جامعة القاهرة
كلية الآثار
قسم ترميم الآثار

دراسة تجريبية وتطبيقية لتأثيرات أحبار الكتابة المختلفة علي المخطوطات والوثائق الورقية، وأهم طرق العلاج والصيانة تطبيقاً علي نماذج مختارة

رسالة مقدمة

لنيل درجة الماجستير في الآثارتخصص ترميم الآثار

إعداد

الطالب/ مدين حامد عبد الهادي محمود

المعيد بكلية الآثار بالفيوم

إشراف

أ.د/حسام الدين عبد الحميد
استاذ صيانة الآثار العضوية والمخطوطات
رئيس قسم ترميم الآثار- -سابقاً
وكيل كلية الآثار السابق – جامعة القاهرة

أ.م.د/جمال عبد المجيدمحجوب
استاذ مساعد صيانة الآثار غير العضوية
وكيل كلية الآثار السابق – جامعة الفيوم
رئيس قطاع الترميم بالمجلس الأعلي للآثار

د/مختـــار الكسبـــاني
المستشار العلمى بالمجلس الأعلى للآثار
مدرس الآثار الإسلامية
كلية الآثار – جامعة القاهرة

- ٢٠٠٩ م-

ملخـــص البحـــث
Summary

دراسة تجريبية وتطبيقية لتأثيرات أحبار الكتابة المختلفة علي المخطوطات والوثائق الورقية، وأهم طرق العلاج والصيانة
تطبيقاً علي نماذج مختارة

ملخـــص البحـــث
Summary

لاتزال المخطوطات Manuscripts،الوثائق، التراثيات المخطوطة، العهود والمكاتبات ، والكتب النادرة والتاريخيةمصدراً هاماً لكثيرٍ من العلوم والرياضيات والدراسات الإنسانية.....وسنداً موثوق به، وأساساً لتقدم كثير من الشعوب والأقطار، بما تحمله من معلومات هامة ومفيدة وقواعد علمية لكثيرٍ من تخصصات وفروع العلم المختلفة، بوصفها ذاكرةً لكل ذلك .

لهذا كان لزاماً على كل من تخصص فى هذا الفرع Branch حماية تلك المخطوطات ودراستها ،و الاهتمام بها وبما تحمله من أفكار وأحداث ومعارف دونت بمداد من ألفها وجعل منها تراثاً وأثراً هاماً بعد مرور سنوات وعقود عليها منذ الإتيان بها دون أن تزول أوتندثر متحدية عوامل الزمن والعبث من قِبل من طالعها أو نهل من فيضها، ليس بتحقيقها فحسب ، بل بصيانتها وعلاج ماتلف منهامسبوقاً بتحديد مسببات تلفهاومظاهر ذلك لتبقى قاهرةً لكل آداة أوحافزٍ على تلفها أوالنيل منها ، وحتى ينتفع بهكل قاصد علمٍ وباحثٍ عن الأصالة والجوهر.

وقد كان كل ماسلف دافعاً وسبباً لقصد هذه الدراسة –بالتحليل والتجريب والتطبيق– محاولة ايجاد مسببات التلف والسبل الحقيقية للتخلص منها وعلاج مانتج عنها ، أوتثبيط أدواتها المحفزة لإتمام دورها الهدام على الأقل حسب ماهو متوفرٍ ومتاحٍ من أدوات ، طرق، تقنيات ، ومعالجات ، وفى الحدود الآمنة المسموح بها فى هذه المسألة.

ولتحقيق كل هذه المحاولات فقد عنُى البحثُ بدراسة المسببات الرئيسة المؤدية إلى ضعف وهوان الحوامل الورقية نتيجةً لأكسدة أحبار الجالوتانين المعدنية وانعكاساتها المتلفة لتلك الحوامل المخطوطة ، فضلاً عن دراسة مانتج عن تلك الأكسدة من تلف لمادة الحبر لاسيما بهتانها وتلاشيها وانخفاض تركيز مادتها الملونة، هذا بخلاف دراسة علاج التلف الناتج عن الأكسدة من اختزال للأيونات المعدنية Reduction of metallic ions وتقييدها أوخلبها باستخدام مضادات الأكسدة Antioxidants ، وانعاش مابهت من الكتابات Writings بمواد طبيعية لاتغير من تركيبها الكيمائى الأصلى، مع تقييم وتقنين تلك الطرق بقياسات مناسبة ،و الاستشهاد بدراسات وتجارب تمت فى هذا الصدد.

