



**ACQUACOLTURA E INNOVAZIONE:
Nuove formulazioni mangimistiche in acquacoltura
sostenibile**



FEAMP
PO 2014-2020
Fondo europeo per gli
affari marittimi e la pesca



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**
hic sunt futura

*Accordo di cooperazione istituzionale ex art. 5, comma 6 del D.Lgs. n. 50/2016 –
Attività di interesse comune.*

Relazione scientifica finale del progetto

AQUAINNOVA

“Nuove formulazioni mangimistiche in acquacoltura sostenibile”

Premessa	4
Sintesi degli obiettivi	4
WP0 Coordinamento	6
WP 1 Studio di fattibilità e analisi costi-benefici delle aziende acquicole italiane.....	7
WP 2– Acquisizione dal mercato e caratterizzazione di ingredienti innovativi (farine di insetti) e convenzionali per la produzione di mangimi di nuova generazione per la trota e per specie marine.	21
WP 2.1.1. Ricognizione informazioni disponibili sull’impiego degli ingredienti a base di insetti	21
WP2.1.2. Acquisizione degli ingredienti	22
WP 2.2.1 Caratterizzazione chimico-nutrizionale degli ingredienti	23
WP 2.2.2. Caratterizzazione microbiologica degli ingredienti.....	25
WP 2.3.1. Formulazione e produzione dei mangimi innovativi.....	26
WP 2.3.2. Caratterizzazione chimico-nutrizionale dei mangimi completi.....	27
WP 2.3.3. Caratterizzazione microbiologica dei mangimi	28
WP3 – Valutazione su scala pilota delle formulazioni innovative.	30
WP 3.1.1. Progettazione ed esecuzione delle prove di alimentazione su trota ed orata	31
Prove di alimentazione	31
Sintesi dei risultati su Trota iridea	32
Prova su Orata	33
Sintesi dei risultati su Orata.....	34
WP 3.1.1. Progettazione ed esecuzione delle prove di alimentazione su trota ed orata	35
WP 3.2.1. Caratterizzazione chimico-nutrizionale della porzione edule dei pesci a fine prova	37
WP 3.2.2. Caratterizzazione microbiologica della porzione edule dei pesci a fine prova UNIUD	38
WP 3.2.3. Caratterizzazione Igienico sanitaria: analisi diossine e PCB in varie matrici.....	39
WP 3.2.4. Analisi chimico –nutrizionale feci.....	39
WP 3.2.5. Analisi sensoriale della porzione edule dei filetti a fine prova (UNIUD)	39
WP 3.2.6. Report sinottico sui risultati delle prove in vivo e post mortem	44
WP 4 - Applicazione dell’approccio LCA/PEF per la valutazione della sostenibilità ambientale dei mangimi innovativi sostenibili di nuova generazione per l’alimentazione della trota e dell’orata in linea con il Disciplinary Acquaicoltura Sostenibile e la bio-economia circolare.	45

Attività 4.1 Realizzazione di studio di LCA.....	46
Attività 4.2 Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF....	47
Attività 4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali.	49
WP 5 Diffusione e divulgazione dei risultati.....	53
WP 5.1 Comunicazione su web sull'avvio del progetto, sui risultati attesi e sui risultati intermedi	53
WP 5.2 Formazione alle imprese di acquacoltura	56
WP 5.3 Conferenza Finale.....	56

Premessa

“ACQUACOLTURA E INNOVAZIONE: NUOVE FORMULAZIONI MANGIMISTICHE IN ACQUACOLTURA SOSTENIBILE. ACQUAINNOVA” è un progetto che si allinea ai requisiti del disciplinare di produzione “Acquacoltura Sostenibile” ed agli *“Orientamenti strategici per un’acquacoltura dell’UE più sostenibile e competitiva per il periodo 2021 – 2030”* del II Green Deal europeo. Si pone in continuità con il progetto Ager2-SUSHIN tra le iniziative tese alla transizione verso sistemi alimentari sostenibili conformi ai principi della economia circolare, considerando la “sostenibilità competitiva” così come enunciata nella strategia “Dal produttore al consumatore”.

Sintesi degli obiettivi

ACQUAINNOVA ha considerato due tra le specie ittiche più importanti per l’Acquacoltura italiana ed europea quali la trota iridea e l’orata. Esso ha inteso riprendere le linee guida del disciplinare di produzione “Acquacoltura Sostenibile” proponendo alla filiera dell’acquacoltura nazionale l’utilizzo di mangimi di nuova concezione formulati a partire da ingredienti ecosostenibili, approvvigionati nel rispetto della biodiversità ed al tempo stesso idonei a garantire la salute e il benessere dei pesci allevati, la qualità nutrizionale e sensoriale dei prodotti ittici da essi ottenuti e la redditività dell’impresa. Particolare attenzione è stata posta nel minimizzare nelle formulazioni l’uso di farine di pesce ottenute da stock ittici selvatici e/o quello di ingredienti di origine agricola o agroindustriale conflittuali con l’alimentazione zootecnica e umana, enfatizzando l’utilizzo di ingredienti proteici conformi ai principi del riciclo ed in particolare quello delle farine ottenute da insetti.

Tra queste ultime il progetto ha considerato quelle più reperibili sul mercato nazionale ed europeo quali le farine parzialmente sgrassate delle larve della mosca soldato nera (*Hermetia illucens*) e della tarma della farina (*Tenebrio molitor*), associandole in mangimi di nuova concezione, ad altre fonti proteiche ottenute da processi di riciclo quali la farina di scarti carnei di avicoli e quella di origine batterica residuale dall’industria nazionale delle fermentazioni.

I mangimi innovativi sono stati caratterizzati per: i) la sicurezza alimentare sotto i profili chimico e microbiologico, ii) il valore nutritivo nella trota e nell’orata mediante analisi chimiche-bromatologiche e misura diretta della digeribilità dei nutrienti; iii) la risposta zootecnica delle due specie ittiche in prove alimentari fino alla taglia minima di mercato; iv) le caratteristiche nutrizionali, sensoriali ed il gradimento della porzione edule mediante analisi chimiche e prove di assaggio; v) l’impronta ambientale mediante analisi del ciclo di vita (LCA); v) l’analisi econometrica benefici-costi. Il progetto ha inoltre incluso lo svolgimento e l’elaborazione dei risultati di un sondaggio presso gli allevatori ittici nazionali sulla propensione all’utilizzo dei mangimi di nuova concezione.

La tabella 1 riassume il percorso del progetto con le azioni messe in atto per raggiungerne gli scopi attraverso specifici pacchetti di lavoro (WPs).

Tabella 1 Layout del progetto

Che cosa	Come	Dove
Individuare e valutare ingredienti proteici alternativi ai convenzionali per formulare nuovi mangimi per pesci	Saggiando matrici alimentari nuove o sottoutilizzate	WP2, WP3
Migliorare la sostenibilità ambientale dei mangimi per pesci	Valutando l’utilizzazione dei nutrienti da parte dei pesci ed il ciclo di vita dei mangimi (LCA) per selezionarne gli ingredienti costitutivi meno impattanti sull’ambiente	WP3, WP4,
Valutare e definire la qualità e la sicurezza dei mangimi	Valutando le caratteristiche nutrizionali e di sicurezza alimentare, di ingredienti e mangimi	WP2, WP3
Ottimizzare le prestazioni zootecniche del pesce	Coprendone le esigenze nutrizionali grazie a formulazioni mangimistiche bilanciate e validazione con prove di	WP3

	alimentazione.	
Mantenere elevati standard di qualità del prodotto ittico allevato	Monitorando la qualità nutrizionale e la sicurezza alimentare della porzione edule dei pesci allevati con le nuove diete	WP3
Valutare il gradimento per i nuovi mangimi e dei pesci con essi prodotti tra gli stakeholders	Mediante Indagine conoscitiva presso gli allevatori e prove sensoriali per i consumatori	WP1, WP3
Migliorare la sostenibilità economica dei mangimi per pesci	Mediante analisi di scenario e costi-benefici	WP1 e WP4
Promuovere e diffondere i risultati ottenuti	Azioni di comunicazione , divulgazione e formazione presso gli operatori di filiera ed i consumatori	WP5

Il partenariato del progetto è descritto nella tabella 2.

Tabella 2 Partenariato del progetto Acquainnova

Istituzione	Acronimo	Ruolo	Referente
Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes – Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari	CIHEAM Bari	Proponente e partner.	Dott. Maurizio Raeli
Università degli Studi di Udine - Dipartimento di Scienze AgroAlimentari Ambientali Animali	UniUD	Partner	Prof. Edi Piasentier

WP0 Coordinamento

Le attività di coordinamento, in capo al CIHEAM Bari, ricomprendevano le azioni di indirizzo, monitoraggio e valutazione delle attività complessivamente svolte dal partenariato nel corso del progetto. Le attività svolte nell'ambito del WP0 hanno riguardato pertanto la gestione tecnica, finanziaria e amministrativa del Progetto in accordo con gli obiettivi descritti, i risultati attesi e le relative risorse finanziarie dedicate a ciascuna componente del Progetto.

Nell'ambito del WP 0 è stata garantita la gestione del progetto, sia per quanto riguarda gli aspetti tecnici sia per quelli legati alla gestione amministrativa e finanziaria, assicurando l'esecuzione delle attività in conformità con la proposta progettuale approvata dal MASAF e l'impiego delle risorse finanziarie in relazione ai risultati ottenuti e alle attività svolte.

L'attività di coordinamento come sopra intesa si è sviluppata attraverso:

- i) incontri plenari in presenza o in remoto aperti a tutti i partecipanti attivi nel progetto;
- ii) incontri tra coordinatore e referenti del MASAF e partner su stato di avanzamento o su specifici temi e problematiche inerenti il progetto;
- iii) Incontri dedicati, contatti telefonici e corrispondenze telematiche tra il coordinatore e partner, tra coordinatore, responsabili WP e responsabili amministrativi del partenariato.
- iv) relazioni scritte e/o telematiche sullo stato di attuazione del progetto.

La grande sintonia, la determinazione, il forte spirito di collaborazione e condivisione funzionale dei e tra i partners ha reso particolarmente agevole il compito del coordinatore nel perseguire e raggiungere gli obiettivi progettuali e nel superare le comprensibili difficoltà causate dalla brevità dei tempi di esecuzione del progetto.

WP 1 Studio di fattibilità e analisi costi-benefici delle aziende acquicole italiane

WP1 - Dettaglio attività		Partner coinvolti	Deliverable
Attività 1.1 – Studio di fattibilità e indagine			
1.1.1	Studio di fattibilità e indagine presso le aziende italiane di acquacoltura	CIHEAM	– Studio di fattibilità (All. WP1) – Analisi conoscitiva con somministrazione questionario e valutazione dei risultati (All. WP1)
Attività 1.2 – Analisi costi benefici.			
1.2.1	Analisi costi benefici	CIHEAM	– Studio Costi Benefici (All. WP1)

Il report completo sulle attività 1.1.e 1.2 e riportato nell'allegato WP1.

Gli indirizzi strategici proposti dal Green Deal europeo, così come le priorità e gli obiettivi sviluppati dal Fondo Europeo per gli Affari Marittimi, Pesca e Acquacoltura (FEAMPA) stanno cercando di spingere gli operatori del settore Acquacoltura verso ambiziose sfide di sostenibilità ed economia circolare. In questo contesto l'innovazione, come l'uso di nuove materie prime nell'alimentazione dei pesci di allevamento, rappresenterà la leva determinante per accelerare la transizione verso un sistema alimentare più sostenibile.

La ricerca di nuove e più sostenibili fonti di proteine, alternative a quelle tradizionali potrebbe rappresentare una delle soluzioni per ridurre la pressione sull'ambiente naturale. Grande attenzione è oggi rivolta all'utilizzo delle farine d'insetti che potrebbero rappresentare, secondo molti studi, un input ottimale nella formulazione delle diete di allevamento sotto il profilo della sostenibilità secondo le sue molteplici declinazioni.

Nella strategia "Farm to Fork", la Commissione Europea sottolinea l'importanza di integrare queste nuove logiche non solo per i sistemi di produzione, ma anche per quelli di consumo. Infatti, perseguire una strategia che coinvolga in maniera sinergica gli operatori della filiera e il consumatore, rappresenta la chiave per raggiungere i succitati obiettivi di sostenibilità.

Di fronte a queste sfide, Il progetto ACQUAINNOVA si inserisce all'interno delle iniziative legate al FEAMP e propone attività di sperimentazione e di valutazione economica ed ambientale rispetto all'introduzione di mangimi innovativi contenenti materie prime conformi ai principi di economia circolare tra le quali le farine d'insetto derivante dalle larve di *Hermetia Illucens* (Black Soldier Fly) e da quelle della tarma della farina (*Tenebrio molitor*) nell'alimentazione dei pesci d'allevamento.

Il report del WP1 è suddiviso in 5 parti:

1. Analisi di contesto,
2. Metodologia,
3. Indagine sui produttori,
4. Indagine sui consumatori,
5. Risultati dell'analisi costi-benefici.

Lo studio di fattibilità si pone come fine quello di valutare gli effetti della soluzione proposta nelle aziende acquicole italiane:

- in termini di sostenibilità, ovvero lo studio dei costi e dei benefici che derivano dall'introduzione di farina di insetto *Hermetia Illucens* nelle diete degli allevamenti.
- in termini di accettazione e disponibilità ad acquistare questi prodotti da parte dei consumatori italiani, a completamento del quadro dei benefici prodotti.

PRIMA PARTE – ANALISI DI CONTESTO

Nel 2021, l'acquacoltura europea ha realizzato una produzione di 1,1 milioni di tonnellate, per un valore di 4,2 miliardi di euro. L'acquacoltura italiana ha prodotto nello stesso anno 145.882 tonnellate, al terzo posto dopo Spagna e Francia (Fig.1), per un valore stimato attorno a 547 milioni di euro (Fig. 2). In particolare, l'Italia contribuisce alla produzione europea (13%) attraverso l'allevamento di pesci, per lo più trote, orate, spigole, carpe, tonni e salmoni, e molluschi, tra cui cozze, ostriche e vongole (Eurostat, 2021).

Nel 2021, i principali Paesi da cui l'Italia importa prodotti di allevamento sono Spagna (24%), Paesi Bassi (7%), Svezia (6%) e Danimarca (6%). Mentre i principali Paesi in cui ha esportato sono stati Germania (14%), Spagna (13%), Francia (8%) ed Austria (5%).

In Italia sono attualmente attive 3.679 aziende (BDN, 2023), di cui 2.404 si occupano di piscicoltura (65,34%), 1.224 di molluschicoltura (33,27%) e 51 di allevamento di crostacei (1,39%).

SECONDA PARTE - METODOLOGIA

Il corretto equilibrio della componente proteica della dieta dei pesci permette un'ottimizzazione dell'accrescimento, migliori indici di conversione, riduzione dell'impatto ambientale e dei costi di alimentazione, nonché un miglioramento della qualità del prodotto. Pertanto, è necessario far riferimento ad alcuni indicatori principali come:

- *Feed Conversion Ratio (FCR) (Kg feed / kg fish biomass gain)*, il quale indica la quantità di mangime necessaria per ottenere 1 chilogrammo di aumento di biomassa ittica;
- *Economic Conversion Ratio (ECR) (Feed cost/kg fish biomass gain)*, fornisce una misura dell'efficienza economica dei mangimi moltiplicando l'FCR e il costo dei mangimi;
- *FIFO (Fish In-Fish Out Ratio) (Kg fish eq. / kg fish biomass gain)*, il quale indica la quantità di pesce vivo proveniente da piccole attività di pesca demersale e pelagica necessaria per produrre la quantità di mangime per ottenere 1 chilogrammo di aumento di biomassa ittica;
- *FDDR meal (Forage Fish Dependency Ratio Meal) (Kg fish meal eq. / kg fish biomass gain)*, il quale indica la quantità equivalente di farina di pesce vivo proveniente da piccole attività di pesca demersale e pelagica necessaria per produrre la quantità di mangime necessaria per produrre 1 chilogrammo di aumento di biomassa ittica.
- *FDDR oil (Forage Fish Dependency Ratio Oil) (Kg fish oil eq./kg fish biomass gain)*, il quale indica la quantità equivalente di olio di pesce necessaria per produrre 1 chilogrammo di aumento di biomassa ittica.

Uno studio di fattibilità deve determinare se le ipotesi del progetto abbiano probabilità di successo e se durante la fase di exploitation, abbia le potenzialità per essere sostenibile su larga scala e non solo su via sperimentale. Può ritenersi come uno dei fattori fondamentali per determinare se il progetto possa essere portato avanti o no. Per far ciò bisogna considerare tre aree di fattibilità:

- **fattibilità tecnica e operativa:** valuta se esistono le risorse tecniche per rispondere alle idee progettuali. Si valutano quindi aspetti critici, da quelli tecnologici a quelli di laboratorio. Nel caso del progetto in questione, verrà valutata anche l'aspetto sensoriale, cercando di valutare l'accettabilità del mangime da parte del pesce nella fase di produzione e da prove sensoriali sul consumatore di pesce allevato.
- **fattibilità economica:** questa fase sarà basata su un'analisi costi-benefici del progetto, in questo caso percepita, data la bassa introduzione e diffusione della pratica. I risultati sperimentali verranno supportati nella parte dei benefici anche da una indagine sul consumatore per vederne i possibili effetti sul mercato.
- **fattibilità giuridica:** verifica degli ostacoli normativi all'introduzione della tecnica.

ACQUAINNOVA essendo un progetto sperimentale condotto con finanziamenti pubblici nell'ambito del programma FEAMP, non mostra criticità dal punto di vista né tecnico-operativo, né giuridico. Dal punto di vista economico, il progetto supporta la realizzazione di prove sperimentali, condotte in ambiente controllato nell'Università. Per avere un quadro più completo della sostenibilità economico-finanziaria della pratica,

diventa sempre più necessario realizzare un'analisi costi-benefici su aziende che potrebbero fornire indicazioni aggiuntive alle prove sperimentali.

L'Università degli Studi di Udine ha condotto uno studio sperimentale sulla composizione dei mangimi utilizzati nell'allevamento di Trota e Orata. Ciò ha comportato la formulazione e la sperimentazione di diverse composizioni mangimistiche contenenti anche le farine di insetto. Tra queste, anche quella derivante da larve di *Hermetia illucens*.

Alla sperimentazione è seguito il calcolo di alcuni indici oltre che la valutazione degli effetti dei mangimi formulati sulla crescita, il benessere e la sicurezza dei pesci allevati.

La Tab. 3 riporta una comparazione delle varie formulazioni e degli indici più importanti. La prova sperimentale è stata condotta utilizzando un mangime con l'inserimento di farina di *Hermetia Illucens*, uno prodotto con farine di *Tenebrio Molitor* e uno con una combinazione delle due.

Essendo prove sperimentali, i risultati offrono considerazioni parziali per stimare la sostenibilità economica, ma sicuramente mostrano indicatori incoraggianti sulla fattibilità tecnica per l'introduzione di tali farine.

Tabella 3 Formulazioni mangimistiche e principali indici nelle prove sperimentali (UNIUD)

<i>Orata</i>	<i>Controllo</i>	<i>Hermetia Illucens</i>	<i>Tenebrio Molitor</i>	<i>Mix Hermetia/Tenebrio</i>	<i>Commerciale</i>
Formula cost €/kg	1,101	1,413	1,877	1,644	
Estimated Feed cost €/kg	1,38	1,77	2,35	2,06	1,35
FCR	1,17	1,13	1,14	1,14	1,44
ECR	1,61	1,99	2,67	2,35	1,94
FIFO	0,40	0,39	0,39	0,39	0,99
FFDR meal	0,24	0,23	0,24	0,24	0,60
FFDR oil	0,97	0,94	0,95	0,95	1,20
<i>Trota</i>	<i>Controllo</i>	<i>Hermetia Illucens</i>	<i>Tenebrio Molitor</i>	<i>Mix Hermetia/Tenebrio</i>	<i>Commerciale</i>
Formula cost €/kg	1,15	1,44	1,91	1,68	
Estimated Feed cost €/kg	1,44	1,80	2,39	2,09	1,45
FCR	0,79	0,78	0,78	0,8	0,91
ECR	1,14	1,41	1,86	1,67	1,31
FIFO	0,20	0,20	0,20	0,21	0,63
FFDR meal	0,16	0,16	0,16	0,17	0,38
FFDR oil	0,33	0,33	0,32	0,33	0,76

Fonte: elaborazioni Università di Udine per il Progetto Acquainnova, aggiornamento a ottobre 2023.

I risultati preliminari mostrano elementi chiari:

- 1) La fattibilità tecnica operativa è assicurata in quanto la gestione delle farine è facilmente integrabile come pratica ed è già stato testato sulle specie sopra riportate;
- 2) La fattibilità giuridica è coperta dalla legge ordinaria;
- 3) La fattibilità economica dovrà essere valutata assieme ai risultati dell'analisi costi-benefici, poiché le sole prove sperimentali ancora non mostrano evidenze robuste e conclusive.

Analisi costi benefici.

Per valutare la sostenibilità dell'introduzione di mangimi costituiti in parte da farine di *Hermetia Illucens* è stata condotta l'analisi *Costi-Benefici* (ACB), i cui risultati sono riportati nella parte finale dell'elaborato.

L'ACB consiste in una serie di regole e procedure sistematiche destinate a orientare le scelte di investimento delle organizzazioni. Tecnicamente è un'analisi monetaria, basata sulla tecnica dei flussi di cassa attualizzati, utilizzata per misurare la sostenibilità finanziaria ed economico-sociale di un investimento dal punto di vista della collettività. Nella letteratura economica, al termine "*Analisi costi-benefici*" vengono attribuiti significati notevolmente diversi, e sostanzialmente rimarcano il concetto che tale analisi sia uno strumento utilizzato per misurare i benefici della collettività. Infatti, il fondamento teorico su cui si fonda è l'economia del benessere. Negli studi recenti di Sen (2001) viene proposta una definizione che si distingue per la sua estrema chiarezza e abbraccia i principi fondamentali dell'analisi senza necessariamente focalizzarsi su tecniche specifiche impiegate nella pratica o campi di applicazione particolari: un'azione dovrebbe essere intrapresa se, e solo se, i benefici superano o sono almeno pari ai costi ad essa associati (Mishan e Quah, 2020).

L'intervento (o progetto) potrebbe, influenzare i prezzi di mercato e avere ripercussioni sia sul fronte della produzione che su quello dei consumi. Pertanto, per valutare i benefici e i costi derivanti dall'intervento è necessaria la conoscenza di una serie di informazioni specifiche. La raccolta di queste informazioni è avvenuta attraverso due indagini:

- 1) Indagine sulle aziende operanti nel settore dell'acquacoltura registrate presso l'Associazione Piscicoltori Italiani (API);
- 2) Indagine sui consumatori italiani di prodotti ittici allevati.

TERZA PARTE - INDAGINE SUI PRODUTTORI DI PRODOTTI ITTICI ALLEVATI

In questa parte del lavoro, si è inteso esaminare in dettaglio le percezioni e la conoscenza degli acquacoltori sull'uso della farina d'insetto "*Hermetia Illucens*" nell'alimentazione dei pesci. Attraverso l'utilizzo di un questionario costruito *ad hoc* si è voluto acquisire una comprensione più completa del mercato, in particolare degli allevatori e capire quali sono i fattori che aiutano o ostacolano le aziende a confrontarsi con la soluzione proposta dal progetto.

La somministrazione del questionario è avvenuta attraverso uno strumento CAWI a un campione di aziende di acquacoltura registrate presso l'Associazione Piscicoltori Italiani (API).

Il questionario comprende domande sul profilo socio-strutturale e sulla conoscenza e utilizzo (reale e potenziale) della farina di insetto nell'alimentazione dei pesci. Più in dettaglio, le sezioni del questionario sono riportate di seguito:

- Sezione I: Dati socio-strutturali (es. Genere; Età; Livello di istruzione; Coerenza tra il titolo di studio e l'ambito dell'acquacoltura o della pesca; Numero di membri della famiglia occupati in azienda; Numero di dipendenti esterni alla famiglia; Specializzazione dell'azienda; Ambito operativo dell'azienda; Destinazione geografica del prodotto; Principali costi dell'azienda; Dimensione economica dell'impresa; Crescita negli ultimi 5 anni dell'azienda; Investimenti in tecnologie e pratiche innovative; Tipologia di innovazione adottata; Anno di fondazione; Numero di anni di presenza sul mercato dell'azienda.
- Sezione II: Conoscenza delle farine di insetto; Specifiche farine di insetto conosciute; Fonti di conoscenza delle farine di insetto; Tempo dedicato all'informazione e all'aggiornamento su innovazioni nell'alimentazione dei pesci; Propensione ad utilizzare farina di insetto nell'alimentazione dei pesci; Propensione ad integrare l'alimentazione con farine di insetto proveniente da larve di mosca soldato nera (*Hermetia illucens*); Percezione del prezzo delle farine di insetto; Incidenza del costo della farina di insetto sul costo di produzione; Utilizzo di farine di insetto nell'azienda; Aspetti positivi e negativi dell'uso di farina di insetto.

Il campione complessivamente raggiunto attraverso la somministrazione del questionario è stato di 30 aziende operanti nel settore dell'acquacoltura in Italia. Dopo un'attenta analisi dei dati raccolti, sono stati esclusi 2 questionari, per inconsistenza delle informazioni fornite. Alla fine, quindi, il campione analizzato è stato di 28 aziende.

Sintesi dei principali risultati dell'indagine sugli acquacoltori italiani

Profilo socio-strutturale

- Quasi la totalità degli allevatori (85,7%) appartiene al genere maschile.
- L'età media degli intervistati è di 47 anni.
- Oltre la metà (67,9%) non possiede un titolo di studio correlato con l'acquacoltura o la pesca. Gli allevatori che possiedono il titolo di laurea rappresentano il 57% degli intervistati. Il 43% possiede un diploma.
- Il 46% degli allevatori ha dichiarato di avere tra i propri dipendenti più di un familiare.
- La maggior parte degli allevatori (60,71%) ha dichiarato di ricoprire la posizione di amministratore dell'azienda da più di 10 anni.
- La maggioranza delle aziende (71,43%) è specializzata in acquacoltura di acqua dolce.
- Gran parte degli allevatori (46,4%) attualmente colloca i loro prodotti sul mercato nazionale come destinazione principale
- La maggior parte delle aziende intervistate (46,4%) fatturano oltre 1.000.000 euro all'anno.
- La maggior parte degli allevatori (71,4%) ha dichiarato di aver avuto accesso alle misure del FEAMP
- Una buona parte degli allevatori (64,3%) ha dichiarato di aderire a qualche tipologia di rete d'impresa.

Tabella 4 Sintesi dell'incidenza percentuale delle principali voci di costo sul bilancio annuale

	0-5%	6-10%	11-15%	16-20%	21-25%	26-30%	Oltre il 30%
Impianti di allevamento	X						
Macchinari ed attrezzature	X						
Fabbricati	X						
Acquisto uova embrionate e avannotti	X						
Mangime							X
Salari e stipendi			X				
Servizi esterni	X						
Spese energetiche			X				
Manutenzione		X					

Propensione ad introdurre farine d'insetto nella dieta

Come condizione di partenza, attraverso una domanda filtro è stato verificato che gli allevatori intervistati avessero già sentito parlare della pratica di alimentazione dei pesci d'allevamento mediante l'uso di farine d'insetto. Questo è stato identificato come il requisito per partecipare all'indagine.

- Conoscenza:

- La maggior parte degli allevatori (75%) è venuto a conoscenza delle farine d'insetto attraverso la partecipazione a fiere/eventi/conferenze.
- Il 60,71% degli allevatori non saprebbe elencare specifiche farine d'insetto.
- Il 67,86% degli allevatori si informa e aggiorna sulle innovazioni nell'alimentazione dei pesci da 1 a 4 ore al mese.

- Propensione a adottare:

- La maggior parte degli allevatori (85,71%) sarebbe disposto ad integrare l'alimentazione dei pesci con farina d'insetto ed il 78,57% sarebbe disposto ad integrare quella derivante da larve di mosca soldato nera (*Hermetia illucens*).
- Il 60,71% degli intervistati non adotta queste farine: tra questi il 50 % vorrebbe farlo in futuro, mentre il 10,71% non è disposto a introdurle in ogni caso.
- Il 25% degli allevatori ha dichiarato di aver introdotto questa farina solo in via sperimentale.
- Altri allevatori (14,28%) hanno dichiarato di utilizzare farine d'insetto su gruppi di pesci in specifiche fasi di sviluppo o su tutta la produzione.

- Considerando chi ha adottato la dieta con farina di insetto in via sperimentale, la maggior parte (81,82%) ha introdotto questa pratica da meno di un anno, mentre, la restante parte (18,18%) lo ha fatto da più di un anno.
- Negli ultimi 5 anni, parte degli allevatori (39,3%) ha investito in tecnologie e pratiche innovative come, ad esempio: strumenti di automatizzazione, impiego di energie alternative, impiego di mangimi alternativi, ecc. Il 35,7% non ha investito in nessuna di queste.
- *Barriere all'introduzione delle farine di insetto*
 - Gli elevati costi e la scarsa accettazione del consumatore sembrano rappresentare la principale barriera all'introduzione di farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci (indicati con il punteggio più alto tra le barriere all'introduzione).
 - Il 67,85% degli allevatori dichiara che l'introduzione di questa farina non richiede adattamenti organizzativi.
 - L'82,1% degli allevatori dichiara che l'introduzione di questa farina non richiede radicali cambiamenti nelle pratiche di gestione attualmente utilizzate (somministrazione, pulizia impianti, ecc.).
 - La maggioranza degli allevatori (82,14%) ritiene che l'introduzione di questa farina d'insetto comporti un livello di prezzo più alto rispetto alle tradizionali formulazioni mangimistiche. Il 65% degli allevatori ritiene che l'utilizzo di queste farine incida fino al 20% in più sul prezzo del mangime.
 - Il 71,43% degli allevatori ha dichiarato che l'introduzione di questa farina incide/inciderebbe maggiormente sul costo di produzione rispetto alla dieta tradizionale.
 - La maggior parte degli allevatori ha dichiarato che una motivazione che spingerebbe ad introdurre farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci sarebbe la riduzione dei costi/maggiore resa, mentre una percentuale riguarda la sostenibilità ambientale, la salute, il benessere del pesce e l'accettazione da parte del consumatore.
 - Il 14,3% degli allevatori non sarebbe disposto ad acquistare pesce o prodotti ittici allevati se fosse/fossero alimentato/i con farine d'insetto
- *Benefici attesi*
 - La maggior parte degli allevatori (64,3%) ritiene che l'utilizzo di mangimi a base di farine di insetto apporti benefici¹ ambientali (risposta multipla).
 - Il 32,14% degli allevatori ritiene che queste pratiche apportino benefici economici come un aumento dei profitti e una migliore efficienza produttiva (risposta multipla).
 - Una percentuale più bassa (10,71%) afferma che questa pratica apporta benefici sociali come, ad esempio, una migliore qualità del lavoro (risposta multipla).
 - È interessante notare che il 25% degli allevatori ritiene che l'utilizzo di queste farine non abbia alcun tipo di beneficio (risposta multipla).
 - La maggior parte degli allevatori (67,86%) ritiene che l'utilizzo di mangimi a base di farine d'insetto apporti benefici sia per l'azienda che per l'ambiente esterno.
 - Più della metà degli allevatori (57,1%) ritiene che con l'introduzione di farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci, i costi sostenuti non sono/sarebbero compensati dai benefici attesi.
 - Sapendo che la farina di insetto potrebbe apportare benefici all'ambiente, il 46,4% degli allevatori non sarebbe disposto a pagare di più rispetto all'attuale dieta per mangimi basati sull'utilizzo di farina di insetto, mentre, il 53,6% degli allevatori ha dichiarato di essere disposto a pagare fino al 25% in più.
- *Istituzioni e mercato:*
 - Secondo gli intervistati gli elevati costi all'introduzione di queste farine potrebbero essere compensati sia dal mercato che dalle istituzioni.
 - Il 57,14% adotterebbe le farine di insetto o ne aumenterebbe l'utilizzo se lo richiede il consumatore.

¹I benefici possono essere: reali quando consistono in vantaggi realmente ottenuti e le conseguenze misurabili dell'introduzione di mangimi a base di farine di insetto e percepiti quando riguardano le percezioni degli allevatori dei vantaggi o risultati ottenibili dall'introduzione di questi mangimi a base di farine di insetto.

- Il 50% di loro ritiene che l'introduzione delle farine d'insetto richieda elevati costi, difficili da sostenere senza un incentivo da parte delle politiche.
- Il 57,2% degli allevatori ritiene che uno sforzo ulteriore delle istituzioni, in questo momento, sarebbe determinante per aumentare il livello di diffusione di queste pratiche.
- Dall'analisi dei dati, in particolare la lettura delle barriere all'introduzione, sembrerebbe che gli allevatori ritengano che i costi potrebbero essere compensati maggiormente dal mercato. Sottolineano, comunque, l'importanza di ricevere un supporto da parte delle istituzioni.
- Una gran parte degli allevatori (75%) ha dichiarato che il prezzo di mercato dovrebbe aumentare fino al 25% in più per remunerare i costi sostenuti.
- La maggior parte degli allevatori (73,1%) ha dichiarato che il consumatore non sarebbe disposto a pagare di più per prodotti allevati con farine d'insetto rispetto a una dieta più tradizionale.
- Una buona parte degli allevatori (46,4%) ritiene che informare il consumatore sull'uso di farina d'insetto nell'alimentazione dei pesci possa apportare effetti positivi sulle sue preferenze di consumo (es. Attributi di sostenibilità).

QUARTA PARTE – INDAGINE SUI CONSUMATORI

In questa parte del lavoro, si è inteso esaminare i principali fattori, le abitudini e le preferenze dei consumatori italiani nei confronti dei prodotti ittici allevati. In particolare, quelli ottenuti attraverso pratiche mangimistiche innovative come l'uso di farine d'insetto derivanti da larve di mosca soldato nera (*Hermetia Illucens*). Attraverso l'utilizzo di un questionario costruito ad hoc si vuole acquisire una comprensione più completa della domanda e comprendere le preferenze e le motivazioni che spingono i consumatori all'acquisto di questi prodotti.

