

ART **02**

Le biotecnologie contribuiscono a preservare le risorse ambientali

FD FONDAZIONE Diasorin

madforscience.fondazionediasorin.it

MAD
FOR
SCIENCE



Negli anni '60 la biologa marina Rachel Carson pubblica sul periodico *The New Yorker* *Silent spring*¹, un dettagliato reportage sulle gravi conseguenze dell'uso dei pesticidi su ambiente e salute.

Dalla riflessione sull'assenza di uccelli nella "primavera silenziosa" di quell'anno, nasce lentamente nella popolazione la consapevolezza che anche **l'ambiente è un'importante risorsa**, anzi è un insieme di risorse da tutelare e utilizzare con cautela.

Contemporaneamente e in maniera indipendente, numerosi scienziati in tutto il mondo sperimentano le prime tecniche di ingegneria genetica: nasce gradualmente una nuova disciplina che si basa sulla conoscenza e l'utilizzo del DNA e che espande i confini dell'agire umano, la **biotecnologia**.

Oggi, grazie a una sempre crescente **consapevolezza ambientale** e ai progressi della **ricerca biotecnologica**, la società dispone di importanti strumenti per valorizzare le materie prime che il pianeta ci offre, utilizzandole per la salvaguardia della salute dell'uomo e dell'ambiente. La valorizzazione di queste risorse parte dal loro utilizzo in un'ottica di risparmio e di **economia circolare** recuperando, ad esempio, gli **scarti di produzione**, ossia quei residui che, pur contenendo ancora al loro interno sostanze di valore, venivano tradizionalmente eliminati.

Il progetto *Il Vetralla*, ad esempio, si concentra sul recupero di antiossidanti naturali ottenuti dai sottoprodotti di trasformazione dell'industria agroalimentare, come **noccioli di oliva e gusci e perisperma di nocciole**, normalmente scartati dai processi produttivi. Questa ricerca di dottorato, svolta presso l'Università degli Studi della Tuscia (VT)², ha inizialmente messo a punto una procedura di estrazione dei principi attivi, per poi determinare la presenza di fenoli totali e tannici, l'attività antiradicalica e antiperossidica. Tra i sottoprodotti testati, i residui pellicolari di nocciola (perisperma) hanno fornito la più elevata resa di estrazione ed estratti grezzi con un tenore fenolico eccezionalmente elevato ed attività antiossidante.

Uno studio successivo, svolto presso l'Università di Torino³, ha indagato il possibile impiego del perisperma di

nocciola nella produzione di **yogurt** per una sua **funzionalizzazione** in termini di fibra dietetica e contenuto in antiossidanti. Gli yogurt prodotti sono stati monitorati per le loro caratteristiche fisico-chimiche, per il contenuto totale di composti fenolici e per la loro attività antiossidante ogni 7 giorni per 3 settimane di *shelf-life*. A fine stoccaggio gli yogurt sono stati sottoposti ad assaggio da parte di un panel di volontari, dimostrando la possibilità di impiegare il perisperma di nocciola come fonte alternativa di fibra dietetica e di antiossidanti nello yogurt ed evidenziando in modo particolare che la funzionalizzazione rimane costante o addirittura incrementa nel corso della *shelf-life*.

Proprio lo yogurt è un ottimo prodotto su cui fare esperienza a scuola, per affrontare il tema delle biotecnologie tradizionali e successivamente sperimentarne di più avanzate. In rete si possono trovare spunti per produrre diversi tipi di yogurt, analizzarne i ceppi microbici presenti e, successivamente, creare il proprio esperimento di nutraceutica⁴. Tra gli alimenti più presenti sulle tavole degli italiani troviamo senz'altro l'**olio d'oliva**, ricco di grassi mono e polinsaturi, tra cui gli acidi essenziali, linoleico e linolenico, ma anche polifenoli, vitamina E e squalene, tutti con potente azione antiossidante.



