

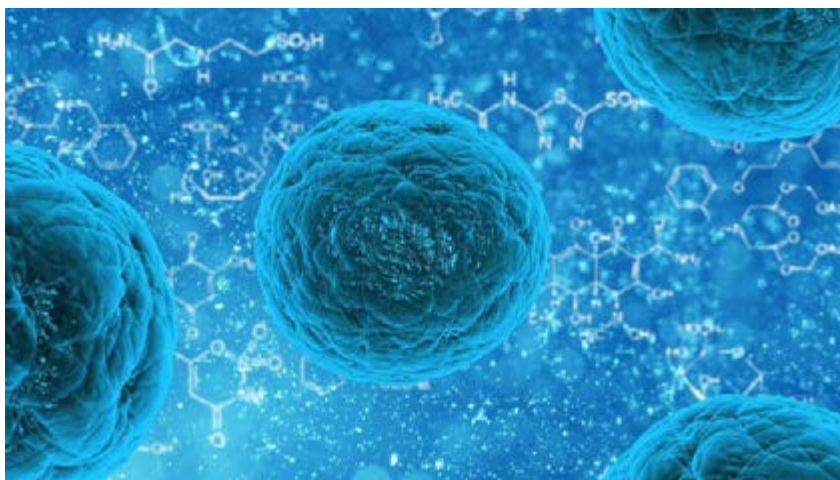
Batteri restauratori: microrganismi al servizio dell'arte

Un sistema per smaltire correttamente e con efficacia i rifiuti organici è quello di trasformarli in compost, in modo da rendere nuovamente disponibili alle piante gli elementi necessari alla loro crescita. Il compostaggio è la forma di riciclo più semplice e più naturale e può essere realizzato direttamente nelle nostre case, fabbricando 'compostiere domestiche' che consentono di "riprodurre" in tempi rapidi e in uno spazio limitato, un materiale in grado di migliorare le caratteristiche fisiche e chimiche del terreno.

DOI 10.12910/EAI2021-065 / ENEA PER LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO

di Giada Migliore, Flavia Tasso - Laboratorio di Osservazioni e Misure per l'ambiente e il clima

In questo articolo vi presentiamo due figure professionali molto affascinanti che, lavorando in stretta collaborazione, stanno sviluppando un nuovo modo di aiutare le opere d'arte, nel rispetto dell'ambiente, della salute degli operatori e del bene artistico: il restauratore ed il microbiologo. Il restauratore è un esperto che, con competenza e manualità, interviene nel risanamento dell'opera per ricondurla al suo antico splendore, rispettando il suo significato originale e la sua maturazione nel tempo. Come un vero detective, il restauratore risale alla tecnica e ai materiali usati dall'artista, indaga sullo stato di conservazione con metodi scientifici, analizza le cause e gli effetti che hanno danneggiato l'opera, e, alla fine, interviene con il restauro (pulisce, consolida, stucca le lacune, esegue il ritocco pittorico) e controlla, periodicamente, lo stato di conservazione del bene nel tempo. Il microbiologo è un biologo che si è specializzato nello studio della struttura, delle attività e del ruolo che rivestono in natura i microrganismi procariotici (batteri e archea), eucariotici (protozoi, funghi e alghe) ed i virus. Si occupa anche della loro identificazione e studia i loro rapporti con altri organismi. Inoltre, il microbiologo indaga l'utilizzo dei mi-



croorganismi per diversi scopi, alcuni anche molto importanti, come la diagnosi di patologie infettive; i processi svolti da microrganismi che possono essere sfruttati in ambito industriale, agricolo, ambientale e di sanità pubblica e, non ultimo, nel controllo di qualità di alimenti, acque, ambiente e farmaci.

