

## **Attività sperimentale e di studio dei processi di produzione di idrogeno tramite dark fermentation da reflui agro-industriali**

L'idrogeno verde può essere prodotto dai rifiuti organici attraverso la Dark Fermentation (DF), un processo biologico che presenta alcuni vantaggi rispetto ad altre tecnologie di produzione di bioH<sub>2</sub> rinnovabile: è un processo *carbon neutral* in grado di produrre idrogeno continuamente con un basso fabbisogno energetico combinato a una gestione sostenibile dei rifiuti. I principali limiti tecnici, che impediscono lo sviluppo di questa tecnologia, sono rappresentati sia dalla bassa resa che dalla bassa efficienza energetica: a causa dei limiti termodinamici, solo un massimo del 33% dell'energia contenuta nei substrati organici può essere teoricamente recuperata sotto forma di H<sub>2</sub>, mentre rese del 21% sono ottenute sperimentalmente e la maggior parte dell'energia rimane sotto forma di composti solubili, acidi organici e alcoli. Questi ultimi, sebbene siano molecole di interesse industriale (*building blocks*), vengono prodotte in miscele e le tecnologie di separazione ad oggi esistenti sono troppo costose per permettere l'utilizzo dei singoli prodotti. Pertanto, questi sottoprodotti, devono essere necessariamente valorizzate, mediante processi a cascata, in un contesto di bioraffineria ambientale affinché l'intera filiera abbia un bilancio positivo. Le comunità microbiche miste costituiscono 'il motore' che guida il processo DF e possiedono vantaggi rispetto ai ceppi puri: possono avvantaggiarsi di relazioni di cooperazione metabolica e di sintrofia, garantiscono al processo una maggiore resistenza e resilienza e quindi una migliore capacità di adattamento ai parametri operativi o ai meccanismi d'inibizione dei sottoprodotti; consentono di operare in condizioni di non sterilità, riducendo significativamente i costi dei processi.

Le attività di ricerca presso il centro di ricerca ENEA di Roma Casaccia saranno finalizzate a sviluppare un processo di Dark Fermentation (DF) utilizzando una comunità microbica mista, stabile ed efficiente, per la produzione di idrogeno verde a partire da matrici residuali di origine agro-industriale. A tale fine, sarà sviluppata una piattaforma sperimentale per la selezione di comunità microbiche miste (MMC) robuste e potenziate nella loro capacità di produzione di bioH<sub>2</sub> (*eco-engineering*, co-culture, bioaugmentation). Il processo DF sarà ottimizzato anche in funzione dell'accoppiamento con un processo a cascata in grado di utilizzarne i sottoprodotti solubili (elettrolisi microbica e/o digestione anaerobica).

Nel dettaglio le attività nel corso del triennio saranno articolate nel modo seguente:

1. Analisi della letteratura sul processo di DF da matrici residuali in coltura mista. Particolare attenzione verrà dedicata alle strategie di selezione ed arricchimento delle comunità microbiche ed ai metodi di caratterizzazione nonché allo sviluppo di processi doppio stadio.
2. Standardizzazione di un metodo analitico per valutare il potenziale di produzione di bioH<sub>2</sub> di scarti agro-industriali di diversa origine e in funzione del substrato di origine delle comunità microbiche;
3. Sviluppare una strategia sperimentale per l'arricchimento e l'isolamento di comunità microbiche miste per la produzione di bioH<sub>2</sub> da ecosistemi microbici naturali (sedimenti, suoli) o antropogenici (fanghi di depurazione, digestato);
4. Sviluppare processi di autofermentazione degli scarti agro-industriali per l'arricchimento delle comunità microbiche indigene produttrici di bioH<sub>2</sub>;
  - Sviluppare strategie di *eco-engineering* per controllare il processo DF attraverso l'implementazione di diverse unità microbiche funzionali (bioaugmentation), per potenziare alcune attività metaboliche chiave, o attraverso la progettazione di consorzi microbici sintetici formando co-culture di unità microbiche funzionali;
  - Identificare biomarcatori correlati alla produzione di bioH<sub>2</sub>, sfruttabili per la selezione di nuove MMC attraverso analisi di correlazione tra dati metagenomici e parametri di processo.

- Allestire un processo DF con la MMC più efficiente ottimizzando i parametri critici del processo.

Sul fronte analitico le attività prevederanno la caratterizzazione dei substrati (pH, solidi totali e volatili, ammoniaca, COD, fibre, lipidi, etc.); allestimento ed il monitoraggio dei reattori di fermentazione sia sotto il profilo chimico (pH, acidi grassi volatili, etc.) che microbiologico (es. FISH, Metagenomica).