

I pesci nell'acquaponica

(Capitolo 7)

7. I pesci nell'acquaponica

La prima parte di questo capitolo contiene alcune informazioni sull'anatomia e sulla fisiologia dei pesci, compreso il modo in cui respirano, digeriscono il cibo ed espellono i rifiuti. Verrà introdotto il concetto di Indice di Conversione (FCR - Feed Conversion Rate), o rapporto di conversione del cibo, un concetto importante per chi si occupa di acquacoltura, che si riferisce all'efficienza con la quale i pesci convertono il cibo ingerito in massa corporea. Particolare attenzione verrà poi dedicata al ciclo di vita dei pesci e alla riproduzione in quanto funzionale all'allevamento e alla ricostituzione dello stock di pesci da allevare.

Verranno poi trattati la cura e la salute dei pesci in acquaponica, nonché le caratteristiche dell'acqua in relazione ai seguenti parametri di qualità: ossigeno, temperatura, luce e nutrizione. La terza parte prenderà in considerazione alcune specie ittiche adatte all'allevamento in un sistema acquaponico, concentrandosi su tilapia, carpa, pesce gatto, trota, persico trota (black bass) e gamberi. Il capitolo si chiude con una sezione finale sulle cause di morte, sulle malattie e metodi di prevenzione dell'insorgenza di malattie.

7.1 L'anatomia dei pesci, la fisiologia e la riproduzione

7.1.1 Anatomia dei pesci

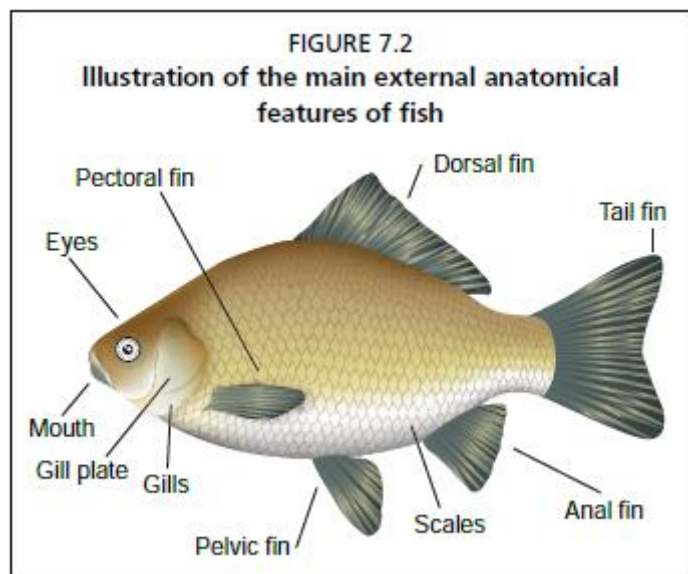
I pesci sono un gruppo eterogeneo di animali vertebrati che hanno le branchie e vivono in acqua. Il pesce utilizza le branchie per ottenere ossigeno dall'acqua, rilasciando allo stesso tempo anidride carbonica e rifiuti metabolici (Figura 7.2).

Il pesce è un animale a sangue freddo, il che significa che la sua temperatura corporea varia a seconda della temperatura dell'acqua. I pesci hanno quasi tutti gli stessi organi degli animali terrestri, ma possiedono anche una vescica natatoria. Posizionata nella cavità addominale, questa è una vescicola contenente aria e consente al pesce di mantenere un assetto variabile nell'acqua.

I pesci hanno le pinne che sono utilizzate per il movimento e l'assetto in acqua, e per mantenere un corpo idrodinamico.

L'epidermide è ricoperta di scaglie di protezione (normalmente, ma erroneamente, chiamate squame). La maggior parte dei pesci depongono le uova. I pesci

hanno organi sensoriali ben sviluppati che permettono loro di vedere, gustare, udire, annusare e toccare. Inoltre la maggior parte dei pesci hanno, lungo i fianchi, una particolare struttura sensoriale e recettiva: la linea laterale. Questa permette di percepire le differenze di pressione in acqua e, dunque, "sentire" anche a distanza, ciò che succede intorno. Alcuni gruppi di pesci possono anche rilevare i campi elettrici, come ad esempio quelli creati da battiti cardiaci di prede. Tuttavia il loro sistema nervoso centrale non è così sviluppato come negli uccelli o mammiferi.



