"استخدام أنزيم البروتيز المحمل على بوليمر الفاكر OH والنانو سليكا SiO2 في تنظيف بقع دم الوطاويط وتقوية النقوش الجدارية المصنوعة من الحجر الرملي

Use of Protease enzyme loaded on Wacker OH polymer and nano " silica SiO2 in cleaning Bat blood stains and Consolidation museum "Sand Wall Paintings

محمد جمال علي1
mg1747@fayoum.edu.eg

إشراف

أ.د/ شعبان محمد محمود عبد العال
رئيس قسم ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة الفيوم
smm00@fayoum.edu.eg

أ.م.د/ محمد مصطفى محمد عبد المجيد
أستاذ ترميم الآثار المساعد - كلية الآثار - جامعة الفيوم
mmm04@fayoum.edu.eg

ملخص البحث:

تعد النقوش واللوحات الجدارية المصنوعة من الحجر الرملي من أهم المقتنيات الأثرية التي تزين المتاحف الأثرية في مصر ومنها ما هو معروض او ما هو مخزن بمخازن تلك المتاحف ومعظم هذه النقوش تشهد على بعض الأحداث الهامة في التاريخ المصري.

بعض هذه اللوحات تعاني من الإتساخات نتيجة التخزين لفترات طويلة بالمخازن أو نتيجة بعض الظروف البيئية الغير ملائمة في عمليات العرض المتحفي او التخزين وتعاني تلك اللوحات من الهشاشة والضعف نتيجة تأثرها بعوامل التلف المختلفة .

ولما كانت بيئة معامل الترميم بالمتاحف هي بيئة مناسبة لتطبيق أحدى الطرق التي تعد من أفضل الطرق التي استخدمت في عملية تنظيف

(1) باحث دكتوراة – كلية الآثار – جامعة الفيوم

المقتنيات الأثرية المختلفة وذلك عن طريق استخدام الإنزيمات والتي أثبتت فاعلية كبيرة في الحفاظ علي المقتنيات الأثرية وما تحويه من ألوان وأيضا استخدام مواد النانو في عمليات تقوية الآثار لذا فقد جاءت فكرة البحث لاستخدام أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH والنانو سليكا SiO_2 في تنظيف بقع دم الوطاويط وتقوية اللوحات الجدارية الرملية المتحفية وتقيم مدي فاعليتها في عملية تنظيف تلك البقع ومدي تأثيرها علي أسطح اللوحات و الألوان وايضاً تقوية تلك النقوش من خلال المواد النانومتريه وتقيمها من خلال الفحوص والتحاليل المختلفة.

الكلمات الدالة:

اللوحات الجدارية ، أنزيم البروتيز ، الفاكر OH ، نانو السليكا.

Abstract:

The inscriptions and wall paintings made of sandstone are among the most important archaeological holdings that adorn the archaeological museums in Egypt, including what is displayed or what is stored in the stores of those museums. Most of these inscriptions testify to some important events in Egyptian history.
Some of these paintings suffer from dirt as a result of storage for long periods in warehouses or as a result of some inappropriate environmental conditions in museum display or storage operations, and these paintings suffer from fragility and weakness as a result of being affected by various factors of damage.
And since the environment of the restoration laboratories in museums is a suitable environment for the application of one of the parchments, which is one of the best methods used in the process of cleaning various archaeological holdings, through the use of enzymes, which have proven to be very effective in preserving archaeological holdings and the colors they contain, as well as the use of nanomaterials in strengthening processes. Archeology Therefore, the idea of research came to use protease enzyme loaded on Wacker OH polymer and nano-silica in cleaning bat blood stains and strengthening museum sand wall paintings .

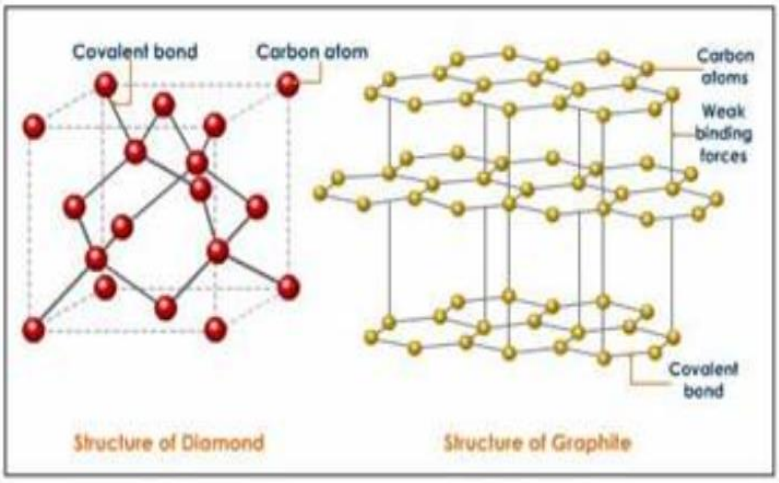
Key words:
Wall Paintings ، Protease enzyme , Wacker OH , nano silica .

المقدمة:

لقد تم استخدام الأنزيمات والبوليمرات والمواد النانوية كلاً على حدى في حقل ترميم الآثار بشكل واسع حيث أثبت كفاءة عالية في عمليات ترميم وصيانة الآثار خاصة في عمليات التنظيف والتقوية والعزل وقد اثبت العديد من الباحثين كفاءة الانزيمات في تنظيف العديد من المقتنيات الأثرية كما تم استخدام البوليمرات ايضاً بشكل واسع في تنظيف وتقوية النقوش الجدارية واللوحات المتحفيه وقد أعطت نتائج جيدة كما أن المواد النانوية استخدمت في عمليات التقوية والتنظيف للنقوش الجدارية عامة واللوحات المتحفيه خاصةً.

والإنزيمات Enzymes مشتقة من الكلمة اليونانية، (EN) بمعنى (في الداخل)، (Zyme) بمعنى (خميرة) ، وقد تم الحصول على المعلومات الأولي عن هذه المواد أثناء دراسة عملية التخمر ويعرف الانزيم بانه عامل مساعد عضوي حيوي ذو وزن جزئي كبير شديد الحساسية لدرجات الحرارة المرتفعة ويختص كل انزيم بتنشيط تفاعل او أكثر دون ان يتأثر بذلك التفاعل والإنزيمات عبارة عن مواد بروتينية معقدة التركيب تساعد كعامل مساعد في تنشيط التفاعلات الحيوية. **(عبد العال ، شعبان –2010–ص2)** أما البوليمرات فهي مركبات ذو وزن جزئي مرتفع مكونة من وحدات جزئية مكررة قد تكون هذه المواد عضوية أو غير عضوية أو عضوية معدنية وقد تكون طبيعية أو اصطناعية في أصلها**(الزلقي ، محمود –2022–ص56)** والبوليمر Polymer فهي كلمة لاتينية تتكون من مقطعين الأول Poly ويسمى بالعربية (متعدد الاجزاء) اما كلمة (mer) ويعني الجزء وترجمتها

