

Studying The Effect of Cleaning Materials on The Visual and Chemical Properties of Archaeological Wood

صفية محمد عبدالقادر محمد

قسم ترميم الآثار - كلية الآثار - جامعة سوهاج

الملخص:

هناك العديد من مواد التنظيف المستخدمة في تنظيف الأخشاب الأثرية، وتعد دراسة تأثير هذه المواد علي الخواص البصرية والكيميائية للخشب الأثري مهمة في عمليات التنظيف، حيث تهدف هذه الدراسة إلي اختيار أفضل مواد التنظيف للأخشاب وتم التطبيق علي عينات من الخشب العريزي التي تم عرضها للتقدم وقد تم تقييم هذه النتائج بعدة تقنيات بما في ذلك الفحص البصري والتصوير الميكروسكوبي، ثم قياس درجة التغير اللوني للعينات المعالجة ومقارنتها بالعينات القياسية لتقييم الخواص البصرية للخشب المعالج، واستخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لتقييم التغيرات الكيميائية في الخشب المعالج، وقد ظهرت النتائج أن التنظيف بمادة الكربوجل "جل الفيزيائي" هي أفضل نتيجة من حيث التغيرات المورفولوجيا والتغيرات اللونية وحدثت تغيرات كيميائية لسطح الخشب يليها استخدام مادة البلازما، ولكن البلازما كلما زاد وقت التعريض زاد تأثيرها علي خواص الخشب، بينما يعتبر مادة جل المغناطيسي "جل الكيميائي" أعطت أسوأ نتائج من حيث التأثير علي تغيرات اللونية لسطح الخشب، بينما لم تؤثر بشكل كبير علي التغيرات الكيميائية له.

الكلمات الدالة: المواد الهلامية- البلازما- التنظيف -مطياف الأشعة تحت حمراء- الميكروسكوب الرقمي.

Abstract

There are many cleaning materials used in cleaning antique wood. Studying the effect of these materials on the visual and chemical properties of antique wood is important in cleaning operations. This study aims to choose the best cleaning materials for wood. It was applied to samples of precious wood that had been exposed to aging. These results were evaluated using several techniques, including visual inspection and microscopic imaging, then measuring the degree of color change in the treated samples and comparing them with standard samples to evaluate the optical properties of the treated wood, and using infrared spectroscopy to evaluate the chemical changes in the treated wood. The results showed that cleaning with carbo gel "Physical gel" has the best result in terms of morphological changes, color changes, and chemical changes to the surface of the wood, followed by the use of plasma. However, the longer the exposure time increases, the greater its effect on the properties of the wood, while the magnetic gel "chemical gel" gives the worst results in terms of its effect on wood. Color changes in the wood surface, while it did not significantly affect its chemical changes.

Key words: Gels – Plasma – Cleaning - Infrared Spectroscopy - Digital Microscope

1. المقدمة Introduction

تعتبر الأخشاب من أهم المقتنيات الأثرية الموجودة والتي تخضع لظروف البيئة المحيطة بها، ونظراً لصعوبة التعامل مع الأخشاب لطبيعتها الكيميائية المعقدة وكونها مادة عضوية غير متجانسة فإن عمليات التنظيف من أهم عمليات العلاج وصيانة للآثار بصفة عامة وللأخشاب الأثرية بصفة خاصة، حيث تعد عملية التنظيف من أول مراحل عمليات العلاج والصيانة، فإن إجراء تلك العملية بكفاءة عالية يترتب عليها نجاح عمليات العلاج والصيانة الأخرى، حيث تعتمد عمليات التنظيف علي تخلص مادة الأثر من الاتساخات والبقع من المواد المغيرة لطبيعة الأثر، كما تتطلب عمليات التنظيف من القائم عليها مهارة عالية وحساسية متناهية ودراسة متأنية لمواد

وطرق التنظيف المستخدمة وتختلف حسب حالة تدهور الأثر نفسه، وتتطلب أن تكون مواد وطرق التنظيف لا تؤثر بالسلب علي الخصائص الكيميائية والفيزيائية و الميكانيكية أو البصرية لمادة الأثر، ولذلك يجب قبل البدء في عمليات التنظيف التعرف علي طبيعة الاتساخات المتراكمة وعمر الاتساخ ومدى ارتباطه بمادة الأثر ومعرفة تركيبها للوصول إلي أفضل المواد أو الطرق التي يمكن استخدامها في إزالتها، و مدى كفاءة مواد وطرق التنظيف علي السطح الأثر وتأثيرها علي المجموعات الوظيفية للخشب.

وهناك العديد من الطرق المستخدمة في تنظيف الأخشاب الأثرية منها: طرق التنظيف التقليدية متمثلة في التنظيف الميكانيكي، والكيميائي والطرق الحديثة كالمواد هلامية، والتنظيف بالبلازما...الخ.

- المواد الهلامية "الجل"

يمكن وصف المواد الهلامية "الجل" بأنها مواد ناعمة تتكون من جزيئات صلبة غروانية مشتتة بكميات كبيرة من السوائل تنتج نظام شبكة أي أنها أنظمة غروانية نظراً لأبعاد سلاسل البوليمر الطويلة المترابطة أو الجزيئات العضوية أو الجسيمات الغروية التي تحبس السائل، ويرتبط مفهوم الجل ارتباطاً وثيقاً بالكيمياء الغروانية، لكن نظراً لتنوع خصائص أنظمة الجل المتشابهة، ومجالات التطبيق المختلفة حيث تعتمد معايير التصنيف علي المصدر والمجموعات الوظيفية والبنية الشبكية وسلوك الميكانيكي و الحراري، وتتكون المواد الهلامية من مكونين أو أكثر أحدهما سائل، ويتم تقسيم المواد الهلامية "الجل" الي فئتين رئيسيتين اعتماداً علي طبيعة الروابط وهي مواد هلامية فيزيائية تتشكل عن طريق روابط ضعيفة مثل التفاعلات الكهروستاتيكية بين سلاسل البوليميرية و الروابط الهيدروجينية "هي إحدى أنواع الروابط الكيميائية الضعيفة نسبياً، أضعف من الروابط التساهمية والأيونية"، و لذلك فهي عادة أنظمة لزجة يمكن أن تستجيب للحرارة أو تتعطل بفعل القوي الميكانيكية، وتعد المواد الهلامية القائمة علي السكريات مثل: صمغ اجارو الكربوجل.. الخ من المواد الهلامية الفيزيائية وهي تعتبر أكثر الأدوات الواعدة التي تستخدم في عمليات التنظيف، ومع ذلك فهي مواد هشة لا تحتوي علي ميزات الحفظ المناسبة. النوع الثاني: هو المواد الهلامية الكيميائية تتميز بروابط القوية من الروابط التساهمية والروابط الايونية حيث تتميز المواد الهلامية الكيميائية بطاقة عالية مثل الجل المغناطيسي^{(١)(٢)(٣)}.

جدول (١-١) لمقارنة بين الكربوجل والجل المغناطيسي

الجل المغناطيسي	الكربوجل
<ul style="list-style-type: none"> ● الجل المغناطيسي من مواد التنظيف الحديثة وهو أحد أشكال المواد الهلامية الكيميائية "الجل". ● يتكون الجل المغناطيسي من k-carrageenan تحتوي علي جسيمات $y-Fe_2 O_3$ بنسبة عرض ارتفاع ٨، هي مركبات من جزيئات مغناطيسية بحجم النانو والميكرون في مصفوفات بوليمر ناعمة، وهي تجمع بين 	<ul style="list-style-type: none"> ● الكربوجل من مواد التنظيف الحديثة، وهو أحد أشكال المواد الهلامية الفيزيائية "الجل". ● ويتكون من البولي إكريلي تخط مع الماء وأمنة على المقننات الخشبية الأثرية، يفضل أثناء إضافة الكربوجل إلى الماء أن تتم بشكل تدريجي حيث تتفاعل حبيبات الكربوجل مع الماء عن طريق عملية امتصاص الذرات للماء مؤدية إلى انتفاش الحبيبات^(٤).

¹- Passaretti.A, et.al., "Elodie Guilminot and Edith Joseph , Biologically Derived Gels for the Cleaning of Historical and Artistic Metal Heritage", In journal *Applied Sciences*,vol 11, 2021 ,p.p1-17.

² -Yamauchi.A, Section 1 - Gels: Introduction, Gels Handbook, Four-Volume Set, Academic press, London, 2000, pp 4-14.

³ -Kholod K. et.al, "A new way in synthesizing magnetic nano gel for cleaning an Egyptian Coptic fresco painting ,Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 17, No 1,2017, pp. 189-195.

⁴ -Baglioni, P., et.al. " Gels for the Conservation of Cultural Heritage", Cambridge Journals – Cambridge University press 2012,p.p1-11.

<p>مجموعة غنية من الخصائص الفيزيائية للبوليمر والمواد المغناطيسية ذات قيمة كبيرة في العديد من المجالات^(١٤).</p> <p>• وتتميز المواد الهلامية المغناطيسية في قدرتها علي التغيير، تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي، وبنيتها المجهرية، وخصائصها المغناطيسية والميكانيكي، وغيرها من الخواص والحجم والشكل^(١٥).</p> <p>• المواد الهلامية الكيميائية لها قدرة عالية علي تحمل كميات كبيرة من السائل دون الخضوع لإذابة البوليمر^(١٦).</p> <p>• يمكن إزالة المواد الهلامية الكيميائية بسهولة من أي سطح دون كسر أو ترك بقايا^(١٧).</p> <p>• يمكن تشكيل هذه الأنظمة حسب الرغبة وتطبيقها علي منطقة معينة مع التحكم المكاني الدقيق في المنطقة المراد علاجها^(١٨).</p> <p>• وتعتبر أنظمة الجل النانوية فعالة في تنظيف اللوحات الجدارية والحجر</p>	<p>• المواد الهلامية الفيزيائية قابلة للانعكاس الحراري عن طريق زيادة الحرارة فوق عينة معينة^(٥).</p> <p>• درجة حموضة مادة الكربوجل pH=7، لا يمتص الكربوجل الماء البارد، لذا يتم إذابته في الماء الدافئ من ٣٥:٣٠ م°^(٦).</p> <p>• ويمكن إضافة مواد أخرى لمادة الكربوجل مثل أسيتون..... إلخ، أو مع الكحول الإيثيلي بغرض إزالة مظاهر التلف.</p> <p>• يتميز الكربوجل بالقدرة العالية على الاحتفاظ بالمياه، أي أن الماء تتبخر علي فترات طويلة، وقت الكمادة يقدر علي حسب حالة الأثر فيتراوح من دقيقة الي نصف ساعة كي تعطي نتيجة جيدة دون حدوث أي ضرر بحالة الأثر.</p> <p>• يتم تطبيق مادة الكربوجل بشكل مباشر أو غير مباشر على سطح الأثر، وذلك حسب حاله الأثر نفسه، ثم يتم وضع ورق مناشف ثم بولي إيثيلين.</p> <p>• يمكن تطبيق الكمادة مرة أخرى بشرط ترك الأثر فترة أمنية كافية حتى يمكن تطبيقها مرة أخرى.</p> <p>• استخدام الجل الفيزيائي له آثار جانبية وهي أنه يترك بعض بقايا الجل علي السطح المعالج مما يؤدي في المستقبل إلي جذب التربة وعوامل التلف الأخرى، لذلك يجب معالجة المنطقة المعالجة بالمذيبات العضوية لإزالة بقايا الجل^(٧) (٨).</p> <p>• يستخدم لإزالة السناج من علي الأسطح الخارجية^(٩).</p> <p>• يستخدم بنجاح في إزالة بقع الناتجة عن النتروجين^(١٠).</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5-Baglioni,P." Synthesis and application of novel materials for cleaning and protection of historical documents", Doctor of Philosophy in scienze chimiche , Universita degli studi firenze,2016, p.p54-79.

