

Candidato: Flavia Spiller

Relatore: Prof. Mariarosaria Boni

Titolo della tesi: Gli effetti del trattamento ad ultrasuoni sui residui organici destinati a digestione anaerobica

A.A.: 2013/2014 Sessione Luglio

Abstract

Il rinnovato interesse suscitato nei confronti della digestione anaerobica scaturisce dalla possibilità di valorizzare, attraverso processi di natura biochimica, il contenuto energetico della frazione organica di flussi residuali quali i rifiuti solidi urbani, i residui agro-industriali, fanghi biologici del trattamento delle acque reflue e di ottenere, al contempo, una parziale bio-stabilizzazione.

In questo contesto, si inserisce il presente lavoro che ha avuto come obiettivo quello di valutare gli effetti del trattamento ad ultrasuoni (US), o sonolisi, di differenti matrici organiche destinate a digestione anaerobica (DA). La sonolisi sfrutta l'impiego degli US per promuovere la disintegrazione della matrice organica sottoposta a trattamento mediante il fenomeno della cavitazione acustica, che consiste nella formazione, crescita e collasso di bolle di gas o vapori all'interno di un fluido sottoposto ad un campo acustico, con conseguente rottura delle molecole complesse per azioni di natura chimico-fisica.

Mentre gli US sono stati comunemente impiegati come pre-trattamento del substrato da avviare a digestione, nel presente lavoro è stata valutata una configurazione di processo non convenzionale, basata sulla sonicazione, e sul successivo ricircolo nel reattore biologico, del digestato. In tal modo si può ottenere la valorizzazione del potenziale energetico residuo del digestato grazie al trattamento delle sole componenti difficilmente biodegradabili.

Le matrici organiche analizzate nel corso della sperimentazione sono state le seguenti: una miscela composta per il 50% (v/v) da reflui civili e per il restante 50% da scarti organici derivanti dalla produzione di alimenti (dall'inglese food waste, FW); una miscela di differenti residui, quali reflui di origine zootecnica, matrici organiche derivanti da scarti di produzione e colture energetiche. Tale substrato è quindi caratterizzato da un alto contenuto di componenti lignocellulosiche.

Nella prima fase della sperimentazione sono stati valutati gli effetti del trattamento ad ultrasuoni sul substrato FW, variando il valore dell'energia specifica di sonicazione tale da coprire un range energetico di 500-50'000 kJ/kgST. Gli effetti sono stati analizzati in termini di solubilizzazione della sostanza organica attraverso l'analisi di parametri chimico-fisici quali ST, SV, TOC, COD e carboidrati. E' stato osservato che il trattamento ad ultrasuoni non produce effetti di mineralizzazione e/o volatilizzazione della sostanza organica totale, rimasta invariata a seguito dei trattamenti, bensì un incremento della frazione solubile a fronte di una riduzione di quella particolata. Dai risultati ottenuti è emerso, infatti, un incremento del TOC, COD e carboidrati in soluzione all'aumentare dell'energia di sonicazione, particolarmente significativo per energie specifiche di sonicazione comprese tra 6'000 e 20'000 kJ/kgST; valori di energie maggiori di 20'000 kJ/kgST non hanno prodotto incrementi significativi della concentrazione della frazione organica solubile tali da giustificare un consumo energetico maggiore. Successivamente, sono state effettuate prove di DA sul substrato FW, realizzando delle miscele composte da substrato tal quale e substrato sonicato presenti in rapporti di 0.25 o 0.75 (w/w) ed utilizzando energie di sonicazione di 6'000, 10'000, 20'000 e 50'000 kJ/kgST. L'obiettivo è stato quello di valutare gli effetti della sonolisi sulle rese del processo in termini di rese di conversione dei composti organici in metano ed abbattimento della sostanza organica. Dai risultati ottenuti è stato osservato che il trattamento ad ultrasuoni produce un incremento nella produzione specifica di metano ($NL\ CH_4/kgSV$) per i campioni caratterizzati da elevate energie di sonicazione ed elevati rapporti di miscela, ottenendo incrementi del 30, 23 e 25% rispettivamente per i test 50'000, 20'000 e 10'000 kJ/kgST. Per bassi rapporti di miscela, nonostante gli elevati abbattimenti conseguiti sulla sostanza organica totale, l'incremento nella produzione specifica di metano è risultato nullo o irrilevante, dovuto al fatto che bassi rapporti

di miscela determinano delle condizioni di substrato limitante rispetto alla biomassa presente. Durante le prove di biometanazione è stato monitorato l'andamento della sostanza organica in soluzione attraverso la misura dei parametri TOC solubile, ST, SV e acidi grassi volatili (VFA). La concentrazione totale dei VFA durante il periodo di DA ha mostrato un incremento all'aumentare dell'energia di sonicazione, mentre l'influenza del rapporto di miscela è risultata notevole solo con le più elevate energie (50'000 kJ/kgST). Inoltre, è stata osservata una maggiore differenziazione nella natura dei VFA all'aumentare dell'energia specifica per l'instaurarsi di percorsi metabolici differenti che hanno consentito la formazione di un maggior numero di prodotti di degradazione. Ciò probabilmente è legato al maggior grado di disintegrazione della sostanza organica. Il TOC solubile ha mostrato un andamento simile per tutte le configurazioni studiate con un incremento delle concentrazioni all'aumentare dell'energia specifica e del rapporto di miscela. Le concentrazioni finali sono risultate, invece, pressoché simili, indicando un maggiore consumo di sostanza organica all'aumentare dell'energia somministrata e del rapporto substrato sonicato/substrato tal quale. L'abbattimento della sostanza organica conseguito al termine del processo di DA è risultato maggiore per i campioni con bassi rapporti di miscela, non giustificato dall'incremento della produzione specifica di metano, risultata inferiore a quella ottenuta per i campioni caratterizzati da un rapporto di miscela maggiore.

Nella seconda fase della sperimentazione è stato effettuato uno studio preliminare volto alla valutazione degli effetti della sonolisi su un substrato con un alto contenuto di componenti ligno-cellulosiche. In particolare è stato valutato l'incremento della solubilizzazione a seguito del trattamento, al variare di diversi parametri operativi: potenza volumetrica (0.2-0.4 W/mL) ed energia specifica (500, 3'000, 6'000 e 10'000 kJ/kgST). Gli effetti sono stati determinati in termini di TOC solubile, il quale ha mostrato un incremento della concentrazione all'aumentare dell'energia specifica di sonicazione per entrambi i valori di potenza volumetrica investigati, significativo per energie minori di 10'000 kJ/kgST. Tuttavia, è stato osservato che, a parità di energia specifica, un incremento della potenza volumetrica, da 0.2 a 0.4 W/mL, non ha comportato variazioni significative della concentrazione del TOC in soluzione, particolarmente evidente per energie specifiche minori di 10'000 kJ/kgST.

Sviluppi futuri prevedono ulteriori approfondimenti sugli effetti di differenti parametri operativi della sonicazione sulle caratteristiche chimico-fisiche e morfologiche dei due substrati analizzati e la realizzazione di prove batch di biometanazione per il substrato caratterizzato da un alto contenuto di componenti difficilmente biodegradabili.