

Relazione tecnica finale PS-GO FEEDS



Partenariato, ruoli e attività svolte

Il partenariato è così composto:

Capofila: **L'Unitaria Cooperativa Zoocerealicola**, con ruolo di produttore primario;

Partner: **Azienda agricola Marchini Silvia** con ruolo di produttore primario;

Centro di Ricerche Agro Ambientali "E. Avanzi" – CiRAA, con ruolo di partner scientifico per la messa a punto dei sistemi di allevamento e l'avviamento delle attività dell'impianto pilota;

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agro Alimentari e dell'Ambiente – DISPAA, con ruolo di partner scientifico per la messa a punto dei test di alimentazione su pesci e avicoli con mangimi contenenti farine di insetto;

Nutrigene s.r.l., con ruolo di partner per la messa a punto dei test di alimentazione su cani con mangimi contenenti farine di insetto;

IM.O.FOR. TOSCANA Soc. Coop., con ruolo di agenzia di formazione nell'ambito del progetto e per il supporto al trasferimento dei risultati conseguiti.

Nella realizzazione del PS-GO FEEDS, la Cooperativa L'Unitaria era partner Capofila attuatore di due Work Package:

- WP1 Coordinamento del progetto

Attività prevista nel WP1

Azione 1.1 - Stipula dell'Accordo di cooperazione e firma del Regolamento GO.

Azione 1.2 - Coordinamento tra i partner e con la committenza

Azione 1.3 - Monitoraggio degli stati di avanzamento del PS

Attività svolta nel WP1

Azione 1.1 - Stipula dell'Accordo di cooperazione e firma del Regolamento GO

Nell'incontro iniziale tra i partner sono state messe a punto le bozze di A.d.C. e di Regolamento. La stipula dell'Accordo e la firma del Regolamento è avvenuta in data

Azione 1.2 - Coordinamento tra i partner e con la committenza

Al fine di favorire la circolazione di informazioni tra i partner e condividere criticità e punti di forza del GO la Cooperativa ha provveduto a programmare e calendarizzare gli incontri di coordinamento, ed anche ad ospitare i partner del progetto presso le strutture della cooperativa (fino a quando possibile); dopodiché, a causa della pandemia da CovSars19, alcuni incontri si sono svolti in modalità da remoto; di alcuni degli incontri, in data 21.09.2018, 23 ottobre 2019, 31 marzo 2021 e 08 luglio 2021, si sono registrati i verbali e le presenze. L'obiettivo previsto per questa azione è stato raggiunto, avendo mantenuto i rapporti con la committenza (Regione Toscana) e avendo svolto la funzione di referente per i partner del progetto, sia per questioni amministrative che organizzative.

Azione 1.3 - Monitoraggio degli stati di avanzamento del PS

Il piano strategico è stato gestito secondo le previsioni e gli obiettivi prefissati sono stati raggiunti come evidenziato nelle relazioni dei singoli partner.

Attività prevista nel WP2

Azione 2.1 – Realizzazione dell'impianto pilota.

Azione 2.2 – Gestione tecnica degli allevamenti

Attività svolta nel WP2

Azione 2.1 – Realizzazione dell'impianto pilota

I lavori di installazione e messa a punto dell'impianto presso la cooperativa sono iniziati nel giugno 2019 con l'installazione di 6 box prefabbricati accorpati in un blocco unico, con la formula del noleggio dalla ditta Locabox; i prefabbricati sono stati installati secondo uno schema ben studiato dal CiRAA in modo da riservare una sezione per allevamento di *Hermetia* (2 locali collegati: uno per gli adulti e uno per le larve) e un locale per il *Tenebrio*, un locale per uso spogliatoio e laboratorio, un locale per stoccaggio prodotti finiti (larve fresche ed essiccate), un locale per la preparazione degli alimenti, un corridoio di servizio per accedere ai locali di cui sopra e due porte di accesso ai lati del corridoio in modo da garantire separazione nelle diverse fasi produttive.

Per l'installazione dei prefabbricati è stata fatta regolare richiesta al Comune di Porcari come strutture provvisorie, in base al regolamento urbanistico vigente, tramite lo Studio Tecnico Fanucchi. A seguire sono stati eseguiti gli allacci di energia elettrica e acqua e sono state apportate modifiche all'impianto di illuminazione per tempo di luce e lunghezza d'onda necessaria per garantire all'allevamento di *Hermetia* la fertilità dei riproduttori. Inoltre, i prefabbricati sono stati climatizzati con un impianto dedicato installato dalla ditta Frigomeccanica, in modo da garantire condizioni di stabilità assoluta delle temperature e della umidità relativa indipendentemente dalle condizioni esterne.

I prefabbricati sono stati arredati con semplici tavoli e scaffalature da utilizzare come supporto per le gabbie degli adulti e per le vasche delle larve in accrescimento nei locali destinati agli insetti; gli altri locali sono stati dotati di tavoli per la selezione e la conservazione delle larve, per la preparazione del mangime. Inizialmente il nostro personale ha collaborato e preso visione delle problematiche e delle tecniche di allevamento degli insetti in questione presso il CiRAA di Pisa per avere una formazione di base per poter avviare la struttura di Porcari.

Azione 2.2 – Gestione tecnica degli allevamenti

Allevamento *Hermetia illucens*. Le larve, fornite dal CiRAA, sono state suddivise in alcune vasche di materiale plastico di dimensioni di 30x40 e alimentate con frutta e verdura di scarto commerciale fino a portarle

a maturità, ossia allo stadio di prepupa che corrisponde al maggior peso della larva stessa; in questa fase delle prove di allevamento abbiamo valutato la metodologia di preparazione del mangime macinando la frutta e la verdura con mezzi artigianali, con scarsi risultati in termini di omogeneità. Dopo una valutazione di diversi tipi di macchinari e attrezzi per ridurre in poltiglia le verdure e la frutta, abbiamo acquistato un molino per frutta dalla ditta Enoitalia con il quale abbiamo ottenuto buoni risultati di macinazione e omogeneità della frutta e della verdura con costi contenuti; in commercio ci sono macchinari più performanti ma a costi decisamente insostenibili per il nostro progetto. Dopo 30 giorni, abbiamo ottenuto larve mature di cui una quota da utilizzare come rimonta per costituire una prima gabbia di riproduttori e il resto da abbattere con il congelamento. L'operazione di separazione delle larve dal substrato di allevamento è stata molto complicata e laboriosa non avendo ancora attrezzature idonee; abbiamo utilizzato dei setacci artigianali autocostruiti con diverse dimensioni e alla fine abbiamo individuato le giuste dimensioni dei setacci da utilizzare (fori da 4mm). Dalla setacciatura delle vasche abbiamo ottenuto le larve mature e sempre su consiglio del CiRAA abbiamo destinato circa 700 gr di larve alla rimonta con il carico della prima gabbia di riproduttori e le altre sono state congelate a -25 °C in attesa di effettuare la essiccazione delle stesse. La gabbia dei riproduttori è stata installata in un locale apposito dotato di impianto di illuminazione speciale e di un umidificatore per garantire ai riproduttori le condizioni ottimali, ossia temperatura di 26 °C e umidità relativa del 65%. e dopo una settimana sono sfarfallati i primi adulti; nel giro di qualche giorno la gabbia era completa ed è attrezzata con appositi ovopositori e sono iniziate le ovideposizioni. Successivamente sono state installate 3 gabbie in totale per assicurare una produzione di uova costante. Da qui in avanti abbiamo iniziato la produzione vera e propria. Dopo diverse prove e anche alcune operazioni fallimentari abbiamo messo a punto il modus operandi migliore: ogni 2/3 giorni le gabbie producono da 2 a 4 grammi di uova che venivano prelevate con accuratezza venivano immerse in vasche di allevamento nella quantità di circa 0,7 g per vasca su una piccola porzione di alimento a base di frutta e verdura macinate; le vasche con le uova venivano spostate nel locale accrescimento adiacente. Dopo circa una settimana si verificava la presenza di larvette in accrescimento e si procedeva alla alimentazione con dosi crescenti di pastura; dopo due settimane si procedeva con l'alimentazione di 1 kg di pastura per vasca ogni 2 giorni fino alla maturazione. Nella terza settimana si alimentavano le vasche solo con crusca o scarti di cereali setacciati per asciugare larve e substrato in modo da rendere più facilmente setacciabile il contenuto. Alla fine, si setacciavano le vasche di larve e substrato destinando una parte delle larve alla rimonta degli adulti e le altre all'abbattimento per congelamento e stoccaggio in congelatore.

La fase di separazione delle larve dal substrato in un primo momento veniva effettuata, come abbiamo già detto, con la setacciatura manuale operazione poco efficace e molto impegnativa. Con la consulenza del CiRAA abbiamo valutato l'utilizzo di un vibrovaglio per agevolare la separazione delle larve e abbiamo noleggiato dalla ditta Bi-Tecnology di Reggio Emilia un vibrovaglio industriale con maglie di diverse misure, utilizzato anche nel settore alimentare, che consentiva la separazione delle larve dal substrato in modo semplice e veloce. Quindi l'allevamento è andato a regime nel giugno 2020 con tre gabbie di riproduttori a rotazione e mediamente 40 vasche di larve in accrescimento. L'ultima fase di lavorazione delle larve, ovvero la loro essiccazione, deve essere svolta con un essiccatore per alimenti a bassa temperatura acquistato dalla ditta Tauro essiccatori e con il quale abbiamo essiccato le larve precedentemente abbattute con il congelamento e conservate congelate.

I risultati ottenuti hanno consentito di trasformare dei residui di lavorazione dei prodotti ortofrutticoli, igienicamente sani, pezzature non idonee al mercato, che altrimenti andavano ad aumentare la quota di R.S.U, in materia prima per mangime di buone caratteristiche.

Dalla setacciatura delle larve abbiamo ottenuto un prodotto composto dalle loro deiezioni delle stesse che è stato oggetto di prove di concimazione e semina presso una azienda agricola partner del progetto. Lo scarto del setaccio risultava completamente uniforme e compatibile per l'utilizzo in orticoltura.

Allevamento *Tenebrio molitor*. L'allevamento di questo insetto è organizzato in modo più semplice; è stato attrezzato un unico locale, climatizzato anch'esso per assicurare temperature ottimali all'accrescimento, arredato con scaffalature per allocare le vasche di insetti; infatti, grazie al fatto che larve e adulti vivono e si nutrono nel medesimo substrato, i processi possono essere fatti in uno stesso locale e, a prima vista, si semplificano molte operazioni. Alla prova dei fatti invece, risulta assai meno facilmente attuabile, a causa di una serie di difficoltà oggettive che si incontrano nella gestione degli animali. Anche in questo caso l'allevamento è iniziato a partire da 2 vasche di insetti adulti consegnatoci dal CiRAA che abbiamo iniziato ad alimentare con scarti della vagliatura e della macinatura dei prodotti cerealicoli della cooperativa setacciati per

dare uniformità al substrato.

Gli adulti alimentati correttamente si accoppiano e producono le uova che sono deposte singolarmente e che si attaccano al fondo del contenitore e si vedono con difficoltà perché sono molto piccole e ricoprono immediatamente di polvere. Per iniziare l'allevamento di Tenebrio, si utilizzano vasche di plastica, popolate di adulti (con densità di 1 adulto/cm²) a cui viene somministrato un alimento a base di crusca cereali come sopra detto e per rendere il substrato più soffice e aerato, il residuo è mescolato in ragione di 3:1 con della crusca. Inizialmente il processo ha avuto alcuni problemi di messa a punto proprio per le difficoltà di raccolta delle uova e per l'insorgere di fenomeni di cannibalismo che hanno ridotto il numero di insetti. Inoltre, occorre precisare che l'accrescimento di Tenebrio è molto lento e i risultati si vedono dopo parecchio tempo.

Dopo alcuni mesi e alcune prove andate male, abbiamo messo a punto le modalità operative: ogni settimana si setacciavano le vasche degli adulti e si utilizzavano le stesse vasche con le uova attaccate sul fondo per iniziare l'allevamento di una nuova vasca in modo da dare omogeneità alle nuove nascite che al massimo avevano 7 giorni di differenza. In questo modo veniva installata una vasca di uova per settimana per ogni vasca di adulti in riproduzione. Le vasche venivano alimentate regolarmente oltre che con cereali anche con frutta o verdura a fette in modo da soddisfare il fabbisogno di acqua dell'insetto. Al raggiungimento della maturità delle larve si setacciava il tutto separando gli insetti dal substrato: dato che si riscontrava una certa difformità nello sviluppo, tra le larve si erano presenti anche diverse pupe che venivano utilizzate per la rimonta di una nuova vasca di adulti riproduttori; le larve rimanenti si abbattevano con il congelamento. Il processo, tuttavia, risultava laborioso e poco produttivo con notevoli difficoltà operative. Da questo allevamento abbiamo ottenuto alcune decine di kg di larve, ma senza una prospettiva di sviluppo interessante per lo meno nell'ambito di recupero dei prodotti di scarto dei cereali. Infatti, la scarsa qualità degli scarti di cereali utilizzabili nella nostra struttura, compromette la riuscita di questo allevamento.

La sintesi economica delle spese sostenute dal Capofila Coop. Zoocerealicola L'UNITARIA è riportata sotto.

Dati economici

WP 1

<u>VOCI DI SPESA (€)</u>	<u>ASSEGNATO</u>	<u>SPESO</u>	<u>SCOSTAMENTI</u>
Spese Generali			
Investimenti immateriali	8000	8000	0
<u>TOTALE</u>	8000	8000	0

WP2

<u>VOCI DI SPESA (€)</u>		<u>ASSEGNATO</u>	<u>SPESO</u>	<u>SCOSTAMENTI</u>
Macchinari e attrezzature	Prototipi (in toto)	38.902,09	40.772,33	1.870,24
Spese del personale	Personale - retribuzione e oneri tecnico/amministrativo dipendente	2.563,65	2.563,65	0,00
Spese del personale	Personale - retribuzione e oneri tecnico/amministrativo dipendente	43.450,46	37.955,81	-5.494,65
Beni di consumo e noleggi	Noleggi	18.176,80	22.461,34	4.284,54
	<u>TOTALE</u>	103.093,00	103.753,13	660,13

Nella realizzazione del PS-GO FEEDS, l'Azienda Agricola Marchini era attuatore di un Work Package:

- **WP3 Impianto compost e gestione scarti agricoli**

Attività prevista nel WP3

Azione 3.1 Realizzazione dell'impianto compost

Azione 3.2 Gestione tecnica del compostaggio e degli scarti agricoli in campo

Attività svolta nel WP3

Azione 3.1 Realizzazione dell'impianto compost

I lavori di realizzazione dell'impianto di compostaggio sono stati pesantemente condizionati a causa della pandemia da CovSars19, che non ha consentito all'Azienda agricola di operare per molto tempo. Per la stessa ragione, inoltre, sono stati limitati all'indispensabile anche gli ingressi all'interno dei locali della Cooperativa.

