



Convegno Finale

Fine Feed For Fish

Presentazioni dei relatori

29-30 Aprile 2021



FONDAZIONI IN RETE
PER LA RICERCA
AGROALIMENTARE



Acquacoltura e comunicazione: l'esperienza di Fine Feed For Fish

Melissa Balzarotti | Consorzio Italtbiotec

In linea con i principi di Ricerca e Innovazione Responsabile – RRI, il progetto Fine Feed For Fish ha promosso il coinvolgimento della società nella scienza e nell'innovazione, favorendo la creazione di reti di formazione, informazione e divulgazione e il coinvolgimento di giovani ricercatori in tutte le attività di progetto.

La comunicazione ha rivestito un ruolo centrale, consentendo la diffusione capillare di oltre 50 articoli divulgativi volti ad approfondire i temi della sostenibilità in acquacoltura e di oltre 18 pubblicazioni su riviste scientifiche peer-reviewed, dedicate ad illustrare e condividere i risultati ed i progressi del progetto con la comunità scientifica. La partecipazione a numerosi congressi, convegni e fiere di taglio nazionale ed internazionale ha permesso la diffusione degli intenti del progetto con mangimisti, allevatori, economisti agrari e ricercatori provenienti da tutto il mondo.

Con l'obiettivo di incoraggiare il coinvolgimento di giovani ricercatori nelle attività di progetto, è stata organizzata la Summer School di Alghero "Acquacoltura e Sostenibilità" (24-28 Giugno 2019) dedicata ad affrontare tematiche e sfide della moderna acquacoltura. Una settimana di approfondimenti teorici da parte dei maggiori esperti nazionali in materia, attività pratiche di laboratorio e una visita a un impianto per l'allevamento di spigole e orate. Un'esperienza straordinaria finalizzata a valorizzare le sinergie tra chi si occupa di benessere animale, formulazione di mangimi, tecniche di allevamento intensivo, sicurezza alimentare, tutti impegnati nel dare il proprio contributo per una acquacoltura sempre più moderna e sostenibile. Le lezioni tenute dai partner, insieme alle interviste condotte durante il progetto e ad una serie di webinar dedicati ad approfondire i maggiori temi del progetto, sono racchiuse all'interno del canale YouTube di Consorzio Italtbiotec e del progetto AGER¹, che si è occupato di coordinare tutte le attività di comunicazione e disseminazione, al fine di favorire la creazione di una rete di diffusione dei risultati di Fine Feed For Fish, rendendoli disponibili a tutti gli stakeholders interessati.

Infine, le attività di progetto hanno portato all'elaborazione del documento finale "Verso nuovi mangimi per l'acquacoltura sostenibile: una guida per gli acquacoltori e per il settore mangimistico", dedicato a restituire una sintesi dei più significativi risultati ottenuti dalle attività di ricerca svolte, con l'obiettivo di incoraggiare potenziali acquacoltori e produttori di mangimi ad adottare formulazioni ambientalmente ed economicamente sostenibili, ponendo sempre più attenzione alla salute e al benessere delle specie ittiche allevate.



¹ 4F Summer School Lessons: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLI2uNVw5doXLS8GLHKutZLIJST4yxrrOD>

4F. Acquacoltura e Sostenibilità: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLI2uNVw5doXIOyPGTi55AZVNBahetfgD4>

Progetto AGER https://www.youtube.com/channel/UCuP0d9m_5LWBzFTotNXkWRa/featured

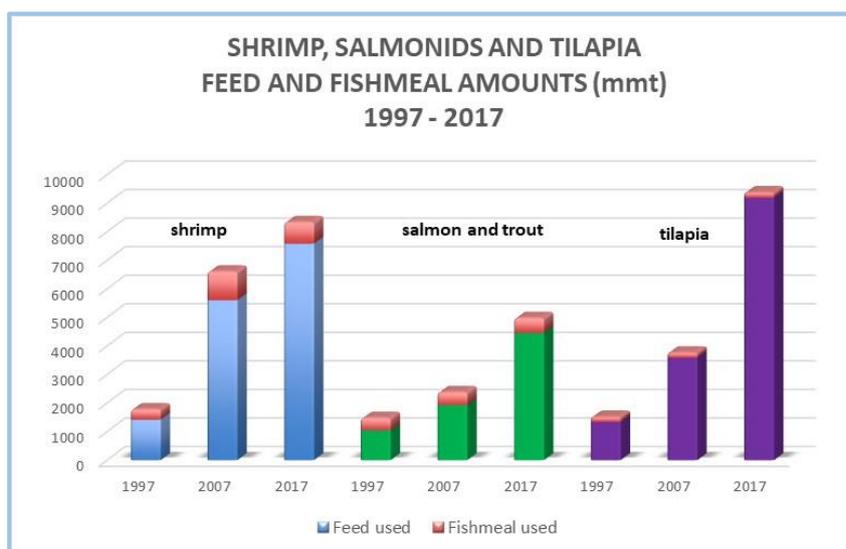
Toward new feeds for sustainable aquaculture

