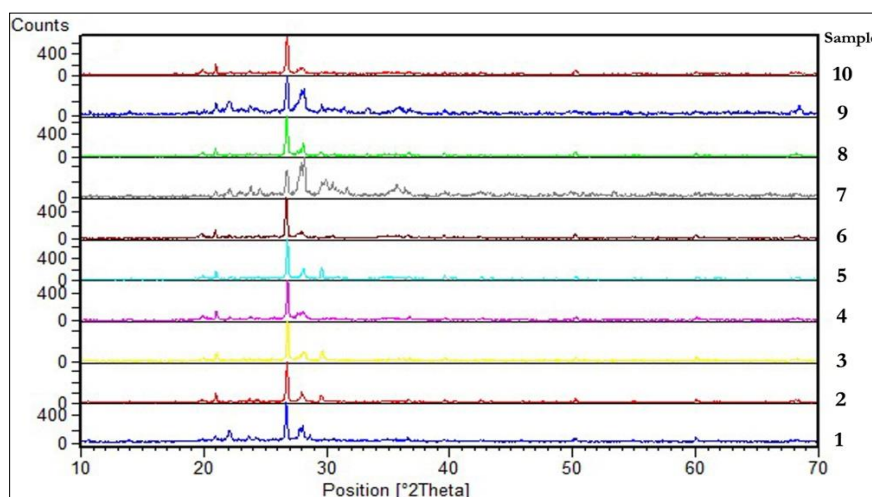
رس در بالاتر از ۸۰۰°C سانتی‌گراد کاهش یافته و در حدود ۹۰۰°C ناپدید می‌شوند (رازانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۳). همچنین فاز موسکوویت در نمونه‌ی شماره‌ی ده شناسایی شده است که با توجه به آغاز دمای تجزیه مسکوویت از حدود ۸۵۰°C، دمای پخت نمونه‌ی شماره‌ی ده، در حدود ۸۰۰°C تخمین زده می‌شود. در نمودار ۱ تغییرات فازی مربوط به کانی‌های موجود در نمونه‌های این پژوهش ارائه شده است.

جدول ۴: فازهای شاخص شناسایی شده در نمونه سفال‌های مورد مطالعه محوطه کهنه‌شهر

نمونه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Quartz SiO ₂	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cristobalite \$GB, syn SiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Albite (Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
Albite, disordered Na(Si ₃ Al)O ₈	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Albite calcian, ordered (Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Illite K(Al ₄ Si ₂ O ₉ (OH) ₃)	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Sodium calcium aluminosilicate Na _{0.33} Ca _{0.67} Al _{1.67} Si _{2.33} O ₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium tecto-alumotrisilicate Tremolite Na(AlSi ₃ O ₈)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcite CaCO ₃	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Calcite, magnesian (Mg _{0.064} Ca _{0.936})(CO ₃)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Calcium magnesium catena-silicate CaMg Si ₂ O ₆	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Calcite, magnesium, syn (Mg _{0.03} Ca _{0.97})(CO ₃)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Anorthite, sodian, disordered (Ca,Na)(Si,Al) ₄ O ₈	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Cumingtonite manganian Na _{0.1} Ca _{0.4} Mg _{5.6} Mn _{1.0} Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Muscovite-1\ITM\RG, syn K Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+



نمودار ۱: نمودار نشان‌دهنده‌ی تحولات مربوط به کانی‌ها ناشی از حرارت ۱۱۰۰-۳۰۰°C است (تیرگی/روشنی نوارها نشان‌دهنده‌ی حدود فراوانی کانی‌هاست)



طیف ۱: برهم‌اندازی طیف‌های پراش پرتو ایکس نمونه سفال‌های محوطه کهنه‌شهر به جهت مقایسه الگوهای پراش

