در دسترس بصورت الکترونیک @ www.jscw.icrc.ac.ir

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ، جلد ۱۰، شماره ۲، (۱۳۹۹) ۷۲-۶۱

نوع مقاله: مروری

Dor: 20.1001.1.22517278.1399.10.2.5.8

بررسی و مرور نوع رنگ‌های به‌کاررفته در تزئینات نقوش سفالینه‌های به‌دست آمده از محوطه‌های عصر مفرغی سیستان و بلوچستان

یاسین صدقی[۱]، مهدی رازانی[۲*]، زهره قاینی[۱]، فرحانگیز صبوحی‌ثانی[۳]

۱- کارشناس ارشد، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱.

۲- استادیار، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱.

۳- کارشناس ارشد، دانشکده دانشکده حفاظت- مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، صندوق‌پستی: ۱۷۲۴.

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۱۷ تاریخ بازبینی نهایی: ۹۹/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۲۹ در دسترس به‌صورت الکترونیک: ۹۹/۰۷/۰۷

چکیده

رنگ در دنیای باستان یکی از نمودهای بسیار حائز اهمیت تاریخ بشر است زیرا که با خلق آثار مهمی در تاریخ همراه بوده است. یکی از جنبه‌های مهم استفاده از رنگ در دوران پیش از تاریخ، تزئین انواع آثار سفالین بوده است که منجر به خلق مهم‌ترین و زیباترین آثار شده است. شناسایی نوع رنگ‌های به‌کاررفته توسط هنرمندان پیش از تاریخ، می‌تواند یکی از برجسته‌ترین پرسش‌های باستان‌شناسی این دوره باشد. درهمین‌راستا سعی شده است تا در این پژوهش نوع رنگ‌های موجود بر روی سفال‌های محوطه‌های عصر مفرغ سیستان و بلوچستان شناسایی و به بحث درباره انواع آنها پرداخته شوند. نتایج بررسی‌ها و مطالعات در این پژوهش، استفاده از رنگ‌های سیاه و قهوه‌ای-قرمز در سفال‌های محوطه‌های جنوب‌شرق را نشان می‌دهد که منبع آن‌ها اکسید آهن و اکسید منگنز شناسایی شده‌اند. رنگ‌های سیاه و تیره از اکسید منگنز و نیز ترکیب دو اکسید آهن-منگنز و رنگ‌های قهوه‌ای-قرمز از اکسید آهن تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی

سفال منقوش، رنگ‌های باستانی، عصر مفرغ، جنوب‌شرق.

چکیده تصویری

*نویسنده مسئول: m.razani@tabriziau.ac.ir

Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science and Technolog

Available online @ www.jscw.icrc.ac.ir

Journal of Studies in Color World, Vol. 10, No.2, (2020) 61-72
Type: Review paper

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

An Overview of the Colors Used in the Decoration of Pottery Motifs of the Bronze Age in the Ancient Sites of Sistan and Balouchistan

Yasin Sedghi[1], Mehdi Razani*[1], Zohre Ghaeini[1], Farahangiz Sabohi-sani[2]
1- Faculty of cultural materials conservation, Tabriz Islamic Art University, P. O. Box: 5164736931, Tabriz, Iran.
2- Faculty of conservation-restoration, Art University of Isfahan, P. O. Box: 5164736931, Isfehan, Iran.

Abstract
Color in the ancient world is one of the most important things in human history because it has led to the creation of important works in the history of art. One of the important aspects of using paint during the prehistoric period has been the decoration of various types of pottery, which has led to a special style in the art of different regions of Iran. Identifying the type of colors used by prehistoric artists can be one of the most prominent archaeological questions in prehistoric time. In this research, the subject of recognizing the type of paints on the pottery of the Bronze Age sites of Sistan and Balouchistan has been studied. The results of this study, which is the result of recognizing color in the pottery of significant areas such as; Shahr-i Sokhta, Bampur, Chegerdak and Spidej and Keshik Cemetery demonstrated that the use of black and brown-red colors is common in pottery in the southeastern areas, and their main sources have been iron oxide and manganese oxides. Black and dark colors are composed of manganese oxide, as well as a combination of two iron-manganese oxides, and brown-red colors are composed of iron oxide.

Keywords
Painted pottery, Ancient colors, Bronze age, Southeast of Iran.