٦ - محمد ربيع ، دراسة مقارنة لتقييم الاتجاهات الحديثة لمواد التنظيف الاخشاب الاثرية تطبيقا علي احد النماذج المختارة، رسالة دكتوراة ،جامعة القاهرة،كلية الآثار،٢٠٢٠، ص.ص ٣٦-٤٨.

7 - Campani, E,et.al, "Use of Agarose and Agar for preparing "Rigid Gels", Quaderni del Cesmar,Vol. 7(4), Ed. Il Prato, Padova, 2007, p.p 1-9.

8- Samorì,C,et.al,"The Green Attitude in Art Conservation: Polyhydroxybutyrate-based Gels for the Cleaning of Oil Paintings", in journal chemistry select Vol.1, Issue15 ,September, 2016, p.p 4502-4508.

9-Gioventù E, et.al,"Comparing the bioremoval of black crusts on colored artistic lithotypes of the Cathedral of Florence with chemical and laser treatment." Int Biodeterior Biodegrad 65, 2011, p.p 832-839.

10 -May, E., et.al." The Biobrush project for bioremediation of Heritage stone", in Heritage Microbiology and Science, Microbes, Monuments and maritime materials, 2008, pp. 76-93.

14 -Baglioni,P ,et.al. "Gels for the Conservation of Cultural Heritage", Langmuir perspective, American Chemical Society ,Vol. 25(15), 2009, p.p 8373-8374.

15 -Tokita.M., " Gels: Structures, Properties, and Functions: Fundamentals and Applications", Springer, London, 2009,pp.163-170.

16-Galina V., "Magnetic Materials Based Biosensors", MDPI, Spain, 2018,pp 175-183.

17- Baglioni, P. et.al, "Smart Soft Nanomaterials for Cleaning". In Nanotechnologies and Nanomaterials for Diagnostic, Conservation and Restoration of Cultural Heritage; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; p.p 171-204.

18-Domingues, J,et.al," In novative method for the cleaning of water sensitive artifacts: synthesis and application of highly retentive chemical hydrogels", international journal of conservation science, vol 4, 2013, p.p 715-722

والاشياء المطلية دون ترك بقايا غير مرغوب فيها ^(١٩) .	<ul style="list-style-type: none"> • يستخدم في إزالة بقع الكبريتات^(١١). • يستخدم في التنظيف مع إضافة حبيبات السليكا^(١٢). • يستخدم الكربوجل بمفرده في إزالة نسبة ضئيلة من الأملاح غير المرغوب فيها" تبلور الاملاح"^(١٣).
-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- البلازما: Plasma

تعبير البلازما من الطرق الحديثة المستخدمة في مجال الترميم الأثري، حيث تُعرف البلازما "الهيولي" بأنها حالة مميزة من حالات المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين جزئياً على الأقل وهي عبارة عن خليط معقد من مكونات مختلفة مثل الجسيمات مشحونة" الإلكترونات والأيونات" بتكون حرة غير مرتبطة بالذرة أو الجزيء وأنواع محايدة "الذرات والجزيئات" بالإضافة إلى جذور وفوتونات الأشعة فوق بنفسجية والحرارة المشعة بشكل عام^(٢٠)، وبما أن المادة هي عبارة عن ثلاث حالات صلبة وسائلة وغازية تعتبر البلازما هي الحالة الرابعة للمادة^{(٢١)(٢٢)(٢٣)(٢٤)}. تتميز البلازما بدرجة الحرارة المنخفضة وبالتالي تجنب تدمير العينة، ذات طبيعة جافة، تقليل استهلاك طاقة، استهلاك مواد كيميائية أقل، صديقة للبيئة^(٢٥)، تحسين خصائص السطح^{(٢٦)(٢٧)}، يقتصر العلاج بالبلازما على الطبقة السطحية ولا يؤثر على خصائص الكتلة، تعد المعالجة بالبلازما مستقلة عن التركيب أو التفاعل الكيميائي للركيزة، يمكن إدخال مجموعة كبيرة من المجموعات الوظيفية على السطح من خلال تغيير الغاز، المعالجة بالبلازما موحده إلى حد ما على سطح الركيزة بأكملها.

11 - Cameotra, S., et.al, " Carbonatogenesis: microbial contribution to the conservation of monuments and artwork of stone", in journal historical- technical, Conservation Science in Cultural heritage, Vol. 12, 2012, pp. 79-108.

12- Sorlini, C., et.al., " Procedimento di biopulitura di superfici di manufatti di diversa natura chimica edifice", Università degli Studi di Milano & Università degli Studi Del Molise, Italian Patent, 2010, p.p 4-19.

13- Cappitelli, F., et.al. , " Improved methodology for bioremoval of black crusts on historical stone artworks by use of sulfate-reducing bacteria". Appl Environ Microbiol, 2006, vol 72:3733–3737.

¹⁹ -Tokita.M., " Gels: Structures, Properties, and Functions: Fundamentals and Applications", Springer, London, 2009, pp.163-170.

²⁰ -Shishoo.R, et.al, "Plasma Technologies for Textiles", wood head, United States, 2007 p6.

21 -Buyle.G, et.al, "Plasma Technology for Hyperfunctional Surfaces: Food, Biomedical and Textile applications", Wiley-VCH, United States, 2010, p6.

²² -Sun.W., et.al., " The energy tree: Non-equilibrium energy transfer in collision-dominated plasmas", Physics Reports, Vol 770–772, 2018, Pp. 1-45.

²³ -Nikiforov.A., et.al., " Plasma technology in antimicrobial surface engineering featured", Journal of Applied Physics Vol.131, 2022, pp.1-36.

²⁴ - Nwabor.O., et.al., "A Cold Plasma Technology for Ensuring the Microbiological Safety and Quality of Foods", Food Engineering Reviews, Springer . Germany, 2022, pp.1-21.

²⁵ - Shah.J, et.al, "innovative plasma technology in textile processing: a step towards green environment", in Journal of Engineering Sciences, vol.2, April, 2013, p.p34-36.

²⁶ - Anuradha.P, et.al., "Surface Characterization and Antibacterial Activity of Plasma Treated Polystyrene Thin Film", Journal of Pure and Applied Physics, Vol. 5, N. 2, 2009, pp. 157–164.

²⁷ - Cheng-chi chen, J, et.al, "Argon plasma treatment for improving the physical properties of crosslinked cotton fabrics with dimethyl loldihydroxyethyleneurea- Acrylic acid", textile research journal, Vol.80, 2010, pp.675-682.

- تنظيف بالبلازما

تعتبر عملية التنظيف بالبلازما هي عملية تقوم علي إزالة الشوائب والملوثات وجميع المواد العضوية من علي السطح بواسطة غاز مؤين حيث يتم إجراء ذلك في غرفة مفرغة أو في ضغط الجو، كما يمكن استخدام غازات خاملة مثل الأرجون والهيدروجين والأكسجين أو عن طريق خليط من الغازات مثل الأكسجين والهيدروجين أو النيتروجين، كما تتميز عملية التنظيف بالبلازما: أنها عملية آمنة بيئياً، لا تحتوي علي مواد كيميائية قاسية وأنها طريقة اقتصادية، وتتميز أيضاً بأنها يتم إزالة الملوثات من أسطح الركائز المعالجة دون التأثير علي خواص المواد السائبة، وتتميز التنظيف بالبلازما عدم ترك بقايا بعد المعالجة حيث تزيل المعالجة بالبلازما عوامل تكوين العفن أو زيوت أو بقايا الكربون... الخ. ويترسب الهواء الناتج عن تحلل المواد العضوية دائماً علي الأسطح في طبقات بسمك بضعة نانومترات، ويمكن أن يعيق الترابط أو المعالجة اللاحقة ويمكن إزالته بسهولة عن طريق البلازما الباردة، حتي لم يكن الهدف تنظيف السطح، وتتضمن عملية تنظيف الأسطح خطوات متعددة تبدأ بتنشيط أنواع البلازما، ودفع تلك الأنواع إلي سطح الركيزة، ورد فعل هذه الأنواع علي السطح، ثم إزالة التفاعل السطحي بواسطة نواتج من تفاعل البلازما، وتعتبر تنظيف البلازما بالضغط الجوي، عملية تنظيف جافة وتصبح هذه العملية بديلاً بيئياً واقتصادياً حقيقياً لعمليات التنظيف الرطبة والتقليدية⁽²⁸⁾.

■ آليات التنظيف بالبلازما:

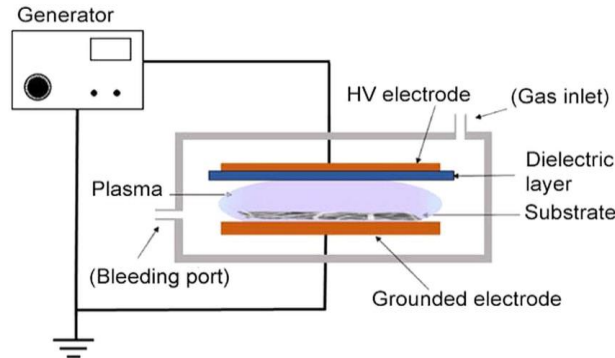
تتولد الإلكترونات والايونات والجزئيات في البلازما وتتفاعل مع السطح مؤدية إلي ظهور ثلاثة أشكال للتنظيف أما بالحفر أو التسخين أو الرش "النقش" وكل هذه العمليات لها مزاياها وعيوبها لذلك فإن الجمع بين هذه العمليات له أعلى قدرة وفائدة في التنظيف.

