



Biotechnologie GRIGIE

madforscience.fondazionediasorin.it

Le bioteologie Grigie o Ambientali includono aspetti di ricerca biotecnologica per lo sviluppo di approcci innovativi e tecnologici, per il monitoraggio a lungo termine dell'impatto ambientale e per il potenziamento delle tecnologie di biorisanamento anche di quelle naturalmente presenti nei sistemi ambientali, attraverso la scoperta di nuovi microrganismi, di geni funzionali e vie metaboliche ancora inesplorati. Questo comparto in Italia è cresciuto del 9% tra il 2019 e il 2021.¹

Proprio grazie alla maturazione di queste bioteologie, è possibile ora prospettare uno scenario più ottimista di quello che Barry Commoner² aveva ritratto nel suo libro *"The closing circle"* sull'incompatibilità della moderna società industriale con la salute ecologica, poiché tra biotecnologia e biodiversità si è ora stabilito un proficuo circuito di flussi sinergici di materiali, servizi e idee.

I dati più recenti rilevano la presenza (tra Europa e Stati Uniti) di circa un milione di siti inquinati³ da rifiuti pericolosi e da contaminanti industriali con i costi ambientali, sociali ed economici che ne conseguono. Tali considerazioni portano a ritenere che, per garantire uno sviluppo sostenibile durevole si debba includere l'adozione **diffusa di processi e prodotti puliti** e di **tecnologie per il ripristino degli ecosistemi** (biorisanamento ambientale) cioè la rimozione tramite l'uti-

lizzo di microrganismi geneticamente modificati, di inquinanti ambientali difficilmente eliminabili con tecniche chimico-fisiche.

Il mondo microbico, spesso percepito come una minaccia alla salute e al benessere data la cattiva fama conferitagli dai patogeni di esseri umani, animali e piante, è in realtà il motore fondamentale che rende possibile il riciclo **degli elementi su scala planetaria**, restituendoli ai cicli biogeochimici, attraverso i processi di **biodegradazione e remediation**.

I microrganismi sono beneficamente presenti in ogni distretto del corpo umano e in ogni grammo del suolo con milioni di specie che svolgono numerose funzioni, quali per esempio la fissazione dell'azoto, la mobilitazione del fosforo, la produzione di molecole di utilità per le piante come per esempio fitormoni, auxine e vitamine.

I processi microbiologici responsabili della trasformazione degli inquinanti (biodegradazione, mobilitazione, immobilizzazione, detossificazione) guidano la capacità di auto-depurazione degli ecosistemi. A volte però l'accumulo di inquinanti altamente tossici nell'ambiente è troppo elevato perché i microrganismi riescano da soli a smaltirlo, si rende quindi necessario un aiuto per sfruttare al meglio le loro potenzialità e tradurle in efficaci tecnologie di biorisanamento.

Le vie possibili per attivare e migliorare que-

1 - <https://assobiotec.federchimica.it/attivita%20C3%A0/dati-e-analisi/bioteologie> (DOSSIER REPORT BIOINITALY 2022)

2 - B. Commoner (1971), *The closing circle*, Bantam Edition, New York, ISBN 0-553-12921-X

3 - <https://www.eai.enea.it/archivio/speciale-bioteologie-per-lo-sviluppo-sostenibile/bioteologie-per-l-ambiente.html>

ste potenzialità naturali comportano un controllo di tipo biogeochimico con l'induzione di cambiamenti nei parametri fisico-chimici dei sistemi ambientali da trattare (pH, temperatura, donatori o accettori di elettroni ecc.) o un **“aggiustamento di nicchia”**, mediante adeguati inoculi di microrganismi o di comunità microbiche, che possano favorire la trasformazione degli inquinanti presenti, con tecniche quali la **biostimolazione** con aggiunta di nutrienti per favorire la crescita dei batteri autoctoni e con la **bioaugmentation** con aggiunta di batteri competenti, autoctoni o alloctoni, per aumentare le capacità cataboliche rilevanti per il processo di biorisanamento.

