

The Archaeo-mineralogy of the Bronze Age Ceramics from Kul Tepe of Ajabshir, Eastern Lake Urmia Basin, Iran

Zeinab Nourzahi¹, Bahram Ajourloo^{*2}, Masoud B. Kasiri³, Ghader Ebrahimi⁴

¹MA in Archaeometry, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

^{2,3}Associate Professor, Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

⁴Ph.D. Candidate in Archaeology, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, IRAN

Abstract

In the Bronze Age Archaeology of Northwestern Iran (plateau), the advent of various types of hand-made gray-black ceramics shows the arrival of the so-called Kura-Araxian culture. The Urmia Ware, dating to the Late Bronze Age, on the other hand, represents the revival of the buff painted pottery tradition, following the decline of the Early Bronze Kura-Araxian culture. The present work attempted to examine the matrixes of samples of sherds in the Early Bronze gray-black pottery of Kura-Araxes, and a further samples of sherds in the Late Bronze buff-painted pottery of Urmian Ware, all collected during the surface surveys of Kul Tepe, Ajabshir County, through the Petrographic technique and observing thin-sections by polarizing microscope, as well as XRD and FT-IR analysis. The main objective was to study the similarities in the structure of the Early Bronze (Kura-Araxian) and Late Bronze (Urmian Ware) ceramics. The primary focus was on examining the possibility of local production of these ceramics through the analysis of the prepared thin-sections and ascertaining their technology, structure and composition, as well as gathering data on such fields as compositions and resources of raw material. Since Kul Tepe contains both Early Bronze and Late Bronze deposits, it offers a good opportunity for studying Archaeometrically the problem of discontinuity in technological pottery traditions, and the fact that whether the Urmian Ware tradition represented a local or an imported phenomenon. Results of the polarization microscopy, as well as the XRD and FT-IR analyses and their comparison to the available regional petrographic indices, showed that the clay used in both samples was procured from a single source, and the Early Bronze Age sherds and the Late Bronze Age painted sherds were then both manufactured locally.

Keywords: Kul Tepe of Ajabshir, Kura Araxian pottery, Urmian Ware, Petrography, XRD, FT-IR.

* Corresponding author: ajorloo@tabriziau.ac.ir

باستان‌کانی‌شناسی سفالینه‌های عصر مفرغ کؤل تپهٔ عجب‌شیر، شرق دریاچهٔ ارومیه

زینب نورزهی^۱، بهرام آجورلو^{۲*}، مسعود باقرزاده کثیری^۳، قادر ابراهیمی^۴

۱. کارشناس ارشد باستان‌سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۲ و ۳. دانشیار، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۴. دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

در تبیین باستان‌شناسی عصر مفرغ شمال غرب فلات ایران ظهور سفال‌های دست‌ساز خاکستری-سیاه در گونه‌های مختلف آن نماینده‌ی حضور فرهنگ تازه وارد موسوم به کورا-ارس است. از طرف دیگر، سنت سفالی ارومیه متعلق به مفرغ پایانی، بعد از افول سنت فرهنگی مفرغ قدیم یا کورا-ارس، بازگشت سنت‌های سفالگری به نوع سفال‌های نخودی منقوش است. در پژوهش حاضر، نمونه سفال‌های خاکستری-سیاه دورهٔ مفرغ قدیم سنت کورا-ارس و سفال‌های نخودی-منقوش دورهٔ مفرغ پایانی سنت ارومیه، مورد مطالعه قرار گرفت؛ این نمونه‌ها در بررسی سطح‌الارضی محوطه‌ی کؤل تپه‌ی شهرستان عجب‌شیر جمع‌آوری شده بودند. با مطالعه‌ی ماتریکس این تعداد نمونه، به بررسی وجوه مشترک موجود در ساختار سفال سبک کورا-ارس و سفال سبک ارومیه، با بهره‌گیری از روش پتروگرافی و مشاهده‌ی مقاطع نازک با میکروسکوپ پلاریزان و نیز استفاده از روش‌های XRD و FT-IR، پرداخته شده است. در این راستا، تلاش شد از طریق شناسایی فناوری ساخت سفال و ترکیب مواد تشکیل‌دهنده و سپس مراجعه به اطلاعات منابع زمین‌شناسی منطقه مورد استفاده، مشخص گردد که این سنت‌های سفالی بومی هستند یا غیربومی. با توجه به این‌که در توالی لایه‌های کؤل تپه‌ی عجب‌شیر، هم آثار مفرغ قدیم و هم آثار مفرغ جدید وجود دارد، به نظر می‌رسد این محوطه محل مناسبی برای کنکاش در مسئله‌ی گسستگی سنت‌های فناورانه سفالگری و نیز بررسی موضوع بومی یا مهاجر بودن سبک سفال ارومیه، به روش باستان‌سنجی است. نتایج مشاهدات میکروسکوپی مقاطع نازک و آنالیز XRD و FT-IR نمونه‌ها و تطبیق این نتایج با مقیاس‌های کانی‌نگاری موجود از منطقه نشان داد که هر دو مجموعهٔ سفال کورا-ارس و سفال سبک ارومیه به‌دست آمده از کؤل تپه‌ی عجب‌شیر، منشأ یکسانی دارند و لذا مربوط به خود منطقه و تولید محلی هستند.

واژگان کلیدی: کؤل تپهٔ عجب‌شیر، سفالگری سنت کورا-ارس، سفالگری سنت ارومیه، پتروگرافی، XRD، FT-IR.

۱. مقدمه

سفالگری عصر مفرغ آذربایجان و شمال غرب فلات ایران بر مبنای ویژگی‌های فناوری و هنری و تفاوت‌های ظاهری به دو دورهٔ مفرغ قدیم یا سنت کورا-ارس و مفرغ پایانی یا سنت ارومیه تقسیم می‌شود. سفالینه‌های خاکستری مربوط به دوره مفرغ قدیم که در آذربایجان و قفقاز موسوم به فرهنگ کورا-ارس است، از اواخر هزاره چهارم قبل از میلاد شروع شده و تا اوایل هزاره دوم ادامه داشته است که گسترش آن از قفقاز جنوبی تا زاگرس مرکزی و از دشت الازبیک در آناتولی مرکزی تا دشت ری و ورامین در شمال مرکزی فلات ایران است (Ayorloo, 2013). همچنین سفالینه‌های نخودی که مربوط به عصر مفرغ متأخر (اواسط هزاره دوم قبل از میلاد) موسوم به سنت سفالگری ارومیه شامل ظروف نخودی منقوش معروف به انواع تک‌رنگ (Monochrome)، دورنگ (Bichrome)، و رنگارنگ (Polychrome) است (Tala'i, 2004). از کؤل‌تپهٔ عجب‌شیر که در شرق دریاچهٔ ارومیه قرار دارد؛ قطعات سفالی هر دو سنت کورا-ارس و ارومیه گزارش شده است. نکته حائز اهمیت وجود سفال‌هایی هستند که با رنگ‌های قرمز و سیاه بر زمینه‌ی نخودی و کرم شناسایی شده و به نظر می‌رسد که به لحاظ فناوری و کیفیت ساخت با نمونه‌های دوره قبل خود یعنی نمونه‌های کورا-ارس متفاوت است. به درستی دانسته نیست که آیا فناوری مفرغ متأخر ادامه‌ی عمل فناوری سفالگری مفرغ قدیم است یا خیر. با توجه به بحث نظریهٔ مهاجرت سنت ارومیه از منشأ قفقاز جنوبی به پیرامون دریاچهٔ ارومیه که بر مبنای تفاوت‌های سبک‌شناختی سفالگری کورا-رسی و سنت ارومیه و نیز نظریه‌ی موج مهاجرت فرهنگ کورگان IV از قفقاز شمالی به طرف قفقاز جنوبی مطرح شده است (Burney & Lang, 1972; Ajorloo, 2012) به این مسأله پرداخته می‌شود که آیا ویژگی‌های کانی‌شناختی و ریزساختارشناختی نمونه‌های سفالی به دست آمده از کؤل‌تپهٔ عجب‌شیر بر محلی بودن سفالگری هر دو سنت دلالت دارد؟ و آیا در افق سنت ارومیه شواهدی از مهاجرت جدید مشاهده می‌شود؟ در این راستا با مطالعه‌ی فناوری مجموعه‌ای از سفال‌های سبک سنت ارومیه در کؤل‌تپهٔ عجب‌شیر و سفالینه‌های

ماقبل آن به بررسی وجوهات متفاوت و مشترک ریزساختاری و همچنین جنبه‌های اشتراک و افتراق فناوری آن‌ها پرداخته شده است. فرضیهٔ نوشتار پژوهشی حاضر در پاسخ بدین مسأله این است که از منظر مکتب تاریخی-فرهنگی تفاوت‌های سبک‌شناختی و هنری هر دو سنت می‌تواند بر تفاوت‌های کانی‌شناختی و ریزساختارشناختی و فناوری نیز دلالت داشته باشد به طوری که دلیل و علت منشأ این تفاوت‌های سبک‌شناختی و هنری بر مهاجرت دلالت کند. همچنین رهیافت پژوهشی نویسندگان برای آزمودن این فرضیه، کاربرد مشاهدات پتروگرافی و آنالیزهای FT-IR و XRD مجموعه‌ای از قطعات سفالی هر دو سنت در کؤل‌تپهٔ عجب‌شیر بوده است.

