جامعة القاهرة

كلية الآثار

قسم الترميم

# دراسة تجريبية لإستخدام تطبيقات الليزر فى علاج التلف البيولوجى على بعض المواد العضوية الأثرية الملونة تطبيقا على نماذج مختارة

دراسة مقدمه لجامعة القاهرة لنيل درجة الدكتوراة في ترميم الآثار

مقدمة من الطالب

**عبد الرازق عبد الشافي عبد النبي النجار**

المدرس المساعد بقسم الترميم بكلية الآثار – جامعة الفيوم

إشراف

**أ.د / منـــــى فـــؤاد على**

أستاذ ترميم الآثار بكلية الآثار- جامعة القاهرة

ووكيل كلية الأثار لشئون البيئة وخدمة المجتمع - جامعة القاهرة

**أ.د / محيى سعد منصور**

قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة – جامعة القاهرة

ونائب رئيس جامعة بنى سويف لشئون الطلاب والتعليم

**أ.م.د / جمال عبدالمجيد محجوب**

أستاذ ترميم الآثار المساعد بكلية الآثار- جامعة الفيوم

ورئيس الإدارة المركزية للصيانة والترميم بالمجلس الأعلى للآثار

**أ.م.د/ سهام عبدالعظيم اسماعيل**

قسم كيمياء المنتجات الميكروبية - المركز القومى للبحوث- مصر

٢٠١١

Cairo University
Faculty of Archaeology
Conservation Department

R9
9/1
قاعة

# Experimental Study of Laser Applications for Treatment of the Biodeterioration of Painted Organic Materials With application on selected objects

A thesis presented to Cairo University/ Faculty of Archaeology,
In fulfilment of the thesis requirement for a PhD (Doctoral) degree in
Conservation of Antiquities

Submitted by

**Abdelrazek Elnaggar**

Assistant Lecturer,

Conservation Department, Faculty of Archaeology, Fayoum University

Under the Supervision of:

**Prof.Dr.Mona Fouad Ali**

Professor in Conservation of Antiquities;
Vice Dean of the Faculty of Archaeology - Cairo University

**Prof. Dr. Mohy Mansour**

Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, and Vice-president for Education and Students Affairs, Beni-Suef University

**Ass. Prof. Gamal Mahgoub**

Professor in Conservation of Antiquities,
Conservation Department, Faculty of Archaeology, Fayoum University,
Head of the conservation sector, SCA, Egypt

**Ass. Prof. Siham Abd-ElAzeem Ismail**

Department of Chemistry of Natural and Microbial Products,
National Research Centre, Egypt

2011

## ملخص

تكنولوجيا الليزر تقدم مميزات عديدة تتواكب مع متطلبات الصيانة والترميم ، وتضع إعتبارا لهشاشة المادة الأثرية. والميزات الأساسية لأسلوب التنظيف بالليزر يمكن اختصارها فى قدرته كأسلوب ليس له اتصال ميكانيكى مع المادة الاثرية مع الإختيارية فى التنظيف والتمييز بين سطح الأثر وما عليه من اتساخات. كما يتميز أسلوب التنظيف بالليزر بالفعل الموضعى ودقة التحكم فى منطقة التنظيف. وقد استخدم أسلوب التنظيف بالليزر فى مجال الصيانة لأول مرة عام ١٩٧٣ ثم تم تطوير أجهزة الليزر وقياساتة ومعاملته مثل الطول الموجى وكثافة الأشعة وزمن النبضة وأدوات توجيه الليزر على سطح المادة الاثرية حت يتم تحسين استخدامه فى مجال التنظيف مع الموادة الأثرية المختلفة. ويعتبر ليزرات البيكو ثانية و الفيمتو ثانية من الليزرات الحديثة فى مجال الصيانة وتنظيف المواد الأثرية وتزيد من مزايا أسلوب الليزر مقارنة بليزرات النانوثانية لأنها تقلل من كمية أشعة الليزر اللازمة فى التنظيف ، كما أنها تقلل من التأثير الحرارى لأشعة الليزر على المادة الأثرية قيد التنظيف.

