



Microbiologia e beni culturali

di Luigia Sabatini

Le opere d'arte, come tutti i materiali, sono soggette ad alterazioni; diventano cioè un "suolo" esposto all'azione dei fattori ambientali e al potenziale attacco da parte di organismi. Questi ultimi si definiscono "biodegraderi" in quanto dannosi ai fini della conservazione dell'opera. Il termine "biodegradazione" indica "qualsiasi cambiamento indesiderato nelle proprietà di un materiale causato dall'attività vitale degli organismi" (Hueck 1965, 1968). Esempi sono lo sviluppo dei funghi sui libri, i danni da insetti su oggetti lignei nei musei, la crescita di piante su monumenti storici. I biodegraderi appartengono ai due gruppi in cui sono classificati gli esseri viventi: *eucarioti* (dal greco "vero nucleo"), comprendenti animali, piante e microrganismi le cui cellule possiedono un involucro nucleare che separa l'acido nucleico (DNA) dal resto della cellula e *procarioti* (dal greco "prima del nucleo"), cui appartengono Batteri e Archea, unicellulari con il DNA libero nel citoplasma in una regione definita nucleoidale (fig. 1). La colonizzazione biologica implica l'utilizzazione del substrato "opera d'arte" come sorgente nutrizionale o l'uso del materiale quale supporto alla crescita. Un'importante distinzione utile nell'analisi del biodegradamento è tra organismi *autotrofi* ed *eterotrofi*: gli uni sono capaci di produrre da soli le sostanze organiche necessarie alla crescita, gli altri devono assumerle dall'esterno. Gli autotrofi (cianobatteri, alghe, muschi, piante vascolari) colonizzano substrati inorganici, mentre gli eterotrofi (batteri, funghi, animali) possono crescere su tali substrati solo se c'è un apporto di sostanze organiche dall'esterno. Lo sviluppo di forme viventi arrecherà pertanto al manufatto artistico danni di tipo fisico, chimico, meccanico a causa dei prodotti del metabolismo, per effetto della penetrazione degli organismi o per modifiche strutturali dovute all'utilizzo della materia organica costitutiva. Oltre alla natura chimica dei materiali (organica, inorganica) sono da valutare i parametri chimico-fisici (pH, ossigeno, temperatura, umidità) e il clima (luce, vento, pioggia). L'aria veicola particelle di natura biologica, dette bioaerosol, che trasporta anche lontano dal luogo di origine, contribuendo così alla diffusione degli organismi

nell'ambiente e alla colonizzazione delle superfici. L'azione dei biodegraderi è possibile solo quando si creano le condizioni più adatte alle loro caratteristiche ed esigenze metaboliche e può pertanto essere prevenuta controllando e contrastando tali condizioni. Un esempio è l'ambiente umido che favorisce la crescita dei funghi.

I biodegraderi sono numerosi, appartenenti a ogni tipo di organismo vivente, perciò nell'analisi delle opere d'arte sono coinvolte le discipline biologiche quali botanica, zoologia, microbiologia. Particolarmente importanti tra i microrganismi (dal greco *mikrós* "piccolo") sono batteri e funghi, la cui caratteristica è avere dimensioni cellulari dell'ordine del micron (μm): un essere umano è più grande un milione di volte di un batterio lungo $1,5 \mu\text{m}$! Essi svolgono un ruolo determinante nel degrado delle opere d'arte, principalmente di quelle i cui materiali costitutivi sono legno, carta, fibre vegetali (cotone, lino, canapa), materiali di origine animale (cuoio, pergamena).

I batteri sono procarioti unicellulari di varia forma (sferica, bastoncina, ricurva), con diametro di $0,1-1,5 \mu\text{m}$ e lunghezza $10-15 \mu\text{m}$. Le cellule possono rimanere singole o aggregate tra loro in vario modo (a coppie, catena, grappolo ecc.) (fig. 2). La membrana citoplasmatica è circondata da una parete con funzione protettiva e meccanica, responsabile della forma. A causa della diversa composizione della parete si distinguono batteri Gram positivi e Gram negativi, in base al differente comportamento nei confronti della colorazione di Gram (ideata dal medico danese Christian Gram, 1884): i batteri Gram positivi appaiono colorati in blu-violetto mentre i Gram negativi in rosa. I batteri possono essere mobili per la presenza di ciglia o flagelli; alcuni producono spore come forme di resistenza a condizioni ambientali sfavorevoli, termostabili e durevoli nel tempo. La riproduzione avviene per scissione binaria; è molto rapida, generalmente ogni 20-25 minuti. Tra i batteri deterioranti i beni culturali situati all'aperto figurano i **cianobatteri** (alghe azzurre), fotosintetici, ubiquitari e adattabili a condizioni ambientali avverse. Poiché possiedono pigmenti, sulle superfici producono patine di vario

colore. I cianobatteri insieme alle alghe danno origine a colonizzazioni più o meno estese che, soprattutto in monumenti e manufatti all'aperto o illuminati artificialmente, non solo ne modificano l'aspetto estetico ma concorrono al deterioramento in relazione alle forme di crescita. Se proliferano in superficie gli effetti sono ricoprente e/o corrosivo; distacchi e sollevamenti di scaglie del materiale si osservano nella crescita in fessure o cavità a contatto della superficie; l'azione deturpante invece è causata dallo sviluppo all'interno del materiale. Cianobatteri e licheni (simbiosi di funghi e alghe) sono frequenti sui monumenti in pietra esposti all'aperto e causano alterazioni cromatiche sulle superfici. Quando si sviluppano all'interno del substrato possono facilitare le infiltrazioni di acqua e danneggiarlo mediante produzione di acidi, in particolare quello ossalico che lega i metalli costitutivi il materiale dell'opera.