Ronald W. Hardy, Distinguished Professor Emeritus | Aquaculture Research Institute – University of Idaho

Research directed at reducing the percentages of fishmeal (FM) and fish oil (FO) in fish feeds conducted over decades emphasized fish performance when substantial amounts of FM was replaced with alternative proteins. Studies consistently demonstrated reduced performance with FM replacement above 50% even when essential amino acid levels in experimental diets were balanced using amino acid supplementation to compensate for differences in amino acid composition between FM and alternative proteins. FM is a complex ingredient containing other essential nutrients, e.g., vitamins, minerals, fatty acids, plus other biologically active compounds such as cholesterol, taurine and antioxidants. Furthermore, profiles of both essential and nonessential amino acids in alternative ingredients are often significantly different than that of FM, leading to potential imbalances that may affect fish growth performance.

Economics and supply/demand factors have caused substantial reductions in FM levels in commercial fish feeds over the past 20 years. Aquaculture production of fed fish tripled since 2000 while the annual landings of forage fish decreased from 23 Mt to 16 Mt and production of FM decreased from 6.6 to 4.8 Mt. Plant protein concentrates and land animal protein meals have supplied the needed protein in fish feeds. This change has been partially fostered by efforts to improve the quality of alternative proteins as fish feed ingredients by additional processing (enzyme treatment, fermentation). Ingredient suppliers have recognized opportunities to produce specialty ingredients for aquaculture feeds,

leading scaled up production of single-cell proteins, algae products and insect meals. At present these products are not competitive with plant protein concentrates and land animal proteins on a protein basis, but if they are shown to provide additional benefit as functional feed ingredients, the economics of their use will be more favorable.



Current research on mechanisms associated with protein efficiency in fish is yielding new insights on how feeds can be formulated to improve efficiency. Synchronization of amino acid release from feed protein sources has emerged as an important element of feed efficiency. Effects of signaling nutrients, specifically certain amino acids, on cell metabolism in fish represent a second opportunity for researchers to explore. Prebiotics affecting gut microbiome that improve fish growth and health appear to be another promising way to advance aquaculture sustainability through feed improvement.

On a more practical level, research into effects of dietary changes on requirements for amino acids and micronutrients is essential to allow precision formulation of fish feeds, especially for non-salmonid species. Nutritional requirements for optimum health and efficient metabolism can be determined using high-

throughput technologies that compliment traditional feeding trials focusing on fish growth and feed efficiency.

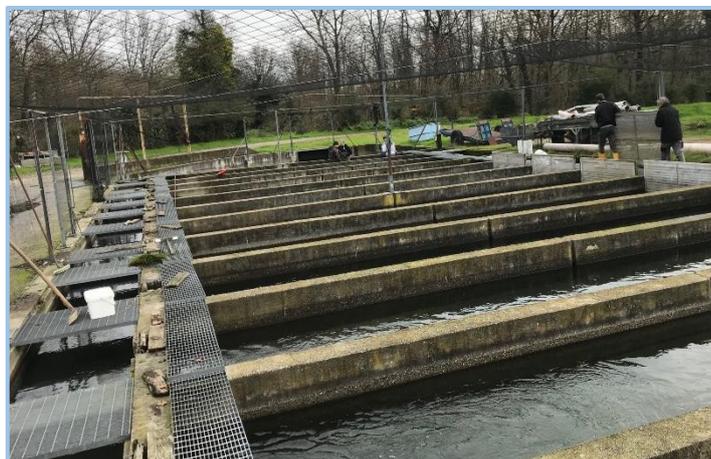
Finally, in developed countries, social issues are expected to become an important factor affecting sustainable feed as consumers increasingly make purchasing choices based upon how food production methods affect climate change. Different systems of evaluating these issues are still being developed but for salmonids, where analyses is most developed, feeds account for two thirds of greenhouse gas emissions. These considerations will influence fish feed formulations in unexpected ways for salmonids and other high-value farmed fish.

Risultati aziendali delle nuove formulazioni mangimistiche: risultati sulla trota

Christian Caimi, Laura Gasco | Università degli Studi di Torino

Recenti studi hanno dimostrato come sia le farine da sottoprodotti della lavorazione avicola, sia le farine d'insetto, possano essere validi sostituti alla farina di pesce per la formulazione di mangimi per pesci di allevamento. A seguito delle prove pilota realizzate in ambiente sperimentale, nell'ambito del progetto AGER 4F – Fine Feed For Fish, è stata realizzata una prova su larga scala in ambiente aziendale su trota iridea.

