



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE ANIMALI

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

TESI DI LAUREA TRIENNALE

**Allevamento biologico e convenzionale della trota iridea:
due realtà produttive a confronto**

Docente di riferimento: Dott. Francesco Bordignon

Correlatori: Ch.mo Prof. Gerolamo Xiccato

Dott. Massimiliano Bruno

Laureanda: GIADA BENATO

Matricola n. 2007902

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Indice

INDICE	3
RIASSUNTO	5
ABSTRACT	7
INTRODUZIONE	9
LA PRODUZIONE IN ACQUACOLTURA.....	9
L'ALLEVAMENTO DELLA TROTA IRIDEA.....	10
L'ACQUACOLTURA BIOLOGICA.....	14
OBIETTIVI	19
MATERIALI E METODI	21
DESCRIZIONE DELL'AZIENDA.....	21
DESCRIZIONE DEI DUE SITI PRODUTTIVI CONSIDERATI.....	21
QUALITÀ DELL'ACQUA.....	24
TECNICA DI ALLEVAMENTO E PROCESSO PRODUTTIVO.....	24
ALLEVAMENTO DEI RIPRODUTTORI.....	27
ALIMENTAZIONE.....	27
RISULTATI E DISCUSSIONE	33
CARATTERISTICHE DELL'ACQUA.....	33
PERFORMANCE PRODUTTIVE DELL'ALLEVAMENTO.....	35
CONCLUSIONI	39
BIBLIOGRAFIA	41

RIASSUNTO

L'acquacoltura è uno dei settori agro-zootecnici in più rapida crescita, con una produzione mondiale in costante aumento, grazie alla crescente richiesta di prodotti ittici da parte dei consumatori. Questo aumento di domanda è in linea con la crescente consapevolezza dei consumatori riguardo all'importanza di un'alimentazione sana. La carne di pesce, infatti, è nota per la presenza di acidi grassi polinsaturi a lunga catena della serie omega 3, che apportano benefici alla salute cardiovascolare. Tuttavia, la sostenibilità del settore acquacoltura è in forte discussione da parte di addetti ai lavori e consumatori, a causa del rapido aumento di produzione osservato negli ultimi anni. Per questo motivo, l'acquacoltura biologica sta emergendo come alternativa sostenibile alle produzioni convenzionali. Sebbene sia presente in Europa dagli anni '90, solo con l'introduzione del Regolamento di esecuzione 710/2009 è stato avviato ufficialmente il processo di certificazione biologica. Questo regolamento è stato successivamente rinnovato dal Regolamento di esecuzione 848/2018, il quale promuove ulteriormente la transizione verso la produzione biologica.

In Italia, uno dei settori acquicoli più diffusi è la troticoltura, che preferisce la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) rispetto alla trota fario (*Salmo trutta*) per le migliori performance produttive. Tuttavia, la trota iridea è molto esigente in termini di qualità d'acqua, in particolare a temperatura, ossigeno disciolto e pH. Inoltre, le performance produttive e la qualità della trota sono fortemente condizionate dalla tecnica di allevamento ed alimentazione, nonché dallo stato di salute e benessere, fattori che possono variare in funzione della tipologia di conduzione dell'allevamento (convenzionale vs. biologico).

Sulla base di queste premesse, il presente elaborato ha inteso confrontare due realtà produttive nel settore della troticoltura Veneta, una biologica e una convenzionale, al fine di individuare potenziali vantaggi e criticità dei due metodi di allevamento. L'analisi è stata condotta presso l'Azienda Agricola Rio Fontane Sas Società Agricola di Fuselli Marco & C., la quale possiede due impianti di troticoltura convenzionale e due biologici. I dati raccolti riguardano la qualità dell'acqua (temperatura, ossigeno disciolto, portata e pH) e la produttività (biomassa, numero di pesci e mortalità) di un intero anno di produzione (2020-2021) dell'allevamento convenzionale di Istrana (TV) e di quello biologico di Alano di Piave (BL). Da questi dati sono stati calcolati il peso medio dei pesci e il tasso di accrescimento specifico. Inoltre, sono state raccolte informazioni riguardanti i mangimi utilizzati, convenzionali e biologici, al fine di confrontare le differenze nelle materie prime utilizzate, la composizione chimica e le caratteristiche nutrizionali dei mangimi.

I risultati relativi alla qualità dell'acqua hanno mostrato che gli andamenti di temperatura e ossigeno disciolto sono risultati più favorevoli nell'allevamento convenzionale rispetto a quello

biologico. Inoltre, le variazioni di temperatura e di ossigeno durante il corso dell'anno sono risultate più importanti nell'allevamento biologico rispetto al convenzionale. Tali variazioni dipendono principalmente dall'utilizzo da parte dell'azienda convenzionale di un flusso idrico costante e soprattutto dell'integrazione con ossigeno nei momenti più critici dell'anno, pratica invece vietata dalle direttive biologiche. D'altra parte, la temperatura media dell'acqua è risultata più alta nell'allevamento d'Istrana, situato in pianura nel Parco del Sile, rispetto in quello di Alano, che si trova nella zona prealpina del Bellunese. In generale, tutti i parametri di qualità dell'acqua misurati hanno variato all'interno dei range ottimali per la sopravvivenza della trota iridea.

Per quanto riguarda la produttività degli allevamenti, i valori di biomassa e peso medio hanno evidenziato delle tendenze contrastanti: la biomassa di pesce è risultata sempre maggiore nell'allevamento biologico mentre il peso medio mensile dei pesci è stato sempre più maggiore in quello convenzionale. Al termine del primo anno di allevamento, i pesci hanno raggiunto un peso di 124,5 g nell'allevamento biologico e di 318 g nell'allevamento convenzionale. Tali risultati sono influenzati dalle scelte gestionali della realtà produttiva e dalla quantità di avannotti ottenuti dalla schiusa delle uova in entrambi gli allevamenti. La mortalità è risultata significativamente più alta nel convenzionale (+41% alla fine dell'anno) a causa di una maggiore incidenza di malattie rispetto all'allevamento biologico. Infine, il tasso di accrescimento specifico è risultato più alto nell'allevamento convenzionale rispetto al biologico, probabilmente dovuto alle migliori condizioni ambientali registrate in pianura.

In conclusione, nell'allevamento biologico è risultata una produzione di trota iridea inferiore rispetto a quella del convenzionale. Questa affermazione porterebbe a considerare migliore il metodo convenzionale. Però bisogna considerare che la produttività dell'allevamento convenzionale è caratterizzata da un'alta mortalità e maggiori costi di produzione dovuti al mantenimento costante della qualità dell'acqua. Quindi la scelta tra i due dipende dagli obiettivi aziendali dell'allevatore.

Abstract

Organic and conventional rainbow trout farming: a comparison between two production sites

Aquaculture is one of the fastest-growing agricultural sectors, with a steadily increasing global production due to the rising demand for seafood products from consumers. This increased demand aligns with consumers' growing awareness of the importance of a healthy diet. Seafood, in particular, is known for its presence of long-chain polyunsaturated fatty acids from the omega-3 series, which provide cardiovascular health benefits. However, the sustainability of the aquaculture sector has been raising concerns from consumers, NGOs and stakeholders, primarily due to the rapid increase in the production observed in recent years. For this reason, organic aquaculture is emerging as a sustainable alternative to conventional production. Although it has been present in Europe since the 1990s, the official certification process for organic aquaculture began with the introduction of Regulation (EC) No 710/2009. This regulation was later renewed by Regulation (EU) 848/2018, which further promotes the transition to organic production.

In Italy, one of the most widespread aquaculture sectors is trout farming, which prefers rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) over brown trout (*Salmo trutta*) due to better production performance. However, rainbow trout is highly demanding in terms of water quality, especially regarding temperature, dissolved oxygen, and pH. Additionally, production performance and trout quality are strongly influenced by the farming and feeding techniques, as well as the health and welfare of the fish, factors that can vary depending on the type of farming (conventional vs. organic).

Based on these premises, this study aimed to compare two trout farming operations in the Veneto region, one organic and one conventional, in order to identify potential advantages and challenges of the two farming methods. The analysis was conducted at the Rio Fontane farm (Istrana, TV), which holds two conventional and two organic trout farms. The collected data include water quality parameters (temperature, dissolved oxygen, flow rate, and pH) and productivity data (biomass, number of fish, and mortality) over an entire year of production (2020-2021) for the conventional farm in Istrana (TV) and the organic farm in Alano di Piave (BL). From these data, the average fish weight and specific growth rate were calculated. Additionally, information about the types of feeds used, both conventional and organic, was gathered to compare differences in raw materials, chemical composition, and nutritional characteristics of the feeds.

The results regarding water quality showed that temperature and dissolved oxygen trends were more favorable in the conventional farm compared to the organic one. Furthermore, temperature and oxygen variations throughout the year were more significant in the organic farming system compared to the conventional one. These variations are primarily due to the use of a constant water flow and

oxygen supplementation during critical times of the year in the conventional farm, a practice prohibited by organic regulations. On the other hand, the average water temperature was higher in the Istrana farm, located on the plain in the Sile Park, compared to the Alano farm, situated in the pre-alpine region of Belluno. In general, all measured water quality parameters remained within the operational ranges for the survival of rainbow trout.

Regarding farm productivity, biomass and average fish weight values showed contrasting trends: fish biomass was consistently higher in the organic farm, while the monthly average fish weight was consistently higher in the conventional farm. At the end of the first year of farming, fish reached a weight of 124.5 g in the organic farm and 318 g in the conventional farm. These results are influenced by the management choices of the production facilities and the quantity of fingerlings obtained from the hatching of eggs in both farms. Mortality was significantly higher in the conventional farm (+41% at the end of the year) due to a higher incidence of diseases compared to the organic farm. Finally, the specific growth rate was higher in the conventional farm compared to the organic one, probably due to the better environmental conditions recorded on the plain.

In conclusion, organic farming resulted in lower rainbow trout production compared to conventional farming. This statement would suggest that the conventional method is superior. However, it's important to consider that conventional farming productivity is characterized by high mortality and higher production costs due to the constant maintenance of water quality.

Introduzione

La produzione in acquacoltura

L'acquacoltura rappresenta l'insieme delle attività umane, distinte dalla pesca, finalizzate alla produzione controllata di organismi acquatici come pesci, molluschi, crostacei ed alghe. Questa pratica, diffusa su scala globale, può essere svolta sia in mare, nei fiumi, nei laghi, che in stagni, lagune e bacini artificiali. Secondo il rapporto “*The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*” della FAO (FAO, 2020) e di World Fish (FAO, 2020), la produzione mondiale ha raggiunto un nuovo record di 114,5 milioni di tonnellate in peso vivo di prodotti ittici nel 2018, registrando una crescita in media del 5,3% nel periodo compreso tra il 2001 e il 2018.

