

الطرق التقليدية والحديثة المستخدمة في تنظيف البقع من المخطوطات الأثرية: دراسة مقارنة

عبد اللطيف أفندي، أيمن صلاح طه محمد *

ملخص

تتعرض المخطوطات إلى كثير من العوامل البيئية المتلفة كالتلوث الجوى وما يحمله الهواء من جراثيم الفطريات وبويضات بعض الحشرات، هذه العوامل تتفاعل مع مكونات المخطوط لتسبب له مظاهر متنوعة من التلف مثل البقع اللونية الكيميائية والبيولوجية، وخاصة البقع الفطرية التي يكثر وجودها على صفحات المخطوطات الورقية. ونظراً لما ينتج عن استخدام المذيبات العضوية في إزالة البقع الفطرية من أضرار لمكونات المخطوطات وسميتها، جاء التفكير في إزالة البقع الفطرية بشعاع الليزر، للحفاظ على الألياف السيليلوزية سليمة، وتقليل أكسدة الألياف الورقية والقضاء على نشاط الفطر بعد المعالجة^(١). ويعد ليزر الياغ (Yag laser) من أفضل أنواع الليزر المستخدمة في الترميم نظراً لتكلفته القليلة، وكفاءته العالية، وإمكانية ربط هذه التقنية بجهاز الحاسب الآلي ومعرفة البيانات اللازمة كاملة^(٢). ولتقييم استخدام الليزر في تنظيف البقع الفطرية على المخطوطات اتبعنا في البحث المنهج التجريبي على عينات ورقية مصنعة من خامات مختلفة، وتنمية بعض الفطريات التي تصيب المخطوطات الورقية، وعمل دراسة مقارنة بين الطرق الكيميائية المستخدمة في إزالة البقع الفطرية، وبين التنظيف باستخدام الليزر، وتأثيرها في خواص الورق الفيزيائية والكيميائية بهدف الوصول لأفضل طرق تنظيف المخطوطات مع الاستعانة بوسائل الفحص المختلفة مثل المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope)، ومجهر الاستريو (Stereo Microscope). واختتم البحث بمناقشة النتائج والتوصيات الخاصة باستخدام الليزر في تنظيف البقع الفطرية من المخطوطات.

الكلمات الدالة: المخطوطات، الليزر، البقع الفطرية، الفحص، تنظيف المخطوطات.

الأكسدة التي تحدث للزيوت المستخدمة في عمل أحبار الطباعة^(٢). وهناك الكثير من المحاولات والتجارب المستخدمة لتجنب بعض الطرق التقليدية غير الملائمة في تنظيف البقع الفطرية واستخدام طرق حديثة في التنظيف، ومن أهمها استخدام أشعة الليزر في تنظيف بقع الفطريات من أسطح أوراق المخطوطات. وأشعة الليزر أشعة كهرومغناطيسية وتعني تضخيم أو تكبير شدة الضوء. وهناك أنظمة متعددة من الليزر أكثرها انتشاراً وشيوعاً في الترميم هو ليزر (ND Yag). ومن أنواع الليزر الأخرى (Infrared Laser) (UV Laser) وأشار بعض العلماء إلى أنه يمكن استخدام أشعة الليزر بنجاح في إزالة البقع الفطرية^(٣)، وأنه عند طول موجي (٥٣٢) نانومتر يمكن إزالة البقع الفطرية الموجودة على أسطح الأوراق. ويمكن استخدام ليزر الأكسيمير عند طول موجي (٣٠٨) نانومتر، لإزالة المواد الغريبة والانساختات من على أسطح الأوراق.

ويؤدي التنظيف باستخدام الليزر إلى زيادة درجة البياض للورق، كما يؤدي إلى ثبات الألوان والأحبار قبل وبعد المعالجة.

المقدمة

بعد الورق من المواد التي انتشر استخدامها للكتابة عليه باختلاف مصادر صناعة الورق، واختلاف خواصها، وبالتقدم الزمني لمادة الورق يحدث كثير من مظاهر التلف الفيزيائية، والكيميائية الناتجة عن عوامل متداخلة مع بعضها بعض، منها، تراكم الأثرية، وتأثير الكائنات الحية الدقيقة والترميمات السابقة، بالإضافة إلى اللواصق الشريطية، أو الطوابيع.

إن البقع الفطرية التي تظهر على أسطح أوراق المخطوطات متنوعة في الشكل والمصدر ومظهر التلف ولها تأثير في مواد التعرية السطحية لهذه المخطوطات وتعد الرطوبة النسبية من العوامل المهمة التي تشجع على النمو الفطري^(١)، وكذلك عمليات

* كلية الآثار، جامعة أسوان، مصر وكلية السياحة والآثار، جامعة الملك سعود، الرياض؛ قسم العلوم التربوية، كلية عجلون الجامعية، جامعة البلقاء التطبيقية. تاريخ استلام البحث ٢٠١٥/٢/٢، وتاريخ قبوله ٢٠١٥/٣/١١.

- يجنب استخدام المحاليل الكيميائية التي تضر بصحة المرمم.
- لا يستخدم غالباً معها محاليل مائية أو كيميائية تؤثر في الأحبار والألوان بالمخطوطات.
- ٢-١ عيوب التنظيف اليدوي
- ينتج عنها تغيير بسيط في اللون عن اللون الأصلي.
- قد تمتص الاتساخات داخل الألياف.
- لا تتجح طرق التنظيف اليدوي في إزالة البقع الصلدة أو البقع الفطرية.

٢- استخدام المحاليل في تنظيف المخطوطات:

- تعد المحاليل الكيميائية ضرورية في أثناء تنظيف المخطوطات ومن هذه المحاليل الكحول، البنزين، الطولوين.
- ١-٢ مميزات استخدام المحاليل الكيميائية:
- لا تؤثر غالباً في الأحبار ولاسيما الأحبار الحساسة للماء مثل الحبر الكربوني.
- ٢-٢ سلبيات استخدام المحاليل الكيميائية:
- لها درجات سمية تختلف من محلول لآخر.
- قد تترك بعض هذه المحاليل طبقة زيتية على سطح الورق.
- قد يؤثر بعضها في الحبر والوسيط المستخدم.
- تعمل هذه المحاليل على تقليل المحتوى المائي للورق.
- قد يحدث بعضها تغييراً كيميائياً في تركيب الأحبار^(٤).

وبسبب وجود أضرار للطرق التقليدية المستخدمة في إزالة البقع الفطرية، والتي لا بد من تفاديها كان لا بد من محاولة استنباط طرق حديثة مثل: استخدام الليزر في التنظيف.

٣- استخدام تقنية الليزر في تنظيف بقع المخطوطات

يعد الليزر (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation {LASER}) مصدرًا ضوئيًا ينطلق عنه شعاع ذو طاقة كثيفة جداً ذات لون واحد (ذات طول موجي واحد)، وعندما يتفاعل شعاع الليزر مع السطح، فإن جزء من الطاقة ينعكس والجزء المتبقي يمتص، وتعتمد الطاقة الممتصة على الطول الموجي لأشعة الليزر، وعلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للسطح، ولا يكون شعاع الليزر مؤثراً ما لم يمتص جزئياً بواسطة السطح. واستخدم شعاع الليزر في مجال الترميم لأول مرة عام ١٩٧٠م حيث استخدمت في تنظيف الاتساخات السطحية من على تماثيل إيطالية، وأصبح يستخدم في مجالات كثيرة في الترميم والصيانة.