وقد اشتمل البحث بخلاف الدراسات السابقة Previous studies للموضوعات ذات الصلة والنتائج والتوصيات وقائمة المراجع على أبواب ثلاثة تألفت من أحد عشرفصلاً ، يمكن ايضاح ماتناولته على النحو التالى:

الدراسة المرجعية : مواد الأحبار،خواصها، تلفها، فحصها وتحليلها، وعلاج التلف الناتج عنها

وهى اطارٌ نظرى تألف من بابين شملا تسعة فصول كالتالى:

الباب الأول: مكونات ومواد الأحبار وملوناتها:
Materials & colorants of inks

وبدوره اشتمل على خمسة فصول هى:

الفصل الأول: حوامل وأدوات الكتابة Substrates & tools of writing

وقد تناول سرداً مبسطاً لأهم حوامل الكتابة التى استخدمتقديماً بداية من استخدام أوراق البردى Papyri مروراً بالأوستراكا Ostraka ، سعف النخيل Palm leaf ، النسيج....وانتهاء بالورق Paper فى العصور الوسطى والحديثةو المصنع من السليلوز من مصادره المختلفة كالألياف النباتية ، الخرق البالية Rags ،الأخشاب ، القطن ...وغيرها، وأهم ماتحتفظ به المتاحف ودور الأرشيف والمكتبات من نماذج لها، فضلاً عن تناوله لأهم الأدوات المستخدمة فى اعداد الحبر وحفظه كالمحبرةInk stand ... أوالمستخدمة للكتابة والتدوين به كالأقلام Pens والمراقم Stylus، مع ذكر بعض نماذجها.

الفصل الثانى: أحبار ومواد الكتابة السوداء Black inks and writing materials

وفيه سردٌ تفصيلى لأهم المواد المستخدمة لتجهيز الأحبار السوداء بصفة عامة ، وعيوب وميزات كل نوع منها عند استخدامه لعمليات التدوين والكتابة ،والتراكيب المشتقة من كل نوع ، بخلاف التفرقة بين أنواعها المختلفة ، وأهم حواملها التى اشتهرت بقابليتها لاستقبال الأنواع المختلفة من الأحبار فضلاً عن البدايات التاريخية لاستخدامها لأغراض الكتابة، فشملت نوعيات الحبر السوداء التالية:

- أحبار الكربون Carbon inks ، والمجهزة من عنصر الكربون الخالص، ومنها حبرأسود المصابيح Lamp black وأسود السناج Soot ،والحبر الشينىChinese ink.....وغيرها.
- الأحبار الكربونية Carbonaceous inks وهى المصنعة من مواد عضوية أوغير عضوية احتوت على الكربون فى تركيبها الكيمائي بخلاف عناصرأخرى كالكبريت والنيتروجين ...، ومنها حبر السبيدج"السيبيا" Sepia ink ، وحبر السخام أوالبيستر Bistre ink .
- حبر خليط Mixed ink ذى قاعدة من الكربون مضاف إليها مادة الكوبيراس "كبريتات الحديدوز" لتلافى عدم الثبات الفيزيائى لحبر الكربون ، وأُطلق عليه مجازاً الحبر الحديدى كربونى.
- أحبار الجالوتانين المعدنيةMetallic-Gallo tannin inks ، حيث تم رصد كل مواد التانين(العفص، السماق، لحاء جوز القسطل....) ومركبات التانين(حامض الجاليك، حامض التانيك.....)المستخلصة منها، بخلاف الأملاح المعدنية(مواد الزاج من أملاح الحديد، النحاس، الفضة....)المستخدمة فى تجهيزها ، ، ونوعيات الحبرالناتج طبقاً للتوليف بين مشتق أو مركب تانين وملح معدنى معين واضافات أخرى .

الفصل الثالث: مواد الكتابة الملونة Coloring – writing materials

وفيه تم استعراض لمواد الأحبار الملونة باستفاضة ،والمستخدمة لإعداد المداد الملون–إن جاز التعبير– لتدوين وزخرفة الحوامل الورقية وتنفيذ المنمنمات Miniatures ، مع ذكر عيوب

وميزات كل مادة ،تاريخ استخدامها، درجاتها اللونية، تركيباتها الكيمائية ، خواصها، ودليل على استخدامها لهذا الغرض وكيفية تحضير المداد الملون منها بمقادير محددة وقسمت طبقاً لطبيعتها عضوية وغير عضوية وأخرى خليطة (أحياناً)، وقد أمكن تناولها على النحو التالى:

- **المواد الملونة الحمراء Red coloring materials** :ومواردها غير العضوية التى وردت بالدراسة: المغرة الحمراء "الهيماتيت" Red Ochre، السلقون (أحمر الرصاص) Minium، أحمر الزنجفر (السنبار Cinnabar أو الفرمليون Vermilion ....، ومن الملونات الحمراء العضوية: الكوكنيل (الكوشنيل) Cochineal ، أحمر الفوة: Madder، خشب البرازيل Brazil wood، خشب البقم Logwood، و أحمر شقائق النعمان Coquelicot red.
- **المواد الملونة الزرقاء Blue coloring materials**: وقد شملت من المواد غير العضوية؛ الأزوريت Azurite، أزرق اللازورد Ultramarine أو اللازوليت lazuli Lapis، أزرق البروس Prussian blue..... ،أما الملونات الزرقاء العضوية فقد ورد منها أزرق النيلة (النيلح الأزرق)Indigo ،و النيلة البرية Woad،ومن المخاليط؛ أزرق المايا Maya blue،و أزرق السرى Seri blue.
- **المواد الملونة الخضراء Green coloring materials**: وبخصوصها تناول البحث من ملوناتها غير العضوية؛ أخضر الملح Salt green أو الزنجار Verdigris، أخضر الملاكيت Malachite green، أخضر الأتاكاميت Atachamite green، أخضر الكوبلت Cobalt green، الأخضر الأرضي Green earth.....، ومن ملوناتها العضوية؛ الأخضر الزرعي Sap green، نبات البوكثورن Buckthorn ...،فضلاً عن مخاليطها كأن يخلط الزرنيخ الأصفروأزرق النيلة الهندى.
- **المو اد الملونة الصفراء Yellow coloring materials** :وبشأنها وكما سلف تناولت الدراسة من ملوناتها غير العضوية أصفر المغرة Ochre yellow، أصفر الملوك (الأوربمنت) Orpiment، أصفر رحج الغار (الريالجار) Realgar...، ولعل أهم ما تناولته من الملونات الصفراء العضوية أصفر الز عفران: Saffron، و أصفر الكركم: Curcumin yellow...وغير ذلك.
- وعلى نفس المنوال تناول البحث الأنواع المختلفة **للملونات البنية** كمادة الليبس (الأمبر) الخام والمحروق Raw and burnt umber(غير عضوى)، وبنى التانين Tannin brown (مثال عضوى) فضلاً عن مخلوط الشبة والكوشنيل. كما تناول- بتفريق واضح- أنواع مداد الذهب من مسحوقه أوصفائحه بعد حله بإحدى الطرق الواردة، والمداد ذى اللون الذهبى كأن يسحق السلقون Minium ويخلط بالصمغ العربى، وعلى نفس نهج الأحبار الذهبية سارت الأحبار الفضية فهى إما من الفضة الخالصة، أوذى لون فضى بخلط حبر أسود مع آخرأبيض. وخلاف ماتقدم أوردت الدراسة بنداً للملونات البيضاء التى استخدمت لإعداد المداد الأبيض ومنها أبيض الرصاص Lead whiteأو السيبداج، أبيض الزنك Zinc white.....إلخ.

الفصل الرابع: الأحبار المبتكرة والحديثة Innovated &Modern inks

ناقش هذا الفصل من الدراسة ستة أنواع من الأحبارابتكرها العرب والأعاجم وتدل على براعة مبتكريها ومستحدثيها ، وقد نوقشت من حيث موادها المكونة ، طريقة تجهيزها ، عيوبها وميزاتها، تاريخ الاستخدام، وأوجه استخداماتها، وكانت على النحو التالى:

- **حبر السفر والترحال Travel ink (أقراص ومساحيق الحبر Ink powders & Discs):** وقد انحصرت فى صنفين :نفٌ للأحبار السوداء ولعل أشهرها حبر جالات الحديد Iron gallate المجفف فى شكل أقراص ومساحيق من الحبريمكن حملها وتزويدها بمذيب كالماء واستخدامها لأغراض الكتابة، والصنف الآخر بنفس الطريقة لتجهيزه واستخدامه، عدا أنها من مواد ملونة معروفة(سالفة الذكر) حسب اللون المبتغى.
- **الحبر السري Sympathetic ink** : قاعدته العلمية هى إيجاد محاليل لا لون لها حيث يكتب بها في الأمور التي تحتاج إلى سرية، ومن ثم تستعمل محاليل أخرى لإظهارها فيما بعد،فقديماً استخدمت أحبار الزاج الأبيض (نترات الفضة) ، ثم يمسح عليه بماء العفص كمثال، وحديثاً وعلى سبيل المثال استخدمت الأمونيا كحبرٍ غير مرئى يظهره نترات الكوبلت ،بخلاف أحبار التفاعلات الكيمائية والأشعة فوق البنفسجية.
- **الحبر المضيء Lighting ink:** لا يقرأ إلا في الظلام،وقوامه نصف درهم من الفسفور الأصفر ، وثمانية دراهم من القرفة ، يضاف الفسفور للزيت ويسخن المخلوط ببطء على حمام مائي حتى يتم الاختلاط ، وعند الكتابة به يستخدم قلم من الزجاج.
- **حبر قياسي بلون حسب الرغبة Colour - Changeable ink** : مجموعات من الأحبار من مخلوط Mixture يضاف إليه القليل من المواد الأخرى،ويمكن تغيير لونها إلى اللون الأحمر أو الأصفر أو غيره وفقاً للرغبة فى قوارير منفصلة.
- **الأحبار الحديثة Modern inks** : وهى قائمة عريضة تم تناولها شملت ؛ أحبار النجروسين Nigrosine inks(مادتي الأنيلين Aniline والنيتروبنزين)، حبر قلم فونتين Fountain - pen ink(من النجروسين الأسود ، برتقالي الفوشين Fuschine brilliant orange ، أصفر النفثال Napthal yellow ، أوأخضر الماس Diamond)، أحبار الآلة الكاتبة Typewriter inks (صبغات الأنيلين أو السلقون حسب اللون المطلوب)،أحبار ورق الكربون Inks for carbon paper(من زيت الكتان Linseed oil+ الجلسرين+ الجرافيت+ الميثيل البنفسجي)، و أحبار ملونة مستحدثة مركبة Synthetic inks ،ومنها أحبار الفاناديوم Vanadium inks،و أصفر النيكل والتيتانيوم Nickel titanium yellow.