La sintonia fra restauratore e microbiologo

La cooperazione tra microbiologi e restauratori nasce dal fatto che i re-

stauratori, per riportare le opere al loro antico splendore, devono utilizzare ogni giorno sostanze pericolose che possono avere effetti tossici per la loro salute e danneggiare l'ambiente e le opere d'arte a causa della loro aggressività. La microbiologia può venire in loro aiuto. I batteri sono microrganismi unicellulari che non riusciamo a vedere se non al microscopio, ma che condizionano molti aspetti della vita sulla Terra. Essi sono in grado di degradare le sostanze organiche fino a liberare nell'ambiente molecole

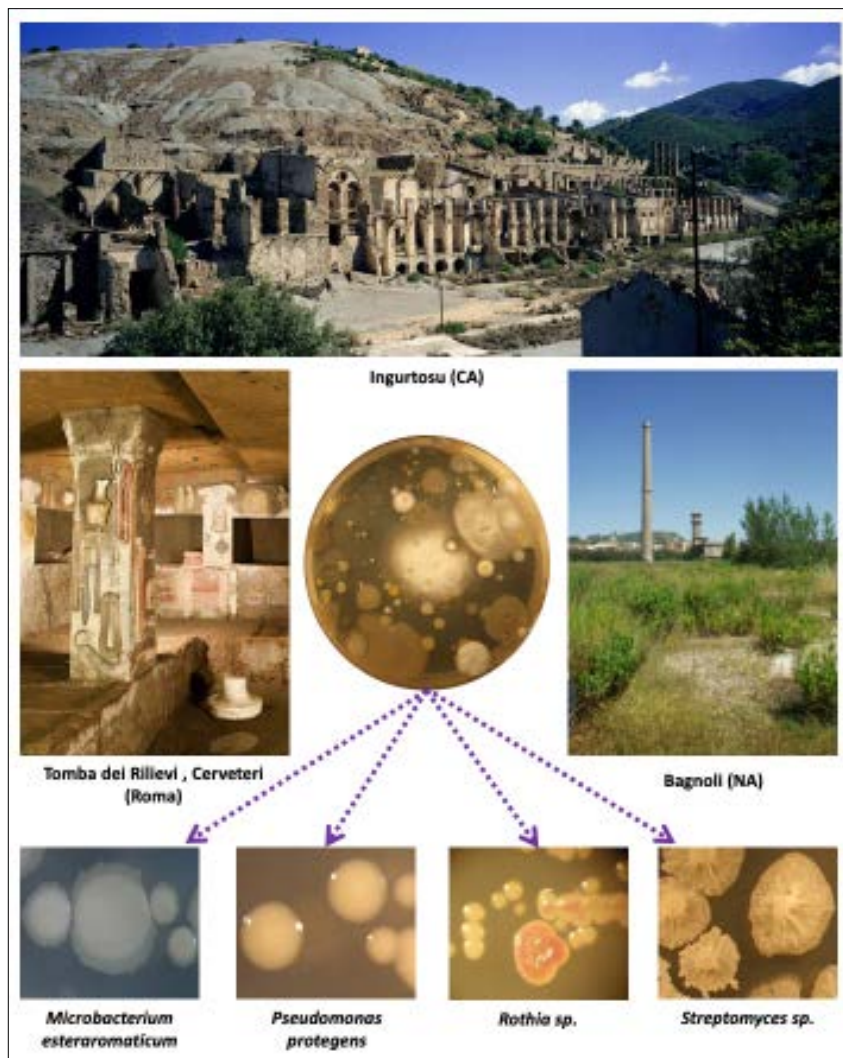


Fig.1 Esempio di isolamento e identificazione di microrganismi. I siti dai quali provengono gran parte dei ceppi della collezione ENEA, associata MIRRI-IT, derivano da aree archeologiche e siti di interesse storico-culturale, come la tomba della Mercareccia di Tarquinia (VT), aree ex-industriali o miniere dismesse, caratterizzate da contaminazioni da idrocarburi o metalli pesanti, come Bagnoli (NA) e Ingurtosu (CA)

semplici utilizzabili dagli altri esseri viventi. Il loro ruolo è fondamentale: senza i batteri decompositori le sostanze che permettono la vita non sarebbero più disponibili nell'ambiente. Proprio per questo, i batteri sono capaci di 'mangiare' tantissime sostanze diverse. È grazie a questa capacità che possono venire in aiuto delle opere d'arte. Quando il restauratore si trova, per esempio, a dover rimuovere un

deposito che ha danneggiato un'opera, prima cerca di sapere di che sostanza si tratta attraverso analisi chimico-fisiche, poi decide con quale prodotto pulire l'opera. I microbiologi dell'ENEA hanno isolato batteri da habitat molto diversi (da ambienti inquinati a siti archeologici) e possono fornire ai restauratori un'alternativa bio ai prodotti che normalmente vengono utilizzati (Fig.1).

