تقوية أوراق المخطوط باستخدام مشتقات السليلوز والنشأ وتأثير التقادم الحراري المعجل (دراسة مقارنة)

مناف لطيف حميد – احمد زغير جلاب – علي عبد المحسن عبادة
مركز الامام الحسين (عليه السلام) لترميم المخطوطات ورعاية الباحثين – العتبة الحسينية المقدسة
بالتعاون مع هيأة البحث والتطوير الصناعي –المركز الوطني للتعبئة والتغليف

الخلاصة:
ان دور التقادم الزمني في تلف الورق وتأثير كل من الحرارة والرطوبة على الخواص الميكانيكية للورق وكل هذه العوامل تؤدى الى تغير في التركيب الكيميائي للورق وكذلك تعد المخطوطات الورقية من أكثر المواد الاثرية عرضه للتلف الميكروبيولوجي وقد استخدم العديد من المواد في تقوية المخطوطات الورقية ومنها بعض مواد النانو الا انه الى الان ماتزال مشتقات السليلوز هو الأكثر شيوعاً في مجال تقوية المخطوطات
وسيتناول هذا البحث دراسة تقيم تقوية الورق باستخدام مشتقات السليلوز والنشأ وسيتم دراسة خمسة أنواع من مواد التقوية
الكوسل جي – وتركيبه الكيميائي هيدروكسي بروبيل سليلوز
التيلوز MH٦٠٠٠ – وتركيبه الكيميائي ميثيل هيدروكسي أثيل سليلوز
التيلوز MH٣٠٠ –وتركيبه الكيميائي ميثيل هيدروكسي أثيل سليلوز
CMC – وتركيبه الكيميائي كاربوكسي مثيل سليلوز
النشـــــــــأ –وتركيبه الكيميائي Polymer of glucose ومكون من جزئين هما الاميلوز و الاميلوبكتين .
حيث سيتم دراسة تأثير هذه المواد على الخواص الميكانيكية من قوة الاستطالة وقوة الشد للورق والتغير اللوني للورق وكذلك سيتم دراسة تأثير هذه المواد على الخواص الكيميائية باستخدام تحليل حيود الاشعة السينية للتعرف على درجة تبلور السليلوز وأيضا استخدام طيف الاشعة تحت الحمراء لتحديد التغيرات في المجموعات الوظيفية للورق .

المقدمة

تعد دراسة المواد الخام للورق من اهم الأركان التي يجب الإشارة اليها عند دراسة تقنيات علاج وصيانة المخطوطات الورقية حيث نتناول التركيب الكيميائي لمادة الورق لكي يمكن تصور ميكانيكية التلف في تلك المادة السليلوزية والاضافات التي استخدمت عبر العصور في العلميات التصنيعية للورق والتي تؤثر سلبا وإيجابيا على خواص الورق[١]، وكذلك تزداد الخواص الميكانيكية للورق المنتج ويصبح شكل الالياف مع المادة المائلة متجانس الى حد كبير في حال تواجد اللواصق مثل كاربوكسي مثيل سليلوز[٢] ، والسليلوز مادة هيجروسكوبية شرهه لامتصاص الماء من الوسط المحيط لذا لابد من ضبط درجة الحرارة والرطوبة المحيطة بالمخطوطات الورقية ، وتحدث جميع

التفاعلات الكيميائية للسليلوز من خلال مجموعات الهيدروكسيل الموجودة على طول سلسلة السليلوز وهي التي يحدث فيها تغير واضح عند تعرض الورق للعمليات اكسدة او تحلل مائي[٣] ، وتعد مشتقات السليلوز من اهم المواد المستخدمة في تقوية المخطوطات الورقية [٤].

يعد اهم استخدام للنشأ في مجال التغطية السطحية للورق كان في بداية القرن الثامن الميلادي حيث استخدم مستخلص نشأ الذرة flour starch [٥] والذي كان يضاف الى اللب اثناء الضرب او بعد تصنيع الورق.

