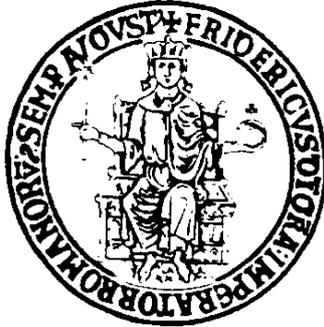


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

**CORSO DI STUDIO MAGISTRALE IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
CLASSE DELLE LAUREE MAGISTRALI IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
(CLASSE LM35)**

TESI DI LAUREA

***“ANALISI SPERIMENTALE DELLE CONDIZIONI OTTIMALI DI
FUNZIONAMENTO DI REATTORI DI PHOTOFERMENTATION
IN VISTA DELL'INGEGNERIZZAZIONE DEL PROCESSO.”***

Relatore
Ch.mo Prof. Ing. Massimiliano Fabbricino

Candidata
***Lucia Cozzolino
matricola M67/179***

Correlatore
Ing. Vincenzo Luongo

Anno Accademico 2014 - 2015

Abstract

Jeremy Rifkin, nel suo saggio *Economia all'idrogeno*, asserisce: Il passaggio all'idrogeno sarà la terza grande rivoluzione industriale dell'epoca moderna”.

Secondo il grande economista americano, dunque, dopo il turno del vapore e del petrolio si avvicina quello dell'idrogeno, in virtù non solo dell'ormai consolidata certezza dell'esaurimento imminente dei combustibili fossili, ma anche dell'assente impatto ambientale attribuibile all'utilizzo di tale nuovo vettore energetico.

I motivi per cui l'idrogeno è considerato tra i più promettenti combustibili di nuova generazione sono connessi, in primo luogo, alla sua abbondante presenza, in differenti forme, in natura (esso costituisce il predominante elemento costitutivo dell'universo), all'elevato potere calorifico inferiore (pari a 119.90 MJ/Kg, più del doppio di quello della benzina, 40÷45 MJ/kg, e del metano, 50 MJ/kg) ed, infine, alla sua combustione “pulita”, ovvero alla totale assenza di gas serra nei prodotti di combustione. Inoltre, esso può essere utilizzato nelle celle a combustibile per produrre energia elettrica.

La produzione di idrogeno per via biologica ha ricevuto, negli ultimi anni, particolare attenzione da parte della comunità scientifica: essa, diversamente dai metodi tradizionali, consente di svincolarsi dall'utilizzo di idrocarburi affidandosi esclusivamente a fonti di energia rinnovabili tra cui la biomassa e la luce solare.

Tra i processi biologici capaci di produrre H₂, detto quindi “bio-idrogeno”, i più noti sono:

- *biofotolisi dell'acqua*, condotta da alcune microalghe e cianobatteri;
- fermentazione di composti organici ad opera di batteri chemioeterotrofi e termofili, detta “fermentazione al buio” (*Dark Fermentation*);
- fermentazione di composti organici condotta da batteri fotosintetici anaerobici, in particolare i batteri rossi non sulfurei (PNSB - Purple Non-Sulfur Bacteria), detta “fotofermentazione” (*Photofermentation*).

Recentemente, diversi studi hanno dimostrato che i PNSB possono utilizzare, quali substrati organici utili ad esplicare il proprio metabolismo, gli acidi grassi a catena corta residuanti da processi di Dark Fermentation; tali composti volatili possono essere agevolmente utilizzati come donatori di elettroni per la produzione di bio-idrogeno, con rendimenti teorici notevolmente superiori rispetto a molti altri sistemi di produzione della stessa categoria (12 mol H₂/mol glucosio).

