

INSIDE RESEARCH

Economia circolare: nuovi processi e prodotti per la valorizzazione dei residui e degli scarti



INSETTI PER LA BIOCONVERSIONE DI SOTTOPRODOTTI AGROALIMENTARI IN MANGIMI E SOSTANZE AD ALTO VALORE AGGIUNTO

LARA MAISTRELLO, BIOGEST-SITEIA



Bando per progetti di ricerca industriale strategica rivolti agli ambiti prioritari della Strategia di Specializzazione Intelligente (azione 1.2.2) Asse I POR FESR Emilia-Romagna 2014-2020

FLIES 4 VALUE

BIOWAFER

VALUE CE-IN

BETONPLAST

FIREMAT
FIRE resistant MATerials & composites

R2B OnAir

17 giugno 2021 | 11.00-12.00

DIGITAL WORKSHOP



Regione Emilia-Romagna



Valore nutritivo ed economico dei prodotti

Capofila
UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
Centro per il Miglioramento e la Valorizzazione delle Risorse Biologiche Agroalimentari - BIOBEST-SITEA

Partner
PROAMBIENTE
innovation & environment

siteia
parma

CRPV Lab
Collaboro innovazione

ALMA MATER STUDIORDINA
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE

Imprese

MUTTI
PARMA

mace

pivetti
Molini



BIOGEST-SITEIA - Unità Entomologia

FASE 1 - Ottimizzazione funzionale dell'allevamento larve di MS su sottoprodotti agroalimentari

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
		Elaboraz. disegno speriment. e prove in lab. per ottimizzare allevamento MS sui substrati stabilizzati, con e senza pre-trattamenti. Consulenza per progettare prototipo di bioconvertitore integrato e acquisizione relativi componenti					Segue prove in lab per individuare mix ottimale di substrati stabilizzati. Ottenimento di larve mature MS e residuo organico post-allevamento. Assemblaggio componenti prototipo					Collaudo prototipo bioconvertitore integrato sul mix ottimale di substrati e avvio di cicli di produzione per ottenimento grandi quantità di larve mature di MS da destinare a fase 3 e fase 4, e di residuo organico post-crescita per fase 4.											



BIOGEST-SITEIA - Unità Entomologia

FASE 1 - Ottimizzazione funzionale dell'allevamento larve di MS su sottoprodotti agroalimentari

- Pomodoro (TOM)
- Ananas (PIN)
- Arancia (OR)
- Mela (APP)
- Borlotti (Borl)
- Cannellini (Canl)
- Fagiolini (Fagl)
- Ceci (Ceci)
- Crusca (CRS)
- Carota (CAR)

+ SCOTTA

Prove preliminari di sviluppo delle larve di MS su miscele di substrati

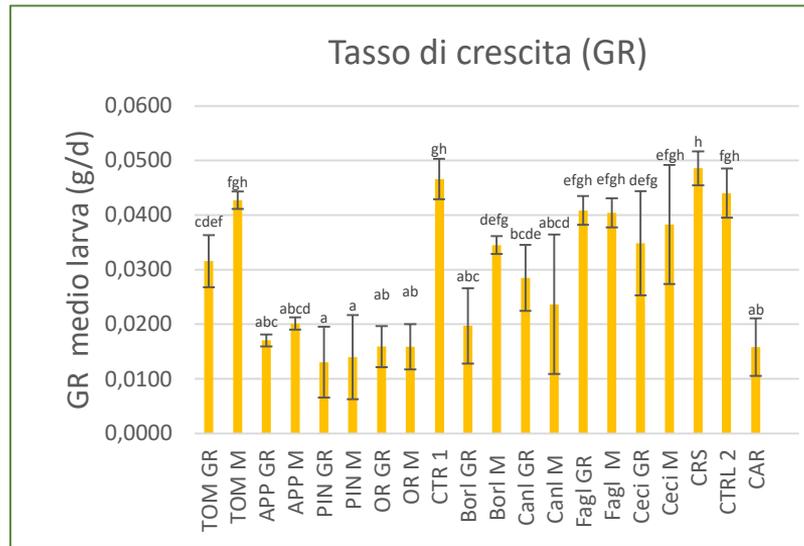
Tutti i substrati sono stati testati in 2 forme:

- Macinato (M)
- Grossolano (GR)



Singoli substrati+ scotta+ larve primi stadi di sviluppo

$$GR = \frac{\text{media peso larve finale (g)} - \text{media peso larve iniziale (g)}}{\text{numero giorni di prova}}$$



Tasso di crescita larve (GR) per singoli substrati (media ± devsSt); lettere diverse indicano differenze significative tra i valori (p<0,05). Anova seguita da Tukey test.

