مجلة كلية الآثار بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

دور التربـــة فى تلـــف المحنـــط أبيـــس

إعداد

د. حمدى أحمد عمر الأبيارى

مدرس ترميم الآثار

كلية الآثار- جامعة جنوب الوادى

دور التربــة فى تلــف المحنــط أبيــس

ملخص البحث ABSTRACT

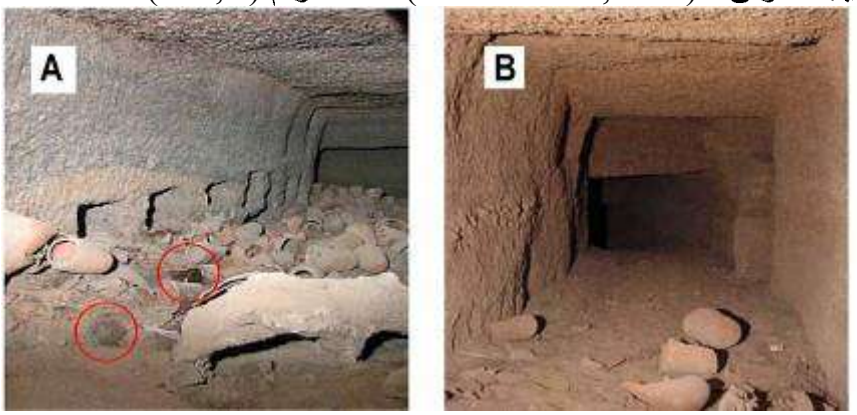
فى مصر القديمة ، كان طائر الأبيس يعبد باعتباره رمزا للإله تحوت إله الحكمة والمعرفة ، وقد كشف عن جبانة مخصصة لدفن مومياوات أبى منجل (أبيس) فى تونا الجبل بها الكثير من المومياوات وتؤرخ بالعصر الرومانى، نقل بعضها بالمخزن المتحفى بالأشمونين وقد جريت الدراسة على احداها نظرا لأهمية هذه الطيور فهى مصدر غنى بالمعلومات يساعد على فهم التاريخ الدينى والبيئى والثقافى فى مصر القديمة ، ولقد تلاحظ على المومياء مظاهر تلف مختلفة مثل تراكم الغبار وفقد جزئى بالمنقار وكسر بالجناح الأيمن ، وتدهور الريش تمثل فى شروخ بمحور الريش محيط فقد وتهتك وتآكل وهشاشة النسيج الريشى ، تدهور بشرة جلد الطائر تمثل فى تآكل ، شروخ دقيقة ، تبلور ملحى ، منتشر فى عموم جسم الطائر قع لونية مكروبيولوجية نتيجة تعرضه لمؤثرات بيئة الدفن .

وتهدف هذه الدراسة الى شرح جوانب من تدهوره وميكانيكية عمليات التده ر ، والتحقق العلمى من طبيعة ونوع التحنيط على النحو الذى ذكرته المصادر التاريخية حيث أن شرح جوانب التدهور يمكن أن يعود على معرفة نوع التحنيط من طرق و مواد يمكن أن تكون ليست فى تركيبه بل استخدمت فى عملية التحنيط ، تحقق ذلك من خلال وسائل التقييم البصرى والتصو ر الفوتوغرافى والفحوص والتحاليل مثل الفحص الراديوجرافى بالأشعة السينية X-Ray radiography والميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope(SEM) وحيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction (XRD) والتحليل الطيفى بالأشعة تحت الحمراء وأيضا الفحص Fourier Transform Infra-red Spectrometry (FTIR) الميكروبيولوجي وقد أعطت نتائجها الفرصة لمناقشة التدهور هذه المواد الأثرية ، وأ ت هذه الأوجه العلمية أن اسباب تلف المومياء ترجع بالأساس الى مؤثرات التربة من رطوبة النسبية و حرارة ، النشاط الحيوى ، والتى أثر ت على مواد التحنيط باحداث تحول ملح ا طرون الى عكس طبيعته بسبب انحلاله واعادة تبلوره ، تبخر وذوبان وانحلال لراتنجات ، وامتد تأثيرها على الطائر المحنط باضعاف تركيبه بعمليات الأكسدة والتميؤ الحمضى والتحلل الحرارى لمكونه من البروتين الكولاجينى للجلد والكير تينى للريش وأدت الى تحلل المومياء ساعد عليه نوع التحنيط المتبع مع الطائر حيث أثبت الفحص الراديوجرافى ختلا ا فى تقن ة تحنيط الطائر عن ما ذكر بالمصادر التاريخية تمثل فى عدم استخدام اسلوب حشو الدائم بفراغات الجسم ، إجراء متبع فى تحنيط الطيور المقدسة يعزى ى همال المحنطين ، ولا يمكن اغفال بيئة الحفظ غير المناسبة المخزن المتحفى وما بها من خلل بيئى يساعد على تحفيز التلف .

الكلمــات الدالــة طائر ا بيس – تحنيط الطيور – تلف المحنط أبيس – التصوير الراديوجرافى – الميكروسكوب الالكترونى الماسح - حيود الأشعة السينية - الأشعة تحت الحمراء – ميكروبيولوجى .

١ - مقدمـــة INTRODUCTION

فى مصر القديمة ، صور طائر الأبيس على العديد من الجداريات المصرية القديمة والمنحوتات حيث كان له دورا هاما فى عقيدة المصرى القديم ، ولاسيما خلال الفترات المتأخرة والرومانية ، ورمز طائر الأبيس للإله تحوت إله الحكمة والمعرفة والكتابة (Assman, 2001) وقد وجدت محنطات الأبيس فى جبانات سقاره ، وأبيدوس ، وتونا الجبل (هيرموبولس ماجنا) التى تقع فى مصر الوسطى (المنيا) على بعد ٢٠٠ كم من القاهرة وقد عثر بها على أكبر عدد من تلك المومياوات سراديب الموتى (Kessler et al,2005) شكل رقم (1:A,B) .



شكل رقم (A,B:1) يبين مقبرة تونا الجبل (جبانة المحنط أبيس)

نقلا عن: Kessler & Nur El-Din, 2005

ذكرت المصادر التاريخية أن تقنية تحنيط لطيور المقدسة بنيت على أساس تجفيف الجسم ، كانت تجرى على النحو التالى :

- استخراج المخ ، يقوم المحنط باستخراج العين ثم استخراج المخ من تجويف العين .
- استخراج الأحشاء (محتويات الفراغ البطنى والصدرى) باستخدام حقنة شرجية من زيت الأرز عن طريق الدبر ويحتفظ بهذه المادة داخل الجسم لعدة أيام بغلق فتحة الشرج لتعطى فرصة للمواد المحقونة داخل الجسم لتحلل الأعضاء الداخلية وبعد اكمال تحلل هذه الأعضاء وكونها فى صورة سائلة تفرغ عن طريق الدبر ويخرج السائل دون أى قطع فى الجسم .

تعقيم فراغات الجسم بنبيذ النخيل حيث يحتوى على الكحول ٤٠ % .

- حشو فراغات الجسم بمواد حشو مؤقته من اللفائف بها ملح النطرون لامتصاص الماء ويتم استبدالها طوال الاربعين يوم .
- استخلاص ماء الجسم وتجفيفه بوضع الطائر فى كومة من ملح النطرون الجاف على سرير التحنيط ، كانت توضع صرر من الملح أسفل اجنحة الطائر وتستمر هذه العملية اربعين يوم .
- استخرج مواد الحشو المؤقتة من الجسم بعد التأكد من استخلاص ماء جسم الطائر ويغسل فراغ الجسم بنبيذ النخيل مرة أخرى للتعقيم .
- حشو فراغ الجسم بمواد حشو دائمة بالفائف المحتوية على النطرون أو الرمل أو نشارة الخشب أما فراغ الرأس فكان يملأ بكتان مغموس فى راتنج منصهر .
- دهان جسم الطائر بزيوت معطرة وقد استخدم زيت العرعر .

