

دراسة تحليلية وتطبيقية لعلاج وصيانة بعض الأواني الفخارية المستخرجة من حفائر سقارة

محمد مصطفى إبراهيم، حمدي محمد محمد

قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة

mmmi228@yahoo.com, hamdyaldeeb11@yahoo.com

المخلص:

تعتبر الأثار الفخارية من أكثر المواد الأثرية وجوداً بالمتاحف والمواقع الأثرية المختلفة. تعاني تلك الأثار من عوامل ومظاهر التلف المختلفة التي تؤثر على متانة وقوة هذه الأثار الفخارية. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى استخدام طرق الفحص والتحليل المختلفة للتعرف على مظاهر التلف التي تعاني منها تلك الأثار، وكذلك إجراء عمليات العلاج والصيانة لهذه الأواني الفخارية محل الدراسة. تم استخدام برنامج الأوتوكاد إصدار 2018 لتسجيل وتوثيق تلك القطع الفخارية، بالإضافة لاستخدام عدة طرق مثل الميكروسكوب الرقمي، والميكروسكوب المستقطب PLM، والميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تحليل عنصري (SEM-EDX) والتحليل بحيود الأشعة السينية (XRD)، وذلك للتعرف على التركيب المعدني وتوضيح حالة تلك الأواني. تبين من خلال نتائج الفحص أن هذه الأواني تعاني من تبلور الأملاح، وظهور بعض البقع السوداء وعدم التجانس بين الحبيبات الداخلية المكونة للأثر. وقد وضح الفحص بالميكروسكوب المستقطب وجود العديد من المعادن مثل الكوارتز والميكا والبيروكسين والبيوتيت والبلاجيوكليز وأكاسيد الحديد. في حين اظهر تحليل XRD أن المكونات الأساسية لتلك الأواني تتمثل في الكوارتز، الدايبوسيد، الإيليت، المسكوفيت، الأورثوكليز، الأنورثيت والهيماتيت. وتبين من خلال تحليل SEM-EDX أن أملاح الكلوريدات والكبريتات تتواجد بنسب عالية. تمت عملية العلاج والصيانة بالتنظيف الميكانيكي والكيميائي، بعد ذلك تم استكمال تلك الأواني باستخدام خليط من مسحوق الفخار الحديث وجبس الأسنان مع البريمال، وكذلك تمت عملية التقوية باستخدام البارالويد B-72 بتركيز 5% المذاب في الأسيتون.

الكلمات الدالة: الفخار، التلف، XRD، SEM-EDX، علاج وصيانة.

Abstract:

Ancient Egyptian sites contain numerous pottery objects that suffering from different deterioration factors that affect the durability and strength of these artifacts. Therefore, this study aims to use different methods of examination and analysis for studying the chemical and mineralogical composition and identification of deterioration aspects of some ancient Egyptian pottery vessels from Saqqara excavation. Thus, to apply proper conservation methods to the selected pottery vessels. AutoCAD version 2018 was used to document these pottery vessels. Additionally, some investigation USB digital microscope, polarizing microscope, SEM-EDX and XRD were applied to identify the chemical and mineralogical composition of these objects. The results of the investigation showed that the selected pottery suffered from salt crystallization, black spots and heterogeneity in the grain's size. The polarizing microscope showed the presence of Quartz, Mica, Pyroxene, Microcline, Biotite, Plagioclase, Iron oxides. XRD analysis revealed

some main minerals such as Quartz, Diopside, Illite, Muscovite, Orthoclase, Anorthite, and Hematite. SEM-EDX analysis showed high concentrations of chloride and sulfate salts. Based on the results of the investigation and analytical techniques, some treatments were achieved, including mechanical and chemical cleaning. Additionally, the completion process was applied with a mixture of grog and dental gypsum with primal AC33. Finally, the consolidation process for pottery vessels performed using paraloid B-72 5% dissolved in acetone.

Key words: pottery, deterioration, XRD, SEM-EDX, conservation

1- المقدمة:

تعاني الآثار الفخارية من العديد من عوامل ومظاهر التلف المختلفة التي تؤدي في نهاية الأمر إلى حدوث هشاشة وضعف لتلك القطع الأثرية. ومن أهم هذه العوامل تأثير الرطوبة، حيث يتسبب زيادة محتوى الرطوبة النسبية في الجو المحيط في إذابة وإعادة تبلور بعض الأملاح وذلك في حالة ارتفاع وانخفاض معدلات الرطوبة والحرارة في الوسط المحيط. وكذلك تساعد بشكل كبير في زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة وما ينشأ عنها من أحماض مدمرة للفخار الأثري (Kimbro, 1996). وكلما كانت المادة أكثر مسامية كلما كانت لها القدرة العالية على امتصاص الرطوبة من الوسط الجوي المحيط، ويتمثل ذلك في الفخار غير جيد الحرق الذي يتميز بمساميته العالية، وكذلك الفخار سميك الجدران (Santos et al, 2012). وتعتبر الرطوبة أيضاً من أهم العوامل الفيزيوكيميائية التي تسبب تلفاً ليس فقط للآثار الفخارية وإنما للآثار بكافة أنواعها، فالرطوبة تدخل في معظم عمليات التلف والأملاح القابلة للذوبان لن يحدث لها تبلور داخل أو خارج الأثر بدون الماء (Mladen, 2011; Ibrahim et al, 2021).

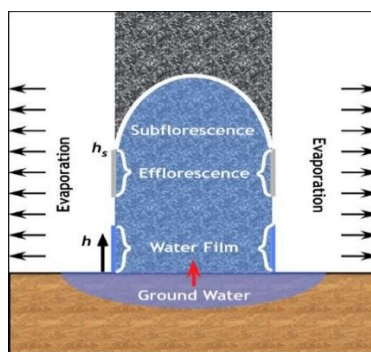
ويؤدي ارتفاع المحتوى المائي داخل البدن الفخاري غير جيد الحرق إلى حدوث انتفاش للطفلة وما يصاحبها من تمدد الذي يؤدي فيما بعد إلى ظهور شروخ بالبدن الفخاري (Cronyn, 1990). وتسبب الرطوبة العالية في بعض الأحيان حدوث تشقق لطبقات البطانة الخارجية أو تفتتها أو سقوط أجزاء منها، حيث يؤدي تشقق السطح الخارجي إلى زيادة مسامية هذه الأسطح وكذلك زيادة السطح الخارجي المعرض للجو مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة الماء الممتص واختراقه بفعل الخاصية الشعرية (Wilson, 1984). وأيضاً الحرارة لها دور متلف للآثار الفخارية، حيث أنها تشجع على تبلور الأملاح مما يؤدي إلى حدوث تزهر لهذه الأملاح على السطح الخارجي وكذلك حدوث انفصال لطبقات البطانة الخارجية (Ismail, 2004).

