

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Quali pretrattamenti alla biomassa per massimizzare la resa in biogas?

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/142482> since

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Possibili pre-trattamenti dei residui colturali e delle biomasse impiegabili negli impianti di digestione anaerobica

S. Menardo, P. Balsari

Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, sezione Ingegneria dei Bio-sistemi. Via Leonardo da Vinci, 44 – 10095 Grugliasco (TO).

Sommario

La resa di biogas dei substrati organici è strettamente legata al contenuto in solidi volatili e alla loro degradabilità. L'elevato contenuto in composti ligno-cellulosici limita significativamente tali rese, tanto da rendere necessario un pre-trattamento delle biomasse prima dell'inserimento nel digestore anaerobico. Nel presente articolo sono stati descritti i pre-trattamenti oggetto di studio a livello internazionale sia in fase preliminare che avanzata e la loro efficacia con diversi substrati. I principali vantaggi e svantaggi operativi e di processo di tali pre-trattamenti sono stati inoltre evidenziati per un più dettagliato e completo quadro del loro meccanismo d'azione.

Introduzione

La rapida crescita del settore dell'energia verde, avvenuto in questo ultimo decennio, ha interessato varie forme di energia da fonti rinnovabili, tra cui quella derivante dalle biomasse di origine agricola e forestale. In particolare l'impiego delle biomasse in digestori anaerobici per la produzione di biogas ha avuto un notevole incremento sia in Europa che in Italia. **Attualmente in Europa sono presenti circa 12000 impianti di biogas di cui circa 1000 in Italia, per un'energia installata di oltre 750 MW_{el}.** La considerevole crescita del numero di questi impianti è stata favorita dal sistema di incentivazione estremamente vantaggioso adottato in Italia per l'energia elettrica prodotta da impianti di biogas. Inoltre, la tecnologia su cui si basa la digestione anaerobica (DA), è considerata una tra le più efficienti, sia da un punto di vista energetico che in termini di contenimento dell'impatto ambientale.

Biomasse impiegate per la produzione di biogas

Negli impianti di biogas sono diversi e, anche molto differenti tra loro, i substrati che vengono normalmente utilizzati, quali acque reflue, FORSU, scarti industriali, colture energetiche, liquami animali e residui agricoli. La produttività di tali biomasse, in termini di biogas e metano, è strettamente legata al loro contenuto in solidi volatili (SV) e alla loro composizione.

I grassi sono la componente maggiormente produttiva, mentre le proteine e i carboidrati

producono volumi minori di biogas. I valori riportati in Tabella 1 sono stati calcolati sulla base della composizione elementare dei principali composti organici.

Tabella 1. Potenziale produzione di biogas di alcuni composti organici.

Composto organico	Produzione potenziale di biogas
	l _N /kg SV
Carboidrati	750
Grassi	1390
Proteine	800

La differenza tra la produzione potenziale e quella reale, soprattutto nelle biomasse ricche in fibra e lignina, può essere molto ampia. La

lignina è, infatti, una componente organica non degradabile dai batteri che risulta molto affine alla cellulosa e tende a legarsi ad essa tramite legami ligno-cellulosici decisamente stabili, ricoprendola quasi completamente. Tale struttura, definita ligno-cellulosica, rende pressoché inaccessibile la componente cellulosica, non consentendo, quindi, la sua degradazione da parte dei microrganismi. **Prodotti ricchi di legami ligno-cellulosici** sono, ad esempio, alcuni **sottoprodotti vegetali, come le paglie, gli stocchi di mais, i raspi di uva, ma anche gli effluenti zootecnici, quali il letame o la frazione solida separata.** Queste biomasse risultano, pertanto, potenzialmente interessanti per la produzione di biogas, ma forniscono rese molto inferiori a quelle potenziali, in quanto caratterizzate da un contenuto di lignina che può arrivare anche fino al 15–20% (Figura 1).

