جامعة الفيوم كلية الآثار

قسم ترميم

أستخدام المستخلصات الفطرية فى علاج وصيانة الصور والنقوش الجدارية تطبيقاً على نموذج مختار

رسالة مقدمة

لنيل درجة الدكتوراة في ترميم الآثار

إعداد الباحثة

سهام رمضان محمود

مدرس مساعد بقسم ترميم وصيانة الآثار- كلية الآثار- جامعة الفيوم

تحت إشراف

أ.د. جمال عبدالمجيد محجوب

أستاذ ترميم وصيانة الآثاربكلية الآثار - جامعة الفيوم

أ.د. محمد السيد عبدالعزيز

أستاذ كيمياء الكائنات الدقيقة - المركز القومى للبحوث

أ.م.د. عبير فؤاد الهجرسى

أستاذ ترميم وصيانة الآثارالمساعد بكلية الآثار - جامعة الفيوم

أ.م.د. مسعد أحمد غريب

أستاذ الكيمياء العلاجية المساعد - معهد تيودور بلهارس للأبحاث

جامعة الفيوم

٢٠٢٢

الملخص العربي

تتعرض القطع الأثرية -بصفة عامة- والصور الجدارية -بصفة خاصة للتلف الميكروبي، والتلف الناتج عن هذه الكائنات الحية الدقيقة هو التلف الميكانيكي؛ من خلال أختراقها لطبقات التصوير الجداري، والتلف الكيميائي؛ من خلال ما تفرزه من أحماض، وإنزيمات.

ونظرا لما تسببة الكائنات الحية الدقيقة، من تلف خطير، فقد كان لابد من البحث عن وسائل لعلاج هذا التلف، ولقد تمكن العديد من الباحثين، من إيجاد العديد من الطرق، التى كانت -في البداية- مناسبة، ثم ثبت -بعد ذلك- مدى تأثيرها الضار، على القطع الأثرية، ومدى سميتها للمرممين، ومن أكثر الطرق، المستخدمة في العلاج الميكروبي: الطرق الميكانيكية؛ إلا أن هذه الأساليب لا تعطي نتائج دائمة. والطرق الفيزيائية، ومنها: الأشعة فوق البنفسجية، وأشعة جاما. وتتمثل العيوب الرئيسة، لهذه الطرق، في تكلفتها العالية، والأضرار المحتملة؛ للمواد المعالجة بالتغييرات الكيميائية، مثل: التغير اللوني، والتحلل المائي للبروتينات. وأيضا المبيدات الحيوية، هي مواد سامة، وخطيرة؛ على البيئة. ويمكن أن يكون تطبيق المبيدات الحيوية ضارًا للقائمين بالترميم ؛ ولا يُعرف الكثير عن عقوبات التطبيقات المتكررة.

لذلك، تم إجراء التحكم في التلف الناتج عن الكائنات الحية الدقيقة؛ باستخدام البدائل، مثل: الأستخدام الرشيد للمنتجات الطبيعية، التي تأتي من الكائنات الحية الدقيقة. ويحظى أستخدام المنتجات الطبيعية (المستخلصات الفطرية) بأهتمام كبير؛ حيث يمكن أستخدامها بديلا للمواد الكيميائية ؛ من أجل منع وتقليل الآثار الخطيرة، للكائنات الحية الدقيقة، على القطع الأثرية التاريخية، وكذلك، بسبب مخاطر أستخدام المواد الكيميائية. لذلك، أشارت الأتجاهات الحديثة -في مكافحة التلف الميكروبي- بأستخدام المستخلصات الفطرية، وهي: مركبات غير ضارة، وغير سامة، يتم الحفاظ على فعاليتها بمرور الوقت، وبدون آثار ضارة؛ على التراث الثقافي، أو على صحة الإنسان. كما تتميز المستخلصات الفطرية بخصائصها المضادة للميكروبات المعروفة جيدًا، منذ العصور القديمة. وتحتوي المستخلصات الفطرية على العديد من secondary metabolites، القادرة على تثبيط نمو البكتيريا والفطريات؛ حيث أنها تعمل -مباشرة- على الخلية الميكروبية؛ عن طريق تثبيط نموها، وتثبيط التفاعلات الإنزيمية، أو التأثير على تخليق الإنزيم، ويبدو أن المكافحة الحيوية هي بديل موثوق لمبيدات الفطريات الكيميائية؛ لأنها شديدة السمية، وتفرض مخاطر بيئية؛ على كل من المرممين، والتراث الثقافي؛ لذلك، أستخدمت الأتجاهات الجديدة طرقًا آمنة بيئيًا، لمستخلصات الفطريات، ومشتقاتها؛ للسيطرة على الفطريات، التي تستعمر القطع الأثرية. وهذه المواد لها نشاط قوي، مضاد للميكروبات، وسمية منخفضة؛ للإنسان، والبيئة.

