



## خواص فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی و سرامیکی کانسار رسی زیتون آباد- فارس

بیژن اعتمادی، اکرم محمد زاده\*

بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

(دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۶، نسخه نهایی: ۹۴/۱/۱۸)

**چکیده:** گستره‌ی مورد بررسی در استان فارس، حدود ۳۰ کیلومتری شمال شرقی آباد قرار گرفته است. در این بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی و سرامیکی مواد معدنی کانسار برای ارزیابی کاربردهای سرامیکی مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. خواص فیزیکی از طریق تعیین حدود آتربرگ و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و خواص شیمیایی و کانی‌شناسی به ترتیب روش XRD و XRF بررسی شد. برای ارزیابی خواص سرامیکی خاک رس بندر بارو در مالزی (BBC) که یک ماده‌ی خام رایج در تولید کاشی‌های سرامیکی است، به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که اکسیدهای اصلی موجود در نمونه‌ها عبارتند از  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  و اکسیدهای دیگر در مقادیری کمترند. مقادیر  $Fe_2O_3$  در نمونه‌های زیتون از ۲ تا ۱۱ درصد وزنی تغییر می‌کند در حالی که  $Fe_2O_3$  در رس‌های BBC حدود ۲ درصد وزنی است. کائولینیت، پیروفیلیت، ایلیت و کوارتز به عنوان کانی‌های اصلی و کانی‌های فرعی عبارتند از ارتوکلاز، ژیبس، همتایت، روتیل، آنتاز، کلریت و پالیگورسکیت است. نتایج حاصل از خواص پس از پخت و همچنین آنالیزهای شیمیایی و کانی‌شناسی همراه با خواص مکانیکی نمونه‌های زیتون نشان‌دهنده مناسب بودن آن‌ها جهت کاربردهایی برای مواد خام و همچنین ساختار محصولات سرامیکی است.

**واژه‌های کلیدی:** کانی‌های رسی؛ زیتون؛ آباد؛ کاشی؛ سرامیک.

### مقدمه

مکانیکی پس از پخت است [۴،۳]. آگاهی از این ویژگی‌ها موجب بهینه‌سازی کاربرد ذخایر رسی جدید در صنعت سرامیک محلی یا منطقه‌ای خواهد شد. به همین دلیل توجه خاص در بررسی کانسار رسی زیتون برای کاربردهای سرامیکی آن بوده است. منطقه آباد دارای ذخایر رسی گسترده‌ای است که تقریباً در تمام نقاط کشور این رس‌ها در کارخانجات کاشی و سرامیک برای محصولات متنوع مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از ویژگی‌های رایج این ذخایر حضور کانی پیروفیلیت به عنوان یکی از کانی‌های اصلی است که می‌توان به‌عنوان یکی از نقاط قوت این ذخایر از آن نام برد. کانسار زیتون در ۳۰

