

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 MAGISTALI IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
(CLASSE LM-35)**

TESI DI LAUREA

«Ottimizzazione del processo di digestione anaerobica di scarti lignocellulosici attraverso biostimolazione delle colture microbiche indigene»

Relatore:

Ch.mo Prof. Ing. Massimiliano Fabbricino

Correlatore:

**Ing. Dott. Alberto Ferraro
Lubrano**

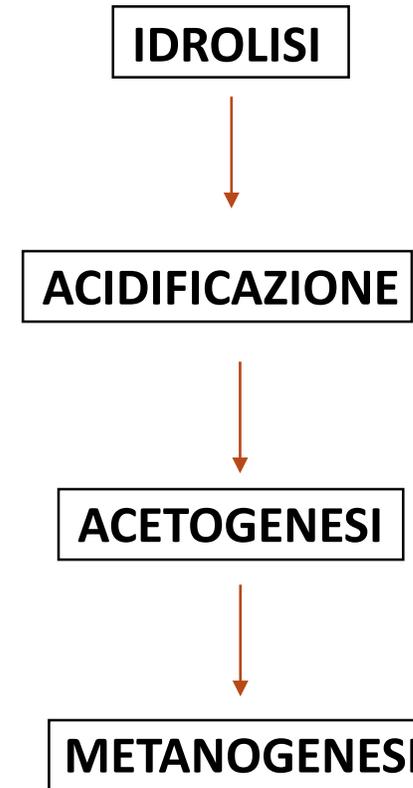
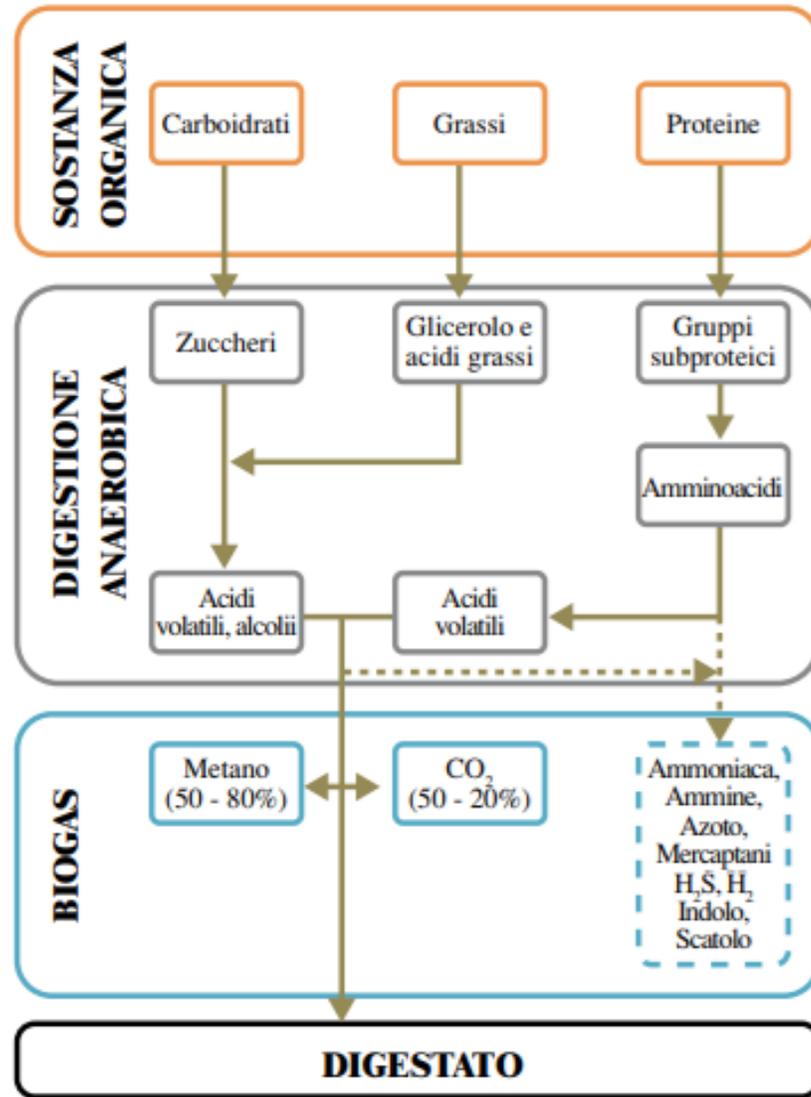
Candidato:

Antonio

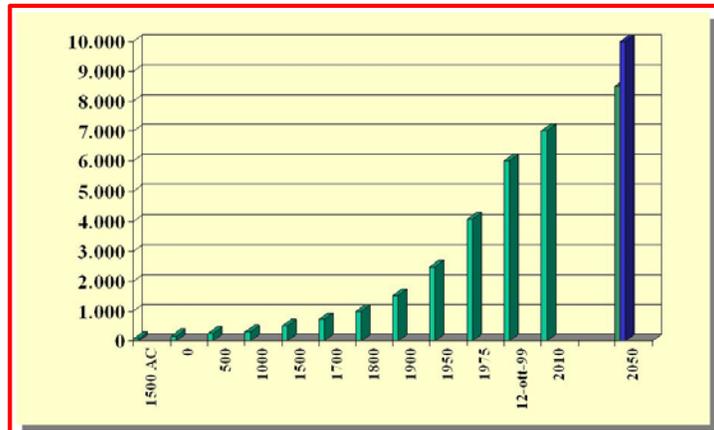
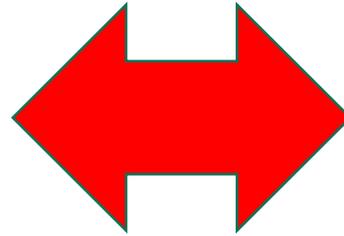
Matricola M67/440