Principali caratteristiche anatomiche esterne:

- J **Occhi** – Gli occhi dei pesci sono molto simili a quelli degli animali terrestri, come uccelli e mammiferi, tranne che per le loro lenti che sono più sferiche. Alcuni pesci, come la trota e la tilapia, si affidano alla vista per trovare la preda, mentre altre specie usano principalmente il senso dell'olfatto, o del tatto tramite barbigli e baffi.
- J **Scaglie** – Le scaglie sono una protezione per i pesci, agendo come uno scudo contro predatori, parassiti, malattie e abrasione fisica.
- J **Bocca e mascelle** – i pesci usano la bocca per ingerire il cibo e lo scompongono in gola. Spesso, la bocca è relativamente grande e permette l'ingestione di grosse prede. Alcuni pesci hanno denti, a volte anche sulla lingua. I pesci respirano raccogliendo l'acqua attraverso la bocca ed espellendola attraverso l'opercolo branchiale
- J **Opercolo** – E' il rivestimento esterno dell'apparato branchiale, che offre protezione a questi organi delicati. E' normalmente una piastra ossea/cartilaginea e può essere osservata aprirsi e chiudersi mentre il pesce respira.
- J **Sfintere** – Situato nella regione terminale del corpo del pesce, in prossimità della coda, è l'apertura corporea che consente l'espulsione di urine e feci. Inoltre lo sfintere è dove vengono rilasciati i gameti per la riproduzione (spermatozoi e uova).
- J **Pinne** – Le pinne pari, quelle pettorali e le pinne pelviche o ventrali che si trovano sul fondo del corpo di pesce assicurano la manovrabilità e il controllo della direzione di avanzamento. Le pinne dispari, le pinne dorsali e quelle anali si trovano sulla parte superiore e inferiore del corpo assicurano equilibrio e stabilità coadiuvando nel controllo della direzionalità (sterzo). La pinna caudale è all'estremità opposta dalla testa e fornisce la propulsione principale per il movimento dei pesci. Le pinne sono formate da una intelaiatura di raggi ossei uniti da sottili membrane. I raggi ossei possono avere un margine liscio o dentellato, o acuminato, a volte con sacche veleno, che sono utilizzate per la difesa.

Respirazione

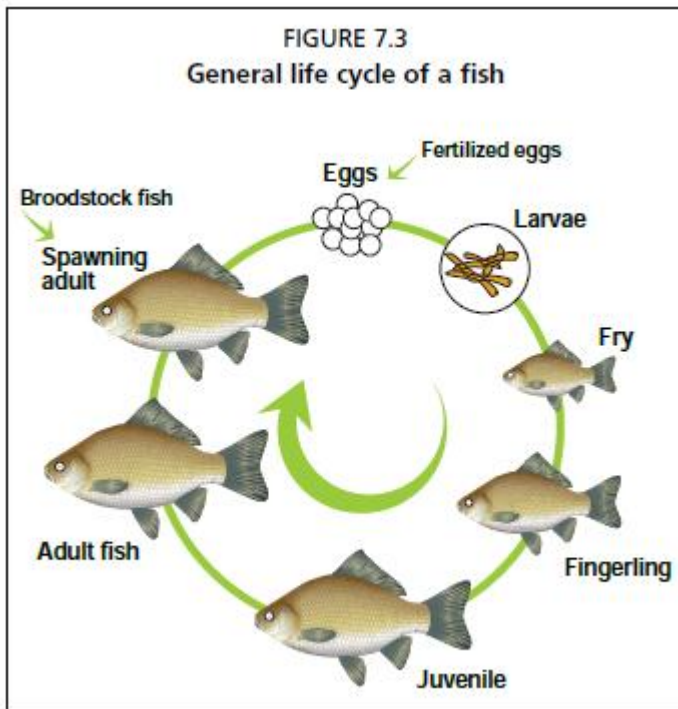
I pesci respirano ossigeno utilizzando le branchie, che si trovano ai lati della zona della testa. Le branchie sono costituite da una struttura ad archi, ciascuno dei quali porta una serie di filamenti necessari ad assorbire ossigeno e rilasciare prodotti metabolici della respirazione. Ciascun filamento contiene un vaso sanguigno questa rete fornisce una grande superficie per lo scambio di ossigeno e anidride carbonica. Il pesce risucchia l'acqua ricca di ossigeno attraverso la bocca e la pompa attraverso le branchie, liberando anidride carbonica allo stesso tempo. Nel loro habitat naturale, l'ossigeno viene fornito sia da piante acquatiche che producono ossigeno attraverso la fotosintesi, dai movimenti dell'acqua o dalle onde e il vento che sciolgono ossigeno atmosferico in acqua. Senza un adeguato livello di ossigeno disciolto (DO), la maggior parte dei pesci soffocano e muoiono. Ecco perché una buona aerazione è così importante per il successo dell'acquacoltura. Alcuni pesci sono dotati di un organo ad aria, simile ai polmoni, che permette loro di respirare fuori dall'acqua. I pesci gatto del genere *Clarias*, ad esempio, appartengono a questo gruppo di pesci che sono importanti in acquacoltura.