VINCITORI: Pomodoro macinato, fagiolini grossolano e macinato, ceci grossolano e macinato, crusca



Larve dal peso finale più elevato
Brevi tempi di sviluppo

BIOGEST-SITEIA -
Unità Entomologia

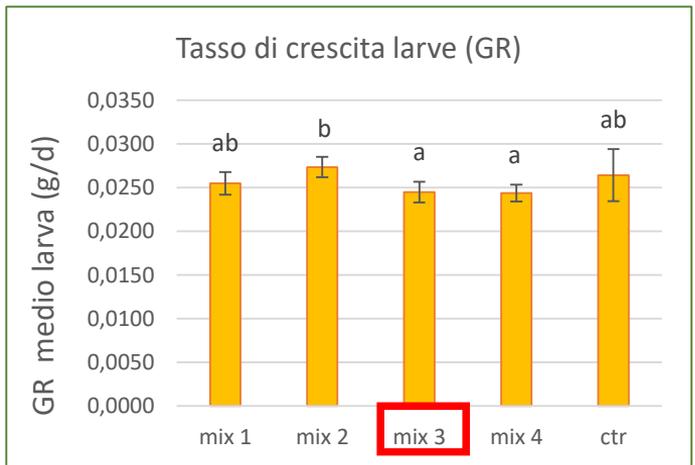
FASE 1 - Ottimizzazione funzionale dell'allevamento larve di MS su sottoprodotti agroalimentari

Prove preliminari di sviluppo delle larve di MS su miscele di substrati

Composizione mix di substrati in percentuale

	mix 1	mix 2	mix 3	mix 4
Pomodoro M	35	45	40	60
Ceci GR	20	25		
Crusca	35	20	30	30
Borlotti M		5		
Fagiolini M	10	5	30	10

+ SCOTTA



Tasso di crescita larve (GR) per miscele di substrati (media ± devst); lettere diverse indicano differenze significative tra i valori ($p < 0,05$). Anova seguita da Tukey test.



Substrati essiccati



Mix di substrati con e senza scotta



Larve mature di MS

Mix 3 (Pomodoro M, Crusca, Fagiolini M) scelto per la **produzione massale nel prototipo** per via della **composizione nutrizionale delle larve**

BIOGEST-SITEIA - Unità Tecnologia Alimentare

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

1 anno											2 anno									
M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22

prove di stabilizzazione dei substrati e delle larve su piccola scala

scaling-up della stabilizzazione dei substrati e delle larve



BIOGEST-SITEIA - Unità Tecnologia Alimentare

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

Materiali e Metodi

Ananas
Mele
Arance
Pomodoro
Carote (non essiccate)

Ceci
Fagioli Borlotti
Fagioli Cannellini
Fagiolini

Scelta e stabilizzazione dei substrati



Essiccazione a 80° C in stufa dei fagiolini



Pomodoro essiccato «grossolano»



Pomodoro essiccato «macinato»

- Essiccazione all'interno di stufe ventilate
alla temperatura di 80 °C per 24-48 ore.
- Si è scelto di lavorare con due diverse forme:
 - «Grossolana»: substrati dopo l'essiccazione in stufa;
 - «Macinata»: substrati che dopo l'essiccazione sono stati resi in polvere con una granulometria di circa 200 micron.

BIOGEST-SITEIA - Unità Tecnologia Alimentare

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

Formulazione mix e scelta della dieta finale

Sulla base dei dati raccolti ed elaborati nelle due precedenti fasi sperimentali si è arrivati alla formulazione di 4 miscele, che prevede l'impiego di cinque substrati singoli combinati tra di loro con diverse proporzioni.

Stabilizzazione delle larve

Materiali e Metodi

Metodo di abbattimento → in stufa 100/150°C per un tempo variabile (max 13', min 4'30").