ومن هذا المنطلق، فإن أطروحة الرسالة تتضمن أستخدام المستخلصات الفطرية؛ التي يتم إنتاجها، من الفطريات المعزولة من اللوحات الجدارية الأثرية؛ في تثبيط نمو الفطريات، وتنظيف البقع الفطرية.

وقد أشتملت الدراسة على أربعة فصول، مقسمة كما يلي:

الفصل الأول: دراسة المستخلصات الفطرية: تم في هذا الفصل دراسة الفطريات، وهي: كائنات حية، شبيهة بالنبات، تفتقر إلى الكلوروفيل، وهي كائنات حقيقية النواة. وتنمو الفطريات بسرعه كبيرة، وتسطيع تجديد دورة

حياتها بأستمرار، ولكي تنمو الفطريات لابد من احتواءها على جراثيم Spores ، وتوافر ظروف بيئية مناسبة؛ من وجود وسط غذائي مناسب، حيث تفضل الوسط الحامضي للنمو؛ و يعتبر pH=6 أفضل وسط حامضي لها.

كما أحتوى هذا الفصل على تقنيات الرسم، للصور الجدارية؛ من تقنيات تمبرا، وفريسكو؛ حيث كانت تقنيات Stela (الحالات المختارة)، هي تقنية التمبرا، وقد اشتمل أيضا على دراسة تأثير الكائنات الحية الدقيقة (الفطريات) على الصور واللوحات الجدارية؛. ويساهم النشاط البيولوجي، للكائنات الحية الدقيقة، مثل: البكتيريا، والفطريات، والطحالب، والأشنة؛ في تدهور التراث الثقافي، خاصة إذا كانت معرضة للهواء الطلق. ويعتبر تفاعل هذه العوامل، مع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للصور الجدارية، أمرًا أساسيًا لفهم التدهور طويل المدى، ويمكن أن تسبب عمليات التدهور، الناجم عن الميكروبات، أنواعًا مختلفة من التغييرات، وتكوين القشور على الأسطح، ويمكن أن تسبب الكائنات الحية الدقيقة مشاكل خطيرة؛ بسبب إفرازالأحماض العضوية، أو غير العضوية.

أما في مجال التحكم في التلف الميكروبي، فقد انقسمت -طبقا للدراسة- إلى الطرق الميكانيكية، والطرق الفيزيائية؛ وناقشنا الطرق الكيميائية السامة، والخطيرة؛ على البيئة، والصحة العامة. كما ناقشنا أيضًا البحث عن بدائل للمبيدات الحيوية التجارية؛ لذلك، تعتبر المبيدات الحيوية الطبيعية أكثر أمانًا للبشر، وقد تم أستخدامها لكل من المواد العضوية، وغير العضوية. والعديد من هذه المنتجات مشتق من النباتات، ويمكن استخدامها في شكلها النقي، وكذلك، المستخلصات الخام، أو كزيوت أساسية. وقد كان أستخدام المستخلصات الطبيعية، المضادة للفطريات، دائمًا، بديلاً -قابلاً للتطبيق- لأستخدام المواد الكيميائية الضارة (التي غالبًا ما تؤثر على بقية البيئة، أو حتى صحة الإنسان)، وعلى سبيل المثال، تستخدم أوراق الزيتون، منذ العصور القديمة، كمضادات للفطريات، وهناك اهتمام متزايد، بالمنتجات الطبيعية، التي يمكن أستخدامها بديلا للمواد الكيميائية ؛ من أجل منع وتقليل نمو الكائنات الحية الدقيقة، على القطع الأثرية التاريخية.

