Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol.8, No.1, Spring 1379/2000

Study on Efflorescence of Ceramic Objects of Archeological Excavation

Bahadory, R.

Research Center For Conservation of Cultural Relics,

Iranian Cultural Heritage Organization

Key Words: *Efflorescence, Historical Ceramic, Excavation, FT-IR,*

Abstract: Effloresce means formation of crystals or whitish deposits on the surfaces of objects. The appearance of these crystals are due to the type of art works, pigment, binding factor used, conservation treatments and the environment in which the objects are kept. In order to study the components of efflorescence and the reasons for thier formation, samples were collected from the sediments present on the surfaces of twenty six ceramic objects. These objects were excavated from regions with different climaticconditions, and were all unglazed, and belonged to the first or second millenium BC. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), X-ray diffraction (XRD) and wet chemical analysis were used for analysing of these minute samples. The results showed that the deposits consisted of either one or a mixture of gypsum, calcite, hydrated ferric chloride, feldspar, pyroxene, hematite and halite. Also the soil of region was analysed and the effects of the environmental factors on components and amount of efflorescence was studied.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

مجلهٔ بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هشتم، شمارهٔ یک، بهار و تابستان ۱۳۷۹ از صفحهٔ ۷۱ تا ۸۲

پژوهشی

بررسی شوره زنی آثار سفالی بدست آمده از حفاریهای باستان شناسی

رویا بهادری

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی -فرهنگی، سازمان میراث فرهنگی

چکیده: شوره زنی به معنی تشکیل بلور یا رسوب سفید یا خاکستری بر سطح اشیاء است. ظهور این بلورها متأثر از نوع اثر هنری، رنگدانه و بست به کار رفته در آن، مرمتهای انجام شده، و محیط نگهداری اثر است. برای بررسی نوع ترکیبات شوره وعلل تشکیل آنها، از رسوبهای موجود بر سطح ۲۶ شیء سفالی نمونه برداری شد. این سفالها از حفاری مناطقی با اقلیمهای مختلف بدست آمده و همگی بدون لعاب و متعلق به هزاره اول یا دوم پیش از میلاد مسیح بودند. برای آنالیز نمونه‌های شوره که بسیار کم بود از روشهای دستگاهی نظیر پراش سنجی پرتو ایکس XRD، طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه FT-IR و تجزیه شیمیایی استفاده شد. نتایج نشان داد که شوره‌ها شامل یک یا مخلوطی از گچ، کلسیت، کلرید آهن آبدار، فلدسپار، پیروکسن، هماتیت و هالیت است. علاوه بر شوره‌ها، خاک هر منطقه نیز آنالیز شد و تأثیر عوامل محیطی در میزان و نوع ترکیبات شوره مورد بررسی قرار گرفت.

واژه های کلیدی: شوره زنی، سفالهای تاریخی، حفاری، XRD , FT-IR

مقدمه

سه نوع مادهٔ خام اصلی، خاک رس، فلدسپار و ماسه در ساخت محصولات سرامیکی کلاسیک به کار می‌روند. خاکهای رسی، کم و بیش آلومینیم، سیلیکاتهای ناخالص و آبپوشیده‌ای هستند که از هوازدگی صخره‌های آذرین که در آنها فلدسپار نخستین کانی قابل توجه بوده است، به دست می‌آیند. در فرمول سرامیکها، فلدسپار به عنوان جزء

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

گداز آور از اهمیت بسیار برخوردار است. این ماده ممکن است هنگام استخراج، خاک رس در آن موجود باشد یا آنکه در صورت لزوم به آن اضافه شود. سومین جزء اصلی در فرمول سرامیکها ماسه یا سنگ آتشزنه (SiO_2) است که ماده‌ای شکل ناپذیر و دیر ذوب است. برای تولید محصولات سرامیکی با رنگهای روشن باید از ماسه‌هایی که مقدار آهن موجود در آنها کم است، استفاده کرد [۱].