الفصل الخامس: وسائط ومذيبات الأحبار Media & Solvents of inks

باستثناء استعراض وظائف الوسائط والمذيبات فى عملية تجهيز الحبروالتفريق بين المصطلحين ، استعرضت وبالتفصيل من خلال بندين رئيسين المواد والسوائل كوسائط ومذيبات لمواد الأحبار باختلاف أنواعها،عيوبها وميزاتها، ومكوناتها، وأوجه استخداماتها، وكانت على النحو التالى:

*** الوسائط Media:**

والتى شملت الأصماغ (الصمغ العربىGum Arabic ،صمغ الكثيراءGum tragacanth ...)، الغراءات Glues(غراء الجلد Skin glue، غراء العظم والغضاريف Cartilage & bone glue،وغيرها)،و بياض وصفار البيض : (whole egg (Egg yolk & white .

*** المذيبات Solvents:**

وقد تناول البحث بخصوصها وبخلاف الصور المختلفة للماء(ماء المطر، الماء اليسروالعسر ،وماء الورد) مذيبات أخرى هى: النبيذ : Wine كالعصير المخمر للعنب الطازج ونبيذ النخيل و البلح،و الخل Vinegar(حمض الخليك بتركيز ٦٪ أو شراب الليمون ، أو مستقطر الخمر)، بالإضافة إلى ثبوت استخدام الأمونيا ، والبولUrine كمذيبات للأحبار.

الباب الثانى:

خواص، تلف ، فحص وتحليل ،وعلاج الحبروالورق:

وقد اشتملت الدراسة فى هذا الباب على أربعة فصول تفصيلية هى على النحو التالى:

الفصل الأول: خواص مواد الأحبار ووسائطها Properties of inks and media

تناول هذا الفصل الصفات والخصائص والسلوكيات التى تتصف بها مواد الأحبار والملونات ، فضلاً عن مذيباتها ووسائطها الرابطة Binding media، ومن ثم تصرفها ومقاومتها للميكانيكيات المتلفة التى تتعرض لها ، وكذا تماسكها وثباتها واختلافها فى ديمومتها واستقرارها ومدى قابليتها للدخول فى التفاعلات الكيميائية المختلفة، فتناول الصفات والخواص التالية:

- **خواص مواد الأحبار وملوناتها:** حيث شملت الدراسة من خواص المواد الملونة والأحبار؛ الخواص الفيزيائية Physical properties (الكثافة Density، معامل الانكسار Refractive index، حجم الحبيبات Grains size،وقوة التغطية Coating)،و الخواص الكيميائيةChemical properties(تصرف مواد الأحبارو تفاعلاتها ،وتأثير عوامل الحرارة والرطوبة والضوء فى مقدارحدوثها، وتأثير المجموعات الوظيفية فى تركيب هذه المواد على قابليتها ونشاطها لإتمام ذلك وحدوثه).

- **الخـوائص الفيزيوكيميائيــة لوسـائط الأحبــار والمــواد الملونــة:** وقد نوقشت بمنحـى آخر طبقاً لأساسين:الأول فـى حالتها السائلة (خواص تدفق اللون Rheological properties، ترسيخ مـادة اللـون Stabilization of pigments، عوامـل البلـل Wetting agents،و معامـل امتصاص الزيت والتركيز الصحيح)، والثانى فى حالتها الصلبة(تكوين فيلم اللون Colour film formation، التغيـر الفيزيـائي Physical alteration، التفاعـل الكيميـائي Chemical reaction، الخواص الميكانيكية Mechanical properties،و الخواص البصرية Optical properties).
- **قوى تماسك حبيبات اللون Cohesion forces of colour grains:** وبشأنها تناول البحث القوى المختلفة التى تربط حبيبات المادة الملونة ببعضها من ناحية وبحاملها المطبقة عليها من ناحية أخرى ،وتوفراحداها فى مادة دون سواها ، فضلاً عن تحكمها فى مدى قابلية تلك المواد للتلف ودخولها فى تفاعلات كيميائية مختلفة وثباتها واستقرارها ،وهى: القوى التساهمية، قوى الاستقطاب، القوى الأيونية، قوى الربط الهيدروجيني،و قوى فاندرفال Van der waals forces.
- **صفات الأحبار والمواد الملونة الجيدة:** ولها تم تناول الصفات الواجب توافرها فى الأحبار لتصبح وتصنف بأنها جيدة ، ويشمل ذلك الأحبار السوداء وأحبار المواد الملونة ، ومن ذلك : القابلية للتطبيق ، الخمول الكيمائى Chemical inertness ، مقاومة التغير اللونى ، دكانة Darkness اللون، الثبات للاحتكاك ، اللزوجة Viscosity وسرعة الجفاف المتوسطة.....إلخ.

