جامعة القاهرة
كلية الآثار
قسم ترميم الآثار

دراسة تأثير الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا والفطريات) في تآكل الآثار البرونزية المستخرجة من الحفائر وطرق علاجها وصيانتها، تطبيقا علي أحد النماذج المختارة.

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في ترميم وصيانة الآثار

إعداد الطالب

عيد رزق ناجي مرتاح

أخصائي ترميم آثار بالمتحف المصري

وزارة الآثار

تحت إشراف

أ.د. وفاء أنور محمد سليمان

أستاذ ترميم وصيانة الآثار المعدنية
قسم ترميم الآثار
كلية الآثار- جامعة القاهرة

أ.د. مايسة محمد على منصور

أستاذ الميكروبيولوجى
قسم ترميم الآثار
كلية الآثار- جامعة القاهرة

٢٠١٩م

بسم الله الرحمن الرحيم

" وقل ربى زدنى علما "

صدق الله العظيم

ملخص البحث

تتناول هذه الدراسة دراسة تأثير الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا والفطريات) في تآكل الآثار البرونزية المستخرجة من الحفائر وطرق علاجها وصيانتها، حيث قسمت الدراسة إلى أربعة فصول على النحو التالى:

الفصل الأول:

يتناول دراسة بيئات الآثار البرونزية قبل الكشف وبعده وتأثيرها علي نمو الكائنات الحية الدقيقة، كما يتضمن دراسة أنواع الكائنات الحية الدقيقة التي تنمو علي الآثار البرونزية من بكتيريا وفطريات، وأهم العوامل المؤثرة علي نموها، حيث كلاً منها لها ظروف معينة للنمو، حيث تؤثر هذه الظروف متجمعه بالسلب أو الإيجاب علي معدلات النشاط الحيوي للكائن الحي الدقيق (بكتيريا – فطريات)، أيضا علي نوع الإفرازات التي يخلفها وبالتالي التلف الناتج عنه، حيث أن هذه الكائنات تؤثر في عملية التآكل بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، كما يتناول هذا الفصل مظاهر وأشكال التآكل الناتج عن التلف الميكروبيولوجي.

الفصل الثانى:

يتناول طرق التحليل المختلفة للقطع الآثرية موضوع الدراسة، وذلك لمعرفة تركيب السبيكة المصنوع منها القطع، وكذلك مواد التطعيم، ولمعرفة أيضاً مركبات التآكل التى تعانى منها القطع وتقييم حالة التلف التى وصلت إليها من جراء مسببات التلف المختلفة بإستخدام الأجهزة العلمية غير المتلفة.

الفصل الثالث:

يتناول دراسة تجريبية معملية لمعرفة تأثير الكائنات الحية الدقيقة التى تم عزلها من القطع موضوع الدراسة على عينات تجريبية مجهزة بنفس تركيب سبيكة هذه القطع، وتم دراسة تأثيرها ومدى قدرة نموها قبل وبعد التعريض لدورات التقادم الصناعي، مناقشة النتائج، إستخلاص وتحديد أنسب الطرق والمواد لإستخدامها في العلاج والصيانة.

الفصل الرابع:

يتناول الجانب التطبيقى لعلاج وصيانة القطع الأثرية البرونزية موضوع الدراسة، بإستخدام أفضل طرق العلاج والصيانة، يسبقها دراسة تاريخية وطرق التوثيق والفحص التى إستخدمت لدراسة هذه القطع.

والقطع الأثرية البرونزية موضوع الدراسة عبارة عن: (تمثال برونزى شبة كامل للإلة أوزوريس فاقد التاج واللحية والقاعدة "مكسور إلى نصفين نصف علوي ممتد إلى أسفل الصدر، ونصف سفلى ممتد من أسفل الصدر حتى القدم"، لحية معقوفة، ريشة تاج).

وتختتم الدراسة بالمناقشة العامة ومجمل النتائج التى تم التوصل إليها، والتوصيات والخاتمة وقائمة المراجع.