والتنظيف باستخدام الليزر للمخطوطات والوثائق التاريخية يسمح بتجنب الآثار السلبية الموجودة في الطرق التقليدية التي كانت مستخدمة لإزالة الملوثات السطحية، والتحكم بالكمبيوتر في خطوات التطبيق عند تغيير التركيب البنائي والفيزيائي للأثر، إثر

ويعد إشعاع الليزر أكثر كفاءة من المعالجة بالطرق الكيميائية في مقاومة التلف الفطري على الورق، خاصة في أنواع البنسيليوم، والألترناريا، والكلادوسوريا. ويمكن استخدام الليزر في تنظيف الشرائط المضغوطة الحساسة على الورق المستخدمة كترميم سابق، وأن المعالجة بالليزر أظهرت أقل تغيير في الألوان ومن عيوب المعالجة بشعاع الليزر ضعف الخواص الميكانيكية للورق.

الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة الإصابات الفطرية التي توجد على بعض المخطوطات الورقية داخل المكتبات ودور الحفظ، والتركيز على أنواع الفطريات التي توجد بصورة شائعة على المخطوطات الورقية وتنمية البقع الفطرية في عينات ورقية حديثة من أنواع لب مختلفة. ودراسة تأثير البقع الفطرية على الخواص الميكانيكية والضوئية للورق. كما تهدف الدراسة إلى تقييم استخدام المواد الكيميائية في معالجات البقع الفطرية على أسطح المخطوطات وما لها من إضرار على خواص ومكونات الورق. وتهدف الدراسة أيضاً إلى تقييم الليزر كتقنية حديثة في تنظيف البقع من المخطوطات الورقية، والإشارة إلى ما تتضمنه هذه التقنية من مميزات وعيوب لتخطي عقباتها في المستقبل، واختيار الطرق الملائمة لتنظيف الورق بالليزر بطريقة دقيقة وآمنة، واستنتاج أفضل الموجات.

منهجية الدراسة

أُتبع في هذه الدراسة المنهج التجريبي على عينات ورقية مصنعة من خامات مختلفة (خشب، قطن، قطن + كتان) وتنمية عدد من الفطريات الشائعة، التي تصيب المخطوطات الورقية داخل المكتبات ودور حفظ المخطوطات. ثم جرت دراسة مقارنة بين الطرق التقليدية في إزالة البقع الفطرية وخاصة الطرق الكيميائية وتأثيرها في خواص الورق الفيزيائية والكيميائية، ثم تنظيف البقع باستخدام الليزر وتقييم هذه الطريقة في التنظيف لبقع الفطريات بهدف الوصول إلى أفضل الطرق لتنظيف بقع أوراق المخطوطات بشكل آمن.

أولاً: دراسة مقارنة بين الطرق التقليدية وتقنية الليزر المستخدمة في تنظيف البقع الفطرية من المخطوطات

١- **التنظيف اليدوي:** يمر ورق المخطوطات بعدة مراحل في أثناء التنظيف اليدوي، حيث يبدأ بتليين طبقة العوالق، ثم إزالتها باستخدام الأدوات البسيطة، مثل: والممحة والمشارط والفرش المختلفة.

١-١ مميزات التنظيف اليدوي

سوف يؤدي إلى تولد ضغوط حرارية مرنة تكون كافية لكسر الروابط بين طبقة الاتساخات وسطح المخطوط.

- التبخر السريع: حيث يحدث ارتفاع لدرجة الحرارة في الكثافات ذات الطاقة العالية على السطح مما يؤدي إلى حدوث تبخر سريع للاتساخات.

- ارتخاء السطح (Surface relaxation): بمجرد أن تنتهي نبضة أو نبضة شعاع الليزر يحدث ارتخاء السطح الذي يؤدي إلى كسر إضافي لروابط الاتساخات.

- الصدمة الناتجة عن تمزق السطح: حيث تتولد نبضات تصادمية صوتية نتيجة للطرده السريع للاتساخات من السطح مما يؤدي إلى تولد ضغوط كامنة لإحداث تمزق فيزيائي للاتساخات بالقرب من منطقة الإشعاع.

٣-٥ العوامل المؤثرة في تنظيف المخطوطات بالليزر

يعتمد نجاح استخدام التنظيف بالليزر على عاملين هما:

- أشعة الليزر: الطول الموجي (wave length) وتدفقات الليزر، وطول النبضات والانديفاع.

- المخطوط الورقي: على تركيب وقوام السيليلوز وأليافه النباتية.

ثانياً: الدراسة التجريبية: واشتملت الدراسة على عدة محاور هي:

المحور الأول: زراعة الفطريات على عينات ورقية تجريبية

١- إعداد العينات الورقية التجريبية

تم تصنيع ثلاثة أنواع من الورق بهدف إحداث إصابة ميكروبيولوجية لها لمعرفة مدى تأثير الكائنات الحية الدقيقة (المعزولة من بعض المخطوطات الأثرية) في خواص الورق، وهي:

A- عينات ورق من لب الخشب.

B- عينات ورق من القطن.

C- عينات ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان.

٢- المسحات البيولوجية

تم عمل دراسة للإصابات الفطرية، التي توجد على المخطوطات الأثرية في بعض المكتبات مثل المكتبة المركزية بجامعة القاهرة (اللوحة رقم ٢)، ومكتبة الإسكندرية (اللوحة رقم ٣) والمكتبة المركزية للمخطوطات الإسلامية بالسيدة زينب.

وتم أخذ مسحات من بعض المخطوطات بهذه المواقع كمثال تطبيقي لتلف الأوراق بالكائنات الحية الدقيقة، وقد أخذت المسحات من أوراق المخطوطات المصابة بالبقع الفطرية (اللوحة رقم ٤)، وإصابة العينات الورقية المحضرة حديثاً بهذه الفطريات، للحصول على بقع فطرية على الأوراق لتصبح

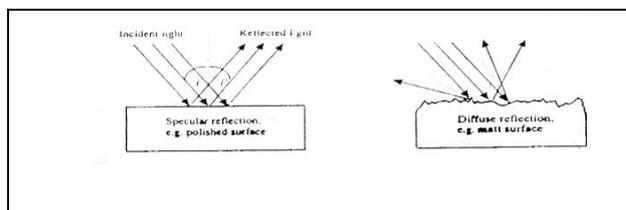
استخدام هذه التقنية فإنه يحتاج إلى وقت طويل بعد المعالجة والترميم وهذا الوقت يعتمد على عدة عوامل يتم ملاحظتها وتسجيلها بالعين المجردة^(٥). وحدثت بعض التطورات على أشعة الليزر مثل القابلية للنقل والتأثير القوي والمرونة والتكلفة الاقتصادية. وبذلك أصبحت أشعة الليزر ملائمة في مجال الترميم والصيانة.

٣-١ مميزات أشعة الليزر في تنظيف بقع المخطوطات

- تجنب المشكلات التي تنشأ من استخدام طرق التنظيف التقليدية مثل التنظيف بالبخر، والتي قد تؤدي إلى فقد بعض التفاصيل السطحية.