- علاج سطح الجسم بالقار أو الراتنج المنصهر وذلك بدهان الجسم والريش بواسطة فرشاه لغرض سد مسام الجسم وتغطية الريش .

وفى النهاية يقوم المحنط لف الجسم بعدد من لفائف الكتان الأبيض أو البنى تحيط بها الأر طة والأغلفة (قدرى وآخرين ٩٤٩) (جبرة ٩٧٤) .

يوجد بعض المحنطات بالمخزن المتحفى للأشمونين وأجريت دراستنا على احداها - تؤرخ بالعصر الرومانى، ووجدت المومياء بحالة سيئة بعد تحلل لفائفها فى وسط ا تربة التى أدت الى تلفها تماما ، وعانت من تراكم الغبار ، فقد جزئى بالمنقار وكسر بالجناح الأيمن وتدهور الريش تمثل فى شروخ بمحور الريش محيط ، فقد وتهتك وتآكل وهشاشة النسيج الريشى ، ، تدهور بشرة جلد الطائر تمثل فى تآكل ، شروخ دقيقة ، بقع لو ة مكروبيولوجية ، ، تبلور أملاح منتشر ه فى عموم جسم الطائر ونظرا لأهمية هذا المحنط أبيس حيث أنه مصدر غنى بالمعلومات لفهم التاريخ البيئى والدينى والثقافى فى مصر القديمة فقد ركزت الدراسة على شرح جوانب من تدهوره ، ميكانيكية عمليات التدهور الناجمة عن مؤثرات بيئة الدفن ، ودراسة تدهور المومياء يمكن أن يعود على تحديد نوع التحنيط والمواد والطرق المستخدمة مع الطائر حيث يمكن أن تكون ليست فى تركيبه بل قد استخدمت فى عملية التحنيط ، ولتحقيق هذا فقد استخدمت وسائل التقييم البصرى والتصوير الفوتوغرافى وأساليب الفحص والتحليل المعتم ة على الفحص الراديوجرافى با شعة السينية X-ray Radiography والمي روسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) وحيود الأشعة السينية (XRD) والتحليل الطيفى بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) حيث يوفر الجمع بي ها تائج تجعل من الممكن التحقق من تقنيات ومواد تحنيط الطائر وايجاد دراسة مفصلة عن التغيرات Taphonomic بالمومياء الناتجة عن مؤثرات بيئة الدفن من الرطوبة النسبية والحرارة والحموضه والكائنات الحية الدقيقة وهى مصادر واضحة للتلف نشرحها كالتالى :

الرطوبة النسبية : المواد العضوية مثل المومياء هيجروسكوبية ، تمتص لرطوبة بالوسط المحيط ويؤدى رتفاع نس ة لرطوبة الى تدهور مواد التحنيط با نحلال ، الذوبان ، و ساعد فى تحلل لمومياء حيث تزيد من معدلات التفاعلات الكيميائية مثل ا كسدة والتحلل المائى للبروتينات مكو ة للمومياء ، يشجع زيادة نسبتها عن ٥ % على نمو الكائنات الحية الدقيقة المحللة للجلد والريش (Zhang, 2011).

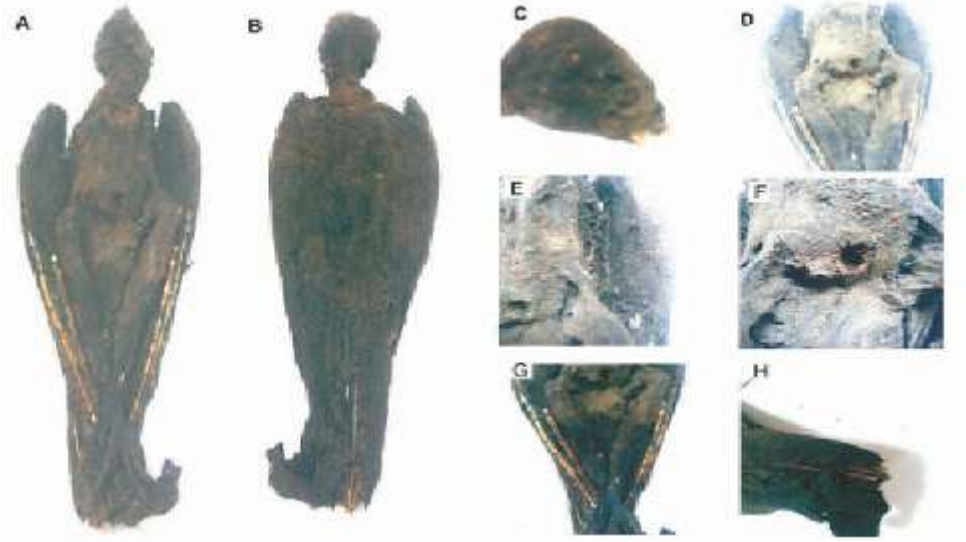
الحرارة تسبب الحرارة المر فعة الجفاف الذى يؤدى الى تدهور مواد التحنيط من الراتنجات حيث تفقد قوتها ، ، تدهور التركيب البروتينى لمومياء تكسير عزل وانفصال ألياف البروتين عن طريق كسر الروابط الهيدروجينية التى تربط بعضها البعض هذا الانفصال يحدث تشقق (Lyman,(2001) ، يسبب التحلل الحرارى فقد الخواص الميكانيكية و ساعد على تصلب وهشاشة الجلد والريش (Lewarne, 2011)

الحموضة : يؤثر الوسط الحمضى ببيئة الدفن على المومياء ، والذى ، جم عن محاليل أملاحها فى وجود الماء أو الرطوبة المرتفعة والنشاط الحـ وى لكائناتها الدقيقة ، مسببا تدهور كيميائى لل روتينات مكو ة لجلد والريش ينتج عن عملية تميؤ

حمضى يؤدى الى تحلل لياف البروتينات مما يضعف بنية المومياء ويظهر عليها أعراض الهشاشة والتصلب (Lyman,2001) .

- الكائنات الحية الدقيقة : يعتبر التلف المكروبيولوجى عامل مهم فى تحلل المومياء حيث تمثل الأنسجة الحية مصدر غذاء للكائنات الحية الدقيقة التى تنمو على العديد من المواد المكونة لها مثل البروتينات والدهون ، ويعتمد التلف الميكروبيولوجى على نوع الكائن الدقيق والظروف البيئية المحيطة وتعتبر الرطوبة من أهم العوامل التى تساعد على النمو الميكروبى و ؤثر النشاط الميكروبى بما ينتجه من نزيمات *peptidases , proteinases , collagenases , trypsin* على البروتينات والدهون وتسبب تميؤها وتحللها لى أحماض مينية تستخدمها فى عملية الأيض و ؤدى هذه العملية الى تغيرات بتركيب البروتينى للجلد والريش وتغير بمظهر المومياء من تبقع تآكل وتصلب وهشاشة (Valentin, 2003 .

واستخدم الملاحظة البصرية ، التصوير الفوتوغرافى لتوثيق جوانب تدهور المومياء والتى يظهرها شكل التالى رقم (2: A,B,C,D,E,F,G,H) .



شكل رقم (2:A,B,C,D,F,G,H) يظهر مومياء المحنط أبيس - عصر رومانى ويبين مظاهر تدهورها (A,B) يظهر المحنط أبيس من الأمام والخلف (C) فقد فى المنقار (D) تراكم للغبار بعموم جسم الطائر(E) كسر ، جناح الأيمن ، تآكل وتشرخات بالجلد(F) تبلور ملحى مختلط بالغبار وبقع لونية ميكروبيولوجية (G) تآكل وفقد وانفصال ريش الأجنحة (H) فقد فى ريش الذيل وتراكم الغبار وبقع لونية مكروبيولوجية.