Graphical abstract

Corresponding author: m.razani@tabriziau.ac.ir

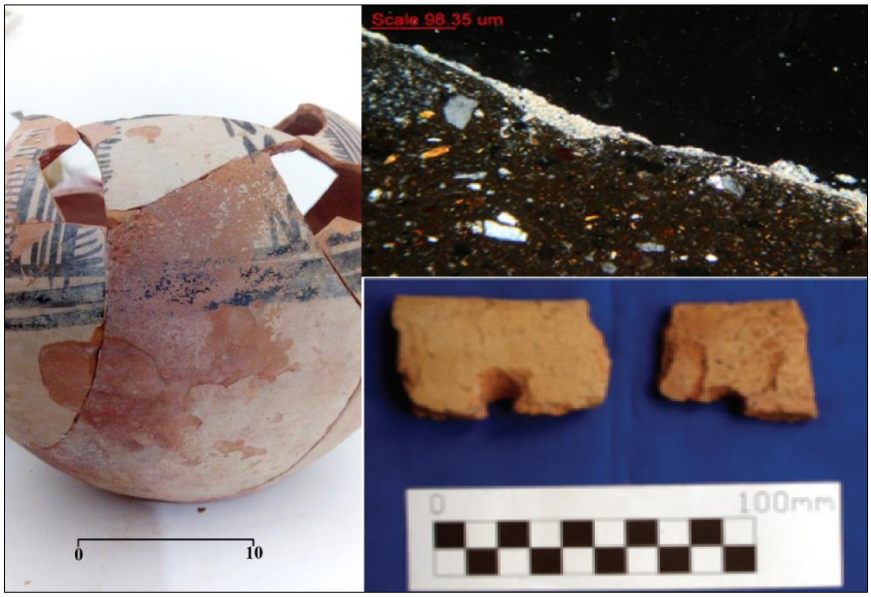
۱- مقدمه

استفاده از خاک‌های طبیعی به‌عنوان رنگدانه در همه اعصار تاریخی و پیش‌ازتاریخ دیده می‌شود. رنگدانه‌ها به پژوهشگران این امکان را می‌دهند تا خطوط ارتباطی و تبادلات تجاری را کشف کنند. رنگدانه‌های معدنی در زمینه‌های هنری-تاریخی و باستان‌شناسی به‌خوبی شناخته‌شده‌اند، زیرا باوجود چند مورد استثنا، در مقابل تغییرات دمایی، تغییرات آب و هوایی، نور و سایر عوامل محیطی مانند آلودگی هوا بسیار پایدار هستند [۱]. مواد معدنی، به‌عنوان مواد ساختاری خام یا رنگدانه‌ها، برای درک طبیعت، ساختار و وضعیت اثر، نقش اساسی در باستان‌شناسی دارند، شناسایی رنگدانه‌ها در مصنوعات باستان‌شناسی به افراد این امکان را می‌دهند تا از استحکام، ساخت، استفاده، تبادل، تغییرها و شناخت مشکلات در اثر تغییر رنگ‌ها در طول زمان، در حفظ و ترمیم آنان استفاده کنند [۲]. رنگ‌های طبیعی مزایایی دارند و از آنجائی که تولید آن‌ها به منابع طبیعی معدنی و آلی موجود در طبیعت نیاز دارد، سبب کم‌ترین آلودگی محیطی می‌شود و خطرات اندکی بر روی سلامت و جسم انسان دارد. بررسی‌های علمی رنگدانه‌های طبیعی کاری پر چالش است که به‌دلیل پیچیدگی ترکیب شیمیایی آن‌ها و حضور احتمالی محصولات رنگ‌ساز، روش‌های تحلیلی جدیدی برای مشخص‌کردن رنگدانه‌ها و بررسی آن‌ها توسعه یافت [۳]. رنگدانه‌های معدنی به مواد معدنی با رنگ طبیعی گفته می‌شود که از نظر کانی‌شناسی خصوصیات شیمیایی، ساختاری و فیزیکی آن‌ها مشخص می‌شوند و این دلیل بارز استفاده از چنین مواد معدنی برای تزئین اشیا مختلف است و معمولا بلورین و منشا معدنی دارند. تزئینات رنگی معمولا با معانی نمادین همراه است زیرا انسان‌ها آن‌ها را به‌صورت هدفمند می‌سازند. بنابراین، رنگدانه‌ها و رنگ‌های مورد استفاده می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های تفکر انسان و انتخاب‌های فنی درنظر گرفته شوند. انتخاب مواد به‌کاررفته در تزئین آثار هنری عمدتا به‌دلیل در دسترس بودن و قیمت مواد اولیه آن‌ها به‌کار می‌رفته است [۱]. وجود رنگدانه‌ها در سفال‌های تاریخی، روی تزئینات بناهای تاریخی و تابوت‌های سفالی و غیره در هزاره سوم قبل از میلاد (ق م) مشهود است. در بیشتر مطالعات انجام شده رنگدانه‌ها در سفال‌های تاریخی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که هر اثر از یک پالت رنگی (ترکیبات دو، سه و چندرنگ) تشکیل شده است، در این دوره از طیف سیاه، قرمز و قهوه‌ای، به‌عنوان رنگ‌های اصلی استفاده شده است که البته در هر ناحیه استفاده از این رنگ‌ها متفاوت بوده است. مثلا در یونان صحنه‌ها با رنگ قرمز و با زمینه‌ی سیاه نمایش داده شده‌اند، به‌علاوه در محوطه‌هایی در فرانسه برای اولین‌بار رنگ آبی و سفید بر روی گلدان‌های سفالی مشاهده شده [۴] و نیز در برخی موارد لعاب قرمز و سبز در تزئینات گلدان‌ها مشاهده شده است [۱]. چینی‌ها در استفاده از رنگ سفید و قرمز مهارت خود را در تزئین گلدان‌های سبک نشان دادند [۲] و رومی‌ها با به‌کار بردن رنگ‌های زرد اخرا و قرمز و در مواردی سفید و آبی زیبایی بی‌نظیری را در خلق آثار به‌وجود آورده‌اند [۵،۶]. در بسیاری از محوطه‌های تاریخی استفاده از رنگ‌های محلی یکی از بدیهیات دانسته می‌شده است، به‌همین‌دلیل به این امر با وسواس و تأکید چندانی در مطالعات فنی سفال‌های باستانی دیده نمی‌شده است. اما در سال‌های اخیر بسیاری از پژوهشگران دنیای باستان سعی نموده‌اند تا با رویکردهای علمی و دقیق مطالعات باستان‌سنجی، به سؤال‌های این حوزه پاسخ بدهند. بنابراین برخی از مطالعات اخیر در ایران بر روی رنگدانه‌های تزئینات سفالینه‌های باستانی، به بررسی‌های ساختاری و نوع رنگ یک خمره پیش‌ازتاریخی در گورستان کِشیک بلوچستان [۷]، ساختار رنگ سفالینه‌های مفرغ متاخر نمونه‌های کول تپه عجب‌شیر در شرق دریاچه ارومیه [۸] و بررسی چندین نمونه از سفال‌های منقوش شهرسوخته سیستان [۹] محدود می‌شود که رنگدانه‌های مورد استفاده در آن‌ها از قهوه‌ای تیره تا سیاه و زرد گزارش شده است. شناسایی رنگدانه‌های آثار باستانی می‌تواند امکان مطالعه اشیا هنری را با استفاده از روش‌های غیرمخرب فراهم کند و اطلاعات به‌دست‌آمده کمک شایانی به روش‌های فنی و علمی در حوزه مطالعات مرمت، حفاظت و باستان‌سنجی رنگ نماید.

۲- مروری بر به‌کارگیری رنگ و نقش بر روی سفال‌های باستانی

ابتدایی‌ترین تزئینات شکل گرفته بر روی آثار سفالی از نوع دوغاب‌های گِلی بوده است که از همان خمیره گل سفالگری بر روی سطوح ظروف کشیده می‌شده است که می‌توان انواع آن را در دوره‌های نوسنگی در فلات مرکزی ایران مشاهده کرد (شکل۱) [۱۰]. همچنین نوع دوغاب‌های آهکی را نیز می‌توان در دوره مس‌سنگی شناسایی کرد، که بر روی سطح سفال یک لایه بسیار نازک میلی‌متری از لایه دوغاب آهکی کشیده می‌شده است (شکل۱). اما بهترین و شاخص‌ترین نوع به‌کارگیری رنگ‌های معدنی و آلی را می‌توان در دوره‌های عصر مفرغ به بعد دید که در بیشتر مناطق ایران و جهان نمونه‌های بارز چندرنگ، دو رنگ و تک‌رنگ آن وجود دارد. برای تولید رنگدانه‌ها در این برهه تاریخی (هزاره سوم ق. م.) معمولا از زمین‌های طبیعی و معادن نزدیک هر منطقه به‌دلیل در دسترس بودن و ظرفیت بالای رنگ‌آمیزی و پایداری در شرایط مختلف استفاده می‌کردند [۱۱]. به‌طورمثال سنگ معدنی دارچین در چین به‌عنوان یک رنگدانه قرمز مورد استفاده قرار می‌گرفته است [۱۲]. ساکنان مناطق مختلف برای رنگدانه قرمز شنگرف از محیط اطراف استفاده می‌کردند [۱۳] و اکثر رنگدانه‌های قرمز مورد استفاده در مصر باستان، رنگ‌های مبتنی بر خاک رس حاوی اکسید آهن بوده‌اند [۶]. باتوجه به مطالعات پژوهشگران، در اکثر آزمون‌های رنگدانه‌های آثار تاریخی در هزاره سوم ق.م. موارد مشابهی مشاهده گردیده است که به‌اختصار توضیح داده می‌شود. ترکیبات آهن و منگنز به‌ترتیب به‌عنوان ماده اصلی رنگ‌های قرمز و قهوه‌ای/ سیاه شناخته شده‌اند که این رنگ‌ها براساس منگنز و به‌طور طبیعی وجود منیزیم و منگنز غنی از آهن که در شرایط اکسیدکننده گرم می‌شوند، وجود دارد [۶]. رنگدانه‌های اکسید آهن قرمز از نظر رنگ، بافت، درخشش و سختی بسیار متغیر هستند و از چندین سنگ معدن مختلف، ازجمله هماتیت، لیمونیت، سایدریت و مگنتیت ساخته می‌شوند و طیف گسترده‌ای از قرمزها، زردها، بنفش‌ها، قهوه‌ای‌ها و سیاه‌ها را به‌وجود می‌آورند. اکسیدهای آهن از قرمزهای روشن تا قرمزهای تیره تهیه می شوند که تحت نام‌های مختلفی از قبیل سرخ هندی، قرمز اخرا، یا قرمز شنگرف، قرمز تیره و از هماتیت طبقه‌بندی‌شده در زمین، تهیه می‌شوند [۱۵].