Essiccazione → in stufa 50°C per 44 h

Quantitativo → 600/700 g per volta

	Larve "mix 3"		
	t0	t44	farina
Peso (g)	4770	2217	/
% H2O	70,532	/	46,108
aw	0,986	0,964	0,967

porzione secca	% da aggiungere			
	#1	#2	#3	#4
pomodoro macinato	35	45	40	60
ceci grossolani	20	25		
crusca	35	20	30	30
borlotti macinato		5		
fagiolini macinato	10	5	30	10
Tot	100	100	100	100



Larve abbattute

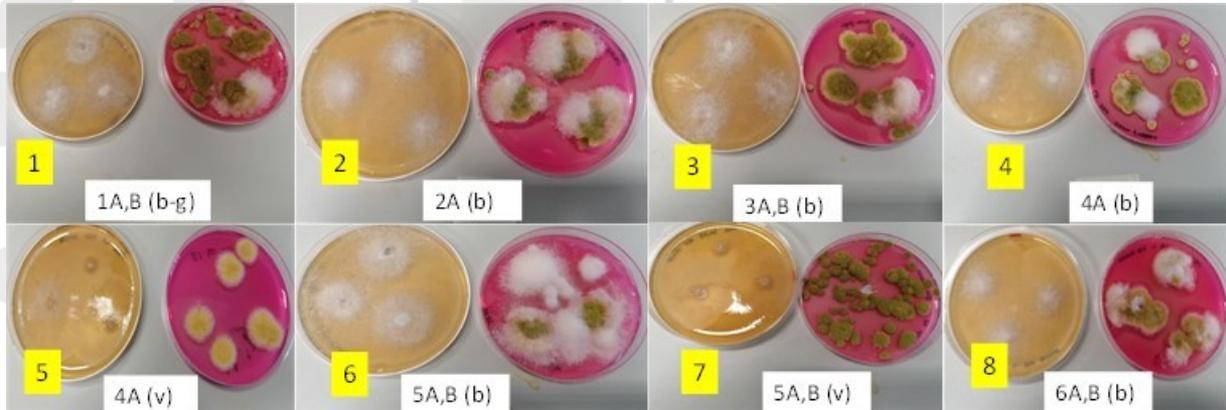


Larve essiccate

BIOGEST-SITEIA - Unità Microbiologia

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
analisi microbiologiche dei substrati stabilizzati																							
												analisi microbiologiche delle larve stabilizzate e non											



BIOGEST-SITEIA -
Unità Microbiologia

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

CARATTERIZZAZIONE DELLE MUFFE NEI SUBSTRATI E VERIFICA SU MICOTOSSINE

- Tutti i substrati sono risultati contaminate da muffe
- Gli isolati fungini appartengono alle specie *Aspergillus oryzae* (16)^A, *Rhizopus oryzae* (11)^B, *Trichosporon asahii* (1)^C, *Geotrichum silvicola* (1)^D, *Mucor circinelloides* (1)^E

Aspergillus oryzae

- Sicuro, utilizzato in alcuni cibi fermentati
- Non produce aflatossine
- Alcuni ceppi producono acido ciclopiazonico e acido β-nitropropionico

Trichosporon asahii*, *Geotrichum silvicola

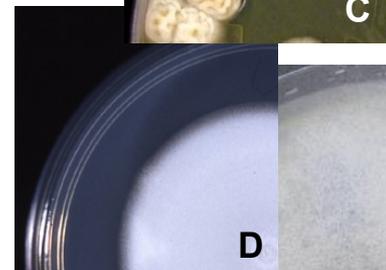
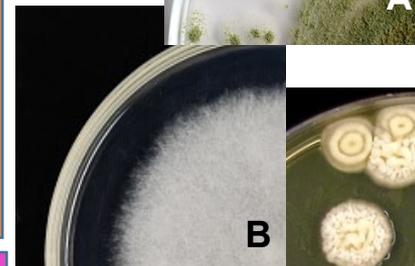
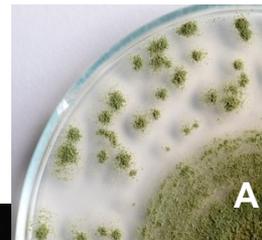
- Nessuna informazione sulla produzione di micotossine
- Ceppi di *Trichosporon* e di *Geotrichum* degradano micotossine

Rhizopus* e *Mucor

- Scarse informazioni su produzione micotossine
- Degradano micotossine, prodotte da *Aspergillus*, *Penicilium*, *Fusarium* e *Alternaria*
- La produzione di acido β-nitropropionico è stata documentata per *M. circinelloides*