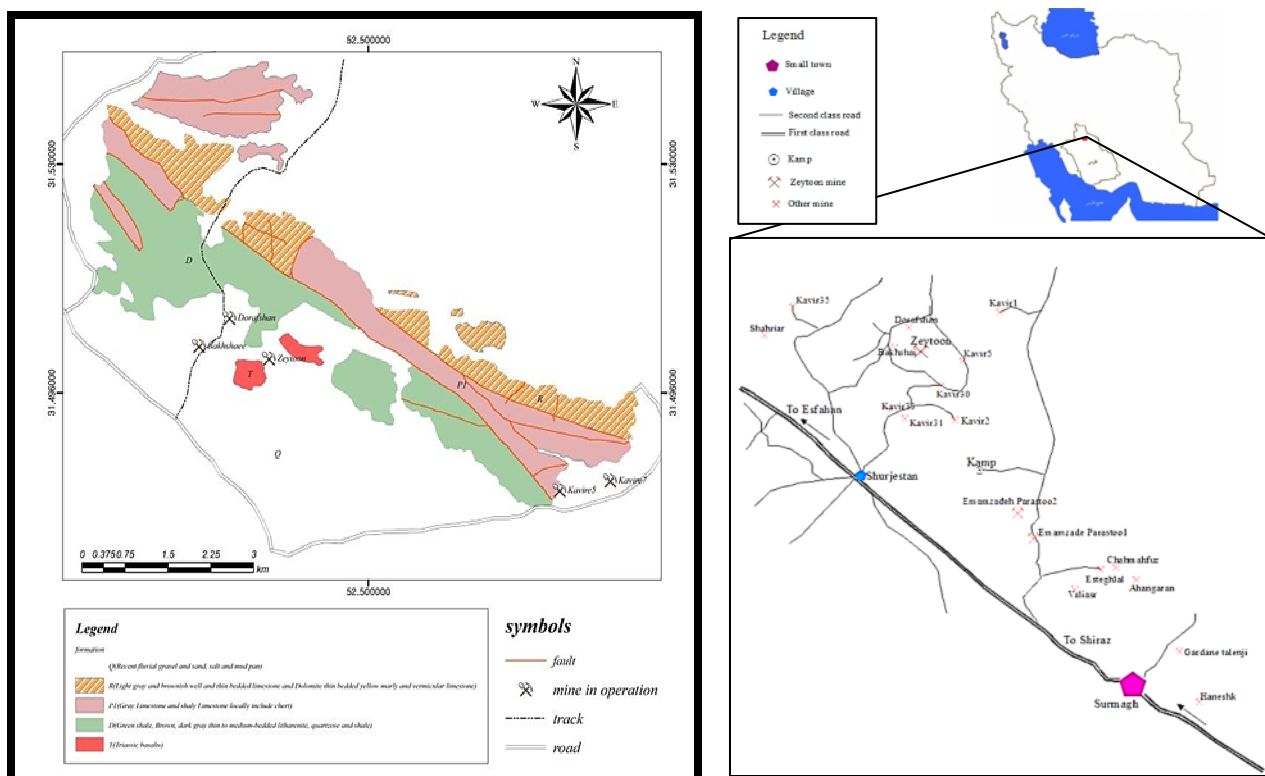
رس‌ها و کانی‌های رسی از اهمیت قابل توجهی در صنعت کشاورزی، مهندسی، زمین‌شناسی، محیط زیست و برنامه‌های کاربردی متنوع برخوردار هستند و با توجه به خواص ویژه آن‌ها قبل و پس از پخت به طور گسترده به عنوان ماده خام اصلی در تولید محصولات سرامیکی متنوع جهت مصالح ساختمانی از قبیل آجر و کاشی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲،۱]. ویژگی‌های رس‌های مورد استفاده در صنعت سرامیک عبارتند از پلاستیسیته که باعث تسهیل شکل‌گیری بدنه می‌شود، شیمی، ترکیب کانیایی، ویژگی‌های حرارتی، دیرگدازی و مقاومت

ترکیب شیمیایی نمونه‌ها به وسیله فلورسانسی پرتو ایکس (XRF) در آزمایشگاه زراژما و ترکیب کانی‌شناسی به وسیله پراش پرتو ایکس (XRD) در سازمان زمین‌شناسی شمال غرب کشور تعیین شد. حدود آتبرگ نمونه‌ها به وسیله روش کاساگراند در بخش مکانیک خاک دانشگاه شیراز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نمونه‌ها به وسیله روش معمول Schollenberger با استفاده از اشباع توسط آمونیوم استات در بخش خاک‌شناسی دانشگاه شیراز تعیین شد. خواص سرامیکی نمونه‌ها در مقیاس آزمایشگاهی بررسی شد و برای این هدف نمونه‌ها مرطوب شده و در یک جارمیل پرسی با مواد خردکننده آلومینیایی قرار گرفتند سپس پودر شده و دوباره مرطوب شدند و به صورت قالب‌هایی با ابعاد (۵ × ۵ × ۱۰) mm و فشار ۳۲۰ Mpa فشرده شدند. این نمونه‌ها به مدت دو ساعت در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتیگراد خشک و سپس در کوره‌ی پخت با دمای بیشینه‌ی ۱۱۵۶ درجه سانتیگراد به مدت ۴۵ دقیقه پخته شدند. نمونه‌ها