7.1.2 La riproduzione e il ciclo di vita dei pesci

Quasi tutti i pesci depongono le uova che si sviluppano al di fuori del corpo della madre; infatti il 97 per cento di tutti i pesci sono ovipari. La fecondazione delle uova da parte degli spermatozoi si verifica anch'essa esternamente nella maggioranza dei casi. I pesci, tanto i maschi quanto le femmine, rilasciano le loro cellule sessuali in acqua. Alcune specie mantengono dei nidi e forniscono cure parentali e la protezione delle uova, ma la maggior parte delle specie non si curano delle uova fecondate che semplicemente si disperdono nella colonna d'acqua. Le Tilapie sono un esempio di pesci che offre alla progenie delle cure parentali, occupandosi di mantenere i nidi e ospitando persino i giovani avannotti nella bocca delle femmine. Gli organi riproduttivi dei pesci sono i testicoli, che producono sperma, e le ovaie che emettono le uova. Alcuni pesci sono ermafroditi, avendo sia i testicoli che le ovaie, simultaneamente o in diverse fasi del loro ciclo di

vita.

Ai fini della presente pubblicazione, ci occuperemo dei pesci interessandoci alle seguenti fasi: uova, larve, avannotti, novellame, pesciolini, pesci adulti nonché riproduttori cioè adulti che hanno raggiunto la maturità sessuale (Figura 7.3).



La durata di ciascuna di queste fasi dipende dalla specie. La fase di uovo è spesso abbastanza breve e normalmente dipende dalla temperatura dell'acqua. Durante questa fase, le uova sono delicate e sensibili ai danni fisici. In condizioni di allevamento controllato delle uova l'acqua deve avere adeguata percentuale di ossigeno disciolto ma l'aerazione deve essere dolce. Un buon allevamento delle uova deve prevedere procedure e pratiche sterili per prevenire le malattie batteriche e fungine. Inoltre si deve provvedere a rimuovere le uova non fecondate o non schiuse. Una volta schiuse le uova, i giovani pesci sono chiamati larve. Questi piccoli pesci sono di solito non completamente formati e presentano un grande sacco vitellino spesso sono molto diversi nell'aspetto dagli stadi giovanili ed adulti del pesce. Il sacco vitellino viene

utilizzato per il nutrimento ed è assorbito lungo la fase larvale, anch'essa abbastanza breve in funzione della temperatura. Al termine dello stadio larvale, quando il sacco vitellino viene assorbito ed i giovani pesci cominciano a nuotare più attivamente e passare alla fase di avannotti. Allo stadio di avannotto i pesci iniziano a mangiare cibi solidi, in natura questo cibo è generalmente plancton disperso nella colonna d'acqua e alghe dal substrato. Durante queste fasi, i pesci sono mangiatori voraci, mangiano circa il 10 per cento del loro peso corporeo al giorno. Quando i pesci crescono la quantità di cibo giornaliero in rapporto al peso del corpo diminuisce. Le demarcazioni esatte tra avannotti e pesci adulti differiscono in relazione alle specie e alle condizioni di allevamento. In generale avannotti e novellame devono essere tenuti separati per evitare il pesce più grande predi gli individui più piccoli. Lo stadio adulto del pesce è quello su cui si concentra l'allevamento acquaponico perchè è quando i pesci mangiano e crescono ed espellono i prodotti metabolici utilizzati poi dalle piante. La maggior parte dei pesci vengono raccolti durante tale fase. Se i pesci vengono fatti crescere oltre questa fase, raggiungeranno la maturità sessuale, in cui la crescita corporea rallenterà giacchè i soggetti indirizzeranno l'energia nello sviluppo delle cellule sessuali.

