

ART **03**

Le biotecnologie garantiscono risorse energetiche innovative

FD FONDAZIONE Diasorin

madforscience.fondazionediasorin.it

MAD
FOR
SCIENCE



Negli ultimi decenni è emersa l'importanza di un sistema energetico green, basato su una produzione efficiente, fonti diversificate e soluzioni a basso impatto ambientale. La ricerca biotecnologica svolge un ruolo di primo piano nella messa a punto di tecnologie pulite per ridurre le emissioni di gas serra e garantire una fornitura energetica sostenibile. In quest'ottica, accanto alle tradizionali energie provenienti da fonti fossili e a quelle derivate da fonti alternative (solare, eolico, geotermico), stanno assumendo sempre maggiore importanza quelle che utilizzano materiali organici per la **produzione di biocarburanti** avanzati, più efficienti e sostenibili di quelli tradizionali, o che trasformano la biomassa in gas combustibili o liquidi attraverso processi di **gassificazione e pirolisi**.

La ricerca nel campo dell'energia *bio*, o **bioenergia**, è molto attiva: l'utilizzo di tecniche molecolari sempre più avanzate per migliorare le **colture bioenergetiche**, rendendole più resistenti e produttive, e lo sviluppo di **nuovi enzimi, ottenuti grazie alle tecnologie del DNA ricombinante** che potenziano i processi di conversione della biomassa, rendendoli più efficienti e meno costosi, imprimono una spinta significativa alla transizione verso un sistema energetico più verde e sostenibile. Interessante anche l'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) delle diverse fonti energetiche, cioè la valutazione degli impatti ambientali associati alla produzione e all'uso della bioenergia, dall'estrazione delle materie prime alla gestione dei rifiuti. Questa valutazione dà impulso allo sviluppo di pratiche che riducono l'uso di risorse e aumentano la produttività, senza compromettere la biodiversità e la fertilità del suolo.

Dai biocarburanti di **prima** generazione, prodotti da colture alimentari come mais e canna da zucchero, che competono con la produzione alimentare e hanno un impatto negativo su suolo e biodiversità, si è passati ai biocarburanti di **seconda** generazione. Questi ultimi derivano da legno, cellulosa e scarti agricoli, come paglia e fieno, ma presentano ancora complessità e alti costi di pretrattamento e conversione. I biocarburanti di **terza** generazione, i più recenti, sono invece prodotti da **alghe** e altri **microrganismi**

con tecniche di biologia molecolare. Offrono numerosi vantaggi: non competono con le colture alimentari, possono essere coltivati su terreni non agricoli o in acqua salata, hanno alta produttività energetica per unità di superficie, possono essere coltivati in ambienti chiusi riducendo l'uso di pesticidi e fertilizzanti, e sequestrano CO₂ dall'atmosfera, contribuendo alla riduzione delle emissioni di gas serra. Sebbene queste tecnologie siano ancora in fase di sviluppo e costose, sono molto promettenti per il futuro.

In ogni parte del Mondo, comunque, si stanno avviando sperimentazioni locali per rispondere alle questioni ambientali ed energetiche. Per esempio, in Kenya è stato attivato un progetto che ricava energia dal **letame bovino**: piccole unità di digestione anaerobica vengono distribuite nelle comunità rurali per trasformare il letame bovino in biogas. Sono sufficienti un paio di mucche a famiglia, standard tipico delle famiglie *kikuyu* in Kenya, per alimentare l'impianto¹. Questo progetto non solo fornisce una fonte di energia pulita per cucinare e illuminare, ma migliora anche le condizioni sanitarie e, al contempo, riduce la deforestazione² delle aree rurali, poiché il legname non è più utilizzato come fonte primaria di energia.