وهذة الرسالة يتناول **الفصل الأول** منها الناحية النظرية من تطبيقات الليزر فى تنظيف المواد الأثرية العضوية والتطرق لبعض أساسيات علم الليزر وخصائصة المؤثرة فى عملية التنظيف مثل الطول الموجى وزمن نبضة الليزر وكثافة الأشعة المستخدمة ومعامل امتصاص المواد لأشعة الليزر. ويتعرض الجزء الأول لمميزات التنظيف بالليزر مقارنة بالطرق التقليدية مثل التنظيف الميكانيكى والكيميائي حيث أنه أسلوب غير متلامس مع الأثر ويتميز بالتمييز بين سطح الأثر والاتساخات ويتميز بالتحكم العالى فى تحديد منطقة التنظيف وذلك اعتمادا على تأثيره الموضعى ، كما أن ليس له تأثير ضار على البيئة مثل التنظيف الكيميائى ويمكن استخدامه مع المواد الأثرية شديدة الهشاشية والمعقدة التركيب .

كما يناقش أيضا إجراءات الأمان والسلامة أثناء تشغيل الليزر واستخدامه حيث أن لابد أن تتوافر إجراءات السلامة والأمان للمرمم الذى يقوم بالتظيف وكل العاملين فى منطقة العمل حيث ، أشعة الليزر لها تأثير ضار على الجلد والعين.

كما يلقى الجزء الأول الضوء على استخدامات أشعة الليزر سواء فى تنظيف أو تحليل أو توثيق وتشخيص المواد الأثرية وعرض نبذة عن أهم أساليب التحليل والتشخيص والتوثيق المعتمدة على الليزر. وتعتبر عملية التنظيف من أهم مراحل عمليات صيانة الأثر وذلك لإستعادة الشكل الجمالى للأثر وجعل الأثر مهيئ لمراحل وخطوات أخرى من عمليات الترميم والتقوية.وعملية تنظيف الأثر تتطلب فهم مبادئ التنظيف ومميزات وعيوب طرق التنظيف وكيفية إختيار الطريقة المناسبة لكل حالة اعتمادا على مخاطر استخدام كل طريقة. ويجب على المرمم أن يفهم طبيعة

المادة المراد تنظيفها وماهى المواد المراد إزالتها والتى يجب الحفاظ عليها وكيفية تقييم عملية التنظيف. ويعتبر التنظيف بالليزر هى إحدى طرق التنظيف التى يجب أن تتواجد فى متناول اختيارات المرمم حيث يتوجب إستخدامها فى معظم الحالات ولكنها ليست على الدوام هى أفضل الخيارات.