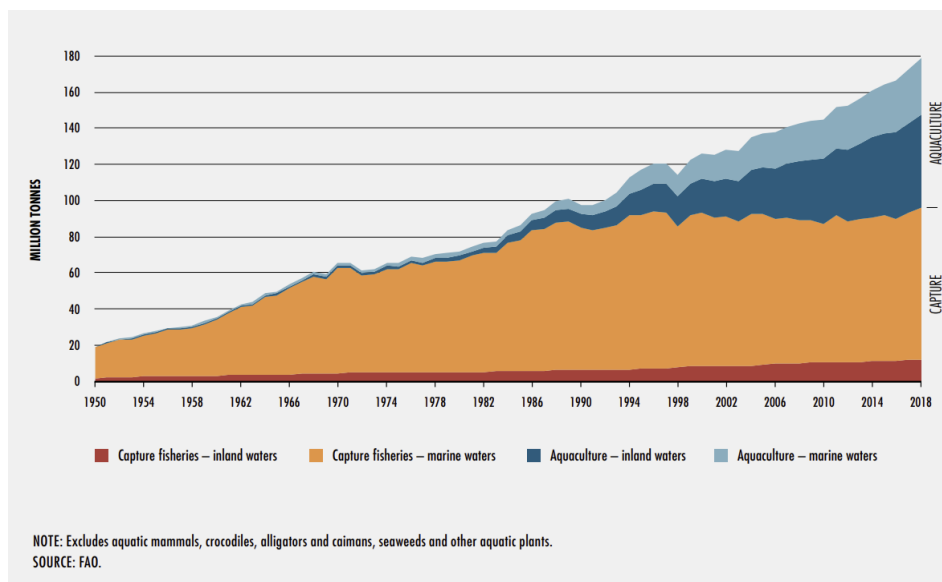


Figura 1. La produzione mondiale di pesca e acquacoltura.

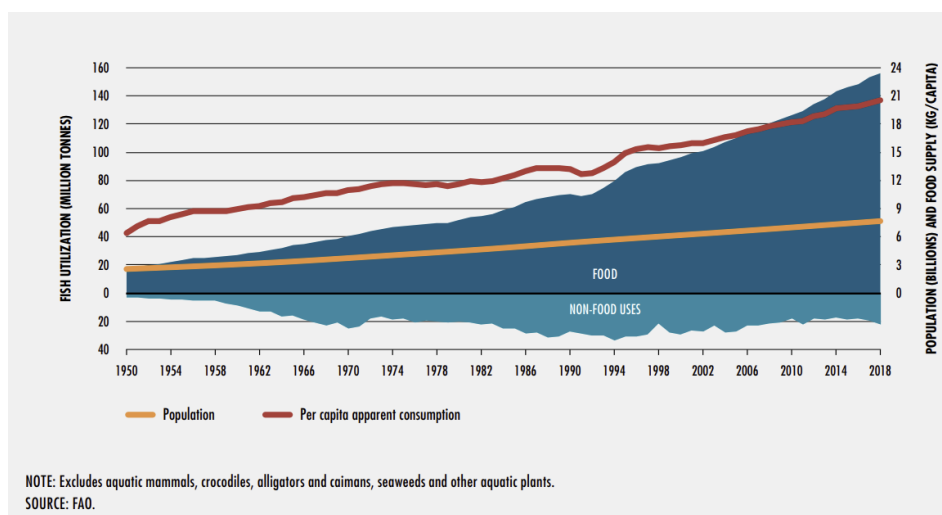


Figura 2. L'utilizzo mondiale del pesce e consumo apparente.

L'Unione Europea (UE-28) è il quinto produttore mondiale di prodotti ittici, con una quota del 2,90% della produzione complessiva. L'acquacoltura rappresenta il 22% di tale produzione (FAO,

2020). Questa attività riveste un ruolo significativo in diversi Stati membri, generando un valore annuale di oltre cinque miliardi di euro. L'Unione Europea sta dedicando considerevoli risorse per rispondere alla crescente domanda dei consumatori e per preservare gli ambienti marini e costieri attraverso l'implementazione di tecniche e strutture sostenibili. Gli Stati membri principali nel settore dell'acquacoltura, in ordine decrescente, sono la Spagna, la Francia, l'Italia e la Grecia.

Tra le specie allevate più rilevanti si annoverano la cozza mediterranea (*Mytilus galloprovincialis*), che rappresenta circa un quarto della produzione totale di prodotti ittici, il salmone (*Salmo salar*) e la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) che insieme costituiscono il 28%.

Un consumo regolare di pesce, almeno due volte la settimana, è consigliabile per chiunque desideri adottare un'alimentazione sana e corretta. In particolare, il consumo di trota iridea allevata è ideale per il controllo dei trigliceridi e per mantenere una fluidità del sangue ottimale, grazie alla bassa percentuale di colesterolo e alla presenza di grassi polinsaturi, tra cui gli omega 3, nelle sue carni (API, 2022). Questo contribuisce a ridurre il rischio di patologie cardiovascolari (API, 2022).

L'allevamento della trota iridea

Nell'ambito dell'acquacoltura italiana, la trotaicoltura rappresenta la forma di allevamento ittico più diffusa, comprendendo l'allevamento delle seguenti specie appartenenti alla famiglia dei salmonidi: trota iridea, trota fario ed il salmerino. Nonostante rappresenti la principale pratica di allevamento intensivo nel settore dell'acquacoltura, il numero di allevamenti è diminuito significativamente negli ultimi anni, passando dalle 589 unità produttive del 1993 alle 383 nel 2005 (- 35%) (Marino e coll., 2005). Oltre il 50 % della produzione di trote si trova in Veneto e Friuli-Venezia Giulia.

La trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) è una specie originaria del Nord America, introdotta in Italia circa un secolo fa. È stata preferita alla trota fario (*Salmo trutta*) per una migliore resa produttiva ed adattabilità in condizioni di allevamento intensivo. Ad esempio, gli avannotti di trota iridea presentano una taglia superiore rispetto a quelli della maggior parte delle specie ittiche, consentendo l'impiego di una dieta artificiale fin dalle prime fasi di allevamento, riducendo così i tempi necessari allo svezzamento.

La trota iridea ha un corpo allungato, con una lunghezza che raggiunge cinque volte l'altezza. La testa è di forma conica e la bocca è leggermente obliqua. Essendo una specie predatrice ed aggressiva, la bocca è provvista di numerosi denti.

Il colore della livrea varia in base all'habitat, alle dimensioni degli esemplari e al loro stadio di maturazione sessuale. Generalmente, il dorso è di colore verdastro, che sfuma in biancastro verso il ventre, con una fascia rosea lungo la linea laterale e piccole macchie nere sparse su tutta la superficie corporea, comprese pinne e coda (<https://www.agraria.org/pesci/trotairidea.htm>).

La trota iridea è una specie esigente in termini di qualità dell'acqua. È essenziale fornire gli allevamenti con acque limpide e pure, preferibilmente provenienti da sorgenti, torrenti e risorgive. È importante inoltre utilizzare acque a pH neutro o moderatamente alcalino, compreso tra 6,5 e 8,5. Valori di pH troppo alti o bassi possono influire negativamente sul benessere del pesce e condizionare la tossicità dei prodotti azotati di scarto derivanti dal metabolismo dei pesci.

La temperatura dell'acqua riveste un ruolo fondamentale. Essa influisce sia sui processi vitali dei pesci sia sulla solubilità dell'ossigeno nell'acqua, che diminuisce al crescere della temperatura. Inoltre, la temperatura è anche un fattore determinante per la durata di alcune fasi produttive, ad esempio i gradi/giorno, durante l'incubazione delle uova, oppure nella gestione dell'alimentazione, influenzando il consumo alimentare.

Un fattore critico nella trotticoltura è la disponibilità di ossigeno disciolto nell'acqua. Per questo, è necessario un monitoraggio costante, mediante sonde portatili o fisse. Bassi livelli di ossigeno disciolto possono causare importanti danni economici all'azienda, a causa di una peggiore resa dell'alimento e di una crescita ridotta, oltre ad un aumento dell'incidenza di malattie e mortalità. Al contrario, livelli di ossigeno eccessivi costituiscono uno spreco di risorse.

Le aziende acquicole spesso presentano caratteristiche ben diverse tra loro, specializzandosi in una o più fasi del ciclo produttivo, dalle quali si possono ottenere prodotti diversi (Figura 3. Manuale di corretta prassi operativa per le specie ittiche, API 2012). Nel caso della trota, il ciclo di produzione è solitamente suddiviso in tre fasi distinte, che possono essere implementate nello stesso impianto o svolte separatamente in strutture specializzate:

- a. Allevamento e selezione dei riproduttori, produzione uova;
- b. Avannotteria (allevamento degli stadi giovanili);
- c. Preingrasso e ingrasso.

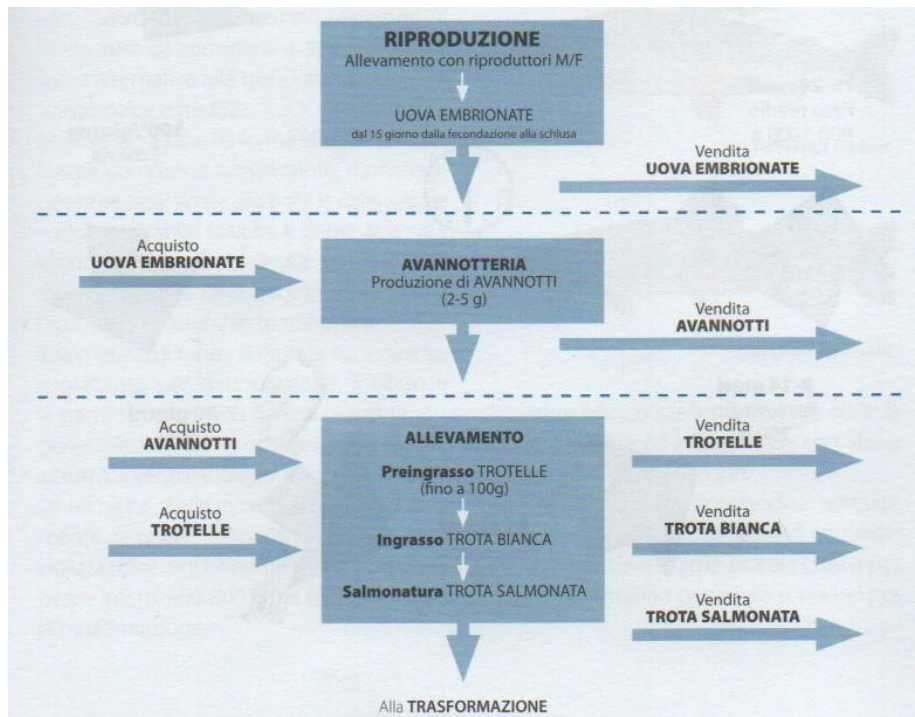


Figura 3. Schema delle fasi di allevamento della trota iridea.

La produzione della trota prevede un ciclo annuale (Figura 4. Manuale di corretta prassi operativa per le specie ittiche, API 2012), all'interno del quale è presente una fase di riposo, durante la quale le gonadi mostrano uno sviluppo limitato, in seguito al quale vengono rilasciate uova o spermatozoi durante la gametogenesi. I gameti di solito vengono rilasciati nel periodo autunno-invernale, seguito da un periodo di riposo di 2-3 mesi. In cattività, le femmine non sono in grado di deporre le uova in modo naturale, rendendosi necessario l'intervento dell'uomo, fondamentale anche per la spremitura dei maschi.

La trota iridea può raggiungere una lunghezza superiore al metro e un peso fino a 20 kg. La taglia e peso medi sono comunque notevoli, oscillando tra i 50 e i 70 centimetri e fra i 3 e i 4 chilogrammi. Dalla fase larvale fino al raggiungimento della taglia commerciale sono necessari dai 12 ai 24 mesi: per la trota a carne bianca la taglia commerciale si attesta attorno ai 350 grammi mentre per quella a carne salmonata, la taglia commerciale si estende dai 350 grammi fino ad 1-1,5 chilogrammi, raggiunti dopo circa 24 mesi di allevamento.

