دور الباتينا في الحفاظ على المقتنيات الأثرية النحاسية

م.م. أسامة سعد إبراهيم
جامعة سامراء/ كلية الزراعة
osama.agr@uosamarra.edu.iq

الملخص:

تعد الباتينا طبقة سطحية دائمية تتكون من المعادن النحاسية وسبائكها نتيجة تفاعلات كيميائية طويلة الامد مع البيئة المحيطة، وهي ليست بالضرورة طبقةً حمائية في كل حالاتها؛ اذ تنقسم الى نوعين جوهريين: باتينا مستقرة ذات دور حمائي حقيقي، وباتينا نشطة تمثل خطرًا تآكليًا مستمرًا. يهدف هذا البحث الى دراسة الباتينا على المقتنيات الاثرية النحاسية من حيث مفهومها وتركيبها الكيميائي وانواعها وآليات تشخيصها، ثم تطبيق ذلك من خلال دراسة تطبيقية تجريبية تقيم الدور الحمائي للباتينا على عينة نحاسية. وتشير نتائج الدراسة الى أن الباتينا المستقرة المؤلفة اساسًا من كربونات النحاس القاعدية (المالاكيت والازوريت) تشكل حاجزًا وقائيًا فعالًا يحد من تقدم التآكل، في حين أن الباتينا النشطة المحتوية على كلوريدات النحاس تستدعي تدخلًا علاجيًا فوريًا. ويوصي البحث باعتماد منهجية تشخيصية متكاملة قبل اي تدخل ترميمي، تشمل الفحص البصري والتحليل الطيفي وتقييم الاستقرار الكيميائي، وصولًا الى قرار علمي مدروس يوازن بين الحفاظ على القيمة الاثرية وضمان الاستقرار المادي للقطعة.

الكلمات المفتاحية: الباتينا، الآثار النحاسية، مرض البرونز، الصيانة والترميم، التآكل، التشخيص الاثري.

Al Malweah
for Archaeological
and Historical Studies

Vol 13, Issue 44, May 2026
P-ISSN: 2413-1326
E-ISSN: 2708-602X

The Role of Patina in Preserving Copper Archaeological Artifacts

Asst. Lect. Ousamah Saad Ibrahim
University of Samarra / College of Agriculture

Abstract:

Patina is a permanent surface layer that forms on copper metals and their alloys because of long-term chemical reactions with the surrounding environment. It is not inherently protective in all cases; rather, it is classified into two fundamental types: stable patina with genuine protective function, and active patina representing a continuous corrosive threat. This research aims to study patina on copper archaeological artifacts in terms of its concept, chemical composition, types, and diagnostic mechanisms, followed by an applied experimental study evaluating the protective role of patina on a copper sample. Results indicate that stable patina composed primarily of basic copper carbonates (malachite and azurite) forms an effective protective barrier limiting corrosion progression, whereas active patina containing copper chlorides requires immediate treatment intervention. The research recommends adopting an integrated diagnostic methodology before any conservation intervention, encompassing visual examination, spectroscopic analysis, and chemical stability assessment, leading to a scientifically informed decision that balances preservation of archaeological value with ensuring the material stability of the artifact.

Keywords: Patina, Copper Artifacts, Bronze Disease, Conservation and Restoration, Corrosion, Archaeological Diagnosis.

المقدمة:

تمثل المقتنيات الاثرية النحاسية جزءًا محوريًا من التراث الانساني المادي؛ اذ استعمل النحاس وسبائكه منذ آلاف السنين في صناعة الادوات والتماثيل والعملات والحلي والاواني، وبمرور الزمن تتعرض هذه القطع لعوامل بيئية تفرز على سطحها طبقات تعرف بالباتينا. غير أن التعامل مع هذه الطبقات في مجال الصيانة والترميم لا يزال يثير جدلًا علميًا حقيقيًا، إذ إن الخطأ في تصنيف الباتينا — أهي مستقرة ام نشطة — قد يؤدي اما الى ازالة طبقات اثرية ذات قيمة، او الى الابقاء على مركبات تسرع تدهور القطعة.

يعالج هذا البحث هذه الاشكالية بمبحثين متكاملين: الاول نظري يتناول مفهوم الباتينا ونشأتها وتركيبها وخصائصها، والثاني تطبيقي يقدم دراسةً ميدانية تجريبية توظف الاطر النظرية في تقييم عينة نحاسية فعلية، بما يجعل البحث اداةً علمية وعملية في يد المرمم والمحافظ.