ويعتبر التغير في درجات الحرارة مصدراً مهماً للضغوط الداخلية نتيجة عملية التمدد والانكماش الذي يحدثه هذا التغير، مما يؤدي لحدوث تشققات في طبقات البدن المختلفة (Hemeda et al, 2018). وكذلك يكون لضغط التربة دور هام في تعرض الأواني الفخارية للتهشم ومزيد من الشروخ والتشققات (Ibrahim et al, 2020). تعتبر الآثار الفخارية من المواد المسامية التي تتعرض للتلف بالمحاليل الملحية، كلما كان الأثر أكثر مسامية كلما كان أكثر

دراسة تحليلية وتطبيقية لعلاج وصيانة بعض الأواني الفخارية المستخرجة من حفائر سقارة

عرضة للتلف بتلك المحاليل التي تخترق السطح الخارجي وتصل إلى عمق البدن الفخاري، وبعد الانتهاء من عملية البخر تبدأ عملية التبلور لهذه الأملاح بداخل البدن مسببة تلف شديد الخطورة بالأثر متمثلة في حدوث تفتت لبعض أجزائه بالإضافة إلى حدوث هشاشه وتقشر لطبقة البطانة (La Iglesia et al, 1997; Ruffolo & La Russa, 2019).

والأملاح الذائبة تعتبر من أكثر العوامل خطورة وخاصة في الفخار المسامي، وذلك لأن هذه الأملاح تذوب أثناء معدلات الرطوبة النسبية المرتفعة ثم يحدث لها إعادة تبلور مرة أخرى خلال فترات الجفاف (Buys & Oakley, 1993). حيث يتغلغل الماء الملحي إلى داخل البدن عن طريق المسام وذلك بمساعدة الخاصية الشعرية التي عن طريقها تنتشر تلك المياه بجميع أجزاء البدن، وعند حدوث تبخر لهذه المياه يحدث تبلور للأملاح ويحدث زيادة في الحجم مما يسبب هشاشه وضعف لمكونات البدن، كما في الشكل (1) (Scherer, 2004; Marey et al, 2010).



شكل (1) يبين ميكانيكية ارتفاع

منسوب المياه عن طريق

الخاصية الشعرية وتبلور

الأملاح.

عن: Scherer, G. W.;

وأيضاً من المشاكل الرئيسية التي يسببها تواجد البلورات الملحية بداخل البدن الفخاري إلى جانب حدوث تفكك وهشاشه حدوث تآكل حبيبي لطبقات البدن الداخلي مما قد يسبب في النهاية حدوث انفصال لطبقات البدن (EI-Gohary, 2012). ويكون نتيجة نمو البلورات الملحية على السطح حدوث تغطية للسطح الخارجي بترسيبات بيضاء اللون من المركبات الملحية التي تؤدي لحدوث تشويه لسطح تلك القطع الفخارية وطمس ما عليها من زخارف ونقوش (Rossi-Manaresi & Tucci, 1991). ويكون نتيجة تبلور الأملاح بين المسام الداخلية للأثر الفخاري حدوث شروخ، حيث يؤدي نمو تلك البلورات إلى زيادة الضغوط الميكانيكية بداخل البدن الفخاري، مسببه في نهاية الأمر ظهور بعض الشروخ الدقيقة التي تؤثر على متانة وجودة الأثر الفخاري (Abd-Elkareem et al, 2017).

وقد تم اكتشاف تلك الأواني من حفائر كلية الآثار، جامعة القاهرة بمنطقة سقارة، تحت إشراف الأستاذ الدكتور علا العجيزي رئيس بعثة الحفائر موسم 2018-2019. وتعود هذه الأواني إلى عصر الدولة الحديثة، وهي عبارة عن مجموعة من الأواني الفخارية مختلفة الأحجام والأشكال كانت تستخدم في نشاط الحياة اليومية للمصري القديم. ويهدف هذا البحث إلى دراسة مظاهر التلف المختلفة التي تعاني منها تلك الأواني مثل فقدان بعض أجزاء البدن الفخاري وكذلك تبلور الأملاح على السطح الخارجي مسببه تشوه له، بالإضافة لهشاشه البدن الفخاري نتيجة الدفن في

التربة لفترات طويلة. لذلك كان لابد من التدخل لإجراء عمليات العلاج والصيانة المختلفة مثل التنظيف والاستكمال والتقوية للحفاظ على تلك الآثار.

2- مواد وطرق الدراسة:

1-2- مواد الدراسة:

تم اختيار ثلاثة نماذج من الفخار المستخرج من حفائر كلية الآثار، حيث تعاني تلك الأواني من مظاهر تلف مختلفة تتطلب التدخل لإجراء عمليات العلاج المناسبة لهم. وتم إعطاء أكواد F1، F2، F3 لهذه الأواني.

1-1-2 الوصف الأثري والفني:

تعتبر هذه المرحلة بمثابة تاريخ للقطعة الأثرية وذلك بنسبتها للعصر الذي تنتمي إليه، وكذلك التسجيل الفني يتم فيه معرفة كل التفاصيل الخاصة بعملية الصناعة والخامات التي صنعت منها. حيث تنتمي هذه الأواني لعصر الدولة الحديثة، وقد تم استخدام الطفلة الغنية بأكاسيد الحديد في تنفيذ تلك الأواني. حيث تم تشكيل هذه الأواني الفخارية بواسطة عجلة الفخار وذلك كما يتضح من الخطوط الدائرية المتوازية الموجودة بداخلها، وكانت جميع هذه الأواني خالية من أي نقوش وزخارف. وكذلك كانت تعاني هذه الأواني من عيوب في عملية التصنيع المتمثلة في عدم استواء السطح الخارجي ووجود نتوءات وفجوات ذات أحجام مختلفة ناتجة عن عدم العناية بعملية التصنيع. وطبقة البطانة الخارجية تم تنفيذها باستخدام الغسول الأحمر Red Wash كتغشية سطحية لأجزاء البدن الفخاري.

2-2- طرق الدراسة:

1-2-2 التسجيل والتوثيق الهندسي:

تم استخدام برنامج الأوتوكاد إصدار 2018 لتوثيق مظاهر التلف المختلفة التي تعاني منها الأواني الفخارية محل الدراسة أو تسجيل ثلاثي الأبعاد.

2-2-2 الميكروسكوب الرقمي: USB Digital Microscope

تم استخدام ميكروسكوب من نوع (USB 2.0 interface, Linux, Mac OS & above 10.5.5, from (10X-500X), Model: PZ01.)