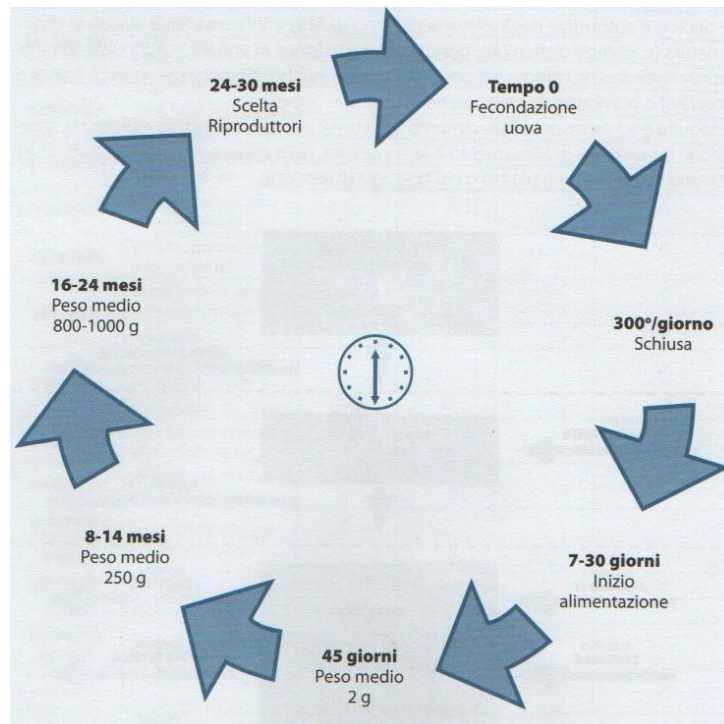


Figura 4. Il ciclo di produzione della trota iridea.

La scelta delle strutture e dei materiali di costruzione dell'impianto di allevamento dipende da valutazioni tecniche ed economiche generali, guidate da strategie produttive e dalle caratteristiche del sito di insediamento, come ad esempio la superficie disponibile, la portata del flusso idrico in entrata, e la natura della fonte di approvvigionamento idrico. Le componenti fondamentali di un sistema di allevamento della trota iridea includono:

- Sistemi per la captazione, distribuzione, depurazione e restituzione dell'acqua;
- Vasche utilizzate per le diverse fasi del ciclo produttivo, come canali, raceways, bacini, e vasche in terra o in cemento;
- Sistemi per la stabulazione, cattura, pesatura e carico dei pesci sugli automezzi per il trasporto al macello;
- Impianti fissi per il monitoraggio della qualità dell'acqua, l'ossigenazione, lo stoccaggio e la distribuzione del mangime;
- Dispositivi di protezione contro gli uccelli ittiofagi;
- Edifici destinati al personale, uffici, ricovero delle attrezzature e dei veicoli, magazzini e celle frigorifere.

Il termine "raceway" è impiegato in tutto il mondo per definire i canali artificiali utilizzati nei sistemi semichiusi di acquacoltura. Possono essere considerati come serie di stagni rettangolari, caratterizzati da larghezze limitate e da scarsa profondità. I raceway sono sistemi operanti con acqua corrente e consentono l'adozione di densità di allevamento molto superiori a quelle normalmente adottate in

stagnicoltura, ma richiedono flussi abbondanti di acqua con buone caratteristiche di ossigenazione per soddisfare i fabbisogni respiratori della coltura allevata e per evacuare i cataboliti (in particolare ammoniaca). La disposizione dei raceways può essere in serie oppure in parallelo (Ferrari e coll, 2003).

La densità di allevamento solitamente si attesta intorno a 30 kg/m³, ma può raggiungere i 40 kg/m³ a seconda della disponibilità di ossigeno.

La trota iridea viene alimentata con mangimi estrusi ad alta densità energetica. I principali ingredienti proteici e lipidici includono farine di pesce e di origine animale, oli di pesce, farine di estrazione ed oli vegetali. Nel caso della produzione di trota salmonata, gli animali devono ricevere un'alimentazione specifica per un periodo di 45 – 60 giorni prima della vendita, utilizzando mangimi contenenti dei pigmentanti di origine naturale come i carotenoidi, i quali favoriscono la salmonatura.

La trota iridea ha una carne soda e compatta che mantiene le proprie caratteristiche organolettiche della trasformazione alla commercializzazione. È un alimento moderatamente calorico, ricco di proteine di alto valore biologico, minerali (potassio, calcio, fosforo e ferro) e di vitamine del gruppo B. Inoltre, la carne è caratterizzata dalla presenza di acidi grassi polinsaturi a lunga catena della serie omega 3, benefici per la salute cardiovascolare.

La trota iridea viene commercializzata sotto molteplici forme: prodotto fresco, filetti, congelata, inscatolata ed affumicata. La maggior parte della produzione è destinata al mercato del fresco.

L'acquacoltura biologica

L'acquacoltura biologica rappresenta una delle attività più interessanti nel settore biologico, e l'entrata in vigore di un regolamento comunitario specifico ha portato ad una crescente domanda di prodotti ittici biologici nei principali mercati europei. Tra le motivazioni che spingono i consumatori ad acquistare il pesce biologico vi è la percezione di un prodotto sano, sostenibile e allevato in modo naturale. Tuttavia, sono presenti degli aspetti critici dal punto di vista dell'allevatore: la difficoltà di introdurre i prodotti dell'acquacoltura biologica nella grande distribuzione, i prezzi elevati dei principali ingredienti dei mangimi per pesci, le difficoltà di adattamento alle richieste delle direttive sul biologico e l'applicazione di strategie di marketing a lungo termine.

La produzione totale dell'acquacoltura biologica in Italia nel 2015 era di 2347 tonnellate e contava l'1,1% della produzione complessiva del settore acquacoltura (Sicuro, 2019). Tra il 2013 e il 2018, il numero di allevamenti ittici biologici in Italia è più che raddoppiato, passando da 17 a 41 aziende (Sicuro, 2019). La maggior parte di questi allevamenti si trovano lungo la costa adriatica e nel Nord-Est d'Italia (Veneto).

L'acquacoltura biologica ha avuto origine negli anni '90, quando piccoli produttori e associazioni dell'agricoltura biologica in Austria e Germania hanno iniziato a sviluppare sistemi di

produzione biologica per le carpe. In Europa, l'avvio ufficiale dell'acquacoltura biologica è avvenuto solo con l'approvazione del Regolamento (CE) n° 710 del 5 agosto 2009. Da quel momento, gli allevatori si sono trovati di fronte ad una nuova realtà in questa nicchia di mercato. Attualmente, il settore del biologico sta vivendo una fase di espansione, rendendo necessario il rinnovamento del regolamento al fine di affrontare le sfide precedentemente tracciate adattandole alle varie realtà aziendali. Pertanto, il 30 maggio 2018 è stato approvato il regolamento (CE) n° 848. Nel settore dell'acquacoltura l'obiettivo di questo regolamento è di promuovere una transizione sempre maggiore verso l'allevamento biologico. In questo modo, il settore avrebbe la possibilità di acquisire una maggiore esperienza, di approfondire le conoscenze tecniche e di realizzare nuovi sviluppi.

Secondo la normativa, gli allevamenti devono trovarsi in luoghi protetti da contaminazioni da sostanze o prodotti non autorizzati per la produzione biologica. I giovanili acquistati dall'azienda devono provenire da stock di riproduttori allevati sotto gli standard del biologico e in allevamenti certificati. L'obiettivo della riproduzione è quello di ottenere linee genetiche più adatte alle condizioni di produzione, garantendo un buon livello di salute e benessere animale, nonché un utilizzo ottimale delle risorse alimentari. L'uso di ormoni e di derivati ormonali non è consentito. Inoltre, sono vietate la riproduzione artificiale di linee genetiche monosessuali, l'induzione della poliploidia, l'ibridazione artificiale e la clonazione.

Le priorità dell'alimentazione devono essere la salute e benessere degli animali, l'elevata qualità del prodotto e il ridotto impatto ambientale. I mangimi devono soddisfare i fabbisogni nutrizionali degli animali durante i diversi stadi di sviluppo. Non è consentito l'uso di stimolanti della crescita e di amminoacidi sintetici. Per i pesci carnivori, come la trota iridea, sono presenti delle norme specifiche riguardanti l'alimentazione, che stabiliscono l'origine ammessa della farina e dell'olio di pesce. Inoltre, tali norme precisano che la percentuale massima di materie prime di origine vegetale che non deve superare il 60% del totale degli ingredienti dei mangimi. La salmonatura è regolamentata dal Regolamento di esecuzione (UE) 2021/1165, che autorizza l'utilizzo dell'astaxantina solamente se derivata da fonti biologiche. In caso contrario, è possibile utilizzare fonti naturali di astaxantina come la *Phaffia rhodozyma*. L'astaxantina è un carotenoide secondario rosso e la *Phaffia rhodozyma* è il microrganismo principale per la sintesi naturale dell'astaxantina (Zhuang e coll., 2021). Gli additivi organolettici devono essere introdotti nella razione alimentare dei salmoni e delle trote solo nei limiti delle loro esigenze nutrizionali.

Per prevenire le malattie negli allevamenti ittici biologici, è fondamentale adottare misure di biosicurezza e un buon management. L'uso di antibiotici preventivi è vietato. Riguardo i trattamenti veterinari, il Regolamento n°848 del 2018 promuove l'uso di prodotti omeopatici e fitoterapici. I medicinali veterinari allopatrici possono essere utilizzati solo se gli altri prodotti elencati non sono

appropriati e solamente sotto la supervisione del veterinario. La loro somministrazione deve essere limitata a due cicli all'anno, ma se il ciclo di produzione dura meno di un anno, possono essere utilizzati solo per un trattamento. I periodi di sospensione devono essere di almeno 48 ore e il doppio rispetto ai tempi di attesa convenzionali.

L'ambiente di allevamento deve essere progettato in modo tale che gli animali abbiano sufficiente spazio e siano allevati a una densità appropriata. Nella trota iridea, la densità di allevamento è di 25 kg/m³, secondo il Regolamento di esecuzione 2020/464. Gli impianti chiusi, a riciclo, sono vietati, ad eccezione degli incubatoi. È necessario garantire la qualità dell'acqua con un adeguato flusso e ricambio idrico, un'adeguata ossigenazione e bassi livelli di metaboliti. Nel caso specifico degli allevamenti di trota iridea, la portata idrica deve garantire un tasso di saturazione dell'ossigeno di almeno 70%, garantire il benessere degli animali e consentire l'eliminazione degli effluenti. La temperatura deve soddisfare le esigenze della specie.

Negli allevamenti a terra, devono essere presenti dei sistemi a flusso continuo che consentono di monitorare e controllare la portata e la qualità dell'acqua sia in entrata che in uscita. Inoltre, almeno il 10 % della superficie perimetrale deve essere coperto da vegetazione naturale.

Nelle aziende biologiche, l'utilizzo di ossigeno è consentito solo per soddisfare le esigenze di salute e benessere degli animali in periodi critici di produzione o trasporto. La manipolazione degli animali deve essere minima ed effettuata con la massima cura. Le tecniche di macellazione devono prevedere una fase di stordimento atta a garantire l'immediata perdita di coscienza dell'animale e la perdita di sensibilità al dolore.