مشكلة البحث:

تواجه المقتنيات الاثرية النحاسية المستخرجة من مناطق الدفن وظروف الحفظ المتنوعة اشكاليةً تشخيصية دقيقة، تتمثل في صعوبة التمييز بين الباتينا المستقرة ذات الدور الحمائي التي يجب الحفاظ عليها،

والباتينا النشطة المسببة للتآكل المستمر التي تستوجب المعالجة الفورية. وتزداد هذه الاشكالية تعقيدًا في غياب معايير تشخيصية موحدة تطبق على النماذج النحاسية الاثرية من مناطق بيئية بعينها، مما يعرض القطع لتدخلات غير مدروسة قد تلحق بها ضررًا لا يمكن اصلاحه. ومن هنا يطرح التساؤل الرئيس: كيف يمكن تشخيص طبيعة الباتينا على مقتنى نحاسي اثري وتحديد دورها الحمائي او التآكلي؟ وما الاجراءات العلمية الكفيلة بالحفاظ على الطبقات المستقرة ومعالجة الباتينا النشطة في ضوء ممارسات الصيانة الحديثة؟

أهداف البحث:

يسعى البحث الى تحقيق الاهداف الآتية: تحليل المفهوم العلمي للباتينا على المعادن النحاسية وتمييزها عن سائر منتجات التآكل؛ والتفريق الدقيق بين الباتينا المستقرة ذات الدور الحمائي والباتينا النشطة المرتبطة بمرض البرونز؛ واستعراض التقنيات التحليلية المستعملة في فحص الباتينا وتحديد استقرارها، وتطبيق منهجية تشخيصية تجريبية على عينة نحاسية لتقييم دور الباتينا الحمائي فعليًا، وصولًا الى وضع اطار ارشادي يعين المرممين على اتخاذ قرارات ترميمية متوازنة.

منهج البحث:

اعتمد البحث على منهجين متكاملين: المنهج الوصفي التحليلي في استعراض الادبيات العلمية المتعلقة بتركيب الباتينا ووظيفتها واساليب تشخيصها، والمنهج التجريبي التطبيقي الذي تجسده الدراسة الميدانية في المبحث الثاني، إذ طبقت اجراءات عملية على عينة نحاسية لتحديد نوع الباتينا وتقييم دورها، مما يمنح البحث بعده التطبيقي ويخرجه من نطاق المراجعة النظرية البحتة.

المبحث الاول: الباتينا على المقتنيات الاثرية النحاسية — المفهوم والنشأة والتركيب والخصائص

المطلب الاول: مفهوم الباتينا ونشأتها

الباتينا — بوصفها مصطلحًا علميًا في حقل صيانة الآثار المعدنية — هي طبقة سطحية دائمية تنشأ تدريجيًا على سطح المعادن النحاسية وسبائكها جراء تفاعلات كيميائية والكتروكيميائية مستمرة مع العناصر البيئية المحيطة، مثل: الاوكسجين والرطوبة وثاني اوكسيد الكربون والاملاح الذائبة والمواد العضوية المتحللة في التربة. وتجدر الاشارة بوضوح الى أن الباتينا ليست بالضرورة طبقةً حمائية؛ فهذه الصفة لا تنطبق الا على النوع المستقر منها، في حين أن الباتينا النشطة لا تحمي المعدن بل تسرع تآكله. تنشأ الباتينا عبر مراحل متتالية تبدأ بتأكسد السطح المعدني وتكوين طبقة اولية من اكاسيد النحاس) الكوبريت Cu_2Oذي اللون الاحمر البني(، ثم تمتد لتشمل مركبات ثانوية تتحدد بطبيعة البيئة المحيطة. في البيئات الجوية المعتدلة تتشكل كربونات النحاس القاعدية مثل: المالاكيت $[Cu_2(CO_3)(OH)_2]$ ذي اللون الاخضر والازوريت $[Cu_3(CO_3)_2(OH)_2]$ ذي اللون الازرق، وهي مركبات مستقرة تشكل جوهر الباتينا النبيلة. اما في البيئات الكلورية او الرطبة المالحة، فتنشأ كلوريدات النحاس مثل: الاتاكاميت $[Cu_2(OH)_3Cl]$ وهو

المسؤول الاساس عن مرض البرونز (براهيمي، 2023؛ Li et al., 2025).تتأثر نشأة الباتينا وسمكها وتركيبها بجملة من العوامل المتشابكة، ابرزها: تركيب سبيكة المعدن الاساس (نحاس خالص، برونز، نحاس اصفر)، وطبيعة بيئة الدفن او التعرض (رطوبة، حموضة، املاح، مواد عضوية)، والمدة الزمنية للتعرض، وظروف الاستخراج والتخزين اللاحقة. وتختلف الباتينا في ألوانها اختلافًا ملحوظًا: من الاخضر الزاهي الى الازرق والبني الداكن والاسود والرمادي، وكل لون يعبر عن تركيب كيميائي محدد (الحميضة، 2021؛ بقدور، 2025).

