جامعة القاهرة

كلية الآثار

قسم الترميم

" دراسة تجريبية لتقييم تأثير المعالجات الفيزيوكيميائية على خواص المخطوطات الورقية تطبيقا على نماذج مختارة "

Experimental study to evaluate the physiochemical treatments effect on old paper manuscripts properties Applied on selected objects.

رسالة مقدمة من/ أيمن صلاح طه محمد

معيد بقسم ترميم الآثار – المعهد العالي للسياحة

والفنادق وترميم الآثار– الإسكندرية

لنيل درجة الماجستير في ترميم الآثار

إشراف

الأستاذ الدكتور / ياسين السيد زيدان

أستاذ ترميم الآثار – بكلية الآثار– جامعة القاهرة

ورئيس قسم ترميم الآثار، بكلية الآداب بسوهاج،

جامعة جنوب الوادي"سابقا"

الدكتور / عبد اللطيف حسن أفندي

مدرس ترميم الآثار– بكلية الآثار– جامعة القاهرة

٢٠١٠م – ١٤٣١هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

" وَقل رب زدنى علما" ٭

سورة طـه ، الايه١١٤

Cairo University
Faculty of Archaeology
Conservation Department

Experimental study to evaluate the physiochemical treatments effect on old paper manuscripts properties applied on selected objects.

This Submitted for the fulfillment of the requirements for master degree in Conservation Department

Prepared By

Ayman salah Taha Mohamed

Demonstrator of conservation Department, High Institute of Tourism, Hotel Management and Restoration.

Supervision

Prof. Dr. Yassin El-Said Zidan

Professor of Conservation Department
Faculty of Archaeology- Cairo University
And Former Head of conservation Department
Faculty of Arts in Sohag – South Valley University

Dr. Abd El-Latif Hassan Effendi

Lecturer in Conservation Department
Faculty of Archaeology- Cairo University

2010

شكر وتقدير

الحمد والشكر لله العلي القدير الذي وهبني من نعمه الكثير ووفقني على إتمام هذه الدراسة ، ويشرفني ويسعدني في هذا المقام أن أتقدم بخالص امتناني وعرفاني بالجميل إلى أستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور/ ياسين السيد زيدان الأب والأستاذ، الأب في توجيهاته لابنائه والأستاذ في نصائحه لطلابه جزاه الله عنا خيرا ومتعه الله بدوام الصحة والعافية لما قدمه لى من عون وجهد كبير وتوجيه وأرشاد طوال فترة البحث، والذي تابع بكل الجهد والاخلاص هذا العمل لكى يخرج الى الوجود بالصورة المرجوة، والذي يثنى دائما بفيض علمه ومحبته وكرم أخلاقه وعطائه لكل تلاميذه بدون تفريق أو تمييز، جعله الله علَماً ورمزاً لطلابه وكل أبنائه العاملين بحقل ترميم الاثار .

ولقد بلغ التوفيق مداه على أن يتم هذا العمل تحت إشراف الدكتور /عبد اللطيف حسن أفندي، لما قدمه لي من معونة علمية ومعنوية، ونصائح قيمة من متخصص في مجال ترميم وصيانة المخطوطات الأثرية، فجزاه الله خير الجزاء، كما أتقدم بالشكر إلى أ .د/ عبير محمد عادل أستاذ مساعد بقسم السليولوز والورق بالمركز القومي للبحوث على مساعدتها لي في البحث وعلى قبولها مناقشة هذه الرسالة، كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أ.د. عمر عبد الكريم الأستاذ المساعد بقسم ترميم الآثار بكلية الآثار – جامعة القاهرة والذي تفضل سيادته بقبول مناقشة هذه الرسالة، كما اتقدم بخالص الشكر والتقدير للد كتورة / سوسن درويش على وقوفها معى طوال فترة البحث فجزاها الله عني كل الخير، كما أتقدم بخالص الشكر إلى الأستاذ/ خلوصى محمود خلوصى، رئيس هيئة الأوقاف المصرية ووكيل أول وزارة الأوقاف "سابقا" والمشرف العام على المكتبة المركزية للمخطوطات الإسلامية بالسيدة زينب، على موافقته بأجراء الجانب التطبيقي من رسالة الماجستير في المكتبة فجزاه الله عنا خير الجزاء ، كما أقدم خالص الشكر والتقدير إلى أ. أحمد بهجت الباحث بالمكتبة، وأ. محمد نبيل يوسف رئيس قسم ترميم المخطوطات، وأ. شيماء حسنى أخصائية ترميم بالمكتبة وأ. نهى محمد، وأ. سمر محمد على معاونتهم الصادقة لي طوال فترة إعداد الجانب التطبيقي من الرسالة فلهم منى جزيل الشكر والتقدير ،كما أقدم الشكر إلى كل العاملين بالمكتبة المركزية للمخطوطات الإسلامية على مساعدتهم لي في إتمام الدراسة التطبيقية من البحث .