مقاله



شکل ۱- سمت راست پایین: نمونه‌هایی از سفال‌های کاه آلود اهرنجان-قره تپه که دارای پوشش گلی غلیظ کرمی است [۱۴]، سمت راست بالا: تصویر میکروسکوپی از پوشش دوغاب آهکی غلیظ در سطح سفال مس‌سنگی علی‌آباد تپه دهنو کرمان (نگارندگان)، تصویر سمت چپ: سفال عصر مفرغ از محوطه چگردک که سه رنگ بدنه قرمز، لعاب گلی نخودی و نقوش رنگی سیاه در آن دیده می‌شود (نگارندگان).

رنگدانه‌های اکسیدهای آهن برای کِرم‌های قرمز و اکسیدهای منگنز برای کرم‌های قهوه‌ای مایل به سیاه تهیه شده‌اند [۱۶]. رنگدانه‌های سیاه و قرمز معمولا مگنتیت (Fe_3O_4) و هماتیت (Fe_2O_3) هستند، مگنتیت با استفاده از جو کاهش‌دهنده در کوره از اکسیدهای آهن تولید می‌شود و رنگدانه قرمز هماتیت با اعمال جو اکسیدکننده در کوره به‌دست می‌آید [۱۷]. آهن با منگنز همبستگی مثبت بالایی نشان می‌دهد [۹]. رنگ سیاه می‌تواند حاوی زغال‌سنگ یا اکسید منگنز هیدروکسید باشد، رنگدانه‌های قرمز و زرد در سفال‌های باستانی با اکسیدهای آهن مرتبط هستند، باستان‌شناسان بیشتر تشخیص می‌دهند که نوارهای قرمز که برای تزئین سفال‌ها استفاده می‌شود از نظر رنگ و کیفیت در طول زمان متفاوت هستند [۱۸]. مواد معدنی در طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها، از رنگ زرد تا سایه‌های مختلف قرمز تا قهوه‌ای و سیاه وجود دارند و به‌عنوان طیف وسیعی از مواد معدنی در رسوبات طبیعی ازجمله هماتیت (Fe_2O_3)، مگنتیت (Fe_3O_4)، گوتیت-(α-FeO.OH)، لپیدوکروسیت (γ-FeO.OH) و ووستیت (FeO) است که درجه حرارت گرمایش حاصل از تولید سفال بیشتر از حد مورد نیاز برای تبدیل بیشتر مواد معدنی اکسید آهن به هماتیت است، بنابراین تعیین کانی‌شناسی اصلی دشوار است، زیرا گوتیت در دمای بالاتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به هماتیت تبدیل می‌شود. اکسیدهای آهن طبیعی غالبا بسته به شرایط تشکیل دارای اکسیدهای مختلف آهن در حالت طبیعی خود به‌عنوان آلاینده‌ها هستند، هماتیت طبیعی اغلب از مگنتیت تشکیل می‌شود که در آن رسوبات دچار دگرگونی تماس می‌شوند و رسوبات معمولا حاوی ذره‌ای مگنتیت به‌عنوان شواهدی برای جایگزینی ناقص هستند [۱۹]. بالاترین رنگدانه را می‌توان با انحلال الکتروشیمیایی اکسیدهای آهن اثبات کرد که باعث بلوری شدن و اندازه ذرات آن‌ها می‌شود، یعنی عاملی مهم بر هر رنگدانه با ترکیب خاص، نسبت فازهای معدنی و ترکیب عناصر مختلف مشخص می‌شود. مواد معدنی رس و اکسیدهای آهن در روند شکل‌گیری طبیعی ارتباط نزدیکی دارند. ترکیب مواد معدنی و خاصیت فیزیکی آن‌ها مطابق با شرایط جسمی-شیمیایی هوازدگی، فرآیندهای رسوب‌زدایی و جابجایی است که با استفاده از آن، این مواد معدنی با ارائه انواع مختلفی اخراها، خاک‌های رس و خاک های آبرفتی همراه هستند. کانی‌شناسی به‌طور مستقیم با پیدایش و منشا طبیعی آن‌ها در ارتباط است و به ما در مطالعه فنون ساخت و مواد مورد استفاده در نقاشی‌های تاریخی کمک می‌کند [۲۰].

رنگ سفید بر پایه کائولینیت بنا شده است [۲۱، ۶]. لاجورد به‌عنوان رنگدانه آبی شناسایی شده [۱۵]، رنگ قهوه‌ای احتمالا نتیجه رسوب یون‌های منگنز است، لعاب با رنگ مس به‌علاوه منگنز که بر روی یک بدنه با رنگ منگنز تشکیل شده است، یک آبی تیره یا بنفش خواهد بود [۲۲]. به‌طورکلی در تحقیقات پژوهشگران رنگدانه‌های قرمز به‌عنوان هماتیت، رنگدانه آبی به‌عنوان لاجورد، رنگدانه سبز به‌عنوان مالاکیت، رنگدانه سیاه به‌عنوان کربن سیاه و رنگدانه سفید به‌عنوان کلسیت شناسایی شده‌اند، کربن سیاه که به عنوان رنگدانه سیاه مورد استفاده قرار می گرفته، معمولا از محصولات احتراق ناقص مواد آلی مانند گیاهان، روغن و استخوان ها ناشی می‌شده است. کلسیت به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان رنگدانه سفید و لایه پشتیبان مورد استفاده قرار می‌گرفت و از آهک خرد شده به‌دست می‌آمده است [۲۳]. کاربرد سیلیکات به‌همراه کربنات‌کلسیم در آزمون رنگدانه‌های هنری باعث رنگ خاکستری می‌شود و نشان می‌دهد که از پسماندهای خاک منشا گرفته است [۲۴].

اخرا رنگدانه طبیعی زمین است که دارای طیف‌های زرد تا قرمز و طیف‌های مختلف دیگر متفاوت است که این طیف‌های رنگی به نوع و میزان اکسید آهن بستگی دارد [۲۵]. قرمز عمدتا حاوی (Fe_2O_3) است،

درحالی‌که نوع مایل به زرد آن سرشار از اکسید گوتیت است. وجود سایر مواد معدنی مانند مواد معدنی رس یا برخی اکسیدهای فلزی نیز می‌تواند بر رنگ آهک تأثیر بگذارد. طبقه‌بندی اوکر نیز می‌تواند باتوجه‌به ترکیب بستر کائولینیت $(Al_2SiO_5)(OH)_4$ و/یا گچ $(CaSO_4.2H_2O)$، و یا سولفات ساخته شود. در طبقه‌بندی رنگدانه سبز متشکل از آهن آب‌دار، منیزیم و سیلیکات‌های پتاسیم آلی است که از سبز تیره و خاکستری تا سبز مایل به زرد تیره متفاوت است [۱۱]. رنگ زرد تیره‌ای که معمولا حاوی مقدار زیادی سرب نیست، احتمالا از یک رنگ زرد آلی تشکیل شده است [۲۰]. در بعضی موارد افزودن عمده اکسید قلع احتمالا برای روشنایی رنگ قرمز، آبی و سبز روشن مورد استفاده قرار می‌گرفته است، که حضور هر عنصر را می‌توان به فن تولید آن نسبت داد [۳].