٢ - المواد والطرق MATERIALS AND METHODS

٢ - الفحص الراديوجرافى لأشعة السينية (Radiographic)

استخدم فى فحص المحنط أبيس جهاز ماركة Orich Medical Equipment بقوة 50*Kw* ومعدل استجابة 39.4% ووقت استجابة<72h كطر قة غير متلفة ، وقد تم التشخيص بمعرفة قسم الأنسجة – كلية الطب البيطرى لتعرف على جنس الطائر و لتحقق العلمى في تقنية تحنيطه وتقييم التلف بهيكل عظمى لمومياء .

٢:٢ - الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM)

استخدم فى فحص عينات من جلد وريش المحنط أبيس بعد تحضيرها جهاز ماركة JEOL.5500LV بالمعمل المركزي بجامعة جنوب الوادي لتحديد المواد المستخدمة في التحنيط من نطرون والراتجات والتعرف على أشكال التدهور مورفولوجيا سطح الجلد ، والموجودات بالنسيج الريشي .

٢ ٬ التحليل بحيود الأشعة السينية (XRD)

استخدم فى تحليل عينات من جلد المحنط أبيس جهاز ماركة (Shimadzu, Japan) using Cu Kα radiation from a tube operated at 5kv and 35mA بوحدة التحاليل بجامعة المنصورة للتحقق من النطرون الطبيعى المستخدم فى عملية التحنيط الذى استخدم كعامل اساسى فى ، ملية التحنيط لتجفيف الجسم حسبما ورد بالمصادر التاريخية ، التعرف على مركبات غير عضوية أخرى يمكن أن تكون نتجت من كيميائية بيئة الدفن .

٢ ، التحليل الطيفى بالأشعة تحت الحمراء (FTIR

تم تحليل عينات من جلد وريش المومياء بعمل بودر من بضع ملليجرامات ن العينات واستخدم جهاز ماركة ISIS Oxford/link بمركز التحاليل الدقيقا – جامعة جنوب الوادى وكانت ظروف تشغيل الجهاز بين 4000^{CM-1} : 400^{CM-1} لتعرف على التركيب الكيميائى للجلد والريش ، التغيرات الكيميـ ية التى حدثت نتيجة لمؤثرات بيئة الدفن وتسليط الضوء على المر كبات غير العضوية الداخلة فى مراسم التحنيط بالكشف عن مجموعاتها الوظيفية ومعرفة سلوك منتجات دهوره .

٢ ، ـ المسح الفحصى الميكروبيولوجى Microbiological examination

أجرى هذا الفحص لتحديد الفطريات التى أصابت المحنط أبيس وأثرت على مظهره وسلامته العامة ، ث وجدت بقع لونية مكروبيولوجية تدل على نمو فطري يشبه العفن على سطح الجلد والريش واسا ن ولقد تم استخدام طريقتين لأخذ العينات اعتمادا على نوع وموقع العفن : ماسحات القطن المعقمة، و كشط الأسطح الأكثر صعوبة ، وبمجرد أخذ العينات من المنطقة المصابة ، تم تخزينها في أنابيب اختبار معقمة لنقلها لاحقا إلى المختبر بقسم البيولوجي كلية العلو – جامعة طنطا وقد تم تنميتها على وسط غذائى تشابك – دوكسى آجار لعزل الفطريات ويتكون من :

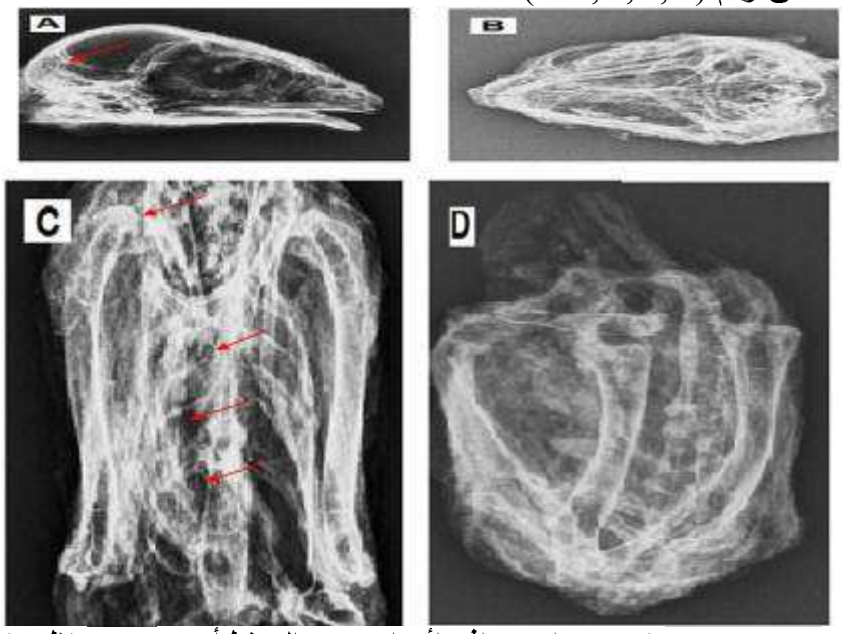
Czapek-Dox agar consists of 3g $Na\ No_3$, 0.5g KCL , 0.5g $Mg\ So_4$, 1g K_2HPo_4 , 30g sucrose , 17g Agar, 0.2g peptone 1000 ml distilled water, and pH was 5.5.

وتم تحضير الشرائح الفردية لكل فطر معزول باستخدام اللاكتوفينول الأزرق ثم بالملاحظة من خلال الميكروسكوب الضوئي أمكن تصنيف الفطريات المعزولة على أساس الخصائص المورفولوجية المجهرية والميكرو كوبية باستخدام مفاتيح تصنيفية راسخة لكلا من (Rebell, et al, 1974)(Domsch,et al , 1993)(Barnett,et al,1998)

٬ النتائج والمناقشات RESULTS AND DISCUSSIONS

٣ ، الفحص الراديوجرافى ، لأشعة السينية (Radiographic)

امدنا تشخيص الأشعة بمعلومات عن جنس طائر المحنط من خلال الرؤية المباشرة لأعضاء الهيكلية التشريحية شكل ومقاس تجويف الجمجمة توضح انتمائه الى *Threskiornis aethiopicus* وقد شملت الطائفة المصرية القديمة هذا النوع من طائر الأبيس(Atherton, et al, 2012) و كشف التصوير الراديوجرافى عن تقنية تحنيط طائر حيث أمكن بالتعامل المباشر مع الجمجمة وجسم الطائر ، ابراز م صور منقولة مكنت من الدخول إلى تجاويف الجمجمة والقفص الصدرى والبطن الشكل التالى رقم (3:A,B,C,D)



شكل رقم (3:A,B,C,D) تصوير راديوجرافى لأجزاء جسم المحنط أبيس (A,B) تظهر تجويف الجمجمة به بقايا راتنجية يشير اليها السهم وتبين استخراج المخ وخلو التجويف من مواد الحشو الدائمة – التصوير من الجانب والأسفل (C) تظهر الفراغ الصدرى والبطنى به صبغ أسود يشير اليه الأسهم وتبين استخراج أحشاء هما وخلوهما من مواد الحشو الدائمة كما تظهر كسر بالجناح الأيمن يشير اليه السهم - التصوير من الأمام (D) تظهر المومياء كامله - التصوير من أسفل الى أعلى.