وأقدم الشكر إلي مجلس ادارة شركة راكتا لصناعة الورق بالاسكندرية واخص بالذكر السيد المهندس / محمد أبو طالب العضو المنتدب لشركة راكتا لصناعة الورق، والسيد الكيميائي /محروس أحمد مصطفى، والسيد الكيميائي / ثراء جلال الدين، والسيد الكيميائي / حمدي شلبى

مدير عام مراقبة الجودة، وأ. عادل العقاد وك. مها حسنى رئيس أقسام وك. حنان زيان وأ.سمية نصر وأ. فتحي همام وأ. عبد الحميد رزق وجميع العاملين بشركة راكتا على حسن ضيافتهم لي طوال فترة البحث.

كما أتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى مجلس ادارة شركة الورق الاهلية بالاسكندرية وأخص بالذكر السيد المهندس / طه عبد ربه مدير عام الشركة الأهلية لصناعة الورق بالإسكندرية والسيد ك. محمود سالم رئيس قسم الكيماويات والمهندسة/ مها شوقي على معاونتهم الصادقة لي أثناء إجراء الجانب التجريبي من البحث، وأقدم خالص الشكر إلى د/ على عمر وأ. فاطمة الوكيل وأ. تامر محمد على معاونتهم لي أثناء إعداد الجانب التجريبي، كما أتقدم بخا لص الشكر إلى أعضاء هيئة التدريس بالمعهد العالى لترميم الاثار بالاسكندرية

كما أقدم الشكر والتقدير إلى د/ هشام إمام الأستاذ بالمعهد القومي لعلوم الليزر على مساعدته لي في إتمام الدراسة التجريبية من البحث ، كما أتقدم بالشكر إلى أ.د/ راقية رفاعى أستاذ النسيج بقسم التحضيرات والتجهيزات بالمركز القومي للبحوث على مساعدتها لي أثناء إعداد البحث، كما اتقدم بالشكر والتقدير الى أعضاء هيئة التدريس ومعاونيهم بقسم ترميم الآثار بالمعهد العالي للسياحة والفنادق وترميم الآثار بالاسكندرية، كما أقدم الشكر والتقدير إلى أعضاء هيئة التدريس وكل العاملين بكلية الاثار جامعة القاهرة ، وخاصة قسم الدراسات العليا بالكلية وأ. نبيه عبدالخالق الشيمي.

وأخيرا أقدم الشكر الخالص إلى كل يد قدمت لي العون وكل من أهدى لي رأيا أو فكرة ساهمت في إعداد هذه الرسالة على هذه الصورة راجيا أن يكون بمثابة شمعة مضيئة في طريق العلم.

وعلى الله قصد السبيل،،،

فهرس الموضوعات

الموضــوع	رقم الصفحة
الآية القرآنية.	أ
شكر وتقدير.	ب – ج
الفهرس العام.	د
فهرس الصور.	ش – ك
فهرس الأشكال.	م– و
فهرس الجداول.	ي – ب ب
الأهداء .	ب ب ب
المقدمة	ح ح ح
الهدف من البحث	ج ج ج
ملخص	د د د – ق ق ق
الدراسات السابقة	ك ك ك – ش ش ش ش
الفصل الأول: تقنية صناعة الورق.	١
تاريخ صناعة الورق.	٢
الخامات الأولية لصناعة الورق.	٣
طرق صناعة الورق.	٦
الطرق اليدوية.	٦
الطرق الحديثة.	١١
الإضافات وتأثيرها على خواص الورق.	٢٦
التركيب الكيميائي للورق وتأثيره على خواص الورق.	٣٤
الفصل الثاني: عوامل ومظاهر التلف وتأثيرها على خواص "المخطوطات الورقية".	٣٨
دراسة خواص الورق:	٣٩
الخواص الفيزيائية.	٤٠
الخواص الميكانيكية للورق.	٤١
الخواص الضوئية للورق.	٤٥
الخواص الكيميائية للورق.	٤٧
دراسة عوامل و مظاهر التلف وتأثيرها على الورق:	٥٥