- طرق الصيانة بالليزر أقل خطورة ومتحكم فيها.

- أشعة الليزر يمكن أن تميز بين أسطح القطعة الأثرية والأسطح المتسخة المستخدمة كما في اللوحة رقم (١).



اللوحة رقم (١). تأثير طبيعة سطح المادة في امتصاص وانعكاس شعاع الليزر.

- يمكن توجيهها بدقة على السطح مما يسمح بإجراء تنظيف موضعي دقيق.

- الشدة العالية لأشعة الليزر كافية لإزالة أي اتساخات أو مكونات غريبة من أسطح المخطوطات الورقية.

٣-٢ سليات استخدام تقنية الليزر:

- صعوبة التطبيق من غير المتخصصين.

- قد تؤثر في الخواص الميكانيكية للأوراق.

٣-٣ أنواع أشعة الليزر المستخدمة في تنظيف

المخطوطات الورقية وميكانيكية عملها.

أشعة الليزر المستخدمة في تنظيف الأعمال الفنية هي: (-Q Switched Nd: YAG) التي تتميز بنبضات قصيرة من الأشعة تحت الحمراء القريبة عند طول موجي ١,٠٤ نانو متر وهي نبضات قصيرة تمنع وصول الحرارة أسفل طبقة الاتساخ المراد إزالتها وتكون الاتساخات أكثر امتصاصاً لهذه النبضات عن الطبقات السفلية، وبذلك يحدث التنظيف تحت ظروف آمنة.

٣-٤ ميكانيكية التنظيف بأشعة الليزر

وتعتمد ميكانيكية تنظيف البقع بالليزر على أربع خطوات ثرموميكانيكية رئيسية، وهي كالآتي^(٦):

- التمدد حراري: حيث إن امتصاص الطاقة الداخلية

التنظيف التقليدية وطريقة الليزر في تنظيف البقع الفطرية.

بمناخية نموذج تجريبي يمثل انتشار البقع الفطرية على الأوراق لدراسة مدى تأثيرها على خواص الورق، وكذلك لدراسة طرق



اللوحة رقم (٢). مخطوطات تم أخذ مسحات بيولوجية منها من مقتنيات المكتبة المركزية - جامعة القاهرة.



اللوحة رقم (٣). مخطوطات تم أخذ مسحات بيولوجية منها من مكتبة جامعة الإسكندرية.



اللوحة رقم (٤). أثناء أخذ العزلات البيولوجية من بعض أوراق المخطوطات.

١-٢ أخذ العزلات:

وضع المسحات بعد العزل مباشرة في أنابيب معقمة بعد تعريض فوهتها للهب لضمان التعقيم الكامل لها، وعدم حدوث أي تلوث من الجو المحيط. ونقلت المسحات بعد ذلك إلى المعمل لتنميتها على البيئة الصناعية وعزلها وتصنيفها لمعرفة أنواع الفطريات الموجودة على تلك المخطوطات.

٢-٢ البيئة المستخدمة PDA: (١)

تم استخدام بيئة Potato Dextrose Agar (PDA) لعزل

تم أخذ مسحات من مناطق مختلفة من الأوراق لإجراء الفحص الميكروبيولوجي عليها، لمعرفة أهم أنواع الفطريات السائدة والمحللة للمخطوطات، وبذلك يمكن اختيار الأنواع التي يمكن استخدامها في الجانب التجريبي من البحث. والعزل باستخدام مسحات من القطن المعقم والمندى بقليل من الماء المعقم أيضاً والملفوف على سيقان خشبية معقمة، بحيث يتم

وتتمية الفطريات ولحفظ المزارع النقية لتصنيفها، وتتركب هذه البيئة من المكونات الآتية:

Formula (m/gl)		التركيب
Potato extract	مستخلص بطاطس	4.00
Glucose	جلوكوز	20.00
Agar	أجار	15.00
pH	رقم الأس الهيدروجيني	5.6 ± 0.2

٢-٣ عزل وتنقية الفطريات:

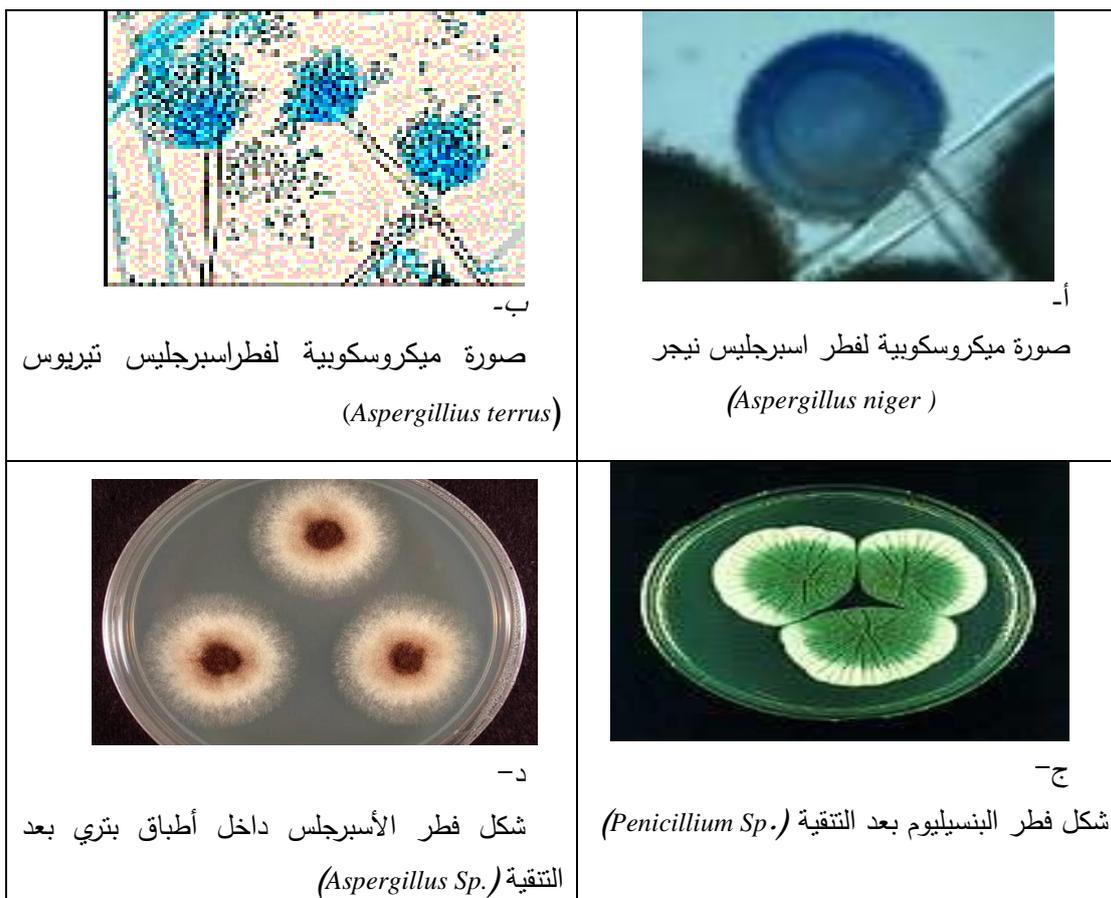
تم صب البيئة السابق تحضيرها في أطباق بتري معقمة، ثم لقحت هذه الأطباق بالعزلات المختلفة تحت ظروف معقمة، حيث تم عمل ثلاث مكررات لكل عزلة، وبعد ذلك تم تحضين هذه الأطباق عند ٢٨-٣٠ م لمدة ٥-٧ أيام. وبعد فترة التحضين تم فحص الأطباق وحصر المستعمرات الفطرية الموجودة بها، ثم تم فصل وتنقية هذه المستعمرات في أطباق أخرى تحتوي على نفس البيئة، وبعد الحصول على مستعمرات أو مزارع نقية تماماً تم عمل مزارع مكررة لكل فطر في أنابيب معقمة ومحتوية على نفس

البيئة لاستخدامها في التصنيف والتصوير.