۲. پیشینه پژوهش

پیشینهٔ پژوهشی این مسأله از دو گروه مطالعات باستان‌شناختی و باستان‌سنجی شکل گرفته است: برای اولین بار حسن طلایی (Tala'i, 1984) کؤل‌تپهٔ عجب‌شیر را با نام گل‌تپه شناسایی و معرفی کرد؛ که نویسندگان در این مقاله بر قطعات سفالی سنت ارومیه تأکید کرده‌اند. پس از کاوش‌های چارلز برنی در لایه‌های سنت کورا-ارس و سنت ظروف نوع ارومیه در یانیق‌تپه و هفتون‌تپه (Burney & Lang, 1972) شواهدی از هر دو سنت در سکونتگاه‌های بلندمدت کؤل‌تپهٔ هادیشهر (Abedi et al., 2014) و کهنه‌شهر چالدران (Alizadeh et al., 2015) هم گزارش شده است که البته کاوشگران به مسألهٔ مهاجرت و یا ادامهٔ سنت‌های سفالگری از دورهٔ مفرغ قدیم به جدید نپرداخته‌اند. در زمینهٔ باستان‌سنجی هم باید اشاره شود که ماسون و کوپر (Masson & Cooper, 1999) خرده‌های سفال (Grog) موجود در شاموت سفال کورا-رسی گودین تپهٔ IV را در ارتباط با منشأ مهاجرت آن‌ها با روش پتروگرافی مطالعه نموده و استفان باتیوک (Batiuk, 2000) مسألهٔ مقیاس تولید خانگی را در مجموعهٔ کورا-رسی منطقهٔ بایورد شرق آناتولی مورد بحث و بررسی قرار داده است. همچنین نتایج آنالیز پتروگرافی نمونه‌های سؤس هؤیوک در شرق ترکیه بر تولید محلی سفالینه‌های کورا-رسی تأکید کرده است (Kibaroglu et al., 2011).

کما این که مطالعات باستان‌سنجی افشاری نژاد (Afsharinejad, 2015) بر روی دو گروه سفال خاکستری-سیاه کورا-ارسی و نخودی-قرمز به دست آمده از کاوش‌های کریم علیزاده در کهنه شهر چالدران هم تولید محلی را نشان می‌دهد.

۳. معرفی محوطه کول تپه عجب‌شیر از منظر جغرافیایی و زمین‌شناختی

کول تپه عجب‌شیر در شمال غرب فلات ایران و در ۹۵ کیلومتری جنوب تبریز، در شرق دریاچه ارومیه، در غرب جلگه کوه سهند و در حومه شمالی شهرستان عجب‌شیر قرار گرفته است. گستره زمین‌شناختی نقشه عجب‌شیر که در شمال باختری ایران جای دارد از دیدگاه تقسیمات واحدهای ساختمانی-رسوبی ایران بخشی از زون ایران مرکزی دانسته شده یا بخشی از زون البرز-آذربایجان است. کهن‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه شامل مجموعه‌ایی از سنگ‌های کربناته دولومیت، آهک و شیل‌های میکادار است که در جنوب باختری منطقه جای گرفته است و بخشی از سازند میلا با سن کامبرین در نظر گرفته شده است که توسط واحدهای زمان پرمین پوشیده شده‌اند. اطلاعات نقشه زمین‌شناختی و معادن منطقه عجب‌شیر نشان می‌دهد که سازند زمین‌شناختی این منطقه از سنگ‌های آذرین کوه سهند، ماسه سنگ، سنگ‌های آهکی، آندزیت، بازالت، شیشه آتشفشانی، پهنه‌های رسی نمکی با رسوبات لارها و آبرفت‌های باستانی تشکیل شده است که همین اطلاعات مبنای تفسیر مشاهدات میکروسکوپی بوده است (شکل ۱- Fig. 1). باید اشاره شود که مقایسه ترکیب کانی‌های خمیره یک قطعه سفال با منابع معدنی و یا کانی‌های سازند زمین‌شناختی پیرامون می‌تواند به شناسایی منشأ یاری کند (Stuart, 2007).

۴. مواد و روش‌های مورد مطالعه

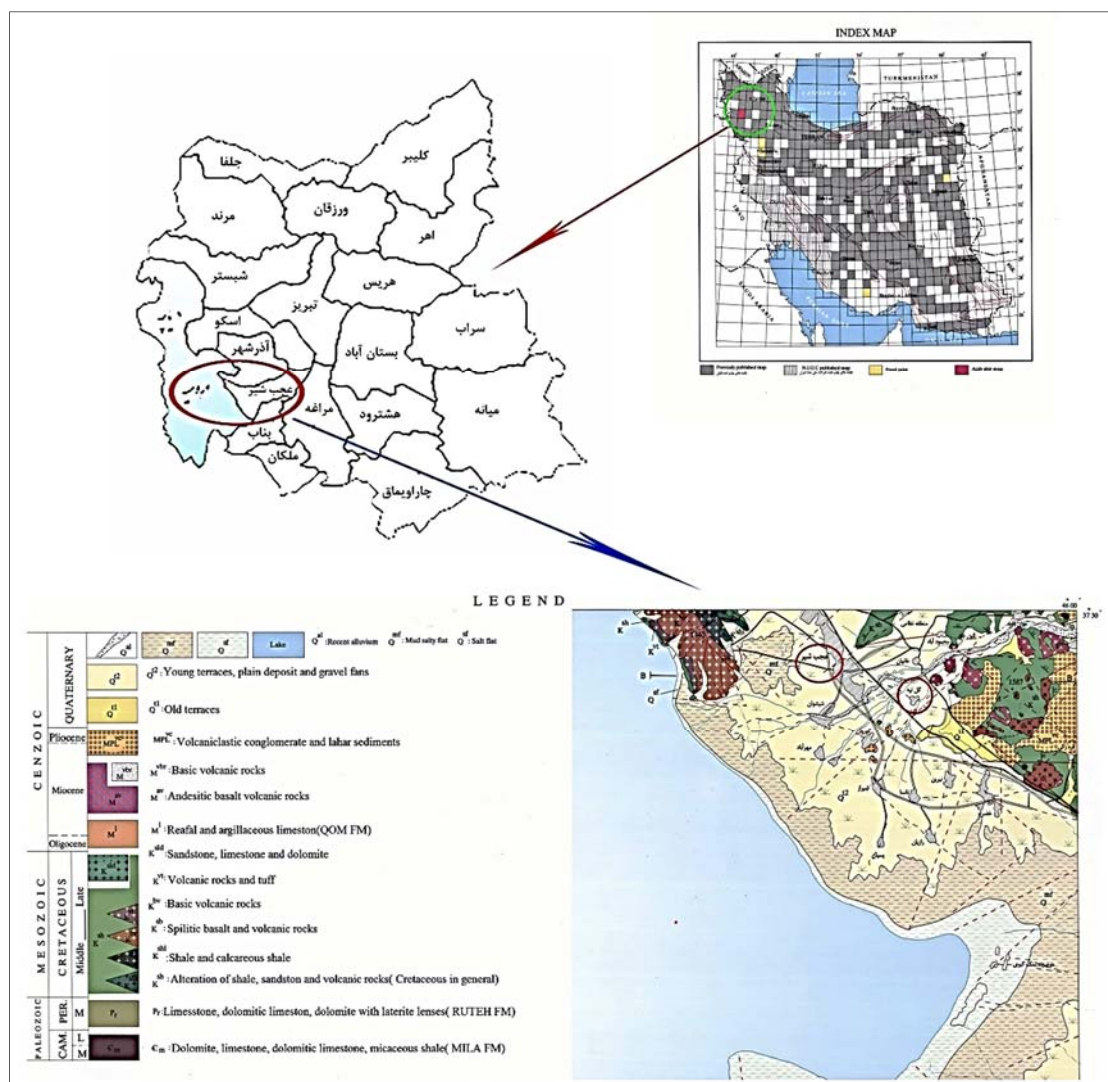
۴-۱. معرفی نمونه‌های مورد مطالعه

نمونه‌های موضوع آزمایش به تعداد ۵ قطعه سفال خاکستری-سیاه دوره مفرغ قدیم سنت کورا-ارسی و ۵

قطعه سفال نخودی-منقوش دوره مفرغ پایانی سنت ارومیه، جمع‌آوری شده در بررسی سطحی محوطه‌ی کول تپه شهرستان عجب‌شیر است. درباره‌ی ویژگی‌های ظاهری نمونه‌های مورد مطالعه باید اشاره شود که، ظروف سفالی نخودی-منقوش سنت ارومیه چرخ‌ساز بوده و عناصر نقشی آن‌ها شامل نوارهای قرمز رنگ، هاشورهای متقاطع، طرح‌های شطرنجی، پرندگان، حیوانات چهارپا، نقوش انسانی و شاخ و برگ درختان است (Tala'i, 2013, p. 238) و رنگ‌آمیزی آن‌ها معمولاً سیاه است. این‌طور به نظر می‌رسد که نقوش تزئینی این ظروف محدود به طرح‌های هندسی ساده و خطوط موجدار، خطوط زیگزاگ و ترکیبی از مثلث‌های آویزان هاشور زده است (Tala'i, 1984) (شکل ۲- Fig. 2-جدول ۱-۳-3 Tables). اما از ویژگی‌های شاخص سنت سفالگری کورا-ارسی می‌توان به رنگ خاکستری تیره و مایل به سیاه که دست‌ساز بوده با شاموت اجزای معدنی از جمله شن است و دارای بدنه‌ی صیقلی هستند (Ajrloo, 2013) (شکل ۳- Fig. 3). در جدول شماره ۲ و ۴ علاوه بر مشخصات ظاهری نمونه‌ها، رنگ بدنه نمونه‌های سفالی بر اساس جدول مانسل کدگذاری شده است.