Anno Accademico 2018/2019

Digestione anaerobica



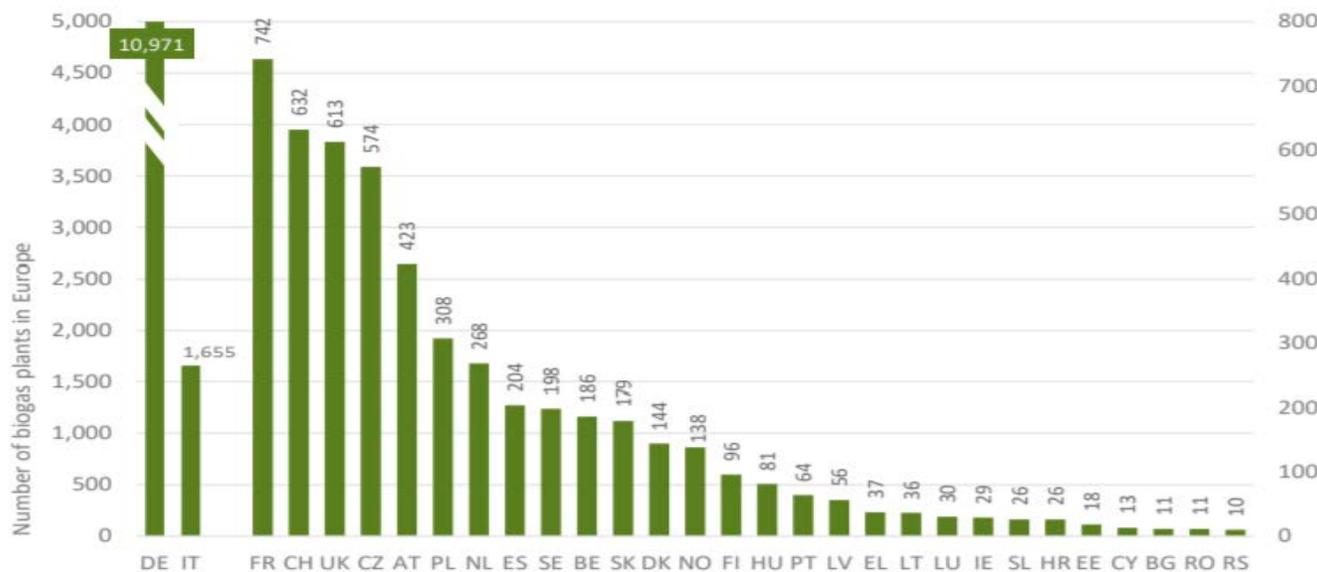
Un rifiuto abbondante e valorizzabile



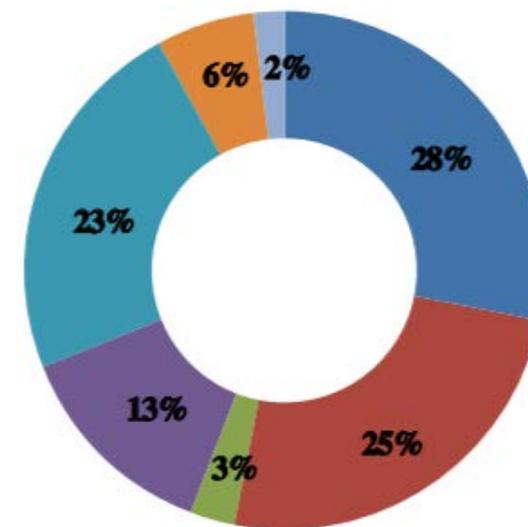
Aumento della popolazione umana nel tempo in milioni di abitanti



Impianti di digestione anaerobica in Italia



Fonte: *European Biogas Association*, annual report 2018

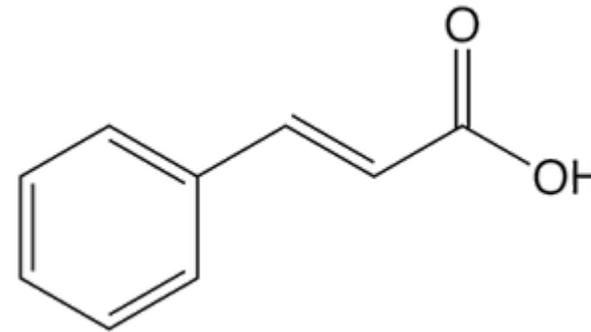


- Solo liquame suino
- Solo liquame bovino
- Liquame suino + liquame bovino
- Liquame bovino e/o suino e/o pollina + colture energetiche
- Liquame bovino e/o suino e/o pollina + colture energetiche + scarti organici
- Colture energetiche e/o scarti organici
- Pollina + scarti organici e/o colture energetiche

Substrato lignocellulosico

COLTURE	Superficie coltivata 10 ³ ha	Disponibilità effettiva di residui kt
Frumento tenero	655	551
Frumento duro	1687	1417
Orzo	340	391
Avena	144	86
Riso	219	508
Mais	1095	3088
Vite	856	642
Olivo	2276	615
Melo	62	39
Pero	43	26
Pesco	93	87
Agrumi	177	97
Mandorlo	87	59
Nocciolo	69	27
Altri fruttiferi	56	25
Tabacco	38	14
Girasole	197	308
TOTALE		7980

Fonte: ITABIA, 2017



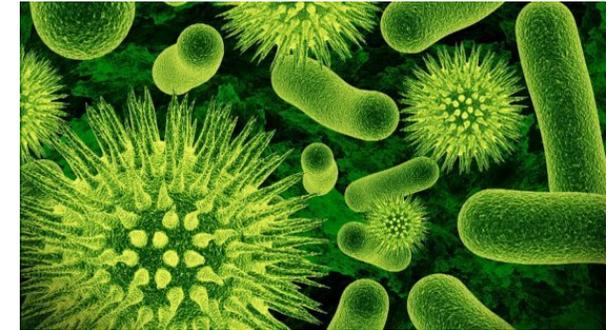
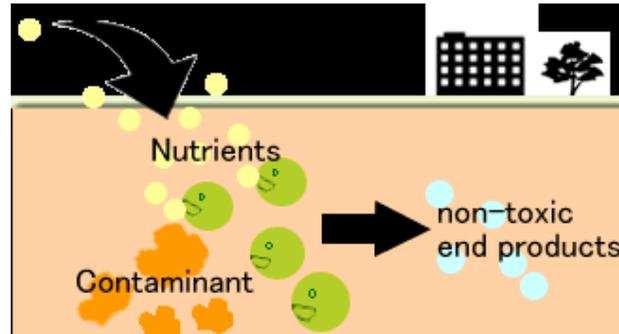
Lignina

Pretrattamenti

- Fisico: es. triturazione della biomassa lignocellulosica
- Chimico: Attraverso l'utilizzo di agenti ossidanti, alcali e sali
- Biologico: es. funghi anaerobi e white-rot

