

Valutazione della stabilità degli acquerelli nel restauro attraverso misure di colore

CLAUDIA PELOSI

DIPARTIMENTO DISCOVABESA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA
Largo dell'Università – 01100 Viterbo, Tel. 0761 357684, Fax: 0761 357017
pelosi@unitus.it

MAURIZIO MARABELLI

FRANCESCA PATRIZI

FLORIANA ORTENZI

FLAVIO GIURLANDA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA

CLAUDIO FALCUCCI

M.I.D.A – METODOLOGIE D'INDAGINE PER LA DIAGNOSTICA ARTISTICA
Via Leccosa 15/16 – 00186 Roma, Tel. 06 68803992
info@midaonline.com

1. Introduzione

Gli acquerelli costituiscono una classe di materiali oggi ampiamente utilizzati nel restauro, in particolare nella fase di reintegrazione pittorica grazie alla loro reversibilità che si mantiene nel tempo e solubilità in acqua o in medium acquosi, essendo il legante dell'acquerello costituito da gomma arabica [1-3]. Gli acquerelli reperibili in commercio sono dei preparati costituiti da diversi componenti che le ditte produttrici forniscono solo in termini generali, soprattutto per la tutela dei brevetti. L'applicazione degli acquerelli riguarda varie tipologie pittoriche: dipinti su tela e tavola, su carta e pergamena, su muro. Tuttavia il problema maggiore si pone quando vengono applicati in situazioni particolarmente avverse, ad esempio quando si interviene sui dipinti murali, con condizioni ambientali al contorno difficilmente controllabili [4]. In sostanza sono due i fattori di rischio: l'umidità di condensa capillare, che può determinare la "macchiatura" delle campiture con colori ad acquerello; le condizioni di illuminazione, che possono concentrare fasci di luce di intensità e qualità impropria sui colori stessi [5]. I colori ad acquerello, pur essendo da anni utilizzati ampiamente nella reintegrazione pittorica, non sono stati molto studiati da un punto di vista della loro stabilità nel tempo e soprattutto nei confronti dell'UR parametro che, data la solubilità del legante dell'acquerello in acqua, potrebbe risultare determinante per il loro impiego [6-8].

Partendo da queste basi si è scelto di analizzare gli acquerelli che costituiscono la tavolozza del restauratore e che comprende generalmente una dozzina di colori tra i quali sono stati selezionati otto tra i più utilizzati: terra d'ombra naturale (Ton),

terra d'ombra bruciata (Tob), terra di Siena naturale (TSn), rosso veneziano (RV), giallo di cadmio (GC), nero d'avorio (Na), verde ossido di cromo (VOC), blu oltremare (BO). Tra i materiali disponibili in commercio sono stati scelti quelli delle Ditte che garantiscono prodotti di alta qualità, impiegati normalmente dai restauratori. In particolare sono stati scelti gli acquerelli delle ditte Maimeri (la serie Blu), Winsor & Newton (serie Artists' Water Color) e Talens (serie Rembrandt). In questa ricerca sono stati utilizzati sia colori in tubetto che in godet, a seconda delle disponibilità commerciali (la Talens e la Winsor & Newton hanno fornito solo godet, la Maimeri anche colori in tubetto). Insieme con i colori le ditte hanno fornito, su richiesta, le schede tecniche dei materiali che però sono risultate incomplete e in certi casi inesatte. Per esempio, la stabilità e la permanenza sono indicate in maniera chiara solo per gli acquerelli della Winsor & Newton in base alla seguente scala: AA, estremamente permanente; A, permanente; B, moderatamente permanente; C, poco durabile. Per la Winsor & Newton e la Maimeri è indicata anche la resistenza alla luce secondo lo standard ASTM D-4236. La Talens indica, solo sul sito internet, alcuni test che vengono eseguiti sugli acquerelli, tra cui specifica quello di stabilità alla luce secondo l'ASTM.