٢. مواد وطرق الدراسة: **Materials and methods**

٢-١ المواد:

- البلازما حيث تم استخدام جهاز البلازما الباردة DBD، يتكون الجهاز من قطبين كهربائيين متوازيين القطب العلوي عبارة عن لوح الومنيوم بأبعاد 25 X 25 سم مملصق علي لوح زجاجي عازل بسمك 2 مم والقطب الكهربائي السفلي عبارة عن لوح من الفولاذ المقاوم للصدأ بنفس الأبعاد ويستخدم الفولاذ المقاوم للصدأ لمقاومته للأكسدة والتآكل عند تعرضه للأوزون، يتم تعقيم حافة القطب لمنع توتين المجال الكهربائي علي حافة الأقطاب الكهربائية ومسافة بين الفجوة بين اللوح الزجاجي العازل والقطب السفلي 2 مم، ويتم استخدام منفذين كمدخل ومخرج للغاز، يتم إنشاء تفريغ البلازما بواسطة مصدر طاقة 25 كيلو فولت / 30 مللي أمبير تيار متردد بتردد 50 هرتز وهو متصل بالقطب العلوي، بينما القطب السفلي يوصل بالأرضي من خلال المقاومة R 1000 أو مكثف C 3.35 uf ، يتكون مصدر الطاقة من محول تصاعدي مغمور بالزيت ومقياس جهد، يتم وضع العينات بين القطبين بحيث يسمح بتدفق الغاز بحرية من خلال مقياس تدفق الغاز إلي المسافة بين القطبين حيث تم توليد التفريغ الكهربائي في هذا الفضاء حيث يتم تشغيل DBD تحت الضغط الجوي، الغاز المستخدم في عملية التنظيف هو الهواء الجوي فقط، وذلك نظراً لتوجه العام في هذه الفترة إلي بلازما الجوية، حيث تستخدم علي نطاق واسع في المعالجات التي تتضمن غازات أو نفايات خطيرة أو غير مرغوب فيها ولما يميزها بأنها أقل تكلف وسريعة وسهلة التعامل وصديقة للبيئة... إلخ، وتم إجراء التنظيف بأوقات معالجة مختلفة وهي 10 دقائق - 20 دقيقة ، 30 دقيقة.

²⁸-Wolf .A." Atmospheric Pressure Plasma for Surface Modification". Hoboken, New Jersey, United States, 2012, pp55-63 .



شكل (١-١) يوضح الرسم التخطيطي لمفاعل DBD المستخدم في التنظيف

- استخدم مواد magnetic gal الجبل المغناطيسي تم تجهيز جل المغناطيسي في معامل كلية النانو جامعة القاهرة، حيث تم تجهيزه وتركه حوالي عشرة دقائق قبل أن يتم تطبيقها علي عينات الخشب المراد إجراء الجانب التجريبي عليها.

- الجل الفيزيائي "الكربوجل" تم تجهيز الكربوجل في شكلين الشكل الأول تم استخدام مادة الكربوجل فقط حيث تم إضافة ٢ جم كربوجل إلي ١٠٠ مل ماء، وإذابته وتركه لمدة حوالي عشرة دقائق بعد تجهيزه و يتم تطبيقها علي عينات الخشب المراد التجريبي عليها، الشكل الثاني تم تجهيز الكربوجل مع الكحول إيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١ حيث تم تجهيزه في كأس به ٥٠ مل ماء إلي ٥٠ مل كحول ٨٠٪ أي بنسبة ١:١، ثم تم إضافة ٢ جم كربوجل وإذابته وتركه لمدة حوالي عشرة دقائق يعد تجهيزه، و يتم تطبيقها علي عينات الخشب المراد التجريبي عليها.

- عينات الخشب المستخدمة:

تم إجراء الجانب التجريبي علي خشب لين يعرف تجارياً بالخشب العريزي *pinus sp* حيث تم تقطيع الخشب في اتجاه الألياف مع مراعاة تجنب المناطق التي بها أي عيوب طبيعية، ونوضح أن هناك نوعين من العينات الخشبية:

- عينات بدون اتساخات علي شكل متوازي مستطيلات ٣سم طول و ٣سم عرض و ارتفاع ٢سم استخدمت عليها مادة الكربوجل والمغناطيسي جل.
- عينات علي شكل متوازي مستطيلات ٣سم طول ٣سم عرض و ٢مل ارتفاع واستخدامات في عينات البلازما.
- **ترقيم العينات** تعتبر مرحلة ترقيم العينات مرحلة مهمة وذلك للتسهيل للباحثة لكتابة الباحث.

يوضح الجدول (٢-١) ترقيم عينات البحث

العينة	اسم مادة التنظيف	العينة قبل التطبيق	العينة بعد التطبيق	التقادم الحراري
١	قياسي	N		N*
٢	كربوجل	Cw1	CwA	Cwa
٣	كربوجل+كحول إيثيلي ٨٠٪ بنسبة ١:١	Clw1	ClwA	Clwa
٤	جل مغناطيسي	Mw1	MwA	MwA
٥	جل مغناطيسي+كحول إيثيلي مباشر	MIw1	MIwA	MIwA
٦	بلازما تعريض ١٠ دقائق	Pw1	pWA	Pwa
٧	بلازما تعريض ٢٠ دقيقة	pw2	pwB	Pwb
٨	بلازما تعريض ٣٠ دقيقة	Pw3	pWC	Pwc

٢-٢ الأجهزة وطرق التقييم:

١-٢-١ التقادم الصناعي:

تعتبر عملية التقادم هي تأثر المادة ومكوناتها بالعوامل البيئية المحيطة بها من درجات الحرارة، ورطوبة وغيرها من المؤثرات التي تؤثر بها بمرور فترات زمنية لتعرضها لها، كما تعتبر عملية التقادم الصناعي المعجل للمواد عامة والأخشاب خاصة تهدف للحصول على عينات تتشابه في ظروفها مع المواد الأثرية، وذلك لدراسة مدى تأثير عملية التقادم الصناعي على العينات التجريبية وقياس مدى تدهورها سواء التغيرات البصرية كالتغير اللوني أو التغيرات الكيميائية أو التغيرات الميكانيكية.

١-١-٢ التقادم الحراري:

فرن التقادم الحراري حرارة + رطوبة نسبية من نوع (BINDER924030000200)، الرقم التسلسل: ٢٢/١٩٩٠، الكود: NIS-PMTL-NIS-11، المكان: المعهد القومي للقياس والمعايرة. المواصفة القياسية للتقادم: نظراً لأنه لا يوجد مواصفة قياسية للتقادم الحراري للخشب، فقد تم اللجوء إلى مواصفة قياسية للورق المصنوع من لب الخشب وذلك لتشابه المركبات الكيميائية بينهما، فقد تمت عملية التقادم الحراري في الظروف الآتية من (درجة الحرارة $80 \pm 5^\circ\text{C}$ ورطوبة نسبية ٦٥٪).

BS 6388-3:1996 - ISO 5630-3:1996, Paper and board -- Accelerated ageing -- Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65 % relative humidity Paperback – 23Aug2007

فترة التعريض الزمنية: فقد تمت عملية التقادم لمدة ٧٢ ساعة متواصلة أي ثلاثة أيام وهو ما يعادل ٣٠ سنة (درجة الحرارة $80 \pm 5^\circ\text{C}$ ورطوبة نسبية ٦٥٪)، في الظروف الطبيعية، حيث يعمل التقادم على حدوث تغييرات سطحية في شكل الخشب نتيجة ارتفاع الحرارة الداخلية لسطح الخشب المؤدي إلى حدوث تغييرات بمكوناته الكيميائية^(٢٩)(٣٠)(٣١)(٣٢)، وعند تسخين الخشب في درجات حرارة من ١٨٠:٩٠ م يحدث أكسدة حرارية للمكونات الكيميائية للخشب، مما يؤدي إلى حدوث تغييرات لونية لسطح الخشب^(٣٣).

٢-٢ الفحص بالتصوير:-

هو واحد من أهم من التقنيات البصرية، وهو من أبسط طرق الفحص حيث يعتمد علي انعكاس الضوء من الشيء المراد تصويره للضوء^(٣٤)، واستقباله مرة أخرى بعد انعكاسه علي أفلام حساسة لنفس نوع الأشعة الساقطة^(٣٥)، لالتقاط صور التصوير الفوتوغرافي بالكاميرات و التصوير الرقمي بالميكروسكوب الرقمي.

²⁹⁻ Arias, T. E, et al. "Conservation of Historic Book Bindings by Means of Facsimile Reproduction: The Torres Notarial Register (1382–1400) in the Archive of the Royal Chancellery of Granada, Spain." Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage, 2013,p.p, 227-230.

³⁰⁻ Kaminska, A, et.al., "Colorimetric Study of the Post-Processing effect due to Pulsed Laser Cleaning of Paper." Optica Applicata Vol. XXXIV No.1,2004. p.p, 121-132.

³¹⁻ Pentzien, S, "The Influence of Paper Type and State of Degradation on Laser Cleaning of Artificially Soiled Paper." Lasers in the Conservation of Artworks VIII ,2011,p.p, 59-65.

³²⁻ Kránitz, K., " Effect of natural aging on wood", ETH Zurich Research Collection, No. 21661, 2014,p.24.

³³⁻Matsuo M., et.al. "Color changes in wood during heating: kinetic analysis by applying a time-temperature superposition method", Applied Physics A Materials Science & Processing, vol,99,2010,p.p. 47-52.

³⁴⁻ Zidan, Y., et.al., "Treatment of Khedive Ismail's antique gun(1863-1879) at the National Military Museum. A Case Study", Int. Journal of Student Research in Archaeology, Vol. 1, No. 1,2016, pp.237–245.

³⁵⁻Ambrosini, D., " Optical techniques in wooden paintings diagnostics", Wood Science for Conservation of Cultural Heritage, Firenze University Press,2009,pp. 55-61.

- التصوير الفوتوغرافي:

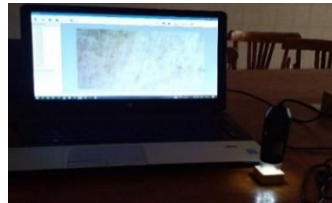
يتم إجراء فحص العينات باستخدام التصوير الفوتوغرافي بالكاميرات لتسجيل وتوثيق صور العينات بشرط أن تكون الإضاءة ملائمة وعالية الوضوح.