۴-۲. روش تحقیق

در این پژوهش نمونه سفال‌ها پس از تهیه مقاطع نازک با هدف شناسایی کانی‌های تشکیل‌دهنده خمیر سفال، ماتریکس، الگوی تخلخل و آمیزه‌های خمیره سفال با میکروسکوپ پلاریزان دوچشمی مدل James Swift مدل Olympus (BX51TRF) ساخت کشور ژاپن در آزمایشگاه پتروگرافی دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز مشاهده و مورد مطالعه قرار گرفتند. هدف از مشاهدات میکروسکوپ پلاریزان شناسایی کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی بافت سفال بر اساس خصوصیات نوری و تعیین نسبی درجه پخت سفال با توجه به تأثیرپذیری کانی‌ها از دما و شرایط پخت در کوره بوده است. همچنین، مطالعات XRD جهت شناخت فازهای کریستالین در بافت سفال توسط دستگاه پراش اشعه ایکس ساخت شرکت PHILIPS و مدل PW1730 انجام گرفته است. XRD یکی از مستقیم‌ترین



شکل ۱: موقعیت قرارگیری منطقه عجب‌شیر بر روی نقشه زمین‌شناسی و سازند زمین‌شناسی آن (ماخذ: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

Fig. 1: The location on the map geology and geological formation of the area Ajabshir (Geological Survey Publications of Iran)

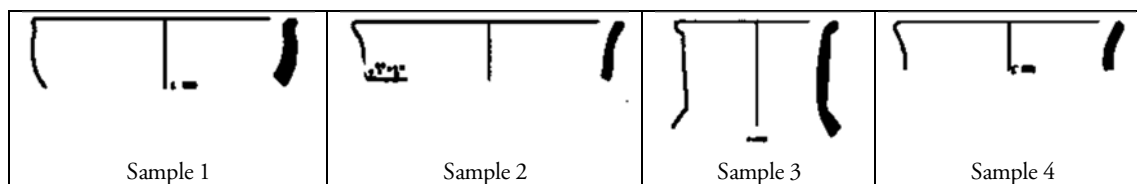


شکل ۲: نمونه سفال‌های خاکستری-سیاه سنت کورا-آرس محوطه‌ی کؤل تپه عجب‌شیر

Fig. 2: gray -black samples Kura-Araxes Kul Tepe of Ajabshir

جدول ۱: رسم فنی نمونه سفال‌های خاکستری-سیاه سنت کورا-ارس محوطه‌ی کؤل تپه عجب‌شیر

Table 1: Illustrated samples of gray- black Kura-Araxes Kul Tepe of Ajabshir



همانند ساختار سنگ‌ها، کانی‌های مورد استفاده برای تولید سفال‌ها نیز، با روش طیف‌سنجی مادون قرمز، به‌خوبی شناخته شده هستند. مزیت ویژه‌ی آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز، نیاز به نمونه‌ی بسیار کم در حد میلی‌گرم و حساسیت بالای آن است که می‌تواند بسیاری از ترکیبات کم‌مقدار را شناسایی کند. همچنین روشی غیر مخرب برای مطالعات میراث فرهنگی است (Barilaro et al., 2005). در این پژوهش از روش طیف‌سنجی عبوری (Transmission Spectroscopy) در محدوده طیفی ۴۰۰۰-۴۰۰ cm⁻¹ استفاده شده است. طیف‌سنجی عبوری، روش رایج در نمونه‌برداری مادون قرمز است. با این روش می‌توان نمونه‌های مایع، جامد و یا گازی را بررسی کرد (Stuart, 2007).

روش‌های شناسایی محتوای کانی آثار سفالی بوده و می‌تواند جهت بررسی مواد افزودنی و ماتریکس به کار رود. طبق داده‌های حاصل از XRD، اطلاعاتی در مورد مواد خام و فرآیند پخت قابل دستیابی است (Stuart, 2007)؛ که این آنالیز بر روی نمونه‌ها به روش پودری (X-ray powder diffraction) انجام گرفت و فازهای کریستالین به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Expert High Score مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند. همچنین برای شناسایی کانی‌های موجود در ماتریکس سفال از روش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، مدل 680 plus و ساخت شرکت Jasco ژاپن در دانشگاه هنر اسلامی تبریز استفاده شد. طیف‌سنجی مادون قرمز، برای شناسایی کانی‌های موجود در سفال‌ها به کار می‌رود.

جدول ۲: مشخصات ظاهری نمونه سفال‌های سیاه-خاکستری مورد مطالعه محوطه کؤل تپه عجب‌شیر

Table 2: Specification appearance of gray- black pottery samples from Kul Tepe of Ajabshir

شماره نمونه‌ها Sample no.	کد رنگ بدنه Munsell code	رنگ Color			پخت Firing	پوشش Coating	تزئینات Decoration	نوع قطعه Sherd type	بستر Context	محوطه Site	ضخامت Th. (mm)
		بیرون exterior	خمیره paste	درون interior							
1	N1/2	سیاه black	خاکستری قهوه‌ای/ Gray/ Brown	سیاه black	High +800°C	دست مرطوب Slip	-	لبه edge	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	10
2	N1/1	سیاه black	خاکستری Gray	سیاه black	High +800°C	دست مرطوب Slip	نقش‌کنده هندسی Geometric incised	لبه edge	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	7
3	N1/1	خاکستری Gray	خاکستری قهوه‌ای/ Gray/ Brown	خاکستری Gray	Low -800°C	دست مرطوب Slip	-	گردن neck	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	11
4	N1/1	سیاه black	خاکستری Gray	سیاه black	Low -800°C	دست مرطوب Slip	-	لبه edge	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	9
5	N1/2	خاکستری Gray	خاکستری قهوه‌ای/ Gray/ Brown	قهوه‌ای/ سیاه Brown/ black	Low -800°C	دست مرطوب Slip	-	لبه edge	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	13



شکل ۳: نمونه‌های نخودی-منقوش سنت ارومیه محوطه‌ی کؤل تپه عجب‌شیر

Fig. 3: Buff-painted pottery of Urmian Ware from Kul Tepe of Ajabshir

جدول ۳: رسم قتی نمونه سفال‌های نخودی - منقوش سنت ارومیه محوطه‌ی کؤل تپه عجب‌شیر

Table 3: Illustrated samples of buff-painted pottery of Urmian Ware from Kul Tepe of Ajabshir



۵. آزمایشات و نتایج
۵-۱. مشاهدات کانی‌شناختی نمونه سفال‌های دورهٔ مفرغ قدیم سنت کورا-ارس محوطه کؤل تپه عجب‌شیر
کانی‌های شاخص مشاهده شده در تمامی ۵ نمونه با توجه به اصول شناسایی کانی‌ها در میکروسکوپ پلاریزان (برای مثال رنگ‌های تداخلی و بیرفرنژانس)

(جدول‌های ۵ و ۶-۵ و ۳-۵).
پلی کروماتیسم (Polyochromatism) عبارت‌اند از: کانی‌های کوارتز (فئوکریست و پلی کریستالین)، پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول، اکسید آهن و بقایای انواع سنگ آذرین، که تنها میزان و فراوانی هریک از اجزا در سفال‌های مورد مطالعه با یکدیگر متفاوت است.

جدول ۴: مشخصات ظاهری نمونه سفال‌های نخودی - منقوش مورد مطالعه محوطه کؤل تپه عجب‌شیر

Table 4: Specification appearance buff-painted pottery of Urmian Ware from Kul Tepe of Ajabshir

شماره نمونه‌ها Sample no.	کدر رنگ بدنه Munsell code	رنگ Color			پخت Firing	پوشش Coating	تزئینات Decoration	نوع قطعه Sherd type	بستر context	محوطه Site	ضخامت Th. (mm)
		بیرون exterior	خمیره paste	درون interior							
6	5YR7/5	نخودی Buff	قرمز Red	قرمز Red	High +800°C	دست مرطوب Slip	منقوش painted	گردن neck	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	8
7	5YR7/6	قرمز Red	قرمز Red	نخودی Buff	High +800°C	دست مرطوب Slip	منقوش painted	لبه edge	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	9
8	5YR8/4	قرمز Red	قرمز Red	قرمز Red	High +800°C	دست مرطوب Slip	منقوش painted	لبه edge	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	8
9	5YR8/3	قرمز Red	قرمز Red	قرمز Red	High +800°C	دست مرطوب Slip	منقوش painted	بدنه shred	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	8
10	5YR8/4	قرمز Red	قرمز Red	قرمز Red	High +800°C	دست مرطوب Slip	منقوش painted	بدنه shred	سطحی Surface	کؤل تپه Kul Tepe	7

جدول ۵: مشاهدات پتروگرافی سفال‌های خاکستری-سیاه دوره‌ی مفرغ قدیم کوئل تپه عجب‌شیر

Table 5: Petrographic observations of gray- black pottery Early Bronze Age, Kul Tepe of Ajabshir

Sample no.	Texture	Quartz phenocrysts	Quartz polycrystalline	Plagioclase	Pyroxene, Amphibole	Mica	Hematite	Second Calcite	Volcanic Rock	Glass	Grog
1	Porphyry	*	-	*	*	-	*	tr	*	-	*
2	Porphyry	*	*	*	*	-	*	*	*	-	*
3	Silt	*	*	*	*	-	*	*	*	-	*
4	Porphyry	*	*	*	*	-	*	-	*	*	*
5	Porphyry	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-

فراوانی هر یک از اجزاء، تفاوت‌هایی دیده می‌شود. این نمونه‌ها فاقد کلسیت بوده و تمامی سفال‌های مطالعاتی دارای زمینه همگن و یک‌دست هستند که نشان از آماده‌سازی و منشأ اولیه مناسب برای تهیه سفال است. در نمونه شماره ۳ سفال نخودی-منقوش، کانی کوارتز نوع پلی‌کریستالین فراوانی بیشتری دارد که در دیگر نمونه‌ها، این حالت دیده نمی‌شود. کوارتز پلی‌کریستالین یا کوارتز ابری در اثر فرآیندهای دگرگونی به وجود می‌آید. در بحث استفاده از بقایای قطعات سنگی موجود در زمینه سفال، سه نوع سنگ دیده می‌شود؛ نمونه سفال‌هایی که از قطعات سنگ آذرین و دگرگونی به‌طور هم‌زمان استفاده شده است، نمونه سفال‌هایی که قطعات سنگ آذرین در آن‌ها وجود ندارد و تنها از سنگ دگرگونی به‌عنوان پرکننده استفاده شده است؛ و نمونه سفال‌هایی که از سنگ‌های سیلیسی ریزیلور در زمینه آن‌ها استفاده کرده‌اند. کانی میکا تنها در نمونه‌های ۷، ۱۰ سفال‌های سنت ارومیه وجود دارد و در دیگر نمونه‌ها دیده نمی‌شود و فقط در نمونه شماره ۹ خرده‌سفال مشاهده شد (جدول ۶-۶ Table).