Indagine sul consumatore di prodotti ittici allevati

La somministrazione del questionario è stata condotta utilizzando il metodo *CAWI* (*Computer-Assisted-Web-Interview*). La fonte utilizzata per definire le quote della popolazione è stata l'Istituto Nazionale di Statistica. Inoltre, l'indagine ha registrato un tasso di penetrazione del 75%, che indica la percentuale di partecipanti che hanno risposto al questionario rispetto alla popolazione selezionata in generale.

Il questionario conteneva una domanda filtro che consentiva di distinguere fra consumatori e non consumatori di prodotti ittici allevati. In questo modo è stato possibile selezionare e analizzare il campione dei consumatori oggetto di interesse in questo studio. Il questionario è organizzato in 2 sezioni. In particolare:

- Sezione I: Informazioni sociodemografiche di base dei rispondenti (es. Genere, Età, Educazione, Componenti della Famiglia, Luogo di Residenza, Livello di Reddito Annuo Lordo, Stile Alimentare, Spostamenti nell'ultimo decennio);
- Sezione II: Scelte e abitudini di consumo riguardo i prodotti ittici allevati (Abitudini di acquisto, preferenze e le opinioni dei partecipanti sui prodotti ittici allevati e disponibilità a pagare).

Il tempo medio per rispondere al questionario è stato di circa 4 minuti.

Nelle tabelle 5 e 6 è riassunta una breve descrizione del campione.

Il campione complessivamente raggiunto attraverso la somministrazione del questionario è stato di 3.373 individui.

Nelle tabelle successive viene riportata una breve sintesi delle caratteristiche salienti campione complessivamente raggiunto dove il genere leggermente predominante era quello femminile (53,25%). Il 79,43% del campione era composto da individui con un'età maggiore di 35 anni.

Tabella 5 Sintesi descrittivi del campione (Quote della popolazione %)

Genere	Valore percentuale
Maschile	46,64 %
Femminile	53,25 %

Altro	0,11 %
Età	Valore percentuale
18-24	7,47 %
25-34	13,10 %
35-44	16,43 %
45-54	18,65 %
55-64	15,86 %
64+	28,49 %
Area	Valore percentuale
Centro	19,42 %
Nord-Est	19,51 %
Nord-Ovest	26,53 %
Sud e Isole	34,54 %

Tabella 6 Suddivisione del campione in "Consumatori e "Non consumatori" di prodotti ittici allevati

Consuma prodotti ittici allevati?	Frequenza
Si	2.501
No	872
Totale	3.373

Dopo una prima fase di "Quality check" del dataset, è stata esclusa dall'analisi soltanto una osservazione/individuo tra i consumatori, le cui risposte non erano pertinenti alle esigenze dell'indagine. Pertanto, i consumatori analizzati sono 2.500.

Da una prima analisi del campione complessivo, i consumatori di prodotti ittici allevati hanno dichiarato di acquistare anche altre categorie di prodotti provenienti da allevamenti, come latte (88,56%), polli e uova (94,48%) e carne (94,92%).

Non consumatori

Quesito: "Se non acquista pesce d'allevamento, indicare i motivi" (risposta aperta)

Nella ricerca delle ragioni per cui questo gruppo non consumava prodotti ittici allevati, le risposte sono state analizzate e poi raggruppate in sei categorie (**Fig.1**).

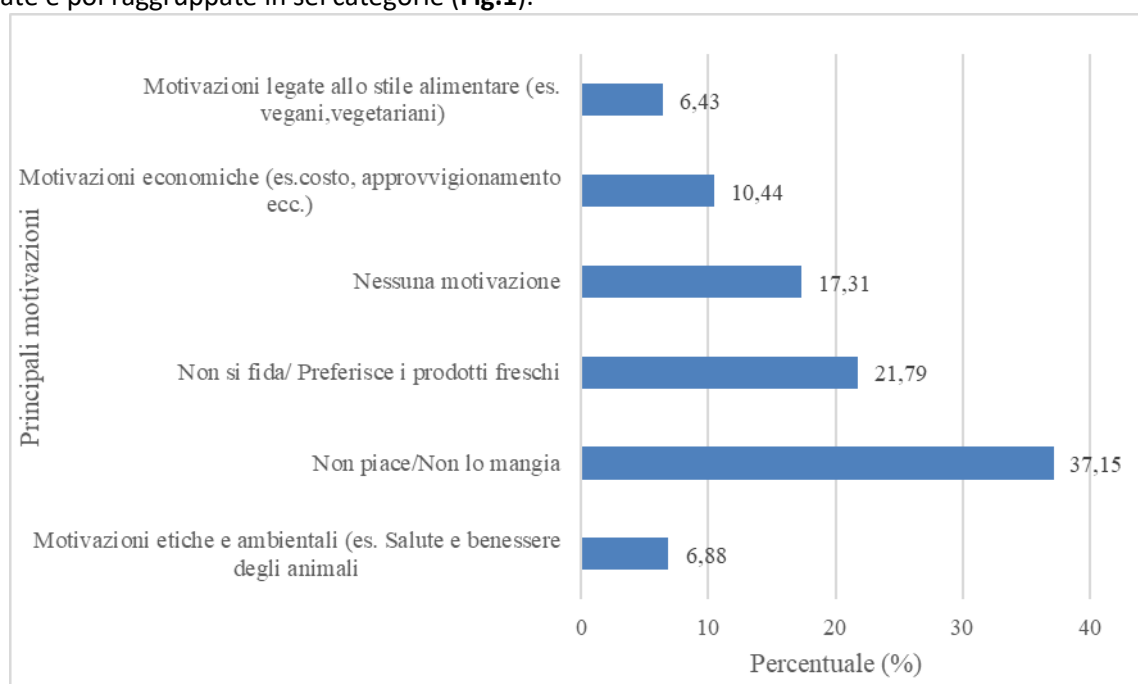


Figura 1 Quesito: "Se non acquista pesce d'allevamento, indicare i motivi" (domanda aperta)

Sintesi dei principali risultati dell'indagine sui consumatori italiani di pesce di allevamento

Profilo sociodemografico

- Il genere predominante tra i consumatori di prodotti ittici allevati è quello femminile (51,8%).
- La fascia d'età "64 anni o più" è quella maggiormente presente e costituisce il 27,07% dei consumatori.
- Gran parte dei consumatori rispondenti (34,75%) proviene dall'Area "Sud e Isole", mentre, il 26,27% proviene dall'Area "Nord-Est. Una parte minore dei consumatori (19,95%) proviene dall'Area "Centro", mentre il 19,03% dei consumatori dall'Area del Nord-Ovest.
- Più della metà dei consumatori (52,38%) possiede un Diploma, mentre, il 37,7% possiede almeno una laurea.
- Il 37,42% dei consumatori vive con il proprio coniuge/partner e i figli/e, mentre, il 29,87% vive con il proprio coniuge/partner. Oltre la metà dei consumatori (57,34%) ha dichiarato di non avere figli.
- Il gruppo prevalente di consumatori (35,76%) rientra nella fascia di reddito annuo lordo compresa tra 21-35 mila euro, mentre il 22,96% dei consumatori rientra nella fascia 26-75 mila euro. Il 20,91% ha dichiarato un reddito non superiore a 15 mila euro. Il 17,11% dei consumatori rientra nella fascia di reddito compresa tra 16 e 20 mila euro. Una piccola parte di consumatori (3,24%) ha dichiarato un reddito superiore a 75 mila euro.
- Gran parte dei consumatori (74%) ha dichiarato che vive nello stesso territorio da generazioni.

Abitudini e scelte d'acquisto

- La maggioranza dei consumatori (37%) ha dichiarato di consumare prodotti ittici allevati almeno una volta a settimana.
- Il fattore che influenza maggiormente l'acquisto, in base agli ordinamenti del consumatore, è il "rapporto qualità prezzo", mentre, quello che influenza di meno la "sostenibilità dei prodotti".
- Oltre la metà dei consumatori (67%) preferisce fare acquisti presso supermercati/ipermercati.
- Gran parte dei consumatori (45%) preferisce ricevere informazioni direttamente dal personale dei punti vendita.
- IL 26% ha dichiarato di prestare attenzione sull'etichetta dei prodotti alle informazioni relative alla "data di scadenza/ data di cattura o raccolta", mentre, il 23% dei consumatori ha dichiarato, invece, di prestare particolarmente attenzione alle informazioni "riguardanti il pescatore, l'allevamento ittico o l'origine del prodotto".
- Il 33% dei consumatori non era a conoscenza del fatto che il pesce proveniente dall'acquacoltura venisse allevato con mangimi contenenti materie come farine animali e vegetali.

Disponibilità a pagare

Nell'analisi delle risposte degli intervistati sulla disponibilità a pagare per i prodotti ittici allevati con mangimi a base di farine di insetto emerge una buona fetta di consumatori (68%) non disposti a pagare per questo prodotto. Tuttavia, la loro disponibilità è aumentata dopo le informazioni ricevute circa i benefici ambientali che questa soluzione potrebbe apportare.

- La percentuale dei consumatori che "Non sono disposti a pagare di più" è diminuita del 12% passando dal 68% in assenza di informazione al 56%.
- Inoltre, coloro che prima erano disposti a pagare "Fino al 10% in più" sono passati dal 20,43% al 25,26%
- Coloro che erano disposti a pagare "Tra il 10 e il 25% in più" aumentati dal 11% al 14%.
- Incrementi residuali si sono verificati per la DAP "Oltre il 50 % in più".

Tabella 1 Variazione della disponibilità a pagare del consumatore a seguito dell'informazione ricevuta

Disponibilità a pagare	Percentuale ante-informazione (A)	Percentuale post informazione (B)
Non sono disposto a pagare di più	68%	56% (-12%)
Fino al 10 % in più	17%	25% (+8%)
Tra il 10% e il 25%	11%	14% (+3%)
Più del 25%	3,52%	4,16% (+0,64%)

A) **Quesito:** “Quanto sarebbe disposto a pagare di più prodotti ittici allevati con farine d’insetto?”

B) **Quesito:** “La farina d’insetto rappresenta una fonte di proteine sostenibile dal punto di vista ambientale. L'allevamento di insetti, rispetto a molte altre fonti proteiche, richiede meno acqua e terreno, produce meno rifiuti e meno gas a effetto serra. Sapendo questo, quanto sarebbe disponibile a pagare di più prodotti ittici allevati con farine di insetto?”

QUINTA PARTE: RISULTATI DELL’ANALISI COSTI-BENEFICI

In questa parte dell’elaborato sono presentati i risultati dell’analisi costi benefici (ACB). In particolare, le aziende appartenenti al campione sono state classificate in tre categorie in base all’adozione di farine d’insetto nelle diete dei pesci:

- Aziende che adottano farine d’insetto nell’alimentazione dei pesci;
- Aziende che adottano solo in via sperimentale
- Aziende che non adottano farine d’insetto nell’alimentazione dei pesci;

Le prime due categorie di aziende nella ACB riportano i costi e i benefici effettivamente sostenuti o ottenuti dall'introduzione delle farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci (costi e benefici reali). La terza categoria di aziende riporta i costi e i benefici potenziali associati all'adozione delle farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci.

Analisi del profilo socio-strutturale

In questo paragrafo vengono riportate sinteticamente le informazioni relative al profilo socio-strutturale delle aziende che adottano farine d’insetto (adottanti), aziende che adottano solo in via sperimentale farine d’insetto (sperimentatori) e aziende che non adottano neanche in via sperimentale farine d’insetto nell’alimentazione dei pesci (non adottanti).

Nella **tab. 8.** sono riportate le principali variabili come: Genere dell’allevatore, Età media, Livello di istruzione, Specializzazione produttiva dell’azienda, Destinazione geografica del prodotto, Dimensione economica (fatturato annuo), Crescita aziendale negli ultimi (5 anni), Investimenti aziendali negli ultimi 5 anni.

Tabella 2 Profilo socio-strutturale delle aziende classificate nelle tre categorie

	Adottanti	Sperimentatori	Non adottanti
<i>Genere*</i>	Maschile (100%)	Maschile (86%)	Maschile (88%)
<i>Età media</i>	48	52	46
<i>Livello di* istruzione</i>	Diploma (50%); Laurea (50%);	Laurea (57%)	Laurea (47%)
<i>Specializzazione*</i>	Acquacoltura di acqua dolce (100%)	Acquacoltura di acqua dolce (100%)	Acquacoltura di acqua dolce (76%)

<i>Destinazione geografica del prodotto*</i>	Regionale (50%)	Nazionale (43%)	Nazionale (53%)
<i>Dimensione economica (fatturato annuo) *</i>	Inferiore a 500.000 euro (75%)	Oltre 1.000.000 euro (71%)	Inferiore a 1.000.000 euro (59%)
<i>Crescita aziendale negli ultimi 5 anni*</i>	Stabile (50%)	Cresciuta economicamente (71%)	Cresciuta economicamente (41%) e stabile (41%)
<i>Investimenti aziendali negli ultimi 5 anni*</i>	Pratiche innovative e innovazioni tecnologiche (50%); Nessun investimento (50%)	Pratiche innovative e innovazioni tecnologiche (71%)	Né in pratiche innovative né in innovazioni tecnologiche (47%)

* Le diverse categorie sono state descritte per la caratteristica più frequente.

Incidenza delle principali voci di costo sul bilancio annuale

L'incidenza delle principali voci di costo nel bilancio annuale è un elemento fondamentale in quanto riflette il peso relativo delle diverse spese sostenute nel quadro finanziario complessivo dell'azienda. Nella successiva tabella (**Tab.9**) sono state riportate le informazioni relative all'incidenza percentuale delle principali voci di costo sul bilancio annuale delle tre categorie identificate precedentemente.

Tabella 3 Sintesi dell'incidenza percentuale sul bilancio annuo delle principali voci di costo delle aziende

Voce di costo	Tipologia	Incidenza percentuale sul bilancio annuo						
		0-5%	6-10%	11-15%	16-20%	21-25%	26-30%	Più del 30%
Impianti di allevamento*	Adottanti			X				
	Sperimentatori	X						
	Non adottanti	X						
Macchinari e attrezzature*	Adottanti		X					
	Sperimentatori	X						
	Non adottanti	X						
Fabbricati*	Adottanti	X	X					
	Sperimentatori	X						
	Non adottanti	X						
Acquisto di uova embrionate e avannotti*	Adottanti				X			
	Sperimentatori	X						
	Non adottanti	X						
Mangime*	Adottanti							X
	Sperimentatori		X					X
	Non adottanti							X
Salari e stipendi*	Adottanti					X		
	Sperimentatori		X					
	Non adottanti			X				
Servizi esterni*	Adottanti			X				
	Sperimentatori	X	X					
	Non adottanti	X						
Spese energetiche*	Adottanti			X				X
	Sperimentatori			X				
	Non adottanti				X			X
Manutenzione*	Adottanti	X		X	X			X
	Sperimentatori	X	X					
	Non adottanti		X					

* Le diverse categorie sono state descritte per la caratteristica più frequente.

Complessità percepita da parte dell'allevatore sull'introduzione delle farine d'insetto

La percezione dell'allevatore influenza direttamente la sua decisione di utilizzare o meno farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci. I risultati dell'analisi sulle diverse affermazioni sottoposte agli allevatori indica negli

elevati costi e nella scarsa accettazione del consumatore le principali barriere all'introduzione di farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci per tutti i gruppi.

Analisi dei costi

In questa sezione sono stati analizzati i costi reali e potenziali derivanti dall'introduzione delle farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci. Per l'analisi dei costi sono state considerate come variabili il livello di prezzo delle farine d'insetto e l'incidenza sul costo di produzione che l'azienda potrebbe affrontare nell'introduzione della soluzione proposta. Tutte le categorie evidenziano un livello di prezzo maggiore rispetto ai mangimi convenzionali, così come un maggiore incidenza sul costo di produzione.

La **tab. 10** presenta una sintesi dei risultati relativi ai costi (reali e potenziali) legati all'introduzione delle farine d'insetto per le aziende che adottano farine di insetto, aziende che adottano solo in via sperimentale farine di insetto e aziende che non adottano (neanche in via sperimentale) farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci.

Tabella 40 Sintesi dell'analisi dei costi reali e potenziali legati all'introduzione delle farine d'insetto per l'alimentazione dei pesci

Variabile	Reale		Potenziale
	Adottanti	Sperimentatori	Non adottanti
Livello di prezzo* (A) (rispetto a quello dei mangimi convenzionali)	Maggiore (75%)	Maggiore (71%)	Maggiore (88,23%)
Incidenza sul costo di produzione* (B) (rispetto a quello dei mangimi convenzionali)	Maggiore (50%)	Maggiore (71,43%)	Maggiore (76%)

* Le diverse categorie sono state rappresentate per la caratteristica più frequente.

Analisi dei benefici

In questa sezione sono riportati i benefici reali e potenziali derivanti dall'introduzione delle farine d'insetto nell'alimentazione dei pesci. Per l'analisi dei benefici sono state considerate come variabili gli aspetti ambientali, sociali ed economici di cui potrebbe beneficiare l'azienda ed il settore, e infine, il ruolo del mercato, ovvero la disponibilità del consumatore a sostenere livelli di prezzo superiori per la soluzione proposta.

Benefici delle farine di insetto: economici, sociali, ambientali

La sintesi dei risultati è presentata in **Tab.11**. Dal punto di vista dei benefici l'analisi evidenzia che una quota importante degli allevatori non si aspetta di ricevere benefici dall'introduzione di tale pratica. Tuttavia, tra coloro che ne riconoscono, i benefici ambientali sono quelli maggiormente evidenziati.

Tabella 11 Benefici che l'azienda ha ottenuto/otterrebbe con l'introduzione di farine d'insetto

Variabile (risposta multipla)	Reale		Potenziale
	Adottanti	Sperimentatori	Non adottanti

<i>Benefici (A)</i>	Ambientali (75%) Economici (50%) Sociali (25%)	Ambientali (86%)	Ambientali (53%) Economici (41%) Sociali (12%)
Nessun beneficio (A)	25%	14%	29%

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Per realizzare l'analisi costi-benefici sono state condotte due indagini: una sulle aziende operanti nel settore dell'acquacoltura condotta dall'Associazione Piscicoltori Italiani (28 aziende), una sui consumatori italiani di prodotti ittici allevati (2500 consumatori) (a completamento del quadro dei benefici).

Di seguito i principali risultati raggiunti con l'indagine sulle aziende operanti nel settore dell'acquacoltura:

- il mangime rappresenta la voce di costo più impattante sul bilancio aziendale (oltre il 30%);
- ancora non c'è una diffusa conoscenza sulle farine di insetto, ma nonostante questo sarebbero comunque propensi ad introdurle nel processo produttivo (circa 80%);
- dall'indagine emerge che alcuni (4 aziende) hanno già adottato e altre (7 aziende) stanno sperimentando la farina di insetto;
- tra i benefici (reali e percepiti) emergono per lo più quelli di sostenibilità ambientale.
- Driver all'introduzione: efficienza economica, accettazione del consumatore, supporto europeo e salute e benessere dell'animale.
- Barriere percepite dagli allevatori: elevati costi e scarsa accettazione del consumatore. Tuttavia, queste barriere sembrano ridursi all'aumento del livello di adozione della pratica (da sperimentatore ad adottatore).

Nella **tab. 12** sono riportate sinteticamente le principali barriere legate all'introduzione di farine d'insetto per l'alimentazione dei pesci per le tre tipologie aziendali considerate.

Tabella 12 Principali barriere legate all'introduzione di farine d'insetto

Barriera	Tipologia	Scala di valutazione (1-5)		
	Azienda	Importante (Valori 4 e 5)	Neutrale (Valore 3)	Non importante (Valori 1 e 2)
<i>Radicali cambiamenti nella routine aziendale</i>	Adottanti			X
	Sperimentatori			X
	Non adottanti			X
<i>Mancanza di azioni concrete delle istituzioni</i>	Adottanti	X	X	
	Sperimentatori	X	X	
	Non adottanti			X
<i>Elevati costi</i>	Adottanti	X		
	Sperimentatori	X		
	Non adottanti	X		
<i>Scarso utilizzo sul territorio</i>	Adottanti		X	X
	Sperimentatori			X
	Non adottanti			X
<i>Scarsa accettazione del consumatore</i>	Adottanti	X		
	Sperimentatori		X	
	Non adottanti	X		

Di seguito i principali risultati raggiunti con l'indagine sui consumatori italiani di prodotti ittici allevati:

- Il 33% dei consumatori non era a conoscenza che il pesce proveniente dall'acquacoltura venisse allevato con mangimi contenenti materie come farine animali e vegetali.
- Circa il 70% dei consumatori italiani dichiara di non essere disposto a pagare di più questi prodotti. Tuttavia, se il consumatore prende consapevolezza dei benefici ambientali che potrebbero scaturire dall'introduzione della pratica, la sua disponibilità a pagare aumenta. Infatti, i risultati

mostrano una riduzione della quota da 70% a 56%, mostrando quindi come quasi il 50% degli attuali consumatori premierebbe la scelta con un livello di prezzo superiore a quello attuale.

A fronte di questi risultati, l'analisi costi-benefici sottolinea che l'introduzione della farina attualmente genera costi maggiori rispetto alle diete attuali e che l'incertezza sul mercato genera sfiducia nei produttori, rallentando l'adozione della pratica.

Dal punto di vista dei benefici l'analisi evidenzia che una quota importante degli allevatori non si aspetta di ricevere benefici dall'introduzione di tale pratica. Tuttavia, tra coloro che ne riconoscono, i benefici ambientali sono quelli maggiormente evidenziati. I benefici economici, secondo i produttori, potrebbero provenire da un riconoscimento delle esternalità positive da parte del consumatore e in misura minore dal supporto istituzionale.

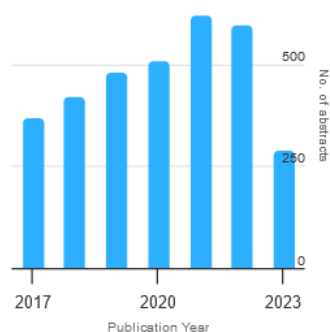
Lo studio di fattibilità economica sull'inserimento di farina di *Hermetia Illucens* (mosca soldato nera) nella dieta alimentare dei pesci allevati ha fornito gli elementi essenziali per comprendere la sostenibilità della pratica nel settore dell'acquacoltura italiana. Tuttavia, poiché lo studio include un campione limitato di aziende che hanno introdotto la soluzione proposta, future ricerche si concentreranno sul produrre un'analisi costi benefici completa, partendo dall'analisi della sfera del "percepito" che ha prodotto questo studio.

WP 2– Acquisizione dal mercato e caratterizzazione di ingredienti innovativi (farine di insetti) e convenzionali per la produzione di mangimi di nuova generazione per la trota e per specie marine.

WP2 - Dettaglio attività		Partner coinvolti	Deliverable
Attività 2.1			
2.1.1	Ricognizione delle informazioni disponibili nella letteratura scientifica sull'impiego di H.I. nella mangimistica delle specie ittiche.	UNIUD	Individuazione dei livelli ottimali di inclusione di farina da HI nei mangimi per pesci
2.1.2	Acquisizione delle farine di Hermetia illucens disponibili in commercio e degli ingredienti convenzionali necessari alla formulazione dei mangimi innovativi.	UNIUD	Acquisto delle Farine di Hermetia illucens e degli ingredienti convenzionali
Attività 2.2			
2.2.1	Caratterizzazione chimico - nutrizionale delle farine di Hermetia e degli ingredienti convenzionali	CIHEAM Bari	Schede con i parametri chimici nutrizionali, microbiologici degli ingredienti innovativi e convenzionali
2.2.2	Caratterizzazione microbiologica delle farine di Hermetia e degli ingredienti convenzionali	UNIUD	Schede con i parametri microbiologici degli ingredienti innovativi e convenzionali
Attività 2.3			
2.3.1	Formulazione e produzione di 8 (4+4) mangimi innovativi inclusivi delle farine di H.I.	UNIUD	8 formulazioni mangimistiche
2.3.2	Caratterizzazione chimico – nutrizionale dei mangimi innovativi	CIHEAM Bari	Schede con i parametri chimici, nutrizionali dei mangimi innovativi
2.3.3	Caratterizzazione microbiologica dei mangimi innovativi	UNIUD	Schede con i parametri microbiologici dei mangimi innovativi

WP 2.1.1. Ricognizione informazioni disponibili sull'impiego degli ingredienti a base di insetti

La prima attività prevista dal WP2 consisteva nella ricognizione da parte del partner UNIUD delle informazioni più aggiornate sull'impiego di farine di insetto nella mangimistica delle specie ittiche. Una minuziosa ricerca bibliografica via CAB-DIRECT ha evidenziato un crescente interesse della ricerca per l'impiego di queste farine innovative nei mangimi per pesci.



Il grafico riassume appunto l'esito della ricerca bibliografica dalla cui analisi è emerso che i livelli ottimali di farina di insetti nella dieta non sono facilmente individuabili dipendendo da molteplici fattori tra i quali:

- La specie di insetto ed il suo stadio di sviluppo al momento della riduzione in farina
- Le caratteristiche del substrato di coltura degli insetti
- Le caratteristiche del processo di trasformazione
- La specie ittica a cui sono destinate
- Il costo di produzione ed il prezzo di mercato della farina risultante.

I primi tre fattori, influenzando le caratteristiche chimico-nutrizionali della farina, ne influenzano in ultima analisi il valore nutritivo per le diverse specie ittiche. Per le farine di insetto più reperibili sul mercato come quella di larve parzialmente sgrassate di *Hermetia illucens*, il valore nutritivo, pur importante, passa tuttavia quasi in secondo piano nella scelta dei livelli massimi di inclusione nei mangimi per pesci carnivori, per la cui definizione i prezzi di mercato hanno importanza dirimente.

Pertanto, sulla scorta dei risultati zootecnici, della risposta in termini di benessere animale reperiti nella letteratura più aggiornata; considerando anche l'andamento dei prezzi di mercato di questo ingrediente, nel corrente progetto il limite massimo di inclusione della farina di *H. illucens* è stato individuato nel 12% in peso della formula del mangime oltre il quale il suo impiego diviene economicamente insostenibile per mangimisti ed allevatori ittici.

WP2.1.2. Acquisizione degli ingredienti

Il partner UNIUD attraverso una vasta indagine di mercato ha, con non poche difficoltà, reperito le farine di insetto da saggiare nei mangimi per trota ed orata.

Elenco dei produttori di insetti e farine d'insetto contattati .

Specie	Azienda	Note
<i>H. illucens</i>	Protix (NL)	-Mai ottenuto risposta
<i>H. illucens</i>	InnovaFeed (F)	-Stabiliti rapporti di fornitura ma non finalizzati per richiesta di vincolare i risultati del progetto alla loro approvazione.
<i>H. illucens</i>	Hermetia Gruppe (D)	-Mai ottenuto risposta
<i>H. illucens, T. molitor</i>	Ittinsect (Italia)	Fornitore di Acquainnova

Si è avviato all'impossibilità di acquisire più di una tipologia di farina di *Hermetia illucens* dal mercato nei tempi strettissimi imposti dalla scadenza progettuale, grazie all'acquisto di altra farina di insetto utilizzata nei mangimi per l'Acquacoltura ottenuta dalle larve parzialmente sgrassate della tarma della farina (*Tenebrio molitor*) unitamente ad una terza farina ottenuta dalla miscelazione in pari proporzioni di quelle di *Hermetia* e *Tenebrio*.

Oltre agli ingredienti test, il partner UNIUD ha provveduto al reperimento di altri ingredienti di origine nazionale conformi ai principi dell'economia circolare ritenuti sostenibili e validi nella formulazione di mangimi per pesci. Si trattava in particolare delle farine di residui della macellazione di avicoli (PBM) e di quella da organismi unicellulari residui dell'industria delle fermentazioni (farina batterica AMINOPRO, da *Corynebacterium glutamicum*). Tutti gli altri ingredienti ed additivi convenzionali necessari al completamento della formulazione dei mangimi sono stati reperiti nelle quantità e nei tempi previsti.

WP 2.2.1 Caratterizzazione chimico-nutrizionale degli ingredienti

Tutti gli ingredienti sono stati inviati al laboratorio di Chimica Agraria ed Ambientale del CIHEAM Bari per essere analizzati sotto il profilo delle caratteristiche chimico-nutrizionali.

Gli ingredienti sono stati analizzati per: composizione centesimale (tenori in Acqua, ceneri, Azoto totale Kijeldhal, grassi greggi (estratto etereo), fibra greggia; fibra alimentare; elementi minerali e vitamine A, D3 E, B3 e B5 con metodi Ufficiali (AOAC, 2016).

I risultati delle predette analisi, riferiti agli ingredienti tal quali, sono riportati nella tabella 2.1.

Tabella 2.1 Composizione centesimale, contenuti in fibra alimentare, elementi minerali e vitamine degli ingredienti sul tal quale.

		Farina di Hermetia	Farina di Tenebrio	Farina mix insetti	Farina di scarti avicoli	Farina batterica Aminopro	Farina di pesce	Glutine di frumento	Glutine di mais	Conc. Prot. soia	Farina estr. soia	Farina di colza	Pisello proteico	Farina frumento
Umidità	%	6,59	9,03	8,27	5,39	10,53	7,79	6,85	8,53	5,48	5,46	9,23	11,06	10,72
Proteine greggie	%	46,72	53,51	50,21	62,17	68,90	61,20	69,33	61,37	54,31	45,95	36,70	20,73	8,74
Grassi greggi	%	6,38	13,88	9,74	12,99	0,70	9,85	1,18	1,86	0,19	1,35	1,59	0,98	1,24
Fibra grezza	%	10,28	6,87	9,27	0,99	0,19	0,22	0,47	1,37	7,23	4,53	12,69	5,00	2,45
Fibra alimentare	%	17,27	8,46	9,77	11,58	4,47	7,52	4,64	9,26	6,68	18,31	31,71	15,09	13,58
Ceneri	%	7,81	3,97	5,99	13,35	5,08	13,70	0,56	0,91	6,33	7,10	6,59	6,47	1,49
P	%	0,90	0,72	0,92	1,91	1,38	2,19	0,19	0,16	0,68	1,33	1,94	0,36	0,32
Ca	%	0,93	0,04	0,52	3,76	0,07	2,19	0,05	0,03	0,43	0,36	0,75	0,10	0,06
K	%	1,32	0,87	1,14	0,94	1,21	1,38	0,10	0,06	2,16	2,53	1,14	0,99	0,42
Mg	%	0,33	0,23	0,31	0,15	0,22	0,32	0,05	0,03	0,34	0,38	0,59	0,13	0,13
Cu	mg/kg	11,4	20,2	16,3	5,7	4,7	2,4	6,0	11,2	7,7	14,8	5,7	7,9	3,6
Fe	mg/kg	730	136	465	129	90	108	25	79	126	153	148	65	58
Ni	mg/kg	1,2	1,2	1,2	0,8	3,0	0,4	0,5	1,0	0,5	4,4	8,1	5,1	1,4
Zn	mg/kg	116	127	127	94	19	67	36	32	30	65	68	26	24
Vit. A	mg/kg	< LOQ	0,09	0,06	0,09	< LOQ	2,24	< LOQ	0,14	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Vit. D3	mg/kg	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Vit. E	mg/kg	1,6	1,6	1,8	2,4	< LOQ	18,8	6,3	4,1	0,7	7,8	18,9	56,8	5,3
Vit. B3	mg/kg	134	133	115	141	110	61,0	7,8	2,8	5,2	21,5	78,1	15,9	3,3
Vit. B5	mg/kg	14,1	14,2	12,3	10,6	15,4	10,4	2,9	0,7	0,6	11,4	8,3	7,3	4,6

Gli stessi ingredienti sono stati anche analizzati sia per il contenuto in aminoacidi mediante idrolisi acida e successiva analisi in cromatografia liquida accoppiata a spettrometria di massa (LC-MS/MS), sia per quello in acidi grassi secondo il metodo AOAC 996.06. I risultati analitici relativi sono riportati nelle seguenti tabelle 2.2 e 2.3.

Tabella 2.2 Composizione in aminoacidi essenziali e non essenziali (g/100 t.q.) degli ingredienti analizzati.

	Farina di Hermetia	Farina di Tenebrio	Farina mix insetti	Farina di scarti avicoli	Farina batterica Aminopro	Farina di pesce	Glutine di frumento	Glutine di mais	Conc. Prot. soia	Farina estr. soia	Farina di colza	Pisello proteico	Farina Frumento
Arg	1,2	1,4	1,4	2,5	3,2	1,8	1,3	2,2	3,2	4,6	2,4	1,9	0,4
His	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,6	0,8	0,7	0,4	0,2	0,0
Ile	1,6	1,9	1,8	1,8	2,6	2,1	2,4	7,5	2,3	2,8	1,8	1,1	0,4
Leu	2,8	3,6	3,2	3,2	3,7	3,6	5,1	11,0	4,3	0,1	2,6	1,5	0,8
Lys	1,8	2,8	2,6	4,6	4,1	4,2	0,4	0,8	4,9	4,8	2,2	1,6	0,1
Met	0,4	0,4	0,4	0,8	0,7	1,2	0,7	0,8	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1
Cys	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	1,0	0,5	0,9	0,8	0,7	0,4
Phe	1,7	1,8	1,8	2,2	1,9	2,5	4,5	4,4	3,3	2,7	1,4	0,9	0,6
Tyr	2,9	4,2	3,7	1,9	2,1	2,1	2,3	3,3	2,2	1,9	1,1	0,9	0,4
Thr	0,6	0,7	0,7	0,7	4,0	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1

Trp	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Val	2,6	3,1	2,8	2,4	2,2	2,8	2,8	2,1	2,6	1,6	1,2	0,7	0,5
Ala	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,3	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
Asp	4,4	4,3	4,8	5,4	5,6	6,3	1,8	2,6	8,5	5,4	2,9	2,0	0,3
Glu	6,7	8,1	7,7	10,8	18,5	11,4	7,6	10,8	8,9	10,7	11,2	4,0	2,8
Gly	0,7	0,8	0,8	1,6	0,8	1,1	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4	0,2
Pro	2,2	2,5	2,4	2,9	1,9	2,0	6,1	3,7	2,3	2,9	2,5	1,1	1,1
Ser	1,6	1,9	1,9	1,8	1,4	2,0	3,1	2,6	2,5	2,1	1,1	0,7	0,3

Tabella 2.3- Composizione in acidi grassi (mg/kg t.q.) degli ingredienti analizzati.