الحرفية تكون متعدد الاجزاء و البوليمر هي المادة التي تتكون من أجزاء عديده قد تكون متشابهة او غير متشابهة تتكون بارتباطها بالأواصر الكيميائية سلاسل من الجزيئات ليرتفع وزنها الجزيئي الى عدة الاف او ملايين لذلك يطلق على البوليمر ايضا ، اما المونيمر Monomer فتعني الوحدة البنائية الصغيرة المتكررة في تركيب السلسة البوليميرية ، وعملية البلمرة عبارة عن تحويل الوحدات البنائية الى البوليمر من خلال تفاعلات كيميائية متنوعة monomersبتفاعل البلمرة الى (CH2=CH) تعتمد على طبيعة الوحدة البنائية للبوليمر. اما الأجسام النانو مترية هي مواد تتميز بحجمها الصغير جدا المقاس بالنانومتر (جزء من 910 من المتر)، تقريبا أصغر مئة ألف مرة من قُطر شعرة رأس الإنسان، أيضا تعرف الجسيمات النانوية بأنها تجمع ذري أو جزيئي يتراوح عددها من بضع ذرات (أو جزيئات) إلى مليون ذرة، مرتبطة بعضها ببعض بشكل كروي تقريباً، له نصف قطر أقل من 100نانومتر. وترجع الخصائص والميزات الفريدة من نوعها للجسيمات النانوية إلى صغر قياسها بالإضافة إلى التركيب الكيميائي والبنية السطحية لها. ومثالا على ذلك مادة الجرافيت والماس؛ فكلاهما مكون من ذرات الكربون؛ فالأول تكون ذرات الكربون مرتبة في أشكال سداسية متراصة في صفائح متوازية، أما الماس فذرات الكربون تكون على هيئة بلورات ثُمانيّة الأوجه شكل رقم (1) ولكل من الجرافيت والماس خواصه واستخداماته الخاصة. **(لهيبي ،عائشة وجديعي،عبير-2021-ص1).**



شكل (1) يوضح التمثيل البلوري لمادتي الجرافيت والماس (لهيبي ،عائشة وجديعي،عبير-2021-ص1)

الهدف من البحث:

- تقييم كفاءة تنظيف دم الوطاويط باستخدام أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 ومدي صلاحيتها في تنظيف النقوش الجدارية الرملية.
- تقييم كفاءة التقوية باستخدام أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 ومدي صلاحيتها في تقوية النقوش الجدارية الرملية.
- دراسة تحميل الإنزيمات علي المواد البوليمرية والنانو مترية لتحسين جميع الخواص للانزيمات والبوليمرات والمواد النانوية .

- تحديد إيجابيات ونتائج التنظيف والتقوية باستخدام أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 والمقارنة بطرق التنظيف والتقوية التقليدية .

إشكاليات الدراسة:

تعد الوطاويط من الطيور المميزة التي تنتمي إلى أنواع الثدييات والتي تلد و تبيض كما انها تنتمي إلى مجموعة الطيور الوترية و يعتبر من أهم الطيور التي دارت حولها العديد من القصص و الحكايات و الروايات القديمة، و تبدأ في الظهور بكثرة في الليل و تعيش بكثرة في الأماكن الدافئة الرطبة ، تعمل على مص الدماء و توجد منها بعض الفصائل منها التي تتغذى على الفواكه التي تعتبر من أهم الأغذية التي تتغذى لذا فأن الوطاويط تسكن بشكل كبير في المقابر المصرية القديمة وذلك لتوافر البيئة المناسبة لها حيث الظلام الداكن والرطوبة العالية.

ولأن الوطاويط من الثديات فإنها تلد ولا تبيض عكس ما يظن الكثير بانها طيور وتبيض، ويحدث التخصيب أو الحيض مرة واحدة في العام، أو مرتين أو أكثر، حيث أن التخصيب مختلف من نوع وطواط إلى أخر، والدورة أيضاً حيث أن فترة الحيض تختلف من خفاش لأخر.

وقد تلد الخفافيش جرو أي خفاش صغير، وبعض السلالات تلد توأم بشكل مستمر، وأحياناً تلد أربعة توائم والحيض عند الوطاويط يكون بخروج الدم من الفرج مثلها مثل الإنسان تماماً، وفي حالة التخصيب يمتد الحمل من فترة أربعون يوم إلى عشرة أشهر، والتزاوج يكون قبل فترة البيات الشتوي

(Bonilla, J And H Rasweiler, 1992- P.232-).لذا فأن النقوش الجدارية بصفة عامة واللوحات المتحفية بصفة خاصة تعاني من دم الوطاويط الذي يخفي النقوش والألوان وبالتالي فان تنظيف تلك البقع هو أمر هام وضروري للحفاظ علي المقتنيات الأثرية.

الدراسة:

تعتبر الاختبارات والتجارب من أهم المراحل في عملية الترميم والصيانة للمقتنيات الآثرية، فهي ضرورية لتجنب الأخطاء أو النتائج غير المتوقعة أثناء أعمال الترميم والصيانة.

فهي لازمة من أجل الحصول على أفضل النتائج، لذا فإنه يجب استخدام المواد المراد استخدامها علي القطع الآثرية بداية بالنماذج الحديثة لتخضع إلي التجريب قبل التطبيق، و يجب أن يتم اجتيازها من خلال اختبارات مختلفة وعملية تقادم، و يجب أن يشير التقييم في النهاية إلى قدرتها على الحفاظ على المواد الأثرية دون أي تغيير لمعالمه الأصلية.

تم تحضير عينات من الحجر الرملي وملونة باللون الأزرق المصري محاكاة للوحة أثرية مصنوعة من الحجر الرملي ومنقوشة بالنقش الغائر وملونة باللون الأزرق المصري والوسيط اللوني يتكون من مادة الصمغ العربي محفوظة بمتحف بني سويف (صورة رقم:1). لذا فانة قد تم اعداد مجموعة من العينات من الحجر الرملي وتمتلوينها بنفس مادة اللون الازرق المصري في وسيط الصمغ العربي ووضع بقع من دم الوطايط علي العينات التجريبية (صورة رقم: 2).

صورة رقم (1) توضح القطعة الأثرية رقم(1528) بسجل متحف آثار بني سويف

صورة رقم (2) توضح عينات محاكاة من الحجر الرملي الملون باللون الأزرق المصري وعليها بقع من دم الوطاويط

تعيش الوطاويط بالقرب من اسطح الاحجار في المقابر والمعابد والاماكن المظلمة والقريبة من الأراضي الزراعية الغنية بتراكمات من أملاح النترات والفوسفات ويتمثل التلف فيما تخلفه من بقع الدم داكنة اللون وهي بقع يصعب إزالتها خاصة إذا كانت الأحجار منقوشة مما يؤدي إلى التصاقها واحداث أضرار بالغة بالنقوش.