La *bioaugmentation* ha permesso di ottenere risultati positivi riguardo la **co-contaminazione** (concomitanza di metalli pesanti e inquinanti organici) e la **bonifica di siti minerari**; a volte però la mancanza di conoscenza di uno scenario ecologico complesso ha portato ad alcuni fallimenti.

Essa infatti è influenzata da molti fattori, quali le caratteristiche fisico-chimiche dei contaminanti che possono ridurre l'attivi-



tà microbica; la presenza di alcuni elementi che limitano il trasferimento di massa (ad esempio la presenza di argilla o il contenuto di sostanza organica del suolo); i fattori di ecologia microbica (flusso energetico, attività microbica spontanea, predatori, competitori, co-substrati, patrimonio genetico dei microrganismi rilevanti, stabilità e attività enzimatica) e la metodologia scelta per l'inoculo (selezione dei ceppi, concentrazione e metodi di inoculo, eterogeneità dell'inoculo). Nel suolo, uno dei principali problemi associati alla bioaugmentation è la sopravvivenza dei microrganismi inoculati e la **microbiostasi**, cioè l'arresto della crescita e della riproduzione microbica, a causa di possibili stress abiotici e biotici. Lo studio accurato della strategia di inoculo è un elemento chiave: gli inoculi devono essere metabolicamente competenti, in grado di sopravvivere e di catturare il flusso energetico per guidare attivamente l'intera comunità microbica verso i processi biochimici necessari per la bonifica.⁴

Oltre alle esigenze di risanamento ambientale anche la richiesta di produzioni industriali più ecocompatibili è in rapido aumento, dalle biotecnologie è arrivata una risposta concreta, per esempio, con la sostituzione di processi chimici altamente inquinanti con alternative “biotecnologiche” quali **bioprocessi** o **reazioni enzimatiche** nei più svariati settori.

4 - <https://www.eai.enea.it/archivio/speciale-biotecnologie-per-lo-sviluppo-sostenibile/biotecnologie-per-l-ambiente.html>

Il DNA ricombinante è attualmente la principale tecnologia nello sviluppo e produzione di nuovi enzimi industriali di tutte le classi di enzimi, circa l'80% degli attuali enzimi industriali appartengono al gruppo delle idrolasi (es. carboidrolasi, esterasi, proteasi) e sono prodotti da microrganismi ricombinanti che secernono le proteine nel mezzo di coltura il che facilita enormemente il *downstream processing* cioè il processo finale di recupero dei prodotti biosintetici. In anni più recenti, sono state introdotte in commercio alcune ossidoreduttasi che offrono prospettive interamente nuove ed anche una pectinasi alcalina usata nella bio-preparazione del cotone grezzo.⁵

L'uso di enzimi in processi industriali ed alimentari non è una novità, può essere datato attorno all'inizio del secolo scorso. I primi esempi sono gli impieghi di **proteasi pancreatiche** nei processi di concia di pelli grezze e nella sgommatura della seta per l'eliminazione della sericina, la proteina di rivestimento della fibra di seta, o di **proteasi vegetali** o microbiche nella stabilizzazione della birra, o con l'utilizzo di **rennina bovina** in caseificazione ed infine di **amilasi batteriche** o fungine nella rimozione della "guaina" di protezione, a base amido, del filo di cotone aggiunta in fase di filatura (sbozzima).

All'inizio degli anni '60 furono introdotte

le prime proteasi (cisubtilisine batteriche) per la detergenza casalinga. Negli anni '70 la produzione di dolcificanti sotto forma di sciroppi di glucosio-fruttosio da amido di cereali o tuberi stimolò la scoperta di varie amilasi batteriche e fungine e di glucosio isomerasi, rappresentando il primo completo processo enzimatico di produzione industriale di dolcificanti. Verso il termine degli anni '80, le cellulasi furono introdotte con successo principalmente nella filiera tessile e, in parte, anche in quella cartaria.

Gli enormi sviluppi della biotecnologia industriale, particolarmente in biologia molecolare, ingegneria proteica e tecnologie di fermentazione, ha stimolato lo sviluppo di nuovi impieghi di **enzimi** in diversi ambiti. Le quattro aree industriali che rappresentano il maggior impiego di enzimi sono la detergenza, l'alimentare e mangimistica, il tessile ed il conciaro.

