جامعة القاهرة
كلية الآثار
قسم ترميم الآثار

"دراسة بعض التغيرات الفيزيائية و الميكانيكية و الكيميائية للأخشاب الأثرية التالفة و طرق تقويتها مع التطبيق على بعض القطع الخشبية بالمتحف الإسلامى بالكلية"

رسالة مقدمة
لنيل درجة الدكتوراه فى علاج و صيانة الآثار

إعداد
نسرين محمد نبيل أحمد خيرت الحديدى
المدرس المساعد بقسم ترميم الآثار
كلية الآثار - جامعة القاهرة

إشراف
أ.د. ياسين السيد زيدان
أستاذ الترميم
قسم ترميم الآثار
كلية الآثار – جامعة القاهرة
و رئيس قسم ترميم الآثار
كلية آداب سوهاج- جامعة جنوب الوادى

أ.د. أوزيريس ونيس جرجس
أستاذ الفيزياء الحيوية
قسم الفيزياء الحيوية
كلية العلوم - جامعة القاهرة

أ.م.د. على أحمد الطايش
أستاذ مساعد
قسم الآثار الإسلامية
كلية الآثار– جامعة القاهرة

٢٠٠٢م

Cairo University
Faculty of Archaeology
Conservation Department

"A Study on some Physical, Mechanical and Chemical Changes of Deteriorated Archaeological Wood and it's Consolidation, with the Application on some Selected Artifacts at the Islamic Museum of the Faculty of Archaeology"

Submitted by

Nesrin Mohamed Nabil Ahmed Khairat El Hadidi

Assistant Lecturer at the Conservation Department
Faculty of Archaeology – Cairo University

For the fulfillment of Ph.D. in Archaeological Conservation

Supervised by

Prof. Dr. Yassien El Said Zidan

Professor of Conservation,
Conservation Department
Faculty of Archaeology
Cairo University.
Head of the Conservation Dept.
Sohag – South Valley University.

Prof. Dr. Osiris Wanis Guirguis

Professor of Biophysics,
Biophysics Department
Faculty of Science
Cairo University.

Dr. Ali Ahmed El Taish

Assistant Professor,
Islamic Department
Faculty of Archaeology
Cairo University.

2002

ملخص الرسالة

الخشب الصلب مادة طبيعية تنتج عن كائن حى معمر (الأشجار)، و هو مثال رائع لتركيبة طبيعية من مكونات رئيسية هى: السيليولوز، اللجنين و المواد المستخلصة. و نظرا لاختلاف نسب هذه المركبات، ليس فقط فيما بين الأنواع المختلفة من الأشجار بل أيضا فى الشجرة الواحدة، لذا يعتبر الخشب مادة غير متجانسة و معقدة. و ترجع درجة تعقيد مادة الخشب أساسا إلى دقائق البنية الجزيئية و الإنشائية للشجرة أثناء نموها. و تعتبر الأخشاب الأثرية أكثر تعقيدا من الأخشاب الحديثة، لما تتعرض له من عوامل تلف أو عوامل بيئية مختلفة على مر العصور. و قد يواجه الدارس أو الأثرى منذ البداية عند محاولة تعريف الخشب و حتى نهاية الفحوص عدة مصاعب بسبب تفتت و تهالك العينة الأثرية.

لمحاولة التعرف و الربط بين الخواص الفيزيائية و الميكانيكية و التركيب الكيميائى للأخشاب الأثرية تم اختيار إحدى عشر عينة أثرية مصنوعة من أنواع مختلفة من الأخشاب تعرضت لعوامل تلف مختلفة مثل الإصابة الفطرية و الحشرية، أو الطمر فى تربة مشبعة بالملح، أو التعرض لعوامل التجوية أو عوامل التلف الميكانيكية.

و قد تم تقسيم الرسالة إلى خمسة أبواب، حيث تناولت الأبواب الثلاثة الأولى تعريف الخشب و دراسة خواصه الفيزيائية و الميكانيكية و التركيب الكيميائى لتلك العينات. و تناول الباب الرابع دراسة لطرق التقوية للأخشاب الأثرية لاختيار أفضل البوليمرات لتقوية الأخشاب، و فى الباب الخامس تم دراسة و ترميم حشوات أثرية.