3-2-2 الفحص بالميكروسكوب المستقطب: Polarizing Microscope

تعتبر الدراسة بواسطة الميكروسكوب المستقطب من الطرق الهامة في مجال دراسة الفخار الأثري حيث يتم عمل مقاطع رقيقة thin-sections ومع التكبير يمكن فحص وتعريف المعادن المكونة للبدن وكذلك حجم الحبيبات وأيضاً دراسة السطح من خلال ترتيب الحبيبات. ويساعد الميكروسكوب المستقطب في التعرف على المعادن الموجودة بالعينة والتي تحتوي على كوارتز، فلبسبارات، وكذلك الإضافات التي قد تحتوي على مسحوق الفخار المحروق (López et al, 2013). وقد تم استخدام جهاز من نوع (Nikon ECLIPSE LV100POL (DS-FI1) المتواجد بقسم الجيولوجيا-كلية العلوم-جامعة القاهرة.

2-2-4- الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة التحليل العنصري EDX:

يتميز الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بمعدل تكبير عالي جداً، ويساعد SEM في التعرف على المكونات الأساسية والتركيب الداخلي الدقيق، ويمكن دراسة حالة القطعة من حيث الضعف والقوة (حمادة صادق، 2005). ويمدنا أيضاً الجهاز بمعلومات عن المسامية، ويساعد في الكشف عن الفراغات وفحص ميكانيكية الترابط بين الحبيبات (Tennent et al, 1992). ويعتبر من أهم التقنيات الحديثة في مجال الفحص والتحليل للآثار الفخارية ويصف الميكروسكوب مورفولوجيا السطح للأواني الفخارية والشكل البلوري وحجم الحبيبات وتوزيعها وطبيعة النسيج الفخاري وطبقة البطانة ونوع التلف ومظاهره مثل البثرات والشروخ وتبلور الأملاح، فضلاً عن التركيب المعدني سواء في صورة عناصر أو أكاسيد (وليد كامل، 2015). وقد استخدم الجهاز (Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) FEI company, Netherlands) الموجود بالهيئة العامة للثروة المعدنية بالدقي.

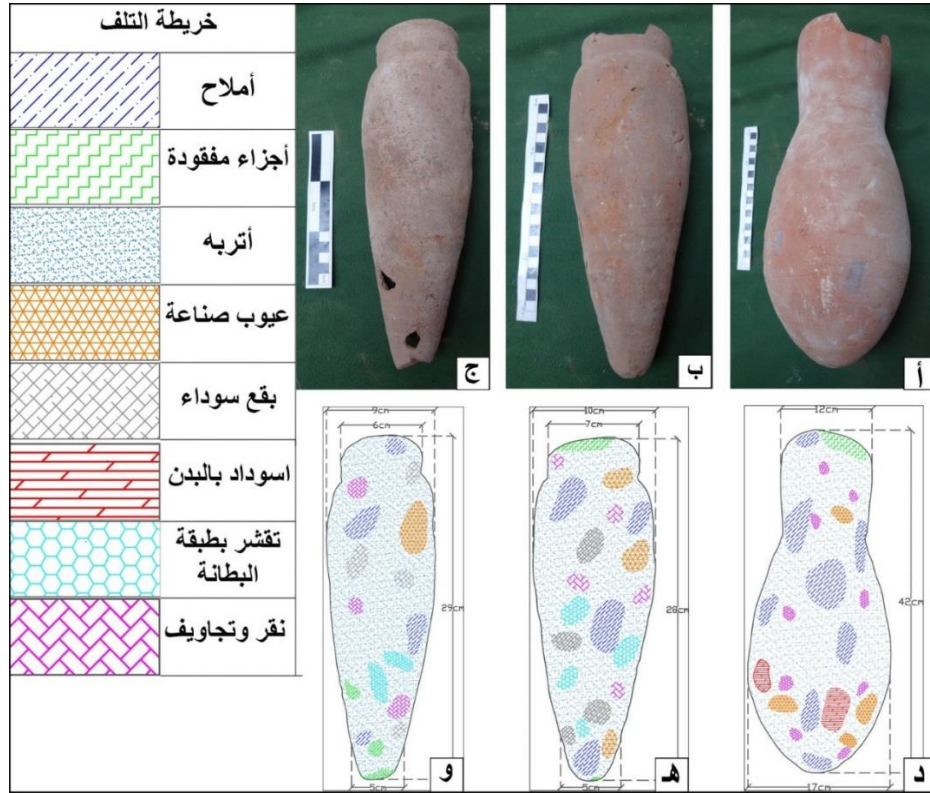
2-2-5- التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية: X-Ray Diffraction Analysis

تعتبر هذه الطريقة من أفضل الطرق المستخدمة في التعرف على المعادن المكونة للأثر وذلك من خلال التركيب البلوري لها (انجي سعد، 2009). ومن خلال التحليل بحيود الأشعة السينية يمكن التعرف على المواد الخام التي تستخدم في تصنيع الفخار، وأيضاً معرفة المركبات التي تتكون منها العينة (Madkour & Khallaf, 2012). ويعتمد التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية على وجود مادة متبلورة ويكون لكل معدن أو مادة متبلورة زاوية سقوط وزاوية انعكاس مميزة له (Tennent et al, 1992). والجهاز المستخدم في التحليل من نوع (Diffractometer- analytical X-ray b.v.) PW 1480-Netherland. والمتواجد بمعمل الأشعة السينية - قسم ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة القاهرة.

3- النتائج والمناقشات

3-1- التسجيل والتوثيق:

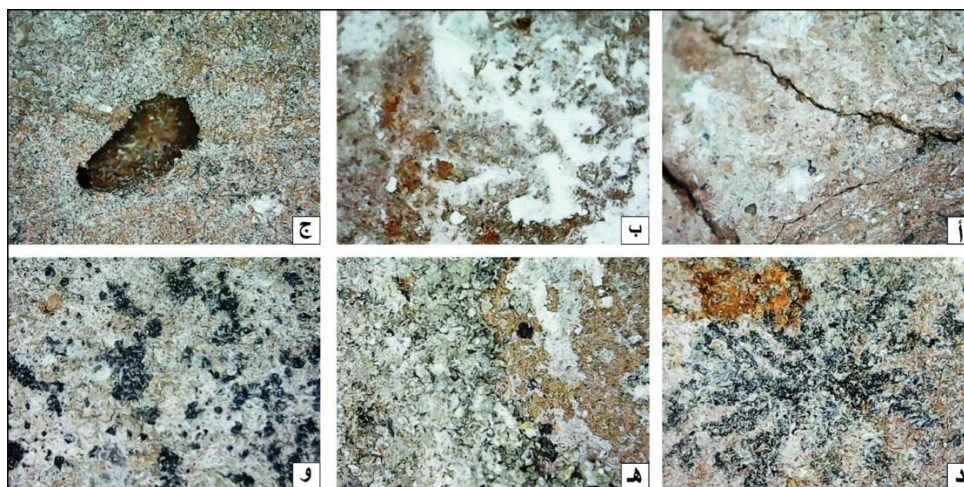
تعتبر مرحلة التسجيل والتوثيق من المراحل الهامة التي يجب البدء بها قبل إجراء الترميم والصيانة للقطع الفخارية محل الدراسة. وتعتبر جزءاً لا يتجزأ عن عملية العلاج والصيانة، حيث يتوقف نجاح مرحلة العلاج على درجة النجاح التي حققها المرمم في فهم طبيعة المادة الأثرية وما حدث لتركيبها الفيزيائي ومكوناتها المختلفة من تغيرات متلفة نتيجة تفاعلها مع قوي التلف المختلفة، وكذلك معرفة مدي استجابة تلك الآثار للعلاج من عدمه. تم توثيق تلك الأواني أولاً عن طريق التصوير الفوتوغرافي، ثم بواسطة برنامج الأوتوكاد لتوضيح مظاهر التلف المختلف التي تعاني منها تلك الآثار. حيث اتضح من خلال التوثيق انتشار الأملاح على السطح الخارجي، ووجود الأثرية، ووجود بعض الأجزاء المفقودة بالبدن، مع وجود بعض البقع السوداء المنتشرة بالسطح، كما توضح اللوحة (1).



لوحة (1) تبين التسجيل والتوثيق للأواني الفخارية. (أ، د) F1، (ب، هـ) F2، (ج، و) F3.

3-2- الميكروسكوب الرقمي: USB Digital Microscope

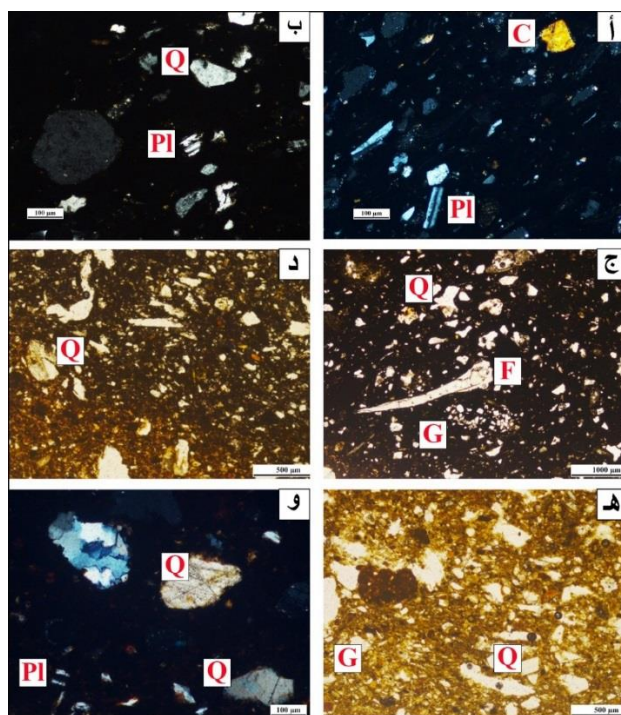
يعتبر الفحص بالميكروسكوب الرقمي من الطرق الهامة لفحص الآثار الفخارية، وذلك لأنه يساعد في التعرف على حالة الأثر ومظاهر التلف المختلفة غير الظاهرة للعين المجردة (محمد مصطفى وآخرون، 2019). حيث تم التصوير والفحص بقوة تكبير تتراوح ما بين (20X-100X) وذلك من أجل التعرف على العديد من مظاهر التلف المختلفة التي تعاني منها تلك الأواني. حيث اتضح من خلال الفحص انتشار الأملاح على السطح الخارجي في بعض الأجزاء من تلك الأواني وكذلك وجود التربة والرمال. بالإضافة لوجود بعض البقع السوداء التي تغطي أجزاء مختلفة من البدن، وأيضاً وجود شروخ دقيقة منتشرة ببدن العينة F1 مما تسبب ضعف وهشاشة لبدن الانية الفخارية، كما في اللوحة (2).



لوحة (2) توضح التصوير بالميكروسكوب الرقمي وتوضيح مظاهر التلف. (أ، ب) F1 توضح وجود شروخ دقيقة منتشرة بالبدن وكذلك وجود طبقة من الأملاح تغطي سطح العينة، (ج، د) F2 تبين وجود فجوة في البدن نتيجة عيوب أثناء الصناعة، بالإضافة لوجود بقعة سوداء اللون على السطح، (هـ، و) F3 توضح تراكم الأتربة والرمال على سطح البدن وكذلك انتشار البقع ذات اللون الأسود مع وجود أملاح.

3-3- الميكروسكوب المستقطب: Polarizing Microscope

يتضح من خلال الفحص بالميكروسكوب المستقطب أن العينة **F1** تتكون من الكوارتز (Q) الذي يعتبر من المكونات الأساسية للعينة بالإضافة إلى وجود الكالسيت (C) بلون مائل للأصفر الذهبي الذي تم استخدامه كمادة مالئة لتحسين خواص الطفلة المستخدمة في صناعة تلك الأنبة. ويوجد أيضاً بالعينة بعض المعادن الأخرى مثل الفلسبارات البلاجيوكليزية (Pl). كما يتضح من خلال العينة **F2** وجود حبيبات الكوارتز بأحجام مختلفة يتدرج حجمها من حبيبات دقيقة إلى متوسطة وحبيبات الكوارتز بعضها حاد الحواف والبعض الآخر مستدير الحواف (Ibrahim & Mohamed, 2019). وكذلك وجود مسحوق الفخار (G) كأحد الإضافات أثناء عملية الصناعة لتحسين خواص الطفلة، وكذلك وجود حفرة فوسفاتية (F) نتيجة وجودها مع الطين أثناء تجهيز الصانع لها. أما بالنسبة للعينة **F2** فيظهر من خلال الفحص وجود حبيبات الكوارتز الذي يعتبر من المكونات الأساسية للعينة حيث يختلف من حيث الحجم سواء كانت الحبيبات كبيرة أم دقيقة الحجم، والشكل سواء حاد الحواف أو مستدير الحواف، بالإضافة لوجود الفلسبارات البلاجيوكليزية، وكذلك وجود مسحوق الفخار الذي أضافه الصانع للطفلة كأحد المواد المألثة، كما في اللوحة (3).



لوحة (3) تظهر نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب. (أ، ب) عينه F1، (ج، د) عينه F2، (هـ، و) عينه F3، (أ، ب، و) C.N.، (ج، د، هـ) P.L.