Nel caso in cui un'azienda decida di convertire la propria attività in allevamento biologico, ci sono determinati periodi di conversione da rispettare, i quali dipendono dalle caratteristiche dell'azienda stessa:

- 24 mesi per gli impianti che non possono essere prosciugati, puliti e disinfettati;
- 12 mesi per gli impianti che sono stati prosciugati o sottoposti a fermo;
- 6 mesi per gli impianti che sono stati prosciugati, puliti e disinfettati;
- 3 mesi per gli impianti in acque aperte, inclusi quelli che producono molluschi bivalvi.

È possibile combinare produzione biologica e convenzionale in un'azienda solo se viene garantita una separazione fisica tra le due tipologie. Per stabilire la separazione, si considerano la situazione ambientale, il flusso delle maree, l'uso di impianti di distribuzione dell'acqua distinti o la posizione delle unità di produzione biologica a monte delle unità di produzione non biologica.

Oltre al regolamento europeo 2018/848, sono stati emanati due regolamenti di esecuzione e un decreto ministeriale:

- Il Regolamento di esecuzione (UE) 2020/464 del 26 marzo 2020, che stabilisce le modalità di applicazione del regolamento 2018/848 riguardo ai documenti necessari per il riconoscimento retroattivo dei periodi di conversione, alla produzione di prodotti biologici e le informazioni che gli Stati membri devono trasmettere;
- Il Regolamento di esecuzione (UE) 2021/1165 del 15 luglio 2021, che autorizza l'utilizzo di determinati prodotti e sostanze nella produzione biologica e stabilisce i relativi elenchi;
- Il Decreto ministeriale n° 229771 del 20 maggio 2022, che contiene le disposizioni per l'attuazione del regolamento 2018/848.

Obiettivi

L'acquacoltura rappresenta uno dei settori agricoli in più rapida crescita, in risposta alla crescente domanda di prodotti ittici da parte dei consumatori. In tale contesto, l'Unione Europea sta investendo considerevoli risorse al fine di garantire un'offerta adeguata per soddisfare questa crescente richiesta, nonché per proteggere i delicati equilibri ambientali e sanitari attraverso l'adozione di tecniche di allevamento sostenibili e rispettose del benessere animale.

L'allevamento biologico si propone di intervenire solo quando strettamente necessario per mantenere condizioni ambientali adeguate alla specie ittica allevata e preservare lo stato sanitario degli impianti. Tuttavia, va notato che tale approccio presenta limiti in termini di produzione, e i costi dei mangimi biologici sono spesso superiori rispetto a quelli convenzionali. In Italia, la trota iridea rappresenta una delle principali specie di pesce allevate, caratterizzata da ottime performance produttive ma con esigenze particolarmente elevate in termini di qualità dell'acqua.

Lo scopo di questa tesi è confrontare le due realtà produttive, una biologica e una convenzionale, al fine di valutare come i diversi approcci di allevamento influiscano sui risultati produttivi, identificando eventuali vantaggi e le relative criticità. Per condurre questo confronto, sono stati analizzati i dati provenienti dall'Azienda Agricola Rio Fontane sas (Istrana, TV), che dispone di entrambe le tipologie di allevamento all'interno dei propri impianti. I dati oggetto di studio riguardano principalmente la qualità dell'acqua (temperatura, concentrazione di ossigeno disciolto, pH), le tipologie di mangimi utilizzati (materie prime, composizione chimica e caratteristiche nutrizionali) e i risultati produttivi (biomassa, accrescimento dei pesci, mortalità).

Materiali e metodi

Descrizione dell'azienda

L'Azienda Agricola Rio Fontane Sas Società Agricola di Fuselli Marco & C. è stata fondata nel 1978 dal nonno dell'attuale titolare. È nata come allevamento e trasformazione della trota iridea, a partire dalla fase di riproduzione ed ottenimento delle uova fino alla produzione di trote per il consumo umano.

L'azienda era costituita da quattro impianti ittici distribuiti nella regione Veneto di cui uno con sede a Istrana (TV), sede legale amministrativa. A differenza degli altri impianti, in quest'ultima erano presenti un impianto per l'allevamento dei riproduttori (avannotteria) e un'area destinata alla fase di spremitura, fecondazione ed incubazione delle uova. Due dei quattro impianti, tra cui l'allevamento di Alano di Piave (BL), sono biologici (MIPAAF, capitolato per l'Agricoltura Biologica Reg. 848/18 e successive modificazioni).

Nell'anno 2021 l'impianto convenzionale di Istrana ha prodotto 4000 quintali di trote iridee, mentre quello biologico di Alano ha prodotto 1500 quintali di trote. Quasi tutta la produzione veniva venduta alla PIT (Produttori Ittici Trevigiani), che si occupa della successiva lavorazione (incassettamento, eviscerazione, filettatura).

Descrizione dei due siti produttivi considerati

In questo elaborato vengono presi in esame il sito produttivo convenzionale di Istrana (TV) e quello biologico di Alano del Piave (BL).

L'allevamento convenzionale di Istrana si trova all'interno del Parco del fiume Sile, in una zona a tradizionale vocazione per l'acquacoltura grazie alla disponibilità naturale dell'acqua. Ha una estensione di 107.794 m², di cui 16.347 m² di specchio d'acqua utilizzati per l'allevamento delle trote.

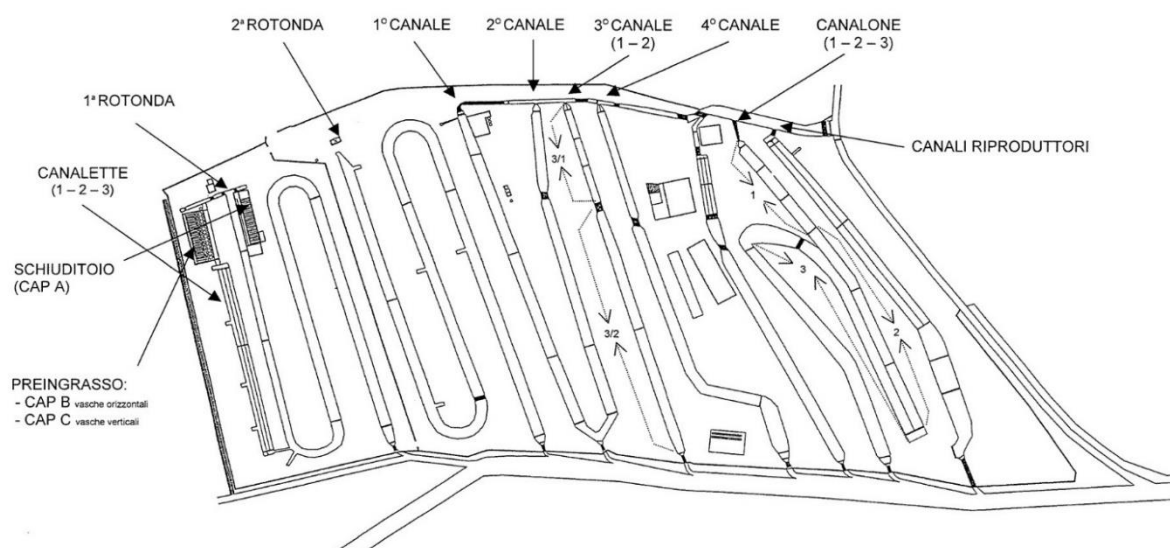


Figura 5. Planimetria dell'allevamento convenzionale di Istrana (TV).

L'allevamento convenzionale di Istrana è suddiviso in due zone separate da recinzione per evitare contaminazioni:

- 1) Avannotteria e preingrasso
- 2) Canali di ingrasso e di stoccaggio di riproduttori.

La prima zona è costituita da due capannoni contenenti lo schiuditoio e le vaschette in vetroresina per la schiusa delle uova e lo svezzamento degli avannotti. All'esterno sono presenti tre canalette in calcestruzzo dedicate alla prima fase di preingrasso.

La seconda zona è costituita da sette canali separati, con fondo naturale e parte in calcestruzzo, di cui due sono adibiti all'allevamento dei riproduttori. La separazione in questi canali avviene attraverso l'uso di griglie posizionate in base alle necessità organizzative dell'azienda. Sono presenti cinque silos per lo stoccaggio dei mangimi, due nella zona di avannotteria/preingrasso e tre nell'area destinata all'ingrasso delle trote. Infine, sono presenti un serbatoio di ossigeno liquido ed alcuni stabilimenti di servizio (Figura 5).

Il sito produttivo biologico è situato nella zona prealpina in provincia di Belluno, esattamente in località Cogole, comune di Alano di Piave nella valle di Schievenin. Ha un'estensione totale di 25.140 m² ed è completamente recintato. La superficie d'acqua utilizzata per l'allevamento è di circa 5845 m²; la parte finale del terzo settore corrisponde alla zona di decantazione per le acque da restituire. Questo allevamento è stato considerato ottimale per l'attività biologica grazie alle ottime caratteristiche di qualità delle acque utilizzate e l'assenza nelle vicinanze di possibili fonti di

inquinamento. L'impianto è situato sulla sponda destra del torrente Tegerzo ed occupa un terreno pianeggiante, compreso fra il torrente e il declivio della valle stessa.

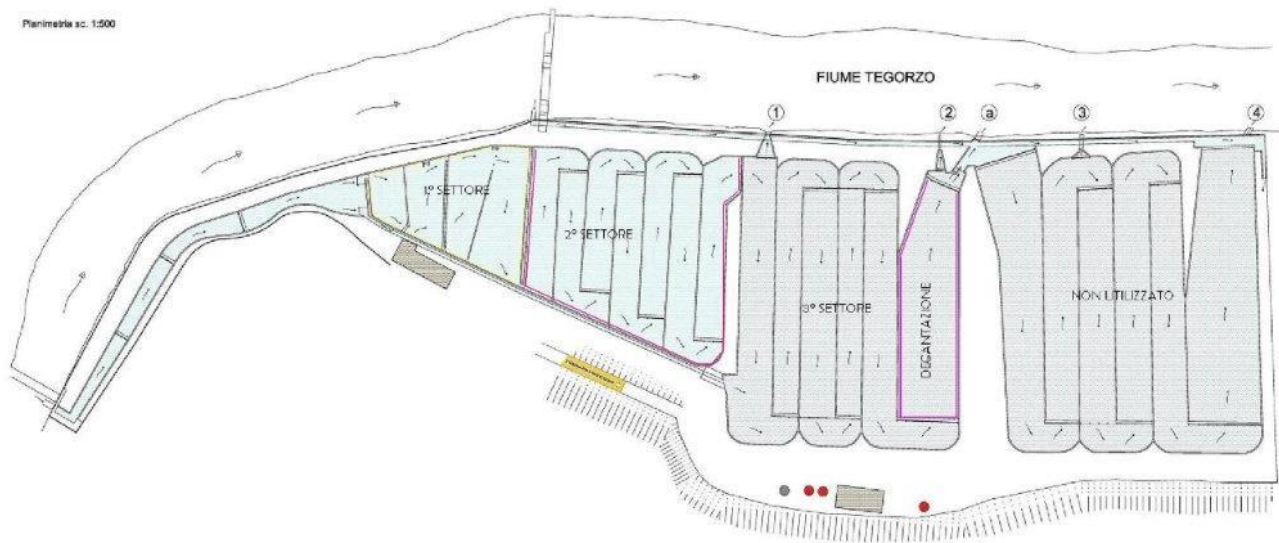


Figura 6. Planimetria dell'allevamento biologico di Alano del Piave (BL).

L'impianto di Alano di Piave è costituito da un locale adibito a incubatoio – avannotteria in cui sono presenti quattro incubatoi a silos in vetroresina in cui si dispongono le uova fecondate fino alla loro schiusa, e sei truogoli californiani atti a ricevere le larve provenienti dalla schiusa delle uova.