¹ <https://www.newyorker.com/contributors/rachel-carson>

² <http://hdl.handle.net/2067/1048>

³ <https://hdl.handle.net/2318/1576153>

⁴ https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/FoodSci_p072/cooking-food-science/bacteria-living-in-yogurt

La coltivazione e la lavorazione di *Olea europaea* produce diversi scarti, tra cui le **acque di frantoio**, che sono di colore scuro e ricche di composti organici come zuccheri, acidi organici, tannini, polifenoli, pectine, lipidi, proteine e minerali (potassio, fosforo e calcio). La ricerca e lo studio sulle acque di vegetazione sono in continua espansione, sia per il loro corretto smaltimento che, soprattutto, per la loro valorizzazione. Gli studi relativi a tali acque si concentrano maggiormente nei composti fenolici presenti, ovvero quei composti aromatici che rallentano l'ossidazione delle cellule dell'organismo umano riducendo il rischio di contrarre malattie degenerative, come cancro e malattie cardiovascolari. Questi composti sono molto importanti e infatti da sempre utilizzati nell'industria farmaceutica, cosmetica e alimentare.

Oltre all'impiego di tali sostanze con fini **nutraceutici**, le più recenti ricerche esplorano anche altre applicazioni, come l'utilizzo dei polifenoli estratti per **lotta biologica** alla mosca dell'olivo⁵, che da sempre affligge severamente queste coltivazioni.

Altre ricerche si basano sulla valorizzazione della **sansa di oliva**, la massa semi-solida, costituita da frammenti di bucce, noccioli e semi contenuti nelle drupe, derivanti dalla spremitura delle olive. Essendo ancora molto ricca di sostanze utili - cellulosa, emicellulosa, lignani, zuccheri, proteine, acidi organici -, diversi studi sperimentano il suo utilizzo nell'industria alimentare.

Le sostanze nutraceutiche così estratte possono essere adizionate ad alimenti a base di **cereali**, come i prodotti da forno, per soddisfare consumatori sempre più attenti ai cibi sani, biologici, di origine naturale, ad elevato valore nutrizionale, ricchi di molecole utili e potenzialmente benefiche per la salute. Oltre alla produzione di pasta e biscotti funzionalizzati, si sta sperimentando anche su alimenti tradizionali come i **taralli**, prodotti ad esempio con farina di grano duro, acqua, sale e olio extravergine di oliva, oltre a un 20% di sansa di oliva precedentemente fermentata, valutandone l'effettivo miglioramento nutrizionale e salutistico⁶.

Con le opportune semplificazioni e cautele, tali esperimenti possono essere effettuati anche in **ambiente scolastico**, utilizzando tecniche biotecnologiche tipiche della ricerca e

approfondendo anche gli aspetti relativi all'alimentazione individuale, secondo il detto di Ippocrate "*le differenze nelle malattie dipendono dall'alimentazione*"⁷. Questa riflessione trova oggi ampio spazio anche nella **nutrigenomica**, o genomica nutrizionale, la nuova scienza in rapido sviluppo che studia gli effetti delle molecole degli alimenti sui geni e, di conseguenza, sulla salute.

Anche il **mare**, oggi spesso sovrasfruttato da una pesca eccessiva e non rispettosa dei fondali, offre numerose opportunità di valorizzazione degli scarti, grazie alle **biotecnologie blu** inserite in un più ampio percorso di **blue economy**.

Tra le più interessanti ricerche sul Mar Adriatico, troviamo sia quelle rivolte alla valorizzazione del **bycatch**, ossia delle catture accidentali di organismi non destinati al mercato ittico e dunque rigettati in mare spesso morti, sia studi finalizzati alla valorizzazione di **specie aliene** come il granchio blu, per trasformarle da problema a risorsa.

Il progetto "*Ottimizzazione e valorizzazione degli scarti della pesca a strascico costituiti da granchi di sabbia*" dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale di Teramo⁸, da poco concluso, ha studiato la possibilità di estrarre **chitina e chitosano** dai piccoli crostacei facenti parte del *bycatch*.

Entrambe sono molecole utilizzate in molti processi industriali, ad esempio alimentari, come antiossidanti, emulsionanti, componenti per pellicole edibili, flocculanti e chiarificanti o conservanti alimentari. Il chitosano può inoltre essere utilizzato in agricoltura per il trattamento delle sementi e come **biopesticida**; in vinificazione è utilizzato come chiarificante; in medicina è utilizzato nella creazione di bendaggi emostatici e come agente antibatterico, ma è anche impiegato per facilitare l'assorbimento di farmaci attraverso la pelle.