الباب الأول:

العينات الأثرية المختارة للدراسة و طرق الفحص

لبدء هذه الدراسة كان من الضرورى أولا تعريف الخشب، و بناء على نتائج التعرف على أنواع الخشب المستخدمة فى العينات الأثرية من خلال الفحص بالميكروسكوب الضوئى و الميكروسكوب الالكترونى الماسح، تم تقسيم كل العينات المستخدمة إلى مجموعتين أساسيتين:

١)الأخشاب اللينة : أ- عينة مدرسة الليسية و عينة قلاوون المصنوعتان من خشب الصنوبر

ب- العينة المجهولة المصدر المصنوعة من خشب التنوب

ج- عينة التابوت رقم ٨٥٢ المصنوع من خشب السرو

٢)الأخشاب الصلبة: أ-عينة متحف الكلية و عينة مشربية بازرعة المصنوعتان من خشب البلوط.

ب- عينتى مسجد الملكة صفية و عينتى القناعين الخشبيين و عينة التابوت رقم ١٢٢ المصنوعة من خشب الجميز.

و طبقا لتعريف أنواع الخشب تم تحضير عينات مقارنة حديثة من نفس نوع الخشب أو نوع خشب يتشابه فى خواصه مع نوع الخشب الأثرى و التى استخدمت فى دراسة الخواص الفيزيائية و الميكانيكية و التركيب الكيميائى للعينات الأثرية و عينات المقارنة الحديثة و التى تناولتها الأبواب الثلاثة الأولى من هذه الرسالة.

الباب الثانى:

الخواص الفيزيائية و الميكانيكية

أولا: الخواص الفيزيائية:

تناول هذا الباب دراسة لبعض الخواص الفيزيائية للعينات الأثرية و العينات المقارنة الحديثة، حيث تم تعيين الكثافة لمادة الخشب لكل العينات بواسطة جهاز البيكنوميتر Helium Pycnometer. و قد تراوحت الكثافة للعينات الحديثة بين ١,٤٣ - ١,٤٧جم/سم^{٣}. و هذه النتيجة قريبة جدا من النتائج المذكورة فى المراجع التى تناولت كثافة المادة الخلوية للخشب، إلا أنه لوحظ ارتفاع فى كثافة المادة الخلوية فى كل العينات الأثرية، حيث وصلت كثافة المادة الخلوية للأخشاب الأثرية اللينة إلى ١,٦٤جم/سم^{٣}، بينما وصلت كثافة المادة الخلوية إلى ١,٧١ جم/سم^{٣} فى حالة الأخشاب الصلبة الأثرية. و قد وصلت كثافة المادة الخلوية إلى ١,٨٤ جم/سم^{٣} فى الجزء الخارجى المعرض للجو فى مشربية وكالة بازرعة، و قد بلغت كثافة الخشب الذى لم يتعرض إلى عوامل التجوية فى نفس العينة ١,٦١ جم/سم^{٣}. و هذا يؤكد أن هذه المشربية قد تعرضت إلى دهانات قديمة كما كان واضحا من خلال الميكروسكوب الالكترونى الماسح.

عند دراسة الانكماش فى الاتجاه الطولى و العرضى للخشب الأثرى و العينات المقارنة الحديثة، لوحظ زيادة فى معدلات الانكماش فى العينات الأثرية (مقارنة بالعينات الحديثة)، فيما عدا الانكماش فى الاتجاه الطولى بعينة قلاوون. فإذا نظرنا إلى نسبة الانكماش فى الاتجاه الطولى للعينات الحديثة، نجد أن هذه النسبة تراوحت بين صفر - ١,٢%، بينما وصلت نسبة الانكماش إلى ١٣,١% فى حالة العينات الأثرية. أما بالنسبة للانكماش فى الاتجاه العرضى، فنجد أنه تراوح بين ١,٢٣-٥,٧% فى العينات الحديثة، بينما بلغت هذه النسبة ٥-٢٨,٥% فى العينات الأثرية.

أما بالنسبة لدرجة التبلور لسيليولوز الخشب، و التى تم قياسها بواسطة حيود الأشعة السينية، وجد أن النتائج كانت متقاربة، حيث تراوحت درجة تبلور للسيليولوز فيما بين ± ٤% فى العينات الأثرية و العينات المقارنة الحديثة لكل نوع من الخشب. و انخفضت درجة تبلور السيليولوز فى العينة الكبيرة المأخوذة من مسجد الملكة صفية بحوالى ١٩%، عينة باب مدرسة الليسية (التى انخفضت بحوالى ٩%) و عينة القناع رقم ١١٩-أ التى انخفضت بحوالى ٧% مقارنة بالعينات الحديثة؛ بينما زادت درجة التبلور للسيليولوز فى عينة قلاوون بنسبة ٦% مقارنة بالعينة الحديثة.