الطرائق والتحاليل المستخدمة

١- العينات الورقية

تم صناعة ورق يدوي مكون من الياف القطن والكتان وذلك لتشابهها في التركيب مع المخطوطات الورقية الاثرية. وهذه العينات تم صناعتها في مختبر مركز الامام الحسين (عليه السلام) لترميم المخطوطات ورعاية الباحثين كما موضح في الصور التالية: (شكل رقم ١)

٢- مواد التقوية المستعملة :

- كلوسيل جي – هيدروكسي بروبيل سليلوز .
- تيلوز MH٦٠٠٠ – هيدروكسي اثيل سليلوز.
- تيلوز MH٣٠٠ – هيدروكسي اثيل سليلوز.
- CMC – كاربوكسي ميثيل سليلوز.
- STRACH – النشأ

وهذه المواد (كلوسيل جي والتيلوز MH٦٠٠٠ و MH٣٠٠) من شركة Ceiba.cz و مادة CMC شركة Merck. Germany والنشأ من شركة Parasmoon.Iran

والمادة المذيبة هي الايثانول والماء.

الطريقة المستعملة في تجهيز ومعالجة العينات

تحضير المواد المقوية:

تم تحضير المواد المقوية واذابتها في الكحول الايثيلي (الايثانول) والماء بالتراكيز التالية:

كلوسيل جي (٠,٥% - ١% - ١,٥%) كحول

MH٦٠٠٠ (٠,٥% - ١% - ١,٥%) ماء

MH٣٠٠ (٠,٥% - ١% - ١,٥%) ماء

CMC (١% - ٢% - ٣%) ماء

النشأ (١% - ٢% - ٣%) ماء

٣- معالجة العينات

حيث ان هذه التراكيز هي المستعملة في تقوية المخطوطات الورقية [٦]، وتم تطبيق المواد المقوية على عينات الورق باستخدام الفرشات الناعمة طبقا للجدول رقم (١) التالي يوضح ارقام العينات واسمائها

شكل (٢) توضح تجهيز العينات المعالجة بمادة الكلوسيل جي KluccelG

شكل (٣) توضح تجهيز العينات المعالجة بمادة كاربوكسي ميثيل سليلوز CMC

شكل (٤) توضح تجهيز العينات المعالجة بمادة هيدروكسي اثيل سليلوز MH٦٠٠٠

شكل (٥) توضح تجهيز العينات المعالجة بمادة هيدروكسي اثيل سليلوز MH٣٠٠

شكل (٦) توضح تجهيز العينات المعالجة بمادة النشـــأ Polymer of glucose

٤- تقادم العينات:

تم اجراء عملية التقادم الحراري للعينات الورقية التي تمت تقويتها والعينة الورقية القياسية في جهاز التقادم الحراري محكم الغلق عند درجة حرارة (٨٠مْ) ورطوبة نسبية (٦٥%) لمدة ١٢٠ ساعة خلال خمسة أيام وهذا التقادم يعادل ٢٥ سنة وفقاً للمقاييس الدولية ايزو٥٦٣٠-٣ لسنة ١٩٩٦م[٧].

وتم عمل التقادم الحراري بمركز الامام الحسين (عليه السلام) لترميم المخطوطات.

كما موضح في شكل (٧)

التحاليل التي تم اجرائها للعينات المعالجة

١- التغيير اللوني

تم قياس التغير اللوني للعينات المعالجة ومقارنته بالعينات القياسية للتعرف على درجة التغيير اللوني في العينات المعالجة مقارنة بالعينة القياسية وتم القياس في الطول الموجي للضوء العالي [٨]

تم استخدام جهاز التغير اللوني ((Brightness &color Meter) كما موضح في شكل (٨)

٢- الخواص الميكانيكية

تم قياس خواص قوة الشد والاستطالة للتعرف على الخواص الميكانيكية للورق المعالج مقارنة للعينة القياسية [٩]حيث تم تعيين الخواص الميكانيكية وتشمل كل من شدة الاستطالة وقوة الشد بواسطة جهاز Tinius Olsen Compang كما موضح في الشكل (٩)

٣- التحليل باستعمال طيف الاشعة تحت الحمراء:

تم التحليل باستخدام أطياف الاشعة الحمراء البعيدة وذلك للتعرف على المجموعات الوظيفية لعينات الورق المعالجة ومقارنتها لعينات الورق القياسية لمعرفة التغيير في المجموعات الوظيفية في سليلوز الورق [١٠] حيث تم استخدام مطياف الاشعة تحت الحمراء (Bruker-Tensor ٢٧) كما موضح في شكل (١٠)

