



Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
*Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica,
Matematica e Scienze Naturali*
141° (2023), Vol. IV, fasc. 1, pp. 213-219
ISSN 0392-4130 • ISBN 978-88-98075-55-3

Scrivere in Oro e in Argento: uno studio multidisciplinare sulla fabbricazione di inchiostri

GIACOMO MONTANARI¹ – EUGENIO VILLA² – LUCIA MAINI³

¹ Dipartimento di Filosofia e Comunicazione, Università di Bologna
E.mail: giacomo.montanari14@unibo.it

² Dipartimento di Filosofia e Comunicazione, Università di Bologna
E.mail: eugenio.villa2@unibo.it

³ Dipartimento di Chimica “G. Ciamician”, Università di Bologna
E.mail: l.maini@unibo.it • ORCID 0000-0002-0703-2617

Abstract – The Bologna University Library’s manuscript 1808, copied in the Peloponnese around the mid-14th century, transmits a collection of mostly medical writings. Among them, we also find a few unedited Greek recipes on the preparation of gold and silver inks for which our manuscript is the sole witness.

Some of these recipes do not specify quantities, feature ingredients with obscure names, and often assume prior procedural knowledge from the reader, making their interpretation a challenging task.

In this paper we adopt an interdisciplinary approach, combining our expertise in palaeography, philology, and chemistry to tackle these issues.

For the recipes that could not be interpreted only by means of textual and historical analysis, we conducted experimental replications, that allowed us to assess our hypothesis about the ingredients and the procedures, as well as to characterize the final products. By using solid state characterization techniques, such as X-ray powder diffraction and ATR-IR spectroscopy, we obtained valuable information about the composition of the pigments prepared using these recipes.

This combined textual and experimental approach allowed us to reach a deeper understanding of the processes behind ink-making, and to gain a better insight into the material culture of that time.

Keywords: Inks; Greek; Gold; Silver; XRPD; ATR-IR

Riassunto – Il manoscritto BUB 1808, copiato nel Peloponneso intorno alla metà del XIV secolo, conserva una collezione di testi principalmente medici, tra i quali sono tuttavia presenti anche alcune ricette sulla preparazione di inchiostri, di cui il nostro manoscritto è l’unico testimone.

L’interpretazione di queste ricette è particolarmente complessa per via della mancanza di quantità esatte, espressioni a volte opache per gli ingredienti e la descrizione non sempre dettagliata delle procedure.

In questo studio abbiamo adottato un approccio interdisciplinare, combinando le nostre competenze di paleografia, filologia, e chimica per affrontare questi problemi.

Per le ricette che non è possibile interpretare in termini di analisi storica e testuale, abbiamo condotto delle repliche sperimentali, che hanno permesso di verificare le no-

stre ipotesi riguardo ingredienti e procedure, oltre che analizzare i prodotti finali.

Attraverso tecniche di caratterizzazione in fase solida, quali XRPD e ATR-IR, abbiamo ottenuto importanti informazioni sulla composizione dei pigmenti descritti in queste ricette.

La combinazione degli approcci filologico e sperimentale ci ha quindi permesso di raggiungere una comprensione più approfondita delle procedure alla base della preparazione degli inchiostri e della cultura materiale di quel periodo storico.

Parole chiave: Inchiostri; Greco; Oro; Argento; XRPD; ATR-IR

Introduzione

Una pratica ben attestata nel bacino del Mediterraneo almeno dai primi secoli dopo Cristo per impreziosire manoscritti è quella di utilizzare oro o argento per decorazioni, iniziali o direttamente per l'intero testo [3]. Molti modi sono stati individuati per ottenere questo effetto, dall'applicare una foglia d'oro o d'argento sulla pagina usando un adesivo alla preparazione di inchiostri contenenti il metallo prezioso finemente disperso in un veicolo, generalmente gomma arabica o bianco d'uovo.

Di conseguenza diverse ricette per tecniche e inchiostri di questo tipo sono state tramandate nei papiri greco-egiziani e nei manoscritti medievali, ma trattandosi di pratiche fortemente associate alla tradizione orale *di bottega*, in cui il sapere tecnico veniva trasmesso in maniera diretta da maestro ad apprendista, queste ricette spesso appaiono non particolarmente esplicite nelle indicazioni che forniscono. I due lavori più importanti sull'argomento sono uno studio di Trost [22] che analizza e replica le ricette contenute nei più celebri manuali tecnici antichi e medievali e uno studio di Schreiner e Oltrogge [19] i quali editano e commentano un gran numero di ricette bizantine contenute in manoscritti alchemici.