وعند التنظيف بالليزر يجب تحديد كثافة الاشعة التى يبدأ عندها ظهور بدايات تلف المادة الأثرية المراد تنظيفها ، وهى تختلف من مادة لأخرى حسب تركيبها الكيميائى وخصائصها الفيزيائية والكيميائية. كما يجب أيضا تحديد كثافة الأشعة اللازمة لإزالة الاتساخات من على سطح المادة الأثرية ، وهى تختلف من طبقة اتساخ لأخرى حسب اللون والسمك وطبيعة الإتساخات وغيرها من العوامل. وللحصول على عملية تنظيف بالليزر ناجحة وقابلة للتطبيق، فإنه لابد من أن تكون طاقة أشعة الليزر اللازمة لإزالة الإتساخات أقل من طاقة أشعة الليزر التى يبدأ عندها تلف المادة الأثرية. وللوصول إلى المثالية فى عملية التنظيف بالليزر يجب دراسة معاملات أشعة الليزر الأخرى مثل زمن النبضة والطول الموجى ومعدل التردد ومعامل امتصاص الليزر وقطر شعاع الليزر المستخدم وذلك للحصول على أفضل القياسات التى يمكن استخدامها بأمان مع المادة الأثرية. حيث هناك بعض الأطوال الموجية لأشعة الليزر التى ينم امتصاصها بسهولة بواسطة الاتساخات وأيضا لا تمتص بواسطة سطح المادة الأثرية. وللدراسة التجريبية والتطبيقية لأشعة الليزر فى التنظيف، يجب استخدام طرق التحليل والفحص العلمية المناسبة لتقييم عملية التنظيف بالليزر وتحديد الأثار السلبية التى قد تنتج عنه وأيضا تحديد أفضل قياسات التنظيف بالليزر دون تلف المادة الأثرية نتيجة التأثير الحرارى لأشعة الليزر. ولذلك تعتبر الدراسة الميكروسكوبية لسطح الأثر وطبيعته قبل وبعد التنظيف من أهم طرق تقييم التنظيف بالليزر من الناحية المورفولوجية، ولكن يجب أيضا استخدام طرق التحليل الكيميائية والميكانيكية الأخرى لدراسة التغيرات الكيميائية فى المادة الأثرية الناتجة عن التأثير الحرارى لأشعة الليزر.

أما **الفصل الثانى** من الرسالة يتناول التلف الميكروبى الفطرى للمواد الأثرية العضوية (مثل الجلود والنسيج) و ميكانيكية التلف الفطرى والإتساخات الأخرى التى تتواجد على سطح المواد الأثرية.

أما **الفصل الثالث** من الرسالة فيتناول تطبيقات تجريبية وتحليلية لإستخدام أشعة الليزر فى إزالة ا لنمو الفطرى والاتساخات الأخرى من على الجلود نباتية الدباغة والحوامل الكتانية للوحات. ويتناول الفصل عملية إستخدام أشعة الليزر فى تنظيف بعض الأثار العضوية باستخدام ليزرات النانوثانية والبيكوثانية والفيمتوثانية ، وأيضاً يناقش عمليات تقييم التنظيف بالليزر مع أكثر من مادة أثرية وكيفية تطويع قياسات ومعاملات أشعة الليزر للحصول على أفضل نتيجة تنظيف عن



طريق الوصول للظروف الأمثل لتشغيل وتطبيق الليزر. والحالة الأولى من الحالات الدراسية تتناول استخدام ليزر النانوثانية الذى ينبعث عند طول موجى ١٠٦٤ نانوميتر فى منطقة الأشعة تحت الحمراء فى إزالة النمو الفطرى من على الجلود نباتية الدباغة. ويعتبر التلف الميكروبى للمواد الأثرية العضوية من اصعب المشاكل التى تواجه المرمم. ويعرف التلف البيولوجى على أنه أى تغير غير مرغوب فيه ينتج عن الكائن الحى. والتلف الفطرى للمواد الأثرية العضوية ينتج عنه اختراق الخيوط الفطرية لسطح الأثر أو أن يرتكز النمو الفطرى على سطح الأثر ويغطيه. وذلك سوف يحلل المادة الأثرية من خلال هذه المستعمرات وما تنتجها من منتجات الأيض الفطرى. وتهاجم الفطريات الجلود الأثرية نباتية الدباغة لتستخدم الدهون الموجودة بها كمصدر للكربون. وقد استخدمت العديد من الأساليب التحليل العلمية مثل القياسات الفيزيائية و الحرارية للجلود والميكروسكوب الإلكترونى و تحت الحمراء لتقييم التنظيف بالليزر والوصول لأفضل قياسات الليزر لازالة التلف الفطرى والأتربة . وتم اختبار وتعديل معاملات أشعة الليزر مثل عدد نبضات الليزر وطاقة الأشعة وقطر شعاع الليزر للوصول لأفضل معاملات التنظيف.