الكلمات الدالة

تأثير الكائنات الحية الدقيقة

البكتيريا والفطريات

التآكل

الأشعة الفوق بنفسجية

ترميم المعادن

البرونز

عصر الإنتقال الثالث

النظام الإيضى

العرض

المخزن المتحفى

الأزرق المصرى

تذهيب

دراسة تجريبية

حجر اللازورد

أوزوريس

إعاة تجميع

التصوير متعدد الأطياف

التصوير بالأشعة المقطعة

التصوير بالأشعة السينية

التنظيف الميكانيكى

العلاج

الإهداء

إهدى هذا العمل المتواضع إلى
طلاب العلم الذين يتأملون إلى
مستقبل مشرق

الشكر والتقدير

الحمد لله العليم الحكيم الذي علم الإنسان ما لم يعلم والصلاة والسلام على معلم البشرية سيدنا محمد صلي الله عليه وسلم خير من دعي إلى العلم والتعلم.
الشكر والعرفان لا يفي حق من كان لهم الفضل الجليل والدور العظيم في وضع أساس وإخراج هذا البحث بدعمهم العلمي والمعنوي وبفضل توجيهاتهم ونصائحهم الدائمة وملاحظاتهم السديدة **أستاذتي الجليلة الأستاذة الدكتورة وفاء أنور محمد سليمان** أستاذ ترميم وصيانة الآثار المعدنية– قسم ترميم الآثار– كلية الآثار– جامعة القاهرة، **أستاذتي الجليلة الأستاذة الدكتورة مايسة محمد على منصور** أستاذ الميكروبيولوجى– قسم ترميم الآثار– كلية الآثار– جامعة القاهرة، فجزاهم الله عني خير الجزاء.
كما أتقدم بخالص الشكر والامتنان **لأستاذتى الدكتورة مي محمد رفاعي** أستاذ مساعد ترميم وصيانة الآثار المعدنية – قسم ترميم الآثار– كلية الآثار– جامعة القاهرة، للأستاذ الدكتور **ممدوح محمد عبد الفتاح خليفة**– أستاذ أمراض النبات بمعهد أمراض النباتات– مركز البحوث الزراعية لتفضلهم بالموافقة على مناقشتي فجزاهم الله عني خير الجزاء.

وكل الشكر والتقدير والعرفان **لأستاذي الدكتور نبيل أحمد المناخلي** أستاذ الكيمياء الكهربية وتآكل الفلزات بالمركز القومي للبحوث، لجهده العظيم معي ومتابعته المستمرة التي أثرت هذا البحث، فجزاه الله عني خير الجزاء.
كما أتقدم بخالص الشكر والأمتنان **للمهندس محمد نبيل، والمهندس مازن عماد، والمهندس أنس، والدكتور إبراهيم الرفاعى** من مركز توثيق التراث الطبيعى بالقرية الذكية لما قدموة من عون خلال مرحلة بحثى فجزاهم الله عني خير الجزاء.
وشكري وتقديري **لأخى وصديقى دكتور سايمون كونور** باحث بجامعة لياج– ببلجيكا لما قدمة لى من دعم مستمر وتشجيع دائم حتى تمكنت من الأنتهاء من الرسالة.
كما أتقدم بخالص شكرى وتقديرى **لدكتور لوكا لامباردو** بوليتكنيكو دى تورينو– إيطاليا لمساعدته فى قراءة وقياس درجات الحرارة والرطوبة داخل بدروم المتحف المصرى.
كما أتقدم بخالص شكرى وتقديرى **لكريستان إكمان، كاتيا بروسكات** لما قدموة من مساعدات فى إحضار مادة Technomelt التى إستخدمت فى لصق جزئى التمثال، فجزاهم الله عني خير الجزاء.
وبكل إمتنان أتقدم بشكري إلي كل من قدم لي مساعدة أو نصح وإرشاد لإتمام هذا البحث من أساتذتي وزملائي بالكلية وأخص بالذكر **دكتور مراد فوزى ودكتور محمد سمير، الدكتورة فاطمة الزهراء سادات.**
وجزيل شكري وتقديرى **للأستاذ سيد عبدالتواب**– معهد بحوث وتطوير الفلزات بالتبين، **للأستاذه سها سعيد** أخصائية ميكروبيولوجى– مركز بحوث وصيانة الآثار علي ما قدموه لي من مساعدات عظيمة خلال فترة بحثى فجزاهم الله عني خير الجزاء.
وشكري وتقدير واحترامي إلي **المتحف المصرى** المكان الذى أعمل به **ولجميع العاملين بة من مرممين وأمناء،** وأخص بالذكر **الدكتورة هدى عبدالحميد** مدير عام ترميم المتحف المصرى سابقاً، **الأستاذ مؤمن عثمان** مدير

عام ترميم المتحف المصرى حالياً، **الأستاذه صباح عبدالرازق** مدير عام المتحف المصرى حالياً، لما قدموة لى من عون كي أتمكن من أداء التطبيق العملي، فجزاهم الله عني خير الجزاء.