	Farina di Hermetia	Farina di Tenebrio	Farina mix insetti	Farina di scarti avicoli	Farina batterica <i>A. minner</i>	Farina di pesce	Glutine di frumento	Glutine di mais	Conc. Prot. soia	Farina estr. soia	Farina di colza	Pisello proteico	Farina Frumento
C12	18,76	0,15	11,19	0,44	< LOQ	1,66	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,00
C14	3,94	1,54	3,19	0,51	0,19	3,71	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C15	< LOQ	0,13	0,10	0,05	1,37	0,22	< LOQ	0,16	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C15:1	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,03	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C16	7,61	16,83	13,92	16,97	0,92	10,84	0,38	1,81	< LOQ	1,11	1,05	0,77	0,77
C16:1	1,16	1,42	1,42	3,55	< LOQ	5,54	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,21	< LOQ	< LOQ
C17	< LOQ	0,22	0,16	0,14	0,24	0,44	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C17:1	< LOQ	0,11	0,07	0,06	0,56	0,21	< LOQ	0,07	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C18	1,55	3,75	2,96	6,42	< LOQ	1,23	< LOQ	0,24	< LOQ	0,24	0,20	0,29	< LOQ
C18:1	7,23	29,77	21,00	26,37	0,15	9,60	0,25	3,96	< LOQ	1,78	6,91	2,37	0,44
C18:2	5,74	38,07	23,21	18,66	< LOQ	1,10	1,53	7,86	< LOQ	3,63	3,40	3,64	2,03
C18:3n6	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,10	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C18:3n3	0,33	1,41	0,94	1,35	0,11	0,37	< LOQ	0,27	< LOQ	0,55	0,62	0,63	0,09
C20	< LOQ	0,18	0,16	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C20:1	< LOQ	0,10	0,06	0,27	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,06	< LOQ	< LOQ
C20:2	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,12	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,11	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C21	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C20:3n6	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,17	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C20:4n6	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,15	< LOQ	0,23	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C20:3n3	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C22	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,28	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C20:5 (EPA)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	4,85	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C22:1	< LOQ	0,13	< LOQ	0,16	< LOQ	8,36	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C24	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C22:5n3	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C24:1	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,41	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C22:6 (DHA)	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	7,03	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,01	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Saturi	32,07	22,88	31,74	24,96	2,73	18,11	0,38	2,34	////	1,42	1,35	1,13	0,81
Monoinsaturi	8,42	31,54	22,55	30,80	0,76	31,79	0,25	4,09	0,01	1,81	7,20	2,42	0,44
Polinsaturi	6,08	39,52	24,19	21,56	0,15	13,76	1,58	8,13	0,11	4,19	4,02	4,27	2,12
ω3	0,33	1,41	0,94	1,35	0,11	12,29	0,06	0,27	////	0,55	0,62	0,63	0,09

Tutti i valori analitici riscontrati sono risultati conformi alle attese ed in linea con quelli riportati nella letteratura (NRC, 2011, Pulcini, Di Giacinto, Tibaldi, 2021).

WP 2.2.2. Caratterizzazione microbiologica degli ingredienti

Tutti gli ingredienti sono stati sottoposti ad analisi microbiologica presso i laboratori del partner UNIUD. Per le metodiche utilizzate si fa riferimento al report complete riportato nell'allegato WP2.2.2

Risultati

Gli esiti delle analisi microbiologiche sugli ingredienti e farine utilizzati come alimenti semplici per la formulazione dei mangimi sperimentali sono riassunte nei grafici WP2.1 e WP2.2 sottostanti.

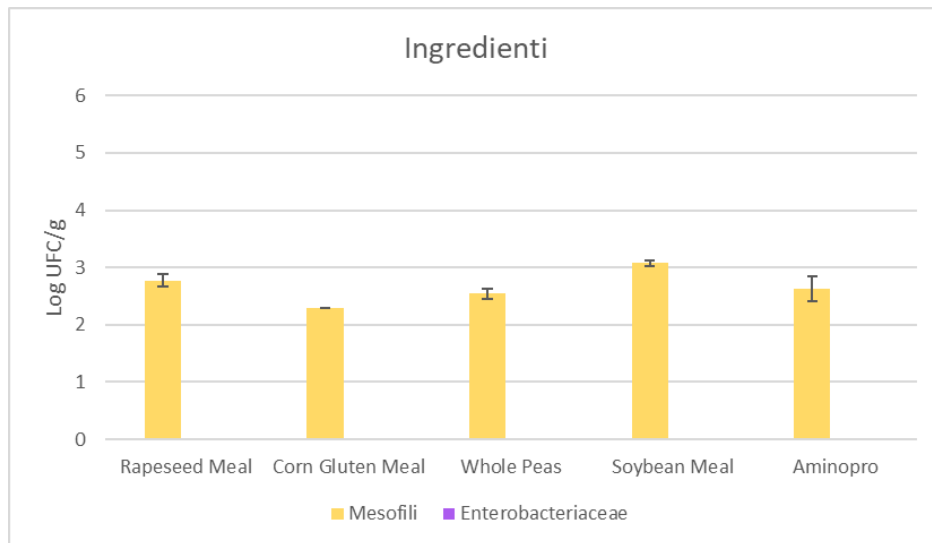


Grafico WP2.1: Caratteristiche microbiologiche di ingredienti per mangimi.

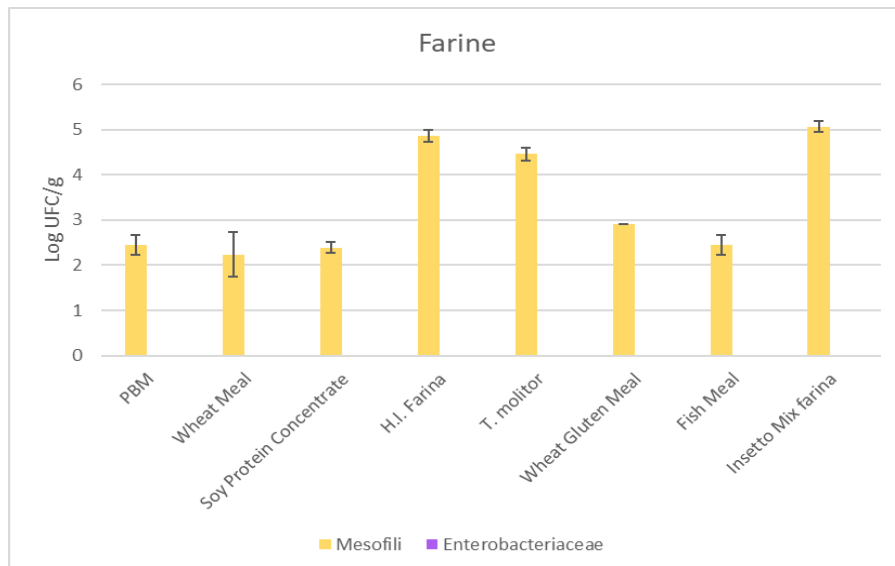


Grafico WP2. 2: Caratteristiche microbiologiche di farine per mangimi.

I test microbiologici evidenziano una soddisfacente qualità igienica di tutti gli alimenti semplici qui analizzati. Infatti, la carica batterica totale si è sempre mantenuta al di sotto o a livello del valore di 5 log UFC/g, le Enterobacteriaceae sono sempre state inferiori al limite soglia del metodo (< 10 UFC/g). *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. sono sempre risultate assenti in 25 g. Tuttavia, le farine di insetti e il mix di farina di insetti presentavano una carica più elevata rispetto alle altre farine. In ogni caso, applicando le Linee

Guida – Conferenza Permanente per i rapporti tra lo stato, le regioni e le provincie autonome di Trento e Bolzano del 03/03/2016, si può affermare che tutti gli ingredienti e le farine considerate sono risultate salubri e la loro qualità microbica è ampiamente soddisfacente addirittura anche per l'alimentazione umana.

WP 2.3.1. Formulazione e produzione dei mangimi innovativi

Sulla scorta dei dati analitici ottenuti dai laboratori del Ciheam, dell'indagine bibliografica e di esperienze pregresse con i progetti Sushin e Adriquanet, il partner UNIUD ha proceduto alla formulazione di 4 mangimi innovativi per ciascuna delle due specie ittiche oggetto di studio: la trota e l'orata.

La logica che ha sovrinteso la progettazione dei mangimi innovativi era quella di formularli a partire da una dieta di base, di seguito denominata CTRL, che simulava le più evolute preparazioni commerciali attualmente sul mercato, a larga base vegetale ma a basso tenore in farina ed oli di pesce, da utilizzare come controllo nelle successive prove di alimentazione a scopo comparativo. Nelle diete di nuova generazione gli ingredienti proteici vegetali della dieta di controllo venivano sostituiti in misura fissa del 12% da farine parzialmente sgrassate delle larve di *Hermetia illucens* (diete denominate "H") e della tarma della farina *Tenebrio molitor* (Diete denominate "T") o dalla miscela delle due (diete "HT"), associandole alle altre fonti proteiche ottenute da processi di riciclo quali la farina di scarti carnei di avicoli e quella di origine batterica che erano già componenti del mangime di controllo.

La tabella 2.4 riporta la composizione in ingredienti delle diete formulate

Tabella 2.4. Composizione in ingredienti (g/kg) delle diete sperimentali per trota ed orata con costi delle formulazioni e prezzo stimato dei mangimi finiti franco allevamento.

	Diete TROTA				DIETE ORATA			
	CTRL	Hermetia (H)	Tenebrio (T)	Hermetia + Tenebrio (HT)	CTRL	Hermetia (H)	Tenebrio (T)	Hermetia + Tenebrio (HT)
Farina scarti avicoli PBM	200	200	200	200	200	200	200	200
Farina di Hermetia	0	120	0	60	0	120	0	60
Farina di Tenebrio	0	0	120	60	0	0	120	60
Aminopro	30	30	30	30	30	30	30	30
Conc proteico di soia	80	53	48	50	60	40	35	38
Glutine di frumento	70	45	42	44	0	0	0	0
Glutine di mais	0	0	0	0	110	75	70	72
Farina di soia 48	150	100	90	95	150	100	95	98
Farina di colza	0	0	0	0	70	50	45	47
Farina di pesce (Trimings)	30	30	30	30	50	50	50	50
Solubili di pesce	50	50	50	50	50	50	50	50
Farina di calamaro	0	0	0	0	0	0	0	0
Farina di frumento	95	92	112	102	78	75	103	89
Pisello proteico	50	50	50	50	34	50	50	50
Olio di pesce	25	25	25	25	50	50	50	50
Olio di colza	90	90	90	90	47	40	40	40
Olio di lino	70	70	70	70	20	28	28	28
Olio di palma	20	10	5	6	20	12	3	8
Integr. vitaminico-minerale	5	5	5	5	5	5	5	5
Sodio fosfato	10	5	8	8	2	0	0	0
L-Lisina	2	2	2	2	2	2	2	2
DL-Metionina	3	3	3	3	2	3	4	3
celite	20	20	20	20	20	20	20	20
Costo Formula €/kg	1,15	1,38	1,91	1,65	1,101	1,353	1,877	1,644
Prezzo stimato mangime €/kg	1,44	1,73	2,39	2,06	1,38	1,69	2,35	2,06

Per ogni specie, tutte le diete sono state formulate in modo da risultare isoproteiche ed isolipidiche e puntualmente corrispondere ai fabbisogni nutrizionali delle due specie ittiche medesime.
 I mangimi sono stati prodotti nei diametri di 4 e 6 mm, mediante processo di estrusione con estrusori bivate e successiva grassatura dei pellet.

WP 2.3.2. Caratterizzazione chimico-nutrizionale dei mangimi completi

Gli otto mangimi sperimentali unitamente ai mangimi commerciali utilizzati nelle fasi di adattamento e nelle prove di alimentazione come ulteriori controlli, sono stati inviati al laboratorio di Chimica Agraria ed Ambientale del capofila Ciheam per essere analizzati per le seguenti caratteristiche chimico-nutrizionali: composizione centesimale [(tenori in Acqua, ceneri, Azoto totale Kijeldhal, grassi greggi (estratto etereo), fibra greggia]; fibra alimentare; elementi minerali e vitamine A, D3 E, B3 e B5 con metodi Ufficiali (AOAC, 2016).
 I risultati delle predette analisi, riferiti ai mangimi tal quali, sono riportati nelle successive tabelle 7, 8 e 9.

Tabella 2.5 Composizione centesimale, contenuti in fibra alimentare, elementi minerali e vitamine dei mangimi utilizzati nel progetto.

		Mangimi sperimentali Trota				Mangimi sperimentali Orata				Mangimi commerciali		
		CTRL	H	T	HT	CTRL	H	T	HT	Orata	Trota	Adattamento
Umidità	% t.q.	3,9	3,8	3,1	3,3	4,8	5,2	3,8	4,7	5,3	4,8	6,5
Proteine	% t.q.	43,8	44,4	43,7	44,3	45,0	45,2	45,3	45,4	43,0	40,5	45,0
Grassi	% t.q.	23,2	22,8	23,2	23,8	18,9	18,7	19,1	19,0	15,5	25,8	17,6
Fibra grezza	% t.q.	1,5	1,6	2,6	1,8	2,4	2,3	3,3	2,8	4,3	2,8	3,1
Fibra alimentare	% t.q.	22,1	18,4	24,2	27,4	21,9	17,1	22,4	21,6	16,5	9,7	20,8
Ceneri	% t.q.	7,8	7,7	8,3	7,7	7,7	7,5	8,1	7,7	8,7	6,6	5,8
P	% t.q.	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,8	1,2	1,4
Ca	% t.q.	0,8	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	2,2	1,4	1,3
K	% t.q.	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0	0,6
Mg	% t.q.	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Cu	mg/kg t.q.	16,3	14,5	14,1	14,9	25,0	22,5	26,3	24,8	17,1	18,5	12,3
Fe	mg/kg t.q.	325,0	295,3	366,4	316,5	280,2	332,8	405,0	351,5	367,6	280,3	516,7
Ni	mg/kg t.q.	83,0	19,0	14,0	28,2	8,0	5,4	5,9	9,0	3,3	3,5	3,0
Zn	mg/kg t.q.	141,2	140,0	139,2	138,6	137,1	146,1	146,6	153,4	134,2	201,8	175,1
Vit. A Retinolo	mg/kg t.q.	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3			
Vit. D3	mg/kg t.q.	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9			
Vit. E α-tocopherol	mg/kg t.q.	146,6	181,0	200,6	199,3	264,7	254,2	275,4	281,5			
Vit. B3 Niacina	mg/kg t.q.	262,7	274,3	250,8	246,0	287,4	259,1	210,3	272,2			
Vit. B5 ac. pantotenico	mg/kg t.q.	13,0	14,2	12,9	13,1	15,4	13,7	13,2	14,4			

Tabella 2.6 Composizione in amminoacidi essenziali (% t.q.) dei mangimi innovativi utilizzati nel progetto.

	Mangimi Trota				Mangimi Orata			
	CTRL	H	T	HT	CTRL	H	T	HT
Arg	2,7	2,6	2,6	2,6	2,8	2,7	2,7	2,7
His	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Ile	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	1,7
Leu	2,9	2,9	2,9	2,9	3,7	3,4	3,5	3,5
Lys	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7
Thr	1,9	1,8	1,8	1,8	2,1	1,9	1,9	1,9
Trp	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Val	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1

Met	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1
Cys	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Phe	1,8	1,7	1,7	1,7	2,0	1,8	1,8	1,8
Tyr	1,7	1,7	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,8

Tabella 2.7 Composizione in acidi grassi (% t.q.) dei mangimi innovativi utilizzati nel progetto.

	Mangimi sperimentali Trota				Mangimi sperimentali Orata			
	CTRL	H	T	HT	CTRL	H	T	HT
C12	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,6	< LOQ	1,1
C14	1,6	1,7	2,3	1,7	3,83	4,1	3,7	3,8
C15	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,1	< LOQ
C15:1	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
C16	22,5	20,1	22,0	19,6	31,7	26,3	23,5	25,1
C16:1	2,6	3,1	3,5	2,9	6,0	5,7	5,9	5,7
C17	0,3	0,3	0,4	0,4	0,8	0,7	0,8	0,7
C17:1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,7	0,6	0,7	0,6
C18	5,9	6,3	6,2	6,2	6,4	5,9	5,8	5,9
C18:1	78,3	85,3	83,7	84,6	71,5	57,9	58,5	59,1
C18:2	30,9	33,5	34,7	33,7	25,2	20,8	24,6	23,1
C18:3n6	0,8	1,8		1,8	0,6	0,7	0,8	0,8
C18:3n3	34,0	35,8	41,7	35,7	15,5	15,4	17,1	16,5
C20	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3
C20:1	1,3	1,7	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1,4
C20:4n6	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,4	0,4	0,5	0,2
C20:5 (EPA)	3,7	3,9	4,5	3,8	8,9	7,6	9,2	8,2
C22:1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,8	0,4
C24:1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,9	1,1	0,9
C22:6 (DHA)	1,4	1,5	1,7	1,5	2,4	2,9	3,6	3,2
Totale Saturi	30,7	29,0	32,9	28,4	43,1	39,8	34,1	36,9
Totale Monoinsaturi	83,0	91,0	89,7	89,9	81,1	67,2	68,5	68,1
Totale Polinsaturi	70,8	76,6	82,6	76,5	53,0	47,8	55,8	51,9
Totale ω :3	39,0	41,3	47,9	41,0	26,7	25,9	29,9	27,9

WP 2.3.3. Caratterizzazione microbiologica dei mangimi

Tutti i mangimi completi sono stati sottoposti ad analisi microbiologica presso i laboratori del partner UNIUD. Per le metodiche utilizzate si fa riferimento al report riportato nell'allegato WP2.2.2.

Risultati

Gli esiti delle analisi microbiologiche sui mangimi per trota ed orata sono riassunte nei grafici WP2.3 e WP2.4 sottostanti.

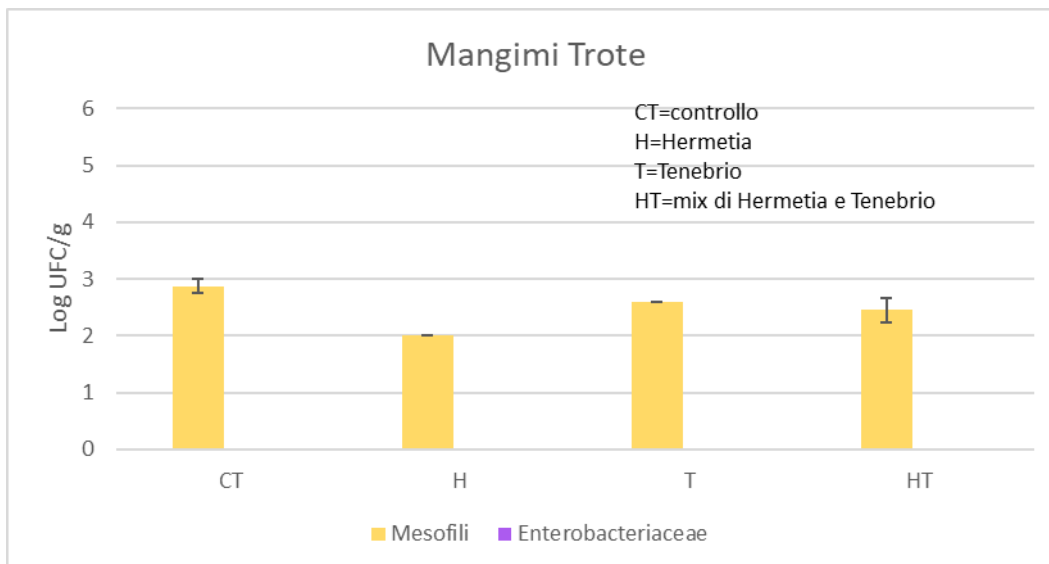


Grafico WP2. 3: Caratteristiche microbiologiche dei mangimi per trota.

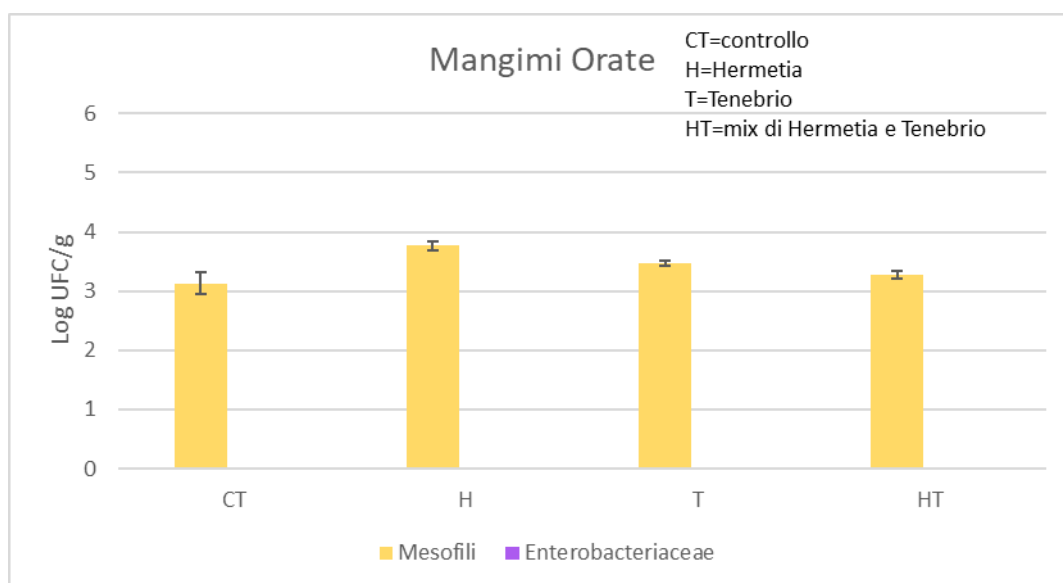


Grafico WP2. 3: Caratteristiche microbiologiche dei mangimi per orata.

I dati hanno dimostrato una soddisfacente qualità di tutti i mangimi. Infatti, la carica batterica totale si è sempre mantenuta ampiamente al di sotto del valore di 5 log UFC/g, le Enterobacteriaceae sono sempre state inferiori al limite soglia del metodo (< 10 UFC/g). *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. sono sempre risultati assenti in 25 g. Solo i mangimi per orata addizionati di farine di insetti (H, T, HT) avevano una carica media leggermente superiore al mangime controllo (CT). La media del mangime ottenuto con un mix di farine di insetti non è significativamente diversa da quella del mangime controllo ($p > 0.05$). Applicando le Linee Guida – Conferenza Permanente per i rapporti tra lo stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano del 03/03/2016, si può affermare che tali mangimi sono salubri e la qualità microbica è ampiamente soddisfacente.

WP3 – Valutazione su scala pilota delle formulazioni innovative.

WP3 - Dettaglio attività		Partner coinvolti	Deliverable
Attività 3.1			
3.1.1	Progettazione ed esecuzione delle prove di alimentazione su trota e su orata	UNIUD	Report con dati zoo-economici e ambientali
3.1.2	Analisi qualità acqua (pH, Ossigeno disciolto, BOD, Ammoniaca, Nitrati, Nitriti, Fosfati)	UNIUD	Report con analisi (ALL. WP 3.1.2)
3.1.3	Misura del Valore Nutritivo (Digeribilità in vivo) dei mangimi innovativi	UNIUD	Schede con i coefficienti di digeribilità dei mangimi innovativi per la trota e la orata (ALL. WP3.1.3)
3.1.4	Esecuzione dei campionamenti di pesce al termine delle prove	CIHEAM UNIUD	Campioni biologici da sottoporre ad analisi
Attività 3.2			
3.2.1	Caratterizzazione chimico-nutrizionale e della porzione edule dei pesci (filetto con pelle) a fine prova	CIHEAM	Report con la caratterizzazione chimico-nutrizionale (ALL. WP 3.2.1)
3.2.2	A.3.2.2 Caratterizzazione microbiologica della porzione edule dei pesci (filetto con pelle) 12 (determinazioni fatte in duplicato: 24	UNIUD	Report con la caratterizzazione microbiologica (ALL. WP 3.2.2)

3.2.3	Caratterizzazione igienico sanitaria: analisi diossine e PCB in mangimi e filetti presso laboratorio accreditato	CIHEAM	Report con la caratterizzazione igienico sanitaria (ALL. WP 3.2.3)
3.2.4	Analisi chimico –nutrizionale feci	CIHEAM	Database per il calcolo della digeribilità dei mangimi (ALL. WP 3.2.4)
3.2.5	Analisi sensoriale della porzione edule di filetti a fine prova	UNIUD	Report con analisi sensoriali (ALL. WP 3.2.5)
3.2.6	Elaborazione parziale e complessiva dei dati. Valutazioni finali. Relazioni intermedie e finali.	UNIUD	Report sinottico risultati delle prove in vivo e post-mortem

WP 3.1.1. Progettazione ed esecuzione delle prove di alimentazione su trota ed orata

Scopo dell'azione WP3.1.1 era quello di confrontare la risposta zootecnica ed i più comuni indici di sostenibilità ambientale ed economica di trota e orata alimentate con i nuovi prototipi di diete, formulate e preparate in WP2, inclusive di livelli fissi delle singole farine di insetti o di loro associazioni, in sostituzione di proteine di origine vegetale che assieme alle PAT avicole e a minimi livelli di farina di pesce, rappresentavano la base proteica delle diete di controllo (CTRL). Sia per la trota che per l'orata gli esperimenti sono stati programmati secondo un modello monofattoriale (tipologia di mangime) ad effetti fissi completamente randomizzato con 5 diversi trattamenti alimentari. Oltre ai quattro già descritti mangimi sperimentali denominati, **CTRL** (controllo privo di farine d'insetto), **H** (inclusivo di farina di larve d'Hermetia), **T** (inclusivo di farina di larve di Tenebrio), **HT** (inclusivo della miscela delle due farine d'insetti), è stato utilizzato un mangime commerciale denominato **Comm**, specifico per ogni specie ittica avente funzione di ulteriore controllo nelle comparazioni.

Il programma originario del WP è stato largamente rispettato ed addirittura implementato con l'aggiunta dei mangimi commerciali non prevista in origine e ciò nonostante le difficoltà sopraggiunte a seguito della comparsa di una patologia nelle trote durante la sperimentazione che ci ha costretti ad abortire la prova in corso per iniziarne e concluderne una ex-novo grazie all'estensione di un mese dei termini di chiusura del progetto.

Prove di alimentazione

Sono state condotte nella stazione sperimentale di acquacoltura del Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali e Animali dell'Ateneo Udinese situata presso l'Azienda Agraria Sperimentale universitaria a Pagnacco (UD). Esse sono state preventivamente autorizzate ai fini della sperimentazione animale dall'Organismo Preposto al Benessere Animale (O.P.B.A.) dell'Università di Udine per conto del ministero della Salute con parere n. 4/2023 del 28 giugno 2023.

Prova su Trota iridea

Materiale e metodi: Per la prova sono state utilizzate 225 trote iridee (*Oncorhynchus mykiss* W.) sterili di origine Nord americana (Troutlodge Ltd.) di $104 \pm 6,3$ g di peso medio individuale iniziale, selezionate per uniformità di taglia da un lotto di circa 600 soggetti mantenuti nel settore di quarantena della stazione sperimentale.

I pesci sono stati individualmente ripartiti in maniera completamente casuale in 15 gruppi da 15 soggetti ciascuno alloggiati in altrettante vasche sperimentali in vetroresina di forma cilindro-conica e volume di 300L alimentate da un flusso aperto e continuo di acqua di pozzo artesiano che ne assicurava un ricambio completo per ora per l'intera durata dell'esperimento. Il sistema di vasche era situato al coperto e dotato di impianto di illuminazione con lampade a fluorescenza con intensità luminosa alla superficie delle vasche di 150 lux. Il

fotoperiodo naturale era integrato dalla luce artificiale per ottenere una fotofase costante di 12 ore. Ogni vasca era munita di distributore di alimento a nastro programmabile ed era dotata di speciale dispositivo per il recupero dell'alimento non consumato collegato allo scarico (Foto 1).

Dopo Una fase di adattamento alle condizioni sperimentali della durata di due settimane, durante le quali i pesci sono stati alimentati con il mangime commerciale (Comm) è iniziata la somministrazione dei 5 mangimi a confronto abbinandoli a caso ai 15 gruppi secondo un modello completamente randomizzato con tre repliche (vasche) per ogni mangime.

L'alimento è stato somministrato in due pasti al giorno vicino all'apparente sazietà per 11 settimane. La biomassa in vasca è stata misurata all'inizio dopo 7 settimane ed al termine della prova. Tutte le operazioni di manipolazione sono state eseguite su pesce a digiuno e sottoposto ad una blanda sedazione, in modo tale da mitigare lo stress. Nel corso della fase di adattamento e durante la prova si è proceduto al controllo giornaliero della temperatura, del pH e della concentrazione di Ossigeno Disciolto dell'acqua di allevamento (>80 determinazioni). Settimanalmente si è proceduto all'analisi delle concentrazioni di azoto ammoniacale, nitroso e nitrico e degli ortofosfati per un totale di 12 determinazioni. All'inizio ed al termine della prova i pesci di ogni vasca sono stati pesati individualmente ed in gruppo e sono stati calcolati l'incremento in biomassa ed i principali indici di performance utilizzando la vasca come unità minima sperimentale. Campioni rappresentativi di pesci da ciascuna vasca sono stati sacrificati al termine dell'esperimento, immediatamente eviscerati e sfilettati per le successive analisi delle caratteristiche chimico nutrizionali, sensoriali e microbiologiche della porzione edule.

I dati rilevati a fine prova sono stati utilizzati per calcolare i seguenti indici di performance :

Tasso di accrescimento specifico (TAS-SGR)= $100 * (LN \text{ Peso ind. Finale} - LN \text{ Peso ind. Iniziale}) / gg$

Indice di conversione alimentare (ICA-FCR)= $\text{Mangime consumato} / \text{Incremento biomassa}$

Indice FIFO (Fish in Fish out) , Indici di dipendenza da farine e oli di pesce (FFDRm e FFDRo) dei mangimi

Indici di conversione economico dei mangimi

Rese in carcassa eviscerata = $100 * (\text{peso carcassa eviscerata} / \text{peso morto})$

Rese in filetti= $100 * (\text{peso dei filetti con pelle} / \text{peso morto})$

Sintesi dei risultati su Trota iridea

Nella tabella 3.1 sono riassunti i valori medi e la deviazione standard delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque nel corso della prova di alimentazione della trota, che si sono mantenute sempre su valori ottimali per l'allevamento di questa specie ittica.

Il report completo con le analisi delle acque è riportato nella sezione allegati della relazione (Allegato WP3.1.2)

Tabella 3.1 Caratteristiche chimico-fisiche delle acque nel corso della prova di alimentazione della trota

	T°C	pH	OD mg/L	NH4-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	P-PO4 mg/L	BOD mg/L
media	14,40	9,22	8,41	0,09	<0,02	1,82	<0,50	2,33
dev.std.	0,79	8,95	0,53	0,04	0,00	0,93	0,00	0,40

La performance zootecnica realizzata dalle trote al termine della prova è riassunta nella tabella 3.2.

Tabella 3.2. Prestazioni zootecniche della trota alimentata con le diete innovative o commerciale al termine delle 11 settimane di prova. I dati sono medie di tre vasche per trattamento alimentare.

	Diete					esm
	CTRL	H	T	HT	Comm	
peso finale (g)	313,3 ^a	308,3 ^a	311,9 ^a	309,3 ^a	278,0 ^b	11,40

TAS (SGR)	1,32	1,35	1,33	1,34	1,29	0,009
Consumo alimento (g/pesce/die)	2,03	2,03	2,01	2,02	2,07	0,018
ICA (FCR)	0,82 ^a	0,83 ^a	0,80 ^a	0,82 ^a	0,91 ^b	0,012

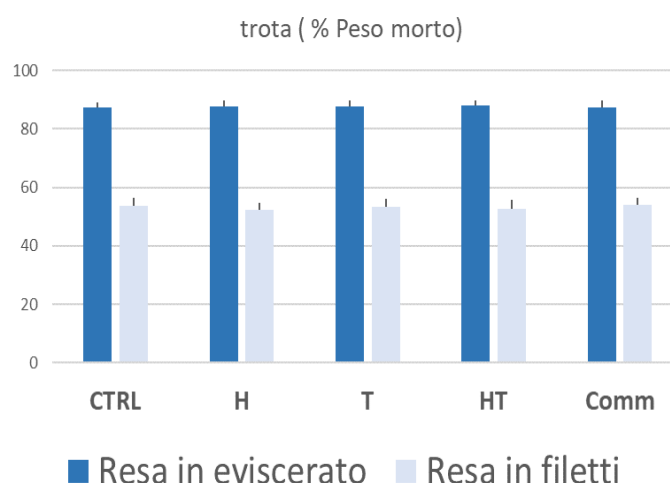
Le medie di riga con diversa lettera all'esponente differiscono significativamente (a,b, P<0,05)

Come evidenziato nella tabella 3.2:

- I pesci alimentati con il mangime commerciale hanno raggiunto una taglia finale inferiore rispetto a quella raggiunta dalle trote alimentate con le altre diete (P<0,05). Ciò non ne ha tuttavia compromesso significativamente il tasso di crescita.
- Tutti i mangimi inclusivi di farine di insetto hanno dato luogo a prestazioni di crescita elevate, simili tra loro ma solo tendenzialmente migliori rispetto a quelle ottenute con il mangime di controllo CTRL. Gli indici di conversione alimentare sono anch'essi risultati simili tra dieta CTRL e quelle con insetti e migliori rispetto all'ICA realizzato con il mangime commerciale (P<0,05).