Se è necessaria la conservazione di alcuni pesci adulti per completare il ciclo delle operazioni di allevamento questi pesci sono considerati riproduttori. La tilapia è una specie particolarmente facile da riprodurre mentre pesci gatto, carpa e trota richiedono maggiori cure e si consiglia di rivolgersi ad un fornitore affidabile. È fuori dell'ambito di questa pubblicazione occuparsi della riproduzione dei pesci se interessati l'invito è di rivolgersi a pubblicazioni specialistiche inserite in bibliografia.

7.2 Alimentazione dei pesci

7.2.1 Ingredienti per i mangimi

Affinchè i pesci possano crescere ed essere in buona salute la loro alimentazione richiede un giusto equilibrio di proteine, carboidrati, grassi, vitamine e minerali. Si può definire questo tipo di alimentazione "di tipo complesso". Sono in commercio pellet di mangime appositamente studiati

per i pesci che sono altamente raccomandati per gli impianti acquaponici su piccola scala, in particolare all'inizio. È possibile allevare pesci anche in luoghi in cui vi sia un accesso limitato ai mangimi pellettati, tuttavia autoprodurre cibo per i pesci richiede una particolare attenzione: infatti si potrebbe verificare uno sbilanciamento nei confronti di componenti nutrizionali essenziali. Maggiori informazioni sull'autoproduzione del mangime si possono trovare nel paragrafo 9.11 e nell'appendice 5.

Le proteine sono la componente più importante per la costruzione della massa corporea dei pesci. Nella loro fase di crescita i pesci onnivori come la tilapia e la carpa comune hanno bisogno del 25-35 per cento di proteine nella loro dieta, mentre i pesci carnivori hanno bisogno fino al 45 per cento di proteine per crescere a livelli ottimali. In generale, più i pesci sono negli stadi giovanili (avannotti) maggiormente richiedono una dieta ricca di proteine. Le proteine sono la base della struttura e degli enzimi in tutti gli organismi viventi, sono costituite da aminoacidi, alcuni dei quali vengono sintetizzati dagli organi degli stessi pesci, ma altri devono essere ottenuti esclusivamente dal cibo. Questi aminoacidi sono chiamati essenziali. Dei dieci aminoacidi essenziali, metionina e lisina sono fattori spesso limitanti e questi devono essere presenti in qualche componente vegetale del pellet.

I lipidi sono grassi, molecole un alta componente di energia necessaria alla dieta di un pesce. L'olio di pesce è pertanto un componente molto comune nei mangimi. L'olio di pesce è ricco di due particolari tipi di grassi, omega-3 e omega-6, che portano benefici per la salute anche degli esseri umani. Nei pesci di allevamento la quantità di questi lipidi salutari dipende dal mangime utilizzato.

I carboidrati sono costituiti da amidi e zuccheri. Questa componente abbastanza economica del mangime aumenta molto il valore energetico del mangime. Gli amidi e gli zuccheri contribuiscono anche a "legare" i vari componenti del mangime insieme per dare forma al pellet. Tuttavia, il pesce non riesce a digerire e a metabolizzare i carboidrati molto bene e gran parte di questa energia può essere dispersa.

Vitamine e minerali sono necessari per la salute dei pesci e la loro crescita. Le vitamine sono molecole organiche estratte da piante o sintetizzate nel processo di produzione che sono importanti per lo sviluppo e il funzionamento del sistema immunitario. I minerali sono elementi inorganici necessari al pesce per sintetizzare i vari componenti della propria struttura scheletrica e della propria massa corporea. Alcuni sali minerali sono anche coinvolti nella regolazione osmotica.

7.2.2 Mangime pellettato per pesci

Ci sono diverse dimensioni dei pellets per i pesci, che vanno da 2 a 10 mm (Figura 7.4).

La dimensione dei pellet consigliata dipende dalle dimensioni del pesce. Gli avannotti hanno bocche piccole e non possono ingerire pellet di grandi dimensioni, mentre per i pesci grandi se i pellet fossero troppo piccoli vi sarebbe un'elevata dispersione di energia. Se possibile dunque il mangime andrebbe acquistato in relazione ad ogni fase del ciclo di vita dei pesci. In alternativa, i pellet grandi possono essere schiacciati con mortaio e pestello per creare briciole e polvere per gli avannotti. Un'altra soluzione potrebbe essere quella di usare sempre pellet di medie dimensioni (2-4 mm). In questo modo, i pesci saranno in grado di mangiare la stessa dimensione di pellet dalla fase giovanile fino a quando verranno prelevati per il consumo. I pellet di mangime sono inoltre progettati per galleggiare sulla superficie dell'acqua o per depositarsi sul fondo a seconda delle abitudini alimentari dei pesci. È importante conoscere il comportamento alimentare dei pesci specifici e fornire il corretto tipo di pellet. I pellet galleggianti offrono il vantaggio di poter verificare quanto i pesci mangiano. Spesso è possibile abituare i pesci a nutrirsi in funzione del tipo di pellet disponibili però non tutti saranno disposti a modificare le loro abitudini