كما اتقدم بخالص شكرى وتقديرى **للأستاذ أحمد عرابى، الأستاذ أحمد إسماعيل** لمساعدتهم لى فى عرض القطع موضوع الدراسة، فجزاهم الله عني خير الجزاء.

كما أتقدم بخالص شكرى وتقديرى إلى د. غريب سنبل، د. مجدى منصور، د. عزت حبيب، د. مدحت صابر، د. سعيد عبدالحميد على دعمهم المتواصل لى فجزاهم الله عني خير الجزاء.

وشكري العميق **لأخوتى وأصدقائي وزملائي بوزارة الآثار** علي ما قدموه لي من مساعدات خلال مرحلة بحثى.

وشكري وتقديري إلي **إدارة الدراسات العليا بكلية الآثار** فجزاهم الله جميعا كل الخير، كما أتوجه بالشكر والتقدير **إلي العاملين بقسم الترميم وإلى جميع العاملين بكلية الآثار**.

كما أتقدم بجزيل شكرى وتقديرى **لأخوالى الأعزاء** الذين تكبدو أعباء السفر لحضورهم الكريم مناقشة الرسالة الخاصة بى، فجزاهم الله عنى خير الجزاء.

كما أتقدم بجزيل شكري وتقديري **لأخوتى الأعزاء وأبناء عمومتى** لمساندتهم الدائمة لي فجزاهم الله عنى خير الجزاء.

وعظيم الشكر لمن كان لفضل دعواتهما ومساندتهما لي بالغ الأثر في توفيق الله لي لإتمام هذا البحث **أبى وأمي** حماهما الله وحفظهما دوماً واعطاههما الله وافر الصحة والعافية.

الباحث

عيد رزق ناجى مرتاح

فهرس الموضوعات

فهرس الموضوعات	رقم الصفحة

المقدمة	أ
الهدف من البحث	د
الأعمال السابقة	هـ
الفصل الأول: دراسة بيئات الآثار البرونزية وأنواع الكائنات الحية الدقيقة التى تنمو عليها وميكانيكية تأثيرها	١: ٧٦
١-١ مقدمة تاريخية	١
١-٢ بيئات الاثار البرونزية	٤
١-٢-١ الوسط الصلب	٤
١-٢-١-١ أنواع التربة Soil Types	٥
١-٢-١-١-١ نسيج التربة Soil texture	٦
١-٢-١-١-١-١ التربة الرملية: Sandy Soil	٦
١-٢-١-١-١-٢ التربة الغريانية	٧
١-٢-١-١-١-٣ التربة الطينية	٧
١-٢-١-١-٢ المحتوي المائي	٩
١-٢-١-١-٢-١ التربة المشبعة بالماء	٩
١-٢-١-١-٢-٢ التربة الخالية تماما من الماء	١٠
١-٢-١-١-٢-٣ التربة غير المشبعة بالماء	١١
١-٢-١-١-٣ التركيب الكيميائي للتربة:	١١
١-٢-١-١-٣-١ التربة الحامضية	١٢
١-٢-١-١-٣-٢التربة القاعدية	١٣
١-٢-١-١-٣-٣ التربة الملحية	١٥
١-٢-١-٢ المواد العضوية في التربة	١٦