La figura 3.1 illustra le rese commerciali in eviscerato e in filetti delle trote al termine della prova che non si sono differenziate apprezzabilmente per effetto del diverso mangime (P>0,05).

Figura 3.1 Rese commerciali in eviscerato e filetti delle trote al termine della prova (n=15).



Prova su Orata

Materiale e metodi: Per la prova sono state utilizzate 270 orate (*Sparus aurata* L.) sub- adulte di origine nazionale prodotte dall'avannotteria Valle Ca' Zuliani (RO) di $87 \pm 12,3$ g di peso medio individuale iniziale, selezionate per uniformità di taglia da un lotto di circa 1000 soggetti mantenuti nel settore di quarantena della stazione sperimentale fin dal mese di ottobre 2022.

I pesci sono stati individualmente ripartiti in maniera completamente casuale in 15 gruppi da 18 soggetti ciascuno alloggiati in altrettante vasche sperimentali in vetroresina di forma cilindro-conica e volume di 300L connesse ad un impianto indoor a ricircolo di acqua marina (marine RAS) dotato di filtro meccanico, filtro biologici, skimmer ed impianti di termoregolazione e sterilizzazione dell'acqua a lampade UV. (Vedi foto 2).

Il sistema RAS era situato al coperto e dotato di impianto di illuminazione con lampade a fluorescenza con intensità luminosa alla superficie delle vasche di 150 lux. Il fotoperiodo naturale era integrato dalla luce artificiale per ottenere una fotofase costante di 12 ore. Ogni vasca era munita di distributore di alimento a nastro programmabile ed era dotata di speciale dispositivo per il recupero dell'alimento non consumato collegato allo scarico (Foto 1).

Dopo una fase di adattamento alle condizioni sperimentali della durata di 6 settimane, durante le quali i pesci sono stati alimentati con il mangime commerciale (Comm) è iniziata la somministrazione dei 5 mangimi a

confronto abbinandoli a caso ai 15 gruppi secondo un modello completamente randomizzato con tre repliche (vasche) per ogni mangime.

L'alimento è stato somministrato in due pasti al giorno vicino all'apparente sazietà per 20 settimane. La biomassa in vasca è stata misurata dopo 9, 16 e 20 settimane. Tutte le operazioni di manipolazione sono state eseguite su pesce a digiuno e sottoposto ad una blanda sedazione, in modo tale da mitigare lo stress da manipolazione. Nel corso della fase di adattamento e durante la prova si è proceduto al controllo giornaliero della temperatura, del pH e della concentrazione di Ossigeno Disciolto dell'acqua di allevamento. Settimanalmente si è proceduto all'analisi delle concentrazioni di azoto ammoniacale, nitroso e nitrico e degli ortofosfati per un totale di 12 determinazioni. All'inizio ed al termine della prova i pesci di ogni vasca sono stati pesati individualmente ed in gruppo e sono stati calcolati l'incremento in biomassa ed i principali indici di performance utilizzando la vasca come unità minima sperimentale. Campioni rappresentativi di pesci da ciascuna vasca sono stati sacrificati al termine dell'esperimento, immediatamente eviscerati e sfilettati per le successive analisi delle caratteristiche chimico nutrizionali, sensoriali e microbiologiche della porzione edule.

I dati rilevati a fine prova sono stati utilizzati per calcolare i seguenti indici di performance:

Tasso di accrescimento specifico (TAS-SGR)= $100 * (\ln \text{Peso ind. Finale} - \ln \text{Peso ind. Iniziale}) / \text{gg}$

Indice di conversione alimentare (ICA-FCR)= $\text{Mangime consumato} / \text{Incremento biomassa}$

Indice FIFO (Fish in Fish out), Indici di dipendenza da farine e oli di pesce (FFDRm e FFDRo) dei mangimi

Indici di conversione economico dei mangimi

Rese in carcassa eviscerata = $100 * (\text{peso carcassa eviscerata} / \text{peso morto})$

Rese in filetti= $100 * (\text{peso dei filetti con pelle} / \text{peso morto})$

Sintesi dei risultati su Orata

Nella tabella 3.3 sono riassunti i valori medi e le deviazioni standard delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque nel corso della prova di alimentazione della orata, che si sono mantenute sempre su valori ottimali per l'allevamento di questa specie ittica.

Il report completo con le analisi delle acque è riportato nella sezione allegati della relazione (Allegato WP3.1.2)

Tabella 3.3-Caratteristiche chimico-fisiche delle acque nel corso degli ultimi due mesi di prova di alimentazione dell'orata

	T°C	Salinità ppt	pH	OD mg/L	NH4-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	P-PO4 mg/L	BOD mg/L
Media	22,60	27,07	7,92	5,32	<0,02	0,98	3,94	3,61	1,43
Dev std	0,71	0,49	0,12	0,47	0,00	0,63	1,15	0,64	0,49

La tabella evidenzia che i vari parametri di qualità dell'acqua si sono mantenuti sempre su valori ottimali per l'allevamento dell'orata.

La performance zootecnica realizzata dalle orate al termine della prova è riassunta nella tabella 3.4.

Tabella 3.4. Prestazioni zootecniche dell'orata alimentata con le diete innovative o commerciale al termine delle 20 settimane di prova. I dati sono medie di tre vasche per trattamento alimentare.

	Diete					esm
	CTRL	H	T	HT	Comm	
peso iniziale (g)	87,4	87,4	87,0	87,0	88,1	0,78
peso finale (g)	294,7 ^a	300,9 ^a	297,2 ^a	299,6 ^a	284,9 ^b	3,80
incremento ponderale (% Peso iniziale)	237	244	241	244	223	
TAS (SGR)	0,83 ^a	0,85 ^a	0,84 ^a	0,85 ^a	0,80 ^b	0,009

Consumo alimento (g/pesce/die)	1,68 ^a	1,67 ^a	1,68 ^a	1,69 ^a	1,80 ^b	0,018
ICA (FCR)	1,19 ^b	1,16 ^a	1,16 ^a	1,16 ^a	1,33 ^c	0,012

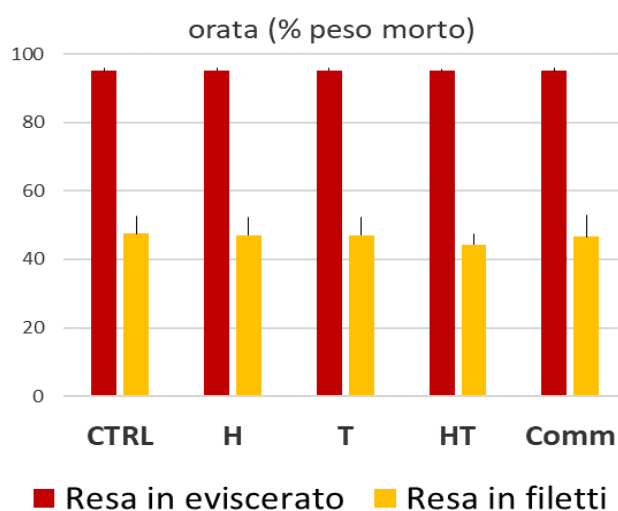
Le medie di riga con diversa lettera all'esponente differiscono significativamente (a,b,c, $P < 0,05$)

Come evidenziato nella tabella 3.4:

- I pesci alimentati con il mangime commerciale hanno raggiunto una taglia finale inferiore e realizzato un tasso di crescita minore rispetto alle orate alimentate con le altre diete ($P < 0,05$) che non si sono differenziate tra loro.
- Tutti i mangimi inclusivi di farine di insetto hanno dato luogo a ottimi indici di conversione alimentare (ICA) risultati esattamente sovrapponibili rispetto al tipo di farina impiegata e significativamente migliori ($P < 0,05$) di quello realizzato dai pesci sottoposti alla dieta CTRL che a loro volta hanno convertito il mangime più favorevolmente delle orate alimentate con la dieta commerciale ($P < 0,05$).

La figura 3.2 illustra graficamente le rese commerciali in eviscerato e in filetti delle orate al termine della prova che non si sono differenziate apprezzabilmente per effetto del diverso mangime ($P > 0,05$).

Figura 3.2 Rese commerciali in eviscerato e in filetti delle orate al termine della prova (n=15).



WP 3.1.1. Progettazione ed esecuzione delle prove di alimentazione su trota ed orata

Materiale e metodi

I coefficienti di digeribilità apparente (ADC) della sostanza secca, dell'energia, della proteina grezza e dei lipidi dei mangimi innovativi sono stati misurati in vivo secondo il metodo indiretto, utilizzando le ceneri acido insolubili (AIA) come marcatore non tossico ed indigeribile aggiunto ai mangimi nella misura di 20g/kg sottoforma di Celite®, (Hyflo Supelco, Merck Life Sciences Ltd., Milano, Italia).

Le misure della digeribilità delle diete innovative nella trota e nell'orata, sono state effettuate presso gli impianti di acquacoltura indoor ed i laboratori del Di4A dell'Università di Udine secondo l'autorizzazione n. 04/2023 del O.P.B.A. dell'ateneo.

Per le misurazioni della digeribilità in entrambe le specie ittiche, è stato utilizzato in epoche successive uno stesso set composto da 6 unità ciascuna composta da tre vasche da 60 L, dotata di scarico comune e di una colonna di decantazione per la raccolta delle feci, secondo il layout originale sviluppato dall'Università di Guelph (Guelph CYAQ-2; Cho, 1992, vedi Foto 3).

Le sei unità erano alloggiate all'interno di un fabbricato e sottoposte ad un regime di illuminazione che assicurava 12 ore di fotofase e 150 lux alla superficie delle vasche.

Le prove hanno utilizzato 216 giovanili di trota iridea (peso medio di $87,5 \pm 6,1$ g) e 216 giovanili di orata (peso medio di $87,3 \pm 11,7$ g). I pesci sono stati ripartiti in modo casuale a formare gruppi di 12 soggetti per singola vasca (36 pesci per unità).

Nell'esperimento con la trota il sistema delle 6 unità è stato asservito a fornitura idrica continua da pozzo artesiano con un flusso che assicurava 1,5 ricambi completi/ora del volume complessivo del sistema, con acqua di qualità ottimale per la trota sotto il profilo delle caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, $13,8 \pm 0,54^\circ\text{C}$, pH $8,1 \pm 0,21$, OD $8,1 \pm 0,62$ mgL⁻¹, N-ammoniacale totale $<0,02$ mgL⁻¹).

Nella prova con l'orata le unità sono state incluse nel sistema a ricircolo di acqua marina (RAS) già descritto per le prove di alimentazione che garantiva una qualità ottimale dell'acqua alle specie target durante la prova (temperatura $21,1 \pm 0,55^\circ\text{C}$, salinità $27,4 \pm 1,3$ ‰, pH $8,1 \pm 0,07$, DO $6,9 \pm 0,54$ mgL⁻¹, N-Ammoniacale totale $<0,02$ mgL⁻¹, N-Nitriti $<0,06$ mgL⁻¹).

Dopo la ripartizione nelle singole unità, i pesci hanno trascorso un periodo di circa 20 giorni di adattamento alle nuove condizioni di allevamento mentre venivano alimentati con una dieta commerciale. Successivamente, per ogni specie, i 4 mangimi sperimentali (CTRL, H, T e HT), sono stati turnati tra le sei unità vasca in 2 periodi successivi di raccolta delle feci in modo da ottenere tre campioni fecali indipendenti (cioè da tre diverse unità) per ciascuna dieta. Ciascun periodo comprendeva una fase di 18 giorni di raccolta delle feci preceduta da una settimana di fase di 3 settimane di adattamento alla dieta successiva.

I pesci venivano nutriti in due pasti al giorno (7:45 e 16:00, ora solare) fino a apparente sazietà (fino a quando il primo pellet veniva rifiutato). Dopo ogni pasto, le singole vasche e le colonne di decantazione venivano accuratamente ripulite i per evitare la contaminazione delle feci con pellet di mangime non consumato. Le feci recuperate dalle colonne di decantazione venivano immediatamente recuperate in tubi da centrifuga, refrigerate e separate dall'acqua circostante mediante centrifugazione ($10.000\times g$; 20 min; 5°C). Esse venivano in seguito conservate a -20°C fino alla fine di ciascun periodo di raccolta, per poi essere liofilizzate prima dell'analisi.

I coefficienti di digeribilità apparente (ADC) delle diete sono stati calcolati secondo NRC (2011):

$$\text{ADC (\%)} = 1 - ((\% \text{ livello di nutrienti o energia nelle feci}) / (\% \text{ livello di nutrienti o energia nella dieta}) \times (\% \text{ marcatore nella dieta}) / (\% \text{ marcatore nelle feci}))$$

L'ADC della sostanza secca è stato calcolato come segue:

$$\text{DM ADC (\%)} = 1 - ((\% \text{ marcatore nella dieta}) / (\% \text{ marcatore nelle feci}))$$

Sintesi dei risultati

I coefficienti di digeribilità apparente della sostanza secca, proteina, lipidi ed energia dei mangimi sperimentali nella trota e nell'orata sono rappresentati graficamente nelle figure 3.3 e 3.4 rispettivamente.

Figura 3.3 Coefficienti di digeribilità (%) della sostanza secca (DSS), proteina (Dprot) lipidi (DLipid e energia (Denergy) dei mangimi innovativi nella trota (gli asterischi indicano differenze significative tra le diete ($P < 0,05$)).

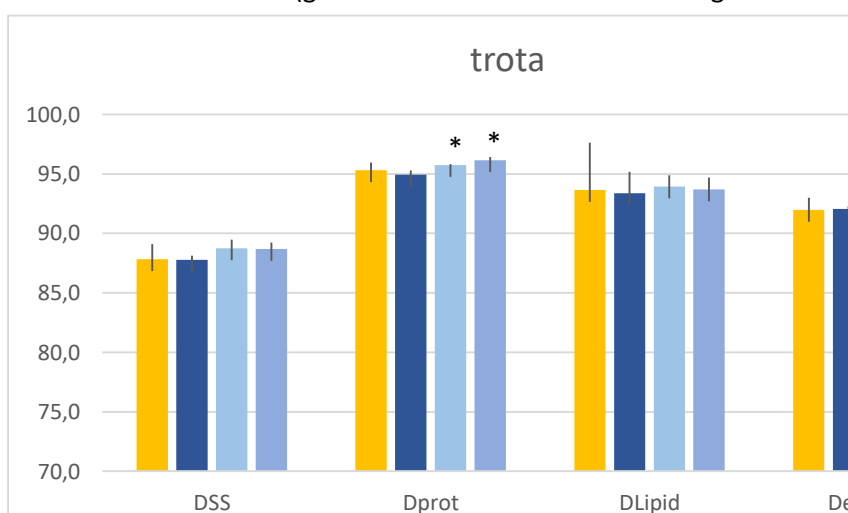
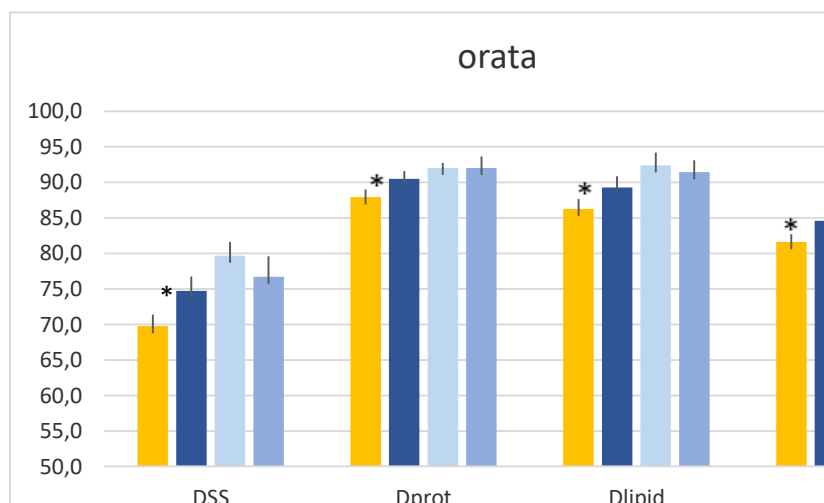


Figura 3.4 Coefficienti di digeribilità (%) della sostanza secca (DSS), proteina (Dprot) lipidi (DLipid e energia (Denergy) dei mangimi innovativi nell'orata (gli asterischi indicano differenze significative tra le diete ($P < 0,05$)).



Le figure 3.3. e 3.4 evidenziano che:

- Tutti mangimi altamente digeribili in entrambe le specie.
- Nella trota le differenze tra CUDa dei nutrienti e dell'energia sono risultate trascurabili tra le diete con la sola eccezione della digeribilità della proteina che è risultata marginalmente ma significativamente più elevata con i mangimi inclusivi di Tenebrio (Diete T e HT) rispetto alle altre diete ($P < 0,05$).
- Nell'orata i CUD di tutte le frazioni sono risultati migliori ($P < 0,05$) con i mangimi inclusivi di farina di insetti rispetto a quelli misurati con la dieta di controllo CTRL. La specie di insetto da cui originava la farina non ha tuttavia prodotto differenze significative nella digeribilità dei nutrienti.

Nell'allegato WP3.1.3 sono riportate le schede con il calcolo analitico dei coefficienti di digeribilità dei mangimi di UNIUD.

Nell'allegato WP3.2.4. sono riportate le tabelle dell'analisi delle feci effettuate dai laboratori del Ciheam.

WP 3.2.1. Caratterizzazione chimico-nutrizionale della porzione edule dei pesci a fine prova

Materiali e Metodi

I filetti con pelle di trote ed orate ottenuti al termine delle prove di confronto tra diete sperimentali e commerciali

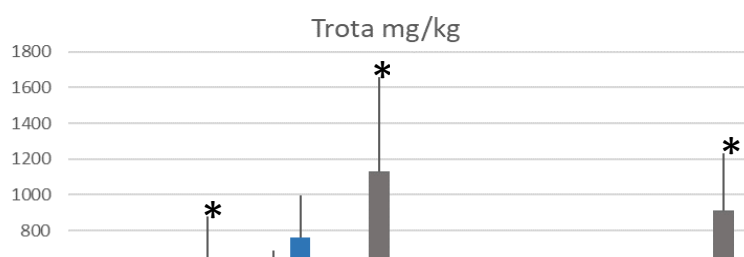
Sono stati analizzati presso i laboratori del Ciheam per la composizione centesimale, il tenore aminoacidi ed in acidi grassi, il contenuto in elementi minerali e in alcune vitamine.

Tutti i dati analitici sono riportati nell'allegato WP 3.2.1.

Sintesi dei risultati

- Sia nella trota che nell'orata, la composizione centesimale, il contenuto di elementi minerali e vitamine è variato marginalmente e non significativamente per effetto dei diversi mangimi ciò anche a causa della grande variabilità individuale soprattutto per parametri quali il contenuto di grassi.
- Nella trota i filetti dei pesci alimentati con le diete inclusive di insetti sono risultati meno grassi e più ricchi di Vitamine E e A rispetto a quelli dei pesci che ricevevano la dieta commerciale
- Nella trota vi è stato un andamento simile a quanto visto nella trota ma meno marcato ($P > 0,05$)

Figura 3.5 Variazioni nel contenuto in acidi grassi dei filetti di trota o orata in relazione al mangime consumato



La figura 3.5 illustra le principali variazioni nel contenuto in acidi grassi dei filetti di trota e orata in relazione al mangime consumato.

- Nei filetti delle trote alimentate con le diete sperimentali i contenuti in acidi saturi, monoinsaturi e polinsaturi n-6 si sono differenziati poco risultando simili tra dieta di controllo e le diete inclusive di insetti ma significativamente inferiori ai valori osservati nei filetti dei pesci alimentati con la dieta commerciale ($P < 0,05$).
- Nella trota, le diete con insetti similmente a quella di controllo hanno dato luogo a filetti caratterizzati da un miglior profilo in PUFA n-3 e rapporto n-3/n-6 rispetto a quelli delle trote alimentate con il mangime commerciale.
- I filetti delle orate non hanno risentito del tipo di dieta per quanto concerne i contenuti di acidi saturi, monoinsaturi e polinsaturi n-6. A differenza della trota, i filetti di orata alimentati con le diete innovative con o senza insetti si sono differenziati da quelli dei pesci alimentati con mangime commerciale non solo per un miglior profilo ma anche per un maggior contenuto di PUFA n-3 ($P < 0,05$).

WP 3.2.2. Caratterizzazione microbiologica della porzione edule dei pesci a fine prova UNIUD

I grafici 3.6 e 3.7 illustrano le caratteristiche microbiologiche dei filetti di trota e orata allevate con i diversi mangimi

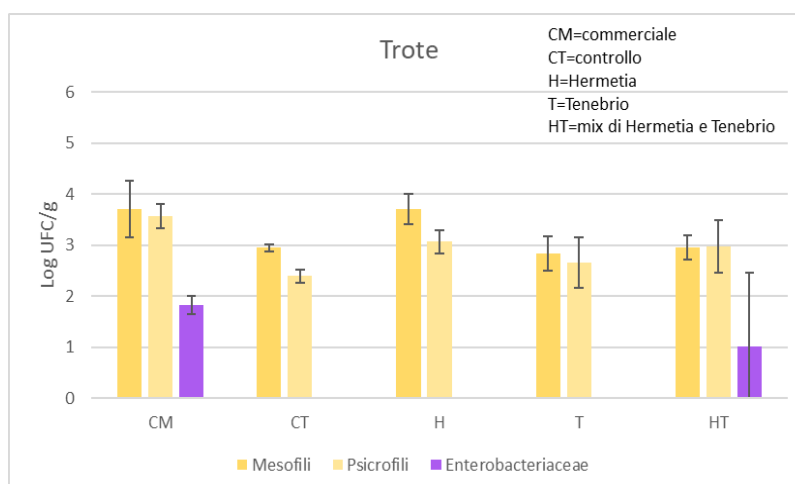


Grafico 3.6: Caratterizzazione microbiologica di trote allevate con diversi mangimi.

I dati definiscono una soddisfacente qualità igienico-sanitaria delle trote. Infatti, la carica batterica totale si è sempre mantenuta ampiamente al di sotto del valore di 5 log UFC/g. Le Enterobacteriaceae sono sempre state inferiori al limite soglia del metodo (< 10 UFC/g) eccetto che nelle trote alimentate con il mangime commerciale o il mangime con il mix di farine di insetti. Tale presenza potrebbe essere, comunque, casuale. Tuttavia, il loro valore è al di sotto del limite di 3 log UFC/g proposti dalle linee guida sotto riportate. *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. sono sempre risultati assenti in 25 g. L'uso di mangimi addizionati di insetti non ha incrementato la contaminazione delle trote allevate. Pertanto, applicando le Linee Guida – Conferenza Permanente per i rapporti tra lo stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano del 03/03/2016, si può affermare che tali trote sono salubri e la qualità microbica è ampiamente soddisfacente.

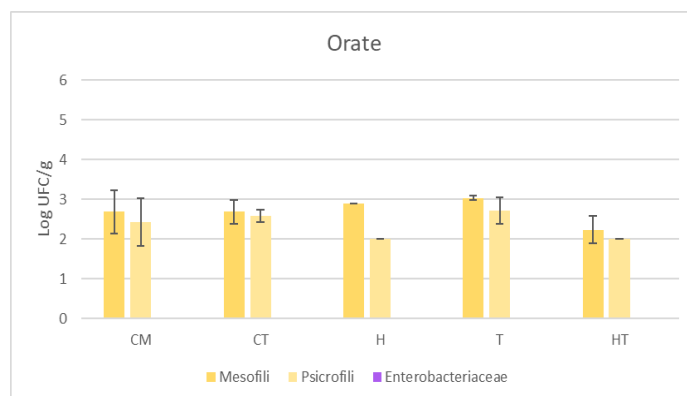


Grafico 3.6: Caratterizzazione microbiologica delle orate allevate con diversi mangimi.

I dati hanno dimostrato una soddisfacente qualità di tali orate. Infatti, la carica batterica totale si è sempre mantenuta ampiamente al di sotto del valore di 5 log UFC/g, le Enterobacteriaceae sono sempre state inferiori al limite soglia del metodo (< 10 UFC/g). *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. sono sempre risultati assenti in 25 g. L'uso di mangimi addizionati di insetti non ha incrementato la contaminazione delle orate allevate. Pertanto, applicando le Linee Guida – Conferenza Permanente per i rapporti tra lo stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano del 03/03/2016, si può affermare che anche le orate sono salubri e la qualità microbica è ampiamente soddisfacente.

WP 3.2.3. Caratterizzazione Igienico sanitaria: analisi diossine e PCB in varie matrici

Al fine di verificare la rispondenza alla Direttiva 2002/32/CE (sostanze indesiderabili nell'alimentazione degli animali) al regolamento UE 2023/915 (tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti) i mangimi usati per le prove e i filetti dei pesci allevati sono stati analizzati per il loro contenuto in Diossine, PCB diossina simili e PCB non diossina simili. Le analisi sono state effettuate dall'IZS "G. Caporale" di Teramo, laboratorio accreditato per tale tipo di analisi nonché "Laboratorio Nazionale di Riferimento per gli Inquinanti Organici Persistenti Alogenati negli Alimenti e nei Mangimi" del Ministero della Salute. **Nell'allegato WP3.2.3** sono contenuti i report ufficiali di analisi dell'IZSAM per 9 mangimi e 18 filetti di pesce allevato, che attestano come il contenuto in Diossine, PCB diossina simili e PCB non diossina simili di ogni campione rientra nei limiti previsti dalla citata normativa.

WP 3.2.4. Analisi chimico –nutrizionale feci

Sono state le analisi chimiche (umidità, ceneri, proteine, lipidi, fibra grezza, profilo acidi grassi, Ca, Mg, K, P, Fe) delle feci: 24 analisi per 8 mangimi x 3 repliche (**All. WP 3.2.4.**).

WP 3.2.5. Analisi sensoriale della porzione edule dei filetti a fine prova (UNIUD)

Le scelte alimentari, per quanto possano sembrare semplici, sono influenzate da molteplici fattori ed è necessario un approccio multidisciplinare per spiegarle e predire il comportamento dei consumatori. Aspetti psicologici (emozioni, razionalità, esperienze pregresse, tratti della personalità, neofobia), si intrecciano a fattori biologici e fisiologici, fattori situazionali e socio-culturali oltre che, naturalmente, alla percezione delle proprietà intrinseche ed estrinseche dell'alimento stesso. Queste ultime sono legate al marchio, al marketing e al confezionamento, ma anche alle attese di gradimento che il cibo genera nelle persone prima del consumo.

Le proprietà intrinseche, al contrario, si riferiscono alle caratteristiche chimico-fisiche e sensoriali dell'alimento percepibili durante il consumo attraverso la percezione visiva, olfattiva, gustativa e di consistenza (texture). Il bilancio tra qualità attesa, prima del consumo, e qualità percepita, durante il consumo, determina la soddisfazione o l'insoddisfazione del consumatore e quindi la probabilità di un acquisto futuro (Grunet, 2005). L'informazione sul processo di produzione *sensu lato* del l'alimento gioca un ruolo molto importante nella formazione delle attese di gradimento (aspettativa) e il giudizio di piacevolezza è influenzato, in parte, dalla consapevolezza di ciò che si sta consumando (condizione *as market*).

Alla luce di questi presupposti, che fanno da cornice metodologica, gli obbiettivi dell'analisi sensoriale per il progetto ACQUAINNOVA erano:

- 1) Valutare il gradimento dei filetti di trote e orate, ottenuti utilizzando mangimi contenenti insetti, con e senza informazione
- 2) Misurare la percezione dei consumatori per i pesci alimentati con questi mangimi innovativi
- 3) Stabilire se c'è un effetto dell'informazione in grado di modificare la percezione sensoriale
- 4) Esaminare quali sono gli attributi sensoriali riscontrati più frequentemente dagli assaggiatori e quanto questi hanno influenzato il giudizio di gradimento (penalty test)
- 5) Stimare il livello di accettazione dei consumatori per l'uso di insetti nella filiera alimentare

MATERIALE E METODI

Per raggiungere gli obiettivi citati si è scelto di applicare un test sensoriale di tipo affettivo (Pagliarini, 2021), rivolto a consumatori che mangiano abitualmente pesce e con un basso livello di neofobia alimentare, ovvero persone poco riluttanti verso le novità alimentari. Gli assaggiatori sono stati reclutati tramite locandina informativa, passaparola ed invito con e-mail. Ai volontari che hanno aderito al test non è stata data nessuna informazione relativa agli obiettivi perseguiti; l'invito consisteva, essenzialmente, nel partecipare all' assaggio di due tipi di pesce (orata o trota) per valutarne la piacevolezza. Come incentivo alla partecipazione e a parziale compensazione del tempo dedicato al test, si è scelto di acquistare dei buoni spesa (gift card da 5€) da consegnare ai consumatori prima di congedarli.

Il test si è svolto nel laboratorio sensoriale del DI4A, costruito secondo le norme UNI-EN ISO 8589 e dotato di 8 postazioni di assaggio, tutti i dati sono stati raccolti utilizzando il software dedicato FIZZ di Biosystemes (Versione 2.47B, Biosystemes, Couternon, France). Ad ogni partecipante è stato assegnato un numero identificativo progressivo per anonimizzare le risposte fornite. L'informativa sulla privacy e l'autorizzazione al trattamento dei dati sono stati raccolti prima dell'inizio del test.

I pesci destinati all'assaggio sono stati consegnati al laboratorio freschi, poche ore dopo la macellazione, sfilettati e conservati in sacchetti sottovuoto, per essere congelati in freezer (-20°C) fino alla sera precedente l'analisi sensoriale, quando i campioni sono stati scongelati in frigo (T=4°C). Prima del sezionamento, i filetti sono stati accuratamente lavati, rifilati per uniformare lo spessore ed eliminare le eventuali imperfezioni. Nella preparazione dei campioni, è stata utilizzata la parte dorsale dei filetti, coprendo circa il 70% della loro lunghezza in senso cranio-caudale, per ottenere campioni omogenei per peso e spessore, privi di difetti visibili e lisce (figura 1 e 2). I campioni sono stati sezionati in porzioni con misure di circa 30x40 mm e spessore di circa 7-10mm, corrispondenti ad un peso di circa 40 g.

I campioni di trota sono stati valutati nei primi due giorni del test, mentre l'orata nei giorni successivi. Ogni tipologia di pesce (T= trota; O= orata) è stata codificata considerando le tsi alimentari (CT= controllo, TM = *Tenebrio molitor*, HI= *Hermetia Illucens*), mentre nella fase di assaggio ogni campione era identificato con un numero a tre cifre. Complessivamente, i tipi di campione disponibili per l'Analisi sensoriale del progetto Acquainnova erano sei: T_CT, T_TM, T_HI, O_CT, O_TM, O_HI. Ogni volontario assaggiava una sola specie di pesce (T oppure O).

I campioni in assaggio sono stati cotti in forno professionale Rational (mod. SelfCooking Center 61, Rational srl, Marcon, VE) con modalità "finger food", dopo tre prove preliminari di cottura, eseguite per garantire una resa ottimale in termini di morbidezza, succulenza e doratura, in soli due minuti e mezzo.

FILETTI DI ORATA DECONGELATI

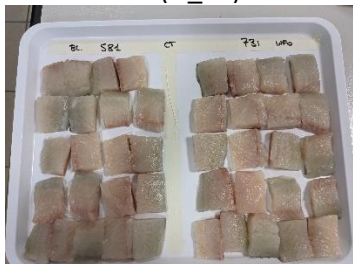
PORZIONATURA

CONTROLLO

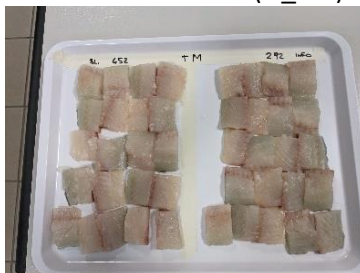


Preparazione dei campioni di orata (O) per l'analisi sensoriale

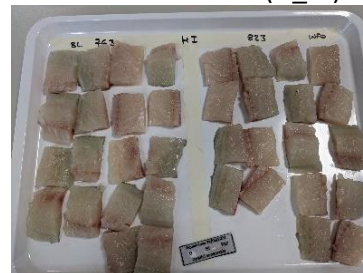
CONTROLLO (O_CT)



TENEBRIO MOLITOR (O_TM)



HERMETIA ILLUCENS (O_HI)



campioni di orata (O) prima della cottura

Prima dell'inizio del test, ai volontari sono state date indicazioni sull'uso del software, la modalità di compilazione a video ed in particolare come punteggiare la piacevolezza percepita sulla scala lineare verticale LAM, Labeled Affective Magnitude, range 0-100, scelta per consentire di differenziare al massimo i prodotti in assaggio.

L'analisi sensoriale si è sviluppata in tre fasi:

FASE 1: assaggio dei campioni di trota o di orata "alla cieca", ovvero senza informazione.

I volontari hanno valutato le proprietà intrinseche dei campioni punteggiando il gradimento su una scala lineare verticale L.A.M. Subito dopo questa valutazione, i giudici hanno selezionato le caratteristiche qualitative più spiccate nel campione appena assaggiato, spuntando i descrittori da una lista randomizzata di 34 attributi relativi a:

- aspetto visivo (6 attributi: sfibrato/flaccido, grasso, compatto/sodo, umido/succulento, viscido, asciutto)
- aspetto olfattivo (7 attributi: cotto, fango/terra, salsedine, intenso, vegetale, anomalo, debole)
- aspetto gustativo: (7 attributi: umami – saporito, amaro, salato, acido, dolce, insapore)
- aspetto retro-olfattivo, flavour, (7 attributi: anomalo, cotto, vegetale, fango/terra, intenso, salsedine, debole)
- consistenza, texture, (8 attributi: grumosa, succulenta, soda/compatta, appiccicosa, grassa, asciutta, gommosa, flaccida)

La selezione libera di questi descrittori sensoriali, che sono i più comuni nei campioni di pesce, ha consentito, nella fase di analisi dei dati, di conteggiare le frequenze di scelta, evidenziando i tratti peculiari che hanno maggiormente colpito l'attenzione dei consumatori.

