

Colore e materia: i gialli di piombo, stagno antimonio

CLAUDIA PELOSI^{*}, GIORGIA AGRESTI^{*}, ULDERICO SANTAMARIA^{*},
FRANCESCA CIBIN^{**}, BARBARA DE FILIPPO^{**}, FABIO MORRESI^{**}

Riassunto

Lo scopo di questo lavoro è quello di indagare i metodi di produzione dei pigmenti gialli artificiali (giallo di piombo e stagno cosiddetto “tipo I” e “tipo II”, antimonio di piombo o giallo di Napoli e giallo di piombo-stagno-antimonio) attraverso un attento studio delle ricette e alla luce di studi più recenti e di caratterizzarli da un punto di vista chimico-fisico mediante varie tecniche analitiche. Per la produzione dei pigmenti gialli sono stati utilizzati gli ossidi puri (PbO , Pb_3O_4 , SnO_2 , Sb_2O_3), variando i rapporti stechiometrici dei reagenti, le temperature e i tempi di fusione, la tipologia di crogioli. I prodotti ottenuti sono stati caratterizzati tramite analisi SEM-EDS, XRD, XRF e DTA. Le differenze di colore, dovute all'impiego di diverse temperature di fusione e diversi rapporti stechiometrici, sono state indagate attraverso misure di colore secondo i metodi CIE_{xy} 1931 e CIE 1976Lab.

Parole chiave: pigmenti gialli artificiali, colorimetria, SEM-EDS, XRD, XRF.

Abstract

The aim of this work is to investigate the methods used for producing artificial yellow pigments ('type I' and 'type II' lead-tin yellow, lead antimonate yellow or Naples yellow, and lead-tin-antimony yellow), starting from various recipes and the more recent literature, and to characterize the materials produced by utilising different analytical techniques. The artificial

^{*} Università degli Studi della Tuscia, Largo dell'Università s. n. c., 01100, Viterbo.

^{**} Laboratorio Scientifico dei Musei Vaticani. e-mail: C. Pelosi labdiac@unitus.it;
U. Santamaria santamaria@unitus.it

yellow pigments were obtained from pure chemicals (PbO , Pb_3O_4 , SnO_2 , Sb_2O_3). The effects produced were tested by varying the stoichiometric ratios, melting temperatures and times, and crucible typologies. The powders obtained were characterized by means of SEM-EDS, XRD, XRF and DTA analyses. In order to evaluate the colour changes due to different melting temperatures and stoichiometric ratios, the colour measurements were taken using CIE_{xy} 1931 and CIE 1976Lab coordinates.

Keywords: artificial yellow pigments, colorimetry, SEM-EDS, XRD, XRF.

Introduzione

I pigmenti gialli oggetto di questo studio sono: i gialli di piombo e stagno cosiddetti “tipo I” (Pb_3SnO_4) e “tipo II” ($\text{PbSn}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3$) (Khun, 1993), il giallo di Napoli ($\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$) (Wainwright *et al.*, 1986) e il giallo di piombo, stagno e antimonio ($\text{Pb}_2\text{SnSbO}_{6,5}$) (Roy and Berrie, 1998). Nello studio di opere d’arte l’impiego dei gialli di piombo, stagno e antimonio è stato dimostrato in tutte le tecniche pittoriche (Santamaria *et al.*, 2000; Seccaroni, 2006) e in vari periodi storici da soli o integrati con altri (per esempio ocre e pigmenti verdi) per raggiungere le tonalità desiderate. Sulla base di studi precedenti (Pelosi *et al.*, 2007), che avevano evidenziato la presenza delle tipologie di giallo in esame in alcune opere del XVII secolo, ma avevano anche dimostrato la scarsa affidabilità dei pigmenti commerciali come materiali di riferimento nonché le problematiche analitiche legate alla loro identificazione, si è reso necessario approfondire la ricerca sperimentando la produzione di questi materiali e applicando diverse metodologie di indagine al fine di una loro caratterizzazione. La produzione dei gialli di piombo, stagno e antimonio ha avuto come punto di partenza lo studio delle ricette che, attentamente esaminate, hanno permesso di ricostruire i metodi di produzione originari, sebbene le condizioni sperimentali non siano sempre facilmente ricavabili: le temperature, infatti, non sono mai indicate, il tempo di fusione spesso non viene specificato e i reagenti non sono esplicitati con chiarezza (il ruolo di alcuni ingredienti resta ancora poco chiaro, come ad esempio: *feccia o feccia di vino, tuccia o tutia, sale comune*). I gialli di piombo e stagno “tipo I” (Pb_2SnO_4) e “tipo II” (PbSnO_3 o $\text{PbSn}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3$) sono stati prodotti sulla base delle ricette 272 e 273 del Manoscritto Bolognese (XV secolo); il giallo di Napoli ($\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$) secondo le ricette dedotte dai trattati di Piccolpasso, Passeri e Valerio Mariani da Pesaro; il giallo di piombo, stagno e antimonio ($\text{Pb}_2\text{SnSbO}_{6,5}$) dal ricettario Darduin, dal trattato di Valerio Mariani da Pesaro e da altri autori. Inoltre, sono stati tenuti in conside-