۳-۵. آزمایش پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه‌های مورد مطالعه محوطه کوئل تپه عجب‌شیر

نتایج آزمایش پراش اشعه ایکس بر روی دو نمونه‌ی سیاه-خاکستری سنت کورا-ارس و دو نمونه سفال نخودی-منقوش سنت ارومیه به‌صورت فازهای شناسایی شده در جدول ۷ ارائه شده و بر اساس خصوصیات کریستالوگرافی هر کدام از نمونه‌ها مورد بررسی قرار

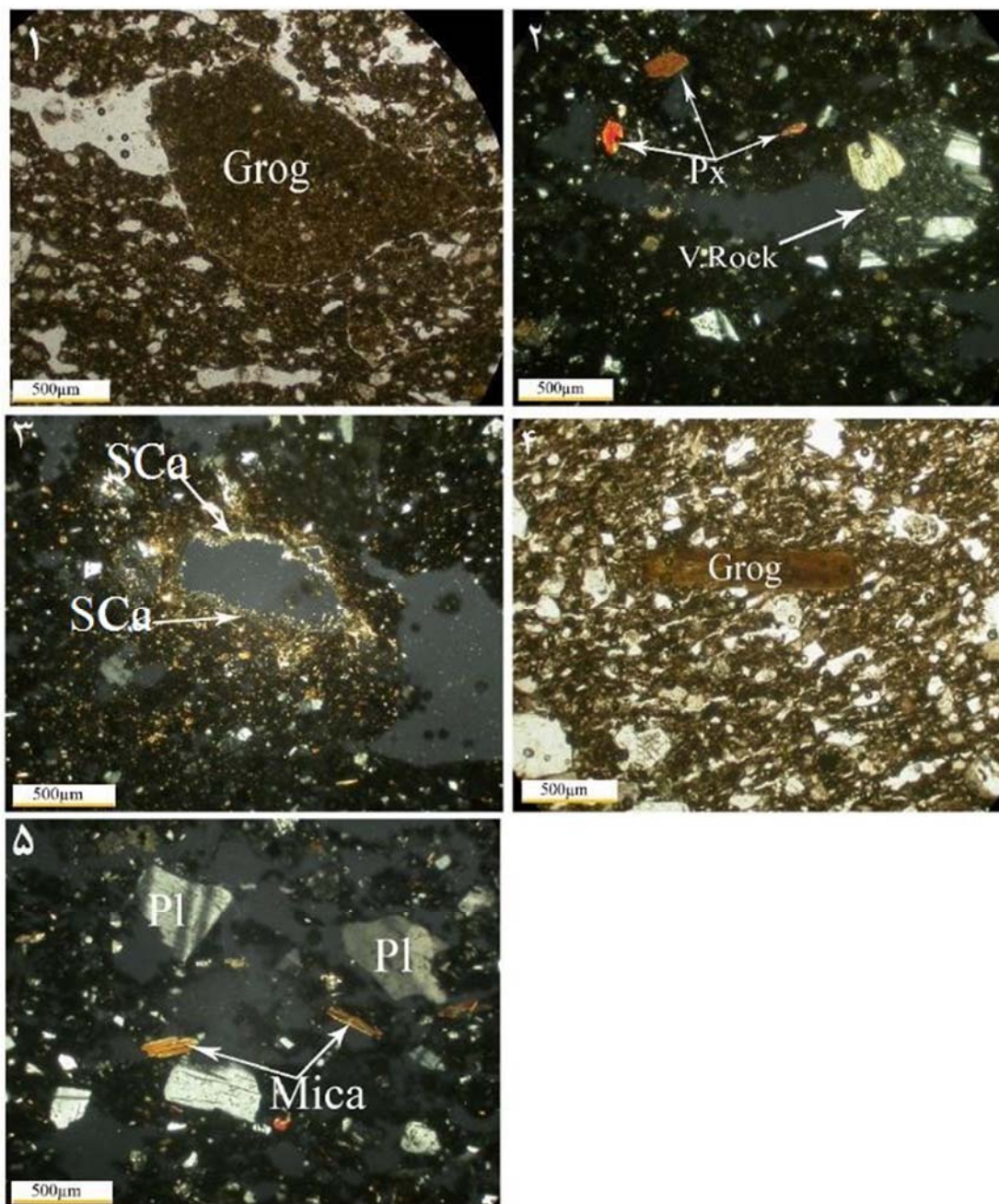
از بین نمونه سفال‌های مورد مطالعه، نمونه‌های شماره ۴ و ۵ فاقد کلسیت اولیه بوده و بقیه نمونه‌ها دارای کلسیت اولیه هستند، در نمونه شماره ۱ میزان کلسیت بسیار کم (tr) است. احتمالاً عدم وجود کلسیت در این نمونه‌ها مشخص می‌کند که دمای پخت سفال از 800°C فراتر بوده و دیگر نمونه‌ها دمایی کمتر از 800°C را تحمل کرده‌اند. نکته قابل ذکر دیگر این‌که در نمونه شماره ۴ دارای قطعات شیشه آتشفشانی (Obsidian) در زمینه وجود دارد و دیگر نمونه‌ها فاقد شیشه آتشفشانی هستند. قطعات سفالی خردشده (Grog)، قطعات رسی یا سیلتی و یا سفال‌های قبلی هستند که به‌عنوان تمپر یا پرکننده در سفال‌ها استفاده می‌شدند که در نمونه‌های ۱ تا ۳ وجود دارد و در دیگر نمونه‌های سفال خاکستری مطالعه شده دیده نمی‌شود. در نمونه شماره ۳ تشکیل کلسیت ثانویه در ادامه‌ی فرآیند کربناتیزاسیون، با شرایط محیطی مناسب و حضور دی‌اکسیدکربن اتفاق افتاده است. تفاوت کلسیت ثانویه با فاز کربناته اولیه، اختلاف محورهای کریستالوگرافی و ریزدانه بودن آن‌هاست. شایان ذکر است که فازهای ثانویه، تحت تأثیر شرایط محیطی، در حاشیه فازها و یا مکان مناسب جوانه‌زنی در زوایای خلل و فرج شکل می‌گیرند (Emami & Noghani, 2013) (شکل ۴-۴ Fig).

۲-۵. مشاهدات کانی‌شناسی نمونه‌های دوره مفرغ جدید سنت ارومیه محوطه کوئل تپه عجب‌شیر

تمام ۵ قطعه سفال مورد بررسی از نظر ترکیب و اجزاء سازنده تقریباً مشابه با یکدیگراند و تنها در میزان و

است. تحقیقات نشان داده است که برخی از فازهای کریستالین داخل سفال در اثر فرآیند پخت یا اکسیداسیون

گرفت. زیرا شناسایی تغییرات کانی‌های سازنده‌ی بافت داخلی سفال تنها با دانستن شرایط پایداری هر فاز ممکن



شکل ۴: تصاویر میکروسکوپی انتخاب شده از نمونه‌های سیاه-خاکستری: ۱) نمونه شماره ۱: خرده سفال در مرکز تصویر قابل مشاهده است، ۲) نمونه‌ی شماره ۲: قطعاتی از سنگ آذرین، کوارتز، پلاژیوکلاز و پیروکسن مشاهده می‌شود، ۳) نمونه‌ی شماره ۳: تشکیل کلسیت ثانویه در فضاهای خالی سفال را نشان می‌دهد، ۴) خرده سفال در مرکز نمونه شماره ۴ و ۵) نیز قطعات مختلف پلاژیوکلاز، کوارتز و میکای سفید در نمونه شماره ۵ مشخص شده است، (تمامی تصاویر با بزرگنمایی ۴X و عدسی چشمی ۱۰ که برابر با بزرگنمایی ۴۰ است تهیه شده است و در تمامی تصویرها، طول میدان ۲,۷mm است).

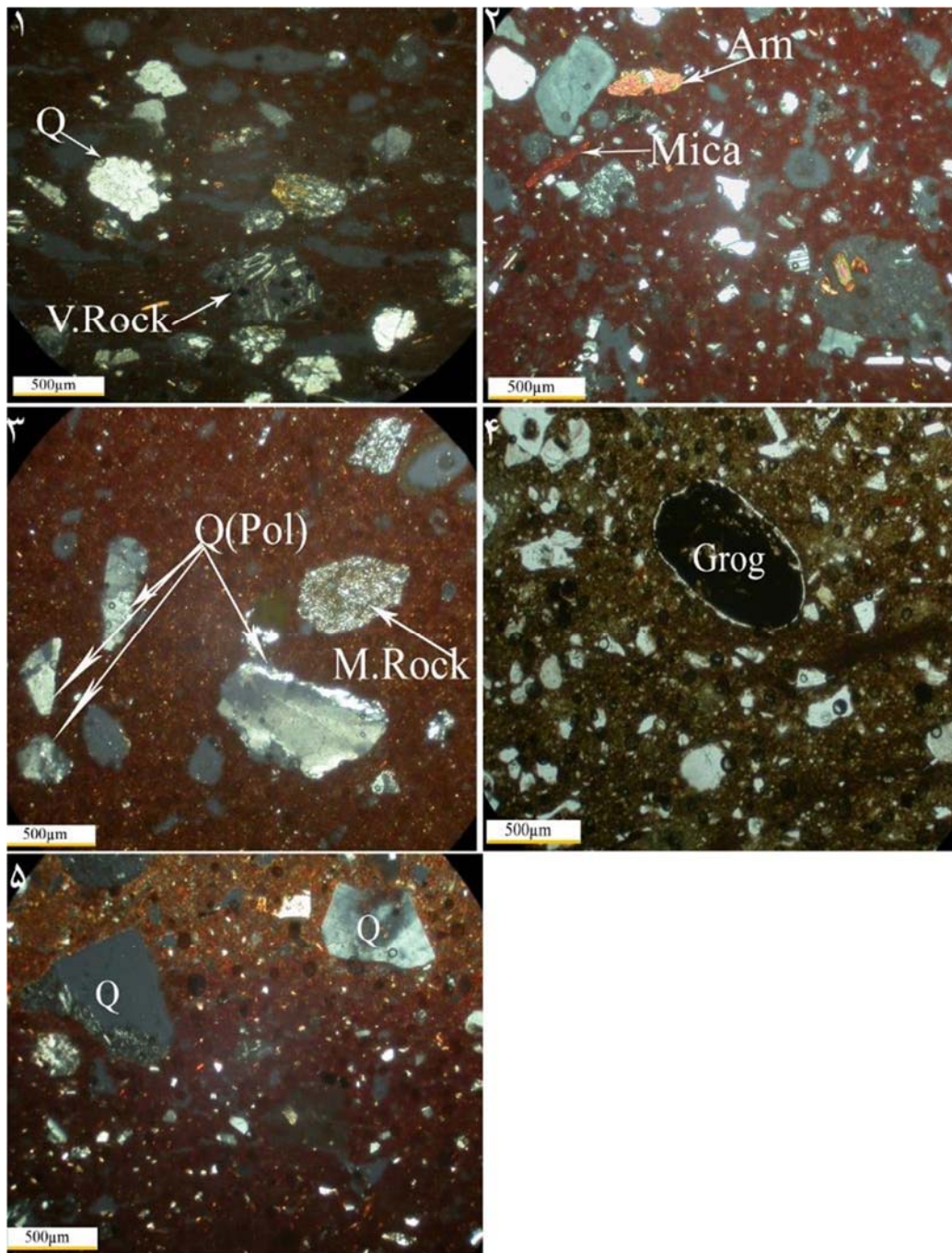
Fig. 4: Microscopic images selected from the Samples of gray- black: 1) Sample No.1. Grog in the pottery structure, 2) Sample No.2. V.rock, quartz, plagioclase and pyroxene, 3) Secondary calcite formation in space blank pottery, 4) Grog in the center of image and the different parts plagioclase, quartz and white mica in the sample. (All images Zoom is x4 and that is 10 resisted by zooming eyepiece 40 is provided in the all images, field of view is 2.7 mm).