Il manoscritto 1808 della Biblioteca Universitaria di Bologna è di origine bizantina ed ha prevalente carattere medico, ma riporta anche alcune ricette per la preparazione di inchiostri e lacche.

Per quanto riguarda la sua datazione, il *terminus ante quem* è dato dalla presenza di un ex-libris nell'ultima pagina (f. 332v) di Nikephoros Doukas Malakes, medico dell'esercito dell'imperatore Manuele II Paleologo (1350-1425) durante la campagna militare nel Peloponneso del 1415 [10]. Il manoscritto appare però copiato da uno scriba la cui grafia presenta caratteristiche riconducibili all'area provinciale della seconda metà del XIV secolo. Sulla base di queste considerazioni, possiamo quindi con ogni verosimiglianza ipotizzare che questo

manoscritto sia stato prodotto proprio nel Peloponneso nella seconda metà del XIV secolo.

L'origine e i problemi testuali delle ricette sono stati discussi in maniera più approfondita da Villa et al.¹, per cui non verranno trattati ulteriormente in questa sede. Allo stesso modo, due ricette presenti nel manoscritto, per la preparazione di una lacca rossa, sono già state discusse da Benedetti [2], al cui lavoro si rimanda.

Considerazioni Generali

Tutte le ricette per la preparazione di inchiostri sono inedite e, nello specifico, ne troviamo quattro per la preparazione di inchiostri dorati e due per inchiostri argentati.

Di esse, la metà si basano sull'uso del metallo prezioso, mentre le altre descrivono la preparazione di un pigmento che ne dovrebbe simulare l'aspetto, a base di minerali o altri metalli meno preziosi; inoltre, solo tre ricette fanno menzione del veicolo in cui disperdere il pigmento (Tab. 1).

La complessità di queste ricette è variabile: cinque presentano solo indicazioni minime sugli ingredienti da usare (ma si vedrà che l'identificazione degli ingredienti non è sempre agevole), rendendole particolarmente complesse da interpretare, mentre una appare molto lunga e dettagliata nella descrizione delle operazioni da svolgere.

Le ricette per gli inchiostri dorati presentano una grande varietà di ingredienti, principalmente metalli (oro, mercurio, ferro, piombo, stagno), ma anche minerali (orpimento, zolfo) e un composto di non ovvia identificazione, che per semplicità possiamo chiamare *calce rossa* (vedi infra). Ciascuna ricetta descrive un pigmento costituito da tre o cinque ingredienti, tra cui solo l'orpimento è ubiquitario.

Le ricette per inchiostri d'argento sono più semplici rispetto alle precedenti, con pigmenti costituiti da solo uno o due ingredienti. Oltre all'argento, sono menzionati mercurio e un apparente derivato del piombo (*piombo bruciato*), discusso successivamente.

A differenza di numerose altre ricette², nella preparazione dei pigmenti non sono citati ingredienti di origine vegetale o animale, ad eccezione dell'aceto, in cui gli ingredienti sono bolliti secondo alcune delle ricette.

Per semplicità le ricette saranno di seguito indicate

¹ Di prossima pubblicazione.

² Cfr. Papiro di Leida [12], Mappae Clavicula [20], Manoscritto di Lucca [4], Manoscritto di Ivrea [4], De Diversis Artibus [6].

Tab. 1 – Caratteristiche essenziali delle ricette, con abbreviazioni usate nel testo.

Collocazione ricetta	Abbreviazione	Colore Inchiostro	Metallo Prezioso	Veicolo
<i>f. 46v ll. 1-4</i>	(A)	Argento	Si	gomma arabica
<i>f. 46v ll. 4-6</i>	(B)	Argento	No	bianco d'uovo
<i>f. 54v ll. 1-6</i>	(C)	Oro	No	N/A
<i>f. 54v ll. 7-10</i>	(D)	Oro	No	N/A
<i>f. 54v ll. 10-14</i>	(E)	Oro	Si	N/A
<i>f. 62v ll. 4-6</i>	(F)	Oro	Si	gomma arabica

con delle lettere maiuscole tra parentesi, nell'ordine con il quale si presentano nel manoscritto (Tab. 1).