الفصل الثانى:التلف الفيزوكيميائي للأحبار وتأثيره علي الورق - Physico chemical deterioration of inks and its influence on paper

وفيه نوقشت الميكانيكيات المختلفة لتلف الأنواع المختلفة من الأحبار،دون التعرض للشرح والإسهاب فى تناول العوامل المؤدية لنشأة تلك التفاعلات إلا بالقدر اليسير، فقد تم استعراض العمليات التالية:

- **ميكانيكية تلف أحبار الجالوتانين المعدنية** : والتى تضمنت مناقشة حموضة أحبار الجالوتانين المعدنية Acidity of metallic – Gallo tannin inks بتكون حامض الكبريتيك بفعل مكونات الحبر نفسه وتأثير ذلك على الحوامل الورقية المدونة بتلك الأحبار، فضلاً عن مناقشة أكسدة أحبار الجالوتانين المعدنيةOxidation of metallic-Gallo tannin inks بفعل الأيونـات المعدنيـة فـى تركيـب تلـك الأحبـار والحـافزة لهـذه الأنشـطة المتلفـة كأيونـات الحديـد والنحاس Iron & Copper ions من خلال ميكانيكيتي "ردوكس"و"هاملتون – فينتون" ،هذا بالإضافة إلى استعراض عمليات الأكسدة المختلفة ،وتفاعل مكونات هذه الأحبار مع مكونات الورق ، ومظاهر التلف الناتجة عن كل تلك العمليات .

- **تلف حبر الكربون والأحبار الكربونية**:وفيما يختص بتلك المسألة عرض البحث لنوعين منها : الأول ويختص بالتلف الفيزيائي لحبر الكربونPhysical damage of carbon ink المقتصر على مظهر تلف لايمكن تجاهله وهو "الشلفطة" لمكونات الحبرونزوحها خارج مكانها، والثانى التلف الفيزيوكيميائي للأحبار الكربونية والذى يختص بالتلف الناتج عن احتواء تلك الأحبار على مواد القار أو البيتومين Bitumen، وما ينتج عنها من بهتان لأحبارالبيستر ، فضلاً عن تأثرها بالضوء.
- **تلف وبهتان الأحبار الملونة وضررها للورق**وقد شمل هذا البند صنوفاً عدة لتلف الملونات المختلفة ،والتى تتباين نظراً لاختلاف التركيب الكيمائىمن مادةٍ لأخرى ، ولعل أهم ما أورده البحث فى هذا الصدد الميكانيكية المتلفة لذلك الأخضر الأشهر والمعروف بالزنجار Verdigris أوأخضر الملح ، والتى تتشابه فى طريقتها وسلوكها وحموضة أحبار الجالوتانين المعدنية سالفة الذكر، من حيث التأثير الحارق للورق المدون أو المزين بها ....، هذا بخلاف استعراض التفاعلات المتلفة من جانب الأحبار الملونة الأخرى لاحتوائها على مجموعات نشطة كمجموعة الكبريتات ، النترات....، ومظاهر كل نوع من التلف وانعكاساته على حوامل الورق المدونة بمثل هذه المواد.

الفصل الثالث:فحص وتحليل الأحبار والورق Examination & analysis of inks and paper

تناول البحث فى هذا الخصوص أربعة بنود رئيسة هى:

- **دراسة التركيب الكيميائي لمواد الكتابة وتحديد أنواعها**:باستفاضة نوقشت الوسائل والتقنيات والمواد التى يمكن من خلالها التعرف على أنواع الأحبار المختلفة وتحديد مكوناتها بشكل كيفى وكمى ، وامكانية الاستعانة بها فى هذا المجال ، مع ايضاح ماإذا كانت متلفة أو جائرة من عدمه لعينات الأحبار الجارى دراستها، وقد وردت فى بندين : الطرق الكيميائية Chemical methods باستخدام الصبغات Dyes والكواشف Reagents ، و الوسائل الفيزيائية Physical methods (tools) بالاستعانة بالتقنية المجهرية Microscopic technique،وتقنيات التحليل المختلفة .
- **تقدير عمر أحبار المخطوطات Dating (chronology) of manuscripts inks**:وقد اعتمد البحث فى تناوله لتلك النقطة على محورين : العوامل المؤثرة على تقدير عمر الأحبار (حالة الحبر، تركيب الحبر، نوع الورق المستخدم،و ظروف التخزين Storage conditions)، وطرق وتقنيات تقدير عمر الأحبارالتى شملت طرقاً فيزيقية كتقنيات التحليل المختلفة والتقنية المجهرية(المجهر الثاقب الماسح)،وطرقاً كيمائية باستخدام الكواشف سالفة الذكر ، والأخيرة طرق متلفة تعتمد على اختزال الحبر وتفاعله.

