

Studio analitico sui materiali utilizzati nei dipinti murali della “Camera dell’amore” del Palazzo El Sakakeny

Kholod Khairy Salama

National Museum of Egyptian Civilization
Cairo, Egitto

Mona Fouad Ali

Conservation Department, Faculty of Archaeology
Cairo University, Egitto

Abubakr Mohamed Moussa

Conservation Department, Faculty of Archaeology
Cairo University, Egitto

Parole chiave: Pitture, Palazzo El Sakakeny, microscopia ottica, XRD, FTIR

1. Introduzione

Il XIX secolo è considerato il periodo più importante nell’arte egizia, contraddistinto da notevoli dipinti realizzati da artisti stranieri dell’epoca. Durante questo secolo sono stati realizzati sul soffitto e sulle pareti delle sale numerosi dipinti murali in uno stile che differisce da quello orientale diffuso in Egitto [1].

1.1. Studi stratigrafici

Il primo strato ruvido, applicato sul muro di supporto calcareo, è una malta costituita da una miscela di calce idrata (idrossido di calcio) e sabbia grossolana. Il secondo strato è costituito da ossido di zinco e gesso. Il terzo è lo strato pittorico realizzato con diverse stesure di pigmenti e legante applicate a pennello [2]. In questo studio, tre dipinti murali sono stati oggetto di approfondite analisi. Inoltre ottenendo informazioni su questo tipo di pittura, lo scopo di questa indagine è stato quello di acquisire le informazioni relative ai materiali sia organici sia inorganici. Lo studio comprende l’analisi dei pigmenti, dei leganti utilizzati e del supporto [3].

1.2. Le pitture analizzate

I dipinti murali si trovano nella “Camera dell’amore” al primo piano del Palazzo El Sakakeny dell’omonima piazza. Lo stile è Rococò, come i colori luminosi e il volo di uccelli o il movimento dei pianeti (Figura 1). Le dimensioni delle scene pittoriche sono di circa 20 x 25 cm, 20 x 45 cm e 20 x 25 cm, escludendo l’ampiezza della cornice di 1,8 cm. Il Palazzo El Sakakeny risale al XIX secolo.

1.3. Stato di conservazione delle pitture

Le indagini su queste pitture sono state eseguite durante l’intervento di restauro. Dall’esame visivo e dalle immagini delle sezioni trasversali, le opere versavano in uno stato di conservazione non ottimale e, in particolare, le lacune sullo strato pittorico costituivano il fenomeno di deterioramento più evidente (Fig. 2 A-F). Molte aree dello strato pittorico erano interessate da fenomeni di distacco, con alterazioni cromatiche intorno alle parti mancanti, macchie di grasso e di fuliggine, oltre al distacco degli elementi decorativi.



Figura 1. I tre dipinti murali nel Palazzo El Sakakeny. I numeri 1-8 indicano i punti di campionamento.

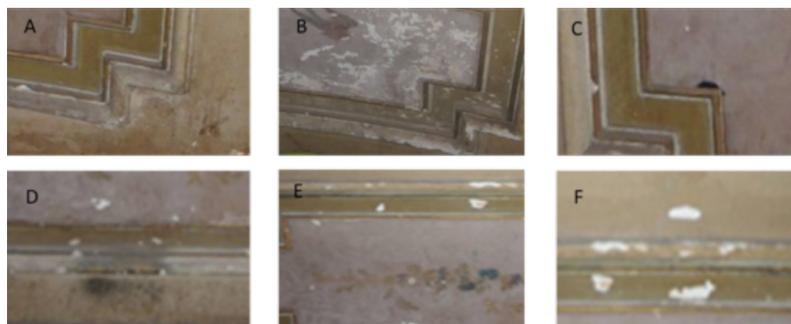


Figura 2. Valutazione dello stato di conservazione delle pitture murali: (A) distacco degli elementi decorativi; (B) danneggiamento dello strato pittorico; (C-D) macchie di grasso e di fuliggine; (E) rigonfiamenti; (F) fessurazioni.