⁵ https://thesis.unipd.it/retrieve/56170ab4-3beb-416d-a0ea-de38b86f2130/Storti_Gianmarco.pdf

⁶ <https://tesi.univpm.it/retrieve/4ba27cff-7ff1-413c-92ea-e4ead6dd57d6/TESE%20DA%20CARICARE.pdf>

⁷ <https://biblioteca.unibas.it/contents/instance1/files/document/3836nutraceutici57.pdf>

⁸ https://www.izs.it/IZS/Engine/RAServeFile.php/f/pdf_pubblicazioni/RELAZIONE_GRANCHIO_FINALE_DEFINITIVA.pdf

Oltre a valorizzare scarti ittici che altrimenti andrebbero perduti, la produzione interna di queste molecole eviterebbe la dipendenza dai paesi esteri, in particolar modo da quelli asiatici, da cui attualmente proviene la materia prima. Sempre chitina e chitosano sono alla base del **brevetto**, registrato da alcuni ricercatori dell'Università Ca' Foscari di Venezia⁹, per trasformare la chitina in **nanomateriali intelligenti** con proprietà funzionali utili in diversi campi che spaziano dalla **biomedicina**, al **packaging** biosostenibile, fino al restauro e alla conservazione di libri e documenti. Tra le altre, una importante applicazione riguarda la creazione di **film flessibili** che, opportunamente additivati con sostanze di origine naturale estratte da biomassa lignocellulosica, trovano impiego come **patch medicali**, film adesivi o antiadesivi con proprietà simili all'eparina, offrendo soluzioni personalizzate per le esigenze mediche. Una seconda applicazione riguarda la creazione di **smalti per unghie** 100% naturali. Questi smalti, disponibili in di-



verse colorazioni, hanno notevole attività antifungina intrinseca grazie alla presenza di chitina e chitosano e, essendo a base d'acqua, eliminano gli odori sgradevoli associati agli smalti tradizionali, offrendo una soluzione igienica e naturale per la cura e la cosmesi delle unghie.

Sempre dal **granchio blu**, alcune start-up come la marchigiana BioChiCa estraggono molecole bioattive esplorandone le capacità ambientali come l'assorbimento di **microplastiche**, metalli pesanti e inquinanti organici. Studiano così la purificazione dell'acqua, ma anche la produzione di materiali per l'eco-design e la bio-architettura, all'interno del progetto "ENABLING"¹⁰ del programma Horizon 2020 dell'Unione Europea per la produzione di BBPs – **Biobased Products** a basso impatto ambientale.

Per concludere la panoramica sulle risorse offerte dal mare occorre citare anche il progetto FISH4FISH¹¹, attivato da un consorzio di università e privati, per la produzione di **bioplastica** a partire da gusci di **crostacei**, da utilizzare in particolare nella filiera ittica.

Proprio la bioplastica è uno dei materiali più interessanti su cui sperimentare a scuola, partendo dalla semplice produzione di plastica *ecofriendly* ottenuta dall'amido di mais, per elaborare poi altri materiali polimerici a partire da diverse fonti naturali, in un vero progetto di ricerca¹².

In un'ottica non solo di diminuzione degli impatti ambientali, ma anche di **disinquinamento** di siti contaminati, le biotecnologie offrono numerose tecniche basate su organismi tanto importanti quanto poco visibili, come batteri, lieviti e funghi filamentosi. I **funghi** sono organismi adatti ad essere usati nei processi di biorisanamento perché hanno un metabolismo che permette loro di crescere e sopravvivere in presenza di sostanze tossiche e in condizioni estreme non tollerabili per la maggior parte degli altri organismi. Uno dei molteplici vantaggi dell'utilizzo dei funghi è la loro **efficacia depurativa** anche quando la concentrazione e la biodisponibilità degli inquinanti è molto bassa, come nel caso di farmaci o altri interferenti endocrini dispersi nelle acque reflue.

