

## اهمیت استفاده از دستگاه XRF در مطالعه سفال‌های باستانی

### (منطقه موردی تپه آشنا چادگان اصفهان)<sup>۱</sup>

دکتر طاهره عزیزی پور

استادیار گروه باستان شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

tazizipoor@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۳۰)

### چکیده

سفال یکی از عمومی‌ترین مواد در مطالعات باستان‌شناسی است. سفال‌ها معمولاً توسط طبقات مختلف جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ بنابراین مطالعه آنها منجر به دستیابی به اطلاعات وسیعی در ارتباط با جوامع باستانی خواهد شد. شناخت سبک‌های مختلف سفال و تکنیک‌های مختلفی که برای ساخت و پخت سفال به کار رفته و نیز پراکنش سفال از جمله مباحث مهمی است که در مطالعات باستان‌شناسی مورد توجه قرار می‌گیرد. با مطالعه شکل ظاهری سفال‌ها می‌توان اطلاعات ارزشمندی را از آنها استخراج کرد. اکنون با گسترش علم و افزایش توجه به علوم میان رشته‌ای مطالعه آزمایشگاهی سفال‌های باستانی نیز اهمیت یافته است. یکی از دستگاه‌های مورد استفاده در این گونه مطالعات دستگاه XRF است. برآیند این روش شناسایی طیف گسترده‌ای از عناصر تشکیل دهنده سفال است. ما در این پژوهش به مطالعه اهمیت دستگاه XRF در مطالعه سفال‌های باستانی خواهیم پرداخت و به صورت موردی شش قطعه سفالی از تپه آشنا (چادگان اصفهان) از دو لایه مختلف باستانی را با استفاده از دستگاه XRF مورد آزمایش قرار خواهیم داد. سفال یکی از این لایه‌ها دست ساز و سفال لایه دیگر چرخساز است. هدف ما این است که با مشخص کردن ترکیبات عنصری این سفال‌ها به بررسی تفاوت‌های احتمالی در صنعت سفالگری در این دو لایه باستانی بپردازیم.

واژگان کلیدی: باستان‌شناسی، سفال، دستگاه XRF، آنالیز سفال، تپه آشنا.

<sup>۱</sup> -پژوهش حاضر برآیند طرح پژوهشی با عنوان که با هزینه دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت انجام شده است.

## مقدمه

سفال یکی از متداولترین و فراوانترین موادی است که در اغلب محوطه‌های باستانی یافت می‌شود. گروه‌های مختلف انسانی در جوامع باستانی از سفال استفاده کرده‌اند. سفال‌ها در محوطه‌های باستانی مختلف و یا حتی سفال‌ها در لایه‌های مختلف یک محوطه باستانی از نظر کیفیت ساخت، عملکرد و نوع تزیینات تفاوت‌ها و شباهت‌هایی دارند. برخی از فرم‌های سفالی خاص یک جامعه معین است. بر این اساس شناخت انواع سفال و تکنیک‌های مورد استفاده در صنعت سفالگری بخش مهمی از تحقیقات باستان‌شناسی را به خود اختصاص داده است. ماده خام اولیه، تکنولوژی استفاده شده در تولید سفال، تکنیک پخت، میزان تقاضا و مصرف، مبادله یا تجارت و میزان و نوع پراکنش سفال و شناخت سنت‌های به‌کار رفته در ساخت سفال-ها (طلایی، ۱۳۹۰: ۳۲) از جمله مواردی است که مورد توجه باستان‌شناسان قرار می‌گیرد.

با مشاهده ساده سفال‌های به‌دست‌آمده از کاوش-های باستان‌شناسی از یک محوطه باستانی و مطالعه توصیفی آنها می‌توان اطلاعاتی درباره سبک‌های جدید سفال، نقوش تزیینی سفال‌ها و توقف تدریجی برخی از سبک‌های قدیمی‌تر به-دست‌آورد. در این صورت ما نیازمند مطالعه قطعات بسیار زیادی از سفال از هر لایه باستانی هستیم. ناگفته پیداست که این موضوع با مشکلات فراوانی همراه است؛ بعلاوه برای پاسخ دادن به برخی سوال‌های پیچیده‌تر ما نیازمند