Azione 3.2 Gestione tecnica del compostaggio e degli scarti agricoli in campo

Pertanto, lo stoccaggio del frass degli insetti è stato temporaneamente realizzato presso la Cooperativa, in una zona a ciò destinata, nelle vicinanze dell'impianto pilota. Successivamente, dato il perdurare della situazione critica, l'Azienda Marchini è riuscita a trasferire presso il centro aziendale solo una parte del frass, che ha utilizzato nella vasetteria per la produzione di piantine di ortaggi. La non corretta gestione del frass, dovuta alle cause sopra menzionate, non ha consentito il completo compostaggio del materiale, per cui il test di utilizzo come substrato per la vasetteria, usato in purezza, non ha dato risultati apprezzabili. In parte, il frass è stato trasferito presso il CiRAA, ed è stato sottoposto ai test riportati nella relazione tecnica del partner, in modo da permettere la verifica dei risultati del test eseguito presso l'Azienda Marchini.

Dati economici

L'azienda Agricola Marchini, in ragione delle difficoltà operative riscontrate a causa della pandemia da CovSars19, ha deciso di non presentare domanda di pagamento, in quanto il lavoro impegnato nelle attività comunque svolte è stato fornito attraverso prestazioni del titolare.

Nella realizzazione del PS-GO FEEDS, il CiRAA era partner attuatore di due Work Package:

- **WP4 Adattamento prototipi e ottimizzazione dei processi produttivi**

Attività prevista nel WP4

Messa a punto del processo, attraverso test e collaudi, con l'applicazione di protocolli di allevamento delle due specie adattandole ai substrati. L'ottimizzazione quantitativa consiste nel dimensionare l'allevamento alle biomasse di scarto prodotte dall'azienda al fine del miglior utilizzo. Gli allevamenti di *Hermetia* e *Tenebrio* sono sottoposti a controlli di qualità sulle performance biologiche degli adulti che devono mantenere costanti caratteristiche (fecondità/fertilità, adattabilità al substrato, dimensioni). L'allevamento deve soddisfare criteri di igiene e di tutela del benessere animale, per assicurare alla produzione elevati standard che ne consentano la commerciabilità nella filiera mangimistica. Viene realizzata una collaborazione con le autorità sanitarie competenti per la messa a punto di linee-guida per la produzione e di protocolli di HACCP

Attività svolta nel WP4

Nella WP 4.1 il CiRAA ha messo a punto le tecniche di allevamento per i due insetti *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor*, premessa necessaria per predisporre l'avvio dell'attività presso l'impianto alla Cooperativa L'Unitaria.

In particolare, i lavori hanno riguardato i seguenti aspetti:

- a) Allevamento di *H. illucens*
 1. Allestimento dell'allevamento e messa a punto della migliore tecnica di allevamento;
 2. Valutazione delle rese dell'allevamento;
 3. Valutazione dei tempi di sviluppo dell'insetto;
 4. Valutazione dei principali parametri biologici dell'insetto, legati alla riproduzione.
- b) Allevamento di *T. molitor*
 1. Allestimento dell'allevamento e messa a punto della migliore tecnica di allevamento;
 2. Valutazione delle rese dell'allevamento;
 3. Valutazione dei tempi di sviluppo dell'insetto;
 4. Valutazione dei principali parametri biologici dell'insetto, legati alla riproduzione.

L'attività svolta nel primo anno ha permesso di ottenere i dati necessari per definire i parametri principali, così da poter trasferire la tecnica di allevamento all'impianto pilota, per la successiva fase di messa a punto e collaudo. Come previsto nel progetto, l'UO CiRAA ha provveduto a predisporre e a sottoporre alla firma dei responsabili, due convenzioni, una tra CiRAA e l'ASL5 Pisana, Dipartimento della Sanità pubblica – Servizio Veterinario e l'altra con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana.

Nel II anno di attività, l'UO del CiRAA ha condotto indagini per ottimizzare le tecniche di allevamento dei due insetti *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens*. L'allevamento è stato in parte trasferito all'impianto pilota, dove si è avviata l'attività di produzione, ma si è continuato ad allevare le due specie anche nei locali del CiRAA per poter ottenere nuovi parametri biologici e operativi utili al miglioramento della produttività dell'allevamento massale. Durante il secondo anno, è iniziata l'attività concreta su *T. molitor*, specie sulla quale si era lavorato di meno durante il primo anno di progetto, in ragione del lento ritmo di sviluppo dell'insetto. Una volta ottenuto un discreto livello di produzione di larve, si è proceduto ad approfondire la valutazione di alcuni parametri biologici:

- Valutazione della crescita su due substrati a confronto (dieta standard e substrato fornito dalla Cooperativa L'Unitaria);
- Valutazione dell'andamento dell'impupamento su due substrati a confronto (dieta standard e substrato fornito dalla Cooperativa L'Unitaria).

Nell'allevamento di *Hermetia illucens* è stata introdotta un'importante novità riguardo alle modalità routinarie di allevamento, costituita dalla pressatura del substrato al fine di eliminarne la componente liquida. Si è valutato che, pur con la variabilità dipendente dalla tipologia dei substrati, il peso della verdura tritata si riduca di circa il 30%; l'effetto ottenuto applicando questa tecnica, è quello di una sola aggiunta di crusca nella fase finale dell'allevamento, con ovvi vantaggi dal punto di vista della gestione dell'allevamento (minori costi, minori odori, minore manualità).

Nel corso dell'anno si sono inoltre indagati alcuni aspetti biologici specifici riguardanti gli insetti:

1. Confronto delle performance produttive di *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor* allevati su differenti substrati;
2. Valutazione degli effetti della dieta sulle caratteristiche quali-quantitative della produzione;
3. Valutazione degli effetti di diverse tecniche di trasformazione sulla qualità del prodotto finale.

A chiusura del ciclo produttivo di *Hermetia*, sono state valutate le rese all'essiccazione.

Le attività condotte nel III anno di attività hanno riguardato la messa a punto dell'allevamento attraverso la messa a fuoco di diversi parametri biologici ed ecologici delle specie allevate. Tali osservazioni sono state condotte, in massima parte, a livello di popolazione piuttosto che con esperimenti su piccola scala, proprio per poter avere una valenza più ampia.

Alla luce del lavoro pregresso e di quello eseguito nel III anno di attività, si possono pertanto definire diversi parametri biologici-ecologici e operazionali che contribuiscono in maniera sostanziale alla messa a punto dell'allevamento delle due specie considerate nel progetto.

Sulla mosca soldato nera sono stati eseguiti test per la valutazione di diversi aspetti del ciclo di allevamento e della trasformazione:

- Valutazione della quantità di uova/femmina.
- Valutazione della fertilità delle uova
- Valutazione della durata della fase larvale ai fini della produzione
- Prova di alimentazione sulle larve
- Valutazione degli effetti del frass sulla germinazione di semi di specie ortive
- Previsione dell'andamento della produzione in un piccolo impianto di allevamento di *H. illucens*

La difficoltà di allevamento di *Tenebrio* sul substrato fornito dal Capofila del progetto ha determinato la scelta di procedere a valutazioni più generali sullo sviluppo di *Tenebrio* allevato su substrato standard, ovvero sulla crusca. Anche su *Tenebrio molitor* sono stati eseguiti test per la valutazione di diversi aspetti del ciclo di allevamento e della trasformazione:

- Relazione densità larve/peso larve
- Andamento dell'impupamento all'interno delle vasche di allevamento
- Test di alimentazione su *Tenebrio*
- Prove di alimentazione e valutazione dei consumi di alimento
- Valutazione dell'andamento del processo di essiccazione
- Previsione dell'andamento della produzione in un piccolo impianto di allevamento di *T. molitor*

La collaborazione fornita da USL Nordovest di Pisa e da IZS Lazio e Toscana ha permesso di indagare gli aspetti di inquadramento normativo in tema di igiene della produzione di mangimi e di sanità dei prodotti dell'allevamento di insetti.

In particolare, il contenuto della prestazione a carico dell'Azienda USL ha compreso:

- analisi iniziale della legislazione vigente; analisi delle procedure proposte per l'attività nell'impianto pilota;
- definizione degli aspetti igienico-sanitari delle procedure da adottare;
- stesura di linee guida sugli aspetti igienico-sanitari dell'attività innovativa.

La prestazione a carico dell'IZS Lazio e Toscana verte su:

- valutazione del rischio di tipo microbiologico, chimico e fisico sul substrato di crescita;
- valutazione del rischio di tipo microbiologico, chimico e fisico sul prodotto finito;
- valutazione del rischio di tipo microbiologico, chimico e fisico sugli scarti della lavorazione;
- stesura di linee guida.

Conclusioni

L'attività svolta da CiRAA nella WP 4 del progetto FEEDS ha consentito la messa a punto di diversi parametri utili per la definizione della tecnica di allevamento di *H. illucens* e di *T. molitor* su una scala superiore a quella di laboratorio, potenzialmente rappresentativa di un impianto presente in un'azienda agricola. La collaborazione con USL e IZS ha portato alla stesura di linee guida da divulgare tra gli operatori interessati.

Le acquisizioni principali sono state le seguenti:

- la messa a punto di tecniche di allevamento efficienti in relazione alla dimensione dell'impianto;
- la messa a punto di test per la valutazione dei potenziali substrati di allevamento;

- la formulazione di una prima previsione della produzione potenziale dell'impianto sulla base dei parametri raccolti nel progetto.

- **WP7 Animazione tra i partner, divulgazione RRN e EIP Agri e networking**

Attività prevista nel WP7

Con incontri di persona o via web si aggiornano tutti i partner sull'andamento delle singole attività e si raccolgono idee, suggerimenti e critiche per migliorare di continuo il PS. Si attiva la divulgazione sui siti di RRN e di EIP Agri al fine di condividere in rete le esperienze del GO e di contattare altri GO operanti sulla stessa tematica, con i quali verrà creato un networking utile per proseguire l'attività anche in altri ambiti.

Attività svolta nel WP7

Il CiRAA ha provveduto al trasferimento di conoscenze organizzando vari incontri di progetto, utilizzando sia modalità in presenza (fino a quando possibile) sia modalità da remoto; di alcuni di questi, in data 21.09.2018, 23 ottobre 2019, 31 marzo 2021 e 08 luglio 2021, si sono registrati i verbali e le presenze.

Il kick-off meeting del progetto FEEDS si è svolto presso l'Aula Benvenuti del CiRAA, il giorno 23 ottobre 2019. A seguito del kick-off meeting, la notizia del PS-GO FEEDS ha avuto risalto nella stampa e sul web, sia su media locali che a diffusione nazionale. Ciò ha prodotto la richiesta di interviste e di partecipazione a trasmissioni radiofoniche e televisive.

Il progetto è stato presentato a Firenze, presso il Palazzo dei Congressi, in occasione della "Settimana dell'Innovazione nello Sviluppo Rurale: evento annuale del PSR FEASR 2014-2020 della Regione Toscana" (Firenze, 26-29 marzo 2019).

Il 27 maggio 2019 il progetto FEEDS è stato presentato in occasione di una iniziativa organizzata dall'Università di Pisa nell'ambito del "Festival dello Sviluppo Sostenibile".

Il 3 dicembre 2019 i partner scientifici del PS-GO FEEDS hanno partecipato al Meeting IPIFF a Bruxelles, presentando un poster dal titolo "From agricultural by-products to insect meal: an insect mass rearing plant inside an Italian farm" in cui veniva descritto il programma e l'attività del progetto.

In data 26 gennaio 2020, il progetto FEEDS è stato presentato all'interno del kick-off meeting di un progetto ordinario dell'IZS di Lazio e Toscana, tenutosi a Viterbo, presso la sede dell'ente. Il progetto dell'IZS è finanziato dal Ministero della Salute e verte su un tema analogo. In tale occasione, in accordo allo spirito dei GO, è stato stabilito un rapporto di collaborazione e di reciproco scambio di informazioni tra i partecipanti ai due progetti.

Nel 2021 il PS-GO FEEDS ha partecipato al progetto **2.1 Eccellenze Rurali della Rete Rurale Nazionale**. Nel mese di agosto, il Centro Politiche e Bioeconomia di CREA ha informato della conclusione della fase di analisi e valutazione delle segnalazioni ricevute, e ha comunicato che **l'esperienza di FEEDS rappresenta un caso di eccellenza nel campo del riuso/riciclo/rigenerazione degli scarti e rifiuti agro-alimentari e forestali**.

Nel mese di febbraio 2022 l'attività di progetto è stata oggetto di un servizio giornalistico, con interviste al personale coinvolto, visita all'impianto e servizio fotografico. L'articolo risultante è stato pubblicato su una rivista bimestrale pisana, "Seconda cronaca".

Nello sviluppo del progetto, CiRAA è entrato in contatto con molti soggetti interessati all'argomento. Rivestono particolare importanza i contatti stabiliti con UNAITALIA - **Unione Nazionale Filiere Agroalimentari delle Carni e delle Uova**, con il Gruppo FILENI, con il Settore Attività Internazionali e

Politiche ed Iniziative regionali per l'Attrazione Investimenti della Regione Toscana, con Agenzia ICE, con INVITALIA, con LegaCoop Agroalimentare, con FAO Italia.

Conclusioni

L'attività svolta da CiRAA nella WP 7 del progetto FEEDS ha prodotto una vasta diffusione della realtà progettuale, consentendo di venire in contatto con diversi soggetti appartenenti a vari settori del comparto agroalimentare, con Enti pubblici e privati nazionali e territoriali, con Organizzazioni interessate a vario titolo alla bioeconomia e all'economia circolare.

Di tutti questi contatti, e delle diverse attività svolte da CiRAA nella diffusione delle tematiche e delle attività di progetto, è sempre stata fatta relazione ai partner FEEDS, da cui sono pervenuti importanti contributi.

Il materiale informativo, divulgativo, didattico e tecnico-scientifico prodotto è stato caricato sul sito web del GO all'indirizzo <https://www.feedsproject.com>.

Dati economici

La sintesi economica delle spese sostenute dal Partner scientifico CiRAA – Unipi è riportata sotto.