١-٢-٢ الوسط الغازي (بيئة ما بعد الكشف) ١٨
١-٢-٢-١ غاز الأكسجين ١٩
١-٢-٢-٢ غاز ثانى أكسيد الكربون ٢٢
١-٢-٢-٣- غاز ثانى أكسيد الكبريت ٢٣
١-٢-٢-٤ غاز كبريتيد الهيدروجين ٢٤
١-٢-٢-٥ غاز كلوريد الهيدروجين ٢٤
١-٢-٢-٦ بخار الماء ٢٥
١-٣ أنواع الكائنات الحية الدقيقة التي تنمو على الآثار البرونزية وأهم العوامل المؤثرة على نموها ٢٧
١-٣-١ مقدمة عن علم الكائنات الحية الدقيقة ٢٧
١-٣-٢ العوامل التى تؤثر فى نشاط الكائنات الحية الدقيقة ٢٨
١-٣-٣ الإنزيمات البكتيرية ٢٨
١-٣-٣-١ النظام الإنزيمي ٢٩
١-٣-٣-٢ خواص الإنزيمات ٢٩
١-٣-٤ استعراض أهم الكائنات الحية المسببة للتلف المتعلقة بموضوع الدراسة ٣٠
١-٣-٤-١ الفطريات ٣٠
١-٣-٤-١-١ العناصر الغذائية الضرورية لنمو الفطريات ٣١
١-٣-٤-١-٢ تقسيم ممكلة الفطريات ٣٢
١-٣-٤-١-٣ أهمية الفطريات ٣٤
١-٣-٤-١-٤ تركيب الخلية الفطرية ٣٥
١-٣-٤-١-٥ طرق التغذية والنمو فى الفطريات ٣٨
١-٣-٤-١-٥-١ تمييز مناهج الحياة المختلفة بين الفطريات ٣٨
١-٣-٤-١-٥-١-١ فطريات أجبارية التطفل ٣٩