صورة رقم (3) توضح بعض الوطاويط التي تسكن المقابر الأثرية بأحدي المناطق الأثرية ببني سويف (تصوير الباحث)

تم تحميل أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH والنانو سليكا SiO_2 بالمركز القومي للبحوث بالدقي– الجيزة – مصر بنسبة 2: 96: 2 وقد تم فحص المحلول الناتج تحت الميكروسكوب الضوئي المركب بمعمل ترميم الآثار بمتحف آثار بني سويف (كما هو موضح بالصورة رقم:4)

صورة رقم (4) توضح صورة مجهرية بالميكروسكوب الضوئي المركب لمحلول انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH والنانو سليكا SiO2 عند تكبير X250

الدراسة التحليلية:

أن المنهج التحليلي في مجال الدراسات الأثرية يساعد في التعرف على طبيعة القطع الأثرية ومكوناتها وتركيبها الكيميائي، وخواصها الكيميائية والفيزيائية، وتقنيات صناعتها وتشكيلها، وتأثير التقادم الزمني عليها وكيفية حفظها وصيانتها، وربما تحديد هويتها وتاريخها، بالإضافة إلى إمكانية الحصول على هذه المعلومات بدقة وجمعها في وقت أقصر وبجهد أقل.

لذا فأن الدراسة التحليلية للوحات الجدارية الرملية وما تحمله من ألون هو أمر غاية في الأهمية للوقوف على أفضل المواد وأفضل الأساليب العلمية في عمليات العلاج من تنظيف وتقوية وتغليف وعرض او تخزين.

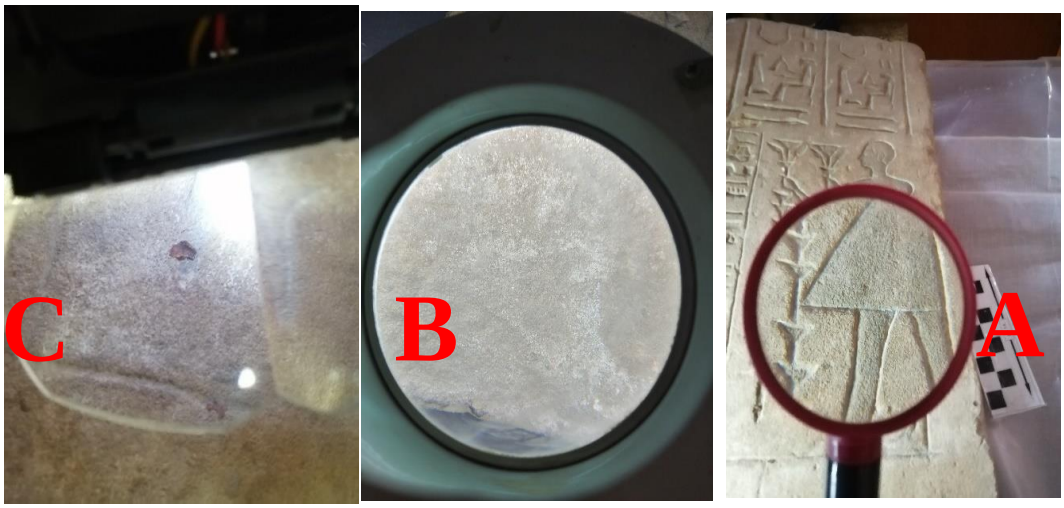
1- فحص القطعة الأثرية:

تعد عمليات فحص القطع الآثرية هو أمر غاية في الأهمية والدقة لتحديد مناطق الضعف والشروخ والانتساخات وبالتالي الوقوف على حالة القطعة الآثرية.

وقد تم فحص القطعة الأثرية باستخدام مجموعة من العدسات المكبرة حيث تصل العدسات المكبرة الي بعض الأشياء التي لا تظهر لنا باستخدام العين المجردة وبالتالي توضح لنا نقاط الضعف بشكل أفضل وأتضح وجود بقع من دم الوطاويط علي القطعة الأثرية كما تم فحص اللوحة الأثرية أيضا بأستخدام الميكروسكوب الضوئي وظهرت تلك البقع بشكل أوضح (كما هو موضح بالصور ارقام : 5، 6)

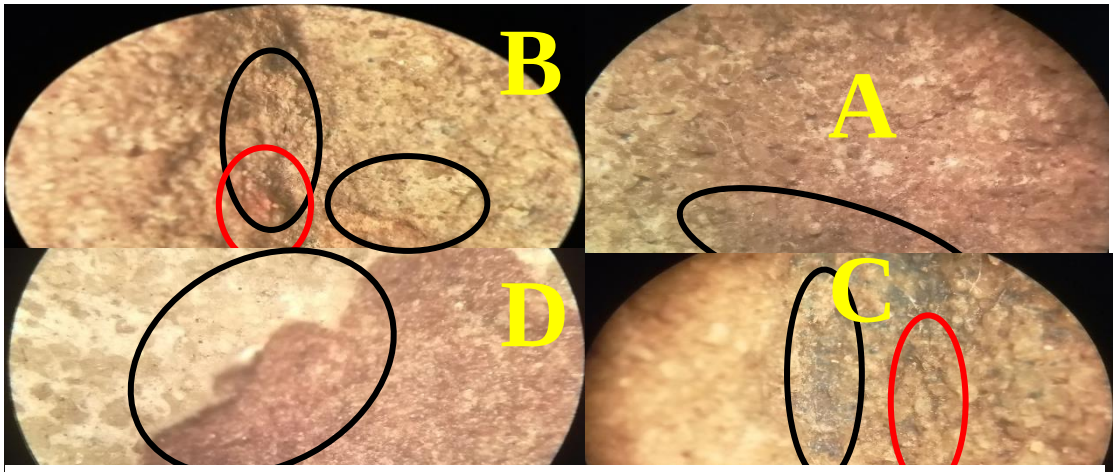
كما تم فحص حبيبات الحجر الأثري تحت الميكروسكوب الضوئي المركب عند تكبير X250 وأيضا حبيبات اللون الأزرق للتوقف علي حالة الحجر الأثري والألوان والميكروسكوب هو عبارة عن أداة تُستخدم لرؤية الأشياء الصغيرة جداً، والتي لا تُرى بالعين المجردة بحيث تُنتج صوراً واضحةً ومكبرةً للأجسام الصغيرة مما يُسّهل عملية دراستها.