۶. نتیجه

نتایج حاصل از تحلیل بررسی‌های میکروسکوپی و کانی‌شناختی نمونه‌ها بیانگر ویژگی‌هایی است که در رابطه با شرایط زمین‌شناسی منطقه، نوع خاک مورد استفاده‌ی سفالگری، فراوری مواد اولیه و آماده‌سازی و نیز تخمین دمای پخت اطلاعات مفیدی ارائه می‌دهد؛ سفال‌های گروه سیاه‌خاکستری، قرمز و نخودی به‌لحاظ ریزساختارشناسی و کانی‌شناختی مشابه هستند، اما از نظر نوع آماده‌سازی مواد اولیه و عمل ورزدهی خمیره‌ی سفال تفاوت دارند. حتی گروه سفال‌های قرمز و نخودی از نظر نوع تمپر و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی خمیره مشابه بوده، اما به‌لحاظ میزان کانی‌ها متفاوت‌اند که به‌احتمال بیان‌کننده‌ی نوعی روش آزمون و خطا برای ساخت سفال‌های قرمز در آن منطقه بوده است. همچنین شباهت و میزان اشتراکات هر دو گروه سفال به‌لحاظ نوع مواد موجود در خمیره و نیز مشابه و همسان بودن ترکیبات ساختاری سفال‌های هر دو گروه با ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه، حاکی از آن است که نمونه‌سفال‌ها تولید بومی و محلی است و می‌تواند حاصل بوم‌آورد بودن ماده‌ی اولیه در تهیه‌ی آن‌ها باشد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی باتیوک و ساگونا نیز می‌توان این‌طور استنباط کرد که در اواخر هزاره‌ی سوم ق.م و دوره‌ی سوم فرهنگ مفرغ قدیم، تولیدات سفال‌ها گرایش بیشتری به بومی بودن پیدا کرده و درواقع روش‌های تولید سفال بومی‌تر شده است و در یک ساختار فرهنگی محلی رواج یافته‌اند. در ادامه‌ی پژوهش و مطالعات نتیجه‌ای که بر اساس مشاهدات میکروسکوپی و شواهدی از تغییرات فازی کانی‌های موجود و نیز نتایج آنالیز XRD بیانگر این است که سفال‌های مورد مطالعه از نظر میزان دمای پخت مشابه بوده و دمای پخت برای هر دو گروه زیر 850°C در نظر گرفته می‌شود. درواقع این دو گروه سفال از نظر دمای پخت یکسان اما از نظر شرایط کوره متفاوت‌اند. به بیانی دیگر، فرایند پخت سفال‌های سیاه‌خاکستری در شرایط احیا و سفال‌های قرمز و نخودی در شرایط اکسیداسیون بوده است. سفال‌های قرمز و نخودی که به‌لحاظ ترکیب و مواد تشکیل‌دهنده مشابه ترکیبات سفال‌های سیاه‌خاکستری ولی از نظر تیپولوژی، تکنیک پخت و رنگ متفاوت هستند و به احتمال قوی حاکی از پیدایش سنت متفاوتی از سفالگری به روش آزمون و خطا و تجربه توسط مردمان محوطه‌ی کهنه‌شهر است. به‌منظور کسب اطلاعات بیشتر در رابطه با نوع تکنولوژی تولید و نوع کوره‌های پخت سفال‌های محوطه‌ی

کهنه‌شهر، به جامعه آماری وسیع‌تری از سفال‌های آن منطقه نیاز است و بهره‌گیری از روش‌های آزمایش بیشتر همچون آنالیز حرارتی به‌منظور تعیین دقیق‌تر دمای پخت سفال‌ها و آنالیز فلورسانس اشعه ایکس برای شناسایی و تعیین درصد عنصری آن‌ها لازم است.

پی‌نوشت

1. X-ray powder diffraction

۲. این آزمایش به‌وسیله دستگاه دیفراکتومتر مدل: AD vanc D8 ساخت شرکت بروکر آلمان با حداکثر اختلاف پتانسیل 40 KV و حداکثر شدت جریان 40 mA در بخش آزمایشگاه اشعه ایکس دانشگاه سهند تبریز انجام گرفت. سپس داده‌های آن توسط نرم‌افزار High Score Expert مربوط به شرکت پانالتیکال نسخه ۲۰۰۴ تحلیل شد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود واجب می‌دانند از مهندس محمدحسین ظریف اسفهلان، مسئول آزمایشگاه اشعه ایکس دانشگاه صنعتی سهند تبریز و آزمایشگاه گروه باستان‌سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز و جناب آقای مصیب‌زاده، مسئول کارگاه مقطع‌زنی دانشگاه تبریز به دلیل مساعدت در مطالعات سپاسگزاری نمایند.