استفاده از تکنیک‌های آزمایشگاهی هستیم. سوالاتی مانند محل تولید سفال و یا اینکه سفال به صورت محلی ساخته شده و یا از منبع خارجی وارد شده، می‌تواند باعث سردرگمی باستان‌شناس شود- (Forster and others, 2011, 389, 398). در چنین مواردی استفاده از تکنیک‌های آزمایشگاهی راهگشا است. لایه‌های استقرای در یک محوطه باستانی گاه تنها به یک گروه انسانی و گاه به جمعیت‌های مختلفی تعلق دارند. برای پاسخ دادن به این سوال که آیا منبع گل سفالگری در هر یک از دوره‌های استقراری یکسان است یا خیر نیز می‌توانیم از مطالعه ترکیبات عنصری سفال استفاده کنیم. وجود منابع خاک‌های رس متعدد برای سفال در یک لایه باستانی را شاید بتوان نشانه‌ای از تولید سفال‌های خانگی در یک محوطه باستانی دانست. انجام مطالعات آزمایشگاهی و تعیین نوع و میزان عناصر به‌کار-رفته در سفال‌ها می‌تواند درک ما را از روش‌های تولید سفال افزایش داده و همچنین منجر به دستیابی به اطلاعاتی درباره میزان حرارت کوره های سفالگری، استفاده از مواد گدازآور در هنگام پخت و نوع شاموت به‌کار رفته در سفال‌ها شود. پالایش و یا عدم پالایش خاک سفالگری از دیگر مواردی است که مطالعه دقیق آن بدون استفاده از روش‌های آزمایشگاهی چندان مقدر نخواهد بود. در این مقاله ما با انجام آزمایش XRF بر شش قطعه سفالی از تپه آشنا تصمیم داریم به بررسی تفاوت‌های تکنیکی در سفال‌های این محوطه از دو لایه باستانی مختلف بپردازیم.

## پیشینه تحقیق

آزمایش‌های XRF چندین دهه است که بوسیله باستان‌شناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مطالعات غالباً بر روی افسیدین و برای یافتن منشاء آن متمرکز شده است. البته اکنون استفاده از آزمایش‌های XRF برای مطالعه سفال‌های باستانی اهمیت یافته و به عنوان روشی معتبر شناخته شده است.

در مقاله‌ای که بوسیله دونان و فرم منتشر شد (Frahm and Doonan, 2013, 1425-1434) آنها به بررسی موشکافانه مقالاتی درباره استفاده از تکنیک XRF برای مطالعه سفال‌ها می‌پردازند. این دو محقق تلاش می‌کنند که بگویند باستان‌شناسان کجا و چرا از تکنیک-XRF برای مطالعه سفال‌ها استفاده می‌کنند و با استفاده از این تکنیک در پی دستیابی به چه اطلاعاتی هستند. بارون و همکارانش با استفاده از دو روش XRF و INNA به تجزیه عنصری سفال‌های باستانی پرداختند (Barone and others, 2011, 333-337). هدف آنها مقایسه نتایج به دست آمده از این دو روش بود. در این مقاله اعتبار دستگاه XRF در تجزیه عنصری سفال‌های باستانی مورد تاکید قرار گرفت. ابود و همکارانش (Aboud and others, 2015, 47-51) نیز با استفاده از دستگاه XRF به تجزیه شیمیایی سفال‌های محوطه باستانی تل-الکسری در سوریه پرداختند. آنها سه گروه سفالی در منطقه مورد مطالعه خود را مشخص کردند. گل‌رس به کار رفته برای ساخت این سه گروه سفالی از سه منبع مختلف تامین شده بود.

کارپنتر و فینمن با انجام آزمایش‌های XRF به بررسی میزان حرارت کوره‌ها در جوامع باستانی پرداختند (Carpenter & Feinman, 1999, 793). این دو محقق نشان دادند که میزان حرارت دهی کوره‌های سفال‌پزی می‌تواند بر شکل‌پذیری ترکیبات عناصر موجود در سفال تاثیر بگذارد. این دو محقق همچنین نشان دادند که حرارت تولید شده در کوره‌های سفال‌پزی می‌تواند محققین را به اشتباه بیاندازد که برای سفال‌ها منابع مختلفی را بر شمارند.