لذا تم فحص النقش الجداري باستخدام الميكروسكوب الضوئي للوصول الي ما لم تصل اليه العين المجردة ولا العدسات من نقاط ضعف لكي تساعد في تشخيص حالة القطعة الأثرية وتحديد أفضل أساليب الصيانة والعلاج (كما هو موضح بالصورة رقم : 7)



صورة رقم (5) توضح حالة حبيبات اللون وبعض مظاهر التلف بالقطعة الأثرية حيث أن (A) توضح حالة ضعف حبيبات اللون الأزرق و (B) توضح بعض الاتساخات و(C) أتوضح وجود بقع دم الوطاويط

النتائج: من خلال الفحص باستخدام العدسات مختلفة البعد البؤري ودرجات التكبير وفي اضاءات مختلفة تبين حالة الضعف الشديد في حبيبات اللون الأزرق أيضا وجود الاتساخات والأتربة وبقع دم الوطاويط.



صورة رقم (6) توضح بعض الصور المجرية حيث أن (A) توضح حالة وجود اتساخات طينية و (B) توضح بعض الاتساخات مع وجود دم الوطاويط و(C) توضح أختفاء اللون الأزرق أسفل اتساخات والأتربة أما (D) توضح وجود بقع دم الوطاويط بشكل كبير

صورة رقم (7) توضح شكل حبيبات الحجر الرملي وحبيبات اللون الأزرق تحت الميكروسكوب الضوئي المركب عند تكبير X250

النتائج: تبين من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الضوئي عند تكبير X100 حالة الضعف الشديد التي تعاني منها حبيبات الحجر الرملي أيضا تبين ضعف حبيبات اللون الأزرق مع اختفائه أسفل طبقات الاتساخات الطينية وتبين وجود بقع من دم الوطاويط.

2- تحليل القطعة الأثرية:

ساهمت التقنيات الحديثة في خدمة علم الآثار والتأريخ والترميم، عن طريق كشفها لمعلومات مؤكدة عن طبيعة مكونات القطع الأثرية وتفسير كيفية صناعتها لذا فأن عملية تحليل القطع الأثرية ومكوناتها أمرٌ بات طبيعياً جدا للتعرف على الأثر قبل العلاج.

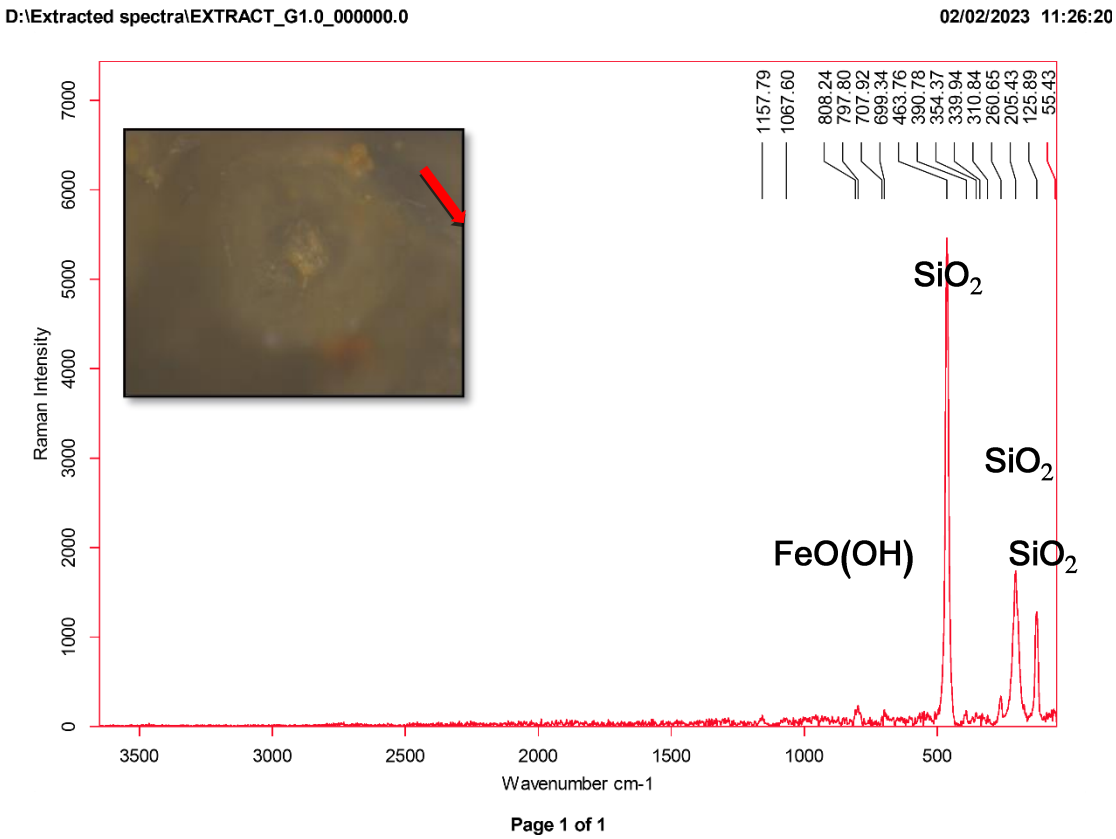
تم تحليل القطعة الأثرية باستخدام الليزر رامان Laser Raman:

ويعتبر تحليل Raman الطيفي هو أحد أساليب التحليل الطيفي الجزيئي، والذي يستخدم تفاعل الضوء مع المادة للحصول على رؤية لتكوين المادة أو خصائصها مثل تحويل الأشعة تحت الحمراء بنظام فورييه. وتنتج المعلومات المتوفرة من خلال نتائج تحليل Raman الطيفي عن عملية تشتت الضوء، بينما تعتمد تقنية التحليل الطيفي لتحويل الأشعة تحت الحمراء على امتصاص الضوء. حيث يُنتج تحليل Raman الطيفي معلومات حول الاهتزازات التي تحدث داخل الجزيئات ومن جزيء لآخر ويمكن أن يوفر فهماً إضافياً حول التفاعل. ويوفر كل من تحليل Raman الطيفي والتحليل الطيفي لتحويل الأشعة تحت الحمراء بنظام فورييه خاصية طيفية لاهتزازات محددة لأحد

الجزيئات ("البصمة الجزيئية") كما أن كلا الأسلوبين لهما قيمة عالية في إطار التعرف على المواد.

إلا أن تحليل Raman الطيفي يمكنه توفير معلومات إضافية حول أوضاع الترددات الدنيا، والاهتزازات التي توفر نظرة على الشبكة البلورية والهيكل الأساسي الجزيئي. **(الزلقي ، محمود –2022–ص83)**

تم التحليل بوحدة الليزر رامان بمركز البحوث وصيانة الآثار بقطاع المشروعات التابع للمجلس الأعلى للأثار بوزارة السياحة والآثار المصرية.



شكل (2) يوضح نتيجة تحليل عينة أثرية للنقش الجداري باستخدام الليزر رامان

جدول رقم(1) يوضح نتيجة التحليل للعينة الأثرية باستخدام الليزر رامان:

أسم العينة	النتائج
G1	SiO_2
	Goethite
	Magnesium silicate

نتائج التحليل باستخدام الليزر رامان:

من خلال التحليل بالليزر رامان تبين وجود معدن الكوارتز (SiO_2) والفلسبار ووجود معدن الليمونيت الأصفر FeO(OH).

