

## AGROENER

### Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia



**Prove sperimentali per la produzione di biogas da scarti agroindustriali e della filiera bufalina**



Settore	Provenienza	Sottoprodotto	Produzione
ZOOTECNICO	Allevamento bovino, bufalino e suino	Letame	11 milioni di t /anno
		Liquame	98 milioni di m <sup>3</sup> / anno
AGROINDUSTRIALE	Processi di trasformazione	Effluenti dell'industria lattiero casearia	16,5 milioni di t /anno
		Scarti di pomodoro (semi e bucce)	191 mila t /anno

Fonti:

- ENEA – Ricerca Sistema Elettrico: La stima del potenziale di biogas da biomasse di scarto del settore zootecnico in Italia; N. Colonna, V. Alfano, M. Gaeta - Report RSE/2009/201
- WPTC 2022 - World Processing Tomato Council - <https://www.wptc.to/production/>
- ENEA – Sottoprodotti dell'industria di trasformazione del pomodoro e tecnologie per la loro valorizzazione - RT/2018/7/ENEA
- ISTAT Prodotti lattiero caseari 2021
- Bilancio di massa del processo di caseificazione (ANPA,1999)

**Nota: La consistenza zootecnica ad oggi è diminuita di circa il 10% rispetto ai dati ricavati dalle fonti. L'ordine di grandezza della quantità di sottoprodotti del settore zootecnico non ha subito modificazioni significative.**



- ✓ Produzione “On-site” di **energia rinnovabile**, sotto forma di biogas.
- ✓ **Valorizzazione** di prodotti che altrimenti hanno un valore modesto o addirittura un costo di smaltimento.
- ✓ **Diminuzione** della “Carbon Footprint” (Produzione di gas combustibile, risparmio di elettricità).
- ✓ Produzione di un **digestato di buone caratteristiche agronomiche**.
- ✓ Accesso a forme di **incentivazione** come ad esempio T.E.E. (Titoli di Efficienza Energetica).

La co-digestione consiste nella digestione contemporanea di diverse matrici come ad esempio liquami e scarti organici di diversa natura

I vantaggi rispetto alla digestione di una singola matrice:

- ❖ Il trattamento di più tipologie di biomassa consente una gestione integrata delle risorse attraverso ad esempio, la gestione centralizzata di grandi impianti in grado di trattare biomasse di varia origine, provenienti da diverse attività produttive dislocate sul territorio.
- ❖ Miscelando reflui zootecnici e altre biomasse, si ottiene un notevole aumento in termini di produttività. L'interesse che spinge gli operatori del settore verso la codigestione è costituito principalmente dal fatto che la vendita della maggior quantità di elettricità prodotta, unitamente agli introiti ricevuti dai produttori del rifiuto organico utilizzato come co-substrato, permette di ottenere guadagni maggiori.
- ❖ La miscelazione di diversi prodotti consente di compensare le fluttuazioni di massa stagionali dei rifiuti, di evitare sovraccarichi o al contrario carichi inferiori alla capacità stessa del digestore e di mantenere quindi più stabile e costante il processo.

Sono state effettuate numerose prove sperimentali di digestione anaerobica in modalità batch (discontinua) e in continuo, in scala di laboratorio (con volumi reattoristici compresi tra 0,5 e 5 litri).

Sono state testate differenti matrici organiche derivanti da reflui zootecnici e scarti del settore agroindustriale utilizzati in codigestione.

Sono state sperimentate differenti condizioni operative che hanno previsto differenti temperature di processo e diversi rapporti tra le biomasse in codigestione.

Tutte le prove sono state precedute da analisi chimico - fisiche per la caratterizzazione dei substrati impiegati.