اون‌بای در مقاله‌ای با استفاده از تکنیک XRF به تجزیه شیمیایی سفال‌های باستانی از منطقه واحه خارگا در مصر پرداخت. این سفال‌ها در محدوده زمانی ۲۰۰۰ - ۴۰۰۰ ق.م قرار می‌گرفتند (Ownby, 2012, 42-53). هدف این محققان بررسی میزان ناخالصی در گل سفالگری در منطقه مورد مطالعه بود.

دستگاه XRF بوسیله هین و همکارانش نیز برای تجزیه شیمیایی سفال‌های باستانی مورد استفاده قرار گرفت. آنها به تعیین میزان عناصر سفالها در منطقه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بخشی از سفال‌های مورد مطالعه آنها وارداتی بوده و بومی محل نبوده‌اند (Hein and others, 2002, 542-553).

اخیراً در ایران نیز انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی بر روی سفال‌های باستانی مورد توجه قرار گرفته است. هر چند این پژوهش‌ها بسیار اندک بوده است، اما قدرت باستان‌شناسان را در تفسیر داده‌های سفالی افزایش داده است. طلائی و

و ۱۵ ثانیه شمالی و به عرض ۵۰ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۶/۵ ثانیه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۲۱۶۰ متر می‌رسد. ارتفاع تپه از سطح زمین‌های اطراف ۱۳ متر بوده و ضخامت آن تا خاک بکر حدوداً ۱۵ متر است (نقشه ۱ و تصویر ۲). کندوکاو‌هایی که حفاران غیرمجاز در این تپه انجام داده‌اند، آسیب‌های جدی به لایه‌های باستانی این تپه وارد آورده‌است. کاوش‌های باستان‌شناسی در تپه آشنا در تابستان ۱۳۸۴ انجام شد. در پی این کاوش‌ها ۳۶ لایه باستانی و ۵ دوره فرهنگی از دوره نوسنگی تا دوره اسلامی در این تپه باستانی مشخص گردید. لایه‌صفر روی خاک بکر و لایه ۳۶ پایان استقرار در این محل بوده است (تصویر ۵). در نتیجه این کاوش‌ها علاوه بر سفال، اشیای استخوانی و فلزی نیز به دست آمدند. بقایای سازه‌های حرارتی برای پخت‌وپز و استفاده روزانه، چینه‌های بهم ریخته و خشت نیز از این محوطه باستانی به دست آمد- (میرزاآقاجانی، ۱۳۸۵).

تپه آشنا توسط کوچ‌نشینان اواخر هزاره ششم برای استقرار انتخاب شد. این ساکنان حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ سال از سفال‌های دست‌ساز استفاده می‌کردند و از اواسط نیمه دوم هزاره پنجم با چرخ-سفال‌گری آشنا می‌شوند. بدین ترتیب هر دو دوره سفالگری (چرخ‌ساز و دست‌ساز) پیش از تاریخ را به‌طور مداوم و بدون خلاء تاریخی دارا می‌باشد. سفال‌هایی که در این پژوهش مورد مطالعه و آزمایش قرار می‌گیرند از بین لایه‌های L۹ - ۱۲- L که در محدوده زمانی اواسط تا پایان هزاره

همکارانش در مقاله‌ای به بررسی فنون سفالگری در هزاره پنجم ق.م با استفاده از تکنیک XRF در فلات مرکزی ایران پرداختند. آنها ۳۰ نمونه از سفال‌های همگون معروف به افق چشمه‌علی را از دو محوطه باستانی اسماعیل‌آباد و تپه زاغه آزمایش کردند. تا اطلاعاتی درباره توانایی‌های فنی سفالگران در هزاره پنجم ق.م در فلات مرکزی ایران به دست آورند (طلایی، احمد علی- یاری، تقی ذوقی، ۱۳۸۸، صص ۸۴-۶۵). محمدی- فرد و عرب (۱۳۹۲، صص ۷۶-۵۷) در مقاله‌ای به مطالعه ترکیب سفال کلینکی دوره اشکانی منطقه همدان با استفاده از سه روش XRF, PIXE و XRD پرداختند. آنها سفال‌های کلینکی از هشت محوطه اشکانی در منطقه همدان را آزمایش کردند و اطلاعاتی درباره نوع ترکیب و درصد عناصر موجود در سفال‌ها به دست آوردند. خادمی‌ندوشن، هژبری‌نوبری و عزیزی‌پور، (۱۳۸۵: صص ۱۸-۱۳) سفال‌های به دست آمده از قوشاتپه در محوطه شهریری اردبیل را با هدف مشخص کردن ویژگی‌های تکنیکی با استفاده از دستگاه XRF مورد تجزیه عنصری قرار دادند.