3-4- الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تحليل عنصري SEM-EDX:

يتضح من خلال الفحص كما في اللوحة (4) للعينه **F1** بقوة تكبير (800X) أن الحبيبات تظهر بصورة متماسكة في بعض المناطق، كما يظهر تآكل في طبقة البطانة الخارجية وحفر عميقة نتيجة الدفن في التربة لفترة طويلة من الزمن، كما يتضح عدم التجانس في حجم الحبيبات المكونة للبدن فمنها ذات حجم صغير وأخري كبيرة الحجم. أما بالنسبة للعينه **F2** فيظهر من خلال الفحص بقوة تكبير (700X) وجود شرخ كبير الحجم يمتد من السطح الخارجي إلى طبقات البدن الداخلية وذلك نتيجة ضغط التربة وتراكم الرمال والأتربة عليه أثناء فترة الدفن، وكذلك يتبين عدم استواء السطح الخارجي نتيجة عدم التنفيذ الجيد أثناء عملية الصناعة، ويظهر وجود أتربة ورمال ملتصقة بالبدن مما تسبب تشويه للسطح الخارجي. وبالنسبة للعينه **F3** فيظهر من خلال الفحص بقوة تكبير (300X) انتشار العديد من الشروح ببدن الإناء الفخاري فمنها كبيرة الحجم تنفذ من السطح الخارجي إلى أجزاء البدن الداخلية ومنها شروح دقيقة الحجم تنتشر على السطح الخارجي فقط، كما يظهر فقدان لبعض أجزاء البطانة الخارجية وعدم التجانس في حجم الحبيبات، كما يتبين وجود هشاشة للبدن الفخاري مع تراكم كثيف للأتربة على السطح الخارجي، ويظهر ذلك في الشكل (5).

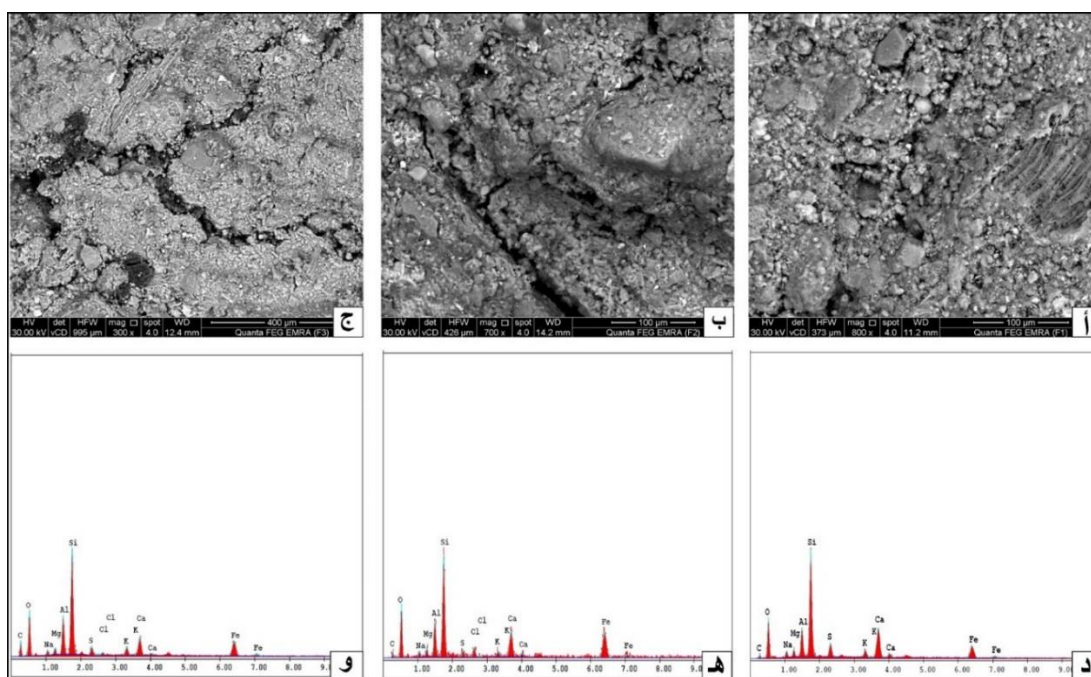
ويظهر من خلال نتائج التحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM-EDX للأواني الفخارية كما في الجدول (1) واللوحة (4) والشكل (2) أن العينه **F1** ترتفع بها نسبة أملاح الكبريتات الذي تعتبر من الأملاح القابلة للذوبان، بالإضافة لارتفاع نسبة الكالسيوم نظرا لاستخدام كربونات الكالسيوم ضمن طبقة البطانة الخارجية، وأيضا ارتفاع نسبة السيليكا كأحد المكونات الأساسية في الطفلة المستخدمة في الصناعة. أما بالنسبة للعينه **F2** ترتفع بها نسبة الماغنسيوم وهذا يدل على أن الطفلة المستخدمة في صناعة تلك الأنية تتكون من معدن المنتوموريللونيت، وكذلك ارتفاع نسبة أكسيد الحديد الذي يعتبر أحد المكونات الأساسية للطفلة الداخلة في عملية الصناعة لتلك الأواني،

دراسة تحليلية وتطبيقية لعلاج وصيانة بعض الأواني الفخارية المستخرجة من حفائر سقارة

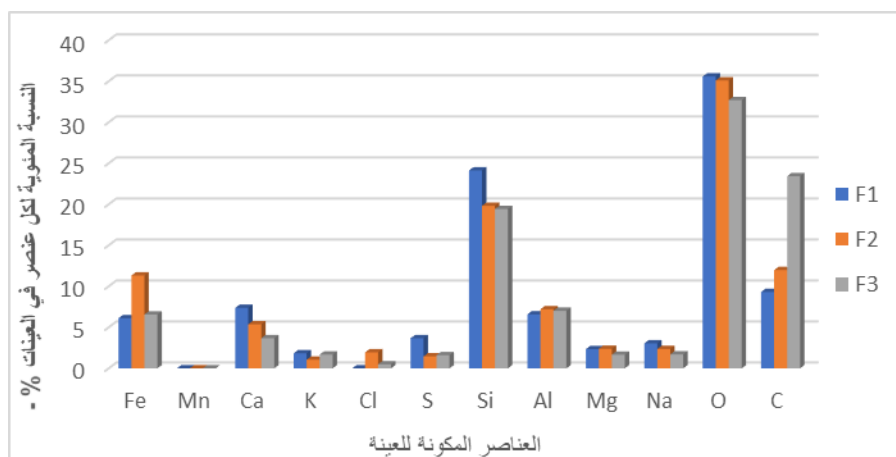
بالإضافة لارتفاع نسبة أملاح الكلوريدات وخاصة ملح كلوريد الصوديوم بسبب دفن تلك الأواني في تربة غنية بهذه الأملاح. أما العينة **F3** فترتفع بها نسبة أكسيد الألمونيوم الذي يعتبر أحد المكونات الأساسية للطفلة المستخدمة في عملية الصناعة، وكذلك وجود نسبة من ملح كلوريد الصوديوم وأملاح الكبريتات.