٤- التحليل باستعمال حيود الاشعة السينية

للتعرف على التغير في درجة تبلور السليلوز للعينات المعالجة مقارنة بالعينات غير المعالجة [١١]

وتم استخدام الجهاز (X-Ray: Diffract Meter-ADX٢٧٠٠) كما موضح في شكل (١١)

النتائج والمناقشة:

١- التغير اللوني

سجلت إحداثيات اللون L-a-b على عينات الورق المعالج وعينات الورق الغير معالج بعد التقادم باستخدام جهاز قياس التغير اللوني فالرمز L يمثل الاشراق اللوني ويتراوح قيمته بين (L=٠) و(L=١٠٠) اللون الأبيض والأسود، اما a ، b يمثل الخواص اللونية ، حيث تم عمل التغير اللوني للقياسات المعالجة قبل التقادم وبعد التقادم وكانت النتائج كما في الجدول رقم (٢)

أظهرت النتائج تعرض جميع العينات للدكانة مقارنة بالعينية القياسية المتقادمة واعطت العينة (CMC-٣) اقل دكانة مقارنة بالعينات الأخرى وتشير ازدياد قيمة b الى اصفرار العينات في كل العينات فيما عدا العينات التالية (KG١ ، CMC٢ ، TMH٦٠٠٠-١ ، TMH٣٠٠-٣) التي حدث لها ميلا اكثر للون الأزرق.

٢- الخواص الميكانيكية:

حيث تم التجهيز بأطوال ١٤سم × ١٠سم حيث تم عمل (٤) اطوال من كل عينة وتم عمل قياسات لقوة الشد والاستطالة لكل واحدة منهم ، حيث تم ادراج قيم قوة الشد وشدة الاستطالة في جدول رقم (٣):

وقد اعطى (Starch-٣) اعلى قيمة لقوة الشد وقوة الاستطالة مقارنة بباقي العينات من حيث أعطت عينات (TMH٣٠٠-١) اقل نتائج من حيث قوة الشد والاستطالة واعطت نتائج عينات (CMC) نتائج متوسطة في قوة الشد والاستطالة.

٣- التحليل باستخدام طيف الاشعة تحت الحمراء

شكل (١٢) يوضح طيف الاشعة تحت الحمراء لعينة الورق القياسية

جدول رقم (٤) يوضح نطاق امتصاص المجموعات الوظيفية للعينة القياسية

يتضح من طيف امتصاص الاشعة تحت الحمراء للعينة القياسية وجود مجموعة C=O في المنطقة من ١٣٢٠,٩٩-١٦٤٣,٥٧ وهي ناتجة من عملية اكسدة للسليلوز في افران التقادم وتم عمل مقارنة بين طيف امتصاص الاشعة تحت الحمراء للعينة القياسية والعينات المعالجة وكانت النتيجة كالتالي:

شكل (١٣) يوضح طيف امتصاص الاشعة تحت الحمراء للعينة القياسية والعينة CMC-١ نلاحظ هنا عدم وجود تغير يذكر بالمجموعات الوظيفية المميزة للسليلوز للعينة المعالجة بالمقارنة بالعينة القياسية

شكل (١٤) يوضح طيف امتصاص الاشعة تحت الحمراء للعينة القياسية والعينة CMC-٢ نلاحظ زيادة في منطقة امتصاص C=O بالمنطقة (١٤٢٦-١٥٩٢) نتيجة عمليات اكسدة السليلوز الناتجة من فقد جزيئات الماء.

شكل (١٥) نلاحظ هنا في العينة CMC-٣ زيادة في منطقة امتصاص C=O من المنطقة (١٤٢١-١٥٩٠) نتيجة عمليات اكسدة السليلوز الناتجة من فقد جزيئات الماء.

شكل (١٦) نلاحظ هنا في العينة KG١ عدم وجود تغير يذكر بالمجموعات الوظيفية المميزة للسليلوز للعينة المعالجة بالمقارنة بالعينة القياسية.

شكل (١٧) نلاحظ هنا حدوث فقدان في مجموعة OH في المنطقة (٣٣٠٠,٨٤) وذلك نتيجة عمليات فقد جزئيات الماء من السليلوز . كذلك نلاحظ زيادة في منطقة C=O في المنطقة (١٦٤٠,٤٦) نتيجة عمليات أكسدة السليلوز الناتجة من فقد جزئيات الماء.