جدول ۶: مشاهدات پتروگرافی سفال‌های نخودی - منقوش سنت ارومیه محوطه کؤل تپه عجب‌شیر
 Table 6: Petrographic observations buff-painted pottery of Urmia Ware, Kul Tepe of Ajabshir

Sample number	Texture	Quartz Phenocrysts	Quartz polycrystalline	Plagioclase	Pyroxene, Amphibole	Mica	Hematite	Volcanic Rock	M.Rock	Grog
6	Porphyry	*	*	*	*	-	*	*	*	-
7	Porphyry	*	*	*	*	*	*	*	-	-
8	Silt	*	*	*	tr	-	*	-	*	-
9	Porphyry	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	Porphyry	*	*	*	*	*	*	*	-	-

شناخته می‌شود و پیک سیمتریک و صافی را نشان می‌دهد (Emami, 2015, p. 350). پلاژیوکلازها در سیستم تری‌کلینیک متبلور و در 800°C تغییر شکل می‌دهند (Emami and Trettin, 2012, p. 373). کریستوبالیت فاز حرارت بالای کوارتز در محدوده 850°C و محدوده پایداری آن بیش از 1470°C است (Paydar, 2005, p. 223). چنانچه دمای کوارتز با سرعت زیادی بالا و پایین شود، تغییر فاز اولیه در دمای 573°C به بتا کوارتز صورت گرفته و بتا کوارتز به بتا کریستوبالیت تبدیل می‌شود (Razani, 2013). بنابراین نمی‌توان به دلیل حضور کانی کریستوبالیت در یک نمونه از سفال‌های مطالعه شده از گروه سیاه-خاکستری سنت کورا-ارس، با قاطعیت تمام دمای آن را بالا در نظر گرفت. همچنین فاز لابرادوریت در نمونه‌های ۴ و ۹ مشاهده می‌شود (جدول ۷-۷ Table 7-7). لابرادوریت یک کانی فلدسپار از خانواده پلاژیوکلازهاست که در حرارت‌های پایین در سیستم تری‌کلینیک متبلور می‌شود و بسیاری از ویژگی‌های کانی‌های پلاژیوکلاز را در خود دارد. که در اغلب موارد در سنگ‌های آذرین مافیک مانند بازالت، گابرو و توریت یافت می‌گردد. این کانی همچنین در آنورتوزیت، سنگی آذرین که در آن لابرادوریت می‌تواند فراوان‌ترین کانی باشد، نیز یافت می‌شود (Hobart King, 2016). با توجه به این که فلدسپات‌ها کانی‌های شایع در سطح پوسته و مرجع کانی‌های رسی هستند، بنابراین حضور آن‌ها در بافت سفال‌های مورد مطالعه امری طبیعی است (Paydar, 2005, p. 241). حضور فاز سانیدین در نمونه ۳ و ۹ شناسایی شده است. سانیدین جزو خانواده فلدسپات‌های سدیک-پتاسیک است که در حرارت‌های بالا در سیستم مونوکلینیک متبلور می‌شود و به عنوان فاز حرارت بالا در

دوباره به‌وجود می‌آیند که به فازهای ثانویه معروف هستند (Emami, 2015).
 با توجه به طیف‌های به‌دست‌آمده از آنالیز پراش اشعه ایکس (شکل ۶-۶ Fig. 6-6)، فاز شاخص در همه نمونه‌ها کوارتز و پلاژیوکلاز (آلیت و لابراتوریت) است که در مطالعه مقاطع نازک و همچنین در طیف‌های حاصل از آنالیز مادون‌قرمز تبدیل فوریه (جدول ۸-۸ Table 8-8) نمونه سفال‌های مورد مطالعه نیز مشاهده شده‌اند. کوارتز و پلاژیوکلازها دارای پیک‌های شارپ نوک‌تیزی هستند. این مورفولوژی پیک، معرف حضور فازهای کریستالین در بافت سفال است. بنابراین پلاژیوکلاز و کوارتز باید در مقاطع نازک به وضوح شناسایی شوند (Emami et al., 2013). فاز کوارتز در همه نمونه‌ها بر اساس آنالیز XRD و FT-IR و همچنین حضور کوارتز در مطالعات مقاطع نازک مشاهده شده است که به شکل بلورهای تیز و زاویه‌دار که محصول هوازدگی و خرد شدن سنگ مادر مولد خاک مورد استفاده است. کوارتز علاوه بر تأثیرات عمده در تغییرات کانی‌شناسانه مرحله پخت، شاخص قابل توجهی جهت منشأیابی مواد اولیه تولید سفال است (نوغانی و امامی، ۱۳۹۱). با توجه به تغییر و تبدیلات فاز کوارتز در دماهای متفاوت، کوارتز شناسایی شده در این نمونه‌ها کوارتز آلفا (α) است ($20 = 26.64$). کوارتز آلفا در سیستم تری‌گوناال متبلور می‌شود و 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 هگزاگوناال متبلور می‌شود، تبدیل می‌گردد (Paydar, 2005). همچنین در آنالیز پراش اشعه‌ی ایکس حضور پلاژیوکلازهایی نظیر آلیت که زیر گروه فلدسپات‌ها است، در نمونه ۶ شناسایی شده است (جدول ۷-۷ Table 7-7). آلیت اکثراً به عنوان یک فاز اولیه



شکل ۵: تصاویر میکروسکوپی انتخاب شده از نمونه‌های نخودی-منقوش (۱): نمونه شماره ۶: قطعات کانی کوارتز همراه با سنگ آذرین و سنگ دگرگونی در زمینه مشاهده می‌شود، همچنین کانی پلاژیوکلاز درشت بلور همراه با قطعه سنگ آذرین و اکسید آهن در زمینه سفال در شکل ۲ که مربوط به نمونه ۷ است، مشاهده شده است، (۳) نمونه شماره ۸: قطعات مختلف اجزا سازنده موجود در سفال مانند آمفیبول، میکا، قطعات سنگ آذرین و کوارتز در آن دیده می‌شود، (۴) نمونه شماره ۹: تنها در این نمونه خرده سفال یا شاموت در مرکز مشاهده شد، (۵) نمونه شماره ۱۰: نشان‌دهنده بافت پورفیری و تراکم بالای اجزای سازنده سفال است. (تمامی تصاویر با بزرگنمایی ۴x و عدسی چشمی ۱۰ که برابر با بزرگنمایی ۴۰ است تهیه شده و در تمامی تصویرها، طول میدان ۲,۷ mm است).

Fig. 5: Microscopic images selected from the samples of buff-painted pottery: 1) Sample No. 6: Quartz mineral V. rock and metamorphic rock can be seen in the pottery Structure, also, mineral Plagioclase, v. rock and iron oxide in the pottery Structure in Figure 2, related to sample 7, 3) sample No.8: Different pieces pottery components such as amphibole, mica and quartz parts V. rock, 4) Sample No.9: In this case, Grog was observed only in the field of pottery, 5) Sample No. 10: Porphyritic texture and high density texture components pottery. (All images Zoom is x4 and that is 10 resisted by zooming eyepiece 40 is provided. In the all images, field of view is 2.7 mm).