به وجود آمدن شوره را می‌توان حاصل تشکل دوبارهٔ شبکه بلوری یک نمک دانست. هرگاه نمکی در محیط مایع قرارگرفته و محلول نمکی حاصل شود، شبکه بلوری نمک در اثر یونش در هم می‌ریزد. ولی بعد از جدا شدن حلال در اثر تبخیر، یونها مجدداً به همان شکل شبکهٔ بلوری مجتمع شده و تشکیل بلورهای نمک را می‌دهند که شکل این بلورها، خود تحت تأثیر عواملی نظیر رطوبت نسبی و دما قرار می‌گیرد.

در مورد سفالهای قدیمی جذب نمکهای محلول هم در دورهٔ زیر خاک و هم در دورهٔ پس از حفاری صورت می‌گیرد. اکثر سفالهای پیش از تاریخ ایران، علاوه بر مصارف روزمره، همراه اجساد مردگان (به عنوان وسایل زندگی که بعد از مرگ نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند) دفن می‌شده اند. این ظروف سفالی حاوی مواد غذایی بوده و در کنار اشیاء تزئینی فلزی و پارچه‌ای قرار می‌گرفتند. فساد مواد غذایی خود می‌تواند باعث تولید نمکهای نیترات، فسفات، سولفید و کربنات شود. مجاورت با اشیاء فلزی نیز می‌تواند بر نوع ترکیبات شوره مؤثر باشد. اشیاء تزئینی نیز اگر از جنس سنگهای آهکی بودند می‌توانستند منبع سولفاتها و کربناتها به شمار آیند. آبهای زیر زمینی و ترکیب خاک منطقه نیز در نوع ترکیبات بی تأثیر نیست به خصوص در نواحی کویری ایران که درصد نمکهای مختلف در خاک بالاست.

امروزه با رشد و توسعه شهر نشینی و زندگی ماشینی درصد آلودگی هوا بسیار افزایش یافته است، که همین تراکم بیش از حد ذرات شیمیایی در هوا، می‌تواند برای شیء به عنوان منبع نمک شمرده شود. هم جواری مناطق باستانی با منابع آلودگی تأثیر زیادی بر روی اشیاء مدفون خواهد داشت. بعد از حفاری، شیء در معرض عوامل محیطی گوناگون قرار گرفته و اقداماتی نیز بر روی آن انجام می‌شود که می‌تواند بعدها خود باعث به وجود آمدن شوره شود.بعضی از اشیاء وسفالهای باستانی بعد از حفاری به وسیله محلولهای اسیدی مثل هیدروکلریک اسید و نیتریک اسید تمیز می‌شوند. بنابراین در حین عملیات تمیز کردن ممکن است این اسیدها روی شیء باقی مانده و یا به

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

طرق مختلف درون خلل و فرج سفال جای گرفته و بعدها منبعی برای شوره‌های کلریدی و نیتراتی شود [۲].

ویترینهای نمایش، قفسه‌های نگهداری و محفظه‌های چوبی رنگ نشده نیز می‌توانند عامل بروز شوره (هم نمکهای آلی و هم نمکهای معدنی) شمرده شوند. یکی از این نوع شوره‌ها کالکلسیت[1] یا کلسیم استات کلرید $Ca(CH_3CO_2)Cl.5H_2O$ است که وجود آنها روی اشیاء سرامیکی که در ۵۰ تا ۷۰ سال اخیر در قفسه‌های چوبی از جنس درخت کاج یا ویترینهایی از چوب گیلاس نگهداری می‌شوند، ثابت شده‌است. تشکیل این ماده ناشی از واکنش بخارهای استیک اسید آزاد شده از قفسه‌های چوبی، کلسیم موجود در سرامیک و کلرید باقیمانده در منافذ سرامیک از دورانهای قبلی است [۳].

در ترکیبات شورهٔ تشکیل شده روی بعضی از سرامیکها علاوه بر کالکلسیت که بسیار متداول است، مقداری آمونیم کارنالیت $NH_4MgCl_3.6H_2O$ نیز وجود دارند که نتیجهٔ دو مرحله تمیز سازی سرامیکها، نخست با اسید هیدروکلریک و سپس با آمونیاک است. منبع منیزیم دولومیت $CaMg(CO_3)_2$ است که یا درون سرامیک و یا به صورت یک قشر روی سرامیک قرار می‌گیرد [۴].