FASE 2 - ANALISI MICROBIOLOGICHE DELLE LARVE STABILIZZATE E NON

- In attesa della produzione massale di larve
- Osservazioni preliminari suggeriscono una ridotta contaminazione fungina nell'impianto pilota



BIOGEST-SITEIA - Unità Zootecnia

FASE 3 - Allevamento galline ovaiole con mangimi a base di larve di MS e valutazione della qualità delle uova

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
		Sopralluoghi in allevamento, studio preliminare dei mangimi attualmente impiegati e prove di formulazione per sostituzione della soia, preparazione dell'unità sperimentale.					Formulazione dei nuovi mangimi in piccole quantità ed analisi qualitative					Preparazione dei mangimi finali, costituzione dei gruppi sperimentali, periodo di adattamento degli animali e inizio prove in allevamento. Valutazione dello stato sanitario degli animali, raccolta, catalogazione e valutazione commerciale delle uova, valutazione quantitativa della produzione.					Analisi qualitative delle uova: determinati i pesi dei singoli componenti (guscio, albume e tuorlo), altezza dell'albume (indice di Haugh), colore del tuorlo, mediante spettrocolorimetro e secondo la scala Roche, resistenza del guscio. Valutate delle proprietà chimico-nutrizionali						

BIOGEST-SITEIA -
Unità Zootecnia

FASE 3 - Allevamento galline ovaiole con mangimi a base di larve di MS e valutazione della qualità delle uova

ATTIVITÀ REALIZZATE

- In seguito a rinuncia dell'Azienda avicola Emiliana, incontri e accordo con responsabile nuova azienda
- Presa visione formula mangime impiegato
- Incontro con mangimista per accordi formulazione
- Costituzione recinti per prova sperimentale
- Richiesta autorizzazione a **OPBA UNIMORE** e **Servizi Veterinari RE** per svolgimento prove in vivo



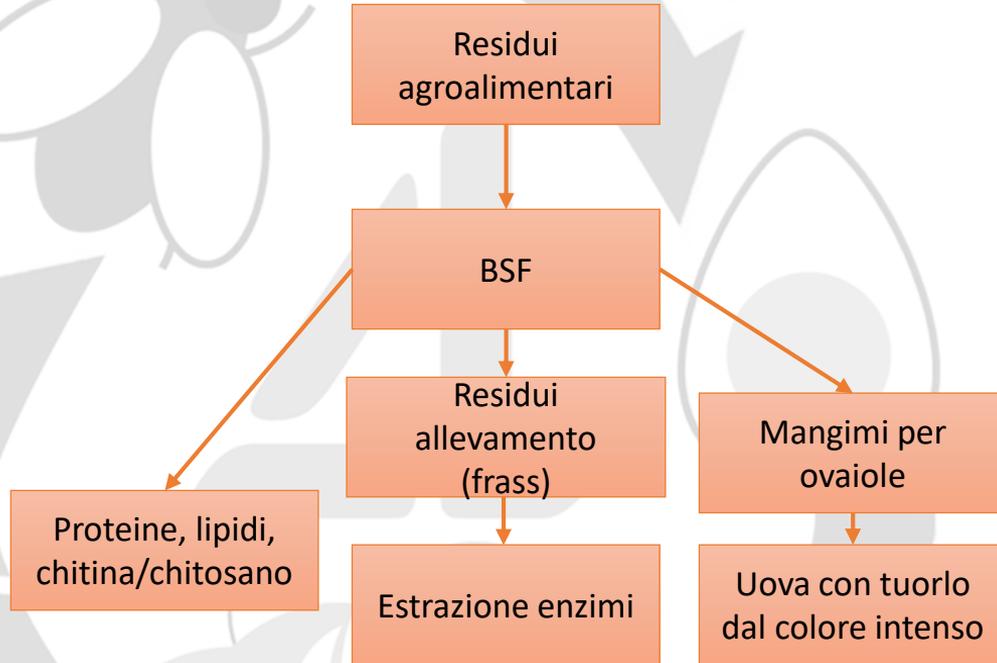
ATTIVITÀ IN CORSO

- Prove sostituzione quota proteica e lipidica del mangime con farina di larve secondo nuovo piano alimentare
- Definizione quantitativo di larve necessarie in funzione della caratterizzazione del MIX scelto