2. Materiali e metodi

Gli acquerelli studiati sono stati indicati con delle sigle che evidenziano il nome del pigmento e della ditta (M per Maimeri, T per Talens, WN per Winsor & Newton). Lo studio preliminare degli acquerelli tal quali è stato eseguito tramite: spettrofotometria di riflettanza impiegando uno spettrocolorimetro X-Rite modello CA22 con illuminante D65/10° in base al metodo CIE1976, step di campionamento 10 nm; spettrometria FT-IR (Fourier Transform Infrared) tramite uno spettrofotometro Nicolet Avatar 360 con detector DTGS e μ -FT-IR con microscopio IR Centaurus con detector MCT; XRF (X-Ray Fluorescence), tramite uno spettrometro con tubo radiogeno (5-50 kV) e rivelatore Si-PIN (risoluzione 155 eV a 5.9 keV).

Gli acquerelli sono stati poi applicati su diversi supporti: carta, pergamena, intonaco a base di calce e sabbia, tela e tavola in pioppo sulle quali è stata applicata una preparazione a base di gesso e colla animale. Tutti i provini sono stati sottoposti a due cicli di invecchiamento in una camera SolarBox 1500E della Erichsen nelle seguenti condizioni, I ciclo: 1500 ore a $t=55^{\circ}\text{C}$, irraggiamento 550 W/m^2 , filtro UV a 280 nm; II ciclo: 500 ore a $t=65^{\circ}\text{C}$, irraggiamento 650 W/m^2 e filtro UV a 280 nm. Sono stati preparati anche due provini su intonaco di calce e sabbia, con stesure di sola gomma arabica, in particolare: una stesura spessa (GA1) e una sottile (GA2); una parte del provino è stata lasciata con il solo intonaco a vista (INT). La soluzione di gomma arabica è stata preparata al 25% (m/v) in acqua. I provini su intonaco, uno con la sola gomma arabica e uno con gli acquerelli, sono stati esposti per tre mesi al 92% di umidità relativa in un ambiente chiuso. I valori dell'UR% e della temperatura della camera sono stati registrati con un datalogger Testo 175-H2. Il trattamento in condizioni di UR pari al 92% è stato

eseguito solo nel caso dei provini su intonaco, poiché sono i dipinti murali a trovarsi più frequentemente in ambienti con valori di umidità relativa così elevati. L'altro provino con la gomma arabica è stato sottoposto ai cicli sopra descritti in SolarBox.

Per valutare le trasformazioni cromatiche degli acquerelli, sono state eseguite misure di colore nella fase iniziale e ai vari stadi di invecchiamento. I dati vengono riportati come variazione dei parametri L^* , a^* , b^* e come ΔE , in base alla NorMaL 43/93 [9]. La scelta di considerare il colore come parametro di valutazione della stabilità degli acquerelli deriva dal fatto che questa grandezza è facilmente misurabile e controllabile nel tempo in casi di applicazione reale di questi materiali nelle reintegrazioni pittoriche. Tutti i provini sono stati fotografati, nelle stesse condizioni di ripresa, prima e dopo i diversi cicli di invecchiamento.

3. Risultati e discussione

L'analisi XRF è stata eseguita sugli acquerelli puri, i risultati sono riportati in Tabella 1.

Tab. 1 – Risultati dell'analisi XRF sugli acquerelli puri espressi come ratei di conteggio (cps) dei vari elementi determinati.

Campione	Ca	Cr	Mn	Fe	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Cd	Ba	Pb
TobWN			527	7963					109	115			35
TobT	71		344	1676					244			54	
TobM			865	5045					131				
TonWN			123	6633					112			599	
TonT	115		556	1978					54				
TonM			439	2719					226				
TSnWN	195			923	42								
TSnT				1567					40	177			
TSnM				7793		204				67			
RVWN				9266									
RVT				3829					98				
RVM				8640									
BOWN				35				83	63	92			45
BOT								53	76	83			
BOM				59									
GCWN					423		133		68		53173		
GCT					1004		49				54059		
GCM					2453						49474		
NaWN	121			43					61				
NaT									698				
NaM	164			54					127				
VOCWN		4691											
VOCT		1046			78				63				
VOCM		2058											