ومن خصائص المستخلصات الفطرية ومشتقاتها: التحكم في أستعمار الفطريات، للوحات الجدارية، وتتميز هذه المواد بأنها غير مكلفة، وغير سامة، وصديقة للبيئة، ومُصنّعة بيولوجيًا، وقد تمت دراسة المجموعات الرئيسة، للمركبات المضادة للميكروبات، من المستخلصات الفطرية. ومن مزايا أستخدام المستخلصات الفطرية:

١- بقاء الخلايا الفطرية قابلة للحياة.

٢- أستخراج المستخلص بسيط، وسهل.

٣- الإنتاج على نطاق واسع.

الفصل الثاني: (المواد والطرق): ويتناول الدراسة التجريبية؛ من حيث تحضير المستخلصات الفطرية، من الفطريات المعزولة من اللوحات الجدارية المختارة، وأستخدامها؛ في تثبيط النمو الفطرى، وتنظيف البقع الفطرية.

- حيث تضمن عزل الفطريات، من أسطح اللوحات الجدارية المختارة (لوحة جنائزية من الحجر الجيري-Stela of Henu, Son of Sobek-Hetep (Cairo CG 20212) واللوحة الثانية هي

أيضا لوحه جنائزية من الحجر الجيرى Stela with Cornice of Imeny Son of Neb-Leyou [Cairo CG 20594]] وهذه اللوحات ترجع لعصر الدولة الوسطى، الأسرة الثانية عشرة، أما بالنسبة للوحة الثالثة، فهي لوحة لرمسيس الثاني، وترجع لعصر الدولة الحديثة؛ وذلك لمعرفة الفطريات المسببة للتلف، على سطح اللوحات الجدارية المختارة، ثم تم تحضير المستخلصات الفطرية، وفحصها؛ بواسطة (GS-MS)؛ للتعرف على المركبات الموجودة داخل كل مستخلص، وتقدير السعة الكلية، لمضادات الأكسدة (TAC)، وتقدير المحتوى الفينولي الكلي (TPC).

- ثم تقييم أستخدام المستخلصات الفطرية، في عملية التثبيط والتنظيف؛ وقد تضمنت الخطوة الأولى، تطبيق المستخلصات الفطرية (مستخلص فطري من *Aspergillus Flavus*، مستخلص فطري من *Aspergillus Caespitosus*، مستخلص فطري من *Paecilomyces Variotii*)، على العينات التجريبية، بعد إصابة العينات التجريبية، بالعزلات الفطرية؛ وذلك لفهم وتقييم تأثير الكائنات الحية الدقيقة، على إحداث تغيير فيزيائي وكيميائي، في اللوحات الجدارية. وبالنسبة للتقوية، فقد تم اختيار المواد النانوية (Nano Palaroid - Nano $CaCO_3$)، بتركيزاتها، ثم تم فحص المواد النانوية، باستخدام مجهر (TEM)؛ لتأكيد حجم حبيبات المواد النانوية، ثم قمنا بتطبيق مواد النانو، على العينات التجريبية، وأخيراً، تم فحص وتحليل العينات؛ للتأكد من تغلغل هذه المواد، داخل العينات.