جدول ۷: فازهای شاخص شناسایی شده در نمونه سفال‌های مورد مطالعه از کؤل تپه عجب‌شیر
Table 7: The Index phases identified in the samples from Kul Tepe of Ajabshir

Sample no.	فازهای شناسایی شده Phases identified	فرمول شیمیایی Chemical formula
3 (Kura-Araxian) سنت کورا-ارس	Quartz Sanidin Anorthoclase Cristobalit	SiO ₂ K[Al Si ₃ O ₈] (Na, K)[AlSi ₃ O ₈] SiO ₂
4 (Kura-Araxian) سنت کورا-ارس	Quartz Anorthite Labradorite	SiO ₂ Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈] (Na, Ca)[Al SiO ₂]
6 (Urmian Ware) سنت ارومیه	Quartz Albite Microcline	SiO ₂ Na[Al Si ₃ O ₈] K[Al Si ₃ O ₈]
9 (Urmian Ware) سنت ارومیه	Quartz Sanidin Labradorite	SiO ₂ K[Al Si ₃ O ₈] (Na, Ca)[Al SiO ₂]

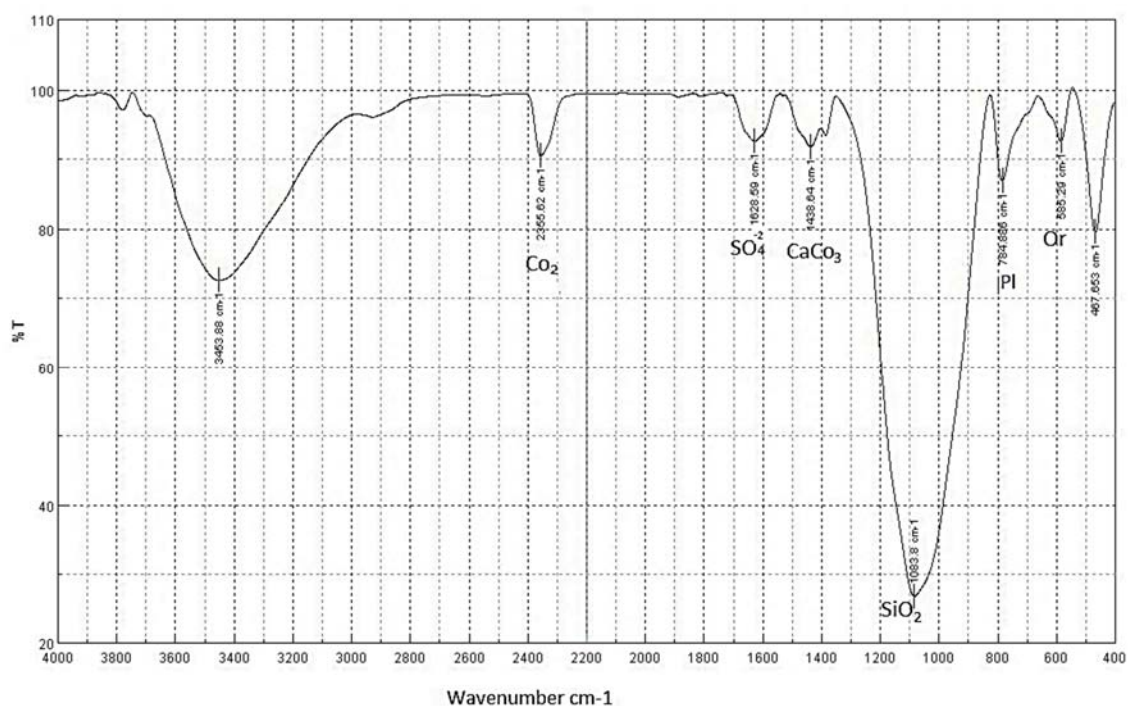
طیف‌های حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس به منظور اشاره به شباهت نمونه‌ها در هر گروه، در تصویر ۸ ارائه شده است.

۴-۵. نتایج آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) نمونه‌های مورد مطالعه محوطه کؤل تپه عجب‌شیر

آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز بر روی تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش انجام شد. نتایج آنالیز نمونه‌های خاکستری-سیاه و نخودی-منقوش، همان‌گونه که در شکل ۱۰ و ۱۲ و جدول ۸ مشاهده می‌شود، حضور باندهای پلاژیوکلاز (محدوده طیفی $786-781\text{ cm}^{-1}$) و سیلیکات‌ها (محدوده طیفی $1037-1091\text{ cm}^{-1}$) در تمامی نمونه‌ها وجود دارد؛ باند کربن دی‌اکسید (محدوده cm^{-1} $2355-2357$) در تمامی نمونه‌های خاکستری-سیاه، باند کلسیت (محدوده طیفی $1438-1432\text{ cm}^{-1}$) در نمونه‌های ۱، ۲، ۳ سفال‌های خاکستری-سیاه، باند اورتوکلاز در دو نمونه از سفال‌های نخودی-منقوش، نمونه‌های ۶ و ۷ (محدوده طیفی $578-580\text{ cm}^{-1}$)، و همچنین باند سولفات (محدوده طیفی $1635-1620\text{ cm}^{-1}$) در تمامی نمونه‌ها به جز نمونه ۷ و ۸ از نمونه‌های نخودی-منقوش شناسایی شده است. به منظور بررسی و مقایسه‌ی بهتر نتایج شکل ۱۰، پیک‌های اصلی به دست آمده از نتایج آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز بر روی یک نمونه از سفال‌های خاکستری-سیاه در شکل ۹ مشخص شده است.

سنگ‌های آتشفشانی پدید می‌آید. همچنین فاز اورتوکلاز در نمونه شماره ۳ شناسایی شده است. اورتوکلاز از نظر ظاهری شبیه به اورتوکلاز و میکروکلین است و فقط در خصوصیات نوری فرق دارد. اورتوکلاز فلدسپاتی است که مقدار Na_2O بیشتر از K_2O باشد؛ و در نمونه شماره ۴ فاز آنورتیت (سانیدین - بازائیت) که از فازهای حرارت بالای گروه فلدسپات است شناسایی شده است (Paydar, 2005, p. 246-250). میکروکلین نوع دما پایین فلدسپات‌های پتاسیم‌دار با سیستم تبلور تری کلینیک است که در طیف وسیعی از سنگ‌های آذرین و دگرگونی وجود دارد، در نمونه ۶ شناسایی شده است. در تمام نمونه‌ها ایلیت در بازه ۱۴ درجه مشاهده می‌شود. ایلیت یک کانی فیلسیلیکاتی، در ارتباط با گروه میکا و شایع‌ترین کانی رسی در رسوبات است. کانی‌های گروه میکا مانند مسکویت و بیوتیت می‌توانند به عنوان ناخالصی در سنگ‌های رسی وجود داشته باشند. آهن موجود در میکاها سبب تیره‌رنگ شدن رس‌ها هنگام پخت می‌گردد. میکا به علت داشتن قلیاها در ترکیب شیمیایی خود باعث پایین آمدن نقطه ذوب مواد سرامیکی می‌شود (پایدار، ۱۳۸۴، ص. ۲۰۸). فرآیند تجزیه ایلیت در 800°C شروع و در دمای $900-850^\circ\text{C}$ کامل می‌شود (Razani, 2013, p. 53).

در ادامه از هر گروه نمونه سفال‌های خاکستری-سیاه و نخودی-منقوش، فازهای اصلی بر روی یک نمودار مشخص شده (شکل ۶ و ۷-۶، Figures)؛ و مقایسه

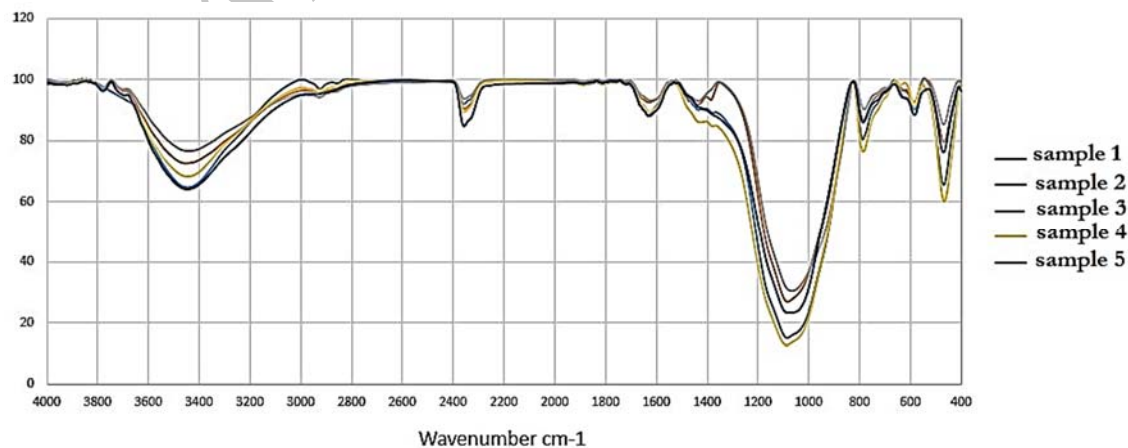


شکل ۹: طیف حاصل از طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه نمونه شماره ۲ (سنت کورا- ارس)

Fig. 9: FTIR spectroscopic spectrum of the sample No. 2 (Kura-Araxes)

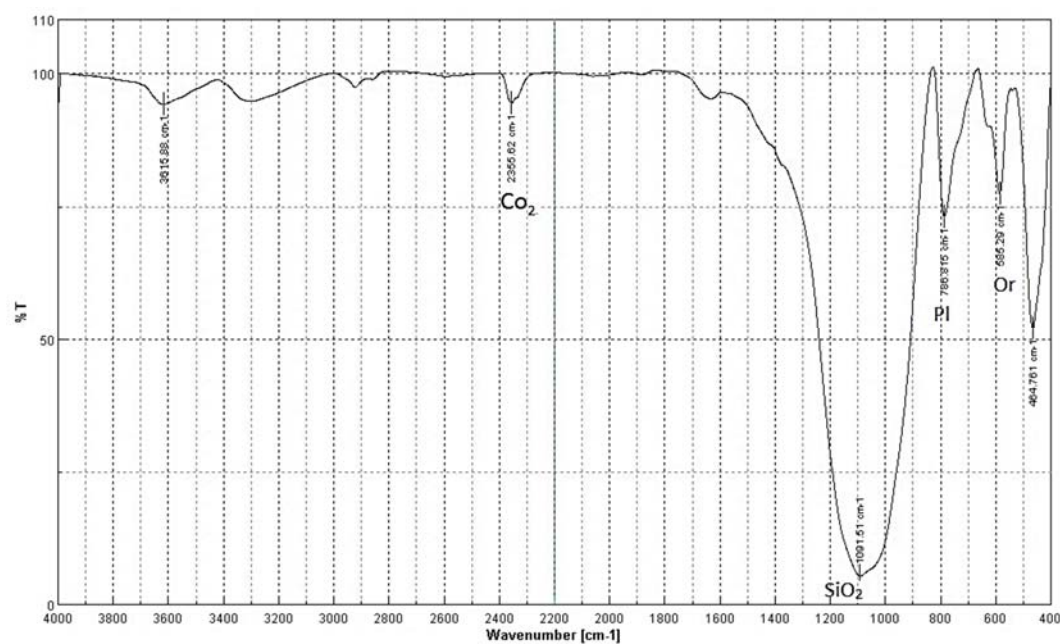
مشخص شده است. به‌منظور سهولت در بررسی و نشان دادن شباهت و تفاوت‌ها در نتایج آنالیز FTIR نمونه‌های نخودی-منقوش، طیف‌های مربوط در یک تصویر آورده شده است (شکل ۱۲-۱۲ Fig). برای سهولت در دسته‌بندی نتایج آنالیز FTIR، این نتایج در جدول ۸ آورده شده است.