WP 4

<u>VOCI DI SPESA (€)</u>		<u>ASSEGNATO</u>	<u>SPESO</u>	<u>SCOSTAMENTI</u>
Spese Generali				
Investimenti immateriali		7.578,00	7.578,00	0
Personale	Personale dipendente	31.209,30	46.800,99	- 15.591,69
	Personale non dipendente	26.400,00	13.200,00	13.200,00
Missioni e trasferte		3.000,00	0	3.000,00
Beni di consumo e noleggi		4.027,69	4636,00	- 608,31
Prototipi di macchinari e attrezzature (in toto)				
Macchinari e attrezzature, software/hardware (solo ammortamento)				
<u>TOTALE</u>		72.214,99	72.214,99	0

WP 7

<u>VOCI DI SPESA (€)</u>		<u>ASSEGNATO</u>	<u>SPESO</u>	<u>SCOSTAMENTI</u>
Spese Generali				
Investimenti immateriali				
Personale	Personale dipendente	7.115,90	10.143,15	- 3.027,25
	Personale non dipendente			

Missioni e trasferte	3.458,79	431.54	3.027,25
Beni di consumo e noleggi			
Prototipi di macchinari e attrezzature (in toto)			
Macchinari e attrezzature, software/hardware (solo ammortamento)			
TOTALE	10.574,69	10.574,69	0

Nella realizzazione del PS-GO FEEDS, il DAGRI - Università degli Studi di Firenze era partner attuatore di un Work Package:

- **WP5 Aspetti produttivi e mangimistici**

Attività prevista nel WP5

Ottimizzazione della quantità/qualità del prodotto (farine):

- trasformazione del prodotto in farina proteica per usi mangimistici

Ottimizzazione della quantità/qualità del prodotto (farine):

- la valutazione del prodotto (larve/pupe) viene effettuato determinando parametri quali dimensioni/peso nel tempo e in relazione alle caratteristiche della composizione dei substrati

Ottimizzazione della quantità/qualità del prodotto (farine):

- migliori modalità di conservazione delle farine

Valutazione delle farine di insetto nell'alimentazione di pesci e polli:

- le farine prodotte e i loro derivati (es. farine disoleate, oli) vengono sottoposte ad analisi bromatologiche e microbiologiche per ottimizzarne l'utilizzo in campo mangimistico

Valutazione delle farine di insetto nell'alimentazione di pesci e polli:

- le farine sono utilizzate in prove di alimentazione in aziende ittiche con preferenza per aziende situate entro 70 km dal luogo di produzione

Valutazione delle farine di insetto nell'alimentazione di pesci e polli:

- le farine sono utilizzate in prove di alimentazione sui polli

Valutazione delle farine di insetto nell'alimentazione di pesci e polli:

- verranno valutati gli accrescimenti, i consumi di sostanza secca e saranno calcolati gli indici di conversione per stabilire l'efficienza alimentare in prove di alimentazione sui polli

Attività svolta nel WP5

Le attività previste nell'Azione 5.1 sono iniziate a giugno 2020 a causa delle restrizioni imposte dai protocolli Anticovid; tuttavia, per la mancata disponibilità delle farine prodotte è stato definito un diverso indirizzo delle attività, spostando le analisi dalle farine alle larve, e dedicandosi a risolvere alcune criticità presentate dall'allevamento di 2 specie di insetti *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens*.

Prova con *T. molitor*: valutazione dello sviluppo della specie allevata su un substrato di scarto prodotto dalla Cooperativa L'Unitaria. Substrati testati n. 6, n. 100 larve per substrato (n. 6 repliche). Indagini sulla mortalità, peso medio e incremento ponderale, contenuto lipidico e profilo degli acidi grassi. Inoltre, è stato valutato

l'effetto della dieta sul processo di oogenesi di n. 42 femmine di *T. molitor*, determinando il numero medio di ovarioli, il loro stadio di sviluppo, la fase di vitellogenesi delle uova, il numero medio e le dimensioni delle uova. La prova è stata oggetto di n. 1 tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie presso l'Università di Firenze, discussa ad aprile 2021; n. 2 tesi di laurea triennale in Tecnologie alimentari, una discussa ad aprile e una a settembre 2021.

Prova con *Hermetia illucens*: è stata condotta una prova di crescita di *Hermetia illucens*, con particolare riferimento all'effetto di due substrati di crescita: completamente vegetale vs mangime commerciale per polli da carne (ciascuno dei quali avente 9 repliche contenenti 10 kg substrato e n. 6000 larve). Valutazione della composizione in sostanza secca, proteine grezze, ceneri, lipidi totali e profilo in acidi grassi dei substrati (in totale: $9 \times 2 = 18$) e delle larve (in totale: $9 \times 2 = 18$ in doppio).

Le attività previste sono iniziate con ritardo a causa delle restrizioni imposte dai protocolli Anticovid; pertanto, non è stato possibile effettuare una prova di conservazione delle farine. È stato però condotto un questionario finalizzato a valutare la propensione dei genitori a introdurre nella mensa scolastica della/del propria/o figlia/o di pane contenente farina di insetto tra gli ingredienti. Sono state contestualmente raccolte altre informazioni circa la tendenza della/del figlia/o ad essere più o meno selettiva/o nei confronti dei cibi (in inglese food fussiness), sulle abitudini alimentari della famiglia, e il grado di neofobia dell'intervistato. Il questionario è stato oggetto di n. 1 tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Alimentari presso l'Università di Firenze discussa a febbraio 2022.

La composizione chimica delle larve di *Hermetia* è stata valutata al fine di bilanciare la dieta per i polli da carne. Le analisi hanno evidenziato un elevato contenuto in grasso, che ha reso difficile il bilanciamento della formulazione. Il profilo in acidi grassi della farina di insetti ha evidenziato un contenuto elevato di C12:0 (59,65%), C14:0 (15,23%) e C16:0 (10,31%). Considerando gli effetti prodotti dall'emergenza COVID sul cronoprogramma iniziale, è stato ritenuto opportuno evitare di effettuare le analisi microbiologiche, considerando che i rischi per la sicurezza alimentare possono essere maggiori quando gli insetti vengono raccolti dall'ambiente naturale e consumati crudi. L'allevamento di insetti in condizioni igieniche controllate e l'attuazione di tecniche di lavorazione adeguate sotto il profilo igienico-sanitario riducono fortemente il rischio di contaminazione microbiologica (FAO, 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>).

La valutazione del possibile impiego della farina di larva di *Hermetia illucens* per l'alimentazione della trota iridea è stata condotta presso la Fondazione Edmund Mach di San Michele all'Adige (Trento), approfittando del contemporaneo svolgimento di un'altra prova di alimentazione, che ha permesso così l'ottimizzazione dei tempi della prova, il contenimento del numero di esemplari da sacrificare (perseguendo il Principio della Riduzione, nel rispetto delle normative) e la contrazione dei costi della prova. Numerosità: n. 2 diete (controllo vegetale, inclusione farina di insetto), 90 trote per vasca, n=3 repliche per dieta, 270 trote per dieta, 27 settimane di allevamento. Analisi biometriche, calcolo degli indici merceologici, analisi fisiche (colore, pH, capacità di ritenzione idrica, texture) e chimiche (contenuto in sostanza secca, ceneri, proteine grezze, lipidi totali, profilo in acidi grassi e stato ossidativo) su n. 9 animali/dieta. Le analisi fisiche sono state svolte in triplicato e quelle chimiche in doppio.

La prova condotta sul pollo ha evidenziato l'opportunità di testare la farina di insetti nell'alimentazione di un'altra specie avicola: la quaglia. La valutazione del possibile impiego di farina larve di *Tenebrio molitor* per l'alimentazione delle quaglie, da carne e ovaiole, è stata effettuata considerando n. 4 livelli di inclusione crescenti di farina di insetto e individuando la miglior formulazione in termini di qualità della carne e delle uova. È stato possibile realizzare queste prove grazie alla collaborazione dell'Università Federico II di Napoli e dell'Università di Sassari, che ha consentito di ottimizzare i tempi della prova e di contrarre i costi della stessa, non dovendo affrontare UNIFI i tempi lunghi e i costi necessari per ottenere l'autorizzazione ministeriale per la conduzione della prova sperimentale.

Prova quaglia da carne: n. 192 quaglie, n. 4 diete (6 repliche). Alimentazione per 35 giorni, poi n. 24 animali per dieta (totale n. 96) sono stati analizzati per caratterizzare la qualità della carne cruda e cotta. Analisi condotte: peso della carcassa, incidenza coscia e petto, analisi fisiche (colore, pH, capacità di ritenzione idrica, texture) e chimiche (contenuto in sostanza secca, ceneri, proteine grezze, lipidi totali, profilo in acidi grassi e stato ossidativo) su carni crude e cotte di n. 24 animali/dieta. In totale: n. 192 campioni analizzati. Le analisi fisiche sono state svolte in triplicato. La prova è stata oggetto di n. 1 tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Alimentari presso l'Università di Firenze, discussa a febbraio 2021.

Prova quaglia ovaia: n. 192 quaglie, n. 4 diete (6 repliche per dieta). Alimentazione per 8 settimane. Sono state raccolte circa 380 uova, di tutte sono stati analizzati: peso, circonferenza e spessore del guscio. Metà delle uova sono state poi analizzate crude (peso dei componenti e incidenza relativa, colore del tuorlo, pH del tuorlo e dell'albume, composizione chimica, acidi grassi e stato ossidativo; calcolo degli indici di attività elongasica e desaturasica) e l'altra metà cotte (stesse analisi delle uova crude). Le analisi fisiche sono state svolte in triplicato. La prova è stata oggetto di n. 1 tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Alimentari presso l'Università di Firenze, discussa ad aprile 2022.

La prova di alimentazione su n. 100 broiler ROSS 308/Aviagen durante 5 settimane di allevamento si è svolta presso gli Allevamenti Sperimentali dell'Università di Firenze, come da azione prevista. Sono state formulate n. 4 diete, a livelli crescenti di *H. illucens* che ha sostituito lo 0, il 15, il 50 e il 100% di farina di soia. I risultati hanno indicato che la farina di *Hermetia* non deprivata di olio è risultata essere una fonte proteica alternativa alla farina di estrazione di soia nell'alimentazione del broiler solo se utilizzata al 15%.

Valutazione delle farine di insetto nell'alimentazione di pesci e polli

a) Prova di alimentazione di trota iridea

In Tabella 20 si riporta il profilo in acidi grassi dei mangimi utilizzati per alimentare la trota iridea. Come atteso, il mangime H60 si è caratterizzato per la presenza marcata di acido laurico (C12:0), ma complessivamente il profilo è risultato ben bilanciato.

Tabella 20. Profilo in acidi grassi (g/100 g di acidi grassi totali) dei mangimi utilizzati per l'alimentazione di trota iridea.

	CV	H60
C12:0	0.07	2.05
C14:0	1.72	1.70
C16:0	11.61	11.89
C18:0	3.50	3.55
C18:1n-9	34.02	34.05
C18:2n-6, LNA	17.27	17.39
C18:3n-3, ALA	18.97	18.65
C20:5n-3, EPA	3.08	2.92
C22:6n-3, DHA	1.57	1.52
ΣSFA	17.79	18.18

Σ MUFA	39.06	39.18
Σ PUFAn-6	17.62	17.77
Σ PUFAn-3	24.55	23.96

CV: dieta con fonti proteiche vegetali; H60: dieta contenente farina sgrassata di *Hermetia illucens*.

LNA: acid linoleico; ALA: acid α -linolenico; EPA: acido eicosapentaenoico; DHA: acido docosaesaenoico; SFA: acidi grassi saturi; MUFA: acidi grassi monoinsaturi; PUFA: acidi grassi polinsaturi.

I risultati dei rilievi biometrici e delle caratteristiche fisiche dei filetti non hanno evidenziato differenze di rilievo tra i due gruppi di animali, quelli alimentati con una dieta convenzionale a base di proteine vegetali e quella in cui la farina dell'insetto *H. illucens* ha sostituito una quota rilevante (60%) della frazione proteica (Tabella 21).

Tabella 21. Caratteristiche biometriche e analisi fisiche condotte su trota iridea alimentata con le due diete sperimentali.

	CV	H60	P-value
Peso totale, g	417.80	479.58	NS
Lunghezza totale, cm	30.59	32.38	NS
Lunghezza standard, cm	27.67	29.28	NS
Peso fegato, g	4.64	5.40	NS
K	1.46	1.41	NS
HSI, %	1.13	1.12	NS
VSI, %	10.18	9.39	NS
FY, %	49.84	50.39	NS
pH	7.03	7.00	NS
Durezza, N	23.47	22.84	NS
Colore			
luminosità, L^*	46.95	48.17	NS
indice del rosso, a^*	1.80	1.95	NS
indice del giallo, b^*	3.06	3.51	NS

NS: differenza non significativa.

K: fattore di condizione; HSI: indice epatosomatico; VSI: indice viscerosomatico; FY: resa in filetti.

Anche per quanto riguarda le analisi chimiche (Tabella 22), il profilo in acidi grassi (Tabella 23) e lo stato ossidativo (Tabella 24) dei filetti è possibile notare solo un incremento, peraltro atteso, del tenore in acido laurico nel muscolo delle trote alimentate con la farina di *H. illucens*, senza altre sostanziali differenze nel profilo degli acidi grassi.

Tabella 22. Analisi chimiche (g/100 g filetto) condotte su trota iridea alimentata con le due diete sperimentali.

	CV	H60	p-value
Umidità	71,54	72,70	NS
Proteine grezze	19,34	18,92	NS
Lipidi totali	6,68	6,71	NS
Ceneri	1,26	1,19	NS

Tabella 23. Profilo in acidi grassi (g/100 g di acidi grassi totali) dei filetti di trota iridea alimentata con le due diete sperimentali.

	CV	H60	P value
C12:0	0,06	1,22	***
C14:0	1,52	1,58	NS
C16:0	13,16	12,77	NS
C16:1n-7	2,37	1,93	NS
C18:0	3,76	3,78	NS
C18:1n-9	30,97	30,46	NS
C18:1n-7	2,14	1,93	NS
C18:2n-6	15,16	15,92	NS
C18:3n-3	10,19	10,99	NS
C18:4n-3	1,32	1,33	NS
C20:1n-9	1,14	1,03	NS
C20:5n-3	2,88	2,50	NS
C22:5n-3	0,73	0,61	NS
C22:6n-3	8,57	8,18	NS
ΣSFA	19,56	20,25	NS
$\Sigma MUFA$	37,39	36,04	NS
$\Sigma PUFAn-6$	17,13	17,10	NS
$\Sigma PUFAn-3$	25,10	24,99	NS

SFA: acidi grassi saturi; MUFA: acidi grassi monoinsaturi; PUFA: acidi grassi polinsaturi. I seguenti acidi grassi (riscontrati a un livello inferiore all'1% del totale degli esteri metilici degli acidi grassi) sono stati utilizzati per il calcolo delle classi degli acidi grassi ma non sono stati elencati in tabella: C13:0, C14:1n-5, C15:0, C16:1n-9, C16:2n-4, C17:0, C16:3n-4, C17:1, C16:4n-1, C18:2n-4, C18:3n-6, C18:3n-4, C18:4n-1, C20:0, C20:1n-11, C20:1n-7, C20:2n-6, C20:3n-6, C20:4n-6, C20:3n-3, C20:4n-3, C22:0, C22:1n-11, C22:1n-9, C22:2n-6, C21:5n-3, C22:4n-6, C22:5n-6, C24:0.

NS: non significativo; *** $p < 0,001$.

Tabella 24. Stato di ossidazione, espresso in mmol di idroperossidi/100 g dei dieni coniugati (DC) e mg MDA eq./kg dei TBARS, dei filetti di trota iridea.

	CV	H60	P-value
<i>Filetti freschi</i>			
Dieni coniugati	0,13	0,13	NS
TBARS	0,04	0,04	NS

NS: non significativo ($p < 0,05$).

b) Prova di alimentazione con *H. illucens* su pollo da carne

Le migliori performance produttive si sono riscontrate nel gruppo **H15**:

1) L'incremento di peso del gruppo **H15** è risultato più elevato rispetto a **CON**.

Incremento di peso (p-value = 0.05)

Dieta	media	sem
CON	1,95	0,06
H 15	2,13	

sem, standard error mean.