منابع

- استوارت، باربارا (۱۳۹۳)، *روش‌های تجزیه مواد در مرمت و حفاظت آثار تاریخی*، ترجمه‌ی مسعود باقرزاده کثیری، چاپ اول، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز.
- افشاری‌نژاد، حکیمه (۱۳۹۴)، «باستان‌سنجی کانی‌شناختی سفال‌های دوره مفرغ قدیم (سنت کورا-ارس) محوطه‌ی کهنه‌شهر چالدران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، دانشکده آموزشی- پژوهشی مرمت آثار تاریخی و باستان‌سنجی (منتشر نشده).
- امامی، سیدمحمدامین و سمیه نوغانی (۱۳۹۲)، «بررسی روند کربناتیزاسیون مجدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه در سفال‌های باستانی بر اساس مطالعات پتروگرافیک»، *مرمت و معماری/ایران*، سال سوم، شماره‌ی پنجم، صص ۵۵-۶۷.
- امامی، سید محمدامین (۱۳۹۴)، «بررسی تکنولوژی سفالگری در تپه زاغه از ۵۱۰۰ تا ۴۹۰۰ پیش از میلاد (از ماکرو تا میکرو)»، *مفاخر میراث فرهنگی ایران* جشن‌نامه دکتر صادق ملک شه‌میرزادی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، چاپ اول، شماره ۱، صص ۳۴۴-۳۵۵.
- آجورلو، بهرام (۱۳۸۳)، «بررسی هنر کورا-ارس»، *پیام باستان‌شناسی*، سال اول، شماره‌ی دوم، صص ۴۳-۶۰.
- آدامز، آ. ای، دبلیو اس. مکنزی و سی. گیلفور (۱۳۹۰)، *اطلس رنگ‌های رسوبی در زیر میکروسکوپ*، ترجمه‌ی محمدحسین آدابی و زهرا زرگر امینی، چاپ دوم، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- پایدار، حسین (۱۳۸۴)، *مواد اولیه مصرفی در صنایع سرامیک*، چاپ اول، غزل، اصفهان.
- رازانی، مهدی؛ بهرام آجورلو؛ امین حائری؛ آرش تیرانداز (۱۳۹۲)، «بررسی‌های باستان‌سنجی سفال‌های دوران اسلامی قره-داغ»، *دانشگاه هنر اسلامی تبریز*، شماره طرح پژوهشی: ۸۱۹۵.
- علیزاده، کریم و مسعود آذرنوش (۱۳۸۲)، «بررسی روشمند تپه‌باروج: روابط فرهنگی دو سوی رود ارس»، *باستان‌شناسی و تاریخ*، شماره پیاپی ۳۴، س ۱۷، ش ۲، صص ۳-۲۲.
- _____ (۱۳۹۱)، «بازخوانی نظریه مهاجرت در باستان‌شناسی و گسترش فرهنگ کورا-ارس در خاور نزدیک باستان» *باستان‌شناسی و تاریخ*، سال ۲۵، شماره ۲، شماره پیاپی ۵۰، صص ۷۹-۹۶.
- _____ (۱۳۹۲)، «گزارش باستان‌شناسی فصل اول محوطه‌ی کهنه‌شهر، آرشو میراث فرهنگی»، پژوهشکده باستان‌شناسی (منتشر نشده).

فاضلی، حسن و بهرام آجورلو (۱۳۸۳)، «درآمدی بر بسط فرهنگ کورا-ارس در اواخر هزاره‌ی چهارم قبل از میلاد در دشت قزوین»، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسی ایران: حوزه‌ی شمال‌غرب، به کوشش مسعود آذرنوش، پژوهشکده‌ی باستان‌شناسی تهران، صص ۱۸۱-۱۹۱.