razione lavori più recenti relativi alla produzione e caratterizzazione dei pigmenti gialli di sintesi (Cascales *et al.*, 1986; Clark *et al.*, 1995; Khun, 1993; Moretti *et al.*, 1984).

In questa prima fase della ricerca sono state fatte delle semplificazioni alle ricette, impiegando soltanto ossidi puri dei metalli e variando i rapporti stechiometrici dei reagenti, le temperature e i tempi di fusione, le tipologie di crogioli.

Materiali e metodi

Per la produzione dei gialli di piombo, stagno e antimonio sono stati utilizzati gli ossidi puri della ditta Across (PbO , Pb_3O_4 , SnO_2 , Sb_2O_3 e SiO_2). Il cloruro di sodio, impiegato per la produzione dell'antimoniato di piombo, sulla base di una delle ricette del trattato di Valerio Mariani da Pesaro, è stato reperito dalla ICN. Gli ossidi sono stati macinati insieme in un mortaio d'agata e introdotti nella muffola a temperatura ambiente. Sono stati poi portati alla temperatura richiesta e mantenuti alla stessa per 5 ore. Solo per la produzione del giallo di piombo e stagno "tipo I" è stato impiegato anche un tempo di 3 ore. I campioni sono stati poi lasciati all'interno della muffola fino al raggiungimento della temperatura ambiente. Ciascun campione è stato contrassegnato da una sigla alfanumerica all'interno della quale le lettere indicano il tipo di giallo e i numeri le diverse condizioni sperimentali (vedi tab. 1).

L'analisi SEM-EDS è stata condotta tramite un sistema JSM 5400 con microsonda EDS-IRS. Per l'analisi XRD è stato impiegato un diffrattometro Philips PW 1830 con tubo a Cu, utilizzando la riga $\text{Cu-K}\alpha$ a 1.5418 keV; le condizioni sperimentali sono state: 40 kV e 30 mA. Per acquisire dati statisticamente validi è stato necessario disperdere il pigmento in acetone e filtrarlo sotto vuoto su filtro in PTFE con diametro dei pori max. 0.45 μm . In tal modo si è evitata l'interferenza di cristalli di composizione stechiometrica adesi e ravvicinati tra loro. L'analisi XRF è stata condotta con un sistema portatile Ital Structures con generatore XTF 5011; tensione 30 kV; corrente 300 μA ; detector X-Ray AMP-TEK XR-100T, tipo Si-PIN. L'analisi DTA è stata eseguita con un modulo Q600 (TA Instruments) per Analisi Termica Simultanea TGA/DSC/DTA con fornace orizzontale a movimento automatico; l'intervallo di temperatura va da quella ambiente a 1500°C (rampa di temperatura in salita da 0.1 a 100°C/min). Le misure di colore sono state realizzate tramite uno spettrofotometro di riflettanza X-Rite secondo i metodi CIEYxy 1931 e CIE Lab 1976, con illuminanti 'C' e 'D65/10°'. I parametri x, y e Y sono stati poi elaborati matematicamente per ottenere la lunghezza d'onda dominante (λ_d) e la purezza del colore

(P%). Allo scopo di caratterizzare le fasi mineralogiche i campioni sono stati osservati con un microscopio polarizzatore Zeiss Axioskop equipaggiato con telecamera digitale AxioCam MR.