¹ <https://www.unimondo.org/Guide/Economia/Consumo-critico/Kenya-dal-letame-nascono-i-fior-164724>

² Mutuku, J. M., Sisimwo, K., & Mutungi, G. (2013). Adoption and impacts of bio-digesters on smallholder farmers in Kenya: A case of Kiambu County. International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, 10(4), 380-398

Anche i **fiori di Loto**, particolarmente abbondanti in alcune zone dell'India e contenenti una quantità significativa di sostanza organica, sono utilizzati come materia prima per la produzione di biogas. Questi fiori, sottoposti a un processo di estrazione degli zuccheri, seguito da fermentazione con lieviti o batteri, possono produrre etanolo, ma anche diventare un efficace strumento di **fitoremediation** per neutralizzare eccessi di nutrienti e di altri metalli pesanti, come sperimentato nella valle del Mincio (MN) con i progetti *Biocircular*³ e *Rilotus*⁴. Infine, possono essere raccolti per diventare nuovi prodotti tessili.

Biotechonologico e molto *green* è l'utilizzo degli **scarti di lavorazione delle barbabietole da zucchero** per la produzione di energia, in special modo biogas e bioetanolo. Sono considerate ottime le prestazioni della barbabietola anche dal punto di vista dell'impronta idrica rispetto ad altre fonti, cioè la quantità di acqua necessaria per coltivare le materie prime utilizzate per produrre energia⁵. Non è da trascurare, infatti, la necessità idrica e, conseguentemente, l'impatto sulla risorsa acqua delle varie fonti di biomassa, come ben analizzato in una ricerca svolta dall'Università di Twente, nei Paesi Bassi.

Anche l'**utilizzo dei fondi di caffè** esausti per la produzione di biocarburanti e bioenergia si inserisce perfettamente nel contesto più ampio della ricerca biotechonologica di soluzioni energetiche sostenibile⁶. Il caffè è la seconda merce più scambiata dopo il petrolio e la seconda più popolare bevanda dopo l'acqua, e lungo l'intera filiera dal campo al consumatore sono generati numerosi residui. Per una tonnellata di chicco verde vengono scartati 500 kg di polpa e 180 kg di buccia, ma senza dubbio lo scarto maggiore

(650 kg per tonnellata di chicco) è generato a valle del consumo nei "fondi di caffè". Gli approcci più comuni per la valorizzazione sono legati al loro impiego in agricoltura per la preparazione di compost e vermi-compost e per la coltivazione di funghi. Soluzioni più sofisticate sono rappresentate dalla produzione di **poliidrossialcanoati (PHA)**, una classe di poliesteri termoplastici biodegradabili prodotti per fermentazione batterica e utilizzati per la produzione di **packaging compostabile**, prodotti sia dalla componente oleosa che da idrolisati di cellulosa ed emicellulosa estratti dai fondi di caffè.

In linea con le **richieste di una società sempre più elettrificata** è il trattamento termico e termo-chimico ad alta temperatura (pirolisi) dei fondi di caffè per la produzione di materiali carboniosi ad alto valore aggiunto, attraverso la massimizzazione della frazione solida. Il carbone vegetale o **biochar** così ottenuto, infatti, sottoposto ad opportuni trattamenti di attivazione, può essere utilizzato come materia prima seconda per dispositivi elettrochimici di conversione e accumulo di energia, ed è molto promettente per le caratteristiche chimico-fisiche in particolare dei Carboni derivati da Caffèina (CDC).

Sono molteplici gli esempi di valorizzazione energetica dei sottoprodotti delle lavorazioni agricole sperimentati grazie alle biotech: le **bucce di cacao**, ad esempio, vengono utilizzate per produrre biogas e biocarburanti; la **paglia di riso**, un sottoprodotto abbondante nei paesi che basano la propria alimentazione sul riso, viene convertita in bioetanolo; i **residui della lavorazione del cotone**, come semi e bucce, sono utilizzati per produrre biogas e biodiesel. Alcune **piante invasive**, che minacciano gli ecosistemi locali, come l'**Acacia**, vengono raccolte e trasformate in pellet di biomassa per la produzione di energia. Acqua di processo, trebbie, lieviti esausti e altri **scarti** di produzione della **birra** possono essere riutilizzati per produrre **pellet** e **carbone vegetale**. In particolare le **trebbie**⁷ (Brewer's spent grain, BSG), il maggiore sottoprodotto dell'industria birraria, sono costituite dagli strati esterni della cariosside di malto d'orzo separati dal mosto durante le fasi di produzione della



³ <https://www.parcodelmincio.it/novdettaglio.php?id=60784>

⁴ <https://www.parcodelmincio.it/progetti-dettaglio.php?id=536>, riutilizzo eccesso fiori di Loto per scopi tessili, etc.