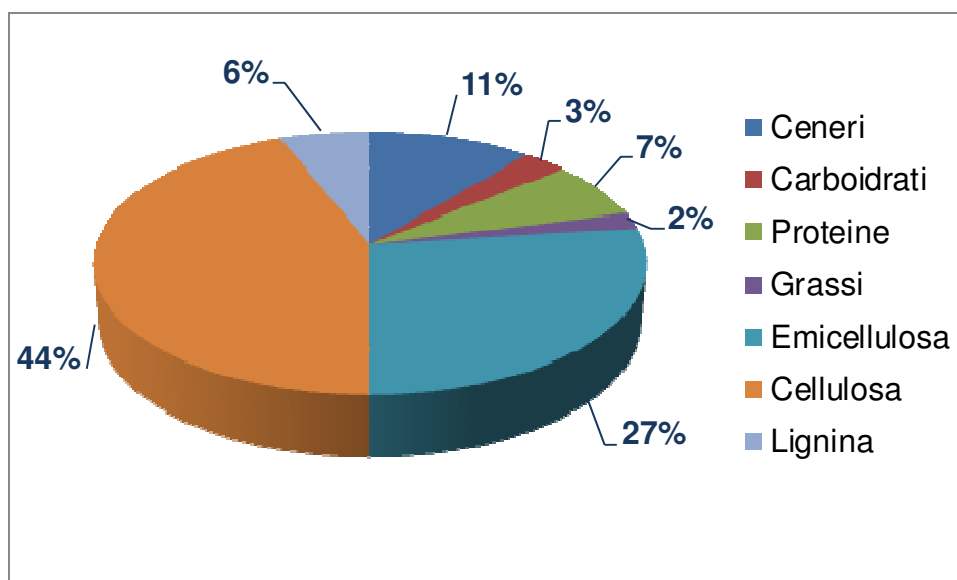


Figura 1. Composizione chimica media di una biomassa ligno-cellulosica.

Pre-trattamenti necessari per le biomasse ligno-cellulosiche

Queste biomasse per essere convenientemente utilizzate in un impianto di biogas, devono essere sottoposte ad un pretrattamento. Quest'ultimo viene effettuato con un duplice scopo: aumentare la superficie aggredibile dai batteri e separare la lignina dalla cellulosa. **Gli effetti positivi di un pre-trattamento su una biomassa non dipendono solo dall'efficacia del suo meccanismo d'azione, ma anche dal tipo di biomassa impiegata.** Non esistendo protocolli standardizzati per valutare l'efficacia di tali pre-trattamenti, risulta difficile fare una loro valutazione oggettiva. In particolare, l'efficacia di tali pre-trattamenti dovrebbe essere valutata, non solo in termini di resa di biogas, ma anche in termini di efficienza energetica ed economica complessiva.

I pretrattamenti che da alcuni anni sono oggetto di studio a livello internazionale per il trattamento delle biomasse in ingresso nel digestore anaerobico, sono classificabili in meccanici, termici, chimici e biologici.

Pre-trattamenti meccanici

I trattamenti meccanici sono generalmente semplici, e possono svolgere diverse azioni sulle biomasse. Trattamenti meccanici, come la **trinciatura** e la **molitura** hanno lo scopo, di aumentare la superficie disponibile per l'attacco dei batteri attraverso lo sminuzzamento della biomassa. In particolare, grazie alla diminuzione della dimensione della singola particella di biomassa, si incrementa la degradazione della frazione organica nella fase di idrolisi del processo di digestione anaerobica. Si tratta di operazioni facilmente praticabili in una qualunque azienda agricola o impianto di biogas, ma che generalmente risultano onerose sotto l'aspetto energetico.

Considerando i trattamenti meccanici, va inoltre considerata anche l'**estrusione**, processo industriale da sempre utilizzato per la produzione di materie plastiche, ma da alcuni anni oggetto di studio in Europa e in Italia come pre-trattamento delle biomasse lignocellulosiche. L'azione principale di questo pre-trattamento è lo sfibramento della biomassa, ma favorisce anche la rottura della frazione più grossolana e un lieve effetto termico, dovuto all'incremento della temperatura per frizione. Gli estrusori possono essere monovite e bivate; monovite, quando è presente una sola vite senza fine che ruota all'interno di un cilindro di acciaio in cui è presente la biomassa, bivate, quando sono costituiti da due viti senza fine compenetranti. Le due viti possono ruotare in senso concorde o discorde ed è inoltre possibile regolare la distanza tra di esse, in modo da regolare anche l'intensità e la forza di estrusione. L'estrusione viene ampiamente impiegata per trattare biomasse vegetali e residui agroindustriali umidi e con contenuti in lignina non troppo elevati. Alcuni studi svolti in Danimarca hanno evidenziato anche risultati molto interessanti nel trattamento di letame bovino, substrato decisamente recalcitrante, a causa dell'elevata presenza di materiale paglioso.

Nella categoria dei trattamenti meccanici rientrano anche i trattamenti con **ultrasuoni**. Questo pre-trattamento induce la formazione di bolle di cavitazione che si ingrandiscono fino a raggiungere dimensioni tali da collassare; questa esplosione provoca la distruzione delle cellule e il rilascio di materiale organico intracellulare. Gli ultrasuoni hanno mostrato ottimi risultati nel trattamento dei liquami suinicoli, favorendo sia la solubilizzazione della sostanza organica che la riduzione delle dimensioni delle componenti organiche. Scarsi risultati sono stati finora osservati con residui colturali e biomasse vegetali.