الفصل الثالث: (النتائج والمناقشة): يشمل هذا الفصل جميع نتائج الفحص والتحليل، التي تم تناولها خلال الدراسة التجريبية، ويبدأ بالتعرف على الفطريات؛ من خلال التعريف الجزيئي (*Aspergillus Flavus*، *Aspergillus Caespitosus*، *Sarocladium Terricola and Paecilomyces Variotii*)، ثم تحضير المستخلصات الفطرية وفحصها بواسطة (GC-MS)، للمستخلصات الفطرية.

المركبات الرئيسة من المستخلص الفطري *Aspergillus Flavus*:

- (9 Hexadecanoic Acid, Methyl Ester (17.57%), 9,12-Octadecadienoic Acid (Z,Z), Methyl Ester (16.24%), 9-Octadecenoic Acid, Methyl Ester, (E) (7.17%), 1,2-Dioctylcyclopropene (2.27%))

المركبات الرئيسة من المستخلص الفطري *Aspergillus Caespitosus*:

- (Hexadecanoic Acid, 15-Methyl, Methyl Ester (8.72%), 2-Pentenal, 2-Methyl (8.57%), 9,12-Octadecadienoic Acid, Methyl Ester, (E,E) (7.75%), 4,4-Dimethyl-1-Octene (7.34%), Undecane, 2,3-Dimethyl (5.66%))

المركبات الرئيسة من المستخلص الفطري *Paecilomyces Variotii*:

-(9-Octadecenoic Acid (Z) (9.07%), 1-Tetradecanol (7.22%), Pentadecanoic Acid, 14-Methyl, Methyl ester (5.75%), Sulfurous Acid, Isohexyl 2-Pentyl Ester (6.06%)).

أما عن اللوحات الجدارية المختارة، في الدراسة، فاللوحة الأولى: عبارة عن لوحة جنائزية، مستطيلة الشكل، من الحجر الجيري الملون (Stela of Henu, Son of Sobek-Hetep\CG 20212)، وهذا هو الأسم الأكثر شيوعًا، في الدولة الوسطى Sobekhotep ، وقد تم اكتشاف اللوحة في عام ١٨٦١، أثناء أعمال

التنقيب التي قام بها أ. ماريت (مدير مصلحة الآثار المصرية)، في شمال أبيدوس، وبشكل أكثر تحديدًا، في (المقبرة الشمالية)، ويعود تاريخ اللوحة إلى الأسرة الثانية عشرة، من عصر الدولة الوسطى، وأبعاد اللوحة هي: الطول: ٢٦ سم، والعرض: ١٥.٥ سم، وهي محفوظة بالمتحف المصرى بالقاهرة (التحرير). اللوحة الثانية: عبارة عن لوحة جنائزية مستطيلة، من الحجر الجيري Funerary Stela with Cornice of Imeny Son of Neb-Leyou [Cairo CG 20594]، وهذه اللوحة مطابقة للوحه الأولى؛ حيث تم اكتشافها على يد أ. ماريت، وهي مؤرخة بنفس الفترة، وأبعاد اللوحة هي: الطول: ٢٦ سم، والعرض: ٢٦ سم، وهي محفوظة أيضا بالمتحف المصرى بالقاهرة (التحرير). اللوحة الثالثة: عبارة عن لوحة من الحجر الجيري الملون، لرمسيس الثاني، بالمتحف الحربي، وزنها حوالى ٣ طن، وطولها ٣.٥ م، وارتفاعها ٧٠سم. وقد تم تسجيل وتوثيق اللوحات، بطرق مختلفة؛ سواء بالتصوير الفوتوغرافي، أو برنامج الاوتوكاد؛ وتم فحص اللوحات بواسطة (الميكروسكوب الضوئي - الميكروسكوب الإلكترونى الماسح، والتصوير متعدد الأطياف)؛ لتحديد مظاهر تلف اللوحات الجدارية.