Risultati e discussione

Nella Tabella 2 viene riportato l'esame visivo dei pigmenti ottenuti insieme con i valori di λ_d (nm) e P%. Nella tab.3 vengono invece messi a confronto i dati ottenuti dalle analisi SEM-EDS, XRF e XRD. L'analisi XRF è stata eseguita per la possibilità di confronto con i dati generalmente presenti in letteratura; l'individuazione dei gialli di piombo, stagno e antimonio in opere d'arte, infatti, viene spesso effettuata tramite questa tecnica proprio per la sua non invasività e portatilità. Quello che emerge dalla lettura dei risultati è che dalla fusione degli ossidi si ottengono spesso delle miscele di composti; la temperatura ha un ruolo molto importante per la produzione dei gialli artificiali, non solo per quanto riguarda la composizione chimica ma anche relativamente al colore dei pigmenti ottenuti. L'analisi DTA ha evidenziato, nel caso del giallo di piombo e stagno "tipo I" che la temperatura a cui gli ossidi cominciano a reagire è tra 519 e 548 °C, tuttavia la formazione completa del composto Pb_2SnO_4 si ottiene a 800 °C; oltre i 1000 °C si ha soltanto il composto $PbSnO_3$. Anche il rapporto stechiometrico tra i metalli negli ossidi di partenza è un parametro fondamentale, impiegando, infatti, un rapporto in volume anziché in moli, si ottiene una miscela di composti in cui si riscontra anche la presenza degli ossidi non combinati; in questo caso gli spettri di riflettanza presentano un andamento completamente diverso rispetto a quello del composto Pb_2SnO_4 . L'uso di Pb_3O_4 o di PbO porta ad ottenere gli stessi prodotti di reazione. Il giallo di piombo e stagno cosiddetto di "tipo II" si ottiene per temperature superiori a 800 °C con una percentuale in peso di silice del 10%. Per temperature inferiori si forma anche il "tipo I".

Relativamente al giallo di Napoli la situazione è più complessa. In questo caso, infatti, le analisi XRD e SEM-EDS hanno evidenziato la formazione di miscele di antimonati con stechiometrie variabili. L'aggiunta di cloruro di sodio, secondo il trattato di Valerio Mariani da Pesaro, porta probabilmente alla formazione di ossicloruri ancora non ben caratterizzati. La tipologia di crogioli è importante in quanto impiegando la porcellana si crea una sorta di invetriatura gialla difficilmente asportabile dalla superficie del crogiolo. Risultati migliori si ottengono impiegando un supporto di terracotta con interposta della carta da filtro. Gli spettri di riflettanza dei composti preparati con l'aggiunta di NaCl presentano un andamento analogo tra loro ma diverso da quello dei composti ottenuti senza il sale che mo-

Tab. 1 – Condizioni sperimentali per la produzione dei gialli artificiali.

Reagenti	Quantità	%mol (o %w/w)	Condizioni sperimentali	Campione
Pb ₃ O ₄ , SnO ₂	3.0g; 1.0g	Pb:Sn=2:1	t=670 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSA1
Pb ₃ O ₄ , SnO ₂	3.0g; 1.0g	Pb:Sn=2:1	t=800 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSA2
Pb ₃ O ₄ , SnO ₂	3:1 in volume	Pb:Sn=2.6:1	t=670 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSA3
Pb ₃ O ₄ , SnO ₂	3:1 in volume	Pb:Sn=2.6:1	t=800 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSA4
PbO, SnO ₂	3.0g; 1.0g	Pb:Sn=2:1	t=900 °C per 3h in crogiolo di porcellana	PSA5
PbO, SnO ₂	3.0g; 1.0g	Pb:Sn=2:1	t=800 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSA6
PbO, SnO ₂	3.0g; 1.0g	Pb:Sn=2:1	t=670 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSA7
PSA1, SiO ₂	1.0g; 1.0g	SiO ₂ 50% (w/w)	t=800 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSB1
PSA3, SiO ₂	3.0g; 0.3g	SiO ₂ 10% (w/w)	t=900 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSB2
PSA2, SiO ₂	2.0g; 0.2g	SiO ₂ 10% (w/w)	t=800 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSB3
PSA2, SiO ₂	2.0; 0.2g	SiO ₂ 10% (w/w)	t=670 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSB4
PSA2, SiO ₂	0.5g; 0.05g	SiO ₂ 10% (w/w)	t=900 °C per 5h in crogiolo di porcellana	PSB5
Pb ₃ O ₄ , Sb ₂ O ₃	5.94g; 3.79g	Pb:Sb=1:1	t=900 °C per 5h in crogiolo di porcellana	APA1
Pb ₃ O ₄ , Sb ₂ O ₃	5.94g; 3.79g	Pb:Sb=1:1	t=950 °C per 5h in crogiolo di porcellana	APA2
Pb ₃ O ₄ , Sb ₂ O ₃	5.94g; 3.79g	Pb:Sb=1:1	t=900 °C per 5h su mattonella di terracotta con carta da filtro	APA3
PbO, Sb ₂ O ₃ , NaCl	1.42g; 0.85g; 0.57g	Pb:Sb=1:1	t=900 °C per 5h in crogiolo di porcellana	APB1
PbO, Sb ₂ O ₃ , NaCl	1.42g; 0.85g; 0.57g	Pb:Sb=1:1	t=950 °C per 5h in crogiolo di porcellana	APB2
PbO, Sb ₂ O ₃ , NaCl	1.42g; 0.85g; 0.57g	Pb:Sb=1:1	t=1050 °C per 5h in crogiolo di porcellana	APB3
PbO, SnO ₂ , Sb ₂ O ₃	1.78g; 0.60g; 0.58g	Pb:Sn:Sb=2:1:1	t=925 °C per 5h su mattonella di terracotta con carta da filtro. Raffreddato in acqua a 10 °C	APSA1
PbO, SnO ₂ , Sb ₂ O ₃	1.78g; 0.60g; 0.58g	Pb:Sn:Sb=2:1:1	t=925 °C per 5h su mattonella di terracotta con carta da filtro	APSA2