Gli **Attinomiceti** sono batteri filamentosi, considerati simili ai funghi da cui si differenziano per l'organizzazione cellulare procariotica e il ridotto diametro dei filamenti ($1-1,5 \mu\text{m}$), non settati; si riproducono mediante spore asexuali o conidi prodotti dagli sporofori. Attecchiscono sugli affreschi e sulle pietre già deteriorate in condizioni di elevata umidità e abbondanza di sostanze organiche; degradano la cellulosa dei tessuti vegetali e le fibre di collagene costituenti il cuoio e la pergamena. La loro presenza si manifesta sotto forma di patine biancastre o bianco-grigiastre a volte confuse con efflorescenze saline (fig. 3). Un importante ruolo nel deterioramento dei beni culturali è svolto dai **funghi o miceti** che, grazie alla loro grande capacità degradativa, possono svilupparsi su quasi tutti i substrati. Nel mondo si stima esistano 1.500.000 di specie, di cui conosciute solo circa 80.000. Sono organismi eucarioti, produttori di spore, senza attività fotosintetica, con nutrizione per assorbimento, riproduzione sia sessuata che asexuali. I funghi comprendono lieviti ($3-15 \mu\text{m}$), cellule isolate rotondegianti od ovalari e miceti filamentosi o muffe, multicellulari, costituiti dal micelio, aggregato di strutture filamentose e tubuliformi dette ife (diametro $2-10 \mu\text{m}$). A occhio nudo le muffe appaiono come colonie di

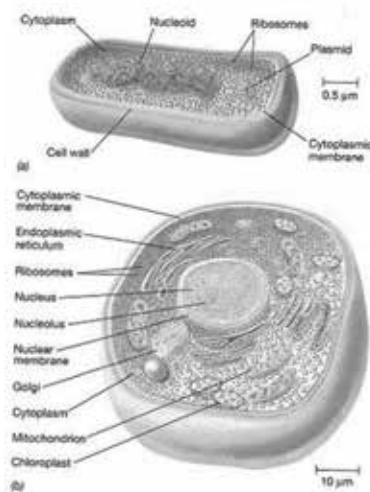


Fig. 1
Cellule procariotiche ed eucariotiche.



Fig. 2
Bacilli lunghi circa $5-10 \mu\text{m}$
al microscopio elettronico.

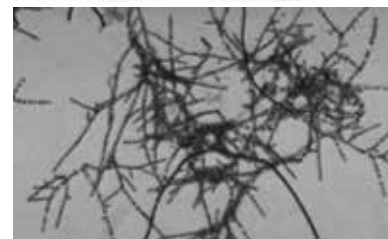


Fig. 3
Attinomiceti su pergamena.
Attinomiceti al microscopio.

aspetto cotonoso, lanoso, vellutato, polveroso, spesso colorate per produzione di pigmenti; l'osservazione microscopica delle strutture riproduttive ne permette l'identificazione (fig. 4).

Dei danni alle opere d'arte i funghi sono uno dei principali responsabili, grazie alla produzione di enzimi con cui attaccano i substrati per ricavarne sostanza organica necessaria al metabolismo. Se il materiale è legno esposto a specifici fattori chimici, fisici e biologici, un attacco fungino può causare danni di natura cromatica (funghi cromogeni) o strutturale (funghi della carie).

Nel primo caso la colorazione, che va dal grigio all'azzurro al nero, in base alla localizzazione fungina sarà superficiale o profonda ("azzurramento"); nel secondo caso il legno perde massa e consistenza, presenta variazione di colore e delle caratteristiche fisico meccaniche. Nessun fungo può svilupparsi in legni interamente saturati dall'acqua che, non contenendo ossigeno, impediscono lo sviluppo degli organismi aerobi. Un esempio di biodeterioramento fungino sono le sculture in legno conservate in ambienti umidi, anche museali.

Dai campioni delle opere di un noto scultore italiano prelevati per l'analisi microbiologica effettuata nel laboratorio dell'Università di Urbino sono stati isolati i miceti responsabili delle macchie colorate individuate sulle opere (fig. 5).

Il restauro pertanto deve prevedere un trattamento biocida con prodotti specifici per gli organismi isolati, nonché un controllo dell'ambiente nel quale l'opera è collocata.