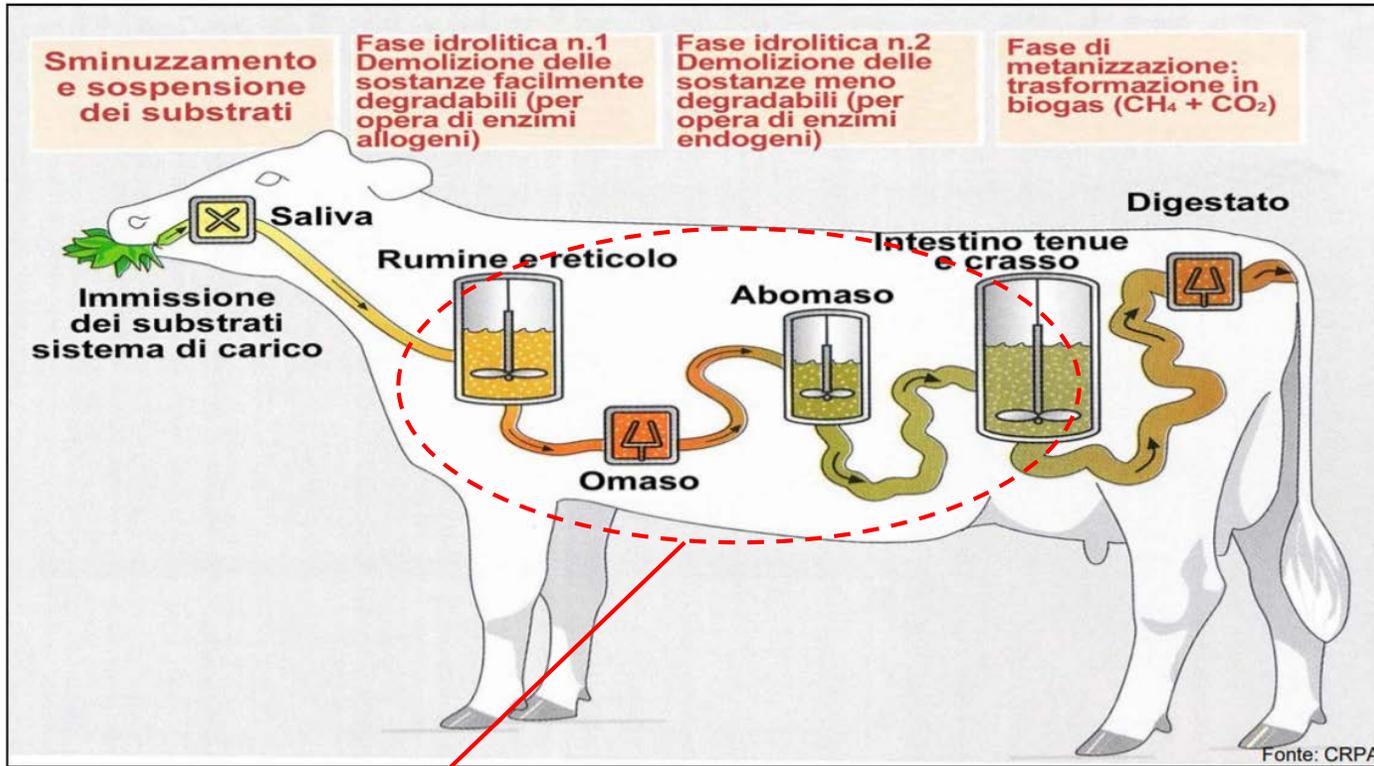


Biostimulation «al naturale»



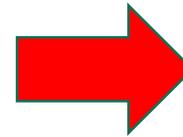
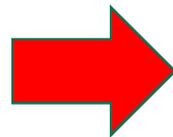
La tecnica di biostimulation simula il fenomeno dell'arricchimento microbico attraverso la modifica delle condizioni ambientali, essa non è stata mai applicata ad un processo di digestione anaerobica!

Simulazione stomaco ruminante



Confronto tra configurazioni:

- 1) Prove con supporto (pseudo adese)
- 2) Prove s/n supporto (pseudo sospese)



Condizioni operative



$T=37\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Condizioni Mesofile



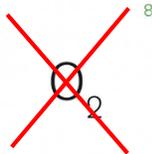
Assenza di luce

Condizioni Dark



$\text{pH}= 6,9\pm 1$

Condizioni pH costante



Assenza di ossigeno

Condizioni anaerobiche



Tempi di reinocolo di 24h, 48h e 96h



Fase di start-up e reinocolo

Composizione delle prove

P24h

t=0	t=24h	t=48h	t=72h	t=96h	t=5d	t=6d	t=7d
A1	A1I	A1II	A1III	A1IV	A1V	A1VI	A1VII
A2	A2I	A2II	A2III	A2IV	A2V	A2VI	A2VII
A3	A3I	A3II	A3III	A3IV	A3V	A3VI	A3VII
B1	B1I	B1II	B1III	B1IV	B1V	B1VI	B1VII
B2	B2I	B2II	B2III	B2IV	B2V	B2VI	B2VII
B3	B3I	B3II	B3III	B3IV	B3V	B3VI	B3VII

P48h

t=0	t=48h	t=96h	t=6d	t=8d	t=10d	t=12d	t=14d
C1	C1I	C1II	C1III	C1IV	C1V	C1VI	C1VII
C2	C2I	C2II	C2III	C2IV	C2V	C2VI	C2VII
C3	C3I	C3II	C3III	C3IV	C3V	C3VI	C3VII
D1	D1I	D1II	D1III	D1IV	D1V	D1VI	D1VII
D2	D2I	D2II	D2III	D2IV	D2V	D2VI	D2VII
D3	D3I	D3II	D3III	D3IV	D3V	D3VI	D3VII

P96h

t=0	t=96h	t=8d	t=12d	t=16d	t=20d	t=24d	t=28d
E1	E1I	E1II	E1III	E1IV	E1V	E1VI	E1VII
E2	E2I	E2II	E2III	E2IV	E2V	E2VI	E2VII
E3	E3I	E3II	E3III	E3IV	E3V	E3VI	E3VII
F1	F1I	F1II	F1III	F1IV	F1V	F1VI	F1VII
F2	F2I	F2II	F2III	F2IV	F2V	F2VI	F2VII
F3	F3I	F3II	F3III	F3IV	F3V	F3VI	F3VII

144 Prove



Cabina per anaerobiosi

Metodo sperimentale

START-UP

4,75g di substrato
lignocellulosico autoclavato

125 ml di digestato bufalino

500 ml di soluzione tampone fosfato



REINOCULO

4,75g di substrato
lignocellulosico autoclavato

10 ml di liquido dal reattore
precedente

615 ml di soluzione tampone fosfato

Misurazioni

ANALISI BIOGAS



Misurazione
del biogas



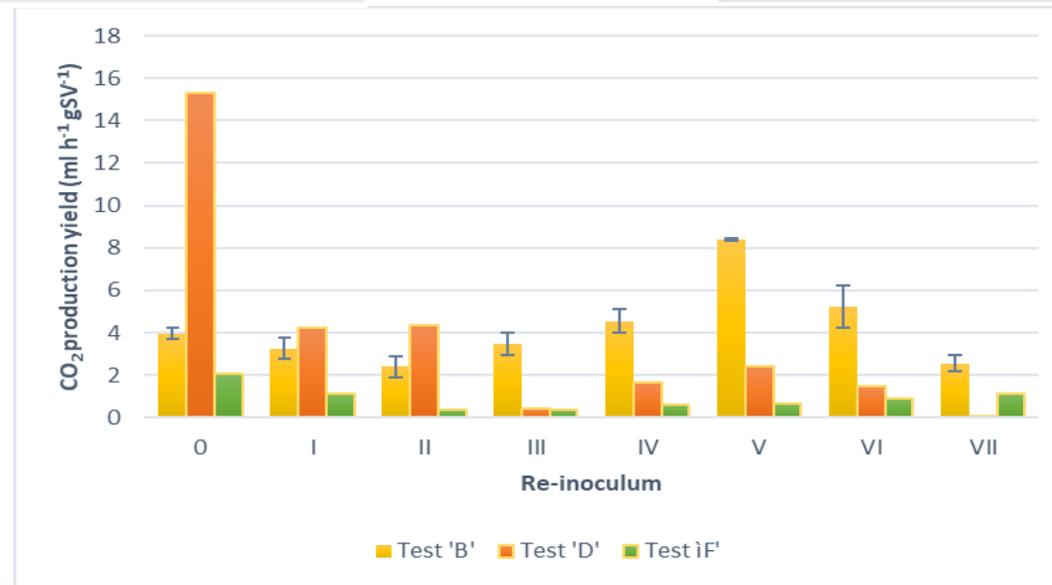
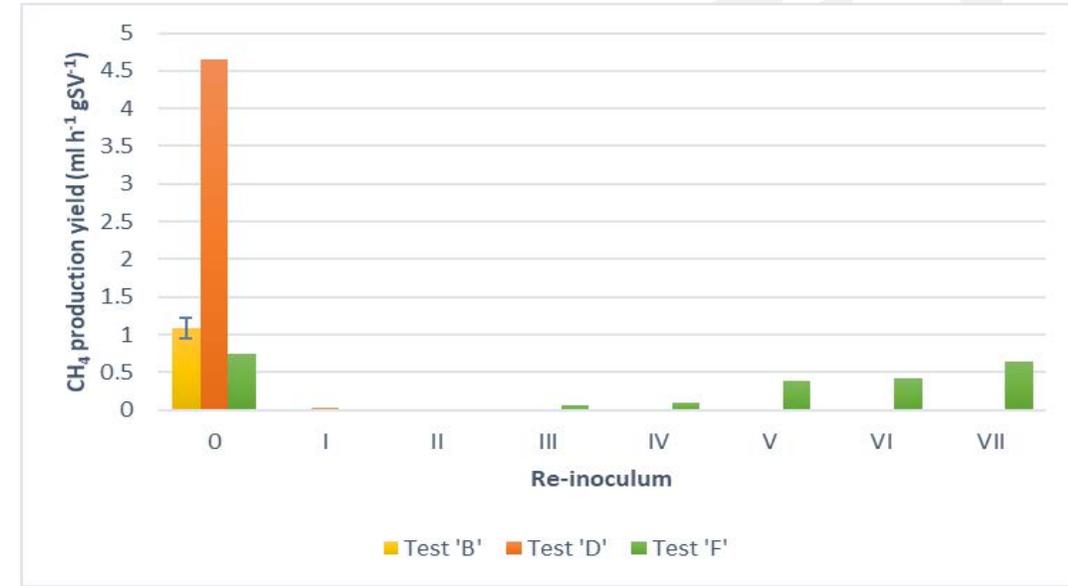
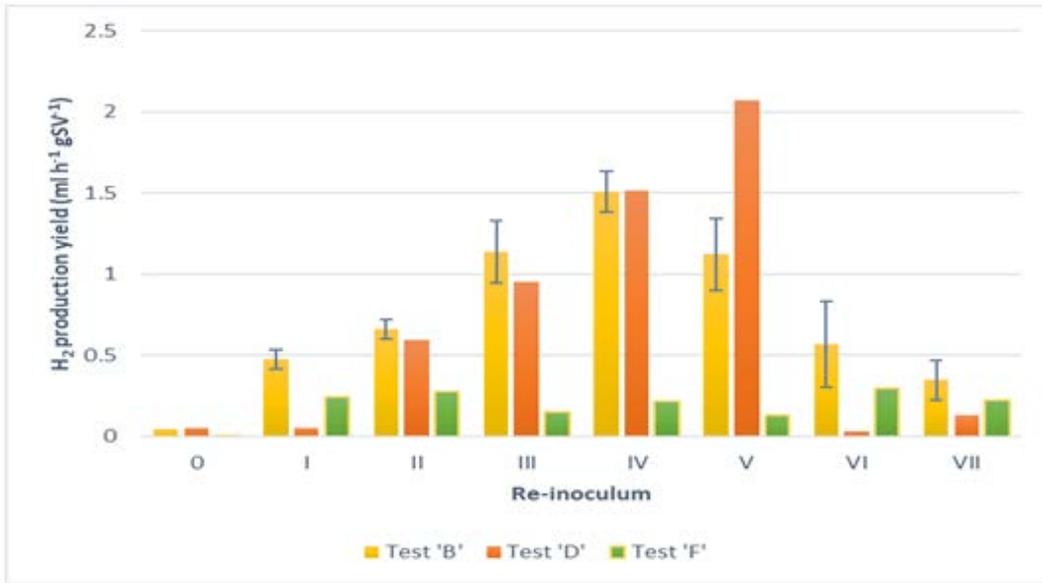
Gasromatografia

