

## مطالعات باستان‌سنجی سفال‌های مکشوف از محوطه‌ی باستانی ده‌دومن (جنوب غرب ایران)، نتایج مقدماتی

امید عودباشی<sup>I</sup>، رضا ناصری<sup>II</sup>، ایزابل اگارتنر<sup>III</sup>، آنا آریتری<sup>IV</sup>، جوزپه کولترونی<sup>V</sup>

شناسه‌ی دیجیتال (DOI): 10.22084/mbs.2019.17799.1857

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹

(از ص ۲۷ تا ۴۶)

### چکیده

امروزه مطالعات فنی و آزمایشگاهی بر روی آثار و مواد فرهنگی، بخشی از پژوهش‌های گسترده‌ی باستان‌شناسی را دربر گرفته و توجه زیادی به استفاده از علوم مختلف در توسعه‌ی مطالعات باستان‌شناسی معطوف شده است. یکی از زمینه‌های مورد توجه متخصصان علوم مختلف، فناوری تولید و ساخت آثار سفالی در دوران باستان است. در این مقاله، تعدادی از اشیاء سفالی مکشوف از محوطه‌ی گورستان عصر مفرغ ده‌دومن (هزاره‌ی سوم قبل از میلاد) واقع در جنوب غرب ایران مورد مطالعات آزمایشگاهی قرار گرفته‌اند. هدف از این پژوهش، شناسایی ترکیب شیمیایی و ریزساختاری سفال‌های عصر مفرغ محوطه‌ی ده‌دومن به منظور شناخت شیوه‌ی ساخت و تولید سفال در این ناحیه است. پرسش اصلی پژوهش این است که فناوری تولید سفال‌های مکشوف از محوطه‌ی ده‌دومن در هزاره‌ی سوم قبل از میلاد به چه شیوه‌ای بوده است؟ به این منظور ۲۴ نمونه از قطعات ظروف شکسته‌ی سفالی به‌دست آمده از گورهای این محوطه با استفاده از روش‌های آنالیز فلورسانس اشعه‌ی ایکس (XRF) و پتروگرافی مقطع نازک مطالعه شدند. نتایج مطالعات نشان داد که سفال‌های مورد مطالعه را می‌توان به دو دسته‌ی آهکی یا پرکلسیم و غیرآهکی یا کم‌کلسیم دسته‌بندی نمود. البته میزان  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  در ترکیب نمونه‌های آنالیز شده چشمگیر است. از سوی دیگر، ساختار کلی نمونه‌ها دو گروه کاملاً متفاوت را نمایش می‌دهد که شامل سفال‌های بدنه‌ی نخودی و سفال‌ها با ساختار ساندویچ‌مانند هستند. ریزساختار سفال‌ها شامل زمینه‌ی رُسی ریزدانه همراه با کانی‌هایی مانند کوارتز و فلدسپات‌ها است. قطعات بزرگ و کوچک کلسیت خُرد شده و همچنین گلوله‌های رُسی پراکنده در زمینه هستند. براساس نتایج آزمایش‌ها می‌توان بیان نمود که بخش بزرگی از سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن احتمالاً به صورت محلی و با فناوری نسبتاً ساده و ابتدایی ساخته شده‌اند که موجب ایجاد ساختار ساندویچ‌مانند و حضور آخال‌های کوچک یا بزرگ کلسیتی و رسی در آن‌ها شده است. از سوی دیگر، وجود سفال‌هایی با ساختار متفاوت می‌تواند به دلیل واردات سفال از نواحی اطراف، مانند جلگه‌ی شوشان باشد.

**کلیدواژگان:** گورستان ده‌دومن، باستان‌سنجی، سفال، پتروگرافی، ساختار ساندویچ‌مانند.

I. عضو هیأت علمی گروه مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان؛ محقق مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی بین‌المللی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (نویسنده‌ی مسئول).

o.oudbashi@au.ac.ir

II. عضو هیأت علمی گروه باستان‌شناسی، دانشگاه زابل.

III. دانشجوی دکتری مؤسسه‌ی جغرافیا و مطالعات منطقه‌ای، دانشگاه گراس، اتریش.

IV. پژوهشگر گروه پترولوژی و مینرالوژی، دانشگاه گرانادا، اسپانیا.

V. عضو هیأت علمی گروه پترولوژی و مینرالوژی، دانشگاه گرانادا، اسپانیا.

### مقدمه

اشیاء سفالی، بخش مهمی از یافته‌های باستان‌شناسی هستند که تقریباً در تمامی کاوش‌های باستان‌شناسی مقادیر زیادی از آن‌ها یافت می‌شود. بخش عمده‌ای از این آثار را ظروف سفالی تشکیل می‌دهند. تولید سفال یکی از کهن‌ترین فناوری‌های شناخته شده توسط بشر است. قدمت این فناوری در فلات ایران به حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل (عصر نوسنگی) بازمی‌گردد. در حقیقت، اولین نمونه‌های تولید سفال را می‌توان در غرب ایران در محوطه‌هایی مانند گنج‌دره و تپه سراب مشاهده نمود (Mortensen, 1991). روند تولید سفال جهت ساخت ظروف و پیکره‌های کوچک آیینی و تزیینی در طول تاریخ همچنان ادامه یافته و فناوری تولید سفال در پیش‌ازتاریخ ایران یکی از صنایع پیشرو بوده است. با این وجود مطالعات آزمایشگاهی محدودی بر روی روش‌های تولید اشیاء و به خصوص ظروف سفالی در ایران انجام شده است و شناخت روند تولید سفال به خصوص در دوران پیش‌ازتاریخ نیازمند توسعه‌ی مطالعات باستان‌سنجی با استفاده از روش‌های متنوع آنالیز مواد و مطالعات میکروسکوپی است.

**پرسش‌های پژوهش:** در این پژوهش، تعدادی از اشیاء سفالی گورستان باستانی ده‌دومن مورد مطالعه‌ی آزمایشگاهی قرار گرفته‌اند. اهمیت این آثار به دلیل تاریخ و دوره‌ی ساخت و مشابهت بستر کشف آن‌ها با محوطه‌های مهم باستان‌شناسی پیش‌ازتاریخ است. با توجه به این‌که سفال‌های به دست آمده از کاوش‌های این محوطه، یکی از مجموعه‌های متعلق به هزاره‌ی سوم قبل از میلاد در ایران هستند که از یک کاوش علمی به دست آمده‌اند، نیاز به مطالعه‌ی آن‌ها از دیدگاه باستان‌سنجی ضروری به نظر می‌رسد. ساختارشناسی، ترکیب شیمیایی و روش تولید و ساخت سفال‌های کشف شده در محوطه‌ی باستانی ده‌دومن به عنوان نمونه‌ای مناسب جهت مطالعات باستان‌سنجی می‌تواند به تعدادی از پرسش‌های مرتبط با تاریخ و تکنولوژی تولید سفال در ایران در هزاره‌ی سوم قبل از میلاد (به خصوص غرب و جنوب غرب ایران) پاسخ دهد؛ به خصوص این‌که مطالعات آزمایشگاهی به شکلی گسترده و متنوع در اشیاء سفالی کشف شده از محوطه‌های هزاره‌ی سوم قبل از میلاد انجام نشده است.

**اهداف پژوهش:** اهداف اصلی این پژوهش شامل شناسایی ماهیت شیمیایی سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی (براساس نمونه‌های مورد مطالعه) و مطالعه‌ی میکروسکوپی و شناسایی ریزساختار نمونه‌های سفال مورد مطالعه محوطه‌ی ده‌دومن هستند. در حقیقت هدف از این مطالعه شناخت تکنولوژی تولید سفال در عصر مفرغ بر اساس نتایج مطالعات آزمایشگاهی بر روی محوطه‌ی ده‌دومن است.

### پیشینه‌ی پژوهش

با وجود گستردگی و تاریخ کهن فناوری سفال در پیش‌ازتاریخ فلات ایران، در مورد تکنولوژی تولید سفال در فلات ایران در این دوران پژوهش‌های گسترده‌ای انجام نشده است. با این حال، پژوهش‌های نسبتاً محدودی در این زمینه انتشار یافته که می‌توان به مطالعات انجام شده بر روی سفال‌های محوطه‌های عیلامی چغازنبیل

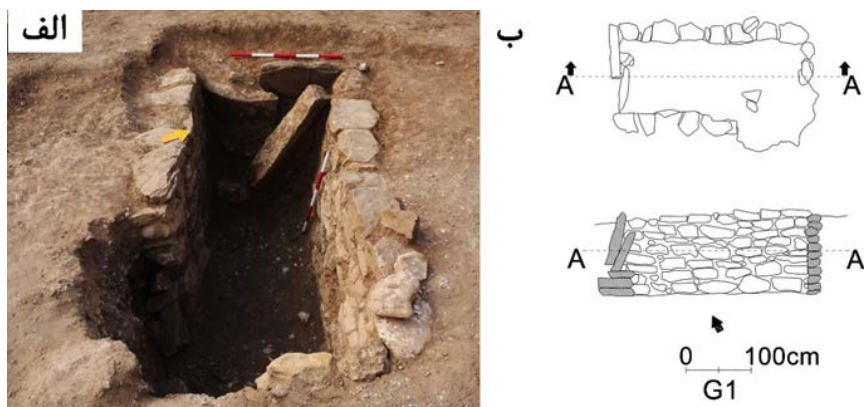
و هفت‌تپه (Emami et al., 2012; Emami, 2012)، مطالعات آزمایشگاهی برروی سفال‌های محوطه‌ی پیش‌ازتاریخ تپه زاغه (Emami et al., 2016)، مطالعه‌ی فناوری سفالگری در هزاره‌ی پنجم قبل‌ازمیلاد در شمال مرکزی ایران (طلایی و همکاران، ۱۳۸۸)، تشخیص باستان‌شناختی و مطالعه‌ی آزمایشگاهی سفال‌های غیردالمایی در بستر دالمایی سه‌چای تپه‌ی زنجان متعلق به هزاره‌ی پنجم قبل‌ازمیلاد (رحیمی سرخنی و همکاران، ۱۳۹۵)، مطالعات انجام شده برروی سفال‌های دوره‌های مختلف جنوب سیستان (Sarhaddi-Dadian et al., 2015)، مطالعات آزمایشگاهی برروی فناوری سفالگری و تزیینات آن در محوطه‌ی شهرسوخته‌ی سیستان (Eftekhari et al., 2018; 2013; Eftekhari, 2017; Javanshah, 2018)، مطالعات آزمایشگاهی برروی سفال‌های محوطه‌ی تپه یحیی (Kamilli et al., 1979) و سفال‌های عصر نوسنگی ناحیه‌ی فارس (Meakes, 2016)، مطالعات آزمایشگاهی انجام شده برروی سفال‌های خاکستری عصر آهن ایران (باقرزاده کثیری و همکاران، ۱۳۹۴)، شناسایی ساختاری سفال جلینکی دوره‌ی پارسی (نوغانی و همکاران، ۱۳۹۰، محمدی‌فر و همکاران، ۱۳۹۲) و مطالعات آزمایشگاهی سفال‌های اواخر نوسنگی محوطه‌های سیلک کاشان (Marghussian et al., 2017)، تپه‌ی رحمت‌آباد فارس (Marghussian et al., 2009) و سفال‌های اواخر نوسنگی و مس‌وسنگ ناحیه‌ی تهران (Fazeli et al., 2001) اشاره نمود.