			
يوضح شكل (ث) عينة الخشب بعد المعالجة بكمادة الكربوجل وبعد عمليات التقادم الحراري	يوضح شكل (ت) عينة الخشب بعد المعالجة بكمادة الكربوجل وقبل عمليات التقادم الحراري	يوضح شكل (ب) عينة الخشب بعد المعالجة بكمادة كربوجل وجفافها	يوضح شكل (أ) تطبيق كمادة الكربوجل علي عينة الخشب العريزي
			
يوضح شكل (د) عينة الخشب بعد المعالجة بكمادة الكربوجل + كحول ٨٠٪ تركيز ١:١ وبعد عمليات التقادم الحراري	يوضح شكل (خ) عينة الخشب بعد المعالجة بكمادة الكربوجل + كحول ٨٠٪ وقبل عمليات التقادم الحراري	يوضح شكل (ح) عينة من الخشب العريزي بعد جفاف كمادة كربوجل + كحول عليها	يوضح شكل (ج) عينة من الخشب عريزي مطبق عليها كربوجل + كحول ٨٠٪ تركيز ١:١
			
يوضح شكل (س) عينة من الخشب بعد ازالة كمادة الجل المغناطيسي عليها ثم التنظيف المباشر بالكحول	يوضح شكل (ز) عينة من الخشب بعد ازالة كمادة الجل المغناطيسي والتقادم الحراري	يوضح شكل (ر) عينة من الخشب بعد ازالة كمادة الجل المغناطيسي عليها	يوضح شكل (د) عينة من الخشب مطبق عليها الجل المغناطيسي

يوضح شكل (١-٢) بعض عينات الخشب قبل وبعد المعالجة بمواد التنظيف وبعد حدوث عملية التقادم الحراري






















- الميكروسكوب الرقمي:

تم إجراء فحص العينات باستخدام ميكروسكوب رقمي صغير محمول باليد US00X، كما موضح بالشكل (١-٣)، الموجود في معمل الحيوود الأشعة السنوية لكلية الآثار جامعة القاهرة، الميكروسكوب مصنوع في الصين بحد أقصى للتكبير يصل إلي 500x، ومدى التركيز من ١٥-٤٠ ملم، ودقة التقاط الصورة ٦٤٠x٤٨٠ بكسل، تم استخدام الميكروسكوب الرقمي للتحقيق في مورفولوجيا السطح للعينات التجريبية قبل وبعد عملية التنظيف.



يوضح الشكل (١-٣) الميكروسكوب الرقمي

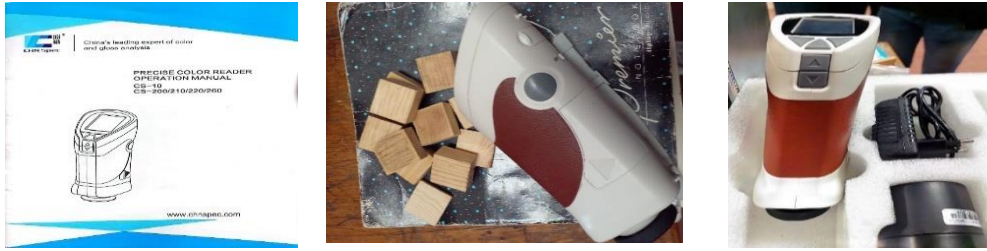
دراسة تأثير مواد التنظيف علي الخواص البصرية والكيميائية للأخشاب الآثرية

الملاحظات	عينات التقادم الحراري	عينات بعد التنظيف	العينة القياسية	المادة
	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة بكمادة كربوجل Cwa وبعد عمليات التقادم الحراري	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة بكمادة كربوجل CwA	 يوضح شكل خشب Cw1	كمادة كربوجل
	 يوضح شكل خشب المعالجة بكمادة كربوجل + كحول ٨٠٪ تركيز ١:١ وبعد عمليات التقادم الحراري	 يوضح شكل خشب بعد المعالجة بكمادة كربوجل + كحول ٨٠٪ ClwA	 يوضح شكل من خشب Clw1	كمادة كربوجل + كحول إيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١
	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي Mwa	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي MWA	 يوضح شكل خشب Mw1	كمادة الجل المغناطيسي
	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي مع التنظيف بالكحول إيثيلي ٨٠٪ مباشرة MIwa	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي مع التنظيف بالكحول إيثيلي ٨٠٪ مباشرة MIwA	 يوضح شكل الخشب MIw1	كمادة الجل المغناطيسي + التنظيف المباشر بالكحول الإيثيلي
	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة التعريض للبلازما ١٠ دقيقة pwa	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة التعريض للبلازما ١٠ دقيقة pWA	 يوضح شكل الخشب pw1	التعريض بالبلازما
	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة التعريض للبلازما ٢٠ دقيقة pwb	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة التعريض للبلازما ٢٠ دقيقة pWB	 يوضح شكل الخشب pw2	التعريض بالبلازما
	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة التعريض للبلازما ٣٠ دقيقة pwc	 يوضح شكل الخشب بعد المعالجة التعريض للبلازما ٣٠ دقيقة pWC	 يوضح شكل الخشب pwc3	التعريض بالبلازما

يوضح شكل (٤-١) عينات الخشب قبل وبعد المعالجة بمواد التنظيف وبعد حدوث عملية التقادم الحراري

- قياسي التغير اللوني:

تم استخدام جهاز Cs-10, Cs-200/210/220/260، كما موضح بالشكل (٤-٥)، يوجد في معامل جامعة القاهرة كلية الآثار قسم الترميم، يهدف استخدامه إلي دراسة تقييم التغيرات اللونية التي تحدث للعينات المعالجة بمواد التنظيف المستخدمة والعينات التي حدث لها تقادم حراري، وذلك لأختيار أنسبها من حيث الخواص البصرية في التنظيف، ويحتاج الجهاز المستخدم في عملية قياس التغير اللوني إلي مساحة ٢X٢سم لتسهيل عملية القياس، وقد تم تقييم باستخدام قياس التغير اللوني للعينات باستخدام نظام (CIE lab)، يعتبر قياس التغير اللوني للعينات منهجية غير مدمرة، ويتم قياس التغير اللوني للعينات الخشبية باستخدام نظام CIE lab⁽³⁶⁾ وهو أختصر للجملة الفرنسية Commission Internationale de l'Eclairage وهو نظام دولي يعتمد على الرموز EΔ- $L^*a^*b^*$ أو $L^*c^*h^*E\Delta$.⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾⁽⁴²⁾



يوضح الشكل (٥-١) جهاز التغير اللوني المستخدم

وقد أسفرت القياسات عن الجدول التالي:

جدول (٣-١) يوضح نتائج التغير اللوني للعيونة القياسية والعينات المعالجة بعد عمليات التقادم الحراري:

العينات	L*	ΔL *	A*	Δa *	b*	Δb *	ΔE *	ملاحظات
N*	٧٨,٤٣	--	٨,٥٥	--	٢٤,٧٧	---	--:٤م	
Cwa	٧٣,٧٤	٤,٦٩-	٦,٧٩	١,٧٦-	٢٤,١٤	٠,٦٣-	٥,٠٨٤	
Clwa	٧٤,٤١	٤,٠٢-	٦,٤٥	٢,١-	٢٧,٠٧	٢,٣	٥,٠٩	
MwA	٦٣,٠٩	١٥,٣٤-	٥,٦٨	٢,٨٧-	٢٧,٢٩	٢,٥٢	١٥,٨١	مرفوض
Mlwa	٦٠,٥٧	١٧,٨٦-	٨,٦٦	٠,١١	٢٧,٧٧	٣	١٨,١١	مرفوض
Pwa	٧٨,٨٧	٠,٤٤	٥,٨٣	٢,٧٢-	٢٣,٣٩	١,٣٨-	٣,٠٨	

³⁶- Sundqvist, P. "Color Change and Acid Formation in Wood During Heating". Skelleftea Sweden: Doctoral Thesis Lulea University of Technology, 2004, P24.

³⁷- Persson, S. "Properties of Solid Wood Responses to Drying and Heat Treatment". Department of Skellefteå Campus, Division of Wood Science and Technology: Luleå University of Technology, 2005, P40.

³⁸- Standard.E., " Technical Report: Colorimetry", 3rd edition. Technical Report, Washington. USA: International Commission on Illumination, 2004, P28.

³⁹- Calienno, L. et al. "Light-Induced Color Changes and Chemical Modification of Treated and Untreated Chestnut Wood Surface." Studies in Conservation, Vol. 60 (2), 2015, p.p 131-139.

⁴⁰- Barick, R, et.al., "Effect of Temperature on the Color Changes Wood During Thermal Modification." Cellulose Chemistry and Technology, Vol.49 (9-10), 2015, p.p 789-798.

⁴¹- Axelsson, K., et.al, "Degradation of Collagen In Parchment Under The Influence of Heat-Induced Oxidation: Preliminary Study of Changes At Macroscopic;, And Molecular Levels", Studies in Conservation, Vol 61, No1, , 2016, 46-57.

⁴²- Cappa, F. et.al, " Studies on the effects of mixed light-thermal ageing on parchment by vibrational spectroscopy and micro hot table method", Heritage science, 2020, p.p1-12.

دراسة تأثير مواد التنظيف علي الخواص البصرية والكيميائية للأخشاب الأثرية

	٣,٠٥	٠,٨٤-	٢٣.٩٣	٢,٩٢-	٥.٦٣	٠,٢٧	٧٨.٧٠	Pwb
	٥,٤١	٢,٧٥-	٢٢.٠٢	٤,٥٧-	٣.٩٨	٠,٩	٧٩.٣٣	Pwc

حيث L^* تعبر عن درجة الإضاءة أو السطوع حيث تتراوح بين (١٠٠:٠) الدرجة صفر تمثل اللون الأسود، بينما تمثل الدرجة ١٠٠ اللون الأبيض، بينما تعبر a^* عن درجة التغير اللوني من اللون الأحمر إلى اللون الأخضر، بينما تعبر b^* تعبر عن درجة التغير اللوني من اللون الأزرق إلى اللون الأصفر، بينما ΔE يعبر عن قيمة التغير اللوني الكامل للعينة، وتعبر القيم فيه عن مدى التغير اللوني الكامل للعينة.

