

EDIZIONE A.S. 2025/26

ARTICOLO 3

RISORSE NATURALI E SALUTE

Come la ricerca ci aiuta a salvaguardare persone e ambiente

madforscience.fondazionediasorin.it

Le biotecnologie utilizzano le risorse biologiche come importanti alleate per garantire la salute e la sicurezza alimentare, preservare l'integrità climatica, affrontare la povertà e la perdita di biodiversità.

In alcuni casi, anche le sostanze inizialmente inquinanti come il PET rilasciato nell'ambiente possono rivelarsi utili risorse. Il polietilentereftalato prelevato dalle microplastiche dell'acqua, per esempio, viene trasformato in utili aminoacidi dai ricercatori di Università dell'Insubria, Università degli Studi di Milano e Milano Bicocca, nell'ambito del progetto **ProPla Proteins from Plastics**¹. Dopo la purificazione e caratterizzazione biochimica degli enzimi in grado di **convertire il PET in aminoacidi** e il loro inserimento nel batterio *Escherichia coli*, questi enzimi attraverso il batterio vengono successivamente introdotti nell'intestino delle larve di mosca soldato nero *Hermetia*

illucens. Il gruppo di ricerca sta studiando come condizionare il microbiota intestinale delle larve di mosca con il ceppo batterico ricombinante ingegnerizzato per migliorare la capacità delle larve di biotrasformare il microPET, generando così valore dalla biomassa dell'insetto, che diventa ricca in proteine, lipidi e chitina. La colonizzazione dell'intestino delle larve da parte del batterio permetterà di utilizzare l'insetto come una sorta di bioreattore in cui le microplastiche rappresentano il carburante per la produzione di molecole da utilizzare in diverse e innovative applicazioni, come i biopolimeri dalle proteine, il biodiesel dagli acidi grassi e altri materiali biotecnologici dalla chitina.

IL PROGETTO Mad for Science – La fattibilità

Il bando di concorso MFS prevede la stesura di un progetto che coinvolga attivamente le e gli studenti in attività di ricerca innovative e sicure. È richiesta una breve analisi sulla fattibilità del progetto, attraverso la descrizione di come la squadra abbia valutato la realizzabilità delle esperienze laboratoriali a scuola, in termini di ore, sicurezza, uso degli ambienti laboratoriali.

A livello di laboratorio didattico, è interessante utilizzare microrganismi non patogeni facilmente manipolabili e coltivabili, come lieviti, alghe unicellulari e batteri, che rappresentano un'ottima matrice per ricerche di biotecnologia.

Al contrario, l'utilizzo di organismi superiori transgenici rappresenta senz'altro una criticità, in quanto richiede diversi requisiti di sicurezza e autorizzazioni specifiche, non adeguati a una istituzione scolastica. Allo stesso modo, la coltivazione di cellule eucariotiche animali, siano esse umane o meno, rappresenta un impegno notevole in termini di standard di incubazione, rischio di contaminazione, tempi di crescita, ed è pertanto sconsigliata per il presente progetto.

Sempre nel filone dell'*upcycling*, ossia l'utilizzo di elementi di scarto come materia prima per generare materiali ad alto valore aggiunto, si inseriscono gli studi del Rensselaer Polytechnic Institute² in USA per produrre proteine ricombinanti attraverso l'ingegnerizzazione di batteri come *Pseudomonas aeruginosa* RR1 e *Pseudomonas oleovorans*.

1 - Il progetto "Propla" a un anno dall'inizio: attività svolte e prossimi step, 2024. www.cnr.it

2 - Two-step conversion of polyethylene into recombinant proteins using a microbial platform, 2023. microbialcellfactories.biomedcentral.com

Questi microrganismi sono stati coltivati con esadecano prodotto dalla pirolisi del polietilene come unica fonte di carbonio e successivamente modificati inserendo il gene della **proteina della seta del ragno** – la *spider dragline-inspired silk protein* –, che è stata espressa dal batterio in grande quantità. Questa proteina ricombinante a valore aggiunto, una volta purificata, è pronta per essere utilizzata come materia prima per diverse applicazioni, grazie alla sua eccezionale forza, elasticità e biocompatibilità. Oltre che per prodotti compositi, corde, tessuti leggeri ma resistenti – per esempio tecnici e aerospaziali –, in medicina è in corso di sperimentazione per suture, stent e ingegneria tissutale rigenerativa.