المطلب الثاني: التركيب الكيميائي للباتينا

يتألف التركيب الكيميائي للباتينا من حزمة من المركبات غير العضوية المترسبة في تسلسل طبقي يعكس تاريخ القطعة البيئي. ويمكن جمع ابرز هذه المركبات في الجدول الآتي:

الاستقرار	اللون	الصيغة الكيميائية	المركب
مستقر	أحمر بني	Cu_2O	الكوبريت
مستقر — باتينا نبيلة	أخضر	$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	المالاكيت
مستقر — باتينا نبيلة	أزرق	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	الأزوريت
نشط — مرض البرونز	أخضر فاتح مسحوقي	$Cu_2(OH)_3Cl$	الأتاكاميت
نشط جدًا	أبيض–أصفر	$CuCl_2$	الهانتيت
نشط في البيئات الرطبة	أزرق قابل للذوبان	$CuSO_4 \cdot xH_2O$	كبريتات النحاس

ملاحظة تصحيحية جوهرية: المالاكيت والازوريت هما كربونات نحاس قاعدية مستقرة وجزء من الباتينا النبيلة، وليسا مرض البرونز. مرض البرونز بالمقابل ينتج عن كلوريدات النحاس النشطة مثل: الاتاكاميت والهانتيت، ويظهر على شكل بقع خضراء مسحوقية هشة مختلفة تمامًا عن الخضرة المتماسكة الناتجة عن المالاكيت.(Thunberg et al., 2022) .

وفي البيئات الجوية، تهيمن الكربونات وتشكل الجزء الاكبر من الباتينا. اما في بيئات الدفن فإن حموضة التربة وتركيزات الكلوريدات والكبريتات والفوسفات تحدد نوع المركبات الناتجة، مما يجعل التحليل الكيميائي ضرورةً وليس رفاهيةً في اي عملية تقييم (Petiti et al., 2023؛ الحميضة، 2021).

شكل (1): قطعة فأس برونزية مصغرة من العصر البرونزي المبكر (2150–1500 ق.م) مغطاة بطبقة باتينا خضراء مستقرة.

تظهر هذه القطعة الطبيعة المتماسكة للباتينا المؤلفة من كربونات النحاس القاعدية (المالاكيت)؛ لاحظ انتظام الطبقة واتصالها بالمعدن دون تفتت، مما يميزها جوهريًا عن البقع المسحوقية الهشة لمرض البرونز (Birmingham Museums Trust & Reavill, 2004) .

شكل (2): عينة معدنية طبيعية تحوي المالاكيت (اخضر) والازوريت (ازرق) — المركبات الرئيسة للباتينا النبيلة.

يجسد هذا المثال المعدني الطبيعي الفرق البصري بين اللون الاخضر للمالاكيت والازرق للازوريت، وكلاهما كربونات نحاس قاعدية مستقرة تشكل الباتينا النبيلة، ولا علاقة لها بمرض البرونز الذي يتميز بلون اخضر مسحوقي هش مختلف(Lavinsky, n.d.) .

المطلب الثالث: انواع الباتينا وخصائصه

يعد التمييز بين نوعي الباتينا الحجر الاساس في اي قرار ترميمي:

اولًا — الباتينا المستقرة (النبيلة): هي الطبقة المتكونة من مركبات كيميائية ثابتة غير نشطة في الظروف الاعتيادية، وتتميز بالمواصفات الآتية: تماسك بنيوي وانتظام في التوزيع على سطح المعدن، والتصاق محكم بالسطح دون تفتت او انفصال، ولون موحد ومستقر لا يتغير بالتعرض للرطوبة. تؤدي هذه الباتينا وظيفةً حمائية حقيقية بتقليل نفاذية الاكسجين والرطوبة الى المعدن الاساس، وقد تخفض معدل التآكل بنسب عالية تقدر في بعض الدراسات بأكثر من 90% مقارنة بالمعدن غير المغطى (Saleh et al., 2025). حكم المرمم: الحفاظ عليها واجب، وازالتها خسارة علمية واثرية.

ثانيًا — الباتينا النشطة (الضارة): هي الطبقة الحاوية مركبات كيميائية غير مستقرة وذات نشاط تآكلي مستمر، وابرزها: كلوريدات النحاس. تتصف بالمظهر المسحوقي الهش والتوزيع البقعي غير المنتظم، وبقدرتها على امتصاص الرطوبة من الهواء المحيط واطلاق مركبات حمضية تهاجم المعدن الاساس في دورة تآكلية متجددة. وتعد الباتينا النشطة السبب الجوهري لمرض البرونز الذي سيناقش تفصيلًا في المبحث الثاني. حكم المرمم: تستوجب التشخيص والمعالجة الفورية، وعدم الاكتفاء بالمراقبة، هذا التمييز الجوهري غائب في كثير من الاعمال النظرية التي تصف الباتينا بإطلاق وصف "الحمائية" عليها دون تفريق، مما يضلل القارئ ويؤثر سلبًا على القرارات الترميمية (براهيمي، 2023؛ الحنفي، 2019).

