

GOi Bioeconomia a km 0

Gruppi Operativi per l'Innovazione

finanziato da

European
Commission

Valorizzazione di sottoprodotti vegetali fibrosi
come alimento zootecnico e a fini energetici



Marzo 2020

A. Gallo⁽¹⁾, F. Ghirardelli⁽¹⁾, M. Soldano⁽³⁾, L. Calza⁽²⁾, M.T. Pacchioli⁽³⁾, I. Boggiano⁽³⁾, A. Dal Prà⁽³⁾, F. Masoero⁽¹⁾

⁽¹⁾ Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

⁽²⁾ Associazione Regionale Allevatori dell'Emilia Romagna – A.R.A.E.R.

⁽³⁾ Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.A., Reggio Emilia

Il Gruppo Operativo per l'Innovazione Bioeconomia a km 0 ha lavorato nell'ottica di sviluppo di una filiera agro-alimentare corta, integrata e sostenibile per il riutilizzo dei sottoprodotti e degli scarti di lavorazione all'interno dell'azienda agricola, per l'alimentazione dei bovini (ad esclusione delle vacche il cui latte è destinato ai circuiti DOP) e per la produzione di biomasse utili all'impiego nei biodigestori. Ammontano a circa 500.000 tonnellate gli scarti agricoli e agroindustriali vegetali prodotti ogni anno in Emilia-Romagna; si tratta dei residui della trasformazione del pomodoro da industria e della bietola da zucchero, degli scarti della produzione dei cereali e dei foraggi. Le loro caratteristiche compositive li rendono particolarmente interessanti per varie soluzioni di recupero: alimentazione animale, biomassa per produrre energia da digestione anaerobica e come fertilizzanti organici. Per contro, un loro uso giornaliero e costante è condizionato dalla loro disponibilità stagionale e dalla deperibilità.

Il progetto è nato dall'idea di CRPA spa di Reggio Emilia (capofila) e dei ricercatori dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza (partner); completano il gruppo di lavoro l'Associazione Regionale Allevatori dell'Emilia-Romagna e la Società Agricola Ferrari Giuseppe & C. di San Giorgio Piacentino, azienda tipica della provincia con 200 bovine in lattazione e impianto di biogas dal 250 kW, dove sono state svolte le attività e testate le innovazioni del progetto.

I sottoprodotti nell'alimentazione dei bovini

Il recupero di sottoprodotti umidi e/o di foraggi verdi che non possono essere pre-appassiti o essiccati rappresenta un'opportunità molto interessante per le aziende agricole in un'ottica di economia circolare e di efficienza di utilizzo delle risorse aziendali. Le tecniche di conservazione, escludendo la disidratazione troppo onerosa, si basano sull'abbassamento del pH della massa con diverse tecniche (acidi organici o inorganici, miscelazione con silomais o pastazzo di agrumi ecc.), incrementando il potere osmotico della massa e/o aumentando il contenuto di sostanza secca con alimenti edibili per gli animali.

Questa seconda soluzione, non nuova, non rappresenta un costo ma solo una anticipazione di capitale destinata a valorizzare prodotti che sarebbero scartati dalla filiera, o destinati a rimanere inutilizzati nei campi soprattutto per i tagli autunnali non recuperabili.

Il progetto si è quindi dato come scopo lo studio di una metodologia che permettesse di individuare la combinazione ottimale dei diversi fattori utilizzabili allo scopo di conservare sottoprodotti o foraggi verdi.

Prove di insilamento sperimentali (tecnica minisilos, figura 1), hanno permesso di verifi-

care come l'aumentare la sostanza secca della massa da insilare, attraverso l'aggiunta di polpe di bietola essiccate in pellet e/o farinaccio di frumento, possa migliorare i processi fermentativi e la qualità del prodotto insilato. Per aiutare la fermentazione dell'insilato di leguminose è stato aggiunto anche saccarosio o siero di latte. Questa esperienza è stata svolta sia con erba medica che con trebbie umide di birra.