کلسیم استات فرمیات $Ca(CH_3CO_2)(CHO_2).H_2O$ از دیگر ترکیبات شوره است که بر سطح خارجی و داخلی صدفهای دریایی و زمینی دیده می‌شود. بخارهای فرمیک اسید و استیک اسید آزاد شده از کابینت‌های چوبی محل نگهداری آنها با کلسیم کربنات موجود در صدف واکنش و تولید این شوره‌ها را کرده است[۵-۷].

روش کار

برای بررسی ترکیبات شوره، نخست از ۲۶ شیء سفالی که در سطح آنها رسوب دیده می‌شد نمونه برداری شد. این سفالها از مناطق حفاری با اقلیمهای متفاوت شامل شهرسوختهٔ زاهدان، تپه قلی درویش قم، ایلام، ماسور خرم آباد، دیلمان و چشمه علی شهرری و آق اولر تالش بدست آمده بودند. علاوه بر شوره از خاک و در بعضی موارد از شیء سفالی نیز نمونه برداری شد.

به دلیل کم بودن میزان این شوره‌ها نیاز به روشهای پیشرفته بود که به همین منظور

1- Calclacite

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

برای آنالیز ترکیبی شوره‌ها از پراش پرتو ایکس XRD و طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه FT-IR استفاده شد. دستگاه XRD که برای آنالیز نمونه‌ها بکار برده شد SEIFERT 3000TT با لامپ مس (۴۰ KV ,۳۰mA) بوده است. طیفهای FT-IR نیز با دستگاه Nicolet 510P گرفته شد، بدین منظور از تمامی نمونه‌ها قرص KBr تهیه شد. علاوه بر این، روشهای تجزیه نقطه‌ای شیمی تر به منظور شناسایی کیفی آنیونها و کاتیونها به‌کار گرفته شد.

بحث و برداشت

پدیدهٔ شوره زدن در آثار سفالی که از مناطق حفاری به دست می‌آید بسیار متداول است ویکی از عوامل مخرب به شمار می‌رود که علت آن را می‌توان به دو عامل درونی و بیرونی نسبت داد. ترکیبات موجود در سفال و محیطی که سفال قبل از حفاری در آن قرار داشته در نوع ترکیبات به وجود آمده در سطح سفال بسیار مهم است.

خصوصیات و مشخصات نمونه‌های آزمایشی شامل رنگ، حالت ظاهری رسوب در سطح سفال، نوع شیء و محل کشف اثر در جدول ۱ آمده‌اند. این نمونه‌ها شامل شوره های سطح سفال، خاک داخل یا چسبیده به سفال و ظرف سفال بودند. سختی رسوبها در محدودهٔ وسیعی از بسیار نرم و سست تا سخت قرار داشته و ظاهر آنها بر سطح شیء به اشکال گوناگون، نقطه‌ای، پودری برجسته یا فرورفته و لایه‌ای دیده می‌شدند.این سفالهااز مناطق حفاری جنوب، مرکز و شمال ایران جمع آوری شده بودند. رسوبهایی که در سطح این سفالها وجود داشتند اغلب به رنگ سفید، کرم و خاکستری بودند، اما در بعضی از سفالها نقاط سیاه نیز دیده می‌شدند. علاوه بر این تعدادی از سفالهای منقوش رسوبهایی به رنگ زرد و سبز داشتند. پیشینه تاریخی این اشیاء سفالی به هزاره اول و دوم پیش از میلاد مسیح باز می‌گردد و همه آنها بدون لعاب بودند.

شکلهای ۱ تا ۳ تصاویر ۳ نمونه از ظروف سفالی شوره‌زده زاهدان را نشان می‌دهند. نتایج تجزیه این نمونه‌ها به سه روش تجزیهٔ نقطه‌ای شیمی تر، FT-IR و XRD در جدول ۲ آمده‌اند.

همان طورکه در جدول ۲ دیده می‌شود، شوره‌های موجود در سفالهای شهر سوخته زاهدان بیشتر شامل گچ، کلسیت و هالیت، سفالهای ایلام و چشمه علی شهر ری شامل کلسیت و کوارتز، سفالهای قم شامل هالیت و سفالهای دیلمان شهرری و تالش شامل

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

جدول ۱ مشخصات نمونه‌های بدست آمده از حفاری مناطق مختلف.