ANALISI VFA

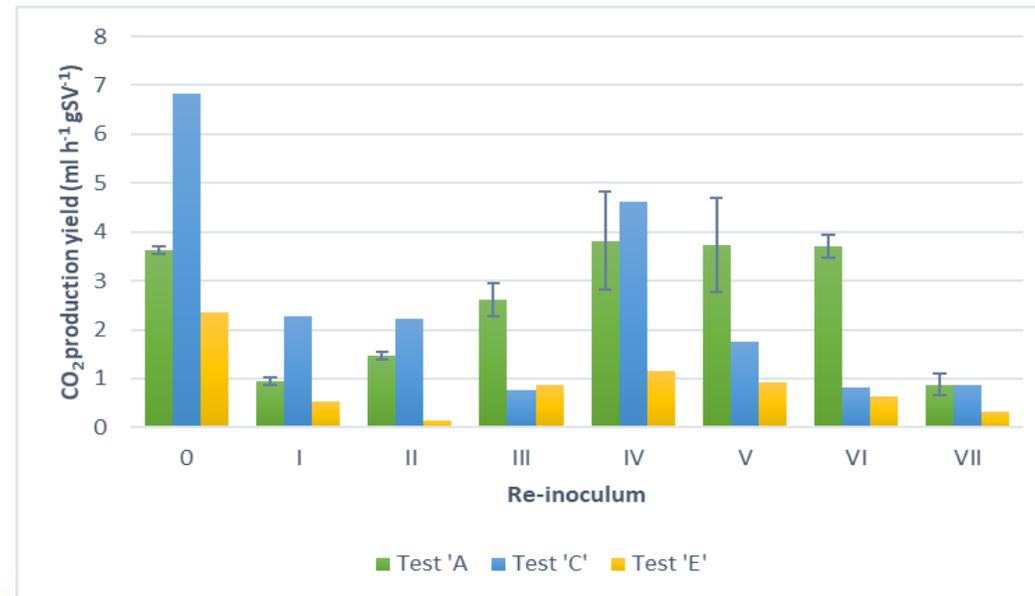
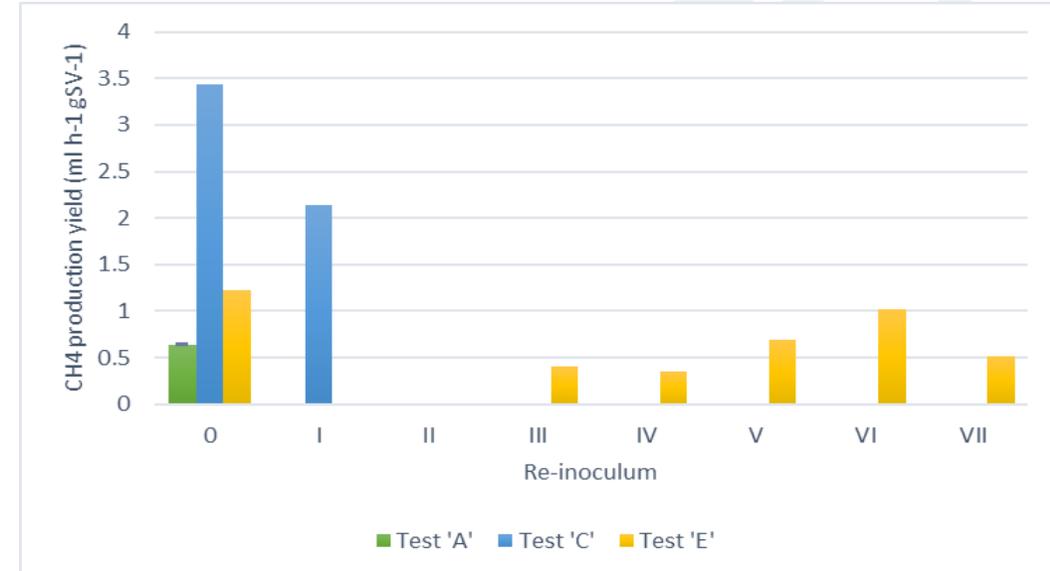
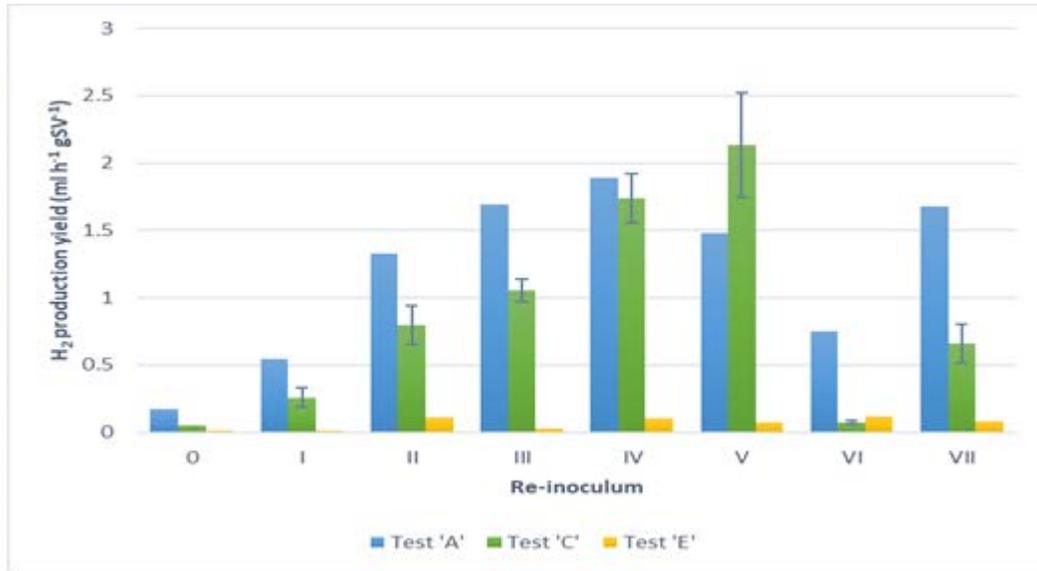