### محوطه‌ی باستانی ده‌دومن

به دلیل آغاز احداث سد خرسان ۳، برروی بخش علیایی رودخانه‌ی خرسان به فاصله‌ی ۴۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان لردگان در استان چهارمحال و بختیاری، پژوهش‌کننده‌ی باستان‌شناسی در چارچوب برنامه‌های نجات بخشی محوطه‌های در خطر نابودی پشت سدهای عمرانی، در آبان و آذرماه ۱۳۸۷ حوضه‌ی آبگیر این سد را مورد بررسی قرار داد. حوضه‌ی آبگیر سد خرسان ۳، در حدفاصل شهرستان لردگان از استان چهارمحال و بختیاری و شهرستان دنا از استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. محدوده‌ی بررسی فوق حدود ۸۰ کیلومتر مربع بوده که در نتیجه‌ی آن، ۲۹ محوطه‌ی باستانی شناسایی شد که کهن‌ترین محوطه‌ی شناسایی شده در این حوضه مربوط به دوران پیش‌ازتاریخ و دوره‌ی شوشان میانه و متأخر (هزاره‌ی پنجم و چهارم قبل‌ازمیلاد) و جدیدترین آن مربوط به قرون متأخر اسلامی است (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ قزلباش و همکاران، ۱۳۹۵؛ Ghasemi et al., 2014; Jafari, 2013).

یکی از محوطه‌های شناسایی شده و انتخاب شده جهت کاوش‌های باستان‌شناسی در این پروژه‌ی نجات بخشی، محوطه و گورستان باستانی ده‌دومن (ده پایین) بود که در سمت جنوبی روستایی به همین نام در منتهی‌الیه شمالی استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. محوطه‌ی ده‌دومن که در فاصله‌ی ۱۰۰ متری جنوب غربی روستایی به همین نام از توابع شهرستان دنا، بخش پاتاوه، دهستان سادات محمودی واقع شده، محوطه‌ای است که در دامنه‌ی ارتفاعات طبیعی منطقه ذکر شده، شکل گرفته است. این محوطه در عرض جغرافیایی ۳۱° ۰۹' ۱۳''

و طول جغرافیایی  $۱۴^{\circ} ۰۶' ۵۱''$  قرار دارد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۳؛ ناصری، ۱۳۹۱؛ Oudbashi et al., 2016). این محوطه در قالب پروژه‌ی کاوش‌های نجات بخشی محوطه‌های در خطر پشت سد خرسان (واقع در استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد در جنوب غرب ایران) در فصل اول در محدوده‌ی زمانی زمستان ۱۳۹۱ (بهمن و اسفند ۱۳۹۱) به مدت ۴۰ روز مورد کاوش قرار گرفت. کاوش در این گورستان به نمایان شدن ۱۵ گور با ساختارهای سنگی بزرگ در محدوده‌ی کارگاهی به ابعاد  $۳۰ \times ۲۰$  متر انجامید (شکل ۱). گورهای شناسایی شده در این گورستان را به طور کلی می‌توان به دو دسته‌ی گورهای چهارچینه‌ی سنگی با پوشش تخت و صاف (گورهای صندوقچه‌ای) و گورهای خرپشته‌ای - دارای پوشش جناغی شکل - تقسیم بندی نمود. گورهای چهارچینه‌ی سنگی یا صندوقچه‌ای نسبتاً عمیق بوده و در سه طرف دارای دیوارهای سنگی خشکه چین هستند و بخش غربی آن‌ها به وسیله‌ی ۱ الی ۲ تخته سنگ بزرگ به عنوان ورودی گور مسدود شده است و برای پوشش آن‌ها نیز از تخته سنگ‌های بزرگ و سنگین به صورت تخت یا افقی استفاده شده و سپس بین تخته سنگ‌ها را با قلوه سنگ‌های ریز و درشت پوشانده‌اند. گورهای خرپشته‌ای به نسبت گورهای صندوقچه‌ای کم عمق ترند و تنها دارای دیواره‌های سنگی در بخش‌های شمالی و جنوبی بوده و بخش غربی آن‌ها نیز توسط تخته سنگ بزرگ ورودی گور محصور شده است. برای پوشش دادن سقف این گورها از تخته سنگ‌های بزرگی استفاده شده که در عرض گور به صورت جناغی به یکدیگر تکیه داده شده و کل گور را پوشانده‌اند و سپس مانند گورهای دارای پوشش تخت، از قلوه سنگ‌هایی با ابعاد گوناگون به منظور پُر کردن فضای خالی بین تخته سنگ‌ها استفاده شده است. طی کاوش، ۱۵ گور کشف شده در محوطه‌ی ده دومن تعداد قابل توجهی اشیاء متنوع سفالی، فلزی و سنگی به دست آمد. سفال‌های مکشوف شامل سفال‌های ساده و منقوش هستند که نمونه‌های منقوش دارای نقوش برجسته و همچنین دارای نقاشی تک رنگ با نقوش خطی ساده و انتزاعی هستند. از سوی دیگر، اشیاء فلزی کشف شده شامل اشیاء متنوع تزئینی بودند که از بین آن‌ها می‌توان به ظروف متنوع، سرگرز، شمشیر و خنجر اشاره نمود (Oudbashi et al., 2016).



شکل ۱. تصویر و طرح خطی یکی از گورهای کشف شده (گور G1) از فصل اول کاوش محوطه‌ی ده دومن (Oudbashi et al., 2016).

## روش پژوهش

به منظور انجام مطالعات جهت شناسایی فرآیند تولید در سفال‌های به دست آمده از محوطه‌ی گورستان باستانی ده‌دومن، یک پلان پژوهش آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت که شامل انتخاب نمونه‌های سفال، استفاده از روش‌های آزمایشگاهی دستگاهی و میکروسکوپی و تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت توصیفی و آماری است. جهت مطالعات آزمایشگاهی، ۲۴ نمونه‌ی سفالی به دست آمده از فصل اول کاوش محوطه‌ی ده‌دومن انتخاب شد. سفال‌های مورد مطالعه در این پژوهش براساس تاریخ نگاری نسبی انجام شده بر روی داده‌های باستان‌شناسی و مجموعه‌ی سفال‌های مکشوف از محوطه‌ی ده‌دومن، متعلق به اواسط هزاره‌ی سوم قبل از میلاد (عصر مفرغ قدیم و میانی) هستند (ناصری و همکاران، ۱۳۹۳؛ ناصری، ۱۳۹۱؛ Oudbashi et al., 2016). با توجه به این‌که امکان نمونه‌برداری از ظروف سفالی سالم به دست آمده از کاوش‌ها وجود نداشت، نمونه‌ها از اشیاء سفالی شکسته انتخاب شدند. نمونه‌های سفال‌های مورد مطالعه را براساس ماهیت ظاهری و براساس مشاهدات مقدماتی می‌توان در مجموع به دو گروه اصلی تقسیم نمود:

- گروه اول، سفال‌های نخودی که رنگ ساختار داخلی آن‌ها مشابه با رنگ سطح سفال است یا تفاوت رنگ آشکاری در سطح و ساختار داخلی نمونه دیده نمی‌شود.
- گروه دوم، شامل سفال‌هایی است که رنگ سطح آن‌ها قرمز-نارنجی (در دو مورد نخودی شامل نمونه‌ی ۳۳۲ و ۳۲۵) است و ساختار وسط آن‌ها تیره‌رنگ (خاکستری تا سیاه) است. در برخی موارد سطح داخلی قطعه‌ی سفالی (درون ظرف) نیز سیاه (تیره) رنگ است.

مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه شامل شماره‌ی نمونه، شماره‌ی کارگاه یا گور محل کشف نمونه، وزن و ضخامت قطعه همراه با دسته‌بندی ظاهری ذکر شده در بالا براساس مشاهدات اولیه در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین شکل ۲، تصاویر تعدادی از نمونه‌های مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. در تصاویر، تفاوت دو دسته براساس ظاهر نمونه‌ها به خوبی مشخص است. کلیه‌ی نمونه‌ها همان‌طور که ذکر شد بخشی از قطعات ظروف شکسته هستند که امکان نمونه‌برداری از آن‌ها جهت مطالعات آزمایشگاهی وجود دارد.