وتدل النتائج على أن ليزر الياج من الأشعة تحت الحمراء والذى ينبعث عند طول موجى ١٠٦٤ نانوميتر كان قادرا على ازالة النمو الفطرى من على الجلد التجريبى نباتى الدباغة عند طاقة أشعة ٢ جول/سم٢ دون تلف الجلد. وكان طاقة الليزر التى يبدأ عندها تلف لاسطح الجلد الحديث تبدأ عند ٣,١٨ جول/سم٢ . وتم استخدام عدد نبضات مختلفة لازالة المستعمرات الفطرية المختلفة. ولإجراءات الأمان والسلامة أثناء تنظيف المستعمرات الفطرية بأشعة الليزرلحماية المرمم من الحساسية أو أى مخاطر أخرى قد تنتج من تهيج بعض الجراثيم الفطرية بأشعة الليزر، تم إجراء اختبارات الليزر باستخدام الأقنعة للفم والنظارات الخاصة لحماية العين ولباس المعمل وذلك فى منطقة عمل مغلقة واستخدام أجهزة شفط الأتربة والجراثيم ، كما تم أيضا رش منطقة العمل بالكحول الأيزوبروبيلى (٧٠%) للقضاء على بعض الجراثيم النشطة المتطايرة.

كما تناول الجزء الثانى دراسة تقنية للوحة زيتية وحاملها الكتانى وحالة التلف وتقييم قدرة ليزرات البيكوثانية عند طول موجى ١٠٦٤ نانوميتر ومعدل تردد ١٠ كيلو هرتز فى ازالة التلف الفطرى والأتربة المتراكمة على الحامل الكتانى للوحة الزيتية. تم استخدام التصوير والفحص الميكروسكوبى و تحليل تفلور الأشعة السينية و والأشعة تحت الحمراء ومطياف الليزر والتصوير متعدد الطيف ومقياس التغير اللونى فى عمليات الفحص والتقييم. والنمو الفطرى والاتساخات المتراكمة على سطح وحامل اللوحات الزيتية يمكن أن تؤدى إلى تلف شديد لكل طبقات اللوحة عن طريق أكسدة بعض المواد الملونة وتعجل من عمليات التقادم للاثر كما أنها

غير مقبولة جماليا. وعمليات التلف للحامل الكتانى للوحة الزيتية قد تؤدى إلى فقد كامل لطبقات التلوين. وتعتبر الحوامل الكتانية السليلوزية الأصل من أفضل مصادر غذاء الفطريات. كما أن الحوامل الكتانية تترسب وتتراكم عليها الأتربة بسهولة والتى تشجع على ظهور التلف الفطرى . وتم اختيار الليزر كأسلوب تنظيف لازالة التراب المتراكم والنمو الفطرى نظرا لهشاشة المادة ولتعدد التراكيب والطبقات فى اللوحة. تم اعداد عينات كتانية تجريبية تم تقادمها بيولوجيا بالتلف الفطرى المعزول من على العينات الأثرية وأيضا تقادمها حراريا بطبقة من تراب صناعى مرجعى واجراء عمليات التقادم للوصول لحالة من التلف تشبه الموجودة على المواد الأثرية قيد الدراسة. هذه العينات تم علاجها بأشعة الليزر بقياسات مختلفة وذلك للوصول لأفضل قياسات الليزر فى عملية التنظيف دون تلف الحامل الكتانى او طبقات التلوين. وتم تقييم عمليات التنظيف بالليزر بنجاح غن طريق طرق التحليل مثل التصويرالميكروسكوبى و تحليل تفلور الأشعة السينية و والأشعة تحت الحمراء ومطياف الليزر والتصوير متعدد الطيف ومقياس التغير اللونى.