ردیف	شماره ثبتی	نوع نمونه	رنگ	ظاهر	نوع شیء	محل
۱	۴	رسوب	کرم	پودری‌وبرجسته	کاسه منقوش	شهر سوخته
۲	۲۸	رسوب	سفید	پودری‌وبرجسته	کوزه منقوش	شهر سوخته
۳	۲۸	سفال	کرم	-	کوزه منقوش	شهر سوخته
۴	۹۲	رسوب	سفید	پودری	تنگ منقوش	شهر سوخته
۵	۹۳	رسوب	سفید	پودری‌فرورفته	ظرف شیپوری خاکستری	شهر سوخته
۶	۱۷۸	رسوب	سفید	پودری	کاسه منقوش	شهر سوخته
۷	۱۹۶	رسوب	سفید	پودری	تنگ‌سفال‌خاکستری	شهر سوخته
۸	۲۱۱	رسوب	سفید	پودری	کاسه منقوش	شهر سوخته
۹	۲۱۶	رسوب	سفید	پودری‌وسست	کاسه منقوش	شهر سوخته
۱۰	۲۱۶	سفال	قرمز		کاسه منقوش	شهر سوخته
۱۱	۲۲۳	رسوب	سفید	پودری‌وسست	لیوان منقوش	شهر سوخته
۱۲	۲۲۳	رسوب	سبز ماشی	پودری‌وسست	لیوان منقوش	شهر سوخته
۱۳	۲۲۴	رسوب	زرد	پودری‌وسست	لیوان منقوش	شهر سوخته
۱۴	۲۸۷	رسوب	زرد	پودری	کوزه	شهر سوخته
۱۵	۳۰۶	رسوب	سیاه	نقطه‌ای‌ونفوذ کرده‌درسفال	ظرف منقوش	شهر سوخته
۱۶	۳۳۱	رسوب	سفید	پودری‌وبرجسته	کاسه منقوش	شهر سوخته
۱۷	-	خاک	-	-	-	شهر سوخته
۱۸	۱۰	رسوب	سفید	تکه‌ای	تکه سفال خاکستری	تپه قلی درویش
۱۹	۱۸	رسوب	سفید	نقطه‌ای	تکه سفال خاکستری	تپه‌قلی‌درویش
۲۰	-	خاک	-	-	-	تپه‌قلی‌درویش

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

ردیف	شماره ثبتی	نوع نمونه	رنگ	ظاهر	نوع شیء	محل
۲۱	۱۶	رسوب	خاکی	سخت	تکه سفال خاکستری	ایلام
۲۲	۱۷	رسوب	خاکی	سست‌ولایه‌ای	تکه سفال خاکستری	ایلام
۲۳	۶۳	رسوب	سفیدوکرم	لایه‌ای	کاسه	ماسور
۲۴	۱۰۷۱	رسوب	خاکی	تکه‌ای‌وسخت	کاسه	ماسور
۲۵	۱۰۷۵	رسوب	سفید	نقطه‌ای	کوزه	ماسور
۲۶	-	رسوب	خاکی	سست	ساغر (آب خوری)	دیلمان
۲۷	-	رسوب	زرد	سست	ساغر (آب خوری)	دیلمان
۲۸	-	رسوب	سیاه	نسبتاًسست	ساغر (آب خوری)	دیلمان
۲۹	-	رسوب	سفیدوزرد	نسبتاًسست	عطردان خاکستری	دیلمان
۳۰	۱۶	رسوب	خاکی	سخت	فوقا	چشمه‌علی
۳۱	-	خاک	-	-	-	چشمه‌علی
۳۳	۶۱۲۸	رسوب	خاکی	بسیارسست	کوزه	آق اولر
۳۴	۶۱۳۲	رسوب	خاکی و سفید	بسیارسست	کوزه گردن بلند	آق اولر
۳۵	-	خاک	-	-	-	آق اولر