Inoltre, riteniamo opportuno concentrarci sugli ingredienti di maggiore importanza tecnologica, quali mercurio e orpimento, e su quelli la cui identificazione è particolarmente complessa e trae maggiore giovamento da un contributo sperimentale, ossia calce rossa e piombo bruciato.

Mercurio

Il mercurio è citato in due ricette, (A) e (F), in entrambi i casi per la formazione di un amalgama con il metallo prezioso, anche se con finalità apparentemente diverse.

Nel testo greco, troviamo i termini «ὕδωρ ἀργύρου» (hydor argyrou) e «ὕδρ᾿ἀργυρο[ς]» (hydrargyros), che non lasciano particolari dubbi relativamente all'identificazione di questo ingrediente.

La capacità del mercurio di amalgamare molti metalli è stata fonte di fascinazione già dal mondo antico [14], e si è rivelato un approccio tecnologico estremamente utile, anche in funzione delle possibilità di sublimare il mercurio in un secondo momento, in modo da recuperare il metallo di partenza [1].

Nella ricetta (F) troviamo in particolare delle indicazioni che sembrano riconducibili a questo tipo di operazione, con il mercurio usato per amalgamare l'oro, eliminandone poi l'eccesso con un foglio di pergamena; in un secondo momento l'amalgama viene macinata (insieme ad orpimento, vedi infra) e la miscela scaldata. In questo caso l'indicazione di cuocere la miscela *fino a che non prenda l'aspetto dell'ocra* («ἕως οὗ φέρει θεωρίαν ὄχρας») indica la sublimazione del mercurio fino ad ottenere una polvere d'oro.

La ricetta (A), invece, indica solo di lavorare della li-

matura d'argento («ρίνισμα ἀργύρου», rhinisma argyrou) con il mercurio. L'uso della limatura, piuttosto che di pezzi d'argento di maggiori dimensioni, permette di ottenere l'amalgama più rapidamente; tuttavia, nella ricetta non sono presenti indicazioni che suggeriscono l'allontanamento del mercurio.

Anche in questo caso si potrebbe sublimare il mercurio per ottenere una polvere d'argento, come da pratiche attestate in altre fonti e già verificate sperimentalmente da Rabitsch et al. [16]. Inoltre, troviamo ricette in cui questa operazione sembra essere implicita (ad esempio nelle ricette 33 e 69 del papiro di Leida [3]), tuttavia se la ricetta fosse da intendersi come scritta, l'amalgama stessa deve poter essere dispersa con gomma arabica («κομμίδιν», kommidin) e acqua per ottenere l'inchiostro.

Per verificare se tale operazione permette di ottenere un inchiostro utilizzabile, abbiamo replicato la ricetta (A) preparando un amalgama di argento e mercurio.

La ricetta non fornisce indicazioni sulle quantità da usare, per cui abbiamo deciso di verificare il caso limite di un amalgama non particolarmente ricca in argento, e quindi ancora relativamente fluida, usando 1 g di mercurio metallico e 0.5 g di argento, a cui abbiamo aggiunto successivamente 2 g di gomma arabica e 2 ml di acqua, macinando gli ingredienti in mortaio fino ad ottenere una miscela il più uniforme possibile.

La miscela così ottenuta appare sufficientemente omogenea, tuttavia con piccole gocce di amalgama ancora visibili.

Come inchiostro, lo si riesce a stendere sulla carta, ma è molto viscoso e difficilmente adatto alla scrittura con uno stilo (secondo l'uso bizantino) [18], tuttavia può essere ragionevolmente usato per campiture di colore. Aumentando la quantità di acqua nella miscela l'inchiostro diventa più fluido, ma a spese di un colore meno intenso.

Orpimento

L'orpimento (As_2S_3) è un ben noto pigmento giallo-arancione, largamente usato nell'arte per ottenere un colore che ricorda l'oro [9], quindi non sorprende che si trovi in tutte le ricette del manoscritto 1808 per inchiostri dorati.

In tre ricette su quattro l'orpimento è chiamato in greco «ἀρσενικόν» (arsenikon), che è il termine più comune per indicare questo minerale, mentre in (F) il termine troviamo «χρυσoteάφης» (chrusoteaphēs), un'espressione molto poco attestata che può essere tradotta come *zolfo dorato*.