الموضـوع	رقم الصفحة
عوامل التلف الفيزيوكيميائية.	٥٥
عوامل تلف خارجية .	٥٥
عوامل تلف داخلية.	٦٠
عوامل التلف البيولوجية.	٦٦
الإتلاف البشري.	٧٧
الفصل الثالث: عمليات العلاج والصيانة	٧٨
التنظيف الميكانيكي	٧٩
التنظيف باستخدام المحاليل المائية	٧٩
التنظيف بالمذيبات العضوية	٨١
التنظيف بالإنزيمات	٨٣
التنظيف بالليزر	٩٣
التبييض	١٠١
معالجة الحموضة	١٠٣
التقوية	١٠٨
الوقاية من التلف الحشري	١١٩
طرق العرض والتخزين	١٢٣
الفصل الرابع: الدراسة التجريبية	١٢٥
المحور الأول: مراحل صناعة الورق معمليا	١٢٦
تصنيع أفرخ الورق معمليا	١٢٦
تجهيز اللب عمليات تبيض اللب:	١٢٦
عملية طحن اللب Beating	١٢٨
دراسة تجريبية لتأثير درجة الطحن على خواص الورق:	١٢٨
تكوين أفرخ الورق:	١٣٣
دراسة تجريبية عن تأثير الإضافات على خواص الورق	١٣٤
إضافة النشا Starch:	١٣٤
المحور الثاني : دراسة مواد وطرق التقوية	١٣٥
إعداد وتجهيز العينات الورقية	١٣٥
إجراء عمليات التقادم الصناعي المعجل للعينات الورقية الحديثة	١٣٥

الموضـوع	رقم الصفحة
مواد التقوية المستخدمة:	١٣٥
الخطوات التطبيقية لمواد التقوية	١٣٦
التقوية بمادة الميثيل سليولوز MC:	١٣٦
التقوية بمادة HPC هيدروكسى بر وبيل سليولوز:	١٣٦
التقوية بمادة النشا المحور Oxidised Starch:	١٣٧
التقوية بمادة غراء السمك Issin glass:	١٣٧
تقييم تأثير مواد التقوية على خواص الورق:	١٣٧
التقييم البصري للعينات المقواة:	١٣٧
التقييم من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الإليكتروني الماسح SEM بتكبير 600X.	١٣٩
التقييم من خلال قياس الخواص الميكانيكية والضوئية للأوراق المقواة.	١٣٩
قياس خاصية الشد:	١٤٩
قياس مقاومة التمزق:	١٤٩
قياس مقاومة الانفجار:	١٥٠
تعيين الوزن الأساسي: تعيين درجة البياض:	١٥٠
تعيين درجة العتامة	١٥١
تقطيع العينات الورقية:	١٥١
المحور الثالث: تنمية البقع الفطرية على العينات الورقية	١٨١
عملية الإعداد والتنمية	١٨٢
طرق الوقاية من التلف الفطري:	١٩٣
المحور الرابع: الطرق المقترحة للعلاج :	١٩٤
تقييم تأثير المعالجات الفيزيوكيميائية على خواص الورق.	١٩٤
المعالجة الكيميائية باستخدام المذيبات العضوية:	١٩٤
ثانياً: تطبيقات أشعة الليزر في عمليات التنظيف:	٢٠١
الفصل الخامس: الدراسة التطبيقية:	٢٠٦
مقدمة	٢٠٦
التوثيق والتسجيل	٢٠٦
التوثيق من واقع السجل	٢٠٧