2) L'ingestione alimentare del gruppo **H15** è risultata più elevata rispetto a **CON**.

Ingestione alimentare (p-value < 0.0001)

Dieta	media	sem
CON	0,90	0,02
H 15	1,10	

sem, standard error mean.

3) L'indice di conversione alimentare del gruppo **H15** è risultato uguale a quello relativo al gruppo **CON**.

Indice di conversione (p-value < 0.0676)

Dieta	media	sem
CON	2,15	0,07
H 15	1,97	

sem, standard error mean.

Per quanto riguarda le tesi **H100** e **H50**, sia gli accrescimenti degli animali che gli indici di conversione sono stati nettamente inferiori. I risultati di questa prova hanno indicato che la farina di *Hermetia* non deprivata di olio è risultata essere una fonte proteica alternativa alla farina di estrazione di soia nell'alimentazione del broiler solo se utilizzata al 15%. La presenza di un elevato contenuto in grasso ha reso difficile il bilanciamento della formulazione. Il profilo in acidi grassi, inoltre, dal punto di vista nutrizionale non è salubre poiché il trasferimento alle carni di un elevato contenuto di acido laurico non è auspicabile poiché trombogenico ed aterogenico. Si suggerisce, pertanto, l'estrazione della componente lipidica della farina di *Hermetia* che la renderà nutrizionalmente migliore e permetterà un suo uso più versatile nell'alimentazione del broiler.

c) Prova di alimentazione con *T. molitor* su quaglia da carne

Nella Tabella 25 sono state riassunte le principali caratteristiche qualitative della carcassa e le caratteristiche fisiche della carne cruda di quaglia alimentata con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* (TM, n=24).

Tabella 25. Caratteristiche qualitative della carcassa e caratteristiche fisiche della carne cruda di quaglia alimentata con TM a diverse percentuali di inclusione.

	Diete sperimentali				RMSE	Contrast p-value	
	C	T5	T10	T20		lineare	quadratico
Peso della carcassa, g	183,93	183,1	177,95	164,16	12,95	0,0129	0,4236
Resa alla macellazione, % PV	74,42	72,34	74,73	71,48	6,52	0,0987	0,3215
Peso della carcassa pulita, g	156,71	150,86	152,26	146,69	14,519	0,032	0,9623
Peso del petto sinistro, g	52,39	51,22	45,46	47,55	10,137	0,0296	0,4333
Resa in petto, %	29,44	29,78	26,01	28,39	4,794	0,114	0,2988
pH petto	5,73	5,77	5,72	5,76	0,128	0,7651	0,9588
pH coscia	6,33	6,34	6,31	6,35	0,197	0,919	0,6417
WBSF, N	61,04	61,5	56,93	50,02	9,639	<,0001	0,0644
WHC, %	97,03	96,41	96,5	96,01	1,605	0,0426	0,8433
Colore petto							
<i>L*</i>	48,648	48,465	48,665	48,131	1,956	0,4471	0,661
<i>a*</i>	9,212	8,692	9,760	9,565	1,626	0,1521	0,6257
<i>b*</i>	3,657	3,151	3,963	4,020	1,004	0,0391	0,1727
colore coscia							
<i>L*</i>	48,857	48,551	48,395	48,433	2,114	0,4571	0,6909
<i>a*</i>	9,024	9,228	9,136	9,680	1,418	0,1475	0,5577
<i>b*</i>	1,858	1,942	1,946	2,634	1,067	0,0178	0,1687
calo cottura, %	26,83	27,16	26,8	27,26	3,17	0,7497	0,9182

Abbreviazioni: C=controllo; T5=5% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; T10=10% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; T20=20% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; RMSE= radice dell'errore quadratico medio; WBSF=forza di taglio Warner-Bratzler; WHC=capacità di ritenzione idrica.

Il peso della carcassa pulita e del petto sinistro è diminuito linearmente ($P<0,05$) all'aumentare della percentuale di inclusione. Non sono state osservate differenze significative per i valori di pH (sia per il petto che per la coscia) tra i gruppi alimentati con le diverse diete sperimentali ($P>0,05$). Al contrario, il WBSF del petto di quaglia è diminuito linearmente ($P<0,0001$). In particolare, il petto crudo del trattamento T20 è risultato il più tenero. Nessun effetto della dieta è stato riscontrato sugli indici della luminosità (L^*) e del rosso (a^*) del petto e della coscia; tuttavia, un aumento lineare ($P<0,05$) dei valori b^* sia dei petti che delle cosce è stato rilevato nei gruppi T10 e T20. L'inclusione di TM nella dieta non ha influenzato la perdita di cottura. Né il contenuto di umidità né i lipidi totali della carne cruda sono stati significativamente influenzati dal trattamento alimentare ($P<0,05$).

Come evidente da quanto riportato in Tabella 26, l'inclusione di *Tenebrio molitor* nella dieta delle quaglie non ha influenzato il profilo complessivo degli acidi grassi, caratterizzato in modo evidente da C18:2n-6, C18:1n-9 e C16:0. Tuttavia, ha parzialmente influenzato lo stato ossidativo della carne cruda del petto. Nello specifico, i dieni coniugati non sono stati significativamente influenzati dalla dieta mentre i valori dei TBARS sono stati significativamente maggiori nella carne delle quaglie del gruppo T10 (0,053 mg MDA-eq./100 g carne), mentre il gruppo T20 è risultato scarsamente sottoposto alla degradazione dei lipidi, avendo 0,033 mg di MDA-eq./100 g di carne. I gruppi C (Controllo) e T5 hanno presentato una quantità di TBARS intermedia (rispettivamente 0,045 e 0,040 mg MDA-eq./100 g di carne).

Tabella 26. Profilo degli acidi grassi (g/100 g di FAME) e rapporto n-6/n-3 della carne cruda di quaglie alimentate con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* (n=24).

	Diete sperimentali				RMSE	Contrast <i>p-value</i>	
	C	T5	T10	T20		lineare	quadratico
Acidi grassi totali	6,58	5,32	6,81	5,83	1.483	0,6896	0,7515
C12:0	0,03	0,03	0,03	0,02	0,018	0,7674	0,6415
C14:0	0,41	0,42	0,42	0,4	0,059	0,7828	0,4131
C14:1n-5	0,08	0,08	0,09	0,07	0,017	0,631	0,1044
C15:0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,008	0,3902	0,6577
C16:0	17,88	18,01	18,06	17,51	0,838	0,3292	0,1611
C16:1n-9	0,26	0,24	0,27	0,28	0,039	0,0784	0,2154
C16:1n-7	4,87	4,95	5,15	4,66	0,895	0,719	0,2838
C17:0	0,09	0,09	0,09	0,11	0,019	0,125	0,1822
C18:0	5,83	5,62	5,4	5,43	0,717	0,1307	0,5828
C18:1n-9	30,77	31,55	31,91	31,63	1,924	0,243	0,3457
C18:1n-7	1,25	1,22	1,28	1,24	0,134	0,8481	0,9087
C18:2n-6	33,52	33,36	32,84	34,26	2,271	0,5666	0,2363
C18:3n-6	0,13	0,1	0,12	0,12	0,025	0,78	0,1139
C18:3n-3	0,9	0,84	0,9	0,93	0,099	0,2844	0,1777
C20:0	0,1	0,1	0,09	0,1	0,027	0,4657	0,4047
C20:1n-11	0,08	0,09	0,08	0,08	0,008	0,3702	0,0072
C20:1n-9	0,19	0,19	0,17	0,19	0,029	0,655	0,354
C20:2n-6	0,11	0,1	0,09	0,1	0,032	0,3708	0,1384
C20:3n-6	0,18	0,15	0,16	0,15	0,037	0,1267	0,432
C20:4n-6	2,39	2,03	2,04	1,95	0,51	0,0498	0,3539
C20:5n-3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,007	0,0403	0,166
C22:0	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,0028	0,3451
C22:1n-9	0,02	0,03	0,02	0,02	0,008	0,6814	0,5494
C22:4n-6	0,22	0,18	0,17	0,17	0,062	0,0446	0,4123
C22:5n-6	0,18	0,15	0,15	0,14	0,055	0,0986	0,6083
C22:5n-3	0,12	0,1	0,1	0,09	0,035	0,0408	0,2816
C22:6n-3	0,31	0,28	0,27	0,27	0,072	0,1754	0,485
Σ SFA	24,41	24,35	24,18	23,65	1,205	0,1213	0,5133
Σ MUFA	37,53	38,35	38,96	38,16	2,683	0,4723	0,3027
Σ n-6 PUFA	36,73	36,06	35,59	36,88	2,579	0,9945	0,1939
Σ n-3 PUFA	1,33	1,24	1,28	1,3	0,122	0,8497	0,1232
n-6/n-3	27,82	29,21	27,9	28,42	2,004	0,8476	0,4525

Abbreviazioni: C=controllo; T5=5% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; T10=10% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; T20=20% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; FAME=esteri metilici degli acidi grassi; RMSE=radice dell'errore quadratico medio; SFA=acidi grassi saturi; MUFA=acidi grassi monoinsaturi; PUFA=acidi grassi polinsaturi.

L'effetto della dieta con livelli di inclusione gradualmente crescenti di *Tenebrio molitor* sulle caratteristiche della carne cotta è illustrato nelle Tabelle 27, 28, 29 e 30.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, è possibile affermare che la cottura ha alterato il colore della carne (Tabella 27). Nello specifico, è stato osservato un aumento significativo ($P < 0,0001$) degli indici L^* e b^* sia del petto che della coscia, indipendentemente dal trattamento alimentare. Al contrario, i valori dell'indice del rosso e della durezza sono diminuiti significativamente dopo il trattamento termico ($P < 0,0001$).

Tabella 27. Caratteristiche fisiche della carne cotta di quaglia alimentata con TM a diverse percentuali di inclusione.

	Diete sperimentali				RMSE	Contrast <i>p</i> -value	
	C	T5	T10	T20		lineare	quadratico
Petto							
<i>L</i> *	65.891	65.278	64.859	66.209	3.912	0,8808	0,2224
<i>a</i> *	7.390	7.306	7.199	7.433	0,956	0,9819	0,4185
<i>b</i> *	15.859	16.434	15.575	16.164	1.979	0,9753	0,9854
Coscia							
<i>L</i> *	7.316	7.661	7.368	7.558	4.109	0,6845	0,3951
<i>a</i> *	14.955	15.820	15.486	15.850	1.222	0,6979	0,7572
<i>b</i> *	14.955	15.820	15.486	15.850	2.154	0,2312	0,5707
WBSF, N	61,93	56,45	58,11	54	16.449	0,1409	0,8374

Abbreviazioni: C=controllo; T5=5% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; T10=10% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; T20=20% di sostituzione con *Tenebrio molitor*; RMSE = radice dell'errore quadratico medio; WBSF=forza di taglio Warner-Bratzler.

Inoltre, come si può notare in Tabella 28, il contenuto lipidico totale è risultato inalterato ($P>0,05$), mentre sono emerse solo poche differenze per il profilo acido. Nello specifico, è stato riscontrato un effetto significativo ($P<0,05$) per C18:3n-3, C20:2n-6, C22:2n-6, C22:4n-6 e C22:5n-3 e la quantità complessiva di PUFA n-3, con un contenuto più alto di questi acidi grassi nel gruppo T10. Infine, lo stato ossidativo della carne di quaglia cotta non è stato influenzato dalla dieta ($P<0,05$), essendo il contenuto di CD e TBARS rispettivamente pari a 0,234 mmol Hp/100 g carne e 0,261 mg MD Aeq./100 g di carne. È quindi interessante notare che la carne di quaglia alimentata con le diete sperimentali è diversamente suscettibile al processo di cottura, come rivelato dall'ampio effetto esercitato dal trattamento termico sul profilo acido dei gruppi TM10 e TM20.

La Tabella 29 riassume l'effetto del trattamento termico sul colore e sulla forza di taglio Warner-Bratzler sul petto e sulla coscia di quaglie alimentate con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* (n=24).

Infine, nella Tabella 30, vengono invece riportati, per confronto, i valori che rappresentano i lipidi totali (g/100 g di carne), gli acidi grassi totali (g/100 g di carne) e il profilo degli acidi grassi (g/100 g di FAME totale) della carne cruda e cotta di quaglie alimentate con diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* (n=24).

Tabella 28. Lipidi totali, acidi grassi totali (g/100 g carne), profilo degli acidi grassi (g/100 g FAME totale) e rapporto n-6/n-3 della carne cruda di quaglie alimentate con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* (n=24).

	Diete sperimentali				RMSE	Contrast p-value	
	C	T5	T10	T20		lineare	quadratico
Lipidi totali	6,14	5,54	7,03	6,38	1.492	0,2584	0,9472
Acidi grassi totali	5,34	4,77	6,51	5,69	1.502	0,1566	0,7735
C12:0	0,03	0,04	0,02	0,03	0,039	0,8883	0,8161
C14:0	0,37	0,41	0,35	0,39	0,1	0,9115	0,9798
C14:1n-5	0,08	0,08	0,07	0,07	0,018	0,388	0,9956
C15:0	0,06	0,05	0,06	0,05	0,009	0,9341	0,3756
C16:0	17,68	18,01	17,56	17,63	0,8	0,5763	0,5685
C16:1n-9	0,25	0,25	0,26	0,28	0,037	0,0754	0,22
C16:1n-7	4,82	4,87	4,47	4,78	0,881	0,6539	0,6188
C17:0	0,1	0,1	0,11	0,11	0,016	0,1544	0,7086
C18:0	7,24	7,28	6,96	6,82	1.203	0,3108	0,7934
C18:1n-9	29,66	29,37	28,34	30,64	2.318	0,5287	0,0599
C18:1n-7	1,36	1,37	1,31	1,38	0,135	0,9731	0,348
C18:2n-6	32,09	31,4	33,72	31,87	1.953	0,5115	0,3093
C18:3n-6	0,12	0,13	0,14	0,13	0,026	0,3642	0,3269
C18:3n-3	0,8	0,77	0,89	0,76	0,074	0,7639	0,0201
C20:0	0,1	0,11	0,11	0,12	0,04	0,5737	0,9896
C20:1n-11	0,08	0,08	0,07	0,08	0,011	0,2082	0,4479
C20:1n-9	0,19	0,19	0,19	0,19	0,015	0,8733	0,958
C20:2n-6	0,14	0,15	0,16	0,11	0,038	0,2552	0,0155
C20:3n-6	0,2	0,23	0,23	0,2	0,055	0,9035	0,0911

Abbreviazioni: C=controllo; T5=5% di sostituzione di *Tenebrio molitor*; T10=10% di sostituzione di *Tenebrio molitor*; T20=20% di sostituzione di *Tenebrio molitor*; RMSE=errore quadratico medio radice.

Tabella 29. Effetto del trattamento termico su colore e forza di taglio di petti e cosce crudi e cotti di quaglie alimentate con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor*.