وقد تم أستخدام تقنيات SEM.EDX ، و PXRF ، و XRD ، و FTIR ، والتصوير متعدد الأطياف؛ من أجل تحديد الألوان الموجودة باللوحات الجدارية المختارة. وقد أظهرت النتائج أن الألوان المستخدمة هي الأزرق المصري (رباعي سليكات الكالسيوم والنحاس)، واللون الأحمر (الهيماتيت Fe_2O_3)، واللون الأصفر (الجيوثايت)، وأسود الكربون، والأخضر المصري، والحجر هو الحجر الجيرى (كربونات الكالسيوم). وبواسطة الأشعة تحت الحمراء، لدراسة الوسيط اللوني، تبين أنه الغراء الحيواني. وتتوافق نتائج هذه الدراسة مع التحليلات السابقة، للألوان المصرية القديمة، والتي تشير إلى الأستخدام المستمر، للمواد الملونة؛ الطبيعية، والصناعية. ومن خلال التصوير متعدد الأطياف، بالأشعة تحت الحمراء، للوحة الجدارية رقم CG 20594، ظهر اللون الأزرق المصري؛ كمناطق بيضاء، أو شاحبة جدًا؛ في صورة VIL، بينما ظهرت جميع المواد الأخرى باللون الأسود، أو الرمادي الداكن؛ وهذا يؤكد وجود الأزرق المصرى. كما تمت دراسة مظاهر التلف الميكروبية، التى تعاني منها اللوحات الجدارية.

كما تم تقييم المستخلصات الفطرية، على العينات التجريبية؛ حيث وجدت أفضل النتائج، للمستخلصات الفطرية؛ في التثبيط، والتنظيف (المستخلص الفطري من *Aspergillus Flavus*، والمستخلص الفطري من *Aspergillus Caespitosus* ، والمستخلص الفطري من *Paecilomyces Variotii*)، المطبق على العينات التجريبية، المصابة بالعزلات الفطرية (*Aspergillus Flavus*، *Aspergillus Caespitosus*، *Sarocladium Terricola*، *Paecilomyces Variotii*)؛ حيث نجد أن المستخلص الفطري (مستخلص فطري من *Aspergillus Flavus*) عند تركيز ٠.٠٥٪ ، قد أعطى نتيجة جيدة؛ في تثبيط، وتنظيف البقع الفطرية؛ بينما التركيز ٠.٠٣٪ قد ترك آثار من البقع الفطرية، على السطح. وقد أعطت المستخلصات الفطرية (مستخلص فطري من *Aspergillus Caespitosus* ومستخلص فطري من *Paecilomyces Variotii*)، نتيجة جيدة، بتركيز ٠.٠٣٪، في تثبيط الفطريات؛ بينما تركيز ٠.٠٥٪ قد أدى إلى حدوث تغيرات لونية في السطح، وبالنسبة لمواد التقوية النانوية، نجد أفضل نتيجة لنانو بارالويد؛ تركيز ٣٪ ، وكربونات كالسيوم النانوية؛ تركيز ٢٪، وقد أثبتت هذه المواد قدرتها على اختراق المسام جيدًا.

الفصل الرابع: (دراسة تطبيقية): ويشمل هذا الفصل الدراسة التطبيقية، لمجموعة مختارة من اللوحات الجدارية الأثرية، وتناول الفصل التنظيف الميكانيكي للطبقة السطحية، ثم التنظيف الحيوى للبقع الفطرية؛ بأستخدام المستخلصات الفطرية: (*Fungal Extracts from Aspergillus Flavus, Aspergillus Caespitosus*) ، التي ثبت نجاحها في الدراسة التجريبية؛ من خلال التثبيط، والتنظيف -كما ذكر أعلاه في الفصل الثالث- وذلك بتطبيق المستخلصات الفطرية، عن طريق الرش على سطح اللوحات الجدارية، وقد استطاعت المستخلصات الفطرية إزالة البقع الفطرية تماما، دون حدوث تغيير للسطح. ثم تم تطبيق النانو بارالويد؛ تركيز ٣٪ و كربونات الكالسيوم النانوية بتركيز ٢٪ على سطح اللوحة الجدارية، التى ترجع لعصر الدولة الحديثة (رمسيس الثاني).