Gasromatografia ad elevata prestazione (HPLC)

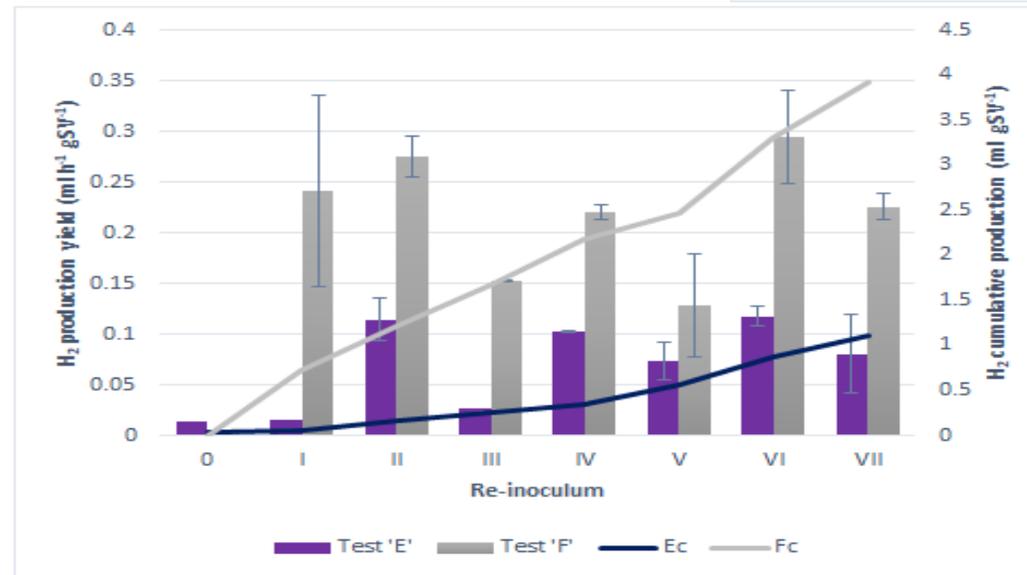
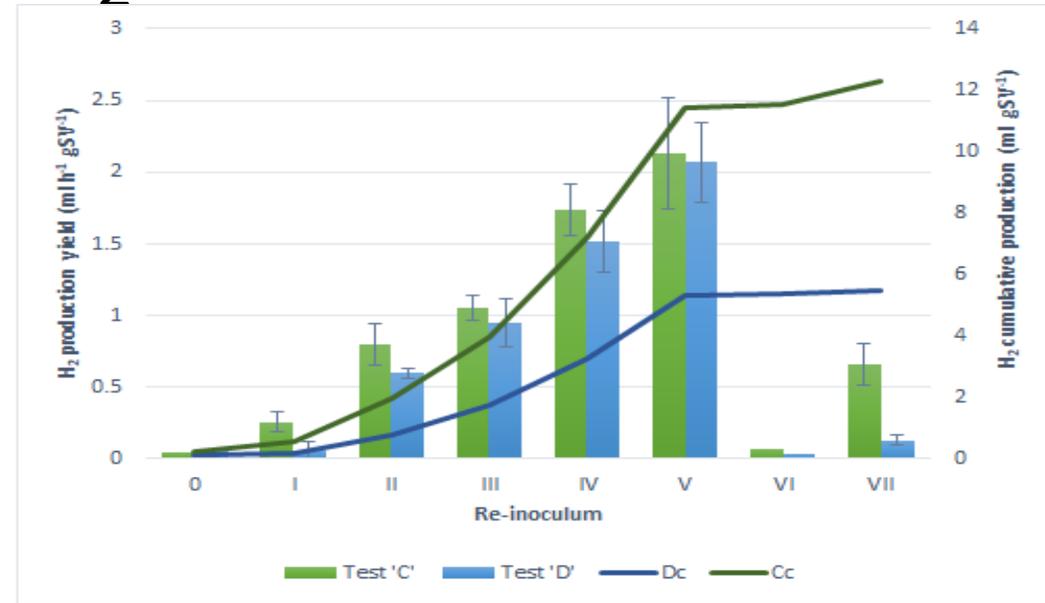
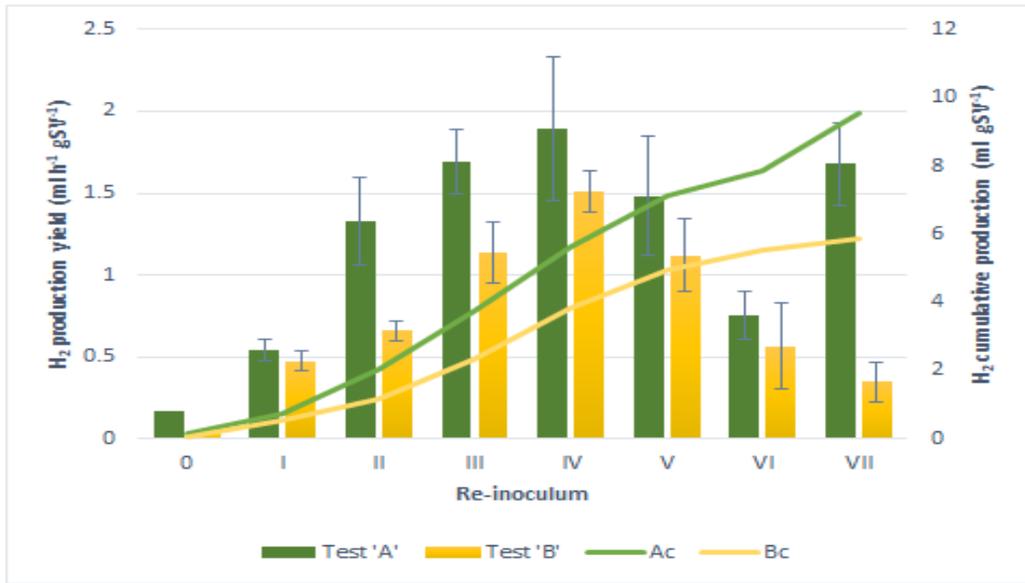
Colture «Pseudo Sospese»