ممکن است رنگدانه‌های خاصی به‌عنوان معیار برای کارهای هنری رنگی (نقاشی شده) مورد استفاده قرار گیرند. هر رنگدانه با ترکیب خاصی، نسبت فازهای معدنی و ترکیب عناصر مختلف مشخص می‌شود. فازهای اصلی، اجزا، عناصر کمیاب و خاصیت دانه‌بندی خاص (ریخت ذرات) در بسیاری موارد اجازه می‌دهد یک شناسایی دقیق از منشا جغرافیایی (منابع) و به تولید رنگدانه‌های خاص و بر روی رنگدانه‌ها صورت پذیرد [۲]. در سفال‌های پیش‌ازتاریخی هنرمندان و صنعتگران آن دوره، تنها با نقاشی و ایجاد نقش بر روی سفال‌ها، آن‌چنان آثار فاخر و ارزشمندی را تولید می‌کردند که کاربرد شی سفالی می‌توانسته به‌کلی تغییر نماید و کاربردهای آیینی، مذهبی، هنری و تزئینی به آن بخشیده شود، بنابراین سفالگران توانسته‌اند با به‌کارگیری رنگ، کاربری یک شی را تغییر دهند و به آن هویت جدیدی ببخشند، بنابراین این‌گونه است که این سفال‌ها در قبور باستانی در کنار جسد متوفی کشف می‌شوند. چراکه این آثار ساخته و طراحی شده‌اند تا همراه مردگان در دنیای پس از مرگ همراه آن‌ها باشد، پس باید این ظروف با چنان دقت و مهارتی تزئین و نقاشی شوند که آنچنان ارزش‌افزوده‌ای در آنها ایجاد شود که در شان دنیای پس از مرگ مردگان باشد، پس اینگونه است که کاربرد فراوان رنگ‌ها در دنیای باستان تا به امروز مشاهده می‌شود (شکل۲).

۳- سفالینه‌های منقوشِ مکشوف از محوطه‌های سیستان‌وبلوچستان

۳-۱- شهرسوخته

محوطه باستانی شهرسوخته و محوطه‌های اقماری آن (همچون تپه دشت، گراتزیانی، تپه یلدا و تپه طالب‌خان و غیره) در زابل یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین شهرهای دوران عصر مفرغ این منطقه محسوب می‌شود که از لحاظ صنعتی بسیار پیشرفته بوده است و کارگاه‌ها و مراکز تولیدی اشیا مختلف را در دل خود جای داده است. تولیدات آثار سفالی در حجم گسترده یکی از مهم‌ترین کالاهای تولیدی صنعت‌گران این شهر بوده است. سفالینه‌های به‌دست آمده در سه دسته کلی سفال‌های نخودی، قرمز و خاکستری رنگ تقسیم شده‌اند [۲۸]. سفال‌های منقوش و رنگارنگ یکی از کالای تجملاتی و لوکس در میان این آثار محسوب می‌شده است، زیراکه سفالینه‌هایی با نقوش بسیار منحصربه‌فردی از قبور افراد مختلف به‌دست آمده است که این آثار از لحاظ زیبایی‌شناسی و کاربرد رنگ و نقش می‌توانند در زمره مهم‌ترین نقاشی‌های کشیده شده به دست نوع بشر در عصر مفرغ باشد. سفال‌های منقوش شهرسوخته را از لحاظ ترکیب‌بندی نوع رنگ‌های نقوش می‌توان به سه دسته سفال‌های منقوش تک‌رنگ، دو رنگ و چندرنگ تقسیم‌بندی نمود. رنگ سفال‌های تک‌رنگ قهوه‌ای، قرمز و یا مشکی هستند. رنگ سفال‌های دو رنگ به‌دست آمده می‌توانند ترکیبی از دو رنگ سفال‌های تک‌رنگ، یعنی سفال‌هایی با نقوش قرمز- قهوه‌ای و یا قهوه‌ای- مشکی در طیف‌های رنگی مختلف باشند. همچنین سفال‌های چندرنگ ترکیبی از رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای، مشکی، زرد، لاجوردی و سفید هستند که شکل، طرح و نقوش این آثار بسیار متفاوت‌تر از دیگر آثار است [۲۹] (شکل۳).

شکل ۲- سفالینه‌های منقوش آیینی که به دست هنرمندان در عصر مفرغ تزئین شده‌اند (آرشیو موزه منطقه‌ای جنوب‌شرق).

مقاله

جدول ۱- نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده بر روی رنگ سفال‌های تاریخی خارج از ایران.

رنگ‌ها							منبع
آبی	سفید	سبز	زرد	سیاه	قهوه‌ای	قرمز	
-	کلسیت	-	-	کربن	منگنز	آهن	[1]
-	-	-	-	کربن	-	آهن	[۲]
-	کلسیت	-	-	منگنز-آهن	-	هماتیت	[۳]
-	-	-	گوتیت	کربن	-	سرب	[۵]
-	کائولینیت	-	-	آهن-منگنز	منگنز	هماتیت	[۶]
-	-	-	-	-	-	اخرا-شنگرف	[۱۲]
-	-	-	-	منگنز	منگنز	آهن	[۱۶]
-	-	-	-	مگنتیت	-	هماتیت	[۱۷]
-	-	-	-	-	-	هماتیت	[۱۸]
-	-	-	-	-	منگنز	هماتیت	[۱۹]
مس	-	آهن	آهن	آهن	منگنز	آهن	[۲۲]
-	-	آهن	-	-	-	هماتیت	[۲۵]
-	-	-	-	ماگهمایت- مگنتیت	-	-	[۲۶]
-	-	-	-	مگنتیت	گرافیت	هماتیت	[۲۷]

جدول ۲- نتایج پژوهش‌های انجام شده بر روی رنگ سفال‌های تاریخی ایران.

رنگ‌ها				منبع
سیاه	زرد	قهوه‌ای	قرمز	
منگنز	-	منگنز+آهن	آهن	[۷]
منگنز	-	-	آهن	[۸]
کربن-مگنتیت-هماتیت-ژاکوبسیت	ژئوتیت	-	هماتیت	[۹]

شکل ۳- سفال‌های تک‌رنگ (۱ و ۴) [۳۰]، دو رنگ (۲) و رنگارنگ شهرسوخته (۳) (آرشیو پایگاه شهرسوخته).

باتوجه به آزمایش‌های شیمی تر صورت گرفته بر روی رنگ سفال‌های شهرسوخته سیستان، می‌توان وجود کاتیون‌های آهن III را در نمونه‌های رنگ به اثبات رساند. در آزمایش‌های شیمی تر، محلول‌های تهیه شده از رنگ‌های نمونه‌برداری شده با استفاده از دو معرف فروسیانید پتاسیم و تیوسیانات پتاسیم مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. با افزودن معرف ۰/۱ مولار فروسیانید پتاسیم به محلول رنگ، رسوب آبی پروس و با افزودن معرف ۰/۱ مولار تیوسیانات پتاسیم رسوب قرمز خونی تشکیل شده است. همچنین به‌جهت شناسایی منگنز از معرف‌های آمونیاک و هیدروکسید

سدیم استفاده شده است که در برخی نمونه‌ها رسوب سفید رنگ تشکیل شده که نشان از مثبت بودن حضور منگنز است و نیز در برخی از آزمایش‌ها منفی گزارش شده است (شکل۴). همچنین در یکی از پژوهش‌هایی که بر روی تعدادی از سفال‌های منقوش (۶۸ نمونه) با استفاده از روش‌های μ-XRF و μ-Raman انجام شده است، رنگ سفال‌های قرمز و زرد از نوع هماتیت[1] و ژئوتیت[2] و همچنین رنگ‌های سیاه سفال‌ها از نوع رنگ کربن سیاه[3]، مگنتیت[4]، هماتیت و ژاکوبسیت[5] شناسایی شده است [۹].