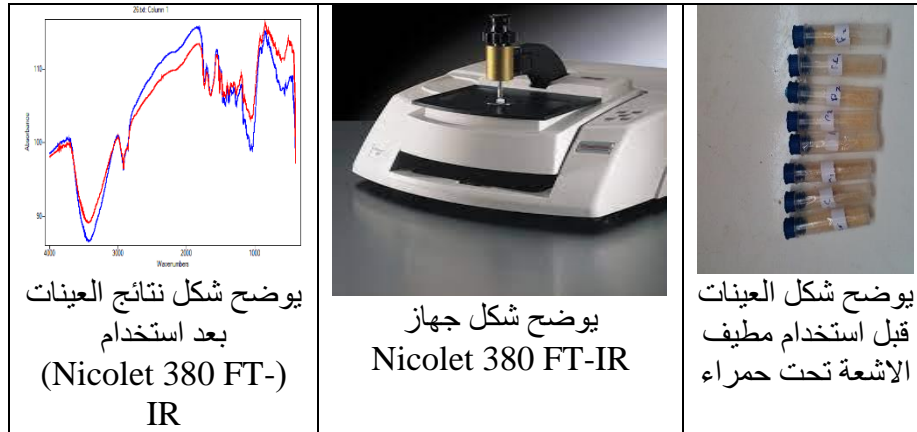
- قياس التغيرات الكيميائية باستخدام مطياف الأشعة تحت حمراء:

يعتبر التحليل باستخدام الأشعة تحت الحمراء من الطرق الفيزيائية والكيميائية غير المدمرة، حيث تعتمد على قياس اهتزاز الجزيئات المثارة بإشعاع IR في طول موجي محدد، وتم استخدامه في دراسة التغيرات الكيميائية للمجموعات الوظيفية لكل من السليلوز، الهيميسليلوز، اللجنين، وذلك عن طريق مقارنة شدة ومناطق طيف الامتصاص للمجموعات الوظيفية المميزة لهم في العينات المعالجة والعينة القياسية.

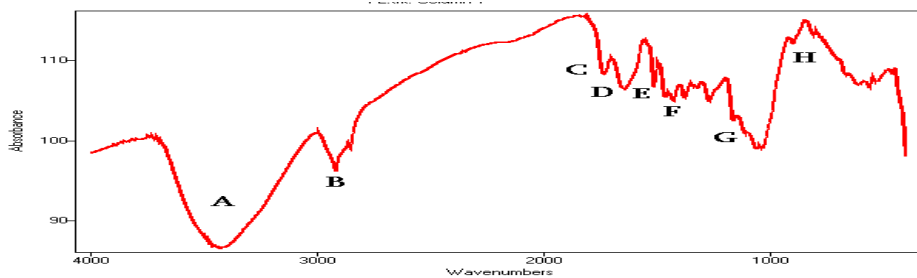
وقد تم تحليل العينات الخشبية باستخدام جهاز التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء من نوع (Nicolet 380 FT-IR)، الموجود في المعهد القومي للقياس والمعايرة، حيث تم استخدام برنامج تحليل (Essential FTIR 2015)، وذلك لفصل الأطياف وعمل المقارنات مستخدمة في ذلك طريقة (Superimpose) في البرنامج لعمل مقارنات بين أطياف الامتصاص المختلفة.

الغرض من التحليل: هو دراسة التغيرات الكيميائية للمجموعات الوظيفية لكلا من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين، وذلك عن طريق مقارنة شدة ومناطق الامتصاص للمجموعات الوظيفية المميزة لهم في العينات المعالجة والعينات القياسية، ظروف التشغيل تم التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء للعينات القياسية والعينات المعالجة في الطول الموجي (٤٠٠-٤٠٠٠ سم^{-١}).

طريقة تجهيز العينة للتحليل: تم استخدام طريقة الأقراص الصلبة، حيث يتم مزج العينة في بروميد البوتاسيوم (KBr) وعمل منهم قرص صلب، ونسبة العينة في قرص البروميد (٠,٠٠٢) من نسبة البروميد بالوزن، حيث تم توحيد وزن العينة لكل العينات.



يوضح الشكل (٦-١) جهاز Nicolet 380 FT-IR المستخدم.



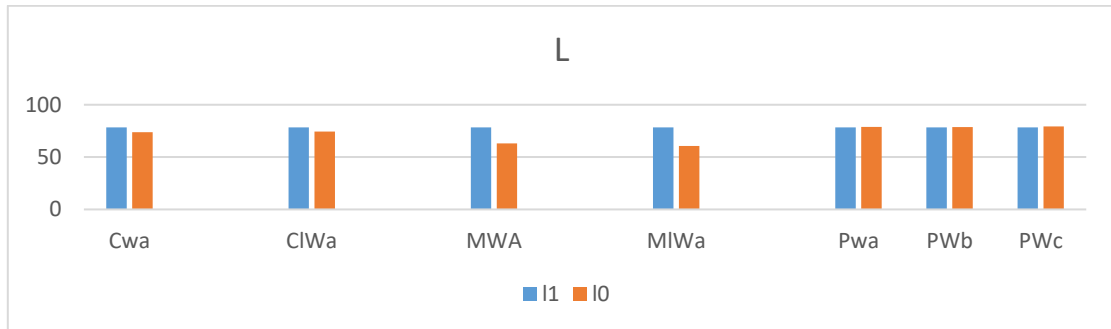
يوضح الجدول (٤-١) يوضح نتيجة التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لعينة الخشب القياسية

الرمز	المجموعة الوظيفية	الطول الموجي	الدلالة	المراجع
A	مد (OH)	3300 : 3400	السليولوز والمحتوي المائي	(Kavkler, -(Bodirlau & Teaca, 2007) 2012)
B	مد (CH)	2800 : 3000	السليولوز	(Tjeerdsma & Militz, 2005)
C	مد (C=O)	1735	الهيميسليولوز	(Tjeerdsma & Militz, 2005)
D	مد (C=O)	1630 : 1680	اكسده السليولوز	(Colom & Carrillo, 2005)
E	مد (C=C)	1505 : 1515	اللجنين	(Zidan, El Hadidi, & Fawzy, 2016)
F	أنحاء (CH)	1425	تبلور السليولوز	(Karimi & Taherzadeh, 2016)
G	مد (C-O-C)	1150 : 1165	بلمرة السليولوز	(Zidan, El Hadidi, & Fawzy, 2016)
H	مد (C-O)	1000 : 1100	السليولوز	(Pandeya & Pitmanb, 2003)

٣. النتائج والمناقشة **Results and discussion**

- تفسير نتائج قياسي التغير اللوني للعينات بعد التقادم الحراري
- قياس $\Delta L-I$

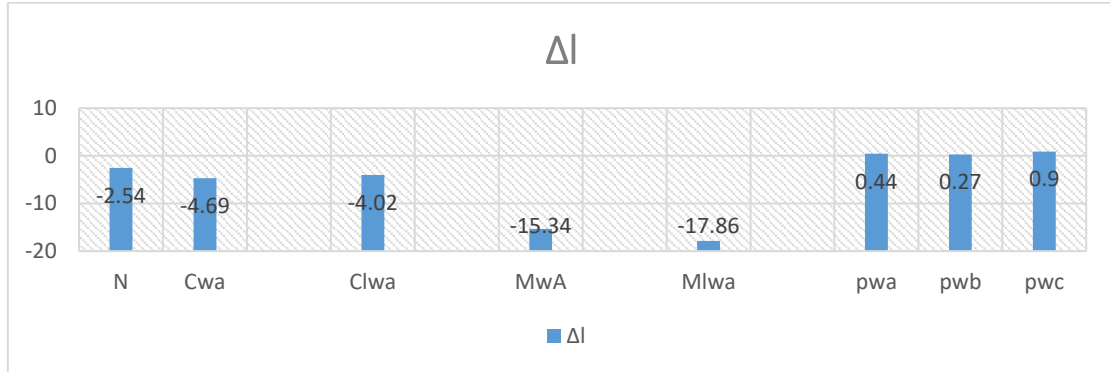
نلاحظ من النتائج السابقة أن العينات المعالجة لكل من البلازما لمدة تعريض ٢٠ دقيقة pWb) ($\Delta l = 0.27$) والبلازما مدة تعريض ١٠ دقائق Pwa ($\Delta l = 0.44$)، ثم بلازما مدة تعريض ٣٠ دقيقة Pwc ($\Delta l = 0.9$) حدثت للعينات بهتان تفتيح لون خفيفة جداً وغير ملحوظة بالعين المجردة. أما العينات المعالجة بكمادة الكربوجل عينة Cwa ($\Delta l = -4.69$) حدث لها غمقان / دكانة واضحة أي حدث تغير ملحوظة بالعين المجردة، العينات المعالجة بكمادة الكربوجل مضاف إليها الكحول الإيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١ وعينة Clwa ($\Delta l = -4.02$) حدثت لها غمقان / دكانة ملحوظة بالعين المجردة، بالنسبة للعينات المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي و العينات المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي ثم التنظيف المباشر كحول الإيثيلي ٨٠٪ Mwa ($\Delta l = -15.34$)، ثم MIwa ($\Delta l = -17.86$)، حدثت لهما غمقان واضح جداً تغير جذري في شكل العينات وهذا مرفوض. يوضح الرسم البياني الخاص بقيم (L) للعينات المعالجة مقارنة بقيم (L) للعينة القياسية



يوضح الشكل (٨-١) مقارنة قيم (L) للعينات المعالجة وقيم (I1) L للعينة القياسية بعد التقادم الحراري

دراسة تأثير مواد التنظيف علي الخواص البصرية والكيميائية للأخشاب الأثرية

أما الشكل التالي يوضح قيم التغير في (ΔI) مقارنة بالعينات القياسية حيث أن الرقم صفر يعبر عن الدرجة المثالية للتغير اللوني، كلما اقترب من الصفر ذلك يعني أنه تغير طفيف غير ملحوظ بالعين المجردة، وكلما زاد التغير بالقيمة الموجبة دل علي حدوث بهتان وتفتح للون، وكلما نقصت القيمة عن الصفر في اتجاه القيمة السالبة كلما زاد حدوث غمقان ودكاشة في اللون.