Un'altra strategia di valorizzazione del PET è allo studio presso il Wallace Lab dell'Università di Edimburgo e prevede l'utilizzo di *Escherichia coli* geneticamente riprogrammato per trasformare l'acido tereftalico del PET nel principio attivo paracetamolo. In questo caso il batterio, una volta modificato, è stato fatto riprodurre in fermentatori a temperatura ambiente per meno di 24 ore, ottenendo **paracetamolo** al 90%, con emissioni di carbonio quasi nulle. La tecnica, che avvicina le materie plastiche al mondo sanitario, necessita di ulteriori studi ma apre la strada all'utilizzo di materie prime alternative rispetto ai derivati del petrolio, con consumi energetici contenuti³.

È da considerare, inoltre, che i rifiuti plastici provengono non solo dagli imballaggi, ma anche da numerosi settori, tra cui il **tessile**, ampiamente responsabile delle **microplastiche** che quotidianamente vengono rilasciate dallo sfregamento di fibre sintetiche nelle lavatrici e nei processi industriali. Per questo motivo la ricerca di nuovi tessuti naturali è molto attiva, nello sforzo di utilizzare materie prime di recupero migliorate con le biotecnologie.

Tra i materiali biotech più versatili e innovativi troviamo il **micelio di alcuni funghi**, come *Pleurotus ostreatus* o *Ganoderma lucidum*. L'originalità risiede nella possibilità dei materiali a base di micelio di crescere in autonomia e di essere disponibili in breve tempo, a partire da un ceppo di funghi e

un substrato di alimentazione adeguati. Presso l'Istituto Fraunhofer per le tecnologie ambientali, di sicurezza ed energetiche UMSICHT⁴, un gruppo di ricerca ha coltivato fili miceliali in laboratorio mescolandoli poi a un substrato vegetale costituito da paglia, legno e scarti della produzione alimentare. La miscela è **stampata in 3D** nella forma desiderata, lasciando che le ife fungine crescano formando una struttura solida. Successivamente il materiale viene scaldato per bloccare la crescita del fungo. Il risultato è una struttura porosa a celle aperte ideale per gli scopi più diversi, come materiali da costruzione, imballaggi ecologici, oggetti di arredamento (lampade e superfici decorative), moda e accessori (scarpe, borse e cappelli). Per esempio, su *Ganoderma lucidum*, noto comunemente come Reishi, è basata la costosa collezione di cappelli di lusso Reishi™ di Nick Fouquet⁵. Molti altri materiali, soprattutto di origine vegetale, stanno sfidando la creatività dei ricercatori nel ricavarne nuove fibre tessili. In Giappone, dagli scarti alimentari è stato prodotto il cosiddetto **cashmere vegetale** (*Soybean Protein Fiber*), negli Stati Uniti viene prodotta la fibra di mais (*Corn Fiber*), a Taiwan l'**S. Cafè**, un tessuto che nasce dalla lavorazione dei fondi di caffè e con alta capacità traspirante e anti-odore. Si passa poi in Europa, dove sono stati brevettati i tessuti **Piñatex** in Spagna, **Bananatex** in Svizzera, **Qmilk** in Germania. In Italia si sta lavorando su tessuti come **Appleskin**, brevettato a Bolzano, **Orange Fiber** di Catania e **Vegea – Wine Leather** di Milano⁶.