جهت انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های سفالی، حدود ۵ گرم از هر نمونه جدا شده و به شکل پودر درآمد. پیش از پودر کردن نمونه‌ها، سطح از لایه‌های خاک و آلودگی‌ها به صورت کامل پاکسازی شد. یک قطعه کوچک از بخش باقی مانده نیز جدا شده و جهت انجام مطالعات میکروسکوپی از آن مقطع نازک<sup>۱</sup> با ضخامت حدود ۳۰ میکرون تهیه شد. به منظور شناسایی ترکیب شیمیایی نمونه از آنالیز فلوئورسانس اشعه‌ی ایکس<sup>۲</sup> (XRF) استفاده شد. به همین منظور، از پودر آماده شده‌ی هر یک از نمونه‌ها با استفاده از پودر اسید بوریک، قرص تهیه شد. قرص آماده شده با استفاده از دستگاه آنالیز XRF مدل PERL'X3 ساخت شرکت PANalytical آنالیز شدند. عناصر اصلی<sup>۳</sup> و فرعی<sup>۴</sup> موجود در ترکیب از عنصر شماره‌ی ۱۱ جدول تناوبی (سدیم) به صورت اکسیدی و برحسب درصد (تا حد تشخیص ۰/۰۱ درصد) گزارش شدند. درصد مواد فرار<sup>۵</sup>

شماره‌ی نمونه	ترانشه/گور	وزن (گرم)	ضخامت (میلی‌متر)	نوع سفال (گروه بندی)	وضعیت ظاهری
163	G.2	۳۱/۱	۷/۶	اول	ساده
318	G.2	۵۷/۴	۱۰/۳۰	دوم	ساده
319	G.3	۳۱/۵	۸/۶	دوم	ساده
322	G.4	۱۴/۹	۵/۴	اول	ساده
323	G.4	۴۴/۴	۱۱/۱۰	دوم	ساده
324	G.5	۳۹/۳	۷/۵	دوم	ساده
325	G.5	۱۳/۵	۴/۸۸-۹/۵	دوم	ساده
326	G.6	۱۶/۵	۱۰/۶-۱۶/۹۲	دوم	ساده
328	G.6	۴۹/۴	۷/۶	اول	ساده
329	G.7	۱۳/۳	۴/۶۰	اول	منقوش
330	G.7	۶۸/۸	۱۰/۰۸-۱۴/۰۹	دوم	ساده
331	G.10	۵۳/۳	۱۵/۱۴-۲۸/۵۲	اول	ساده
332	G.10	۵۱/۹	۷/۴	دوم	ساده
334	G.11	۳۱/۱	۹/۷	دوم	ساده
336	G.12	۱۶/۰	۴/۷۴	اول	منقوش
337	G.12	۴۵/۴	۹/۸-۲۰/۳۲	دوم	ساده
338	G.13	۱۰۱/۵	۱۱/۸-۲۲/۵۲	دوم	ساده
340	G.14	۸/۲	۵/۵	اول	منقوش
341	G.14	۴۲/۱	۱۳/۱۱	دوم	ساده
342	G.14	۳۰/۵	۱۰/۹-۱۲/۴۰	دوم	ساده
344	G.15	۲۴/۰	۸/۴-۱۰/۵۸	اول	ساده
345	G.15	۳۶/۹	۱۴/۹	دوم	ساده
346	Vat.3	۵۲/۵	۱۰/۵۰	دوم	ساده
347	Vat.4	۵۹/۶	۱۲/۱۱	دوم	ساده

جدول ۱. مشخصات نمونه‌های سفال مورد مطالعه‌ی متعلق به فصل اول کاوش‌های گورستان باستانی ده‌دومن (نگارندگان، ۱۳۹۷). ◀



شکل ۲. تصویر تعدادی از قطعات سفالی آنالیز شده در این پژوهش (نگارندگان، ۱۳۹۷). ◀

(LOI) نیز برحسب درصد اندازه‌گیری و گزارش شد. مقاطع نازک آماده شده با استفاده از میکروسکوپ نوری عبوری مورد مطالعه قرار گرفتند. مطالعات ریزساختاری با استفاده از میکروسکوپ نوری عبوری-انعکاسی مدل Primotech ساخت شرکت Zeiss انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج آنالیز XRF عناصر اصلی و فرعی موجود در ترکیب نمونه‌های سفال به صورت اکسیدی و برحسب درصد وزنی (wt%) در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج می‌توان دریافت که اجزاء اصلی تشکیل دهنده‌ی ترکیب سفال‌ها به ترتیب شامل  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{CaO}$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{MgO}$  هستند. میزان  $\text{SiO}_2$  بین ۴۱/۹۵ تا ۵۹/۳۶ درصد وزنی اندازه‌گیری شده است.

دیگر اجزاء اصلی به ترتیب شامل  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بین ۱۱/۲۷ تا ۳۵/۴۷ درصد،  $\text{CaO}$  بین ۱/۲۸ تا ۲۱/۵۷ درصد،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  بین ۴/۴۷ تا ۹/۰۹ درصد و  $\text{MgO}$  بین ۰/۸۷ تا ۶/۷۷ درصد گزارش شده است. دیگر اجزاء شامل  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{K}_2\text{O}$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{P}_2\text{O}_5$  و  $\text{MnO}$  به عنوان اجزاء فرعی و به میزان متفاوت در نمونه‌های مختلف شناسایی شده‌اند. با توجه به نتایج آنالیز XRF، اجزاء اصلی ترکیب در همگی نمونه‌ها شامل  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  هستند. میانگین میزان  $\text{SiO}_2$  در نمونه‌ها ۵۲/۳۱ درصد و میانگین میزان  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در تمامی نمونه‌ها ۱۷/۹۵ درصد وزنی است. این دو جزء، اجزاء اصلی تشکیل دهنده‌ی ترکیب سفال‌های باستانی هستند که به دلیل استفاده از کانی‌های رُسی به عنوان

▶ جدول ۲. نتایج آنالیز XRF نمونه سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن به شکل اکسیدی و براساس درصد وزنی (wt%)، (نگارندگان، ۱۳۹۷).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
163	43.66	11.27	5.79	0.08	4.99	21.57	0.85	0.7	0.68	0.2	9.63
318	58.75	15.96	8.07	0.14	2.69	2.97	0.87	2.28	0.98	0.29	6.46
319	41.95	25.23	6.69	0.01	1.15	7.64	0.08	0.38	1.24	0.17	15.82
322	48.19	15.89	8.14	0.06	5.5	10.44	0.54	0.87	0.88	0.33	8.81
323	56.44	17.83	9.09	0.12	2.03	3.68	0.85	2.09	1.08	0.33	6.19
324	54.65	18.29	8.86	0.08	3.67	3.7	0.87	2.47	0.91	0.23	6.65
325	49.68	15.59	7.39	0.07	5.04	12.6	0.15	1.13	0.77	0.26	7.12
326	53.73	17.99	7.88	0.12	1.73	5.97	0.7	1.78	1.16	0.36	8.45
328	54.12	29.74	5.46	0.01	0.95	2.81	0.11	1.6	1.33	0.16	3.02
329	47.2	14.95	8.14	0.1	6.77	13.94	0.17	0.54	0.88	0.29	6.96
330	57.66	16	7.86	0.12	2.41	4.17	0.95	2.21	0.94	0.29	7.1
331	53.76	14.93	7.25	0.13	3.16	8.25	0.48	1.87	0.92	0.46	8.44
332	51.53	35.47	4.47	0.01	0.87	1.28	0.07	0.78	1.87	0.12	3.3
334	54.51	15.56	8.21	0.12	3.22	5.14	0.59	1.97	0.95	0.22	9.1
336	45.23	15.26	8.08	0.1	4.81	16.55	0.36	1.01	0.89	0.22	7.29
337	48.27	15.94	8	0.11	3.78	12.65	0.19	1.33	0.99	0.2	8.19
338	51.79	27.09	5.23	0.01	0.89	4.49	0.19	0.78	1.37	0.13	7.68
340	52.63	16.81	8.72	0.15	3.91	8.22	0.18	0.93	1.08	0.32	6.42
341	58.49	16.82	8.88	0.14	2.6	2.77	0.75	2.09	1.07	0.38	5.59
342	52.2	14.26	6.95	0.12	3.23	8.76	0.75	1.88	0.92	0.22	10.51
344	49.07	13.34	6.6	0.07	3.28	14.21	0.37	1.51	0.78	0.33	9.66
345	54.93	15.89	7.29	0.06	2.79	6.06	0.6	2.01	0.93	0.22	8.81
346	57.67	14.18	8.6	0.17	3.78	5.95	0.92	2.14	0.93	0.56	5.14
347	59.36	16.6	8.19	0.13	3.29	3.48	0.74	2.1	1.09	0.28	4.02

ماده‌ی اولیه‌ی تولید سفال در ترکیب سفال‌های باستانی وجود دارند (Henderson, 2000).

همان‌گونه که از نتایج ارائه شده در جدول ۲ می‌توان استنباط نمود، میزان CaO نسبت به دیگر اجزاء اندازه‌گیری شده، از تفاوت زیادی برخوردار است. در طبقه‌بندی سفال‌های باستانی، نمونه‌های حاوی کمتر از ۶ درصد CaO به‌عنوان کم‌کلسیم<sup>۷</sup> یا غیرآهکی<sup>۸</sup> و نمونه‌های حاوی بیش از ۶ درصد CaO به‌عنوان پرکلسیم<sup>۹</sup> یا آهکی<sup>۱۰</sup> دسته‌بندی می‌شوند (Maniatis et al., 1981; Cultrone et al., 2014). براین اساس و با توجه به میزان CaO شناسایی شده در ترکیب نمونه‌های سفال محوطه‌ی ده‌دوم، می‌توان آن‌ها را به دو دسته‌ی کم‌کلسیم و پرکلسیم تقسیم‌بندی نمود. همان‌گونه که ذکر شد، از نقطه‌نظر ظاهری سفال‌های محوطه‌ی ده‌دوم شامل دو گروه هستند: گروه اول، شامل سفال‌های نخودی یکنواخت؛ و گروه دوم، شامل سفال‌های قرمز-نارنجی با ساختار درونی تیره. نتایج آنالیز شیمیایی سفال‌ها بیانگر تفاوت ترکیب در نمونه‌های دو گروه براساس میزان CaO است.

شکل ۳، نمودار ستونی میزان CaO در ترکیب نمونه‌های آنالیز شده را نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار می‌توان بیان نمود که در ۱۲ نمونه میزان CaO بیش از ۶ درصد وزنی است و در ۱۲ نمونه‌ی دیگر کمتر از ۶ درصد اندازه‌گیری شده است. در نمونه‌های گروه اول تنها یک نمونه‌ی غیرآهکی (نمونه‌ی ۳۲۸) وجود دارد و دیگر نمونه‌ها (۷ نمونه) جزو سفال‌های آهکی طبقه‌بندی می‌شوند. از سوی دیگر، تعداد زیادی از نمونه‌های گروه دوم (۱۱ نمونه) شامل سفال‌های غیرآهکی هستند و تنها در ۵ نمونه میزان CaO بیش از ۶ درصد اندازه‌گیری شده است (سفال‌های آهکی). با توجه به نمودار ارائه شده در شکل ۳ می‌توان بیان نمود که اکثر نمونه‌های گروه اول سفال‌های پرکلسیم و اکثر نمونه‌های گروه دوم سفال‌های کم‌کلسیم هستند؛ اگرچه نمی‌توان از این نظر به‌طور کامل دو گروه سفال‌های محوطه‌ی ده‌دوم را از یکدیگر متفاوت دانست، با این وجود میزان کلسیم در سفال‌های گروه اول نسبت به گروه دوم بیشتر است.