شكل (١٨) نلاحظ زيادة في منطقة امتصاص C=O في المنطقة (١٣٥١-١٣٦٩) نتيجة عمليات اكسدة السليلوز الناتجة من فقد جزيئات الماء.

شكل (١٩) نلاحظ هنا عدم وجود تغيير يذكر في المجموعات الوظيفية المميزة للسليلوز للعينة المعالجة بالمقارنة بالعينة القياسية.

شكل (٢٠) نلاحظ هنا حدوث نقصان في مجموعة OH في المنطقة (٣٢٠٠-٣٣٠٠) وذلك نتيجة عمليات فقد جزئيات الماء من السليلوز.

شكل (٢١) نلاحظ هنا عدم وجود تغير يذكر في المجموعات الوظيفية المميزة للسليلوز للعينة المعالجة مقارنة بالعينة القياسية.

شكل (٢٢) نلاحظ هنا حدوث نقصان في مجموعة OH في المنطقة (٣٢٠٠-٣٣٠٠) وذلك نتيجة عمليات فقد جزئيات الماء من السليلوز.

شكل (٢٣) نلاحظ هنا عدم وجود تغيير يذكر بالمجموعات الوظيفية المميزة بالسليلوز للعينة المعالجة بالمقارنة بالعينة القياسية.

شكل (٢٤) نلاحظ هنا عدم وجود تغيير يذكر بالمجموعات الوظيفية المميزة بالسليلوز للعينة المعالجة بالمقارنة بالعينة القياسية.

شكل (٢٥) نلاحظ هنا زيادة في منطقة امتصاص O=C في المنطقة (١٣١٥-١٣٦٩) نتيجة علميات اكسدة السليلوز الناتجة من فقدان جزئيات الماء.

شكل (٢٦) نلاحظ هنا حدوث نقصان طفيف في مجموعة OH في المنطقة (٣٢٠٠-٣٣٠٠) وذلك نتيجة علميات فقد جزئيات الماء من السليلوز ، كذلك نلاحظ زيادة في منطقة امتصاص C=O في منطقة (١٣١٥-١٣٦١) نتيجة علميات اكسدة السليلوز الناتجة من فقدان جزئيات الماء.

٤- التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية

تم حساب درجة تبلور السيليلوز في الورق المعالج والعينة القياسية طبقا لمعادلة تبلور السيليلوز

$$Cr.\ I.\ \% = \frac{I\ (٠٠٢) - I\ ١٨^{o}}{I\ (٠٠٢)} \times ١٠٠$$

I (٠٠٢) الشدة النسبية للانعكاس عند الزاوية ٢٢,٦ وهي معبرة عن الجزء المتبلور في السيليلوز

I ١٨° الشدة النسبية للانعكاس عند الزاوية ١٨ وهي معبرة عن الجزء غير المتبلور في السيليلوز

- درجة تبلور السيليلوز = ٦٧,٣%
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (KG١) هي ٦٩,٧% أي انه حدثت زيادة في درجة تبلور السيليلوز وهذا يعني تغيير في خواص السيليلوز الكيميائية والميكانيكية
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (KG٢) هي ٦٦,٥% هنا حدث نقصان طفيف في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (KG٣) هي ٦٧,٨% لم يحدث تغير يذكر في درجة تبلور السيليلوز
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (CMC١) هي ٦٤,٩% حدث نقصان متوسط في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية مما يؤدي الى تغير ليس كبيرا في التركيب الكيميائي والخواص الميكانيكية للسيليلوز
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (CMC٢) هي ٦٦,١% حدث نقصان طفيف في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية لم تؤثر على التغيرات الكيميائية والميكانيكية للسيليلوز
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (CMC٣) هي ٦٨,٢% حدث زيادة طفيفة جدا في درجة تبلور السيليلوز لم تؤثر على التغيرات الكيميائية والميكانيكية للسيليلوز
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (Starch-١) هي ٦٩,٢% أي انه حدثت زيادة في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية وهذا يعني تغير في خواص السيليلوز الكيميائية والميكانيكية
- درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (Starch-٢) هي ٦٥,٨% أي حدوث نقصان طفيف في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية لم تؤثر على التغيرات الكيميائية والميكانيكية للسيليلوز

– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (Starch-٣) هي ٥٩,١% أي حدث نقصان كبير في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية مما يؤدي الى تغير في التركيب الكيميائي والخواص الميكانيكية للسيليلوز
– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (TMH ٦٠٠٠-١) هي ٦٤,٨% أي حدث نقصان طفيف في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية
– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (TMH ٦٠٠٠-٢) هي ٦٢,٩% أي حدث نقصان متوسط في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية مما يؤدي الى تغير ليس كبيرا في التركيب الكيميائي والخواص الميكانيكية للسيليلوز
– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (TMH ٦٠٠٠-٣) هي ٦٦,٦% أي حدث نقصان طفيف في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية
– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (TMH ٣٠٠-١) هي ٦٨,٣% أي حدثت زيادة طفيفة جدا في درجة تبلور السيليلوز تؤثر على التغيرات الكيميائية والميكانيكية للسيليلوز
– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (TMH ٣٠٠-٢) هي ٦٦,١% أي حدوث نقصان طفيف في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية
– درجة تبلور السيليلوز للعينة المعالجة بمادة (TMH ٣٠٠-٣) هي ٦٤,٧% أي حدث نقصان متوسط في درجة تبلور السيليلوز عن العينة القياسية مما يؤدي الى تغير ليس كبيرا في التركيب الكيميائي والخواص الميكانيكية للسيليلوز

النتائج

اثبتت الدراسة ان العينات المعالجة بمادة (Klucel G) أعطت أفضل النتائج للخواص الميكانيكية وخاصة تركيز (١,٥٪) في حين ان تركيز (٠,٥٪) و (١٪) أعطيا نتائج اقل قوة وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه [١٢]
– اما التغير اللوني حدث له دكانة طفيفة ، اصفرار طفيف وحدث تغير لوني طفيف للعينات المتقادمة
– وفي تحليل للأشعة تحت الحمراء اعطى تركيز (٠,٥٪) افضل النتائج لعدم حدوث تغير واضح في المجموعات الوظيفية للسيليلوز قبل وبعد التقادم مقارنة بالعينة القياسية
– اما في درجة تبلور السيليلوز فقد اعطى نتائج ممتازة وخاصة تركيز (١,٥٪) فقد اعطى أفضل نتيجة في عدم تغير نسبة تبلور السيليلوز قبل وبعد المعالجة بينما اعطى تركيز (٠,٥٪) تغير واضح في تبلور السيليلوز بعد التقادم
•اما العينات المعالجة بمادة (CMC) فقد أعطت جميعها نتائج متوسطة من الخواص الميكانيكية، كما انها أعطت نتائج ممتازة في تحليل الأشعة تحت الحمراء وخاصة تركيز (١٪) حيث ان المجموعات الوظيفية لم يحدث لها أي تغيير يذكر ، اما التغيير اللوني حدث له دكانة طفيفة ، اصفرار طفيف في كل التركيزين (١%،٣%) وحدث تغيير لوني طفيف للعينات المتقادمة ، كما انها أعطت نتائج جيدة في تبلور السليلوز في حدوث تغير طفيف في تبلور السليلوز قبل وبعد المعالجة لم يوثر في التغييرات الكيميائية والميكانيكية للسليلوز. هذه النتائج تتفق الى ما توصلت اليه [١٣]
•اما العينات المعالجة بمادة النشأ Starch فقد أعطت اعلى قيمة في قياس الخواص الميكانيكية وخاصة تركيز ٣% في حين تركيز ١% و٢% اعطيا اقل قوة، كما انها أعطت نتائج جيدة في التحليل باستخدام الاشعة تحت الحمراء، كذلك التغير اللوني فقد حدث له دكانه طفيفة، واصفرار

طفيف في العينة قبل وبعد التقادم ، وفي درجة تبلور السليلوز فقد اعطى تركيز ٣% تغير واضح في تبلور السليلوز بعد التقادم.