جدول (1) يوضح المقارنة بين العينات المختلفة وتركيز العناصر في كل عينة من عينات الأواني الفخارية.

العناصر المكونة للعينات %											كود العينة
C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe	
9.32	35.58	3.05	2.34	6.58	24.12	3.67	-	1.84	7.38	6.11	F1
11.98	35.10	2.36	2.39	7.20	19.82	1.46	1.95	1.06	5.37	11.32	F2
23.42	32.69	1.70	1.66	7.02	19.42	1.61	0.55	1.68	3.68	6.56	F3



لوحة (4) تبين نتائج الفحص والتحليل ب SEM-EDX. (أ، د) F1، (ب، هـ) F2، (ج، و) F3.

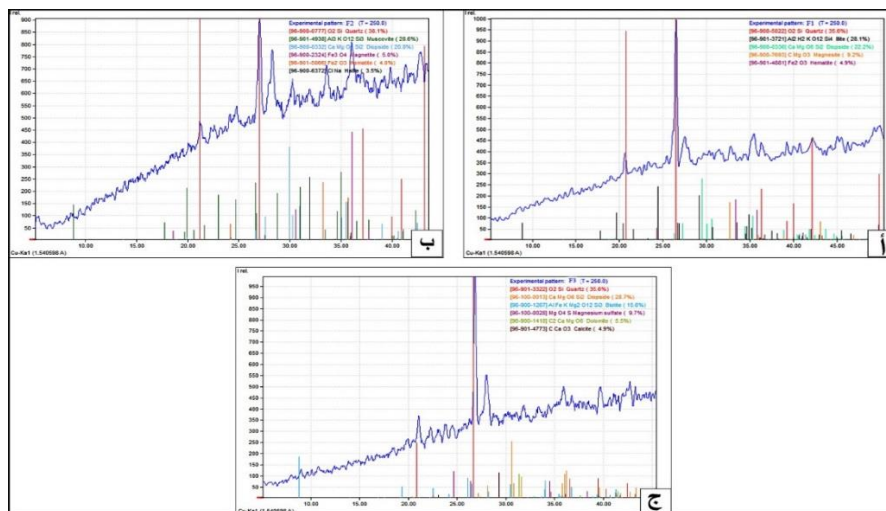


شكل (2) يوضح المقارنة بين العينات المختلفة وتركيز العناصر في كل عينة من عينات الأواني الفخارية.

3-5- التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية XRD:

يتضح من خلال التحليل بحيود الأشعة السينية أن العينة **F1** تتكون من الكوارتز (SiO_2) الذي يعتبر من المكونات الأساسية في العينة، الإيليت ($\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$) حيث يعتبر من مكونات المادة الخام التي صنع منها الإناء الفخاري، والدايوسيد ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) حيث يشير إلى أن درجة حرارة الحرق حوالي 850م، وهو ناتج عن تحول كربونات الماغنسيوم إلى معادن الحرق firing minerals. الماجنيزيت (MgCO_3) وهو أحد الأملاح الغير قابلة للذوبان في الماء، والهيماتيت (Fe_2O_3) الذي يمثل اللون الأحمر وهي طبقة الغسول الحمراء red wash التي تم تنفيذها على السطح الخارجي. أما بالنسبة للعينة **F2** فيظهر من خلال النتائج أنها تتكون من الكوارتز (SiO_2) كأحد المكونات الأساسية، والمسكوفيت ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) كأحد المكونات الأساسية المتواجدة مع العينة، والدايوسيد ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) الذي يشير إلى ارتفاع درجة حرارة الحرق. والماجنيت (Fe_3O_4) كأحد الأكاسيد المصاحبة للمغرة الحمراء، والهيماتيت (Fe_2O_3) الذي يمثل طبقة الغسول الحمراء، والهاليت (NaCl) كأحد الأملاح القابلة للذوبان الناتج عن تأثير بيئة الدفن. وبالنسبة للعينة **F3** فهي تتكون من الكوارتز (SiO_2) يعتبر مكون مصاحب للطفلة، والدايوسيد ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) الذي يدل على ارتفاع درجة حرارة الحرق، والبيوتيت ($[\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2]$) كأحد معادن الميكا وهي من المكونات الأساسية في العينة. كبريتات الماغنسيوم (MgSO_4) تعتبر من الأملاح القابلة للذوبان نتيجة الدفن في التربة، الدولوميت ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) كأحد الإضافات لطبقة البطانة. والكالسيت (CaCO_3) ربما تواجد الكالسيت كأحد الشوائب الملتصقة بالسطح أو ربما أن هذه النسبة قد وُجدت بفعل عوامل الدفن وترسب الأملاح داخل المسام. ويمكن أن يتواجد الكالسيت ضمن مكونات العينة، حيث يتحلل تماماً عند درجات حرارة ما بين 850-900م، وهذا يشير إلى أن درجة حرارة تلك الأنوية ما بين 800-850م (Cultrone et al, 2001)، كما توضح اللوحة (5) والجدول (2).

دراسة تحليلية وتطبيقية لعلاج وصيانة بعض الأواني الفخارية المستخرجة من حفائر سقارة



لوحة (5) تظهر نمط التحليل بحيود الأشعة السينية F1 (أ)، F2 (ب)، F3 (ج).

جدول (2) يوضح نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية %.

F3	F2	F1	رقم الكارت	التركيب الكيميائي	المركبات
35.6	38.1	35.6	(96-900-5022)	SiO ₂	الكوارتز
-	-	28.1	(96-901-3721)	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	الإيليت
28.7	20.8	22.2	(96-900-0336)	CaMgSi ₂ O ₆	الدايوسيد
-	-	9.2	(96-900-7693)	MgCO ₃	الماجنتيت
-	4	4.9	(96-901-4881)	Fe ₂ O ₃	الهيماتيت
-	28.6	-	(96-901-4938)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH.F) ₂	المسكوفيت
-	5	-	(96-900-2324)	Fe ₃ O ₄	الماجنتيت
-	3.5	-	(96-900-6372)	NaCl	الهاليت
15.6	-	-	(96-900-1267)	[K(Mg,Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂]	البيوتيت
9.7	-	-	(96-100-0028)	(MgSO ₄	كبريتات الماغنسيوم
5.5	-	-	(96-900-1418)	CaMg(CO ₃) ₂	الدولوميت
4.9	-	-	(96-901-4773)	CaCO ₃	الكالسيت