#### منطقه مورد مطالعه

محل باستانی تپه آشنا در غرب استان اصفهان در حدود ۲۰ کیلومتری غرب چادگان و ۶ کیلومتری غرب دهستان مشهد کاوه از توابع شهرستان چادگان و در کنار رودخانه زاینده رود و در منتهی الیه سد زاینده رود قرار گرفته‌است. این تپه به موقعیت جغرافیایی به طول ۳۲ درجه و ۴۲ دقیقه

XRF یک تکنیک شناسایی جسم برای ردیابی و آشکار سازی سریع، همزمان و بدون تخریب همه عناصر سنگین تر از فلورین یا فلوئور است. مراحل سنجش بدون تخریب است و بنابراین از نظر نظری می‌تواند بر روی یک شیء سالم و قابل نمایش استفاده شود. پرتوافکنی یا نورافکنی XRF می‌تواند برای آزمایش یک قسمت کوچک تمرکز می‌یابد. تکنیک XRF آزمایش شیمیایی اجسام و مطالعه عناصر موجود در آن و یا به طور معمول تر، مطالعه داده‌های کمی در بافت شیمیایی داده‌های باستانی است. این شیوه معمولاً در یک مطالعه مقایسه‌ای استفاده می‌گردد که نیاز به شناخت منشا منابع استفاده شده برای ساخت اشیای باستان شناسی باشد (Forster and others, 2011, 392). آزمایش‌های XRF می‌توانند با کمترین میزان تخریب یا حتی بدون تخریب بر روی اشیای باستانی انجام شوند. به غیر از XRF دستگاه INAA را نیز می‌توان برای شناسایی و تعیین ترکیبات تشکیل دهنده یک سفال مورد استفاده قرارداد. اما توجه داشته باشیم که استفاده از دستگاه اخیر در مقایسه با دستگاه XRF به زمان بیشتری نیاز دارد، گرانتر است و البته مخرب نیز هست (عزیزی پور ۱۳۹۳، ص ۱۴۶). همچنین دستگاه XRF قادر است چندین عنصر را به طور همزمان در یک محدوده در mm۷ اندازه‌گیری کند؛ اما با این حال حساسیت دستگاه XRF به اندازه دیگر دستگاه‌های که مطالعات باستان شناسی استفاده می‌شود، نیست.

پنجم ق.م قرار می‌گیرند، انتخاب شده‌اند. تداوم سفال دست‌ساز تا لایه ۱۰ که در بالای لایه L۹ که سه قطعه سفال برای آنالیز انتخاب شد ادامه پیدا کرد و از لایه L۱۱ سفال‌های چرخ‌ساز از نوع نخودی که مشابه نمونه‌های فرهنگ‌های اواخر هزاره پنجم قبل از میلاد شمال و شمال شرقی خوزستان نمایان گردیده بود سه قطعه سفال از لایه L۱۲ انتخاب گردید. یکی از دلایل دیگر انتخاب این لایه‌ها، انتساب ساکنان این دوره از مناطق نزدیک و شاید از یک فرهنگ مناطق شمال و شمال شرقی خوزستان بوده باشند که از دوره‌های نخستین استقرار در این محل کوچ می‌کرده‌اند.