ثانيا: الخواص الميكانيكية:

يحتاج المرممون إلى أجهزة خاصة لدراسة الخواص الميكانيكية للأخشاب، بحيث لا تستهلك كمية كبيرة أو حجم كبير من الخشب، و نظرا لعدم توافر هذه الأجهزة بمواقع البحث و المواقع الأثرية ، لذا لم تتاح الفرصة إلا لإجراء فحص واحد يعتمد على استخدام جهاز الرزيستوجراف Resistograph الذى يسجل مقاومة الخشب للثقب، حيث تمت دراسة مقاومة الثقب لثمانى عينات أثرية، كانت أحجامها ملائمة للاختبار (عينة قلاوون، العينة المجهولة المصدر، عينة مشربية وكالة بازرعة و عينة متحف الكلية، عينتى مسجد الملكة صفية، عينة التابوت رقم ١٢٢ و عينة القاع الخشبى رقم ١١٩-أ). و أعطى هذا الفحص صورة واضحة لحالة تلك العينات، من حيث ترتيب الحلقات السنوية للخشب الأثرى، أماكن الفراغات بالخشب، مواقع الكوايل الخشبية إن وجدت، المسافة المتحللة بالخشب وحجم اللب غير المتحلل بالعينة. و نتيجة هذا الفحص تكون فى صورة رسم بيانى بمقياس رسم ١:١ . و قد أظهرت عينة مشربية وكالة بازرعة مثال جيد لحالات مختلفة فى عينة خشب واحدة؛ ففى الجزء الخارجى المعرض للجو الخارجى كانت المقاومة منخفضة جدا، ثم زادت تدريجيا حتى القرب من لب العينة. و فى منطقة اللب نفسها ظهر فى الفحص الأول عدم وجود أى مقاومة مما يدل على وجود الفراغ الناتج عن الكاويلة المفقودة، و فى الفحص الثانى ظهرت مقاومة مختلفة و أكبر من باقى العينة مما يدل على اختلاف نوع الخشب للكاويلة المستخدمة و الموجودة فى مكانها.

الباب الثالث:

التركيب الكيميائى للخشب

- العناصر الأساسية المكونة للخشب

تناول هذا الباب الطرق الكيميائية المختلفة المتبعة للتحديد الكمى لنسب العناصر و المركبات التى تدخل فى تركيب الخشب. و عند قياس نسب الكربون، الهيدروجين و النيتروجين فى بعض العينات الأثرية و عينات المقارنة بواسطة جهاز CHN Elemental Analyzer لوحظ تغير فى نسب كل من الكربون و النيتروجين فى العينات الأثرية، فقد انخفض الكربون بحوالى ١٨% فى حالة عينة متحف الكلية و بنسبة ٧% فى حالة عينة مشربية وكالة بازرعة (مع مقارنة هذه النسب بنسب الكربون فى عينات المقارنة الحديثة)، بينما زادت نسبة الكربون فى عينة التابوت رقم ١٢٢ بنسبة ٨,٥%.

كما زادت نسب النيتروجين فى عينة متحف الكلية إلى ١,٧٨% و فى عينة التابوت رقم ٨٥٢ إلى ٢,٨٢% هى نسب عالية جدا مقارنة بعينات المقارنة الحديثة التى لم تحتوى على النيتروجين.

و لوحظ ثبات نسبة الهيدروجين بدرجة كبيرة فى العينات الأثرية و التى لم تختلف كثيرا عن عينات المقارنة الحديثة.

- السكريات

عند دراسة نسب السكريات فى كل العينات الخشبية بواسطة الأشعة فوق البنفسجية (بعد تجهيز العينات طبقا لطرق الفحص و المعايرة العالمية)، وجد تفاوت كبير فى نسب السكريات فى العينات الأثرية، حيث تراوح بين صفر% فى حالة التابوت رقم ٨٥٢ المصنوع من خشب السرو و ٦٢% فى حالة القناع الخشبى رقم ١١٩-ب المصنوع من خشب الجميز. و لم تزد نسب السكريات عن ٦٥% فى أى من العينات الأثرية التى تم دراستها و عينات المقارنة الحديثة، مقارنة بنسب السكريات التى تراوحت بين ٦٥- ٨٥% فى المراجع المتاحة. و للتأكد من وجود السيليولوز فى العينات الأثرية تم دراسة كل العينات بواسطة طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء. و ظهرت المواقع الخاصة بالسيليولوز فى كل العينات الأثرية فيما عدا عينة التابوت رقم ٨٥٢ التى اختفت فيها مجموعة الكربونيل.