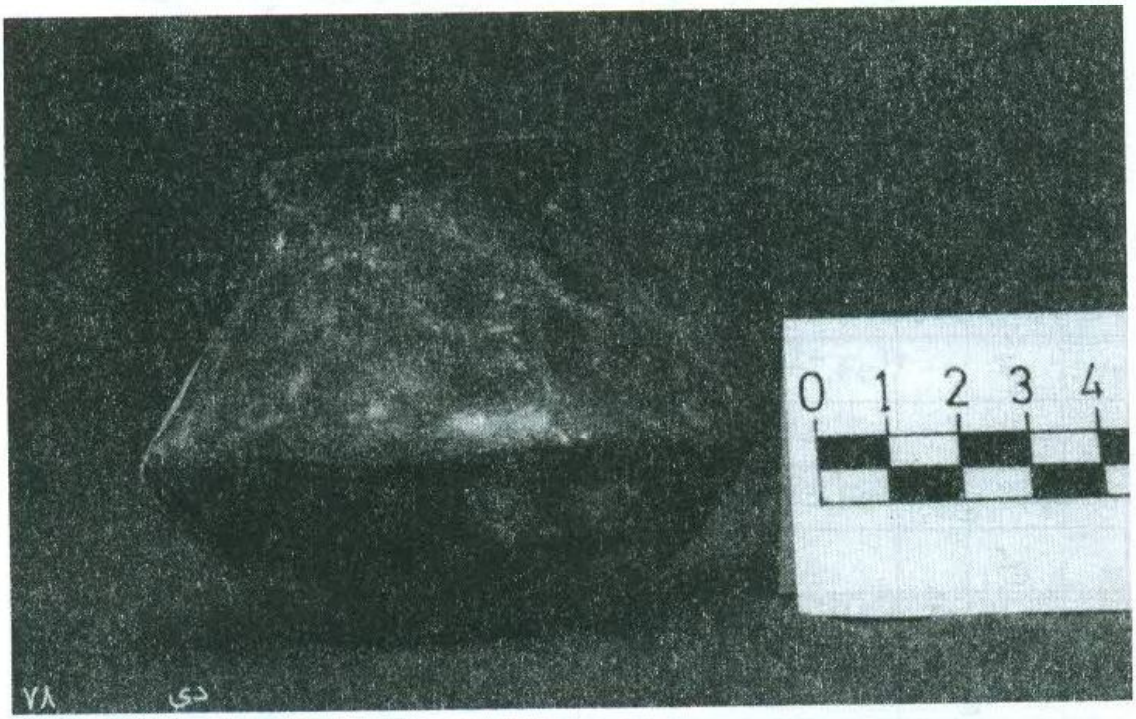
فلدسپار و کوارتز است. تجزیه خاک و سفالها نشان می‌دهد، نوع رسوب ایجاد شده بر روی سفالها ارتباط مستقیم با ترکیبات موجود در خاک و سفالهای هر منطقه دارد. در منطقه‌ای مثل قم که خاک آن بیشتر حاوی هالیت است، شوره‌های ایجاد شده بر روی اشیاء سفالی نیز هالیت است، زیرا احتمالاً خاک مورد استفاده برای ساخت سفال حاوی هالیت بوده است که در اثر قرار گرفتن سفال در شرایط رطوبتی، به صورت محلول در آمده و به خارج از سطح سفال مهاجرت کرده و در اثر تبخیر حلال متبلور شده است. در مورد سفالهای شهر سوخته زاهدان، چون در ساختار خاک و سفال آنها گچ، هالیت و کلسیت وجود دارد، این سه ماده عمده‌ترین ترکیبات شوره هستند اما هالیت چون محلول در آب است، در اثر شستشوی سفالها(با آب که همواره انجام می‌شود) کمتر در ترکیبات شوره به چشم می‌خورد. در سطح بعضی از سفالهای شهرسوخته زاهدان نقاط سیاه رنگی دیده می‌شوند که حاکی از رشد میکروارگانیسمهاست که احتمال می‌رود

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

شکل ۱ تصویری از سفال با شمارهٔ ثبتی ۳۰۶ که رسوب نقطه‌ای سیاه رنگ در سطح آن دیده می‌شود. این ذرات کاملاً در سفال نفوذ کرده و احتمالا ناشی از رشد میکروارگانیسم هاست.