يظهر فحص فراغ تجويف الجمجمة من مخ ويتضح أنه تم استخراجه عن طريق تجويف العين بعد نزعها والذى تأكد بوسيلة مناظرة لأجزاء الرفيعة المنفصلة م ه من تجويف العين . منطقة الأمامية للجمجمة ، وتبدو بقايا راتنجية بقاع تجويف الجمجمة تكشفها كثافة الأشعة وتدلل على استخدام الراتنجات فى عملية التحنيط ، ويظهر الفحص فراغ التجويف الصدرى والبطنى بجسم الطائر من محتوياتهما ويبدو صبغ أسود منتشر بالفراغ الصدرى والبطنى يوضح أنه كان سائل مصبوب داخل الفراغ الصدرى والبطنى ، من المرجح أن يكون راتنج (Gostner, et al 2013) وهذا قبول حيث يمكن تفسيره بأن الراتنج المنصهر قد يشوبه السواد أثناء التسخين و ن من الراتنجات ما يسود لونه بمرور الوقت اذا كانت ملاصقة لمادة دهنية (Mcknight, 2010).

وتوضح تشخيصات الأشعة أن تقنية تحنيط طائر الأبيس تمثلت فى ستخراج المخ من الجمجمة ، والأحشاء من القفص الصدرى والبطن وتعقيم فراغات الجسم

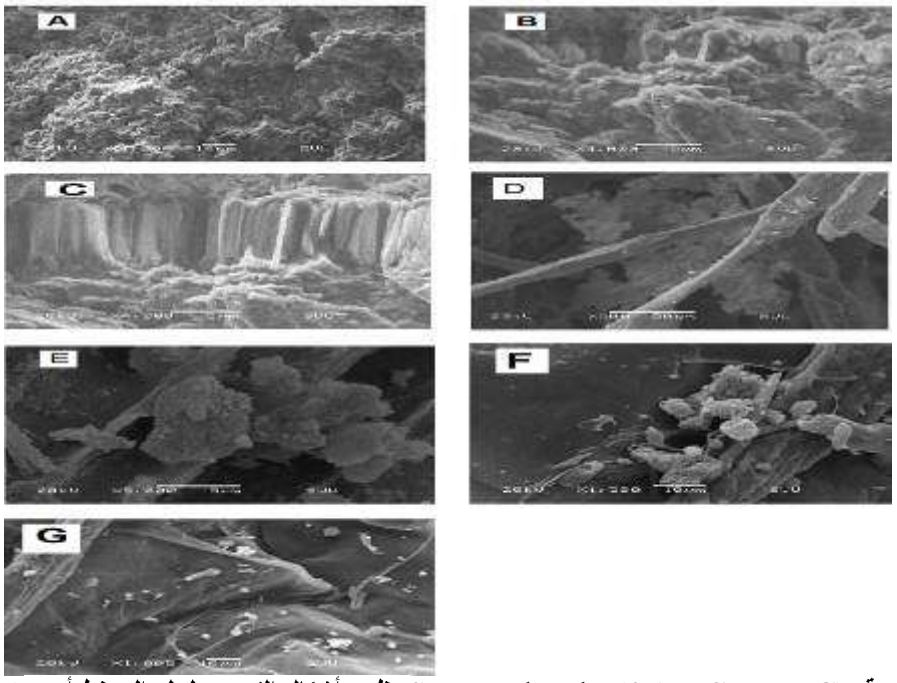
زيت النخيل الذى يحتوى على الكحول ، وحشوها بمواد الحشو المؤقته المحتوية على النطرون ووضع الطائر فى كومة من النطرون ا ستخلاص الماء وتجفيفة ثم معالجة فراغات الجسم ودهان سطح جسم الطائر بالراتنج المنصهر لسد المسام الجسم وتغطية الريش ولف ا مومياء باللفائف من الكتان .

وتدلل تشخيصات الأشعة تجاويف الجمجمة والقفص الصدرى والبطن اللون الرمادى المميز على أن المحنطين اعتادوا على ستخراج المخ بالجمجمة وا حشاء لمومياء ولم يستخدموا مواد حشو دائمة فراغات الجسم و شير النتائج الى اختلاف اسلوب تحنيط طائر الأبيس عن ماود بالمصادر التاريخية فى شأن تحنيط الطيور المقدسة حيث لم يتم العثور على ما ذكر ته من حشو فراغات الجسم بمواد حشو دائمة ، هذا يتفق مع ما ذكره (سبنسر، ٩٩٧) أن بعض المحنطين كانو لايهتمون بمادة الحشو الدائم لتلك لمومياوات من الطيور وقد ادى عدم ا هتمام الى تلف الكثير من المومياوات .

، أيضـ يكشف فحص هيكل عظم مومياء وجود كسر بمنطقة التئام جناح لأيمن مع كتف يدل عليه كث ة الأشعة بهذه المنطقة يفترض الباحث معه أنه قد يكون سبب وف ة الطائر أو أنه قد حدث بسبب إحكام اللفائف من الكتان أو عزى الى كسور ما بعد الدفن نتيجة فقد المحتوى الرطوبى ضغوط الأحمال من الأتربـ .

٢:٣ - الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM)

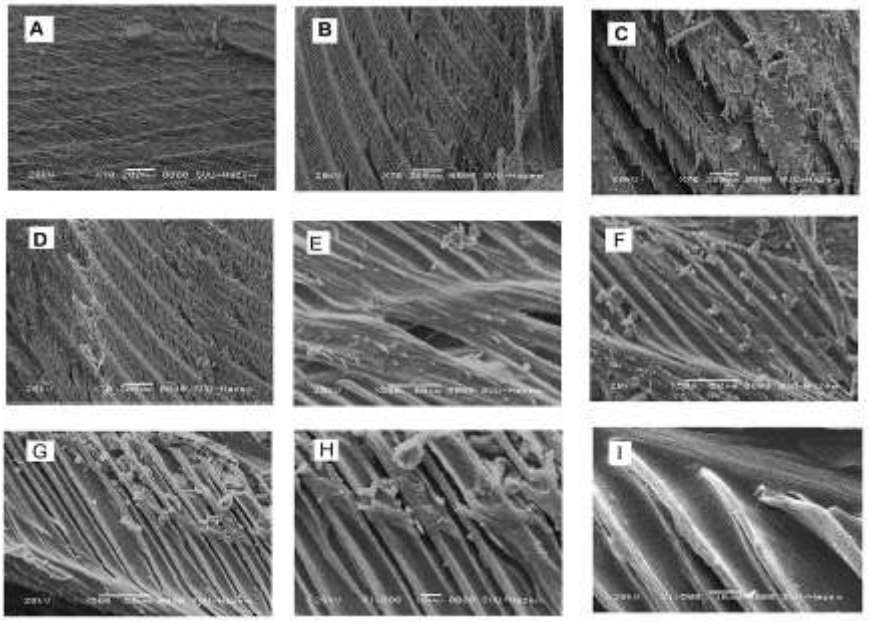
تظهر نتائج فحصSEM لعينات الجلد والريش والأشكال رقم (4,5 ا دهور بمورفولوجيا سطح لجلد ، الموجودات بالريش والمواد ستخدمة فى التحنيط من النطرون والراتنج وتدهور ا (Gleeson, et al , 2012) (Millington, 2008 ، ويبين الشكل التالى رقم (4:A,B,C,D,E,F,G) مظاهر التدهور . ينات الجل .



شكل رقم (4:A,B,C,D,E,F,G) ميكروسكو ى SEM يظهر أشكال التدهور لجلد المحنط أبيس(A,B يظهر الغبار يغطى سطح الجلد ، وتشرخات ببشرة لجلد والراتنج مع تقشير للراتنج (C) يظهر تشققات

على طول حزم الألياف (D) تظهر التباعد بين الألياف (E,F) تظهر تبلور لأملاح بالسطح وبين الالياف (G) تظهر خيوط الفطريات مخترقة الألياف .

