



Elisabetta Zendri  
Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica  
Università Ca' Foscari di Venezia  
elizen@unive.it

# LA CHIMICA PER IL PATRIMONIO CULTURALE

**La sessione 'Cultural Heritage' è stata progettata per offrire ai partecipanti alcuni interventi emblematici sul contributo della chimica alla conoscenza e alla conservazione del patrimonio culturale. Sono stati individuati quattro temi che hanno dato una visione della ricchezza di questo settore di ricerca, evidenziandone anche gli sviluppi futuri.**

Il rapporto tra scienza e patrimonio culturale è di lunga data e già a partire dal XVIII secolo si svilupparono ricerche sulla caratterizzazione dei materiali e proposte di metodologie per la loro conservazione [1]. Tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo gli studi degli effetti dell'inquinamento ambientale sulle superfici architettoniche e sulle superfici pittoriche misero in risalto il rapporto tra l'ambiente di conservazione e i materiali, così come evidenziarono la necessità di intervenire con metodologie adeguate per conservare i manufatti e prevenire ulteriori danni. Nel corso degli ultimi decenni la scienza per il patrimonio culturale si è arricchita di nuove metodologie di studio e di approcci in linea con le esigenze attuali, quali la sostenibilità ambientale e i rischi derivanti dai cambiamenti climatici.

A ribadire il contributo della chimica alla salvaguardia del patrimonio culturale, la Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali ha organizzato all'interno del Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana 2024 la sessione "Cultural Heritage", strutturata con l'obiettivo di illustrare i più recenti risultati scientifici in questo settore anche ai "non addetti ai lavori".

La sessione ha proposto un modello consolidato di approccio alle problematiche relative alla conoscenza e alla conservazione del patrimonio culturale, basato sulla collaborazione interprofessionale e interdisciplinare, chiamando sia esperte ed esperti del mondo scientifico sia persone che operano all'interno delle istituzioni preposte a conservazione e salvaguardia del patrimonio. Le tematiche affrontate hanno riguardato alcuni ambiti specifici e, in particolare, quello archeologico, degli strumenti musicali antichi,

della diagnostica e della conservazione dei supporti cartacei.

Le quattro sessioni sono state introdotte da referenti di musei e centri di restauro per presentare le esperienze di cura e tutela del patrimonio culturale e lo stretto rapporto con l'ambito scientifico. A queste presentazioni sono seguiti gli interventi tenuti da esperte ed esperti chimici per illustrare il contributo di questa scienza alla soluzione di specifiche problematiche.

La sessione si è aperta con il primo tema relativo alla conservazione del patrimonio archeologico sommerso. Maria Luisa Saladino (Dipartimento STEBICEF, Università di Palermo) ha presentato le ricerche svolte in collaborazione con la prima Soprintendenza del Mare, istituita in Sicilia nel 2004, i cui compiti principali sono la tutela, la fruizione e la valorizzazione del patrimonio culturale subacqueo. Nel corso delle attività della Soprintendenza vengono recuperati dall'ambiente subacqueo numerosi materiali archeologici di notevole importanza, tra i quali manufatti metallici che rappresentano una sfida per l'e-



Fig. 1 - Indagini mediante spettroscopia XRF dei chiodi della nave punica conservata presso il Parco Archeologico Lilibeo-Marsala



sperto/a chimico a causa dei processi di corrosione che si verificano sia in ambiente marino che successivamente nell'ambiente di conservazione. La presentazione di alcuni esempi di indagine chimica, basate sull'applicazione di un approccio multianalitico (ICP-OES, ICP-MS, XRF, XRD) su diversi manufatti metallici [2, 3] ha illustrato, da un lato, i progressi relativi alla conoscenza dei fenomeni di corrosione in ambiente marino e, dall'altro, il contributo delle indagini alla ricostruzione della storia di questi oggetti (Fig. 1).