شکل ۲ تصویری از سفالهای منقوش با شماره ثبتی ۲۲۳ و ۲۲۴ که رسوبهایی به رنگ سفید، زرد و سبز تیره و روشن بر روی آن مشاهده می‌شوند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]



شکل ۳ تصویری از سفال خاکستری با شماره ثبتی ۱۹۶، با رسوب سفید در سطح آن.

به دلیل شرایط رطوبتی محل، امکان رشد این موجودات ذره بینی فراهم آمده است. به دلیل نفوذ کامل این نقاط در سفال، در هنگام نمونه برداری علاوه بر ذرات سیاه رنگ مقداری از سفال نیز تراشیده شد. نتایج تجزیه این نمونه‌ها، دربرگیرندهٔ نقاط سیاه سفال است.

نتیجه

ترکیب اصلی تمامی سفالها رس است که یک نوع آلومینوسیلیکات با مقدار زیادی آهن است. علاوه بر رس ترکیباتی به نام تمپر (شاموت) [1] برای اصلاح خواص، به سفال اضافه می‌کنند. تمپرها شامل ماسه، سنگ آهک، صدف، کاه و کود یا مدفوع حیوانات است. احتمال می‌رود که منشاء مواد مورد استفاده در ساخت سفالهای بدست آمده از

1. Temper

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

جدول ۲ نتایج تجزیه رسوب، سفال و خاک به‌دست آمده از مناطق حفاری مختلف.

ردیف	شماره ثبتی	نتایج تجزیه شیمیایی	نتایج FT-IR	نتایج XRD
۱	۴	$SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Fe^{3+}$	سولفات، سلیکات	فلدسپار، گچ
۲	۲۸	SO_4^{2-}, Ca^{2+}	سولفات	گچ
۳	۲۸	-	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار، میکا
۴	۹۲	SO_4^{2-}, Ca^{2+}	سولفات	گچ
۵	۹۳	$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, Ca^{2+}$	سولفات، کربنات	گچ، کلسیت
۶	۱۷۸	$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, Ca^{2+}$	سولفات، کربنات	گچ، کلسیت
۷	۱۹۶	SO_4^{2-}, Ca^{2+}	سولفات	گچ
۸	۲۱۱	$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, Ca^{2+}$	سولفات، کربنات	گچ، کلسیت
۹	۲۱۶	$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, Ca^{2+}$	سولفات، کربنات	گچ، کلسیت
۱۰	۲۱۶	-	سیلیکات، کربنات	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، گچ
۱۱	۲۲۳	$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, Ca^{2+}$	سولفات، کربنات	گچ، کلسیت
۱۲	۲۲۳	$SO_4^{2-}, Cl^-, Fe^{3+}, Ca^{2+}$	سیلیکات، سولفات	گچ، کوارتز، کلریدآهن II
۱۳	۲۲۴	Fe^{3+}	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار، هماتیت
۱۴	۲۸۷	$SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Fe^{3+}$	سولفات	گچ،هماتیت
۱۵	۳۰۶	$SO_4^{2-}, Cl^-, CO_3^{2-}, Fe^{3+}$	سیلیکات، کربنات، سولفات	هالیت، گچ، هماتیت، کلسیت فلدسپار، پیروکسن
۱۶	۳۳۱	$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, Ca^{2+}, Fe^{3+}$	سولفات، کربنات	گچ، کوارتز، دولومیت
۱۷	-	-	سیلیکات، سولفات، کربنات	هالیت،کوارتز،گچ فلدسپار،میکا،کلسیت
۱۸	۱۰	Cl^-, Fe^{3+}	-	هالیت