٢-٤ تصنيف الفطريات المعزولة*

تم عزل مزارع فطرية نقية من العزلات التي تم تنقيتها، ودراسة لون وشكل هذه المزارع وفحصها بالعين المجردة ثم فحصها ميكروسكوبياً لتحديد نوع الميسيليوم، وشكل الحوامل الجرثومية وتم التصنيف لهذه المزارع، وتشير النتائج بعد التصنيف إلى أن جميع الأجناس التي تم عزلها من الفطريات المحللة للمواد العضوية المختلفة والفطريات التي تم التعرف عليها كالتالي: اللوحة رقم (٥).

- أسبرجيليس نيجر (*Aspergillus niger*)
- أسبرجيليس تيريوس (*Aspergillus terreus*)
- بنسيليوم (*Penicillium Sp.*)
- الترناريا سولاني (*Alternaria solani*)
- فيوزاريوم أوكسيسبوريم (*Fusarium oxysporum*)
- كوتوميوم جلوس (*Chaetomium globes*)



اللوحة رقم (٥). الفطريات بعد العزل والتنقية

وجود نسبة رطوبة مناسبة لنمو الفطريات، وتم تحضير التجربة لمدة ٥٠ يوماً.

٥-٢ النتائج

٢-٥-١: التقييم البصري باستخدام العدسات المكبرة:
الجدول رقم (١)

تم أنبات هذه الأنواع من الفطريات على الأوراق تحت ظروف معقمة، في درجة حرارة ٢٤ م والرغم الهيدروجيني ٦ وبالتعريض إلى ضوء مصباح الفلورسنت لمدة ٨ ساعات لكل ٢١ يوم أدى ذلك إلى تكوين بقع مماثلة لتلك الموجودة في الوثائق الورقية القديمة، ومتابعة التجربة على فترات منتظمة، ورش الورق المصاب بالماء المقطر لمنع جفافه وللحفاظ على

الجدول (١)

التقييم البصري باستخدام العدسات المكبرة لكثافة النمو الفطري على العينات التجريبية

العينة	نوع الورق	كثيف	متوسط	قليل
أ	عينة ورق من لب الخشب	++		
ب	عينة ورق من القطن	+++		
ج	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان	+		

التعليق:

- أظهرت النتائج كما في الجدول أن جميع الفطريات التي تم تمييزها على الأوراق أفرزت صبغات لونية مختلفة، حيث أفرز فطر *Aspergillus niger* لوناً أصفراً خفيفاً، أما فطر *Aspergillus terreus* فقد أعطى لوناً بنيّاً، كما أعطى فطر *Penicillium Chrysogenum* لوناً أصفراً كبريتياً، وأعطى فطر *Stemphylium PiliForme* فورمي بقعاً ذات لون أسود.

- أعطت الأوراق المصنعة من القطن ولب الكتان مقاومة عالية للتلف البيولوجي.

٢-٥-٢ التقييم من خلال الفحص باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) بتكبير 1000X.

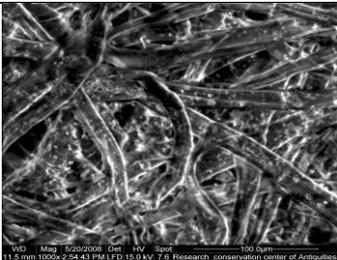
تبيين من خلال الفحص باستخدام SEM مدى تأثير

الفطريات في ألياف الورق، على النحو الآتي: اللوحة رقم (٦)

- ظهور النموات الفطرية داخل ألياف الورق اللوحة (أ)
- تهتك الألياف نتيجة الإصابة البيولوجية اللوحة (ب)
- العينة المصنعة من ألياف القطن والكتان تأثرها بالتلف البيولوجي أقل من العينات الأخرى اللوحة (ج)

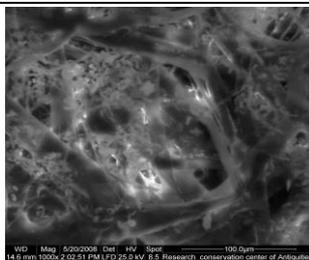
٢-٥-٣: التقييم من خلال دراسة الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق المصنعة:

تقوم هذه الدراسة بقياس الخواص الميكانيكية للأنواع الثلاثة من الأوراق (خشب) + (القطن) + (٥٠% كتان + ٥٠% قطن)، وذلك قبل الإصابة بالفطريات لمعرفة خواص الورق الميكانيكية وبعدها يتم إصابة تلك الأوراق بالفطريات التي تم عزلها، يوضح الجدول رقم (٢) والشكل رقم (١) قياس الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق (وذلك طبقاً للمواصفات القياسية "TAPPI")



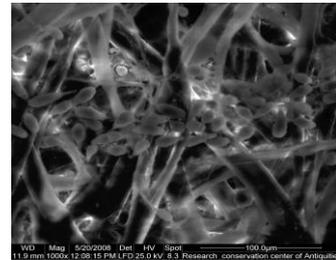
(ج)

لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان باستخدام SEM تكبير 1000x،



(ب)

عينة ورق من لب القطن، باستخدام SEM تكبير 1000x.

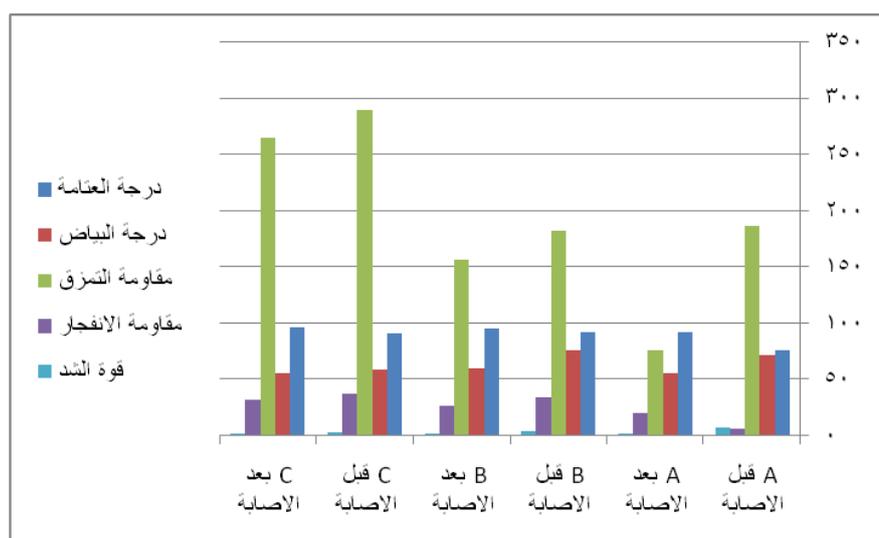


(أ)

عينة ورق من لب خشب باستخدام SEM تكبير 1000x .