برای نشان دادن شباهت و تفاوت در نتایج آنالیز FTIR نمونه‌های سیاه-خاکستری، تمامی نمودارهای مربوط به آنالیز نمونه‌های خاکستری-سیاه در یک تصویر آورده شده است (شکل ۱۰-۱۰ Fig). به‌منظور بررسی بهتر نتایج شکل ۱۲، پیک‌های اصلی به‌دست‌آمده از نتایج آنالیز FTIR، بر روی یک نمونه از سفال‌های نخودی-منقوش در شکل ۱۱



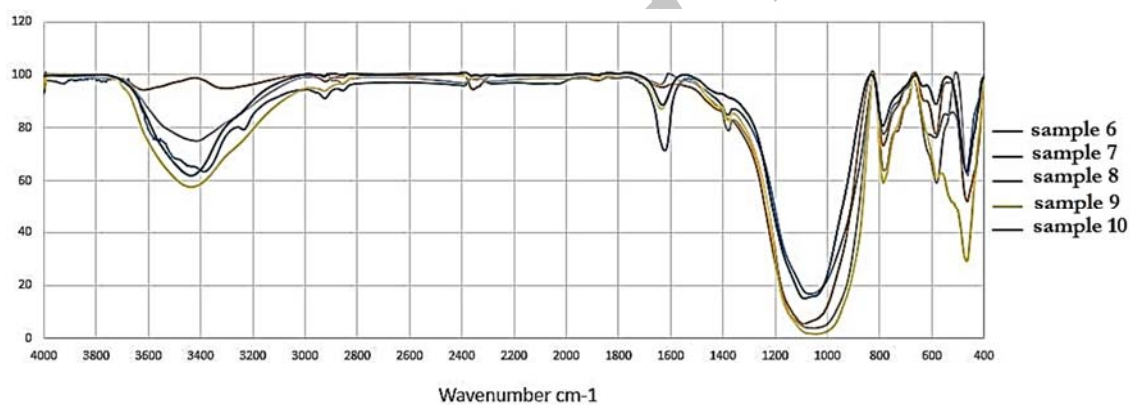
شکل ۱۰: مقایسه‌ی طیف‌های حاصل از آنالیز طیف‌سنجی مادون‌قرمز نمونه‌های سیاه-خاکستری (سنت کورا- ارس)

Fig. 10: FTIR spectroscopic analysis of gray- black samples (Kura-Araxes)



شکل ۱۱: طیف حاصل از طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه نمونه شماره ۷ (سنت ارومیه)

Fig. 11: FTIR spectroscopic spectrum of the sample No. 7 (Urmia ware)



شکل ۱۲: مقایسه‌ی طیف‌های حاصل از آنالیز طیف‌سنجی مادون‌قرمز نمونه‌های نخودی-منقوش سنت ارومیه

Fig. 12: Comparison of spectra infrared spectroscopic analysis samples of buff-painted pottery of Urmia Ware

جدول ۸: کانی‌های شناسایی شده در روش طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه

Table 8: Minerals identified by the FTIR

Sample no.	Calcite	Orthoclase	Plagioclase	Silicate	Sulfate	CO ₂
1	*	-	*	*	*	*
2	*	-	*	*	*	*
3	*	-	*	*	*	*
4	-	-	*	*	*	*
5	-	-	*	*	*	*
6	-	*	*	*	*	-
7	-	*	*	*	-	-
8	-	-	*	*	-	-
9	-	-	*	*	*	-
10	-	-	*	*	*	-

هماتیت با ترکیب شیمیایی Fe_2O_3 و طیف رنگی قهوه‌ایی، قرمز، خاکستری و سیاه در سه حالت در بافت سفال دیده می‌شود. این کانی یا به صورت یک فاز اکسیدی در درجه حرارت پایین که بیشتر محصول فرآیند اکسیداسیون در شرایط دفن است به وجود آمده و یا به صورت یک کانی ثانویه در درجه حرارت بالا در محیط اکسیداسیون در کوره تولید شده است؛ و یا به صورت ذرات هماتیت در خاک رس موجود است (Afsharinejad, 2015; Klein et al., 2004). با توجه به مقاطع نازک مطالعه شده با میکروسکوپ پلاریزان، کانی‌های هماتیت به رنگ قهوه‌ایی-قرمز در زمینه‌ی رسی در نمونه‌های نخودی-منقوش مشاهده شده که شرایط پخت و واکنش‌های اکسیداسیون عامل اصلی در ایجاد رنگ در آن‌هاست. به غیر از بحث رنگ سفال‌های مفرغ قدیم در بافت این سفال‌ها تنوع ترکیبات کانی فراوان‌تری نسبت به مفرغ جدید دیده می‌شود. ابعاد و اندازه اجزا سازنده در سفال‌های مفرغ قدیم از حدود ۳mm تا ابعاد چند میکرون متغیر است. درحالی‌که در سفال‌های مفرغ جدید اندازه اجزا سازنده به ندرت از ۱mm فراتر می‌رود و میانگین ابعاد اجزا سازنده بین ۱mm تا چند میکرون است. ماتریکس سفال‌های مفرغ قدیم از نظر اجزاء تشکیل دهنده ناهمگن بوده و اجزا ریزبلور مختلفی در آن‌ها دیده می‌شود. حال آن‌که از مشخصات سفال‌های مفرغ جدید، زمینه همگن و یکدست سفال‌ها است که قطعات درشت بلور اضافه شده، به صورت شناور در داخل زمینه قرار دارند. در بیشتر سفال‌های مفرغ قدیم کانی کلسیت اولیه دیده می‌شود؛ حال آن‌که تنها در یک نمونه از سفال‌های مفرغ جدید این کانی وجود دارد که عدم مشاهده کلسیت در دیگر نمونه‌ها، نشان از ایجاد حرارت بالای $850-800^{\circ}C$ در کوره تهیه سفال است. در سفال‌های مفرغ جدید نوعی جهت یافتگی در اجزا سازنده دیده می‌شود. درحالی‌که در سفال‌های مفرغ قدیم این جهت یافتگی قطعات کمتر دیده می‌شود. در سفال‌های مفرغ جدید به دلیل همگن بودن زمینه و اندازه نزدیک به هم اجزا سازنده، میزان فضای خالی نسبت به سفال‌های مفرغ قدیم کمتر است و به همین دلیل ظاهر و ساختار مناسب‌تری را نشان می‌دهند. در نهایت می‌توان بیان کرد که منطبقه مورد

در آنالیز FT-IR حضور باند پلاژیوکلاز مشاهده شد، که زیر گروه فلدسپات‌های سدیک-کلسیک نظیر آلپیت، آندزیت، لابرادوریت و آنورتیت است، که به نوعی جزء فازهای اصلی بدنه‌ی رسی هستند (Paydar, 2005, p. 241). همچنین حضور این طیف‌ها در آنالیز XRD مشاهده آن‌ها در مطالعه مقاطع نازک نیز مشاهده شد. پلاژیوکلازها در سیستم تری‌کلینیک متبلور شده و در محدوده $800^{\circ}C$ تغییر شکل می‌دهند (Emami & Tretin, 2012, p. 373). حضور فازهای کربناته در ماتریکس سفال، موجب بیشترین تغییر و تبادل در فازهای مینرالی بافت حین فرآیند پخت می‌شود. به طوری که این فازها در دمایی حدود $650-700^{\circ}C$ در ماتریکس سفال ناپایدار شده و تخریب می‌شوند. تجزیه فاز کلسیت در دمای حدود $600^{\circ}C$ آغاز شده و تقریباً در $800-800^{\circ}C$ پایان می‌یابد؛ بنابراین نقش کربنات کلسیم در تعیین حرارت و دمای $850^{\circ}C$ قابل توجه است. چنان‌که «کربنات کلسیم در ماتریکس‌های رسی در دمای 650 تا $700^{\circ}C$ شروع به تجزیه شدن می‌کند و به آهک (CaO) تبدیل می‌شود. این فرآیند در دمای $800^{\circ}C$ بیشتر شده و تقریباً در دمای $900^{\circ}C$ کلسیت باقی مانده از بین می‌رود» (Emami, 2013).

۶. بحث

بر اساس نتایج به دست آمده از مشاهدات پتروگرافی و مشاهده‌ی خرده سفال در شاموت سه نمونه از سفال‌های خاکستری-سیاه سنت کورا-ارس و یک نمونه از سفال‌های نخودی-منقوش سنت ارومیه، می‌توان گفت استفاده از قطعات خردشده‌ی سفال در تمپر سفالینه‌های دوره‌ی مفرغ قدیم رایج بوده است. در پژوهشی که ماسون و کوپر نیز در مورد آنالیز سفال‌های خاکستری-داغدار کورا-ارس ناحیه‌ی زاگرس مرکزی (گودین تپه IV)، با استفاده از پتروگرافی انجام داده بودند، با مشاهده‌ی خرده‌های سفال در خمیره‌ی سفال‌های ناحیه زاگرس مرکزی، وارداتی بودن آن‌ها را بر مبنای آنالیز خرده سفال‌ها نشان دادند (Mason & Cooper, 1999). هماتیت (اکسید آهن III) از دیگر کانی‌های شناسایی شده در تمام نمونه‌های مطالعه شده‌ی مقاطع نازک است.

