

Titolo della tesi: ANALISI DELLA PRODUZIONE DI BIO-H₂ DA SIERO CASEARIO (Tesi Sperimentale)

Tipo di Laurea: Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Sessione di Laurea: Novembre

Anno accademico: 2015/2016

Nome Candidato: Ambra Mika

Matricola: 1563103

Relatore: Prof.ssa Alessandra Poletti

Correlatori: Prof.ssa Raffaella Pomi

SSD Relatore: ICAR/03

Ing. Masoumeh Akhlaghi

L'aumento dei livelli di industrializzazione e l'associato incremento della produzione di residui associati ai processi industriali rende necessaria l'adozione di misure per la loro valorizzazione dal punto di vista del recupero di materia e di energia, nonché per la minimizzazione dell'impatto ambientale associato allo smaltimento finale dei residui dalle attività di recupero.

Tra i processi che si possono adottare al fine di sfruttare al meglio residui organici di origine sia urbana che industriale si annoverano i processi biologici di digestione anaerobica.

La digestione anaerobica è un processo biologico di degradazione della sostanza organica, che ha luogo in assenza di ossigeno, e che comporta la conversione di molecole organiche in biogas, miscela composta essenzialmente da metano (CH₄) ed anidride carbonica (CO₂).

Il processo di digestione anaerobica può essere suddiviso in quattro fasi. Durante le prime tre fasi le molecole organiche complesse vengono convertite in composti più semplici che vengono utilizzati dai microrganismi per i loro processi metabolici, dando luogo alla produzione di idrogeno, anidride carbonica e altri metaboliti quali acidi organici ridotti. Durante l'ultima fase del processo viene prodotto metano dalla degradazione dei prodotti delle fasi precedenti.

Inibendo la fase di metanogenesi è possibile arrestare il processo alla fase di fermentazione. Il biogas ottenuto dalla dark fermentation è costituito principalmente da idrogeno e anidride carbonica. L'idrogeno è un vettore energetico caratterizzato da un elevato potere calorifico, la cui combustione fornisce come unico prodotto vapore acqueo.

Nel presente studio è stata analizzata la produzione di idrogeno derivante da un processo di dark fermentation per il quale sono stati utilizzati come substrato siero caseario (CW) e come inoculo fanghi aerobici di supero di un impianto di trattamento di reflui civili (AS).

Il siero caseario è un sottoprodotto industriale della lavorazione del latte. Questo materiale è caratterizzato da un alto contenuto organico e di conseguenza richiede trattamenti idonei prima dello smaltimento finale. Se utilizzato come substrato nel processo di digestione anaerobica, esso consente di garantire sia una maggior valorizzazione del materiale che l'abbattimento del carico organico in esso contenuto. I sottoprodotti industriali presentano una composizione chimica omogenea, il che li rende

molto adatti per il loro impiego come substrato all'interno dei processi biologici poiché l'omogeneità del materiale si traduce in una maggiore stabilità del processo.

Scopo di questo studio è valutare l'influenza del pH e del rapporto di miscelazione tra substrato (CW) e inoculo (AS) sulla resa di produzione di idrogeno e approfondire la conoscenza del fenomeno attraverso lo studio di correlazioni tra i parametri operativi principali.

Per valutare l'influenza dell'acidità durante il processo sono state condotte prove a pH costante. Per realizzare ciò, il pH è stato monitorato da una sonda potenziometrica e corretto tramite l'aggiunta di una soluzione di NaOH mediante un sistema di regolazione automatica. Le prove sono state effettuate per quattro diversi rapporti tra substrato e inoculo e quattro diversi valori di pH.

Dall'analisi dei dati ottenuti è stato possibile notare che le velocità del processo sono fortemente influenzate dal tipo di miscela e che le miscele che hanno fornito le maggiori rese di produzione rispetto alla massa iniziale di TOC totale sono state quelle delle prove con contenuto del 50% e del 25% di siero di latte.

La produzione massima è stata raggiunta per le prove a pH7 contenenti il 50% e il 75% di siero di latte. Per analizzare il processo di degradazione della sostanza organica sono state effettuate misure di TOC, DOC e carboidrati. Tramite l'analisi dei dati ottenuti è stato possibile individuare alcune correlazioni tra i parametri sperimentali misurati durante il processo.

Gli andamenti della produzione di idrogeno in funzione della massa di carbonio residuo presente nel sistema hanno mostrato una correlazione di tipo lineare. Il contenuto in siero della miscela si è dimostrato più influente rispetto al pH nel determinare la pendenza delle curve.

Per stimare la ripartizione del carbonio tra la fase gassosa e la miscela è stato effettuato un bilancio alla fine del processo dal quale è possibile stimare la produzione media di CO₂ (4,5%) e l'abbattimento medio del TOC presente in miscela (15%) rispetto al contenuto iniziale in carbonio. Come atteso, dunque, la frazione prevalente del carbonio si trova, al termine del processo di fermentazione, ancora in forma non degradata all'interno della miscela. Ciò consente di desumere che il potenziale energetico del substrato originario può essere ulteriormente sfruttato integrando il processo con una successiva fase di digestione anaerobica o con altri processi biologici come la fotofermentazione o la biofotolisi.

L'andamento dei carboidrati nel tempo è risultato essere strettamente collegato all'evoluzione temporale del processo. È stato infatti riscontrato un andamento di tipo lineare della produzione di idrogeno in funzione dell'abbattimento dei carboidrati, indicando la degradazione di questi come il costituente prevalente responsabile della produzione di idrogeno. In tale ottica, il siero caseario, caratterizzato da contenuti iniziali di carboidrati solubili elevati, si presenta come un substrato particolarmente adatto alla produzione biologica di idrogeno mediante dark fermentation.

In conclusione, è stato possibile rilevare una decisa sensibilità del processo alle variabili operative indagate.

La stabilità del processo è risultata molto labile in assenza di inoculo immesso dall'esterno, indicando la selezione della biomassa idrogenoproduttrice come una fase particolarmente critica dell'intero processo.

L'evolvere del processo è strettamente correlato con la degradazione dei carboidrati all'interno della miscela.

La cinetica del processo è risultata molto rapida dal momento che le prove si sono concluse nell'arco di 24 ore. Ciò evidenzia che l'inserimento di un processo di dark fermentation come primo stadio a monte di un processo di digestione anaerobica convenzionale comporta soltanto un modesto aggravio in termini di volumetrie richieste per i reattori di digestione ed economia generale del processo complessivo, consentendo d'altra parte notevoli vantaggi in termini delle caratteristiche quantitative e qualitative del biogas prodotto.