2. Materiali e metodi

2.1. Campionamento

I campioni 1-8 sono stati accuratamente prelevati dal bordo danneggiato dei dipinti murali utilizzando un micro-bisturi, al fine di identificare la natura dei materiali costituenti le pitture e il loro grado di deterioramento. Tutti i campioni analizzati sono stati prelevati da aree prive di valore estetico o dalle zone maggiormente danneggiate.

2.1.1. Microscopia Ottica (MO)

I campioni sono stati analizzati al microscopio ottico per valutare la loro forma e le alterazioni cromatiche. Inoltre, ricorrendo al microscopio ottico è stato possibile identificare l'entità del danno nei campioni, incluse le fratture più piccole.

2.1.2. Diffrazione a Raggi X (XRD)

I pattern di diffrazione a raggi X delle pitture sono stati ottenuti utilizzando un diffrattometro (Philips PW 1840), operando con radiazione $\text{Cu K}\alpha$ a 40 kV e 25 mA e collimatore di 0,2 mm. Le misurazioni sono state eseguite a temperatura ambiente.

La preparazione di ogni campione è consistita nella macinazione a secco utilizzando mortaio e pestello al fine di ottenere una polvere fine.

2.1.3. Microscopia Elettronica a Scansione corredata con EDX (SEM-EDX)

I campioni sono stati analizzati con microscopio elettronico a scansione ambientale (FEI, Paesi Bassi) accoppiato all'analisi raggi X a dispersione di energia (EDX). La microstruttura e morfologia dei composti minerali presenti nelle pitture è stata analizzata con microscopio elettronico a scansione FEI Quanta 200 con una tensione di accelerazione pari a 30 kV. I campioni sono stati preparati applicando sulla superficie un film d'oro mediante metallizzatore sputtering per impedire la carica elettrostatica.

2.1.4. Spettrometria Infrarossa in Trasformata di Fourier - Riflettanza Totale Attenuata (FTIR-ATR)

I campioni sono stati analizzati utilizzando uno spettrometro FTIR (Model 6100 Jasco, Giappone). Gli spettri sono stati ottenuti in trasmissione con un rilevatore TGS e utilizzando un cristallo ATR che rappresenta (2 mm/sec) la somma delle scansioni Ni-Colet 760 nella regione spettrale tra 4000 e 400 cm^{-1} con risoluzione spettrale pari a 4 cm^{-1} .

3. Risultati e Discussione

3.1. Microscopia ottica (MO)

Si riportano alcune considerazioni ottenute dall'osservazione dei campioni al MO: il campione di colore nero è composto prevalentemente da uno strato di quarzo a grana medio-fine, ossidi di ferro, applicato sullo strato di fondo; il bruno-rossastro è caratterizzato dalla presenza di macchie nere; il blu ha consistenza polverosa; il verde scuro è stato applicato su più strati, così come il colore giallo-verde (Figura 3 A-F).

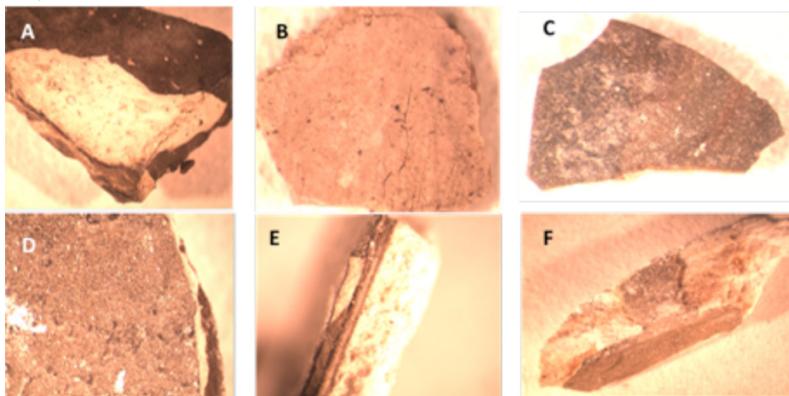


Figura 3. L'indagine in microscopia ottica mostra struttura delle pitture: (A) i cristalli del fondo sono di grandi dimensioni e sembrano omogenei; (B) il colore rosso è mescolato con una percentuale di polvere fine di colore nero, sullo strato pittorico è visibile una spaccatura; (C) il colore blu ha una consistenza polverosa; (D) pigmentazioni bianche e nere sono visibili nel verde scuro; (E) i multi-strati del colore verde scuro; (F) applicazione irregolare del colore oro.