Il tema della conservazione del patrimonio archeologico sommerso (UCH) è particolarmente complesso e oggetto della Convenzione UNESCO del 2021. Silvestro Ruffolo (Dipartimento DiBEST, Università della Calabria) ha illustrato, partendo dal progetto CoMAS (New materials and tools for improving the *in situ* documentation, restoration, and conservation of underwater archaeological remains) le nuove metodologie realizzate, in particolare per il contenimento e la prevenzione di *biofouling*, che rappresenta la forma di degrado più impattante sui materiali archeologici sommersi. Recenti studi su protettivi a base di nanoparticelle di ossido metallico ( $\text{TiO}_2$  e Ag) disperse in cera silossanica applicabili sulle superfici lapidee direttamente sott'acqua hanno dato dei risultati significativi per la prevenzione di questa forma di degrado [4].

La conservazione delle strutture archeologiche subacquee riguarda anche la proposta di nuove malte con prestazioni meccaniche e antivegetative adeguate applicabili per la manutenzione di manufatti di diversa tipologia. In questo senso la ricerca ha messo a punto nuovi impasti con leganti aerei e idraulici caricati con addensanti organici e  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  in grado di conferire un comportamento pseudoplastico e caratteristiche antivegetative [5].

La seconda parte della sessione è stata dedicata alla conservazione dei violini storici.

Fausto Cacciatori (Museo del Violino, Cremona) ha introdotto il tema, sottolineando come gli strumenti ad arco ed i violini nello specifico siano particolarmente sensibili all'ambiente di conservazione. È inoltre da considerare che gli strumenti musicali storici spesso vengono utilizzati, aggiungendo un ulteriore potenziale effetto negativo sul loro stato. Le azioni preventive hanno quindi assunto nel tempo un

ruolo sempre più importante e, forte di un'intensa collaborazione con esperti scientifici, il Museo del Violino di Cremona si è dotato di un innovativo piano di monitoraggio non invasivo per verificare lo stato di conservazione degli strumenti nel tempo [6] ed ha messo a punto nuove pratiche di conservazione per garantire la durabilità di questo patrimonio unico nel suo genere.

La sonorità di questi straordinari strumenti dipende, oltre che da una conservazione ottimale, anche dalle vernici applicate, come riportato da Marco Malagodi (Dipartimento di Musicologia e Beni Culturali, Università di Pavia), che ha presentato i recenti risultati sull'identificazione delle tecniche costruttive e sui materiali utilizzati da importanti liutai, quali Stradivari e Guarneri. Tecniche spettroscopiche, di imaging e la luce di sincrotrone hanno permesso di caratterizzare le vernici originali e gli strati di preparazione, strati spesso composti da diversi materiali organici e inorganici variamente miscelati e sovrapposti. Le tecniche d'indagine proposte ultimamente, non invasive e microinvasive (XRF, EDX, FTIR) vengono integrate, quando possibile, con quelle di imaging, Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) e di Tomografia a Coerenza Ottica (OCT), consentendo l'analisi di strati particolarmente sottili, dell'ordine di poche decine di micron (Fig. 2) [7].

Quanto possa influire la scelta dei materiali ed il loro assemblaggio sulla sonorità di uno strumento è stato argomento dell'intervento di Raffaele Malvermi (Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano) che ha illustrato l'influenza delle tecniche costruttive sui modi di vibrazione della tavola armonica. Le variazioni di densità del legno, dovute a trattamenti preliminari di stuccatura o all'applicazione di adesivi con caratte-



Fig. 2 - Analisi non invasive di spettrometria FTIR in riflettanza e di fluorescenza ai raggi X su un violino

ristiche chimiche diverse da quelle originali hanno un'influenza decisiva sulla risposta acustica dello strumento che deve essere quindi monitorata nel corso di tutte le fasi dell'intervento conservativo [8].

La terza tematica affrontata nel corso della sessione ha riguardato i metodi di indagine non invasivi e micro-invasivi per la diagnostica applicata agli studi e alla conservazione del patrimonio culturale.