روش طیف سنجی اشعه مجهول فلوروسانس (XRF)<sup>۲</sup>:

XRF مخفف اصطلاح X-Ray Fluorescence به مفهوم فلوروسانس (شب-رنگی) اشعه ایکس است. اصول طیف نگاری XRF بر اساس تجزیه ریز<sup>۳</sup> در بافت است. به طور کلی آزمایش XRF یک تکنیک غیر مخرب است. این روش یک تکنیک سطحی از آزمایش طیف‌نمایی است. با استفاده از این روش می‌توان عناصر تشکیل دهنده موادی چون سنگ، سفال و ... را مشخص کرد و آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرارداد.

<sup>۲</sup> -X-Ray Fluorescence Spectroscopy

<sup>۳</sup> -Microanalysis

## استفاده از دستگاه XRF در مطالعه سفال‌های باستانی

انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی بر روی سفال‌های به دست آمده از محوطه‌های باستانی اکنون به یک ضرورت تبدیل شده است. در این مورد باید توجه داشته باشیم هنگام استفاده از دستگاه XRF برای انجام مطالعاتی بر روی سفال‌های باستانی توجه داشته باشیم که سفال‌ها قبل از ارسال به آزمایشگاه به طور کامل به صورت توصیفی مورد مطالعه قرارگیرند. از یاد نبریم که هنگام استفاده از روش‌های آزمایشگاهی تلفیق نتایج حاصل از این آزمایش‌ها با روش‌های مطالعه توصیفی سفال یک ضرورت است. در صورت امکان بهتر است که نمونه‌های سفالی که مورد آزمایش قرار می‌گیرند همه از یک بخش از سفال (لبه، بدنه و یا کف) انتخاب شده باشند. در صورتی که برای محقق مقدور باشد انتخاب نمونه‌ها از بین قطعات لبه گزینه مناسبتری است- (Sakalis,2012:490). وقتی در یک محوطه باستانی با انبوهی از قطعات سفالی مواجه می‌شویم این احتمال وجود دارد که هنگام انتخاب نمونه برای انجام آزمایش‌های XRF دو یا چند تکه از یک ظرف سفالی واحد یا قطعاتی از یک سبک سفالگری واحد را برداشته باشیم. برای جلوگیری از این اتفاق بهتر است نمونه‌هایی را انتخاب کنیم که به طور آشکاری از نظر ضخامت، شاموت و میزان پخت با یکدیگر اختلاف داشته باشند (Pollard,2007,45).

میزان حرارت و نیز میزان اکسیژن موجود در کوره‌های سفالگری می‌تواند بر شکل ترکیب عنصری سفال‌ها تاثیر بگذارد. توجه داشته باشیم که این موضوع می‌تواند محقق را به اشتباه بیندازد و او ناهمگن بودن ترکیبات عنصری را نشانه ای از وجود منابع گل مختلف برای سفالگری بداند (Carpenter and fainman, 1999:793). ناهمگن بودن ترکیبات سفال دلیل دیگری هم دارد و آن عدم پالایش مناسب خاک سفالگری است. در برخی جوامع باستانی گل سفالگری الک نمی‌شده است و تنها قطعات ناهمگن و درشت خاک رس با دست جدا می‌شده‌اند. این موضوع نیز می‌تواند باعث پیدایش ظروف سفالی واحد با ترکیبات ناهمگن شود. ما در این پژوهش با تجزیه شیمیایی قطعات مختلف سفالی از ظرفی واحد به توضیح دو نکته اخیر خواهیم پرداخت.

### روش کار

در این پژوهش سه قطعه از یک ظرف سفالی دست‌ساز (تصویر ۳) و سه تکه از یک ظرف سفالی چرخ‌ساز (تصویر ۴) دیگر مورد آزمایش قرار گرفتند. یک قطعه متعلق به لایه L۹ و قطعه دیگر متعلق به لایه L۱۲ بود. برای بررسی این نکته که آیا تمام بخش‌های این دو ظرف سفالی ترکیبات شیمیایی یکسانی دارند سطح رویی هر شش قطعه با استفاده از دستگاه XRF مورد تجزیه عنصری قرار گرفتند. قطعات سفالی قبل از آزمایش به خوبی تمیز شدند. آنها در ابتدا با آب

معمولی و سپس با آب مقطر شسته شدند تا آلودگی از آنها زدوده شده و موجب خطای پژوهش نگردد. نمونه‌ها سپس در هوای معمولی اتاق قرار گرفتند تا به خوبی خشک شوند. آنگاه نمونه‌ها به آزمایشگاه XRF دانشگاه تربیت مدرس فرستاده شدند تا مورد تجزیه عنصری قرار گیرند.