کیلومتری شمال شرقی آباده در استان فارس و در مختصات ۵۲° ۳۰' شرقی و ۳۹° ۲۹' شمالی قرار گرفته است. شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه و موقعیت قرارگیری آن را نشان می‌دهد. این معدن به صورت روباز بهره برداری می‌شود و ماده رسی استخراج شده براساس کیفیت در ۷ نوع طبقه بندی می‌شود که براساس تغییر رنگ در معدن از یکدیگر متمایز می‌گردند. در این پژوهش سعی بر این بوده است که با توجه به داده‌های زمین‌شناسی به بررسی خواص این ذخیره پرداخته شود تا کاربردهای سرامیکی آن ارزیابی شده و در نهایت مقایسه‌ای بین این ذخیره با کانسار رسی BBC مالزی انجام می‌شود.

### روش بررسی

در این پژوهش تعداد ۱۰ نمونه رسی براساس روش‌های رایج تهیه شد که نمونه برداری به صورت سیستماتیک و با توجه به تغییرات عمیق، فاصله و خصوصیات ظاهری از قسمت‌های مختلف معدن صورت گرفت.



شکل ۱ نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه و راه‌های دسترسی به کانسار.



اعمال فشارهای مکانیکی در اثر حضور یون  $Fe^{+2}$  در شبکه بلوری کانی‌های تشکیل دهنده خاک رس می‌شود که نتیجه آن دانه ریزتر شدن ماده است البته وجود این ناخالصی می‌تواند آثار مثبتی نیز داشته باشد، ریزتر شدن اندازه ذرات با افزایش پلاستیسیته و شکل پذیری آسان همراه است. می‌توان مشاهده کرد زمانی که کائولینیت به تدریج به وسیله پیروفیلیت جایگزین می‌شود با توجه به شکل ۲ نسبت  $SiO_2/Al_2O_3$  افزایش می‌یابد که افزایش کوارتز همراه با پیروفیلیت این موضوع را توجیه می‌کند با این حال عملاً هیچ تغییری در محتوای اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی در ترکیب مشاهده نشده است. اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی معمولاً با کاهش نقاط ذوب و دیرگدازی فرایند پخت بدنه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اما به علت تمرکز پائینشان در رس‌ها قادر به ایجاد فازهای کانیایی مجزا نیستند [۶].

#### بررسی خواص فیزیکی و سرامیکی

جدول ۳ مقادیر CEC نمونه‌های زیتون را در مقایسه با BBC ارائه می‌دهد این مقادیر با حضور کانی‌های ایلیت، پیروفیلیت و کائولینیت قابل توجه است. لازم به ذکر است که با افزایش CEC پلاستیسیته نیز افزایش پیدا خواهد کرد. پلاستیسیته یکی از مهم‌ترین پارامترها برای تولید محصولات رسی است حدود آتربرگ نمونه‌ها که شامل حد پلاستیک (PL)، حد روانی (LL) و شاخص خمیرایی (PI) است (جدول ۳) بر روی نمودار (Holtz and Kovacs, 1981) آورده شده است (شکل ۳). تمام نمونه‌های بررسی شده در گستره رس با پلاستیسیته متوسط و رس‌های ایلیتی قرار می‌گیرند بجز نمونه ZN18 که در گستره رس‌های با پلاستیسیته کم قرار گرفته و این امر را می‌توان به مقادیر پائین کائولینیت در این نمونه نسبت داد.