Sebbene queste aziende si avvalgano di biotecnologie avanzate, è possibile ricreare a scuola un progetto di ricerca che esplori le potenzialità della trasformazione dei materiali di scarto in fibre tessili, attraverso la realizzazione di esperienze alla portata di un **laboratorio scolastico**. Le e gli studenti potrebbero lavorare su attività di crescita del micelio e sulla sua successiva manipolazione, così come sulla digestione enzimatica cellulare per estrarre molecole fibrose, realizzando un prototipo di fibra tessile da testare quanto a resistenza, lavorabilità, biodegradabilità.

3 - Microbes transform plastic waste into paracetamol, 2025. www.ed.ac.uk

4 - Dai funghi il nuovo materiale fonoassorbente ecologico, 2021. www.rinnovabili.it

5 - Cappelli a base di funghi grazie al biomateriale che sembra pelle, 2022. www.rinnovabili.it

6 - Materiali tessili da scarti alimentari: rifiuti diventano risorsa, 2024. www.food-hub.it

IL PROGETTO Mad for Science – Ruolo delle biotecnologie e della biologia molecolare nella proposta progettuale

Il Bando di Fondazione Diasorin ETS è strettamente incentrato sulle biotecnologie, con l'intento dichiarato di promuovere la riflessione teorica e la sperimentazione su come la ricerca biotecnologica ci aiuta a salvaguardare persone e ambiente.

Nel corso del progetto, le e gli studenti avranno l'opportunità di attivarsi in un percorso di ricerca, che non deve essere necessariamente complesso, ma chiaro, fattibile, coerente, orientato alla risoluzione di un problema reale e, possibilmente, operativo sia sul fronte delle biotecnologie che della biologia molecolare. Oltre a biofermentazioni ed estrazioni di sostanze attive, dunque, può essere sfidante intraprendere un progetto che preveda, per esempio, la trasformazione di ceppi batterici innocui attraverso l'utilizzo di plasmidi modificati, o l'inserimento di un gene reporter come la GFP (Green Fluorescent Protein) per monitorare l'espressione genetica in vivo.

Infine, è importante compilare con coerenza il campo specifico della scheda progetto, per far emergere la modalità con cui si intendono approfondire e sperimentare le biotecnologie in classe, in laboratorio e sul campo.

Sempre nel settore tessile, i **coloranti** svolgono un ruolo chiave, e i pigmenti microbici in particolare stanno aprendo interessanti scenari di sostenibilità. Sempre più aziende valorizzano i pigmenti per le colorazioni con carotenoidi, flavine, fenazine, melanine, o come additivi nei coloranti per migliorare le formulazioni con le loro proprietà bioattive antiossidanti e antimicrobiche⁷. Numerosi sono i pigmenti rosso, giallo, verde, nero derivati da, solo per citarne alcuni, specie di *Trichoderma* e *Aspergillus*, funghi filamentosi cresciuti in bioreattori in condizioni chimico-fisiche controllate, spesso utilizzando rifiuti agricoli e sottoprodotti industriali come fonti di carbonio e azoto per la fermentazione, con costi contenuti e biodegradabilità elevata⁸.

Anche nel settore **farmaceutico** e **cosmetico** vi è un crescente interesse per i pigmenti e altri derivati microbici. Ingredienti come l'acido ialuronico e le microalghe verdi (*Chlorella spp.*) sono esempi di biomasse microbiche utilizzate come agenti antirughe in lozioni per la pelle. Pigmenti come la violaceina, prodotta da batteri, offrono protezione UV e proprietà antibatteriche, rendendoli ideali per creme solari e cosmetici per pelle e capelli.

Da diversi anni ormai il campo **alimentare** e **nutraceutico** si avvale sempre di più del contributo

delle biotecnologie, che valorizzano le proprietà nutrizionali e terapeutiche dei derivati microbici, spesso prodotti a partire dai residui dell'industria agroalimentare. Alghe come la spirulina, funghi come shiitake e chaga, sostanze vegetali come antiossidanti e polifenoli sono estratti dai fitocomplessi vegetali, andando ad arricchire l'offerta per una dieta varia e bilanciata.