شکل ۴: الف، نمودار پراکندگی SiO<sub>2</sub> در برابر CaO را نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار، با افزایش میزان CaO، میزان SiO<sub>2</sub> در ترکیب نمونه‌ها کاهش می‌یابد. البته باید خاطرنشان نمود که در تعداد کمی از نمونه‌های گروه دوم، تاحدی تفاوت در ارتباط بین این دو جزء مشاهده می‌شود، اما در این نمونه‌ها نیز ارتباط بین دو جزء قابل مشاهده است.

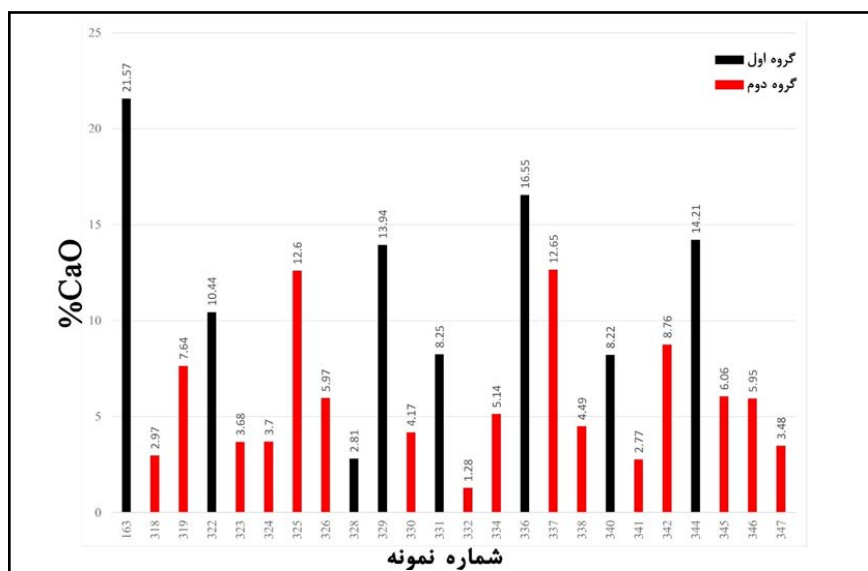
شکل ۴: ب، نیز نمودار پراکندگی SiO<sub>2</sub> در برابر Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O را در ترکیب نمونه‌های سفالی محوطه‌ی ده‌دوم نمایش می‌دهد. با افزایش میزان SiO<sub>2</sub> در نمونه‌ها، میزان مجموع دو جزء دیگر نیز افزایش می‌یابد. نمونه‌های گروه اول پراکندگی گسترده‌تری دارند، در حالی که در تعدادی از نمونه‌های گروه دوم، دو گروه مجزا وجود دارد که برخی از آن‌ها در محدوده‌ی نمونه‌های گروه اول قرار گرفته‌اند، با وجود آن‌که برخی دیگر از نمونه‌های گروه دوم تفاوتی آشکار با نمونه‌های دیگر دارند و در ناحیه‌ی میزان بالای اجزاء نمودار قرار گرفته‌اند.



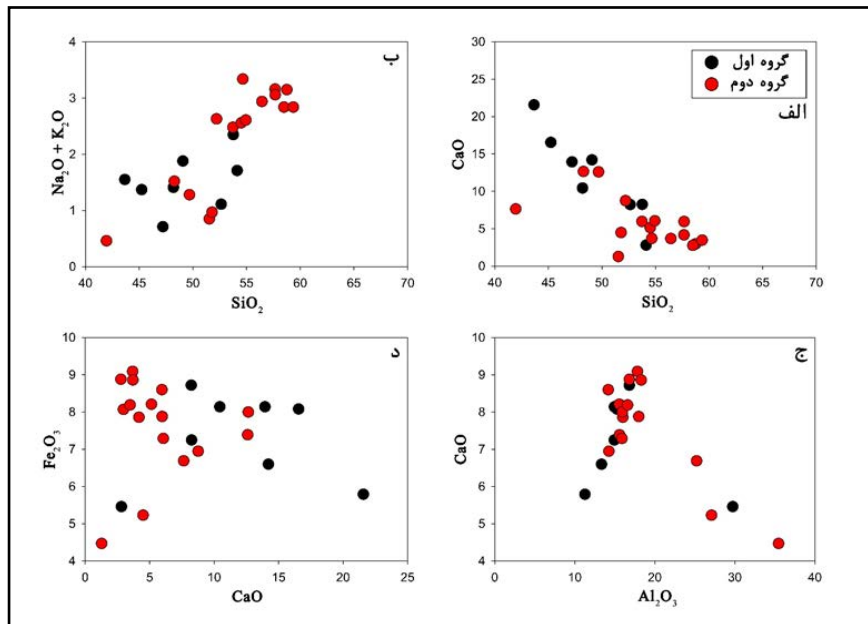
در نمودار ۴: ج، با افزایش جزئی در میزان  $Al_2O_3$  کاهش قابل توجهی در میزان CaO مشاهده می‌شود؛ اگرچه در چهار نمونه این رابطه وجود ندارد و افزایش میزان قابل توجه  $Al_2O_3$  با کاهش چشمگیر میزان CaO همراه است. از سوی دیگر، تفاوت آشکاری در میزان CaO در نمونه‌های گروه اول در این نمودار مشاهده می‌شود، در حالی که این تفاوت در بیشتر نمونه‌های گروه دوم مشابه است؛ اگرچه در تعداد کمی از نمونه‌ها مقدار CaO متفاوت است. در مجموع می‌توان بیان نمود که با افزایش میزان  $Al_2O_3$  در نمونه‌های سفالی محوطه‌ی ده‌دومن (دو گروه)، میزان CaO کاهش می‌یابد که در برخی نمونه‌ها از رابطه‌ی مشخصی تبعیت نمی‌کند.

در شکل ۴: د، نمودار پراکندگی نشان می‌دهد که هیچ رابطه‌ی مشخصی بین میزان CaO و  $Fe_2O_3$  در ترکیب کلیه‌ی نمونه‌های سفالی وجود ندارد. در حقیقت، در برخی نمونه‌ها با افزایش میزان CaO، مقدار جزء دیگر کاهش یافته در حالی که در برخی دیگر از نمونه‌ها این رابطه برعکس است. از سوی دیگر، نمونه‌های گروه اول هیچ‌گونه مشابهتی را نمایش نمی‌دهند، در حالی که نمونه‌های گروه دوم را می‌توان به دو دسته‌ی متفاوت تقسیم نمود: نمونه‌هایی که با افزایش میزان CaO در آن‌ها، مقدار  $Fe_2O_3$  نیز افزایش می‌یابد و نمونه‌هایی که برخلاف آن‌ها، با کاهش میزان CaO، میزان  $Fe_2O_3$  افزایش می‌یابد. این موضوع به خوبی نشان‌دهنده‌ی عدم ارتباط بین این دو جزء اندازه‌گیری شده در ترکیب نمونه‌ها است.

همان‌گونه که پیش از این ذکر شد، مقطع نازک (و همچنین مقطع شکستگی) نمونه سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن بیانگر دو نوع متفاوت از ساختار از نقطه نظر ظاهری است. گروه اول، شامل سفال‌های با زمینه‌ی زرد روشن یا نخودی شامل ۸ نمونه و گروه دوم شامل سفال‌های زمینه‌ی تیره شامل ۱۶ نمونه که رنگ آن‌ها در لایه‌های سطحی داخلی و خارجی نخودی، قرمز یا قهوه‌ای روشن است؛ در حالی که ساختار درونی آن‌ها کاملاً تیره و نزدیک به سیاه است (ر. ک. به: جدول ۱). این تفاوت به خوبی در تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک نمونه‌ها نیز دیده می‌شود.



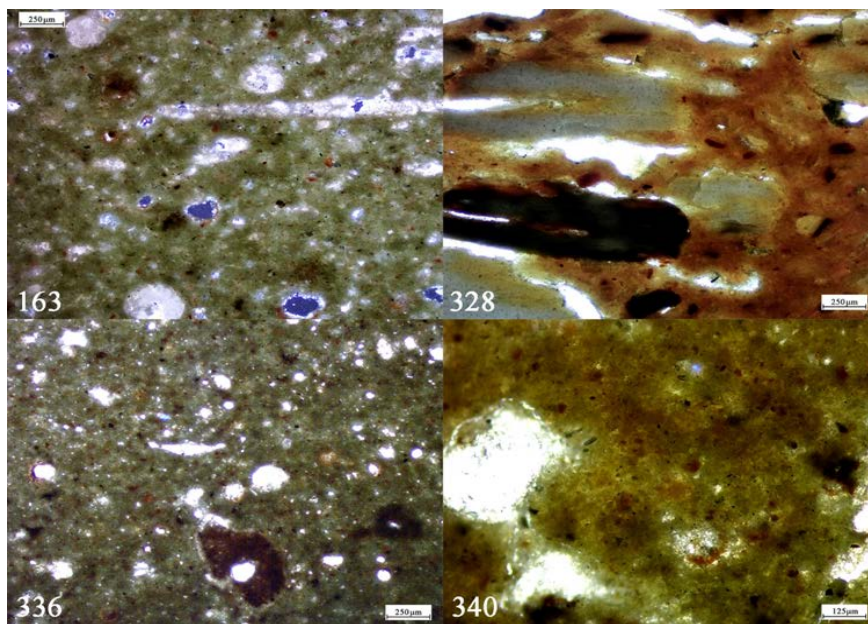
► شکل ۳. نمودار ستونی میزان CaO در ترکیب نمونه‌های دو گروه سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن (نگارندگان، ۱۳۹۷).