	Diete sperimentali											
	C			T5			T10			T20		
	Crudo	Cotto	RMSE	Crudo	Cotto	RMSE	Crudo	Cotto	RMSE	Crudo	Cotto	RMSE
Petto												
<i>L*</i>	48,79B	65,89A	3,628	48,73B	65,28A	3,083	48,85B	64,86A	3,228	47,97B	66,21A	2,754
<i>a*</i>	9,17A	7,39B	1,873	8,66A	7,31B	1,079	9,78A	7,20B	1,224	9,51A	7,43B	1,246
<i>b*</i>	3,59B	15,86A	1,749	3,34B	16,43A	1,627	3,93B	15,57A	1,462	3,97B	16,16A	1,599
Coscia												
<i>L*</i>	48,68B	60,27A	3,33	48,31B	60,53A	3,18	48,59B	61,6A	3,14	48,07B	60,42A	3,4
<i>a*</i>	8,99A	7,32B	1,64	9,01A	7,66B	1,34	8,61A	7,37B	1,24	9,55A	7,56B	1,6
<i>b*</i>	1,65B	14,93A	1,62	1,70B	15,82A	1,85	1,61B	15,49A	2,18	2,32B	15,85A	1,75
WBSF	61,04	61,93	15,05	61,5	56,45	15,17	56,93	58,11	12,13	50,02	54	11,14

Abbreviazioni: C=controllo; T5=5% di sostituzione di *Tenebrio molitor*; T10=10% di sostituzione di *Tenebrio molitor*; T20=20% di sostituzione di *Tenebrio molitor*; RMSE=errore quadratico medio radice; WBSF=forza di taglio Warner-Bratzler.

Tabella 30. Effetto del trattamento termico su lipidi totali, acidi grassi totali e profilo acidico di petti e cosce crudi e cotti di quaglie alimentate con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor*.

	C			T5			T10			T20		
	Crudo	Cotto	RMSE	Crudo	Cotto	RMS E	Crudo	Cotto	RMSE	Crudo	Cotto	RMSE
Lipidi totali	8,43A	6,14B	1.450	7,36A	5,54B	1.415	7,94	7,03	1.873	6,93	6,38	1.251
Acidi grassi totali	6,58a	5,34b	1.328	5,32	4,77	1.360	6,81	6,51	1.919	5,83	5,69	1.272
C16:0	17,88	17,68	0,85	18,01	18,01	0,82	18,06	17,56	0,901	17,51	17,63	0,693
C16:1n-7	4,87	4,8	0,836	4,95	4,87	0,77	5,15	4,47	0,927	4,66	4,78	0,997
C18:0	5,83B	7,24A	1.391	5,62B	7,28A	0,84	5,40B	6,96A	0,637	5,43B	6,82A	0,936
C18:1n-9	30,77	29,66	2.421	31,55A	29,37B	1.936	31,91A	28,34B	1.929	31,63	30,64	2.194
C18:1n-7	1,25B	1,36A	0,122	1,22B	1,37A	0,14	1,28	1,3	0,136	1,24B	1,38A	0,139
C18:2n-6	33,52	32,09	1.888	33,36A	31,40B	1.914	32,84	33,72	2.438	34,25A	31,87B	2.184
C20:4n-6	2,39	3,46	1.291	2,03B	3,77A	0,84	2,04B	3,61A	0,707	1,95B	3,21A	0,64
ΣSFA	24,41	25,63	1.594	24,35B	26,06A	1.245	24,18B	25,22A	1.082	23,65B	25,19A	1.191
$\Sigma MUFA$	37,53	36,46	2.972	38,35	36,23	2.485	38,96A	34,73B	2.766	38,16	37,44	3.153
$\Sigma n-6 PUFA$	36,73	36,49	2.175	36,06	36,23	2.221	35,59B	38,45A	2.844	36,88	36,01	2.636
$\Sigma n-3 PUFA$	1,33	1,42	0,195	1,24B	1,48A	0,17	1,28B	1,60A	0,158	1,3	1,37	0,119
n-6/n-3	27,81	26,19	2.876	29,21A	24,93B	2.844	27,90A	24,20B	1.929	28,42A	26,42B	1.598
PUFA/SFA	1,56	1,48	0,129	1,54	1,45	0,13	1,53	1,59	0,154	1,62A	1,49B	0,121

Gli acidi grassi C12:0, C14:0, C14:1n-5, C15:0, C16:1n-9, C17:0, C18:3n-6, C18:3n-3, C20:0, C20:1n-11, C20:1n-9, C20:2n-6, C20:3n-6, C20:5n-3, C22:0, C22:1n-9, C22:4n-6, C22:5n-6, C22:5n-3 e C22:6n-3, risultati presenti a livelli <1%, non sono stati inseriti in tabella ma sono stati utilizzati per calcolare la Σ delle classi lipidiche.

Abbreviazioni: RMSE= radice dell'errore quadratico medio.

a, b: medie con lettere diverse indicano differenze significative ($P < 0.05$) dovute al processo di cottura all'interno del trattamento alimentare.

A, B: medie con lettere diverse indicano differenze significative ($P < 0,001$) dovute al processo di cottura all'interno del trattamento alimentare.

d) Prova di alimentazione con *T. molitor* su quaglie ovaiole

In relazione alle caratteristiche fisiche delle uova crude (Tabella 31), l'incremento del livello della farina di larve di *T. molitor* ha aumentato la circonferenza delle uova ($P<0,01$); tuttavia, le uova del gruppo T5 avevano una circonferenza inferiore rispetto a quelle del gruppo CON (contrasto quadratico, $P<0,01$). Il peso dell'albume ha mostrato una tendenza all'aumento lineare, sia quando espresso come valore assoluto ($P<0,01$) che in percentuale ($P<0,05$), mentre il tuorlo ha avuto un aumento lineare ($P<0,01$) del peso, ma la sua incidenza sull'uovo intero non è variata. Al contrario, il peso del guscio dell'uovo è diminuito linearmente ($P<0,05$) quando espresso come percentuale dell'uovo intero. Sempre guardando alle caratteristiche fisiche, è stato rilevato un contrasto cubico significativo ($P<0,01$) per il valore del pH, comunque conforme al pH dell'albume. Lo studio del colore del tuorlo delle uova fresche non ha rilevato differenze tra i gruppi, in coerenza con l'assenza di evidenti variazioni nello stato ossidativo delle uova (Tabella 32).

Tabella 31. Caratteristiche fisiche ($n = 36$) delle uova crude ottenute dalle quaglie alimentate con la dieta di controllo o con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* dalle 12 alle 20 settimane di età.

Dieta	CON	T5	T10	T20	RMSE	Valori di contrasto P		
						Lineare	Quadratico	Cubico
Circonferenza uovo, cm	8,27	8,20	8,31	8,49	0,27	0,000	0,007	0,539
Spessore guscio, μm	31,77	31,88	28,67	29,52	5,48	0,059	0,752	0,169
Peso albume, g	5,48	5,34	6,05	6,30	0,97	<0,001	0,240	0,078
Albume, %	45,47	45,80	47,64	47,89	5,17	0,02	0,961	0,428
Peso tuorlo, g	4,03	4,01	4,14	4,40	0,44	<0,001	0,071	0,942
Tuorlo, %	33,51	34,68	32,83	33,72	2,69	0,550	0,756	0,001
Peso guscio, g	2,51	2,24	2,45	2,39	0,48	0,681	0,198	0,069
Guscio, %	21,06	19,51	19,52	18,39	4,17	0,015	0,794	0,395
pH albume	8,75	8,84	8,74	8,72	0,23	0,231	0,178	0,164
pH tuorlo	6,49	6,61	6,45	6,59	0,26	0,501	0,755	0,006
L^* tuorlo	50,67	50,71	50,63	49,79	15,17	0,815	0,864	0,955
a^* tuorlo	5,63	4,99	5,63	5,82	1,54	0,293	0,115	0,139
b^* tuorlo	23,15	22,62	23,52	23,64	3,78	0,416	0,610	0,431

Diete in cui il 5, 10 e 20% delle proteine della dieta di controllo (CON) sono stati sostituiti con le proteine della farina sgrassata di larve di *Tenebrio molitor*.

RMSE: errore quadratico medio della radice.

Tabella 32. Caratteristiche chimiche (n = 6 pool) del tuorlo crudo delle uova ottenute dalle quaglie alimentate con la dieta di controllo o con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* dalle 12 alle 20 settimane di età.

Dieta	CON	T5	T10	T20	RMSE	Valori di contrasto P		
						Lineare	Quadratico	Cubico
Umidità, g/100 g tuorlo	49,33	50,01	50,60	49,74	2,86	0,741	0,492	0,835
Lipidi totali, g/100 g tuorlo	26,40	26,10	25,14	26,28	2,01	0,720	0,390	0,457
CD, mmol Hp/kg tuorlo	0,40	0,43	0,36	0,37	0,05	0,087	0,504	0,039
TBARS, mg MDA-eq./kg tuorlo	0,031	0,002	0,003	0,005	0,02	0,281	0,125	0,913

Diete in cui il 5, 10 e 20% delle proteine della dieta di controllo (CON) sono stati sostituiti con le proteine della farina sgrassata di larve di *Tenebrio molitor*.

RMSE: errore quadratico medio della radice.

Il profilo degli acidi grassi dei tuorli delle uova crude è presentato nella Tabella 33. Diversi acidi grassi hanno mostrato un aumento lineare (C14:0, C14:1n-9, C16:1n-7, C18:1n-7, C18:3n-6, C20:0, C20:4n-6, C22:4n-6, C22:5n-6) o una diminuzione lineare (C15:0, C18:2n-6, C18:3n-3) all'aumento della percentuale di *T. molitor* nelle diete. Per C20:2n-6, C20:3n-6, C22:4n-6 e C22:5n-6 è stato rilevato un contrasto quadratico significativo ($P < 0,05$), mentre è stato registrato un effetto cubico significativo per C16:0, C20:3n-6 e C22:1n-9. Tuttavia, non sono stati rilevati effetti significati prodotti dai trattamenti dietetici sugli acidi grassi saturi totali (SFA), sugli acidi grassi monoinsaturi (MUFA) e sugli acidi grassi polinsaturi (PUFA). Un aumento lineare ($P < 0,05$) dell'attività stimata della $\Delta 9$ -desaturasi (C16:0) e della $\Delta 5 + \Delta 6$ -desaturasi sul livello sia di PUFA n-6 che di PUFA n-3 è stato dedotto in relazione all'inclusione di *Tenebrio molitor* nella dieta delle quaglie. È interessante notare che i gruppi alimentati con la dieta contenente la farina di insetti hanno mostrato un livello di MUFA superiore al gruppo di controllo, consolidando l'ipotesi che la farina di *T. molitor* possa influenzare l'espressione genica o le attività di questi enzimi fondamentali.

Tabella 33. Profilo degli acidi grassi (g/100 g di acidi grassi totali) dei tuorli crudi (n = 6 pool) delle uova ottenute dalle quaglie alimentate con la dieta di controllo o con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* dalle 12 alle 20 settimane di età.

Dieta	CON	T5	T10	T20	RMSE	Valori di contrasto P		
						Lineare	Quadratico	Cubico
C12:0	0,06	0,01	0,07	0,01	0,0047	0,793	0,444	0,139
C14:0	0,38	0,39	0,41	0,42	0,025	0,013	0,861	0,906
C14:1n-9	0,05	0,05	0,06	0,06	0,008	0,003	0,555	0,103
C15:0	0,05	0,05	0,04	0,04	0,0045	0,000	0,060	0,533
C16:0	25,73	25,94	26,27	26,06	0,68	0,301	0,481	0,006
C16:1n-9	0,78	0,73	0,67	0,73	0,2059	0,158	0,122	0,623

C16:1n-7	3,20	3,40	3,81	3,64	0,23	0,001	0,075	0,082
C17:0	0,14	0,14	0,13	0,13	0,012	0,142	0,553	0,286
C18:0	8,87	9,23	8,99	8,81	0,23	0,336	0,011	0,136
C18:1n-9	36,65	36,24	36,69	36,56	0,52	0,858	0,527	0,140
C18:1n-7	1,56	1,55	1,69	1,67	0,107	0,026	0,880	0,010
C18:2n-6	18,18	17,81	16,58	17,20	0,87	0,016	0,182	0,105
C18:3n-6	0,28	0,29	0,31	0,30	0,02	0,050	0,226	0,167
C18:3n-3	0,23	0,21	0,19	0,20	0,24	0,037	0,281	0,424
C20:0	0,02	0,03	0,03	0,03	0,004	0,007	0,690	0,074
C20:1n-11	0,04	0,03	0,04	0,04	0,006	0,218	0,390	0,502
C20:1n-9	0,12	0,12	0,12	0,13	0,008	0,224	0,114	0,904
C20:2n-6	0,09	0,08	0,08	0,09	0,067	0,697	0,013	0,452
C20:3n-6	0,15	0,13	0,18	0,16	0,033	0,163	0,911	0,026
C20:4n-6	2,38	2,51	2,60	2,56	0,072	<0,001	0,010	0,538
C20:5n-3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,119	0,143	0,454
C22:0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,005	0,054	0,142	0,602
C22:1n-9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,961	0,932	0,023
C22:4n-6	0,12	0,12	0,12	0,14	0,010	0,005	0,036	0,082
C22:5n-6	0,38	0,36	0,38	0,43	0,034	0,001	0,024	0,616
C22:5n-3	0,07	0,06	0,06	0,07	0,009	0,690	0,311	0,801
C22:6n-3	0,49	0,50	0,46	0,48	0,063	0,733	0,824	0,421
<i>ΣSFA</i>	<i>35,21</i>	<i>35,77</i>	<i>35,88</i>	<i>35,50</i>	<i>0,7669</i>	<i>0,486</i>	<i>0,147</i>	<i>0,988</i>
<i>ΣMUFA</i>	<i>42,42</i>	<i>42,14</i>	<i>43,12</i>	<i>42,84</i>	<i>0,739</i>	<i>0,110</i>	<i>0,998</i>	<i>0,075</i>
<i>ΣPUFAn-6</i>	<i>21,58</i>	<i>21,30</i>	<i>20,26</i>	<i>20,88</i>	<i>0,9137</i>	<i>0,074</i>	<i>0,241</i>	<i>0,161</i>
<i>ΣPUFAn-3</i>	<i>0,782</i>	<i>0,776</i>	<i>0,728</i>	<i>0,759</i>	<i>0,083</i>	<i>0,445</i>	<i>0,606</i>	<i>0,440</i>
Δ9-desaturasi (C16)	11,05	11,58	12,67	12,26	0,67	0,001	0,098	0,107
Δ9-desaturasi (C18)	80,51	79,70	80,31	80,57	0,50	0,391	0,018	0,067
Δ5+Δ6-desaturasi (n-6)	11,96	12,70	13,90	13,39	0,58	<0,001	0,015	0,052
Δ5+Δ6-desaturasi (n-3)	71,00	72,81	73,72	73,67	2,13	0,033	0,295	0,989

Diete in cui il 5, 10 e 20% delle proteine della dieta di controllo (**CON**) sono stati sostituiti con le proteine della farina sgrassata di larve di *Tenebrio molitor*.

SFA: acidi grassi saturi.