I batteri sono raccolti e conservati in una sorta di 'banca-ceppi, chiamata Collezione ENEA, associata a Mirri-IT (Microbial Resource Research Infrastructure Italian node), composta da circa 1.500 tra batteri, funghi, alghe e virus. In risposta alle richieste dei restauratori, i ricercatori possono facilmente scegliere dalla raccolta uno o più batteri che hanno caratteristiche utili, rivitalizzarli e coltivarli in numero sufficiente per trattare l'opera.

In base alla natura del deposito da rimuovere, i microbiologi selezionano dalla loro collezione i batteri in grado di 'mangiare' quel deposito e preparano dei micro-pack, ovvero degli impacchi di cellule microbiche che il restauratore applica sulla superficie da restaurare. Questi prodotti microbici sono selettivi verso i depositi da rimuovere (sanno scegliere che cosa 'mangiare'), rispettosi del materiale originario, e di facile impiego, poiché non richiedono condizioni operative particolari; sono, inoltre, innocui per gli operatori considerato che le cellule microbiche impiegate non sono patogene, e non inquinano visto che i loro prodotti sono biodegradabili. I batteri si sono rivelati efficacissimi nel restauro di molte opere (Galleria Nazionale di Arte Moderna, Galleria dei Carracci a Palazzo Farnese, Musei Vaticani, Casina Farnese) e la procedura sviluppata è oggetto di brevetto Europeo ENEA (n°W02015040647A1)(Fig.2).

Come si scelgono i batteri da applicare sull'opera?

Per scegliere i batteri da utilizzare in ogni caso applicativo, sono disponibili diversi metodi, ciascuno dei quali viene svolto in laboratorio prima di passare all'applicazione sull'opera (Fig.3). Per la degradazione di una patina organica (idrocarburi, proteine, cere e grassi etc.), il metodo più immediato è quello di far crescere i batteri in un terreno contenente come unica fonte di nutrimento la sostanza da rimuovere: se il ceppo batterico cresce, signifi-

ca che consuma la sostanza. Le piastre con terreno solido permettono di stimare non solo se il materiale viene o non viene digerito, ma anche in quanto tempo e con che efficacia, di confrontare diversi batteri e scegliere quello che più è adatto alle esigenze di applicazione. Se la patina è formata da idrocarburi si può utilizzare anche un batterio che produce bio-emulsionanti; se è formata da depositi calcarei (carbonati, fostati e gesso) si scelgono, invece, batteri in grado di rilasciare acidi deboli che sciolgono i calcari. E la ruggine? Per gli ossidi di ferro si sfruttano batteri che producono siderofori e legano il ferro. Oltre alle funzioni utili, i batteri vengono testati anche per verificare che non possano danneggiare la superficie sulla quale devono essere applicati, per esempio, nel caso di un'applicazione su carta, si deve valutare se i batteri degradano la cellulosa o, nel caso di marmi o pietre porose, se producono acidi che possono disgregare la superficie.

Il brevetto "micro-pack"

Per poter applicare la coltura batterica sull'opera è necessario creare condizioni che garantiscano al tempo stesso il contatto con la sostanza da degradare, la sopravvivenza dei batteri e la loro completa rimozione alla fine del trattamento. I batteri hanno bisogno di un ambiente umido per poter sopravvivere e questo può rappresentare un problema perché può danneggiare l'opera. Quindi bisogna inserire la coltura batterica in un mezzo che ne permetta la distribuzione uniforme e che non rilasci, o rilasci solo una quantità minima, di acqua sulla superficie. Per questo è stato ideato e brevettato (n°W02015040647A1) un sistema detto 'micro-pack' che consiste in un supporto di pellicola trasparente, la comune pellicola per alimenti, sulla quale viene steso uno strato sottile di gel (VanzanTM, LaponiteTM; etc.) con inclusi i batteri e, su questi viene applicato un foglio di carta per velinatura, in genere carta giapponese o

inglese, una carta fine ma resistente. Il micro-pack viene applicato con la velina a contatto dell'opera e, dove possibile e se necessario, viene assicurato con nastro adesivo per prevenire cadute o spostamenti (Fig.4). L'impacco viene lasciato in posa il tempo necessario ai batteri per esercitare la loro azione e poi rimosso. Il micro-pack garantisce che l'applicazione sia efficace, sicura per l'opera e che l'attività dei batteri possa essere ispezionata durante il trattamento e che alla fine non rimangano residui.