strano una tonalità più “calda”. Infine, il giallo di piombo, stagno e antimonio è stato preparato a 925 °C per 5 ore raffreddandolo in un caso lentamente in muffola fino a temperatura ambiente, nell’altro in acqua a 10 °C: i prodotti ottenuti presentano la stessa composizione e lo stesso spettro di riflettanza.

Tab. 2 – Esame visivo dei pigmenti ottenuti e dati colorimetrici.

Campione	Osservazione dei pigmenti proddotti	λ_d (nm); P%
PSA1	Polvere omogenea di colore giallo caldo	575; 52.5
PSA2	Polvere omogenea di colore giallo chiaro	572; 39.2
PSA3	Polvere di colore arancione	589; 75.4
PSA4	Polvere di colore arancione scuro	589; 73.3
PSA5	Polvere omogenea di colore giallo molto chiaro	572; 22.9
PSA6	Polvere omogenea di colore giallo chiaro	572; 29.7
PSA7	Polvere omogenea di colore giallo chiaro	574; 42.4
PSB1	Polvere omogenea di colore bianco-giallo	574; 24.0
PSB2	Polvere disomogenea con grani di colore giallo limone e arancione	-
PSB3	Polvere fine di colore giallo	577; 62.9
PSB4	Polvere fine di colore giallo chiaro	574; 40.6
PSB5	Polvere omogenea di colore giallo	575; 67.7
APA1	Invetriatura gialla sulle pareti del crogiolo	-
APA2	Grani bruni di grandi dimensioni	582; 61.1
APA3	Polvere di colore giallo caldo	579; 71.1
APB1	Polvere disomogenea con grani gialli e bruni	579; 75.6
APB2	Polvere gialla con alcuni grani bruni	580; 78.6
APB3	Polvere di colore giallo	585; 68.1
APSA1	Polvere di colore giallo caldo	579; 66.2
APSA2	Polvere di colore giallo caldo	578; 57.0

L'analisi SEM-EDS, condotta su microcristalli opportunamente separati, è quella che certamente ha fornito, grazie alla determinazione dei rapporti stechiometrici e non percentuali, i risultati più utili in quanto ha permesso di evidenziare la presenza di più fasi con composizione chimica e stechiometria differenti. Come si può constatare dai dati in Tabella 3, infatti, la misura eseguita su grani differenti dello stesso campione ha fornito rapporti stechiometrici variabili tra gli elementi indicando perciò la presenza di fasi cristalline diverse. Ulteriori analisi tramite SEM-EDS saranno necessarie, nel futuro proseguimento della ricerca, per cercare di comprendere i rapporti microtessiturali fra i diversi composti ottenuti dalle fusioni dei vari ossidi. L'analisi XRF, invece, non fornisce risultati quantitativi in grado di determinare il tipo di giallo ottenuto e la sua precisa stechiometria. L'analisi XRD permette di identificare, sul campione totale, tutti i compo-

Tab. 3 – Risultati delle analisi SEM-EDS, XRF e XRD.