Dalla lettura dei valori ottenuti con fluorescenza X si evidenziano alcuni dati interessanti circa gli elementi presenti nei campioni esaminati: innanzitutto la

presenza anomala di arsenico nel campione TSnM. Nei campioni di terra di Siena naturale Talens e Winsor & Newton, inoltre, si riscontrano bassi contenuti di ferro rispetto a quello Maimeri. Bassi risultano anche i contenuti di manganese nei campioni Ton, soprattutto quello della Winsor & Newton. Per quanto riguarda i campioni Tob solo quello della ditta Maimeri mostra un contenuto abbastanza elevato di manganese mentre il campione della Winsor & Newton presenta anche tracce di piombo e zirconio. Quest'ultimo elemento è presente, inoltre, anche in altri campioni, come evidenziato in tabella. Solo nel campione VOC della Talens si riscontra la presenza, oltre chiaramente al cromo, di zinco e stronzio, quest'ultimo potrebbe costituire un'impurezza del gesso che è stato evidenziato anche dalla spettrometria FTIR. Questa tecnica ha messo in evidenza, infatti, la presenza, oltre alla parte organica, di alcuni composti inorganici in particolare gesso e carbonato di calcio. Il gesso è stato riscontrato nei campioni GCWN, TSnT, RVT, VOCT (picchi principali nelle regioni dei $2200-2100\text{ cm}^{-1}$, $1620-1680\text{ cm}^{-1}$ e 1100 cm^{-1}); il carbonato di calcio nei campioni BOT, TonT, TSnT, TSnWN, in quest'ultimo più abbondante (picchi principali a 2513 , 1795 , 1427 , 876 e 712 cm^{-1}).

Le misure di colore sono state eseguite sia allo scopo di confrontare tra loro gli stessi acquerelli delle tre ditte sia per valutare le variazioni in seguito ai processi di invecchiamento. Nella Figura 1 viene riportato il diagramma di cromaticità a^*b^* per i 24 acquerelli esaminati.

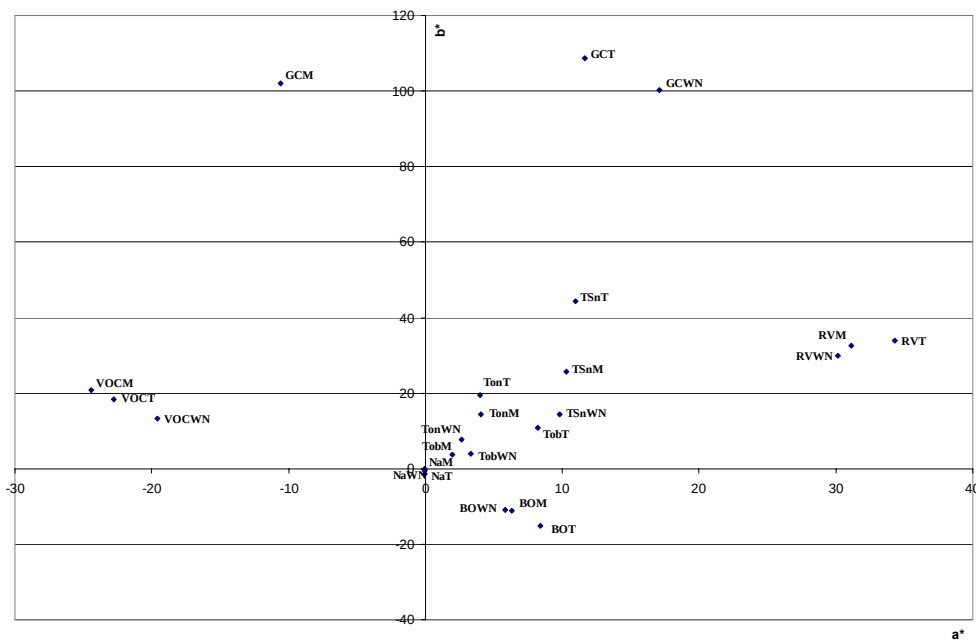


Fig. 2 Diagramma colorimetrico a^*b^* per gli acquerelli puri.