اللوحة رقم (٦). الفحص باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM) - يوضح تأثير الفطريات على ألياف الورق المختلفة
الجدول رقم (٢)
يوضح قياس الخواص الضوئية والميكانيكية لأنواع المختلفة من الأوراق قبل وبعد الإصابة بالفطريات والرسم البياني التالي
(شكل ١) يوضح هذه القياسات.

قوة الشد (كيلو جرام) Kg	مقاومة الانفجار (كيلو بسكال) Lb/in ²	مقاومة التمزق (جرام) g	درجة البياض (%)	درجة العتامة (%)	الخاصية	
					نوع الورق	
٨,٠٤٩	٦,٥	١٨٦,٧٩	٧١,٥	٧٦,٥	قبل الإصابة	A
١,٦٧٨	٢٠,٥	٧٥,٩	٥٦	٩٢,٥	بعد الإصابة	A
٤,٧٥٥	٣٤,٥	١٨٣	٧٥,٩	٩٢,٧	قبل الإصابة	B
٢,١٩٠	٢٦,٦	١٥٦,٤	٦٠,٥	٩٥,٨	بعد الإصابة	B
٢,٩٤٨	٣٨	٢٩٠	٥٩,١	٩١,٤	قبل الإصابة	C
٢,٥٠١	٣٢,٦	٢٦٤,٨	٥٥,٦	٩٦,٦	بعد الإصابة	C



شكل (١). يوضح قياس الخواص الضوئية والميكانيكية لأنواع المختلفة من الأوراق قبل وبعد الإصابة بالفطريات

بمقارنتها بالعينات التي لم تصب بالفطريات، ويلاحظ زيادة درجة العتامة للعينات المصابة بالفطريات، ونستنتج من ذلك أن الإصابات الفطرية تزيد من درجة عتامة الورق وتقلل من درجة البياض، وهذا مؤشر على أن الإصابات الفطرية تؤثر في الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق.
المحور الثاني: دراسة تأثير المعالجة الكيميائية التقليدية باستخدام المحاليل العضوية (الكحول الأيثيلي) في العينات الورقية المصابة بالفطريات وتأثيرها في خواص الورق: تتميز بعض الفطريات بالقدرة العالية على تحلل السليلوز

مناقشة النتائج

لوحظ من خلال قياس الخواص الميكانيكية لأنواع الثلاثة من الأوراق، مدى التلف الذي تسببه الفطريات للأوراق من حيث ضعف الخواص الميكانيكية للورق، وتأثيرها في قوة الشد، والتمزق، والانفجار، وهذه العوامل مؤشر على قوة الورق، فيتضح من خلال الجدول رقم (٢) مدى ضعف الخواص الميكانيكية للورق مقارنة بالعينات التي لم يحدث لها أي إصابة. أما الخواص الضوئية، فنلاحظ أن الفطريات تؤثر في درجة البياض، حيث تنخفض درجة البياض للورق وذلك

- ضعف الخواص الميكانيكية للأوراق المعالجة، حيث لوحظ في أثناء التناول تحول الأوراق إلى ما يشبه اللب.

٢-٢: التقييم من خلال الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM):

- بعد المعالجة نلاحظ تهتك في الألياف اللوحة (أ)

- ونلاحظ تغير لون الألياف إلى اللون الأبيض بعض العينات اللوحة (ب)

- ونلاحظ إزالة الـ Spoons الموجودة داخل ألياف الورق اللوحة (ج)

٢-٣: التقييم من خلال دراسة الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق المعالجة:

تم قياس الخواص الميكانيكية للأوراق التجريبية المعالجة بالكحول الإيثيلي لتحديد تأثيره في خواص الورق يوضح الجدول رقم (٣) والشكل رقم (٢) قياس الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق (وذلك طبقاً للمواصفات القياسية "TAPPI")

في الورق، وهذه الفطريات قد تؤثر في صحة المرمم عند العلاج والترميم، ومن المعروف أن استخدام الغمر في الايثانول (٧٠%) من أشهر الطرق التقليدية في العلاج وفي هذه الدراسة استخدم بعض عينات الورق المصابة بالفطريات المعزولة سابقاً.

١- الطريقة المستخدمة:

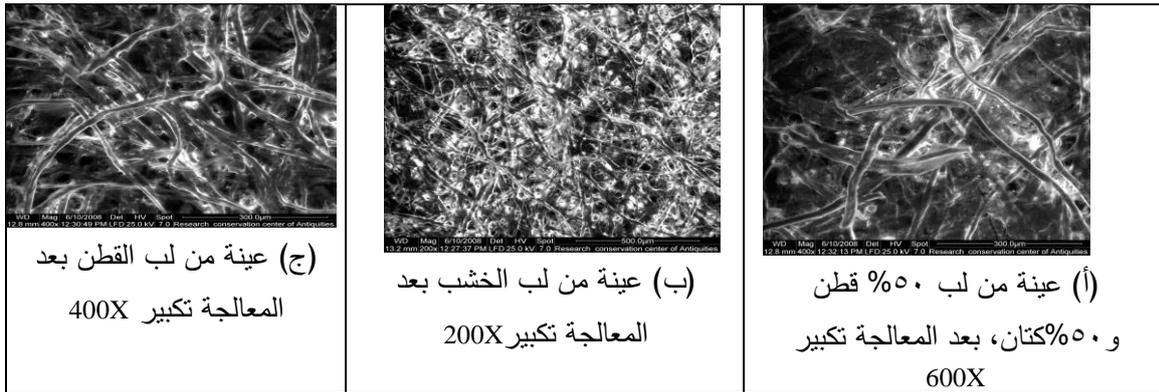
١-١ استخدام محلول الايثانول بتركيز ٧٠% لإزالة خيوط الجراثيم الفطرية (الميتليوم).

١-٢ تجهيز العينات الورقية المصابة بالفطريات، ثم نقع الأوراق المصابة بالبقع الفطرية لمدة ساعة.

٢- النتائج:

١-٢: الفحص البصري باستخدام العدسات المكبرة اللوحة رقم (٧):

- بعد النقع لمدة ساعة تم إزالة الجراثيم الفطرية ذات اللون الأسود (فطر ستمفيليوم *Stemphilium sp.*)، كما قللت من البقع الفطرية الناتجة عن باقي الفطريات.