شکل ۴. الف) نمودار پراکنندگی  $\text{SiO}_2$  در برابر  $\text{CaO}$ ، ب)  $\text{SiO}_2$  در برابر  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ، ج)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در برابر  $\text{CaO}$  و د)  $\text{CaO}$  در برابر  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  براساس نتایج آنالیز XRF نمونه‌های سفالی محوطه‌ی ده‌دومن (نگارندگان، ۱۳۹۷). ◀

ساختار میکروسکوپی سفال در بسیاری از نمونه‌ها شامل زمینه‌ی<sup>۱۱</sup> (بافت<sup>۱۲</sup>) ریزدانه همراه با ذرات پرکننده در ابعاد متفاوت است. زمینه‌ی این نمونه‌ها حاوی ذرات بسیار ریزرس (احتمالاً همراه با فلدسپات‌ها) است. ذرات بزرگ پرکننده شامل قطعات کلسیت است. فاز کوارتز و ذرات قرمز رنگ کوچک یا بزرگ (احتمالاً تجمع فاز هماتیت) پراکنده در زمینه‌ی رسی برخی نمونه‌ها قابل مشاهده هستند (Quinn, 2013; Cultrone et al., 2014). همچنین حفره‌های بزرگی در ساختار آن‌ها دیده می‌شوند که می‌توانند به دلیل استفاده از گیاه (برای مثال: کاه) به عنوان پرکننده و سوختن آن در زمان حرارت‌دهی سفال (بافت پر شده با گیاه<sup>۱۳</sup>) باشند (شکل‌های ۵ و ۶)، (Burke et al., 2017).

در بسیاری از نمونه‌های گروه دوم، ساختار سفال شامل دو لایه‌ی تیره و روشن است (شکل ۶). در تصاویر میکروسکوپی، تفاوت رنگ زمینه در نواحی بیرونی و داخلی سفال به خوبی قابل مشاهده است؛ به شکلی که لایه‌های نزدیک به سطح دارای زمینه‌ای قرمز-نارنجی هستند، در حالی که زمینه‌ی بخش داخلی سفال تیره (نزدیک به سیاه) است. حفره‌های بزرگ کشیده (تخلخل زیاد) در ساختار این نمونه‌ها به خوبی قابل مشاهده است، به شکلی که در برخی موارد اندازه‌ی طول حفره نزدیک به یک میلی‌متر است. ذرات بسیار کوچک کوارتز و کانی‌های فلدسپاتی در زمینه‌ی رسی سفال پراکنده هستند؛ همچنین دانه‌های کلسیت درشت یا ریزدانه نیز در زمینه‌ی رسی پراکنده‌اند (Fabbri et al., 2014; Quinn, 2013; Reedy, 2008). اندازه‌ی برخی ذرات کلسیت به بیش از ۵/۰ میلی‌متر می‌رسد. قطعات کلسیت دارای کلیواژ<sup>۱۴</sup> مشخص هستند و آن‌ها را می‌توان حاصل خرد کردن سنگ کربناتی و ایجاد قطعات ریز جهت استفاده به عنوان پرکننده دانست. این ذرات به دلیل وجود لبه‌های زاویه‌دار به عنوان ذرات کلسیت مصنوعی<sup>۱۵</sup> شناخته می‌شوند (شکل ۶)، (Fabbri et al., 2014; Quinn, 2013).



► شکل ۵. تصاویر پتروگرافی از چند نمونه از سفال‌های گروه اول که نشان‌دهنده‌ی زمینه‌ی رسی ریزدانه، حفارت زیاد و حضور آخال‌های کوچک و بزرگ رسی و کلسیتی است (نگارندگان، ۱۳۹۷).

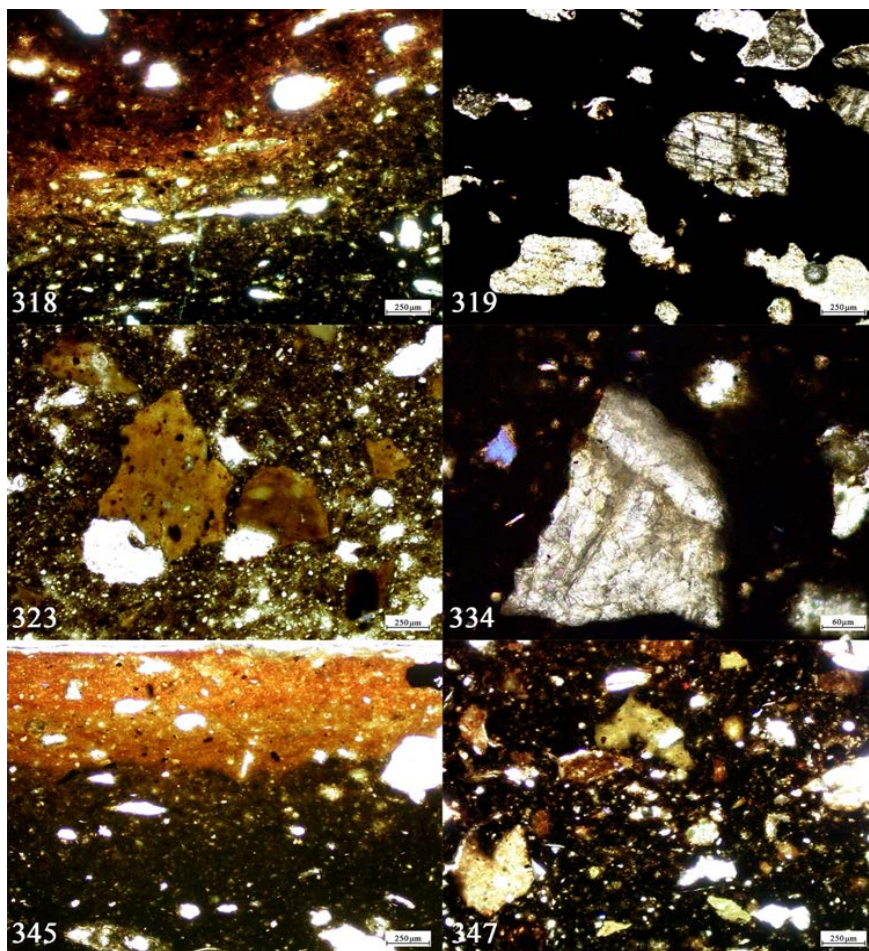
در برخی نمونه‌ها ذرات بزرگ مشاهده شده در تصویر با بزرگنمایی‌های مختلف، احتمالاً آخال‌های غنی از رس هستند که در زمان تولید سفال شکل گرفته و به همین شکل باقی مانده‌اند. آخال‌های<sup>۱۶</sup> بزرگ نسبتاً گرد تیره با چگالی بالای پراکنده در زمینه‌ی رسی ریزدانه، گلوله‌های رسی<sup>۱۷</sup> هستند (شکل ۶)، (Quinn, 2013: 92; Whitbread, 1986). آخال‌های حاوی رس (یا آخال‌های شکل پذیر<sup>۱۸</sup>) در کل شامل چهار دسته هستند: قطعات سنگی حاوی رس<sup>۱۹</sup> (ARF)، خُرده‌ی سفال<sup>۲۰</sup> یا شاموت<sup>۲۱</sup>، گلوله‌های رسی (یا آخال‌های رسی طبیعی) و پرکننده‌های رسی (افزوده شده توسط سفالگر)، (Breakmans et al., 2017; Quinn, 2013; Whitbread, 1986).

مشاهدات میکروسکوپی ۲۴ نمونه‌ی سفال محوطه‌ی ده‌دومن نشان می‌دهد که باوجود داشتن تفاوت‌هایی در بافت نمونه‌ها، درمجموع ساختار و بافت نسبتاً مشابهی دارند که به شرح ذیل است:

- کلیه‌ی نمونه‌ها دارای بافت زمینه‌ی رسی ریزدانه هستند که در برخی نمونه‌ها روشن و در بیشتر نمونه‌ها تیره است. این زمینه‌ی ریزدانه‌ی رسی به شکلی است که امکان مشاهده‌ی ذرات و دانه‌های کانی‌های رسی تشکیل‌دهنده‌ی آن در تصاویر میکروسکوپی به خوبی وجود ندارد.

- حفره‌های کوچک و بزرگ زیادی در بافت سفال‌های مورد مطالعه وجود دارد که بیشتر آن‌ها حاصل سوختن پرکننده‌های گیاهی در زمان حرارت‌دهی سفال هستند. البته در برخی نمونه‌ها، اندازه‌ی حفره‌ها بسیار کوچک است که می‌تواند به دلیل عدم استفاده از پرکننده‌ی گیاهی (برای مثال: کاه) باشد، اما در اکثر نمونه‌ها از پرکننده‌ی گیاهی در خمیره‌ی سفال استفاده شده است.

- در تمامی نمونه‌ها ذرات ریز کوارتز به عنوان آخال مشاهده می‌شوند. با توجه به این‌که این ذرات ریزدانه هستند به احتمال زیاد کوارتز در خاک رس استفاده شده برای تولید سفال وجود داشته است که موجب شده در بافت سفال‌ها نیز به وفور وجود



شکل ۶. تصاویر پتروگرافی از چند نمونه از سفال‌های گروه دوم که نشان‌دهنده‌ی ساختار ساندویچ‌مانند، زمینه‌ی رسی ریزدانه، حفره‌های زیاد و حضور آخال‌های نسبتاً بزرگ رسی و قطعات کلسیتی بزرگ با لبه‌های تیز است (نگارندگان، ۱۳۹۷). ◀

داشته باشد. در عین حال، ذرات درشت ماسه‌ی حاوی فلدسپات‌ها و دیگر کانی‌های سیلیکاتی نیز در برخی نمونه‌ها مشاهده می‌شوند.

- قطعات کوچک و بزرگ کلسیت یا خرده‌های سنگ آهک را می‌توان تقریباً در تمامی نمونه‌ها مشاهده نمود. با توجه به شکل متفاوت این ذرات (قطعات) که شامل قطعات با لبه‌ی زاویه‌دار و لبه‌ی گرد هستند، می‌توان گفت که قطعات کربناتی (کلسیتی) موجود در سفال‌ها منشأ متفاوتی دارند که شامل افزودن عمدی پودر یا خرده‌های سنگ آهک توسط سفالگر (قطعات زاویه‌دار) و حضور ذرات کلسیت در ترکیب خاک استفاده شده جهت تولید خمیره‌ی سفال (قطعات گرد) دارد.