Fig. 7.4 - Esempi di pellet per l'alimentazione dei pesci in polvere e nelle varie pezzature

Il cibo deve essere conservato in condizioni di oscurità, in un luogo fresco, asciutto e sicuro. Il mangime per pesci umido o non conservato in modo corretto può marcire ed essere decomposto dai batteri e dai funghi. Questi microrganismi possono rilasciare nel sistema acquaponico tossine che sono pericolose per i pesci. Il mangime avariato dunque non deve mai essere distribuito ai pesci. Inoltre il mangime per i pesci non deve essere conservato troppo a lungo, ma essere acquistato fresco e utilizzato immediatamente per conservare più a lungo possibile le proprie qualità nutrizionali. E' inoltre necessario evitare la sovralimentazione dei pesci, i rifiuti alimentari non consumati non devono mai essere lasciati nel sistema acquaponico. L'introduzione di rifiuti da sovralimentazione fornisce substrato nutritivo per i batteri eterotrofi che consumano notevoli quantità di ossigeno, inoltre la decomposizione del mangime può aumentare la quantità di ammoniaca e di nitriti fino a raggiungere livelli tossici in un periodo relativamente breve. Infine il pellet non consumato può ostruire i filtri meccanici portando così alla riduzione del flusso d'acqua e a zone asfittiche. In generale i pesci mangiano tutto ciò di cui hanno bisogno al massimo in 30 minuti di tempo. Dopo questo periodo è opportuno rimuovere qualsiasi residuo di cibo. Se si trovano alimenti non consumati è necessario la volta successiva abbassare la quantità di mangime distribuita. Ulteriori strategie alimentari saranno discusse nella sezione 8.4.

7.2.3 Indice di conversione (Food Conversion Rate - FCR) e alimentazione dei pesci

Il FCR descrive con quale efficienza un animale trasforma il suo cibo in crescita corporea. Esso risponde alla domanda di quante unità di alimentazione sono necessarie a far crescere un solo esistono FCR per ogni animale e offrire una modalità semplice per misurare l'efficienza e costi di allevare un cetolo animale.

Fra tutti gli animali i pesci, in generale, hanno uno dei migliori FCR. Allevate in buone condizioni le tilapie hanno un FCR di 1,4-1,8, il che significa che per crescere un 1,0 kg di tilapia, è richiesto 1,4-1,8 kg di cibo.

Il raggiungimento di un corretto FCR non è essenziale in sistemi acquaponici di piccole dimensioni, ma può essere utile fare un'analisi in alcune circostanze. Ad esempio quando si cambia pellet, è opportuno considerare se il pesce cresce correttamente in relazione ad eventuali differenze di costo tra i mangimi. Inoltre, quando si prende in considerazione di avviare un piccolo sistema commerciale è necessario calcolare il FCR come parte del business plan e/o dell'analisi finanziaria. Anche se non si è preoccupati dal FCR, è buona pratica a pesare periodicamente un campione di pesce per assicurarsi che stia crescendo bene e per comprendere se il sistema si trova in equilibrio (Figura 7.5).

Ciò è in grado di fornire anche stime più precise per prevedere il periodo di produzione e di raccolta. Per tutti i pesci la manipolazione e la pesatura sono più facili al buio per evitare di stressare gli animali. Il box 3 riassume (in inglese) i semplici passi per procedere alla pesatura. La pesatura dovrà avvenire tra soggetti della stessa età cresciuti nella stessa vasca è in generale preferibile utilizzare più gruppi di pesci perché in questo modo la misura dovrebbe fornire medie più affidabili. Pesature periodiche daranno il tasso di crescita medio del pesce, che sarà ottenuto sottraendo il peso medio dei pesci, calcolato sopra, in due periodi.