La prova è stata svolta presso l'allevamento "Fattoria del Pesce" sito presso Cerano (NO). Per lo svolgimento della prova sono state utilizzate 3 diete commerciali, contenenti fonti proteiche differenti: dieta PESCE (contenente farina di pesce), dieta POLLO (contenente farina di sottoprodotti avicoli) e dieta INSETTO (contenente farina di *Hermetia illucens*). All'inizio della prova, 320 pesci/vasca sono stati suddivisi in 12 vasche in cemento (4 repliche/trattamento). La prova sperimentale ha avuto lo scopo di valutare l'effetto di, sulle performance di crescita e la qualità fisica dei filetti. Al termine della prova (162 giorni), è stato osservato che i soggetti alimentati con la dieta INSETTO avevano raggiunto un peso finale più elevato, mentre tra dieta PESCE e POLLO non era presente alcuna differenza statisticamente significativa. L'indice di conversione alimentare era compreso tra 1,17 (dieta INSETTO) e 1,26 (dieta PESCE); il tasso di crescita specifico è risultato maggiore nei



sogetti alimentati con la dieta INSETTO (0,80), minore nei soggetti alimentati con la dieta PESCE (0,75), ed intermedio (0,77) in quelli alimentati con la dieta POLLO. Per quanto concerne la qualità fisica dei filetti non sono state evidenziate differenze statisticamente significative tra i vari trattamenti.

Osservando i risultati ottenuti con la presente prova, possiamo affermare che le 3 diete commerciali testate hanno portato a performance valide e simili tra loro, con particolare riferimento alla dieta contenente farina di *Hermetia illucens*, la quale ha portato ad ottenere risultati più elevati in termine di peso finale.

Sparus aurata: verso una dieta priva di farina di pesce?

Risultati aziendali delle nuove formulazioni mangimistiche: risultati su orata

Marco Saroglia, Genciana Terova, Micaela Antonini, Simona Rimoldi, Federico Moroni, Federica Iannini, Chiara Ceccotti, Fabio Brambilla¹ | Dipartimento di Biotecnologie e Scienze della Vita – Università degli Studi dell'Insubria, ¹VRM-Naturalleva – Verona

Con l'intento di valutare in scala produttiva la possibilità di minimizzare l'inclusione di farina di pesce nei mangimi, sono stati condotti studi su orata (*Sparus aurata*) presso impianto pilota a ricircolo e presso un allevamento commerciale in gabbie galleggianti. Per le prove sono stati progettati mangimi nei quali la farina di pesce era sostituita di volta in volta con proteine vegetali, farine di insetto e farine di avicoli.

Una dieta con 5% di farina di pesce e 10% di farina di *H. illucens*, ha mostrato buona efficienza della dieta, importante riduzione del valore di FCR ed un incremento della SGR rispetto al controllo. Questi risultati da soli potrebbero ben compensare i maggiori costi della sorgente proteica con farina di insetto.

L'inclusione del 22% di farina di avicoli, un *by-product* dal costo concorrenziale, ha mostrato di essere ben tollerata dalle orate, sebbene in uno dei test condotto con totale assenza di farina di pesce, i risultati di crescita e conversione siano stati inferiori ai controlli alimentati con mangime commerciale.



I risultati ottenuti con la dieta priva di farina di pesce ci dicono sostanzialmente che con gli opportuni additivi nutrizionali e funzionali, tale la soluzione è possibile, ma considerando il costo degli additivi strutturali e funzionali che si rendono necessari, tale soluzione potrebbe essere non economicamente sostenibile dall'azienda.

Una limitata inclusione di farina di pesce può avere il ruolo di alimento funzionale, consentendo di risparmiare sugli additivi e nello stesso tempo può essere approvvigionata dal mercato del «*by-products*», evitando l'impatto negativo sulla risorsa oceanica.

La dieta mista, con 10% di farina di avicoli, 10% di farina di insetto, farina di pesce limitata al 5% ed integrazioni proteiche vegetali, ha offerto i migliori risultati, in termini di conversione, crescita e sopravvivenza.

La farina di insetto fornisce, oltre alle proteine, nutrienti funzionali meritevoli di ulteriori approfondimenti. Un sicuro vantaggio lo si ottiene sulla biodiversità microbica dell'intestino, con aumento della diversità enzimatica, stimolazione di batteri butirrogeni e lattobacilli. È evidente l'effetto benefico sulla conversione, con conseguente risparmio di mangime e riduzione dell'impatto sull'ambiente.

Mentre la letteratura riporta numerose informazioni sull'azione di singole componenti della dieta, la ricerca futura potrebbe orientarsi sul miglioramento dei risultati ottenibili studiando le diete miste, in grado di favorire la biodiversità nel giardino microbico dell'intestino.

Risulta ancora una volta evidente che al fine di valutare ed eventualmente correggere le diete, in particolare quando vengono adottate soluzioni proteiche alternative alla farina di pesce, l'analisi istologica dell'apparato digerente e l'analisi del microbiota intestinale, effettuata con idonei approcci di sequenziamento, sono strumenti irrinunciabili.