خطای احتمالی گذاشت و از آن چشم پوشی کرد. اما اختلاف در ترکیبات عنصری در قطعات ظرف سفالی که از لایه دست ساز به دست آمده بود، بسیار بیشتر از آن است که بتوان آن را با خطای پژوهش توجیه کرد. با توجه به اینکه هر سه قطعه آزمایش شده از لایه L۹ متعلق به یک ظرف بودند، ناهمگن بودن ترکیبات این قطعات سفالی را نمی‌توان ناشی از مواد تشکیل دهنده سفال دانست. در ارتباط با ناهمگون بودن ترکیبات عنصری این قطعات سفالی می‌توان به عواملی همچون عدم کنترل درجه حرارت کوره، محیط کوره سفالگری و هوادهی کوره به هنگام پخت و نیز عدم پالایش مناسب گل سفالگری اشاره کرد. بر این اساس می‌توانیم بگوییم که در لایه چرخ‌ساز ما شاهد پیشرفتی در سفالگری از نقطه نظر فنی هستیم. اینکه قطعات مختلف یک ظرف سفالی از این لایه ترکیبات عنصری همگنی دارند، نشان می‌دهد که ساکنان باستانی تپه آشنا در لایه L۱۲ با الک کردن گل سفالگری آشنا بوده‌اند. بعلاوه آنها که با چرخ سفالگری هم آشنا بودند- توانستند حرارت کوره‌های خود را کنترل کنند.

سپاسگزاری:

آقای اسدالله میرزا آقاجانی نمونه‌های مورد مطالعه را در اختیار نگارنده قرار دادند.

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که سفال‌ها از طرف گروه وسیعی از ساکنان باستانی یک محوطه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مطالعه همه جانبه آنها از اهمیت فراوانی برخوردار است. بخشی از اطلاعات مربوط به سفال بدون استفاده از تکنیک‌های آزمایشگاهی قابل انجام است؛ اما بخش دیگری از این اطلاعات با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و تجزیه عنصری سفال‌ها قابل دسترسی است. دستگاه XRF دستگاهی مناسب برای تجزیه شیمیایی سفال است. در این پژوهش سه تکه سفالی از یک ظرف و سه تکه سفالی از یک ظرف دیگر از تپه آشنا اصفهان مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۱ و ۲). یک ظرف از لایه L۹ و ظرف دیگر از لایه L۱۲ انتخاب شده بود. قطعات سفالی از لایه دست‌ساز از نظر ترکیبات عنصری یک شکل نبود. اما قطعات سفالی از لایه چرخ‌ساز ترکیبات سفالی یکسانی داشتند. البته اختلاف بسیار کمی در نتایج حاصل از تجزیه عنصری سفال‌های لایه چرخ‌ساز دیده می‌شود. این اختلاف اندک را می‌توان به حساب ضریب

معمولی و سپس با آب مقطر شسته شدند تا آلودگی از آنها زدوده شده و موجب خطای پژوهش نگردد. نمونه‌ها سپس در هوای معمولی اتاق قرار گرفتند تا به خوبی خشک شوند. آنگاه نمونه‌ها به آزمایشگاه XRF دانشگاه تربیت مدرس فرستاده شدند تا مورد تجزیه عنصری قرار گیرند.

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که سفال‌ها از طرف گروه وسیعی از ساکنان باستانی یک محوطه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مطالعه همه جانبه آنها از اهمیت فراوانی برخوردار است. بخشی از اطلاعات مربوط به سفال بدون استفاده از تکنیک‌های آزمایشگاهی قابل انجام است؛ اما بخش دیگری از این اطلاعات با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و تجزیه عنصری سفال‌ها قابل دسترسی است. دستگاه XRF دستگاهی مناسب برای تجزیه شیمیایی سفال است. در این پژوهش سه تکه سفالی از یک ظرف و سه تکه سفالی از یک ظرف دیگر از تپه آشنا اصفهان مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۱ و ۲). یک ظرف از لایه L۹ و ظرف دیگر از لایه L۱۲ انتخاب شده بود. قطعات سفالی از لایه دست‌ساز از نظر ترکیبات عنصری یک شکل نبود. اما قطعات سفالی از لایه چرخ‌ساز ترکیبات سفالی یکسانی داشتند. البته اختلاف بسیار کمی در نتایج حاصل از تجزیه عنصری سفال‌های لایه چرخ‌ساز دیده می‌شود. این اختلاف اندک را می‌توان به حساب ضریب