Esternamente, l'impianto presenta una vasca rettangolare in vetroresina per la fase di svezzamento e tre vasche tronco-coniche in vetroresina necessarie alla fase di accrescimento del novellame. Inoltre, all'esterno sono presenti una serie di raceways dedicate alle fasi di preingrasso delle trotelle e di ingrasso delle trote, un fabbricato rurale utilizzato come ricovero di attrezzi e mangime in sacchi, tre silos per lo stoccaggio del mangime sfuso ed un locale ad uso ufficio (Figura 6). Le vasche da ingrasso hanno muretti in calcestruzzo e il fondo in parte in terra battuta e in parte in calcestruzzo. Esse sono in comunicazione tra loro e vengono divise, a seconda delle necessità dell'allevamento, attraverso griglie, che impediscono il passaggio del pesce. La pulizia delle griglie avviene giornalmente.

In entrambi gli allevamenti le vasche sono completamente coperte da reti di protezione dagli uccelli ittiofagi e vengono adottate misure di biosicurezza atte ad impedire la contaminazione dell'acqua dall'ambiente esterno.

Qualità dell'acqua

L'acqua utilizzata per l'allevamento convenzionale di Istrana viene principalmente prelevata dal sottosuolo tramite vari pozzi, ad esclusione dei canali di ingrasso e di stoccaggio dei riproduttori che possono essere alimentati al bisogno dall'acqua proveniente dal Canale Gronda. L'acqua prelevata viene restituita al fiume Sile da sette punti dell'allevamento: uno situato nella zona dell'avannotteria e preingrasso e gli altri sei nella zona di ingrasso.

Nell'allevamento biologico la componente ambientale più coinvolta dall'attività è il torrente Tegorzo. L'acqua utilizzata è derivata in continuo da questo corpo idrico attraverso un canale posto a monte dell'impianto; al termine del percorso all'interno dell'allevamento viene completamente restituita allo stesso tramite uno scarico sempre aperto. Una parte dell'acqua in entrata nell'impianto viene prelevata tramite una pompa e raccolta in una vasca di acciaio sovrastante l'incubatoio-avannotteria e da qui, per caduta, alimenta l'incubatoio stesso e le vasche di preingrasso esterne. Il bacino idrologico è più ampio rispetto a quello orografico, permettendo alla sorgente Tegorzo di conservare le caratteristiche tipiche delle sorgenti carsiche. La qualità delle acque del sito è ottimale, anche in termini di contenuto d'ossigeno disciolto, permettendo di allevare trote a bassa densità senza l'ausilio di ossigeno liquido. Un allarme di livello dell'acqua è presente nelle vasche per evitare che eventuali guasti al sistema di captazione possano compromettere il benessere del pesce allevato. In caso di mancanza d'acqua è inoltre possibile attivare due pompe d'emergenza. Le stesse precauzioni vengono adottate anche per la vasca di raccolta dell'acqua per l'incubatoio – avannotteria.

In entrambi gli allevamenti vengono annualmente controllati i livelli di metalli pesanti nelle acque in entrata e stagionalmente alcuni importanti parametri fisico-chimici (ossigeno disciolto (OD), fosforo totale, azoto ammoniacale, pH, richiesta biochimica di ossigeno, solidi sospesi totali, nitriti, Cd, Pd, Hg e Cr) delle acque in entrata e in uscita attraverso analisi di laboratorio. Per tenere sotto controllo i livelli di ossigeno disciolto si utilizzano delle sonde, le quali vengono immerse in ogni canale. La rilevazione del pH e della temperatura viene attuata rispettivamente con la cartina tornasole e il termometro.

Tecnica di allevamento e processo produttivo

Nell'allevamento biologico di Alano, per la riproduzione delle trote, l'azienda attua direttamente nel sito la spremitura dei riproduttori biologici intorno al mese di novembre. Le uova vengono fecondate e fatte schiudere fino ad ottenere le larve e gli avannotti di trota da svezzare e ingrassare nelle fasi successive di allevamento. Anche nell'allevamento convenzionale viene attuato lo stesso procedimento durante l'anno, ad eccezione del periodo estivo, durante il quale le uova vengono importate.

Il processo produttivo dell'allevamento convenzionale di Istrana inizia con la spremitura, che avviene da inizio novembre a fine febbraio. Le uova impiegano 300 gradi/giorno per schiudere, che corrispondono a circa 20 giorni con una temperatura dell'acqua intorno ai 15°C. A 16–17 giorni di incubazione, si iniziano a notare gli occhi dell'embrione e le uova sono turgide e resistenti. A questo punto, le uova possono essere spostate negli schiuditoi. Passano altri dieci giorni per l'assorbimento del sacco vitellino e poi le larve vengono svezzate con mangime secco. Quando pesano due grammi, gli avannotti vengono spostati in un capannone più grande e viene aumentata la biomassa d'acqua, diminuendo la densità degli animali in vasca. Raggiunti i cinque grammi, gli avannotti vengono spostati all'esterno, dove risultano essere meno sensibili alla *Lentospora* (*Lentospora* sp.), parassita che si incista nella cartilagine e provoca delle malformazioni scheletriche. Al peso di 10-15 grammi, gli avannotti vengono selezionati in due taglie prima di spostarli nel reparto preingrasso, dove rimangono fino a quando raggiungono gli 80 grammi. La selezione degli avannotti viene effettuata attraverso la macchina selezionatrice e serve per evitare fenomeni di cannibalismo, avere una migliore resa dell'alimento e un buon accrescimento. A questo punto, le trotelle vengono trasferite nei canali d'ingrasso. Infine, raggiunti i 400-600 grammi, le trote sono pronte per essere macellate come "trote bianche", ovvero pesci privi di salmonatura. D'altra parte, nel caso del prodotto salmonato, il peso di macellazione si aggira tra i 500 e i 700 grammi.

Per l'allevamento biologico di Alano, il processo produttivo impiegato non varia di molto. La differenza più importante con quello convenzionale di Istrana riguarda la temperatura dell'acqua che, essendo più bassa nel sito biologico posto in zona prealpina (6-7 °C), comporta tempi di schiusa delle uova più lunghi (42 giorni) ed un periodo di accrescimento delle trotelle tendenzialmente maggiore rispetto al sito convenzionale in pianura di Istrana. Inoltre, in entrambi i siti di produzione, la conta ed eliminazione delle uova bianche non fecondate, effettuata con fotocellula laser, non avviene prima dei 30-35 giorni di incubazione.

In entrambi i siti produttivi, le trote che hanno raggiunto la taglia di macellazione desiderata vengono sottoposte ad un periodo di digiuno di almeno due giorni prima del carico. Successivamente, vengono trasportate vive presso un centro di lavorazione e commercializzazione situato a Treviso.

Riguardo i trattamenti veterinari, l'azienda cerca di minimizzare gli effetti negativi sull'ambiente del trattamento delle malattie e di ridurre il fenomeno di antibiotico resistenza osservando scrupolosamente le indicazioni del veterinario curante per quanto riguarda le dosi e le modalità di trattamento, utilizzando attrezzatura dedicata, separando il mangime medicato da quello normalmente utilizzato e sensibilizzando il personale addetto.

Le trote biologiche che non trovano collocazione sul mercato e che superano la taglia normalmente richiesta per questo tipo di produzione vengono destinate alla salmonatura non

biologica, ottenendo così, dopo qualche mese, un prodotto salmonato da immettere sul mercato convenzionale. La salmonatura avviene solamente nell'allevamento convenzionale, tuttavia la fase di salmonatura non biologica viene effettuata in un'area adibita a tale scopo anche nell'allevamento biologico di Alano. La salmonatura si ottiene alimentando i pesci nell'ultimo periodo della fase d'ingrasso con mangimi contenenti pigmenti carotenoidi. Le tempistiche di salmonatura variano indicativamente da un minimo di circa 50 giorni ad un massimo di tre mesi, in relazione anche alla taglia del pesce e alla stagione durante la quale avviene l'alimentazione. Ogni Paese richiede uno specifico grado di salmonatura del muscolo basandosi su una scala di sfumature del color salmone. In Italia si considera un grado di salmonatura tra 24 e 27. Invece, nei paesi nordici il grado di salmonatura è tra 28 e 30, richiamando maggiormente la pigmentazione del salmone. Nell'allevamento biologico di Alano, la separazione fisica tra il prodotto biologico e salmonato è garantita dalla presenza di griglie tra le diverse vasche di allevamento. Inoltre, le fasi di alimentazione vengono condotte in momenti separati e con attrezzature diverse per evitare il rischio di contaminazione, e il mangime biologico è contenuto in sacchi conservati nella struttura usata come magazzino, mentre il mangime salmonato è stoccato in uno dei silos presenti in allevamento.

I due allevamenti sono stati monitorati durante un anno di produzione (2021). Settimanalmente, sono stati registrati dati di qualità dell'acqua (temperatura, ossigeno disciolto, pH e portata dell'acqua). All'inizio del ciclo, il numero di larve viene stimato in base alla percentuale di schiusa e, successivamente, alla percentuale di sopravvivenza delle stesse confrontandole con il numero di uova seminate. Il loro conteggio viene effettuato attraverso la macchina a fotocellule.

La biomassa presente in vasca veniva stimata settimanalmente moltiplicando la taglia per il numero di pesci. La taglia viene stimata raccogliendo tre campioni di trote e pesando ogni singolo campione. Il valore ottenuto viene diviso per il numero di soggetti e si ottiene la pezzatura di ogni campione. Dopodiché si fa la media delle tre pezzature. Il numero di pesci viene stimato sottraendo al numero di pesci della settimana precedente il numero di morti della settimana.

Il peso medio dei pesci e il tasso di accrescimento specifico (TAS), che corrisponde alla percentuale di incremento di peso giornaliero, sono stati calcolati mensilmente secondo le seguenti formule:

$$\text{Peso medio} = \text{Biomassa} / \text{numero di pesci presenti}$$

$$\text{TAS} = [(\text{Ln}(W_t) - \text{Ln}(W_0)) * 100] / t$$

W_0 [g]= peso medio dei pesci all'inizio ($t=0$)

W_t [g]= peso medio dei pesci in grammi dopo t giorni di allevamento

t[d]= tempo, espresso in numero di giorni

Ln = logaritmo naturale

Allevamento dei riproduttori

Nell'impianto biologico di Alano di Piave, una parte dell'allevamento (settore 1) viene destinata all'allevamento dei riproduttori. Le trote selezionate per diventare riproduttori devono essere allevate per almeno sei mesi con il metodo di produzione biologica, prima di essere utilizzati per la produzione di giovanili biologici.

Nell'allevamento convenzionale invece, i riproduttori sono posizionati nell'apposito canale a loro dedicato. La rimonta è costituita da trote novelle che vengono inserite nella prima vasca del canale. Vengono alimentati con un mangime caratterizzato da una integrazione di vitamine e minerali che aiutano l'animale a superare il periodo stressante della spremitura. Nell'impianto del biologico non viene utilizzato un mangime specifico alla situazione. Il periodo più fertile per le femmine è il terzo e quarto anno. Invece per i maschi è il terzo anno.