MUFA: acidi grassi monoinsaturi.

PUFA: acidi grassi polinsaturi.

RMSE: errore quadratico medio della radice.

Le uova di quaglia sono comunemente consumate bollite; quindi, sono state valutate le caratteristiche fisico-chimiche delle uova sode (Tabella 34). I risultati hanno mostrato che la luminosità (L^*) del tuorlo ha avuto valori più elevati nei gruppi T5 e T10 (contrasto quadratico, $P < 0,01$). L'indice del rosso (a^*) del tuorlo ha mostrato valori più bassi nei gruppi T5 e T20 (contrasto cubico, $P < 0,01$). Gli indici L^* , a^* e b^* dell'albume hanno subito un effetto significativo da parte della dieta (contrasto quadratico, $P < 0,05$). Considerando il contenuto in lipidi totali (Tabella 35), questi tendevano ad aumentare con l'inclusione di *Tenebrio molitor* nelle diete (contrasto cubico, $P < 0,05$), con i valori più alti ottenuti nelle uova delle quaglie dei gruppi T10 e T20.

Tabella 34. Caratteristiche fisiche ($n = 36$) e chimiche ($n = 6$ pool) delle uova, sottoposte a cottura, ottenute dalle quaglie alimentate con la dieta di controllo o con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* dalle 12 alle 20 settimane di età.

Dieta	CON	T5	T10	T20	RMSE	Valori di contrasto P		
						Lineare	Quadratico	Cubico
Tuorlo								
L^*	62,39	65,79	64,79	62,37	6,06	0,823	0,006	0,518
a^*	4,60	3,05	4,85	4,07	2,35	0,916	0,346	0,001
b^*	28,37	27,42	29,56	29,05	5,47	0,332	0,818	0,171
Albume								
L^*	84,05	86,69	85,66	82,22	6,78	0,222	0,011	0,807
a^*	-5,11	-5,76	-5,46	-5,18	1,17	0,916	0,022	0,285
b^*	7,14	9,89	6,82	7,30	2,77	0,237	0,019	<0,001

Diete in cui il 5, 10 e 20% delle proteine della dieta di controllo (**CON**) sono stati sostituiti con le proteine della farina sgrassata di larve di *Tenebrio molitor*.

RMSE: errore quadratico medio della radice.

Il profilo degli acidi grassi delle uova sode è riportato nella Tabella 35. Gli acidi grassi C12:0, C14:1n-9, C18:0 e C18:3n-3 sono diminuiti linearmente all'aumentare della percentuale di inclusione di *Tenebrio molitor* nelle diete, mentre gli acidi grassi C18:1n-9, C18:1n-7, C20:4n-6 e C22:0 hanno mostrato l'andamento opposto. È stato rilevato un contrasto quadratico significativo per gli acidi grassi C22:0 ($P < 0,5$), C22:4n-6 ($P < 0,01$) e C22:5n-6 ($P < 0,05$) e un contrasto cubico significativo ($P < 0,05$) per gli acidi grassi C18:1n-9 e C20:2n-6. I

MUFA totali sono aumentati linearmente ($P < 0,05$) all'aumentare della percentuale di inclusione di *T. molitor* nella dieta.

Dal confronto nutrizionale di uova sode di quaglia, è stato appurato che viene apportata la stessa quantità e qualità di lipidi dalle uova ottenute dalle quaglie alimentate con fonti proteiche convenzionali e dalle quaglie alimentate con diete con inclusione del 1,4 o del 2,8 o del 5,6% (rispettivamente le diete T5, T10, T20) di farina di *T. molitor*.

Tabella 35. Contenuto in lipidi totali (g/100 g uova sode), profilo degli acidi grassi (g/100 g di esteri metilici degli acidi grassi) e prodotti d'ossidazione delle uova (n = 6 pool), sottoposte a cottura, ottenute dalle quaglie alimentate con la dieta di controllo o con le diete sperimentali contenenti livelli di inclusione gradualmente crescenti di farina di larve di *Tenebrio molitor* dalle 12 alle 20 settimane di età.

Dieta	CON	T5	T10	T20	RMSE	Valori di contrasto P		
						Lineare	Quadratico	Cubico
Lipidi totali	10,99	11,59	10,85	12,03	0,67	0,069	0,303	0,015
Acidi grassi								
C12:0	0,01	0,01	0,01	-	0,003	0,007	0,768	0,225
C14:0	0,40	0,40	0,40	0,42	0,031	0,369	0,474	0,788
C14:1n-9	0,06	0,05	0,06	0,06	0,0004	0,253	0,466	0,469
C15:0	0,05	0,04	0,04	0,04	0,005	0,008	0,858	0,856
C16:0	26,26	26,16	26,35	26,28	0,7366	0,857	0,978	0,682
C16:1n-9	0,76	0,76	0,76	0,72	0,1033	0,487	0,567	0,781
C16:1n-7	3,45	3,26	3,93	3,81	0,6001	0,126	0,878	0,150
C17:0	0,14	0,14	0,13	0,12	0,015	0,118	0,269	0,444
C18:0	9,02	9,25	8,80	8,72	0,274	0,012	0,176	0,048
C18:1n-9	36,61	36,23	36,94	37,12	0,580	0,046	0,261	0,140
C18:1n-7	1,58	1,54	1,69	1,75	0,193	0,008	0,534	0,388
C18:2n-6	17,24	17,78	16,36	16,44	1,58	0,201	0,724	0,242
C18:3n-6	0,28	0,28	0,30	0,30	0,030	0,254	0,818	0,421
C18:3n-3	0,23	0,22	0,18	0,19	0,037	0,025	0,402	0,226
C20:0	0,02	0,03	0,03	0,03	0,004	0,354	0,429	0,806
C20:1n-11	0,03	0,03	0,04	0,04	0,0084	0,101	0,828	0,427
C20:1n-9	0,11	0,11	0,12	0,12	0,010	0,167	0,331	0,879
C20:2n-6	0,08	0,08	0,07	0,08	0,010	0,589	0,653	0,027

C20:3n-6	0,15	0,16	0,17	0,16	0,0168	0,082	0,223	0,450
C20:4n-6	2,35	2,40	2,56	2,52	0,094	0,001	0,318	0,091
C20:5n-3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,006	0,549	0,722	0,641
C22:0	0,02	0,02	0,01	0,02	0,004	0,008	0,016	0,217
C22:1n-9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004	0,987	0,587	0,362
C22:4n-6	0,13	0,11	0,12	0,14	0,0139	0,178	0,003	0,675
C22:5n-6	0,42	0,35	0,36	0,41	0,058	0,916	0,022	0,680
C22:5n-3	0,07	0,06	0,06	0,07	0,013	0,414	0,090	0,566
C22:6n-3	0,51	0,50	0,48	0,44	0,095	0,202	0,717	0,812
Σ SFA	35,90	36,03	35,76	35,60	0,644	0,335	0,578	0,660
Σ MUFA	42,61	42,00	43,56	43,62	1,195	0,048	0,495	0,110
Σ PUFAn-6	20,64	21,14	19,94	20,05	1,638	0,327	0,766	0,313
Σ PUFAn-3	0,83	0,78	0,73	0,70	0,138	0,114	0,904	0,930
CD, mmol Hp/kg uova sode	0,16	0,16	0,15	0,17	0,01	0,136	0,245	0,068
TBARS, mg MDA-eq./kg uova sode	0,040	0,032	0,024	0,022	0,02	0,058	0,678	0,904

Diete in cui il 5, 10 e 20% delle proteine della dieta di controllo (**CON**) sono stati sostituiti con le proteine della farina sgrassata di larve di *Tenebrio molitor*.

SFA: acidi grassi saturi.

MUFA: acidi grassi monoinsaturi.

PUFA: acidi grassi polinsaturi.

CD: dieni coniugati.

TBARS: Sostanze reattive all'acido tiobarbiturico.

RMSE: errore quadratico medio della radice.

Dati economici

La sintesi economica delle spese sostenute dal Partner scientifico DAGRI – Unifi è riportata sotto.

WP 5

<u>VOCI DI SPESA (€)</u>	<u>ASSEGNATO</u>	<u>SPESO</u>	<u>SCOSTAMENTI</u>
Investimenti Immateriali	700,00	610,00	-90,00
Personale dipendente	13.217,00	33.593,98	20.376,98
Personale non dipendente	37.000,00	25.777,75	-11.222,25
Missioni e trasferte	2.623,09	123,58	-2.499,51
Beni di consumo e noleggi	19.770,42	14.777,25	-4.993,17
TOTALE COSTI DIRETTI	73.310,51	74.882,56	1.572,05

Nella realizzazione del PS-GO FEEDS, NUTRIGENE era partner attuatore di un Work Package:

- **WP6 Valutazione delle farine di insetto nell'alimentazione di animali da compagnia**

Attività prevista nel WP6

Obiettivo: la messa a punto di mangimi per cane e gatto contenenti farine di insetto e indagini di accettabilità dei petfood contenenti farine di insetto da parte dei conduttori. Le farine di insetto prodotte vengono utilizzate nella formulazione di petfood e saggiate per valutarne l'appetibilità e la digeribilità. Viene inoltre valutata la possibilità di formulare mangimi per esigenze alimentari specifiche sulla base della composizione delle farine di Hermetia e Tenebrio. Vengono inoltre eseguite indagini di mercato sul potenziale gradimento di questi alimenti da parte dei conduttori di animali da compagnia.

Attività svolta nel WP6

Nutrigene srl si è dedicata alla predisposizione di un questionario per valutare la sensibilità e la disponibilità dei consumatori proprietari e dei tecnici del settore (allevatori, petshop, veterinari, addestratori ed educatori) ad utilizzare alimenti per cani e gatti contenenti solo in parte o esclusivamente farine proteiche di insetti nella formulazione. Il questionario era composto da 16 domande a risposta multipla ed è stato inviato per la compilazione online. In totale sono pervenute 185 risposte che sono state imputate in un foglio di calcolo e quindi analizzate. Sebbene il 73% delle risposte ai questionari abbia indicato che non avevano utilizzato o consigliato alimenti con farine di insetti, il 30,6% considera questa fonte alternativa in maniera positiva e il 52,9% degli intervistati si è dichiarata disposta a utilizzarla per il proprio cane o a consigliarla, anche se il 62,4% preferirebbe utilizzare le farine di insetti a condizione di conoscere nel complesso il valore nutritivo della dieta.

Lo studio di appetibilità dell'alimento con farine di insetto da parte dei cani è stato realizzato secondo uno schema monodiaco a una ciotola, con cani di proprietari che hanno aderito alla valutazione (In Home Usage Test, one bowl). Il test si basa sulla valutazione della quantità assunta di alimento somministrato in ragione del 10% in più dei fabbisogni raccomandati, in modo da misurare l'appetibilità, in un tempo definito.

Per lo studio sono stati impiegati gruppi di 6 cani ai quali sono state offerte 3 diete con il mangime complementare BASE™ di Nutrigene e una dieta umida in scatola. I 3 mangimi complementari sono stati completati con carne di bovino, con farina di *Hermetia illucens* o con *Tenebrio molitor*. Le farine di insetto sono state inviate dai partner del progetto. I rapporti fra BASE™, carne e farine di insetto sono stati bilanciati per ottenere una concentrazione energetica e di principi nutritivi simile. I consumi di sostanza secca e di energia metabolizzabile sono risultati più contenuti in seguito all'aggiunta di farine di insetto, specialmente nel caso di *Hermetia illucens* (194+3.0 g/d) rispetto alla BASE™ con carne bovina (209+2.5 g/d) e all'umido (206+3.2 g/d) anche se le differenze non sono risultate significative. Si è inoltre proceduto alla valutazione del fecal score (punteggio fecale), una valutazione a scale da 1 a 7 della qualità delle feci e che è considerato un indicatore di salute intestinale nel cane. Il fecal score è risultato peggiorato in seguito alla somministrazione di alimento con farine di insetto (3.0+0.37 e 3.4+0.5 per *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor*, rispettivamente) e con l'umido (3.2+0.6) con feci tendenzialmente meno formate rispetto alla carne bovina (2.5+0.3). Tuttavia, anche in questo caso le differenze fra trattamenti alimentari non sono risultate statisticamente significative e il fecal score si è sempre mantenuto comunque nel range fisiologico.

Nel complesso, lo studio ha evidenziato una buona appetibilità e accettazione da parte degli animali degli alimenti contenenti farine di insetto.

Dati economici

Il partner NUTRIGENE ha portato a compimento l'attività prevista utilizzando esclusivamente risorse proprie; pertanto, non ha intenzione di presentare la domanda di pagamento.

Nella realizzazione del PS-GO FEEDS, IM.O.FOR era partner attuatore di un Work Package:

- WP8 Formazione e workshop

Attività prevista nel WP8

Azione 8.1 Formazione

a) Corsi breve durata: 2 ed Corso "Base" di 12 h per addetti + 2 ed Corso "Avanzato" di 12 h per Responsabili.

b) Le lezioni saranno alternate da due Workshop della durata di 4 ore ciascuno

Metodi:

a) La formazione d'aula sarà di 4 incontri di tre ore l e lezioni tenute da docenti senior provenienti da università e impresa.

b) Workshop sul campo gestiti da docenti senior, il gruppo di lavoro sarà max di 10 persone per permettere ai partecipanti di fare domande, praticare le proprie conoscenze e collaborare.

Azione 8.2 Divulgazione extra partenariato e azioni informative

Strumenti: classici strumenti volti a favorire l'informazione di massa ed il coinvolgimento degli stakeholder (realizzazione eventi, stampa brochure, sito web, newsletter) e azioni di comunicazione mirate (direct mail pubblicazioni scientifiche), per avviare processi di partecipazione e collaborazione.

Azione 8.3 Viste aziendali

a) visite "DA" GO: presso aziende/start up europee che stanno sperimentando o hanno attività simili;

b) visite “VERSO” GO per trasferimento d’innovazione: visite all’impianto pilota da parte di aziende, gestori del territorio, Comuni, enti pubblici, scuole superiori ad indirizzo agrario

AZIONE 8.1 – AZIONI DI FORMAZIONE E WORKSHOP SOTTOMISURA 1.1

L'emergenza epidemiologica da coronavirus e le conseguenti misure adottate dal Governo hanno portato l’Autorità di gestione del Por Fse della Regione Toscana a concedere la possibilità di utilizzare la modalità di formazione a distanza (Fad) anche ove non espressamente prevista dai progetti, allo scopo di assicurare il conseguimento degli obiettivi formativi degli interventi e tutelare i destinatari degli stessi.

Analogamente, per il Progetto Feeds, si è optato per questa modalità di realizzazione dei corsi di formazione, mentre è stato impossibile realizzare i workshop inizialmente previsti, dovendosi questi realizzare necessariamente in presenza presso l’impianto pilota.

È stata adottata la modalità di FAD sincrona tramite piattaforma Microsoft Teams: attività formative in cui i momenti di insegnamento e di apprendimento tra allievi e docenti avvengono attraverso il trasferimento simultaneo e diretto, e che possano garantire il rilevamento delle presenze e il rilascio di specifici output in grado di tracciare in maniera univoca la presenza degli allievi e dei docenti.