كما شمل **الفصل الرابع**. وشمل الفصل دراسة تطبيقية لدراسة وتقييم قدرة ليزرات البيكوثانية والفيمتوثانية عند طول موجى ١٠٦٤ نانوميتر ومعدل تردد ١٠ كيلو هرتز فى ازالة التلف الفطرى والأتربة المتراكمة على الجلود والأشرطة المعدنية الزخرفية فى قفاز الملك تشارلز الأول بالمملكة المتحدة. تم استخدام التصوير والفحص الميكروسكوبى و تحليل حيود الأشعة السينية و والأشعة تحت الحمراء وطيف الرامان فى عمليات الفحص والتقييم للتنظيف بالليزر. وتوضح النتائج أن الجلود المستخدمة مدبوغة بالشبة وتم استخدام نسيج الحرير المصبوغة بصبغة حمراء (الكوكونيل أو الكرمز) مع تطريزه بخيوط من الفضة وخيوط من الفضة المذهبة. وتوضح التحاليل والفحوصات وجود التلف الفطرى والتراب المتكثف على سطح الجلد. كما يوجد تغير لونى ودكانة وطمس فى الخيوط المعدنية المستخدمة نظرا لصدأها بواسطة الملوثات الكبريتية بالمتحف. وتدل النتائج على أن ليزرالبيكوثانية من الأشعة تحت الحمراء والذى ينبعث عند طول موجى ١٠٦٤ نانوميتر كان قادرا على ازالة النمو الفطرى والأتربة من على الجلد دون تلف كما تم إزالة طبقات الصدأ من على الخيوط المعدنية بنجاح دون احداث تلف بها. بينما أحدث ليزر الفيمتوثانية تلفا للصبغة الحمراء فى الألياف الحريرية. وتناول أيضا الفصل الرابع التنظيف بالليزر لإزالة الإتساخات من على الأسطح المذهبة والملونة من أسقف أحد القصور التاريخية بالقاهرة من القرن الثالث عشر باستخدام ليزرات النانوثانية والبيكوثانية.عند أطوال موجية ١٠٦٤ نانوميتر و ٥٣٢ نانوميتر. وشمل البحث دراسة لطبقات العينات الملونة والمذهبة للتعرف على التركيب الكيميائى لطبقاتها ونواتج التلف بها. وتوضح النتائج استخدام الكتان كحامل واستخدام الجبس كأرضية تصوير مع استخدام الغراء الحيوانى كوسيط مع أورق



التذهيب واستخدام مواد ملونة مثل أكاسيد الحديد الطبيعية والسنبار . وتوضح النتائج أيضا وجود طبقات التلف بسبب تراكم الأتربة والسناج على الأسطح. وتوضح النتائج عدم قدرة البيكوثانية على إزالة طبقات التلف بنجاح بيما أعطى ليزر النانوثانية عند طول موجى ١٠٦٤ نانوميتر أفضل النتائج فى ازالة الاتساخات بأمان.

أما الفصل الخامس من الرسالة فيناقش نتائج الدراسات النظرية والعملية والتوصيات المستقبلية لإستخدامات الليزر فى مجال تنظيف المواد الأثرية العضوية. وتوضح النتائج قدرة ليزرات النانو ثانية والبيكوثانية التى تنبعث عند طول موجة ١٠٦٤ نانوميتر على تنظيف المواد الأثرية العضوية بأمان ونجاح وذلك لإزالة طبقات التلف (مثل التلف الفطرى والتربة وطبقات الصدا) من على سطح المواد الأثرية مثل الجلود نباتية الدباغة والجلود المدبوغة بالشبة والأسطح الملونة والمذهبة وايضا الحوامل الكتانية للوحات الزيتية. ويوصى الباحث بإستخدام التنظيف بالليزر كأحد اساليب التنظيف الواعدة فى متاحف ومعامل الترميم بمصر وذلك لمميزاتها التقنية التى تسمح بالتنظيف المتحكم فيه والموضعى للمواد الأثرية شديدة الحساسية والهشاشة مقارنة بالطرق التقليدية.