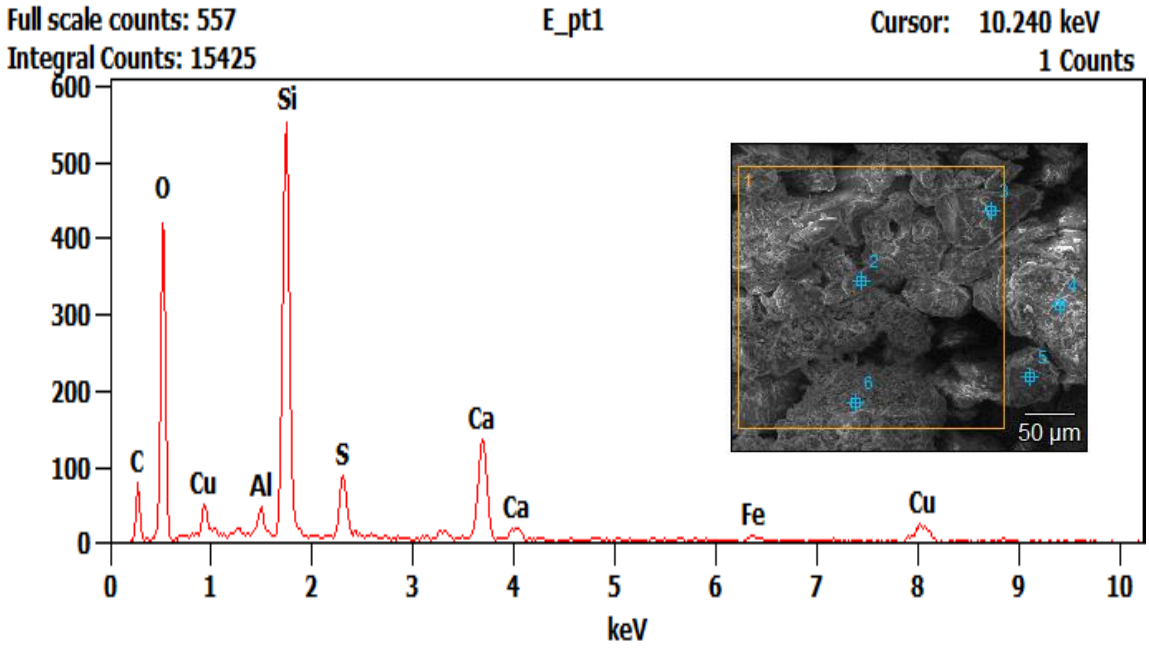
تحليل اللون الأثري باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX:

تم التحليل عينة من اللون الأزرق باستخدام وحدة التحليل العنصري بمعمل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بهيئة المتحف المصري الكبير موديل الجهاز وظروف التشغيل.

Grand Egyptian museum Scanning electron microscope / FEI Quanta 3D 200i

Edx / thermofisher pathfinder

Operated under conditions of low vacuum for acceleration voltage 20.0 ~ 30.0 kv using Large field detector with working distance 15 ~17 mm.



شكل (3) يوضح نتيجة تحليل عينة أثرية للون الأزرق بالنقش الجداري باستخدام EDX

جدول رقم (2) يوضح نتيجة التحليل لحبيبات اللون بالنقش الجداري بوحدة

Element	E_pt1			
	Intensity	Net Counts	Weight %	Atom %
C K	0.95	342	8.79	15.10
O K	6.03	2179	45.15	58.23
Al K	0.65	235	1.13	0.86
Si K	12.66	4579	19.97	14.67
S K	2.44	883	3.81	2.45
Ca K	4.32	1561	9.18	4.73
Fe K	0.37	132	1.77	0.65
Cu K	1.21	438	10.21	3.32
			100.00	100.00

نتائج التحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX:

أوضحت ان حبيبات اللون الأزرق هي حبيبات من الأزرق المصري لوجود O , Si ,Ca ,Cu والتركيب الكيميائي للأزرق المصري هو $CaCuSi_4O_{10}$.

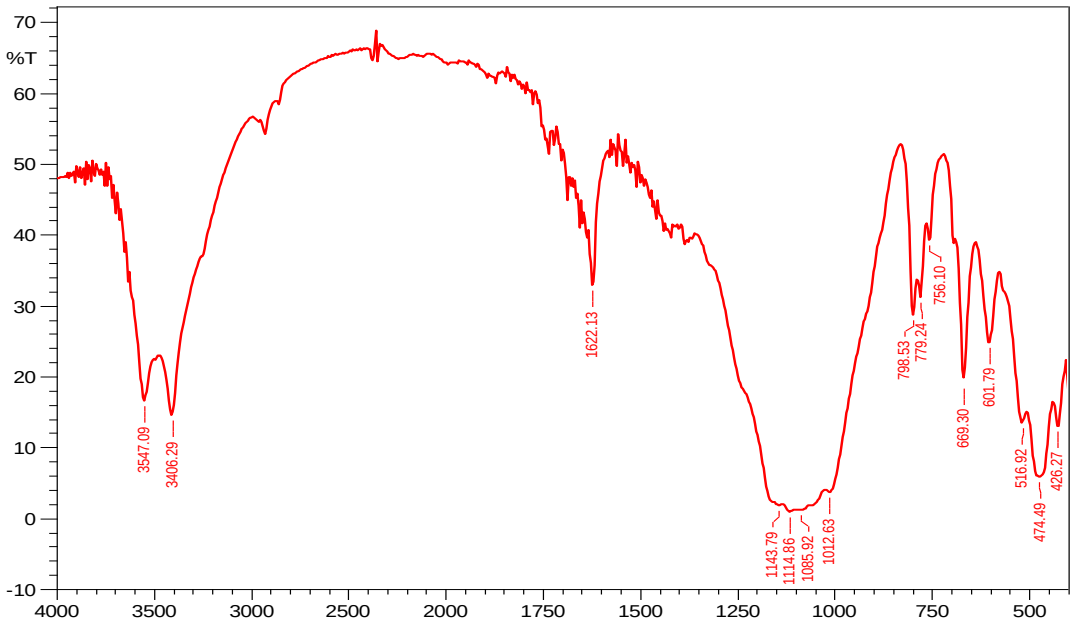
والأزرق المصري المعروف علمياً باسم Egyptian blue يتركب من رباعي سليكات النحاس والكالسيوم $CaCuSi_4O_{10}$ ويعتبر من أقدم الألوان التي تم تحضيرها في مصر وقد استخدم منذ الأسرة الرابعة وحتي العصر اليوناني والروماني وأول الأدلة علي استخدامه في الدولة الحديثة وذات الجودة في صناعته وانتقل من مصر إلي البلاد المجاورة في آسيا وأوربا ولم يقتصر استخدامه كمادة لتلوين بل استخدام في عمل التمائم والتماثيل وحبات الخرز وغيرها.