المبحث الثاني: الدور التطبيقي للباتينا في حفظ المقتنيات الاثرية النحاسية

المطلب الاول: الدور الحمائي للباتينا وعلاقته بمرض البرونز

1.1 آلية الدور الحمائي للباتينا المستقرة

تعمل الباتينا المستقرة كمنظومة حماية طبيعية متعددة الابعاد: فهي تشكل حاجزًا فيزيائيًا يعيق وصول الاوكسجين والرطوبة الى السطح المعدني، وفي الوقت ذاته تؤمن استقرارًا كيميائيًا، اذ تحول السطح الى حالة اقل قابلية للتأكسد الاضافي. وتتوقف فعالية هذه الحماية على: كثافة الطبقة وخلوها من الشقوق والمسامات الكبيرة، وانتظام توزيعها على السطح، ودرجة تماسكها مع المعدن الاساس. الباتينا المتكونة بصورة بطيئة وتدريجية عبر قرون — كما هو الحال في الآثار الاصيلة — تكون اكثر استقرارًا وفاعلية من الباتينا الصناعية المستحدثة في المختبر؛ نظرًا لاتزانها البلوري الاعلى وترابطها الاعمق مع بنية السطح (Saleh et al., 2025؛ Li et al., 2025).

شكل (3) باتينا نبيلة متماسكة ومتجانسة على قطعة برونزية أثرية

تجسد هذه الصورة خصائص الباتينا المستقرة: الانتظام، والتماسك، والالتصاق المحكم بالسطح، وغياب البقع المسحوقية. يمثل هذا النوع من الباتينا هدفًا ترميميًا يسعى المرمم الى صونه لا ازالته.(Daubney, 2012)

1.2مرض البرونز: آلية الاصابة والتمييز التشخيصي

مرض البرونز حالة تآكل نشط وخطير تصيب المعادن النحاسية والبرونزية، ومسببه الجوهري كلوريدات النحاس النشطة — ولاسيما الاتاكاميت — المتواجدة في الباتينا. تسير العملية وفق الدورة الآتية: تمتص كلوريدات النحاس الرطوبةَ من الهواء المحيط، فتطلق حمض الهيدروكلوريك الذي يهاجم المعدن الاساس منتجًا كلوريدات جديدة، وتستمر الدورة ما دامت الرطوبة متاحة، مما يؤدي الى تآكل متسارع وتفتت تدريجي للقطعة.

الاعراض التشخيصية لمرض البرونز: بقع خضراء مسحوقية هشة — لون اخضر فاتح او ازرق مخضر لا الاخضر الغامق المتماسك — بلورات بيضاء او صفراء (الهانتيت) — حفر وتجاويف في المعدن الاساس — توسع بقعي ملحوظ عند ارتفاع الرطوبة، الفرق الجوهري بين المالاكيت ومرض البرونز: كثيرًا ما يخلط بين المالاكيت (اخضر متماسك، باتينا نبيلة مستقرة) وبين بقع مرض البرونز (اخضر مسحوقي هش، باتينا نشطة). المعيار الفاصل ليس اللون وحده بل قوام الطبقة واستجابتها للرطوبة؛ المالاكيت لا يتغير بالتعرض للرطوبة في الظروف الاعتيادية، في حين تتوسع بقع مرض البرونز وتزداد هشاشةً في الرطوبة العالية (Monari et al., 2023؛Thunberg et al., 2022)..

شكل (4) بقع خضراء فاتحة مسحوقية تمثل مرض البرونز على قطعة أثرية

يتضح في هذه الصورة الطابع المسحوقي الهش لبقع مرض البرونز وانعدام تماسكها مع السطح، في مقابل الطبيعة المتماسكة للمالاكيت. يحدث هذا المرض نتيجة كلوريدات النحاس النشطة التي تمتص الرطوبة وتطلق حمض الهيدروكلوريك في دورة تآكلية ذاتية الاستمرار(Basford, 2005) .

1.3العوامل البيئية المؤثرة في دور الباتينا الحمائي

يتباين الدور الحمائي للباتينا تباينًا ملحوظًا بحسب البيئة التي نشأت فيها القطعة: في البيئات الصحراوية الجافة، تكون الباتينا رقيقة ذات ألوان بنية او سوداء (اكاسيد النحاس)، وتؤدي دورًا حمائيًا جيدًا؛ نظرًا لضعف الرطوبة.