- **قراءة الوثائق الباهتة والمتفحمة (المحترقة) والكشف عن تزوير المخطوطات:**شمل البحث هذه المسألة باقتصاره على الطرق الفيزيائية (التصوير بالأشعة تحت الحمراء والتصوير بالضوء المنعكس، التصوير بضوء الصوديوم Sodium light photography....إلخ) لقراءة الوثائق الباهتة والمتفحمة ، لكنه استعرض النوعين من الوسائل : الوسائل الفيزيائية Physical tools (methods)(التقنية المعملية الدقيقة بتفلور الأشعة السينية، طرق تقدير العمر Dating....وغيرها)، والطرق الكيميائية (اختبار " شيفياليه" Chevallier،و كواشف الأحبار Inks reagents)مع استعراضه العيوبالتى تعترى أى منها والميزات التى تميزها.
- **تقنيات دراسة تلف الأحبار وتلفها للورق**،وفى ذلك أفردت الدراسة بإسهاب للطرق والتقنيات اللازمة لتحقيق ذلك من خلال موضوعات أربع: ١- **طرق دراسة التغير اللوني (البهتان) لمواد الكتابة**وهى ثلاث؛ طرق توصيف اللون خاصة باستخدام الأجهزة التى تعمل وفقاً لنظام CIE Lab system والقياس الكهربى ، التقنية المجهرية بوصف وقياس كثافة اللون، وباستخدام تقنيات التحليل كما سلف من خلال نسب الكبريت والحديد على سبيل المثال.٢- **دراسة ثبات الأحبار وحساسيتها للسوائل والمحاليل وهل هى مواد كاتيونية أم آنيونية**، ٣- **طرق دراسة الحموضة والأكسدة الناتجتين عن تلف الأحبار**، وتشمل طرقاً فيزيائية ومواداً كيمائية ، بحيث يمكن الحصول على مشاهدات لونية باستخدام دلائل لونية لقياس مقدارى الحموضة والأكسدة بالاستعانة بالطرق الكيمائية ، أوبدلالات معينة كالتغير فى نسب الأيونات المعدنية أوالتغير فى مقدار المجموعات الوظيفية للحوامل الورقية بالطرق الفيزيائية والكيميائية على السواء، ٤- **قياس الخواص الميكانيكية للورق الحامضي والمتأكسد** مثل مقاومة الورق للانفجار Exploration endurance،ومقاومة الورق للتمزق endurance Tearing.....، وذلك باستخدام وسائل فيزيائية فقط، تعطى دلالات على مدى ودرجة تأثر الورق التالف بفعل حموضة وأكسدة أحبار الجالوتانين المعدنية.

الفصل الرابع: علاج وصيانة الورق الحامضي والمتأكسد بفعل الأحبار

Treatment & conservation of ink corrosion - deteriorated paper

اشتمل البحث فى تناوله لموضوع هذا الفصل على موضوعات شتى خاصة بعلاج التلف الناتج عن الأحبار المختلفة دمجت فى دراستين هامتين هما:

علاج الأحبارومواد الكتابة التالفة: Treatment of deteriorated writing materials

وقد شملت العلاجات فى ذلك ثلاثة بنود رئيسة:

- **تثبيت أحبار ومواد الكتابة** : فقد تم استعراض المثبتات المختلفة والتى تناسب كل نوع من المواد الملونة والأحبار ، فمثلاً البولي فينيل كحول Polyvinyl alcohol يناسب أعمال الجرافيك

والمواد الملونة، فى حين تناسب مادة الكلاتون Calaton CA or CB معظم الأحبار المعدنية والملونة، ومادة الميستول Mesitol NBS لصبغات الأحبار الآنيونية الحساسة كبنفسج الميثيل، و أحبار الختم (الطبع)، مع ذكر العيوب والميزات وطرق اعداد المثبتات وتطبيقها فضلاً عن تركيزاتها المناسبة لكل حالة.

- **تقوية الأحبار الضعيفة Consolidation of faint inks:** وبنفس المنحى السابق ذكرت المقويات Consolidants المناسبة لكل نوع من الأحبار الضعيفة فيستخدم الميثيل سليلوز سوياً مع الجيلاتين لتقوية رسوم الورق المنفذة من الجواش وبعض المواد الملونة الأخرى، ويستخدم الباراليويد ب – ٧٢ Paraloid B 72 لتقوية الملونات المختلفة مثل أحمر الهيماتيت كأمثلة لذلك.
- **إنعاش الكتابات والأحبار الباهتة Reviving faded writing inks:** وقد شمل الحديث عنها المواد المنعشة التى لاتغير من التركيب الكيمائى لأحبار الجالوتانين المعدنية مثل حامض التانيك Tannic acid، وصبغة الجالول المتخمرة Fermented gallol tincture، وأخرى تغير من تركيبها كأبخرة اليود Iodine fumes،و كبريتيد الأمونيوم Ammonium Sulphide،وثالثة تناسب المواد الملونة والوثائق المحترقة، بخلاف طرق التجهيز ، العيوب والميزات...إلخ.

