Il progetto Hytime: produzione di idrogeno da biomasse di II generazione

Barbara La Licata, Vincenzo Cuzzola, Alexia Boulanger, Paola Zitella, Environment Park SpA – Email: barbara.lalicata@envipark.com

Figura 1 - Impianto pilota di fermentazione bi-stadio.

Attualmente la produzione di idrogeno rappresenta una delle maggiori sfide in termini di sostenibilità e di riduzione dei costi di produzione che è necessario superare per una reale diffusione nell'immediato futuro. L'attuale normativa comunitaria in termini di riduzione dei gas climalteranti pone infatti sfide e traguardi ambiziosi che riguardano lo sviluppo di una filiera della mobilità sostenibile in cui l'elettrico e l'idrogeno occuperanno spazi importanti.
Grandi passi in avanti sono stati fatti riguardo la tecnologia delle fuel cell, con la commercializzazione nel 2015 di modelli di autoveicoli alimentati totalmente ad idrogeno come ad esempio la Toyota FCV e la Honda Mirai. Le stesse case automobilistiche partecipano inoltre ad un progetto Europeo (HyFive, Hydrogen for Innovative fuel) per il quale si prevede lo sviluppo di nuove autovetture e la realizzazione di un sistema di infrastrutture in Europa per il rifornimento ad idrogeno. Parallelamente è necessario puntare sulla sostenibilità del processo di produzione di idrogeno, attualmente prodotto o per via elettrolitica o a partire da metano attraverso un processo di steam reforming.

La fermentazione anaerobica e la produzione di idrogeno

Uno dei metodi più green è la fermentazione anaerobica che sfrutta alcuni ceppi batterici che producono idrogeno a partire da carbonio: in ambienti anaerobici, cioè privi di ossigeno, i batteri fermentano gli zuccheri in anidride carbonica e idrogeno. In natura, però, l'idrogeno viene immediatamente consumato da organismi metanigeni o idrogenotrofi, per la produzione di biogas contenente metano e anidride carbonica (classico processo di digestione anaerobica).

È possibile tuttavia dissociare il processo di produzione di idrogeno dal processo di produzione di metano, creando un ambiente sfavorevole ai batteri produttori di metano. I substrati che possono essere utilizzati sono gli stessi impiegati nel processo di produzione di biogas come ad esempio la frazione organica dei rifiuti solidi urbani o alcune tipologie di scarti agro-industriali, come le paglie, le buccette dei pomodori e il pastazzo di agrumi, gli scarti di lavorazione della IV gamma.
Il digestato proveniente dalla fermentazione per la produzione di idrogeno può essere impiegato successivamente per la produzione di biogas, ottenendo pertanto un doppio flusso gassoso costituito da idrogeno utilizzabile come vettore energetico e metano utilizzabile per alimentare un motore di cogenereazione per la produzione di energia elettrica.

Il *progetto HyTime* – Low temperature hydrogen production from second generation biomass - è nato proprio per approfondire la sostenibilità del processo di produzione di idrogeno a partire da scarti della filiera agricola e agro-industriale. Il progetto, finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del Programma JTI FCH-JU-2013-2, ha previsto il coinvolgimento di Environment Park SpA, enti di Ricerca Europei e importanti aziende del settore per la realizzazione di test sperimentali e valutazioni energetiche ed economiche nell'arco di 42 mesi. HyTime mira all'ottimizzazione della catena del valore del processo bi-stadio di produzione di bioidrogeno e di biogas a partire da scarti per via fermentativa anche attraverso l'ottimizzazione dei processi di pretrattamento e di valorizzazione del flusso gassoso

Figura 2 - Impianto pilota di pretrattamento biomasse, idrolisi chimica ed enzimatica.

mediante l'identificazione dei migliori processi di up-grading. Inoltre il progetto ha previsto la progettazione e realizzazione di un sistema dimostrativo di scala pre-commerciale da 10-100 kg/d e lo studio tecnico economico per la valorizzazione su scala industriale del processo ottimizzato.

La ricerca svolta e i risultati raggiunti

Durante i 3 anni di attività nell'ambito del progetto HyTime, l'attenzione si è focalizzata su biomasse di scarto selezionate sulla base della loro disponibilità e territorialità, tenendo in considerazione il concetto di fliera corta. In particolare, Environment Park SpA ha effettuato analisi, test e valutazioni impiegando paglia di grano e scarti ortofrutticoli, mentre l'Università di Wageningen ha focalizzato la sperimentazione impiegando sfalci d'erba, potature e le melasse derivanti dalla lavorazione della canna da zucchero.