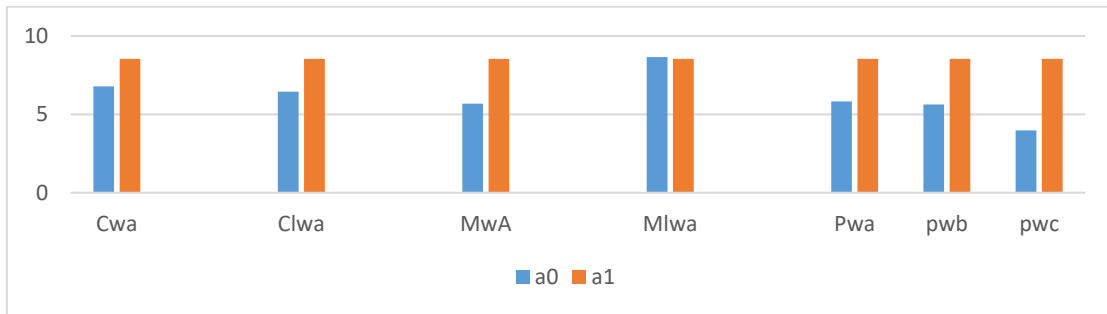


يوضح الشكل (٩-١) مقارنة قيم التغير في ΔI للعينات المعالجة مع العينات القياسية بعد التقادم الحراري

- قياس ($\Delta a - a$)

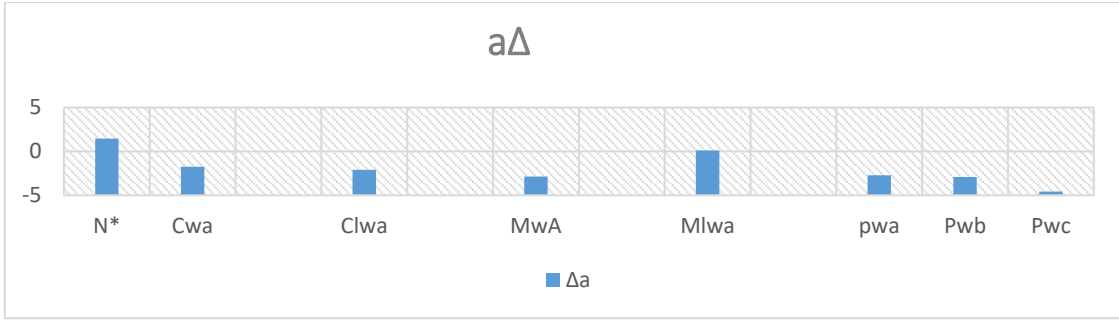
من الجدول السابق (١-٢١) يتضح لنا أن العينات المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي ثم التنظيف المباشر بكحول إيثيلي ٨٠٪ ($\Delta a = 0.11$) $Mlwa$ ، ويعني ذلك أنها أعطت تغير لوني للعينات نحو اللون الأحمر، وهو تغير طفيف جداً غير ملحوظ بالعين المجردة، وقد أعطت العينات المعالجة بكل من كمادة الكربوجل وكمادة الكربوجل مضاف إليها كحول إيثيلي النتيجة التالية ($\Delta a = -1.76$) Cwa و ($\Delta a = -2.1$) $Clwa$ أي حدوث تغير لوني للعينات نحو اللون الأخضر، وهو تغير طفيف جداً غير ملحوظ بالعين المجردة، بينما العينات المعالجة بكمادة الجل المغناطيسي MwA ($\Delta a = -2.87$) حدث تغير لوني للعينات نحو اللون الأخضر، وهو تغير متوسط ملحوظ بالعين المجردة، وقد أعطت العينات المعالجة بالبلازما Pwa ($\Delta a = -2.72$) و pwb ($\Delta a = -2.92$) و ($\Delta a = -4.57$) pwc حدوث تغير لوني للعينات نحو اللون الأخضر كلما زاد مدة التعريض للبلازما زاد التغير نحو اللون الأخضر حيث انتقال من التغير الطفيف غير الملحوظ بالعين المجردة إلي تغير متوسط ملحوظ بالعين المجردة.

يوضح الرسم البياني الخاص بقيم (a) للعينات المعالجة مقارنة بقيم (a) للينة القياسية



يوضح الشكل (١٠-١) مقارنة قيم (a_0) للعينات المعالجة بقيم (a_1) للينة القياسية بعد التقادم الحراري

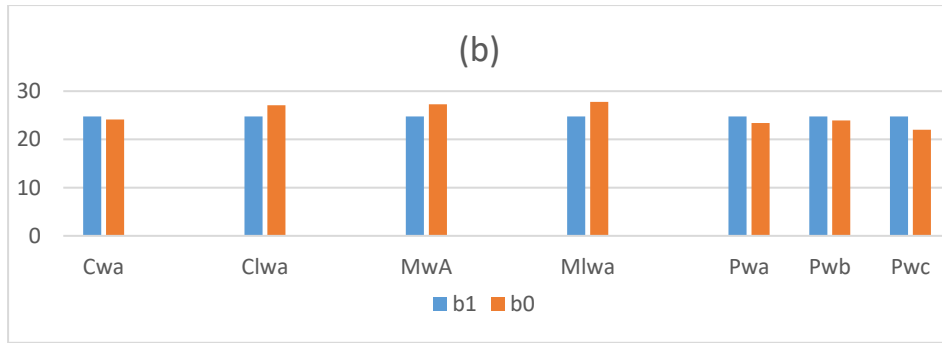
أما الشكل التالي يوضح قيم التغير في Δa مقارنة بالعينات القياسية حيث أن الرقم صفر هو الدرجة المثالية لتغير اللوني وكلما زادت القيمة الموجبة دل علي حدوث تغير لوني نحو درجة اللون الاحمر وكلما زاد الرقم زادت درجة التغير اللوني للينة، وكلما نقصت القيمة عن الصفر نحو القيمة السالبة كان التغير في اتجاه درجة اللون الأخضر.



يوضح الشكل (١١-١) مقارنة قيم التغير في Δa للعينات المعالجة مع العينات القياسية بعد التقادم الحراري

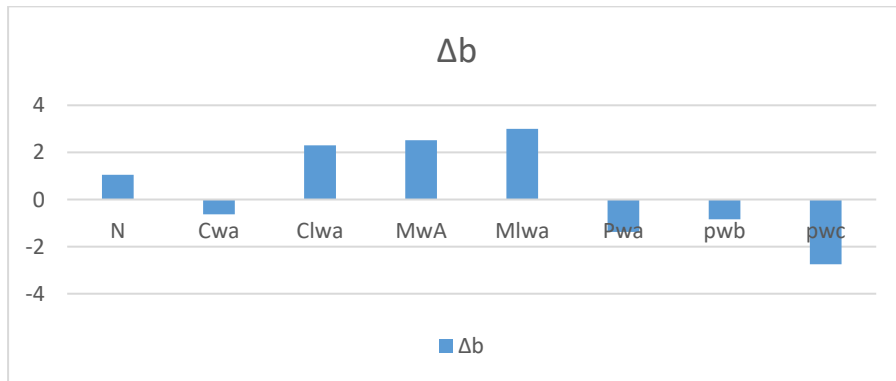
- قياس $(\Delta b - b)$

من الجدول السابق (٤-٢١) يتضح لنا أن العينات المعالجة أن العينة Cwa $\Delta b = -0.63$ وعينة Pwa $\Delta b = -0.84$ وعينة Pwc $\Delta b = -1.38$ وعينة Pwc $\Delta b = -2.75$ تغيرات لوني نحو درجة اللون الأزرق بنسبة طفيفة جداً غير ملحوظة بالعين المجردة، في حين أن العينة $Clwa$ $\Delta b = 2.3$ تغيرات لونية نحو اللون الأصفر بنسبة طفيفة جداً غير ملحوظة بالعين المجردة، بينما العينات MwA $\Delta b = 2.52$ وعينة $Mlwa$ $\Delta b = 3$ تغيرات لونية نحو درجة اللون الأصفر بنسبة متوسطة / طفيفة ملحوظة بالعين المجردة. يوضح الرسم البياني الخاص بقيم (b) للعينات المعالجة مقارنة بقيم (b) للعينة القياسية



يوضح الشكل (١٢-١) مقارنة قيم (b) للعينات المعالجة وقيم (b1) للعينة القياسية بعد التقادم الحراري

أما الشكل التالي يوضح قيم التغير في (Δb) مقارنة بالعينات القياسية حيث أن الرقم صفر هو التغير اللوني المثالي للعينات، وكلما زاد القيمة عن الصفر (القيمة الموجبة) دل ذلك علي حدوث تغير لوني نحو درجة الأصفر وكلما زاد الرقم زاد التغير اللوني، وكلما نقصت القيمة عن الصفر نحو القيمة السالبة حدث تغير لوني نحو درجة اللون الأزرق.



يوضح الشكل (١٣-١) مقارنة قيم التغير في Δb للعينات المعالجة مع العينات القياسية بعد التقادم الحراري.

- قياس (ΔE)

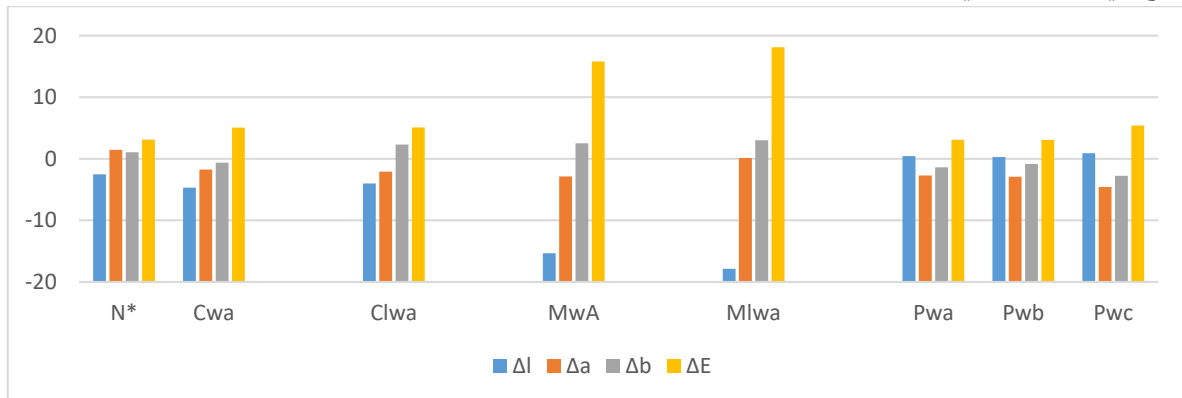
من الجدول السابق (٤-٢١) يتضح لنا أن العينات المعالجة بالبلازما في وقت تعريض ١٠، ٢٠ دقيقة أفضل النتائج للتغيير اللوني الكلي حيث أن عينة $\Delta E = 3.05 pwb$ وفي $\Delta E = 3.08 pwa$ يليهم عينة $\Delta E = 5.05 Cwa$ وعينة $\Delta E = 5.09 Clwa$ وعينة $\Delta E = 18.11 Mlwa$ وهي أسوأ نتائج التغييرات اللونية حيث حدث للعينة تغيير لوني كبير مغير ومشوه للخواص البصرية للعينة وهذا مرفوض.

أي أن تغيير العينات التي تم معالجتها بالتعرض للبلازما في فترات زمنية (١٠-٢٠-٣٠ دقيقة) أفضل نتائج في التغيير اللوني وهو تغيير لوني طفيف ملحوظ بالعين المجردة، ولكن كلما زادت مدة التعريض يزداد التغيير اللوني في العينات المعالجة، يليها العينات التي تم تنظيفها بكمادة كربوجل سواء كربوجل فقط أو كمادة كربوجل مضاف إليها كحول إيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١، حيث حدث تغيير متوسط ملحوظ بالعين المجردة، بينما العينات التي تم تنظيفها بالجل الكيميائي "جل مغناطيسي/ماجنتيك جل أعطت أسوأ نتائج في التغيير اللوني حيث حدث تغيير كبير مشوه للخواص البصرية للعينات وذلك مرفوض في مجال الترميم الاثري.



