

L'invisibile utilità di Luigia Sabatini e Maurizio Sisti

Alla domanda su come abbia avuto origine la vita sul nostro pianeta gran parte di noi, al di là delle proprie convinzioni religiose, risponderebbe “dal brodo primordiale”, facendo riferimento alla teoria formulata agli inizi del Novecento dagli studiosi Oparin e Haldane. La scienza ha dimostrato che i microrganismi sono stati i primi esseri viventi apparsi sulla Terra ancor prima delle piante e degli animali e che per miliardi di anni hanno rappresentato l'unica forma di vita sul pianeta; per tale lunghissimo periodo è stato coniato il termine “era microbica”. La loro presenza è stata fondamentale nel determinare i grandi cambiamenti ambientali e creare le condizioni favorevoli per lo sviluppo di altre forme di vita sempre più complesse. Nel tempo i risultati delle conoscenze acquisite in merito ai meccanismi attraverso i quali vivono e operano i microrganismi hanno portato l'uomo a comprenderne e contrastarne gli effetti negativi come le malattie infettive, sfruttando invece a proprio vantaggio i positivi effetti biotici e gli innumerevoli prodotti delle loro attività metaboliche. È da sottolineare, contrariamente all'opinione diffusa, che la maggior parte dei microrganismi finora conosciuti non rappresenta un rischio per l'uomo, piuttosto un indubbio beneficio. A tale proposito merita ricordare che gran parte dell'agricoltura è intimamente legata al ciclo dei nutrienti (carbonio, azoto e zolfo), cioè alla decomposizione di sostanze complesse in prodotti semplici e alla sintesi di prodotti complessi partendo da sostanze semplici, fondamentali per il nutrimento delle piante. Tutti questi processi sono presieduti e regolati con grande efficienza dai microrganismi attraverso le reazioni chimiche del catabolismo e anabolismo. Gruppi microbici di fondamentale importanza sono quelli che presiedono ai processi digestivi della cellulosa nei ruminanti,

indispensabili per la loro nutrizione o quelli fissatori di azoto nelle leguminose per la fertilizzazione dei terreni. Altri ancora, a miliardi, costituiscono la flora residente del corpo umano (commensali) che regola molte funzioni, per esempio i processi digestivi, la produzione di sostanze essenziali come alcune vitamine, la difesa contro i patogeni mediante la competizione per i nutrienti e la produzione di sostanze antimicrobiche. Gli innumerevoli prodotti lattiero-caseari e tanti altri alimenti di origine animale e vegetale di alto valore nutritivo e commerciale non potrebbero essere presenti sulle nostre tavole senza l'apporto delle attività microbiche, né esisterebbe il gradevole consumo delle bevande fermentate come vino, champagne, birra, alcolici ecc. Di fondamentale importanza è il ruolo svolto dai microrganismi negli ecosistemi per l'approvvigionamento delle fonti energetiche quali petrolio, metano, carbone, biogas ecc., prodotti delle loro attività metaboliche, che permettono all'uomo di svolgere agevolmente molte attività lavorative e di relazione. Non meno importante è l'impiego dei microrganismi per il trattamento dei reflui urbani, il risanamento ambientale (biorisanamento) o, nelle moderne tecnologie (biotecnologie), per l'allestimento dei cosiddetti farmaci ingegnerizzati. Queste considerazioni rendono ragione dell'affermazione di Louis Pasteur, padre della microbiologia, che “*in natura il ruolo dell'infinitamente piccolo è infinitamente grande*”. Agli effetti positivi inevitabilmente si affiancano problemi legati alla presenza dei microrganismi in grado di procurare molti danni: alle derrate alimentari, non solo causando la perdita di prodotto ma anche determinando vere e proprie carestie alimentari; all'uomo provocando l'insorgere di patologie infettive che, nonostante i rilevanti progressi scientifici fatti nella prevenzione e nella cu-

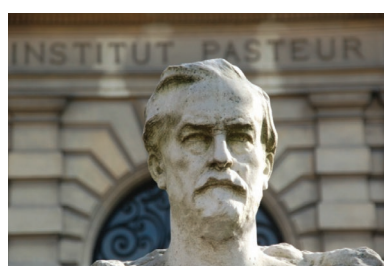


Fig. 1 Danno causato dai microrganismi al busto di Louis Pasteur, fondatore della moderna microbiologia.



Fig. 2 Biodeterioramento di incunabolo De Papia, XV sec. (Tesi laurea Valeria Melloni, Università Alma Mater Studiorum Bologna).



Fig. 3 Biodeterioramento di manufatto ligneo (a) e tela (b) causato rispettivamente da *Aspergillus* spp. (c) e *Penicillium* spp. (d).