تحليل القطعة الأثرية بنمط الأشعة الحمراء FTIR:

تستخدم هذه الطريقة في التحليل للتعرف على الوسيط اللوني باستخدام التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء، حيث أن العديد من المواد العضوية والغير عضوية للصورة تكون لها خصائص الامتصاص للأشعة تحت الحمراء، كما يستخدم أيضا لتحديد خصائص المواد العضوية في طبقة اللون حيث تظهر العينات على هيئة قطاعات رقيقة، حيث تعتبر هذه الطريقة من أفضل الطرق المستخدمة في التعرف على المواد الطبيعية نباتية وحيوانية كالراتنجات والصمغ العربي وزلال البيض والغراء .... وغيرها من المواد الأخرى.

وتتوقف النتائج التي يمكن الحصول عليها من هذا التحليل على درجة التعقيد في الجزيء، فعند امتصاص الجزيئات للأشعة تحت الحمراء تحدث حركة اهتزازية للذرات المكونة للجزيء، وينشأ عنه انتقال الذرات من مستويات الطاقة، وبتحليل طيف الأشعة تحت الحمراء فانه يمكن معرفة طاقة الانتقال الاهتزازية، وبالتالي يمكن معرفة نوع الذرات والروابط الموجودة في الجزيء **(بوعكاز، عيساوي - يونية 2017- ص92)**

تم تحليل الوسيط اللوني للون الأزرق ب FTIR بالمتحف المصري الكبير.



شكل (4) يوضح نتيجة تحليل الوسيط لعينة أثرية للون الأزرق بالنقش الجداري ر باستخدام FTIR

وفقا لعينة نقية فأن الصمغ العربي يظهر عند المجموعات الوظيفية الأتية:

جدول رقم (3) يوضح المجموعات الوظيفية للصمغ العربي:

Sample		Standard	
Functional group	Wave number	Functional group	Wave number
O–H Stretching Band	3406 cm^{-1}	O–H Stretching Band	3413 cm^{-1}
C –H Bending Band	2920 cm^{-1}	C–H Stretching Bands	2930 cm^{-1}
O–H Stretching Band	1622 cm^{-1}	O–H Stretching Band	1645 cm^{-1}
C –H Bending Band	1420 cm^{-1}	C –H Bending Band	1430 cm^{-1}
C=O Bending Band	1143–1112cm^{-1}	C=O Bending Band	900 – 1250 cm^{-1}

وبمقارنة هذه المجموعات الوظيفية التي ظهرت لعينة الطبقة اللونية اثبت ان هناك تشابه كبيرا بين العينية القياسية والعينة مما أكد ذلك على ان الوسيط اللوني المستخدم في الطبقة اللونية هو الصمغ العربي.

الدراسة التجريبية:

1- تم استخدام القطن الملفوف علي العيدان الخشبية في تطبيق المادة علي عينات الحجر الرملي الملون باللون الأزرق المصري وليها بقع دم الوطاويط

2- التطبيق المباشر علي العينات سالفة الذكر من خلال 3 مراحل متتالية (كما هو موضح بالصورة رقم : 8).

3- بعد انتهاء التطبيق تركت العينات لانتهاء تبلور المادة داخل مسام الآثر.

4- بعد التطبيق تم تصوير العينات تحت الميكروسكوب الضوئي لتحديد مدي نتائج التنظيف والتقوية للعينات (كما هو موضح بالصور ارقام : 11,10).

5- التصوير بإستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح لتحديد مدي نتائج التقوية للعينات (كما هو موضح بالصور ارقام :19,18,17,16).

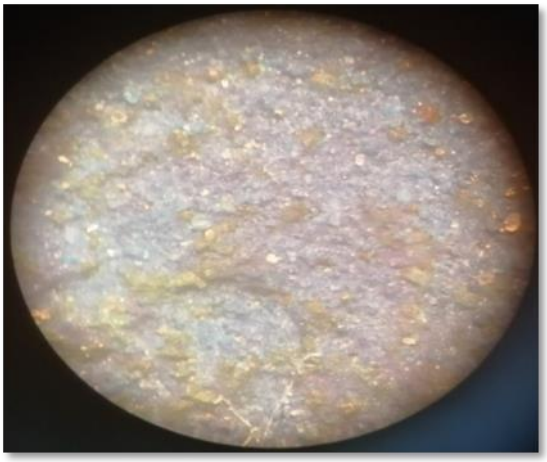
تقييم من خلال الصور ارقام 8 و 9 مدي فاعلية انزيم البروتيز المحمل على

صورة رقم (8) توضح العينة التجريبية عليها بقع دم الوطاويط أثناء تطبيق أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH النقي مع نانو السليكا SiO_2

صورة رقم (9) توضح العينة التجريبية بعد تطبيق أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH النقي مع نانو السليكا SiO_2 عليها وتنظيف بقع دم الوطاويط

الفاكر OH والنانو سليكا SiO_2 في تنظيف بقع دم الوطاويط وقد تم تصوير العينة التجريبية تحت الميكروسكوب الضوئي للتحقق من مدي فاعلية التنظيف.

صورة رقم (10) توضح صورة مجهرية للعينة التجريبية بعد تطبيق أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH النقي مع نانو السليكا SiO_2 عليها وتنظيف بقع دم الوطاويط من الحجر الرملي



صورة رقم (11) توضح صورة مجهرية للعينة التجريبية بعد تطبيق أنزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH النقي مع نانو السليكا SiO_2 عليها وتنظيف دم الوطاويط من اللون الأزرق المصري

يتبين من خلال الصور المجهرية ارقام 10 و 11 مدي فاعلية وكفاءة انزيم البروتيز المحمل علي الفاكر OH والنانو سليكا SiO_2 في تنظيف بقع دم الوطاويط .

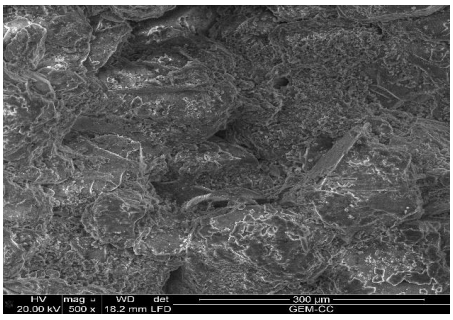
التصوير بإستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح SEM:

تم فحص العينات تحت الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM وتحديد مدي تقوية اللوحات الجدارية الرملية وايضاً حبيبات الألوان بأستخدام أنزيم البروتيز المحمل علي الفاكر OH والنانو سليكا SiO_2.