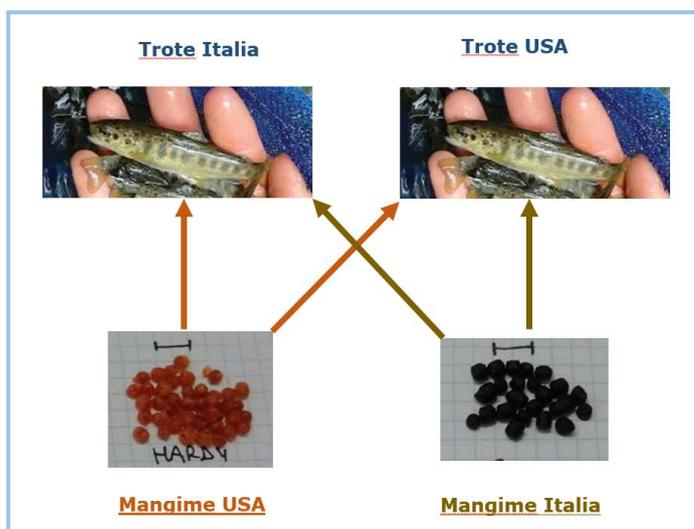
Valutazione della risposta di due ceppi di trota iridea

Ilaria Biasato | Università degli Studi di Torino

Con l'obiettivo di valutare la capacità di adattamento ad ambienti di allevamento e mangimi diversi, nell'ambito del progetto AGER sono stati messi a confronto due ceppi di trota iridea (il primo, di provenienza americana ed il secondo, di origine italiana) alimentati con due mangimi (il primo a base interamente vegetale, il secondo contenente farine proteiche animali). In particolar modo, il ceppo americano è stato selezionato nel corso di numerose generazioni a cura dell'Università dell'Idaho (Hageman), al fine di ottenere trote adattate ad una dieta esclusivamente vegetale. Al contrario, il ceppo italiano (proveniente da un'avannotteria del Trentino) non è stato soggetto a nessun tipo di selezione in tal senso. Nel dettaglio, sono state eseguite due prove di accrescimento in parallelo.

Nella prima prova, 125 trote iridee americane (USA) e 125 trote iridee italiane (ITA) sono state distribuite in 10 vasche (5 vasche/ceppo) e alimentate con una dieta commerciale italiana (dieta ITA) contenente sia proteine vegetali (PV) che proteine animali trasformate (PAT). Nella seconda prova, invece, 100 trote ITA e 100 trote USA sono state suddivise in 10 vasche (5 vasche/ceppo) e alimentate con una dieta commerciale USA contenente solo fonti di PV. Al termine delle due prove (durate entrambe 105 giorni), sono state valutati sia i parametri di accrescimento che la composizione centesimale dei pesci interi. Nella prima prova, la trota USA ha raggiunto un peso finale più elevato (64.64 g) e ha mostrato un miglior indice di conversione alimentare (ICA, 0.93) e un miglior tasso di efficienza proteica (2.16) rispetto alla trota ITA (57.62 g; 0.99; 2.04; $P < 0.05$). Al contrario, il tasso di crescita specifico (1.71 vs 1.61) e composizione centesimale del pesce intero (sostanza secca [SS]: 26.80 vs 27.40; proteina grezza [PG, %SS]: 58.39 vs 57.82; estratto etereo [EE, %SS]: 31.68 vs 31.79; ceneri [%SS]: 9.40 vs 8.76) non hanno evidenziato differenze statisticamente significative ($P > 0.05$). Nella seconda prova, la trota ITA è stata caratterizzata, invece, da un contenuto di PG più basso (57.10) e un contenuto di SS ed EE più elevati (29.17 e 33.73, rispettivamente) se confrontata con la trota USA (60.41; 27.57; 30.01; $P < 0.05$). Non sono state, invece, osservate differenze statisticamente significative per quanto concerne le ceneri (8.41 vs 8.21) e i parametri di accrescimento (peso finale: 81.91 vs 87.72; ICA: 0.94 vs 0.94; tasso di efficienza proteica: 2.05 vs 2.04; tasso di crescita specifico: 1.62 vs 1.69; $P > 0.05$). In conclusione, il ceppo USA ha mostrato una buona efficienza produttiva quando alimentato con fonti PAP e PP. In parallelo, la dieta USA ha determinato differenze significative nella composizione centesimale dei pesci ITA.

Il gruppo di ricerca ringrazia il prof. Ronald Hardy per aver fornito le uova del ceppo americano e la troteicoltura Fratelli Leonardi di Preore (TN) per il ceppo italiano.



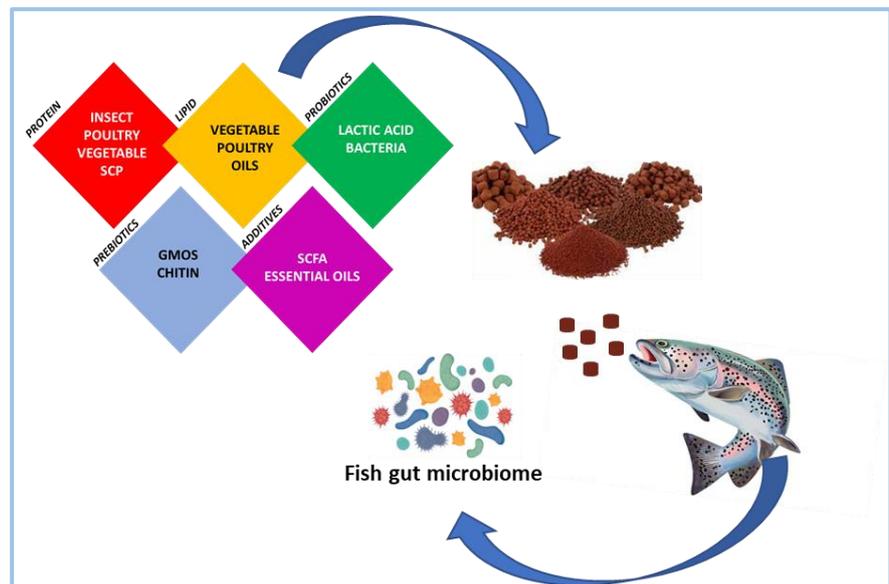
Rappresentazione schematica del trial sperimentale. Le frecce dello stesso colore identificano le due prove eseguite.