La nutraceutica è sbarcata anche nello Spazio, con la messa in funzione di diversi prototipi per le **culture spaziali**, per orti in grotta e strutture in grado di simulare le condizioni presenti nello Spazio, ma anche sistemi biorigenerativi per riciclare risorse ed energia sulle stazioni orbitanti.

Tutto ciò è stato presentato a fine 2024 da un gruppo di ricerca multidisciplinare formato da ENEA, Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II, CNR, Università degli Studi di Tor Vergata con il supporto di ASI Agenzia Spaziale Europea e Ministero dell'Università e della Ricerca. Tra i vari progetti vi sono sistemi di coltivazione idroponica multilivello avanzati e coltivazioni di micro-ortaggi arricchiti come il pomodoro microtomo fortificato, per fornire cibo salutare e ricco di molecole utili a contrastare le criticità della vita nello Spazio⁹.

7 - Ricerca di nuovi colori e fonti sostenibili: pigmenti microbici, 2024. ssip.it

8 - Fungal Pigments and Their Prospects in Different Industries, 2019. www.mdpi.com

9 - Spazio: ENEA allo IAC con orti hi-tech e facility uniche per prepararsi a Luna e Marte, 2024. www.media.enea.it

L'interesse di queste ricerche spaziali è, in realtà, più generale, considerate le metodologie di coltivazione fuori-suolo (**idroponica** e **aerponica**) per il vertical farming dell'agricoltura 4.0. Questo ambito di ricerca punta, infatti, alla transizione agro-ecologica e digitale delle imprese agricole, alla salvaguardia degli agroecosistemi, all'incremento della resilienza ai cambiamenti climatici e della resistenza a stress biotici e abiotici, con benefici in termini di riduzione degli input di produzione ed emissioni di gas serra, nell'interesse non solo delle missioni spaziali ma di tutto il Pianeta¹⁰. Presso il Dipartimento di Scienze bio-agroalimentari del CNR, sono attivi numerosi progetti di **valorizzazione delle biomasse**, come la produzione di prototipi di **biostimolanti** per le colture e di integratori per la salute umana ottenuti da scarti di produzione del carciofo e del cavolfiore, tipici del Lazio¹¹, la **fermentazione di farina** di *Phaseolus vulgaris* con batteri lattici e lieviti per la preparazione di pane con migliorate caratteristiche nutraceutiche e funzionali o la valorizzazione della **vinaccia** come ingrediente multifunzionale per la promozione della salute vascolare¹². Anche il progetto UMARI – *Usare Matrici Agroalimentari di scarto per Riciclarle in Ingredienti funzionali* sta lavorando all'estrazione e alla valorizzazione di **fitocomplessi** da materie di scarto vegetale, ricche di metaboliti con proprietà antiossidanti e antimicrobiche utili alla salute umana e delle piante, prendendo come caso studio il territorio calabrese dove raccolta e trasformazione avvengono nell'arco di 100 km¹³.

Altri importanti studi si concentrano sulla valorizzazione di filiere produttive specifiche, come scarti di panetteria e pasticceria, sottoprodotti lattiero-caseari, cerealicoli, ittici e di macellazione. Questo filone di ricerca è ormai di grande rilievo, se si considera che i sottoprodotti vegetali generati durante la lavorazione post-raccolta sono responsabili di miliardi di tonnellate di rifiuti. Il tipo e la composizione dei rifiuti vegetali possono variare da paese a regione ma, a livello globale, i cereali e le verdure rappresentano la principale fonte di perdita alimentare (71%), seguiti dalla frutta (25%) e da semi oleosi e leguminose (4%)¹⁴.

I prodotti naturali ricavati da vegetali trovano largo impiego nei settori più diversi. Un interessante studio era finalizzato a testare in laboratorio l'uso di oli essenziali come antibatterici naturali, per contrastare l'antibiotico-resistenza e garantire l'asetticità, in questo caso, di dispositivi medici. È stata dunque studiata l'efficacia del rivestimento a base di olio essenziale di menta piperita di Pancalieri su acciaio e lega di titanio, con risultati interessanti, che fanno ben sperare per applicazioni future di dispositivi medicali¹⁵.