Campione	SEM-EDS* (rapporto stechiometrico)	XRF (cps)	XRD d(Å) con I(100%)	Risultato
PSA1	Pb=0.9; Sn=0.16 Pb=0.35; Sn=0.15	Pb=4176; Sn=173	3.33	Pb ₂ SnO ₄ , e altri composti
PSA2	Pb=0.20; Sn=0.11	Pb=3350; Sn=160	3.34	Pb ₂ SnO ₄
PSA3	Pb=0.31; Sn=0.06	Pb=4042; Sn=111	5.24	Pb ₂ SnO ₄ , e ossidi di piombo
PSA4	Pb=0.35; Sn=0.05	Pb=4096; Sn=87	3.33	Pb ₂ SnO ₄ , e ossidi di piombo
PSA5	Pb=0.30; Sn=0.16	Pb=4010; Sn=181	3.33	Pb ₂ SnO ₄
PSA6	Pb=0.29; Sn=0.18	Pb=4066; Sn=172	3.30	Pb ₂ SnO ₄
PSA7	Pb=0.11; Sn=0.27 Pb=0.17; Sn=0.13 Pb=0.27; Sn=0.18 Pb=0.46; Sn=0.02	Pb=4296; Sn=202	3.30	Pb ₂ SnO ₄ , e ossidi di piombo
PSB1	Pb=0.30; Sn=0.15; Si=0.01	Pb=4178; Sn=135; Si=tracce	4.03	Pb ₂ SnO ₄ e SiO ₂
PSB2	-	Pb=2805; Sn=275; Si=tracce	3.02	miscela di composti
PSB3	Pb=0.23; Sn=0.15; Si=0.15	Pb=4094; Sn=219; Si=tracce	3.10	PbSnO ₃
PSB4	Pb=0.28; Sn=0.17; Si=0.10	Pb=4126; Sn=220; Si=tracce	3.34	Pb ₂ SnO ₄
PSB5	Pb=0.31; Sn=0.10; Si=0.10 Pb=0.15; Sn=0.16; Si=0.19	Pb=3850; Sn=180; Si=tracce	3.08	PbSnO ₃ e Pb ₂ SnO ₄
APA2	Pb=0.29; Sb=0.17 Pb=0.15; Sb=0.36 Pb=0.23; Sb=0.28	Pb=1482; Sb=106	3.04	Pb ₂ Sb ₂ O ₇ e altri composti
APA3	Pb=0.22; Sb=0.23	Pb=3240; Sb=347	3.05	Pb ₂ Sb ₂ O ₇
APB1	Pb=0.17; Sb=0.30	Pb=3286; Sb=627	2.98	Pb ₂ Sb ₂ O ₇ e altri composti
APB2	Pb=0.16; Sb=0.27	Pb=3124; Sb=567	2.98	Pb ₂ Sb ₂ O ₇ e altri composti
APB3	Pb=0.15; Sb=0.25	Pb=3091; Sb=537	2.98	Pb ₂ Sb ₂ O ₇ e altri composti
APSA1	Pb=0.28; Sb=0.09; Sn=0.09	Pb=3668; Sb=202; Sn=170	3.07	Pb ₂ SnSb ₂ O _{6,5}
APSA2	Pb=0.27; Sb=0.10; Sn=0.10	Pb=4183; Sb=247; Sn=209	3.07	Pb ₂ SnSb ₂ O _{6,5}

* In alcuni casi sono riportati i valori misurati in diversi punti del campione.

sti chimici ottenuti con le precise stechiometrie, grazie ad un'attenta lettura dei valori di d(Å) e al confronto con i file *JCPDS*. Infine, l'analisi colorimetrica può essere ritenuta un sistema di misura non invasivo molto utile per individuare la tipologia di giallo anche se non permette chiaramente una caratterizzazione chimica del pigmento.

La ricerca condotta finora relativamente alla produzione dei gialli di piombo, stagno e antimonio ha messo in risalto l'importanza della scelta

dei parametri sperimentali sulla tipologia di prodotto ottenuto dalla fusione. Certamente la temperatura è il parametro più importante poichè determina la stechiometria dei pigmenti che si ottengono e conseguentemente il colore del prodotto finale. Il tempo di fusione non sembra giocare un ruolo fondamentale, l'unica prova eseguita, infatti, con un tempo inferiore alle 5 ore (nel caso del composto PSA5 ottenuto con un tempo di 3 ore) ha portato alla produzione di un pigmento del tutto analogo a quelli ottenuti con un tempo di 5 ore (PSA2 e PSA6).