Fig. 7.5 - Pesatura di un campione di pesce

BOX 3

Simple steps for weighing fish

- 1) Fill a small bucket (10 litres) with water from the aquaponic system.
- 2) Weigh the bucket and water using a weighing scale and record the weight (tare).
- 3) Scoop 5 average size fish with a landing-net, drain the landing-net from excess of water for a few seconds and place the fish into the bucket.
- 4) Weigh again and record the gross weight.
- 5) Calculate the total weight of the fish by subtracting the tare from the gross weight.
- 6) Divide this figure by 5 to retrieve an average weight for each fish.
- 7) Repeat steps 1–6 as appropriate. Try to measure 10–20 percent of the fish (preferably no duplicates) for an accurate average.

Il FCR si ottiene dividendo cibo totale consumato dai pesci per la crescita totale durante un periodo determinato, con entrambi i valori espressi nella stessa unità di misura (cioè chilogrammi o grammi). Alimentazione totale / Incremento totale = FCR.

L'alimentazione totale può essere ottenuta sommando tutto il peso degli alimenti consumati ogni giorno. La crescita totale può essere calcolata semplicemente moltiplicando il tasso medio di crescita per il numero dei pesci allevati nella vasca.

Nella maggioranza dei pesci in acquacoltura nella fase di allevamento il tasso di alimentazione (come è già stato detto in questa pubblicazione) è pari all' 1-2 per cento del loro peso corporeo al giorno. In media, un pesce del peso di 100 grammi mangia 1-2 grammi di mangime pellettato per giorno. E' importante tenere sotto controllo questo rapporto controllando al tempo stesso il FCR per determinare i tassi di crescita e l'appetito dei pesci; ciò aiuta a mantenere l'equilibrio generale del sistema.

7.3 La qualità dell'acqua per i pesci

Nel capitolo 2 si è discusso della qualità dell'acqua per l'acquaponica. Dal punto di vista dei pesci i parametri dell'acqua più importanti sono sintetizzati nella Tabella 7.1. (vedi di seguito)

7.3.1 Azoto

L'ammoniaca e i nitriti sono estremamente tossici per pesci, talvolta vengono chiamati "assassini invisibili". Entrambi sono considerati tossici quando si trovano a concentrazioni superiori a 1 mg/litro, anche se qualsiasi livello di questi composti contribuisce allo stress del pesce e produce effetti negativi sulla sua salute. I livelli rilevabili di entrambi questi composti dovrebbero essere vicino a zero in un sistema acquaponico maturo. È il biofiltro il protagonista della trasformazione di queste sostanze chimiche tossiche in una forma meno tossica. Eventuali livelli rilevabili indicano che il sistema è sbilanciato con un biofiltro sottodimensionato o con il biofiltro che non funziona a dovere. L'ammoniaca è più tossica in condizioni basiche e di caldo; se il pH è alto qualsiasi quantità rilevabile di ammoniaca è particolarmente pericolosa. Il test dell'acqua per l'ammoniaca è chiamato azoto ammoniacale totale (TAN), e rileva entrambi i tipi di ammoniaca (ionica e non ionica). I sintomi di avvelenamento da ammoniaca e nitriti sono spesso osservabili come striature rosse sul corpo del pesce, branchie e occhi. I pesci si strofinano sui lati della vasca, boccheggiano e cercando aria in superficie, fino quando non interviene letargia e la morte. Il nitrato invece è molto meno tossico per la maggior parte dei pesci. La maggior parte delle specie è in grado di tollerare livelli di nitrati superiori a 400 mg/litro.

7.3.2 pH

I pesci possono tollerare un intervallo piuttosto ampio di pH, ma l'intervallo migliore si situa tra i

valori di 6,5-8,5. Radicali cambiamenti di pH in brevi periodi (cambi di 0,3 in un periodo di 12-24 ore) possono essere problematici o addirittura letali per i pesci. Pertanto, è importante mantenere il pH stabile il più possibile. Si raccomanda un sistema di buffering (tampone) con carbonato di calcio per evitare ampie oscillazioni del pH.