Già lo Pseudo-Olimpiodoro chiama *zolfi* («θεία», theia) le materie simili all'orpimento³ [13]. Inoltre, altre fonti⁴ descrivono l'uso di orpimento nella macinazione della foglia d'oro per la preparazione di inchiostri [19]. Queste considerazioni permettono di ipotizzare che chrusoteaphēs indichi l'orpimento.

As_2S_3 è insolubile se non in ambiente alcalino [15], e benché abbia un punto di fusione tabulato a 310°C [6, 11], sulla base delle nostre evidenze sperimentali sublima a temperature intorno ai 300°C⁵. Inoltre, riscaldandolo, reagisce con l'ossigeno atmosferico per formare As_2O_3 , bianco [6, 16]. L'ossido tende esso stesso a sublimare e allontanarsi dalla miscela [21].

Per via di quest'ultima sua caratteristica, almeno due delle ricette in cui è citato, (C) ed (E), sono di difficile interpretazione, in quanto indicano solo di unire i diversi ingredienti (tra cui piombo e/o stagno) e lavorarli («κάμνω», kamnō) dopo averli cotti nel fuoco («κάλω», kaiō).

Considerato che il piombo ha una temperatura di fusione pari a 327.46°C [15] e lo stagno di 231.9°C [15], sembra molto difficile che il minerale non si alteri significativamente con questo tipo di lavorazione.

Appare quindi molto difficile che queste ricette siano corrette descrizioni delle operazioni da svolgere nella preparazione degli inchiostri, ma siano piuttosto indicazioni sugli ingredienti da usare, lasciando l'individuazione della procedura alle conoscenze proprie dell'artigiano.

Nel caso della ricetta (F) l'orpimento è unito all'amalgama d'oro, che viene poi macinata e riscaldata per allontanare il mercurio, operazione che richiede temperature superiori ai 356°C [15]. Il problema della perdita o alterazione dell'orpimento in questo caso può essere

³ «ὅμοια τῷ ἀρσενικῷ»; cfr. [9, p. 359].

⁴ Cfr. ad es. Biblioteca Vaticana, Pal. gr. 243, f. 261v

⁵ Evidenza osservata da L. Maini, M. Marchini et al. nella riproduzione sperimentale di ricette relative alla preparazione di cinabro artificiale (in attesa di pubblicazione).

considerato trascurabile, in quanto è la polvere d'oro così ottenuta a determinare il colore dell'inchiostro.

Per quanto riguarda la ricetta (D), l'orpimento viene bollito in aceto, e quindi mantenuto a temperature molto inferiori a quella di sublimazione, per cui non si altera. Per i risultati della replica di questa ricetta si rimanda alla sezione successiva.

Calce Rossa

Nelle ricette (C) e (D) viene menzionato un ingrediente di difficile interpretazione, «χάλξ πυρρός» (chalx purros), che possiamo intendere come *calce rossa*, o per meglio dire *colore del fuoco*.

Questa espressione non è altrimenti attestata, e lo stesso termine «χάλξ» (chalx) non sembra essere di origine greca, ma possiamo ipotizzare che si tratti di un calco della parola latina «calx», con il significato di calce, ossia il prodotto di un processo di calcinazione, in termini moderni un ossido.

Per motivi paleografici, non possiamo escludere a priori che si possa trattare di una distorsione della parola «χαλκός» (chalkos, rame), tuttavia quando abbiamo replicato la ricetta usando polvere di rame metallico, abbiamo osservato la comparsa di un colore verde, dovuto alla formazione dell'acetato, difficilmente compatibile con l'atteso colore dorato dell'inchiostro.

Il *colore del fuoco* («πυρρός») è di solito inteso come un giallo-rosso, colori che si associano a diversi ossidi metallici. Anche escludendo tutti gli ossidi di questo colore, come minio o litargirio, ben noti ed identificati nella letteratura del tempo, l'identificazione con un composto specifico rimane speculativa.

Sulla base di queste considerazioni, l'identificazione più semplice ricade sul ferro ossido rosso (ematite, Fe_2O_3), facilmente ottenibile per calcinazione del solfato ferroso (melanterite, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

La ricetta (D) è stata quindi replicata usando orpimento commerciale (Carlo Erba) e ossido di ferro ottenuto per calcinazione da solfato ferroso commerciale (Sigma Aldrich).

È stata preparata una prima miscela 1:1 di orpimento e ferro ossido (0.5 g ciascuno) a cui sono stati aggiunti 20 mL di aceto di vino bianco. La miscela è stata quindi bollita fino a secchezza.