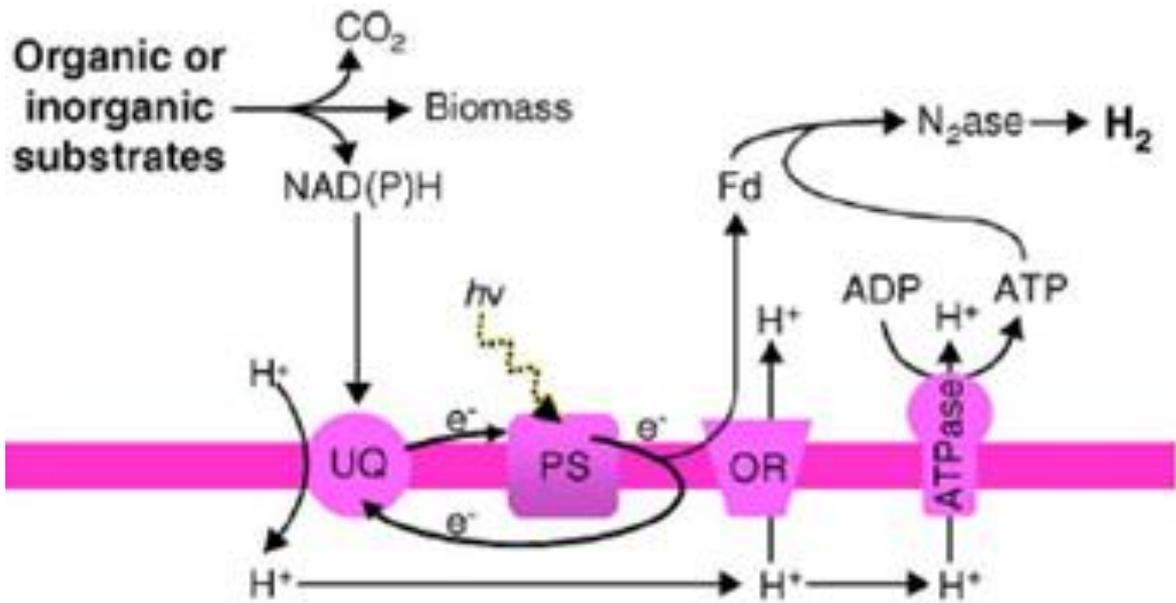


Figura 1 – *Patway metabolico preferenziale dei PNSB*

In tale contesto si colloca il presente lavoro di tesi, incentrato sul processo fotosintetico di produzione di bioidrogeno e, in particolare, sul monitoraggio di specifici parametri operativi (flussaggio con argon, condizioni di purezza delle colture biologiche, utilizzo colture miste e effetto della sterilizzazione dei substrati) che affettano e condizionano la sostenibilità del processo e la sua diffusione in larga scala.

La sperimentazione, condotta presso il Laboratorio di Analisi e Ricerche Ambientali (L.A.R.A) del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (D.I.C.E.A), afferente all'Università degli Studi di Napoli Federico II, ha previsto l'utilizzo sia di una coltura batterica mista arricchita di specifici PNSB, denominati *Rhodobacter Sphaeroides*, e sia di una coltura spontanea, ancora una volta mista, cresciuta grazie al condizionamento delle caratteristiche dell'ambiente di reazione di un reattore contenente digestato, fango di risulta che si ottiene da un impianto in scala reale di Digestione Anaerobica.

Per entrambi gli inoculi, testati in differenti condizioni operative, sono stati monitorati tutti i parametri collegati alla produzione di bioidrogeno ed al consumo di acidi grassi volatili (VFAs - Volatile Fatty Acids); nello specifico è stato confrontato il rendimento ottenibile alimentando i PNSB con substrati sintetici con quello, invece, derivante dall'alimentazione con effluenti provenienti da reattori di Dark Fermentation (DFE - Dark Fermentation Effluent).

Nella prima fase della sperimentazione è stato utilizzato un substrato artificiale, caratterizzato da concentrazioni di acidi organici volatili simili a quelle medie degli effluenti di reattori di Dark Fermentation alimentati con F.O.R.S.U. (Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani).

La sterilizzazione dei substrati, non realizzabile in scala reale, è stata evitata così come l'eliminazione dell'aria presente nello spazio di testa dei reattori, ottenendo, con la coltura mista ricca di *Rhodobacter Sphaeroides*, produzioni modeste a causa dell'elevata presenza di N_2 , inibitore dell'enzima nitrogenasi che risulta fondamentale nel processo di fotofermentazione.