۳-۲- بمپور

تپه بمپور یکی از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین محوطه‌های عصر مفرغ بلوچستان است که در شهرستان ایرانشهر قرار گرفته است. این محوطه دارای روستاهای اقماری بسیاری در اطراف خود است. سفال‌های این محوطه به شش دوره تقسیم‌بندی شده است که شاخص گاه‌نگاری برای دیگر محوطه‌های اقماری این محوطه است. سفال قرمز و خاکستری سفال‌های رایج به‌دست آمده از این محوطه‌ها هستند. سفال‌های قرمز معمولا دارای پوشش بسیار نازک به رنگ‌های کرم و یا نخودی بوده است که دارای تزئیناتی به رنگ قهوه‌ای تا سیاه بر روی آن‌ها است [۳۱، ۳۲]. همچنین سفال‌های خاکستری به شکل‌های مختلف با نقوش تزئینی قهوه‌ای-سیاه دیده می‌شود. سفال‌های سایر محوطه‌های دره بمپور نیز از همین روند پیروی می‌کنند و دارای سفال‌های قرمز و خاکستری منقوش با رنگ‌های قهوه‌ای تا سیاه هستند. رنگ‌های استفاده شده دارای رنگ‌بندی مختلفی از قهوه‌ای روشن-قهوه‌ای تیره تا سیاه را دارا هستند. سفال‌های محوطه ۱۴ بمپور، خوراب، دامین و دیگر محوطه‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیستند (شکل ۵).

به‌جهت بررسی نوع رنگ‌های به‌کار رفته در تزئینات سفال‌های به‌دست آمده از تپه بمپور و محوطه ۱۴ از رنگ‌های موجود آزمون شیمی تر با استفاده از دو معرف فروسیانید پتاسیم و تیوسیانات پتاسیم انجام شد. بررسی‌های صورت گرفته با استفاده از این روش‌ها، وجود کاتیون آهن III را در رنگدانه‌ها به اثبات رساند و این موضوع نشان می‌دهد که پایه ترکیب اصلی رنگدانه‌های سفال‌های این منطقه از کانی‌های آهن‌دار و احتمالا از نوع هماتیت (اخرا)، است.

۳-۳- گورستان اسپیدژ

گورستان اسپیدژ یکی از شناخته‌شده‌ترین و برجسته‌ترین گورستان‌های شناسایی شده در استان سیستان و بلوچستان است. این محوطه در شهرستان بزمان استان و در جنوب رشته کوه‌های بزمان قرار گرفته است. سفال‌های به‌دست آمده از این گورستان شامل سفال‌های خاکستری، قرمز و نخودی منقوش هستند. نقوش ظروف سفالین قرمز و نخودی رنگ به‌خصوص برروی لیوان‌ها و پیاله‌ها، نقوش هندسی و نقوش ظروف سفالین خاکستری نقوش گیاهی و حیوانی است.

شکل ۴- آزمون شناسایی نوع رنگدانه سفال، تشکیل رسوب آبی پروس با افزودن معرف فروسیانید پتاسیم (سمت چپ) و تشکیل رسوب قرمز خونی با افزودن معرف تیوسیانات پتاسیم (سمت راست) (نگارندگان).

[1] Haematite
[2] Goethite
[3] Carbon black
[4] Magnetite
[5] Jacobsite

شکل ۵- سفال منقوش محوطه بمپور (ردیف پایین) (آرشیو موزه منطقه‌ای جنوب‌شرق) و سفال‌های منقوش محوطه ۱۴ بمپور (ردیف بالا) (نگارندگان).

مقاله

نقوش سفالینه‌های اسپیدژ شامل نقوش حیوانات بومی همچون بزسانان، عقرب، لاک‌پشت و گیاهان و درختانی همچون نخل، خرما، خوشه گندم و همچنین نقوش طبیعت بی‌جان همچون نقش تپه، کوه، کوهستان، خورشید و نقوش امواج آب اشاره داشت. این نقوش با رنگ‌های قهوه‌ای روشن و قهوه‌ای تیره و نیز سیاه ایجاد شده‌اند (شکل۶) [۳۳].

در بررسی‌های صورت گرفته به‌جهت شناسایی نوع رنگ‌های موجود بر روی سفال‌های گورستان اسپیدژ، همانند رنگ سفال‌های محوطه‌های بالا، آزمایش‌های شیمی تر با استفاده از روش‌های ذکر شده قبلی آزمایش به‌عمل آمد. آزمایش‌های صورت گرفته پایه رنگ‌ها را از نوع آهن (III) و منگنز نشان می‌دهد.

۳-۴- گورستان کشیک

گورستان عصر مفرغی کشیک، در شهرستان نیک‌شهر بلوچستان واقع گردیده است که یکی از گورستان‌های نویافته این بخش می‌باشد که یافته‌های سفالی فراوانی از آن به‌دست آمده است [۳۴]. سفال‌های مکشوف از آن در قالب سه گروه سفالی خاکستری، قرمز و نخودی است که تقریبا تمامی آنها منقوش هستند. تمامی سفال‌ها با استفاده از دو نوع رنگ قهوه‌ای (قهوه‌ای روشن و تیره) و سیاه طراحی و نقاشی شده‌اند. نقوش مورد استفاده در تزئینات سفال‌ها بیشتر شامل نقوش هندسی است که برخی صرفا جنبه تزئینی دارند و برخی دیگر نمادهایی بوده که دارای مفهومی خاص هستند. نقوش دیگر شامل نقوش جانوران و حیوانات بومی منطقه مانند بز، عقرب و مار است (شکل۷).

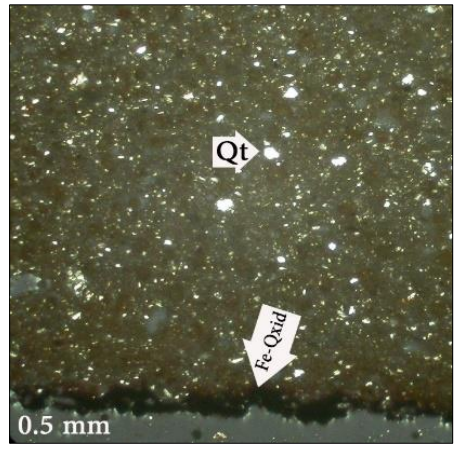
در بررسی‌های علمی صورت گرفته به‌جهت شناسایی نوع رنگ‌های به‌کار رفته در نقاشی سفال‌های این منطقه، تنها رنگ سفال منسوب به خمره چرخه زندگی بررسی شده است. مقدار عناصر شناسایی شده از رنگ خمره مذکور در جدول ۳ گزارش شده است. عناصر آهن و منگنز دو عنصر مهم شناسایی شده در رنگ‌های استفاده شده در سفال است. میزان عنصر آهن ۵۷/۹۳ درصد وزنی و عنصر منگنز ۱۷/۸۱ درصد وزنی شناسایی شده است [۷]. همچنین در بررسی‌های میکروسکوپی تهیه شده از مقطع عرضی به‌جهت شناسایی لایه رنگ کشیده شده بر روی سطح سفال، لایه بسیار نازک میکرونی شناسایی شده است. رنگ لایه در زیر میکروسکوپ قهوه‌ای تیره است که نشان‌دهنده ترکیب دو عنصر آهن و منگنز در این سفال‌ها است (شکل ۸).

جدول۳- عناصر شناسایی شده در رنگ سفال‌های محوطه چگردک به‌صورت نرمالیزه شده (wt%) [۷].

نمونه	سدیم	منیزیم	آلومینیم	سیلیکون	کلر	پتاسیم	کلسیم	تیتانیم	منگنز	آهن
KS-1	۰/۱۰	۰/۶۷	۵/۶۷	۹/۶۷	۲/۶۰	۰/۹۸	۳/۸۶	۰/۶۳	۱۷/۸۱	۵۷/۹۳

شکل ۶- سفال خاکستری و نخودی منقوش به رنگ قهوه‌ای و سیاه از گورستان اسپیدژ (عکس از محمد حیدری).