FASE2: valutazione delle attese di piacevolezza.

I giudici hanno punteggiato le attese di gradimento per le due specie di pesci, basando il loro giudizio sulle informazioni fornite che differivano leggermente per trota e orata.

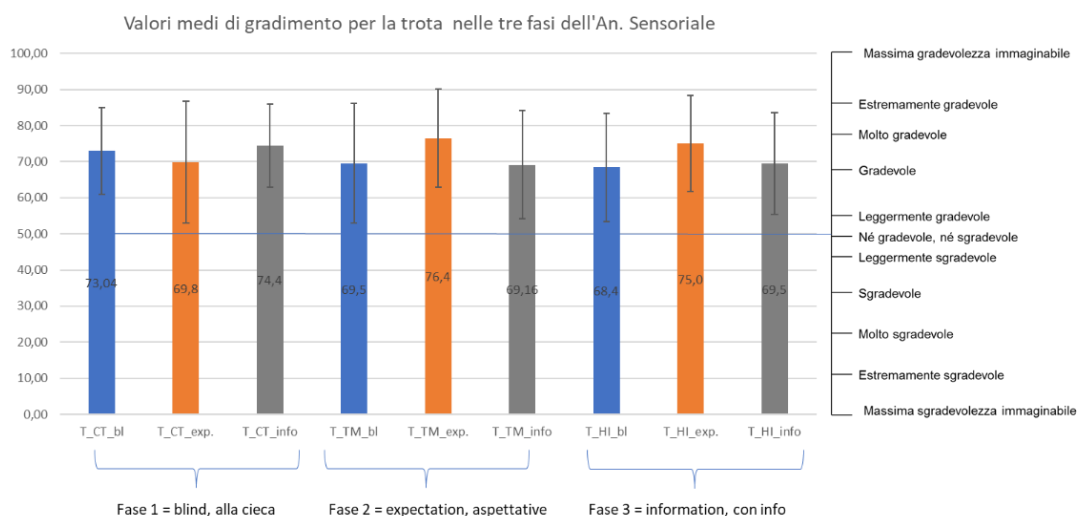
Al termine di questa fase, sono stati proposti tre questionari (Allegati 11, 12, 13) aventi lo scopo di recepire la conoscenza ed il livello di propensione all'uso dei mangimi contenenti insetti. I questionari consistevano nel punteggiare il livello di accordo e disaccordo rispetto alle affermazioni riportate (Bazoche P. & Poret S., 2021). Infine, dopo una pausa di circa dieci minuti, si è passati all'ultima fase del test

FASE 3: valutazione del gradimento in condizione informata, *as market*, è la condizione di assaggio più simile a quanto accade nella vita reale, dove normalmente si è consci di ciò che si consuma, o almeno, c'è la possibilità di reperire informazioni sui prodotti

Ai giudici sono stati serviti gli stessi campioni assaggiati nella fase "alla cieca", per il punteggio di gradimento su scala LAM, ma accompagnati dall'informazione corrispondente al mangime usato nella fase di allevamento.

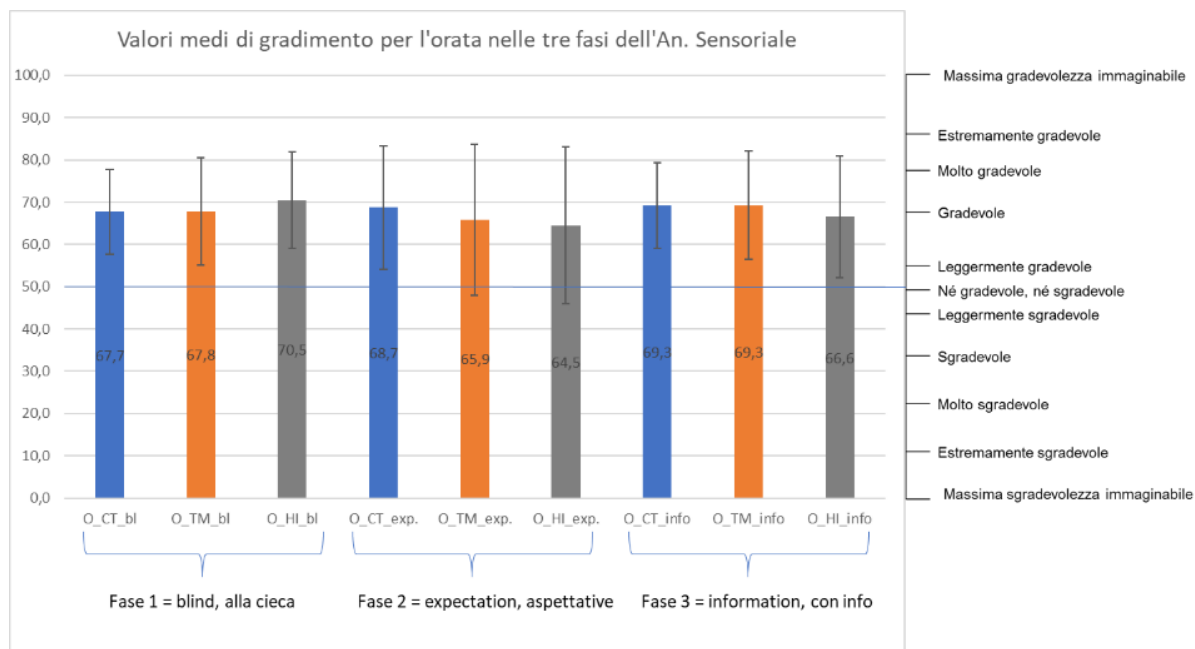
Sintesi dei risultati

Per le trote, i valori di gradimento, nelle tre fasi del test, sono riportati in figura 12 e tabella 3. Gli istogrammi riportano i valori medi affiancati ai giudizi della scala LAM (0-100). I valori ottenuti sono stati complessivamente elevati, considerando che i campioni sono stati assaggiati senza nessun tipo di condimento; I valori per le tre diete (CT, TM, HI) hanno sempre superato il giudizio *gradevole* (valore 68).



Istogrammi dei valori medi di gradimento per tutti i campioni di trota nelle tre fasi dell'analisi Sensoriale, riferiti alla scala LAM (0-100). T= trota; CT= mangime di controllo, TM=mangime con *Tenebrio Molitor*; HI= mangime con *Hermetia Illucens*; bl=blind, exp=expectation, info= information

Per l'orata, i valori di gradimento sono vicini al giudizio *gradevole* (figura 13), solo le attese per le orate allevate con i mangimi innovativi suscitano nei consumatori attese meno elevate, e l'assaggio informato delle orate allevate con mangime contenente *Hermetia Illucens* è risultato solo numericamente inferiore alle altre due diete considerate.



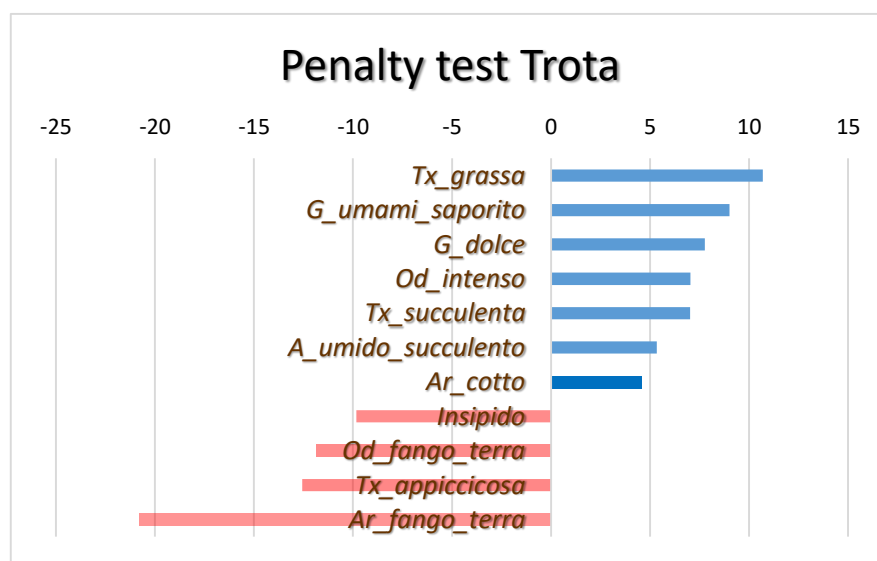
Istogrammi dei valori medi di gradimento per tutti i campioni di orata nelle tre fasi dell'analisi Sensoriale, riferiti alla scala LAM (0-100). O= orata; CT= mangime di controllo, TM=mangime con *Tenebrio Molitor*; HI= mangime con *Hermetia Illucens*; bl=blind, exp=expectation, info= information

L'effetto complessivo dell'informazione è stato nullo: i valori espressi dai consumatori per le proprietà intrinseche dei pesci (fase 1) non sono cambiate né rispetto alle attese di gradimento, né rispetto alla condizione informata. Di fatto, non si è originata una disconferma negativa, ovvero i pesci sono piaciuti, per le

loro proprietà intrinseche, tanto quanto atteso, inoltre i valori espressi con o senza informazione, non hanno portato a differenze significative. Questo porta a considerare che, complessivamente, i consumatori erano soddisfatti del prodotto assaggiato e non sono stati influenzati dal sapere che due campioni su tre erano stati ottenuti attraverso l'uso di mangime innovativo contenente insetti.

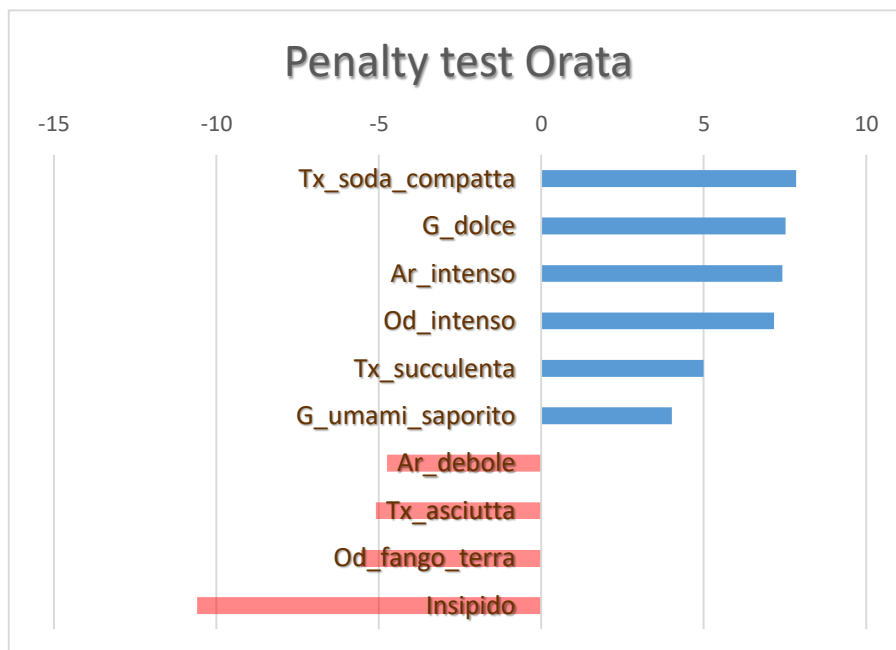
Il Penalty test consente di evidenziare, attraverso la frequenza di scelta degli attributi del CATA test, quali sono i descrittori che hanno significativamente pesato sul giudizio di piacevolezza.

Per la trota i descrittori che hanno favorevolmente colpito il giudizio dei consumatori sono stati: la consistenza grassa e succulenta, il gusto saporito e dolce, l'odore intenso, l'aspetto umido e l'aroma di cotto; al contrario, gli attributi che hanno pesato negativamente sono stati: l'aroma e l'odore di fango, la consistenza appiccicosa e la mancanza di gusto.



Penalty test per la trota: in blu i descrittori positivi selezionati più frequentemente dai consumatori, in rosso quelli meno graditi

I campioni di orata sono stati positivamente punteggiati per le seguenti caratteristiche: consistenza soda/compatta e succulenta, gusto dolce e saporito, aroma intenso, mentre hanno pesato negativamente il gusto insipido e l'aroma debole, la consistenza asciutta e l'odore di fango (figura 16).



Penalty test per l'orata; in blu i descrittori positivi selezionati più frequentemente dai consumatori, in rosso quelli meno graditi

CONCLUSIONI

L'analisi sensoriale sui pesci allevati con mangimi innovativi a base di insetti ha fornito un contributo originale per la comprensione dei possibili scenari futuri nel settore dell'acquacoltura.

Un campione rappresentativo dei consumatori di riferimento ha apprezzato le trote e le orate alimentate con mangimi contenenti insetti, esprimendo soddisfacenti giudizi di piacevolezza percepita, attesa e informata, del tutto comparabili a quelli dei filetti ottenuti con i mangimi commerciali attualmente in uso. Sono state inoltre ottenute utili indicazioni sui driver sensoriali di piacevolezza, che potranno essere approfondite con le appropriate metodiche sensoriali.

WP 3.2.6. Report sinottico sui risultati delle prove in vivo e post mortem

I risultati delle prove su trota ed orata confermano che

- le diete inclusive di farine di insetti associate ad altri ingredienti sostenibili come le PAT avicole si caratterizzano per digeribilità e performance zootecniche paragonabili e per qualche parametro superiori a quelle delle più evolute formulazioni mangimistiche (diete CTRL) o di quelle raggiungibili con i mangimi commerciali ordinari più comuni.

	CTRL	H	T	HT	Comm
FCR	0,82	0,83	0,80	0,82	0,91
FIFO	0,21	0,21	0,21	0,21	0,63
FFDRm	0,17	0,17	0,17	0,17	0,38
eFeed cost €/kg	1,44	1,73	2,39	2,06	1,45
ECRr	1,18	1,43	1,91	1,69	1,32

	CTRL	H	T	HT	Comm
FCR	1,19	1,16	1,16	1,16	1,33
FIFO	0,40	0,39	0,39	0,39	0,99
FFDRm	0,24	0,23	0,24	0,24	0,60
eFeed cost €/kg	1,38	1,69	2,35	2,06	1,35
ECRr	1,64	1,96	2,73	2,38	1,79

- Le diete inclusive delle farine di *Hermetia e/o Tenebrio* al pari della dieta CTRL, sono risultate migliorative dell’impatto sulle risorse alieutiche rispetto al mangime commerciale sottolineate da più bassi valori degli indici FIFO e FFDRm
- Sul lato del costo di alimentazione (ECR) solo i mangimi CTRL e quelli con *Hermetia* reggono la competizione con gli attuali mangimi commerciali.

I risultati delle analisi post mortem attestano:

- L’ottima qualità nutrizionale ed igienico sanitaria di trote e orate alimentate con le diete innovative
- L’inclusione di insetti nella dieta di trote e orate non altera i giudizi di gradimento e piacevolezza percepita, attesa e informata, del tutto comparabili a quelli dei filetti ottenuti con i mangimi commerciali attualmente in uso.

WP 4 - Applicazione dell’approccio LCA/PEF per la valutazione della sostenibilità ambientale dei mangimi innovativi sostenibili di nuova generazione per l’alimentazione della trota e dell’orata in linea con il Disciplinare Acquacoltura Sostenibile e la bio-economia circolare.

WP4 - Dettaglio attività	Partner coinvolti	Deliverable
---------------------------------	--------------------------	--------------------

Attività 4.1 Realizzazione di studio di LCA			
4.1.1	Studio comparativo LCA	CIHEAM Bari	I dati organizzati e modellati in base alle regole del Life Cycle Assessment (LCA) e in base alle norme ISO 14040 ed ISO 14044. (ALL. 4.1.1)
Attività 4.2 Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF.			
4.2.1	Saranno calcolati gli indicatori ambientali previsti dalla metodologia PEF (Product Environmental Footprint) Europea sia dei prodotti tradizionali che di quelli innovativi. In base alla pesatura dei 16 indicatori PEF, saranno identificati i 3 più significativi e saranno analizzati i contributi (analisi per processi e fasi) al fine di identificare le significatività lungo l'intero ciclo di vita.	CIHEAM Bari	Elenco dei risultati degli indicatori PEF Punti critici emersi dai calcoli PEF (ALL. 4.2.1)
Attività 4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali			
4.3.1	Dal confronto dei tre indicatori più significativi tra i prodotti tradizionali e quelli innovativi, sarà misurato il beneficio ambientale arrecato dall'utilizzo di ingredienti meno impattanti all'interno dei mangimi.	CIHEAM Bari	Calcolo dei benefici ambientali generati dalle soluzioni analizzate nel progetto. (ALL. 4.3.1)

Scopo del WP4 è stata la valutazione della sostenibilità ambientale dei mangimi innovativi per l'alimentazione dell'orata (*Sparus aurata*) e della trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) formulati e messi alla prova nel corso del progetto. I mangimi sono stati formulati tenendo in considerazione le linee guida esposte nel Disciplinare Acquacoltura Sostenibile e i principi della bio-economia circolare.

Il WP4 si è articolato in tre attività:

4.1. Realizzazione di studio LCA.

4.2. Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF.

4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali.

Le metodologie adottate e i risultati ottenuti sono descritti nei tre deliverable, intitolati come le attività.

Attività 4.1 Realizzazione di studio di LCA

La metodologia LCA (Life Cycle Assessment o Analysis – Analisi del Ciclo di Vita) è largamente utilizzata per valutare in termini quantitativi alcuni indicatori di sostenibilità ambientale relativi prodotti, servizi, organizzazioni. Essa si basa sulla modellazione dei flussi di materia ed energia che concorrono alla produzione di un bene o servizio, tenendo conto però anche dei rifiuti prodotti e delle modalità utilizzate per il loro smaltimento. LCA quindi può essere applicata a tutto il ciclo di vita: in questo caso spesso si designa l'analisi

utilizzando l'espressione "cradle-to-grave". E' però possibile, definendo opportunamente il sistema da analizzare, focalizzare lo studio su alcune fase produttive, in base al suo scopo. In questo progetto si adotterà l'approccio "cradle-to-gate", si valuteranno cioè gli impatti relativi alla produzione dei mangimi, fino a quanto vengano immessi sul mercato, come verrà precisato nel Cap. 3. L'applicazione di LCA segue gli standard ISO 14040:2006 and ISO 14044:2006 standards, secondo i quali uno studio LCA include le quattro fasi elencate e brevemente descritte di seguito:

- 1) Goal and Scope;
- 2) Life Cycle Inventory (LCI);
- 3) Life Cycle Impact Assessment (LCIA);
- 4) Interpretation of the result.

Nell'ambito di tale attività è stato realizzato lo studio LCA (**ALL. 4.1.1**); nel documento vengono presentati i risultati dell'attività 4.1. Lo studio si articola in 3 capitoli.

Nel primo viene descritta la metodologia LCA, nel secondo vengono presentate le formulazioni dei mangimi e le ipotesi utilizzate per modellarne il ciclo di vita, nel terzo vengono riassunti i principali risultati dello studio LCA. Lo studio LCA è iniziato con l'analisi attenta delle schede relative alla composizione di 8 tipologie di mangimi innovativi, 4 per l'orata (*Sparus aurata*) e 4 per la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*). Le schede sono state fornite dal gruppo di lavoro dell'Università di Udine, partner del progetto Acquainnova, che ha anche condotto le prove di alimentazione. L'obiettivo dello studio è stato il confronto tra i profili ambientali dei quattro mangimi innovativi di trota iridea e dei quattro formulati e messi a punto per l'alimentazione di orata.

I confini del sistema sono stati definiti utilizzando l'approccio "cradle to gate". In particolare, lo studio LCA è stato applicato unicamente alla produzione dei singoli ingredienti dei mangimi; i dati sono stati raccolti direttamente presso i produttori.

Per la realizzazione dello studio sono stati utilizzate le formulazioni dei mangimi formulati nel WP2 messi alla prova nel WP3 del progetto Aquainnova. Per alcuni processi sono state utilizzate banche dati riconosciute a livello internazionale e rappresentative della realtà Europea ed Italiana. In particolare, sono state utilizzate le banche dati Ecoinvent 3.9, Agribalyse e Agrifootprint.

I risultati della fase di LCIA sono stati riassunti rispettivamente per i mangimi innovativi per orata e trota iridea. Sono stati evidenziati i valori più bassi per le categorie di impatto maggiormente utilizzate nella letteratura relativa all'acquacoltura; è emerso che l'utilizzo di farine di insetto comporta, in generale, una diminuzione degli impatti rispetto al mangime di controllo. Per l'orata, il mangime meno impattante risulta quello in cui sono state introdotte in uguale proporzione farine estratte da entrambe le specie, mentre per la trota l'impatto minore si registra per il mangime in cui è presente il 12% di mosca soldato nera.

Attività 4.2 Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF.

L'attività ha riguardato il calcolo, la pesatura e l'identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF (**ALL. 4.2.1**); nel documento vengono presentati i risultati dell'attività 4.2.

Il lavoro è articolato in 2 capitoli: nel primo viene descritta la metodologia PEF, nel secondo vengono presentati le stime dell'impronta ambientale di prodotto (PEF – Product Environmental Footprint) per ciascun

mangime innovativo e discussi i risultati in relazione alle categorie di impatto rilevanti che contribuiscono all'impronta.

Dal punto di vista matematico, la PEF è un **indicatore composito**, che **combina linearmente un insieme di indicatori di impatto**, stimati utilizzando la metodologia LCA, ognuno relativo ad una diversa categoria di impatto. Una volta calcolati gli indicatori, come indicato nel Deliverable Acquainnova 4.1, il calcolo della PEF prevede **due ulteriori passaggi**:

1) Normalizzazione

Questo passaggio è necessario per costruire un indicatore composito, poiché le unità di misura degli indicatori sono diverse e, pertanto, non possono essere sommate. I fattori di normalizzazione sono stati definiti per ogni indicatore in relazione agli impatti potenziali medi annuali per persona: dividendo gli indicatori di impatto per questi coefficienti, si ottengono gli impatti normalizzati, la cui unità di misura è "persone equivalenti".

2) Ponderazione

Ciascun indicatore viene ponderato, moltiplicandolo per un coefficiente, il peso, che esplicita la rilevanza di ogni categoria di impatto rispetto all'impronta ambientale complessiva.

3) Calcolo della PEF

Pertanto i risultati dello studio LCA condotto nell'attività 4.1 sono stati normalizzati e pesati; successivamente:

- sono state identificate per ciascun mangime le categorie più rilevanti,
- sono stati identificati gli ingredienti più rilevanti, per ogni categoria;
- si è calcolata la PEF.

Il risultato finale è riassunto nella tabella successiva, che presenta le PEF degli otto mangimi.

Orata	PEF	Trota iridea	PEF
CTRL S.a.	0.015	CTRL RT	0.017
H S.a.	0.013	H RT	0.015
T S.a.	0.014	T RT	0.015
H+TS.a.	0.014	H+TRT	0.014

PEF dei quattro mangimi innovativi per orata, seconda colonna, e trota iridea, quarta colonna.

Questi risultati evidenziano, per entrambe le specie, un leggero miglioramento della prestazione ambientale dei mangimi innovativi rispetto ai mangimi di controllo. I mangimi con l'impatto inferiore sembrano essere quelli in cui sono state usate farine ricavate sia dalla tarma della farina, sia dalla mosca soldato nera. In particolare, il mangime per l'allevamento dell'orata con la PEF inferiore è risultato quello contenente il 12% di mosca soldato, mentre per la trota la PEF più bassa si è registrata per quello contenente il 6% di mosca soldato nera e il 6% di tarma della farina. La valutazione di questi risultati in relazione alla letteratura è allo stato attuale sostanzialmente impossibile, in quanto, da un lato, le regole definitive per la PEF non sono ancora state determinate e, dall'altro, mancano dei valori di riferimento, detti anche "benchmark". Tuttavia, è possibile ricavare informazioni utili dall'analisi dei contributi che permette di capire, innanzitutto, quali siano state le categorie di impatto incluse nella PEF e, tra queste, quali siano quelle più importanti. In accordo con quanto suggerito dal Disciplinare di Produzione "Acquacoltura sostenibile" e anche con quanto si va facendo in altri settori, vengono selezionate come importanti le prime tre categorie.

Di seguito presentiamo in forma grafica i risultati di questa analisi, iniziando dalle categorie più rilevanti, cioè quelle incluse nel calcolo della PEF dei mangimi, in quanto, cumulativamente, contribuiscono almeno all'80% dell'impatto. Esse sono presentate, rispettivamente, in Fig. 1 e 2 per orata e trota iridea. Come si può, notare, i contributi percentuali sono piuttosto simili. Vengono incluse, al massimo, 9 categorie: tra queste compaiono in ogni mangime, in ordine di rilevanza: Climate Change, Acidificazione, Particulate Matter, Terrestrial Eutrophication, Resources use-fossil, Resource use- minerals&metals. E' interessante notare che Climate Change, Acidificazione e le categorie che quantificano il potenziale impatto ai processi di eutrofizzazione in ambiente terrestre marino sono ampiamente utilizzate nella letteratura relativa all'acquacoltura, mentre invece sinora sono state poco considerate categorie che sembrano incidere sulla PEF, quali quella legata alle emissioni di materiale particolato (Particulate Matter).

Le categorie più importanti sono: Climate Change (23-25%), Resource use – fossil fuel (15-16%), Particulate Matter (12-13%), Acidificazione (10-11%). Mentre il ruolo di Climate Change, Resource use – fossil fuel, correlata a Climate Change, e Acidificazione era atteso, di più difficile interpretazione è la categoria Particulate Matter. Si ritiene a tal proposito necessario approfondire il ruolo di questa categoria, anche in relazione agli studi pilota che si stanno conducendo.

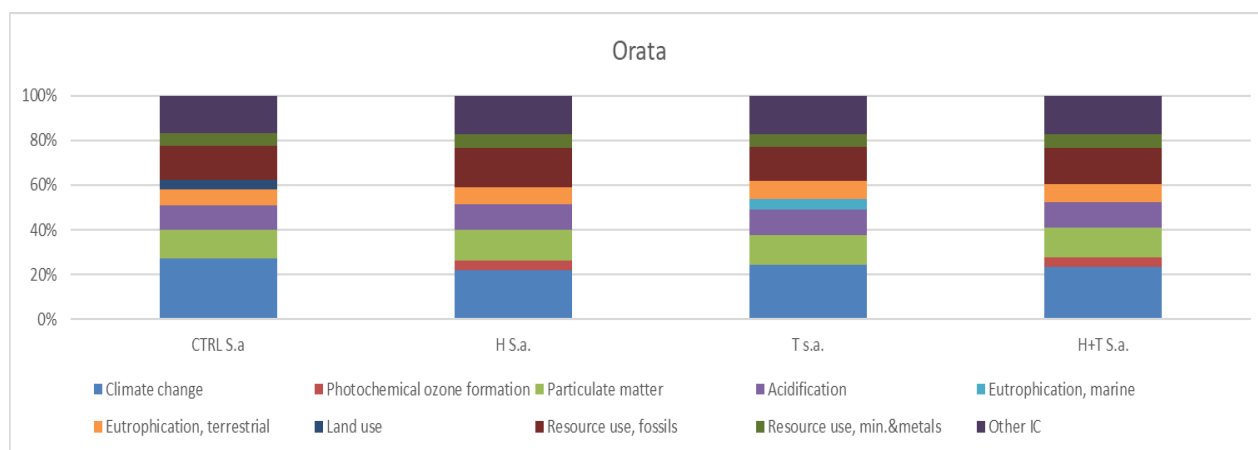


Fig. 1. Contributi percentuali delle categorie di impatto più rilevanti, incluse nel calcolo della PEF dei mangimi per orata.

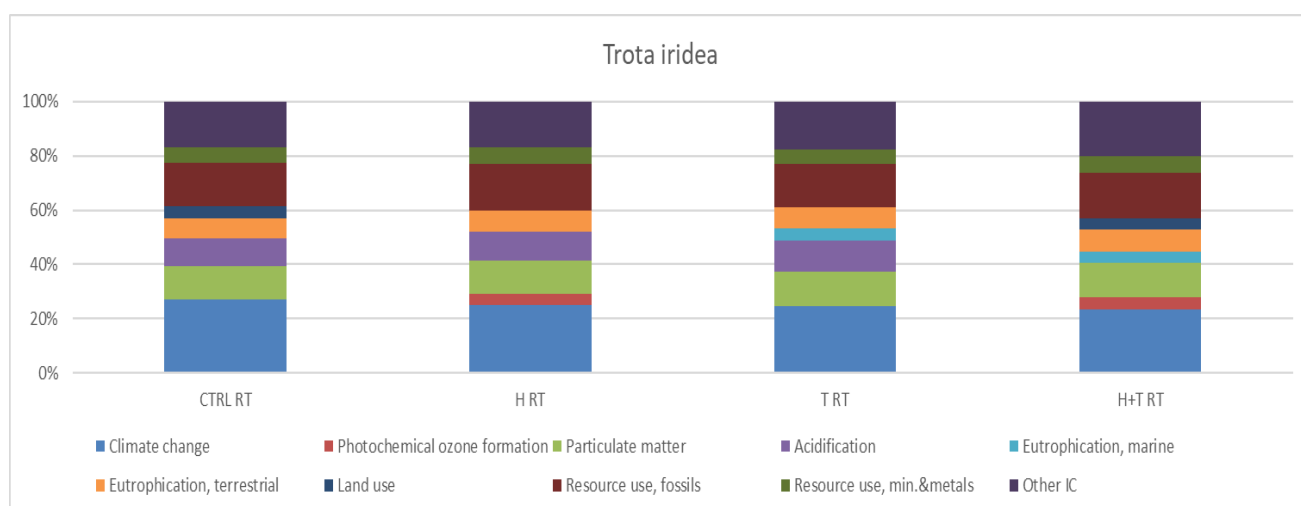


Fig. 2. Contributi percentuali delle categorie di impatto più rilevanti, incluse nel calcolo della PEF dei mangimi per trota iridea.

Attività 4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali.

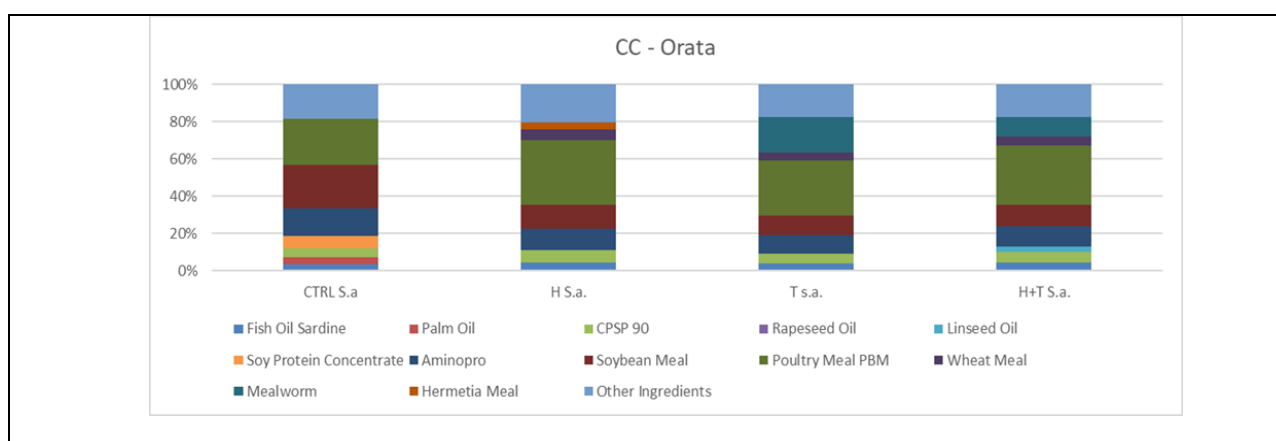
Nell'ambito dell'attività è stato realizzato uno studio conclusivo (**ALL. 4.3.1**) suddiviso in due parti: nella prima vengono presentate le schede ambientali per ogni mangime, che riassumono i risultati dello studio LCA e la valutazione dell'impronta ambientale di prodotto o PEF (Product Environmental Footprint). Nella seconda parte vengono discussi i risultati, in relazione al ruolo dei principali ingredienti nel determinare il profilo ambientale dei mangimi.

Le schede ambientali dei mangimi innovativi Acquainnova include tre tabelle che presentano:

- la loro formulazione, messa a punto nel WP2 del progetto;
- i valori degli indicatori di impatto ottenuti dallo studio LCA, descritto nel Deliverable 4.1;
- la stima della PEF e l'indicazione di: 1) le tre categorie di impatto che vi hanno maggiormente contribuito; 2) i tre ingredienti che hanno contribuito maggiormente alle tre categorie più importanti.

Le schede ambientali hanno evidenziato il ruolo degli ingredienti più importanti, che però è in qualche misura legato anche al loro peso percentuale nella composizione. Per comparare tra di loro i profili ambientali, risulta utile, tuttavia, anche il confronto mediante grafico tra mangimi, tenendo in considerazione anche categorie diverse da quelle elencate nelle schede. Ciò può rivelare il contributo di alcuni ingredienti a categorie meno importanti rispetto alle prime tre ma comunque in grado di influenzare la PEF.