- اللجنين

تم تقدير نسب اللجنين فى الخشب طبقا لطرق TAPPI للمعايرة. و قد تراوحت نسب اللجنين فى معظم العينات الأثرية و عينات المقارنة الحديثة بين ١٨ - ٣٥%. و ارتفعت نسب اللجنين فى حالة كل من التابوت رقم ٨٥٢ حيث بلغت ٣٤,١٥% و العينة المجهولة المصدر حيث بلغت ٤٧,٧٢%)، بينما انخفضت نسبة اللجنين فى حالة القناع الخشبى رقم ١١٩-أ إلى ١٥,٨٥%. و قلت نسبة اللجنين كثيرا فى حالتى العينة الصغيرة من مسجد الملكة صفية (٩,٥٧%) و عينة مشربية وكالة بازرعة (٥,١١%).

كما تم قياس شدة الامتصاص لطيف الأشعة تحت الحمراء بالموقعين الخاصين باللجنين فى العينات الأثرية، حيث ثبت وجود الروابط الخاصة باللجنين مع وجود اختلاف فقط فى نسب اللجنين. و أخيرا تم دراسة اللجنين بواسطة طيف الرنين المغناطيسى الفوسفورى ^{31}P NMR، حيث أتضح أن اللجنين فى العينة المأخوذة من التابوت رقم ٨٥٢ أعطى أفضل نتيجة من حيث التركيب الكيميائى، فكان يشبه اللجنين الحديث فى كل خواصه الكيميائية.

- المواد المستخلصة

بالنسبة للمواد المستخلصة و التى كان من المتوقع وجودها بنسب تتراوح بين ٤ و١٠% فى الخشب، لوحظ أن هذه النسبة توفرت فى خمسة عينات فقط؛ و هى عينة مدرسة الليسية، و عينة الصنوبر الحديثة، و العينة الصغيرة من مسجد المنكة صفية و عينى القناع رقم ١١٩-أ و القناع رقم ١١٩-ب. و قد زادت النسبة قليلا عن ١٠ % فى حالة التابوت رقم ١٢٢، حيث وصلت إلى ١١,٦٥ %.

و تراوحت نسبة المواد المستخلصة بين ١ و ٣,٥ % فى ثلاث عينات أثرية، و هى عينة قلاوون و العينة المجهولة المصدر و العينة الكبيرة من مسجد الملكة صفية؛ و أربعة عينات حديثة؛ و هى عينات التنوب و السرو و الزان و الجميز الحديثة. و انخفضت النسبة إلى أقل من ٠,١% فى حالة عينة مشربية وكالة بازرعة.

و قد زادت نسبة المواد المستخلصة عن ١٥% فى باقى العينات حيث وصلت إلى ١٥,٦ % فى حالة عينة متحف الكلية و ٢١,٠١ % فى حالة عينة التابوت رقم ٨٥٢.

الباب الرابع:

تقوية الخشب

تناول هذا الباب دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على ستة عينات أثرية، روعى فى اختيارها نوع الخشب و حالات مختلفة من التلف. فتم اختيار ثلاثة أخشاب تنتمى إلى الأخشاب اللينة؛ و هى عينة قلاوون، عينة التابوت رقم ٨٥٢ ، و العينة المجهولة المصدر، بينما تم اختيار ثلاثة عينات من الأخشاب الصلبة: و هى عينة مشربية وكالة بازرعة، عينة متحف كلية الآثار و عينة التابوت رقم ١٢٢. و كانت الصفة الأساسية المشتركة بين كل هذه العينات هى أنها كانت عينات ضعيفة و متهالكة.

و تم اختيار ثلاثة من البوليمرات التى ينصح باستخدامها فى تقوية الأخشاب الأثرية؛ و هى البارالويد ب-٧٢ (تركيز ٣ %)، الميثيل سيليولوز و التيلوز (تركيز ١,٥ %). و لتقييم استخدام هذه البوليمرات الثلاث تم تعريض الخشب المقوى للتقادم الضوئى بواسطة الأشعة فوق البنفسجية لمدة ٧٢ ساعة، عند طول موجى ٢٨٠-٣٠٠ نانومتر، مع تثبيت الرطوبة النسبية عند ٥٥% و درجة الحرارة عند ٢٧ °م، ثم تركت تلك العينات فى الظروف الجوية العادية لمدة ١٨ شهرا.