In quanto non note le condizioni che facilitassero l'insilamento, nella prova con minisilos è stato adottato un disegno sperimentale denominato CCD (Central Composite Design), che permette di analizzare più fattori in un solo esperimento e verificare come questi influenzano la risposta finale sia intra- (effetti lineari e quadratici) che fra fattori diversi (studio delle interazioni).

I fattori oggetto dello studio sono stati: livello di saccarosio da aggiungere alla massa insilata per promuovere le fermentazioni, quantità e composizione del mangime fibroso secco (farinaccio e polpe di bietola essiccate) da supplementare alla massa verde da insilare così da aumentarne la sostanza secca, composizione del mangime fibroso secco.

Nella prova con medica, la raccolta è stata effettuata con una falcia-trincia-caricatrice se-

movente John Deere (modello 7780 ProDrive, John Deere, Moline, Illinois, Stati Uniti) equipaggiata con una barra falciante (modello Capello Spartan 525, Capello, Cuneo, Italia), che ha permesso di effettuare le operazioni di raccolta in un unico passaggio con un cantiere di lavoro simile a



Figura 1 - Insilamento sperimentale attraverso la tecnica dei minisilos

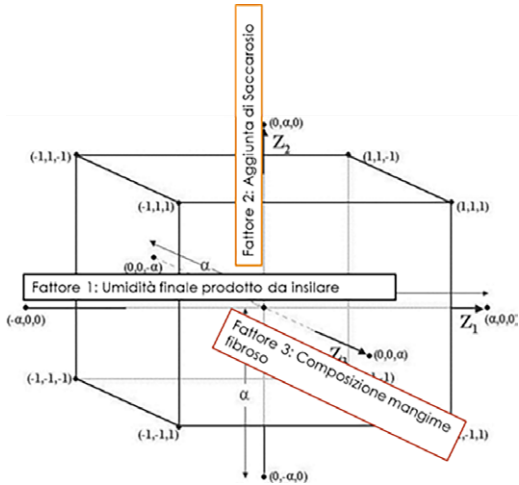


Figura 2 - Rappresentazione grafica del disegno sperimentale adottato e dei fattori testati nella prova di insilamento con tecnica minisilos

quello utilizzato per la raccolta e l'insilamento di cereali autunno-vernini. Il taglio è stato impostato su una lunghezza teorica di 12 mm per ottenere un prodotto che andasse dai 12 ai 14 mm. La raccolta ha riguardato il sesto taglio di erba medica (*Medicago sativa* L.) varietà Prosementi (Prosementi, San Vincenzo, BO, Italia), al secondo anno di età.

Sul prodotto trinciato, si sono valutati i principali parametri qualitativi della biomassa (composizione nutrizionale e digeribilità); è stato seguito il profilo fermentativo (ammoniaca, pH, potere tampone, AGV e alcol) infine calcolati gli indici di qualità fermentativa (Flieg e Vanbelle) per i singoli minisilos testati durante la prova. A termine della stessa, si è effettuata una prova di palatabilità (figura 3) sugli animali per verificare il grado di appetibilità del prodotto, che è stato ottimale. Il disegno sperimentale ha permesso di ottenere delle equazioni per i singoli parametri legati alla qualità del prodotto finale insilato, in particolare sostanza secca, proteina, acido acetico, acido lattico, potere tampone a pH 3, indici Flieg e Vanbelle. Inoltre, è stata stimato il costo totale del migliore mangime fibroso utile



Figura 3 - Preparazione della prova di palatabilità in stalla

ad aumentare la sostanza secca dell'insilato e fornire un'adeguata quantità di zuccheri che potessero essere utili starter alle fermentazioni da LAB, in grado di stabilizzare la massa. Attraverso l'impiego di un ottimizzatore, si sono studiati diversi scenari, a queste condizioni:

- produzione di erba medica per ettaro nell'ultimo taglio = 65-70 q;
- costo delle operazioni di raccolta ed insilamento = 1,96 €/q;
- costo del mangime sostitutivo (FarPolp) = da 16,3 a 18,1 €/q in funzione del livello di sostituzione del farinaccio con le polpe di bietola essiccate (da 0 a 100);
- costo del saccarosio = 55 €/q

In linea generale (tabella 1) la soluzione più appropriata sia in termini di sostanza secca del prodotto di recupero in trincea, che di costo totale dell'operazione e qualità nutrizionale e fermentativa è risultata essere la soluzione 4 (costo totale 25,663 €) seguita dalla soluzione 5 (costo totale 26,221 €).