Lo studio del microbiota intestinale, per la formulazione dei mangimi: manipolazione delle comunità microbiche intestinali del pesce in allevamento intensivo

Simona Rimoldi, Genciana Terova | Università dell'Insubria, Varese

Il microbiota intestinale, contribuendo in modo significativo alla digestione e all'assimilazione dei nutrienti, alla resistenza alle malattie e alla risposta immunitaria dell'ospite, svolge un ruolo fondamentale per lo stato di salute del pesce. Con il crescente sviluppo dell'acquacoltura e la necessità di renderla più ecosostenibile mediante la formulazione di mangimi con fonti proteiche alternative alla farina di pesce, lo studio del microbiota intestinale nelle specie allevate ha assunto un ruolo fondamentale. Negli ultimi anni si è assistito ad un crescente interesse per la manipolazione del microbiota intestinale del pesce al fine di migliorarne le performance produttive. In effetti, il microbiota intestinale è estremamente dinamico e può essere significativamente influenzato dalla dieta, dall'assunzione di prebiotici, e probiotici.

In quest'ottica nell'ambito del progetto AGER 4F sono stati valutati gli effetti modulatori di diverse fonti proteiche (vegetali, avicole, insetto) alternative alla farina di pesce sulle comunità microbiche intestinali di specie ittiche sia marine (branzino e orata) che di acqua dolce (trota iridea). Sono stati, inoltre, studiati gli effetti della somministrazione di probiotici e prebiotici sul microbiota intestinale. I



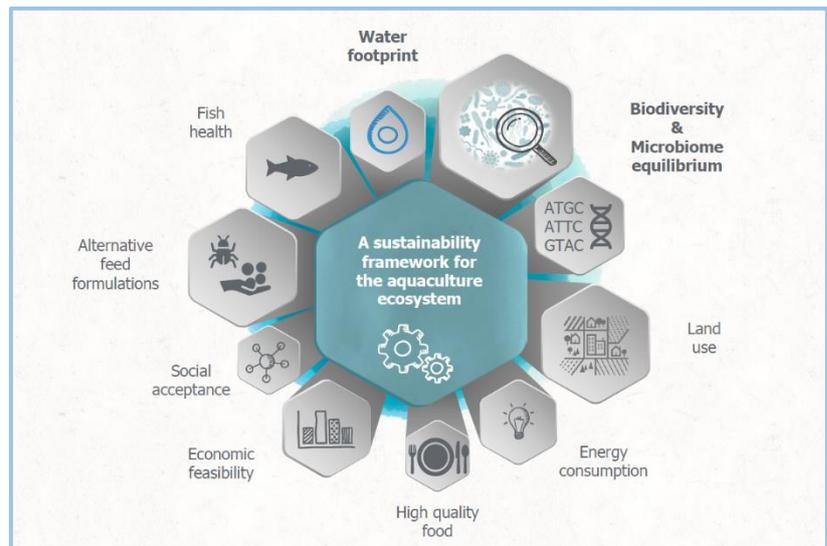
risultati ottenuti, che saranno presentati e discussi nell'ambito del "Convegno finale AGER Fine Feed For Fish (4F)", sono molto incoraggianti riguardo alla reale possibilità di poter ottenere tramite un'adeguata formulazione mangimistica un arricchimento in popolazioni batteriche benefiche utili all'intestino del pesce allevato.

Il microbioma acquatico e acquacoltura: quando l'invisibile fa la differenza

Antonia Bruno, Chiara Magoni, Massimo Labra | Dipartimento di Biotecnologie e Bioscienze – Università degli Studi di Milano-Bicocca