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

ردیف	شماره ثبتی	نتایج تجزیه شیمیایی	نتایج FT-IR	نتایج XRD
۱۹	۱۸	Cl^-,Fe^{3+}	-	هالیت
۲۰	-	Cl^-,Fe^{3+}	سیلیکات	هالیت، کوارتز، فلدسپار
۲۱	۱۶	$CO_3^{2-},Ca^{2+},Fe^{3+}$	سیلیکات، کربنات	کلسیت، کوارتز(کم)
۲۲	۱۷	$CO_3^{2-},Ca^{2+},Fe^{3+}$	سیلیکات، کربنات	کلسیت، کوارتز، فلدسپار،کانیهای رسی
۲۳	۶۳	$CO_3^{2-},Ca^{2+},Fe^{3+}$	سیلیکات،کربنات	کلسیت، کوارتز، کانیهای رسی
۲۴	۱۰۷۱	$SO_4^{2-},CO_3^{2-},Ca^{2+},Fe^{3+}$	سولفات، سیلیکات(کم)، کربنات(کم)	گچ، کلسیت، کوارتز
۲۵	۱۰۷۵	CO_3^{2-},Ca^{2+}	کربنات	کلسیت
۲۶	-	$CO_3^{2-},Ca^{2+},Fe^{3+}$	سیلیکات، کربنات(کم)	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، هماتیت
۲۷	-	Fe^{3+}	سیلیکات(کم)	کوارتز، فلدسپار، هماتیت
۲۸	-	Fe^{3+}	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار
۲۹	-	Fe^{3+}	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار
۳۰	۱۶	$CO_3^{2-},Ca^{2+},Fe^{3+}$	کربنات، سیلیکات	کوارتز، پیروکسن، کلسیت
۳۱	-	-	سیلیکات، کربنات	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، رس (کم)
۳۲	۶۱۱۵	-	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار
۳۳	۶۱۲۸	Ca^{2+},Fe^{3+}	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار
۳۴	۶۱۳۲	-	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار
۳۵	-	-	سیلیکات	کوارتز، فلدسپار

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

حفاری مناطق مختلف خاک آن منطقه بوده و بسته به تجربیات سفالگر، مواد مختلفی را به خاک اضافه می‌کرده که باز به شرایط اقلیمی آن منطقه ارتباط نزدیکی داشته است. به منظور بررسی آسیب شناسی سفالهای بدست آمده از حفاریهای باستان شناسی و اثر اقلیم آن منطقه بر نوع آسیب، سفالهای بدست آمده از حفاری چند منطقه جغرافیایی مختلف ایران از نظر نوع رسوبهای تشکیل شده در هر یک از آنها مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه شیمیایی رسوبهای ایجاد شده نشان می‌دهد که آنها از نظر نوع ترکیب ارتباط نزدیک به ترکیبات خاک آن منطقه دارند. وجود ترکیباتی مثل اکسید و کلریدهای آهن در رسوبهای زرد و سبز به دلیل وجود کاتیونهای آهن به کار رفته در رنگدانه است و در بقیه سفالها ممکن است مجاورت با اشیاء آهنی، علت وجود این گونه ترکیبات باشد.

بررسی تعداد بیشتری از نمونه‌های سفالی و در صورت امکان نمونه برداری از نقاط مختلف یک سفال می‌تواند به نتایج بهتری منجر شود. همچنین بررسی مکانیسم خروج ترکیبات شوره از سفال نیز باید مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از خانمها سودابه دورعلی و بیگم مدنی برای ثبت طیفهای XRD و FT-IR و از آقایان محمدرضا خلعتبری، میرعابدین کابلی، خسرو پور بخشنده و محمود رشیدی جهت در اختیار قرار دادن نمونه‌های سفال و راهنماییهای ارزنده شان قدردانی می‌نمایم.

مراجع

۱. آستین، جرج تی، مجله شیمی، ۱۳۷۸، ۱، ۳۷.

۲. امین شیرازی نژاد، شهرزاد، پایان نامه کارشناسی، ۱۳۷۳، دانشگاه هنر.

3. Ordones, E., Twilley, J. (1997) *Anal. Chem.* 69, 416A.

4. Segan Wheeler, G., Wypyski, M. T. (1993) *Studies in Conservation,* 38, 55-62.

5. Tennent, N. H., Baird, T. (1985) *Studies in Conservation,* 30, 73-85.

6. Whitmore, P. M., Colaluca, V. G., Farrel, E. (1996) *Studies in Conservation,* 41, 250-55.

7. Singer, B., Devenport, J. (1995) *Conservator,* 19, 3-9.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]