7.3.3 Ossigeno disciolto

Nel complesso, ove possibile dovrebbe essere aggiunto ossigeno ad un sistema acquaponico. In pratica la maggior parte dei pesci hanno bisogno di almeno 4-5 mg/litro. La maggior parte dei coltivatori amatoriali non hanno la possibilità di controllare il livello di ossigeno nei loro impianti perché gli strumenti digitali sono costosi e i test meno costosi da acquario non sono sempre disponibili. Pertanto le seguenti raccomandazioni rappresentano importanti indicazioni da seguire nella gestione di un sistema acquaponico. Non mantenere elevate quantità di pesce nelle vasche di allevamento, in generale mai più di 20 kg di pesce per 1.000 litri di acqua totale. Mantenere un flusso d'acqua dinamico, con la presenza di cascate che aiutano a ossigenare l'acqua e aggiungere Ossigeno Disciolto (DO). Inserire nell'impianto una o più pompe ad aria, ove ciò sia possibile. Il tasso di ossigenazione adeguato dovrebbe essere di 5-8 litri di aria al minuto per ciascun metro cubo di acqua, rilasciato da almeno 2 pietre porose collocate in posizioni diverse. Assicurarsi che l'acqua non sia agitata troppo energicamente o in modo da non sconvolgere il nuoto dei pesci. Tenere sempre sotto controllo segnali dei pesci che indichino la mancanza di ossigeno, cioè ad esempio quando i pesci nuotano in superficie cercando di raccogliere l'aria con la bocca. Questa è una situazione di emergenza che richiede attenzione immediata. La predisposizione di sistemi di aerazione di backup sono una risorsa preziosa per un sistema acquaponico e possono essere usati durante interruzioni di corrente e guasti delle apparecchiature, ecc.

7.3.4 Temperatura

I pesci sono animali a sangue freddo e, di conseguenza, la loro capacità di adattarsi ad un'ampia gamma di temperature dell'acqua è limitata. Una temperatura costante all'interno del loro intervallo di corretta tolleranza mantiene pesce condizioni ottimali e favorisce una crescita veloce con FCR ottimale. Inoltre la temperatura ottimale riduce il rischi di stress e quindi di malattie. Un buon isolamento termico ed eventuali elementi riscaldanti dell'acqua contribuiscono a mantenere un livello di temperatura costante anche se possono essere costosi in aree in cui l'energia è particolarmente cara. Spesso è meglio allevare un tipo di pesce adattato a condizioni ambientali locali. Ogni pesce ha una temperatura ottimale che dovrebbe essere garantita da parte dell'agricoltore. In generale, i pesci tropicali prosperano a 22-32 °C, mentre pesci di acqua fredda preferiscono 10-18 °C. Alcuni pesci d'acqua temperata hanno un esteso range di temperature di riferimento, per esempio, la carpa comune e il persico trota possono tollerare un range che va da 5-30 °C.

7.3.5 Luce e oscurità

Il livello di luce nella vasca dei pesci deve essere ridotto per evitare la crescita di alghe. Però non dovrebbe essere completamente buio, infatti il pesce ha paura e si stressa quando una vasca completamente oscurata è esposta improvvisamente alla luce, ad es. quando viene scoperta. La condizione ideale è con la luce naturale indiretta con un ombreggiamento, così da prevenire la crescita delle alghe ed evitare cause di stress per i pesci. Si raccomanda inoltre di gestire e raccogliere il pesce con la luce oscurata per ridurre al minimo lo stress.

TABLE 7.1

Water quality parameters, feed requirement and expected growth rates for seven commercial aquatic species commonly used in aquaponics

Species	Temperature (°C)		Total ammonia nitrogen (mg/litre)	Nitrite (mg/litre)	Dissolved oxygen (mg/litre)	Crude protein in feed (%)	Growth-rate (Grow-out stage)
	Vital	Optimal					
Common carp <i>Cyprinus carpio</i>	4–34	25–30	< 1	< 1	> 4	30–38	600 grams in 9–11 months
Nile tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	14–36	27–30	< 2	< 1	> 4	28–32	600 grams in 6–8 months
Channel catfish <i>Ictalurus punctatus</i>	5–34	24–30	< 1	< 1	> 3	25–36	400 grams in 9–10 months
Rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i>	10–18	14–16	< 0.5	< 0.3	> 6	42	1 000 grams in 14–16 months
Flathead mullet <i>Mugil cephalus</i>	8–32	20–27	< 1	< 1	> 4	30–34	750 grams in 9–11 months
Giant river prawn <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	17–34	26–32	< 0.5	< 2	> 3	35	30 grams in 4–5 months
Barramundi <i>Lates calcarifer</i>	18–34	26–29	< 1	< 1	> 4	38–45	400 grams in 9–10 months

7.4 Scelta della specie di pesce

Diverse specie di pesci hanno registrato ottimi tassi di crescita negli impianti acquaponici. Tra le specie adatte per l'agricoltura acquaponica vi sono: la tilapia, la carpa comune, la carpa argentata, la carpa erbivora, il barramundi, il pesce persico di giada, il pesce gatto, la trota, il salmone, il merluzzo Murray, e il persico trota (boccalone o black bass). Alcune di queste specie, che sono disponibili in tutto il mondo e crescono particolarmente bene in impianti acquaponici, sono trattate in modo più dettagliato nei paragrafi seguenti.