- تفاوت در رنگ زمینه‌ی سفال‌های دو گروه محوطه‌ی ده‌دومن، به خوبی در تصاویر میکروسکوپی نمونه‌ها نیز قابل مشاهده است. موضوع مهم تفاوت رنگ در ناحیه‌ی سطحی و درونی نمونه‌های گروه دوم (ساختار لایه‌ای) است که در تصاویر نیز بافت زمینه‌ی لایه‌ی سطحی به رنگ قرمز-نارنجی و لایه‌ی داخلی به رنگ تیره دیده می‌شوند.

مطالعات آزمایشگاهی بر روی ترکیب شیمیایی، ترکیب فازی و ریزساختار ۲۴ نمونه‌ی سفال متعلق به گورستان عصر مفرغ ده‌دومن، نتایج قابل توجهی را جهت شناسایی روش تولید سفال‌های مکشوف در این محوطه ارائه نمود.

از نقطه نظر ترکیب شیمیایی و ساختاری، بیشتر سفال‌های آنالیز شده نسبتاً با یکدیگر مشابهند، اگرچه تفاوت‌هایی در چند نمونه مشاهده می‌شود؛ برای مثال: میزان CaO در ترکیب نمونه‌ها به شدت متغیر است. براساس نتایج آنالیز XRF و مشاهدات میکروسکوپی، کلسیت به عنوان فاز اصلی و به صورت ذرات و قطعات کوچک و بزرگ سنگ آهک در ساختار اکثر نمونه‌ها وجود دارد. حضور کلسیت (به شکل خرده‌های سنگ آهک) در ساختار نمونه‌ها بیانگر افزودن عمدی سنگ آهک خرد شده به عنوان پرکننده‌ی معدنی به خاک سفال توسط سفالگراست.

تفاوت اصلی در سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن را می‌توان در ریزساختار آن‌ها مشاهده نمود؛ جایی‌که در اولین نگاه دو گروه متفاوت از سفال را می‌توان مشخص نمود. همان‌گونه که پیش از این ذکر شد، گروه اول سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن ساختاری یک‌نواخت دارند که شامل بافت سفال با رنگ نخودی است. از سوی دیگر، ساختار گروه دوم نمایش‌دهنده‌ی یک ساختار لایه‌ای (مغز سیاه<sup>۲۲</sup> یا ساندویچ‌مانند<sup>۲۳</sup>) است که شامل لایه‌ی بیرونی به رنگ قرمز-نارنجی و لایه‌ی داخلی به رنگ تیره (سیاه) است. در مورد تشکیل ساختار لایه‌ای در سفال‌های باستانی نظرات مختلفی وجود دارد (Maritan et al., 2006; Nodari et al., 2004; Noghani et al., 2014):

- نسبت  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  بالا، به خصوص در حضور مگنتیت<sup>۲۴</sup> ( $Fe_3O_4$ ) یا ووستیت<sup>۲۵</sup> (FeO) در ترکیب خمیر سفالگری.

- حضور ذرات کربن سوخته نشده در ساختار سفال.
- حرارت‌دهی سفال در شرایط احیاء با یک مرحله‌ی سرد کردن در شرایط اکسیداسیون.
- حرارت دادن خاک رس غنی از مواد آلی در شرایط اکسیداسیون.

با توجه به حضور میزان قابل توجه کلسیت اولیه در ساختار بیشتر نمونه‌ها، می‌توان گفت که سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن تحت تأثیر حرارت در دمای بالا قرار نگرفته‌اند. با توجه به این‌که ترکیبات کربناتی مانند کلسیت در دمای ۷۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تجزیه می‌شوند، دمای تخمین زده شده برای پخت سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن کمتر از ۷۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در محیط و شرایط اکسیداسیون است. از سوی دیگر، برخی تأثیرات دمای بالاتر پخت را می‌توان در ساختار برخی نمونه‌ها مشاهده نمود؛ مانند تغییر رنگ دانه‌های کربناتی و تیره شدن آن‌ها می‌تواند به دلیل تأثیر دمای بالاتر از حد تخمین زده شده باشد (Cultrone et al., 2014; De) (Bonis et al., 2014). همچنین اندازه‌ی دانه‌های کلسیت در تجزیه‌ی آن تحت تأثیر دما مؤثر است؛ به شکلی که در صورت بزرگ بودن ذرات و قطعات کربناتی، دمای تجزیه کربنات‌ها ممکن است تا حدود ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد (Fabbri et al., 2014)؛ از سوی دیگر، حضور هماتیت در ساختار برخی نمونه‌ها به صورت تجمیع فازهای قرمز رنگ در تصاویر میکروسکوپی می‌تواند نشان‌دهنده‌ی دمای پخت حدود ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد (Maritan et al., 2006).

مطالعات محدودی بر روی کیفیت خاک ناحیه‌ی جنوب زاگرس، شامل استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و فارس انجام شده است که بیشتر هدف آن‌ها مطالعه‌ی ویژگی‌های خاک از نقطه نظر فیزیکی و شیمیایی به منظور فعالیت‌های

مختلف صنعتی و کشاورزی بوده است. مطالعات انجام شده بر روی ماهیت شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خاک رس در استان کهگیلویه و بویراحمد و نواحی اطراف آن، نشان می‌دهد که میزان کانی کلسیت یا کربنات کلسیم در کنار کانی‌های مختلف رسی در خاک نواحی مختلف این منطقه (شامل استان کهگیلویه و بویراحمد و همچنین فارس) نسبتاً بالا است؛ همچنین خاک این نواحی از نظر pH تاحدی قلیایی است. از سوی دیگر، آنالیز دانه‌بندی خاک نشان می‌دهد که میزان ماسه، سیلت و رس در خاک نواحی مختلف متفاوت است که موجب می‌شود تا خاک منطقه دارای کیفیت متفاوت و حاوی کانی‌های مختلف شامل رس‌ها و همچنین ترکیبات سیلیکاتی مختلف با اندازه‌ی ذرات متفاوت در آن باشد (اولیایی، ۱۳۹۲؛ Owliaie et al 2006)؛ همچنین میزان پتاسیم موجود در خاک نواحی ذکر شده (کهگیلویه و بویراحمد و فارس) نسبتاً بالاست که می‌تواند بیانگر حضور کانی‌های سیلیکاتی پتاسیم‌دار در خاک باشد (صدری و همکاران، ۱۳۹۵؛ Najafi Ghiri et al., 2010; Najafi Ghiri et al., 2011). نتایج آنالیز XRF نمونه‌های سفال محوطه‌ی ده‌دومن (جدول ۲) نیز نشان‌دهنده‌ی میزان قابل توجه پتاسیم (به صورت  $K_2O$ ) در ترکیب برخی از نمونه‌ها است.

از سوی دیگر، همان‌گونه که ذکر شد، مطالعات انجام شده بر روی فناوری سفال‌های پیش‌ازتاریخ در ایران به تعدادی مطالعات آزمایشگاهی موردی محدود می‌شود. بر این اساس، امکان مقایسه‌ی کلی فناوری تولید سفال در نواحی مختلف با توجه به ترکیب شیمیایی و ساختاری سفالی‌های باستانی مکشوف از محوطه‌های مختلف وجود ندارد. با این وجود مطالعات انجام شده بر روی سفال‌های نواحی جنوب و جنوب غرب ایران، مانند: تپه‌ی رحمت‌آباد (Marghussian et al., 2009) و هفت‌تپه و چغازنبیل (Emami et al., 2012; Emami, 2012) نشان می‌دهد که اگرچه ترکیب شیمیایی سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن تاحدی با سفال‌های محوطه‌های ذکر شده مشابهت دارد، اما تفاوت در میزان اجزاء مختلف به خصوص  $CaO$ ،  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  در نمونه‌های محوطه‌ی ده‌دومن دامنه‌ی بیشتری را شامل می‌شود و مشابهت ترکیب شیمیایی سفال‌های محوطه‌های ذکر شده (به‌عنوان مثال‌هایی از سفالگری پیش‌ازتاریخ و عیلام) بیشتر از سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن است. این امر می‌تواند بیانگر یک فناوری محلی و غیرپیشرفته با استفاده از مواد اولیه‌ی محلی یا استفاده از منابع مختلف جهت تولید سفال باشد.

وجود مشابهت‌های بسیار زیاد بین اشیاء کشف شده از گورستان عصر مفرغ ده‌دومن با اشیاء مختلف مکشوف از شوش و جنوب غرب ایران، به خوبی بیانگر ارتباط فرهنگی بین این محوطه با ناحیه‌ی جلگه‌ی خوزستان در هزاره‌ی سوم قبل از میلاد است. از سوی دیگر، همان‌گونه که پیش از این ذکر شد، گورهای کشف شده در محوطه‌ی باستانی ده‌دومن از نظر گونه‌شناسی بسیار مشابه با گورهای مشکوف از محوطه‌های عصر مفرغ قدیم و میانی ناحیه‌ی پشتکوه لرستان، مانند بنی‌سرمه و کله‌نسر هستند (Begemann et al., 2008; Haerinck et al., 2008).

Haerinck et al., 2006; Potts, 2013) که خود بیانگر نوع دیگری از ارتباط یا مشابهت فرهنگی بین زاگرس چین‌خورده (ناحیه‌ی قرارگیری محوطه‌ی ده‌دومن) با زاگرس مرکزی (لرستان) است.

براساس موارد ذکر شده در بالا، می‌توان نتیجه گرفت که منشأ مواد فرهنگی (به خصوص سفال) مکشوف از محوطه‌ی گورستان ده‌دومن را می‌توان از دو منظر مورد توجه قرار داد:

- سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن اشیاء وارداتی هستند که احتمالاً توسط اقوام کوچ‌رو در هزاره‌ی سوم قبل از میلاد از ناحیه‌ی دشت شوشان به این منطقه وارد شده‌اند و به‌عنوان اشیاء آیینی در گورها قرار داده شده‌اند.

- سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن حاصل فعالیت‌های صنعتی محلی هستند که توسط اقوام کوچ‌رو در زمان استقرار در این منطقه و با استفاده از مواد اولیه‌ی محلی (خاک منطقه) و به سبک سفالگری دشت شوشان (تحت تأثیر سفالگری هزاره‌ی سوم قبل از میلاد شوشان) تولید شده‌اند.