١-٣-٤-١-٥-٢ فطريات إختيارية التطفل ٣٩

١-٣-٤-١-٥-٣ فطريات إجبارية الترمم ٣٩

١-٣-٤-١-٥-٤ فطريات إختيارية الترمم ٣٩

١-٣-٤-١-٥-٥ فطريات متكافلة ٣٩

١-٣-٤-٢ البكتيريا ٣٩

١-٣-٤-٢-١ تركيب الخلية البكتيرية ٤٠

١-٣-٤-٢-٢أنواع البكتيريا ٤٢

١-٣-٤-٢-٢-١ بكتيريا هوائية ٤٢

١-٣-٤-٢-٢-٢ بكتيريا لا هوائية ٤٢

١-٣-٤-٢-٣ التغذية فى البكتيريا ٤٢

١-٣-٤-٢-٣-١-١ البكتيريا ذاتية التغذية ٤٢

١-٣-٤-٢-٣-١-٢ البكتيريا غير ذاتية التغذية ٤٣

١-٣-٤-٢-٣-٢- العناصر التى تحتاجها البكتيريا فى غذائها: ٤٣

١-٣-٤-٢-٣-٢-١عناصر أساسية ٤٣

١-٣-٤-٢-٣-٢-٢عناصر غذائية غير أساسية ٤٤

١-٣-٤-٣ أهم العوامل المؤثرة على النمو الميكروبيولوجي للفطريات والبكتيريا ٤٤

١-٣-٤-٣-١ العوامل التي تؤثر في النمو الفطري ٤٤

١-٣-٤-٣-١-١ تأثير درجة الحرارة ٤٤

١-٣-٤-٣-١-٢ الرطوبة ٤٥

١-٣-٤-٣-١-٣ تأثير درجة الحموضة ٤٦

١-٣-٤-٣-١-٤ الضوء ٤٧

١-٣-٤-٣-١-٥ الأكسجين وثاني أكسيد الكربون (التهوية) ٤٧

١-٣-٤-٣-١-٦ الضغط ٤٨
١-٣-٤-٣-١-٧ مدة التخزين (الوقت) ٤٨
١-٣-٤-٣-٢ العوامل المؤثرة علي نمو البكتيريا ٤٨
١-٣-٤-٣-٢-١ الغذاء ٤٩
١-٣-٤-٣-٢-٢ درجة الحرارة ٤٩
١-٣-٤-٣-٢-٣ الأكسجين ٥٠
١-٣-٤-٣-٢-٤ الرطوبة ٥٠
١-٣-٤-٣-٢-٥ الضغط الأسموزي ٥٠
١-٣-٤-٣-٢-٦ الأس الهيدروجيني ٥١
١-٣-٤-٣-٢-٧ التوتر السطحي ٥١
١-٣-٤-٣-٢-٨ الضوء ٥١
١-٤- ميكانيكية نمو الكائنات الحية الدقيقة علي الآثار البرونزية ٥٢
١-٤-١- التآكل البيولوجي أو الحيوي ٥٢
١-٤-٢- ميكانيكية التآكل الناتجة من نشاط الكائنات الحية الدقيقة ٥٤
١-٤-٣- أمثلة لميكانيكة التآكل الميكروبيولوجى ٦٨
١-٤-٤- أشكال صدأ الآثار البرونزية المرتبطة بتأثير الكائنات الحية الدقيقة ٧١
١-٤-٤-١- الصدأ المتجانس ٧١
١-٤-٤-٢- الصدأ الغير متجانس ٧٢
١-٤-٤-٢-١- الصدأ الحفري ٧٢
١-٤-٤-٢-٢- الصدأ بين الحبيبي ٧٢
١-٤-٤-٢-٣- الصدأ الأختياري ٧٣
١-٤-٤-٢-٤- صدأ الفجوة ٧٣

١-٤-٤-٢-٥- صدأ الإجهاد ٧٤

١-٤-٤-٢-٦- الصدأ الكهربي ٧٤

الفصل الثانى: طرق التحليل المستخدمة للتعرف علي مكونات السبائك والتطعيم ونواتج التآكل للقطع موضوع الدراسة ٧٧- ١٦٦

٢-١- مقدمة ٧٧

٢-٢- التحليل بإستخدام حيود الاشعة السينية ٧٧

٢-٢-١- نتائج العينات التى تم تحليها بـ XRD ٧٨

٢-٢-١-١- نتائج العينات التى تم تحليها بـ XRD الخاصة بالتمثال ٧٨

٢-٢-١-٢- نتائج العينات التى تم تحليها بـ XRD الخاصة باللحية المعقوفة ٨٢

٢-٢-١-٣- نتائج العينات التى تم تحليها بـ XRD الخاصة بريشة التاج ٨٤

٢-٢-٢- مركبات التآكل الموجودة بالعينات من خلال التحليل بـ XRD ٨٦

٢-٢-٣- تفسير وجود مركبات التآكل فى العينة ٨٨

٢-٣- التحليل غير المتلف بإستخدام تفلور الأشعة السينية المحمول ٩٠

٢-٣-١- نتائج تحليل تفلور الأشعة السينية المحمول Portable X-Ray Florescence [PXRF] بإستخدام NITON/XLt 8138 (USA), with software version 4.2E. ٩٠

٢-٣-١-١- تفسير نتائج التحليل بـ pXRF بإستخدام NITON/XLt 8138 (USA), with software version 4.2E. ٩٢

٢-٣-٢- تفلور الأشعة السينية المحمول Portable X-Ray Florescence [PXRF] بإستخدام مطياف (Elio Spectrometer, XGlab): ٩٣

٢-٣-٢-١- تحليل سبيكة القطع الثلاث محل الدراسة بإستخدام مطياف(Elio Spectrometer, XGlab ٩٣

٢-٣-٢-١-١- تحليل سبيكة التمثال محل الراسة ٩٣

٢-٣-٢-١-٢- تحليل سبيكة اللحية المعقوفة محل الراسة ٩٤

٢-٣-٢-١-٣- تحليل سبيكة ريشة التاج محل الراسة ٩٥

٢-٣-٢-١-٤- مناقشة النتائج لتحليل سبيكة القطع موضوع الدراسة بإستخدام مطياف (Elio Spectrometer, XGlab) ٩٦

٢-٣-٢-١-٥- نتائج تحليل التذهيب الموجود على القطع موضوع الدراسة بإستخدام مطياف (Elio Spectrometer, XGlab) ٩٦

٢-٣-٢-٢- نتائج تحليل العينات التى أجريت عليها تحليل حيود الأشعة السينية بإستخدام جهاز تفلور الأشعة السينية المحمول [PXRF] Portable X-Ray Florescence (Elio Spectrometer, XGlab) ٩٧