⁹ https://unive.it/pag/14024/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=15123

¹⁰ <https://www.enabling-project.com/>

¹¹ <http://fish4fish.dbcf.unisi.it/>

¹² <https://chimica.pls.unige.it/2010-2012/62-bioplastica-dall-amido>

Un'altra caratteristica specifica dei funghi filamentosi è la loro struttura ifale che ne aumenta di molto le capacità di assorbimento, distribuzione e colonizzazione. Infine, diversi funghi filamentosi sono in grado di agire sugli inquinanti organici più difficili, come clorofenoli e diossine, toluene e idrocarburi.¹³

La **mycoremediation** è attualmente utilizzata nella bonifica di numerosi siti inquinati, come nell'ambito del progetto LIFE BIOREST, con una partnership italo-franco-spagnola impegnata nel dimostrare la sostenibilità di un metodo di biorisanamento fondato sulla selezione e **bioaugmentation** di ceppi microbici autoctoni scelti per la loro alta capacità degradante. Lo scopo ultimo è quello di ripristinare le caratteristiche ecologiche dei suoli, contrastare la perdita di fertilità, biodiversità e resilienza e restituire alla comunità nuove aree verdi.¹⁴

Tale approccio, infatti, prevede la selezione, tra gli organismi autoctoni, di quelli capaci di utilizzare le molecole inquinanti come fonte di crescita, quindi coltivarli in grandi quantità e reimmetterli nel suolo. Qui inizieranno la degradazione delle molecole target, trasformandole in sostanze via via più semplici, le quali saranno utilizzate da altre specie per crescere, dando vita ad una rete di processi metabolici tra specie diverse che porterà ad una comunità microbica specifica, capace di bonificare il suolo.

Spesso questi studi per tipizzare le comunità microbiche si avvalgono di tecniche **metagenomiche**, ovvero tecniche di studio del DNA di una intera comunità microbica, per un totale di almeno 100 Mbp (milioni di coppie di basi), a partire da un campione ambientale. Queste indagini consentono la raccolta di big data che forniscono utili informazioni su possibili interazioni tra microrganismi diversi, in particolare quando alcuni di essi sono difficili o impossibili da coltivare. È così possibile esplorare l'ecologia di comunità multiple e il loro potenziale metabolico in una grande varietà di ambienti, con una significativa ricaduta sullo sviluppo delle biotecnologie ambientali.

In siti contaminati complessi, come il Petrochimico di Marghera (VE) o il polo industriale di Bagnoli (NA), ven-

gono spesso messe in atto numerose tecniche di **bioremediation** tra loro complementari, che agiscono contemporaneamente su diverse tipologie di sostanze inquinanti presenti in matrici diverse. A Bagnoli, ad esempio, è attivo il progetto LIFE SEDREMED¹⁵, finanziato dall'Unione Europea per sviluppare soluzioni innovative per la **decontaminazione di siti marini inquinati**. La metodologia utilizzata si basa sul **biorisanamento** e sull'**elettrocinetica** per la decontaminazione dei sedimenti marini costieri. I partner del progetto, entro il 2025, svilupperanno un prototipo per l'applicazione di microrganismi all'interno dei sedimenti e aumenteranno le loro capacità di biorisanamento grazie alla trasmissione di corrente elettrica, inizialmente su scala di laboratorio e successivamente sul campo. I microrganismi saranno così stimolati a metabolizzare contaminanti organici (come IPA, PCB, PCDD) e metalli pesanti come Pb, Hg, Cd, Cu, Zn e As.