ra, rimangono globalmente una delle principali cause di mortalità e morbidità. Malattie infettive gravi quali malaria, tubercolosi, colera, poliomielite, peste, citandone solo alcune, pressoché rare o scomparse in Italia, interessano ancora intere popolazioni, in particolare quelle dei Paesi in via di sviluppo con milioni di decessi specialmente nella popolazione infantile. Non è un caso che il premio Nobel 2015 per la medicina sia stato attribuito a tre scienziati (Youyou Tu, William C. Campbell e Satoshi Omura) per le loro scoperte utili a contrastare due delle cosiddette “malattie della povertà” (parassitarie), malaria e filariosi (elefantiasi), sottolineando in questo modo l’interessamento della comunità scientifica a una delle maggiori problematiche presenti nei Paesi più poveri. Nelle nazioni industrializzate, data la grande disponibilità di farmaci, molte malattie infettive sono facilmente guaribili o quantomeno controllabili; nonostante ciò paradossalmente assistiamo al grave fenomeno della comparsa della resistenza dei microrganismi ai trattamenti chemioterapici, tanto da ritenere che l’insuccesso della terapia con antibiotici sia causata proprio dagli eccessi o abusi nel loro impiego (i microrganismi possono anche essere intelligenti!). L’ubiquità è una delle principali caratteristiche degli “esseri microscopici”; pertanto la microbiologia, in relazione agli habitat o matrici studiate, ha sviluppato vari settori: microbiologia medica, ambientale, spaziale, degli alimenti ecc. Uno di questi, di grande interesse, considerata la sua importanza culturale, sociale ed economica, è il “biorestauro”, che ha lo scopo di rimediare al degrado delle opere d’arte. Nel campo dei beni culturali i microrganismi svolgono principalmente il ruolo negativo di biodeteriogeni, cioè di responsabili del degrado, cui i manufatti sono soggetti, in presenza di fattori ambientali (umidità, luce, temperatura, pH, composizione chimica del substrato) favorevoli allo sviluppo microbico, con conseguenti danni estetici e strutturali (fig. 1, 2). L’analisi microbiologica di opere d’arte con alterazioni cromatiche, come quelle eseguite per il corso di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali dell’Università degli Studi di Urbino Carlo Bo su manufatti lignei o tele, risulta spesso positiva con l’isolamento di miceti filamentosi (fig. 3). Tuttavia l’interesse scientifico nei loro confronti ha portato a riconoscere ai batteri un’utile e applicativa funzione, quella di “restauratori” di opere d’arte danneggiate. Tale pratica permette in alcuni casi di sostituire ai tradizionali metodi chimico – fisici, che risultano talvolta troppo aggressivi o rischiosi per la salute degli operatori, quello biologico più sicuro per l’ambiente e l’uomo, nonché economicamente vantaggioso.

La biopulitura ha particolare successo nel trattamento dei materiali lapidei alterati dall’esposizione a inquinanti ambientali, ma anche dipinti, affreschi e altri manufatti possono tornare ai loro splendori grazie ai batteri. Le patologie più comunemente curabili con il biorestauro derivano principalmente da composti inorganici e organici generati dall’inquinamento atmosferico o da interventi di restauro. La deposizione di queste sostanze sulle superfici innesca processi chimico-fisici, che producono danni strutturali e alterazioni della composizione chimica dei materiali costitutivi dell’opera. Dai danni primari potrebbero derivare di secondari dovuti a colonizzazione di questi nuovi substrati da parte di altri organismi viventi che, per azione metabolica o meccanica, aumenterebbero il degrado. I processi sui quali è possibile intervenire con il metodo biologico sono la rimozione di solfati e nitrati, causa rispettivamente delle croste nere e bianche, di colle, oli, resine. I batteri sono capaci, grazie ai propri enzimi costitutivi o indotti, di degradare il materiale con cui vengono a contatto; in particolare trasformano i solfati in idrogeno solforato, i nitrati in azoto molecolare, la sostanza organica in anidride carbonica; i prodotti sono gassosi e si disperdono nell’aria. L’utilizzo di cellule vive prevede un preciso protocollo operativo. I microrganismi, in base alla tipologia di intervento, sono selezionati in laboratorio partendo da collezioni internazionali o da ceppi isolati da matrici ambientali non patogeni. Essi devono quindi essere identificati con tecniche biomolecolari al fine di verificare la presenza dei geni codificanti gli enzimi specifici per la rimozione dei composti voluti. La biomassa viene veicolata utilizzando supporti inerti (carrier), non tossici, che forniscono l’acqua necessaria ai microrganismi per il loro metabolismo. Il bioformulato (microrganismi + carrier) è applicato sul manufatto, monitorato continuamente per controllare la vitalità batterica e il procedere della rimozione/degradazione dei composti. Nella fase finale si esegue un delicato lavaggio per rimuovere cellule, residui organici, enzimi (fig. 4). I ceppi batterici più utilizzati sono *Desulfovibrio desulfuricans* e *D. vulgaris* per la rimozione dei solfati, *Pseudomonas stutzeri* per l’attività denitrificante. Da diversi anni esperti del settore utilizzano la biopulitura e in letteratura si leggono importanti esempi di restauro biologico (fig. 5), quali gli affreschi di Spinello Aretino nel Camposanto di Pisa, della Chiesa di Santos Juanes a Valencia, della Casina Farnese sul Palatino a Roma.



Fig. 4 Immagine di biopulitura con l’impiego di microrganismi (Italian Association of Conservation Scientists).



Fig. 5 Esito (b) del biorestauro (Micro4Art) su opera marmorea di Lina Arpesani in memoria di Anna “Neera” Zuccari (Cimitero Monumentale di Milano).

Bibliografia

- 1) B. Biavati, C. Sorlini.. Microbiologia agroambientale, 2008. Casa Editrice Ambrosiana.
- 2) Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O., 2007. La Biologia vegetale per i beni culturali vol. I. Nardini Editore.
- 3) Biorestauro nei Musei Vaticani. Giornata di studi 10 ottobre 2013. Abstract http://mv.vatican.va/1_CommonFiles/pdf/Eventi/convegna/27_abstracts.pdf

Luigia Sabatini, biologa area tecnico-scientifica dell’Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, si occupa di microbiologia diagnostica e sperimentale; svolge laboratori e seminari di Microbiologia per gli studenti dei corsi di laurea in cui è prevista tale materia. Collabora con il corso di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali effettuando analisi microbiologiche sulle opere d’arte.

Maurizio Sisti, ricercatore e docente di Igiene generale e applicata nelle Scuole di Farmacia e Scienze biologiche dell’Università degli Studi di Urbino Carlo Bo. L’attività di ricerca è rivolta in particolar modo alle problematiche legate all’inquinamento microbiologico ambientale.