٢-٣-٢-٢-١- العينات التى أخذت من التمثال ٩٧

٢-٣-٢-٢-٢- العينات التى أخذت من اللحية المعقوفة ١٠٢

٢-٣-٢-٢-٣- العينات التى أخذت من ريشة التاج ١٠٥

٢-٣-٢-٢-٤- مناقشة نتائج العينات التى أجريت عليها تحليل حيود الأشعة السينية بإستخدام جهاز تفلور الأشعة السينية المحمول Portable X-Ray Florescence (pXRF), (Elio Spectrometer, XGlab) ١٠٩

٢-٣-٢-٣- التحليل غير المتلف بإستخدام تفلور الأشعة السينية المحمول Portable X-Ray Florescence [PXRF] لتمثال أوزوريس محل الدراسة ١١١

٢-٣-٢-٣-١- نتائج التحاليل الخاصة بالجزء العلوى من جسم التمثال ١١٢

٢-٣-٢-٣-٢- نتائج التحاليل الخاصة بالجزء السفلى من جسم التمثال ١٢٠

٢-٣-٢-٣-٣- تفسير النتائج ١٢٧

٢-٣-٢-٤- التحاليل الخاصة باللحية المعقوفة بإستخدام جهاز تفلور الأشعة السينية المحمول Portable X-Ray Florescence [PXRF] ١٣٠

٢-٣-٢-٤-١- نتائج التحاليل الخاصة باللحية المعقوفة بإستخدام جهاز تفلور الأشعة السينية المحمول [PXRF] Portable X-Ray Florescence ١٣٠

٢-٣-٢-٤-٢- تفسير النتائج الخاصة بتحليل اللحية موضوع الدراسة بإستخدام XRF ١٤٠

٢-٣-٢-٥- التحاليل الخاصة بريشة التاج بإستخدام جهاز تفلور الأشعة السينية المحمول Portable X-Ray Florescence [PXRF] ١٤٢

٢-٣-٢-٥-١ نتائج العينات التى تم تحليلها للريشة موضوع الدراسة بإستخدام Portable X-Ray Florescence (PXRF) (Elio Spectrometer, XGlab) ١٤٢

٢-٣-٢-٥-٢- تفسير نتائج العينات التى تم تحليلها للريشة موضوع الدراسة بإستخدام Portable X-Ray Florescence (PXRF) (Elio Spectrometer, XGlab) ١٥٣

٢-٤- التحليل بإستخدام Fourier transform infrared spectroscopy [FTIR]Analysis ١٥٤

٢-٤-١- نتائج العينات التى تم تحليلها بإستخدام FTIR ١٥٤

٢-٤-٢- تفسير النتائج الخاصة بتحليل FTIR ١٦٥

٢-٥- المناقشة العامة للنتائج الخاصة بالتحاليل التى أجريت على القطع موضوع الدراسة ١٦٥

الفصل الثالث: دراسة تجريبية لمعرفة أنواع الكائنات الحية الدقيقة التى تسبب تآكل الآثار البرونزية والعوامل المؤثرة على نموها ١٦٧: ٢٣٩

٣-١ مقدمة ١٦٧

٣-٢ أخذ العزلات من على التمثال محل الدراسة ١٦٧

٣-٣- أختيار وتجهيز البيئات التى سيتم ذرع المسحات عليها ١٧١

٣-٣-١- أنواع البيئات التى تم تحضيرها لنمو الكائنات الحية الدقيقة ١٧١

٣-٣-٢- تجهيز البيئات ١٧٤

٣-٣-٣- زرع العزلات الميكروبيولوجية على البيئات السابق ذكرها ١٧٦

٣-٣-٤- تفسير النتائج ١٧٧

٣-٤- إعداد الشرائح التجريبية ١٩٥

٣-٤-١- صب الشرائح التجريبية ١٩٥

٣-٤-١-١- صب الشراح المعدنية بإستخدام أسلوب السباكة بالرمل Sand Casting بمعهد الفلزات بالتبين ١٩٥

٣-٤-١-٢- مقارنة بين متوسط نسب عناصر سبيكة تمثال أوزوريس محل الدراسة ومتوسط نسب العناصر للشرائح التجريبية التى تم صبها ٢٠٠

٣-٤-٢- تجهيز الشرائح المعدنية ٢٠١

٣-٥- دراسة نمو الفطريات والبكتيريا على الشرائح التجريبية ٢٠٢