Nelle Figure 3-4-5 sono visualizzati, rispettivamente, i contributi relativi alle categorie Climate Change, Terrestrial Eutrophication e Land use, rappresentative di impatti tra loro molto diversi. Per quanto riguarda la categoria Climate Change, nel mangime di controllo i contributi più rilevanti sono dati da Poultry Meal e Soybean Meal: quest'ultimo si riduce notevolmente con la parziale sostituzione con farina di insetto, che, in termini percentuali, lo compensa. La categoria Eutrophication-Terrestrial, presenta un profilo diverso, dominato da Poultry Meal, l'ingrediente comunque percentualmente più rilevante. Infine, alla categoria Land use contribuiscono maggiormente gli ingredienti derivati da colture terrestri e Poultry Meal che, indirettamente, ne fa uso attraverso i mangimi per pollame. Da notare che in questa categoria non compaiono le farine di insetto, che quindi possono essere importanti per limitare l'uso del suolo.



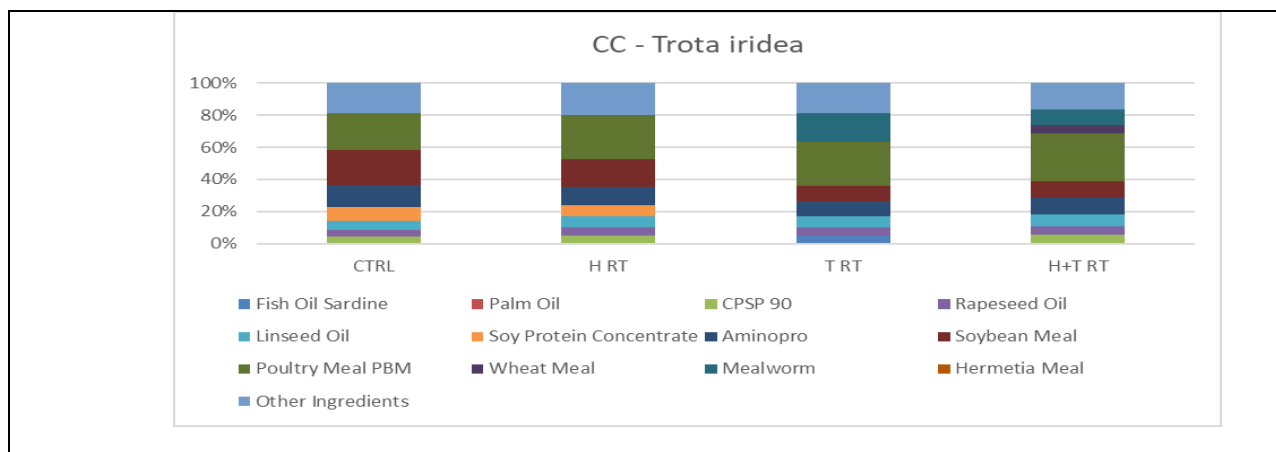


Fig. 3. Contributi alla categoria di impatto Climate Change degli ingredienti più rilevanti inclusi nei mangimi innovativi per orata (pannello superiore) e trota (pannello inferiore).



Fig. 4. Contributi alla categoria di impatto Eutrophication – terrestre degli ingredienti più rilevanti inclusi nei mangimi innovativi per orata (pannello superiore) e trota (pannello inferiore).

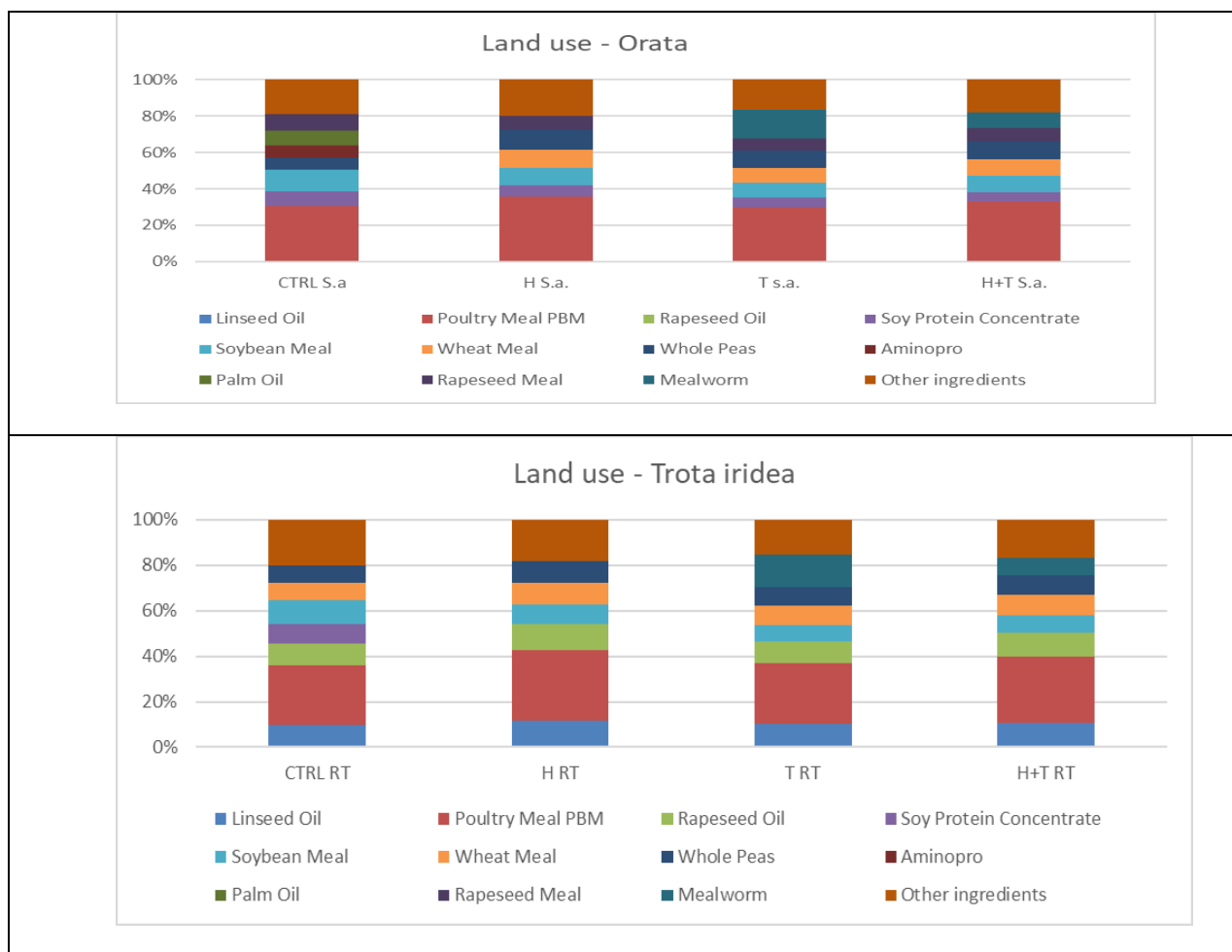


Fig. 5. Contributi alla categoria di impatto Land use degli ingredienti più rilevanti inclusi nei mangimi innovativi per orata (pannello superiore) e trota (pannello inferiore).

In conclusione i risultati dei tre deliverables del WP3 evidenziano che:

1. La PEF degli otto mangimi non presenta valori molto diversi: ciò è dovuto al fatto che la formulazione dei mangimi di controllo è comunque diversa dai mangimi commerciali e caratterizzata dalla presenza di proteine da sottoprodotti della lavorazione del pollame, in linea quindi con i principi dell'economia circolare.
2. La parziale sostituzione con farine di insetti riduce comunque la PEF, sia per i mangimi per orata che per quelli per trota iridea.
3. Tra le categorie di impatto che maggiormente influiscono sulla PEF se ne ritrovano due, Resource use – fossil fuel e Particulate Matter sinora non molto considerate negli studi LCA dedicati ai mangimi per acquacoltura: ciò indica la necessità di approfondire i processi produttivi in relazione a queste emissioni.
4. Le schede evidenziano in molti casi l'impatto non trascurabile dell'ingrediente Aminopro, presente in piccole percentuali nei mangimi: sarebbe importante approfondire la conoscenza del processo produttivo ed, eventualmente, valutare assieme agli esperti di nutrizione la sua sostituzione.

WP 5 Diffusione e divulgazione dei risultati.

WP5 - Dettaglio attività		Partner coinvolti	Deliverable
Attività 5.1 – Attività di comunicazione su web sull'avvio del progetto, sui risultati attesi e sui risultati intermedi			
5.1.1	Definizione del piano di comunicazione e supporto tecnico all'attuazione dello stesso.	CIHEAM Bari	Sito web Materiale divulgativo e promozionale Newsletter del progetto Comunicati stampa
Attività 5.2 - Formazione alle imprese di acquacoltura			
5.2.1	Formazione degli acquacoltori sulle formulazioni innovative dei mangimi.	CIHEAM Bari	n. 2 Seminari a distanza - ALL. WP5.2_ Firme partecipanti Udine 14/06 2023 - ALL. WP5.2_Presentazioni Udine 14/06 2023
Attività 5.3 - Conferenza Finale			
5.3.1	Organizzazione conferenza intermedia e finale per la presentazione dei risultati del progetto	CIHEAM Bari	n. 1 Conferenza intermedia Udine 14 giugno 2023 n. 1 Conferenza Finale online 20 ottobre attraverso la Piattaforma GoToMeeting

WP 5.1 Comunicazione su web sull'avvio del progetto, sui risultati attesi e sui risultati intermedi

L'attività ha riguardato la definizione delle strategie di comunicazione, la creazione dell'immagine grafica del progetto, la realizzazione del sito web, nonché la gestione di contenuti multimediali e newsletter.

La prima fase dell'attività ha comportato la definizione del piano di comunicazione, con l'obiettivo di stabilire obiettivi chiari e strategie efficaci per raggiungere il pubblico target.

Questo ha incluso:

- ✓ Un'analisi dettagliata del pubblico target che è stata condotta per identificare le loro esigenze, preferenze e abitudini di consumo di contenuti.
- ✓ Strategie di comunicazione mirate, incluse le modalità di diffusione dei messaggi, i canali di comunicazione e i tempi delle campagne.
- ✓ Identificazione e definizione dei messaggi chiave del progetto, in linea con gli obiettivi del Progetto.
- ✓ Implementazione delle Soluzioni Tecniche.

Piano comunicazione

Target comunicazione: I contenuti relativi ad Acquainnova hanno come target di riferimento: esperti scientifici dell'acquacoltura, comunità imprenditoriale della filiera produttiva, enti e istituzioni di settore. Il taglio degli articoli seguirà sempre un approccio descrittivo.

Sito e tipologia contenuti: Si tratta di una vetrina istituzionale su Acquainnova composta da: aree dedicate all'aggiornamento delle fasi del progetto, approfondimenti sugli enti promotori, informazioni sui progetti Acquacultura sostenibile e Sushin, news su settore acquacoltura e i comunicati stampa redatti per il supporto dell'attività di divulgazione ai media. L'obiettivo del Piano di comunicazione è quello di diffondere gli obiettivi del progetto e coinvolgere il pubblico target in modo efficace

Una volta stabilito il piano di comunicazione, è stato necessario implementare le soluzioni tecniche per attuarlo che ha previsto:

Creazione dell'Immagine Grafica: È stata progettata e realizzata l'immagine grafica del progetto, che ha compreso la definizione di colori, font e stili che rappresentassero al meglio l'identità del progetto.

Creazione del Logo di Progetto: Il logo del progetto è stato progettato per essere un simbolo riconoscibile che rappresentasse il progetto in modo efficace.

Realizzazione del Sito Web: Il sito web del progetto **AcqualInnova.org** è stato sviluppato e pubblicato online utilizzando la piattaforma WordPress.

Sono state implementate le migliori pratiche di progettazione web, inclusa la navigazione intuitiva, l'ottimizzazione per dispositivi mobili e la sicurezza dei dati.

La fase iniziale ha riguardato il layout del sito web e gli obiettivi di design:

Struttura del Sito Web: È stata progettata una struttura intuitiva con una home page informativa, una sezione dedicata alle iniziative, una galleria multimediale, una pagina di contatto e un blog.

Design Responsivo: Il design è stato sviluppato per adattarsi in modo fluido a diverse dimensioni di schermo, garantendo una buona esperienza su desktop, tablet e smartphone.

Marchio e Colori: Sono stati scelti colori e font che promuovono coerenza e riconoscimento del marchio.

Sviluppo del Sito Web: Il sito è stato sviluppato utilizzando WordPress, una piattaforma di gestione dei contenuti molto flessibile e popolare. Sono state utilizzate le seguenti tecnologie e approcci:

- ✓ Temi Personalizzati: È stato creato un tema personalizzato che rispecchiasse il design proposto, garantendo un aspetto unico e riconoscibile.
- ✓ Plugin: Sono stati integrati plugin essenziali per la funzionalità del sito, tra cui quelli per la gestione dei contenuti, il modulo di contatto e l'ottimizzazione SEO.
- ✓ Ottimizzazione delle Immagini: Le immagini sono state ottimizzate per garantire tempi di caricamento rapidi e una migliore esperienza utente.

Per garantire una visibilità ottimale sui motori di ricerca, sono state adottate le seguenti pratiche:

- ✓ Ricerca delle Parole Chiave: È stata condotta una ricerca approfondita delle parole chiave relative al settore di AcqualInnova.org e sono state integrate in modo strategico nei contenuti.
- ✓ Struttura del Sito Web: La struttura del sito è stata ottimizzata per la navigazione e l'indicizzazione dei motori di ricerca.
- ✓ Ottimizzazione delle Immagini: Le immagini sono state etichettate correttamente con attributi alt e titoli descrittivi.

Per proteggere il sito da minacce esterne, sono state adottate le seguenti misure:

- ✓ Aggiornamenti Regolari: Sono stati effettuati regolarmente aggiornamenti del core di WordPress e dei plug-in per eliminare potenziali vulnerabilità.
- ✓ Firewall e Sicurezza SSL: Un firewall e un certificato SSL sono stati implementati per proteggere il sito da attacchi informatici.

Il risultato è un sito web informativo, accessibile e sicuro che promuove l'innovazione e la consapevolezza sull'uso sostenibile delle risorse idriche. L'ottimizzazione SEO assicura che il sito sia ben posizionato sui motori di ricerca per attirare un pubblico più ampio.

Gestione e produzione dei Contenuti Multimediali: L'attività ha incluso la gestione dei contenuti multimediali; sono stati creati video, immagini e altri contenuti multimediali per diffondere in modo efficace il messaggio del progetto attraverso i canali digitali. Le comunicazioni social, sulla piattaforma X (ex Twitter) sono state pensate per interagire direttamente e prioritariamente con gli enti governativi (esempio: ministeri) e gli enti di ricerca

(esempio: università e altri enti pubblici e privati) così da massimizzare l'engagement con queste pagine e aumentare l'autorevolezza della comunicazione con il rilancio nel loro feed di comunicazione social.

Sono stati realizzati e programmati dei post per eventuali comunicazioni social da attivare al bisogno. Di fatto, anche in questo caso, come per le newsletter, si tratta della suddivisione dei contenuti già presenti sul sito per aree tematiche. Esempio: I PROTAGONISTI DEL PROGETTO ACQUAINNOVA -> Articolo su DI4A e Ciheam Bari, oltre all'approfondimento sulla struttura in cui è avvenuta la ricerca. Oppure: RICERCA E CERTIFICAZIONI: IL PUNTO DI PARTEZA -> Articolo sul progetto Sushin e sul progetto di certificazione Acquacoltura sostenibile. Per l'attivazione della programmazione dei post social si è utilizzata la funzione TweetDeck. In questo modo, i post possono essere utilizzati con cadenza regolare a seguito del lancio istituzionale del sito. Per la trattazione dei link mi sono appoggiato al servizio Bitly che permette la riduzione dell'url di riferimento per non appesantire la fruibilità e la condivisibilità del contenuto stesso.

Gestione e produzione di Newsletter: Sono state pianificate e create newsletter periodiche per aggiornare i sostenitori del progetto e il pubblico interessato sugli sviluppi e gli obiettivi raggiunti. Le newsletter sono dedicate alle persone interessate ad approfondire il progetto scientifico di Acquainnova, siano essi personale accademico, esperti scientifici dell'acquacoltura, comunità imprenditoriale della filiera produttiva, enti e istituzioni. All'interno del servizio gratuito offerto da Mailchimp sono stati realizzati una serie di tamplate per eventuali campagne di comunicazione da attivare al bisogno una volta redatto l'elenco degli indirizzi mail di spedizione (previa autorizzazione, sia tramite specifico modulo che tramite richiesta diretta o invito personale). Di fatto si tratta della suddivisione dei contenuti già presenti sul sito per aree tematiche. Esempio: I PROTAGONISTI DEL PROGETTO ACQUAINNOVA -> Articolo su DI4A e Ciheam Bari, oltre all'approfondimento sulla struttura in cui è avvenuta la ricerca. Oppure: RICERCA E CERTIFICAZIONI: IL PUNTO DI PARTEZA -> Articolo sul progetto Sushin e sul progetto di certificazione Acquacoltura sostenibile. Per l'attivazione del servizio di newsletter è stato creato un account gratuito sulla piattaforma Mailchimp. Grazie all'editor di testo reso disponibile dalla piattaforma e al materiale già presente sul sito sono stati creati i tamplate tematici pronti all'uso. Già presenti anche i moduli di contatti e di iscrizione oltre che una proposta di strutturazione di elenco contatti.

ELENCO DELIVERABLES ATTIVITA' 5.1

- **Account Google**

USER: acquainnova.org@gmail.com

- **Account HosCng Godaddy**

Login tramite google account

- **Account Admin sito Wordpress**

Login tramite godaddy Account

- **Sito internet Acquainnova: hOps://acquainnova.org/**

NB: USER e PW = Account Google

- **Profilo X (ex TwiOer): hOps://twiOer.com/Acquainnova**

NB: USER e PW = Account Google

- **Profilo Mailchimp: hOps://us21.admin.mailchimp.com/campaigns/#t:campaigns-list**

- **CAMPAGNE NEWSLETTER:**

hOps://us21.campaign-
archive.com/?e=__test_email__&u=34b1101da1f4343687f87581a&id=a513843b74

hOps://us21.campaign-
archive.com/?e=__test_email__&u=34b1101da1f4343687f87581a&id=fd31ec7a84

hOps://us21.campaign-
archive.com/?e=__test_email__&u=34b1101da1f4343687f87581a&id=b606f3484e

hOps://us21.campaign-
archive.com/?e=__test_email__&u=34b1101da1f4343687f87581a&id=2e413e6599

hOps://us21.campaign-
archive.com/?e=__test_email__&u=34b1101da1f4343687f87581a&id=94090439f8

WP 5.2 Formazione alle imprese di acquacoltura

La formazione degli acquacoltori sulle formulazioni innovative dei mangimi è stata realizzata in due momenti diversi; il primo evento formativo è stato svolto a Udine il 14 giugno presso il Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali e Animali dell'Università degli Studi di Udine in concomitanza della presentazione dei risultati intermedi delle attività progettuali. All'evento hanno partecipato diverse imprese appartenenti all'Associazione Piscicoltori Italiani (API) oltre che ai rappresentanti del CIHEAM Bari e dell'Università di Udine. Si allegano i moduli raccolta firme partecipanti e le presentazioni illustrate nel corso dell'evento (**ALL. WP5.2_firme partecipanti Udine 14 giugno 2023 e ALL. WP5.2 _ Presentazioni 14 giugno UDINE**).

Il secondo evento formativo è stato erogato nel corso della **conferenza finale** "*Verso una nuova generazione di mangimi sostenibili per l'Acquacoltura: I risultati del progetto Acquainnova*" che si è svolta il 20 ottobre online attraverso la Piattaforma GoToMeeting. All'evento hanno partecipato diversi rappresentanti delle imprese di acquacoltura.

WP 5.3 Conferenza Finale

Nel corso della conferenza finale i relatori hanno presentato i risultati delle attività progettuali per ciascun WP. La registrazione dell'evento è stato caricato sul sito web acquainnova.org in modo da renderlo fruibile da tutti gli operatori interessati. Si allegano le relazioni illustrate dai relatori nel corso della conferenza (**ALL. WP5.3 _ CONFERENZA FINALE 20 ottobre**).

CIHEAM

Progetto Acquainnova

“Acquacoltura e Innovazione: nuove formulazioni mangimistiche in acquacoltura sostenibile”

Deliverable relativo all'attività 4.1.1.

“Realizzazione di studio di LCA

Sommario

LISTA DEGLI ACRONIMI	2
1. Introduzione	3
2. La metodologia LCA	4
3. Valutazione delle schede dei mangimi, obiettivi, scopo ed inventario.	6
4. Risultati della valutazione di impatto e loro interpretazione	12
5. Riferimenti bibliografici	16

LISTA DEGLI ACRONIMI

EF: Ecological Footprint

IC: Impact Category

GWP: Global Warming Potential

LCA: Life Cycle Assessment

LCI: Life Cycle Inventory

LCIA: Life Cycle Impact Assessment

PEF: Product Environmental Footprint

1. Introduzione

Questo documento rappresenta il primo deliverable prodotto nell'ambito del WP4 del progetto "Acquainnova". Scopo del WP4 è la valutazione della sostenibilità ambientale dei mangimi innovativi per l'alimentazione dell'orata (*Sparus aurata*) e della trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) formulati e messi alla prova nel corso del progetto. I mangimi sono stati formulati tenendo in considerazione le linee guida esposte nel Disciplinare Aquacoltura Sostenibile e i principi della bio-economia circolare. Il WP4 si è articolato in tre attività:

4.1. Realizzazione di studio LCA

4.2. Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF

4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali

Le metodologie adottate e i risultati ottenuti sono descritti in tre deliverable, intitolati come le attività.

In questo documento vengono presentati i risultati dell'attività 4.1. Esso si articola nella presente introduzione e in 3 capitoli. Nel primo viene descritta la metodologia LCA, nel secondo vengono presentate le formulazioni dei mangimi e le ipotesi utilizzate per modellarne il ciclo di vita, nel terzo vengono riassunti i principali risultati dello studio LCA.

2. La metodologia LCA

La metodologia LCA (Life Cycle Assessment o Analysis – Analisi del Ciclo di Vita) è largamente utilizzata per valutare in termini quantitativi alcuni indicatori di sostenibilità ambientale relativi prodotti, servizi, organizzazioni. Essa si basa sulla modellazione dei flussi di materia ed energia che concorrono alla produzione di un bene o servizio, tenendo conto però anche dei rifiuti prodotti e delle modalità utilizzate per il loro smaltimento. LCA quindi può essere applicata a tutto il ciclo di vita: in questo caso spesso si designa l'analisi utilizzando l'espressione "cradle-to-grave". E' però possibile, definendo opportunamente il sistema da analizzare, focalizzare lo studio su alcune fase produttive, in base al suo scopo. In questo progetto si adotterà l'approccio "cradle-to-gate", si valuteranno cioè gli impatti relativi alla produzione dei mangimi, fino a quanto vengano immessi sul mercato, come verrà precisato nel Cap. 3. L'applicazione di LCA segue gli standard ISO 14040:2006 and ISO 14044:2006 standards, secondo i quali uno studio LCA include le quattro fasi elencate e brevemente descritte di seguito:

- 1) Goal and Scope
- 2) Life Cycle Inventory (LCI)
- 3) Life Cycle Impact Assessment (LCIA)
- 4) Interpretation of the result

Goal and Scope.

La definizione dell'obiettivo richiede di enunciare chiaramente le motivazioni per condurre l'analisi, la definizione dell'utilizzo dei risultati e dei principali fruitori a cui è rivolta, ad es. consumatori, personale coinvolto nell'organizzazione, aziendale, operatori del settore. Lo scopo specifica le scelte metodologiche più rilevanti, le principali ipotesi ed assunzioni, fornendo: i) la descrizione del sistema da modellare e dei suoi confini, ii) la definizione dell'unità funzionale iii) i requisiti di qualità dei dati di ingresso iv) le principali assunzioni adottate per definire i dati di ingresso v) le metodologie di caratterizzazione utilizzate nella terza fase, LCIA.

Life Cycle Inventory (LCI).

Durante questa fase vengono raccolti i dati necessari a quantificare i flussi di materia ed energia in entrata ed uscita dal sistema definito nella fase precedente. Può essere molto complessa, soprattutto laddove alla produzione del bene o servizio concorrano diversi processi, ognuno dei quali, a propria volta, caratterizzato da numerosi flussi da tracciare e quantificare.

Life Cycle Impact Assessment (LCIA).

Questa fase cruciale conduce alla valutazione della prestazione ambientale del prodotto/servizio/organizzazione. Questo obiettivo viene raggiunto applicando ai dati raccolti nell'inventario delle metodologie di caratterizzazione che consentono di associare a ciascun flusso un insieme di "categorie di impatto", o IC – Impact Categories, ad es. Climate Change, ed un indicatore di impatto, ad es. Global Warming Potential, espresso in unità di misura standardizzate, ad es. kgCO₂ equivalenti. Cumulando questi risultati si ottiene per ogni IC e indicatore una valutazione quantitativa del potenziale impatto ambientale. Le metodologie di caratterizzazione possono essere diverse, ad es. CML, ReCiPe, EF, come si vedrà nel Cap. 3. I risultati possono essere normalizzati, per poter confrontare tra loro entità di impatto legata a categorie diverse, e pesati, per ottenere indici sintetici: queste due fasi caratterizzano proprio la metodologia per il calcolo della PEF, descritto nel deliverable 4.2 di Acquainnova.

Interpretazione dei risultati.

Nella fase finale, i risultati ottenuti nella terza fase vengono riassunti e discussi alla luce di quanto stabilito nella prima fase, Goal and Scope. Spesso l'interpretazione consente di identificare le fasi critiche del processo produttivo o del sistema organizzativo, i cosiddetti 'hot spots', che maggiormente contribuiscono all'impatto ambientale. Su tale base, possono essere identificate soluzioni alternative, utilizzando il modello LCA anche per delineare scenari di impatto ad esse relativi.

3. Valutazione delle schede dei mangimi, obiettivi, scopo ed inventario.

Lo studio LCA è iniziato con l'analisi attenta delle schede relative alla composizione di 8 tipologie di mangimi innovativi, 4 per l'orata (*Sparus aurata*) e 4 per la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*). Le schede sono state fornite dal gruppo di lavoro dell'Università di Udine, partner del progetto AcquaInnova, che ha anche condotto le prove di alimentazione.

La composizione dei mangimi è riportata, rispettivamente, in Tab. 1 e Tab. 2. I mangimi di controllo, sono indicati, rispettivamente, con CTRL S.a. per l'orata e CTRL RT per la trota iridea (RT). Le loro formulazioni sono diverse, in relazione alle esigenze nutrizionali delle due specie. Le formulazioni sono state progettate in base ai risultati ottenuti nel progetto SUSHIN, in cui è stata messa alla prova con successo la quasi totale sostituzione di farina e olio di pesce (Fish meal – FM e Fish Oil -FO) derivanti dal processamento pesca del cosiddetto “forage fish” (ad es. acciughe) con proteine da sottoprodotti della lavorazione del pollame e farina di insetto.

H indica la presenza del 12% di *Hermetia illucens* (mosca soldato nera) nel mangime, mentre T indica la presenza del 12% *Tenebrio molitor* (tarma della farina). I mangimi contraddistinti con “HT” contengono questi due ingredienti nella stessa proporzione, pari al 6%.

In sintesi, tutti i mangimi, eccetto il controllo, contengono il 12% di farina di insetto. Nelle Tabelle 1 e 2 sono indicate in rosso le variazioni positive rispetto al controllo ed in verde quelle negative: come si può notare, le farine di insetto sono stata utilizzate per sostituire principalmente proteine provenienti dalla soia e dalla colza, nonché l'olio di palma. Le formulazioni sono state progettate in modo da contenere la stessa percentuale di proteine, circa 45% per l'orata e 42% per la trota iridea, e lipidi, circa 18% per l'orata e 24% per la trota iridea, ed avere la stessa densità energetica, pari a circa 19MJ/kg di mangime.

Tabella 1. Formulazione dei mangimi innovativi per **orata** (*Sparus aurata*). I valori si riferiscono ad un kg di mangime peso umido.

<i>Sparus aurata</i>	CTRL S.a	H S.a	T S.a	H+T S.a
INGREDIENTI	mg	mg	mg	mg
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	50	50	50	50
CPSP 90	50	50	50	50
Poultry meal PBM	200	200	200	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	0	120	0	60
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	0	0	120	60
Aminopro	30	20	20	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	60	40	40	40
Wheat gluten - E8D26	0	0	0	0
Corn gluten	110	70	70	70
Soybean meal 48	150	100	100	100
Rapeseed meal - 13042018	70	50	50	50
Wheat meal	70	95	93	93
Whole peas	34	50	50	50
Fish Oil Sardine Sopropeche	50	50	50	50
Rapeseed oil	47	40	40	40
Linseed oil	20	28	28	28
Palm oil	20	0	0	0
Vit & Min Premix PV02	2	2	2	2
Choline HCl	2	2	2	2
Vit C35	0,5	0,5	0,5	0,5
Vit E50	0,5	0,5	0,5	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10	8	10	10
L-Lysine	2	2	2	2
L-Tryptophan	0	0	0	0
DL-Methionine	2	2	2	2
celite	20	20	20	20

Tabella 2. Formulazione dei mangimi innovativi per **trota iridea** (*Oncorhynchus mykiss*). I valori si riferiscono ad un kg di mangime peso umido.

<i>Oncorhynchus mykiss</i>	CTRL RT	H RT	T RT	H+T RT
INGREDIENTI	mg	mg	mg	mg
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	30	30	30	30
CPSP 90	50	50	50	50
Poultry meal PBM	200	200	200	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	0	120	0	60
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	0	0	120	60
Aminopro	30	20	20	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	80	55	55	55
Wheat gluten - E8D26	70	45	45	45
Corn gluten	0	0	0	0
Soybean meal 48	150	100	100	100
Rapeseed meal - 13042018	0	0	0	0
Wheat meal	95	105	105	105
Whole peas	50	50	50	50
Fish Oil Sardine Sopropeche	25	25	25	25
Rapeseed oil	90	90	90	90
Linseed oil	70	70	70	70
Palm oil	20	0	0	0
Vit & Min Premix PV02	2	2	2	2
Choline HCl	2	2	2	2
Vit C35	0,5	0,5	0,5	0,5
Vit E50	0,5	0,5	0,5	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10	10	10	10
L-Lysine	2	2	2	2
L-Tryptophan	0	0	0	0
DL-Methionine	3	3	3	3
celite	20	20	20	20

3.1 Goal and Scope

L'obiettivo dello studio era il confronto tra i profili ambientali dei quattro mangimi innovativi di trota iridea e dei quattro formulati e messi a punto per l'alimentazione di orata.

3.1.1 Unità di Analisi del Flusso di Riferimento (Unità Funzionale)

Mangimi per orata e trota iridea

Funzione fornita: Mangimi per orata e trota iridea

Portata della funzione: 1 kg di mangime peso umido

Livello di qualità previsto: mangime per alimentazione di orata e trota iridea. **Sono escluse la fase di imballaggio, la distribuzione e il fine vita in quanto lo scopo è unicamente il confronto degli ingredienti dei mangimi.**

Vita del prodotto: 1 anno

Codici NACE: 03.22

3.1.2 Definizione dei Confini del Sistema

I confini del sistema sono stati definiti utilizzando l'approccio "cradle to gate". In particolare, lo studio LCA è stato applicato unicamente alla produzione dei singoli ingredienti dei mangimi. Si segnala che la fase considerata del ciclo di vita è da considerarsi un processo di "foreground" in quanto i dati sono stati raccolti direttamente presso i produttori. Sono da considerare processi di "background" alcuni elementi usati nella modellizzazione delle fasi, ovvero la produzione di sostanze utilizzate ed alcuni materiali.

3.1.3 Rappresentatività, Adeguatezza e Fonte dei Dati

Per la realizzazione dello studio sono stati utilizzate le formulazioni dei mangimi formulati nel WP2 messi alla prova nel WP3 del progetto Aquainnova. Per alcuni processi sono state utilizzate banche dati riconosciute a livello internazionale e rappresentative della realtà Europea ed Italiana. In particolare, sono state utilizzate le banche dati Ecoinvent 3.9, Agribalyse e Agrifootprint, come dettagliato in Tabella 3. Durante la modellizzazione, si è deciso di considerare comunque tutti i processi anche se con un impatto inferiore all'1%.

Tabella 3. Processi produttivi associati agli ingredienti e banca dati da cui sono stati tratti.

INGREDIENTI	Processo	Banca dati
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	Fishmeal, 65-67% protein	Ecoinvent
CPSP 90	Integrated processes	Agribalyse
Poultry meal PBM	Poultry Meal	Agrifootprint
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	Hermetia meal	Fishmeal partial substitution within aquafeed formulations: life cycle assessment of four alternative protein sources
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	Mealworm	WFLDB
Aminopro	Integrated processes	Agribalyse
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	Soyprotein Concentrate	Agribalyse
Wheat gluten - E8D26	Wheat gluten meal	Agrifootprint
Corn gluten	Corn gluten feed	Agribalyse
Soybean meal 48	Soybean meal and crude oil production	Ecoinvent
Rapeseed meal - 13042018	Rapeseed meal	Agrifootprint
Wheat meal	Wheat meal	Agrifootprint
Whole peas	Peas	Agrifootprint
Fish Oil Sardine Sopropheche	Fish Oil	Ecoinvent
Rapeseed oil	Crude rapeseed oil	Agrifootprint
Linseed oil	Crude linseed oil	Agrifootprint
Palm oil	Crude palm oil	Agrifootprint
Vit & Min Premix PV02	Integrated processes	Agribalyse
Choline HCl	Integrated processes	Agribalyse
Vit C35	Vitamin, animal feed	Agribalyse
Vit E50	Vitamin, animal feed	Agribalyse
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	Sodium phosphate	Ecoinvent
L-Lysine	L-lysine	Agribalyse
L-Tryptophan	Integrated processes	Agribalyse
DL-Methionine	DL-Methionine	Ecoinvent
celite	Integrated processes	Agribalyse

3.1.4 Selezione delle Categorie d’Impatto e dei metodi di calcolo

Nel presente studio sono state considerate tutte le categorie d’impatto indicate dalla metodologia EF – Environmental Footprint, come dettagliato nella Tabella 2. Nella fase di LCIA è stata adottata la metodologia di caratterizzazione EF – Environmental Footprint A tal fine, sono stati adeguati alcuni requisiti (confini del sistema, cut-off, ecc.) alla realtà e alle caratteristiche dei prodotti analizzati. In questo capitolo vengono riassunte le principali ipotesi fatte nel condurre lo studio. I risultati della fase di LCIA (Life Cycle Impact Assessment) e la loro interpretazione sono descritti nel capitolo successivo. Questa scelta metodologica è coerente con lo scopo del WP4, cioè la comparazione tra le Product Environmental Footprint dei mangimi per trota e orata. La metodologia utilizzata per il calcolo della PEF e i risultati sono esposti nel Deliverable 4.2.