Tabella 1 - Soluzioni ottenute e caratteristiche dei prodotti

N	SS del prodotto di recupero in trincea (%tq)	Costo totale del prodotto di recupero in trincea (€)	Valore dell'indice composto	Saccarosio (q)	Saccarosio (%)	Livello di mangime sostitutivo (q)	Livello di mangime sostitutivo (%)	Livello di sostituzione Farinaccio: Polpe nel mangime sostitutivo (%)	Costo stimato del mangime sostitutivo (€/qli)
1	22	16.144	82,5	13	0,20%	185	2,90%	17,60%	17,8
2	24	19.430	80	21	0,31%	370	5,60%	84,20%	16,6
3	26	22.531	66	21	0,31%	555	8,20%	84,20%	16,6
4	28	25.633	66	22	0,31%	740	10,60%	84,20%	16,6
5	28	26.221	65	22	0,31%	740	10,60%	40,00%	17,4
6	30	29.304	64,5	14	0,20%	925	13,00%	23,20%	17,7
7	33	34.243	49,5	15	0,20%	1203	16,20%	23,20%	17,7

Le condizioni studiate nella prova con minisilos sono infine state applicate in una trincea reale, dove il prodotto è stato raccolto, trinciato “in piedi” e il mangime fibroso aggiunto al momento dello scarico in trincea. La trincea così realizzata è stata chiusa con teli e aperta dopo due mesi.

In modo analogo, è stata condotta una prova simile per l’insilamento di trebbie umide di birra. Al contrario della prova precedente però, l’impiego del mangime fibroso è stato pensato per non essere miscelato con il prodotto umido, ma steso nella parte bassa per raccogliere gli effluenti. Inoltre, in aggiunta

**Figura 4** - Preparazione trincea con trebbie di birra e polpe di bietola

La valutazione dei pro e dei contro legati all’approccio utilizzato per definire la migliore tecnica di insilamento per questa tipologia di prodotto umido ha dato i seguenti risultati.

	Pro	Contro
Qualità del prodotto da insilare	prodotto non sfalciato, meno contaminazioni e meno rischi di bagnatura	
Riuscita dell’insilato	con la prova in minisilos si è potuto verificare un numero elevato di trattamenti differenti e i loro parametri fermentativi e nutrizionali	la prova in minisilos non sperimenta reali condizioni di campo; difficoltà nella miscelazione del mangime al prodotto insilato
Agro-meteorologia		il terreno non deve essere troppo bagnato; epoca di raccolta
Convenienza economica	cantiere di raccolta più rapido; recupero di un prodotto che andrebbe sprecato; meno esposizione sul mercato grazie alla sostituzione in una dieta per manze in accrescimento	anticipazioni di capitale

a un mangime fibroso composto da polpe di bietola secche e farinaccio, è stata utilizzata la paglia trinciata mista a farinaccio per raccogliere gli effluenti. La qualità fermentativa dei minisilos in questa prova è stata migliorata con l'impiego di polpe di bietola essiccate, dato che la presenza di farinaccio ha causato fermentazioni alcoliche eccessive,

probabilmente dovute all'alta presenza di lieviti nel sottoprodotto umido.

Come risultato della prova di palatabilità, gli animali hanno preferito i minisilos nei quali era stato impiegato come prodotto secco la polpa di bietola essiccata.