شکل ۷- نقوش و رنگ سیاه و قهوه‌ای روشن بر روی سفال‌های قرمز و خاکستری گورستان کشیک (نگارندگان).



شکل ۸- تصویر میکروسکوپی از سفال K1 زیر میکروسکوپ پلاریزان، لایه اکسیدآهن و منگنز برروی سطح سفال [۳۴].

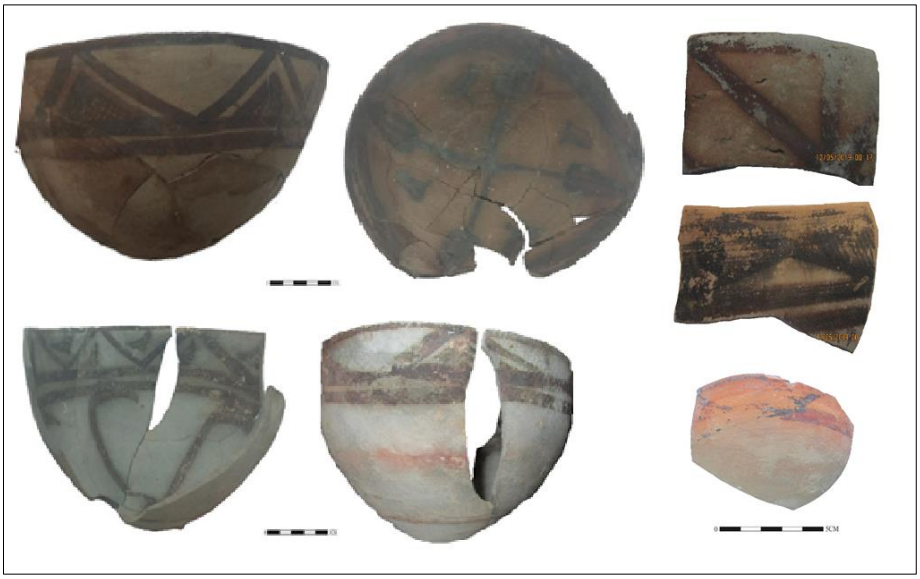
۳-۵- چگردک

محوطه چگردک در جلگه چاه هاشم در شهرستان دلگان قرار گرفته است. این محوطه همانند سایر محوطه‌ها متعلق به دوران عصر مفرغ بوده است. اشیا سفالی در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون آثار قالب به‌دست آمده از این محوطه هستند که دارای نقوش و طرح‌های بومی و سنتی‌ای هستند که برگرفته از محیط پیرامون و زیست‌بوم آن منطقه است. سفال‌های این منطقه نیز همانند دیگر سفال‌های محوطه‌های بلوچستان سفال‌های خاکستری، قرمز و نخودی هستند که با رنگ‌های سیاه و قهوه‌ای تزئین و نقاشی شده‌اند (شکل۹) [۳۶، ۳۵]. در بررسی‌های باستان‌سنجی رنگ‌های به‌کاررفته برروی سفال‌های محوطه چگردک که به روش آزمون EDX انجام شده است، عنصر آهن یکی از عناصر مهم شناسایی‌شده در سفال‌های منقوش است. همچنین منگنز از دیگر عناصر شناسایی شده در رنگدانه‌های سفال‌ها بوده است. در این آزمایش که از رنگ ۳ قطعه سفال گرفته شد (قطعات سفالی درون شکل ۹)، به ترتیب عناصر آهن دارای مقدار ۴۹/۹۵٪، ۲۸/۳۴٪ و ۱۳/۱۷٪ (درصد وزنی) بوده‌اند. همچنین در رنگ یکی از سفال‌ها نیز عنصر منگنز به‌میزان ۱۹/۳۹ درصد وزنی شناسایی شده است و برای دو قطعه دیگر منگنز شناسایی نشده است. میزان عناصر شناسایی شده از رنگ هر ۳ قطعه سفال در جدول ۴ آورده شده است.

۴- بحث

اکسیدهای آهن و منگنز عموما بیشترین کاربرد را در استفاده به‌عنوان رنگدانه در نقوش سفال‌های باستانی داشته است. این رنگدانه‌ها به‌طور طبیعی و به‌صورت اشکال متفاوت در تمام مناطق مختلف زمین به‌دست می‌آیند. دامنه رنگ‌دانه‌های اکسید آهن از زرد تیره تا قرمز، زرشکی و قهوه‌ای است. ته‌مایه‌های رنگ آن، در ابتدا بستگی به میزان آبدارشدن ماده معدنی و همچنین به میزان اندازه ذرات، شکل و ترکیب آن با دیگر مواد معدنی بستگی دارد.

مقاله



شکل ۹- سفال‌های منقوش خاکستری با رنگ‌های قهوه‌ای، قرمز و سیاه از محوطه چگردک (نگارندگان).

جدول ۴- عناصر شناسایی شده در رنگ سفال‌های محوطه چگردک به‌صورت نرمالیزه شده (wt%) (نگارندگان).

نمونه	سدیم	منیزیم	آلومینیم	سیلیکون	سولفور	کلر	پتاسیم	کلسیم	تیتانیم	منگنز	آهن
CH1	–	۲/۰۴	۵/۰۸	۱۶/۶۴	–	–	۱/۲۲	۴/۸۶	۰/۷۸	۱۹/۳۹	۴۹/۹۵
CH2	۸/۵۲	۲/۹۳	۱۱/۹۹	۲۹/۲۰	۹/۲۰	۲/۷۳	۱/۹۶	۵/۰۹	–	–	۲۸/۳۴
CH3	۲/۲۶	۲/۲۶	۲۱/۹۷	۴۱/۳۷	–	۰/۸۱	۲/۹۷	۱۲/۵۱	۲/۶۳	–	۱۳/۱۷

همچنین اکسیدهای آهن بی‌آب همچون Fe_2O_3 باعث متمایل‌شدن رنگ به سمت ارغوانی- قرمز تا ته‌مایه‌های قرمز خرمایی می‌شود. همچنین آب‌دارشدن اکسیدهای آهن (همانند $Fe_2O_3.nH_2O$) باعث تمایل پیدا کردن رنگ آن به سمت قرمز گرم و زرد می‌شود. اکسیدهای آهن به‌شدت ترکیب‌های پایداری در مقابل مواد اسیدی، قلیایی (ضعیف تا متوسط) و همچنین تابش نور هستند.