In quasi tutti i casi gli stessi colori delle tre ditte si collocano in punti abbastanza vicini del diagramma, tranne il campione giallo di cromo della Maimeri per il quale i valori di a^* sono addirittura negativi ($a^*=-10.6$), mentre per i campioni GCWN e GCT il parametro a^* presenta valori positivi ($a^*_{GCT}=11.7$; $a^*_{GCWN}=17.1$). In effetti, il giallo di cromo della Maimeri visivamente presenta una tonalità “fredda” mentre i gialli di cromo della Winsor & Newton e della Talens, mostrano una tonalità “calda”. Differenze marcate si riscontrano anche nel caso del campione TSnT rispetto ai medesimi colori delle altre due ditte, soprattutto rispetto al campione TSnWN. In questo caso la variazione maggiore si ha per la coordinata b^* ($b^*_{TSnT}=44.4$; $b^*_{TSnWN}=14.4$). In generale, è possibile affermare che le maggiori differenze cromatiche, come è logico aspettarsi, si hanno per i campioni costituiti da terre, che tra i pigmenti sono quelle che presentano una maggiore variabilità compositiva.

Nelle Tabelle 2-5 che seguono vengono riportati i valori delle variazioni dei parametri L^* , a^* , b^* e il ΔE calcolati in seguito ai trattamenti dei provini in camera di invecchiamento SolarBox e in ambiente ad umidità relativa pari al 92%.

Tab. 2 – Variazioni delle coordinate cromatiche dei colori ad acquerello, stesi su tela e tavola, in seguito a trattamento in SolarBox.

Campione	PROVINO SU TELA				PROVINO SU TAVOLA			
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
TobWN	-1.74	0.22	0.04	1.75	0.74	2.17	4.91	5.42
TobT	3.01	-0.23	0.50	3.06	1.78	1.92	3.45	4.33
TobM	-0.16	-1.31	-0.47	1.40	0.46	1.91	2.29	3.02
TonWN	-0.71	0.32	-0.86	1.16	0.95	0.35	0.86	1.33
TonT	9.74	-0.67	-2.86	10.2	4.88	1.41	2.97	5.88
TonM	20.9	2.13	3.27	21.2	17.5	2.12	0.10	17.6
TSnWN	-3.00	2.16	-2.11	5.00	-0.36	-0.31	-1.24	1.33
TSnT	2.03	-2.39	-5.55	6.37	2.27	-2.16	-5.39	6.23
TSnM	1.42	-1.45	-0.05	2.03	1.73	-1.96	-2.78	3.82
RVWN	0.81	-0.62	-0.80	1.30	0.96	-0.68	-0.83	1.44
RVT	0.93	-0.96	-1.44	1.96	2.19	0.30	-0.76	2.34
RVM	3.02	-6.12	-8.91	11.2	1.95	-4.59	-6.75	8.39
BOWN	2.36	-0.84	3.65	4.43	-3.58	5.49	-4.15	7.76
BOT	4.49	-1.14	3.47	5.79	4.81	-0.83	2.52	5.49
BOM	5.99	-8.81	3.88	11.3	9.15	-11.5	1.96	14.9
GCWN	-0.68	1.74	-0.96	2.10	-0.64	-0.09	-1.13	1.30
GCT	-0.17	-1.38	-0.85	1.63	-1.22	-0.56	-4.61	4.80
GCM	-0.68	0.32	-3.35	3.43	-0.38	0.31	-4.15	4.18
NaWN	2.52	0.08	-0.03	2.52	0.66	0.00	0.16	0.68
NaT	2.20	-0.22	-2.06	3.02	2.10	-0.28	-1.92	2.86
NaM	3.28	-0.22	-1.28	3.53	-1.58	-0.31	-1.55	2.23
VOCWN	2.16	-1.11	1.63	2.92	1.78	-1.05	1.60	2.61
VOCT	0.86	1.50	-1.51	2.30	0.37	1.27	-1.61	2.08
VOCM	1.65	1.66	-1.95	3.05	2.41	2.12	-2.49	4.06

Tab. 3 – Variazioni delle coordinate cromatiche dei colori ad acquerello, stesi su carta e pergamena, in seguito a trattamento in SolarBox.