## LE CONDIZIONI SPERIMENTALI

### Le matrici

- Liquame bufalino
- Scotta
- Scarti di pomodoro (semi e bucce)

### La temperatura di processo

- Mesofilia (39 °C)
- Termofilia (50 °C)

### Il rapporto tra le biomasse in codigestione

- 0,5
- 1
- 2

(in termini di solidi volatili)

CARATTERIZZAZIONE DEI SUBSTRATI

Liquame bufalino										
ST (g/l)	SV (g/l)	pH (upH)	TKN (%SS)	N-NH <sub>3</sub> (g/l)	Fibra grezza (%SS)	NDF (%SS)	ADF (%SS)	ADL (%SS)	Cellulosa (%SS)	Emicellulosa (%SS)
37,8	27,7	7,0	2,05	0,85	14,7	36,9	33,5	14,4	7,1	3,2
Valori medi dei diversi liquami impiegati, le cui differenze sono dovute alle diete somministrate agli animali e alle condizioni metereologiche										

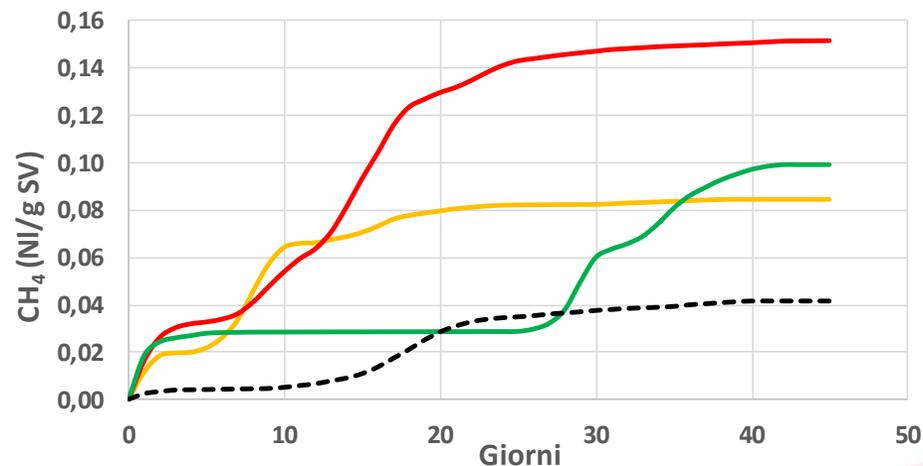
Scarti di pomodoro								
ST (g/kg)	SV (g/kg)	pH (upH)	Fibra grezza (%SS)	NDF (%SS)	ADF (%SS)	ADL (%SS)	Cellulosa (%SS)	Emicellulosa (%SS)
163	154,7	4,4	30,7	49,6	39,4	17,9	21,2	10,2
Valori medi dei diversi campioni utilizzati, le cui differenze sono legate alle differenti forniture								

Scotta						
ST (g/l)	SV (g/l)	pH (upH)	TKN (%SS)	Fosforo totale (mg/l)	Lattosio (g/l)	Cloruri (g/l)
68,2	61,1	5,9	1,62	336	49,3	3,2
Valori medi dei diversi campioni utilizzati, le cui differenze sono legate alle differenti forniture						

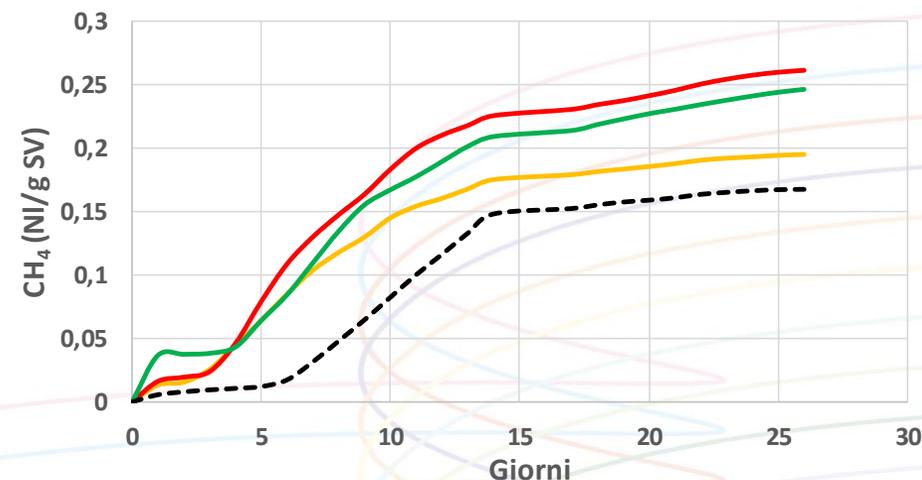
## La codigestione LIQUAME – SCARTI DI POMODORO