Environment Park SpA, Parco Scientifico e Tecnologico situato in Piemonte, possiede una serie di impianti pilota prototipali unici in Italia sia per il trattamento delle biomasse lignocellulosiche e l'estrazione di composti ad elevato valore aggiunto, sia per le fermentazioni anaerobiche per la produzione di bioidrogeno e biogas.

In particolare, Environment Park si è occupato di effettuare un'analisi completa del potenziale di fermentescibilità della paglia di grano e degli scarti ortofrutticoli ai fini della produzione combinata di idrogeno e metano. Il piano di attività ha pertanto previsto la realizzazione di test per la valutazione dell'efficacia di pretrattamenti di natura fisica (quali steam explosion), chimica (in particolare idrolisi acida) in combinazione con successivi pretrattamenti di natura enzimatica ai fini dell'ottenimento di zuccheri semplici, facilmente fermentescibili quali glucosio e xilosio.

Nel caso della paglia di grano, il contenuto di fibre insolubili, in particolare di lignina, che inficiano i processi di fermentazione anaerobica, risultano molto elevate. I pretrattamenti chimici ed enzimatici favoriscono processi di rimozione della lignina e dell'emicellulosa, l'idrolisi e l'aumento della porosità del materiale con conseguente riduzione della cristallinità della cellulosa. Tali processi favoriscono pertanto la depolimerizzazione di tali composti in unità oligomeriche o monomeriche utilizzabili direttamente dai microorganismi nel metabolismo fermentativo.

L'identificazione della combinazione di protocolli di pretrattamento specifici ha permesso di ottenere fino al 70% di zuccheri semplici rispetto al teorico ottenibile considerando il quantitativo di cellulosa ed emicellulosa presente nella biomassa di partenza.

L'idrolizzato di paglia di grano così ottenuto è stato sottoposto a test di fermentazione anaerobica volti all'ottimizzazione del processo di produzione di bioidrogeno in mesofilia, con l'impiego di colture batteriche miste, e in termofilia, con l'impiego di *Caldicellulosiruptor Saccharolyticus,* ottenendo fino al 49% di idrogeno nel gas in uscita dal reattore di fermentazione (il resto è composto da anidride carbonica), con un rate di produttività pari a 2lt/h (in media). Il gas ottenuto può essere sottoposto a processi di upgrading per eliminare l'anidride carbonica e utilizzato come vettore energetico per alimentare pile a combustibile (fuel cell di tipo PEM o SOFC).

Il digestato ottenuto dal processo di produzione di bioidrogeno è stato ulteriormente valorizzato in un processo secondario di digestione anaerobica per la produzione di biogas. In particolare, si è operato utilizzando come inoculo, un consorzio batterico misto proveniente da un impianto industriale di produzione di biogas a partire da FORSU (frazione organica dei rifiuti solidi urbani) e operando in mesofilia a 50°C, ricreando pertanto le condizioni operative di un digestore classico. Il biogas ottenuto ha una percentuale in metano paragonabile e una produttività leggeremente superiore a quella ottenuta durante il processo monostadio di produzione di biogas.

Il vantaggio del processo di fermentazione bi-stadio pertanto risulta dato dalla possibilità di splittare il processo fermentativo in due fasi, ottenendo due stream gassosi, idrogeno e metano, e un unico digestato a valle del processo (ulteriormente valorizzabile per la produzione di compost o utilizzato per la fertirrigazione).

Il progetto HyTime ha previsto, inoltre, la realizzazione di test di upgrading sui flussi gassosi ottenuti da entrambi gli impianti per la produzione di bioidrogeno e biogas e valutazioni energetiche ed economiche sulle tecnologie e i processi considerati.

Conclusioni

Il progetto ha pertanto permesso di dimostrare come una filiera di recupero di scarti agricoli o agroindustriali, con valore economico quasi nullo, possa esistere e portare un valore aggiunto al settore, suggerendo inoltre una via di produzione sostenibile dal punto di vista ambientale, che permetta un futuro sviluppo delle tecnologie legate all'idrogeno.

La ricerca e lo sviluppo di Hytime produrrà anche tecnologie spin-off, che hanno le potenzialità per raggiungere il mercato più velocemente rispetto al processo nel suo insieme, come ad esempio nuovi dispositivi e strumenti di monitoraggio e controllo del processo che si potranno applicare in installazioni esistenti per la digestione anaerobica.

(www.envipark.com)

Figura 3 - Impianto pilota di steam explosion.