⁵ <https://cordis.europa.eu/article/id/30865-study-highlights-bioenergys-water-footprint/it>, Confronto impronte idrica per diverse fonti di produzione di biogas, bioenergia, etc.

⁶ https://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2022_5_54_ca.pdf

⁷ <https://cordis.europa.eu/article/id/150909-biogas-from-brewery-waste/it>

birra, e possono diventare biogas o essere convertite in pellet per la produzione di biochar⁸ o carbone vegetale. La conversione avviene in un reattore che sfrutta un processo termochimico di pirogassificazione, tecnica a bassissimo impatto ambientale perché genera una quantità di rifiuti prossima allo zero. Il biochar prodotto può essere utilizzato come ammendante agricolo per ridurre il fabbisogno di acqua e di fertilizzanti dei terreni, inoltre, non essendo degradabile nel suolo, favorisce lo stoccaggio del carbonio, evitandone il ritorno in atmosfera sotto forma di CO₂.

Lo sviluppo della ricerca biomolecolare e l'adozione di alternative sostenibili sono dunque essenziali per ridurre le emissioni di gas climalteranti e per contenere i danni dovuti al riscaldamento globale. Anche l'estrazione di idrogeno in modalità green potrebbe fornire una efficace risposta, in particolare se per elettrolizzare l'acqua e produrre quindi H₂ si sfruttano fonti rinnovabili (solare, eolica, idroelettrica), oppure alghe e batteri attraverso processi biologici e biotecnologici come la fotosintesi e la fermentazione. Alcuni ricercatori⁹ hanno trasformato batteri non fotosintetici, come *Desulfovibrio desulfuricans*, *Citrobacter freundii* e *Shewanella oneidensis*, in sistemi bioibridi, con il vantaggio, rispetto alle tecnologie convenzionali, di non utilizzare catalizzatori metallici rari che richiedono processi produttivi di elevato impatto ambientale. Anche alcuni batteri anaerobici, come il *Clostridium spp.*, sono in grado di produrre idrogeno durante il processo di fermentazione, e anche le alghe verdi, in condizioni specifiche di anaerobiosi e illuminazione, possono produrre questo biocombustibile. In particolare *Chlamydomonas reinhardtii*, una microalga verde unicellulare, in condizioni sfavorevoli per la fotosintesi, anossia o bassi livelli di biossido di carbonio, attiva una via metabolica alternativa di fermentazione anaerobica, che porta alla produzione di idrogeno come sottoprodotto. Attraverso tecniche genetiche è possibile aumentare l'efficienza del processo di produzione di idrogeno, ad esempio con l'introduzione di geni aggiuntivi per l'espressione di enzimi chiave coinvolti nella produzione di idrogeno o la soppressione di geni che limitano il flusso di energia verso questa via metabolica.

Questi sistemi combinati con nanoparticelle catalitiche di solfuro di cadmio (CdS) sono delle vere e proprie biofabbriche che convertono l'energia solare in idrogeno molecolare. Tra i batteri studiati, *Desulfovibrio desulfuricans* ha mostrato la maggiore capacità di produrre idrogeno grazie alla sua abilità di sintetizzare nanoparticelle solforate extracellulari. Anche per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno, idruri metallici prodotti da microorganismi e altri materiali biodegradabili offrono alternative ecologiche e sicure.

La ricerca sulla bioenergia è vasta e diversificata, tesa a sfruttare al meglio le risorse biologiche per produrre energia in modo sostenibile e a basso impatto ambientale. Le tecnologie molecolari emergenti e i miglioramenti nei processi biotecnologici esistenti promettono di indirizzare la produzione verso un sistema energetico più verde e sostenibile.



⁸ https://www.argoit.com/it/sezione_id,41/newssez_id,310/gli-scarti-della-birra-diventano-biochar-per-riequilibrare-il-cambiamento-climatico/comunicati.html

⁹ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.202016960>

<https://www.anpri.it/batteri-bioreattori-per-la-produzione-di-idrogeno/>

<https://www.georgofili.net/File/Get?c=e752d152-2553-4a7e-90b5-b5338f347eea>