•اما العينات المعالجة بمادة هيدروكسي اثيل سليلوز TMH٦٠٠٠ فقد أعطت جميعها نتائج متوسطة في الخواص الميكانيكية في حين أعطت نتائج جيدة في التحليل باستخدام الاشعة تحت الحمراء وخاصة التركيز ١% و ١,٥% ، اما التغيير اللوني فحدث له دكانه طفيفة جدا ، واصفرار طفيف في كلا التركيزين ٠,٥٪ ، ١,٥٪ ، واما التركيز ٠,٥٪ فحدث له ميلا اكثر للون الأزرق وفي درجة تبلور السليلوز فقد أعطت النتائج تغييرات طفيفة في درجة تبلور السليلوز.

•اما العينات المعالجة بمادة TMH٣٠٠ فقد أعطت اقل قيم في قياس الخواص الميكانيكية كما أعطت نتائج ممتازة في تحليل الاشعة تحت الحمراء وخاصة تركيز ٠,٥٪ لعدم حدوث تغير واضح في المجموعات الوظيفة للسليلوز قبل وبعد التقادم مقارنة بالعينة القياسية ، اما التغير اللوني فحدث له دكانه طفيفة ، واصفرار طفيف جدا وحدوث تغير لوني طفيف للعينات المتقادمة ، في حين أعطت نتائج ممتازة في قياس درجة التبلور السليلوز وخاصة تركيز ٠,٥٪ و ١٪ لعدم تغير تبلور السليلوز قبل وبعد المعالجة.

المصادر

١. حسن، رشدية ربيع علي،٢٠١٣ دراسة تجريبية على بعض مواد وطرق معالجة مظاهر التلف عن التأثيرات المتبادلة ما بين جلود الكتب نباتية الدباغة والورق تطبيقا على بعض النماذج المختارة، رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، كلية الاثار، قسم الترميم، ص٢-١٨,

٢. محمد ، مراد فوزي – علي ، مها احمد ،٢٠١٥ دراسة مقارنة تقييم تقوية المخطوطات الورقية باستخدام مشتقات السليلوز ، جامعة القاهرة ، كلية الاثار ، قسم الترميم ،، ص ٢-١٤,

٣. محمد ، فاطمة عيسى، ٢٠٠٩ دراسة علاج وصيانة المخطوطات الورقية ذات الاغلفة الجلدية مع التطبيق العملي على احد النماذج المختارة من البحرين ، جامعة القاهرة ، كلية الاثار ، قسم الترميم،

٤.Fei,Y;Xueren,O;Songb,Z;jing,S;"Carboxymethylcellulose/alummodifiedpreci pitated calcium carbonate fillers: Preparation and their use in papermaking" Carbohydrate Polymers.٨١,٢٠٠٨.pp.٥٤٥-٥٥٣.

٥ . John, C; " Presrvation of paper and textiles of historical and artistic " vol. II , American Chemical Society , Washington , ١٩٨١, p, ٢٩.

٧ . Petrea, Puiu, Florin Ciolacu, and Sorin Ciovică. "The evaluation of some consolidation agents applied in the conservation of graphical documents." European Journal of Science and Theology, ٢٠١٠: Vol.٦, No.١, ٦٧-٧٥.

٨ . Buchanan, S. Bennett, W. Domach, M.M; Op.Cit.

٩. Hofmann, Christa , Andreas Hartl, Kyujin Ahn, Laura Völkel, and Ina Faerber. ٢٠١٣. "Verdigris I: Compromises in Conservation." Paper Conservation: Decisions & Compromises. Vienna,: International Council of Museums (ICOM). ٣٤-٣٥.

١٠ .Kamińska, A., Sawczak, M., Ciepliński, M., Śliwiński, G., Kosmowski, B. Colorimetric Study of the Post-Processing Effect due to Pulsed Laser Cleaning of Paper, Optica Applicata, ٢٠٠٤: Vol. ٣٤, Issue ١.

١١ . Pellizzi, E., Lattuati-Derieux, Lavédrine, A., and Cheradame, H., Flexible Polyurethane Easter Foam Consolidation: Preliminary Study of Aminopropylmethyldiethoxysilane Reinforcement Treatment, Proceedings

Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications, CCI Symposium ٢٠١١, Ottawa, Canada.

١٢ . Zeng, X., Vishtal, A., Retulainen, E., Sivonen, E., Fu, S. (٢٠١٣) The Elongation Potential of Paper-How Should Fibres be Deformed to Make Paper Extensible, BioResources, Vol. ٨, Issue ١

١٣ . Agnès ,L ; Céline E; Martin, R; Bertrand,L& Yong-Jae, C;" Case study Characterization and degradation pathways of ancient Korean waxed papers" Journal of Cultural Heritage ١٠ (٢٠٠٩)pp. ٤٢٢-٤٢٧.