Sia la miscela fisica dei due composti di partenza che il prodotto finale sono stati caratterizzati tramite diffrazioni di raggi X da polveri (XRPD)⁶. L'analisi non ha evi-

⁶ Diffrattometro Panalytical X'Pert PRO dotato di detector X'Celerator, in configurazione Bragg-Brentano, radiazione Cu-K.

denziato variazioni significative nella composizione, quale ad esempio la formazione di acetati di ferro o arsenico, o la conversione dell'orpimento ad ossido di arsenico.

La bollitura in aceto, quindi, non sembra avere un ruolo particolare in termini di reattività chimica, almeno in queste condizioni operative.

Il pigmento così preparato è stato disperso in una soluzione acquosa di gomma arabica e steso su carta per acquerelli. Sebbene come inchiostro sia facile da usare e molto coprente, esso appare rosso-bruno piuttosto che dorato.

Dato il colore non soddisfacente, la ricetta è stata replicata una seconda volta, usando un solfato misto di Fe(II) e Fe(III)⁷, di colore giallo, che è un prodotto della calcinazione incompleta del solfato ferroso⁸. Sebbene bollendo la miscela assume un colore rosso, compatibile con il ferro acetato, una volta che il solvente è completamente evaporato, il ferro ricristallizza come solfato giallo.

Il pigmento ottenuto è quindi giallo acceso, di nuovo un colore che difficilmente può essere inteso come dorato.

Abbiamo quindi valutato l'ipotesi che vi sia un errore di trascrizione nelle quantità riportate nella ricetta, in particolare di «α» (ossia 1) al posto di «γ» (ossia 3) nell'indicare il numero di onces di orpimento da usare. Questo è un errore comune, data la somiglianza delle due lettere.

Replicando la ricetta usando un rapporto 3:1 di orpimento e ossido di ferro, siamo quindi riusciti ad ottenere un pigmento che dal colore dorato, e che disperso nella gomma arabica acquisisce anche una certa lucentezza, molto simile all'oro.

Piombo Bruciato

Nella ricetta (B) il pigmento è chiamato semplicemente «τοῦ μολύβδου τὸ ἀπόκαυμα» (tou molubdou to apokauma), ossia *ciò che rimane dalla bruciatura del piombo*, o più sinteticamente *piombo bruciato*.

Questa non è un'espressione altrimenti attestata, e il termine «ἀπόκαυμα» (apokauma) in genere indica la lesione che segue un'ustione da caldo o da freddo.

Abbiamo ipotizzato che questo termine possa essere una traduzione approssimativa dell'espressione latina «plumbum exustum», che indica genericamente i prodotti dell'ossidazione ad alta temperatura del piombo⁹.

Per testare questa ipotesi, abbiamo riscaldato a 700°C in una muffola dal laboratorio alcuni grammi di piombo metallico, per circa 10 ore, fino ad ottenere una massa grigiastra, friabile e con riflessi giallastri, e residui di piombo metallico.

Il composto è stato analizzato tramite spettroscopia ATR-FTIR¹⁰ (Spettroscopia IR a Raggio Attenutato) (Fig. 1), attraverso cui abbiamo individuato i segnali caratteristici [23] del *massicot* (β-PbO).

La polvere è stata anche caratterizzata tramite XRPD (Fig. 1). Le fasi cristalline sono state identificate attraverso il software Highscore Plus [5] e il database CCDC PDFv2 [11], e quantificate tramite affinamento Rietveld [17] usando il software Profex [7]; la presenza del *massicot* come fase principale è stata confermata