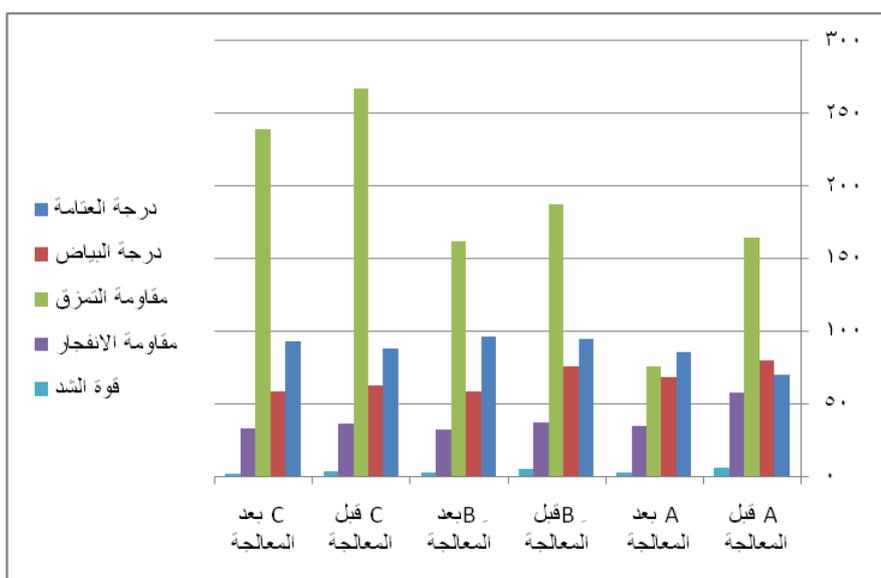


اللوحة رقم (٧) تأثير المعالجة الكيميائية باستخدام الكحول الإيثيلي في العينات الورقية المصابة بالفطريات تحت المجهر الإلكتروني الماسح

الجدول رقم (٣)

تأثير التنظيف بالكحول الإيثيلي 5% في الخواص الميكانيكية والضوئية للورق

الخواص	درجة العتامة (%)	درجة البياض (%)	مقاومة التمزق (جرام) g	مقاومة الانفجار (كيلو بسكال) Lb/in ²	قوة الشد (كيلو جرام) Kg	نوع الورق
A قبل المعالجة	٦٩,٥	٧٩,٥	١٦٤,٧	٥٧,٥	٦,٠٣٠	A قبل المعالجة
A بعد المعالجة	٨٥,٨	٦٨,٦	٧٥,٦	٣٤,٦	٢,٦٥٧	A بعد المعالجة
B قبل المعالجة	٩٤,٢	٧٥,٩	١٨٧	٣٦,٨	٤,٩٤٩	B قبل المعالجة
B بعد المعالجة	٩٦	٥٨,٥٤	١٦٢	٣٢,٤	٢,٢٤٨	B بعد المعالجة
C قبل المعالجة	٨٨,٣	٦٢,٥	٢٦٧	٣٦	٣,٥٤٨	C قبل المعالجة
C بعد المعالجة	٩٢,٨	٥٨	٢٣٩	٣٣,٢	٢,٠٤٥	C بعد المعالجة



الشكل رقم (٢). تأثير التنظيف بالكحول الإيثيلي 5% في الخواص الميكانيكية والضوئية للورق

مناقشة النتائج

الخواص الميكانيكية

الغمر في الكحول الإيثيلي أدى إلى تقليل الخواص الميكانيكية بعد المعالجة. وهذا مؤشر على أن المذيبات العضوية تؤدي إلى انخفاض الخواص الميكانيكية للورق وخاصة خاصية مقاومة التمزق والانفجار

الخواص الضوئية

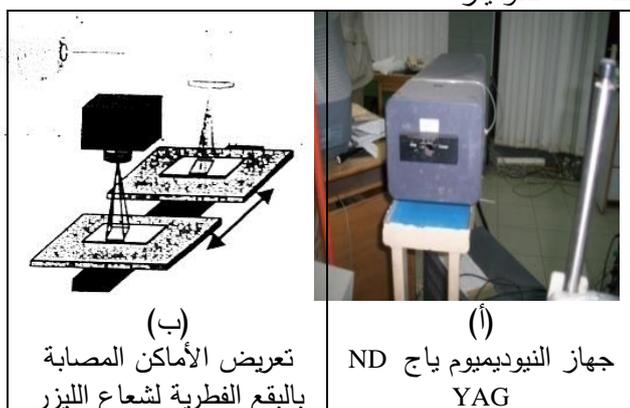
أدت المعالجة بالكحول الإيثيلي إلى تحسين درجة البياض للورق.

المحور الثالث: استخدام أشعة الليزر في تنظيف البقع الفطرية

يتناول البحث في هذا المحور استخدام الليزر في علاج البقع الفطرية على أسطح الأوراق وتقييم التغيرات الكيميائية والفيزيائية للمكونات الأساسية سواء التغيرات السطحية أو التغيرات التي حدثت على المدى البعيد نتيجة للعلاج بالليزر^(١). إذ تبين هذه التقنية تعطي مدى فاعلية استخدام شعاع الليزر في إزالة بقع الفطريات والتي يجب أن تتم بعناية لتفادي تلف الورق، ونظراً لصعوبة إزالة البقع الفطرية دون التأثير في خواص الورق كان من الضروري استنباط طريقة فيزيائية تكون أكثر تخصصاً ومرونة في التطبيق، باستخدام شعاع الليزر الذي يسلب في شكل شعاع رفيع من الضوء المركز، الذي له القدرة على إزالة البقع الفطرية حيث يستلزم ذلك أن تمتص البقعة ضوء الليزر أكثر مما تحتها.

١- الطرق والمواد المستخدمة في المعالجة بالليزر:

تم اختيار ثلاثة أنواع من الورق (خشب، قطن، قطن وكتان) المصاب بأنواع الفطريات المختلفة، واستخدامها في تقييم التغيرات الكيميائية والفيزيائية، التي تحدث للمكونات الأساسية للورق على المدى القريب والبعيد، نتيجة للعلاج بالليزر. ثم معالجة هذه الأوراق بالليزر باستخدام طول موجي عند ٥٣٢ نانوميتر.



اللوحة رقم (٨). جهاز الليزر المستخدم في تنظيف البقع الفطرية

٢- طريقة التنفيذ والمعالجة:

تم اختيار أربعة أنواع من البقع الفطرية الموجودة على المخطوطات الأثرية، لإجراء الجانب التجريبي عليها التي أعطت بقع ملونة مختلفة على النحو الآتي:

١- أعطى فطر *اسبرجيليس نيجر* (*Aspergillus niger*) بقعاً

ذات لون أصفر خفيف .

٢- أعطى فطر *Aspergillus terreus* تيربوس (Aspergillus terreus) بقعًا ذات لون بني.
 ٣- أعطى فطر بنسيليوم كريسوجنيوم (*Penicillium Chrysogenum*) بقعًا ذات لون أصفر كبريتي.
 ٤- أعطى فطر ستمفليوم بيلي فورمي (*PiliForme Stemphylium*) بقعًا ذات لون أسود.
 - تم تطبيق أشعة الليزر في تنظيف البقع الفطرية الموجودة على أسطح الأوراق بمعامل المعهد القومي لعلوم الليزر جامعة القاهرة، وقد تم استخدام جهاز "النيوديميوم ياج" (٤) ظروف التعريض للعينات الورقية المصابة بالفطريات.

١- أعطى فطر *Aspergillus terreus* تيربوس (Aspergillus terreus) بقعًا ذات لون بني.
 ٢- أعطى فطر بنسيليوم كريسوجنيوم (*Penicillium Chrysogenum*) بقعًا ذات لون أصفر كبريتي.
 ٣- أعطى فطر ستمفليوم بيلي فورمي (*PiliForme Stemphylium*) بقعًا ذات لون أسود.
 - تم تطبيق أشعة الليزر في تنظيف البقع الفطرية الموجودة على أسطح الأوراق بمعامل المعهد القومي لعلوم الليزر جامعة القاهرة، وقد تم استخدام جهاز "النيوديميوم ياج" (٤) ظروف التعريض للعينات الورقية المصابة بالفطريات.