در حقیقت، هر دو گزینه را می‌توان در حال حاضر محتمل دانست، زیرا تعیین این‌که سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن چه منشأیی دارند، نیازمند انجام مطالعات گسترده‌تری است که خارج از محدوده‌ی این پژوهش است؛ برای مثال، مطالعات آزمایشگاهی باید بر روی سفال‌های هزاره‌ی سوم قبل از میلاد دشت شوشان و محوطه‌ی باستانی شوش انجام شود تا امکان مقایسه بین ریزساختار و ترکیب شیمیایی آن‌ها با سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن حاصل شود. با توجه به گذر زمان و همچنین عدم شناسایی استقرارهای مرتبط با گورستان ده‌دومن، امکان مطالعه‌ی منابع خاک محلی نیز در حال حاضر وجود ندارد؛ زیرا محل احتمالی تولید سفال در اطراف گورستان ده‌دومن یا ناحیه‌ی اطراف آن وجود ندارد. با این وجود، احتمال این‌که سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن با استفاده از یک منبع ماده‌ی اولیه (خاک) تولید شده باشند، بسیار محتمل‌تر است؛ همچنین استفاده از خرده‌های سنگ آهک به‌عنوان پرکننده در شاموت سفال‌های مطالعه شده، می‌تواند احتمالاً بیانگر این مطلب باشد که سفال‌های گورستان ده‌دومن حاصل یک فناوری و صنعت محلی هستند؛ زیرا این گورستان در ناحیه‌ی زاگرس چین‌خورده قرار دارد که دارای منابع گسترده‌ی سنگ آهک است که می‌توانسته به‌عنوان منبع خرده‌سنگ‌های آهکی (ماده‌ی پرکننده) جهت تولید این سفال‌ها استفاده شده باشد.

### نتیجه‌گیری

مطالعات آزمایشگاهی بر روی سفال‌های عصر مفرغ محوطه‌ی باستانی ده‌دومن واقع در جنوب غرب ایران، به منظور شناسایی شیوه‌ی ساخت و فناوری تولید سفال در آن دوره انجام شد. این مطالعات با استفاده از آنالیز شیمیایی جهت شناسایی اجزاء اصلی و فرعی ترکیب و عناصر کمیاب موجود در ترکیب نمونه‌های سفالی مورد مطالعه و همچنین مطالعات میکروسکوپی به منظور مشاهده‌ی ریزساختار این محوطه، بر روی ۲۴ نمونه‌ی اشیاء سفالی مطالعاتی انجام شد.

نتایج آنالیزهای شیمیایی، نشان داد که نمونه‌های مورد مطالعه را می‌توان به دو دسته‌ی سفال‌های کم‌کلسیم (حاوی کمتر از ۶ درصد CaO) و پُرکلسیم (حاوی بیش از ۶ درصد CaO) تقسیم‌بندی نمود. جدای از میزان متغیر کلسیم (CaO) در ترکیب نمونه‌ها، دیگر اجزاء اصلی و فرعی موجود در ترکیب سفال‌های آنالیز شده تقریباً با یکدیگر مشابه هستند و نوسان مقدار دیگر اجزاء، مانند  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  (به جز در برخی نمونه‌ها) در مقایسه با میزان CaO کمتر است. با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها، می‌توان بیان نمود که به جز چند نمونه، بیشتر سفال‌های آنالیز شده از نقطه نظر ترکیب شیمیایی مشابه هستند و تنها می‌توان میزان CaO را به عنوان یک متغیر مهم و تأثیرگذار در ترکیب نمونه‌ها مورد توجه قرار داد. مشاهدات ساختاری ماکروسکوپی و میکروسکوپی نشان دهنده‌ی وجود دو گروه متفاوت از سفال از نقطه نظر ظاهری در محوطه‌ی ده‌دومن است. گروه اول، شامل سفال‌های نخودی یک‌نواخت و گروه دوم شامل سفال‌های دارای ساختار ساندویچ‌مانند (لایه‌ای) هستند. این دو گروه از نقطه نظر ترکیب شیمیایی با یکدیگر متفاوت نیستند و نمی‌توان آن‌ها را به عنوان دو نوع سفال متفاوت از نظر شیمیایی تلقی نمود. تشکیل ساختار ساندویچ‌مانند را می‌توان به عدم ایجاد شرایط اکسیداسیون کامل در فضای کوره در زمان پخت سفال و همچنین تأثیر وجود مواد آلی در ترکیب خاک استفاده شده برای تولید سفال نسبت داد. با توجه به وجود تعداد زیاد منافذ کشیده و بزرگ در ساختار سفال‌های محوطه‌ی ده‌دومن، می‌توان گفت که از پرکننده‌های گیاهی، مانند کاه در آماده‌سازی خمیر سفالگری (گل سفال) استفاده شده است. بر این اساس، حضور مواد آلی و شرایط اکسیداسیون ناقص، موجب ایجاد شرایط احیاء در داخل ساختار سفال‌های گروه دوم شده است که این پدیده منجر به شکل‌گیری ساختار ساندویچ‌مانند شامل لایه‌های سطحی قرمز-نارنجی حاوی هماتیت و همچنین لایه‌ی داخلی تیره شده که احتمالاً حاوی کانی‌هایی مانند مگنتیت یا هرسینیت است. در مجموع می‌توان بیان نمود که فرآیند تولید سفال در عصر مفرغ در محوطه‌ی ده‌دومن، شامل استفاده از منابع خاک رس ریزدانه با کیفیت متوسط (احتمالاً محلی)، افزودن پرکننده‌های معدنی و گیاهی جهت آماده‌سازی خمیر سفالگری و پخت سفال در شرایط معمولی و در کوره‌های ساده بوده است که موجب ایجاد تفاوت در رنگ و بافت سفال‌های تولید شده در این محوطه شده است. بنابراین، فناوری تولید سفال در این محوطه را می‌توان یک فناوری نسبتاً ابتدایی و محلی دانست که، اگرچه براساس شواهد باستان‌شناسی مشابهت‌های زیادی از نظر ظاهری و گونه‌شناسی به نواحی پیشرفته‌تر هم‌دوره، مانند دشت شوشان و غرب ایران در هزاره‌ی سوم قبل از میلاد دارد؛ در عین حال، احتمال وارداتی بودن سفال‌های محوطه و به خصوص سفال‌های نخودی را نیز می‌توان مورد توجه قرار داد.

### سپاسگزاری

نویسندگان از دکتر محمودرضا ثقفی (معاون پژوهش و فناوری) و دکتر امیرحسین کریمی (مدیر امور پژوهش دانشگاه هنر اصفهان) برای کمک‌هایشان در پیش‌برد این



پروژه سپاسگزاری می‌نمایند. این پروژه با حمایت مالی مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی بین‌المللی (CISSC) انجام شده است.

## پی‌نوشت

1. Thin Section
2. X-ray Fluorescence
3. Major Elements
4. Minor Elements
5. Detection Limit
6. Loss on Ignition
7. Ca-poor
8. Non-calcareous
9. Ca-rich
10. Calcareous
11. Matrix
12. Fabric
13. Vegetal Tempered Fabric
14. Cleavage
15. Artificial Calcite Fragments
16. Inclusion
17. Clay Pellet
18. Plastic Inclusions
19. Argillaceous Rock Inclusions
20. Grog
21. Chamotte
22. Black Core
23. Sandwich Structure
24. Magnetite
25. Wüstite

## کتابنامه

- اولیایی، حمیدرضا، ۱۳۹۲، «مقایسه چهار روش متداول برای اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل در برخی خاک‌های استان کهگیلویه و بویراحمد». مجله‌ی مدیریت خاک، سال دوم، شماره‌ی دوم، صص: ۱۳-۲۲.
- باقرزاده‌کتیری، مسعود؛ قربانی، حمیدرضا؛ و نظریه، یاسر، ۱۳۹۴، «شناسایی و تحلیل بستر آثار سفالی برمبنای بقایای محیط دفن (بررسی موردی سفالینه‌های خاکستری منسوب به عصر آهن)». پژوهش‌های باستان‌سنجی، سال اول، شماره‌ی اول، صص: ۳۱-۴۵.
- رحیمی‌سرخنی، رقیه؛ نیکنامی، کمال‌الدین؛ و اسلامی، معین، ۱۳۹۵، «سفال‌های غیردالمایی در بستر دالمایی: تشخیص باستان‌شناختی و توضیح آزمایشگاهی نمونه‌ی موردی: سه‌چای تپه زنگان». مطالعات باستان‌شناسی، سال ۸، شماره‌ی ۲، صص: ۵۳-۷۰.
- رضوانی، حسن؛ روستایی، کوروش؛ آزادی، احمد؛ قزلباش، ابراهیم، ۱۳۸۶، «گزارش نهایی کاوش‌های باستان‌شناختی گورستان لما یاسوج، کهگیلویه و بویراحمد». سلسله گزارش‌های باستان‌شناسی ۱۲، تهران: پژوهشکده باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث فرهنگی.
- صدری، نیلوفر؛ اولیایی، حمیدرضا؛ ادهمی، ابراهیم؛ و نجفی‌قیری، مهدی، ۱۳۹۵، «ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با کانی‌های رسی و تکامل خاک در برخی خاک‌های استان فارس». نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۰،

شماره‌ی اول، صص: ۱۷۲-۱۸۵.

- طلایی، حسن؛ علی‌یاری، احمد؛ تقی‌ذوقی، یاسمن، ۱۳۸۸، «بررسی فن‌آوری سفالگری هزاره‌ی پنجم قبل‌ازمیلاد با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی XRD و XRF در شمال مرکزی ایران». مطالعات باستان‌شناسی، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۱، صص: ۶۵-۸۴.

- قزلباش، ابراهیم؛ جعفری، محمدجواد؛ رجبی، نوروز؛ محمدخانی، کوروش، ۱۳۹۵، «کاوش باستان‌شناختی گورستان تاج‌امیر یاسوج». مطالعات باستان‌شناسی، دوره‌ی ۸، شماره‌ی ۱۳، صص: ۱۷۱-۱۹۰.