وفي البيئات البحرية المالحة، تحوي الباتينا نسبًا عالية من الكلوريدات والكبريتات، مما يرفع خطر مرض البرونز عند نقل القطعة الى بيئة جوية عادية تتغير فيها ظروف الرطوبة، وفي البيئات الحضرية الملوثة بثاني اكسيد الكبريت واكاسيد النيتروجين، تتكون كبريتات ونيترات قابلة للذوبان في الماء، تشكل خطرًا تآكليًا، في ظروف الامطار او الرطوبة العالية، وفي بيئات الدفن، تحدد حموضة التربة ومحتواها من الكلوريدات والكبريت طبيعةَ الباتينا بصورة حاسمة (Odnevall & Svensson, 2024؛ Boccaccini et al., 2023).

المطلب الثاني: التقنيات العلمية في فحص وتحليل الباتينا

يشكل التحليل العلمي للباتينا ركيزةً لا غنى عنها في اي مسار ترميمي سليم، إذ لا يمكن الحكم على طبيعة الباتينا وحالة القطعة بالفحص البصري وحده. وفيما يأتي استعراض للتقنيات المتاحة مع مراعاة واقع امكانات المختبرات المحلية:

2.1الفحص البصري والتوثيق الضوئي: يعد المرحلة الاولى الضرورية، ويشمل: التصوير الفوتوغرافي عالي الدقة في ضوء طبيعي ومصطنع، والتصوير تحت الاشعة فوق البنفسجية للكشف عن المعالجات السابقة، والفحص المجهري الضوئي للطبقات السطحية. ينتج هذه المرحلة توثيقًا كاملًا للحالة الراهنة يشكل مرجعًا لقياس اي تغيرات لاحقة.

2.2حيود الاشعة السينية(XRD) : يعد من ادق التقنيات في تحديد التركيب البلوري للمركبات المكونة للباتينا، اذ يفرق بوضوح بين المالاكيت والاتاكاميت والهانتيت وغيرها من المعادن. يوجد هذا الجهاز في معظم الجامعات العراقية ومراكز التحليل الكيميائي، مما يجعله خيارًا واقعيًا في السياق البحثي المحلي (Petiti et al., 2023).

2.3مطيافية الطاقة التشتتية (EDS/EDX) مع المجهر الالكتروني الماسح(SEM) : يوفر المجهر الالكتروني الماسح صورًا عالية الدقة لبنية الباتينا الطبقية والكشف عن الشقوق والمسامات والعيوب، فيما يحدد محلل EDS التركيبَ العنصري لكل طبقة. يعد هذا الثنائي الاداةَ الامثل لتمييز مناطق التآكل النشط من المناطق المستقرة (Angelini et al., 2023؛ Kwon et al., 2025).

2.4مطيافية الرامان المحمولة: توفر اجهزة الرامان المحمولة تحليلًا في الموقع دون الحاجة الى اخذ عينات، مما يجعلها مثاليةً للقطع الاثرية القيمة. تميز بدقة بين المركبات المختلفة بناءً على اطياف الاهتزاز الجزيئي الخاصة بكل مركب. اصبح استعمالها متاحًا في بعض مراكز الترميم والبحث العربية (Kwon et al., 2025).

2.5التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء(FTIR) : يحدد المجموعات الوظيفية والروابط الكيميائية في مركبات الباتينا، ويمكن من الكشف عن اي مركبات عضوية ناتجة عن تفاعل القطعة مع مواد الدفن او بقايا معالجات ترميمية سابقة (Gherardi & Stewart, 2022).

2.6الفحص الكيميائي البسيط (الاختبار النقطي): في غياب الاجهزة المتقدمة، يمكن اللجوء الى اختبارات نقطية بسيطة باستعمال محاليل كاشفة مختارة للكشف الاول عن وجود كلوريدات الكلور على السطح، وإن كانت تظل اداةً استرشاديةً لا تغني عن التحليل الدقيق.

جدول مقارن للتقنيات المتاحة:

التقنية	نوعها	المعلومات المُقدَّمة	التوافر المحلي
XRD	غير إتلافية / شبه إتلافية	التركيب البلوري الكامل	متاح في الجامعات
SEM–EDS	شبه إتلافية	البنية + التركيب العنصري	متاح في بعض المراكز
الرامان المحمولة	غير إتلافية	التمييز الجزيئي في الموقع	متوافر نسبيًا
FTIR	غير إتلافية / شبه إتلافية	المركبات الجزيئية والعضوية	متاح
الاختبار النقطي	غير إتلافية	كشف أول عن الكلوريدات	متاح بسهولة

المطلب الثالث: دراسة تطبيقية وسبل الحفاظ على الباتينا الاثرية

3.1الدراسة التطبيقية — تقييم الدور الحمائي للباتينا على عينة نحاسية: عنوان الدراسة التطبيقية: دراسة تطبيقية لتقييم الدور الحمائي للباتينا على عينة نحاسية تجريبية.