Le collezioni microbiche

Nel corso degli anni i ricercatori ENEA hanno isolato, caratterizzato e preser-

vato microorganismi (batteri, funghi, alghe, virus) e pool microbici da substrati ed ecosistemi naturali diversi, anche estremi, con notevoli potenzialità applicative in svariati settori quali la tutela ambientale, i beni culturali, la salute e lo sviluppo di farmaci, l'agroalimentare e quello energetico.

Il ruolo fondamentale svolto dai microorganismi nel mantenimento della vita sulla Terra è indiscusso, ma la conoscenza sull'entità della diversità microbica e della sua distribuzione globale è minima. Inoltre, sebbene i microorganismi forniscano servizi ecosistemici cruciali per la sostenibilità locale e globale, il valore della biodiversità microbica è ancora sottovalutato. La comunità scientifica internaziona-



Fig.2 Esempi di applicazioni di batteri per la rimozione di patine organiche e inorganiche su monumenti ed opere d'arte. In figura sono riportati lo stato "prima" e "dopo" l'applicazione di uno o più ceppi mediante la tecnica del micro-pack.



Fig.3 Test di laboratorio per saggiare le funzioni metaboliche dei batteri utili per la bio-pulitura delle opere d'arte e per evitare effetti indesiderati sul materiale dell'opera.

le da alcuni anni ha lanciato un appello per promuovere la conoscenza e la conservazione della biodiversità microbica. In accordo con la Convenzione sulla Biodiversità del 1992 (www.cbd.int), la "conservazione ex-situ" svolge un ruolo molto importante nella conservazione dei microrganismi poiché la complessità degli organismi unicellulari rende difficile eseguire una "conservazione

in-situ". Le collezioni microbiche rappresentano, pertanto, strumenti di eccellenza per la salvaguardia della biodiversità microbica e per lo sviluppo della bio-economia e della bio-sostenibilità.

Il futuro del bio-restauro

L'approccio qui descritto rientra tra le tecniche del bio-restauro. Con il

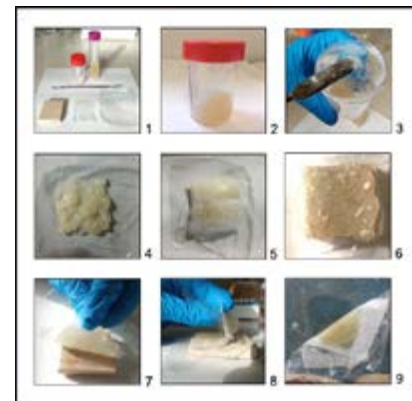


Fig.4 Fasi di preparazione del "micro-pack" (1-8) ed esempio di applicazione su una tela (9).

termine Bio-restauro si intende l'utilizzo di specie batteriche per il trattamento dei manufatti artistici. Finora i principali filoni di applicazione sono stati la bio-pulitura e il bio-consolidamento e, da qualche anno, si stanno sperimentando con successo anche prodotti bio-based (batteri, derivati batterici e estratti da piante) per il controllo e la rimozione di biodeteriogeni, specialmente muffe, alghe e batteri fotoautotrofi. Applicare microrganismi al servizio del restauro rappresenta una strategia innovativa e, grazie alla cooperazione e alla condivisione delle competenze e delle conoscenze di ricercatori e restauratori, si potranno sviluppare nuovi prodotti, non solo innocui per la salute degli operatori, ma anche rispettosi dell'opera e dell'ambiente, considerato che le cellule microbiche che vengono impiegate non sono patogene, non inquinano ed i loro prodotti sono biodegradabili.