ISR = Rapporto Inoculo / Substrato (basato sul contenuto di solidi volatili)

MESOFILIA (39 °C) — ISR 2 — ISR 1 — ISR 0,5 — Liq



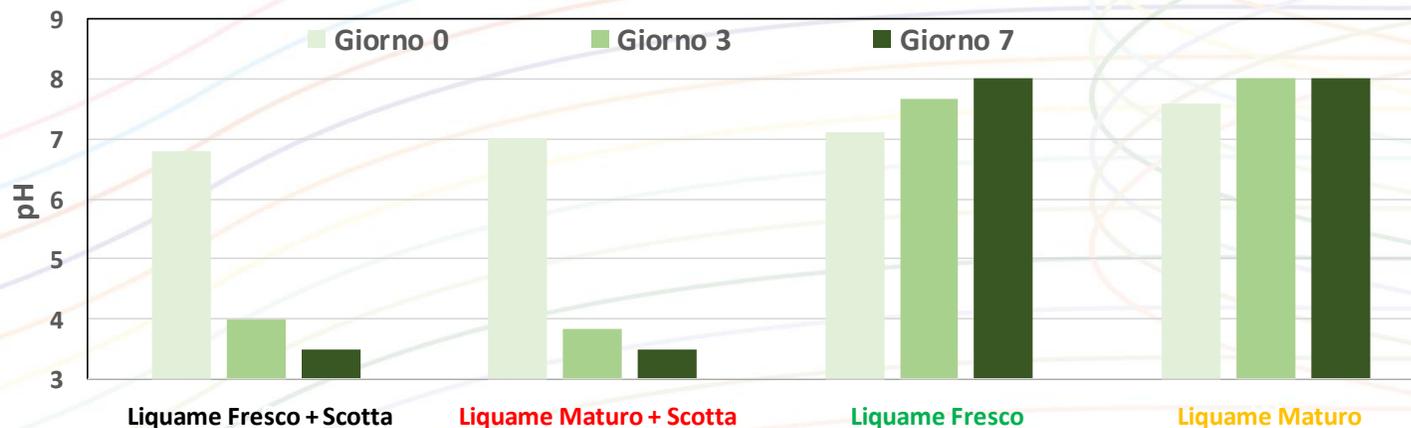
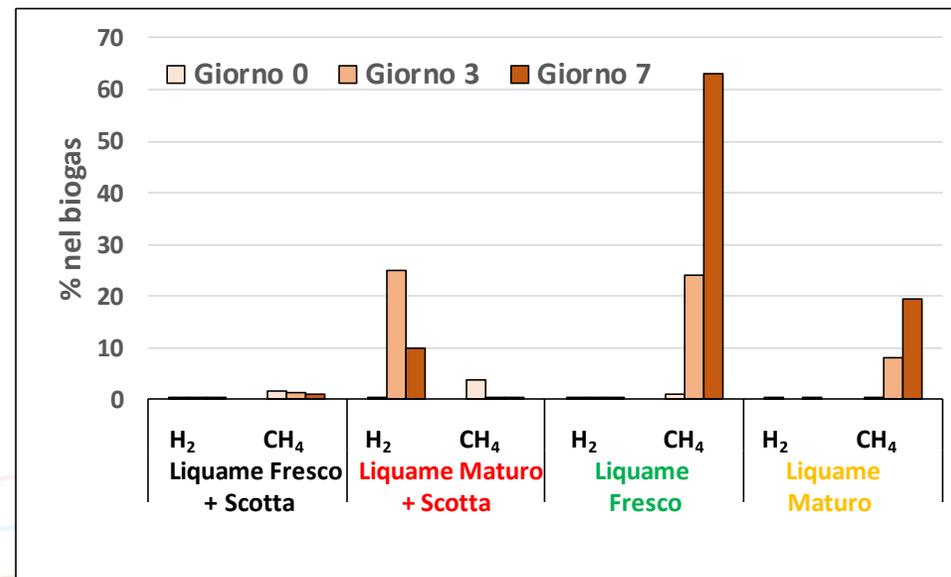
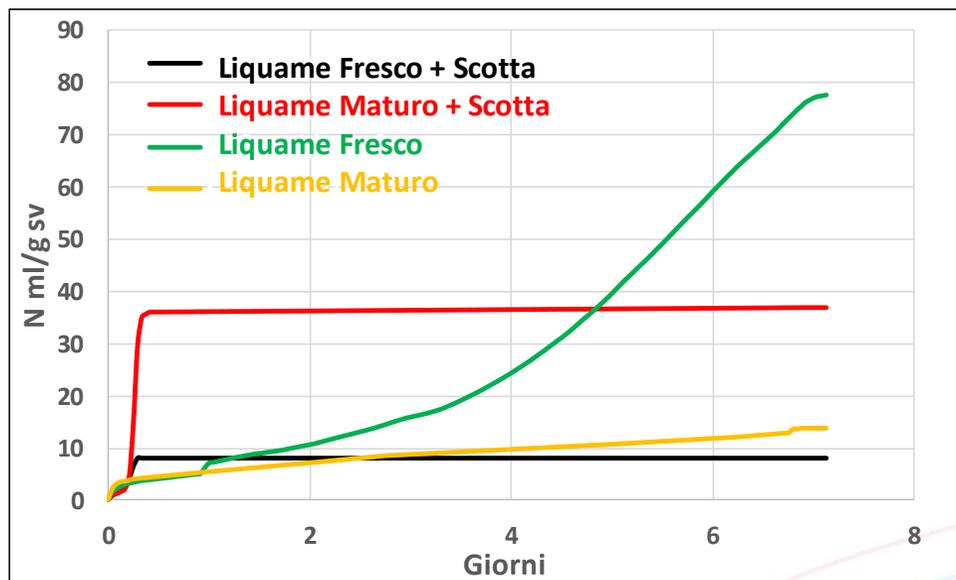
TERMOFILIA (50 °C) — ISR 2 — ISR1 — ISR 0,5 — liq