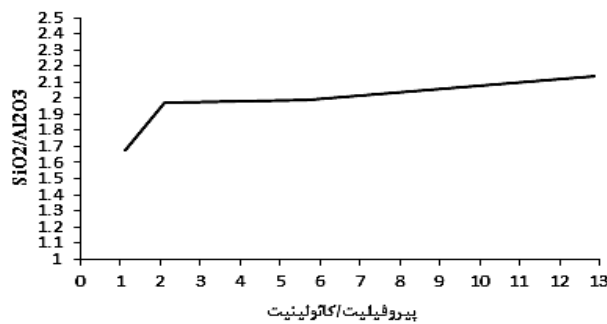
نمونه‌ها به صورت کانی‌های اکسیدی تیتان با ترکیب شیمیایی  $TiO_2$  به صورت روتیل و آناتاز شناخته شده است که این اکسیدها بر شدت قدرت رنگزایی اکسیدهای فلزی به‌ویژه اکسید آهن می‌افزایند همچنین اکسیدهای تیتان از نظر ترمودینامیکی ناپایدار بوده و باعث تغییر حجم و ایجاد ترک در محصولات سرامیکی می‌شوند [۲]. کلریت به علت داشتن آهن در ترکیب شیمیایی و تغییر ساختار بلوری در اثر حرارت در مواد سرامیکی کشش درونی ایجاد می‌نماید و نقطه ذوب را پائین می‌آورد. لذا وجود آن‌ها در رس‌ها زیان بار و نامطلوب است. ارتوکلاز در نمونه‌ها مقدار فاز شیشه‌ای را افزایش و مقاومت مکانیکی بالایی به محصولات تا پایان مرحله پخت می‌دهد. فلدسپار پتاسیم یک عامل گدازآور است که برای ذوب به انرژی کمتری نیاز دارد. حضور مونتموریلونیت باعث افزایش مومسانی و مقاومت خام بدنه شده ولی به دلیل وجود آهن در ساختار آن روی رنگ پس از پخت تاثیر گذاشته و نیز باعث می‌شود که طی ساخت سرامیک به مقدار بیشتری روان کننده نیاز باشد.

#### بررسی خواص شیمیایی

ترکیب شیمیایی نمونه‌ها در جدول ۲ آورده شده است که نشان می‌دهد فراوان‌ترین اکسیدها در تمام نمونه‌ها شامل  $Al_2O_3, SiO_2$  و  $Fe_2O_3$  است در حالی که سایر اکسیدها در مقادیر کمتری حضور دارند این نتایج بسیار شبیه با BBC می‌باشد.  $Fe_2O_3$  در نمونه‌ها از ۲ تا ۱۱ درصد حضور دارد در حالی که در BBC حدود ۲ درصد وزنی است. و شدت بالای کلریت در ZN5 و ZN6 و هماتیت در نمونه ZN21 را می‌توان در ارتباط با محتوای آهن موجود دانست. وجود آهن در ساختار کانی‌ها علاوه بر رنگی کردن خاک قبل و بعد از پخت سبب

جدول ۲ ترکیب شیمیایی نمونه‌های کانسار زیتون در مقایسه با BBC.