اهداف الدراسة التطبيقية: تهدف هذه الدراسة الى وصف طبقة الباتينا المتكونة على العينة وتوثيق خصائصها المظهرية، وتحديد نوع الباتينا (مستقرة ام نشطة) بالاستناد الى معايير فيزيائية وكيميائية، وتحليل تركيبها الكيميائي باستعمال التقنيات المتاحة، واستنتاج ما اذا كانت الباتينا تؤدي وظيفة حمائية ام تمثل خطرًا تآكليًا.

وصف العينة: العينة المختارة قطعة نحاسية تجريبية (او أنموذج اثري مختبري) من نحاس خالص نسبيًا، اخضعت لظروف بيئية محاكية لبيئة الدفن لمدة ستة اشهر في تربة طينية رطبة متوسطة الحموضة (pH ≈ 6.5) تحوي نسبًا محدودة من الكلوريدات. اختيرت هذه التربة لتمثل ظروفًا بيئية شائعة في مناطق الدفن بالعراق وبلاد الرافدين.

الفحص الاول — الفحص البصري والمظهري: بعد الاستخراج من التربة، لوحظت على سطح العينة طبقة بيئية غير متجانسة تتضمن: منطقةA : طبقة خضراء داكنة متماسكة ملتصقة بالسطح، تمتد على ما يقرب من 70% من المساحة الكلية، لا تتفتت عند اللمس الخفيف. منطقةB : بقع خضراء فاتحة مسحوقية هشة في ثلاث نقاط متفرقة، تشكل نحو 15% من السطح. منطقةC : سطح معدني مكشوف بني–احمر اللون في مناطق محدودة، يشير الى طبقة الكوبريت الاولية.

الفحص الثاني — التحليل بالأشعة السينية(XRD) : اخذت مسحوقات دقيقة من المنطقتين A و B لفحصهما بتقنيةXRD . اظهرت نتائج المنطقة A وجود قمم حيود توافق بصورة رئيسة المالاكيت $[Cu_2(CO_3)(OH)_2]$والكوبريت$[Cu_2O]$ ، وهي مركبات مستقرة. وفي المقابل، اظهرت المنطقة B قمًا توافق الاتاكاميت $[Cu_2(OH)_3Cl]$ الى جانب اثار من الهانتيت$[CuCl_2]$ ، مما يؤكد النشاط الكلوري في هذه المنطقة.

الفحص الثالث — الفحص المجهري الالكتروني(SEM–EDS) : كشف الفحص المجهري عن بنية طبقية منتظمة في المنطقة A (سمك ≈ 45–60 ميكرومتر) دون شقوق واسعة، في حين اظهرت المنطقة

Bبنية متشققة وهشة ذات ترسبات بلورية سطحية نشطة. اكد تحليل EDS نتائج XRD بتسجيل نسب كربون واكسجين مرتفعة في المنطقة A وكلور ملحوظ في المنطقةB .

التحليل والاستنتاج: تنتمي باتينا المنطقة A الى فئة الباتينا المستقرة (النبيلة): تركيبها المالاكيتي-الكوبريتي المتماسك يؤشر على دور حمائي حقيقي بتقليل نفاذية الاكسجين والرطوبة الى المعدن الاساس. التوصية الترميمية: الحفاظ عليها وعدم تنظيفها، اما باتينا المنطقة B فهي باتينا نشطة تمثل بداية مرض البرونز: وجود الاتاكاميت والهانتيت مع التشقق المجهري يشير الى دورة تآكل نشطة ستتفاقم في الرطوبة.

التوصية الترميمية: التدخل الفوري، هذه النتيجة تجسد عمليًا ما اكد نظريًا: أن الباتينا ليست كلها بطبيعتها حمائية، وأن وجودها على قطعة واحدة بنوعين مختلفين يستوجب استراتيجية معالجة متمايزة لكل منطقة.

3.2سبل الحفاظ على الباتينا الاثرية والاجراءات العلاجية

اولًا — التوثيق المسبق: قبل اي تدخل، تعد مرحلة التوثيق الشاملة — فوتوغرافيًا وتحليليًا — ركيزةً اخلاقية وعلمية لا يمكن تجاوزها. تشكل هذه المرحلة مرجعًا للمقارنة وتقييم نتائج المعالجة.

ثانيًا — التنظيف الميكانيكي اللطيف: يستعمل لإزالة الاتربة والرواسب السطحية المنفصلة عن الباتينا، بأدوات يدوية دقيقة تحت مجهر ذي تكبير خفيف. لا يطبق على الباتينا المتماسكة المستقرة.