Campione	PROVINO SU CARTA				PROVINO SU PERGAMENA			
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
TobWN	2.12	1.54	3.71	4.54	0.01	2.21	4.05	4.61
TobT	4.06	2.00	3.47	5.70	-2.57	0.26	-3.90	4.68
TobM	-0.78	-0.51	-1.31	1.61	1.68	2.74	2.49	4.07
TonWN	1.44	0.50	1.61	2.22	0.85	-1.69	-1.26	2.27
TonT	1.36	-0.05	0.99	1.68	6.09	2.89	4.63	8.18
TonM	1.36	4.41	6.89	15.8	18.0	0.66	2.36	18.2
TSnWN	-2.22	-1.25	-4.58	5.24	2.58	-0.19	2.27	3.44
TSnT	-0.50	-0.42	-1.28	1.44	4.19	-1.29	-0.02	4.38
TSnM	0.85	-0.80	0.35	1.22	2.26	1.25	6.44	6.94
RVWN	-0.35	0.15	-0.29	0.48	0.65	-0.36	-0.83	1.11
RVT	1.67	1.62	1.48	2.76	2.54	0.22	0.04	2.55
RVM	0.50	-2.71	-3.69	4.61	-0.07	-1.30	-2.54	2.85
BOWN	-0.89	1.62	-0.74	1.99	1.94	6.94	-8.32	11.0
BOT	-0.02	1.38	-0.66	1.53	2.77	6.59	-9.35	11.8
BOM	5.00	-7.68	5.03	10.5	9.17	-0.60	-8.87	12.8
GCWN	-0.09	-1.91	-1.47	2.41	5.04	-2.37	4.65	7.26
GCT	0.02	-1.37	-6.08	6.23	4.40	-1.16	6.48	7.92
GCM	-0.95	1.01	-3.10	3.40	4.79	-2.87	4.66	7.27
NaWN	-0.06	0.03	0.16	0.17	-0.09	0.12	0.24	0.28
NaT	1.58	-0.08	-0.66	1.71	1.20	0.04	0.06	1.20
NaM	-0.47	-0.08	-0.49	0.68	0.40	0.16	0.48	0.64
VOCWN	0.57	-0.75	0.73	1.19	0.41	-0.49	0.68	0.93
VOCT	0.35	0.48	0.02	0.59	0.69	-0.25	0.46	0.87
VOCM	-0.04	0.72	-0.71	1.01	0.10	0.39	-0.33	0.52

Tab. 4 – Variazioni delle coordinate cromatiche dei colori ad acquerello, stesi su intonaco di calce e sabbia, in seguito a trattamento in SolarBox e ad UR=92%.

Campione	SOLARBOX				UR 92%			
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
TobWN	-0.13	-0.25	-0.34	0.44	2.16	0.46	1.55	2.70
TobT	-2.29	-1.24	-1.64	3.08	2.85	0.33	1.77	3.37
TobM	0.81	0.29	1.12	1.41	31.8	3.75	10.6	33.8
TonWN	0.42	-0.23	-0.57	0.74	0.93	0.85	1.39	1.87
TonT	5.17	1.61	3.34	6.36	0.54	-0.09	-0.21	0.60
TonM	15.7	2.12	2.56	16.1	17.4	-0.74	3.77	17.8
TSnWN	-1.30	-0.97	-1.90	2.50	-0.69	0.53	1.98	2.17
TSnT	1.99	-2.26	-3.38	4.53	0.44	-0.02	0.62	0.76
TSnM	0.49	-0.82	0.09	0.96	1.10	0.54	0.52	1.33
RVWN	0.87	0.19	0.04	0.89	-0.49	-0.34	0.18	0.62
RVT	0.34	-0.58	-1.15	1.33	3.35	-2.36	-2.63	4.87
RVM	-0.19	2.87	2.89	4.08	0.49	-0.08	-0.24	0.55
BOWN	2.49	-1.62	-0.41	3.00	-0.97	0.98	0.38	1.43
BOT	1.62	-0.62	2.30	2.88	2.84	-1.14	0.68	3.13
BOM	3.02	-5.60	4.03	7.53	0.12	-0.45	0.84	0.97

Segue Tab. 4

	SOLARBOX				UR 92%			
Campione	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
GCWN	-0.27	-0.36	6.75	6.76	0.38	-0.58	-0.34	0.77
GCT	-1.48	-0.57	-4.00	4.30	-0.17	-0.07	-1.73	1.74
GCM	-0.65	-0.52	-5.87	5.93	-0.19	-0.30	-1.87	1.90
NaWN	28.4	0.04	2.13	28.5	0.98	-0.10	-0.22	1.01
NaT	1.54	-0.12	-1.06	1.87	0.40	0.02	-0.04	0.74
NaM	1.78	-0.04	0.23	1.80	0.68	-0.09	-0.42	0.80
VOCWN	0.80	-0.91	1.14	1.66	-0.90	0.12	-0.36	0.97
VOCT	0.60	2.43	-2.56	3.58	-0.85	0.41	-0.60	1.12
VOCM	1.50	-0.10	-0.18	1.51	-0.31	-0.24	0.08	0.40

Tab. 5 – Variazioni delle coordinate cromatiche delle stesure di gomma arabica su intonaco di calce e sabbia, in seguito a trattamento in SolarBox e ad UR=92%.