الموضـوع	رقم الصفحة
التأريخ النسبي للمخطوط	٢٠٨
وصف الحالة العامة للمخطوط	٢٠٩
التسجيل بالرسم	٢١١
الفحوص والتحاليل:	٢١٤
الفحص الميكروبيولوجي للمخطوط	٢١٤
الفحص باستخدام الميكروسكوب الاليكتروني الماسح(SEM)	٢٢٠
الفحص باستخدام الميكروسكوب الضوئي	٢٢٦
الكشف عن مكونات الورق	٢٢٦
الكشف عن النشا	٢٢٦
الكشف عن القلفونية	٢٢٧
الكشف عن اللجنين	٢٢٧
الكشف عن الأحبار	٢٢٧
الكشف عن درجة حموضة الورق	٢٢٨
التحاليل العلمية التحليل باستخدام جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء	٢٢٩
التحليل بحيود الأشعة السينية X.R.D وتعيين عامل تبلور السليولوز	٢٣٦
تعيين درجة البلمرة للسليولوز	٢٤٠
العلاج والترميم للمخطوط الأثري	٢٤٢
فك أغلفة المخطوطات	٢٤٣
مراحل التنظيف	٢٤٤
عملية الفرد والتطرية	٢٤٤
ترميم الثقوب واستكمال الفجوات	٢٤٥
ملء الثقوب الحشرية	٢٤٥
ترميم الفجوات والأجزاء المفقودة من الأغلفة الجلدية	٢٤٥
عمليات ترميم وعلاج أوراق المخطوط	٢٥٠
التنظيف الميكانيكي	٢٥٣
التنظيف الكيميائي	٢٤٥
عملية التقوية لأوراق المخطوطات	٢٥٥
ترميم الثقوب والفجوات	٢٥٦

الموضـوع	رقم الصفحة
سد الثقوب الحشرية	٢٥٦
استكمال الأجزاء المفقودة	٢٥٦
الترميم الآلي للثقوب والفجوات	٢٥٦
التدعيم الحرارى لكعوب الأوراق	٢٥٧
عملية التجليد	٢٧٨
التجهيز للعرض والتخزين	٢٨٧
نتائج البحث	٢٩٠
التوصيات	٢٩٢
المراجع العربية	٢٩٥
المراجع الأجنبية	٣٠٠
الملخص الأجنبي	٣١٤

فهرس الصور

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
رقم (١)	توضح المرحلة الأولى من صناعة الورق اليدوي	٧
رقم (٢)	توضح المرحلة النهائية من صناعة الورق اليدوي	٧
رقم (٣)	توضح مراحل صناعة الورق اليدوي قديماً	٨
رقم (٤)	توضح عملية التحريك والتقليب المستمر لعجينة اللب	٨
رقم (٥)	توضح غمر القالب داخل وعاء اللب	٩
رقم (٦)	توضح إضافة الصبغات إلى اللب أثناء عملية الطحن	٣٣
رقم (٧)	توضح جهاز تعيين وزن الورق	٣٩
رقم (٨)	توضح جهاز قياس سمك الورق	٤٠
رقم (٩)	جهاز قياس قوة الشد	٥١
رقم (١٠)	جهاز قياس مقاومة التمزق	٥٢
رقم (١١)	جهاز قياس مقاومة الطي	٥٣
رقم (١٢)	جهاز قياس قوة الانفجار	٥٣
رقم (١٣)	جهاز قياس درجة البياض والعتامة	٥٤
رقم (١٤)	توضح مرحلة تجهيز اللب	١٢٦
رقم (١٥)	توضح جهاز طحن اللب	١٢٨
رقم (١٦)	توضح ماكينة تصنيع الورق اليدوي	١٣٣
رقم (١٧)	توضح عملية التقادم الحراري للعينات الورقية المصنعة حديثاً	١٣٥
رقم (١٨)	توضح عملية التقوية باستخدام الفرشاة للعينات الورقية المصنعة حديثاً	١٣٦
رقم (١٩)	توضح عينة B-L غير معالجة من لب الخشب المبيض باستخدام SEM تكبير 6003.	١٣٩
رقم (٢٠)	توضح عينة من لب زغب القطن المقواة بمادة غراء السمك بتركيز ٠.٥% ويلاحظ تغلغل مادة التقوية بين الألياف.	١٣٩
رقم (٢١)	عينة من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة HPC بتركيز ٠.٥% .	١٣٩
رقم (٢٢)	عينة ورق من لب الخشب المقوى بمادة HPC بتركيز ٢% .	١٤٠
رقم (٢٣)	٢٣) عينة ورق من لب الخشب المقوى بمادة الميثيل	١٤٠