Alimentazione

Le trote iridee vengono alimentate attraverso la somministrazione di mangime per produzione biologica o convenzionale, con composizione e granulometria variabili in funzione dello stadio di sviluppo del pesce (Tabelle 1, 2 e 3). L'azienda si impegna a non attuare la pratica della sovralimentazione. I pesci consumano l'alimento per soddisfare principalmente il loro fabbisogno energetico. La somministrazione ai pesci di una quantità eccessiva o troppo scarsa di mangime (e quindi di energia digeribile) modifica l'indice di conversione alimentare, la composizione chimica corporea e la qualità delle acque reflue.

La somministrazione di mangime nel biologico viene effettuata manualmente una o due volte al giorno. Invece, nell'allevamento convenzionale, il settore da ingrasso viene alimentato due volte al giorno con l'utilizzo del distributore di mangime trainato da un mezzo agricolo. La somministrazione nel settore avannotteria – preingrasso avviene manualmente due o tre volte al giorno.

La quantità di mangime distribuita varia in funzione dello stadio di sviluppo del pesce. Le diminuzioni o interruzioni della somministrazione possono avvenire in funzione dello stato sanitario delle trote o di particolari condizioni climatiche.

Tabella 1. Caratteristiche e composizione chimica dei mangimi utilizzati presso l’impianto biologico di Alano di Piave (BL)

	P1	P2	P3	P4
Giorni	30-40	150-160	270-280	450-460
Pellet, mm	0,9-1,6	2	3	4,5
Proteina grezza, %	54	46	46	46
Lipidi grezzi, %	15	25	25	25
Fibra grezza, %	2,2	1,4	1,4	1,4
Ceneri, %	11,7	10,2	10,2	10,2
Fosforo, %	1,3	1	1	1
Sodio, %	1	0,9	0,9	0,9
Calcio, %	2,2	2	2	2
Additivi				
Vitamina A, IU/kg	2500	2500	2500	2500
Vitamina D3, IU/kg	500	500	500	500
Calcio iodato, mg/kg	3	3	3	3
Zinco solfato, mg/kg	30	30	30	30

Ingredienti: **P1**: farina di pesce, olio di pesce, frumento organico, lievito; **P2**: farina di pesce, olio di pesce, frumento organico, lievito, farina di germi di guar biologica, farine di soia tostata organico; **P3**: farina di pesce, olio di pesce, frumento organico, lievito, farina di germi di guar biologica, farine di soia tostata organico; **P4**: farina di pesce, olio di pesce, frumento organico, lievito, farina di germi di guar biologica, farine di soia tostata organico.

Gli ingredienti principali sono farina di pesce, olio di pesce, frumento organico e lievito. Il mangime Aller Organic 46/25 EX 0,9 – 1,6 viene utilizzato in avannotteria e contiene più proteina grezza, fibra grezza, ceneri e minerali rispetto ai mangimi utilizzati successivamente (Tabella 1). In questa fase dello sviluppo sono molto importanti le proteine che si caratterizzano per la presenza di azoto e zolfo e sono costituenti fondamentali del tessuto muscolare. Questo mangime contiene anche farina di germe di guar biologica e farina di soia tostata organico. Questi ingredienti sono utili nel mantenere alto il valore biologico proteico con l’utilizzo di materie prime vegetali. Poiché gli alimenti di origine vegetale apportano in genere meno proteine di quelli di origine animale. I mangimi Aller Organic 46/25 EX 2,0 e 3,0 vengono somministrati nella fase del preingrasso e il 4.0 nella fase di ingrasso (Tabella 1). Dal punto di vista della composizione non è presente nessuna variazione. L’unica differenza la ritroviamo nella granulometria. La quantità di additivi rimane costante in tutte le tipologie di mangime biologico utilizzato in azienda.

Tabella 2. Caratteristiche e composizione chimica dei mangimi utilizzati presso l'impianto convenzionale di Istrana (TV)

	NUTRA HP 0.7	NUTRA HP 1.0	NUTRA HP 1.5	NUTRA HP 1.8
Giorni	80-85	110-115	140-145	170-175
Pellet, mm	0,7	1,0	1,5	1,8
Proteina grezza, %	55	55	52	52
Grassi grezzi, %	18	18	20	20
Fibra grezza, %	0	0	0,1	0
Ceneri grezze, %	10,5	10,5	10	10
Fosforo, %	1,7	1,6	1,5	1,5
Sodio, %	0,6	0,5	0,4	0,4
Calcio, %	2,5	2,5	2,5	2
Additivi, IU/Kg				
Vitamina A	7500	7500	7500	7500
Vitamina D3	1125	1125	1125	1125

Ingredienti: **NUTRA HP 0.7:** farina di pesce, olio di pesce, glutine di frumento, amido di mais, lecitina, lieviti essiccati, solubili di pesce. **NUTRA HP 1.0:** farina di pesce, olio di pesce, glutine di frumento, amido di mais, lecitina, lieviti essiccati, solubili di pesce; **NUTRA HP 1.5:** farina di pesce, olio di pesce, amido di mais, glutine di frumento, lieviti essiccati; **NUTRA HP 1.8:** farina di pesce, glutine di frumento, amido di mais, olio di pesce, lieviti essiccati.

I mangimi Hp sono estrusi a freddo e sono la migliore soluzione. Perciò non servono i leganti che vengono utilizzati nei pelletati.

Gli ingredienti principali presenti nei mangimi sopra elencati sono farina di pesce, olio di pesce, glutine di frumento, amido di mais e lieviti essiccati. Nel Nutra HP 0.7 - 1.0 vengono aggiunti lecitina e solubili di pesce. Quest'ultimi sono più raffinati e pregiati rispetto alle farine e vengono somministrati agli avannotti perché hanno un valore superiore dal punto di vista economico. Questi mangimi vengono utilizzati nel settore avannotteria. La proteina cala gradualmente dal 0.7 al 1.8 e i lipidi aumentano. Anche i minerali e le ceneri diminuiscono (Tabella 2).

Gli additivi rimangono sempre gli stessi e con gli stessi valori per i mangimi sopra elencati.

Tabella 3. Caratteristiche e composizione chimica dei mangimi utilizzati presso l'impianto convenzionale di Istrana (TV)

	NUTRA MP-T	OPTLINE 1P	OPTILINE 2P	OPTILINE 3P	FOCUS SALMO
Giorni	180-185	300-305	330-335	480-485	570-575
Pellet, mm	1,9	2,5-3	4-4,3	6-6,7	6
Proteina grezza, %	47	43,5	43,5	42	42
Grassi grezzi, %	20	28	30	32	24
Fibra grezza, %	1	2	2	2	3
Ceneri grezze, %	8,5	4,5	5,5	5,5	8
Fosforo, %	1,3	0,9	1	1	1,3
Sodio, %	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4
Calcio, %	1,4	0,7	1,3	1,3	2
Additivi, IU/Kg					
Vitamina A	6000	4000	4000	4000	4000
Vitamina D3	1125	1500	1500	1500	1500
Coloranti					
Astanxina, mg					75

Ingredienti: **NUTRA MP-T**: farina di pesce, olio di pesce, farinetta di frumento, glutine di granturco, concentrato proteico di soia, frumento, prodotti a base di sangue (emoglobina suina), glutine vitale di frumento, fosfato monoammonico, inulina di cicoria, siero di latte in polvere, Sali di acidi grassi (calcio stearato), prodotti del lievito (*Saccharomyces cerevisiae*). **OPTILINE PREMIUM 1P**: frumento, glutine vitale di frumento, olio vegetale di colza, farina di pesce, farina di piume idrolizzate, grasso animale da volatili, farina di sangue di volatili, proteine animali trasformate da volatili, olio di pesce, prodotti a base di sangue (sangue suino ed emoglobina suina), concentrato proteico di semi di soia, fosfato mono ammonico, olio vegetale di colza idrogenato, permeato di siero di latte in polvere; **OPTILINE PREMIUM 2P**: proteine animali trasformate da volatili, frumento, olio vegetale di colza, glutine vitale di frumento, farina di piume idrolizzate, grasso animale da volatili, farina di sangue di volatili, olio di pesce, prodotti a base di sangue (sangue suino ed emoglobina suina), olio vegetale di colza idrogenato, amido di favino, fosfato mono ammonico, permeato di siero di latte in polvere; **OPTILINE PREMIUM 3P**: proteine animali trasformate da volatili, frumento, olio vegetale di colza, glutine vitale di frumento, grasso animale da volatili, prodotti a base di sangue (emoglobina suina), farina di piume idrolizzate, olio di pesce, farina di sangue di volatili, farina di pesce, fosfato mono ammonico, olio vegetale di colza idrogenato, permeato di siero di latte in polvere; **FOCUS SALMO 3P BULK**: farina di pesce, frumento, proteine animali trasformate da volatili, farina di semi di girasole decorticati, farina di piume idrolizzate, olio di pesce, grasso animale da volatili, olio vegetale di colza, glutine vitale di frumento, farina (di semi) di soia decorticati, glutine di granturco, olio vegetale di colza idrogenato, concentrato proteico (di semi di soia), permeato di siero di latte in polvere, farina di germi di guar, farinaccio di frumento, farina di semi di colza, fosfato di monoammonico.

Gli ingredienti principali sono farina di pesce, olio di pesce, frumento, glutine vitale di frumento, emoglobina suina (tranne nel mangime per la salmonatura), fosfato monoammonico.

I mangimi Nutra MP-T e l'Optiline 1P vengono utilizzati per la fase di preingrasso. Invece gli Optiline 2P e 3P sono somministrati per l'ingrasso (Tabella 3).

Il mangime Focus Salmo 3P viene utilizzato per la salmonatura al posto dell'Optiline 3P. Per questo motivo c'è la presenza di astaxantina che è un colorante molto utilizzato nell'acquacoltura (Tabella 3).

I tre mangimi Optiline sono molto simili. L'Optiline 1P contiene concentrato proteico di soia, presente anche nel Nutra MP-T (più proteico perché sono più piccole), e sangue suino come l'Optiline 2P. In quest'ultimo c'è amido di favino che non è presente negli altri.

Risultati e discussione

Caratteristiche dell'acqua

In Figura 7 sono rappresentati gli andamenti di temperatura e di ossigeno disciolto durante il corso dell'anno. Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua (Figura 7a), nell'allevamento convenzionale è risultata in media pari a $13,8 \pm 1,48$ °C, con una minima di 11,6 °C in febbraio ed una massima di 16 °C in agosto. Nell'allevamento biologico, la temperatura dell'acqua è risultata in media pari a $11,3 \pm 3,30$ °C, con una minima pari a 7 °C nel mese di gennaio ed una massima pari a 16,5 °C nel mese di luglio. La temperatura dell'acqua è risultata significativamente maggiore nell'allevamento convenzionale rispetto a quello biologico da gennaio ad aprile ($12,4$ °C vs. $8,12$ °C in media; $P < 0,001$) e da agosto a dicembre ($14,3$ °C vs. $11,7$ °C in media; $P < 0,001$), mentre un trend opposto è stato osservato in luglio, quando la temperatura è risultata maggiore nell'allevamento biologico rispetto al convenzionale.

Per quanto riguarda l'andamento dell'ossigeno disciolto (Figura 7b), nell'allevamento convenzionale è risultato in media pari a $9,5 \pm 0,83$ mg/L, con un minimo pari a 8,22 mg/L nel mese di agosto ed un massimo pari a 10,42 mg/L nel mese di febbraio. D'altra parte, nell'allevamento biologico, l'ossigeno disciolto è risultato in media pari a $6,6 \pm 0,70$ mg/L, con un minimo pari a 5,72 mg/L nel mese di settembre ed un massimo pari a 7,9 mg/L nel mese di febbraio. I livelli di ossigeno disciolto sono sempre risultati significativamente superiori nell'allevamento convenzionale rispetto a quello biologico (+44% in media; $P < 0,001$).