3.2. Diffrazione a raggi X (XRD)

I risultati ottenuti dai pattern XRD acquisiti sui campioni provenienti dalle pitture murali di El Sakakeny sono riassunti in Tabella 1 e in Figura 4. Dalle indagini XRD è stato possibile rilevare quanto segue:

La presenza di gesso pari al 100% nel campione 1 indica che le cornici delle pitture murali sono interamente realizzate in gesso.

Lo strato di fondo è costituito da ossido di zinco mescolato a gesso in rapporto 2:1.

I colori utilizzati nella pittura sono comuni a quel periodo. Il colore rosso è ematite, il colore giallo è litargirio, il verde è malachite, il blu è wollastonite, il colore oro è ossido di dioro e il nero è magnetite. Il bruno-rossastro è costituito da una miscela di ematite e azzurrite in rapporto 3:1 e il colore verde chiaro è una miscela di litargirio, malachite e calcite in rapporto 3:2:1 (Fig. 4).

L'alite rappresenta il 21% del fondo, il 19% dello strato pittorico e il 16% del campione verde-scuro. La presenza dei sali comporta un importante fattore di deterioramento [4], in quanto l'incremento dei sali esercita una pressione interna tale da comportare il distacco dello strato pittorico dal supporto [5].

Tabella 1. I risultati dell'analisi XRD sugli otto campioni provenienti dalle pitture murali del palazzo El Sakakeny.

Compounds %	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s
Gypsum	100	61.3	--	--	16.5	--	20.1	37
Calcite	--	--	--	--	15	16	--	--
Silica	--	9.5	--	--	--	4	--	6.5
Malachite	--	--	--	--	15	24	--	--
Halite	--	21	19	--	16	--	--	--
Albite	--	6	--	--	--	--	--	--
Zincate	--	--	35.5	35	28.5	--	55	--
Hydrocrossite	--	--	17	14	--	--	--	--
Azurite	--	--	6.5	--	--	--	--	--
Litharge	---	--	--	17.5	--	47.5	--	--
Hematite	--	--	--	14	--	--	14.9	10
Magnetite	--	--	--	--	--	--	45.8	10.8
Wollastonite	--	--	--	11.8	--	--	--	--
Anhydrite	--	--	--	--	--	8	--	9
Gold oxide	--	--	--	--	--	--	--	21

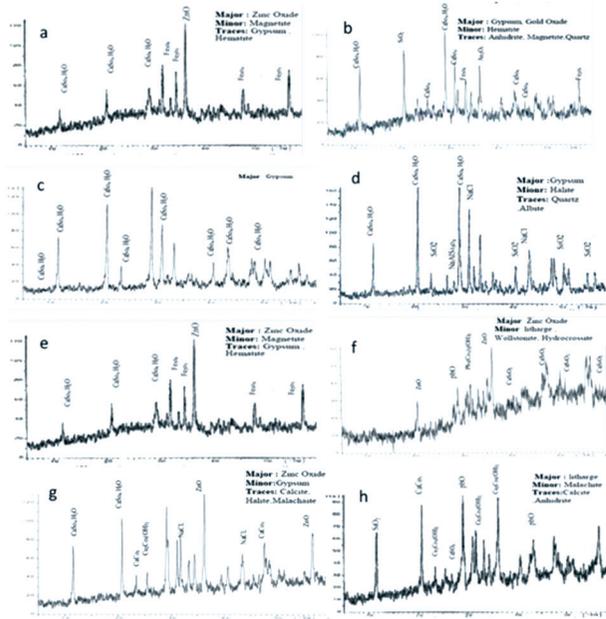


Figura 4. (a) Il pattern di diffrazione del campione prelevato dalla cornice indica che essa è costituita da gesso; (b) lo strato di fondo originale è costituito da calcite e quarzo e da una bassa percentuale di ossido di zinco e alite; (c) il campione rosso-bruno è costituito da magnetite e bassa percentuale di ematite; (d) il colore verde-blu è wollastonite; (e) pattern di diffrazione del campione verde scuro, malachite con bassa percentuale di alite; (f) pattern di diffrazione a raggi X del verde chiaro consiste in malachite e litargiro; (g) pattern di diffrazione a raggi X del colore rosso mostra la presenza di ematite e una miscela di magnetite e ossido di zinco; (h) pattern di diffrazione a raggi X del campione di colore oro mostra che è costituito da ossido di dioro.