كما يبين الشكل التالى رقم (5:A,B,C ,D,E,F,G,H,I) مظاهر التدهور بعينات الريش .



شكل رقم (5:A,B,C,D,F,G,H,I) ميكروسكو ى SEM يظهر أشكال تدهور يش المحنط أبيس (A,B,C) يظهر تراكم الغبار يغطى سط ح الريش وتقشير براتنج طلاء الريش (D,E,F) تهتك وفقد للشعيرات و نفص مات بالريش وتبلور أملاح و قع لونية مكروبيولوجية (G,H,I) يظهر فقد شروخ بمحور الريش وتبلور أملاح وتقشير بالطلاء الراتنجى للريش.

, تكشف النتائج عن تلف كيميائى وفيزيائى تركيب لبروتينات لمكونة لجلد وريش الطائر يرجع الى القدم الطبيعى ، الظروف البيئية المحيطة من رطوبة وحرارة وكائنات حية دقيقة والتى أخضعت المومياء الى تغيرات فى استقرارها الكيميائى وفقد خواص الفيزيائية للمواد العضوية بالأثر والتى أدت الى مظاهر مختلفة من التدهور ، و عزى هذه التغيرات الى عمليات التحلل الناتـ ة عن ' كسده وا تميؤ التى سـ ت تمسخ البروتينات على المستوى الجزيئى ، كسر سلاسل البروتي ات الكولاجينية بالجلد والكيراتينية بالريش ، ويظهر الفحص تكسير الحزم الليفية واضحا بكولاجين الجلد حيث بدت متهتكه قصيرة غير منتظمه ذات حدود غير واضحة . ووجود فراغات بينية بسبب التكسير الحمضى الذى يحدث غيير كيميائى للأحماض الامينية وانقسام للسلاسل الببتيدية للكولاجين بتميؤ روابـ ها مما يسبب فقد التركيب الحلقى المنتظم لألياف الكولاجين بالجلد وفقد شدّ ها الشبكى (Millington, et al , 2008) ، ويساعد فى تدهور كولاجين الجلد قدرته على امتصاص كمية كبيره من الرطوبة مما قد يؤدى الى انتفاخه وكسر روابطه الكيميائية ويتفاقم الضرر بفعل التحلل المائى وفى حالة فقده الرطوبة بالانتشار الحرارى تنـ ش اليافه وتتغير ابعاده ويؤدى الجفاف الى عزل الياف الكولاجين خاصة ان هذه الالياف تقع بالجلد بشكل غير متساوى مما يحدث تشرخ وتفتت

ويظهر الفحص تلف الريش وتحطمه الذى يرجع الى عمليات كيميائية معقده اعتمد اساسا على تفاعلات الأكسده والتميؤ الحمضى التى أدت الى حدوث تغيرات كيميائية فى التركيب الجزيئى للكيراتين وسببت كسير فى الروابط العرضية للأحماض الأمينية مما أثر على بنية الكيراتين وأضعف من خواصه الميكانيكية الامر الذى أدى تصلب وهشاشة و

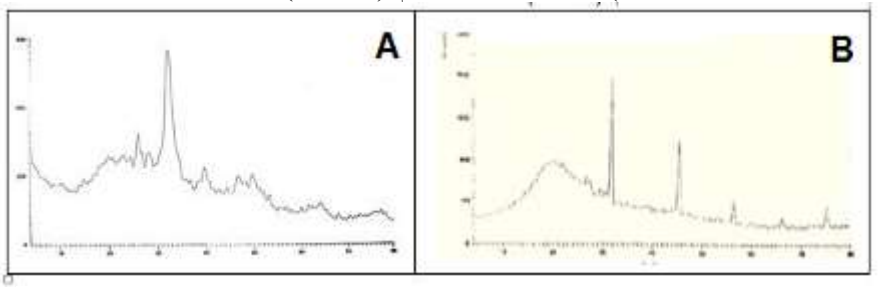
شد خ الريش ووتمزقات وفقد بالشويربات ساعد عليها الضغط الناشىء عن أحمال الأتربة ، أن تراكم الغبار والتصاقه بالجلد و لريش يعتبر عامل محفز للتفا علات الكيميائية وتزيد من تدهور .

يدلل الفحص على التدهور بمواد التحنيط من النطرون والذى انعكس على تلف المومياء وقد لوحظ تبلوره بـ فراغات ا بينية بهيكل ألياف الكولاجين ، النسيج الريشى ، يدل كبر حجم بللوراته على هذا تبلوره الذى ينتج عنه ضغوطا تؤدى الى تهتك بهيكل الياف البروتينات فضلا عن تأثير محاليلها لحمضية لناتـ ة عن ذوبانه فى ظل ارتفاع المحتوى الرطوبى للمومياء بسبب تجوية التربة والذى يسبب تحلل البروتينات بالجلد والريش ويؤدى الى فقد خواصـ ا الميكانيكية وتظهر عليها أعراض التصلب والهشـ شة .

وتشير النتائج أن تدهور المومياء نتج عن التغير فى طبيعة البروتينات المكونه للجلد والريش ، الذى تسبب فى فقد هيكل أليافها لخواصه الميكانيكية مما أدى الى التغير فى مظهر سطح الجلد والريش وقد اعتمد التلف الفيزيائى والكيميائى لهذه المواد العضوية على الظـ روف البيئية من الرطوبة والحرارة والتلوث الميكروبى والمواد الكيميائية مثل مركب النطرون المستخدم فى التحنيط والذى عزز تدهورهـ ، عدم ثبات المومياء .

٣ ٣ التحليل بحيود الاشعة السينية (XRD)

تظهر أطياف (XRD) المركب الغير عضوى لعينات من جلد المحنط أبيس (Jeannette, et al , 2012) بالشكل التالى رقم (7:A,B)



شكل رقم(6:A,B) يظهر نمط التحليل بحيود الأشعة السينية لعينات من جلد المحنط

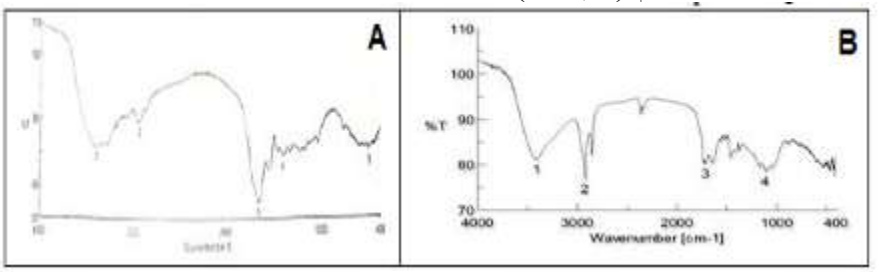
تكشف النتائج التركيب المعدنى لخليط من معادن كربونات الصوديوم Sodium Carbonate ($Na_2 Co_3$) بالشكل (A) وكلوريد الصوديوم Sodium Chloride (Na Cl) وكبريتات الصوديوم Sodium Sulfate ($Na_2 So_4$) بالشكل (B) ، توجد كربونات الصوديوم بشكل أساسى والمعادن الأخرى بشكل ثانوى يدل عليها نسبها ، وهـا شير لى الطبيعة البلورية لمركب ـ رون التاريخى (Monoclinic) استخدامه كعامل تجفيف فى عملية التحنيط حيث يتكون من خليط مركب كربونات الصوديوم Sodium Carbonate Decahydrate ($Na_2 CO_3 .10 H_2O$) بيكربونات الصوديوم ١٧ % ($Na H Co_3$) ، كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم بالبحيرات المائية المالحة الغنية بأملاح كربونات الصوديوم أثناء جفافها وفقد الماء يعاد تبلور Sodium Carbonate Decahydrate ($Na_2 CO_3.10 H_2O$) الى Hepta Hydrate ($Na_2 Co_3.7H_2o$) ثم الى Monohydrate ($Na_2 Co_3.H_2o$) هذا التبلور واعادة التبلور يطلق كمية كبيره من الماء يؤدى الى خليط ـ رون التاريخى .