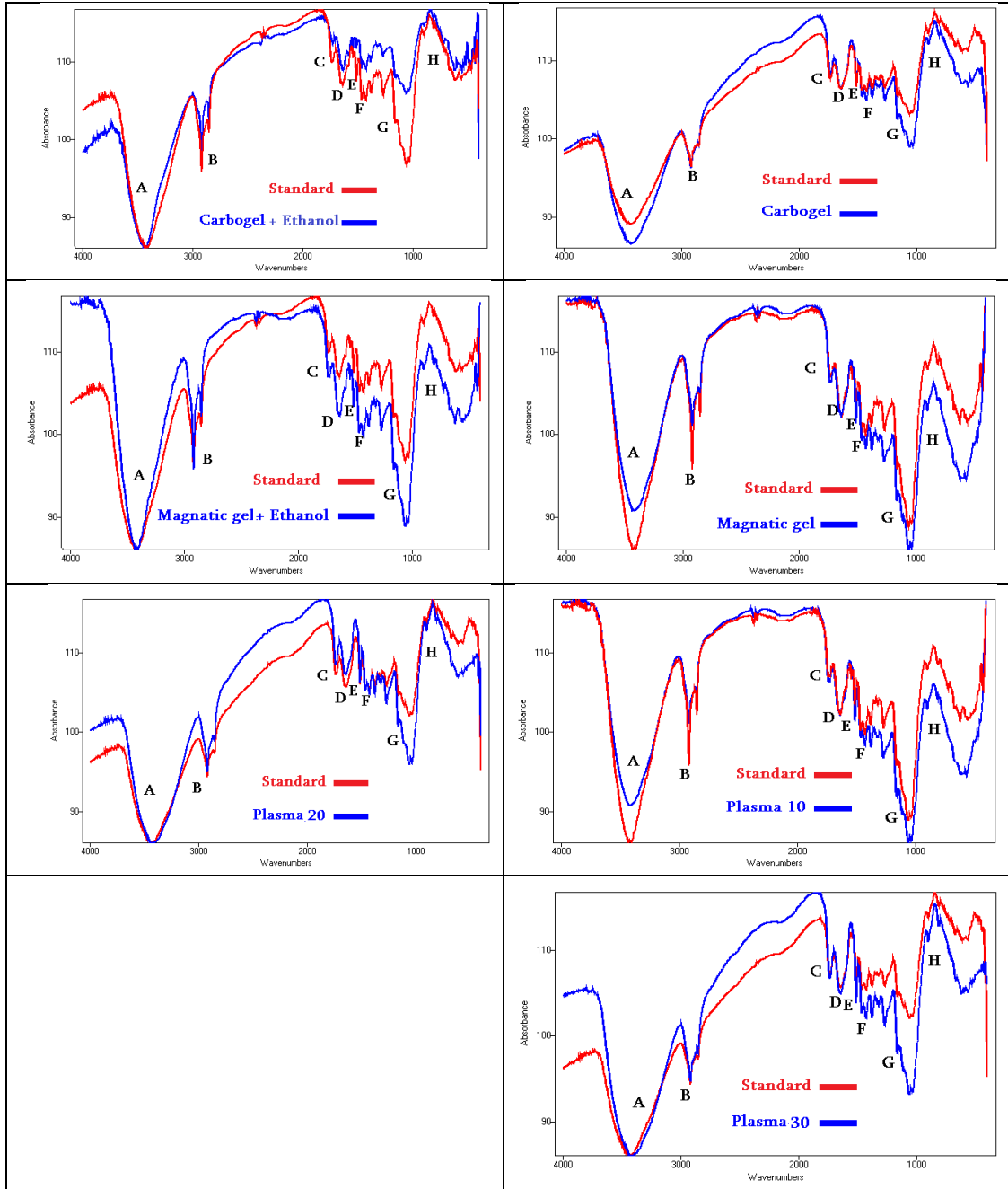
يوضح الشكل (١-٤) مقارنة قيم التغيير اللوني في (ΔE) للعينات المعالجة مع العينات القياسية بعد التقادم الحراري.

أما الشكل التالي يوضح ملخص للقيم التغيير اللوني ($\Delta E - \Delta l - \Delta a - \Delta b$) للعينات المعالجة مقارنة بالعينات القياسية والذي يظهر من خلاله أن العينات المعالجة بالبلازما مدة تعريض ٢٠ دقيقة و ١٠ دقائق قد أظهرت أفضل النتائج في التغيير اللوني، في حين أن العينات المعالجة بكمادات الجل المغناطيسي قد أعطت أسوأ النتائج في التغيير اللوني.



يوضح الشكل (١-٥) ملخص لقيم التغييرات ($\Delta E - \Delta l - \Delta a - \Delta b$) للعينات المعالجة مقارنة بالعينات القياسية في التقادم الحراري.

تفسير نتائج تحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لعينات المعالجة بمواد التنظيف المختارة مقارنة بالعينة القياسية ما يلي:



شكل (١٦-١) يوضح التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لعينة الخشب بعد التنظيف بمواد مقارنة بالعينة القياسية

وقد اتضح أن كلاً من مواد التنظيف المختارة (كمادة الكربوجل وكمادة الجل المغناطيسي "ماجنيك جيل"، وكمادة الجل المغناطيسي+الإيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١، وبلازما بمدة التعريض (١٠-٢٠-٣٠ دقيقة)) لم تحدث أي تغيرات في المجموعات الوظيفية الخاصة بكل من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين، وذلك يعني أن مواد التنظيف السابق ذكرها ليس لها تأثير علي المركبات الكيميائية للخشب ، وذلك باختلاف كمادة الكربوجل + الكحول الإيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١ تتسبب في حدوث نقص طفيف في منطقة مد C=O الخاص بالهيميسليلوز مما يدل علي تأثير الكحول الإيثيلي علي الهيميسليلوز.

وقد اتضح من نتائج التحليل حدوث نقص طفيف في اتساع طيف مد مجموعة OH عند منطقة الإمتصاص ٣٤٠٠-٣٣٠٠ وتبعه نقص في شدة طيف مد CO في منطقة الامتصاص ١١٦٥ مما يدل علي نقص

دراسة تأثير مواد التنظيف علي الخواص البصرية والكيميائية للأخشاب الأثرية

المحتوي المائي للخشب، وذلك في كل من كمادة الكربوجل+الكحول الإيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١، وهذا نتيجة استخدام الكحول الإيثيلي مع مادة الكربوجل في التنظيف، وفي كمادة الماغنيتك+الكحول الإيثيلي ٨٠٪ تركيز ١:١، وهذا نتيجة استخدام الكحول الإيثيلي مع مادة الجل المغناطيسي في التنظيف، بينما حدث نقص طفيف في شدة طيف مد مجموعة OH عند منطقة الامتصاص ٣٤٠٠-٣٣٠٠ ويتبعه نقص في شدة طيف مد CO في منطقة الامتصاص ١١٤٩ مما يدل علي نقص المحتوى المائي للخشب في كمادة الماغنيتك جل"الجل المغناطيسي"، كما حدث حدوث نقص طفيف في شدة طيف مد مجموعة OH عند منطقة الامتصاص ٣٣٠٠-٣٤٠٠ ويتبعه نقص في شدة طيف مد CO في منطقة الامتصاص ١١٦٥ مما يدل علي نقص المحتوى المائي للخشب وذلك في الخشب العريزي المعالجة بلازما في أوقات التعريض ١٠-٢٠-٣٠ دقيقة، كما حدثت زيادة طفيفة في شدة طيف مد مجموعة OH عند منطقة الامتصاص ٣٣٠٠-٣٤٠٠ يتبعه زيادة في طيف مد CO في منطقة الامتصاص ١١٢٥ مما يدل علي زيادة المحتوى المائي للخشب، وهذا نتيجة وجود الماء بمادة الكربوجل.

جدول (٥-١) يوضح عيوب ومميزات مواد التنظيف المستخدمة

مادة التنظيف	العيوب	المميزات
مادة الكربوجل	- وجود بقايا من آثار الكمادة علي السطح ويمكن إزالتها بالتنظيف الميكانيكي.	- أنظمة بوليميرية يتم تبلورها بالروابط الكيميائية ضعيفة من روابط هيدروجينية وروابط فان ديل فال. - أنها أعطت أفضل نتائج في تنظيف بقع الخشب المختارة وأفضل تأثير علي الخشب من حيث التغيرات اللونية ودرجة الحموضة والتغيرات الكيميائية.
البلازما الهوائي	- وعدم إمكانية استخدام جهاز DBD في موقع الأثري كما يصعب نقل الآثار الي المعامل الاختبار. - أن البلازما الهوائي لها تأثير ضار نسبياً علي البيئة والإنسان وذلك نتيجة تكوين غاز الأوزون الذي له قدرة عالية علي اكسدة والتنقية مما يؤدي الي تكوين أكاسيد النيتروجين.	- ذات طبيعة جافة. - تساعد علي تقليل استهلاك الطاقة من الطرق غير المدمرة للعينة. - يقصر العلاج علي الطبقة السطحية.
مادة الجل المغناطيسي	- تعتبر أنظمة الجل النانوية غير فعالة في تنظيف الخشب اللين"العريزي" مع ترك بقايا غير مرغوب فيها.	- شبكات بوليميرية متصالية تتميز بروابط القوية من الروابط التساهمية والروابط الأيونية. - تقشير الجل بسهولة من السطح.

٤. الاستنتاجات Conclusions

- يعتبر التنظيف مادة الكربوجل هي أفضل نتيجة من حيث تأثيرها علي سطح الخشب الأثري حيث التغيرات الفورمولوجيا والتغيرات اللونية السطحية وكذلك الحموضة وحدثت تغيرات كيميائية لسطح الخشب.
- يليها استخدام مادة البلازما ولكن البلازما كلما زاد وقت التعريض زاد تأثيرها علي خواص الخشب وزاد قدراتها علي ازالة الاتساخ الملاصق لسطح الخشب، وعدم امكانية استخدام جهاز DBD في موقع الأثري، كما يصعب نقل الآثار الي المعامل الاختبار، كما ان أجهزة البلازما بدنيه للغاية،
- بينما يعتبر مادة جل المغناطيسي أعطيت أسوء "مرفوضة" نتائج في تأثيره علي تغيرات اللونية لسطح الخشب، بينما لم تأثر بشكل كبير علي في درجة الحموضة أو التغيرات الكيميائية له.