La tipologia di crogioli non è risultata importante nel caso dei gialli di piombo e stagno e in quello del giallo di piombo, stagno e antimonio mentre invece è fondamentale per la produzione dell'antimoniato di piombo. In questo caso, infatti, il composto ottenuto dalla fusione in crogioli di porcellana resta adeso alle pareti del recipiente formando una sorta di invetriatura difficilmente asportabile, come riscontrato anche da altri autori (Dik *et al.*, 2005). In effetti già Piccolpasso ne *Li tre libri dell'arte del vasaio* suggeriva: “[...]Molti sogliono mettere un poco di feccia, poi stratasi in un piatterello sopra un foglio di carta, e cociasi come si ragionerà.[...]. (Piccolpasso C., 1976). Relativamente alla produzione del giallo a base di antimoniato di piombo restano comunque ancora da comprendere alcuni aspetti legati agli ingredienti da utilizzare e alle temperature di fusione poichè nelle prove eseguite si ottengono sempre delle miscele di composti con stechiometrie variabili e spesso complesse e in alcun caso si è trovata un'esatta corrispondenza soltanto con la formula $Pb_2Sb_2O_7$.

Ringraziamenti

Si ringraziano il prof. Annibale Mottana e il dott. Fabio Bellatreccia del Dipartimento di Geologia dell'Università di Roma 3 per l'aiuto fornito nella lettura e interpretazione degli spettri XRD.

Le analisi XRD sono state eseguite dalla SIRAM s.r.l. e si ringrazia il Dott. Massimo Chicca per il suo aiuto nell'elaborazione dei diffratogrammi.

Il presente lavoro è stato svolto grazie al Fondo per la Ricerca Scientifica di Ateneo anno 2006, Responsabile Claudia Pelosi e a Fondi di ricerca per La Tecnologia dei Materiali del Prof. Ulderico Santamaria.

Bibliografia

Piccolpasso C., 1976, *Li tre libri dell'arte del vasaio* (a cura di Conti G.), Firenze, All'Insegna del Giglio, 260 pp.

- Moretti C., Hrelich S., 1984, *Opacizzazione e colorazione del vetro mediante le anime*, Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro, 1, 17-22 e 2, 83-87.
- Cascales C., Alonso J.A., Rasines I., 1986, *The new pyrochlores $Pb_2(MSb)O_6$, 5 ($M=Ti, Zr, Sn, Hf$)*, Journal of Materials Science Letters, 5, 675-677.
- Wainwright I.N.M., Taylor J. M., Harley R. D., 1986, *Lead Antimonate Yellow*, in "Artists's Pigments", Vol. I, Robert L. Feller (ed.), Washington, 219-254.
- Khun H., 1993, *Lead-Tin yellow*. In "Artists's Pigments", Vol II, Ashok Roy (ed.), Washington, 83-112.
- Clark R.J.H., Cridland L., Kariuki B.M., Harris K.D.M., Withnall R., 1995, *Synthesis, Structural Characterization and Raman Spectroscopy of the Inorganic Pigments Lead Tin Yellow Types I and II and Lead Antimonate Yellow: Their Identification on Medieval Paintings and Manuscripts*, Journal of the Chemical Society-Dalton Transactions, 16, 2577-2582.
- Roy A., Berrie B.H., 1998, *A new lead-based yellow in the seventeenth century*, Preprints 17th International Congress of the IIC on Painting Techniques, History, Materials and Studio Practice, Dublino, 7-11 settembre, 160-165.
- Santamaria U., Moioli P., Seccaroni C., 2000, *Some remarks on lead-tin yellow and Naples yellow*. In "Art et Chimie, le couleur", Atti del convegno, Parigi, 16-18 settembre 1998, CNRS Editions, 34-38.
- Dik J., Hermens E., Peschar R., Schenk H., 2005, *Early production recipes for lead antimonate yellow in Italian art*, Archeometry, 47, 3, 593-607.
- Seccaroni C., 2006, *Giallorino. Storia dei pigmenti gialli di natura sintetica*. De Luca Editore, Roma.
- Pelosi C., Santamaria U., Morresi F., Agresti G., De Santis A., Mattei E., 2007, *I gialli di piombo stagno e antimonio: le opere di Poussin e Saraceni*, IV Congresso Internazionale di Archeometria, Pisa 1-3 febbraio 2006, Pàtron Editore, Padova, 81-94.