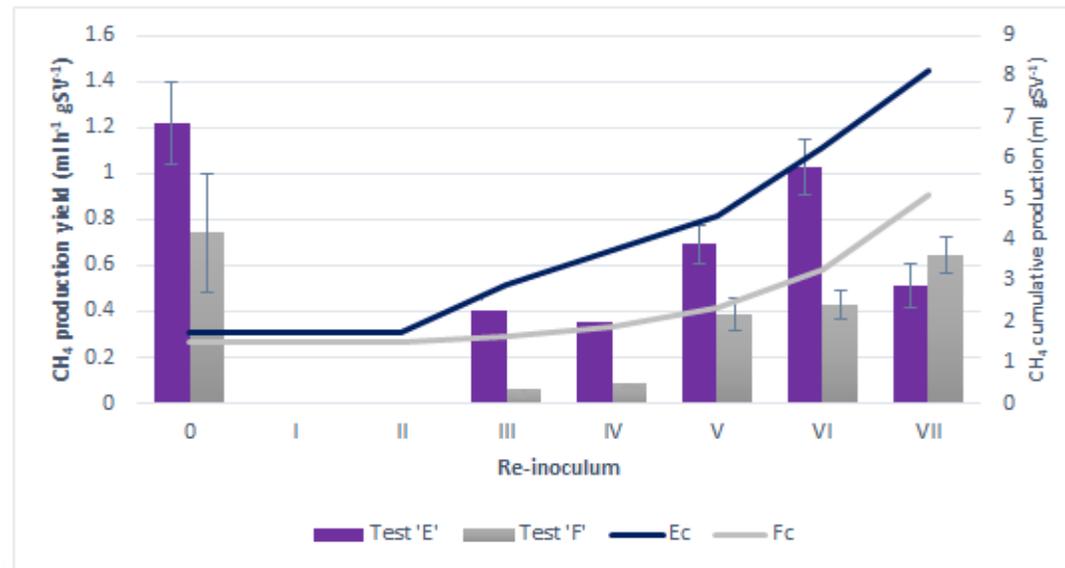
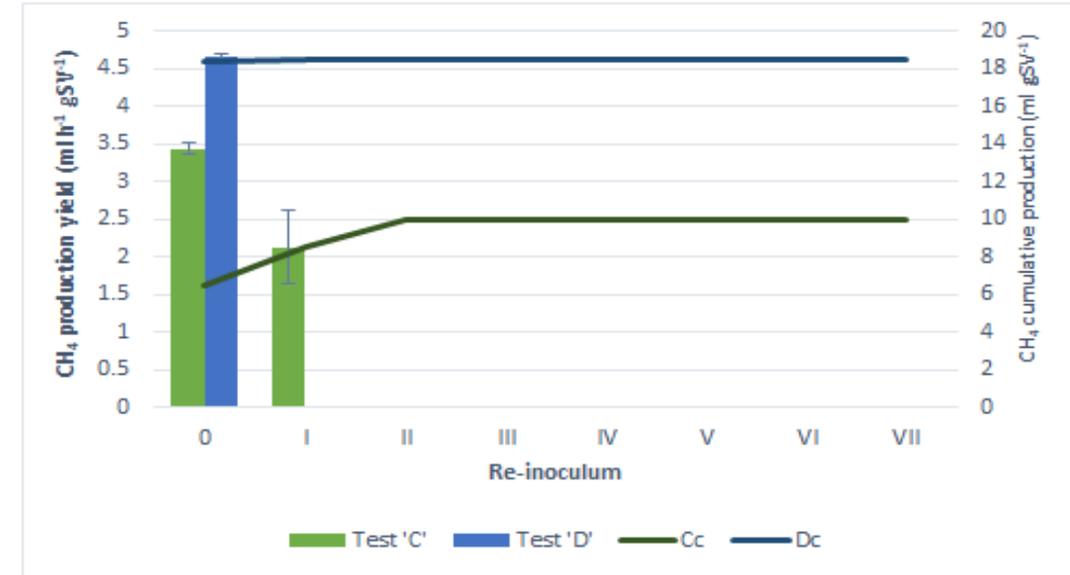
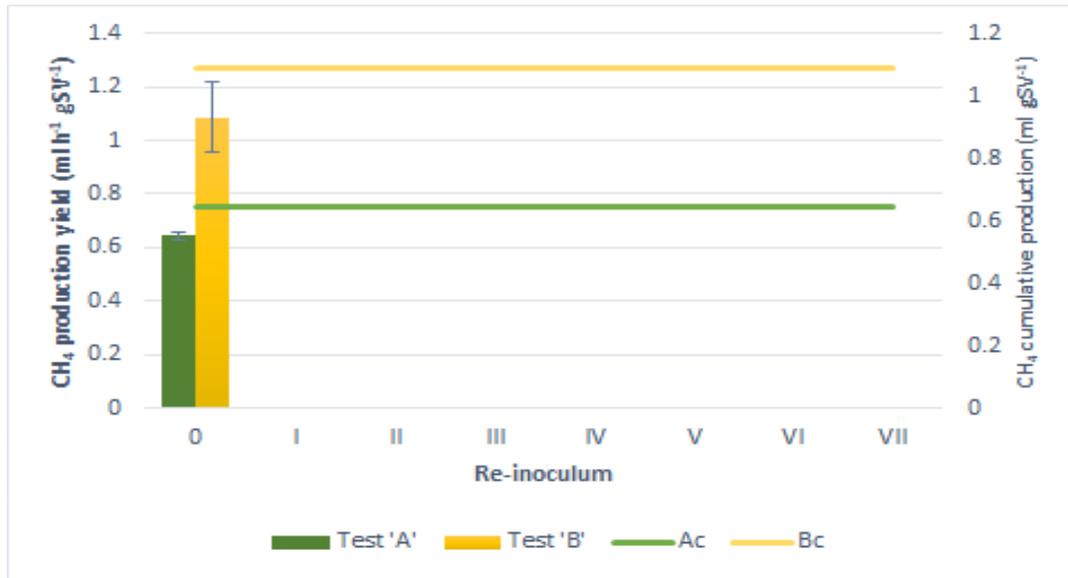
Colture «Pseudo Adese»