Tesi	MESOFILIA				TERMOFILIA			
	Produzione (NI CH <sub>4</sub> / g SV)	CH <sub>4</sub> max (%)	H <sub>2</sub> max (%)	Incremento di Produzione rispetto al solo liquame	Produzione (NI CH <sub>4</sub> / g SV)	CH <sub>4</sub> max (%)	H <sub>2</sub> max (%)	Incremento di Produzione rispetto al solo liquame
2	0,085	76,84	< 0,1	2	0,196	83,35	16,38	1,2
<b>1</b>	<b>0,151</b>	73,27	< 0,1	<b>3,6</b>	<b>0,262</b>	77,72	17,96	<b>1,6</b>
0,5	0,099	78,54	< 0,1	2,4	0,246	67,67	20,39	1,5
Liq	0,042	60,07	< 0,1	1	0,167	72,94	0,49	1

## La codigestione LIQUAME - SCOTTA

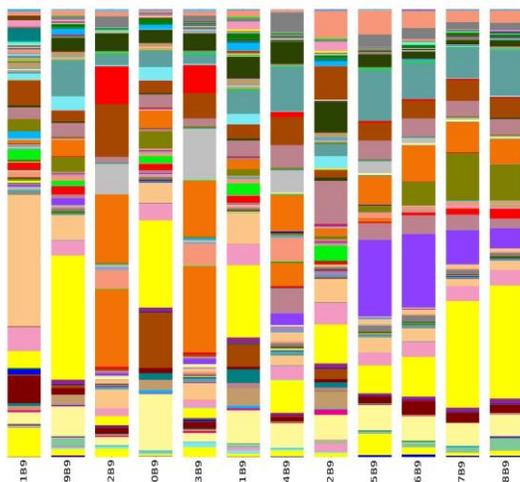
Condizioni: Mesofilia, in batch, in rapporto 60/40 (%<sub>v/v</sub>)



## Le conferme con tecniche molecolari

### Analisi metagenomiche

Sono state evidenziate correlazioni positive tra la produzione di metano e la quantità di DNA appartenente agli Archea e tra la produzione di idrogeno e la quantità di DNA appartenente ai Clostridi.