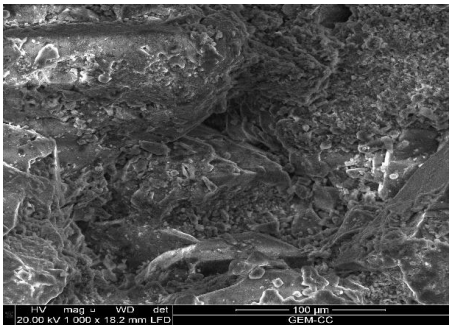
تم التحليل بهيئة المتحف المصري الكبير بوحدة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح موديل الجهاز

Grand Egyptian museum Scanning electron microscope / FEI Quanta 3D 200i

تم تحليل عينة أستاندر للحجر الرملي بعد التقادم واللون الأزرق المصري بعد التقادم لتحديد نتيجة التقوية بالمواد المختلفة (كما هو موضح بالصور أرقام : 13,12 للحجر الرملي و 15,14 للون الأزرق المصري) حتي يسهل المقارنة للعينات المعالجة بأستخدام أنزيم البروتيز المحمل علي الفاكر OH والنانو سليكا SiO_2 وتحديد مدي فاعلية المحلول في تقوية اللوحات الجدارية الرملية المتحفية.

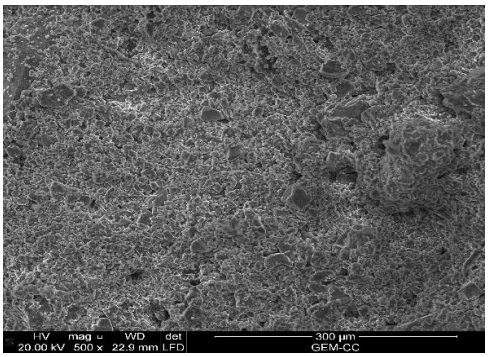


صورة رقم(12) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X500 للحجر الرملي بعد التقادم وقبل التقوية

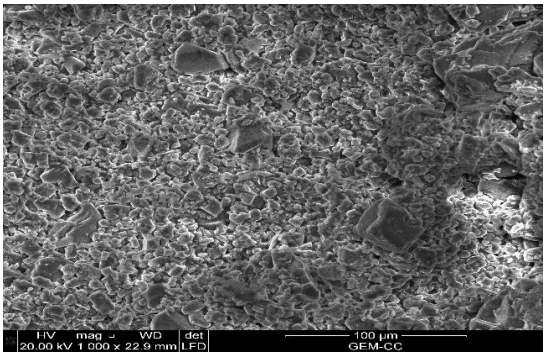


صورة رقم(13) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X1000 للحجر الرملي

ويتضح من خلال الصور ارقام 12 و 13 مدي الضعف الشديد بين حبيبات الحجر الرملي وذلك بعد عمل تقادم صناعي حراري للعينات التجريبية لتحديد مدي فاعلية المادة المستخدمة في عملية التقوية.



صورة رقم(14) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X500 للون الأزرق المصري علي الحجر الرملي بعد التقادم وقبل التقوية

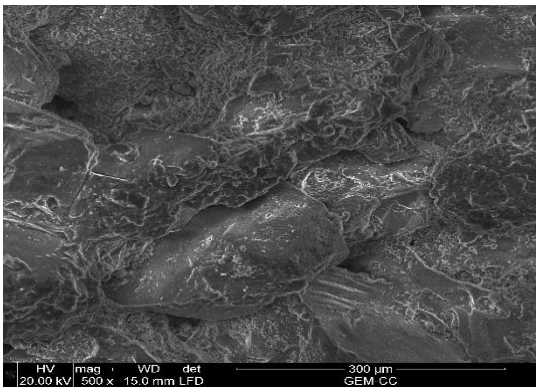


صورة رقم(15) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X1000 للون الأزرق المصري علي الحجر الرملي بعد التقادم وقبل التقوية

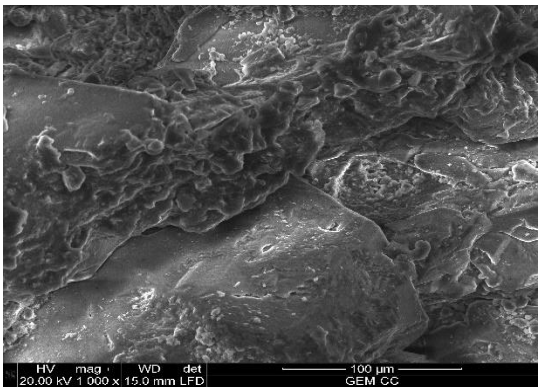
ويتضح من خلال الصور ارقام 14 و 15 مدي الضعف الشديد بين حبيبات اللون الأزرق المصري وذلك بعد عمل تقادم صناعي حراري للعينات التجريبية لتحديد مدي فاعلية المادة المستخدمة في عملية التقوية.

العينات بعد التقوية:

تم تصوير عينات الحجر الرملي واللون الأزرق المصري تحت الميكروسكوب الألكتروني الماسح SEM وذلك بعد أجراء عملية التقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 لتقيم عملية التقوية

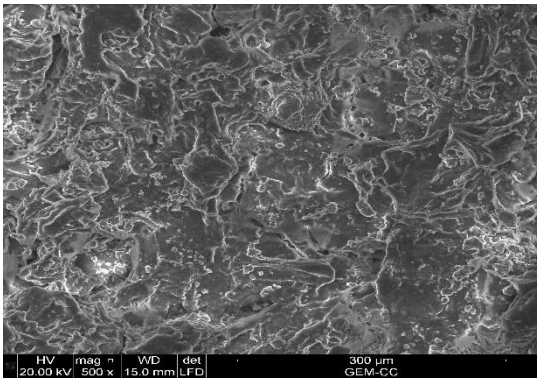


صورة رقم(16) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X500 للحجر الرملي بعد التقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2

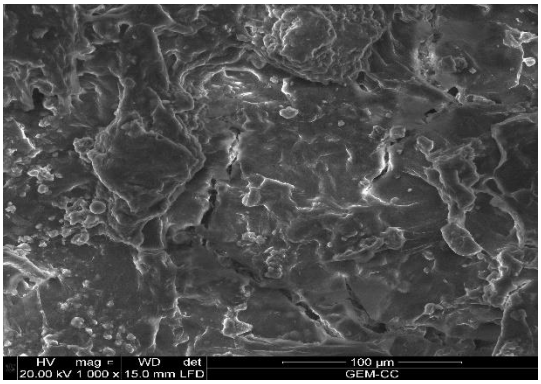


صورة رقم(17) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X1000 للحجر الرملي بعد التقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2

ويتبين من خلال الصور ارقام 16 و 17 مدي الربط الشديد بين حبيبات الحجر الرملي وذلك بعد عمل تقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 وبالتالي فأنه يمكن القول بان انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 من أفضل المواد في تقوية اللوحات الجدارية الرملية المتحفية حيث تغلغلت مادة النانو السليكا المحمل علي بوليمر الفاكر بين حبيبات الحجر الرملي وربط الحبيبات بشكل ممتاز جدا .