	SOLARBOX				UR 92%			
Campione	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
GA1	0.30	-0.64	1.74	1.88	-1.14	0.25	0.12	1.17
GA2	1.31	-0.36	-1.46	2.00	-1.10	0.08	0.31	1.15
INT	-0.005	0.005	-0.28	0.28	0.11	-0.001	-0.32	0.33

Dalla lettura delle tabelle è possibile innanzitutto evidenziare alcune variazioni dei dati colorimetrici particolarmente elevate, soprattutto relativamente al parametro L^* : è il caso del campione TonM su tela ($\Delta L^*=20.9$, $\Delta E=21.2$), su tavola ($\Delta L^*=17.5$; $\Delta E=17.6$), su carta ($\Delta L^*=13.6$, $\Delta E=15.8$), su pergamena ($\Delta L^*=18.0$, $\Delta E=18.2$) e su intonaco, sia in SolarBox ($\Delta L^*=15.7$, $\Delta E=16.1$) che ad UR=92% ($\Delta L^*=17.4$, $\Delta E=17.8$); BOM su tavola ($\Delta L^*=9.15$; $\Delta E=14.9$); NaWN su intonaco ($\Delta L^*=28.4$; $\Delta E=28.5$). Nel caso del campione NaWN il dato molto elevato è dovuto al fatto che l'acquerello si è parzialmente distaccato dal supporto in seguito al trattamento, pertanto la misura finale è stata influenzata dal fondo bianco dell'intonaco. Il giallo di cadmio su intonaco trattato in SolarBox mostra variazioni consistenti ($\Delta E_{GCWN}=6.76$, $\Delta E_{GCT}=4.30$, $\Delta E_{GCM}=5.93$) dovute alla variazione principalmente del parametro b^* ($\Delta b^*_{GCWN}=6.75$, $\Delta b^*_{GCT}=-4.00$, $\Delta b^*_{GCM}=-5.87$). Questo stesso comportamento si osserva anche su gli altri supporti, in particolare: su carta soprattutto per i campioni GCT e GCM; su pergamena, in questo caso anche il parametro L^* e, in minor misura a^* , subiscono variazioni consistenti; su tavola, solo per i campioni GCT e GCM; su tela, infine, le variazioni sono più contenute ($\Delta E_{GCM}=3.43$, $\Delta E_{GCT}=1.63$, $\Delta E_{GCWN}=2.10$).

Come considerazione generale, osservando i valori dei Δ , è possibile affermare che senza dubbio le maggiori variazioni sono a carico delle terre e del blu oltremare in tutti i provini trattati. Sempre come dato generale, occorre sottolineare che i campioni della Winsor & Newton su intonaco, mostrano piccole variazioni cromatiche rispetto agli stessi colori delle altre due ditte, a parte i casi del giallo di cadmio e del nero d'avorio.

Gli acquerelli più stabili, in generale, sono i verdi a base di ossido di cromo, il rosso veneziano (a parte i campioni della Maimeri che presentano variazioni anche piuttosto elevate, come nel caso del campione RVM su tavola per il quale $\Delta a^* = -4.59$, $\Delta b^* = -6.75$ e $\Delta E = 8.39$), il nero d'avorio, con l'eccezione sopra descritta del campione NaWN su intonaco. I provini con la sola gomma arabica mostrano una sostanziale stabilità al trattamento sia in SolarBox che ad UR 92% (Tabella 5). Questo dato è molto interessante perché indica che il legante dell'acquerello è abbastanza stabile e che le variazioni cromatiche dei provini sono da imputare alla miscela finale che viene messa in commercio e quindi può dipendere dalla particolare combinazione pigmento-legante-additivi o anche dagli additivi che tra l'altro non sono assolutamente specificati dalle ditte.