شواهد اثبات نموده است که بسیاری از جوامع دوران‌های پیش‌ازتاریخ از رنگدانه‌های اکسید آهن در تزئین سرامیک‌ها استفاده نموده‌اند. همچنین اکسیدهای منگنز ترکیبات بسیار مهمی در گروه رنگ‌دانه‌های معدنی به‌شمار می‌روند که دامنه‌ای از قهوه‌ای مایل به زرد تا سیاه را در برمی‌گیرند. اکسیدهای منگنز از مواد معدنی همچون پیرولوزیت[1]، دیمورف[2] و رامسدلیت[3] (MnO_2) حاصل می‌شود. همچنین این رنگدانه‌ها در تزئین بسیاری از سفالینه‌های دوران پیش‌ازتاریخ استفاده شده است [۳۷]. ازاین‌رو باتوجه به ترکیب رنگ متمایل به سیاه رنگدانه‌های نقوش این ظروف، و همچنین با شناسایی و اندازه‌گیری مقادیر عناصر آن، که اکسید آهن بیشترین میزان و اکسید منگنز در رتبه بعدی قرار دارد؛ می‌توان این موضوع را به اثبات رساند که پایه رنگ نقوش سفال، اکسید آهن به‌همراه مقادیری اکسید منگنز است. ترکیب دو رنگدانه با پایه اکسید آهن باعث به‌وجود آمدن رنگی متمایل به قهوه‌ای تیره تا سیاه می‌شود [۷]. علاوه برآن باتوجه به نتایج و آزمایش‌های صورت گرفته مشاهده می‌شود که برای سفال‌هایی که عنصر منگنز شناسایی شده دارای رنگ مشکی و قهوه‌ای تیره هستند و سفال‌هایی که منگنز در آن‌ها به‌دست نیامده دارای رنگ قهوه‌ای تیره تا روشن هستند. در تصویر میکروسکوپی از رنگ سفال کشیک نیز می‌توان لایه نقاشی کشیده شده بر روی سطح سفال به‌وسیله رنگدانه را مشاهده نمود. این لایه کاملا یک‌دست و دارای رنگ بسیار تیره است که ساختار اکسید آهن را به‌درستی نشان می‌دهد. در زیر لایه تیره که به‌وضوح قابل‌مشاهده است یک‌لایه بسیار نازک قرمز رنگ از ذرات کلوئیدی آهن که غیریکدست است را می‌توان مشاهده کرد. احتمال تشکیل مگنتیت در لایه تیره و هماتیت در لایه بسیار نازک وجود دارد. اما شناسایی عناصری همچون سیلیس و آلومینیم و کلسیم ناشی از نفوذ پرتو ایکس به درون بدنه‌ی رسی سفال‌ها است چراکه لایه رنگ موجود بر روی آثار بسیار نازک بوده و از همین‌رو شناسایی عناصر مربوط به ساختار رسی بدنه‌ی آثار دور از انتظار نیست.

[1] Pyrolusite
[2] Dimorph
[3] Ramsdellite

۵- نتیجه‌گیری

استفاده از رنگ همواره یکی از مواردی است که انسان‌ها در طول تاریخ در انواع آیین‌های سنتی، آثار هنری و زندگی روزمره خود استفاده می‌کرده‌اند. رنگ‌های استفاده شده در غارهای لاسکو و شووه در فرانسه، غار آلتامیرای اسپانیا، غار دست‌های آرژانتین و نیز غار لاس‌گال در سومالی و دیگر غارها را می‌توان از اولین کاربردهای رنگ توسط انسان‌های نخستین برشمرد. همچنین بعدها کاربرد رنگ در مراسم‌های آیینی تدفین و در بناهای مذهبی در نقاط مختلف جهان کشف شد. اما یکی از کاربردهای مهم استفاده از انواع رنگ در تزئین آثار سفالی است که اوج کاربرد و مهارت استفاده از آن را می‌توان در هزاره سوم ق. م. مشاهده نمود. نمونه‌های فاخر و بسیار مهم سفال‌های تزئین شده به‌وسیله انواع رنگ را می‌توان در ایران مشاهده نمود که تداوم این سنت را تا به امروز در آثار سفالی ساخته شده در روستای کلپورگان در شهرستان سراوان بلوچستان می‌توان دید. یکی از مهم‌ترین رنگ‌های استفاده شده در طول تاریخ و در ایران استفاده از منابع معدنی اکسید آهن و منگنز بوده است که شناسایی ساختار آن در بسیاری از آثار شناسایی شده است. کاربرد این منابع در تزئین انواع آثار در جنوب‌شرق ایران دیده می‌شود؛ که از همین‌رو سعی شده است تا در این مقاله به بررسی این موضوع پرداخته شود که رنگ روی سفال‌های هزاره سوم ق. م. از چه نوعی هستند. نتایج آزمایش عنصری نمونه‌های رنگ نشان داد که هنرمندان نقاش برای ایجاد رنگ قهوه‌ای-قرمز از اکسید آهن و رنگ مشکی از ترکیب دو اکسید آهن و منگنز استفاده کرده‌اند. هنرمندان پیش‌ازتاریخی با استفاده از ترکیب این رنگ‌ها برای ایجاد رنگ‌های بسیار تیره و یا هرکدام از آن‌ها به‌صورت جداگانه استفاده نموده‌اند. البته کاربرد دیگر رنگ‌ها همچون رنگ سفید، بنفش، زرد و آبی لاجوردی در برخی از نقاط ایران به‌صورت محدود به‌دست آمده است که تاکنون مطالعه‌ای فنی برای شناسایی ماهیت ساختاری و نوع رنگ آن‌ها انجام نشده است. اما باتوجه‌به وفور مواد رنگزای قرمز و قهوه‌ای در ایران و شناخت منابع گسترده آن‌ها توسط مردمان باستان این نوع رنگ‌ها کاربرد بسیار گسترده‌ای در تزئین آثار داشته است. در تمام محوطه‌های هزاره سوم ق.م. جنوب‌شرق سفال‌های تزئین شده با اینگونه رنگ‌ها کشف شده است. سفالگران و نقاشان در پیش‌ازتاریخ برای تهیه چنین رنگدانه‌هایی از خاک‌های طبیعی رنگی و یا کانی‌های رنگزا و طبیعی آهن‌دار استفاده می‌کردند، این رنگ‌ها حاصل فرآوری و تهیه آن‌ها از کانی‌ها و یا خاک‌های موجود در معادن و رودخانه‌ها بوده است که در تهیه این رنگدانه‌ها استفاده می‌شده‌اند. سفال‌های به‌دست آمده از محوطه‌هایی همچون شهرسوخته، بمپور، دامین، خوراب، چگردک، کشیک، اسپیدژ در سیستان و بلوچستان و محوطه‌هایی همچون تل‌ابلیس، کنار صندل، کشیت، قلعه گنج و غیره در استان کرمان از این روند پیروی می‌نمایند.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر با حمایت مالی و تجهیزاتی دانشکده حفاظت از آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز انجام شده است که بدین وسیله از آن مدیریت سپاسگزاری می‌گردد.

۶- مراجع

۷. ی. صدقی، ا. عابدی، م. رازانی، م. حیدری، "*ساختارشناسی خمره نویافته سفالی چرخه زیستی متعلق به گورستان پیش از تاریخی کشیک سیستان و بلوچستان،جنوب شرق ایران*"، پژوهه باستان سنجی، ۳، ۱۴-۱، **۱۳۹۶**.

۸. ا. راستینه، م. باقرزاده‌کثیری، ب. آجورلو، ق .ابراهیمی، "*شناسایی ساختار رنگ‌سفالینه‌های دوره مفرغ متاخر شرق دریاچه ارومیه بر مبنای نمونه‌های کؤل تپه عجب شیر*"، پژوهه‌باستان‌سنجی،۳، ۲۷-۱۷، **۱۳۹۶**.

۱۰. ص .ملک شهمیرزادی، "*سفال دوره نوسنگی در فلات مرکزی ایران*". تهران: سازمان مطالعه و تدوین علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی، **۱۳۹۰**.