La temperatura dell'acqua ha subito variazioni più importanti nell'allevamento biologico rispetto a quello convenzionale. La stessa situazione la ritroviamo con l'ossigeno disciolto. Questo potrebbe essere spiegato dal fatto che nell'allevamento convenzionale l'acqua viene pompata a flusso costante (all'interno dell'allevamento e questo garantisce un mantenimento più costante delle caratteristiche dell'acqua rispetto all'allevamento biologico in cui l'acqua deriva da una derivazione del torrente Tegorzo. Infatti, la portata dell'acqua nell'allevamento convenzionale non è cambiata durante il corso dell'anno (155 litri al secondo, dati non riportati in figura), mentre nell'allevamento biologico ha subito variazioni più importanti in funzione della disponibilità di acqua, risultando in media pari a $218,6 \pm 52,39$ L/s.

Il fattore ambientale che influenza maggiormente il metabolismo della trota è la temperatura dell'acqua. Infatti, a temperature inferiori a 3°C, le trote cessano d'alimentarsi, mentre a temperature superiori i fabbisogni aumentano progressivamente fino a 16°C, per poi ridiscendere fino ad azzerarsi al di sopra di 21-22 °C (Baruchelli, 2007). La temperatura massima critica per la trota iridea è di circa 24-26 °C (Molony, 2001). Alcuni studi hanno riscontrato che il valore del massimo termico critico

varia a seconda della storia termica del pesce e dello stadio di vita (Molony, 2001). Il minimo termico critico di *O. mykiss* è approssimativamente tra 1°C e 2°C (Molony, 2001), mentre a basse temperature (<4–5°C) l'alimentazione e digestione possono essere interrotte e lo sviluppo dell'animale rallentato (Molony 2001). Osservando la Figura 7a, si può notare come in entrambi gli allevamenti la temperatura sia variata all'interno del range ottimale per il benessere della trota iridea. D'altra parte, l'allevamento biologico ha subito una maggiore variabilità di temperatura durante il corso dell'anno. A livello pratico, gli operatori dell'allevamento biologico riducevano l'alimentazione delle trote nei periodi in cui la temperatura era al di sopra dei 14°C.

Uno dei fattori più critici per la sopravvivenza delle trote è il livello di ossigeno disciolto nell'acqua. La concentrazione minima letale di ossigeno dipende dalla specie, stadio vitale, durata dell'esposizione, condizioni ambientali, condizioni fisiologiche nonché dalla dimensione dei pesci. Per la maggior parte dei salomonidi, l'esposizione a livelli di ossigeno disciolto inferiori a circa 5,0 mg/L può causare mortalità (Molony, 2001). In altri studi si definisce il limite minimo a 4-5 mg/L per i pesci d'acqua dolce (Baruchelli, 2007). A livello pratico, la temperatura e la quantità di mangime distribuito sono due fattori da considerare, in quanto possono influenzare il consumo di ossigeno da parte dei pesci. Per esempio, quando si ha un aumento di 10 °C della temperatura dell'acqua, il consumo di ossigeno raddoppia (Baruchelli, 2007). Analizzando l'andamento dell'ossigeno disciolto nell'acqua dell'allevamento convenzionale, è evidente che tale valore rimane costantemente superiore ai livelli minimi durante tutto l'anno. Questa stabilità è conseguenza dell'impiego di ossigeno puro che viene aggiunto all'acqua tramite ossigenatori a cupola e a cassone. D'altra parte, nell'allevamento biologico, si è osservato un significativo calo dei livelli di ossigeno da luglio ad ottobre (inferiore a 7 mg/L) dovuto alle temperature elevate, sebbene rimangano comunque superiori ai livelli minimi (5 mg/L) raccomandati per la trota iridea (Molony, 2001).

Nell'allevamento biologico, l'operatore non ha la possibilità di correggere la situazione di carenza di ossigeno mediante l'ossigenazione diretta. Di conseguenza, interviene diminuendo la razione giornaliera di alimentazione, prevenendo così ulteriori cali di ossigeno che di solito si verificano nelle prime ore dopo il pasto. Questo ulteriore calo di ossigeno viene in gran parte mitigato grazie all'azione degli aeratori a pale posizionati in superficie. Le pale, immerse parzialmente, generano un effetto di sollevamento e di rimescolamento dell'acqua. Ciò comporta un aumento della superficie di contatto tra aria e acqua (superficie di scambio), producendo un gran numero di piccole goccioline d'acqua e garantendo una migliore ossigenazione.

In sintesi, l'uso di ossigeno puro nell'allevamento convenzionale mantiene costanti i livelli di ossigeno, mentre nell'allevamento biologico, le sfide ambientali sono affrontate con strategie di gestione dell'alimentazione e l'utilizzo di aeratori per migliorare l'ossigenazione dell'acqua.

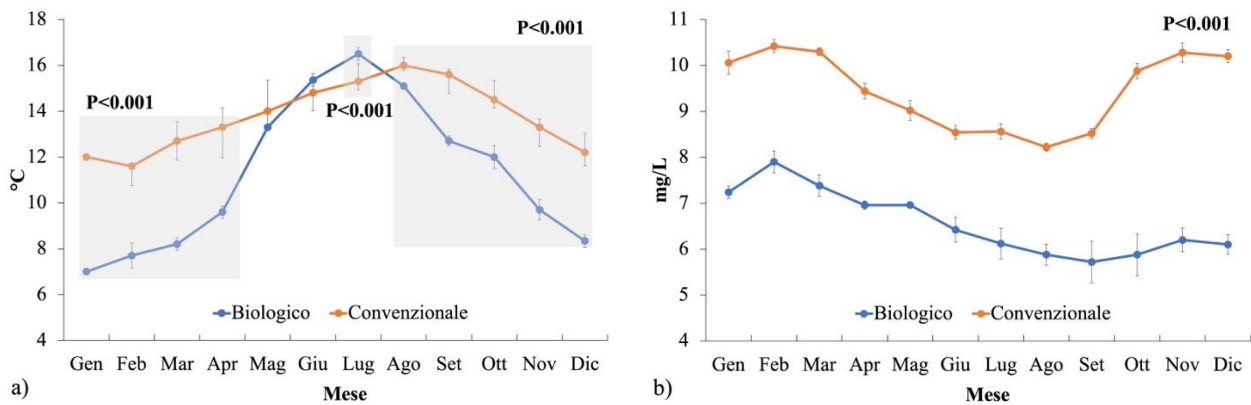


Figura 7. Andamento di temperatura (a) e di ossigeno disciolto (b) durante il corso dell'anno in allevamento biologico e convenzionale.

Nell'analisi dei dati relativi al pH in uscita dagli allevamenti, è stato osservato che nel caso dell'allevamento convenzionale, il pH è rimasto stabile per l'intera durata dell'anno a un valore di pH 7 (dati non riportati in figura). Al contrario, nell'allevamento biologico, il pH ha subito leggere variazioni in alcuni mesi dell'anno, attestandosi in media a $\text{pH } 7,02 \pm 0,04$. Va notato che il valore minimo di pH tollerato dalla trota iridea è di 5,5 (Pennisi, 2017).

È importante notare che, sebbene siano stati condotti pochi studi sugli effetti di pH elevati, uno di essi ha indicato che un pH superiore a 9 potrebbe causare la mortalità dei salmonidi, soprattutto durante le fasi sensibili dell'uovo e degli avannotti (Molony, 2001). Tuttavia, in entrambe le tipologie di allevamento, i valori di pH sono rimasti adeguati per garantire la sopravvivenza e le migliori performance produttive della trota iridea.

Performance produttive dell'allevamento

In Figura 8 sono presentati gli andamenti relativi alla crescita della biomassa, al peso medio, al tasso di accrescimento specifico (TAS) e alla mortalità dei pesci nel corso dell'anno. La biomassa dei pesci durante l'anno di allevamento è risultata costantemente superiore nell'allevamento biologico rispetto a quello convenzionale (Figura 8a), mentre il peso medio delle trote ha seguito una tendenza opposta (Figura 8b). Inizialmente, nel convenzionale, il peso medio era di 10 g, mentre nel biologico era di 6 g. Al termine del primo anno di allevamento, le trote nell'allevamento convenzionale hanno raggiunto un peso medio di 318 g, mentre quelle nell'allevamento biologico hanno raggiunto un peso medio di 124,5 g. La significativa differenza di biomassa tra le due tipologie di allevamento è dovuta alle scelte gestionali dell'azienda. La partita selezionata per l'allevamento biologico conteneva un numero iniziale di pesci superiore rispetto a quella dell'allevamento convenzionale. Questa variazione è in gran parte attribuibile alla variabilità nel numero di uova ottenute dalla spremitura dei riproduttori, influenzata da fattori ambientali, genetici e gestionali.

La mortalità nell'allevamento biologico è risultata praticamente nulla, con una media pari al $0,1\% \pm 0,0\%$. In contrasto, nell'allevamento convenzionale, la mortalità è stata significativamente più elevata rispetto a quello biologico, aumentando progressivamente da marzo a dicembre e raggiungendo il 41% a dicembre (Figura 8c). Questa differenza può essere attribuita all'assenza di patologie nell'allevamento biologico, mentre nell'allevamento convenzionale sono stati registrati casi di lactococcosi ittica, una malattia causata dall'agente patogeno *Lactococcus garvieae* che provoca notevoli perdite economiche, soprattutto durante i mesi estivi (Vendrell e coll., 2006).

Per quanto riguarda l'andamento del TAS nel corso dell'anno, nell'allevamento convenzionale è risultato in media pari all' $1,0\% \pm 0,2\%$ al giorno, con un minimo dello $0,7\%$ al giorno nei mesi di ottobre e novembre e un massimo del $1,2\%$ al giorno nei mesi di gennaio e luglio. Nel biologico, invece, il TAS è risultato in media pari allo $0,8\% \pm 0,4\%$ al giorno, con un minimo dello $0,2\%$ al giorno nel mese di settembre e un massimo dell' $1,6\%$ al giorno nel mese di febbraio. Infine, il TAS è stato significativamente più alto nell'allevamento convenzionale rispetto a quello biologico nei mesi di agosto (+60%), settembre (+125%) e novembre (+29%) (Figura 8d).