- محمدی‌فر، یعقوب؛ و عرب، احمدعلی، ۱۳۹۲، «مطالعه ترکیب سفال کلینکی دوره‌ی اشکانی منطقه‌ی همدان با استفاده از سه روش: XRF، PIXE و XRD با هدف تعیین میزان تشابه و تمایز». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دوره‌ی سوم، شماره‌ی ۴، صص: ۵۷-۷۶.

ناصری، رضا، ۱۳۹۱، «گزارش توصیفی مقدماتی اولین فصل کاوش نجات بخشی در محوطه و گورستان ده پایین (ده دومن)». تهران: پژوهشکده باستان‌شناسی (منتشر نشده).

ناصری، رضا؛ ملکزاده، مهرداد؛ سعیدیان، سعدی؛ خانی‌پور، مرتضی؛ ابراهیمی، موسی، ۱۳۹۳، «کاوش نجات بخشی محوطه و گورستان باستانی ده دومن (ده پایین)، سد خرسان ۳». مجموعه مقاله‌های کوتاه دوازدهمین گردهم‌آیی سالانه باستان‌شناسی ایران، تهران: انتشارات پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری، صص: ۴۲۳-۴۲۶.

- نوغانی، سمیه؛ امامی، سید محمدامین، ۱۳۹۰، «ساختارشناسی سفال کلینکی متعلق به دوران پارتنی براساس مطالعات آرکتومتریکی (باستان‌سنجی)». مجله‌ی مطالعات باستان‌شناسی، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۲، صص: ۱۵-۳۴.

- Begemann, F.; Haerincq, E.; Overlaet, B.; Schmitt-Strecker, S. & Tallon, F., 2008, "An Archaeo-Metallurgical Study of the Early and Middle Bronze Age in Luristan, Iran". *Iranica Antiqua*, XLIII, pp. 1-66.

- Breakmans, D. & Degryse, P., 2017, *Petrography, Optical Microscopy, in The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*. A. M. W. Hunt (Ed.), Oxford University Press, Oxford.

- Burke, C.; Day, P. M. & Pullen, D. J., 2017, *The Contribution of Petrography to Understanding the Production and Consumption of Early Hellenistic Ceramics from Nemea, Main land Greece, in Investigative Approaches in Ceramic Petrography*. M. Ownby, I. Druc, M. Masucci (Eds.), University of Utah Press, Salt Lake City.

- Cultrone, G.; Molina, E. & Arizzi, A., 2014, "The combined use of petrographic, chemical and physical techniques to define the technological features of Iberian ceramics from the Canto Tortoso area (Granada, Spain)". *Ceramics International* 40, pp.10803-10816.

- De Bonis, A.; Cultrone, G.; Grifa, C.; Langella, A. & Morra, V., 2014, "Clays from the Bay of Naples (Italy): New insight on ancient and traditional ceramics". *Journal of the European Ceramic Society*, 34, pp. 3229-3244

- Eftekhari, N.; Holakooei, P.; Sayyadshahri, H. & Vaccaro, C., 2018, "Four shades of black: Non-invasive scientific studies on the painted potteries from Shahr-i Sokhta, eastern Iran". *Journal of Archaeological*

*Science: Reports*, 22, pp. 100-107.

- Eftekhari, N.; Vaccaro, C. & Thun Hohenstein, U., 2013, *Micro-Raman spectroscopy study of pigments used on the potteries of Shahr-i Sūkhté (Fourth to Third millennium B.C.), South-East Iran*. EMAC 2013, 12th European Meeting on Ancient Ceramics, Padova.

- Eftekhari, N., 2017, "Analisi mineralogiche petrografiche per lo studio archeometrico delle ceramiche del sito archeologico di Shahr-i Sokhta (la città bruciata) del sud-est dell'Iran". PhD Thesis, University of Ferrara.

- Emami, M., 2012, *QXRD, XRF and optical microscopy applied to characterization and provenance of ancient ceramics from Haft Tepeh (1500 – 1150 B.C.), southwest Iran*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 37.

- Emami, M.; Sakali, Y.; Pritzel, Ch. & Trettin, R., 2016, "Deep inside the ceramic texture: A microscopic–chemical approach to the phase transition via partial-sintering processes in ancient ceramic matrices". *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, Vol. 4, Issue 1, pp. 11-19

- Emami, M. & Trettin, R., 2012, "Mineralogical and chemical investigations on the ceramic technology in Čogā Zanbil, (Iran, 1250 B.C.)". *Periodico di Mineralogia*, 81, 3, pp. 359-377.

- Fazeli, H.; Coningham, R. A. E. & Pollard, A. M., 2001, "Chemical Characterisation of Late Neolithic and Chalcolithic Pottery from the Tehran Plain, Iran". *Iran*, Vol. 39, pp. 57-71.

- Fabbri, B.; Gualtieri, S. & Shoal, S., 2014, "The presence of calcite in archeological ceramics". *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 34, pp. 1899-1911.

- Ghasemi, P. & Watson, G., 2014, "The Khersan 3 archaeological survey: New insights into settlement patterns in the Zagros folding zone from hydro-dam project archaeology". *Ancient Near Eastern Studies* 51, pp. 167-211.

- Haerinck, E. & Overlaet, B., 2008, *Luristan Excavation Documents Vol. VII: The Kalleh Nisar Bronze Age Graveyard in Pusht-i Kuh, Luristan*, Acta Iranica, 46, Peeters Publishers, Leuven.

- Haerinck, E. & Overlaet, B., 2006, *Luristan Excavation Documents Vol. VI: Bani Surmah: An Early Bronze Age Graveyard in Pusht-i Kuh, Luristan*, Acta Iranica, 43, Peeters Publishers, Leuven.

- Henderson, J., 2000, *The Science and Archeology of Materials, An investigation of inorganic materials*. Routledge, New York.

- Jafari, M. J., 2013, "Report of the third season of archaeological excavation at Lama Cemetery, Iran". *Iranian Archaeology*, 4, pp. 58–78.

- Javanshah, Z., 2018, "Chemical and Mineralogical Analysis for Provenancing of the Brobze Age Pottery from Shahr-I Sokhta, South Eastern Iran". *Scientific Culture*, Vol. 4, No. 1, pp. 83-92.

- Kamilli, D. C. & Lamberg-Karlovsky, C. C., 1979, "Petrographic and electron microprobe analysis of ceramics from tepe Yahya, Iran". *Archaeometry*, 21, 1, pp. 47-59.

- Maniatis, Y. & Tite, M. S., 1981, "Technological examination of Neolithic-Bronze Age pottery from central and southeast Europe and from the Near East". *Journal of Archaeological Science* 8, pp. 59–76.

- Marghussian, A. K.; Coningham, R. A. E. & Fazeli, H., 2017, "The

Evolution of Pottery Production During The Late Neolithic Period at Sialk On The Kashan Plain, Central Plateau of Iran". *Archaeometry*, 59, pp. 222-238.

- Marghussian, A. K.; Fazeli, H. & Sarpoolaky, H., 2009, "Chemical–Mineralogical Analyses and Microstructural Studies of Prehistoric Pottery from Rahmatabad, South-West Iran". *Archaeometry* 51, 5, pp. 733–747.

- Maritan, L.; Nodari, L.; Mazzoli, C.; Milano, A. & Russo, U., 2006, "Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter". *Applied Clay Science*, Vol. 31 pp. 1-15.

- Meakes, A. A., 2016, "Scientific analysis of Neolithic period ceramics from Fars, Iran". Ph.D. thesis, University of Nottingham.

- Mortensen, P., 1991, "CERAMICS iii. The Neolithic Period in Central and Western Persia". In: *Encyclopaedia Iranica*, Vol. V, Fasc. 3, pp. 276-278.

- Najafi Ghiri, M.; Abtahi, A.; Karimian, N.; Owliaie, H. R. & Khormali, F., 2011, "Kinetics of non-exchangeable potassium release as a function of clay mineralogy and soil taxonomy in calcareous soils of southern Iran". *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 57, No. 4, pp. 343–363.

Najafi Ghiri, M.; Abtahi, A.; Jaberian, F. & Owliaie, H. R., 2010, "Relationship Between Soil Potassium Forms and Mineralogy in Highly Calcareous Soils of Southern Iran". *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 4(3), pp. 434-441.

- Nodari, L.; Maritan, L.; Mazzoli, C. & Russo, U., 2004, "Sandwich structures in the Etruscan-Padan type pottery". *Applied Clay Science*, Vol. 27, pp. 119-128.

- Noghani, S. & Emami, M., 2014, "Mineralogical Phase Transition on Sandwich-like Structure of Clinky Pottery from Parthian Period, Iran". *Periodico di Mineralogia*, Vol. 83, pp. 171-185.

- Owliaie, H. R., 2012, "Micromorphology of Pedogenic Carbonate Features in Soils of Kohgilouye, Southwestern Iran". *Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 14, pp. 225-239.

- Owliaie, H. R.; Abtahi, A. & Heck, R. J., 2006, "Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, southwestern Iran". *Geoderma*, Vol. 134, pp. 62– 81.

- Oudbashi, O.; Naseri, R. & Malekzadeh, M., 2016, "Technical Studies on the Bronze Age Metal Artefacts from the Graveyard of Deh Dumen, South-Western Iran (Third Millennium B.C.)". *Archaeometry*, 58: 947-965.

- Potts, D. T., 2013, "Luristan and the Central Zagros in the Bronze Age". In: *The Oxford Handbook of Ancient Iran*. D. T. Potts (Ed.), Oxford University Press, Oxford, pp. 203-216.

- Quinn, P. S., 2013, *Ceramic Petrography, The Interdisciplinary of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section*. Archaeopress, Oxford.

- Reedy, C. L., 2008, *Thin-section Petrography of Stone and Ceramic Cultural Materials*. Archetype Publications, London.

- Sarhaddi-Dadian, H.; Ramli, Abdul Rahman, Z., N. H. S. N. & Mehrafarin, R., 2015, "X-ray diffraction and X-ray fluorescence analysis of pottery shards from new archaeological survey in south region of Sistan, Iran". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 15, 3, pp. 45-56.

- Whitbread, I. K., 1986, "The Characterization of Argillaceous Inclusions in Cermaic Thin Sections". *Archaeometry*, 28, pp. 79-88.