استخدمت طريقة الفحص بطيف الأشعة تحت الحمراء لدراسة التغيرات التى طرأت على البوليمرات داخل الخشب، و ذلك من خلال مقارنة طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء عند الروابط الكيميائية الخاصة بالبوليمرات الثلاثة قبل و بعد التقادم. و قد أكدت هذه الدراسة نتائج الأبحاث السابقة التى كانت تعتمد على مظهر الخشب من حيث تغير لونه، و قوى الانضغاط أو الشد للبوليمر النقى.

ظهر فقد واضح فى الروابط الكيميائية الخاصة بالبارالويد ب-٧٢ عند الأعداد الموجية التى تتراوح بين ٢٦٠٠-٢٢٥٠ سم$^{-١}$ و عند ١٧٢٠ سم$^{-١}$.

أوضحت العينات المقواة بمادة الميثيل سيليولوز درجة ثبات فى حالتى عينة متحف كلية الآثار و عينة التابوت رقم ١٢٢، و ظهر فقد جزئى للامتصاص فى العينة المجهولة المصدر و عينة قلاوون، و ظهر فقد فى الامتصاص عند كل الروابط فى عينتى مشربية وكالة بازرعة و التابوت رقم ٨٥٢.

و أظهرت مادة التيلوز أفضل نسب للثبات من خلال دراسة طيف الامتصاص للروابط الخاصة بالبوليمر قبل و بعد التقادم، حيث لم تتغير نتائج القياس قبل و بعد التقادم بنفس الدرجة التى ظهرت فى حالتى البارالويد ب-٧٢ و الميثيل سيليولوز.

الباب الخامس:

الأخشاب المحفورة و المطعمة التى تم اختيارها للتطبيق عليها

تناول هذا الباب أساليب الحفر على الأخشاب و التطعيم فى الأغراض المختلفة أثناء العصور الإسلامية، مع تطبيق الجانب الخاص بالعلاج و الصيانة على ستة حشوات خشبية ترجع إلى عصور إسلامية مختلفة (عصر طولونى، فاطمى و مملوكى) و ريشة منبر خشبى مطعمة بالعاج (تعود إلى العصر العثمانى).

و قد اشتمل هذا الباب على الدراسات الخاصة بالحشوات الأثرية و ريشة المنبر الخشبى و هى من مقتنيات المتحف الإسلامى لكلية الآثار حيث تم تعريف الخشب و وحدات التطعيم من خلال الفحص المقارن للتركيب التشريحى باستخدام الميكروسكوب الضوئى و تمت دراسة حالة الخشب و العوامل المؤدية إلى تلفه قبل الترميم من خلال الفحص بالميكروسكوب الالكترونى الماسح. كما تم التعرف على الأملاح المتكلسة على إحدى القطع الخشبية و الأتربة المالئة لإحدى الحشوات من خلال حيود الأشعة السينية. و استخدم طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء للتعرف على المادة اللاصقة المستخدمة فى تطعيم المنبر الخشبى.

و اشتملت مراحل الترميم للقطع الأثرية على:

١- تنظيف كل القطع الخشبية و المنبر الخشبى .

٢- تقوية كل الحشوات الخشبية.

٣- استعدال الحشوات المقوسة.

٤- ملء الثقوب الناتجة عن الإصابة الحشرية.

٥- تجميع و لصق الحشوات المنفصلة عن بعضها.

٦- استكمال وحدات التطعيم العاجية المفقودة بوحدات حديثة من العظم.

٧- عمل فترينة من خشب الماهوجنى للعرض المتحفى للحشوات بعد ترميمها.

٨- تثبيت الحشوات بواسطة قطع من البلكسى جلاس المصنوعة خصيصا لتلك الحشوات داخل الفترينة.

٩- عمل قاعدة خشبية جديدة لرفع ريشة المنبر عن الأرض. كما استبدلت الكانات المعدنية بثلاث قطع من البلكسى جلاس لتثبيت المنبر.

و أعقب هذا مناقشة تربط بين نتائج الدراسة الحالية من حيث الخـــواص الفيزيائيـة و الميكانيكية و التركيب الكيميائى للخشب و نتائج الدراسات السابقة التى تناولت هذه النقـــاط؛ و كانت أهم نقاطها:

١) العلاقة بين كثافة الخشب و تركيبه الكيميائى

٢) العلاقة بين تمدد و انكماش الخشب و مركباته الكيميائية

٣) العلاقة بين نسبة السكريات فى الخشب و عامل تبلور السيليولوز

٤) البوليمرات المستخدمة لتقوية الخشب

و أخيرا و ليس أخرا تم وضع بعض النقاط "لأبحاث مستقبلية و توصيات" هامـــة فى مجـــال الترميم تفيد الباحثين فى مجال علاج و صيانة الآثار الخشبية الجافة.