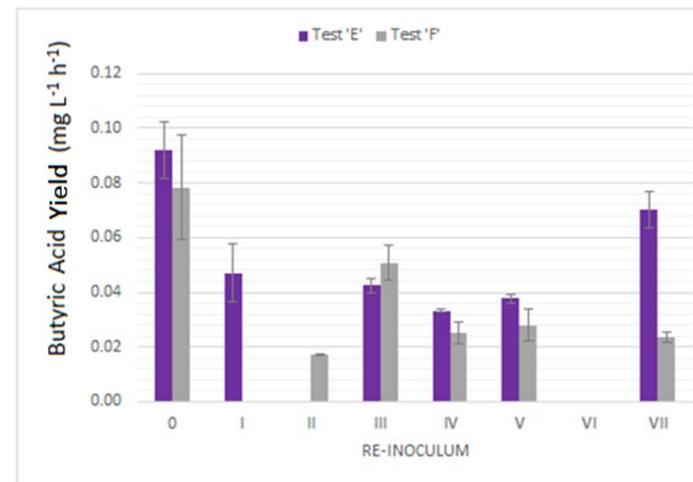
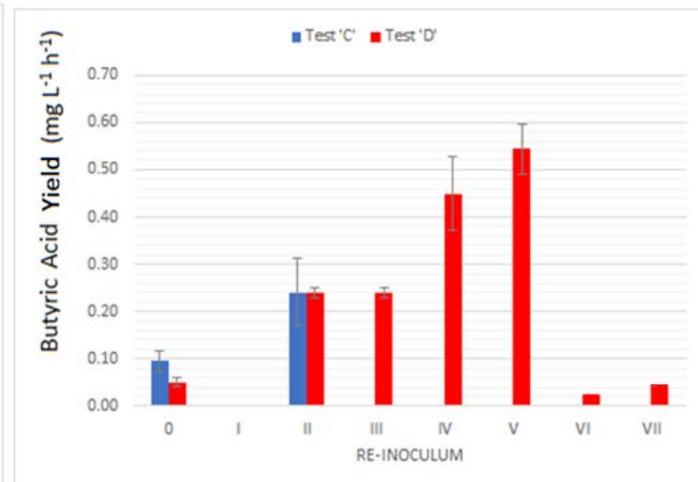
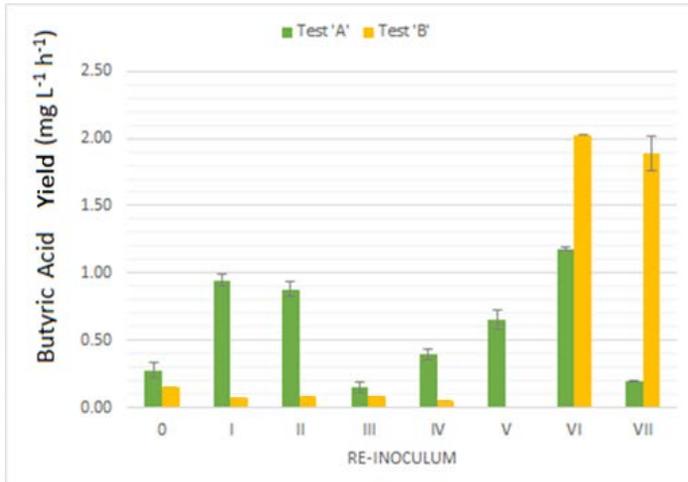
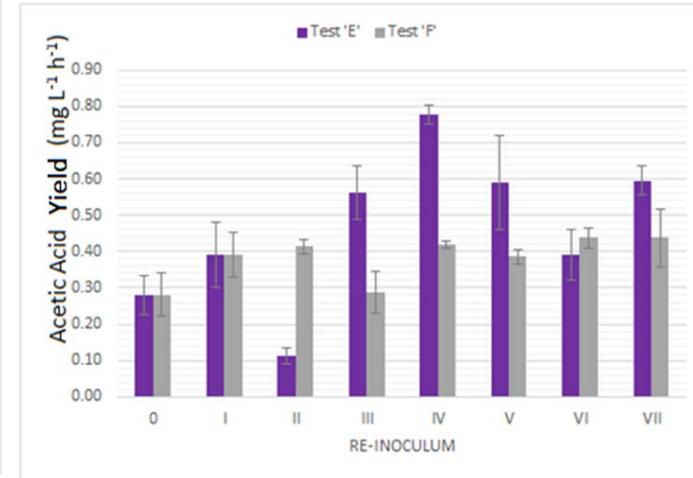
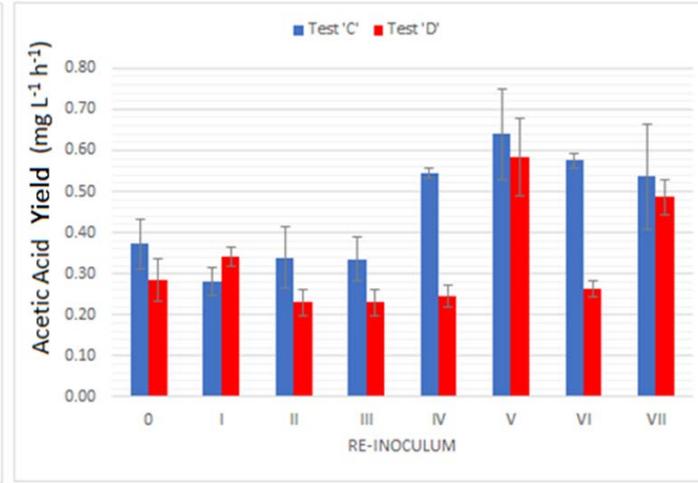
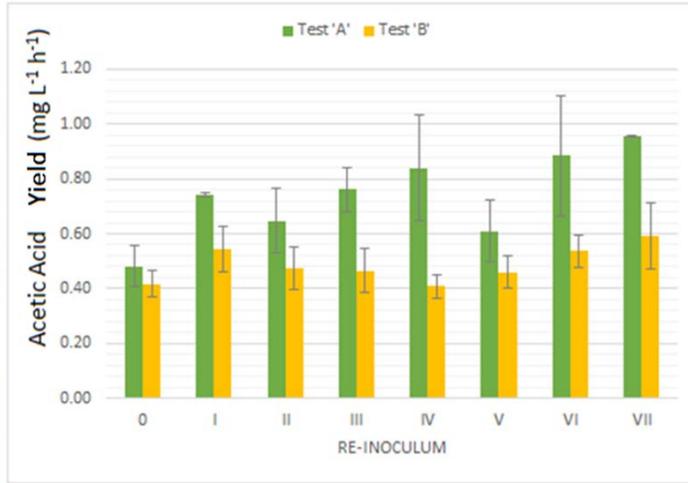
Produzione di H₂