Per decontaminare i terreni è stata messa a punto la nuova tecnica delle **biopile**, basata sulla capacità dei microrganismi autoctoni del terreno di degradare alcuni tipi di contaminanti quali prodotti del petrolio come BTEX (benzene-toluene-etilbenzene-xilene) e IPA (idrocarburi policiclici aromatici), in determinate condizioni ambientali. Il terreno viene scavato e successivamente sistemato in cumuli di forma allungata, nei quali l'attività aerobica dei microrganismi è stimolata attraverso aerazione e aggiunta di nutrienti, minerali e acqua, per degradare i prodotti adsorbiti dal terreno. Nella rimozione dei contaminanti petroliferi, i composti più leggeri tendono ad essere rimossi per volatilizzazione durante l'aerazione dei terreni, mentre gli altri componenti vengono rimossi per biodegradazione. Applicando questa tecnica alla bonifica di terreni contaminati dalla fuoriuscita di petrolio da una raffineria a Czechowice (CZOR) nella Polonia meridionale, dopo 20 mesi più dell'81% (120 tonnellate) di idrocarburi di petrolio è risultato biodegradato e la rimozione stimata di BTEX per il progetto è stato tra il 90–99,9%.¹⁶

¹³ https://iris.unige.it/bitstream/11567/1047012/4/phdunige_4067515.pdf

¹⁴ <https://www.lifebiorest.com/>

¹⁵ <https://life-sedremed.eu/it/homepage/>

¹⁶ <https://medium.com/epitome-ia/biopile-una-biotecnologia-al-servizio-dellambiente-a720a5256a9b>

Anche gli organismi più complessi come i **vegetali** svolgono un importante ruolo disinquinante nell'ecosistema. La tecnica del **fitorisamento**, infatti, consente di rimuovere gli inquinanti presenti nell'ambiente mediante l'uso di piante verdi, che possiedono una capacità intrinseca di assorbire le sostanze chimiche. Specie diverse mostrano differenti potenziali di assorbimento e degradazione pertanto, conoscendo e sfruttando queste loro caratteristiche, è possibile bonificare in maniera biologica terreni, fanghi, sedimenti e acqua inquinati da contaminanti organici e inorganici.

Oltre quello semplice, si sperimenta anche il **fitorisamento assistito** da microrganismi, sviluppato ad esempio anche da ENEA per bonificare i suoli di miniera. Durante il progetto Europeo UMBRELLA del FP7, nel sito italiano della miniera abbandonata di blenda e galena (Zn e Pb) di Ingurtosu, in Sardegna, è stata utilizzata una pianta pioniera endemica, *Euphorbia pythiusa*, associata a un opportuno consorzio di 10 ceppi batterici nativi, selezionati per le migliori capacità di resistenza ai metalli pesanti e di promozione di crescita delle piante (PGP) e **micorrize** autoctone. Il monitoraggio dell'attività microbica del suolo, delle piante e del terreno ha evidenziato una certa capacità spontanea di assorbimento di zinco da parte della pianta, un effetto positivo dei batteri sullo stato di salute della pianta e

una riduzione della concentrazione dei metalli nel suolo¹⁷. Da ultimo vanno ricordate le applicazioni biotecnologiche finalizzate al disinquinamento dell'aria, come quelle basate sui **muschi**. Questi piccoli organismi vegetali che appartengono alle *Briofite*, possono essere utilizzati sia come **bioaccumulatori** che per la bioremediation. Nel progetto europeo *Mossclone*¹⁸, il muschio *Sphagnum palustre* è stato caratterizzato biologicamente, clonato in bioreattori appositamente progettati per la produzione su vasta scala, successivamente preparato in sacchetti per la distribuzione e l'utilizzo. Queste "moss bags" contenenti il muschio clonato sono state testate sul campo in numerosi paesi tra cui l'Italia, per inquinanti come IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e metalli pesanti come piombo, cadmio, mercurio. Si tratta di una tecnica economica, pratica ed efficace, che ha mostrato di essere più sensibile degli strumenti di monitoraggio atmosferico al momento disponibili, per alcuni inquinanti¹⁹.

Ancora, i muschi possono essere utilizzati come agenti disinquinanti, allestiti in opportuni "Moss walls" che assorbono le sostanze nocive presenti in atmosfera, in un sistema di bioremediation che li rende piccoli ma preziosi alleati della nostra salute.



¹⁷ <https://www.eai.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=826&catid=37&Itemid=1823>

¹⁸ https://usiena-air.unisi.it/retrieve/handle/11365/981880/49563/MossClone-Giordano_7BioMap_2015.pdf

¹⁹ <https://cordis.europa.eu/article/id/151197-monitoring-air-pollution-with-moss/it>