Basandosi sui risultati prodotti dalla prova minisilos, è stata realizzata una trincea nell'a-

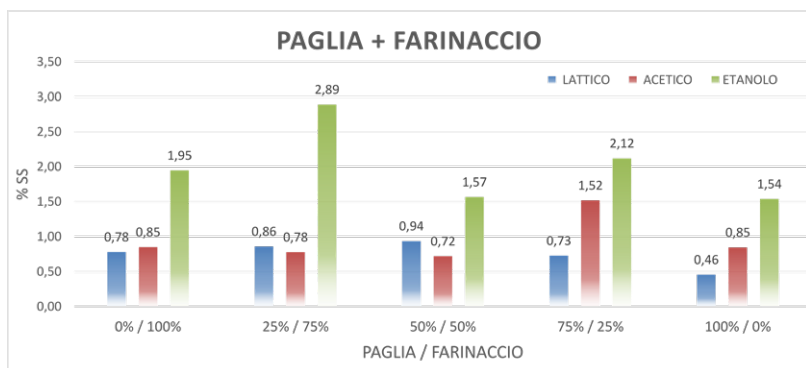


Grafico 1 - Minisilos:
paglia e farinaccio

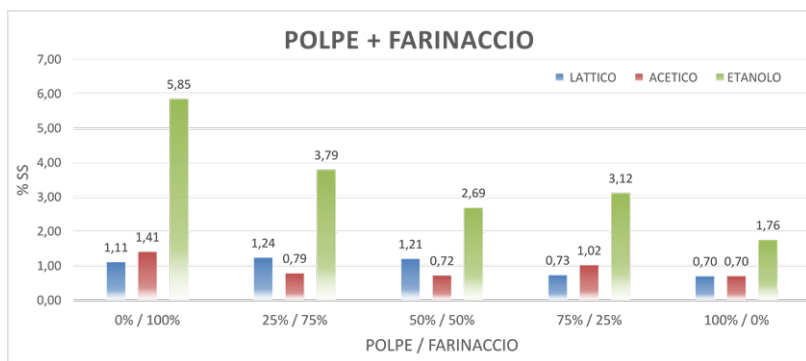


Grafico 2 - Minisilos:
polpe e farinaccio

zienda Ferrari nella quale il substrato assorbente gli effluenti era rappresentato dalle sole polpe di bietola. Dopo 15 giorni di insilamento, la trincea è stata utilizzata in razione per manze in accrescimento divise in due gruppi. L'impiego della trincea con trebbie di birra umide e polpe di bietola essiccate (figura 4) è stato verificato in sostituzione del trinciato di frumento, prodotto presente in azienda.

L'osservazione del comportamento alimentare degli animali giovani ha mostrato come la dieta nella quale veniva impiegata la trincea di trebbie umide fosse preferita, con un'affluenza massiccia allo scarico in mangiatoia. Inoltre, e in comparazione con la dieta che includeva il trinciato di frumento, l'ingestione è aumentata il circa il 5-10 % giornaliero.

Produzione di metano

Con lo scopo di valutare le potenzialità al doppio utilizzo (alimenti ed energia) dei sottoprodotti agro-industriali oggetto di studio del Piano di Innovazione Bioeconomia a km 0, sono state effettuate, su diverse matrici (con differenti trattamenti) i test di biometanazione (BMP - Biochemical Methane Potential). Le prove sono state eseguite in conformità con la norma UNI EN ISO 11734:2004 utilizzando la strumentazione di laboratorio messa a punto da CRPA.

La prova in batch consente di misurare la massima quantità di metano producibile da una determinata matrice organica sottoposta al processo di digestione anaerobica, espressa come Nm³ per tonnellata di solido volatile (SV) o sostanza organica. Il sistema è composto da reattori di vetro del volume utile di 1,35 litri, posti in armadi termostati alla temperatura di 38 °C, completi di valvole, flussimetri e sistemi di misura manometrici e massotermici per la

quantificazione del biogas prodotto (figura 5). La metodica prevede l'aggiunta nel reattore di prova di un inoculo, prelevato da un digestore di un impianto di biogas operante alla stessa temperatura e costituito da un equilibrato consorzio batterico. I test hanno avuto la durata di 27 giorni. Dall'andamento della curva di produzione si ottengono anche importanti informazioni in merito alla velocità di degradazione della biomassa. La composizione del biogas prodotto dai test, in termini di percentuale di metano (CH₄), anidride carbonica (CO₂) e concentrazione di idrogeno solforato (H₂S) è determinata da un analizzatore a tecnica ad infrarossi non dispersivi (NDIR).