ويعتقد أن من الاسباب المحتملة لتدهور المومياء المحـا ل الحمضية التى يمكن أن تنشأ عن انحلال ملح النطرون وهوسريع الانحلال وتبلور بسبب مؤثرات بيئة الدفن من الرطوبة والحرارة ، تؤدى هذه المحاليل الحمضية الى عملية تحلل مائى حمضى تركيب لبروتينـ ات مكو ة لجلد والريش وأيضا عملية أكسدة يتولد عنها طاقة تساعد على فكـ ه

حيث الأيونات المؤكسدة تكون أصغر حجما فيسهل ذوبانها ، خروجها من البناء البلوري للبروتين ، كلما صغر حجم الأيونات زاد التحلل ، يزداد فى السطح المعرض للتفاعلات الكيميائية (Lyman ,2001) ، ويتولد عن تبلور النطرون بالفعل الحرارى ضغوط تنشأ من زيادة حجم بلورات تسبب تهتك ألياف البروتين وشروخ الجلد والريش.

٢ - التحليل الطيفى بالأشعة تحت الحمراء (FTIR)

اعطت أطياف تحليل FTIR لعينات الجلد ، الريش المجموعات الوظيفية والتركيب الكيميائى والتى تعبر عن حدوث تدهور ناجم عن مؤثرات بيئة الدفن ، يظهرها الشكل التالي رقم (8:A,B)



شكل (8:A,B) يظهر نمط تحليل FTIR (A عينة من الجلد (B عينة من ريش لمحنط

– تحليل (FTIR) لعينة جلد المحنط أبيس .

يظهر الشكل 8:A خمسة أطياف لعينة تبين حزم امتصاص لمجموعة الهيدروكسيلO-H Stretch عند طول موجى 3392.17 Cm^{-1} وهى للر طة الهيدروجينية ، قوة شدتها يرجع لتركيز OH بمكون العينة حيث أن الكولاجين مكون الجلد له القدرة على امتصاص كمية كبيرة من الرطوبة ، وتظهر مجموعة C-H Stretch عند طول موجى 2932.23 Cm^{-1} وهى الكانات أليفاتيه Aliphatic ترجع الى الدهون مكون اساسى من مكوناتها تظهر مجموعة الكربونيل C=O stretch عند طول موجى 538.7 Cm^{-1} وتمثل هذه المجموعات الفعالة نموذج لأحماض الأمينية القائمة على التركيب الثانوى كولاجين من نوع crosslinks وتشير الى Amide 11 يظهر الامتصاص عند طول موجى 1296.21 Cm^{-1}, مجموعة C-N tretching/N-H bending وتشير الى Amide 111 بسلاسل الببتيد .

وأيضا ، يظهر التحليل الامتصاص مجموعة الهاليدات C-Cl stretch عند طول موجى 515.856 Cm^{-1} تدل على ا ، رون المستخدم فى التحنيط (Ménager, et al, 2012) .

وبالنظر الى النتائج السابقة نلاحظ انخفاض شدة ا متصاص ب جموعات Amide11 و Amide 111 ، تغير مواقعها ، هذا دل على تدهور الكولاجين يتفق مع ما ذكره (Derrick, 1991) أنه يحدث ترحيل فى تردد امتصاص Amide11 من 1550 Cm^{-1} الى 530 Cm^{-1} عندما يتغير تركيب الكولاجين ، كما يتفق مع ما ذكره (Zhang,2011) أن انخفاض شدة ا متصاصات المعبرة عن Amide 111, Amide 11 تدل على تلف الكولاجين ، و عزى تدهور الكولاجين الى تغيرات الكيميائية منظومة الكولاجين الليفية بسبب عمليات الأكسدة والتحلل المائى حيث تؤدى الى ضعف وانهيار الروابط الهيدروجينية المسؤلة عن تكوين مجاميع الكولاجين تحدث الانقسام داخل السلاسل الببتيدية وتكون نواتج الانقسام فى شكل كميات من ا حماض الأمينية ، وهى عمليات ناتجة عن مؤثرات بيئة الدفن من الرطوبة و لحرارة والهجوم الميكروبى ، كما يدلل وجود النطرون على حدوث تبلور وجود ا ملاح نتيجة التردد فى الرطوبة والحرارة

بيئة الدفن ، ، تؤدى عملية انحلاله الى نشوء محاليل حمضية مما دعم عملية تدهور الطور الكولاجينى حيث تحمل على تحلله (Dias, et al 2008).

و تضح من النتائج تأثر جلد الطائر بظروف بيئة الدفن والتى أحدثت تغيرات كيميائية تركيبه الكولاجينى عملت على فقد خواصه الميكانيكية الـ ختلفة مم سبب هشاشة وتصلب وشروخ الجل .

د - تحليل (FTIR) لعينة الريش للمحنط أبيس .

يكشف تحليل FTIR شكل رقم 3:B عن المجموعات الفاعلة لمكون العينة وهى مميزة لكيراتين الريش (Panayiotou, 2004) (Xhang, 2012) ، حيث ظهر مجموعة الهيدروكسيل O–H Stretch ء د طول موجى $3407.6\ Cm^{-1}$ وهى تتواجد فى المواد العضوية، مجموعة C-H Stretch عند طول موجى2920.66Cm-1 وهى اليفاتية Aliphatic ممتده ، ، تظهر مجموعة الكربونيل C=O Stretch عند الطول الموجى $1715.37Cm^{-1}$ وتدل كثافة المجموعه الفعالة فى هذه المنطقة على زيادة في الـ ربونيل والتى يمكن أن نتجها تحلل الببتيد وأكسدة سلاسل الـ حماض الأمينية ، تمثل هذه المجموعات الفاعلة التركيب الثانوى للكيراتين من نوع β Sheet وتشير الىAmide11 ، تظهر مجموعة S=O Stretch عند الطول الموجى $1115.62Cm^{-1}$ هى حمض السيستيك Cystic acid مكون الكير تين و دل امتدادها على زيادة وجود الكبريت المؤكسد .

توضح النتائج التحول فى قمم الامتصاص عند أعداد موجية أقل مع غياب مجموعة N-H النشادرية ، و ن معظم التغيرات الطيفية تحت طول موجى $1715.37Cm^{-1}$ ، هذا يتوافق مع زيادة تركيز منتجات أكسده الكيراتين (Sawyer, et al 2000) وبالنظر الى أن بيتا كيراتين هو نسبيا قوة بروتين الريش فهذا علامة واضحة على حدوث تغيرات كيميائية فى تركيب الكيراتين عزى الى الـ كسدة و تميؤ حمضى وهذا يتوافق مع التدهور الناجم عن مؤثرات بيئة الدفن من لرطوبة والحرارة و الهجوم الميكروبيولوجى لمرتبط عادة بالرطوبة (Lewarne, et al , 2011) .

ه - المسح الفحصى الميكروبيولوجى . Microbiological examination

أظهرت النتائج انواع الفطريات الشائعة بالمحنط أبيس و وهى تنتمى الى الفطريات الناقصة *Deuteromycetes* وفطريات العفن *Zygomycetes* يبينها الجدول رقم .

جدول) : العزلات الفطرية النامية على الوسط الصلب.