L'acquacoltura è un settore in grande espansione ed è spesso oggetto di interventi tecnologici che mirano ad implementare le produzioni. La sostenibilità di un allevamento ittico rappresenta per l'acquacoltura moderna un aspetto cruciale, ma al tempo stesso complesso. Il termine stesso "sostenibilità" assume molte sfaccettature e comprende diversi significati. Si può parlare di sostenibilità economica, sociale, oltre che ambientale. Il progetto 4F, sostenuto da AGER, è riuscito a rispondere in maniera diretta e indiretta a molte domande: se l'utilizzo delle risorse naturali, gli investimenti in ambito economico, le innovazioni tecnologiche e i bisogni della società convergono, è possibile valorizzare il potenziale dell'acquacoltura per far fronte alla sempre più alta richiesta di risorse ittiche, senza cadere nel sovrasfruttamento dell'ecosistema acquatico. In questo senso, la ricerca scientifica condotta per il progetto 4F ha tentato di far fronte a questo problema sostituendo le farine di pesce utilizzate per produrre i mangimi con farine di origine vegetale, provenienti da insetti e da sottoprodotti della macellazione degli avicoli, al fine di ottenere una dieta ottimale per il pesce, sostenibile dal punto di vista ambientale, ma al tempo stesso accessibile economicamente. Uno degli obiettivi del progetto circa la sostenibilità è proprio la valutazione complessa dell'impatto ambientale, che miri ad integrare le valutazioni basate su Life Cycle Assessment (LCA), il Water Footprint, e le dinamiche non spesso immediatamente visibili che sottendono i servizi ecosistemici che la risorsa acquatica offre. Nonostante la lunga storia degli studi sull'acquacoltura, una profonda e completa comprensione delle dinamiche ecologiche delle comunità microbiche (il microbioma) dell'acqua è piuttosto difficile a causa della complessità delle interazioni, della diversità delle fonti d'acqua impiegate, delle formulazioni mangimistiche, dei pesci allevati e delle variabili ambientali. L'utilizzo delle cosiddette scienze "omiche", come quelle basate sul sequenziamento del DNA *high-throughput*, ha notevolmente ampliato la nostra visione degli organismi che popolano le risorse acquatiche impiegate nell'allevamento dei pesci. La salute dei pesci è un riflesso dell'ambiente in cui vengono allevati e in questo l'acqua gioca un ruolo cruciale.

In AGER 4F abbiamo valutato criticamente gli impatti dell'acquacoltura, integrando parametri già attualmente impiegati (utilizzo del suolo, water footprint, potenziale di riscaldamento globale,...) e stime delle variazioni nella biodiversità, in particolare considerando la struttura della comunità microbica, della risorsa idrica impiegata.



I nostri risultati hanno mostrato come formulazioni mangimistiche alternative non presentino differenze sostanziali rispetto alle formulazioni convenzionali, per quanto riguarda water footprint, energia fossile e potenziale di riscaldamento. In termini di utilizzo del suolo sembra invece che l'allevamento degli insetti abbia un impatto inferiore. Tuttavia, si evidenzia una mancanza di dati strutturati per quanto riguarda le diete a

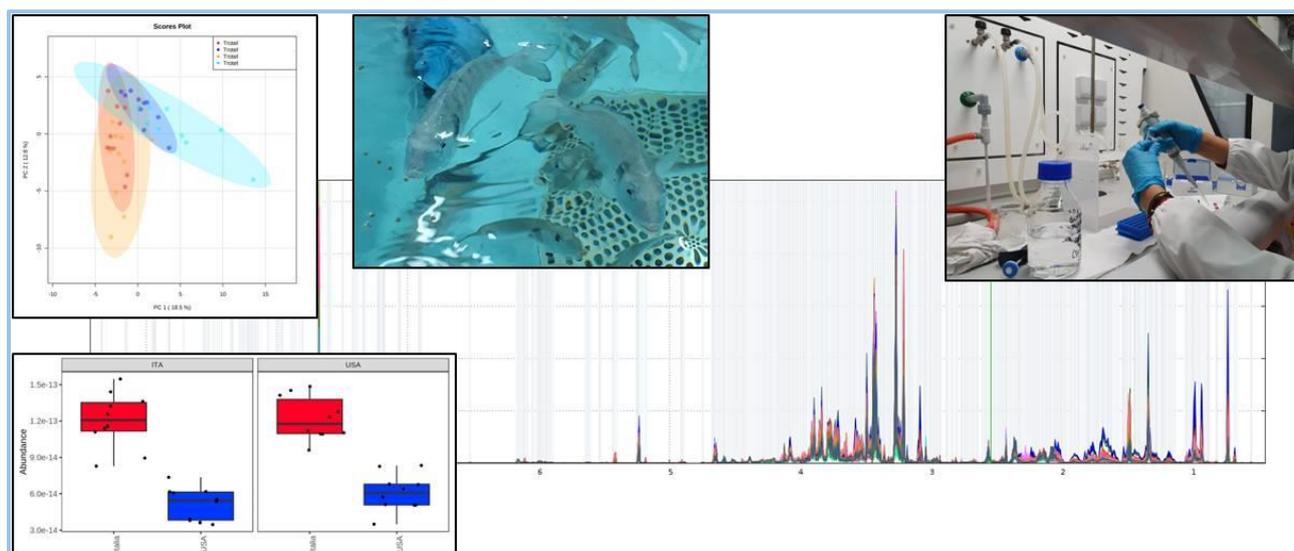
base di insetti, campo ancora in evoluzione sia nella ricerca che nella industrializzazione dei processi. In prospettiva futura, puntare su diete a base di insetti consentirebbe di muoversi verso una performance industriale e diminuire sia il potenziale di riscaldamento globale che il water footprint, grazie a framework legislativi che tengano in considerazione fonti di nutrienti che derivino da nuove tipologie di scarti alimentari. Infine, formulazioni mangimistiche alternative, sia a base di insetto che a base di sottoprodotti della macellazione di avicoli, hanno impatti paragonabili a quelli di formulazioni mangimistiche convenzionali (a base di pesce) sulla struttura del microbioma dell'acqua e non causano un arricchimento in geni di resistenza, che potrebbero essere correlabili a fenomeni di antibiotico resistenza.