In **detergenza**, gli enzimi contribuiscono all'efficiente rimozione di macchie di sporco composto prevalentemente da proteine, amido e grassi dai capi d'abbiglia-



5 - https://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2001_4_37_ca.pdf

mento, dai tessuti ed articoli casalinghi. Esaltano l'azione dei tensioattivi migliorando la performance del processo di lavaggio, anche a temperature più basse e per cicli più corti che nei lavaggi tradizionali ad alte temperature. Almeno quattro le famiglie di enzimi usati in detergenza: proteasi, amilasi, lipasi e cellulasi, a cui si potrebbe aggiungere la recente perossidasi che contribuisce con un effetto candeggiante e di ossidazione di coloranti scaricati da capi tinti male con toni scuri.

Questi **detersivi enzimatici** efficaci sulle comuni macchie possono essere facilmente prodotti in versione casalinga utilizzando il lievito e altri semplici ingredienti. Hanno dimostrato una buona efficacia come repellente contro gli insetti.⁶

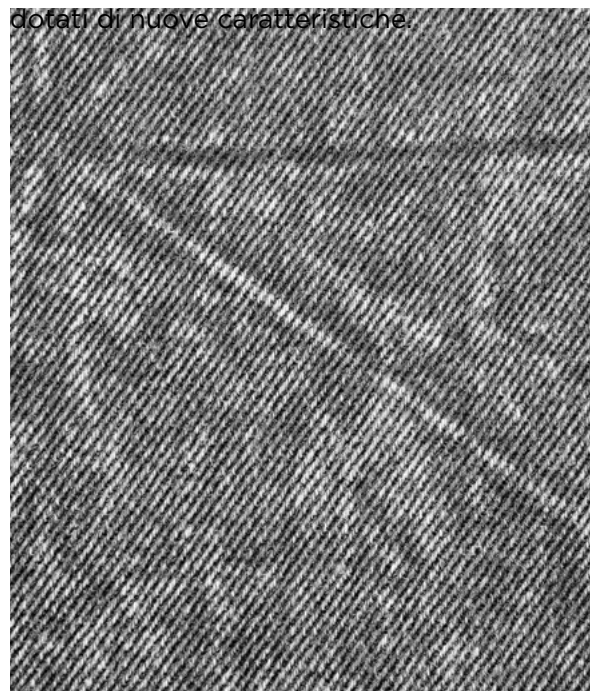
Nell'industria tessile⁷, le applicazioni degli enzimi hanno subito sorprendenti sviluppi in anni recenti, gli impieghi di cellulasi consentono una nuova gamma di processi industriali di nobilitazione, finissaggio ed "effetti moda" di tessuti e capi confezionati, con un approccio ecologico interamente basato su agenti biologici completamente biodegradabili come per esempio nello **stone washing** enzimatico, il trattamento con cellulasi di blue jeans e di altri articoli d'abbigliamento confezionati in denim, per dare quel particolare aspetto invecchiato, ottenuto in passato con la pietra pomice che produceva abrasioni sul tessuto e ne

schiariva il colore.

Sono in corso di sperimentazione soluzioni innovative per la trasformazione di uno dei principali materiali di scarto della lavorazione della pelle, il pelo, in una materia prima secondaria da impiegare per la produzione di fertilizzanti e biostimolanti per l'agricoltura, attraverso la riduzione dei fanghi di depurazione con l'introduzione di un nuovo sistema di depilazione enzimatica - ossidativa con "recupero" del pelo.

Un ulteriore impulso allo sviluppo delle biotech è atteso dalla **biologia di sintesi**, un ambito di ricerca interdisciplinare tra biologia molecolare, chimica, ingegneria, biotecnologia e tecnologie dell'informazione che sviluppa in laboratorio sistemi biologici come cellule, molecole e tessuti, oltre che per mettere a punto o produrre organismi

dotati di nuove caratteristiche.