Conclusioni

Lo studio condotto sugli acquerelli attraverso misure di colore di stesure pittoriche prima e dopo diversi cicli di invecchiamento artificiale, ha messo in evidenza alcuni aspetti interessanti circa questi materiali che vengono ampiamente utilizzati nelle reintegrazioni pittoriche su vari tipi di supporti tra cui in modo predominante i dipinti su muro. I risultati ottenuti mostrano che i colori ad acquerello meno stabili sono le terre e il blu oltremare; questo dato non è molto incoraggiante poiché per le reintegrazioni, soprattutto in pittura murale, le ocre e le terre sono i pigmenti più utilizzati. Occorreranno certamente ulteriori sperimentazioni per verificare la stabilità, anche di altri colori ad acquerello e, soprattutto, per individuare materiali più duraturi per l'impiego nei dipinti murali. In altre tecniche pittoriche, infatti, la reintegrazione viene solitamente effettuata in modo prevalente con colori a vernice (a base di resina mastice o chetonica) che presentano certamente una maggiore stabilità ma, per la loro lucentezza, non possono essere impiegati sui dipinti murali [10]. Lo studio del comportamento nel tempo dei prodotti commerciali impiegati nel restauro è molto importante nel settore della conservazione e dovrebbe costituire una prassi che però a tutt'oggi non è certamente consolidata. Inoltre, accanto al controllo della stabilità dei materiali, dovrebbe porsi l'operazione di monitoraggio nel tempo degli stessi una volta applicati sui manufatti da restaurare, ma anche questa operazione, sicuramente non semplice, è tutt'altro che una prassi consolidata.

Bibliografia

1. F. Ortenzi, "Gli acquerelli nel restauro. Valutazione della stabilità nei confronti dell'invecchiamento artificiale di alcuni materiali scelti (rosso veneziano, verde ossido di cromo, nero d'avorio, terra d'ombra naturale)", Tesi di laurea, Università degli Studi della Tuscia, relatore C. Pelosi. 2005.

2. F. Patrizi, "Gli acquerelli nel restauro. Verifica della loro stabilità attraverso l'invecchiamento artificiale e le tecniche spettroscopiche", Tesi di laurea, Università degli Studi della Tuscia, relatore C. Pelosi, 2005.
3. C. Falcucci, M. Marabelli, C. Pelosi, "Il controllo degli acquerelli nel restauro mediante controlli non distruttivi". Atti del XX Congresso Nazionale di Chimica Analitica, S. Martino al Cimino (VT), 16-20 settembre 2007.
4. F. Giurlanda, "Caratteristiche chimico-fisiche dei colori ad acquerello per restauro", Tesi di laurea, Università degli Studi della Tuscia, relatore M. Marabelli, 2006.
5. C. Pelosi, M. Marabelli, C. Falcucci, F. Giurlanda, F. Ortenzi, F. Patrizi, "Problematiche conservative degli acquerelli nel restauro", *Archeomatica*, in corso di stampa.
6. B. Calède, "Stabilité des couleurs utilisées en restauration, pigments bleus". Comité pour la conservation de l'ICOM 4^{ème} Reunion Triennale, Venise, 1975.
7. E.R. de la Rie, S.Q. Lomax, M. Palmer, L. Deming Glinsman, C.A. Mes, "An investigation of the photochemical stability of urea-aldehyde resin retouching paints: removability tests and colour spectroscopy", *Tradition and Innovation*. Contributions to the Melbourne Congress, 10-14 october 2000, pp. 51-59.
8. D.M. Scarlone, "Caratterizzazione e studi di invecchiamento di materiali pittorici organici naturali e sintetici", Tesi di dottorato, Università degli Studi di Torino, relatore O. Chiantore, 2001.
9. NorMaL 43/93, "Misure colorimetriche di superfici opache", CNR-ICR, Roma, 1993.
10. F. Ortenzi, "I colori a vernice nel ritocco pittorico: stato dell'arte e verifica della stabilità, Tesi di laurea specialistica in Storia dell'arte e Tutela dei Beni Storico-Artistici", Università degli Studi della Tuscia, relatore C. Pelosi, 2007.