3.3. Microscopia elettronica a scansione corredata con EDX (SEM-EDX)

I risultati ottenuti dall'analisi spettrale EDX dei campioni provenienti dalle pitture murali del palazzo El Sakakeny sono sintetizzati in Tabella 2 e nelle Figure 5-10. L'osservazione mediante SEM dei campioni provenienti dai dipinti murali ha permesso la rivelazione di cristalli di alite (il sale è stato anche identificato mediante analisi XRD) presenti sia sulla superficie che in profondità, oltre a cristalli di calcite, omogeneamente connessi con cristalli di quarzo di grandi dimensioni.

Tabella 2. I risultati della fluorescenza a raggi X dei sei campioni provenienti dal palazzo El Sakakeny confermano quelli ottenuti con le analisi XRD.

Sample	Elements %									
	Ti	P	Si	S	Ca	K	Fe	Cl	Zn	Cu
1s	0.01	0.53	17.38	1.31	39.76	0.27	1.01	0.42	0.25	0.18
2s	0.20	--	5.21	15.82	2.84	0.96	1.56	2.84	2.62	3.05
3s	0.19	--	0.51	18.34	34.68	0.67	0.46	1.16	1.12	0.21
4S	0.80	--	2.21	14.64	28.29	3.20	0.81	5.65	5.22	0.50
5s	0.62	--	14.50	12.16	20.26	2.07	0.75	4.46	0.56	0.42
6s	1.47	--	1.47	20.96	25.18	0.49	0.47	2.44	2.50	0.01

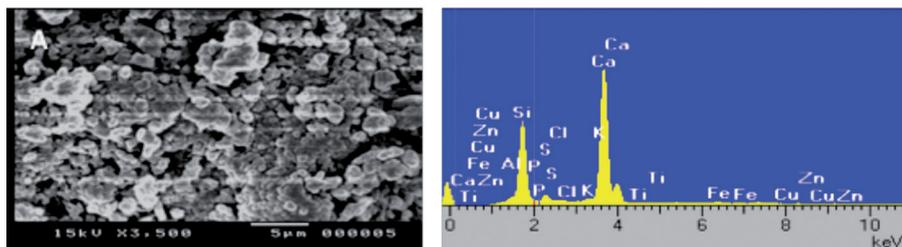


Figura 5. A sinistra il campione A proveniente dallo strato di fondo è caratterizzato da cristalli di quarzo di grandi dimensioni che confermano l'omogeneità della malta e sulla destra l'immagine EDX mostra gli elementi presenti, i principali elementi sono Ca, Si, S.

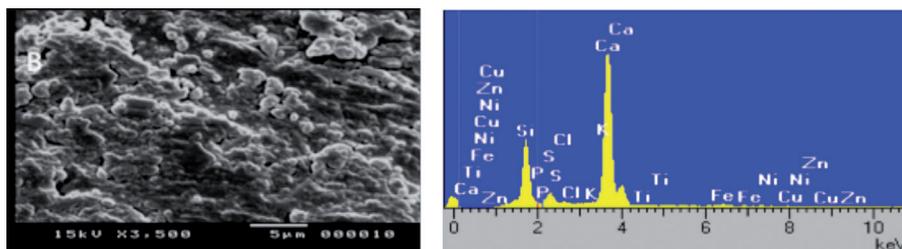


Figura 6. A sinistra il campione B proveniente dal colore rosso-bruno costituito da cristalli di quarzo di grandi dimensioni che confermano l'omogeneità dello strato pittorico e sulla destra l'immagine EDX mostra gli elementi presenti, i principali elementi sono Ca, Si, S.