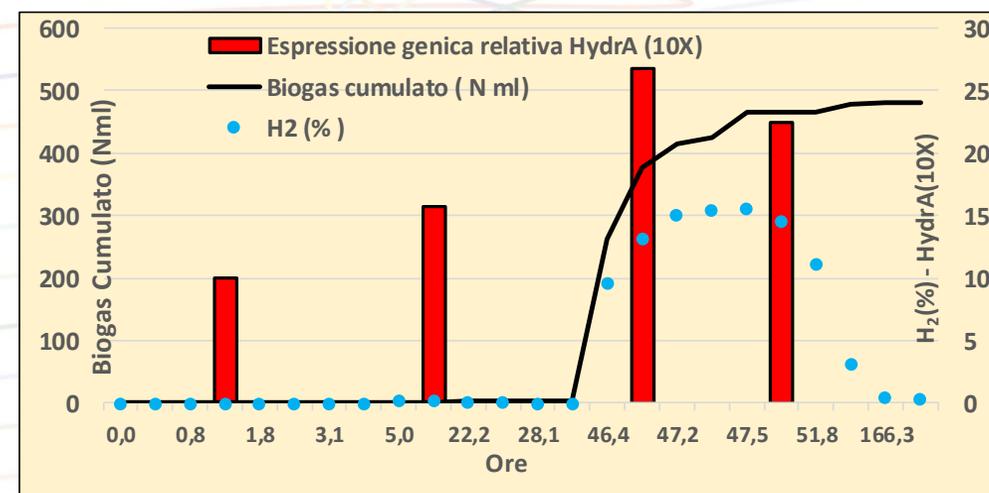
- Bacteria; Firmicutes; Clostridia; Clostridiales; Clostridiaceae\_1; Fonticella
- Archaea; Euryarchaeota; Methanomicrobia; Methanomicrobiales; Methanocorpusculaceae; Methanocorpusculum
- Archaea; Euryarchaeota; Methanomicrobia; Methanosarcinales; Methanosarcinaceae; Methanosarcina

Tra le *Clostridiaceae*, *Fonticella* (è stato il genere più rappresentato, assente nei campioni di Liquame e aumentato fino al 17,1% nei campioni Liquame/Bucette).

Nella comunità di *Archea* predomina il phylum Euryarcheota, con *Methanocorpusculum* il più rappresentato e *Metanosarcina* il più correlato alla produzione di metano.

### Analisi RNA

Al fine di monitorare l'attività metabolica dei microorganismi nel processo di dark fermentation è stata testata, l'espressione del gene che codifica per l'enzima idrogenasi, mediante analisi di genetica molecolare. Si è messa in evidenza una correlazione positiva tra l'espressione di *HydrA* e l'andamento della **produzione di idrogeno**.



## CONSIDERAZIONI

- ❖ Le **migliori rese produttive** si sono avute quando il rapporto inoculo:substrato è **1:1** sia in mesofilia che in termofilia.
- ❖ I processi **termofili** sono **più rapidi e più produttivi** di quelli mesofili ma sono **più onerosi e più instabili**.
- ❖ La **codigestione mesofila** consente di avere un **incremento produttivo maggiore** rispetto a quella termofila (**3,6 volte** in mesofilia contro **1,6 volte** in termofilia **rispetto al solo liquame**).
- ❖ Con matrici particolarmente fermentescibili è possibile ottenere idrogeno in breve tempo, anche in mesofilia; sono tuttavia necessarie soluzioni impiantistiche che evitino l'eccessiva acidificazione del sistema, come ad esempio processi continui bistadio.

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

## **Recupero di sottoprodotti agroindustriali per processi di valorizzazione energetica**

Chiariotti Antonella; Calì Massimo; Crisà Alessandra; Signorelli Federica; Rossi Emanuela; La Mantia Maria Chiara; Scaella Roberto