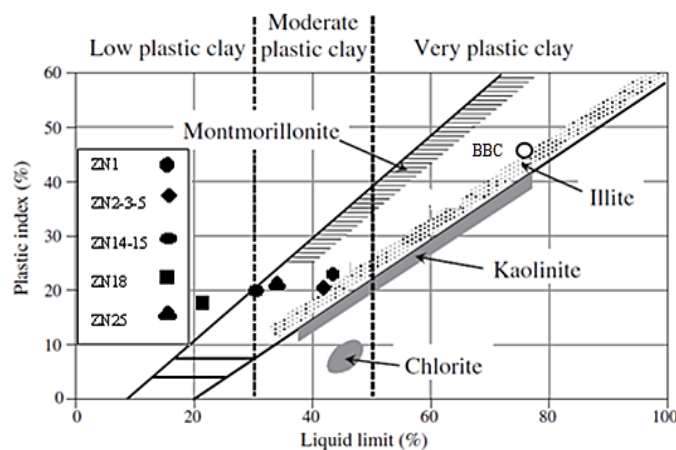
Sample	ZN1	ZN2	ZN3	ZN5	ZN6	ZN14	ZN15	ZN18	ZN21	ZN25	BBC
$Al_2O_3$	۳۱,۳۹	۲۹,۳۴	۲۶,۹	۲۹,۱۶	۲۷,۶۷	۲۸,۴۶	۲۸,۸۸	۲۷,۷۳	۲۲,۳۴	۲۸,۳۹	۲۷,۳۴
$SiO_2$	۵۲,۸۶	۴۷,۹۸	۵۲,۴۴	۴۷,۶۲	۴۸,۶۷	۵۶,۳	۵۵,۹۸	۵۵,۳۵	۵۲,۱۱	۶۰,۹	۵۶,۶۲
CaO	۰,۳۹	۰,۴۱	۰,۹۴	۰,۴۳	۰,۶۱	۰,۲۲	۰,۲۶	۰,۲۴	۰,۴۶	۰,۱۷	۰,۰۵
$Fe_2O_3$	۲,۴۴	۹,۰۴	۷,۳۹	۹,۵۶	۸,۵۶	۳,۲۲	۳,۲۹	۵,۴	۱۱,۸۵	۰,۲۴	۲,۲۶
$K_2O$	۱,۹۴	۱,۹۱	۲,۲۸	۱,۹۵	۲,۰۱	۲,۴۹	۲,۲	۲,۳۵	۱,۱۷	۲,۲۷	۱,۳۶
MgO	۰,۴	۰,۳۹	۰,۴۴	۰,۹۴	۰,۸۲	۰,۲۴	۰,۲۷	۰,۲۷	۱,۴۴	۰,۱۷	۰,۵
MnO	-	۰,۰۱	-	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۱	-	-	۰,۱	-	-
$Na_2O$	۱,۱۵	۰,۷۳	۱,۱۹	۰,۸۹	۰,۷۱	۰,۳۳	۰,۸۳	۰,۶۷	۰,۶۸	۰,۸۸	۰,۰۹
$P_2O_5$	۰,۱۶	۰,۳۳	۰,۱۵	۰,۲	۰,۲۵	۰,۱۵	۰,۱۳	۰,۱۲	۰,۲۵	۰,۱	۰,۰۸
$SO_3$	۰,۳۷	۰,۲۲	۰,۵۶	۰,۰۹	۱,۸۸	۰,۱۳	۰,۵۴	۰,۰۷	۰,۲	۰,۱	-
$TiO_2$	۱,۳۴	۱,۰۷	۱,۲۸	۱,۱۶	۱,۱۲	۱,۳۷	۱,۳۵	۱,۲۷	۱,۴۸	۱,۴۶	۰,۷۹
LOI	۷,۵	۸,۵۹	۶,۳۶	۷,۹۲	۷,۶۱	۶,۶۱	۶,۲۲	۶,۴۶	۷,۸۷	۵,۲۶	۱۰,۹۱
Total	۹۹,۹۴	۹۹,۹۲	۹۹,۹۳	۹۹,۹۴	۹۹,۹۳	۹۹,۹۳	۹۹,۹۵	۹۹,۹۳	۹۹,۹۵	۹۹,۹۴	۱۰۰



شکل ۲ مقایسه نسبت اکسید سیلیس به آلومینیوم با افزایش نسبت پیروفیلیت به کائولینیت.

جدول ۳ حدود آتربرگ و CEC نمونه‌ها در مقایسه با BBC.

BBC	ZN25	ZN18	ZN14-15	ZN2-3-5	ZN1	نمونه
						حدود آتربرگ(%)
۷۵٫۶	۳۲٫۳۴	۲۲٫۳۲	۲۸٫۸۹	۳۸٫۹۱	۳۹٫۵۸	حد روانی (LL)
۲۹٫۴	۲۰٫۹۱	۱۵٫۳۸	۲۰٫۲	۲۳٫۰۹	۲۱٫۳	حد خمیری (PL)
۴۶٫۲	۱۱٫۴۳	۶٫۹۴	۸٫۵۹	۱۵٫۸۲	۱۸٫۲۸	شاخص خمیری (PI)
۱۲	۱۵٫۳	۱۳٫۶	۱۱٫۴۴	۱۶٫۵	۱۸٫۴۷	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)



شکل ۳ موقعیت نمونه‌ها بر روی نمودار [۷].