L'estrazione di oli essenziali è un processo complesso ma realizzabile anche in un laboratorio scolastico, a partire magari da scarti di sostanza organica raccolti a scuola o presso un'azienda del territorio. La complessità delle miscele di numerosi composti aromatici rende queste sostanze interessanti da caratterizzare chimicamente, e da testare per il loro potere batteriostatico e battericida.



10 - Spazio: in Italia il modulo hi-tech per coltivare micro-ortaggi su Luna e Marte, 2024. www.asi.it

11 - Nuove frontiere dell'alimentazione, 2025. www.cnr.it

12 - WORKSHOP Sviluppo di ALimenti FUNzionali per l'innovazione dei prodotti alimentari di tradizione italiana, 2023. www.cnr.it

13 - UMARI - Using Matrices of Agri-Food Waste to Recycle them into Functional Ingredients, 2024. <https://ecs-nodes.eu>

14 - Valorizzazione degli scarti agroalimentari, 2024. ibba.cnr.it

15 - Tesi di Laurea Magistrale. Sintesi e caratterizzazione di rivestimenti antibatterici a base di oli essenziali, 2018. webthesis.biblio.polito.it

IL PROGETTO Mad for Science – Individuazione e ruolo dell'Ente esterno di supporto al progetto

La Scheda Progetto MFS chiede di indicare almeno un Ente esterno con cui si intende collaborare. Questo campo è molto importante, in quanto il supporto al progetto di un Ente esterno, soprattutto se di ricerca, darà valore aggiunto ad almeno una delle esperienze sperimentali che la scuola intende realizzare. Si tratta dunque di una vera collaborazione scientifica, in cui l'esperienza di un soggetto specializzato fornisce contenuti e strumenti alle e agli studenti che poi dovranno realizzare l'attività in autonomia. Nonostante l'individuazione di un Ente sia vincolante per il passaggio alla fase successiva del concorso e la definizione del suo ruolo nel progetto aiuterà la giuria a comprendere la tipologia di collaborazione in atto. Questo può essere modificato in fase preselettiva e non è necessario testare le esperienze presso l'Ente (anche se è sicuramente una pratica utile).

A titolo di esempio, l'Ente potrà fornire inizialmente formazione su contenuti e bibliografia per la definizione dell'attività, darà indicazioni sui protocolli più opportuni da mettere in campo in relazione alle esigenze specifiche del progetto, ospiterà eventualmente le e gli studenti per visite ai laboratori e per la messa a punto di alcune attività, se necessario, posto che l'intero percorso sperimentale proposto nel progetto dovrà essere riproducibile nel contesto scolastico dalle e dagli studenti, al fine di farlo diventare patrimonio della scuola stessa, per ispirare e coinvolgere le giovani generazioni in altri progetti di biotecnologia diversi ma affini.

In conclusione, non si possono non ricordare le biotecnologie mediche, con le loro importanti ricadute sulla salute di numerosi pazienti. Oltre al loro ruolo nella produzione di biofarmaci e vaccini, l'utilizzo di terapie mediche come **Casgevy**, la prima terapia al mondo basata sull'editing genomico di CRISPR-Cas9, sta confermando la sua efficacia per i malati di Anemia Falciforme (SCD) e beta-talassemia dipendente dalle trasfusioni (TDT)¹⁶. Secondo i ricercatori in genomica, per il prossimo futuro l'IA potrà dare un grande contributo a gestire la mole di dati, analizzandone i sottoinsiemi e ponendosi le domande più efficaci a cui cercare risposte nei database.

La ricerca in questo ambito è ancora aperta, e aspetta giovani con la voglia e l'entusiasmo di tracciare nuove strade.

16 - CRISPR: nuovi dati a lungo termine per exa-cel, 2025. www.osservatorioterapieavanzate.it