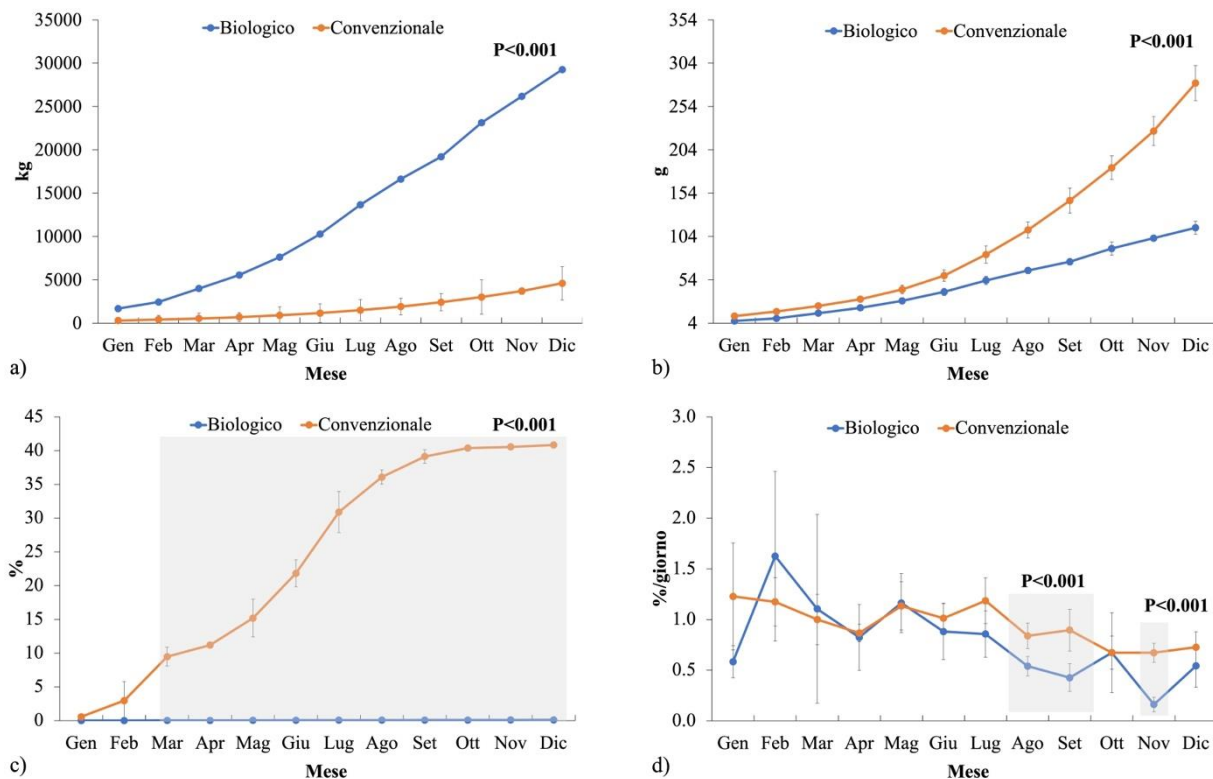


Figura 8. Andamento della crescita di biomassa (a), peso medio (b), mortalità (c) e tasso di accrescimento specifico (d) di trote allevate in allevamento biologico e convenzionale.

Il TAS registrato nell'allevamento convenzionale è risultato in media $1,0 \pm 0,2$ % al giorno, in conformità con i risultati ottenuti da Akbulut e coll. (2002) (1,02 – 1,11 % al giorno), ma più bassi rispetto quelli riportati da Yanik e coll. (2002) (1,67% al giorno) e Kizak e coll. (2018) (3,63% al giorno). Per quanto riguarda l'allevamento biologico, i risultati ottenuti sono in linea con gli studi condotti da Kayim e coll. (2007) (0,92% al giorno) e Tibaldi e coll. (2005) ($0,82\% \pm 0,42\%$ al giorno), ma risultano superiori rispetto allo 0,7% al giorno riportato da Tidwell e coll. (1998). È importante notare che il TAS è fortemente influenzato dalla localizzazione e caratteristiche dell'allevamento e dai parametri chimici dell'acqua (Hosseinzadeh Sahhafi e coll., 2014; Tibaldi e coll., 2005). Questo potrebbe essere il motivo per cui si osserva una differenza significativa tra il TAS medio dell'allevamento convenzionale rispetto quello del biologico.

La crescita dei pesci non è costante e varia in funzione di diversi fattori. Ad esempio, fattori come la temperatura, taglia dei pesci, densità di allevamento, alimentazione, ricambio dell'acqua e salinità, possono influenzare il consumo di alimento e il tasso di crescita (Akbulut e coll., 2002). Esaminando il confronto tra le Figure 8b e 8d, si può notare che il TAS diminuisce all'aumentare del peso medio dei pesci. Infatti, è stato dimostrato che il TAS è correlato alle dimensioni dei pesci: le trote più piccole crescono più rapidamente rispetto a quelle di dimensioni maggiori (Akbulut e coll., 2002). Questo spiega il picco di crescita nell'allevamento di Alano a febbraio e i valori massimi nell'allevamento di Istrana da gennaio a luglio.

Inoltre, confrontando l'allevamento convenzionale con quello biologico in relazione all'andamento della temperatura e del TAS, si nota che il TAS nell'allevamento biologico è meno costante rispetto a quello convenzionale, riflettendo le variazioni ambientali proprie del sistema biologico.

Conclusioni

La presente tesi ha inteso valutare e confrontare due metodi di allevamento della trota iridea, biologico vs. convenzionale, evidenziando eventuali benefici e criticità dei metodi impiegati. A tale scopo, due realtà produttive situate nella regione Veneto sono state analizzate e seguite durante un anno di produzione (2020-2021): una convenzionale situata ad Istrana (TV) e una biologica ubicata ad Alano di Piave (BL), entrambe facenti parte dell'Azienda Agricola Rio Fontane. I dati raccolti settimanalmente hanno riguardato la qualità dell'acqua, le caratteristiche dei mangimi e i risultati produttivi.

I valori di temperatura dell'acqua e di ossigeno disciolto sono risultati più alti nell'allevamento convenzionale rispetto a quello biologico. Va notato che nell'allevamento biologico si è verificata una notevole variabilità nel corso dell'anno, mentre nel convenzionale tali valori sono rimasti pressoché costanti durante l'anno. Questa differenza è attribuibile al fatto che nell'allevamento convenzionale, l'acqua veniva prelevata dal sottosuolo, fornita costantemente alle vasche (portata costante a 155 L/h) e arricchita con ossigeno puro, mantenendo costante il suo contenuto. Tuttavia, i valori dell'acqua hanno variato all'interno dei range indicati per la sopravvivenza della trota. I dati relativi alle performance produttive hanno evidenziato una maggiore mortalità nell'allevamento convenzionale (+41%) a causa della presenza di lactococcosi (assenti nel biologico), ma hanno anche rilevato un tasso di accrescimento specifico più elevato nell'allevamento convenzionale rispetto a quello biologico. Alla fine del periodo preso in esame, il peso medio delle trote nell'allevamento convenzionale risultava superiore a quello dell'allevamento biologico (circa tre volte maggiore). Questa situazione potrebbe essere attribuita al fatto che nell'allevamento convenzionale la trota iridea ha subito meno variazioni nella qualità dell'acqua, consentendo un consumo alimentare più regolare.

Da queste osservazioni emerge che l'allevamento convenzionale, nonostante comporti una maggiore mortalità, risulta ancora essere il metodo più conveniente dal punto di vista economico, grazie a una maggiore produttività per partita di trote e a un ciclo produttivo più veloce. Tuttavia, è importante considerare che i costi di produzione sono maggiori nel convenzionale a causa dell'acquisto di ossigeno puro e del funzionamento delle pompe. Va sottolineato che i risultati della presente analisi sono influenzati fortemente dalle scelte gestionali specifiche dell'azienda presa in esame, che possono differire notevolmente da quelle di altre aziende.

Al fine di ottenere risultati più robusti, sarebbe opportuno condurre ulteriori ricerche che comparino gli approcci biologici e convenzionali in situazioni ambientali simili o che coinvolgano diverse aziende. Questo consentirebbe di concentrarsi maggiormente sulle performance produttive e di ottenere dati più rappresentativi dell'intero settore.

Bibliografia

API, 2012. Associazione Piscicoltori Italiani. Manuale di corretta prassi operativa per le specie ittiche relativo all'allevamento, alla prima trasformazione e alla vendita di specie ittiche di acqua dolce, salmastra e marina. Associazione Italiana Piscicoltori, Verona, Italia, 39-44.

API, 2022. Trota iridea di acquacoltura. Associazione Piscicoltori Italiani. Disponibile al link: <https://www.acquacoltura.org/trota-iridea-di-acquacoltura-sostenibile/> (Accesso 1° settembre 2023), 5-7, 37.

Akbulut, B., Şahin, T., Aksungur, N., Aksungur, M., 2002. Effect of initial size on growth rate of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in cages on the Turkish black sea coast. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2, 133–136.

Baruchelli, G., 2007. Tecniche di allevamento e trasformazione della trota. Ed. Istituto Agrario di San Michele all'Adige, San Michele all'Adige, Italia.

Decreto ministeriale 20 maggio 2022, n. 229771, recante disposizioni per l'attuazione del regolamento (UE) 2018/848 del Parlamento e del Consiglio del 30 maggio 2018 relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici.

FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Disponibile al link: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CA9229EN> (Accesso 11 settembre 2023).

Ferrari, P., Roncarati, A., Dees, A., 2003. Tecnologie e strutture per impianti di acquacoltura e di pesca sportiva. GreenTime spa, Bologna.

Hosseinzadeh Sahhafi, H., Nafari Yazdi, M., 2014. Growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with respect to nutritional factors in North Iran (Haraz River). Iranian Journal of Fisheries Sciences 13, 509–521.

Kayim, M., Suiçmez, M., Güner, Y., Suiçmez, T, 2007. Growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) in net cages in Almus Dam Lake (Tokat). Pakistan Journal of Biological Sciences 10, 964–967. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.964.967>

Kizak, V., Guner, Y., Turel, M., Can, E., Kayim, M., 2018. A comparison of the survival and growth performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta fario*) fry. Frontiers of Agriculture and Food Technology 8, 1–3.

Marino G., Ingle E., Cataudella S., 2005. A short overview of the status aquaculture in Italy. Interaction between aquaculture and capture fisheries: a methodological perspective. Disponibile al link: <https://www.fao.org/3/a0141e/A0141E03.htm> (Accesso 13 settembre 2023).

Molony B. 2001. Environmental requirements and tolerances of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: A review. Fisheries Research Report 130, 3–8.

Pennisi, L., 2017. Benessere animale e qualità dei prodotti ittici d'allevamento. Disponibile al sito: https://elearning.unite.it/pluginfile.php/176286/mod_resource/content/1/U.2.4%20Benessere%20Itticoltura.pdf (Accesso 12 settembre 2023).

Regolamento (UE) 30 maggio 2018, n. 848, relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio.

Regolamento di esecuzione (UE) 15 luglio 2021, n. 1165, che autorizza l'utilizzo di taluni prodotti e sostanze nella produzione biologica e stabilisce i relativi elenchi.

Regolamento di esecuzione (UE) 26 marzo 2020, n. 464, che fissa talune modalità di applicazione del regolamento (UE) 2018/848 del Parlamento europeo e del Consiglio riguardo ai documenti necessari per il riconoscimento retroattivo dei periodi di conversione, alla produzione di prodotti biologici e alle informazioni che gli stati membri sono tenuti a trasmettere.

Sicuro, B., 2019. An overview of organic aquaculture in Italy. Aquaculture 509, 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.024>

Vendrell, D., Balcázar, J.L., Ruiz-Zarzuela, I., de Blas, I., Gironés, O., Múzquiz, J.L., 2006. *Lactococcus garvieae* in fish: A review. Comparative immunology, microbiology and infectious diseases 29, 177–198. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2006.06.003>

Yanik, T., Aras Hisar, S., Bolukbasi, C., 2002. Early development and growth of Arctic charr (*Salvelinus Alpinus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at a low water temperature. The Israeli Journal of Aquaculture 54, 73–78. <https://doi.org/10.46989/001c.20315>

Zhuang, Y., Zhu, M.J., 2021. Recent developments in astaxanthin production from *Phaffia rhodozyma* and its applications, in: Ravishankar, G.A., Ranga Rao, A. (Eds.), Global Perspectives on Astaxanthin. Academic Press, pp. 225–251. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823304-7.00006-4>