SITEIA.PARMA

1 anno												2 anno											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti																							
Determinazione della composizione in nutrienti dei substrati e delle larve cresciute sui diversi mix di substrati												Determinazione della composizione nutrizionale e valutazione della sicurezza chimica del mangime a base di larve											
FASE 3 - Allevamento galline ovaiole con mangimi a base di larve di MS e valutazione della qualità delle uova																							
																Determinazione del contenuto di carotenoidi delle uova							
Fase 4 - Biorefinery di larve di MS e valorizzazione del residuo organico post-allevamento																							
								Messa a punto dei processi di bioraffineria su scala laboratorio								Implementazione, sviluppo e scale up di processi di bioraffineria della biomassa larvale e valutazione della qualità e applicabilità degli ingredienti ottenuti							

SITEIA.PARMA



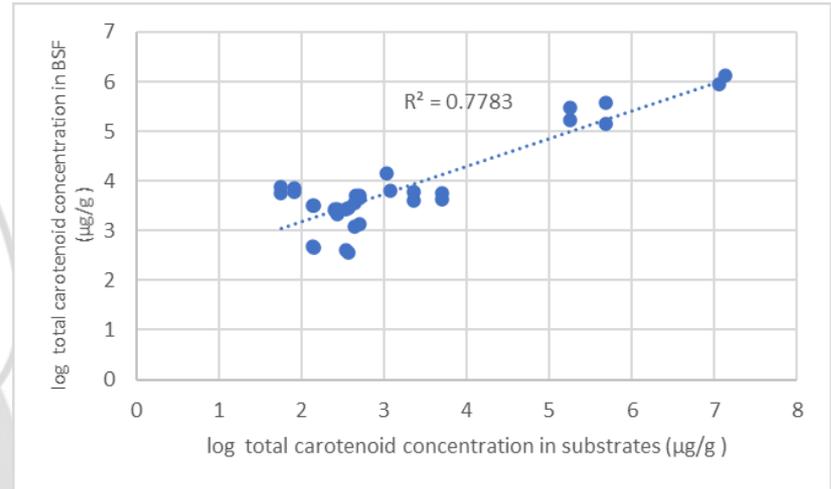
ATTIVITÀ PRINCIPALI

- Valutazione compositiva
- Caratterizzazione profilo carotenoidi residui agroalimentari, BSF e tuorlo uova
- Frazionamento (produzione proteine, lipidi, chitina/chitosano)
- Estrazione enzimi da frass

SITEIA.PARMA

RISULTATI PRINCIPALI

- Caratterizzazione di tutti i substrati e delle larve mature cresciute su di essi
- Il contenuto di carotenoidi totale nelle larve di MS risulta positivamente correlato al contenuto totale di carotenoidi degli scarti agroalimentari usati come substrato di crescita



➤ **Il riutilizzo di questi scarti permette di ottenere larve mature di MS con un alto tenore di carotenoidi, aumentandone le proprietà nutrizionali per il futuro utilizzo in ambito mangimistico e alimentare**

CIRI AGRO-Unibo

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	
			fermentazione acidogenica/ idrolitica delle matrici da utilizzare come terreno per la crescita larvale. Test preliminari in piccola scala; ottimizzazione						fermentazione acidogenica / idrolitica delle matrici da utilizzare come terreno per la crescita larvale: processo condotto su scala maggiore per fornire il partner del terreno															

Fase 4 - Biorafinery di larve di MS e valorizzazione del residuo organico post-allevamento

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
												digestione anaerobica del residuo post-crescita larvale: valutazioni del potenziale metanogenico					digestione anaerobica del residuo post-crescita larvale: allestimento del processo in condizioni di regime continuo						

CIRI AGRO-Unibo

FASE 2 - Stabilizzazione, caratterizzazione, pretrattamento e sicurezza di substrati e prodotti