Fungi Isolated	نسب انبات الأبواغ الفطر %	نسبة التواجد
Aspergillus niger	30.75 %	++++
Penicillium natatum	17.25%	++++
Fusarium solane	12.75 %	++++
Trichoderma viride	10.15 %	++++
Trichoderma reesei	8.25 %	+++
Alternaria alternata	5.26 %	++
Aureobasidium puiiulans	7.25 %	+++
tinea nigra	5.18 %	+

Syncephalastrum sp.	3.16 %	++

*نسبة التواجد: ++++ مرتفع ، +++جيد ، ++متوسط ، + ضعيف

ويوضح الجدول نسب انبات ا بواغ الفطرية حيث غت أعلى نسبة للأنواع من *Trichoderma , Aspergillus , Penicillium , Fusrium ,* تلاها بنسب أقل *Alternaria , Aureobasidium , tinea , Syncephalastrum* ، يحتمل أن كون هذه الفطريات مصدرها بيئة الدفن و لوث الهواء في بيئة تخزين حيث تعيش فى التربة والهواء وال اء ، ويعزى انتشارها بالمحنط أبيس ، قدرة جراثيمها على ستعمار ه إلى تدهور وذوبان الراتنجات المستخدمة في عملية التحنيط ، وملائمة الظروف البيئية من الرطوبة التى تعتبر عامل أساسى فى نم ها ، توافر البروتينات والدهون والكربوهيدرات والمكونات المعدنية من الأملاح بال ائل والتى يتم استخدامها فى عملية الأيض للفطريات ، خاصة أنها محبة للملوحة و ، تى يكون مصدرها بيئة الدفن ومواد التحنيط من ، رور

، تكشف ا نتائج عن حدوث تحلل ميكروبيولوجى للمحنط أبيس فهو أمر واقع مدفوع أساسا بهذه الفطريات ، وتعتبر أنواع *Aspergillus , Penicillium , Aureobasidium* أكثرها قدرة على تحلل جميع المواد ذات الأصل البروتينى من الكولاجين والدهون المكون الأساسى لأنسجة جلد المومياء ، الكيراتين المكون الأساسى للمخالب ، والمنقار ، والريش فضلا عن الدهون (Arenas, et al, 2016) ، ، الفطريات من *Fusrium , Trichoderma , Syncephalastrum* لها نشاط عالى فى تحلل المواد التى مكونها الأساسى الكيراتين مثل الريش ويطلق عليها فطريات الكيراتينوليتيك *keratinolytic* (Btyskal, 2009) ، ، تشير النتائج الى دور فاعل ا نشاط الفط ى فى تلف المحنط أبيس متمثل يما تقوم به من عملية تد ؤ حمضى نتج عن ا تحلل كولاجينى وكيراتينى بمكون المحنط أبيس حيث تفرز الفطريات نوعين من ا نزيمات *peptidases , proteinases* محلله لبروتين الى احماض أمينية لتيسير استخدامها فى الخلايا الفطرية (KorniWowicz, et al, 2011) ، يسبب هذا التلف الحيوى تغي ات فى تر يب البروتين الكولاجينى والكيراتينى مكون المومياء وفقد فى خواصه مما يجعله صلب وهش وتغي ات فى المظهر بظهور بقع المتنوعة نية ورمادية تراوحت أقطارها بين ٥٠ ملم وتآكل فى شكل مسحوق ناعم وشروخ بالجلد وضياع تماسك الريش وتشر ه ، ويحدث الى جانب التغيرات فى مكونات العضوية بفعل نشاط الفط ى يشارك فى زيادة تدهور مواد التحنيط من الدهون وملح النطرون (Valentin, 2003)

٤ - ا ستنتاجات CONCLUSIONS

أثبتت لدراسة من خلال النتائج للمنهج الفحصى والتحليلى أن التقنية التى اتبعها المحنطون فى تحنيط طائر ا بيس بتونا الجبل بنيت على أساس تجفيف الجسم بملح النطرون بعد اس خراج المخ من خلال تجويف العين بعد نزعها ، ، أيضا الأحشاء محتويات الفراغ البطنى والصدرى) مع ادخال خليط من الزيوت والدهون فى صورة سائلة بتلك فراغات من الجسم ، ودهان الجسم بالراز ج المنصهر لسد مسام الجسم وتغطية الريش وفى النهاية يلف الجسم باللفائف ، ويكون ا ختلاف عن ما ورد بالمصادر التاريخية بشأن تقنية تحنيط الطيور المقدسة يما ذكرته من قيام المحنطون حشو فراغ الجسم بمواد حشو دائمة باللفائف المحتوية على النطرون أو الرمل أو نشارة الخشب وملأ فراغ الرأس بكتان مغموس فى راتنج منصهر د ث لم تظهرها الفحوص وتبرهن على أن بعض المحنطين كانوا لايهتمون أحيانا بمادة الحشو الدائم وقد ادى عدم الاهتمام الى تلف الكثير من تلك المومياوات .

أثبتت الدراسة أيضا أن مظاهر تدهور للمحنط بيس كان سببها فى المقام الأول تجوية بيئة الدفن من عوامل رطوبة النسبية و حرارة ، النشاط ميكروبى ، واسلوب التحنيط المتبع مع الطائر ، ولا يمكن اغفال بيئة الحفظ غير المناسبة المخزن المتحفى وما بها من خلل بيئى يساعد على تحفيز التلف والتى أثرت على مواد التحنيط باحداث تحول ،لح ا طرون الى عكس طبيعته بسبب انحلاله واعادة تبلوره ، تبخر وانحلال وذوبان الراتنجات ، وامتد تأثيرها على الطائر المحنط اضـ ف تركيبه بعمليات الأكسدة والتميؤ الحمضى والتحلل الحرارى لمكونه من البروتين الكولاجينى للجلد والكيراتينى للريش وقد أتاح هذه الا ستنتا ات الترابط والتكامل بين أساليب الفحص والتحليل حيث :

- شخص الفحص الراديوجرافى اختلا ا فى تقنة تحنيط الطائر ن ما ذكرته المصادر التاريخية حيث مكننا من معرفة عدم وجود مواد حشو دائ ة بفراغات الجسم الا مر الذى يمكن أن نرجعه الى اهـ ل المحنطين وسوء التحنيط و ذا يسرع من التدهور ، وأظهر تقييما لهيكل الطائر لمحنط من كسر بالجناح نستنتج حدوثه يمكن أن يكون سبب وفاته أو أنه بسبب أحمال وضغط رواسب بيئة الدفن.

- وحدد الفحص الميكروسكوبى SEM أشكال التدهور الحادث بسطح بـ جلد والريش والتدهور فى مواد التحنيط من النطرون ، الراتنج والذى يتضح ، نها أنها ناتجه عن مؤثرات التربة من الرطوبة والحرارة والتلف الحيوى التى ادت الى تغيرات كيميائية وفيزيائية بتركيب البروتينات مكون الجلد والريش بسبب ماتحدثه من عمليات التحلل المائى والأكسدة والتميؤ الحمضى أثرت على البروتينات بكسر روابـ ها الكيميائية مما جعلها تفقد خواصها الميكانيكية من المرونة والليونة وتفقد شكل هيكل الألياف بتصلبها وهشاشتها وتشرخها وقد انعكس تدهور مواد التحنيط بالسلب على المومياء بتبلور الاملاح أو محاليلها التى عملت على خلق بيئة حمضية تزيد من التدهور

- حدد تحليل XRD المواد غير العضوية من $Na_2 Co_3$, Na Cl , $Na_2 So_4$ وهى تدخل فى مركب ا د رون التاريخى وتؤكد استخدامه فى تحنيط طائر الأبيس ، ونستنتج فى ظل تجوية التربة من الرطوبة والانتشار الحرارى حدوث تدهوره بالتبلور الذى يظهره فحص SEM وهذا التبلور وما ينشأ عنه من محاليل حمض ية من الكلوريدات والكبريتات يساعد فى تحلل الجلد وريش المومياء .