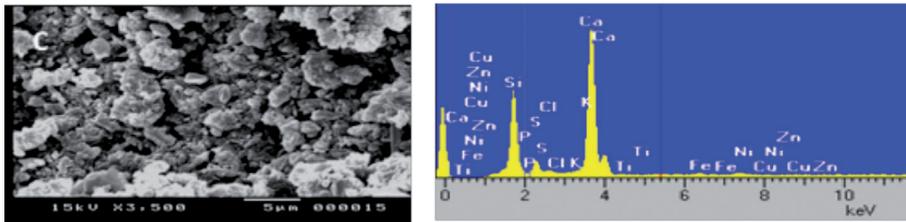


Figura 7. A sinistra il campione C proveniente dallo strato di fondo è caratterizzato da cristalli di quarzo di grandi dimensioni associati al gesso, confermando l'omogeneità della malta e sulla destra l'immagine EDX mostra gli elementi presenti nel campione, i principali elementi sono Ca, Si, Cl e Cu.

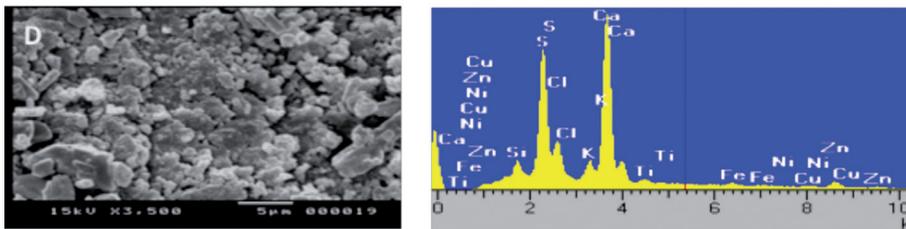


Figura 8. A sinistra il campione D proveniente dal colore verde-blu caratterizzato da grandi cristalli di wollastonite (caratterizzati dopo analisi XRD) e sulla destra l'immagine EDX mostra gli elementi presenti, i principali elementi sono Ca, S, Cl e Cu.

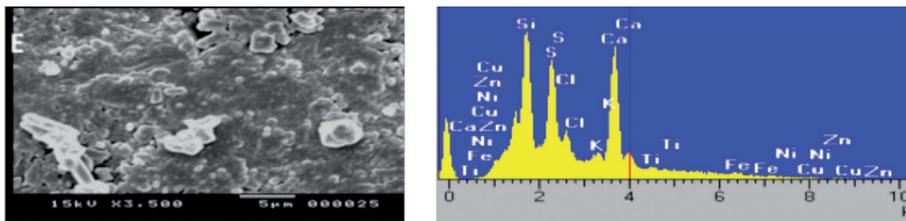


Figura 9. A sinistra il campione E proveniente dal colore verde scuro caratterizzato da grandi cristalli di malachite ed ematite che confermano l'omogeneità dello strato pittorico e sulla destra l'immagine EDX mostra gli elementi presenti, i principali elementi sono Ca, S, Cl e Cu.

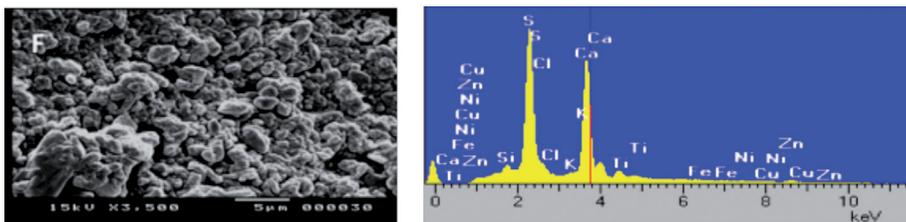


Figura 10. A sinistra il campione F proveniente dal colore verde chiaro caratterizzato da grandi cristalli che confermano l'omogeneità dello strato pittorico e sulla destra l'immagine EDX mostra gli elementi presenti, i principali elementi sono Ca, S, Cl e Cu.

3.4. Spettrometria infrarossa in trasformata di Fourier - riflettanza totale attenuata (FTIR-ATR)

I campioni sono stati posizionati in uno spettrofotometro al fine di ottenere spettri su carta grafica [6], stretching OH a 3545.49 cm^{-1} , stretching asimmetrico C-H del gruppo alifatico a 2924.52 cm^{-1} e 2853.17 cm^{-1} , overtone a 2362.37 cm^{-1} e stretching C-O a 1140.69 cm^{-1} . Le letture hanno confermato che il legante utilizzato per i colori è olio di lino, inoltre il colore oro è stato applicato utilizzando colla animale come legante [7].