Questioni aperte associate all'attività del partner

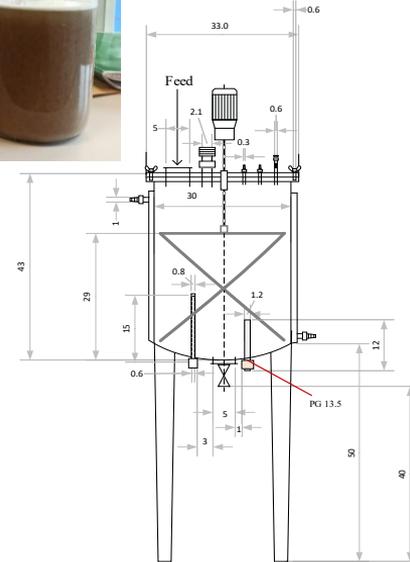
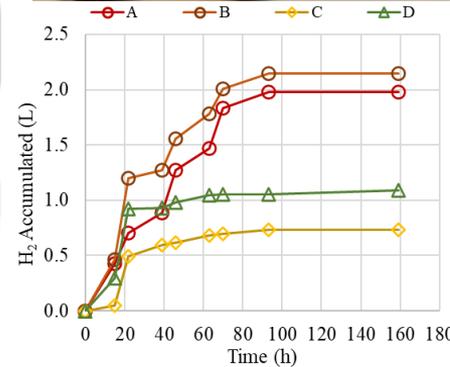
1. È possibile **aumentare la digeribilità** di matrici organiche di scarto utilizzate per la crescita larvale, mediante **pre-fermentazione anaerobica rapida** (condotta in condizioni idrolitiche)?
2. I **terreni esausti post-crescita larvale** hanno ancora un contenuto organico valorizzabile mediante processi di digestione anaerobica dedicati alla **produzione di biogas**?

Attività realizzata:

pre-fermentazione anaerobica rapida di matrici organiche di scarto target (tra cui frazioni di pomodoro, carote e crusca) diluite con scotta per ottenere una miscela con contenuto di acqua idoneo al processo biologico

Risultati principali:

- la fase idrolitica è stata condotta con successo e può ritenersi conclusa dopo 4 giorni;
- Il processo biologico porta alla produzione di acidi a corta catena e di un biogas con contenuto significativo di idrogeno.



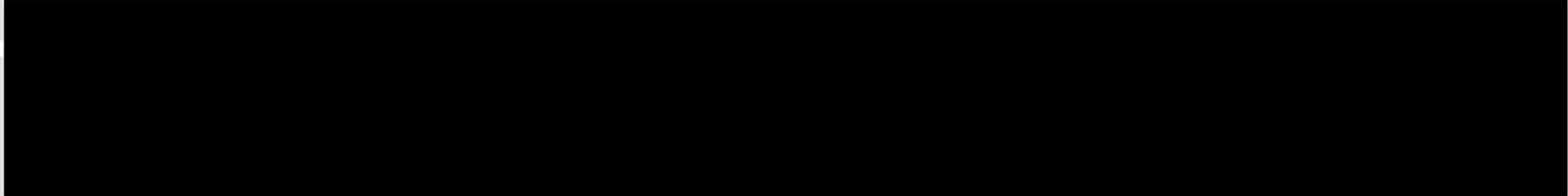
Attività in corso:

Progettazione del prototipo che verrà utilizzato per la **digestione anaerobica** dei terreni esausti

PROAMBIENTE

Fase 5 - Analisi di sostenibilità ambientale ed economica (LCA-LCC) e accettabilità sociale delle uova

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
					Consumer science: elaborazione e messa a punto e validazione del questionario per l'accettabilità delle uova di galline alimentate con insetti.				Somministrazione del questionario ai consumatori				Elaborazione dei risultati del sondaggio sui consumatori										

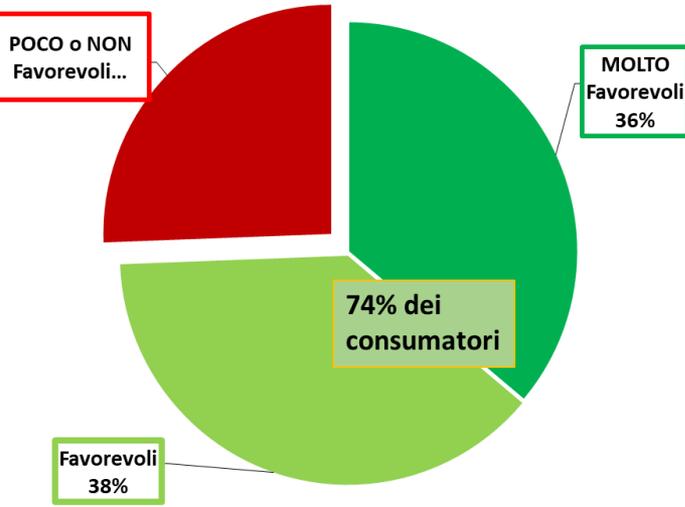


FASE 5: Analisi di sostenibilità ambientale ed economica (LCA-LCC) e accettabilità sociale delle uova