الجدول رقم (٤)

يوضح ظروف التعريض للعينات الورقية المصابة بالفطريات

رقم العينة Sample No	الطاقة Energy (M.J)	عدد النبضات Number of pulses	تركيز الشعاع Focused or unfocused Beam	طول الموجه Wavelength (λ)	مدة التعريض Exposer Time
1	100 M.J	300	Unfocused غير مركز	نانوميتر 532	30
2	50 M.J	Single Pulse	Focused مركز	نانوميتر 532	-
3	50 M.J	Single Pulse	Unfocused غير مركز	نانوميتر 532	-
4	50 M.J	12	Focused مركز	نانوميتر 532	30

جميع ظروف التشغيل.

٣-٢: الفحص المجهرى:

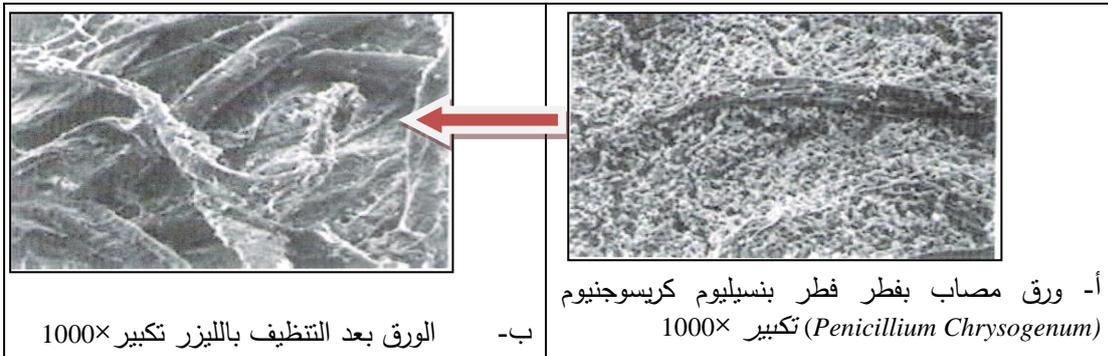
تبين من خلال الفحص باستخدام مجهر استريو Stereo Microscope، والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) أن ألياف الورق المعالج لم تتضرر وقد ظهرت ألياف الورق خالية من الأجسام الفطرية بعد المعالجة، كما توضحه اللوحة رقم (١٠).

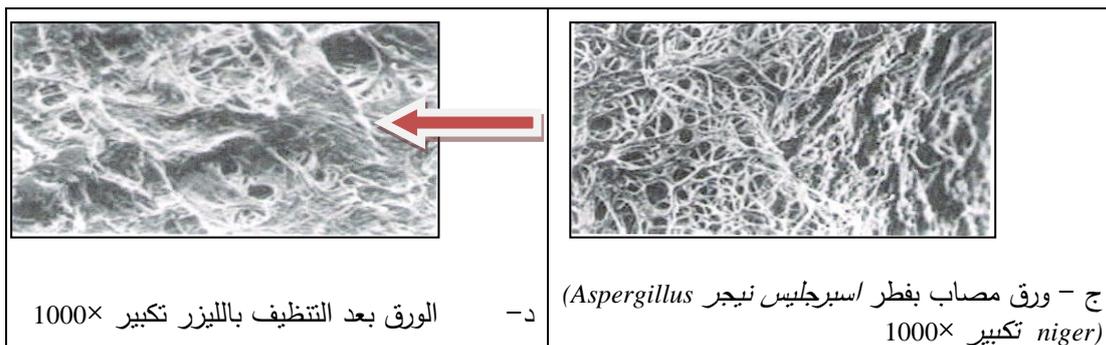
٣- تحليل وتقييم نتائج التنظيف بالليزر:

تم إزالة البقع الفطرية الموجودة على الورق، مع عدم الإضرار بالورق، وتعد هذه نتيجة ايجابية، واستخدام الليزر في إزالة البقع الفطرية يعد أفضل من الطرق التقليدية اليدوية والمحاليل العضوية.

٣-١ التقييم البصري:

تبين من خلال الفحص البصري للعينات المعالجة إزالة البقع الفطرية الموجودة على الأوراق في





اللوحة رقم (١٠).

العينات التجريبية المصابة بفطر البنسيليوم والاسبرجيليس بعد التنظيف تحت المجهر الإلكتروني الماسح

البياض ونقصان في درجة العتامة نظراً لأن أشعة الليزر لها تأثير حراري في الورق.

- إن العلاج بالليزر عند طول موجي ٥٣٢ نانوميتر له تأثير أقل في الخصائص الميكانيكية للورق.

- الليزر عند ٥٣٢ نانوميتر له كفاءة أعلى وأضرار جانبية فيزيائية أو كيميائية أقل في إزالة البقع الفطرية

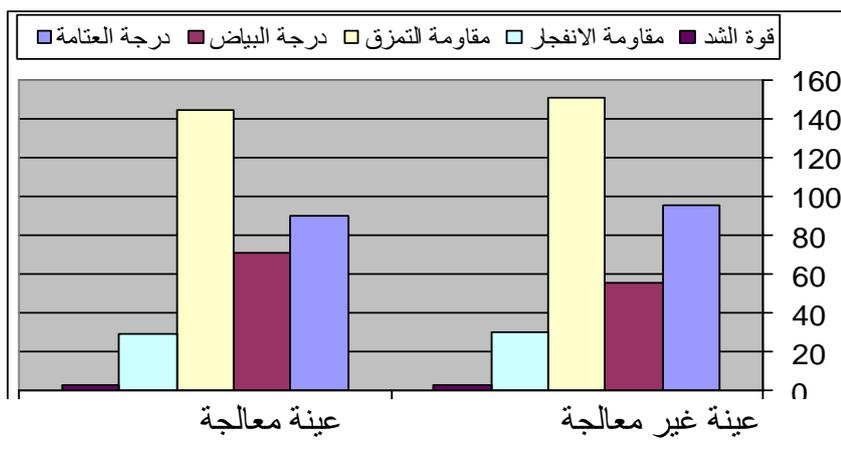
٣-٣ التقييم من خلال قياس الخواص الميكانيكية والضوئية للورق.

- تبين من خلال قياس الخواص الميكانيكية والضوئية (طبقاً للمواصفات القياسية "TAPPI") كما في الجدول رقم (٤) والشكل رقم (٣) انخفاض في الخواص الميكانيكية للورق ومنها قوة الشد والانفجار والتمزق، كما لوحظ زيادة طفيفة في درجة

الجدول (٤)

يوضح قياس الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق المعالجة بأشعة الليزر

الخاصية نوع الورق	درجة العتامة (%)	درجة البياض (%)	مقاومة التمزق (جرام) g	مقاومة الانفجار (كيلو بسكال) Lb/in ²	قوة الشد (كيلو جرام) Kg
عينة غير معالجة	٩٥,٥	٥٥,٧	١٥٠,٦	٣٠,٣	٣,٠١٠
عينة معالجة	٩٠,٤	٧٠,٨	١٤٤,٧	٢٩,٥	٢,٩٠١



الشكل رقم (٣): قياس الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق المعالجة بأشعة الليزر

نتائج البحث

الأحبار والألوان.