In tabella 2 sono riportati i data relativi alla prova condotta su erba medica; sono rappresentati i valori medi di resa in metano e la percentuale di solidi totali dell'insilato di erba medica prima dell'essiccazione, per un totale di 18 campioni analizzati. La resa media in metano (BMP) ottenuta è di 311 Nm³/t SV. I solidi totali sono risultati mediamente del 26,9% e le ceneri dell'8,7% della

sostanza secca. Il valore del BMP sul tal quale e del silomais equivalente (SMeq) sono stati calcolati riferendosi alla sostanza secca dei campioni insilati prima dell'essiccazione e sono rispettivamente pari a 76 Nm³ di CH₄/t tal quale e 0,7 t/t di silomais individuato come "standard" (33% di solidi totali, 4% di ceneri e BMP pari a 111 Nm³ CH₄/t tal quale).

Tabella 2 - Test di biometanazione (BMP) condotti su ricaccio autunnale di erba medica

Nome campione	Solidi totali [%]	Solidi volatili [% solidi totali]	BMP [Nm ³ CH ₄ /tSV]	Percentuale metano	BMP [Nm ³ CH ₄ /t tq]	SMeq ⁽¹⁾ [t/t SMst]
1B	30,7	92,8	331,3	54,3%	94,32	0,85
2B	23,4	91,7	309,7	53,0%	66,49	0,60
3B	31,0	90,6	310,5	55,0%	87,16	0,79
4B	22,6	90,2	308,5	57,4%	62,85	0,57
5B	26,8	91,3	307,8	54,9%	75,29	0,68
6B	26,5	91,5	302,6	56,3%	73,39	0,66
7B	30,5	92,6	310,3	55,7%	87,59	0,79
8B	25,1	91,9	331,2	56,2%	76,39	0,69
9B	27,7	90,9	330,1	57,6%	83,11	0,75
10B	22,3	89,9	290,6	59,1%	58,23	0,53
11B	27,8	91,3	301,3	56,4%	76,47	0,69
12B	28,7	91,5	301,5	56,3%	79,13	0,71
13B	23,8	89,7	290,8	56,9%	62,05	0,56
14B	30,0	92,4	322,6	54,8%	89,39	0,81
15B	22,4	90,7	307,2	56,8%	62,40	0,56
16B	31,1	91,8	318,2	55,9%	90,81	0,82
17B	27,0	90,8	295,8	56,7%	72,53	0,65
18B	26,0	91,7	325,1	56,7%	77,52	0,70
Media	26,9	91,3	310,8	56,1%	76,4	0,69
Dev.st	3,0	0,8	12,4	1,3%	10,3	0,09
C.V.	11,3%	0,9%	4,0%	2,4%	13,5%	13,5%

(1) Quantità di SiloMais equivalente (SMeq),

considerando un insilato di mais standard (SMst): 33% di ST, 4% di ceneri e BMP pari a 350 Nm³ CH₄/tSV, ovvero 110,9 Nm³ CH₄/t tq

Norma UNI EN ISO 11734:2004 - Qualità dell'acqua - Valutazione della biodegradabilità anaerobica ultima di composti organici in fanghi digeriti - Metodo per la misurazione della produzione di biogas



Figura 5 - CRPA Lab, strumentazione per il test di biometanazione (BMP)

Ai fini della valutazione dell'utilizzo nella filiera biogas, i parametri riportati devono essere considerati anche in relazione alla produzione di biomassa e di quantità di sostanza secca raccolta. Stimando una produzione di biomassa secca per l'erba medica dell'ultimo ricaccio autunnale di circa 2 t/ha di metano, si può raggiungere una produzione pari a circa il 10% (620 Nm³/ha) rispetto a quella ottenibile da un insilato di mais standard (circa 6.000 Nm³/ha).