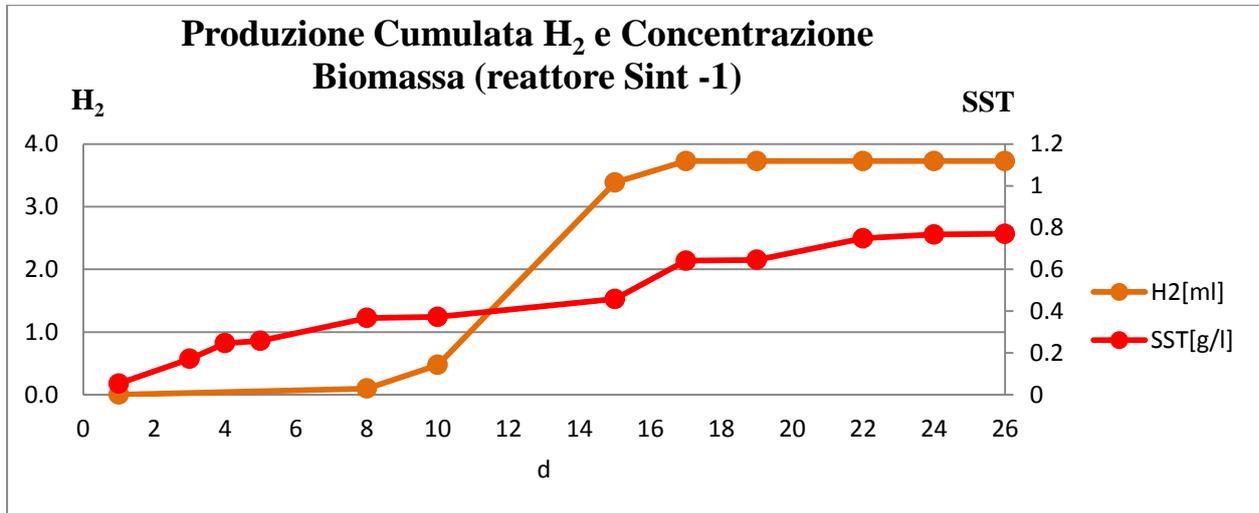


Figura 2 - Produzione cumulativa di idrogeno e curva di crescita dei microrganismi (Coltura mista)

Sono stati condotti successivi esperimenti (Figura 2) flussando argon all'interno dei reattori per intervalli temporali differenti (così da eliminare prima parzialmente e poi totalmente l'azoto dallo spazio di testa), ottenendo, in conclusione, che l'eliminazione totale dell'azoto presente in qualunque unità reattoristica volta alla produzione fotosintetica di biodidrogeno necessita la totale assenza di azoto molecolare.

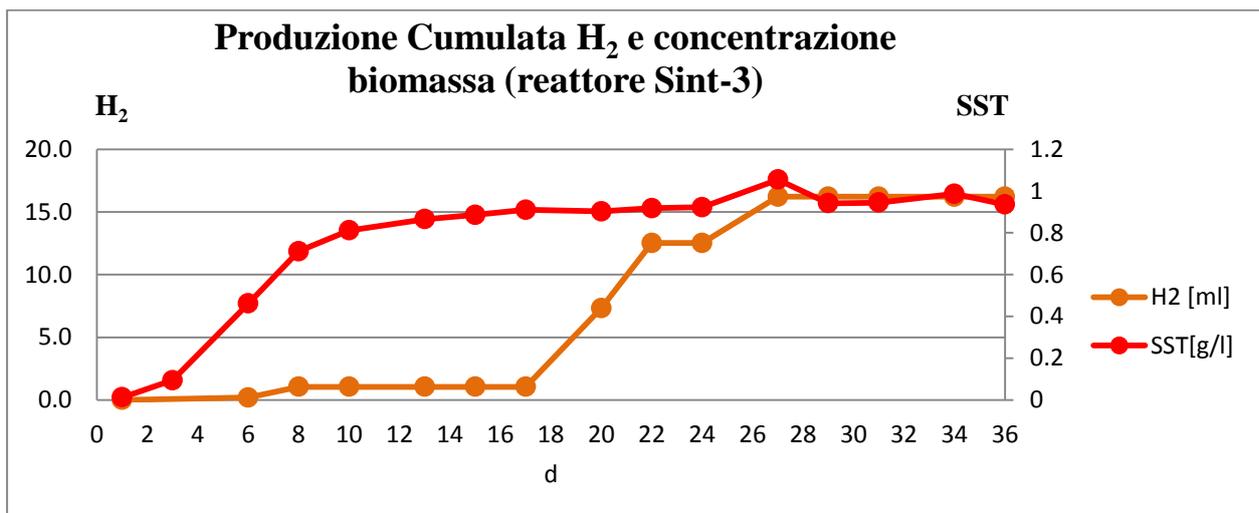


Figura. 3 - Produzione cumulativa di idrogeno e curva di crescita dei microrganismi (Coltura mista)

La seconda parte dello studio è stata condotta utilizzando esclusivamente effluenti di Dark Fermentation: in particolare è stato adoperato quale substrato un DFE di un reattore a regime

(pH pari a 5, rapporto tra acido butirrico ed acido acetico maggiore di 1) non sterilizzato e si è provveduto al flussaggio dei reattori con argon per almeno 20 minuti.