نمونه ZN15 را می‌تواند احتمالاً به علت بلوغ ضعیف محصولات پخته شده دردمای ۱۱۵۶ درجه سانتیگراد و فقدان ذوب محتوای فلدسپات در نمونه دانست. فلدسپات‌ها معمولاً در در دماهای بالاتر از ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد شروع به ذوب شدن و تثبیت فاز مذاب در بدنه می‌شوند. مقادیر مونتموریلونیت به وضوح در نمونه‌ها کم بوده و تاثیر قابل توجهی در خواص مکانیکی نداشته است. میزان متوسط انبساط بعد از پرس ۰٫۶۱ سانتیمتر در طول و ۰٫۵۹ سانتیمتر در عرض است که گستره استاندارد انبساط بعد از پرس برای نوع کاشی سفید، ۰٫۴ تا ۰٫۸ سانتیمتر است این مقدار نیز در گستره نمونه‌های استاندارد قرار می‌گیرد. نتایج به‌دست آمده از آزمون مقاومت مکانیکی برای سایر نمونه‌ها نیز در دو حالت خام و خشک در گستره استاندارد و یا نزدیک به آن قرار می‌گیرد که قابل قبول است [۹].

رس‌های BBC مقادیر LL, PL, PI بالاتری نسبت به نمونه‌های زیتون نشان می‌دهند و در بین رس‌های زیتون نمونه ترکیبی ZN2-3-5 نزدیک‌ترین موقعیت را نسبت به BBC نشان می‌دهد. فاکتورهای مختلفی بر روی خواص پلاستیسیته تاثیر می‌گذارند مانند منشاء تشکیلات زمین‌شناسی، ترکیب کانیایی، توزیع اندازه ذرات، ناخالصی‌ها (کانی‌های غیررسی) و مواد آلی بنابراین تنوع در پلاستیسیته نمونه‌ها به طور تقریبی قابل فهم است [۷]. جهت تعیین ویژگی‌های کاربردی ماده معدنی مورد نظر نتایج به‌دست آمده از آزمون‌های سرامیکی در جدول ۴ در مقایسه با استاندارد مربوط به کاشی سفید ارائه شده است [۸]. محتوای کم کوارتز در نمونه ZN5 می‌تواند انقباض پخت بالا نسبت به سایر نمونه‌ها را توجیه کند زیرا محتوای کوارتز کمتر به سرعت خاک رس را منقبض و باعث ایجاد ترک می‌شود. مقاومت خشک پائین نسبت به نمونه استاندارد برای

جدول ۴ نتایج به دست آمده از آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه‌ها [۸].

نمونه	٪ رطوبت	انبساط پس از پرس		مقاومت مکانیکی		جذب آب	انقباض پخت	رنگ بدنه پس از پخت
		W	L	خام	خشک			
ZN1	۴٫۹۷	۰٫۵۳	۰٫۵	۰٫۱	۰٫۱	۲۶۹	۷٫۴۵	۲٫۵۵
ZN2	۴٫۸	۰٫۶۴	۰٫۶۴	۰٫۰۷	۰٫۰۷	۱۴٫۰۱	۶٫۸۱	۳٫۸۵
ZN3	۵٫۰۲	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۱	۰٫۱	۱۸٫۰۵	۵٫۴۴	۴٫۴۸
ZN5	۵٫۲	۰٫۷۶	۰٫۷۶	۰٫۰۷	۰٫۰۷	۸٫۹	۳٫۵۷	۶٫۷
ZN14	۴٫۸۸	۰٫۵۹	۰٫۵۶	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۷٫۵۸	۹٫۱۴	۲٫۶۶
ZN15	۴٫۹	۰٫۵۶	۰٫۵۲	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۱۱٫۱۶	۱۰٫۱۵	۱٫۵۲
ZN18	۵٫۴	۰٫۵۶	۰٫۵۱	۰٫۱	۰٫۱	۱۱٫۷۱	۵٫۴۶	۳٫۴
ZN21	۵	۰٫۶۴	۰٫۶۴	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۸٫۳	۸٫۸۱	۲٫۶
ZN25	۵٫۶	۰٫۵۳	۰٫۵۱	۰٫۰۹	۰٫۰۹	۸٫۵	۸٫۱۶	۲
استاندارد	۵-۱۰	۰٫۴-۰٫۸		۰٫۱-۱	۰٫۱-۱	۴-۸	۱۰-۱۷	۳٫۶