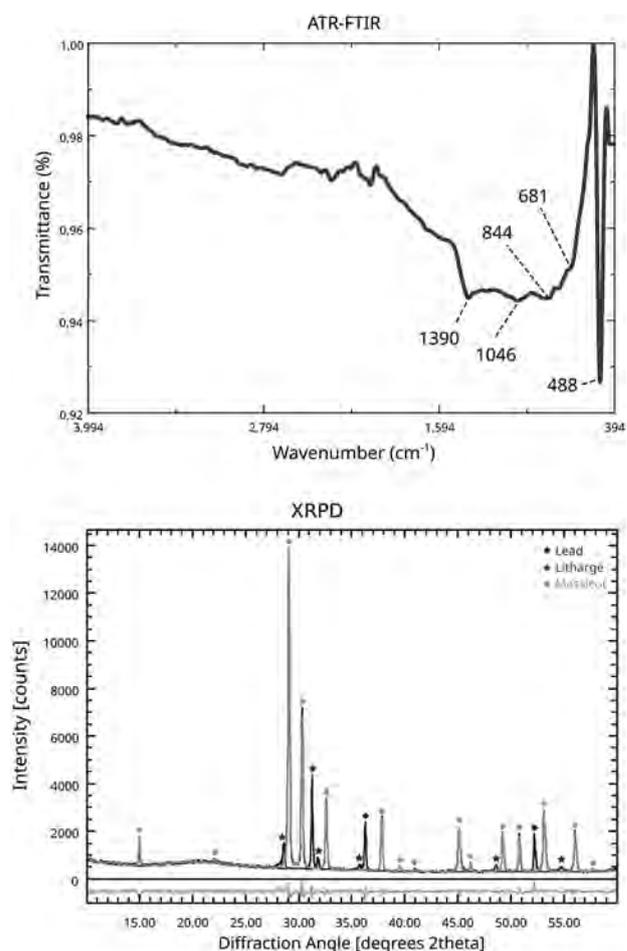


Fig. 1. In alto: spettro ATR-FTIR; sono evidenziati i segnali caratteristici del *massicot*; in basso: pattern XRPD con fasi evidenziate. Raccolta ed elaborazione dati a cura degli autori

⁷ Fe^{II}Fe^{III}(SO₄)(OH).

⁸ Montanari et al., *Vitriols: The Many Colors of Iron*, presentazione orale, 50° congresso AIC - 07/09/23 (contributo in attesa di pubblicazione).

⁹ Cfr. ad es. Caelius Aurelianus, *Celeres passionnes*, II, xxxvii [8].

¹⁰ Bruker Alpha-P con modulo ATR Platinum Diamond.

(80.24±0.28%), insieme a quantità minori di piombo metallico (13.92±0.15%) e litargirio (α -PbO) (5.84±0.28%).

La polvere si disperde facilmente in bianco d'uovo, ottenendo un inchiostro grigio con alcuni riflessi metallici, molto simile all'argento.

Conclusioni

Le ricette di inchiostri presenti nel manoscritto BUB 1808 presentano diverse criticità interpretative, complicate dalla presenza di numerosi errori ortografici e latinismi, con ogni probabilità frutto della provenienza provinciale del manoscritto.

Ad eccezione della ricetta (F), le indicazioni operative sono estremamente sintetiche e le quantità degli ingredienti sono solo parzialmente riportate.

Alcuni ingredienti e pratiche, come l'uso dell'amalgama di mercurio per polverizzare metalli preziosi o dell'orpimento come coadiuvante alla macinazione, sono chiaramente riconducibili ad una tradizione tecnologica al tempo ben affermata.

Di particolare interesse è la presenza di due ingredienti, menzionati attraverso espressioni non altrimenti attestate in opere note, per la cui identificazione la replica sperimentale delle ricette ha svolto un ruolo chiave.

Attraverso replica sperimentale abbiamo associato l'espressione «τοῦ μολύβδου τὸ ἀπόκαυμα» con una miscela di piombo metallico e dei suoi ossidi, all'atto pratico utile alla realizzazione di un inchiostro che simula in maniera soddisfacente l'aspetto dell'argento.

Rimane meno certa, anche a seguito di diverse prove sperimentali, l'interpretazione dell'espressione «χάλξ πυρρός», che però può essere ragionevolmente intesa come un ossido rosso, forse di ferro, che insieme all'orpimento produce in un pigmento di colore dorato.