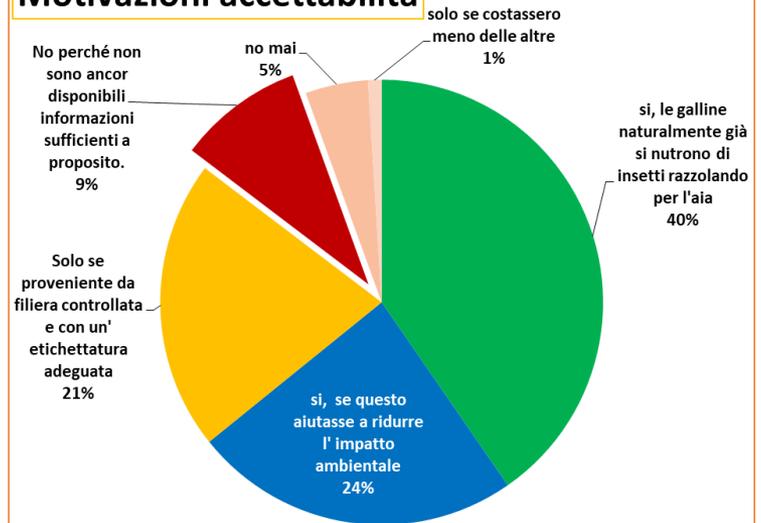
RISULTATI di un sondaggio sui consumatori effettuato da IBE CNR sull'accettabilità delle farine di insetto per l'alimentazione di galline ovaiole

Partecipanti: 510 (49% uomini; 51% donne; età **media**: 46,4 [range 18-84])

Insetti come fonte di proteine nel mangime?



Motivazioni accettabilità



FASE 5: Analisi di sostenibilità ambientale ed economica (LCA-LCC) e accettabilità sociale delle uova

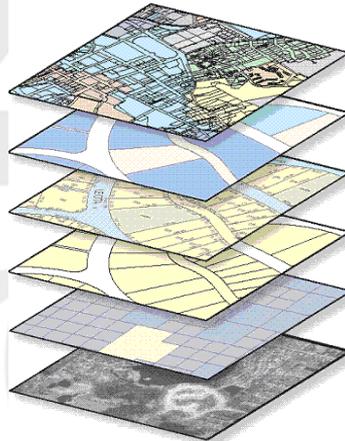
Cartografia tematica per l'identificazione delle aree più vocate per l'attività produttiva di bioconversione di sottoprodotti agroalimentari in mangimi e sostanze ad alto valore aggiunto tramite insetti

- **Valutazione della vocazionalità** del territorio all'installazione di impianti per la produzione massale di MS tramite analisi multicriteriale in ambiente GIS.
- **Cartografia tematica** per l'identificazione delle aree più vocate.

SELEZIONE CRITERI

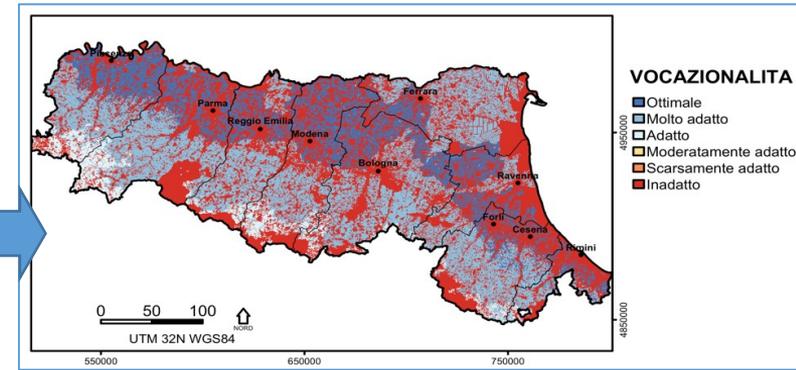
- Altimetria
- Pendenza
- Uso suolo
- Aree protette
- Buffer aree di rispetto
- Rischio idrogeologico
- Prossimità fornitori di substrato
- Prossimità clienti

INPUT GEORIFERITI



ANALISI GIS MULTICRITERIALE

MAPPA DI VOCAZIONALITÀ TERRITORIALE



CRPV

Fase 4 - Bioraffineria di larve di MS e valorizzazione del residuo organico post-allevamento