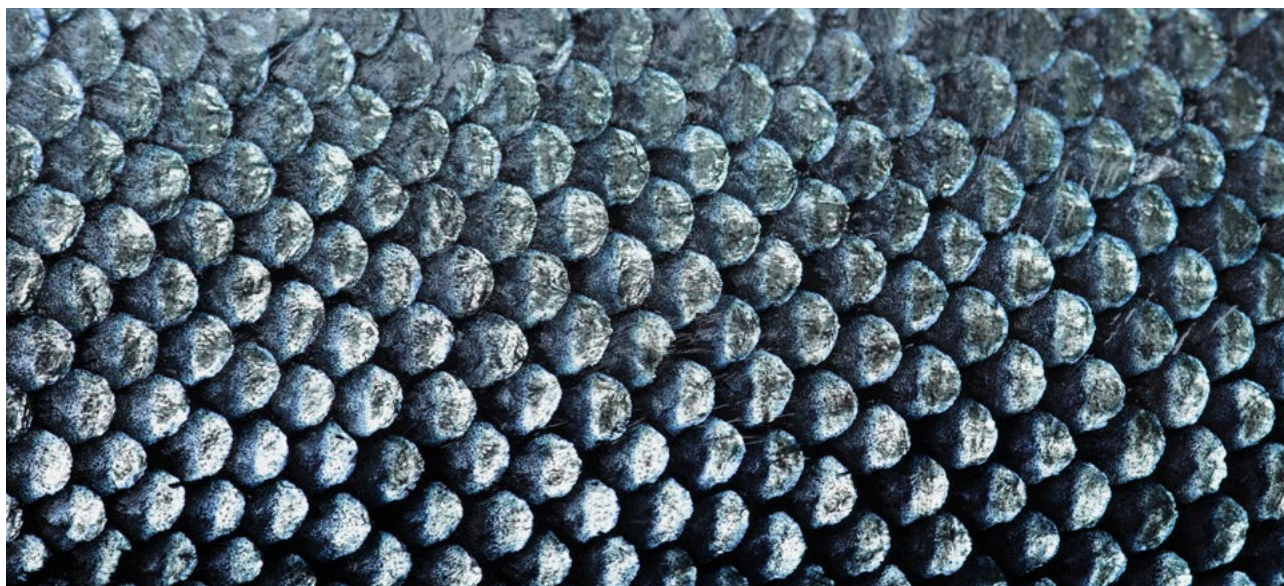


6 - <https://www.greenme.it/casa-e-giardino/pulizie-ecologiche/detersivo-enzimatico-diy/>

7 - https://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2001_3_55_ca.pdf

A differenza dell'ingegneria genetica classica, infatti, non si trasferiscono singoli geni in un organismo, ma si introducono **elementi e sistemi biologici** nuovi o modificati (per es. una via metabolica con più geni coinvolti), in modo che questi producano una determinata sostanza, per esempio un medicamento, un aroma o un biocarburante. Questi processi permettono di ottenere materiali che nessun organismo naturale produce, come ad esempio l'1,4-butaendiolo, una sostanza chimica di base destinata alla fabbricazione di materie plastiche che si ottiene attraverso un processo di sintesi che comprende geni la cui sequenza di DNA è stata definita al computer ma non esiste naturalmente.

Le bioteologie possono diventare la chiave dell'economia circolare trasformando gli scarti dalla produzione industriale in nuovi materiali: come la pellicola per alimenti prodotta a partire da scaglie e pelle di branzini e cefali pescati⁸, o all'**imballaggio bio-based** prodotto da un Up piemontese⁹ che ha sviluppato una sorta di seconda buccia che, dopo essere stata applicata sulla frutta, diventa trasparente ed inodore. Un materiale creato a partire da componenti estratti dai sottoprodotti agricoli che manterrebbe la frutta e verdura fresca fino a tre volte in più, riducendo quindi gli scarti alimentari durante la fase distributiva e aumentandone di fatto la *shelf life*.



8 - https://www.unive.it/pag/14024/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=11472&cHash=c78a46c5fce0f45853dcb25456e3ccc8

9 - https://www.repubblica.it/green-and-blue/2022/02/16/news/agree_biopellicola_scarti_agricoli-337848719/