4- مرحلة العلاج والصيانة:

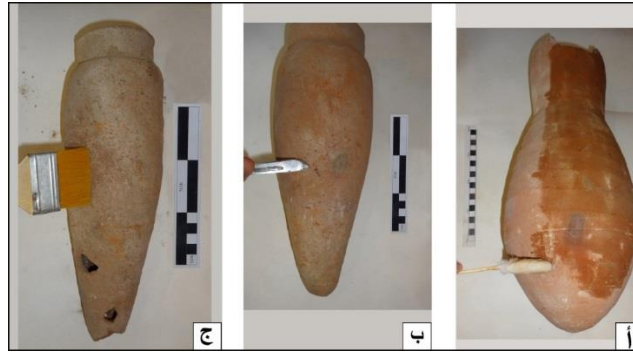
4-1- عملية التنظيف:

4-1-1- التنظيف الميكانيكي:

كانت تعاني الأواني الفخارية محل الدراسة من تراكم الأتربة على السطح الخارجي والداخلي. وبناءً على ذلك فقد تم الاستعانة بالمشارط المعدنية لإزالة الأجزاء الصلبة المترابطة على السطح، وأيضاً استخدام الفرش المختلفة لإزالة الأتربة المتواجدة على السطح، وكذلك استخدام بعض الفرر الخشبية في حالة إذا كانت الأسطح ضعيفة وهشة.

4-1-2- التنظيف الكيميائي:

يتم البدء في التنظيف الكيميائي في حالة إذا كانت هناك أي بقايا لمظاهر التلف التي لم يستطيع التنظيف الميكانيكي إزالتها. حيث تم استخدام الأسيتون المخفف بالماء بنسبة (1:1) لإزالة بعض الترسبات الصلبة والأتربة وذلك عن طريق لف قطعة من القطن بساق خشبية والعمل بشكل دائري على الجزء المراد تنظيفه كيميائياً، كما في اللوحة (6).



لوحة (6) توضح البدء بتنظيف الأواني الفخارية. (أ) نموذج F1 تبين التنظيف الكيميائي باستخدام الأسيتون المخفف، (ب) نموذج F2 توضح استخدام المشروط في التنظيف الميكانيكي، (ج) نموذج F3 تظهر استخدام الفرشاة لإزالة الأتربة.

4-2- عملية الاستكمال:

تأخذ مرحلة الاستكمال أهمية كبيرة للحفاظ على الشكل الخارجي للآثار الفخارية وكذلك تجهيز تلك الآثار للعرض المتحفي. حيث كانت تعاني الأواني الفخارية محل الدراسة من وجود الكثير من الأجزاء المفقودة، ولذلك فقد تم استخدام عجينة تتكون من (مسحوق الفخار الحديث 70% + جبس الأسنان 30% + مادة لاصقة من البريمال AC33 بتركيز 15%) في استكمال الأجزاء المفقودة (محمد مصطفى وحمد محمد، 2018)، كما في اللوحة (7).

دراسة تحليلية وتطبيقية لعلاج وصيانة بعض الأواني الفخارية المستخرجة من حفائر سقارة



لوحة (7) تبين البدء بعملية استكمال الأواني الفخارية. (أ) نموذج F1 يوضح تطبيق مادة الاستكمال، (ب) نموذج F2 يبين تأمين حواف الفوهة بورق الألمونيوم، (ج) نموذج F3 يظهر تأمين الجزء المفقود قبل الاستكمال.

3-4- عملية التقوية:

تم استخدام البارالويد ب-72 بتركيز 5% في الأسيتون لتقوية الأواني الفخارية محل الدراسة. حيث تم تطبيق مادة التقوية باستخدام الفرشاة وعلى عدة مرات وفي اتجاهات معاكسة لبعضها البعض، وذلك للتأكد من تقوية جميع أجزاء البدن الفخاري جيداً بمادة التقوية المختارة، كما في اللوحة (8).



لوحة (8) تظهر الأواني الفخارية أثناء مرحلة التقوية (أ، ب، ج)، وبعد الانتهاء من عملية التقوية (د، هـ، و).

5- الاستنتاجات:

تم استخدام العديد من طرق الفحص والتحليل للتعرف على التركيب الكيميائي والمعدني لهذه الأواني الفخارية، وكذلك للتعرف على مظاهر التلف المختلفة التي تعاني منها تلك الأواني. حيث تعرضت تلك القطع لعوامل تلف مختلفة أثرت

على بدن الفخار مثل الرطوبة النسبية والتغيرات في درجات الحرارة. فقد وضح التوثيق الهندسي الكثير من المعلومات حول مظاهر التلف التي تؤثر على هذه الأواني مثل عيوب الصناعة وتبلور الأملاح على السطح الخارجي بالإضافة لتقشر طبقة البطانة الخارجية. فيما كشف الفحص المجهرى بالميكروسكوب الرقمي والميكروسكوب الإلكتروني الماسح عن وجود بعض التشققات والشروخ المنتشرة بالبدن وكذلك وجود أتربة ورمال على السطح، بالإضافة لوجود بعض البقع السوداء الموجود سطح تلك الأواني وأيضاً أظهر الفحص عدم التجانس في حجم الحبيبات. كما وضح الفحص بالميكروسكوب المستقطب أن العينات تتكون بشكل عام من الكوارتز الذي يعتبر المكون الأساسي المصاحب للمادة الخام، بالإضافة لوجود بعض المعادن الأخرى مثل الكالسيت والفلسبارات البلاجيوكليزية وحفريات فوسفاتية ومسحوق الفخار الذي يعتبر أحد المواد المألوفة لتحسين خواص الطفلة، ويمكن القول أن الطفلة المستخدمة في صناعة هذه الأنية هي طفلة نيلية. كما أظهر التحليل بحيود الأشعة السينية XRD أن درجة حرارة حرق تلك الأواني حوالي 850م° وذلك بسبب وجود الدايبوسيد الذي يتكون عند تلك الدرجة، بالإضافة لوجود الكوارتز وكذلك وجود بعض أملاح الكلوريدات والكبريتات نتيجة الدفن في التربة. وقد أشارت نتائج التحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM-EDX إلي وجود نسبة عالية من السيليكا وأكسيد الألمونيوم، بالإضافة لارتفاع نسبة الماغنسيوم الذي يدل على أن الطفلة المستخدمة في صناعة تلك الأنية تتكون من معدن المنتوموريللونيت. ساعدت هذه النتائج في تحسين خطة العلاج والصيانة وكذلك اختيار المواد المناسبة للترميم مثل التنظيف الميكانيكي والكيميائي وعمليات الاستكمال والتقوية. ومن ثم يمكن اختيار تلك القطع الفخارية أو بعض منها للعرض المتحفي مستقبلاً.