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	سليولوز بتركيز ٠.٥% .	
رقم (٢٤)	عينة ورق من لب الخشب المقوى بمادة الميثيل سليولوز بتركيز ١% .	١٤٠
رقم (٢٥)	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة غراء السمك بتركيز ٠.٥% .	١٤١
رقم (٢٦)	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة غراء السمك بتركيز ١% .	١٤١
رقم (٢٧)	عينة ورق من لب زغب القطن المقوى بمادة غراء السمك بتركيز ١% .	١٤١
رقم (٢٨)	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة غراء السمك بتركيز ٢% .	١٤٢
رقم (٢٩)	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة النشا المؤكسد بتركيز ٢% .	١٤٢
رقم (٣٠)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن المقوى بمادة النشا المؤكسد بتركيز ٢% .	١٤٢
رقم (٣١)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة النشا المؤكسد بتركيز ٠.٥% .	١٤٣
رقم (٣٢)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة النشا المؤكسد بتركيز ١% .	١٤٣
رقم (٣٣)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة الميثيل سليولوز بتركيز ١% .	١٤٣
رقم (٣٤)	توضح عينة ورق من لب ٥٠ % قطن، ٥٠ % كتان المقوى بمادة المثيل سليولوز بتركيز ٢% .	١٤٤
رقم (٣٥)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة بـ HPC بتركيز ٢% .	١٤٤
رقم (٣٦)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة الميثيل سليولوز بتركيز ٠.٥% .	١٤٤
رقم (٣٧)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة	١٤٥

تابع فهرس الصور

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	HPC بتركيز ١% .	
رقم (٣٨)	توضح عينة ورق م١٤٥ن لب زغب القطن، المقوى بمادة غراء السمك بتركيز ٢% .	١٤٥
رقم (٣٩)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة HPC بتركيز ٠.٥% .	١٤٥
رقم (٤٠)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة النشا المؤكسد بتركيز ٠.٥% .	١٤٦
رقم (٤١)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة النشا المؤكسد بتركيز ١% .	١٤٦
رقم (٤٢)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة النشا المؤكسد بتركيز ٢% ، ويلاحظ وجود حبيبات من النشا على الألياف.	١٤٦
رقم (٤٣)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة HPC بتركيز ١% ، ويلاحظ عملية التغلغل الجيد لمادة التقوية بين الألياف.	١٤٧
رقم (٤٤)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة المثيل سليولوز بتركيز ٠.٥% .	١٤٧
رقم (٤٥)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة المثيل سليولوز بتركيز ١% .	١٤٧
رقم (٤٦)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة المثيل سليولوز بتركيز ٢% .	١٤٨
رقم (٤٧)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن، B.L غير معالجة.	١٤٨
رقم (٤٨)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان B.L غير معالجة.	١٤٨
رقم (٤٩)	توضح قياس خاصية الشد للورق	١٤٩
رقم (٥٠)	توضح قياس خاصية تمزق الورق	١٤٩
رقم (٥١)	توضح قياس خاصية الانفجار	١٥٠
رقم (٥٢)	توضح تعيين الوزن الأساسي للورق	١٥٠