Produzione di CH₄



Acidi Organici: Acido Acetico e Acido Butirrico



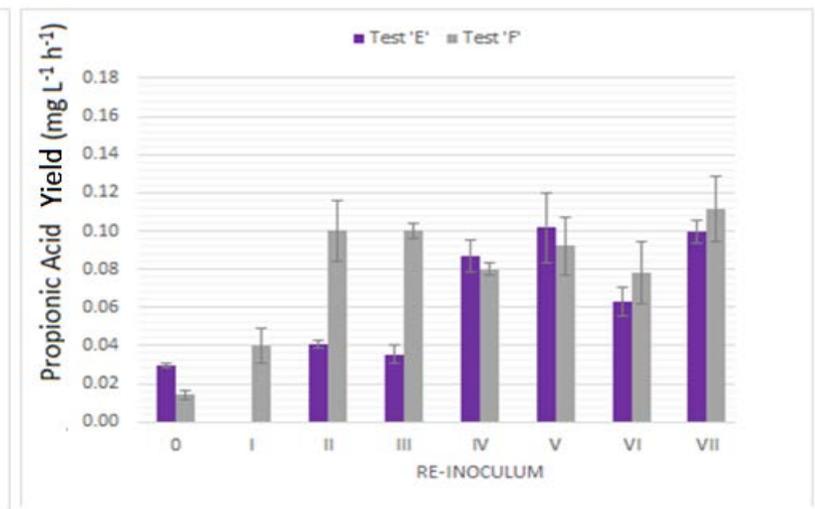
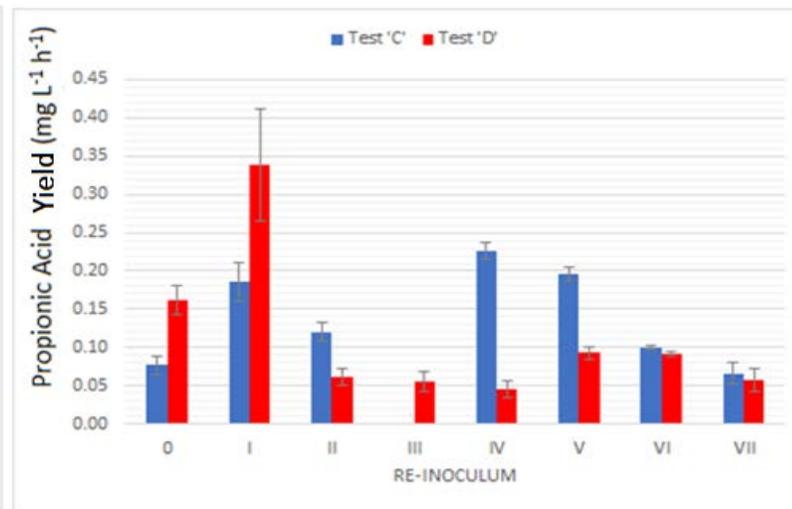
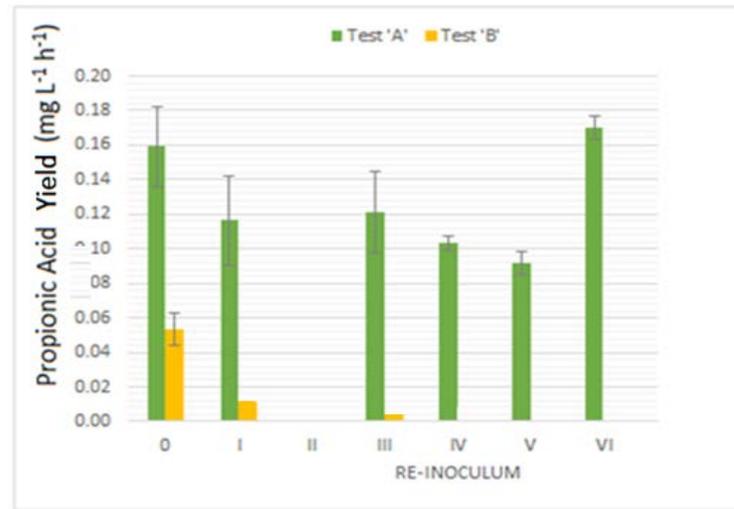
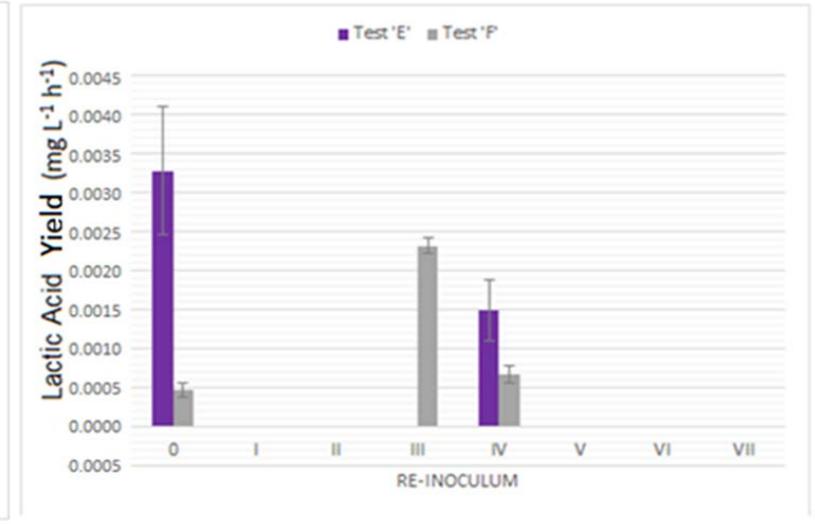
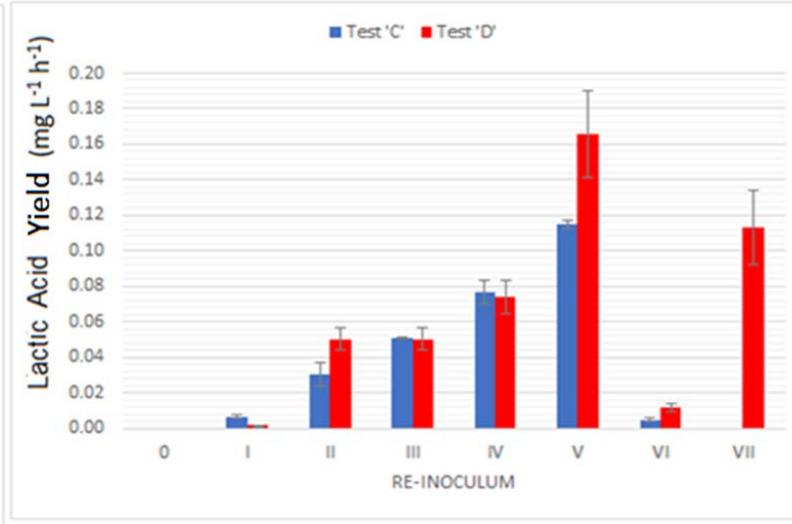
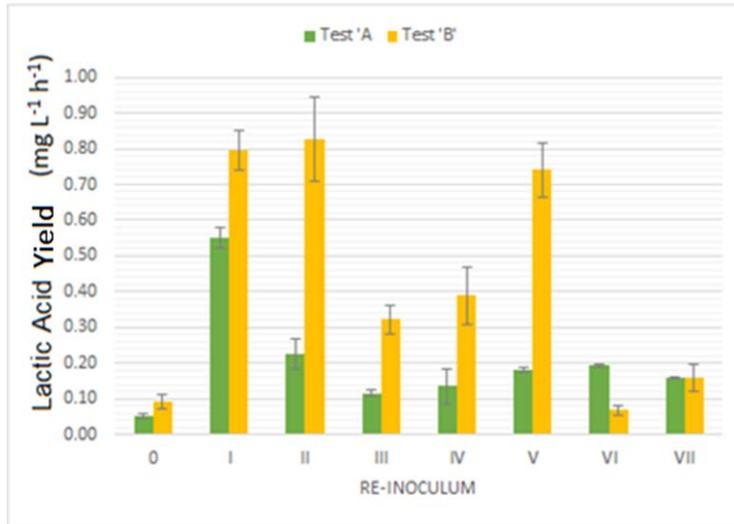
H₂

H₂

H₂

(Alibardi e Cossu, 2008, Mohan et al., 2008)

Acidi Organici: Acido Lattico e Acido propionico



(Ren et al 1997, Inanc et al 1996)

Conclusioni

- Le migliori produzioni di Idrogeno si hanno per tempi di reinocolo di 24h e 48h, e ciò si riflette nella peggiore produzione di metano, da cui si evidenzia l'efficacia della procedura di reinocolo.
- Coerentemente con la cinetica di crescita dei metanigeni, la migliore produzione di metano si ha per tempi di reinocolo di 96h, al netto di un eventuale shock di acclimatazione della biomassa microbica.
- Circa le produzioni ottimali di metano ed idrogeno, le prove con supporto di coltura mostrano un processo leggermente più efficiente o molto più efficiente, quindi esso garantisce una migliore selezione della biomassa.

Prospettive future

Sulla base dei risultati ottenuti si propone...

- Ulteriore scale up del processo e validazione del modello su impianti a scala reale;
- Sviluppo di analoghe prove utilizzando un differente substrato a matrice lignocellulosica per effettuare un confronto in termini di rese di biogas;
- Utilizzo del pool batterico selezionato per applicazioni in impianti di digestione su scala reale.



Grazie per l'attenzione