destructive XRF analysis for determination of Corinthian B amphorae provenance", X-ray Spectrometry, 40, pp:333-337.

-Carpenter, A.J and Feinman, G, 1999, "The effect of behavior on ceramic composition: Implications for the definition of production locations", Journal of archaeological science 26.

- Forster, N and others, 2011, "Non-destructive analysis using PXRF: methodology and application to archaeological ceramics". X-ray spectrometry, 40(5), pp:389-398.

-Frahm, E, and Doonan, R.C.P, 2013, "The technological versus methodological revolution of portable XRF in archaeology", Journal of archaeological science, 40, pp: 1425-1434.

-Hein B and others, 2002, "standardization of elemental analytical technics applied to provenance studies of archaeology ceramics", The Analyst, 127, pp:542-553.

-Ownby, F.M, 2012, "Analyzing ancient ceramic from Kharga Oasis in Egypt", Archaeology south west magazine, Vol 26, No 2, spring, pp: 51-59.

-Pollard, A.M. 2007, Analytical chemistry in archaeology, New York: Cambridge university press.

-Sakalise, A.J and others, 2012, "Study of Neolithic pottery from Polyplatanos using micro X-ray fluorescence spectroscopy analysis", journal of cultural heritage 14 (6), pp:485-498.

## منابع:

-خادمی ندوشن، فرهنگ و دیگران؛ ۱۳۸۵، «نقش غربال سازی در صنعت سفال سازی پیش از تاریخ ایران»، پیام باستان شناسی، سال سوم، شماره پنجم، بهار و تابستان، صص ۱۸-۱۳.

-طلائی، حسن، ۱۳۹۰، هشت هزار سال سفال در ایران، تهران: انتشارات سمت.

-طلائی، حسن؛ علی یاری، احمد؛ تقی ذوقی، یاسمن؛ ۱۳۸۸، «بررسی فن آوری سفالگری هزاره پنجم ق.م با استفاده از روشهای آزمایشگاهی XRF و XRD در شمال مرکزی ایران»، مطالعات باستان شناسی، بهار و تابستان، شماره ۱، صص ۸۴-۶۵.

-عزیزی پور، طاهره، ۱۳۹۳، مقدمه ای بر دیرینه تغذیه شناسی، تهران: انتشارات سمیرا کتاب.

-محمدی فرد یعقوب، عرب احمد علی، ۱۳۹۲، «مطالعه ترکیب سفال کلینکی دوره اشکانی منطقه همدان با استفاده از سه روش XRF، XRD و PIXE با هدف تعیین میزان تشابه و تمایز»، پژوهش های باستان شناسی ایران، شماره ۴، دوره سوم، بهار و تابستان، صص ۷۶-۵۷.

-Abboud, R and others, 2015, "Application of radioisotope XRF and thermoluminescence (TL) dating in investigation of pottery from Tell Al-Kasra archaeological site, Syria", Applied radiocarbon and Isotope, 105, pp 47-51.