الشكر:

نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أ.د/ علا العجيزي رئيس بعثة الحفائر-كلية الآثار-جامعة القاهرة على تشجيعها ودعمها المستمر، كما أتقدم بالشكر إلى د/ نادر الحسيني، أ/ مجدي البحيري، أ/ منتصر، أ/ وئام، أ/ أبو الحسن علي مساعدتهم في تنفيذ عمليات العلاج والصيانة.

المراجع:

- 1- انجي سعد أحمد: دراسة تحليلية وتقنية للفخار الأثري من حفائر الجبل القبلي بهضبة الجيزة مع ترميم بعض القطع الأثري المختارة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2009.
- 2- حمادة صادق قطب: دراسة تقنية وعلاج وصيانة أدوات الإضاءة الخزفية الأثرية الإسلامية، تطبيقاً على بعض النماذج المختارة، رسالة ماجستير، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2005.
- 3- محمد مصطفى إبراهيم، حمدي محمد محمد: دراسة تجريبية لتقييم مدي كفاءة بعض مواد استكمال الفخار الأثري، في المؤتمر الدولي السادس الآثار والتراث: الأصالة والمخاطر والتحديات بكلية الآثار جامعة القاهرة، في الفترة 2-4 ديسمبر 2018.
- 4- محمد مصطفى إبراهيم، شريف عمر محمد، مني علي عبد ربه القاضي: إعادة ترميم طبق خزفي من مقتنيات متحف الفن الإسلامي بالقاهرة، مجلة كلية الآثار، العدد الثاني والعشرون، 2019.

- 5- وليد كامل علي الغريب: دراسة التركيب البتروجرافي والإضافات لبعض الأثار الفخارية كأساس علمي للتصنيف والترميم، المؤتمر الدولي الأول: المواقع الأثرية والمجموعات المتحفية، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2015.
- 6- Abd-Elkareem, E.1, Ali, M. & El-Sheikh, A., (2017) Historical bricks deterioration and restoration from the red monastery, Sohag, Egypt: A geochemical, Petrological and Statistical Approaches, Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies "EJARS", Vol. 7, No. 2, pp. 87-101.
- 7- Buys, S., & Oakley, V., (1993) The conservation and restoration of ceramic, Butterworth Heinemann Ltd, Oxford.
- 8- Cronyn, J.M., (1990) The element of archaeological conservation, Routledge, London.
- 9- Cultrone, G., Navarro, C. R., Sebastian, E., Cazalla, O., Torre, M. J., (2001) Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing" European Journal of Mineralogy, Vol. 13, pp. 621-634.
- 10- El- gohary, M. A., (2012) The environmental factors affecting the archaeological buildings in Egypt, Interdisciplinary research on the works of art, pp. 151-165.
- 11- Hameda. S., Khalil. M., Shoeb. A., Abd El Aziz. A., (2018) The effectiveness of nano materials and nano-modified polymers for preservation of historic brick masonry in Rashid, Egypt, International Journal of Conservation Science, Vol. 9, No. 4, pp. 835-846.
- 12- Ibrahim, M. M. and Mohamed, H. M., (2019) Analytical methods of archaeological pottery sarcophagus excavated from Saqqara, Egypt, Scientific culture, Vol. 5, No. 1, pp. 49-59.
- 13- Ibrahim, M. M., Mohamed, W. S., Mohamed, H. M. (2020) Comparative and Experimental Studies for Evaluation of Paraloid B-72 in Traditional and Nano Forms for Joining of Pottery Samples. Journal of Nano Research, Vol. 61, pp. 61-71.
- 14- Ibrahim, M. M., Mohamed, W. S., Mohamed, H. M., (2021) Experimental study for evaluation of Paraloid® B72 and its nanocomposite with nano TiO₂ and nano ZnO for consolidation of pottery samples, Scientific culture, Vol. 7, No. 2, pp. 101-111.
- 15- Ismail, B., (2004) Environmental deterioration and conservation of monumental basalt, Egypt, Bull. Environ. Res. Vol. 7 No. 1, pp. 153-171.
- 16- Kimbro, E. E., Preusser, F. D., Twilley, J., Crosby, T., Nolan, J., Smith, C. A., (1996) Deterioration and Preservation of Porous Stone Royal Presidio Chapel, Monterey, National Center for Preservation Technology and Training Publication, California.
- 17- La Iglesia, A., González, V., López-Acevedo, V., Viedma, C., (1997) Salt crystallization in porous construction materials I Estimation of crystallization pressure, Journal of Crystal Growth, Vol. 177, No. 1, pp. 111-118.
- 18- López, P., Zornoza, A., Gomez, L., Pérez, E.M., Alvarez, M., Vivar, G., & Fort, R., (2013) Archaeological ceramic amphorae from underwater marine environments: Influence of firing temperature on salt crystallization decay, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 33, pp. 2031-2042.
- 19- Madkour, F. S., & Khallaf, M. K., (2012) Degradation Processes of Egyptian Faience Tiles in the Step Pyramid at Saqqara, Pacific International Conference on Environment, Vol. 68, pp. 63-76.

- 20- Marey, H., Kantiranis, N., Stratis, J., (2010) Salt Damage on the Wall Paintings of the Festival Temple of Thutmosis III, Karnak Temples Complex, Upper Egypt. A Case Study, International Journal of Conservation Science, Vol.1, No. 3, pp. 133-142. 2010.
- 21- Mladen, M., (2011) Causes of the decay of Archaeological Material, Editor: Luka, B.; Conservation of underwater archaeological finds manual, International center for underwater archaeological in Zadar.
- 22- Rossi-Manaresi, R., & Tucci, A., (1991) Pore Structure and the Disruptive or Cementing Effect of Salt Crystallization in Various Types of Stone, Studies in Conservation, Vol. 36, No. 1, pp. 53-58.
- 23- Ruffolo, S. A., & La Russa, M. F., (2019) Nanostructured Coatings for Stone Protection: An Overview, Frontiers in Materials, Vol. 6, pp. 1-8.
- 24- Santos, T. P., Vaz, M. F., Pinto, M. L., & Carvalho, A. P., (2012) Porosity characterization of old Portuguese ceramic tiles, Construction and Building Materials, Vol. 28, pp. 104-110.
- 25- Scherer, G. W., (2004) Stress from crystallization of salt, Cement and Concrete Research, Vol. 34, pp. 1613-1624.
- 26- Tennent, N. H., Baird, T., Kerr, J., & Slager, M., (1992) The conservation and technical examination of some Spanish luster ceramics, Studies in Conservation, Vol. 37, No. 1, pp. 158-164.
- 27- Wilson, F., (1984) Building materials evaluation, Van Nostrand Reinhold Company Inc., U.S.A.