٥-التوصيات Recommendations

- ضرورة دراسة التقنيات الحديثة "البلازما" بشكل أوسع والتعرف علي تأثيرها علي مواد الأثرية.
- إجراء دراسات تجريبية لتقييم طرق التنظيف المختلفة التي لم تتناولها الدراسة مثل التنظيف بالليزر والتنظيف بالموجات فوق الصوتية.
- استبعاد استخدام كمادات الجل المغناطيسي علي الخشب اللين "العريزي"، وذلك لأنه أعط نتائج مرفوضة في التغييرات اللونية لسطح الخشب.
- من الضروري أن تكون العينات التجريبية خالية من العيوب أو عوامل التلف الداخلية، أي تكون متجانسة ويتم أخذ جميع الاحتياطات اللازمة في عمليات تجهيز العينات التجريبية.
- أن الباحث استخدام نوع واحد من الأخشاب ويفضل دراستها علي أنواع مختلفة من الخشب.
- أن الباحث استخدام بلازما الهواء الجوي فقط، ويفضل استخدام أنواع مختلف من البلازما سواء من حيث نوع الغاز "أكسجين، أرجوان، مزيج من غازين.

المراجع

- (١) محمد ربيع ، دراسة مقارنة لتقييم الاتجاهات الحديثة لمواد التنظيف الأخشاب الاثرية تطبيقاً علي أحد النماذج المختارة، رسالة دكتوراة ،جامعة القاهرة،كلية الآثار،٢٠٢٠، ص.ص ٣٦-٤٨.
- 2) Ambrosini, D., " Optical techniques in wooden paintings diagnostics", Wood Science for Conservation of Cultural Heritage, Firenze University Press,2009,pp. 55-61.
 - 3) Anuradha.P, et.al., "Surface Characterization and Antibacterial Activity of Plasma Treated Polystyrene Thin Film", Journal of Pure and Applied Physics, Vol. 5, N. 2 ,2009, pp. 157–164.
 - 4) Arias, T. E, et al. "Conservation of Historic Book Bindings by Means of Facsimile Reproduction: The Torres Notarial Register (1382–1400) in the Archive of the Royal Chancellery of Granada, Spain." Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage, 2013,p,p, 227-230.
 - 5) Axelsson, K., et.al , "Degradation of Collagen In Parchment Under The Influence of Heat-Induced Oxidation: Preliminary Study of Changes At Macroscopic, And Molecular Levels", Studies in Conservation ,Vol 61,No1, ,2016,46-57.
 - 6) Baglioni,P ,et.al. "Gels for the Conservation of Cultural Heritage", Langmuir perspective, American Chemical Society ,Vol. 25(15), 2009, p.p 8373–8374.
 - 7) Baglioni, P., et.al. " Gels for the Conservation of Cultural Heritage", Cambridge Journals – Cambridge University press 2012,p.p1-11.
 - 8) Baglioni,P." Synthesis and application of novel materials for cleaning and protection of historical documents", Doctor of Philosophy in scienze chimiche , Universita degli studi firenze,2016, p.p54-79.
 - 9) Baglioni, P. et.al, "Smart Soft Nanomaterials for Cleaning". In Nanotechnologies and Nanomaterials for Diagnostic, Conservation and Restoration of Cultural Heritage; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; p.p 171-204.
 - 10) Barick, R, et,al,. "Effect of Temperature on the Color Changes Wood During Thermal Modification." Cellulose Chemistry and Technology, Vol.49 (9-10),2015,p.p 789-798.
 - 11) Bodirlau, C., & Teaca, R. (2007). Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Thermal Analysis of Lignocellulose Fillers Treated with Organic Anhydrides. Applied Physics, 98-112.
 - 12) Buyle.G,et.al, "Plasma Technology for Hyperfunctional Surfaces: Food, Biomedical and Textile applications", Wiley-VCH, United States,2010,p6.

- 13) Domingues, J., et al., "Innovative method for the cleaning of water sensitive artifacts: synthesis and application of highly retentive chemical hydrogels", *International Journal of Conservation Science*, vol 4, 2013, p.p 715-722.
- 14) Calienno, L. et al. "Light-Induced Color Changes and Chemical Modification of Treated and Untreated Chestnut Wood Surface." *Studies in Conservation*, Vol. 60 (2), 2015, p.p 131-139.
- 15) Campani, E., et al., "Use of Agarose and Agar for preparing "Rigid Gels", *Quaderni del Cesmar*, Vol. 7(4), Ed. Il Prato, Padova, 2007, p.p 1-9.
- 16) Cameotra, S., et al., "Carbonatogenesis: microbial contribution to the conservation of monuments and artwork of stone", in *Journal Historical-technical, Conservation Science in Cultural Heritage*, Vol. 12, 2012, pp. 79-108.
- 17) Cappa, F. et al., "Studies on the effects of mixed light-thermal ageing on parchment by vibrational spectroscopy and micro hot table method", *Heritage Science*, 2020, p.p 1-12.
- 18) Cappitelli, F., et al., "Improved methodology for bioremoval of black crusts on historical stone artworks by use of sulfate-reducing bacteria". *Appl Environ Microbiol*, 2006, vol 72:3733–3737.
- 19) Cheng-chi chen, J., et al., "Argon plasma treatment for improving the physical properties of crosslinked cotton fabrics with dimethyl loldihydroxyethyleneurea- Acrylic acid", *Textile Research Journal*, Vol. 80, 2010, pp. 675-682.
- 20) Colom, X., & Carrillo, F. (2005). Comparative Study of Wood Samples of the Northern Area of Catalonia by FTIR. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 25, 1–11.
- 21) Galina V., "Magnetic Materials Based Biosensors", MDPI, Spain, 2018, pp 175-183.
- 22) Gioventù E, et al., "Comparing the bioremoval of black crusts on colored artistic lithotypes of the Cathedral of Florence with chemical and laser treatment." *Int Biodeterior Biodegrad* 65, 2011.
- 23) Kaminska, A, et al., "Colorimetric Study of the Post-Processing effect due to Pulsed Laser Cleaning of Paper." *Optica Applicata Vol. XXXIV No.1, 2004. p.p, 121-132.*
- 24) Karimi, K., & Taherzadeh, M. (2016). A Critical Review of Analytical Methods in Pretreatment of Lignocelluloses: Composition, Imaging, and Crystallinity. *Bioresource Technology* 200, 1008–1018.
- 25) Kavkler, K. (2012). Application of FTIR and Raman Spectroscopy to Qualitative Analysis of Structural Changes in Cellulosic Fibres. *Tekstilec*, 19–31 .P24.
- 26) Kholod K. et al., "A new way in synthesizing magnetic nano gel for cleaning an Egyptian Coptic fresco painting", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, Vol. 17, No 1, 2017, pp. 189-195.
- 27) Kránitz, K., "Effect of natural aging on wood", *ETH Zurich Research Collection*, No. 21661, 2014, p.24.
- 28) Matsuo M., et al., "Color changes in wood during heating: kinetic analysis by applying a time-temperature superposition method", *Applied Physics A Materials Science & Processing*, vol, 99, 2010, p.p. 47-52
- 29) May, E., et al., "The Biobrush project for bioremediation of Heritage stone", in *Heritage Microbiology and Science, Microbes, Monuments and maritime materials*, 2008, pp. 76-93.
- 30) Nikiforov, A., et al., "Plasma technology in antimicrobial surface engineering featured", *Journal of Applied Physics* Vol. 131, 2022, pp. 1-36.
- 31) Nwabor, O., et al., "A Cold Plasma Technology for Ensuring the Microbiological Safety and Quality of Foods", *Food Engineering Reviews*, Springer . Germany, 2022, pp. 1-21.
- 32) Pandeya, K., & Pitman, A. (2003). FTIR Studies of the Changes in Wood Chemistry Following Decay by Brown-rot and White-rot Fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 150-154.

- 33) Passaretti.A, et.al., "Elodie Guilminot and Edith Joseph , Biologically Derived Gels for the Cleaning of Historical and Artistic Metal Heritage", In journal *Applied Sciences*,vol 11, 2021 ,p.p1-17.
- 34) Pentzien, S, "The Influence of Paper Type and State of Degradation on Laser Cleaning of Artificially Soiled Paper." *Lasers in the Conservation of Artworks VIII* ,2011,p.p, 59-65.
- 35) Persson, S. "Properties of Solid Wood Responses to Drying and Heat Treatment". Department of Skellefteå Campus, Division of Wood Science and Technology: Luleå University of Technology,2005, P40.
- 36) Samorì,C,et.al,"The Green Attitude in Art Conservation: Polyhydroxybutyrate–based Gels for the Cleaning of Oil Paintings", in journal *chemistry select* Vol.1, Issue15 ,September, 2016, p.p 4502-4508.
- 37) Shah.J,et.al, "innovative plasma technology in textile processing: a step towards green environment", in *Journal of Engineering Sciences*, vol.2, April, 2013, p.p34-36.
- 38) Shishoo.R,et.al, "Plasma Technologies for Textiles",wood head,United States,2007 p6.
- 39) Sorlini, C., et.al.," Procedimento di biopulitura di superfici di manufatti di diversa natura chimica edifice", Università degli Studi di Milano & Università degli Studi Del Molise, Italian Patent ,2010,p.p 4-19.
- 40) Standard.E., " Technical Report: Colorimetry", 3rd edition. Technical Report, Washington. USA: International Commission on Illumination,2004, P28.
- 41) Sundqvist, P. "Color Change and Acid Formation in Wood During Heating". Skelleftea Sweden: Doctoral Thesis Lulea Universty of Technology,2004, P24.
- 42) Sun.W.,et.al.," The energy tree: Non-equilibrium energy transfer in collision-dominated plasmas", *Physics Reports*, Vol 770–772, 2018, Pp. 1-45.
- 43) Tjeerdsma, B., & Militz, H. (2005). Chemical Changes in Hydrothermal Treated Wood: FTIR Analysis of Combined Hydrothermal and Dry Heat-Treated Wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63, 102–111.
- 44) Tokita.M.," Gels: Structures, Properties, and Functions: Fundamentals and Applications", Springer, London, 2009,pp.163-170.
- 45) Wolf .A." Atmospheric Pressure Plasma for Surface Modification". Hoboken, New Jersey, United States, 2012, pp55-63 .
- 46) Yamauchi.A, Section 1 - Gels: Introduction, *Gels Handbook*, Four-Volume Set, Academic press, London, 2000,pp 4-14.
- 47) Zidan, Y., et.al,. "Treatment of Khedive Ismail’s antique gun(1863-1879) at the National Military Museum. A Case Study", *Int. Journal of Student Research in Archaeology*, Vol. 1, No. 1,2016, pp.237–245.