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
					Sviluppo primo ciclo di prove in vaso su coltura orticola a ciclo breve						Sviluppo secondo ciclo di prove in vaso su coltura orticola a ciclo breve						Sviluppo prove in campo in parcelle replicate su coltura orticola a ciclo breve				Analisi dati e report		

Fase 5 - Analisi di sostenibilità ambientale ed economica (LCA-LCC) e accettabilità sociale delle uova

LCA	Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi LCA, descrizione processi produttivi dell'allevamento di MS e di galline ovaiole per l'individuazione dei flussi di materia ed energia, definizione metodologia operativa (unità funzionali, confini del sistema, inclusioni ed esclusioni, metodologia calcolo...), predisposizione questionari per la raccolta dei dati										Definizione del diagramma di flusso, reperimento dei dati, regole/problemi di allocazione degli impatti, gestione dei dati						Valutazioni degli impatti e interpretazione dei risultati									
LCC											Analisi e definizione dei processi di produzione, delle strutture e dei macchinari		Definizione delle check list per la raccolta dei dati di costo utili all'elaborazione, impostazione del database per il calcolo del parametro LCC		Raccolta delle informazioni nelle aziende coinvolte nello studio, con integrazioni possibili attraverso delle interviste al personale tecnico coinvolto, al fine di le check list precedentemente impostate				Elaborazione dei dati, verifiche e validazione dei risultati.							

Fase D - Diffusione e valorizzazione dei risultati del progetto

CRPV

Fase 4 - Valorizzazione del residuo organico post-allevamento: test agronomici per l'impiego come ammendante



Fase 5 - Analisi di sostenibilità ambientale ed economica (LCA-LCC) e accettabilità sociale delle uova

Le analisi previste saranno svolte nel periodo luglio – ottobre 2021.

L'obiettivo è di calcolare l'impatto ambientale tramite **LCA-Life Cycle Assessment- "cradle to gate"** secondo i requisiti della normativa tecnica ISO 14040-44di:

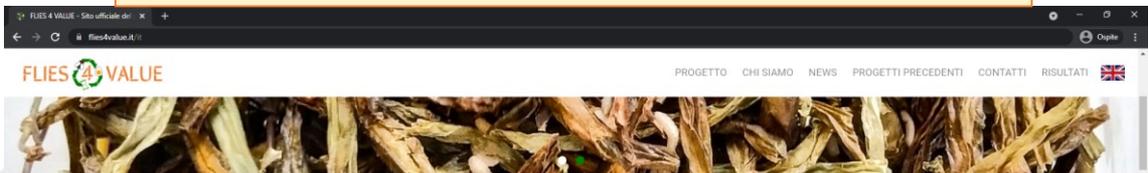
- Allevamento galline ovaiole con mangimi a base di soia
- Allevamento galline ovaiole con mangimi a base di MS ottenute nel progetto

Analisi Life Cycle Cost (LCC) valuterà il costo globale dell'innovazione sul ciclo di vita del sistema attraverso analisi dei dati raccolti su prezzi di acquisto, spese operative del ciclo produttivo delle uova comparando il nuovo sistema produttivo con uno standard.

L'analisi dei costi del ciclo di vita è detta Life Cycle Costing (LCC) o Life Cycle Cost Analysis (LCCA) ed è uno strumento economico che permette di valutare tutti i costi relativi al ciclo di vita di un progetto o di un processo produttivo. La tipologia proposta è LCA-type Life Cycle Costing (LCA-type LCC). Affinché si possano, effettivamente, ottenere delle sinergie dalla contestuale implementazione di LCA e LCC, occorre che i confini del sistema, l'unità funzionale e le principali ipotesi siano allineate tra le due metodologie.



PER ULTERIORI INFORMAZIONI:
<https://flies4value.it/>



PROGETTO

FLIES4VALUE intende offrire un sistema economico, efficiente, competitivo e a basso impatto per valorizzare scarti di industrie agroalimentari regionali sfruttando l'efficacia di insetti bioconvertitori, le larve di mosca soldato (MS), per la produzione di mangimi per galline ovaiole e altre sostanze ad alto valore aggiunto per il settore alimentare e l'agricoltura.

Progetto vincitore di menzione speciale

Project coordinator:
Lara Maistrello
lara.maistrello@unimore.it



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Centro per il Miglioramento
e la Valorizzazione delle Risorse Biologiche
Agroalimentari - BIOGEST-SITEIA

