

## ANALISI PER FLUORESCENZA X

*Pietro Moioli, Raffaele Scafè, Claudio Seccaroni*

### *Introduzione*

Lo studio mediante analisi di fluorescenza X (XRF) delle Storie della Passione e della Cena in Emmaus si inserisce in una ricerca sistematica avviata da tempo in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici di Firenze, Pistoia e Prato, su molte delle opere del Pontormo presenti nelle gallerie fiorentine. In questa sede è stato possibile inoltre effettuare una ricognizione sui materiali pittorici impiegati dall'autore nella realizzazione dei dipinti murali.

Il carattere non distruttivo della tecnica ha reso possibile un elevato campionamento, con il quale si è cercato di indagare tutte le situazioni cromatiche presenti su ciascun dipinto, dipendentemente dalle condizioni conservative delle singole opere e dalla possibilità di puntamento strumentazione.

Sulla Cena in Emmaus speciale cura è stata posta nello studio della parte superiore del dipinto; radiografie eseguite durante la campagna di analisi hanno mostrato infatti la presenza del simbolo trinitario con tre volti sottostante quello del triangolo con un occhio.

Nell'interpretazione dei risultati relativi ai dipinti murali della Certosa del Galluzzo si devono tenere sempre presenti le particolari condizioni conservative delle opere, che hanno subito un trasporto negli anni '50; in molte zone è infatti possibile riscontrare, mediante semplice osservazione visiva, che il materiale superstito costituisce una piccola frazione della pellicola pittorica originale, condizionandone così la risposta alle analisi. Nella scelta dei punti si è cercato di individuare le zone più integre evitando inoltre, per quanto possibile, quelle interessate da ritocchi; quando si è riscontrata la presenza di pigmenti moderni si è cercato di ripetere la misura in zone adiacenti. I risultati ottenuti sono influenzati anche dal materiale di apporto relativo al trasferimento della pellicola pittorica originale sull'attuale supporto; il contributo degli strati più interni è essenzialmente legato a tutti quegli elementi, quali calcio, ferro, stronzio e bario, determinati nella quasi totalità delle misure. Per tali elementi infatti la risposta costituisce la somma di due contributi: quello pertinente alla materia pittorica originale e quello pertinente agli strati sottostanti.

### *Tecnica di misura*

La tecnica della XRF consente di individuare in modo non distruttivo gli elementi chimici presenti nel punto osservato, dai quali si può risalire al pigmento o i pigmenti utilizzati. Una forte limitazione della tecnica deriva dall'impossibilità di rivelare elementi con numero atomico inferiore a 19 (potassio); è quindi impossibile, ad esempio, determinare per via diretta l'impiego di indaco, lapislazzuli, neri di origine organica, ecc., la cui presenza deve essere ipotizzata, in base alla tonalità di colore, dell'assenza di altri pigmenti.

La penetrazione dei raggi X di eccitazione e soprattutto di quelli di fluorescenza è generalmente molto bassa e dipende dalla loro energia e dalla composizione del mezzo

(effetto matrice); nel caso dei dipinti tuttavia lo spessore interessato investe tutto lo strato pittorico, comprensivo della preparazione e del supporto.

Per l'esecuzione delle misure è stato utilizzato un generatore di raggi X in due diverse condizioni di lavoro: a) 60 kV, 4.0 mA; b) 20 kV, 7.0 mA. La seconda condizione è stata adottata per evidenziare gli elementi che emettono raggi X di energia più bassa. Le concentrazioni minime rivelabili dei diversi elementi decrescono con l'aumentare dell'energia della riga di fluorescenza X caratteristica, legata, a sua volta, al numero atomico Z. Con apposite calibrazioni si è verificato che l'ordine di grandezza delle concentrazioni minime rivelabili, nelle condizioni di misura adottate, vanno da 1000 ppm per il calcio a 1 ppm per il bario.

Nella tabella 1 sono riepilogati, per ciascun dipinto, il numero dei punti indagati distinti in funzione del colore.

### *Pontormo: Storie della Passione*

Il dato più importante che emerge dall'esame dei risultati è che tutta la gamma cromatica è stata realizzata, almeno per la parte che è sopravvissuta, utilizzando esclusivamente pigmenti a base di ferro (terre, ocra), bianco San Giovanni e azzurro di smalto; questo ultimo pigmento è presente negli azzurri e nei celesti. Tutti gli elementi determinati sono infatti riconducibili a pigmenti a base di ferro, alla calce o a impurezze dei materiali costituenti il supporto, oltre che ad alcuni pigmenti di natura moderna impiegati nei ritocchi.

Il ferro è stato determinato in tutti i punti di misura, in quantità molto differenti; la sua presenza risulta trascurabile, o comunque meno consistente, nelle tonalità chiare mentre i valori massimi sono stati registrati di preferenza in alcune tonalità violacee o bruno-violacee. Si deve però tener conto dello stato di conservazione dei dipinti nei quali la percentuale di colore originale sopravvissuto risulta altamente variabile da zona a zona. L'estrema variabilità dei contenuti di ferro pertanto dipende principalmente dallo spessore degli strati cromatici piuttosto che dalla concentrazione di questo elemento in una determinata terra usata come pigmento.