صورة رقم(18) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X500 للازرق المصري علي الحجر الرملي بعد التقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2



صورة رقم(19) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح عند تكبير X1000 للازرق المصري علي الحجر الرملي بعد التقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2

ويتضح من خلال الصور ارقام 18 و 19 مدي الربط الشديد بين حبيبات الحجر الرملي وحبيبات اللون الأزرق المصري وذلك بعد عمل تقوية باستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 وبالتالي فأنه يمكن القول بان انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 من أفضل المواد في تقوية اللوحات الجدارية الرملية الملونة بالأزرق المصري حيث تغلغلت مادة النانو سليكا المحمل علي بوليمر الفاكر بين حبيبات اللون والحجر الرملي وربط الحبيبات بشكل ممتاز .

نتائج الدراسة:

أثبتت الدراسة التجريبية لاستخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 كفاءة عالية في تنظيف بقع دم الوطاويط من اللوحات الجدارية المصنوعة من الحجر الرملي والملونة باللون الأزرق المصري حيث أن مادة النانو سليكا SiO2 عملت كعامل مساعد في تحسين خواص أنزيم البروتيز في تنظيف تلك البقع.

وأثبتت الدراسة ايضاً ان استخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 يعمل علي تقوية الحجر الرملي واللون الأزرق المصري بشكل ممتاز جدا وبالتالي كانت نتائج استخدام انزيم البروتيز المحمل علي بوليمر الفاكر OH ونانو السليكا SiO_2 إيجابية في تنظيف بقع دم الوطاويط وتقوية النقوش الجدارية الرملية المتحفية.

التوصيات:

* إستخدام التقنيات الحديثة في فحص وتحليل القطع الأثرية بصفة عامة واللوحات الجدارية بصفة خاصة أمر أصبح غاية في الأهمية للتعرف علي نقاط الضعف والقوة وتركيب المواد بالقطع الأثرية.

* ضرورة استخدام التجارب المعملية لمواد التنظيف والتقوية على نماذج غير اثرية قبل التطبيق علي القطع الأثرية مباشرة.

* إن تحميل الأنزيمات علي المواد البوليمرية والنانو مترية يسهل بشكل كبير سرعة تنظيف وتقوية النقوش الجدارية الرملية الملونة .

* إن تحميل أنزيم البروتيز علي بوليمر الفاكر والنانو سليكا SiO2 أظهر نتائج إيجابية بشكل كبير في تنظيف بقع دم الوطاويط من النقوش الجدارية الرملية الملونة .

* إن تحميل أنزيم البروتيز علي بوليمر الفاكر والنانو سليكا SiO2 أظهر نتائج إيجابية بشكل كبير في تقوية النقوش الجدارية الرملية الملونة.

* الوطاويط من الطيور الثديات ودم الحيض لإناثها يؤثر سلباً علي النقوش الجدارية لذا فيجب منعها من الدخول الي المقابر الأثرية .

* الصيانة الدورية للوحات المتحفية والنقوش الجدارية يحافظ عليها من التلف حيث أن الوقاية خيراً من العلاج.

* عند تخزين القطع الأثرية بشكل عام واللوحات الجدارية بشكل خاص يجب دراسة نوع التخزين والفترة المراد التخزين لها كي يتمكن المتخصص من وضع خطة التخزين.

*التغليف الجيد يحافظ على القطع الأثرية بصفة امة وعلى النقوش الجدارية الرملية بصفة خاصة داخل مخازن الآثار لذا يجب الاهتمام بعمليات التغليف واختيار انسب مواد التغليف اللازمة والخالية من الحموضة وأجراء تجارب عليها قبل عمليات التغليف.

قائمة المراجع والمصادر العربية:

- **أبو المعارف، محمد ومعروف، محمد وعواد، غادة وحربي ،عز (2020)** . *دراسة استخدام انزيمات الأكسدة والتحلل المائي في تنظيف المنسوجات الكتانية الأثرية*، [ورقة بحثية] مؤتمر شباب الباحثين جامعة سوهاج ، سوهاج ، مصر.
https://staffsites.sohag-univ.edu.eg/stuff/posts/show/10264?p=posts
- **بوعكاز، عيساوي (يونية 2017)** . التحليل بأستخدام المطيافية تحت الحمراء لحجارة المباني الآثرية , *مجلة التراث*، (2) 26، ص89-104
https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/323/7/2/113245
- **حسام الدين، وائل وعبد العال، شعبان وعبد الفتاح ،مصطفي (يناير 2023)** ، دراسة تجريبية لعلاج وصيانة تأثير فضلات الطيور على الصور والنقوش الجدارية ، *مجلة كلية الاثار جامعة القاهرة* – 26(1)، 943-959.
https://jarch.journals.ekb.eg/article_277272.html
- **خلاف، محمد و جنيدي، جهاد والسخري، أحمد (أكتوبر 2022)** ، علاج وصيانة كتلة حجرية أثرية بقاعة العرض بالقنطرة شرق ، *مجلة التصميم والتراث*، (2) 21.
- **الزلقي، محمود (2022).** *دراسة تطبيقية لاستخدامات الألياف الزجاجية في تدعيم البلاطات الخزفية المنزوعة من المباني الأثرية*

والمحفوظة بمخازن المتاحف تطبيقاً علي نموذج مختار [أطروحة ماجستير، غير منشورة ،جامعة الفيوم].

- **سكيك، حازم (محرر) .(مايو 2013)** . *الميكروسكوبات الألكترونية* ، دار شبكة الفيزياء التعليمة.
- **عبد العال، ، شعبان (2010).** *دراسة تقنية استخدام الإنزيمات في تنظيف الصور الجدارية دراسة تجريبية تطبيقية في العلاج والصيانة* [أطروحة دكتوراة ،جامعة القاهرة].
- **عفيفي ،هالة (1997)** *علاج وصيانة الاقنعة الجصية من مقتنيات المتحف المصري* ،[أطروحة ماجستير ،جامعة القاهرة].
- **لهيبي ، عائشة وجديعي ، عبير (2021)** *تحضير ودراسة مادة السليكا النانو مترية من الرمال لمنطقة الوادي* [أطروحة ماجستير، غير منشورة ، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي ، الجزائر].

قائمة المراجع والمصادر الأجنبية:

- **Adam ، Omar. (JANURAY 2023)** Nanotechnology applications to improve the mechanical properties of lime mortars in archaeological building , *JOURNAL OF THE FACULTY OF ARCHAEOLOGY* ,(1)26,423-438 https://jarch.journals.ekb.eg/article_277288_58bf6f575f31b8b16dec4741efafd5c4.pdf
- **Rasweiler,J And H,Bonilla.(May 1992)** . Menstruation in short-tailed fruit bats (Carollia spp.) , *Journals of reproduction & fertility ltd* (2) 95 ,231-248. https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/95/1/jrf_95_1_026.xml