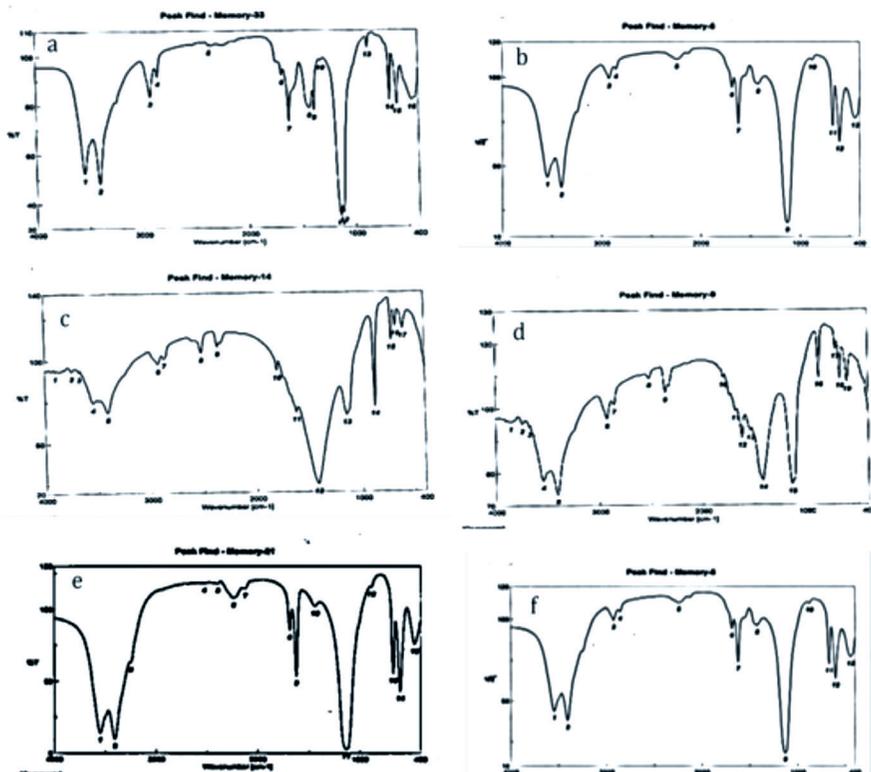


Figura 11. (a) Il legante del colore rosso mostra stretching asimmetrico del gruppo OH a 3545.49 cm^{-1} , il bending OH a 1317 cm^{-1} e lo stretching C-O a 1140.69 cm^{-1} . Le letture hanno confermato che il legante utilizzato nelle pitture è olio di lino; (b) il legante utilizzato nel colore wollastonite mostra stretching asimmetrico del gruppo OH a 3545.49 cm^{-1} , bending del gruppo OH a 1317 cm^{-1} e stretching C-O a 1140.69 cm^{-1} . Le letture hanno confermato che il legante utilizzato nelle pitture è olio di lino; (c) il legante del colore rosso-bruno mostra stretching asimmetrico del gruppo OH a 3545.49 cm^{-1} , bending OH a 1317 cm^{-1} e stretching C-O a 1140.69 cm^{-1} . Le letture hanno confermato che il legante utilizzato nelle pitture è olio di lino; (d) il legante utilizzato per il verde scuro mostra stretching asimmetrico del gruppo OH a 3545.49 cm^{-1} , bending OH a 1317 cm^{-1} e stretching C-O a 1140.69 cm^{-1} . Le letture hanno confermato che il legante utilizzato nelle pitture è olio di lino; (e) il legante utilizzato nel colore oro mostra stretching NH a 3545.49 cm^{-1} e stretching C=O a 1622 cm^{-1} . Le letture confermano che il legante utilizzato per il colore oro è colla animale; (f) il legante nello strato di fondo mostra stretching NH a 3545.49 cm^{-1} e stretching C=O a 1622 cm^{-1} . Le letture confermano che il legante utilizzato per il fondo è colla animale e l'assorbimento OH per $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a 3.404 cm^{-1} , bending di SO_4 a 601 cm^{-1} e O-C-O per la calcite a 885 cm^{-1} .