١٤ . C.M. Popescu, P.T. Larsson, C.M. Tibirna, C. Vasile, Characterization of fungaldegradedlime wood by X-ray diffraction and cross-polarization magic-angle-spinning ١٣Cnuclearmagnetic resonance spectroscopy, Applied Spectroscopy, ٦٤(٩), ٢٠١٠, pp. ١٠٥٤-١٠٦٠.

الهوامش:

١ . حسن، رشدية ربيع علي، دراسة تجريبية على بعض مواد وطرق معالجة مظاهر التلف عن التأثيرات المتبادلة ما بين جلود الكتب نباتية الدباغة والورق تطبيقا على بعض النماذج المختارة، رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، كلية الاثار، قسم الترميم، ٢-١٨ص

٢ . Fei,Y;Xueren,O;Songb,Z;jing,S;"Carboxymethylcellulose/alummodifiedprecipitated calcium carbonate fillers: Preparation and their use in papermaking" Carbohydrate Polymers.٨١,٢٠٠٨.pp.٥٤٥-٥٥٣.

٣ . John, C; " Presrvation of paper and textiles of historical and artistic " vol. II , American Chemical Society , Washington , ١٩٨١, p, ٢٩.

٤ . Petrea, Puiu, Florin Ciolacu, and Sorin Ciovică. "The evaluation of some consolidation agents applied in the conservation of graphical documents." European Journal of Science and Theology, ٢٠١٠: Vol.٦, No.١, ٦٧-٧٥.

٥ . Buchanan, S. Bennett, W. Domach, M.M; Op.Cit.

٦ . Hofmann, Christa , Andreas Hartl, Kyujin Ahn, Laura Völkel, and Ina Faerber. ٢٠١٣. "Verdigris I: Compromises in Conservation." Paper Conservation: Decisions & Compromises. Vienna,: International Council of Museums (ICOM). ٣٤-٣٥.

٧ . Kamińska, A., Sawczak, M., Ciepliński, M., Śliwiński, G., Kosmowski, B. Colorimetric Study of the Post-Processing Effect due to Pulsed Laser Cleaning of Paper, Optica Applicata, ٢٠٠٤: Vol. ٣٤, Issue ١.

٨ . Pellizzi, E., Lattuati-Derieux, Lavédrine, A., and Cheradame, H., Flexible Polyurethane Easter Foam Consolidation: Preliminary Study of Aminopropylmethyldiethoxysilane Reinforcement Treatment, Proceedings Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications, CCI Symposium ٢٠١١, Ottawa, Canada.

٩ . Zeng, X., Vishtal, A., Retulainen, E., Sivonen, E., Fu, S. (٢٠١٣) The Elongation Potential of Paper-How Should Fibres be Deformed to Make Paper Extensible, BioResources, Vol. ٨, Issue ١

١٠ . Agnès ,L ; Céline E; Martin, R; Bertrand,L& Yong-Jae, C;" Case study Characterization and degradation pathways of ancient Korean waxed papers" Journal of Cultural Heritage ١٠ (٢٠٠٩)pp. ٤٢٢-٤٢٧.

١١ . C.M. Popescu, P.T. Larsson, C.M. Tibirna, C. Vasile, Characterization of fungaldegradedlime wood by X-ray diffraction and cross-polarization magic-angle-spinning ١٣Cnuclearmagnetic resonance spectroscopy, Applied Spectroscopy, ٦٤(٩), ٢٠١٠, pp. ١٠٥٤-١٠٦٠.

١. محمد ، مراد فوزي – علي ، مها احمد ، دراسة مقارنة تقييم تقوية المخطوطات الورقية باستخدام مشتقات السليلوز ، جامعة القاهرة ، كلية الاثار ، قسم الترميم ، ٢٠١٥.، ص ٢-١٤.

٢. محمد ، فاطمة عيسى، ٢٠٠٩ دراسة علاج وصيانة المخطوطات الورقية ذات الاغلفة الجلدية مع التطبيق العملي على احد النماذج المختارة من البحرين ، جامعة القاهرة ، كلية الاثار ، قسم الترميم