L'impiego di azzurro di smalto è denunciato oltre che dal cobalto anche dalle impurezze di nichel, arsenico e bismuto, legate ai minerali da cui era ricavata la zaffera, materiale ricco di cobalto utilizzato per la produzione di vetro azzurro.

Impurezze di stronzio e bario devono essere ricollegate alla presenza di calcio cui frequentemente tali elementi sono associati; risulta però impossibile discernere se il contributo di questi due elementi sia legato agli strati pittorici o a quelli più interni dovuti al trasporto.

In un giallo sul pannello della Resurrezione è stato determinato il cromo, riconducibile ad un pigmento moderno, probabilmente il verde di cromo, costituito dall'ossido ( $Cr_2=3$ ), dovendosi infatti scartare l'ipotesi che il pigmento sia il giallo di cromo, costituito da cromato di piombo ( $PbCrO_4$ ), poiché in questo caso si sarebbe dovuta individuare anche la presenza di piombo.

*Pontormo: Cena in Emmaus*

Calcio, ferro, piombo e impurezze di bario sono stati determinati sistematicamente su tutti i punti indagati; pertanto essi intervengono, oltre che negli strati cromatici superficiali, anche negli strati preparatori del dipinto. La presenza di piombo, riscontrata anche nelle tonalità più scure, è riconducibile al contributo di un'imprimatura contenente biacca. Al ferro, legato a pigmenti quali le terre o le ocra, sono ricollegabili il calcio e le impurezze di bario; occorre però considerare che il contributo di questi due elementi può essere anche dovuto al materiale di rifodero della tela. L'ultimo elemento in particolare, per il quale, come abbiamo visto la sensibilità della tecnica è molto elevata, si presenta infatti in quantitativi molto contenuti.

Gli azzurri e i verdi sono realizzati con pigmenti a base di rame; valori particolarmente contenuti di questo elemento sono stati determinati in alcuni altri punti di misura, senza tuttavia particolari correlazioni con il colore e con gli altri elementi individuati.

I rossi di tonalità accesa sono ottenuti con cinabro, individuabile attraverso il mercurio, che è presente in concentrazioni più modeste nell'arancio, nel marrone scuro, nel bruno dei capelli, nelle tonalità rossastre degli incarnati e, al limite della rivelabilità, in tutti gli altri incarnati.

Il giallo di piombo e stagno caratterizza la veste del discepolo sulla destra; il cangiamento dal giallo al rosso è segnato dal predominare di questo pigmento o del cinabro. Quantitativi minori di giallo di piombo e stagno sono presenti anche in alcuni bruni, quali ad esempio quello dei capelli del discepolo di destra e quello del pane più chiaro sulla mensa.

L'uso di terre ed ocra è stato riscontrato, attraverso contenuti elevati di ferro, nei bruni, in alcuni degli incarnati in ombra, nei gialli e all'interno del triangolo; in questo ultimo caso però i valori di ferro devono probabilmente essere ricondotti al contributo del fondo bruno sottostante la stesura del simbolo trinitario.

La terra d'ombra è stata impiegata in alcune tonalità scure, come denotano piccole quantità di manganese associate a valori sensibilmente più elevati di ferro.

Le quantità molto modeste di antimONIO riscontrate in alcune zone, sono probabilmente riconducibili a ritocchi o velature di restauro; solo nel manto verde del personaggio sulla sinistra esse potrebbero costituire delle impurezze di alcuni dei pigmenti impiegati; in passato è stato infatti riscontrato che esse tendono a manifestarsi associate a pigmenti verdi a base di rame.

Colori indagati.

	azzurro	celeste	verde	giallo	rosso	arancio	marrone	incarnato	viola	grigio	bianco	nero
Orazione dell'orto		2	1	2	1	2		1	1			
Cristo davanti a Pilato			1						2	1	1	
Andata al Calvario	1	2	2	1	1		1	1	1	1	1	
Deposizione			5	1		1		2		1	1	
Resurrezione		3	3	3	2		1	4		1	1	
Cena in Emmaus	4	1	3	9	2	1	5	6		5	1	4

## ENGLISH SUMMARY

### *Flourescent Testing and X-rays*

Flourescent testing is a non-destructive method for identifying pigments. ENEA has conducted this test on a large sample of important 16<sup>th</sup>-century paintings. The works of art painted by Pontormo for the Carthusian monastery in Galluzzo, including his *Supper at Emmaus* now in the Uffizi, have all been examined using this method.

The fact that the frescoes had already been detached, given new supports and retouched in the 1950's made it more difficult to analyze their pigments. The results have, in any case, demonstrated that Pontormo only used the mineral-based pigments usually associated with the fresco technique, even in the areas which were painted *a secco* on already essentially dry plaster.

On the canvas representing the *Supper at Emmaus*, Pontormo used traditional copper-based pigments for the blues, iron-based colors for the earth tones and the ochres, lead- and tin-based pigments for the yellows, and cinnabar for the reds.

The X-ray made of the upper part of Pontormo's painting has revealed the presence of a pre-existing Trinity symbol, a head with three faces, only later covered by the present triangle enclosing the eye.