Un approccio olistico per la complessa valutazione degli impatti, basato sull'integrazione di metodologie diverse e complementari, permette quindi di tracciare un framework per la valutazione della sostenibilità dell'acquacoltura e di fornire nuove prospettive sull'analisi dello stato di salute dell'intero "ecosistema dell'acquacoltura".

Protocolli di allevamento e qualità del pesce. Cosa ci insegna l'approccio molecolare omico: Caratterizzazione multidisciplinare dell'effetto metabolico dovuto alla sostituzione della farina di pesce nella dieta di trota e di orata

Roberto Anedda, Riccardo Melis, Ilaria Vitangeli, Angela Braca, Stefania Ghisaura, Grazia Biosa, Antonio Palomba, Daniela Pagnozzi | Porto Conte Ricerche – Tramariglio, Alghero (SS)

Mediante un approccio analitico di tipo multi-omico è stato possibile descrivere come i metabolismi del pesce allevato rispondano alle condizioni di allevamento. L'introduzione di fonti proteiche e lipidiche alternative ai derivati del pesce pone seri interrogativi sull'effetto della loro sostituzione sulla qualità del prodotto commercializzato. Numerosi studi, infatti, dimostrano l'importanza dell'alimentazione e delle condizioni di allevamento nella definizione dei profili composizionali, nutrizionali e metabolici dei pesci allevati. Sarà discusso come, nel percorso AGER-4F, sia stato possibile ottimizzare formulazioni mangimistiche, per orata e trota, che fossero non solo performanti e sostenibili ma che fossero anche caratterizzate da un basso impatto metabolico, preservando le caratteristiche qualitative del filetto rispetto a formulazioni controllo. A tal fine, si presenteranno i risultati delle analisi di lipid fingerprinting sui filetti e delle indagini metabolomiche e proteomiche sui metabolismi epatici in trote e orate alimentate adottando alte sostituzioni di farine di pesce con alternative vegetali, di avicoli e di insetto.



Il progetto Fine Feed For Fish: I principali risultati economici

Fabio Madau, Pietro Pulina | Dipartimento di Agraria – Università degli Studi di Sassari

Research questions

La sostenibilità economica e ambientale dell'acquacoltura dipendono in modo significativo dalla natura e dalla qualità del mangime utilizzato. Una delle principali critiche che viene mossa all'acquacoltura fa leva sulla necessità di utilizzare significative quantità di farina di pesce e altre fonti proteiche marine per la formulazione dei mangimi. La disponibilità delle risorse tipicamente utilizzate per la produzione di mangimi è, però, limitata e non è in grado di sostenere l'aumento della domanda globale di mangimi causata dalla crescente produzione dell'acquacoltura.

Diviene pertanto necessario e non più prorogabile rinvenire fonti proteiche alternative alla farina di pesce, quali nella fattispecie la farina d'insetti. L'introduzione di farine di insetti nella dieta degli esemplari allevati rappresenta, di fatto, un'evoluzione tecnologica e come tale potrebbe avere sensibili ricadute sul versante economico a livello di impresa di allevamento e di mercato.

Partendo da queste considerazioni, alcuni interrogativi emergono e si riflettono in questioni alle quali la ricerca economica è chiamata a fornire delle risposte, tra le quali:

1. Quali sono le principali ripercussioni che si rilevano sul piano dei processi produttivi e di riflesso sui risultati economici delle imprese di allevamento?
2. Vi è convenienza economica a sostituire anche solo parzialmente la farina di pesce con quella d'insetti?
3. Quali sono le attuali motivazioni che eventualmente inducono un allevatore a procedere a questa sostituzione e il grado di accettazione di questa nuova tecnologia?
4. Quali sono le principali criticità e opportunità che si rinvergono a livello di mercato ittico?

Sviluppo della ricerca

Il progetto si è articolato in differenti attività. In primo luogo, si è cercato di fornire una risposta ai primi due interrogativi, vale che si è indagato sui principali mutamenti che l'eventuale sostituzione di farine nella dieta arreca sul piano dei processi e, soprattutto, su quello economico.

È stato condotto uno studio che ha permesso di stimare in che modo e in che misura l'introduzione della farina d'insetti si riverbera sulla produttività e sui risultati economici in un allevamento. Attraverso un caso studio -

un allevamento off-shore di spigole in Italia – e sulla base di simulazioni effettuate, abbiamo riscontrato che man mano che aumenta il grado di sostituzione della farina di pesce con quella d'insetti – il caso è stato condotto su farine a base di *Tenebrio molitor* - peggiora il rapporto di conversione alimento ingerito/produzione con dirette ripercussioni sulla produttività. Viceversa, non si assiste a una variazione dei rapporti tecnici inerenti ai restanti fattori della produzione.