- ، حدد تحليل FTIR الطبيعة الجزيئية لمكون الطائر من الجلد والريش وثبت أن تدهور ناجم عن تغي ات فى تركيب الكولاجين مكون جلد حيث يكشف التحليل عن تغيرات طيفية كثيفة فى المجموعات الوظيفية للكر بونيل والكربوكسيل وروابط الكيتون والتى تنتجها أكسدة سلاسل الأحماض الأمينية أو تحلل الببتيد ، ، أيضا التغيرات فى تركيب كيراتين مكون الريش تكشفها التغيرات الكبيرة فى روابط الكبريت بسبب زيادة مخلفات السيستين وتحلل الأحماض الأمينية ، كما حدد التحليل المركب ير العضوى من ا د رون التاريخى المستخدم فى التحنيط و كشفت منتجاته عن حدوث تغيرات بطبيعته ساهمت فى تحلل الأحماض الا مينية المكونة للبروتين بالجلد والريش .

- حدد المسح الفحصى الميكروبيولوجي ٩ أنواع من الميكرو فلورا الفطر ة شاركت في تدهور المومياء ، وكـ ت قادرة عن طريق نشاطها الإنزيمى على تحلل البروتين

من الكولاجين والكيراتين حيث شجعت ظروف بيئة الدفن على انتشارها بالمومياء وساعد فى انتشارها الواسع توافر العائل الغنى بالعناصر الغذائية.

التوصيات RECOMENDATIONS

يجب بذل الجهد اللازم علاج دهر لمومياء وغيرها من المومياوات المتواجده بالمخزن المتحفى والحد من تلف مستقبلى الذى ينجم عن التخزين السيء حيث أن الظروف البيئية غير المناسبة تزيد من لتلف لذا من الضرورى مراعاة ظروف مناسبة لحفظ من خلال نسبة رطوبة ٤٠ : ٥٠ % وحرارة ٢٠ درجة مئوية ومنع التلوث الغازى ومراقبة المستمرة لنمو الميكروبى الآفات ومكافحتها وقد أظهرت الدراسات التجريبية التى أجرها Arenas-Castro, et al ,2016 فعالية اثنين من المبيدات أمكن تنفيذهما في المجموعات البيولوجية للطيور عن طريق رش ١٠ مل من كلوريد الزنك Zn Cl وحمض الساليسيليك وثبت أنها بطئ بشكل كبير من معدل نمو الأجناس الفطرية للطيور المحنطة وتمكن من السيطرة عليها وهذا يقلل من المخاطر .

قائمة المراجع

المراجع العربية

١- ابراهيم قدرى ، ابراهيم عبد المجيد ٩٤٩): تحنيط الحيوان – مكتبة الاعتماد - ٢ .

٢- أ. ج. سبنسر ١٩٩٧): موتى وعالمهم فى الآخرة فى مصر القديمة - ترجمة / احمد صليحة – الهيئة المصرية العامة للكتاب .

٣- سامى جبرة ٩٧٤) : فى رحاب المعبود تحوت رسول العلم والحكمة والمعرفة – الهيئة المصرية العامة للكتاب.

REFERENCES

•Atherton, S., Brothwell, D., David, R., McKnight, L. M. A., (2012): healed femoral fracture of *Threskiornis aethiopicus* (sacred ibis) from the animal cemetery at Abydos, Egypt. Int J Palaeopathol; 2(1).

•Arenas-Castro, H., Munoz-Gomez, S. A., Uribe-Acosta, M., Castano-Castano, L., Lizarazo-Medina, P. X. (2016):
Richness, cellulolytic activity, and fungicide susceptibility of fungi from a bird biological collection. Acta Biol. Colombia.

•Assman J. (2001) The search for God in ancient Egypt. Ithaca, NY: Cornell University Press.

•Barnett, H. L., Hunter, B. B.(1998) Illustrated genera of imperfect fungi. 4 ed. St. Paul: APS Press.

•Btyskal B., (2009) Fungi utilizing keratinous substrates. Int. Biodeterior Biodegradation. 63(6).

•Derrick, M. (1991): Evaluation of the state of dead sea scroll samples using FTIR spectroscopy, The book and group annual, The American institute for conservation , Vol. 10.

•Domsch KH, Gams W., (1993) Compendium of soil fungi. Eching: IHW-Verlag.

•Dias, M., Naik, A., Guy, R.H., Hadgraft, J., Lane, M.E., (2008) In Vivo Infrared Spectroscopy Studies of Alkanol Effects on Human Skin, European Journal of Pharmaceutics and Bio pharmaceutics 69.

• Gleeson, M., Pearlstein, E., Marshall, B., and Riedler, R. (2012) California feather work: considerations for examination and preservation. J. Museum Anthropology, 35 (2)
• Gostner, P. , Bonelli M, Pernter P. , Graefen A. , Zink A. (2013) New radiological approach for analysis and identification of foreign objects in ancient and historic mummies. J Arch. Sci; 40(2).
• Jeannette, Ł., (2012) an analytical approach based on X-ray diffraction, Fourier transform infrared spectroscopy and gas chromatography/mass spectrometry to characterize Egyptian embalming materials, Micro chemical J., Vol. 103.
•Kessler, D. and Nur EL-Din, A. H. (2005) Tuna al-Gebel: millions of ibises and other animals" American University in Cairo Press.
•KorniWowicz-Kowalska, T., Bohacz, J. (2011) Biodegradation of keratin waste: Theory and practical. aspects. Waste Manag. 31(8).
•Lewarne C., Lin E. (2011) Loss Compensation in Damaged Feathers. *The Ethnographic Conservation Newsletter of the Working Group on Ethnographic Materials of the ICOM Committee for Conservation*, 32: 2–7.
•Lyman RL. (2001) Vertebrate taphonomy. Cambridge, England: Cambridge University Press
• Ménager, M., Azémard, C., Vieillescazes, C. (2012): Study of Egyptian mummification balms by FT-IR spectroscopy and GC–MS, Micro chemical J. Vol. 103.
•Millington, K. R., C. Deledicque, M. J. Jones, and G. Maurdev (2008) Photo- induced chemiluminescence from fibrous polymers and proteins. Polymer Degradation and Stability93: 640–47.
• Panayiotou, H., (2004) Vibrational Spectroscopy of Keratin Fibers, School of physical and Chemical Science, Queensland University of Technology in Partial Fulfillment of the Requirement of the Degree of PhD.
•Rebell G, Taplin D. (1974) Dermatophytes: their recognition and identification. Coral Glabes: University of Miami Press.
•Sawyer, R. H., Glenn, T., French J. O, Mays, B., Shames R. B. , Barnes J. L. (2000) The expression of beta (P) keratins in the epidermal appendages of reptiles and birds. Am Zool; 40(4).
• Setiawan, L. D., Baumann, H., and D. Gribbin. (1985) Surface studies of the keratin fibers and related model compounds using ESCA. I-intermediate oxidation products of the model compounds l-cysteine and their hydrolytic behavior. Surface and Interface Analysis7 (4): 188–95.
•Valentin, N., (2003) Microbial Contamination and Insect Infestation in Organic Materials Coalition6/1.
•Velkova, V., Lafleur, M., (2002) Influence of the Lipid Composition on the Organization of Skin Lipid Model Mixtures: An Infrared Spectroscopy Investigation, Chemistry and Physics of Lipids 117.
•Xhang, Q., B. M. Liebeck, K. Yan, D. E. Demco, A. Körner, C. Popescu.(2012) Alpha-helix self-assembly of oligopeptides from beta-sheet keratin, Macromolecular Chemistry and Physics 213.

•Zhang, X., I. Vanden, B., Wyeth, P. (2011): Heat and moisture promoted deterioration of raw silk estimated by amino acid analysis, Journal of Cultural Heritage12.