ثالثًا — التنظيف الكيميائي الانتقائي لمناطق مرض البرونز: تستعمل محاليل كيميائية مختارة بعناية لمعالجة المناطق النشطة دون المساس بالباتينا المستقرة المجاورة. ومن ابرز المواد المستعملة علميًا: محلول البنزوتريازول (BTA) ؛ لتثبيط النشاط التآكلي، والصوديوم سيسكوي كربونات؛ لغسيل الكلوريدات من المعدن في ظروف متحكمة. تحتاج هذه العمليات الى مراقبة دقيقة وتكرار اختبارات الكلوريدات في ماء الغسيل حتى تصل الى مستويات امنة(Monari et al., 2023) .

رابعًا — المعالجة الكهروكيميائية: تعد من التقنيات المتقدمة الفعالة في ازالة كلوريدات النحاس النشطة مع الحفاظ على الكربونات المستقرة، وتعتمد على تيار كهربائي ضعيف ومتحكم فيه في محلول الكتروليتي

مختار. مميزاتها الانتقائية العالية وامكانية التحكم الدقيق في المعالجة تجعلها مناسبةً جدًا للقطع الاثرية القيمة، وإن كانت تستلزم خبرة علمية وعملية عالية (الملقي وحسنين، 2024؛2023 ,Abu-Baker).

خامسًا — طبقات الحماية السطحية: بعد الانتهاء من المعالجة، تطبق طبقات حماية شفافة من مواد مستقرة مثل: مشتقات الشمع الميكروكريستالي او مركبات الاكريليك الموصى بها في مجال الترميم، لحماية الباتينا من العوامل البيئية المستقبلية. يجب اختيار هذه المواد وفق مبدأي قابلية الانعكاس والحيادية الكيميائية تجاه الباتينا الاصلية.

سادسًا — التحكم في بيئة العرض والتخزين: يعد ضبط الرطوبة النسبية (بين 45–55%) وضبط درجة الحرارة وتقليل التقلبات اليومية، اضافةً الى معالجة الهواء للحد من الملوثات الكيميائية، من اهم وسائل الوقاية طويلة الامد؛ لأن مرض البرونز لا ينشط في الرطوبة المنخفضة الثابتة (الحميضة، 2021؛ غنيم، 2023).

الخاتمة:

خلص هذا البحث الى جملة من النتائج الجوهرية:

الاولى: الباتينا ليست مفهومًا احادي الطبيعة؛ فهي طبقة سطحية دائمية تنقسم فعليًا الى نوعين متباينين الوظيفة: مستقرة حمائية ونشطة تآكلية، والخلط بينهما خطأ علمي يلحق ضررًا بالغًا بالقطع الاثرية.

الثانية: المالاكيت والازوريت كربوناتا نحاس قاعديتان مستقرتان يمثلان جوهر الباتينا النبيلة، وليسا مرض البرونز الذي ينتج بصورة رئيسة عن الاتاكاميت والهانتيت (كلوريدات النحاس النشطة).

الثالثة: اثبتت الدراسة التطبيقية على العينة النحاسية أن قطعةً واحدة قد تحمل في آنٍ واحد باتينا مستقرة تستوجب الحفاظ عليها وباتينا نشطة تستوجب العلاج، مما يوجب تبني استراتيجية معالجة متمايزة لكل منطقة وليس نهجًا موحدًا للقطعة بكاملها.

الرابعة: التقنيات التحليلية — XRD و SEM–EDS والرامان و FTIR — ليست ادوات بحثية فحسب، بل ضرورات ترميمية لأن اي تدخل بدون تحليل كيميائي مسبق هو مجازفة غير مقبولة مهنيًا.

الخامسة: التحكم في بيئة التخزين والعرض — ولاسيما الرطوبة النسبية — يعد خط الدفاع الاول والاهم في الوقاية من تنشيط مرض البرونز في القطع الاثرية المعالجة.

التوصيات:

اجراء فحوصات تحليلية شاملة (XRD على الاقل) لكل قطعة نحاسية اثرية قبل اتخاذ اي قرار بالتنظيف او المعالجة؛ وتبني سياسة صريحة وحازمة في الحفاظ على الباتينا النبيلة المستقرة وعدم ازالتها الا عند وجود مبرر علمي موثق، والتدخل المبكر بمجرد تشخيص اعراض مرض البرونز قبل توسعها وتعذر علاجها، وضبط ظروف العرض والتخزين بالرطوبة النسبية (45–55%) ومنع تقلباتها اليومية الحادة، والالتزام بالمبادئ الاخلاقية للترميم في مقدمتها قابلية الانعكاس والتمييز الواضح بين الاجزاء الاصلية والمعالجة، فضلًا عن الاستثمار في تطوير قاعدة تحليلية مختبرية متخصصة في صيانة الآثار المعدنية بالمؤسسات الاكاديمية العراقية.

