

Studio di reattori in continuo per la produzione fermentativa di H₂ da residui organici

Tesi sperimentale

Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Sessione di Laurea
Gennaio

anno accademico 2016/2017

Nome Candidato Emiliana Angione
Matricola 1525644

Relatore
Prof.ssa Alessandra Poletti
SSD Relatore ICAR/03

Correlatori
Ing. Andreina Rossi
Ing. Masoumeh Akhlaghi

Riassunto della tesi

Negli ultimi decenni l'aumento della popolazione ha portato ad una crescita esponenziale del consumo energetico mondiale. In questo scenario, il fenomeno dell'industrializzazione ha contribuito notevolmente ad incrementare la domanda energetica.

Una notevole percentuale dell'energia richiesta è basata sull'utilizzo di fonti fossili, la cui combustione ha contribuito ad intensificare l'effetto serra.

Tuttavia la disponibilità delle risorse non rinnovabili e la crescente attenzione per le conseguenze ambientali che ne derivano, quali il riscaldamento globale, i cambiamenti climatici e l'emissione in atmosfera di numerosi inquinanti, ha posto l'attenzione su soluzioni alternative che prevedano l'impiego di risorse rinnovabili e meno inquinanti. Tra queste i biocombustibili, l'eolico, il fotovoltaico e il solare termico rappresentano sicuramente le fonti rinnovabili più convenienti. In particolare, tra i biocombustibili, l'idrogeno risulta il più vantaggioso in quanto il suo utilizzo comporta un minor numero di emissioni di gas serra ed inquinanti in atmosfera. La sua capacità di formare legami chimici con numerosi composti, tra cui quelli organici, ne ha permesso la produzione attraverso differenti metodi.

Negli ultimi anni particolare attenzione è stata rivolta alla produzione di idrogeno per via biologica, più specificamente a quella fermentativa nota come "dark fermentation". Tra i substrati utilizzati, il siero caseario, per il suo elevato contenuto di sostanza organica in forme chimiche idonee alla produzione di H₂, è risultato idoneo a questo tipo di trattamento. Attraverso il processo di dark fermentation si consegue un duplice beneficio: da un lato si garantisce la stabilizzazione del materiale in conseguenza dell'abbattimento del contenuto di sostanza organica, dall'altro si ottiene la valorizzazione del suo contenuto energetico e la generazione di un prodotto con una ridotta emissione di CO₂.

Esistono diverse modalità e soluzioni tecnologiche per la produzione fermentativa di idrogeno, tra queste i sistemi in continuo rivestono particolare interesse, in vista di una loro applicazione a scala industriale. Per poter essere applicati a tale scala, i sistemi in continuo devono essere in grado di convertire substrati complessi con tassi di produzione stabili ed elevati (Sivagurunathan et al., 2016). La complessità di questi sistemi ha messo in evidenza

alcune criticità relativamente ai citati aspetti, che richiedono un'ulteriore fase di sperimentazione prima di uno sviluppo definitivo su scala reale.

Nel presente studio è stata analizzata la produzione di idrogeno per via fermentativa in reattori in continuo a biomassa sospesa a miscelazione completa. Il reattore è stato collegato ad un sistema di controllo automatico che consente la registrazione dei dati ogni minuto e il controllo dei parametri operativi. Sono state utilizzate due tipologie di substrato: il siero di latte (CW) e il latte in polvere (MP). L'inoculo iniziale introdotto è, invece, biomassa acclimatata proveniente da un reattore di fermentazione gestito in condizioni batch, a sua volta selezionata a partire da fanghi attivi aerobici di un impianto di depurazione di acque reflue civili preventivamente sottoposti a shock termico al fine di eliminare i microrganismi non sporigeni. L'inoculo prodotto in tale fase preliminare è stato sottoposto ad una fase di ispessimento prima di essere utilizzato nelle prove di fermentazione in continuo.

Nei sistemi in continuo non esistono condizioni univoche da adottare per i diversi parametri operativi; sulla base del tipo di substrato che si intende degradare e dell'inoculo utilizzato, è necessario eseguire uno studio approfondito al fine di scegliere le condizioni ottimali di processo.

I parametri di processo adottati nella presente sperimentazione sono stati selezionati in base a risultati di prove preliminari condotte in reattori batch. Sulla base di queste considerazioni, mantenendo costanti i valori di pH e temperatura a valori determinati sulla base di precedenti indagini preliminari sugli stessi substrati, i parametri operativi che sono stati modificati durante le prove di fermentazione in continuo sono stati il tempo di residenza idraulica (HRT) e il carico organico applicato (OLR).

Le prove sono state conseguite utilizzando dapprima il siero caseario ed in seguito si è passati al latte in polvere, cambiando le condizioni operative per ciascuna prova utilizzando diverse combinazioni dei due fattori sopra citati.

L'analisi dei risultati ottenuti, ha permesso di individuare in maniera comparativa le migliori condizioni di processo sia in termini di produzione di H_2 che in termini di stabilità.

I risultati migliori in termini di rese di produzione di idrogeno sono stati ottenuti per valori di HRT di 16 h e valori di OLR di 65 e OLR di 129 g TOC/(L*d). Più specificamente le rese calcolate sono rispettivamente di 35 mL H_2 /g TOC e 39 mL H_2 /g TOC.

Durante le prove è stata valutata anche la stabilità del processo; in particolare, la prova MP HRT 16 OLR 129, nonostante presenti un numero di cicli di stabilità leggermente superiore alla prova MP HRT 16 OLR 65, ha un indice di stabilità inferiore rispetto a quest'ultima. Inoltre, tale prova, rispetto alle altre, presenta delle efficienze di rimozione dei carboidrati inferiori al 90%. Quindi la prova con MP HRT 16 e OLR 65 rappresenta la condizione ottimale raggiunta nella presente sperimentazione, in quanto ha permesso di ottenere le rese migliori e la maggiore stabilità di processo. Queste condizioni possono essere scelte quando si intendano degradare substrati con caratteristiche simili al siero caseario.

I parametri di processo HRT e OLR sono fondamentali se si vuole operare con un sistema in continuo. Per garantire la stabilità del processo, opportuni valori di essi, insieme ad altri parametri operativi quali pH e temperatura, possono portare all'instaurarsi di condizioni favorevoli alla produzione di idrogeno.