Anche l'uso dell'irradiamento della biomassa con **microonde** è al momento oggetto di studio, ma è ancora in fase di valutazione preliminare. I primi risultati ottenuti hanno però mostrato che le microonde possono provocare la formazione di composti refrattari che potrebbero incidere negativamente sulle rese di biogas.

Pre-trattamenti termici e chimici

I trattamenti termici consistono nel sottoporre le biomasse a temperature elevate, in ambiente umido per periodi di tempo variabili. A temperature prossime a 150-180°C, prima l'emicellulosa e poi la lignina, cominciano a solubilizzare. La solubilizzazione della lignina favorisce l'accesso alla cellulosa da parte dei batteri e quindi la sua degradazione. I trattamenti termici possono avvenire in acqua calda oppure con iniezione di vapore e rilascio repentino della pressione. Questa seconda tecnologia è denominata **steam explosion** e presenta un'efficienza superiore. Con alcune biomasse questo pretrattamento, ha mostrato effetti negativi dovuti alla degradazione della lignina in composti tossici per il processo di DA. Ai trattamenti termici possono essere accoppiati anche trattamenti chimici con acidi o sostanze basiche. L'aggiunta di sostanze chimiche può incrementare il rischio di formazione di sostanze tossiche per il processo di DA. Sebbene la formazione di composti inibitori tenda a limitare la produzione di biogas, i microrganismi attivi nella digestione anaerobica hanno comunque mostrato di avere un'elevata capacità di adattamento, superiore ai microorganismi presenti in altri processi fermentativi. Pertanto, per concentrazioni non troppo elevate, il livello di tolleranza di questi microorganismi risulta particolarmente elevato.

Anche la **surgelazione** può rientrare nella classe dei pre-trattamenti termici, sebbene il meccanismo di azione sia prevalentemente di tipo meccanico. Alcune prove di surgelazione sono state eseguite su scarti vegetali per valutarne il possibile effetto. A seguito di surgelazione, si è evidenziato un incremento dell'umidità della biomassa, dovuto alla rottura delle membrane cellulari e relativa fuoriuscita di liquidi intracellulari. Sebbene teoricamente una maggiore produzione sarebbe attesa, nessun rilevante risultato è stato ottenuto da tali prove.

Efficienza dei principali pre-trattamenti per tipo di substrato

Per biomasse quali **energy crops o scarti agricoli e agro-industriali**, i trattamenti che hanno permesso di ottenere i **risultati migliori** in termini di incremento della degradabilità delle biomasse sono stati quelli meccanici, in particolare le **microonde**, e quelli **chimici**, sia con uso di basi che di acidi. Con biomasse meno recalcitranti anche gli **ultrasuoni** hanno mostrato buoni risultati. I trattamenti termici a temperature inferiori a 100°C non hanno evidenziato risultati significativi, in quanto è necessario raggiungere **temperature di almeno 160-180°C perché l'emicellulosa e la lignina comincino a solubilizzare**. Sebbene questi trattamenti si siano rivelati molto interessanti per pretrattare le biomasse in ingresso in un digestore anaerobico, è necessario ricordare che essi possono indurre la produzione di sostanze tossiche che, se presenti in alte concentrazioni, potrebbero bloccare la produzione di biogas.

Pre-trattamenti biologici ed enzimatici

Infine, va ricordato che anche l'impiego di microorganismi, in grado di degradare le fibre e la lignina, può migliorare la DA di biomasse ligno-cellulosiche. **L'utilizzo di microorganismi vitali è probabilmente più efficiente rispetto all'utilizzo di enzimi liberi**, in quanto i microorganismi hanno una capacità di rigenerazione di cui gli enzimi sono privi e, allo stesso tempo, sono in grado di produrre enzimi specifici per il substrato con cui sono a contatto. I microorganismi generalmente utilizzati per il pre-trattamento delle biomasse hanno la capacità di degradare la lignina e l'emicellulosa, ma solo in piccola parte la cellulosa, che risulta molto più resistente a questo tipo di attacco biologico. Il pre-trattamento biologico, può dare risultati estremamente interessanti quando viene utilizzato un complesso microbico adatto sia alla biomassa che al tipo di fermentazione anaerobica alla quale la stessa viene poi sottoposta. Tale scelta è però piuttosto complessa così come l'adattamento dei microorganismi al particolare ambiente che si viene a generare all'interno del digestore anaerobico. E' bene anche sottolineare che questi complessi microbici risultano spesso molto costosi il che spesso limita la convenienza economica del loro impiego .

Figura 2. Pretrattamenti e substrati oggetto di studio a livello internazionale. Le barre indicano in percentuale quante ricerche sono state affrontate per tipo di pretrattamento e tipo di biomassa.