Lo sviluppo di nuove tecnologie e metodologie analitiche fornisce agli scienziati della conservazione strumenti essenziali per lo svolgimento di campagne diagnostiche a scopo conoscitivo e a supporto degli interventi di restauro. Federica Pozzi (Direttrice dei Laboratori Scientifici del Centro per la Conservazione ed il Restauro dei Beni Culturali "La Venaria Reale", Torino) ha illustrato, attraverso casi studio emblematici affrontati dal Centro nel corso degli anni, il ruolo cruciale della chimica, le sfide attuali e le opportunità di crescita nel campo della diagnostica per i beni culturali, sottolineando la necessità di mantenere vivo il dialogo tra i diversi saperi scientifici, tecnici e umanistici. La presentazione ha ripercorso alcune delle pietre miliari che negli ultimi decenni hanno rivoluzionato questo ambito, consentendo livelli di approfondimento senza precedenti nello studio tecnico-scientifico delle opere e nel monitoraggio del loro stato di conservazione e tra queste, l'introduzione di tecniche di imaging chimico e imaging 3D, l'integrazione di diverse tecniche analitiche all'interno della stessa unità strumentale e lo sviluppo di tecniche omiche. In tutti i contesti di analisi e studio, restano fondamentali la disponibilità di strumentazioni miniaturizzate per analisi non invasive e lo sviluppo di reti di collaborazione a livello nazionale e internazionale per una diagnostica accessibile e sostenibile. In termini di strumentazioni per la caratterizzazione dei materiali pittorici, già da tempo sono disponibili sistemi di chemical imaging operanti dai raggi X al SWIR (fino ai 2500 nm), ma esiste una certa carenza di sistemi che operino nel range del medio-IR, ad elevato potenziale diagnostico. Bruno Brunetti (Consorzio INSTM, Università di Perugia e Associato CNR-SCITEC) ha quindi illustrato un nuovo imager iperspettrale realizzato dalla Bruker, in collaborazione con CNR-SCITEC di Perugia, in grado di operare ad alta sensibilità in un ampio range, da circa 800 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Con questo nuovo sistema è possibile ottenere dati di distribuzione molecolare fortemente



Fig. 3 - Il sistema "Bruker HI90 modificato" durante una misura di imaging iperspettrale nel medio-IR sul dipinto di Pietro Perugino "Il martirio di S. Sebastiano" (1518), in restauro presso la Galleria Nazionale dell'Umbria

competitivi con quelli ottenibili, a parità di condizioni, con i sistemi a scansione, soprattutto nei termini di risoluzione laterale e tempi di acquisizione che si riducono da alcune ore a pochi minuti. Il nuovo imager è stato impiegato su un dipinto di Perugino in restauro presso la Galleria Nazionale dell'Umbria, consentendo sia la rivelazione di dettagli compositivi dei materiali originali e di alterazione del dipinto, sia il monitoraggio delle operazioni di pulitura con rimozione di vernici e ridipinture risalenti ai restauri precedenti (Fig. 3).

La conoscenza chimica dei leganti pittorici organici rappresenta tutt'ora una sfida a causa della loro complessa composizione e della suscettibilità ai processi di trasformazione nel tempo. Questi materiali sono spesso presenti in quantità molto ridotte rispetto ai materiali inorganici e un ruolo cruciale per la loro caratterizzazione lo svolgono le tecniche basate sulla cromatografia e sulla spettrometria di massa quali SIFT-MS (Selected-ion flow-tube mass spectrometry), EGA-MS (spettrometria di massa per analisi di gas evoluti), Py-GC-MS (gascromatografia-spettrometria di massa per pirolisi), GC-MS e



HPLC-MS. Maria Perla Colombini (Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa) ha presentato le attuali procedure analitiche basate sulle tecniche di cromatografia-spettrometria di massa che consentono la caratterizzazione delle macromolecole negli oggetti archeologici e nei dipinti, dimostrando la loro utilità nell'integrazione delle informazioni storiche e archeologiche [9, 10], oltre che nello studio dei processi di degrado a cui sono soggette.

Il quarto tema presentato ha riguardato le metodologie e le esperienze a confronto nel campo del restauro della carta.