3.2 Analisi di Inventario del Ciclo di Vita

Sono stati inseriti nell’inventario tutti gli ingredienti elencati nelle Tabelle 1 e 2, rispettivamente per le 4 tipologie di mangimi innovativi, per l’orata, *Sparus aurata* e 4 per la trota iridea, *Oncorhynchus mykiss*.

Tipologia di processi utilizzati: Sono stati usati processi “market for” che includono un trasporto medio per la fase di distribuzione e vendita. Non si è considerato un consumo energetico per la miscelazione in quanto l’obiettivo del presente studio è quello di confrontare il carico ambientale dei diversi ingredienti e non del processo di produzione che dovrebbe essere uguale per tutti. I processi e database utilizzati sono riassunti in Tab. 3.

Allocazione: Non si è reso necessario realizzare alcun tipo di allocazione.

4. Risultati della valutazione di impatto e loro interpretazione

I risultati della fase di LCIA sono riassunti in Tab. 4 e 5, rispettivamente per i mangimi innovativi per orata e trota iridea. In verde sono evidenziati i valori più bassi per le categorie di impatto maggiormente utilizzate nella letteratura relativa all'acquacoltura. Come si può notare, l'utilizzo di farine di insetto comporta, in generale, una diminuzione degli impatti rispetto al mangime di controllo. Per l'orata, il mangime meno impattante risulta quello in cui sono state introdotte in uguale proporzione farine estratte da entrambe le specie, mentre per la trota l'impatto minore si registra per il mangime in cui è presente il 12% di mosca soldato nera.

Il confronto tra studi di LCA è spesso complesso, in quanto, come si è detto nel Cap. 2, la metodologia è standardizzata ma la scelta dei confini del sistema, delle categorie di impatto, delle metodologie di caratterizzazione e di allocazione possono condurre a risultati significativamente diversi per prodotti/servizi simili tra loro.

Nella letteratura specifica relativa all'acquacoltura, ad esempio, viene solitamente utilizzato un numero di categorie di impatto e indicatori inferiore rispetto a quelli previsti dalla metodologia EF. Le più utilizzate, si veda, ad es. (Bohnes&al., 2018) sono: Climate Change, Acidification Potential, Eutrophication Potential (Freshwater, Marine, Terrestrial), Cumulative Exergy. Esse sono indicate in rosso nelle Tab. 4 e 5.

I risultati riportati in Tab. 4 e 5 sono innanzitutto coerenti con quelli riportati recentemente in letteratura per trota iridea (Maiolo&al., 2021) e orata (Garcia&al., 2016). Il primo articolo riporta, ad es. un valore di GWP pari a circa 1.7 kgCO₂eq/kg di mangime, mentre il secondo un valore pari a circa 2.5 kg kgCO₂eq/kg di mangime.

In secondo luogo, i mangimi contenenti insetti migliorano la prestazione ambientale per le principali categorie di impatto utilizzate per valutare il profilo ambientale dei prodotti da acquacoltura. Facendo riferimento sempre alla categoria Climate Change, che, come si vedrà nel Del. 4.2, è quella che maggiormente influenza la PEF, si nota una diminuzione di circa il 22% dell'impronta carbonica del mangime per orata, ipotizzando di utilizzare il mangime contenente entrambe le farine di insetto e di circa il 6% per la trota, ipotizzando di utilizzare il mangime contenente la mosca soldato.

Tab. 4. Indicatori di impatto relativi ai mangimi innovativi per *Sparus aurata* formulati in WP2 e messi alla prova in WP3 del progetto Acquainnova.

Categoria d'impatto	Unità	CTRL S.a	H S.a	T S.a	H+T S.a
Climate change	kg CO2 eq	2,33	2,17	1,94	1,82
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,71E-07	2,57E-07	2,62E-07	2,52E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,5614	0,4460	0,5762	0,4887
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00789	0,00745	0,00712	0,00679
Particulate matter	disease inc.	2,00E-07	1,91E-07	1,84E-07	1,76E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,66E-08	4,69E-08	5,22E-08	4,44E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,27E-09	1,16E-09	1,56E-09	1,46E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0214	0,0206	0,0197	0,0188
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000594	0,000511	0,000534	0,000467
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00864	0,00766	0,00743	0,00659
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0801	0,0755	0,0748	0,0709
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	162,43	133,88	145,82	124,14
Land use	Pt	169,45	144,77	141,88	123,74
Water use	m3 depriv.	0,893	0,939	0,795	0,813
Resource use, fossils	MJ	31,90	28,44	30,95	28,41
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,02E-05	9,97E-06	9,89E-06	9,41E-06

Tab. 5. Indicatori di impatto relativi ai mangimi innovativi per (*Oncorhynchus mykiss*) formulati in WP2 e messi alla prova in WP3 del progetto Acquainnova.

Categoria d'impatto	Unità	CTRL - RT	H RT	T RT	H+T RT
Climate change	kg CO2 eq	2,00	1,88	2,07	1,95
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,67E-07	2,57E-07	2,72E-07	2,62E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,5026	0,4154	0,4290	0,3418
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00736	0,00704	0,00760	0,00728
Particulate matter	disease inc.	1,89E-07	1,81E-07	1,94E-07	1,87E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,37E-08	4,61E-08	5,51E-08	4,76E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,37E-09	1,28E-09	1,19E-09	1,10E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0205	0,0197	0,0214	0,0206
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000565	0,000501	0,000596	0,000532
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00853	0,00769	0,00964	0,00879
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0783	0,0743	0,0818	0,0778
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	147,02	125,37	148,21	126,56
Land use	Pt	153,37	135,09	164,85	146,57
Water use	m3 depriv.	0,824	0,852	0,853	0,881
Resource use, fossils	MJ	30,01	27,49	29,06	26,54
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,64E-06	9,50E-06	9,38E-06	9,24E-06

5. Riferimenti bibliografici

Bohnes, F.A., Hauschild, M.Z, Schlundt, J., Laurent, A., (2018). Life cycle assessments of aquaculture systems: a critical review of reported findings with recommendations for policy and system development. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12280>.

García, B.G., C. R. Jiménez, F. Aguado-Giménez, J. G. García. (2016) Life Cycle Assessment of Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) Production in Offshore Fish Farms. *Sustainability* 2016, 8, 1228; doi:10.3390/su8121228

Maiolo S., G. Parisi, Biondi, N., Lunelli F., Tibaldi E., R. Pastres (2020). Fishmeal partial substitution within aquafeed formulations: life cycle assessment of four alternative protein sources. *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2020) 25:1455–1471. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01759-z>

Maiolo, S., A. A. Forchino, F. Faccenda, R. Pastres. From feed to fork e Life Cycle Assessment on an Italian rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) supply chain, (2021). [Journal of Cleaner Production](#). Volume 289, 20 March 2021, 125155, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125155>

CIHEAM

Progetto Acquainnova

“Acquacoltura e Innovazione: nuove formulazioni mangimistiche in acquacoltura sostenibile”

Deliverable relativo all'attività 4.2.

Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF

Sommario

LISTA DEGLI ACRONIMI	2
1. Introduzione	3
2. L'impronta ambientale di prodotto in acquacoltura	4
3. Valutazione dell'impronta ambientale dei mangimi innovativi Acquainnova.	10

LISTA DEGLI ACRONIMI

EF: Ecological Footprint

IC: Impact Category

GWP: Global Warming Potential

LCA: Life Cycle Assessment

LCI: Life Cycle Inventory

LCIA: Life Cycle Impact Assessment

OEF: Organisation Environmental Footprint

PEF: Product Environmental Footprint

PEFCR Product Environmental Footprint Category Rules

1. Introduzione

Questo documento rappresenta il secondo deliverable prodotto nell'ambito del WP4 del progetto "Acquainnova". Scopo del WP4 è la valutazione della sostenibilità ambientale dei mangimi innovativi per l'alimentazione dell'orata (*Sparus aurata*) e della trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) formulati e messi alla prova nel corso del progetto. I mangimi sono stati formulati tenendo in considerazione le linee guida esposte nel Disciplinare Aquacoltura Sostenibile e i principi della bio-economia circolare. Il WP4 si è articolato in tre attività:

4.1. Realizzazione di studio LCA

4.2. Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF

4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali

Le metodologie adottate e i risultati ottenuti sono descritti in tre deliverable, intitolati come le attività.

In questo documento vengono presentati i risultati dell'attività 4.2. Esso si articola nella presente introduzione e in 2 capitoli. Nel primo viene descritta la metodologia PEF, nel secondo vengono presentati le stime dell'impronta ambientale di prodotto (PEF – Product Environmental Footprint) per ciascun mangime innovativo e discussi i risultati in relazione alle categorie di impatto rilevanti che contribuiscono all'impronta.

2. L'impronta ambientale di prodotto in acquacoltura

L'attenzione dei consumatori verso la sostenibilità dei prodotti e servizi di cui fruiscono è in continuo aumento, soprattutto tra alcune fasce particolarmente sensibili verso i temi della protezione dell'ambiente e dell'equità sociale. L'Analisi del Ciclo di Vita, LCA – Life Cycle Assessment nel seguito, si va affermando come uno degli strumenti principali per valutare, in termini quantitativi, la sostenibilità ambientale di prodotti, servizi e organizzazione.

La metodologia LCA è stata brevemente descritta nel Deliverable 4.1 del progetto. Sebbene sia standardizzata, la sua applicazione lascia comunque un certo margine per scelte soggettive riguardanti, ad esempio:

- il sistema oggetto dell'analisi;
- l'allocazione degli impatti tra co-prodotti dello stesso processo produttivo;
- la scelta delle categorie ed indicatori di impatto;
- le metodologie per la caratterizzazione dell'impatto.

I risultati di studi LCA relativi a prodotti simili possono quindi essere anche molto diversi tra loro, con evidenti ricadute sulla strategia di comunicazione, di marketing e, infine, sulle scelte del consumatore. Per questo motivo, l'UE nel 2013 ha avviato un ampio sforzo per armonizzare la stima dell'impatto ambientale di prodotti/servizi/organizzazioni (Raccomandazione 2013/179/UE della Commissione), basato su una serie di regole condivise a livello comunitario per l'analisi dell'impronta ambientale, in seguito Environmental Footprint-EF, applicabili a prodotti, servizi, aziende ed organizzazioni. Il primo documento di riferimento è l'Allegato II della CR 2013/179/UE che definisce l'impronta ambientale di prodotto, in seguito, **Product Environmental Footprint (PEF)** come “un'analisi multicriteriale delle prestazioni ambientali di un bene o servizio durante tutto il suo ciclo di vita. La PEF ha lo scopo generale di cercare di ridurre gli impatti ambientali di beni e servizi tenendo conto delle attività della catena di approvvigionamento, dall'estrazione delle materie prime, attraverso la produzione e l'uso, fino alla gestione finale dei rifiuti”. Pertanto, la PEF e l'impronta ambientale delle organizzazioni, in seguito **Organisation Environmental Footprint (OEF)** mirano ad armonizzare a livello dell'Unione Europea gli studi di Environmental Footprint (EF), basate, per definizione, sull'approccio sistemico alle filiere produttive e, concretamente, sulla metodologia LCA.

L'introduzione della PEF è coerente sia con l'iniziativa Europe 2020 Strategy “A Resource-Efficient Europe” che con la “Roadmap to a Resource Efficient Europe” della Commissione Europea, che mirano ad aumentare la produttività delle risorse e a separare la crescita economica dall'uso delle risorse e dagli impatti ambientali, assumendo la prospettiva del ciclo di vita. Più specificamente la PEF e l'OEF sono strumenti per il raggiungimento dell'obiettivo della Roadmap “Stabilire un approccio metodologico comune per consentire agli Stati membri e al settore privato di valutare, visualizzare e confrontare le prestazioni ambientali di prodotti, servizi e aziende sulla base di una valutazione degli impatti ambientali durante tutto il ciclo di vita (“impronta ambientale”)”. Il loro sviluppo e utilizzo sono approvati dal Consiglio Europeo, che ha invitato la Commissione a sviluppare metodologie di supporto per attuare la Roadmap.

Le linee guida per la realizzazione degli studi per la valutazione di PEF e OEF, presentate nell'Allegato II della CR 2013/179/UE, sono state aggiornate dopo una fase pilota, in cui norme specifiche per diverse categorie di prodotti (Regole di categoria sull'impronta ambientale del prodotto, in seguito **Product Environmental Footprint Category Rules- PEFCR**) e norme specifiche di settore (Regole di categoria

dell'impronta ambientale delle organizzazioni, in seguito **Organisation Environmental Footprint Category Rules- OEFCR**) sono state sviluppate e messe alla prova in progetti pilota, giungendo alla definizione di 19 PEFCR e 2 OEFSR.

Sulla base dei risultati dei progetti pilota, le raccomandazioni 2021/2279 della Commissione, in sostituzione di quelle del 2013, riportano una serie di raccomandazioni riguardo l'applicazione della PEF, sia per gli Stati membri dell'UE che per le aziende e organizzazioni private. Di seguito sono riportate quelle, più rilevanti, relative al settore dell'acquacoltura.

Stati membri

- Utilizzare il metodo PEF o il metodo OEF e le relative PEFCR e OEFSR nelle **politiche volontarie** che comportano la misurazione o la comunicazione delle prestazioni ambientali del ciclo di vita di prodotti o organizzazioni, a seconda dei casi, garantendo al tempo stesso che tali politiche non creino ostacoli alla libera circolazione delle merci nell'UE.
- Impegnarsi per **aumentare la disponibilità di dati di alta qualità sul ciclo di vita** avviando azioni per sviluppare, rivedere e rendere disponibili database nazionali e contribuendo a popolare i database pubblici esistenti, sulla base dei requisiti di qualità richiesti dall'applicazione della metodologia per la stima PEF e OEF. Dovrebbe essere garantita la coerenza tra le diverse banche dati.
- Contribuire agli sforzi della Commissione nel campo della disponibilità di insiemi di dati di elevate qualità, conformi ai requisiti di qualità richiesti dall'applicazione della metodologia per la stima PEF e OEF.
- **Fornire assistenza e strumenti alle PMI** per aiutarle a misurare, migliorare e comunicare le prestazioni ambientali del ciclo di vita dei loro prodotti o della loro organizzazione sulla base del metodo PEF o OEF, su PEFCR e OEFSR. In tal modo, le autorità dovrebbero evitare di duplicare gli strumenti esistenti, laddove questi siano adatti allo scopo.

Aziende e altre organizzazioni private

- Utilizzare PEF e OEF, calcolati in osservanza alle relative PEFCR e OEFSR, per la **misurazione e/o la comunicazione delle prestazioni ambientali** del ciclo di vita dei loro prodotti o della loro organizzazione.
- **Contribuire alla revisione dei database pubblici e popolarli con dati sul ciclo di vita di alta qualità**, in linea con i requisiti di qualità richiesti dall'applicazione della metodologia per la stima PEF e OEF. Contribuire agli sforzi della Commissione nel campo della disponibilità di set di dati conformi all'impronta ambientale di alta qualità.
- Considerare la possibilità di fornire sostegno alle aziende nelle loro catene di approvvigionamento, **in particolare alle PMI**, per fornire informazioni basate su PEF e OEF o PEFCR e OEFSR e **per migliorare le prestazioni ambientali del ciclo di vita delle loro organizzazioni e dei loro prodotti**.
- Le **associazioni industriali** dovrebbero **fornire strumenti di calcolo semplificati** e competenze per **aiutare i membri delle PMI a calcolare le prestazioni ambientali del ciclo di vita dei loro prodotti** o della loro organizzazione sulla base del metodo PEF o del metodo OEF e dei relativi PEFCR e OEFSR.

Il percorso per l'introduzione della PEF e dell'OEF si trova ora nella sua fase di transizione, in cui i PEFCR stabiliti durante la fase pilota vengono ulteriormente testati e nuovi PEFCR sono in fase di elaborazione. Questo sforzo dovrebbe portare all'introduzione, su base volontaria, della PEF e dell'OEF nel 2025. Per quanto riguarda il settore dell'acquacoltura, nel 2022 è stata pubblicata la bozza delle PEFCR per i pesci marini non trasformati (<https://www.marinefishpefcr.eu/supporting-studies>) mentre, nel momento in cui viene redatto questo documento, non ci risulta siano state ancora elaborate PEFCR per i prodotti dell'acquacoltura d'acqua dolce e per i molluschi.

Come detto in precedenza, la metodologia PEF si basa sull'LCA e pertanto prevede quattro diverse fasi (parallele a quelle LCA) più un ultimo passaggio di verifica, come illustrato in Fig.1.

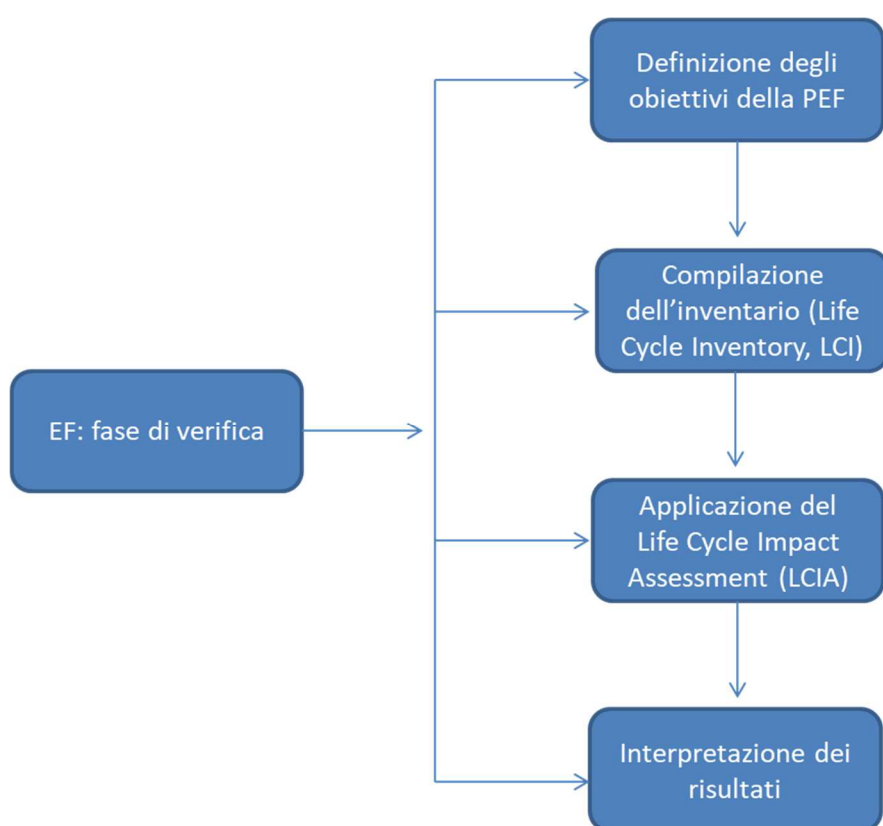


Fig. 1. Fasi della valutazione della PEF.

Le PEFCR si basano su una serie di linee guida che vengono poi adattate a ciascuna categoria di prodotto (si veda: https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PEFCR_guidance_v6.3-2.pdf; Allegato II della CR 2279/2021 CE). Le linee guida prescrivono come eseguire la LCA, al fine di garantire la trasparenza della qualità e la comparabilità dei risultati. Supponendo che le PEFCR siano state seguite nella compilazione dell'LCI e nella modellizzazione del processo produttivo, il passo successivo è l'LCIA. L'attuale bozza della PCR per il pesce marino non trasformato, in conformità con le linee guida generali, prescrive la stima dei 16 indicatori di impatto (Allegato II della CR 2279/2021 CE) elencati nella Tabella 1 utilizzando la metodologia specificata nella quarta colonna della tabella.

Tabella 1. Categorie e Indicatori di impatto da utilizzare per il calcolo della PEF.

Categoria di impatto	Indicatore di impatto	Unità	Metodo di calcolo
Climate Change Total	Global Warming Potential (GWP100)	Kg CO2 eq	Bern model - Global Warming Potentials (GWP) over a 100 year time horizon (based on IPCC 2013)
Ozone depletion	Ozone Depletion Potential (ODP)	kg CFC-11 eq	EDIP model based on the ODPs of the (WMO) over an infinite time horizon (WMO 2014 + integrations)
Human toxicity, cancer	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	Based on USE tox2.1 model (Fantke et al. 2017), adapted as in (Saouter et al., 2018)
Human toxicity, non-cancer*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	Based on USE tox2.1 model (Fantke et al. 2017), adapted as in (Saouter et al., 2018)
Particulate matter	Impact on human health	Disease incidence	PM model (Fantke et al., 2016 in UNEP 2016)
Ionising radiation, human health	Human exposure efficiency relative to U235	kBq U235 eq	Human health effect model, as developed by Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)
Photochemical ozone formation, human health	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC eq	LOTOS-EUROS model (Van Zelm et al, 2008) as applied in ReCiPe 2008
Acidification	Accumulated exceedance (AE)	mol H+ eq	Accumulated exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
Eutrophication, terrestrial	Accumulated exceedance (AE)	mol N eq	Accumulated exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
Eutrophication, freshwater	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	kg P eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009) as applied in ReCiPe
Eutrophication, marine	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	kg N eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009) as applied in ReCiPe
Ecotoxicity, freshwater	Comparative toxic unit for ecosystems (CTUe)	CTUe	based on USEtox2.1 model (Fantke et al. 2017), adapted as in Saouter et al., 2018
Land use	Soil quality index ¹⁷	Dimensionless (pt)	Soil quality index based on LANCA model (De Laurentiis et al. 2019) and on the LANCA CF version 2.5 (Horn and Maier, 2018)
Water use	User deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)	m ³ water eq of deprived water	Available Water REmaining (AWARE) model (Boulay et al., 2018; UNEP 2016)
Resource use, minerals and metals	Abiotic resource depletion (ADP ultimate reserves)	kg Sb eq	van Oers et al., 2002 as in CML 2002 method, v.4.8
Resource use, fossils	Abiotic resource depletion – fossil fuels (ADP-fossil)	MJ	van Oers et al., 2002 as in CML 2002 method, v.4.8

In estrema sintesi, dal punto di vista matematico, la PEF è quindi un **indicatore composito**, che **combina linearmente un insieme di indicatori di impatto**, stimati utilizzando la metodologia LCA, ognuno relativo ad una diversa categoria di impatto. Una volta calcolati gli indicatori, come indicato nel Deliverable AcquaInnova 4.1, il calcolo della PEF prevede **due ulteriori passaggi**:

1) Normalizzazione

Questo passaggio è necessario per costruire un indicatore composito, poiché le unità di misura degli indicatori sono diverse e, pertanto, non possono essere sommate. I fattori di normalizzazione sono stati definiti per ogni indicatore in relazione agli impatti potenziali medi annuali per persona: dividendo gli indicatori di impatto per questi coefficienti, si ottengono gli impatti normalizzati, la cui unità di misura è “persone equivalenti”.

2) Ponderazione

Ciascun indicatore viene ponderato, moltiplicandolo per un coefficiente, il peso, che esplicita la rilevanza di ogni categoria di impatto rispetto all'impronta ambientale complessiva.

I fattori di normalizzazione e di ponderazione sono riportati in Tabella 2. Ad esempio, il fattore di normalizzazione per l'indicatore di impatto GWP100 (Vedi Tab. 1) è pari a $7.76 \cdot 10^3 \text{ kg CO}_2\text{eq persona}^{-1} \text{ anno}^{-1}$: questo valore rappresenta la stima delle emissioni medie annuali globali per persona. Il peso è invece pari a 22.19: se per un certo mangime venisse stimato un valore di GWP 100 pari a 2 $\text{kg CO}_2\text{eq Kg mangime}^{-1} \text{ anno}^{-1}$, il valore normalizzato da utilizzare per il calcolo della PEF sarebbe:

$$\frac{2[\text{kg CO}_2\text{eq anno}^{-1}]}{7760[\text{kg CO}_2\text{eq persona eq}^{-1} \text{ anno}^{-1}]} \times 22.19 = 0.0057 [\text{persona eq}]$$

3) Calcolo della PEF

Secondo la Guida PEFCR (Versione 6.3) la PEF viene quindi calcolata come segue:

1) vengono selezionate le categorie di impatto normalizzate e ponderate che contribuiscono cumulativamente ad almeno l'80% dell'impatto ambientale totale (escluse le categorie di impatto legate alla tossicità): queste categorie sono chiamate "categorie di impatto rilevanti". Almeno tre categorie di impatto rilevanti devono essere considerate;

2) per ciascuna categoria di impatto rilevante, devono essere individuati i processi più rilevanti, ovvero quei processi che collettivamente contribuiscono per almeno l'80% all'impatto.

Il valore della PEF è quindi calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$PEF = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{i,j} \quad (1)$$

in cui:

n = numero delle categorie di impatto rilevanti.

m = numero dei processi rilevanti.

$P_{i,j}$ = valore normalizzato e ponderato delle “i” categorie di impatto rilevanti e dei “j” processi.

Tabella 2. Fattori di normalizzazione e pesatura per il calcolo della PEF. Le categorie di impatto riguardanti la tossicità non sono incluse.

Indicatore di impatto (EF)	Unità	Fattore di normalizzazione	Peso
Climate Change Total	Kg CO ₂ eq	7.76E+03	22.19
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	2.34E-02	6.75
Particulate matter	Disease incidence	6.37E-04	9.54
Ionising radiation, human health	kBq U235 eq	4.22E+03	5.37
Photochemical ozone formation, human	kg NMVOC eq	4.06E+01	5.1
Acidification	mol H ⁺ eq	5.55E+01	6.64
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1.77E+02	3.91
Eutrophication, freshwater	kg P eq	2.55E+00	2.95
Eutrophication, marine	kg N eq	2.83E+01	3.12
Land use	Dimensionless (pt)	1.33E+06	8.42
Water use	m ³ water eq of deprived water	1.15E+04	9.03
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	5.79E-02	8.92
Resource use, fossils	MJ	6.53E+04	8.08

3. Valutazione dell'impronta ambientale dei mangimi innovativi Acquainnova.

I risultati dello studio LCA condotto nell'attività 4.1 e riportati nelle Tabelle 4 e 5 del Deliverable 4.1 sono stati normalizzati e pesati, utilizzando i coefficienti presentati in Tabella 2. Successivamente, in accordo con quanto previsto dalle linee guida e riassunto nel Cap.2:

- sono state identificate per ciascun mangime le categorie più rilevanti,
- sono stati identificati gli ingredienti più rilevanti, per ogni categoria;
- si è calcolata la PEF, applicando l'equazione (1).

Il risultato finale è riassunto in Tabella 7, che presenta le PEF degli otto mangimi.

Tab. 7. PEF dei quattro mangimi innovativi per orata, seconda colonna, e trota iridea, quarta colonna.

Orata	PEF	Trota iridea	PEF
CTRL S.a.	0.015	CTRL RT	0.017
H S.a.	0.013	H RT	0.015
T S.a.	0.014	T RT	0.015
H+TS.a.	0.014	H+TRT	0.014

Questi risultati evidenziano, per entrambe le specie, un leggero miglioramento della prestazione ambientale dei mangimi innovativi rispetto ai mangimi di controllo. I mangimi con l'impatto inferiore sembrano essere quelli in cui sono state usate farine ricavate sia dalla tarma della farina, sia dalla mosca soldato nera. In particolare, il mangime per l'allevamento dell'orata con la PEF inferiore è risultato quello contenente il 12% di mosca soldato, mentre per la trota la PEF più bassa si è registrata per quello contenente il 6% di mosca soldato nera e il 6% di tarma della farina.

La valutazione di questi risultati in relazione alla letteratura è allo stato attuale sostanzialmente impossibile, in quanto, da un lato, le regole definitive per la PEF non sono ancora state determinate e, dall'altro, mancano dei valori di riferimento, detti anche "benchmark". Tuttavia, è possibile ricavare informazioni utili dall'analisi dei contributi che permette di capire, innanzitutto, quali siano state le categorie di impatto incluse nella PEF e, tra queste, quali siano quelle più importanti. In accordo con quanto suggerito dal Disciplinare Tecnico per l'Acquacoltura sostenibile e anche con quanto si va facendo in altri settori, vengono selezionate come importanti le prime tre categorie.

Di seguito presentiamo in forma grafica i risultati di questa analisi, iniziando dalle categorie più rilevanti, cioè quelle incluse nel calcolo della PEF dei mangimi, in quanto, cumulativamente, contribuiscono almeno all'80% dell'impatto. Esse sono presentate, rispettivamente, in Fig. 2a e 2b per orata e trota iridea. Come si può, notare, i contributi percentuali sono piuttosto simili. Vengono incluse, al massimo, 9 categorie: tra queste compaiono in ogni mangime, in ordine di rilevanza: Climate Change, Acidificazione, Particulate Matter, Terrestrial Eutrophication, Resources use-fossil, Resource use- minerals&metals. E'

interessante notare che Climate Change, Acidificazione e le categorie che quantificano il potenziale impatto ai processi di eutrofizzazione in ambiente terrestre marino sono ampiamente utilizzate nella letteratura relativa all'acquacoltura, mentre invece sinora sono state poco considerate categorie che sembrano incidere sulla PEF, quali quella legata alle emissioni di materiale particolato (Particulate Matter).

Le categorie più importanti sono: Climate Change (23-25%), Resource use – fossil fuel (15-16%), Particulate Matter (12-13%), Acidificazione (10-11%). Mentre il ruolo di Climate Change, Resource use – fossil fuel, correlata a Climate Change, e Acidificazione era atteso, di più difficile interpretazione è la categoria Particulate Matter. Si ritiene a tal proposito necessario approfondire il ruolo di questa categoria, anche in relazione agli studi pilota che si stanno conducendo.

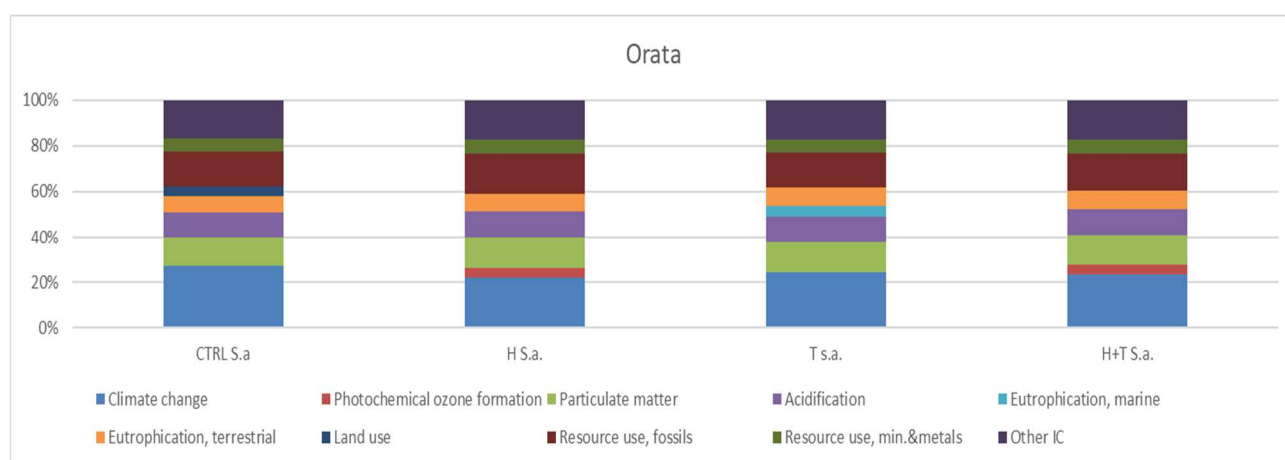


Fig. 2a. Contributi percentuali delle categorie di impatto più rilevanti, incluse nel calcolo della PEF dei mangimi per orata.

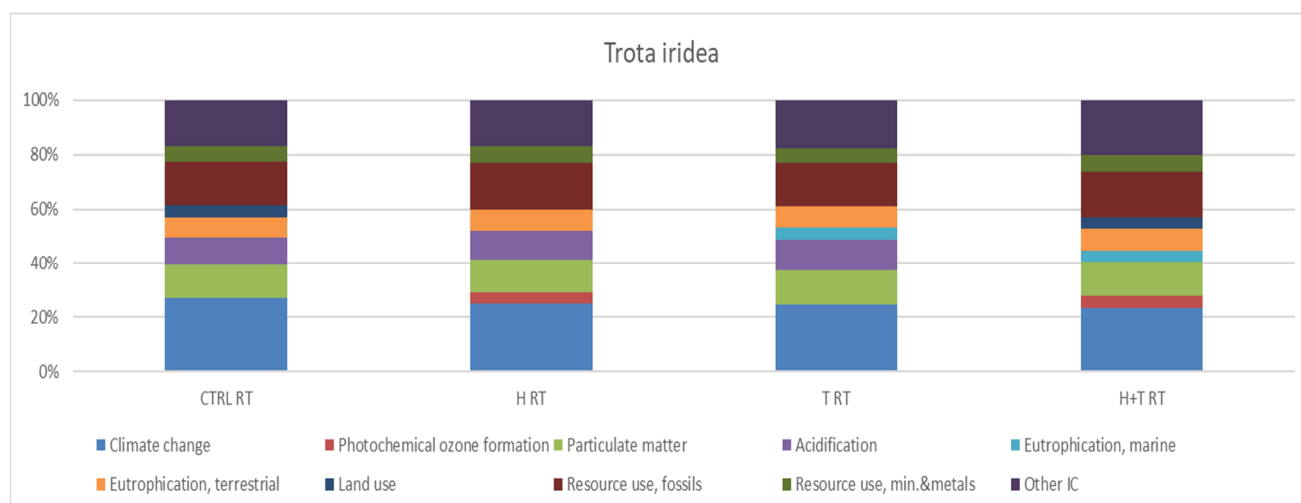


Fig. 2b. Contributi percentuali delle categorie di impatto più rilevanti, incluse nel calcolo della PEF dei mangimi per trota iridea.