1. I. Reich, "*Mineral pigments: the colourful palette of nature*". EMU Notes in Mineralogy, Chapter 7, European mineralogical union, **2019**.
2. D. Bersani, P. P Lottici, "Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry", J. Raman Spectrosc. 47, 499-530, **2016**.
3. F. P. Romano, L. Pappalardo, N. Masini, G. Pappalardo, F. Rizzo, "The compositional and mineralogical analysis of fired pigments in Nasca pottery from Cahuachi (Peru) by the combined use of the portable PIXE-alpha and portable XRD techniques". Microchem. J. 99, 449-453, **2011**.
4. P. Colomban, V.Milande, L. Le Bihan, "On-site raman analysis of Iznik pottery glazes and pigments". J. Raman Spectrosc. 35, 527-535, **2004**.
5. H. A Afifi, "Analytical Investigation of Pigments Ground Layer and Media of Cartonnage Fragments from Greek Roman Period". Mediterr. Archaeol. Archaeom. 11, **2011**.
6. G. E De Benedetto, S. Nicoli, A. Pennetta, D. Rizzo, L. Sabbatini, A. Mangone, "An integrated spectroscopic approach to investigate pigments and engobes on pre-Roman pottery" J. Raman Spectrosc. 42, 1317-1323, **2011**.
9. N. Eftekhari, P. Halakooei, H. Sayyadshahri, C. Vaccaro, "Four shades of black: Non-invasive scientific studies on the painted potteries from Shahr-i Sokhta, eastern Iran". J. Archaeol. Sci. 22, 100-107, **2018**.
11. L. Darchuk, Z.Tsybrii, A. Worobiec, C. Vázquez, O. M. Palacios, E. A. Stefaniak, R. Van Grieken, "Argentinean prehistoric pigments' study by combined SEM/EDX and molecular spectroscopy". Spectrochim. Acta, Part A. 75(5), 1398-1402, **2010**.
12. U. B. Mioč, P.Colomban, G. Sagon, M. Stojanović, A. Rosić, "Ochre decor and cinnabar residues in Neolithic pottery from Vinča, Serbia". J. Raman Spectrosc. 35, 843-846, **2004**.

مقاله

13. A. Čiuladienė, A. Luckutė, , J. Kiuberis, A. Kareiva, "Investigation of the chemical composition of red pigments and binding media", Chemija. 29, **2018**.

۱۴. ب .آجورلو، "دوره نوسنگی قدیم در منطقه دریاچه ارومیه (چشم‌اندازی از نوسنگی‌شدن و تاثیر سنت‌های زاگرس)"، فصلنامه هنر و تمدن شرق، ۲۵-۱،۳۲، **۱۳۹۲**.

15. R. J. Clark, L. Curri, G. S. Henshaw, C. Laganara, "Characterization of brown–black and blue pigments in glazed pottery fragments from castel fiorentino (Foggia, Italy) by Raman Microscopy, X-Ray Powder Diffractometry and x-Ray photoelectron spectroscopy", J. Raman Spectrosc. 28, 105-109, **1997**.

16. E. Tomasini, V. Palamarczuk, M. M.Zalduendo, E. B. Halac, J. M. P. López, M. C. Fuertes, "The colors of San José pottery from Yocavil valley, argentine northwest. Strategy for the characterization of archaeological pigments using non-destructive techniques". J. Archaeolog. Sci. Rep. 29, 102123, **2020**.

17. J. M.Pérez, R. Esteve-Tébar, "Pigment identification in Greek pottery by Raman microspectroscopy". Archaeometry. 46, 607-614, **2004**.

18. B. S. Eiselt, J. Dudgeon, J. A. Darling, E. N.Paucar, M. D.Glascock, M. K. Woodson, "In-situ sourcing of hematite paints on the surface of hohokam red-on-Buff ceramics using laser ablation–inductively coupled plasma–mass spectrometry(LA–ICP–MS) and instrumental neutron activation analysis", Archaeometry. 61, 423-441, **2019**.

19. R. A.Goodall, J. Hall, R. Viel, P. M Fredericks, "A spectroscopic investigation of pigment and ceramic samples from Copán, Honduras". Archaeometry. 51, 95-109, **2009**.

20. D. Hradil, T. Grygar, J. Hradilová, P. Bezdička, "Clay and iron oxide pigments in the history of painting". Appl. Clay Sci. 22, 223-236, **2003**.

21. G. A. Mazzocchin, F.Agnoli, I. Colpo, "Investigation of roman age pigments found on pottery fragments". Analytica. Chimica. Acta. 478, 147-161, **2003**.

22. M. S. Tite, Y. Maniatis, D. Kavoussanaki, M. Panagiotaki, A. J.Shortland, S. F. Kirk, "Colour in Minoan faience", J. Archaeolog. Sci. 36, 370-378, 2009.

23. Z.Liu, Y.Han, L. Han, Y. Cheng, Y. Ma, L. Fang, "Micro-Raman analysis of the pigments on painted pottery figurines from two tombs of the Northern Wei Dynasty in Luoyang", Spectrochim. Acta, Part A, 109, 42-46, **2013**.

24. M. Lettieri, M. T. Giannotta, "Investigations by FT-IR spectroscopy on residues in pottery cosmetic vases from archaeological sites in the mediterranean basin". Int. J. Exp. Spectroscopic Tech. 2, **2017**.

25. B. Constantinescu, R. Bugoi, E. Pantos, D. Popovici, "Phase and chemical composition analysis of pigments used in Cucuteni Neolithic painted ceramics". Documenta Praehistorica. 34, 281-288, **2007**.

26. J. Van der Weerd, G. D. Smith, S. Firth, R. J Clark, "Identification of black pigments on prehistoric Southwest American potsherds by infrared and Raman microscopy". J. Archaeolog. Sci. 31, 1429-1437, **2004**.

27. J. Zuo, C. Xu, C. Wang, Z. Yushi, "Identification of the pigment in painted pottery from the Xishan site by Raman microscopy", J. Raman Spectrosc. 30, 1053-1055, **1999**.

۲۸. س. م. سید سجادی، "*شهرسوخته آزمایشگاهی بزرگ در بیابانی کوچک*". چاپ سوم، زاهدان: اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان، **۱۳۹۱**.

۲۹. ل. مورگاورو، "*ظروف رنگارنگ شهرسوخته*"، ترجمه سیدمنصور سیدسجادی، نشر استانداری سیستان و بلوچستان و سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان، **۱۳۸۷**.

30. M. Vidale, D.Vendemini, E. Loliva, "*Uncertainty and errors in the painted Buff Ware of sahr-e sukte (Sistan, Iran)*", Archaologische Mitteilungen aus Iran und Turan, Deutsches Archaologisches Institut Eurasien-Abteilung Außenstelle Teheran, **2014**.

31. S. Stein, "*Archaeological Reconnissances in North-Western India and South-Eastern Iran*", London, **1937**.

32. B. DeCardi, , "Excavations at Bampur, a third millennium settlement in Persian Baluchistan". Anthtopological papers of the American museum of natural history, New York, 51, 231-356, **1970**.

۳۳. M. Heydari, F. Desset, M. Vidale, , "A Late 4th-Early 3rd Millennium BC Grave at Spidej (Eastern Jazmurian, Iranian Baluchistan)". Iranica Antiqua. 54, 17-57, **2019**.

۳۴. ی .صدقی، م. رازانی، م. حیدری،"مطالعه‌باستان‌سنجی سفال‌های گورستان عصر مفرغی کشیک شهرستان نیکشهر"، پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۲۳، ۳۸-۲۵، **۱۳۹۸**.

35. M. Heydari, H. Fazeli Nashli, E. Cortesi, M. Vidale, "A surface collection at Chegerdak, a Bronze Age centre in the Jazmurian basin (South-Eastern Iran)". Paléorient. 41, 133-155, **2015**.

36. M. Heydari, F. Desset, M. Vidale, , "Bronze Age Glyptics of Eastern Jazmurian, Iran". Paléorient. 44, 133-153, **2018**.

37. G. Rapp, "*Natural Science in Archaeology: Archaeomineralogy*". Second edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, **2009**.