Gli strumenti utilizzati hanno garantito:

- l’autenticazione e il tracciamento della presenza (dati di log-in di docenti e discenti, tempi della connessione e informazioni sulla tipologia di attività);
- la produzione di report automatici e report con registrazione video;

Quella che si è configurata indubbiamente come una “limitazione”, è stata per quanto possibile, trasformata in un elemento di forza del Progetto, attraverso adeguate strumentazioni e tecnologia.

Tutte le registrazioni video delle lezioni sono state archiviati digitalmente e sarà possibile una loro divulgazione e fruizione successive al termine del Progetto.

Questo il quadro dei docenti e dei relativi argomenti trattati:

DOCENTE	ORE	ARGOMENT
Buccioni Arianna	1	L'allevamento del boiler
Cacchiarelli Chiara	4,5	Tecniche di allevamento di <i>H. illucens</i> e di <i>T. molitor</i>
De Lucia Pier Giorgio	1	Aspetti normativi dell'utilizzo degli insetti nell'alimentazione animale
Gasperetti Laura	0,5	Aspetti igienico-sanitari dei mangimi a base di insetti - I parte
Giuliana Parisi	2	Insetti nei mangimi per pesci
Perioli Riccardo	0,5	Aspetti di sicurezza su lavoro negli allevamenti di insetti

Rossi Elisabetta	1	Gli insetti come strumenti biotecnologici; generalità su <i>H. illucens</i> e <i>T. molitor</i>
Senese Matteo	0,5	Aspetti igienico-sanitari dei mangimi a base di insetti - II parte
Stefanon Bruno	1	Gli insetti nell'alimentazione degli animali da compagnia

Sono state realizzate due distinte edizioni del medesimo corso, con stessa durata e stessi contenuti formativi, per garantire un numero di partecipanti consono alla partecipazione di tutti.

Questo il calendario delle attività formative:

Calendario Edizione A

Lezione 1 lunedì 28-feb 22
 Lezione 2 mercoledì 02-mar 22
 Lezione 3 lunedì 07-mar 22
 Lezione 4 mercoledì 09-mar 22
 Lezione 5 lunedì 14-mar 22
 Lezione 6 mercoledì 16-mar 22

Calendario Edizione B

Lezione 1 martedì 01-mar 22
 Lezione 2 giovedì 03-mar 22
 Lezione 3 martedì 08-mar 22
 Lezione 4 giovedì 10-mar 22
 Lezione 5 martedì 15-mar 22
 Lezione 6 giovedì 17-mar 22

Per tutte le lezioni l'orario è stato dalle 17:00 alle 19:00.

Per la pubblicizzazione delle attività formative si è provveduto alla realizzazione di una locandina da utilizzare sia in formato cartaceo che elettronico.

Per le domande di iscrizioni degli allievi si è provveduto alla creazione di un modulo online per facilitare la ricezione a distanza delle domande. 48 sono stati i soggetti interessati a ricevere informazioni dettagliate sui contenuti e le modalità dei Corsi. Di questi 42 si sono effettivamente iscritti ed hanno ricevuto l'attestato di partecipazione.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei partecipanti il 52% sono stati maschi e il 48% femmine L'età media dei partecipanti è di 29 anni, mentre i titoli di studio sono per il 93% Laurea breve o Magistrale in Scienze agrarie o sicurezza degli alimenti e per il 3% Diploma di secondaria superiore.

I materiali didattici forniti dai docenti sono stati caricati su un Cloud e resi disponibili in tempo reale agli allievi.

Al termine delle attività formative sono stati rilasciati gli attestati di partecipazione agli allievi che hanno frequentato almeno il 70% del monte ore previsto.

E' stato quindi somministrato a tutti gli allievi, tramite modulo online anonimo, un Questionario di soddisfazione utente delle attività formative.

AZIONE 8.2 – DIVULGAZIONE EXTRA PARTENARIATO E AZIONI INFORMATIVE

SOTTOMISURA 1.2

Presentazioni pubbliche

Le attività svolte sono state:

1. Presentazione pubblica di inizio progetto.

Con la partecipazione dello staff di progetto e dei rappresentanti di Istituto Zooprofilattico e USL, rivolto ad amministratori locali, Enti gestori del territorio, Comune, studenti, cittadinanza tutta. Attività svoltasi il 23 ottobre 2019 presso l'Aula Benvenuti - CiRAA E. Avanzi a S. Piero a Grado – PISA.

2. Convegno finale.

Causa il perdurare dell'emergenza e l'insorgenza delle varianti Omicron nei mesi di marzo e aprile 2022, è stato deciso dal Comitato di Progetto di effettuare il Convegno finale in modalità a distanza. L'evento si è tenuto il 20 aprile 2022 tramite Piattaforma Microsoft Teams.



Questo il link all'evento, di cui si allega Programma (Allegato1):

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a8NM5xp9PMitLorTlqO13DmgEt1Ss-KLGSRkUBijczgI1%40thread.tacv2/conversations?groupId=73b9393f-0d00-4e58-a9d9-fa5b27ab48e7&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1>

Si è trattato della conferenza di chiusura del progetto, quale opportunità per presentare e divulgare i risultati di progetto ai diversi soggetti coinvolti direttamente ed indirettamente nel progetto e ad un più vasto pubblico.

Causa emergenza Covid le attività della misura 1.2 sono state drasticamente ridimensionate: essendo necessaria la presenza fisica dei partecipanti presso l'impianto pilota, il previsto Convegno intermedio e l'incontro tematico non sono stati realizzati, e non state neppure utilizzate le risorse previste per le voci "missioni e trasferte" e "beni di consumo e noleggi" (aula, videoproiettore ecc). Parte di queste risorse sono state stornate sulla voce "Investimenti immateriali".

Il materiale informativo prodotto per le attività di informazione e diffusione del progetto è stato:

- 100 cartelline personalizzate f.to A4 con tasca adesiva
- 100 pieghevoli a colori formato A4
- 100 blocchi personalizzati da 20 fogli formato A5
- 100 penne personalizzate
- 100 borse tela personalizzate

Per la voce "Investimenti immateriali" sono state realizzate le seguenti attività e prodotti:

- Ideazione e definizione del logo GO Feeds



e conseguente immagine grafica coordinata di progetto

- E' stato acquisito il dominio FEEDSPROJECT.COM – SMTP + 10 caselle posta elettronica
- Creazione del sito web del GO all'indirizzo [www. https://www.feedsproject.com](https://www.feedsproject.com), dove sono stati caricati periodicamente contenuti e immagini relativi all'avanzamento dell'impianto pilota
- Creazione e gestione social del progetto, tramite pagina Facebook:

<https://business.facebook.com/feedsmangimi>

AZIONE 8.3 - Sostegno a scambi interaziendali di breve durata nel settore agricolo e forestale, nonché a visite di aziende agricole e forestali Sottomisura 1.3

L'emergenza epidemiologica da coronavirus e le conseguenti misure adottate dai Governi nazionali hanno reso per lungo tempo impossibile e successivamente molto difficile, effettuare le visite tecniche presso aziende europee leader nel settore di riferimento del progetto, la visita degli impianti, il settore commercializzazione e marketing, e tutti i diversi aspetti della filiera produttiva, così come previsto dal Progetto iniziale.

Dati economici

La sintesi economica delle spese sostenute dal Partner IM.O.FOR è riportata sotto.

WP 8

1.1

Voce di spesa	Spesa assegnata	%
---------------	-----------------	---

108 - Azioni di formazione per gli attori locali	57 - Corso di formazione	452 - Corso breve	0	Base - 80.00%
108 - Azioni di formazione per gli attori locali	58 - Workshop	455 - Costo totale Workshop	6240	Base - 100.00%
108 - Azioni di formazione per gli attori locali	57 - Corso di formazione	452 - Corso breve	3594,12	Base - 80.00%
108 - Azioni di formazione per gli attori locali	57 - Corso di formazione	452 - Corso breve	3594,12	Base - 80.00%
108 - Azioni di formazione per gli attori locali	57 - Corso di formazione	452 - Corso breve	3594,12	Base - 80.00%
108 - Azioni di formazione per gli attori locali	57 - Corso di formazione	452 - Corso breve	3594,12	Base - 80.00%
Totali			20616,48	

1.2

Presentazione pubblica 1: inizio progetto

	Ore	Costo	Costo	Rendiconto	DIFF
personale Pierotti Federico	40	€ 24,45	€ 978,00	€ 1.124,70	€ 146,70
personale Belli Stefano	10	€ 27,38	€ 273,80	€ 273,80	€ -
missioni e trasferte			€ 43,41	€ -	-€ 43,41
Beni di consumo e noleggi			€ 450,00	€ -	-€ 450,00
		€ 1.745,21	€ 1.398,50	-€ 346,71	-19,87%

Presentazione pubblica 3: Convegno finale

	Ore	Costo	Costo	Rendiconto	DIFF
personale Pierotti Federico	40	€ 24,45	€ 978,00	€ 988,40	€ 10,40
personale Belli Stefano	10	€ 27,38	€ 273,80	€ 290,33	€ 16,53
missioni e trasferte*			€ 63,64	€ -	-€ 63,64
Beni di consumo e noleggi			€ 450,00	€ -	-€ 450,00
		€ 1.765,44	€ 1.278,73	-€ 486,72	-27,57%

Presentazione pubblica 2: Convegno intermedio

	Ore	Costo	Costo	Rendiconto	DIFF
personale	29,5	€ 24,45	€ 721,28	€ -	-€ 721,28
personale	10	€ 27,38	€ 273,80	€ -	-€ 273,80
missioni e trasferte*			€ 43,41	€ -	-€ 43,41
Beni di consumo e noleggi			€ 450,00	€ -	-€ 450,00
		€ 1.488,49	€ -	-€ 1.488,49	-100,00%

Produzione di materiale informativo

	Ore	Costo	Costo	Rendiconto	DIFF
Investimenti immateriali: sito web			€ 2.500,00	€ 7.000,00	€ -
Investimenti immateriali: logo GO			€ 2.500,00		
Investimenti immateriali: piattaforma informatica			€ 1.500,00		
Investimenti immateriali: gestione social			€ 500,00		
Investimenti immateriali: rendicontazione su ARTEA			€ -	€ 1.100,00	€ 1.100,00
Personale Pierotti+ Belli	143,4	24,45	€ 3.508,58	€ 3.663,78	€ 155,20
Materiali promozionali			€ 1.000,00	€ 910,00	-€ 90,00
			€ 11.508,58	€ 12.673,78	€ 1.165,20

10,12%

Innovazioni messe a punto e trasferite

Gli aspetti innovativi introdotti dal progetto possono essere così sintetizzati:

- Messa a punto dei metodi di allevamento di due specie di insetti tra quelle autorizzate a fini mangimistici in UE;
- Valutazione del potenziale utilizzo di farine di insetto nella dieta di pesci, avicoli e animali d'affezione;
- Redazione di linee-guida per la produzione di insetti in ottemperanza alle vigenti normative in tema di mangimi e HACCP;

Metodologie seguite e tempistica

Le restrizioni imposte dalla pandemia da COVID 19 hanno condizionato il regolare svolgimento delle attività previste nel progetto, determinando la necessità di modificare e adattare quanto previsto alle oggettive situazioni. La messa a punto delle tecniche di allevamento delle due specie di insetti previste nel progetto ha previsto la definizione dei principali parametri ambientali e delle operazioni da eseguire per ottenere la produttività ottimale dell'impianto. In particolare, per quanto riguarda *Hermetia illucens*, è stato seguito lo sviluppo dell'insetto inizialmente su scala di laboratorio, utilizzando il substrato fornito dal Capofila e costituito da scarti derivanti dalla mondatura degli ortaggi e della frutta destinati alla commercializzazione nella grande distribuzione. Successivamente, le conoscenze acquisite sono state trasferite all'impianto produttivo, dove è stato approntato l'allevamento dell'impianto pilota.

Per quanto concerne la realizzazione dei test su pesci e avicoli, le prove hanno visto la somministrazione di diete alle specie oggetto di sperimentazione, contenenti percentuali variabili di farine integrali e sgrassate. L'elevato contenuto in grassi delle larve di insetto ha indicato come la sostituzione delle farine proteiche di origine vegetale possa essere parziale, soprattutto per non causare l'innalzamento del tenore in acidi grassi saturi, della carne prodotta. Sul cane, le prove svolte hanno mostrato come la presenza di farine di insetto nei mangimi non ne condizioni l'appetibilità e l'effetto sulle funzioni fisiologiche dell'animale. Per tutti gli ambiti in cui le farine di insetto sono state provate, sono stati condotti studi per la valutazione dell'accettazione da parte dei consumatori del prodotto che arriva sul mercato (carne di pollo o pesci e, nel caso degli animali da compagnia, mangimi) attraverso la somministrazione di questionari. Dai risultati emersi risulta chiaro come l'introduzione della componente di insetti nell'alimentazione animale richieda un'adeguata informazione dei consumatori.

Le linee-guida realizzate sono state suddivise in 3 parti principali, riguardanti, rispettivamente, la trattazione dettagliata delle norme vigenti in tema di mangimi animali a livello nazionale ed europeo, le tecniche di allevamento delle specie di insetti *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor*, e i rilievi fatti sugli aspetti microbiologici della produzione di larve.

Prodotti e risultati conseguiti

La sintesi dei risultati ottenuti relativamente alle tecniche di allevamento di *H. illucens* e di *T. molitor* sono illustrate in tabb. 1 e 2. I valori in essi riportati sono stati utilizzati per la conduzione dell'allevamento, prima in laboratorio e, successivamente, nell'impianto pilota. Da sottolineare come siano state eseguite anche prove agronomiche sul frass, derivato dall'attività di allevamento. Di tale prodotto è stato provato l'utilizzo come ammendante.