4. Conclusioni

Nel presente studio sono presentate le fasi preliminari all'intervento di restauro di tre dipinti murali nel palazzo El Sakakeny. Lo studio è focalizzato principalmente sulle proprietà fisiche e chimiche dei materiali utilizzati e sui fattori che ne causano il deterioramento o che comportano il distacco dello strato pittorico, al fine di operare con le più opportune soluzioni di restauro.

In base ai risultati ottenuti, si riportano le conclusioni del progetto di ricerca:

- 1. Lo strato di fondo delle pitture è costituito da ossido di zinco e gesso in rapporto 3:2.*
- 2. Il legante utilizzato nello strato di fondo è colla animale.*
- 3. Il principale materiale della cornice è gesso puro.*
- 4. Il fattore principale di degrado che ha determinato il distacco degli strati pittorici è riconducibile alla presenza di alite;*
- 5. I colori utilizzati nelle pitture sono
il rosso, ematite
il giallo, litargirio
il verde, malachite
il nero, magnetite
il blu, wollastonite
la miscela colori come il rosso-bruno è composto da ematite e azzurrite in rapporto 3:1
il verde chiaro è composto da litargirio, malachite e calcite in rapporto 3:2:1.*
- 6. È stato dimostrato che tutti gli artisti italiani in quel periodo utilizzavano l'olio di lino come legante, che conferisce brillantezza e luminosità al colore, ma il legante utilizzato con il colore oro è colla animale.*

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano i lavoratori del El Sakakeny Palace per il loro aiuto e supporto.

Note biografiche

***Kholod Khairy Salama**, candidato PhD al Dipartimento di Conservazione dei Beni Culturali, Facoltà di Archeologia all'Università del Cairo e conservatore al Conservation Center al National Museum of Egyptian Civilization (NEMC).*

***Mona Fouad Ali**, PhD e professore di Conservazione, Dipartimento di Conservazione, Facoltà di Archeologia all'Università del Cairo, Egitto.*

***Abubakr Mohamed Moussa**, PhD in Conservazione, Professore Associato di Conservazione dei Beni Culturali, Dipartimento di Conservazione, Facoltà di Archeologia all'Università del Cairo, Egitto.*

Summary

In the present study, a comprehensive investigation has been undertaken into mural paintings dating to the 19th century and painted by Italian students. They were initially located in El Sakakeny Palace in El Sakakeny Square in Egypt. The analytical instruments used for investigation were Optical Microscopy, Scanning Electron Microscopy with EDX, X-Ray diffraction and Fourier Transform Infrared coupled with Attenuated Total Reflectance (FTIR-ATR). The analysis revealed that the pigments used in the mural paintings were hematite, litharge, zincate, gold oxide, Goethite (brown ochre) and malachite mixed with linseed oil or animal glue. The original ground layer comprises zincate with gypsum. The medium used in the ground layer is animal glue and the support is limestone.

Riassunto

Nel presente studio è stata realizzata un'indagine completa su dipinti murali realizzati da studenti italiani e risalenti al XIX secolo, inizialmente situati nel Palazzo El Sakakeny, nell'omonima piazza in Egitto. Gli strumenti analitici utilizzati per l'indagine sui materiali sono stati la Microscopia Ottica, Microscopia Elettronica a Scansione con EDX, Diffrazione a Raggi X e trasformata di Fourier accoppiata con Riflettanza Totale Attenuata (FTIR-ATR). Le analisi hanno rivelato la presenza di pigmenti come ematite, litargirio, ossido di zinco, ossido dioro, goethite (ocra bruna) e malachite utilizzati per la realizzazione delle pitture murali, mescolati con olio di lino o con colla animale. Lo strato di fondo originario comprende ossido di zinco e gesso; il legante utilizzato nel fondo è colla animale, mentre il supporto è costituito da una pietra calcarea.