نقشه زمین‌شناسی شهرستان ماکو (۱۹۷۵)، نقشه ماکو، تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

نوغانی، سمیه و سید محمدامین امامی (۱۳۹۱)، «آرکئومتری (باستان‌سنجی) سفال‌های تاریخی: ضرورت‌ها و روش‌ها» مجموعه مقالات نخستین همایش علم مواد و حفاظت آثار فرهنگی، تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری با همکاری پژوهشگاه مواد و انرژی، تهران، چاپ اول، صص ۵۰۵-۵۲۴.

Abedi, Akbar, H. Khatib Shahidi, Ch. Chataigner, K. Niknami, N. Eskandari, M. Kazempour, A. Pirmohammadi, J. Hosseinzadeh and Gh. Ebrahimi. 2014. Excavation at Kul Tepe (Hadishahr), North-Western Iran, 2014: First Preliminary Report, *ANES* 51: 33-165.

Ajorloo, Bahram. 2012. Beyond Naxçivan: the Kura- Araxes art of pottery & the Great road of Khorasan, Naxçivan İlk Yaşayış ve Şehersalma Yeri Kimi] (20th-24th June 2011), in: I. M. Hacıyev et al. (eds.), Baku: Azerbaijan National Academy of Sciences, pp. 262-270.

Albright, W. F. 1924 -1925 "The Jordan Valley in the Bronze Age", *The Annual of the American Schools of Oriental Research* 6: 13-74.

Alizadeh, Karim, Hamed Eghbal, & Siavash Samei. 2015. Approaches to Social Complexity in Kura-Araxes Culture: A View from Köhne Shahar (Ravaz) in Chaldran, Iranian Azerbaijan. *Paléorient* 41(1): 37-54.

Batiuk, Stephen Denis, and Mitchell S. Rothman. 2007. "Early Transcaucasian Cultures and their Neighbors: Unraveling Migration", *Trade, and Assimilation, Expedition* 49(1): 7-17.

Batiuk, Stephen Denis. 2000. "Petrographic Analysis of ETC Ceramics from the Bayburt Region, North Eastern Anatolia: An Exploratory Study." *ANES*. 37:153-163.

_____ 2005. "Migration Theory and the Distribution of the Early Transcaucasian Culture", Unpublished PhD Thesis, Department of Near and Middle Eastern Civilization, University of Toronto.

Bayani, Narges & Karim Alizadeh. 2014. Architecture of a Kura-Araxes Town: Kohne Shahar, Northwestern Iran. ASOR Poster.

Belfiore, C. M., Day, P. M., Hein, A., Kilikoglou, V., Larosa, V., Mazzoleni, P. & Pezzino, A. 2007. Petrographic and Chemical Characterization of Pottery Production of the Late Minoan I kiln at Haghia Triada, Crete, *Archaeometry* 49 (3), 621-653.

Burney, C., D. M. Lang, 1971. *The Peoples of the Hills: Ancient Ararat and Caucasus*, Praeger Publishers, New York and Washington.

Burney, Charles A. 1961. Excavations at Yanik Tepe, North-West Iran, Iraq 23(2): 138-153.

Burton-Brown, T. 1951. Excavations in Azarbaijan, 1948, Murray, London.

Carvalho, R.S., Carvalho, A. p. & M. F. Vaz. 2013. Studies of Ceramic Tiles Attributed to Gabriel Del Barco, University of Oxford: *Archaeometry* 55, 1, 54-67.

Çilingiroglu, A. and A. Sagona, 2004 "Charles Burney in the Near Eastern Highlands", in: A View from the Highlands: Archaeological Studies in Honor of Charles Burney, A. Sagona (ed.), pp. 3-11, Ancient Near Eastern Studies, Supplement 12. Peeters Press, Louvain.

Emami, M, Mohammadamin, Johannes Volkmar and Reinhard Trettin. 2011. Characterization of Ancient Ceramic Matrices with High Resolution Microscopy Methods, Laser Scanning, Theory and Applications, Prof. Chau-Chang.