Tabella 1. Schema delle principali fasi dell'allevamento di *H. illucens*

Stadio/Fase	Parametro	Definizione	Influenza sulla pratica operativa dell'allevamento
Adulti	T e UR allevamento	27±1°C con 26°C temperatura minima per le ovideposizioni; UR 55-65%	L'ambiente di allevamento deve essere condizionato almeno nel periodo invernale per consentire accoppiamenti e ovideposizione
	Fotoperiodo	12:12	L'ambiente di allevamento deve avere fotoperiodo controllato
	Intensità luminosa	6.500 °K con la luce incidente sulle gabbie	Intensità luminosa che consente accoppiamenti e ovideposizione
	N. adulti/gabbia da 0,4 m ³	3500-5000 adulti	La densità che consente di massimizzare le ovideposizioni
	Gabbia	Ricambio e igienizzazione	Ad ogni generazione
	Alimentazione	Miele	Aggiungere un contenitore con miele per migliorare la sopravvivenza degli adulti
Uova	Durata ovideposizioni	Più del 95% di ovideposizioni avviene nei primi 10 gg dall'inizio delle stesse. Le prime ovideposizioni avvengono circa 18 gg dopo la raccolta delle pupe	In un sistema di allevamento continuo, ogni 5 giorni è opportuno prevedere di rimpiazzare la quota di prepupe/pupe per mantenere continua l'ovideposizione
	Peso medio uova	0.021 mg/uovo	Ogni g di uova contiene circa 47.500 uova
	Fertilità delle uova	Circa 93% a 25°C con schiuse prevalenti al 3° giorno dopo l'ovideposizione	Per ogni g di uova, ne schiudono circa
	Quantità ottimale di uova seminate per vasca (10 L)	0,2-0,4 g/vasca 10 L	Questo livello di semina consente uno sviluppo ottimale delle larve
Larve	ECI migliore (dove ECI= massa larvale prodotta/alimento consumato)	0,2-0,4 g/vasca 10 L	Con questo livello di semina, la produzione di larve/scatola varia tra 600 e 900 g di larve
	Razione alimentare delle larve	2500 larve/5400 g di substrato si considera migliore rispetto a 2500 larve/2700 g substrato e 2500 larve/7850 g di substrato	
Gestione substrato	Distribuzione della razione di alimento	La distribuzione anticipata (50% del totale distribuito nelle prime 5 somministrazioni) ha influenza positiva sulla durata dello sviluppo, accorciandola	

	Pressione	Applicare pressione per eliminare parte della frazione liquida (-25-30%)	L'eliminazione di parte del liquido non aumenta la produttività del sistema ma migliora la separazione delle larve dal substrato nella fase di setacciatura
Setacciatura		Manuale o meccanica attraverso un vibrovaglio a due filtri (maglie da 4 e 3 mm, rispettivamente dall'alto verso il basso)	La setacciatura risulta realizzabile agevolmente se l'umidità del substrato è limitata così da favorire l'operazione
Abbattimento	Congelamento a -18°C; alternativa la tecnica del blanching	Il congelamento non migliora l'aspetto microbiologico delle larve, ma lo starving (24 h) prima del congelamento, al contrario, ha molta influenza	Congelamento in freezer e stoccaggio in attesa dell'essiccazione
Essiccazione	Ciclo di essiccazione a 55°C per 4 gg e 24 h a 60°C	Raggiungimento del peso secco dei campioni e abbattimento di parte della componente microbica	Conservazione dei campioni sottovuoto in attesa di sgrassatura (breve conservazione perché la componente lipidica tende a deteriorarsi)
Frass	Compostato o fresco per l'utilizzazione come ammendante	Se non compostato, deve essere trattato a 70°C per 60 min prima dell'uso	Come ammendante, è consigliabile una miscelazione 1:4 con torba per l'uso in vivaismo

Tabella 2. Principali fasi dell'allevamento di *T. molitor*

Stadio/Fase	Parametro	Definizione	Influenza sulla pratica operativa dell'allevamento
Adulti	Ciclo ovideposizioni	Tempo 1 settimana	La raccolta delle uova avviene con cadenza settimanale
Adulti e larve	Condizioni ambientali dell'allevamento	T per larve e adulti 25±1°C – 50-60% UR Fotoperiodo Naturale	Adulti e larve possono coesistere nello stesso ambiente
	Tipo contenitori di allevamento	Vasche in plastica anche a bordo basso; la dimensione dipende dalla taglia dell'allevamento; adulti e larve sono in contenitori separati	Le vasche per gli adulti ideali hanno il fondo a rete cosicché le uova deposte finiscono nel recipiente sottostante; altrimenti bisogna staccarle e se ne perde una parte
Pupe	Rimonta degli adulti	Si formano assai scalarmente nelle vasche delle larve e devono essere separate per evitare cannibalismo	Devono essere separate con frequenza bisettimanale

Substrato	Nutrizione adulti e larve	Crusca e verdura/frutta fresca in rapporto 2:1 Quantità: rapporto 3,5	La crusca è l'alimento base ma l'integrazione idrica con l'alimento fresco consente di evitare problemi di acari mantenendo bassa l'UR ambientale; al momento non sono note alternative di sottoprodotti/scarti altrettanto efficienti
Setacciatura larve e pupe	Separazione larve dal substrato meccanicamente o manualmente	Attraverso vagli a maglie diverse; per le pupe, servono lamiere a maglia rettangolare (3x10 mm)	Per non appesantire il lavoro, nelle vasche destinate a produzione si attende la comparsa delle prime pupe per procedere all'abbattimento delle larve; nelle vasche da rimonta, la setacciatura deve essere fatta con cadenza bisettimanale
Abbattimento	Congelamento a -18°C; alternativa la tecnica del blanching	Il congelamento non migliora l'aspetto microbiologico delle larve, ma lo starving (24 h) prima del congelamento, al contrario, ha molta influenza	Congelamento in freezer e stoccaggio in attesa dell'essiccazione
Essiccazione	Ciclo di essiccazione a 55°C per 3 gg e 24 h a 60°C	Raggiungimento del peso secco dei campioni e abbattimento di parte della componente microbica	Conservazione dei campioni sottovuoto in attesa di sgrassatura (breve conservazione perché la componente lipidica tende a irrancidire
Frass	Compostato o fresco per l'utilizzazione come ammendante	Se non compostato, deve essere trattato a 70°C per 60 min prima dell'uso	Come ammendante, è consigliabile una miscelazione 1:4 con torba per l'uso in vivaismo

I test sugli animali alimentati con farine di insetto hanno messo in evidenza i seguenti risultati.

La valutazione del possibile impiego della farina di larva di *Hermetia illucens* per l'alimentazione della trota iridea è stata condotta presso la Fondazione Edmund Mach di San Michele all'Adige (Trento). Numerosità: n. 2 diete (controllo vegetale, inclusione farina di insetto), 90 trote per vasca, n=3 repliche per dieta, 270 trote per dieta, 27 settimane di allevamento. Analisi biometriche, calcolo degli indici merceologici, analisi fisiche (colore, pH, capacità di ritenzione idrica, texture) e chimiche (contenuto in sostanza secca, ceneri, proteine grezze, lipidi totali, profilo in acidi grassi e stato ossidativo) su n. 9 animali/dieta.

La prova condotta sul pollo ha evidenziato l'opportunità di testare la farina di insetti nell'alimentazione di un'altra specie avicola: la quaglia. La valutazione del possibile impiego di farina larve di *Tenebrio molitor* per l'alimentazione delle quaglie, da carne e ovaiole, è stata effettuata considerando n. 4 livelli di inclusione

crescenti di farina di insetto e individuando la miglior formulazione in termini di qualità della carne e delle uova.

Prova quaglia da carne: n. 192 quaglie, n. 4 diete (6 repliche). Alimentazione per 35 giorni, poi n. 24 animali per dieta (totale n. 96) sono stati analizzati per caratterizzare la qualità della carne cruda e cotta. Analisi condotte: peso della carcassa, incidenza coscia e petto, analisi fisiche (colore, pH, capacità di ritenzione idrica, texture) e chimiche (contenuto in sostanza secca, ceneri, proteine grezze, lipidi totali, profilo in acidi grassi e stato ossidativo) su carni crude e cotte di n. 24 animali/dieta. In totale: n. 192 campioni analizzati. La prova è stata oggetto di n. 1 tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Alimentari presso l'Università di Firenze, discussa a febbraio 2021.

Prova quaglia ovaioia: n. 192 quaglie, n. 4 diete (6 repliche per dieta). Alimentazione per 8 settimane. Sono state raccolte circa 380 uova, di tutte sono stati analizzati: peso, circonferenza e spessore del guscio. Metà delle uova sono state poi analizzate crude (peso dei componenti e incidenza relativa, colore del tuorlo, pH del tuorlo e dell'albume, composizione chimica, acidi grassi e stato ossidativo; calcolo degli indici di attività elongasica e desaturasica) e l'altra metà cotte (stesse analisi delle uova crude). La prova è stata oggetto di n. 1 tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Alimentari presso l'Università di Firenze, discussa ad aprile 2022.

La prova di alimentazione su n. 100 broiler ROSS 308/Aviagen durante 5 settimane di allevamento si è svolta presso gli Allevamenti Sperimentali dell'Università di Firenze, come da azione prevista. Sono state formulate n. 4 diete, a livelli crescenti di *H. illucens* che ha sostituito lo 0, il 15, il 50 e il 100% di farina di soia. I risultati hanno indicato che la farina di *Hermetia* non deprivata di olio è risultata essere una fonte proteica alternativa alla farina di estrazione di soia nell'alimentazione del broiler solo se utilizzata al 15%.

La duplice natura degli insetti allevati a scopi mangimistici che ne fa “animali allevati” e contemporaneamente di “mangimi”, li pone al centro di una complessa rete di normative, prevalentemente adattate agli insetti e non dedicate ad essi, trattandosi di una tipologia di animale che solo da poco è stata considerata a livello normativo. Tuttavia, la vigente legislazione consente l'esecuzione degli allevamenti di insetti e la loro introduzione nell'alimentazione animale (almeno per le specie autorizzate a livello europeo) fissandone diverse condizioni per la conduzione degli impianti e la loro produzione. L'attività di USL Pisa ha permesso di redigere un capitolo specifico all'interno delle Linee Guida sulla gestione dell'allevamento di insetti.

Dai rilievi microbiologici effettuati su campioni di materiale essiccato, è risultato evidente come l'osservanza rigorosa delle corrette pratiche igieniche in tutti i passi applicati alla produzione sia fondamentale per l'ottenimento di un prodotto idoneo alla nutrizione animale e come sia necessario monitorare ambiente di produzione e substrato fornito agli insetti. Le analisi effettuate dall'IZS Lazio e Toscana hanno portato ad applicare la pratica dello starving di 24 h prima della macellazione. Essa è un presupposto importante per ottenere larve con una minore carica microbiologica; alternativamente, potrebbe essere possibile eseguire un trattamento termico (blanching) per limitare entro i livelli consentiti le Enterobatteriacee e la carica mesofila.

Ricadute economiche e ambientali

L'allevamento di insetti per fini mangimistici risponde a numerosi criteri di sostenibilità, ponendosi come alternativa alla produzione di farine proteiche di origine vegetale, di soia, in particolare, e farine di pesce. Entrambe queste fonti proteiche hanno infatti un elevato costo in termini di risorse (consumo di acqua, suolo, diminuzione di biodiversità, produzione di gas serra...), mentre gli insetti, e in particolare le specie saprofitiche, possono costituire un'alternativa a basso impatto ambientale, ponendosi come degradatori di sostanze organiche e, nello specifico, di biomasse di scarto di derivazione agricola. Gli insetti, quindi, contribuiscono un modello virtuoso di economia circolare.

Le ricadute economiche sono evidenti e legate alla possibilità di sostituire, parzialmente (o, in alcuni casi, totalmente) le farine di origine vegetale o di pesce nell'alimentazione animale. Il basso costo delle materie prime di partenza, costituite da scarti e/o sottoprodotti sono evidentemente un aspetto determinante, a patto di utilizzare metodiche di produzione razionali.

Inoltre, la produzione di frass derivante dall'allevamento costituisce un ulteriore prodotto vendibile, da utilizzare come ammendante.

Considerazioni conclusive

I risultati conseguiti si sono rivelati soddisfacenti. Considerando che il Gruppo Operativo ha affrontato un argomento sicuramente innovativo, le risposte in termini di interesse e di attenzione, anche da parte dell'opinione pubblica, sono state positive. La diffusione delle notizie a riguardo del progetto ha portato a stabilire rapporti con diverse realtà del mondo produttivo, del mondo scientifico, degli enti regolatori e di gestione politica ed economica. E' stata molto importante la partecipazione, in veste di consulenza del CiRAA, della USL Pisana e dell'IZS Lazio Toscana. Negli ambiti di loro competenza, i contributi forniti hanno permesso di inquadrare l'attività di allevamento degli insetti nel corretto quadro normativo e di sicurezza igienica. In forza di ciò, le informazioni divulgate, sotto forma di linee guida per la gestione dell'allevamento, forniscono criteri rigorosi di aderenza alla normativa e permettono fin dai primi momenti di muoversi correttamente nella progettazione di una nuova attività. Il territorio regionale toscano rappresenta un ambito di elezione per la bioconversione dei sottoprodotti agricoli. Il settore della produzione primaria è molto sviluppato, e parimenti importante è l'attività delle industrie agroalimentari di trasformazione. Tutte queste realtà produttive, per loro natura, generano una grande quantità di scarti e sottoprodotti, molti dei quali sono sicuramente adatti alla bioconversione tramite l'azione degli insetti. A riprova di ciò, tra i contatti stabiliti durante l'attività di FEEDS ci sono quelli avuti con il Settore Attività Internazionali e Politiche ed Iniziative regionali per l'Attrazione Investimenti della Regione Toscana. In generale, abbiamo riscontrato la necessità di approfondire la conoscenza della distribuzione e della consistenza dei sottoprodotti potenzialmente utilizzabili nella produzione degli insetti, per poter rispondere concretamente alle richieste di informazioni sulla fattibilità di questi nuovi allevamenti. Per quanto riguarda la trasferibilità ad altre realtà territoriali regionali, i risultati ottenuti da FEEDS sono facilmente esportabili, soprattutto in regioni vicine che, per condizioni "agricole" sono molto simili a quelle toscane.

Abstract

PS-GO FEEDS project was born with the aim of suggesting an alternative protein source for feed, starting from agricultural wastes and by-products. The basic idea was to reuse some agricultural waste and by-products (vegetable waste and dust produced by cleaning cereals before storage in silos), produced by a Tuscan agricultural cooperative, L'Unitaria, to rear two insect species, *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor*. PS-GO FEEDS aimed to introduce, adapt and transfer to Tuscan farms this innovative biotechnology, which uses insects for bioconversion, to transform agricultural waste and by-products into proteic meal and fats, to be used in the formulation of feeds for aquaculture, broilers and pets. Achieving this goal had provided an income opportunity to the agricultural sector, enabling it to compete on the new market that originated from the opening to the use of insect meal in feeds for fish, chickens and pigs. The obtained results are encouraging and support the idea to rear insects as a possible alternative to traditional proteic sources in feeds. The project products were the set up of breeding techniques for both *Hermetia illucens* on vegetable waste; *Tenebrio molitor* development was not supported by the farm substrate, but its rearing was anyway set up on wheat bran. The breeding techniques, the regulatory frame and aspects of the hygienic practices for the production have been combined in a manual of guidelines, which is another product of the project. The coordination and dissemination activities were specifically envisaged in the announcement; the project's core is the construction of a pilot plant for the rearing of black soldier flies (*Hermetia illucens*) and flour beetles (*Tenebrio molitor*), grown on the agricultural waste. Secondly, the composting of the frass derived from the breeding activity was used to produce a quality compost. The pilot plant was set up and the production of dried insects was realized. Proteic meals were used for feeding tests on fish, poultry and pets. The goals reached in the project were a) optimization and validation of the production process of dried insects; b) set up of guidelines which allow the replicability of the project in accordance with the regulations in force on breeding, feed, hygiene and animal welfare; c) formulation of feeds suitable for fish and poultry feeding; e) to reduce the competition

between food of plant origin used in both human and animal nutrition; f) the possible use of frass as soil conditioner.



UNITARIA S.p.A.
Società per Azioni
Via ...
C.A. ...
I.V.A. 0091827466