### برداشت

بررسی‌ها روی کانسار زیتون آباد نشان‌دهنده پلاستیسیته خوب این ذخیره جهت شکل‌پذیری در یک بدنه سرامیکی است. اکسیدهای غالب در نمونه‌ها  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  بوده و کانی‌های اصلی موجود در نمونه‌ها پیروفیلیت، کائولینیت، ایلیت و کوارتز هستند این داده‌ها تقریباً مشابه با داده‌های مربوط به خاک رس مالزی (BBC) بود به جز برای محتوای بالای آهن موجود در رس‌های زیتون (۲ تا ۱۱ درصد وزنی) در حالی که در نمونه مرجع فقط ۲ درصد وزنی آهن مشاهده می‌شود. رفتار سرامیکی رس‌های زیتون در مقایسه با استاندارد مربوط به کاشی سفید در صنعت سرامیک به‌طور واضح در اکثر موارد در گستره استاندارد بوده و تغییرات رفتار در بعضی نمونه‌ها را می‌توان مربوط به تغییرات کانی‌شناسی، فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها دانست. محتوای بالای آهن در برخی نمونه‌ها آن‌ها را جهت کاربرد در بدنه‌های سفید پخت نامناسب می‌سازد. با این حال خاک صنعتی زیتون جهت استفاده در ساخت بدنه‌های کاشی کف و دیوار و در پاره‌ای موارد برای ساخت چینی به لحاظ ویژگی‌های فنی مطلوب است.

### مراجع

- [3] Burst J. F., "The application of clay minerals in ceramics. *Appl. Clay Sci.* 5, 421-443. Cambodia, 1993. Economic and social commission for Asia and the Pacific", Atlas of Mineral Researches of the ESCAP Region(1991)., vol. 10. United Nations Publication.
- [4] Baccour H., Medhioub M., Jamoussi F., Mhiri T., "Influence of firing temperature on the ceramic properties of Triassic clays from Tunisia", *J. Mater. Process. Technol.* (2009) 2812-2817.
- [۵] صانع خ.، فن آوری تولید کاشی‌های سرامیکی، شیراز، انتشارات نوید شیراز، (۱۳۸۴) ۵۰۴ ص
- [6] Mukhopadhyay T. L., Ghatak S., Maiti H. S., "Effect of pyrophyllite on the mullitization in triaxial porcelain system", *Journal of Ceramics International* 35 (2009) 1493-1500.
- [7] Bun Kim Ngun, Hasmaliza Mohamad, Shamsul Kamal Sulaiman, Kiyoshi Okada, Zainal Arifin Ahmad, "Some ceramic properties of clays from central Cambodia", *Journal of Applied Clay Science* (2011) 33-41.
- [8] Singer F., "Industrial ceramics", Chapman and Hill London, (1967) 14-31.
- [9] Luz A. P., Ribeiro S., "Use of glass waste as a raw material in porcelain stoneware tile mixtures, *Ceram*", *Int.* 33 (2007) 761-765.

[1] Mohmoudi S., Srasra E., Zargouni F., "The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: optimization of ceramic properties", *Journal of Applied Clay Science* (2008) 125-129.

[۲] پایدار ح.، مواد اولیه مصرفی در صنایع سرامیک، موسسه فرهنگی انتشاراتی نشر غزل، (۱۳۸۴) ۳۶۹ ص.