I dipinti su tela sono anch'essi facilmente aggredibili dai funghi essendo costituiti da materiali di origine sia animale che vegetale, ottimi substrati di crescita per i microrganismi (fig. 6). La loro suscettibilità al degrado biologico dipende da vari fattori, quali composizione chimica delle fibre, caratteristiche strutturali del manufatto, temperatura e umidità ambientali.

Gli stessi interventi di restauro possono aumentare la suscettibilità al degrado biologico, per esempio con l'uso di colle, utilizzate dai microrganismi come nutrienti, o con la conservazione sotto vetro delle opere, che causa la formazione di condensa. I microrganismi sono ubiquitari, pro-

ducono benefici per tutta la biosfera e "convivono" con gli altri esseri viventi. Tuttavia in diverse situazioni, riproducendosi, determinano danni alle piante, agli animali, all'uomo e ai suoi manufatti. È quanto accade nel biodeterioramento del patrimonio artistico in cui, basandosi sulla conoscenza delle specie, dei processi metabolici e dei fattori ambientali, è possibile attuare misure capaci di limitare o eliminare i microrganismi.

Luigia Sabatini, biologa area tecnico-scientifica dell'Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", si occupa di microbiologia diagnostica e sperimentale; svolge esercitazioni e seminari di Igiene e Microbiologia per gli studenti dei corsi di laurea in cui è prevista tale materia. Offre la propria collaborazione scientifica al corso di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali effettuando analisi microbiologiche sulle opere d'arte.

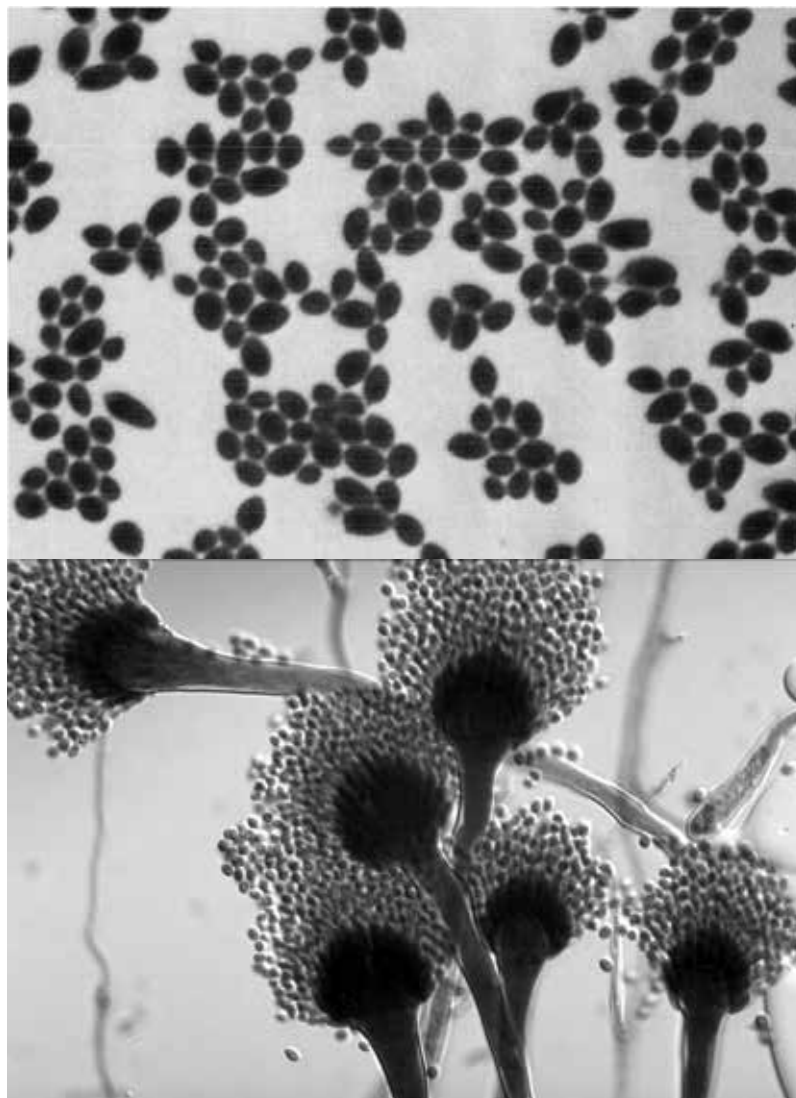


Fig. 4
Lievito.
Micete filamentoso.

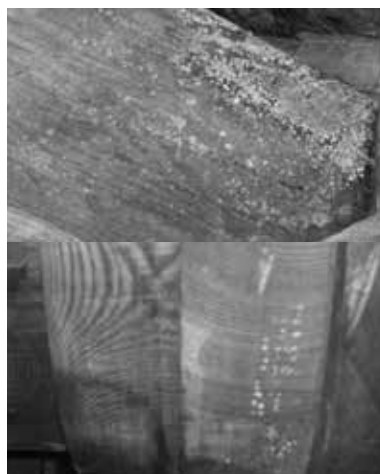


Fig. 5
Attacco fungino a sculture lignee.



Fig. 6
Ritratto alterato da colorazione fungina.