<u>علاج تلف الورق الناتج عن حموضة وأكسدة الحبر:</u>

فضلاً عن طرق التجهيز ، العيوب والميزات ، طرق التطبيق والعلاج ، والمناسبة لحالات من التلف دون غيرها فيما يختص بالمواد المستخدمة للعلاجات المختلفة ، فقد تناول البحث بالدراسة والتقييم عمليات العلاج التالية:

- **العلاجات المائية Aqueous treatments:** وشملت طرق ازالة الحموضة ، اختزال الأيونات المعدنية ومجموعات الكربونيل من الورق الحامضى والمتأكسد ، والمعالجة بمضادات الأكسدة Antioxidants(عوامل ربط) من الفيتات Phytates وغيرها.
- **العلاجات غير المائية Non-aqueous treatments**(ازالة ومعادلة الحموضة بالطرق غير المائية باستخدام مواد مثل خلات الماغنسيوم Magnesium acetate).
- **معالجات أخرى Other Treatments:** شملت عامل ربط أوتقييد(مضاد أكسدة) + مركب إزالة حموضة، التحليل (الاختزال) الكهربي Electrolysis،وإزالة الحموضة بالطرق الجماعية Mass – deacidification.
- **تقوية الورق Consolidation of paper:** ونوقش بشأنها الترميم اليدوي Manual restoration و الترميم الآلي Mechanical restoration، التقوية بالمحاليل والبوليمرات،

التقويـــة بالبـــاريلين consolidation Parylene ،و التطعـــيم بـــالبلمرة Graft copolymerization كطرق لتقوية الورق الحامضى والمتأكسد .

منهج البحث والإجراءات : الدراسة التجريبية وتطبيق نتائج البحث

تناولت الدراسة فى هذا الجانب الدراسة المعملية التجريبية لمسألة أكسدة أحبار الجالوتانين المعدنية وتأثيرها على الحوامل الورقية وعلى لون الأحبار، بالإضافة العلاجات المناسبة لمظاهر التلف الناتجة عن ذلك للحبر والورق على السواء مع اجراء القياسات والتحاليل لرصد كفاءة الطرق والمواد المستخدمة، وتطبيق النتائج الناجحة على حالات مماثلة لعينات أثرية . وقد شمل البحث كل هذا فى الباب الثالث من الدراسة والذى تألف من فصلين:

الفصل الأول:الدراسة التجريبية Experimental study

وقد اشتمل هذا الفصل فى دراسته التجريبية المعملية على دراسات أربع:

- **الدراسةُ الأولي :دراسةُ التغير اللوني لحبر العفص المعدني**

Study of metallic- Gall ink discoloration (fading)

وقد تناولت الدراسة بالتقييم والتحليل تأثير التقادم الحرارى الجاف وبتحفيز من جانب الأيونات المعدنية على لون مادة الحبر بالبهتان من عدمه ، ودور مكونات الحبر الأخرى فى تباين واختلاف ألوان تركيبات الحبر التى آل إليها بهتانها، واستخدام قياسات التوصيف اللونى بنظام CIE Lab system لرصد درجات البهتان وتباينها، فضلاً عن طرق اعداد تركيبات الحبر والحوامل الورقية اللازمة لهذه الدراسة.

- **الدراسة الثانية : تأثير الأكسدة الحرارية علي نصاعة الورقة**

The effect of thermal oxidation on paper brightness

وفى تلك الدراسة تمت مناقشة تأثير الأكسدة الحرارية بالتقادم الحرارى الجاف على نصاعة ودرجات لفتاحة للورق الخالى من الحبرأوغير المحبركدراسة منفصلة ، وقياس تلك القيم بنظام القياس المستخدم سلفاًمع قياس درجات بهتان الأحبارلإثبات دور مكونات الورق فى مقدار تأثر ه بتلك الأكسدة مع تقييم وتحليل النتائج الواردة فى هذا الشأن.

- **الدراسة الثالثة:تأثير الأكسدة الحرارية لحبر العفص الحديدي علي خواص الورق الميكانيكية**

The effect of thermal oxidation of iron-gall ink on mechanical properties of paper

بخلاف الحديث عن طرق تجهيز العينات وحواملها الورقية المحبر ة بتركيبات مختلفة ، اجراء اختبار التقادم ، تقنيات قياس تلك الخواص واختلافاتها، وتقييم وتحليل النتائج ، تناول البحث تأثير أكسدة حبر العفص الحديدى على خواص الورق الميكانيكية ، ونشاط الأيونات المعدنية فى تحفيز أكسدة سليلوز الورق واضعافه ، فضلاً عن نشأة مجموعات الكربونيل على حساب اختزال

مجموعات الهيدروكسيل من تركيب السليلوز ومن ثم اضعاف حواملة الورقية وجعلها هشة يصعب تناولها ، وكانت دلالات ذلك التلف الحادث التى تم الاستناد إليها فى هذا الصدد مايلى:

- قياس التغير فى مايتمتع به الورق من خواص ميكانيكية للورق المحبر قبل وبعد التقادم ،وشملت قياس قوة الانفجار Bursting force، مقاومة التمزق Tearing resistance ، و قوة الشد Tensile strength .
- اجراء الاختبارات الكيميائية مثل اختبار تكون مركب الأميلويد فى الورق المتأكسد، وكذا درجة تشربه للماء قبل وبعد أكسدته.
- التغير فى محتوى الورق من مجموعات الكربونيل By Change of carbonyl groups in paper حيث تمثل الزيادة منه أكسدة واضحة للورق المحبر بعد تقادمه حرارياً على عكس الورق غير المتقادم.