تابع فهرس الصور

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
رقم (٥٣)	توضح تعيين درجتي البياض والعتامة للورق	١٥١
رقم (٥٤)	توضح عملية تقطيع العينات الورقية	١٥١
رقم (٥٥)	توضح عملية تقطيع العينات الورقية	١٥١
رقم (٥٦)	توضح عملية تقطيع العينات الورقية	١٥١
رقم (٥٧)	توضح عينة ورق من لب الخشب المتقادم ويلاحظ تهتك فى ألياف الورق.	١٦٦
رقم (٥٨)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن المتقادم	١٦٦
رقم (٥٩)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المتقادم.	١٦٦
رقم (٦٠)	توضح عينة ورق من لب الخشب المقوى بمادة غراء السمك بتركيز ٢% ويلاحظ تغير الألوان وتهتك في ألياف العينة.	١٦٧
رقم (٦١)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن المقوى بالمثيل سليولوز بتركيز ٢% ويلاحظ.تغلغل مادة التقوية داخل الالياف .	١٦٧
رقم (٦٢)	توضح عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بالمثيل سليولوز بتركيز ٢% بتكبير 3000X .	١٦٧
رقم (٦٣)	توضح عملية الإعداد والتنمية للبقع الفطرية على الورق	١٨٣
رقم (٦٤)	توضح عملية الإعداد والتنمية للبقع الفطرية على الورق	١٨٣
رقم (٦٥)	توضح عملية الإعداد والتنمية للبقع الفطرية على الورق	١٨٣
رقم (٦٦)	توضح عملية الإعداد والتنمية للبقع الفطرية على الورق	١٨٣
رقم (٦٧)	عينة ورق من لب خشب، المقوى بمادة غراء السمك بتركيز ٢% .	١٨٧
رقم (٦٨)	ورق من لب الخشب المقوى بمادة الميثيل سليولوز بتركيز ٠.٥% .	١٨٧
رقم (٦٩)	عينة ورق من لب الخشب المقوى بمادة HPC بتركيز ٢% .	١٨٧
رقم (٧٠)	عينة ورق من لب خشب مقوى بمادة النشا المحور بتركيز ١%.	١٨٨
رقم (٧١)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن المقوى بمادة النشا المحور بتركيز ٢% .	١٨٨
رقم (٧٢)	توضح عينة ورق من لب زغب القطن المقوى بمادة المثيل سليولوز بتركيز ١% .	١٨٨
رقم (٧٣)	عينة ورق من لب زغب القطن، المقوى بمادة HPC بتركيز	١٨٩

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	.%٠.٥	
رقم (٧٤)	عينة ورق من لب زغب القطن المقوى بمادة النشا المحور بتركيز ٠.٥% .	١٨٩
رقم (٧٥)	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة بـ HPC بتركيز 1% .	١٨٩
رقم (٧٦)	لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة غراء السمك بتركيز 1% .	١٩٠
رقم (٧٧)	عينة ورق من لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان المقوى بمادة بالمثيل سليولوز بتركيز 2% .	١٩٠
رقم (٧٨)	لب ٥٠% قطن، ٥٠% كتان مقواة بمادة غراء السمك بتركيز ٠.٥% .	١٩٠
رقم (٧٩)	توضح عملية نقع الأوراق المصابة بالبقع الفطرية في المذيب العضوي.	١٩٤
رقم (٨٠)	توضح عملية الفحص بالعدسات الكبرة.	١٩٥
رقم (٨١)	توضح ضعف الخواص الميكانيكية للورق	١٩٦
رقم (٨٢)	توضح عينة من لب الخشب معالجة بالكحول الإثيلي ٣% حيث نلاحظ تغير لون الألياف إلى اللون الأبيض ، تكبير 200X .	١٩٧
رقم (٨٣)	توضح عينة من لب القطن معالجة بالأسيتون ٣% ،حيث نلاحظ إزالة الـ Spors الموجودة داخل ألياف الورق تكبير 400X .	١٩٧
رقم (٨٤)	توضح عينة من لب ٥٠% قطن و ٥٠%كتان، معالجة بـ DMF ، حيث نلاحظ تهتك في الألياف نتيجة المعالجة، تكبير 600X .	١٩٧
رقم (٨٥)	توضح جهاز الليزر المستخدم في عملية التنظيف	٢٠١
رقم (٨٦)	توضح عملية التنظيف بالليزر	٢٠٢
رقم (٨٧)	توضح متابعة التنظيف بالليزر باستخدام العدسات المكبرة	٢٠٣
رقم (٨٨)	أسفل الاستريو ميكروسكوب Stereo Microscope توضح شكل الألياف قبل وبعد التنظيف باستخدام أشعة الليزر	٢٠٤
رقم (٨٩)	أسفل الاستريو ميكروسكوب Stereo Microscope توضح شكل الألياف قبل وبعد التنظيف باستخدام أشعة الليزر	٢٠٤