Letizia Montalbano (Opificio delle Pietre Dure di Firenze) ha illustrato le importanti attività svolte in questo senso da questa istituzione autonoma del Ministero della Cultura italiano. Il Dipartimento di Conservazione della Carta e della Pergamena, in particolare, si occupa della conservazione e del restauro dei supporti tradizionali, tra cui disegni, stampe, cartoni preparatori e un'ampia gamma di oggetti decorativi in carta, nonché dei materiali di restauro e della loro possibile interazione. Molti sforzi sono stati rivolti alla ricerca di nuove metodologie per il consolidamento di supporti grafici (ad esempio carte moderne) e per la rimozione di macchie e di nastri adesivi invecchiati (pressure sensitive tape - PST), ampiamente utilizzati in passato per riparare pagine strappate o indebolite. Le nanotecnologie stanno oggi fornendo soluzioni innovative ed efficaci in questo senso, come ha illustrato Rodorico Giorgi (Università di Firenze & CSGI) documentando alcuni studi svolti in ambito di recenti progetti europei. Grazie a sviluppo e sperimentazione di nuovi organogel e idrogel altamente ritentivi e caricati con solventi *green* o con sistemi detergenti a base acquosa è ora possibile rimuovere i PST invecchiati in maniera controllata e completa dai supporti cartacei [11]. Lo sviluppo di procedure per ottenere nanoparticelle di amido Jin Shofu ha invece consentito di procedere al ricoesione di tecniche grafiche su disegni e stampe rispettando la loro natura opaca, che risulta tipicamente alterata per effetto dell'applicazione di materiali filmogeni sintetici o naturali [12].

### Conclusioni

La nutrita partecipazione di pubblico alla sessione "Cultural Heritage" conferma l'elevato interesse a sviluppare un settore della chimica che, seppure an-

cora di nicchia, ha un rilevante complessivo impatto sia in termini culturali che economici.

Allo stato attuale i fronti di ricerca sono numerosi e la nostra comunità scientifica è sollecitata a dare risposte a problemi reali quali, ad esempio, la prevenzione del degrado a fronte di emergenze climatiche, la proposta di metodologie d'intervento a basso impatto ambientale e lo sviluppo di sistemi di monitoraggio applicabili su scala urbana. Le competenze in ambito chimico saranno sempre più indispensabili per dare risposte a queste esigenze, come ormai riconosciuto da tutta la filiera della conservazione dei beni culturali.

### Bibliografia

- [1] P. Bensi, Memorie di scienze fisiche e naturali. Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 2012, 135.
- [2] F. Armetta *et al.*, *Scientific Reports*, 2021, 11.
- [3] F. Armetta *et al.*, *Molecules*, 2023, **28**(4), 1968.
- [4] S.A. Ruffolo *et al.*, *Progress in Organic Coatings*, 2017, **104**, 64.
- [5] M. Ricca, S.A. Ruffolo *et al.*, *Nanomaterials*, 2022, **12**, 1498.
- [6] G.V. Fichera, M. Albano *et al.*, 4<sup>th</sup> Annual Conference COST FP1302 WoodMusIck, Musical Instruments Museum, Brussels October 5-7, 2017.
- [7] F. Poggialini, G. Fiocco *et al.*, *Journal of Cultural Heritage*, 2020, **44**, 275.
- [8] R. Malvermi, R. Gonzalez *et al.*, *Applied Sciences*, 2022, **12**(14), 7313.
- [9] A. Lluveras-Tenorio, S. Orsini *et al.*, *Microchemical Journal*, 2021, **170**, 106633.
- [10] J. La Nasa, I. Degano *et al.*, *Journal of Archaeological Science*, 2022, **141**, 105577.
- [11] A. Mirabile *et al.*, *Heritage Science*, 2020, **8**, 42.
- [12] A. Casini *et al.*, *Applied Materials and Interfaces*, 2021, **13**, 37924.

### Chemistry and Cultural Heritage

The 'Cultural Heritage' session was designed to offer participants emblematic talks on the contribution of chemistry to the knowledge and conservation of cultural heritage. Four themes were identified that gave a vision of the richness of this research sector, also highlighting its future developments.