- Barone, G and others, 2011, "Potentiality of non -

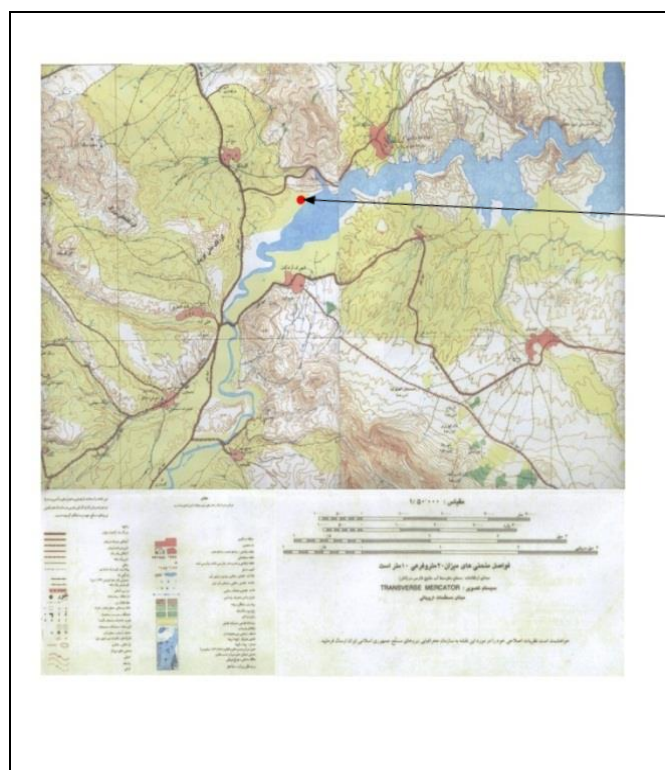


جدول ۱- ترکیبات عنصری سه تکه سفال از ظرفی واحد از لایه L۹

| نمونه | SiO <sub>2</sub> | AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | MgO   | TiO <sub>2</sub> | MnO   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------------------|------------------|-------|------------------|-------|-------------------------------|
| 1     | 57/9             | 17/282                         | 9/47                           | 6/02 | 1                 | 3/55             | 2/87  | 1/225            | 0/126 | * <sup>۴</sup>                |
| 2     | 55/4             | 19/35                          | 9/85                           | 6/89 | 1/03              | 3/47             | 2/656 | 1/768            | 0/198 | *                             |
| 3     | 51/67            | 20/85                          | 8/93                           | 6/59 | 1/02              | 3/30             | 6/828 | 1/7              | 0/2   | *                             |

جدول ۲- ترکیبات عنصری سه تکه سفال از ظرفی واحد از لایه L۱۲

| نمونه | SiO <sub>2</sub> | AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | MgO  | TiO <sub>2</sub> | MnO   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------------------|------------------|------|------------------|-------|-------------------------------|
| 1     | 55/81            | 19/28                          | 10                             | 6/02 | 1/08              | 3                | 2/59 | 1/68             | 0/143 | *                             |
| 2     | 55/84            | 19/27                          | 10                             | 6/03 | 1/07              | 3/02             | 2/59 | 1/68             | 0/140 | *                             |
| 3     | 55/83            | 19/25                          | 10/01                          | 6/02 | 1/08              | 3/01             | 2/58 | 1/67             | 0/141 | *                             |



نقشه ۱) موقعیت تپه آشنا با علامت نقطه پررنگ در انتهای آبگیر سدزاینده رود و در کنار رودخانه مشخص است.

<sup>۴</sup> - علامت ستاره در این جدول نشانه آن است که میزان سرب به قدری کم بوده که دستگاه قادر به تعیین آن نشده است.




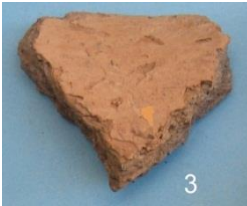
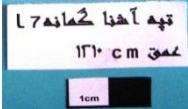


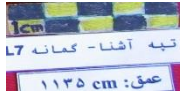
تصویر ۱: تصویر ماهواره‌ای موقعیت تپه آشنا و سد زاینده‌رود و که در نزدیکی دهستان مشهد کاوه قرار دارد



تصویر ۲: موقعیت تپه آشنا در امتداد و محل تلاقی دو رودخانه و انتهای سد زاینده رود (دید از شمال شرق)



تصویر ۵: نمایی از کاوش تپه آشنا - لایه L

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  | <p>تصویر سه -<br/>سه قطعه سفال دست ساز لایه ۹</p> <p>تپه آشنا - کمانه ۷<br/>عمق: ۱۳۱۰ cm</p>     |
|  |  | <p>تصویر چهار -<br/>سه قطعه سفال چرخ ساز لایه ۱۲</p>  <p>تپه آشنا - کمانه ۷<br/>عمق: ۱۱۳۵ cm</p> |