Allo stesso tempo, gli alti prezzi di mercato associati a questa farina determinano un aggravio dei costi unitari. Ne consegue, in definitiva, che i costi di alimentazione subiscono un aumento a causa e dei prezzi più sfavorevoli e di una minore produttività (vedi Tabella). Pertanto, gli indubbi benefici ambientali previsti dall'utilizzo della farina di insetti non sono oggi in linea con gli attuali interessi economici dell'industria dell'acquacoltura. Ciò che emerge, quindi, è che dovrebbero essere compiuti sforzi al fine di trovare modi redditizi per incoraggiare l'introduzione di questa interessante alternativa, garantendo sostenibilità economica e ambientale nel prossimo futuro.

Tale studio si colloca come primo nella sua tipologia e, però, i risultati non possono essere generalizzati poiché è stato preso in considerazione un singolo caso studio. Sarebbe opportuna una rivalutazione in base alle più recenti evidenze empiriche, alle evoluzioni del mercato della farina d’insetti e, soprattutto, alla reale introduzione di questa tecnologia entro i processi produttivi considerati.

In secondo luogo, si è condotta un’analisi sulle motivazioni degli imprenditori e abbiamo rilevato una sostanziale differenziazione nelle percezioni e nel grado di accettazione di questa nuova tecnologia. Lo studio è stato condotto su un campione di allevatori di trote e spigole, di imprenditori nel comparto mangimistico e in allevatori di insetti attraverso la somministrazione di un questionario semi-strutturato. In particolare, i risultati suggeriscono un maggior grado di accettabilità a introdurre farina d’insetti da parte delle imprese più grandi.

In terzo luogo, abbiamo dedicato attenzione al settore dell’allevamento di insetti. Un’accurata analisi della letteratura economica sul tema è stata effettuata e abbiamo provato a ricondurre gli indirizzi di policy volti a uno sviluppo sostenibile del settore entro il paradigma dell’economia circolare. Un approccio paradigmatico innovativo, quale quello che fa capo all’economia circolare, può rappresentare infatti la soluzione strategica e manageriale nella creazione del valore necessario a rendere concretamente realizzabili tali intenti.

Da ultimo, sono ancora in corso le analisi volte a valutare il grado di apprezzamento dei consumatori dei prodotti ittici allevati con farina di insetti e l’eventuale riconoscimento che un siffatto prodotto potrebbe riscontrare sul mercato.

Table 4. Results of simulations based on different technical and market scenarios.

	Item	TM0%	TM5%	TM10%	TM15%	TM25%	TM50%
Diet Composition (%)	Fish meal	50.0	45.0	40.0	35.0	25.0	0.0
	TM meal	0.0	5.0	10.0	15.0	25.0	50.0
Feed Used (kg)	Weight gain (WG)	0.38 kg					
	FCR	2.00	2.00	2.00	2.01	2.02	2.20
	Feed/specimen	0.76	0.76	0.76	0.76	0.77	0.84
	Total feed for cycle	197,600	197,600	197,600	198,588	199,576	217,360
	Total feed—annual	131,733	131,733	131,733	132,392	133,051	144,907
Feed Price (€/kg)	TM price 1 = 2.50 €/kg	1.85	1.92	1.98	2.05	2.18	2.50
	TM price 2 = 5.00 €/kg	1.85	2.17	2.48	2.80	3.43	5.00
Feeding Cost—18 Months Cycle (€)	TM price 1 = 2.50 €/kg	365,560	378,404	391,248	406,112	434,078	543,400
	TM price 2 = 5.00 €/kg	365,560	427,804	490,048	555,053	683,548	1,086,800
Feeding cost—Budget year (€)	TM price 1 = 2.50 €/kg	243,707	252,269	260,832	270,742	289,385	362,267
	TM price 2 = 5.00 €/kg	243,707	285,203	326,699	370,036	455,699	724,533
Δ Feeding Cost with Respect to Status Quo	TM price 1 = 2.50 €/kg	-	3.5%	7.0%	11.0%	18.7%	48.7%
	TM price 2 = 5.00 €/kg	-	17.0%	34.0%	51.8%	87.0%	197.3%
Feeding Cost Impact on Total Cost	TM price 1 = 2.50 €/kg	60.8%	61.6%	62.4%	63.3%	64.9%	69.8%
	TM price 2 = 5.00 €/kg	60.8%	64.5%	67.6%	70.2%	74.4%	82.2%
Indifference Price TM (with Respect to Profit) (€/kg)			1.85	1.85	1.82	1.80	1.68
Indifference Price TM (no profit) (€/kg)			2.47	2.16	2.02	1.94	1.74

Tabella tratta da Arru B., Furesi R., Madau F.A., Pulina P. (2019) The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming, Sustainability 11, 1697; doi:10.3390/su11061697



FONDAZIONI IN RETE
PER LA RICERCA
AGROALIMENTARE