Résumé

La présente étude illustre les investigations complètes menées sur des peintures murales qui ont été réalisées par des apprentis italiens au XIX^e siècle, situées à l'origine dans le palais Sakakini, sur la place homonyme en Égypte. Les outils analytiques utilisés pour les investigations sur les matériaux ont été la microscopie optique, la microscopie électronique à balayage EDX, la diffractométrie de rayons X et la transformée de Fourier couplée à la réflectance totale atténuée (FTIR-ATR). Les analyses ont révélé la présence de pigments tels que l'hématite, la litharge, l'oxyde de zinc, l'oxyde doré, la goéthite (ocre brune) et la malachite, mélangés à de l'huile de lin ou à de la colle animale et utilisés pour réaliser des peintures murales. La couche de fond d'origine comprend de l'oxyde de zinc et du plâtre. Le liant utilisé pour le fond est de la colle animale, et le support est constitué de pierre calcaire.

Zusammenfassung

Diese Studie nimmt eine vollständige Untersuchung der Wandmalereien vor, die von italienischen Studenten realisiert wurden, auf das 19. Jahrhundert zurückgehen und sich anfänglich im Palast von El Sakakeny auf dem gleichnamigen Platz in Ägypten befanden. Die zur Untersuchung der Materialien herangezogenen Analyse-Instrumente waren die optische Mikroskopie, die elektronische Energiedispersive Spektroskopie EDX, die Röntgendiffraktion und die Fourier-Transformation in Verbindung mit der Abgeschwächten Totalreflexion (FTIR-ATR). Die Analysen haben das Vorhandensein von Pigmenten wie Hämatit, Bleiglätte, Zinkoxid, Goldoxid, Goethit (ockerbraun) und Malachit ausgewiesen, die zur Realisierung der Wandmalereien mit Leinöl oder

tierischem Leim vermischt verwendet wurden. Die ursprüngliche Grundschrift beinhaltet Zinkoxid und Gips. Das für die Grundschrift verwendete Bindemittel ist tierischer Leim, während der Untergrund aus Kalkstein besteht.

Resúmen

En el presente estudio se ha realizado una investigación completa sobre las pinturas murales ejecutadas por aprendices italianos, pertenecientes al siglo XIX, en un primer momento situadas en el palacio Sakakini, en la plaza que lleva el mismo nombre, en Egipto. Los instrumentos analíticos utilizados para llevar a cabo la investigación sobre los materiales han sido la microscopía óptica, la microscopía electrónica de barrido con EDX y la difracción de rayos X, así como la aplicación de la transformada de Fourier combinada con la reflectancia total atenuada (FTIR-ATR). Los análisis han revelado la presencia de pigmentos como hematites, litargirio, óxido de zinc, óxido de oro, goethita (ocre pardo) y malaquita, utilizados para la realización de las pinturas murales, mezclados con aceite de lino o con cola animal. La capa de fondo originaria incluye óxido de zinc y yeso; el aglutinante empleado para el fondo es cola animal, mientras que el soporte está constituido por una piedra calcárea.

概述

本研究对位于埃及 El Sakakeny 宫的壁画（位于同名广场）进行了完整的调查，据记载，这些壁画是由意大利学生于19世纪所作。原料调查所采用的分析工具包括：光学显微镜、X光能量色散结合扫描电子显微镜、衰减全反射傅立叶红外光谱（FTIR-ATR）等。分析结果显示，壁画颜料所采用的原料，包括：赤铁、铅黄、氧化锌、氧化金、针铁（赭石）和孔雀石等，通过同亚麻油或动物胶混合固化。壁画的底层由氧化锌和石膏构成，采用动物胶作为粘合剂，支撑层则为石灰质的岩石。

Резюме

В этом изыскании было выполнено полное исследование настенной росписи, выполненной итальянскими студентами, восходящей к XIX в., первоначально находившейся во дворце Сакакини на одноименной площади в Египте. Аналитическими инструментами, используемыми для исследования материалов, были световая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией, рентгенофазовый анализ и инфракрасная спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения с фурье-преобразованием. Анализ выявил наличие таких пигментов, как гематит, глёт, оксид цинка, оксид золота, гётит (умбра) и малахит, которые смешивались с льняным маслом или с животным клеем для создания красок для росписи стен. Первоначальный грунтовочный слой включает в себя оксид цинка и гипс; используемое в грунте связующее вещество - животный клей, в то время как основа выполнена из известняка.