Emami, M., & Trettin, R. 2010. Mineralogical and Chemical Investigations on the Ceramic Technology in Çoğā Zambil, (Iran, 1250 B.C.), *Periodico di Mineralogia* 81, 3, 359-377.

Fabbri, B, Gualtieri, S, and S. Shoval. 2014. The Presence of Calcite in Archeological Ceramics, *Journal of the European Ceramic Society* 34, 1899-1911.

Kibaroglu, Mustafa, Antonio Sagona, and Muharrem Satir. 2011. Petrographic and geochemical Investigations of the Late Prehistoric Ceramics from Sos Höyük, Erzurum (Eastern Anatolia), *Journal of Archaeological Science* 38: 3072-3084.

- Kleiss, W. and Kroll, S. 1979. Ravaz und Yakhvali: zwei befestigte Plätze des 3. Jahrtausends. *Archäologische Mitteilungen aus Iran* 12: 27–47.
- Kohl, Philip L. 2009. Origins, Homelands and Migrations: Situating the Kura-Araxes Early Transcaucasian 'Culture' within the History of Bronze Age Eurasia", *Tel Aviv* 36: 241–265.
- Kuftin, B. A. and H. Field, 1946. "Prehistoric Culture Sequence in Transcaucasia", *Southwestern Journal of Anthropology* 2(3): 340-360.
- Lamb, W. 1954. "The Culture of North-East Anatolia and Its Neighbours", *Anatolian Studies* 4: 21-32.
- Maritan, Lara, Parviz Holakoei, and Claudio Mazzoli. 2015. Cluster analysis of XRPD data in Ancient Ceramics: What for? *Applied Clay Science* 114, 540–549.
- Mason, R. B. and L. Cooper. 1999. Grog, Petrology, and Early Transcaucasia's at Godin Tepe, Iran 37: 25-31.
- Maziar, Sepideh. 2010. Excavations at Kohne Pasgah Tepesi, the Araxes Valley, Northwest Iran: First Preliminary Report, *ANES*, 47: 165-193.
- Peterson, Sarah E. 2009. Thin Section Petrography of Ceramic Materials, Philadelphia, Pennsylvania: *Instap Academic Press*.
- Reedy, C. L. 2008. *Thin Section Petrography of Stone and Ceramic Cultural Materials*. London: Archetype Publication Ltd.
- Riederer, J. 2004. Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics, *Hyperfine Interactions* 154, 143-158.
- Sagona, A. 2000 "Sos Höyük and the Erzurum Region in Late Prehistory: A Provisional Chronology for Northeast Anatolia", In *Chronologie des Pays du Caucase ed de l'Euphrate aux IVE-IIIe Millenaires*, edited by C. Marro and H. Hauptmann, pp. 329- 374, Institut Francais d'Etudes Anatoliennes Georges Dumezil, Istanbul.
- Samei, Siavash, Alizadeh, Karim & Hamed Eghbal. 2013. Zooarchaeological Analyses from the Kura-Araxes Site of Köhneh Shahar (Ravaz) in Northwestern Iran: A Preliminary Assessment of Social Complexity" *Poster presented at the American School of Oriental Research annual meeting, Baltimore, MD*, 20-23.
- Smith, Michael S. 2008. 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*, 73-107.
- Sterba, Johannes H., Hans Mommsen, Georg Steinhauser & Max Bichler. 2009. The Influence of Different Tempers on the Composition of Pottery, *Journal of Archaeological Science* 36, 1582–1589.
- Summers, G. D. 2004. "Yanik Tepe and the Early Trans-Caucasian Culture: Problems and Perspectives", In: *A View from Highlands: Archaeological Studies in Honour of Charles Burney*, A. Sagona (ed.), Ancient Near Eastern Studies, supplement 12. Peeters Press, Louvain. pp. 617- 643.
- Tite, M. S. 2008. Ceramic Production, Provenance and USE a Rewiev, Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Dyson Perrins Building, South Parks Road, Oxford OX1 3QY, UK, *Archaeometry* 50 (2), 216–231.