ارسی)، و همچنین شناسایی فاز پلاژیوکلاز در نتایج آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه و همچنین حضور باند کربنات کلسیم در سه نمونه از سفال‌های خاکستری-سیاه، می‌توان محدوده‌ی دمایی $800-850^{\circ}\text{C}$ را برای پخت سفال‌های دو دوره در نظر گرفت. در نهایت می‌توان گفت که سفال‌های مورد بررسی از نظر دمایی پخت یکسان، اما از نظر شرایط پخت و اتمسفر کوره متفاوت‌اند. به این معنی که پخت سفال‌های سیاه-خاکستری در شرایط احیا و سفال‌های نخودی-منقوش در شرایط اکسیداسیون پخت شده‌اند. به علت شباهت این دو گروه سفال از لحاظ نوع مواد و کانی‌های موجود در خمیره و همخوانی داشتن ترکیبات ساختاری این دو گروه سفال با ویژگی‌های زمین‌شناختی منطقه بیانگر این است که سفال‌ها تولید بومی و محلی داشته‌اند. بنابراین فرضیه‌ی مهاجر بودن سنت سفالگری ارومیه به شرق دریچه‌ی ارومیه و کؤل تپه‌ی عجب‌شیر بر مبنای مجموعه‌ی سفالی آنالیز و مطالعه شده (البته در یک منطبق استقرایی) قابل تأیید نیست و تحول سفالگری سنت کورا-ارسی به سنت ارومیه صرفاً بیان‌گر تحولات در ایده‌های هنری، طرز فکر سفالگر و فناوری پخت سفال است.

سپاسگزاری

مقاله‌ی حاضر، از نتایج پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده در دانشکده هنرهای کاربردی و گروه باستان‌سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز با عنوان «باستان کانی‌نگاری سفالینه‌های عصر مفرغ کؤل تپه عجب‌شیر» استخراج شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه هنر اسلامی تبریز در این خصوص قدردانی می‌گردد. همچنین، نگارندگان بر خود واجب می‌دانند از آقای بهروز عمرانی، از همکاران اداره کل میراث فرهنگی و صنایع دستی و گردشگری استان آذربایجان شرقی (تبریز) در خصوص همکاری‌های همه‌جانبه‌ی ایشان در انجام این پژوهش تقدیر و تشکر نمایند.

Reference

Abedi, A., Shahidi, H. K., Chataigner, C., Niknami, K., Eskandari, N., Kazempour, M., & Ebrahimi, G. (2014). *Excavation at Kul Tepe (Hadishahr),*

بررسی (کؤل تپه عجب‌شیر) پوشیده از سنگ‌های مختلف آتشفشانی، ولکانیک شیشه‌ای، سنگ‌های آذرین، سنگ‌های آذر آواری و همچنین لایه‌های کواترنری در رسوبات اطراف کؤل تپه است که شواهد آن را در بافت (فابریک) سفال‌ها و اجزا سازنده آن می‌توان مشاهده نمود. با توجه به مقاطع سفال‌های مطالعه شده و مطالعه و بررسی نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه به نظر می‌رسد که، منشأ همه‌ی سفال‌ها یکسان و مربوط به خود منطقه است؛ همان‌گونه که در پیشینه ذکر شد، نتیجه آنالیز و مطالعه سفال‌های کورا-ارسی محوطه‌های منطقه‌ی بایورد در آناتولی، محوطه‌ی سوس هویوک در آناتولی شرقی، و محوطه‌ی باستانی کهنه‌شهر چالدران در آذربایجان غربی و با استفاده از اطلاعات زمین‌شناختی منطقه، حاکی از تولید محلی و استفاده از منابع همان منطقه را ثابت کرده است که در این پژوهش نیز تولید محلی سفال‌های سنت کورا-ارسی و سنت ارومیه به اثبات رسید.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعه مقاطع پتروگرافی توسط میکروسکوپ پلاریزان و نتایج حاصل شده از آنالیز میکروسکوپی و کانی‌شناختی دو مجموعه سفال مورد مطالعه و تطبیق این مشاهدات با نقشه زمین‌شناسی منطقه می‌توان اطلاعاتی را در مورد خاک مورد استفاده شده در سفالگری ارائه داد. سفال‌های خاکستری-سیاه و نخودی-منقوش از نظر کانی‌شناسی و ریزساختارشناسی مشابه بوده و از نظر شیوه‌ی عمل‌آوری و شرایط پخت در کوره تفاوت دارند. همچنین نتایجی که بر اساس آنالیز پراش اشعه ایکس و آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز به دست آمده، یکسان بودن کانی‌های تشکیل‌دهنده این دو گروه سفال را نشان می‌دهد، بر این اساس با شناسایی پیک شاخص کوارتز در همه نمونه‌ها و عدم شناسایی فاز تریدمیت و کریستوبالیت (فاز حرارت بالای کوارتز) در آنالیز طیف‌سنجی پراش اشعه‌ی ایکس در نمونه‌ها (به جز نمونه ۴ سنت کورا-

Northwestern Iran, 2010: First Preliminary Report. Ancient Near East Studies, 51, 33-165.
Afsharinejad, H. (2015). *The Structural Analysis of*

- the Kura-Araxes Pottery shreds from Kobna Shabar, Chaldiran, West Azerbaijan, Iran.* (Unpublished master's Thesis). Department of Archaeometry, Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Art University. [in Persian]
- Ajorloo, B. (2012). Late Bronze Age and Urmian Ware the Second Millennium B.C. In A. Mosaeybzade & J. Sharifnejad (Eds.), *Congress of Hamandishi Shahr-e Irani Tarikhi Farhangi and Mazhabi Urimai, West Azerbaijan: Iranian Academy of the Arts*, 1-12. [in Persian]
- Ajorloo, B. (2013). The survey of socio-cultural influence of the Kura-Araxes culture (II) on the Iranian central plateau. In I. M. Hacıyev (Ed.), *Naxçivan İlkin Şəhər və Duzdağ, ANAS*, 177-186.
- Alizadeh, K., Eghbal, H., & Samei, S. (2015). Approaches to Social Complexity in Kura—Araxes Culture: A view from Köhne Shahr (Ravaz) in Chaldran, Iranian Azerbaijan. *Paléorient*, 41(1), 37-54.
- Barilaro, D., Barone, G., Crupi, V., Donato, M. G., Majolino, D., Messina, G., & Ponterio, R. (2005). Spectroscopic techniques applied to the characterization of decorated potteries from Caltagirone (Sicily, Italy). *Journal of molecular structure*, 744, 827-831.
- Batiuk, S. (2000). Petrographic analysis of ETC ceramics from the Bayburt region, North Eastern Anatolia: an exploratory study. *Ancient Near Eastern Studies*, 37, 153-163.
- Burney, C. A., & Lang, D. M. (1972). *The peoples of the hills: Ancient Ararat and Caucasus*. Praeger.
- Emami, M., & Trettin, R. (2012). Mineralogical and chemical investigations on the ceramic technology in Čoğā Zambil, (Iran, 1250 BC). *Periodico di Mineralogia*, 81(3), 359-377.
- Emami, S. M. A. (2015). An Investigation of pottery Technology from 5100 to 4900 BC in the TepeZaghe, (From Micro to Macro). In M. Hesarı (Ed.), *Tehran, Research Institute of Cultural Heritage and Tourism*, 344-355. [in Persian with English abstract]
- Emami, S. M. A., Noghani, S. (2013). An Investigation of re- Carbonation Process and Formation of Secondary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method, *Maremat & Memari-e Iran*, 3(5), 55- 67. [in Persian]
- Emami, S. M. A., Volkmar, J., & Trettin, R. (2008). Quantitative characterisation of damage mechanisms in ancient ceramics by quantitative X-ray powder diffraction, polarisation microscopy, confocal laser scanning microscopy and non-contact mode atomic force microscopy. *Surface Engineering*, 24(2), 129-137.
- Kibaroglu, M., Sagona, A., & Satir, M. (2011). Petrographic and geochemical investigations of the late prehistoric ceramics from Sos Höyük, Erzurum (Eastern Anatolia). *Journal of Archaeological Science*, 38(11), 3072-3084.
- Klein, M., Jesse, F., Kasper, H. U., & Gölden, A. (2004). Chemical characterization of ancient pottery from sudan by x-ray fluorescence spectrometry (xrf), electron microprobe analyses (empa) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Archaeometry*, 46(3), 339-356.
- Mason, R. B., & Cooper, L. (1999). Grog, petrology, and early Transcaucasia's at Godin Tepe. *Iran*, 25-31.
- Noghani, S., Emami, S. M. A. (2012). Archaeometry of Historical potteries: Requirements and Methods, *Journal of the First Symposium on Materials Science and Conservation of cultural, historical, Tehran: Publishing Research Institute of Cultural Heritage, Handicraft and Tourism in collaboration with Research materials and energy*, 505- 524. [in Persian]
- Paydar, H. (2005). *The raw material used in the ceramics industry*. Isfahan: Gazal publications. [in Persian]
- Razani, M., Ajorloo, B., Haery, A., & Tirandaz, A. (2013). *Archaeometrica studies on the Qaradagh Islamic Potteries*, Tabriz Islamic Art University, Research Project, No, 8195. Tabriz Islamic Art University. [in Persian]
- Stuart, B. H. (2007). *Analytical techniques in materials conservation*. John Wiley & Sons.
- Tala'i, H. (1984). Notes on New Pottery Evidence from the Eastern Urmia Basin: Gol Tepe. *Iran Richmond*, 22, 151-156.
- Tala'i, H. (2006). *The Bronze Age of Iran, First Edition*, Tehran: Samt publications. [in Persian]
- Tala'i, H. (2013). *Eight thousand years of Iran pottery, Second Edition*, Tehran: Samt publications. [in Persian]

Arhive of SID