- **الدراسة الرابعة : إنعاش أحبار العفص المعدنية الباهتة واستخدام مضادات الأكسدة Revival of faded metallic- Gall inks and using antioxidants**

شملت الدراسة فى هذه الحالة مناقشة المواد التى يمكن استخدامها فى انعاش مابهت من أحبار الجالوتانين المعدنية المستخدمة لتدوين حوامل المخطوطات الورقية ، وروعى فى ذلك اختيار المواد التى لاتغير من التركيب الكيمائى الأصلى للحبر الباهت ، وهى مستخلصات طبيعية من مواد استخدمت بالفعل لاعداد مثل هذا النوع من الأحبار، واستخدمت إما منفردة أومخلوطة مع مادة أخرى ، وفى الحالتين أضيف لنصف كميتها مضاد أكسدة من كازينات الكالسيوم Calcium caseinate كمحاولة لتقييد ووقف نشاط الأيونات المعدنية فى معاودة تحفيزها لعملية الأكسدة لتأدت إلى بهتان تلك الأحبار حالياً ومستقبلاً، وقد أتت الدراسة بنتيجة مؤداها أن لمضاد الأكسدة المستخدم دور كبير فى حماية تلك الأحبار من بهتانها وتأثرها بعمليات الأكسدة المحفزة بالأيونات المعدنية المشارإليها ، وتمخضت عن أن محاليل حامض التانيك المركز Concentrated tannic acid،الأهليلج المركز، محلول العفص وحامض التانيك ، ومخاليط الأهليلج وحامض التانيك أفضل النتائج من ناحية درجة اللون ، قوة التغطية ، طاقة اللون ، وذلك عند استخدامها لإنعاش الأحبار الباهتة Faded inks.، لكنها تحتاج إلى مزيد من الدراسة والتقييم لجعلها أكثرفائدة .

الفصل الثاني : التطبيق Application

تناولت الدراسة بالتطبيق نتائج ما تمخضت عنه الدراسات التجريبية سالفة الذكر من نتائج ناجحة فى علاج مانتج عن أكسدة أحبار العفص الحديدية المستخدمة فى كتابة وتدوين المخطوط موضوع التطبيق من بهتان لألوانها وصل لدرجة التلاشى التام فى بعض صفحاته ، وعلاج مانتج عن تلك الأكسدة من ضعف لورق المخطوط وتغيره لونياً ، وكانت على النحو التالى:

- اختزال الأيونات المعدنية من الورق بالغليان .
- ترسيب احتياطي قلوى بالورق باستخدام محلول هيدروكسيد الكالسيوم.
- المعالجة بعوامل التقييد(مضادات الأكسدة) باستخدام مادة كازينات الكالسيوم لترسيب احتيلطى مانع للأكسدة مستقبلاً بتقييده لأيونات الحديد ومنعها من تحفيز أية أكسدة يمكن حدوثها لاحقاً .
- إنعاش الكتابات الباهتة Revival of faded writing باستخدام محلول تركيزه ٢٠٪ من حامض التانيك .

وبخلاف ماتقدم تم اجراء أعمال التوثيق الأثرىArchaeological documentation لمخطوط التطبيق ودراسة التركيب الكيمائى لورق وحبر المخطوط Manuscript ink وقياس معدلات الحموضة والأكسدةAcidity & oxidation measurement الحادثتين له ورصد التلفيات الأخرى من بقع وخلافه....،وتناول البحث بالإضافة لذلك مايلى:

- فك ملازم المخطوط وتهيئته للمعالجات الأخرى .
- تثبيت كتابات المخطوط لحساسيتها تجاه العلاجات المائية والمحاليل الكيمائية ومواد التنظيف المستخدمة.
- از الة وتنظيف آثار التجليد السيئة والبقع المختلفة بصفحات المخطوط، وذلك قبل البدء فى اجراء علاجاتTreatmentsالأكسدة والحموضة التى قدمت سلفاً .
- ترميم Restoration واكمال الفقد فى هوامش ورق المخطوط واكمال الثقوب المنتشرة به واصلاح تمزقاته .

هذا وقد اختتم البحث بمناقشة النتائجResults التى تم الحصول عليها لفصوله النظرية ودراستيه التجريبية والتطبيقية ، ووضع التوصياتRecommendations التى تمخضت عنها ه المناقشة ، ثم ز ُيل كل ذلك بقائمتى المراجع العربية والأجنبية التى استقى منها البحث ُ مادته العلمية حيال كل ماورد به من دراسات وتجارب وتطبيقات .