4. Riferimenti bibliografici

- De Laurentiis, V., Secchi, M., Bos, U., Horn, R., Laurent, A. and Sala, S., (2019). Soil quality index: Exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA. *Journal of cleaner production*, 215, pp.63- 74
- Saouter E., Biganzoli F., Ceriani L., Pant R., Versteeg D., Crenna E., Zampori L. Using REACH and EFSA database to derive input data for the USEtox model. EUR 29495 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-98183-8, doi: 10.2760/611799, JRC 114227
- Fantke, P., Evans, J., Hodas, N., Apte, J., Jantunen, M., Jolliet, O., McKone, T.E. (2016). Health impacts of fine particulate matter. In: Frischknecht, R., Jolliet, O. (Eds.), *Global Guidance for Life-cycle Impact Assessment Indicators: Volume 1*. UNEP/SETAC Life-cycle Initiative, Paris, pp. 76-99. Retrieved Jan 2017 from www.lifecycleinitiative.org/applying-lca/lcia-cf/.
- Fantke, P., Bijster, M., Guignard, C., Hauschild, M., Huijbregts, M., Jolliet, O., Kounina, A., Magaud, V., Margni, M., McKone, T.E., Posthuma, L., Rosenbaum, R.K., van de Meent, D., van Zelm, R., 2017. USEtox® 2.0 Documentation (Version 1), <http://usetox.org>. <https://doi.org/10.11581/DTU:00000011>
- Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2008): The Ecological Scarcity method – Eco-Factors 2006. A method for impact assessment in LCA. Environmental studies no. 0906. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern. 188 pp.
- Seppälä J., Posch M., Johansson M. and Hettelingh J.P. (2006): Country-dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator. *International Journal of Life Cycle Assessment* 11(6): 403-416.
- Struijs J., Beusen A., van Jaarsveld H. and Huijbregts M.A.J. (2009): Aquatic Eutrophication. Section 6 in: Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts M.A.J., De Schryver A., Struijs J., Van Zelm R. (2009): ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterisation factors, first edition.
- UNEP (2016) Global guidance for life cycle impact assessment indicators. Volume 1. ISBN: 978-92-807-3630-4. Available at: <http://www.lifecycleinitiative.org/life-cycle-impact-assessment-indicators-and-characterization-factors/>
- Van Oers L., de Koning A., Guinee J.B. and Huppes G. (2002): Abiotic Resource Depletion in LCA. Road and Hydraulic Engineering Institute, Ministry of Transport and Water, Amsterdam.
- Van Zelm R., Huijbregts M.A.J., Den Hollander H.A., Van Jaarsveld H.A., Sauter F.J., Struijs J., Van Wijnen H.J. and Van de Meent D. (2008): European characterisation factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. *Atmospheric Environment* 42, 441-453

CIHEAM

Progetto Acquainnova

“Acquacoltura e Innovazione: nuove formulazioni mangimistiche in acquacoltura sostenibile”

Deliverable relativo all'attività 4.3.

Confronto e misurazione dei benefici ambientali

Sommario

1. Introduzione	3
2. Le schede ambientali dei mangimi innovativi Acquainnova.....	4
Scheda ambientale 1: orata – mangime di controllo.....	5
Scheda ambientale 2: orata – mangime contenente 12 di farina di mosca soldato nero	7
Scheda ambientale 3: orata – mangime contenente 12% tarma della farina - T S.a.....	9
Scheda ambientale 4: orata – mangime contenente 6% mosca soldato nero e 6% tarma della farina	11
Scheda ambientale 5: trota iridea – mangime di controllo - CTRL RT	13
Scheda ambientale 6: trota iridea – mangime contenente 12% di mosca soldato nero	15
Scheda ambientale 7: trota iridea – mangime contenente 12% tarma della farina.....	17
Scheda ambientale 8: trota iridea – mangime contenente 6% mosca soldato nero e 6% tarma della farina – H+T RT.	19
3. Il ruolo degli ingredienti nella definizione dell'impronta ambientale.	21

1. Introduzione

Questo documento rappresenta il terzo deliverable prodotto nell'ambito del WP4 del progetto "Acquainnova". Scopo del WP4 è la valutazione della sostenibilità ambientale dei mangimi innovativi per l'alimentazione dell'orata (*Sparus aurata*) e della trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) formulati e messi alla prova nel corso del progetto. I mangimi sono stati formulati tenendo in considerazione le linee guida esposte nel Disciplinare Aquacoltura Sostenibile e i principi della bio-economia circolare. Il WP4 si è articolato in tre attività:

4.1. Realizzazione di studio LCA

4.2. Calcolo, pesatura ed identificazione degli indicatori significativi in base alla metodologia PEF

4.3 Confronto e misurazione dei benefici ambientali

Le metodologie adottate e i risultati ottenuti sono descritti in tre deliverable, intitolati come le attività.

In questo documento vengono presentati i risultati dell'attività 4.3. Esso si articola nella presente introduzione e in 2 capitoli. Nel primo vengono presentate le schede ambientali per ogni mangime, che riassumono i risultati dello studio LCA e la valutazione dell'impronta ambientale di prodotto o PEF (Product Environmental Footprint). Nel secondo vengono discussi i risultati, in relazione al ruolo dei principali ingredienti nel determinare il profilo ambientale dei mangimi.

2. Le schede ambientali dei mangimi innovativi Acquainnova

Ogni scheda ambientale include tre tabelle che presentano:

- la loro formulazione, messa a punto nel WP2 del progetto;
- i valori degli indicatori di impatto ottenuti dallo studio LCA, descritto nel Deliverable 4.1;
- la stima della PEF e l'indicazione di: 1) le tre categorie di impatto che vi hanno maggiormente contribuito; 2) i tre ingredienti che hanno contribuito maggiormente alle tre categorie più importanti.

Le schede vengono presentate di seguito per ognuno degli otto mangimi.

Scheda ambientale 1: orata – mangime di controllo

Tabella 1. Formulazione del mangime di controllo per l'alimentazione dell'orata, CTRL S.a.

<i>Sparus aurata</i>	CTRL S.a
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	50
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	0
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	0
Aminopro	30
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	60
Wheat gluten - E8D26	0
Corn gluten	110
Soybean meal 48	150
Rapeseed meal - 13042018	70
Wheat meal	70
Whole peas	34
Fish Oil Sardine Sopropheche	50
Rapeseed oil	47
Linseed oil	20
Palm oil	20
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	2
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime di controllo – CTRL S.a.

Categoria d'impatto	Unità	CTRL S.a
Climate change	kg CO2 eq	2,33
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,71E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,5614
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00789
Particulate matter	disease inc.	2,00E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,66E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,27E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0214
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000594
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00864
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0801
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	162,43
Land use	Pt	169,45
Water use	m3 depriv.	0,893
Resource use, fossils	MJ	31,90
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,02E-05

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime di controllo per orata CTRL S.a.	Climate Change (27.5%)	Resource use – fossils (16.4%)	Particulate Matter (12.7%)
PEF = 0.015	Poultry Meal (24.7%)	CPSP 90 (30.6%)	Poultry Meal (48.3%)
	Soybean Meal (23.2%)	Soy Protein Conc. (29%)	Aminopro (18.8%)
	Aminopro (15%)	Poultry Meal (12%)	Fish Oil Sardine (4.3%)

Scheda ambientale 2: orata – mangime contenente 12 di farina di mosca soldato nera

Tabella 1. Formulazione del mangime per orata contenente il 12% di farina di mosca soldato nera – H S.a. In rosso le variazioni positive rispetto al controllo, in verde quelle negative.

<i>Sparus aurata</i>	H S.a
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	50
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	120
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	0
Aminopro	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	40
Wheat gluten - E8D26	0
Corn gluten	70
Soybean meal 48	100
Rapeseed meal - 13042018	50
Wheat meal	95
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropheche	50
Rapeseed oil	40
Linseed oil	28
Palm oil	0
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	8
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	2
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime per orata contenente il 12% di farina di mosca soldato nera – H S.a.

Categoria d'impatto	Unità	H S.a
Climate change	kg CO2 eq	2,17
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,57E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,4460
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00745
Particulate matter	disease inc.	1,91E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,69E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,16E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0206
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000511
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00766
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0755
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	133,88
Land use	Pt	144,77
Water use	m3 depriv.	0,939
Resource use, fossils	MJ	28,44
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,97E-06

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime per orata contenente il 12% di farina di mosca soldato nera, H S.a.	Climate Change (22.1%)	Resource use – fossils (17.6%)	Particulate Matter (13.3%)
PEF: 0.013	Poultry Meal (34.8%)	CPSP 90 (30.6%)	Poultry Meal (52.3%)
	Soybean Meal (12.8%)	Soy Protein Conc. (14.1%)	Aminopro (13.6%)
	Aminopro (11.9%)	Hermetia (13.7%)	Fish Oil Sardine (4.6%)

Scheda ambientale 3: orata – mangime contenente 12% tarma della farina - T S.a.

Tabella 1. Formulazione del mangime per orata contenente il 12% di farina di tarma della farina – T S.a. In rosso le variazioni positive rispetto al controllo, in verde quelle negative.

<i>Sparus aurata</i>	T S.a
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	50
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	0
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	120
Aminopro	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	40
Wheat gluten - E8D26	0
Corn gluten	70
Soybean meal 48	100
Rapeseed meal - 13042018	50
Wheat meal	93
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropheche	50
Rapeseed oil	40
Linseed oil	28
Palm oil	0
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	2
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime per orata contenente il 12% di farina di mosca soldato nera – H S.a.

Categoria d'impatto	Unità	CTRL S.a
Climate change	kg CO2 eq	2,33
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,71E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,5614
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00789
Particulate matter	disease inc.	2,00E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,66E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,27E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0214
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000594
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00864
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0801
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	162,43
Land use	Pt	169,45
Water use	m3 depriv.	0,893
Resource use, fossils	MJ	31,90
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,02E-05

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime per orata contenente il 12% di farina di tarma della farina, T S.a.	Climate Change (27.5%)	Resource use – fossils (16.4%)	Particulate Matter (12.7%)
PEF : 0.013	Poultry Meal (29.2%)	CPSP 90 (32.7%)	Poultry Meal (49.3%)
	Mealworm (19.0%)	Soy Protein Conc. (20.9%)	Aminopro (12.8%)
	Soybean Meal (10.8%)	Poultry Meal (12.3%)	Mealworm (7.7%)

Scheda ambientale 4: orata – mangime contenente 6% mosca soldato nera e 6% tarma della farina

Tabella 1. Formulazione del mangime per orata contenente 6% di farina di mosca soldato nera e 6% di farina di tarma della farina. In rosso le variazioni positive rispetto al controllo, in verde quelle negative.

<i>Sparus aurata</i>	H+T S.a
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	50
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	60
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	60
Aminopro	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	40
Wheat gluten - E8D26	0
Corn gluten	70
Soybean meal 48	100
Rapeseed meal - 13042018	50
Wheat meal	93
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropheche	50
Rapeseed oil	40
Linseed oil	28
Palm oil	0
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	2
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime per orata contenente 6% di farina di mosca soldato nera e 6% di tarma della farina – H +T S.a.

Categoria d'impatto	Unità	H+T S.a
Climate change	kg CO2 eq	1,82
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,52E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,4887
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00679
Particulate matter	disease inc.	1,76E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,44E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,46E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0188
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000467
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00659
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0709
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	124,14
Land use	Pt	123,74
Water use	m3 depriv.	0,813
Resource use, fossils	MJ	28,41
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,41E-06

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime per orata contenente 6% di farina di mosca soldato nera e 6% di tarma della farina, H+T S.a.	Climate Change (27.5%)	Resource use – fossils (16.4%)	Particulate Matter (12.7%)
PEF = 0.014	Poultry Meal (31.7%)	CPSP 90 (31.6%)	Poultry Meal (50.7%)
	Soybean Meal (11.7%)	Soy Protein Conc. (19.8%)	Aminopro (13.1%)
	Aminopro (10.8%)	Poultry Meal (12.4%)	Fish Oil Sardine (4.5%)

Scheda ambientale 5: trota iridea – mangime di controllo - CTRL RT

Tabella 1. Formulazione del mangime di controllo per l'alimentazione della trota iride, CTRL RT

<i>Oncorhynchus mykiss</i>	CTRL RT
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	30
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	0
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	0
Aminopro	30
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	80
Wheat gluten - E8D26	70
Corn gluten	0
Soybean meal 48	150
Rapeseed meal - 13042018	0
Wheat meal	95
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropeche	25
Rapeseed oil	90
Linseed oil	70
Palm oil	20
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	3
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime di controllo – CTRL RT

Categoria d'impatto	Unità	CTRL - RT
Climate change	kg CO2 eq	2,00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,67E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,5026
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00736
Particulate matter	disease inc.	1,89E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,37E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,37E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0205
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000565
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00853
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0783
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	147,02
Land use	Pt	153,37
Water use	m3 depriv.	0,824
Resource use, fossils	MJ	30,01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,64E-06

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime di controllo per trota iridea CTRL RT.	Climate Change (27.0%)	Resource use – fossil (16.1%)	Particulate Matter (12.3%)
PEF = 0.017	Poultry Meal (23.0%)	Soy Protein Conc. (34.0%)	Poultry Meal (46.1%)
	Soybean Meal (21.6%)	CPSP 90 (27.8%)	Aminopro (17.9%)
	Aminopro (14.1%)	Poultry Meal (16.7%)	Linseed (5.6%)

Scheda ambientale 6: trota iridea – mangime contenente 12% di mosca soldato nera

Tabella 1. Formulazione del mangime per orata contenente il 12% di farina di mosca soldato nera – H RT. In rosso le variazioni positive rispetto al controllo, in verde quelle negative.

<i>Oncorhynchus mykiss</i>	H RT
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	30
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	120
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	0
Aminopro	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	55
Wheat gluten - E8D26	45
Corn gluten	0
Soybean meal 48	100
Rapeseed meal - 13042018	0
Wheat meal	105
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropheche	25
Rapeseed oil	90
Linseed oil	70
Palm oil	0
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	3
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime per trota iridea contenente il 12% di farina di mosca soldato nera – H RT

Categoria d'impatto	Unità	H RT
Climate change	kg CO2 eq	1,88
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,57E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,4154
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00704
Particulate matter	disease inc.	1,81E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,61E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,28E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0197
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000501
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00769
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0743
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	125,37
Land use	Pt	135,09
Water use	m3 depriv.	0,852
Resource use, fossils	MJ	27,49
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,50E-06

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime per trota iridea contenente il 12% di farina di mosca soldato nera, H RT	Climate Change (25.0%)	Resource use – fossil (17.3%)	Particulate Matter (12.5%)
PEF = 0.015	Poultry Meal (27.5%)	CPSP 90 (28.0%)	Poultry Meal (50.3%)
	Soybean Meal (17.3%)	Soy Protein Conc. (24.4%)	Aminopro (13.0)
	Aminopro (11.3%)	Poultry Meal (12.6%)	Linseed (6.0)

Scheda ambientale 7: trota iridea – mangime contenente 12% tarma della farina

Tabella 1. Formulazione del mangime per orata contenente il 12% di farina di tarma della farina – T RT. In rosso le variazioni positive rispetto al controllo, in verde quelle negative.

<i>Oncorhynchus mykiss</i>	T RT
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	30
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	0
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	120
Aminopro	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	55
Wheat gluten - E8D26	45
Corn gluten	0
Soybean meal 48	100
Rapeseed meal - 13042018	0
Wheat meal	105
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropheche	25
Rapeseed oil	90
Linseed oil	70
Palm oil	0
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	3
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime per orata contenente il 12% di farina di tarma della farina – T RT.

Categoria d'impatto	Unità	T RT
Climate change	kg CO2 eq	2,07
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,72E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,4290
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00760
Particulate matter	disease inc.	1,94E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,51E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,19E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0214
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000596
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00964
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0818
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	148,21
Land use	Pt	164,85
Water use	m3 depriv.	0,853
Resource use, fossils	MJ	29,06
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,38E-06

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime per trota iridea contenente il 12% di farina di tarma della farina, T RT	Climate Change (25.0%)	Resource use – fossil (17.3%)	Particulate Matter (12.5%)
PEF = 0.015	Poultry Meal (27.3%)	CPSP 90 (29.9%)	Poultry Meal (47.5%)
	Meal Worm (17.7%)	Soy Protein Conc. (25.7%)	Aminopro (12.3)
	Soybean Meal (10.3%)	Poultry Meal (11.3%)	Meal Worm (7.4)

Scheda ambientale 8: trota iridea – mangime contenente 6% mosca soldato nera e 6% tarma della farina – H+T RT.

Tabella 1. Formulazione del mangime per trota iridea contenente 6% di farina di mosca soldato nera e 6% di farina di tarma della farina. In rosso le variazioni positive rispetto al controllo, in verde quelle negative.

<i>Oncorhynchus mykiss</i>	H+T RT
INGREDIENTI	g
Fishmeal 60 (CONRESA) Trimmings	30
CPSP 90	50
Poultry meal PBM	200
<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	60
<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	60
Aminopro	20
Soy protein concentrate (Soycomil) - 171223P1	55
Wheat gluten - E8D26	45
Corn gluten	0
Soybean meal 48	100
Rapeseed meal - 13042018	0
Wheat meal	105
Whole peas	50
Fish Oil Sardine Sopropheche	25
Rapeseed oil	90
Linseed oil	70
Palm oil	0
Vit & Min Premix PV02	2
Choline HCl	2
Vit C35	0,5
Vit E50	0,5
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄)	10
L-Lysine	2
L-Tryptophan	0
DL-Methionine	3
celite	20

Tabella 2. Indicatori di impatto per il mangime per trota iridea contenente 6% di farina di mosca soldato nera e 6% di tarma della farina – H +T RT

Categoria d'impatto	Unità	H+T RT
Climate change	kg CO2 eq	1,95
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,62E-07
Ionising radiation	kBq U-235 eq	0,3418
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	0,00728
Particulate matter	disease inc.	1,87E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,76E-08
Human toxicity, cancer	CTUh	1,10E-09
Acidification	mol H+ eq	0,0206
Eutrophication, freshwater	kg P eq	0,000532
Eutrophication, marine	kg N eq	0,00879
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0,0778
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	126,56
Land use	Pt	146,57
Water use	m3 depriv.	0,881
Resource use, fossils	MJ	26,54
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9,24E-06

Tabella 3. PEF, categorie ed ingredienti più importanti

Mangime per trota iridea contenente 6% di farina di mosca soldato nera e 6% tarma della farina, H+T RT	Climate Change (23.5%)	Resource use – fossil (16.8%)	Particulate Matter (12.9%)
PEF = 0.014	Poultry Meal (29.5%)	CPSP 90 (28.9%)	Poultry Meal (48.9%)
	Soybean Meal (10.8%)	Soy Protein Conc. (24.9%)	Aminopro (12.7%)
	Aminopro (10.0%)	Poultry Meal (11.4%)	Meal Worm (5.9%)

3. Il ruolo degli ingredienti nella definizione dell'impronta ambientale.

Le schede ambientali hanno evidenziato il ruolo degli ingredienti più importanti, che però è in qualche misura legato anche al loro peso percentuale nella composizione. Per comparare tra di loro i profili ambientali, risulta utile, tuttavia, anche il confronto mediante grafico tra mangimi, tenendo in considerazione anche categorie diverse da quelle elencate nelle schede. Ciò può rivelare il contributo di alcuni ingredienti a categorie meno importanti rispetto alle prime tre ma comunque in grado di influenzare la PEF.

Nelle Figure 1,2,3 sono visualizzati, rispettivamente, i contributi relativi alle categorie Climate Change, Terrestrial Eutrophication e Land use, rappresentative di impatti tra loro molto diversi. Per quanto riguarda la categoria Climate Change, nel mangime di controllo i contributi più rilevanti sono dati da Poultry Meal e SoyBean Meal: quest'ultimo si riduce notevolmente con la parziale sostituzione con farina di insetto, che, in termini percentuali, lo compensa. La categoria Eutrophication-Terrestrial, presenta un profilo diverso, dominato da Poultry Meal, l'ingrediente comunque percentualmente più rilevante. Infine, alla categoria Land use contribuiscono maggiormente gli ingredienti derivati da colture terrestri e Poultry Meal che, indirettamente, ne fa uso attraverso i mangimi per pollame. Da notare che in questa categoria non compaiono le farine di insetto, che quindi possono essere importanti per limitare l'uso del suolo.

In conclusione, i risultati presentati in questo e nei deliverables 4.1 e 4.2 evidenziano che:

- 1) La PEF degli otto mangimi non presenta valori molto diversi: ciò è dovuto al fatto che la formulazione dei mangimi di controllo è comunque diversa dai mangimi commerciali e caratterizzata dalla presenza di proteine da sottoprodotti della lavorazione del pollame, in linea quindi con i principi dell'economia circolare.
- 2) La parziale sostituzione con farine di insetti riduce comunque la PEF, sia per i mangimi per orata che per quelli per trota iridea.
- 3) Tra le categorie di impatto che maggiormente influiscono sulla PEF se ne ritrovano due, Resource use – fossil fuel e Particulate Matter sinora non molto considerate negli studi LCA dedicati ai mangimi per acquacoltura: ciò indica la necessità di approfondire i processi produttivi in relazione a queste emissioni.
- 4) Le schede evidenziano in molti casi l'impatto non trascurabile dell'ingrediente Aminopro, presente in piccole percentuali nei mangimi: sarebbe importante approfondire la conoscenza del processo produttivo ed, eventualmente, valutare assieme agli esperti di nutrizione la sua sostituzione.

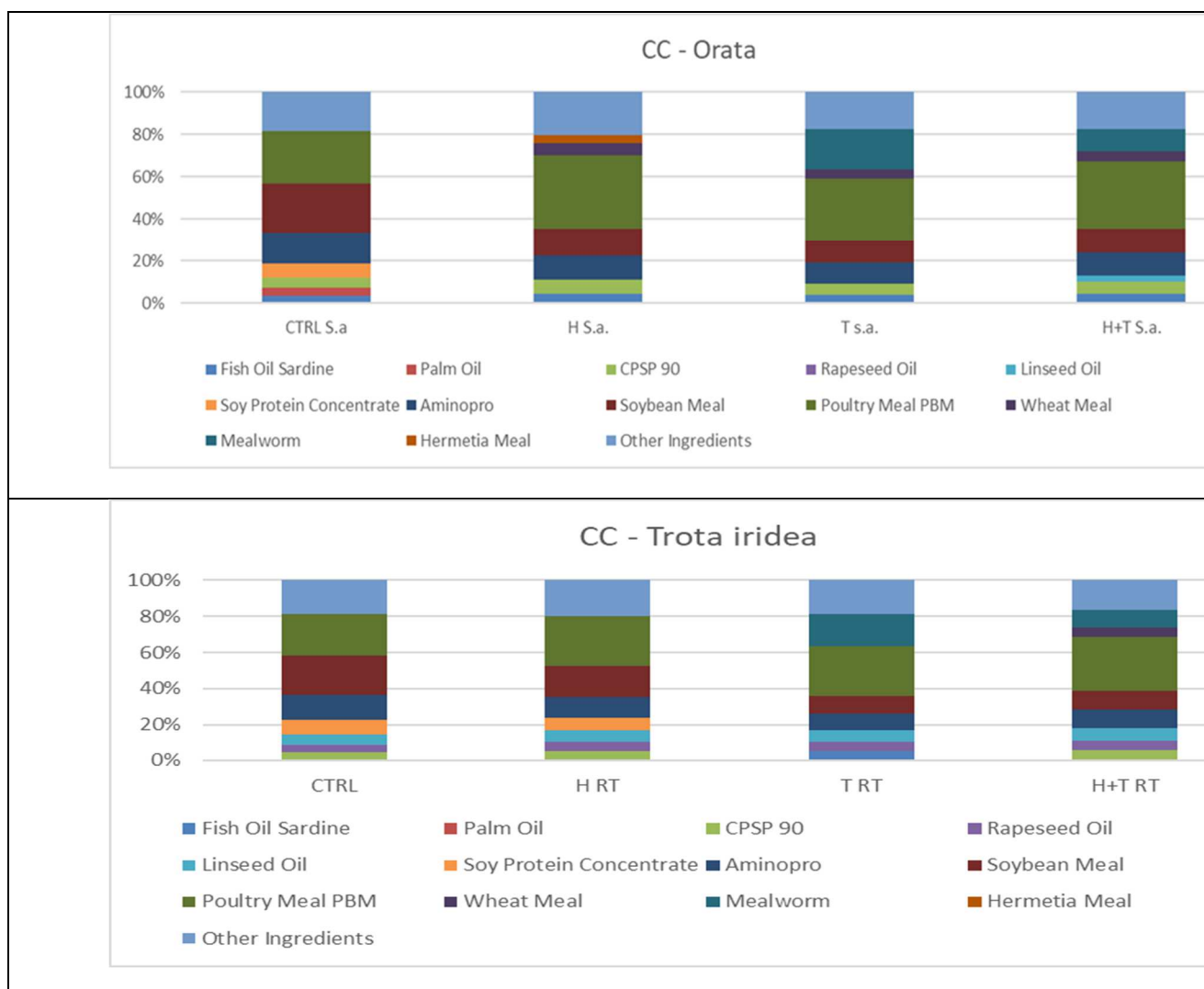


Fig. 1. Contributi alla categoria di impatto Climate Change degli ingredienti più rilevanti inclusi nei mangimi innovativi per orata (pannello superiore) e trota (pannello inferiore).

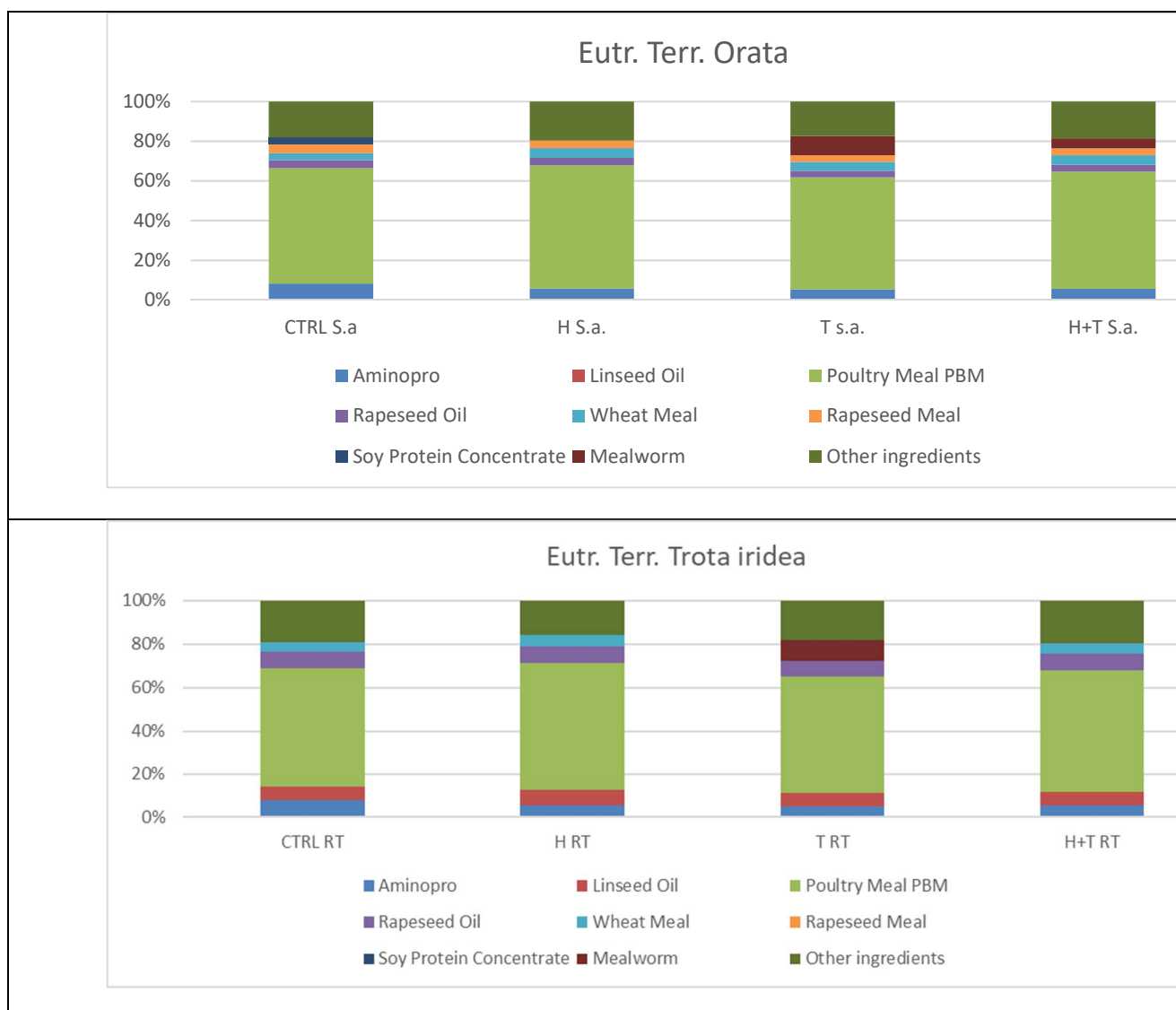


Fig. 2. Contributi alla categoria di impatto Eutrophication – terrestria degli ingredienti più rilevanti inclusi nei mangimi innovativi per orata (pannello superiore) e trota (pannello inferiore).

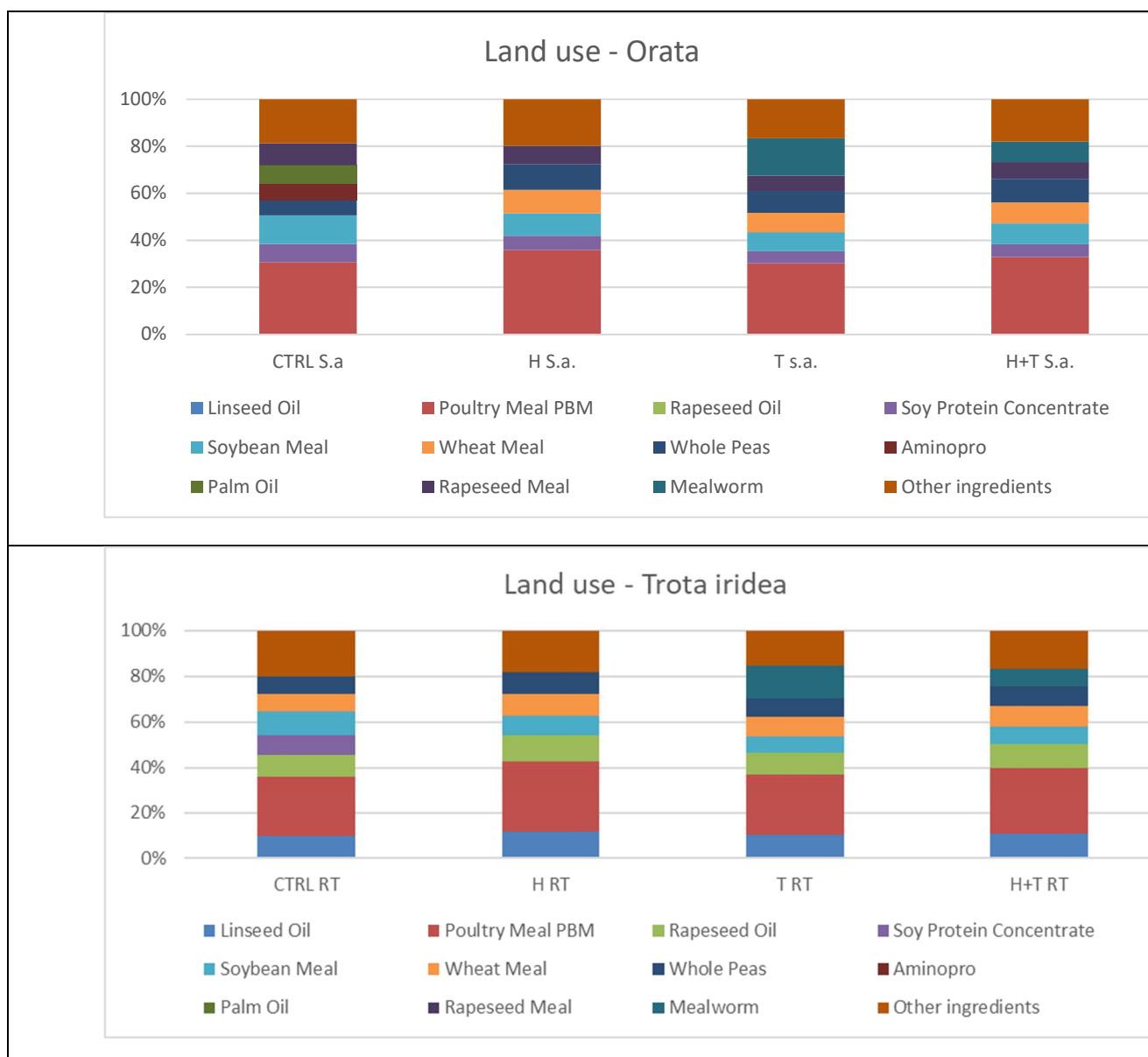


Fig. 3. Contributi alla categoria di impatto Land use degli ingredienti più rilevanti inclusi nei mangimi innovativi per orata (pannello superiore) e trota (pannello inferiore).