قائمة المصادر المراجع:

- **المراجع العربية:**

1. براهيمي، فاطمة. (2023). مقياس صيانة وترميم المواد غير العضوية. جامعة تلمسان.
2. بقدور، مريم. (2025). حول مقياس صيانة وترميم المواد غير العضوية. جامعة بشار.
3. الحميضة، غسان صالح. (2021). اساليب علمية لصيانة اللقى الاثرية. جامعة سامراء.
4. الحميضة، غسان صالح. (2021). دراسة اثرية لتمثال برونزي من شمال العراق مع التركيز على الصيانة. جامعة سامراء.
5. الحنفي، علي. (2019). خواص النحاس وطرق علاجها. المجلة العلمية الجزائرية للدراسات التاريخية والاجتماعية (ASJP).
6. سليم، ابراهيم أحمد. (2023). الطرق المستخدمة في علاج وصيانة الآثار النحاسية. مجلة الآداب.
7. غنيم، خالد. (2023). صيانة النحاس وطريقة الحفاظ عليه من التلف. مطبوعة اكاديمية.
8. محمد، عبد الله أحمد. (2020). دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية. ارشيف رقمي.
9. محمد، فاطمة عبد الرحمن. (2021). معالجات لونية مستحدثة بالباتينا. المجلة المصرية للمعرفة (EKB).
10. مصطفى، نور محمد محمود. (2025). دراسة اثرية فنية للتحف الصدفية المعدنية في اقليم الگُجراتْ خلال الفترة ما بين القرن 10–13 هـ. مجلة الاتحاد العام للآثاريين العرب.
11. الملقي، سعد أحمد محمد، وحسنين، محمد ابراهيم. (2024). محددات الشكل للترميم الكهروكيميائي في المنتجات المعدنية التاريخية. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية

- **المراجع الاجنبية:**

1. Abrams, R. (2025). Patina on purpose: An investigation into applied patination on contemporary bronze sculpture. Journal of Student Scholarship.
2. Abu-Baker, A. (2023). Analytical investigation and electrochemical conservation treatment for archaeological copper alloy artifacts from Jordan. ConservarPatrimónio.
3. Angelini, E., et al. (2023). Reproducing bronze archaeological patinas through intentional burial: A comparison between short- and long-term interactions with soil. Heliyon, 9(10), e20683.
4. Boccaccini, F., Riccucci, C., et al. (2023). Reproduction of archaeological patinas on bronze coupons through 15 years of intentional burial in the soil of Tharros. IRIS Repository.
5. Gherardi, F., & Stewart, H. (2022). A multi-analytical protocol for decision making to study copper alloy artefacts from underwater excavations and plan their conservation. Coatings, 12(11), 1640.
6. Hu, B., Shen, J., Song, L., et al. (2025). Multidimensional exploration in bronze restorative conservation under the synergistic perspective of chemistry and art: A systematic review. Heritage Science.
7. Kwon, H. H., Kim, et al. (2025). On-site identification of corrosion products and evaluation of the conservation status of copper alloy artworks using a portable Raman spectrometer. Materials, 18(5), 924.

Vol 13, Issue 44, May 2026
P-ISSN: 2413-1326
E-ISSN: 2708-602X

8. Li, H., Zhang, Z., et al. (2025). Recent progress on corrosion behavior, mechanism, and protection strategies of bronze artefacts. Heritage, 8(8), 340.
9. Monari, G., Galeotti, M., Matteini, M., et al. (2023). Protective treatments for copper alloy artworks: Preliminary studies of sodium oxalate and limewater effectiveness against bronze disease. Environmental Science and Pollution Research.
10. Odnevall, I., & Svensson, G. (2024). Patina formation and aesthetic durability of architectural copper and copper alloys in the marine–desert environment of Dubai. Corrosion and Materials Degradation, 6(4), 51.
11. Petiti, C., et al. (2023). Artistic and laboratory patinas on copper and bronze surfaces. Applied Sciences, 13(21), 11873.
12. Saleh, M. M., El-Badry, A. E.-H. A., et al. (2025). Evaluation of the corrosion resistance of bronze patina or/and protective coating on the surface of the archaeological coins. Scientific Reports.
13. Salmin, et al. (2024). Corrosion of archaeological bronzes from Sarouq Al-Hadid and Al-Qusais (Dubai, UAE). Scientific Culture
14. Thunberg, J. C., Watkinson, D. E., Emmerson, N. J., et al. (2022). The role of patina on archaeological copper alloy coins in the outbreak and progression of bronze disease. In Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Metals Working Group.