Occorre quindi rimarcare l'importanza di associare all'analisi paleografica e filologica dei manoscritti con la replica sperimentale delle ricette in essi contenute, come strumento che permette da un lato di verificare ipotesi interpretative e dall'altro di investigare i processi chimici che sono alla base delle conoscenze tecnologico-pratiche nel mondo antico e medievale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ALDROVANDI Ulisse, *Ulyssis Aldrovandi patricii bononiensis musaeum metallicum in libros IIII distributum, Opera omnia*, Typis Io. Baptistae Ferronij, Bononiae, 1648.
- [2] BENEDETTI Lisa, *Ricette bizantine del XII secolo per tinte e inchiostri*, in "Aevum", 88, 2 (2014), pp. 443-454.
- [3] BURNAM John M., *The Early Gold and Silver Manuscripts*, in "Classical Philology", 6, 2 (1911), pp. 144-155.
- [4] CAFFARO Adriano, *Scrivere in oro. Ricettari medievali d'arte e artigianato (secoli IX-XI). Codici di Lucca e Ivrea*, Liguori Editore, Napoli, 2003.
- [5] DEGEN Thomas, Mustapha SADKI, Egbert BRON et al., *The HighScore Suite*, in "Powder Diffraction", 29, S2 (2014), pp. S13-S18.
- [6] DODWELL Charles R., *The Various Arts: De Diversis Artibus*, Clarendon Press, Oxford, 1961.
- [7] DOEBELIN Nicola, Reinhard KLEEBERG, *Profex: a graphical user interface for the Rietveld refinement program BGMN*, in "Journal of Applied Crystallography", 48, 5 (2015), pp. 1573-1580.
- [8] DRABKIN Israel E., *Caelius Aurelianus On Acute Diseases and On Chronic Diseases*, University of Chicago Press, Chicago, 1950.
- [9] FITZHUGHF Elisabeth West, *Artists' pigments: a handbook of their history and characteristics*, National gallery of art, Washington, 1997.
- [10] GARLAND Lynda, *Mazaris's Journey to Hades: Further Reflections and Reappraisal*, in "Dumbarton Oaks Papers", 61 (2007), pp. 183-214.
- [11] GATES-RECTOR Stacy, Thomas BLANTON, *The Powder Diffraction File: a quality materials characterization database*, in "Powder Diffraction" 34, 4 (2019), pp. 352-360.
- [12] HALLEUX Robert, *Papyrus de Leyden, Papyrus de Stockholm, Fragments de Recettes, Les alchimistes grecs*, vol. 1, Les Belles Lettres, Parigi, 1981.
- [13] MARTELLI Matteo, *Pseudo-Democrito, Scritti alchemici, con il commentario di Sinesio, Textes et travaux de Chrysopoeia*, SÉHA Archè, Paris Milano, 2011.
- [14] OROFINO Giacomella, Amneris ROSELLI, Antonella SANNINO, *Elisir mercuriale e immortalità: capitoli per una storia dell'alchimia nell'antica Eurasia*, Fabrizio Serra Editore, Pisa Roma, 2015.
- [15] PATNAIK Pradyot, *Handbook of inorganic chemicals*, McGraw-Hill handbooks, McGraw-Hill, New York, 2003.
- [16] RABITSCH Sophie, Antonia MALISSA, Katharina UHLIR et al.: *Alteration study of silver inks on parchment*, in "The Vienna Genesis", Böhlau Verlag, Vienna, 2020, pp. 155-200.
- [17] RIETVELD Hugo, *A profile refinement method for nuclear and magnetic structures*, in "Journal of Applied Crystallography", 2, 2 (1969), pp. 65-71.
- [18] ROSENFELD, Randall: *Tools for producing books and documents in roman antiquity and the middle ages: A summary list of classes*, in "Scriptorium", 56, 1 (2002), pp. 156-176.
- [19] SCHREINER, Peter, Doris OLTROGGE, *Byzantinische Tinten-, Tuschen- und Farbrezepte, Denkschriften*, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Vienna, 2011.
- [20] SMITH Cyril S., John G. HAWTHORNE, *Mappae Clavicula: A Little Key to the World of Medieval Techniques*, in "Transactions of the American Philosophical Society", 64, 4 (1974).

- [21] ŠTRBAC Nada, Ivan MIHAJLOVIC, Duško MINIC et al., *Kinetics and mechanism of arsenic sulfides oxidation*, in “Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy”, 45, 1 (2009), pp. 59-67.
- [22] TROST Vera, *Gold- und Silbertinten: technologische Untersuchungen zur abendländischen Chrysographie und Argyrographie von der Spätantike bis zum hohen Mittelalter, Beiträge zum Buch- und Bibliothekswesen*, Otto Harrassowitz Verlag, Wiesbaden, 1991.
- [23] VAHUR Signe, Anu TEEARU, Pilleriin OEETS et al., *ATR-FT-IR spectral collection of conservation materials in the extended region of 4000-80 cm⁻¹*, in “Analytical and Bioanalytical Chemistry”, 408, 13 (2016), pp. 3373-3379.