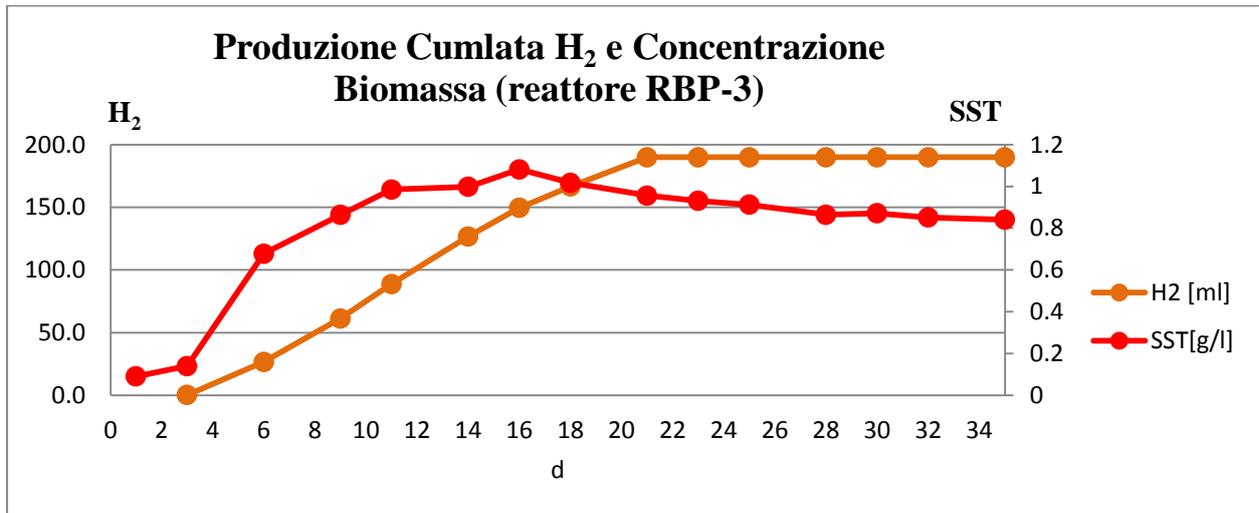


Figura 4 - Produzione cumulativa di idrogeno e curva di crescita dei microrganismi (Coltura mista)

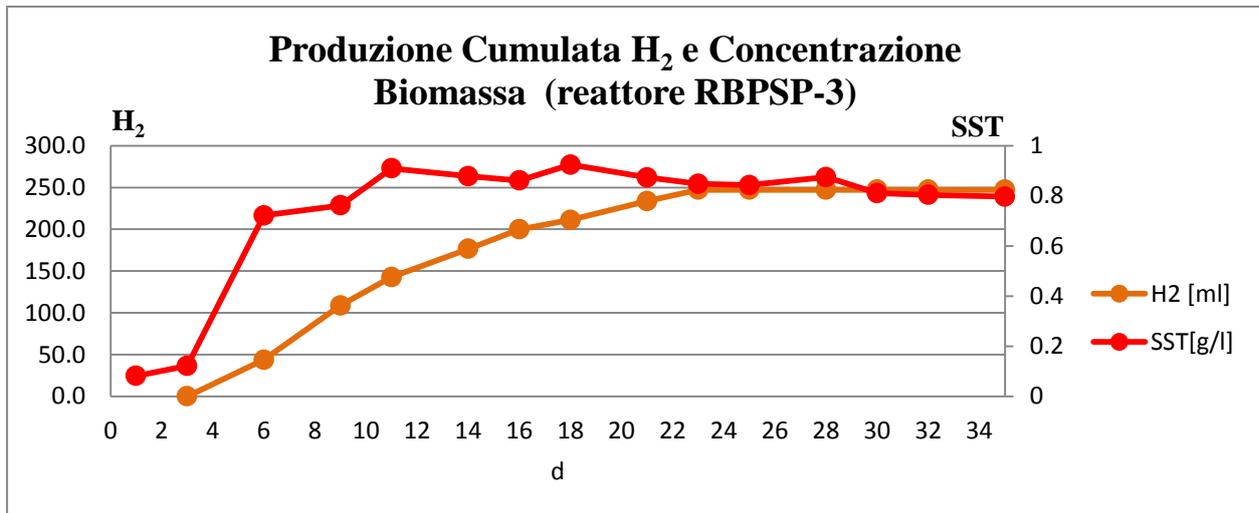


Figura 5 - Produzione cumulativa di idrogeno e curva di crescita dei microrganismi (Coltura spontanea)

I risultati mostrati nelle Figure 3 e 4 hanno consentito, dunque, di evidenziare due aspetti fondamentali in grado di condizionare la produzione di bio-idrogeno per via fotosintetica in qualunque unità reattoristica applicabile in scala reale:

- l'eliminazione dell'aria residua nella fase iniziale di start-up di tali fasi biologiche risulta essere indispensabile al fine di non condizionare in maniera irreversibile la formazione della biomassa batterica in grado di attuare la produzione di biogas ad elevato tenore di idrogeno;
- l'utilizzo di culture pure e l'attuazione di condizioni asettiche sono risultate non indispensabili al fine di ottenere rese di produzione di bio-idrogeno che rendano il processo sostenibile.