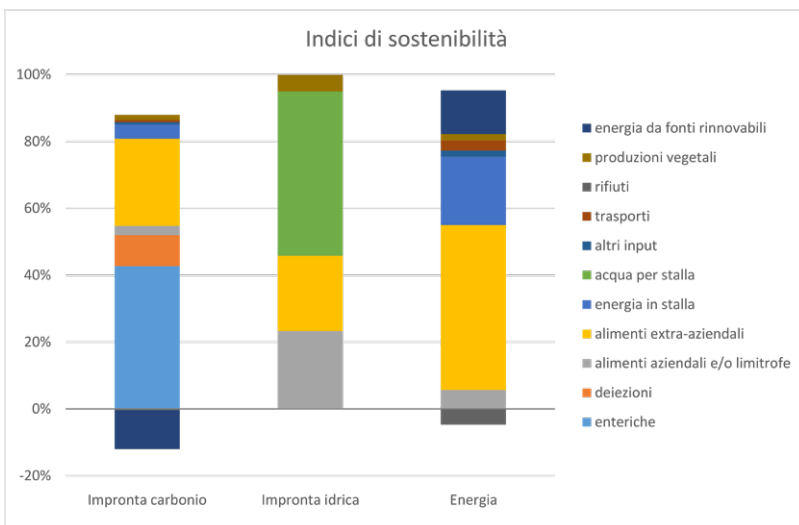


Grafico 3 - Indici di impatto calcolati (% delle differenti categorie d'impatto)

Indici di sostenibilità della produzione di latte

Bioeconomia a km 0 ha stimato gli impatti associati alla produzione del latte per Grana Padano dell'azienda partner del progetto. Con impronta carbonica si intende la valutazione del complesso delle emissioni di gas serra, sia quelle dell'allevamento, che quelle che avvengono nella fase di coltivazione dei terreni e quelle indotte dalla produzione dei mezzi tecnici utilizzati in azienda. L'impronta idrica indica le diverse frazioni dell'acqua che in un processo sono reimmesse in circolo (blu, verde), o perse (grigia). Il bilancio dell'energia infine ci consente di migliorare la visione complessiva degli impatti attribuibili alla produzione del latte nell'azienda Ferrari.

I risultati evidenziano come l'impronta carbonica di 1 kg di latte prodotto dall'azienda del GO è risultato pari a 0,91 kgCO₂-eq/kg latte; l'oculata gestione, l'impiego di sottoprodotti e la produzione aziendale di energia rinnovabile forniscono performance ambientali paragonabili alle più efficienti aziende da latte del centro Europa. I risultati dell'impronta dell'acqua e del bilancio dell'energia sono paragonabili ad

altre realtà zootecniche del nord Italia legate alla presenza di mais (irriguo) nei piani colturali ed al suo conseguente utilizzo in razione.

Nel grafico 3 sono riportati i tre indici di impatto (impronta del carbonio, impronta idrica ed energia) rispetto alle diverse categorie di impatto espresse in percentuale.

Società Agricola Ferrari Giuseppe & C.



Associazione Regionale Allevatori
dell'Emilia Romagna – A.R.A.E.R.



<http://bioeconomiakm0.crpa.it/>



**Programma di
Sviluppo Rurale
dell'Emilia-Romagna
2014 - 2020**



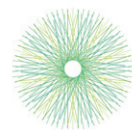
UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

PARTICIPATING IN



eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION

Funded by



Divulgazione a cura di Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.a. Autorità di Gestione: Direzione Agricoltura, caccia e pesca della Regione Emilia-Romagna. Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 — Tipo di operazione 16.1.01 — Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: produttività e sostenibilità dell'agricoltura — Focus Area 5C - Favorire l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari ai fini della bioeconomia. Progetto "Bioeconomia a km 0 - Valorizzazione di sottoprodotti vegetali fibrosi come alimento zootecnico e a fini energetici".