Per info: flavia.tasso@enea.it

GLOSSARIO "BATTERI RESTAURATORI: MICRORGANISMI AL SERVIZIO DELL'ARTE"

BIO-EMULSIONANTI I "bio-emulsionanti" vengono prodotti dai microrganismi e hanno il vantaggio di essere biodegradabili.	Gli emulsionanti sono sostanze che, grazie alle loro caratteristiche chimiche, riescono a creare un'emulsione" ossia una miscela di goccioline di un liquido in un altro nel quale sono insolubili o quasi (ad es. acqua ed olio)
BIODEGRADABILE	Composto che può essere decomposto e metabolizzato dall'azione di batteri e microrganismi in sostanze non inquinanti e/o tossiche.
BIODIVERSITA'	Questa parola, sinonimo di "diversità biologica" indica in ecologia la varietà di organismi viventi nelle loro diverse forme, e nei rispettivi ecosistemi.
CONSERVAZIONE "EX SITU"	Indica la conservazione dei microrganismi fuori dal loro ambiente naturale in una collezione di microrganismi detta anche "ceppoteca", un vero e proprio archivio in cui cellule microbiche, ottenute da una coltura pura, dopo essere state caratterizzate e classificate vengono mantenute in uno stato inattivo e debitamente conservate per mantenerne le funzioni e poterle usare per altri scopi.
CONSOLIDAMENTO	Nell'ambito del restauro con questo termine si intendono tutti quei processi atti a far recuperare ad un'opera le sue caratteristiche strutturali, perse per diverse cause (degrado biologico, agenti atmosferici, azione sismica)
DEGRADARE	In termini biologici con questa parola si indica la trasformazione demolitiva operata da microrganismi su sostanze organiche, con formazione di composti stabili, quali l'anidride carbonica e l'acqua, non ulteriormente suscettibili di trasformazione.
DEPOSITO	Nel vocabolario del restauratore questo termine indica tutto ciò che si posa sulla superficie originale di un manufatto, formando una patina. Può essere causato da agenti naturali ma anche da materiali utilizzati in precedenti interventi di restauro.
EUCARIOTI e PROCARIOTI	Le cellule, in base alla loro struttura fondamentale, possono essere distinte in due grandi categorie: le cellule procarioti (per esempio, i batteri) e le cellule eucarioti (quelle che formano il corpo delle piante, degli animali e dell'uomo). La maggiore differenza tra le cellule di questi due gruppi di organismi sta nel fatto che i procarioti presentano il materiale genetico libero nel citoplasma, mentre negli eucarioti esso si trova segregato all'interno di un nucleo circondato da membrana.
IDENTIFICAZIONE	Identificare un microrganismo significa assegnarlo ad uno dei gruppi in cui sono classificati gli esseri viventi. L'identificazione può essere più o meno precisa a seconda che l'organismo venga assegnato ad una categoria più ampia (es. il Regno) o più ristretta (es. la Specie).
RISANAMENTO	Nella terminologia dei restauratori questo termine indica tutti quegli interventi necessari a "guarire" un'opera d'arte e a eliminare quei fenomeni di degrado che ne compromettono la conservazione.
RIVITALIZZARE	Per conservare a lungo i microrganismi è necessario inattivarli, ovvero sopprimere la loro capacità funzionale in termini di crescita e riproduzione. Per raggiungere tale scopo, si utilizzano principalmente due metodi, che non danneggiano i microrganismi e garantiscono la reversibilità dello stato d'inattivazione: il congelamento e la liofilizzazione. Con il termine "rivitalizzazione" si intende la procedura microbiologica che permette di "risvegliare" i microrganismi facendoli tornare nel loro stato attivo. Consiste nel risospendere il congelato/liofilizzato batterico in un terreno idoneo a favorirne la crescita.
SIDEROFORI	Sono piccoli composti che sono secreti da microrganismi come batteri e funghi e servono a "chelare", ossia a legare in modo stabile, il ferro e a trasportarlo all'interno delle loro cellule.
VELINATURA	Protezione temporanea di una superficie che deve essere sottoposta ad un trattamento. In genere si fa con carte apposite.
VIRUS	Un virus è un'entità biologica con caratteristiche di parassita obbligato, in quanto si riproduce esclusivamente all'interno delle cellule degli organismi. I virus possono infettare tutte le forme di vita, dagli animali, alle piante, ai microrganismi e anche altri virus.