٣- تبين من البحث أن أشعة الليزر أنجح في إزالة البقع، التي لا تستطيع الطرق التقليدية إزالتها مثل بقع فطر البنسيليوم، الاسبرجيليس، والالترناريا، والكلودوسبوريم، التي فشلت الطرق التقليدية في علاجها ونجحت معها تقنية الليزر، حيث إن الليزر يزيل البقع الملونة القريبة من السطح.

٤- الترميم بالليزر يتطلب عدة مواصفات لضمان حد الأمان للمخطوطات الورقية، ومن أهم هذه المتطلبات، التحكم في قوة الطول الموجي وتردد النبضات، الأطوال الموجية عند (٥٣٢) نانوميتر تعطي أفضل النتائج مع مادة الورق، وذلك لأن هذه الموجات ذات ترددات لا تعطي تأثيرًا حراريًا في مادة المخطوط الورقية.

١- التعرف على بعض الفطريات التي تصيب المخطوطات داخل بعض المكتبات التي تم عزلها وتصنيفها على النحو التالي:

- اسبرجيليس نيجر (*Aspergillus niger*).
- أسبرجيليس تيريوس (*Aspergillus terreus*).
- بنسيليوم (*Penicillium Sp.*).
- الترنااريا سولاني (*Alternaria solani*).
- فيوزاريوم أوكسسبوريم (*Fusarium oxysporum*).
- كوتوميوم جلويس (*Chaetomium globes*).

٢- إزالة البقع بالطرق الكيميائية أثرت بشكل مباشر في الورق سواء من خلال تغيرات في التركيب الكيميائي للورق أو بهتان

الهوامش

- (٧) Kamuniska, A. and others. (2003). The post proceeding Effects due to Pulsed laser Ablation of paper, PartI, LACONA proceeding, Osnabruck, 35-36. Germany, Sept. 15-18. P.
- (٨) فاطمة صلاح مذكور، دراسة المواد والطرق الحديثة المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الخزفية الإسلامية مع التطبيق العلمي على بعض النماذج المختارة، رسالة دكتوراه، نشرت، قسم الترميم - كلية الآثار - جامعة القاهرة، عام ٢٠٠٤، ص ١٠٩.
- (٩) Atlas, R.M. (1995). Handbook of Microbiological Media for the Examination of Food, CRC Press, Boca Raton.
- (١٠) تم تعريف الفطريات بقسم أمراض النبات - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.
- (١١) Scholten. H. and others. (2003). Laser Cleaning, Investigation of paper Models and original objects with Nd: YAG and KRF laser system, Laser in the Conservation of Art works, part I, LACONA Proceeding Osnabruck, Germany, Sept. 15-18., P. 11, 12.

- (١) Havermans .J. (2004). Paper restoration using laser technology craft project, Section 6, Parela detailed technological report, The Netherlands, P.5.
- (٢) Margreta and Johnt, (1997). A review of the state of laser cleaning in conservation, USA, P. 2-32.
- (٣) Mattias .N. (2000). Fungi in archives and Libraries, Alitery Survey, Restaurator, Vol. 21. No. I, Munchen.
- (٤) Marina, B. M., Pappalardo, G., Romano. F, P. (2001) Characterization of Foxing Stain by Chemical and Spectro Metric Methods), Restaurator, Vol. 22, No. 1.
- (٥) Hanna. M. S. A, William, R. M. (1994). Laser Stain Removal of Fungus Induced Stains from Paper, JAIC, Vol 133, No. 1.
- (٦) Scholten, I. H. and others. (2003). Laser cleaning of pressure sensitive taps on paper, PartI, LACON .proceeding Osnabruck, Germany, Sept. 15-18. P .44-45

المصادر والمراجع

- فاطمة صلاح مذكور، (٢٠٠٤)، دراسة المواد والطرق الحديثة المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الخزفية الإسلامية مع التطبيق العلمي على بعض النماذج المختارة، رسالة دكتوراه، نشرت، قسم الترميم - كلية الآثار - جامعة القاهرة، عام ٢٠٠٤، ص ١٠٩.
- Atlas, R.M.,(1995), Handbook of Microbiological Media for the

فاطمة صلاح مذكور، (٢٠٠٤)، دراسة المواد والطرق الحديثة المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الخزفية الإسلامية مع

- Survey, Restaurator, 21 (I). Munchen.
- Marina, B. M., Pappalardo, G., Romano. F, P., (2001), Characterization of Foxing Stain by Chemical and Spectro Metric Methods), Restaurator, 22 (1).
- Scholten, I. H. et al. (2003), Laser cleaning of pressure sensitive taps on paper, Part1, LACON proceeding Osnabruck, Germany, 44-45.
- Scholten. H. et al. (2003), Laser Cleaning, Investigation of paper Models and original objects with Nd: YAG and KRF laser system, Laser in the Conservation of Art works, part I, LACONA Proceeding Osnabruck, Germany, 11, 12.
- Examination of Food, CRC Press, Boca Raton.
- Havermans. J. (2004), Paper restoration using laser technology craft project, Section 6, Parela detailed technological report, The Netherlands, P.5.
- Hanna. M. S. A, William, R. M. (1994), Laser Stain Removal of Fungus Induced Stains from Paper, JAIC, 133 (1).
- Kamuniska, A. et al. (2003), The post – proceeding Effects due to Pulsed laser Ablation of paper, PartI, LACONA proceeding, Osnabruck, Germany, 35-36.
- Margreta and Johnt,(1997) , A review of the state of laser cleaning in conservation, USA, P. 2-32.
- Mattias .N. ,(2000), Fungi in archives and Libraries, Alitery

Traditional and Recent Methods Used in the Cleaning of Ancient Manuscripts Spots: A Comparative Study

*Abdellatif Hassan Afandy, Ayman Salah Taha **

ABSTRACT

Manuscripts are exposed to many destructive environmental factors such as air pollution, spores of fungi and insects. These factors interact with components of manuscript, causing various aspects of damage such as chemical and biological color stains, especially fungal stains which present on the pages of manuscript.

The use of organic solvents to remove fungal stains causes damage of components of manuscripts beside their toxicity, so we study removing fungal spots by laser beam to keep the cellulosic fiber strong, reduce the oxidation of paper and eliminate the fungus activity after treatment.

Yag laser is the best types of lasers used in conservation due to the low cost, high efficiency, and the possibility of linking this technology to computer and complete the necessary knowledge of the data. To evaluate the use of laser in the removal fungal stains. I follow the experimental studies on paper samples made of various materials and growing some fungi that is harmful to manuscripts.

A comparative study was carried out between chemical methods used in cleaning fungal stains, and cleaning by laser, in addition we studied their effects on the physical and chemical properties of paper.

Various methods of examination were used such as a Scanning Electron Microscope and Stereo Microscope. Results were discussed with recommendation to use the laser in the cleaning of fungal stains from manuscripts.

Keywords: Manuscripts, Laser, Fungal spots, Examination, Cleaning manuscripts.

*Department of Educational Sciences, Ajloun University College, Al-Balqa Applied University; Faculty of Archaeology, Aswan University, Egypt. Received on 2/2/2015 and Accepted for Publication on 11/3/2015.