Nella pianificazione di un impianto acquaponico è fondamentale valutare la disponibilità da fornitori locali affidabili di pesce sano. Alcuni pesci d'allevamento sono stati introdotti in zone al di fuori del loro habitat naturale, come ad esempio la tilapia e un certo numero di specie di carpe e pesci gatto. Molte di queste introduzioni sono state originate da attività di acquacoltura. È inoltre importante conoscere i regolamenti locali che disciplinano l'importazione di tutte le nuove specie. Specie alloctone (cioè non native di un certo posto) non dovrebbero mai essere rilasciate nei corsi d'acqua. È opportuno contattare le autorità di vigilanza locali per ulteriori informazioni riguardanti le specie invasive e specie autoctone adatte per l'agricoltura

La tilapia

Principali tipologie commerciali:

Tilapia Blu (*Oreochromis aureus*)

Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

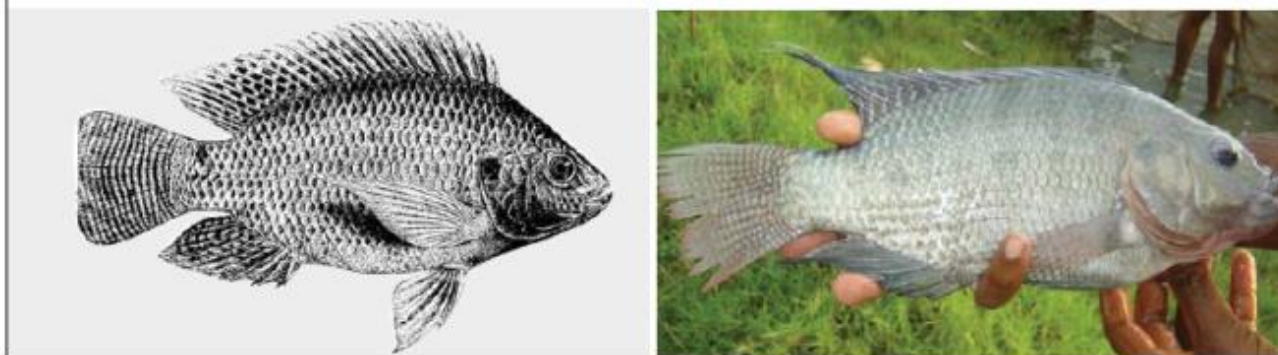
Tilapia del Mozambico (*Oreochromis mossambicus*)

Vari ibridi nati dalla combinazione di queste tre specie.

Descrizione

Originaria dell'Africa orientale, la tilapia è una delle specie d'acqua dolce più popolari per l'allevamento in sistemi di acquacoltura in tutto il mondo (Figura 7.6).

FIGURE 7.6
Line drawing and photograph of a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)



Le Tilapie sono resistenti a molti patogeni e parassiti e allo stress dovuto agli interventi umani di gestione, possono tollerare una vasta gamma di condizioni di qualità dell'acqua e sono perfettamente adattate alle alte temperature. Le tilapie tollerano per brevi periodi l'acqua a temperature estreme di 14 e 36 °C, non si nutrono o si sviluppano al di sotto 17 °C, e muoiono sotto i 12 °C. Il range di temperatura ideale è 27-30 °C, ciò assicura buoni tassi di crescita. Per tale motivo nei climi temperati le tilapie possono non essere appropriate nelle stagioni invernali se l'acqua non viene riscaldata. Un metodo alternativo per i climi freddi è quello di allevare più specie durante tutto l'anno: allevamento di tilapie durante le stagioni più calde e di carpe e trote durante l'inverno. In condizioni ideali le tilapie possono crescere da avannotti di 50 g a pezzatura di consumo (500 g) in circa 6 mesi.

Le tilapie sono onnivore, il che significa che hanno un'alimentazione che comprende tanto sostanze di origine animale quanto di origine vegetale esse sono dunque le candidate ideali per sperimentare molti degli alimenti alternativi, riportate nella Sezione 9.1.2.

Le tilapie sono state alimentate con lenticchia d'acqua, *Azolla spp.*, *Moringa olifera* e altre piante ad alto contenuto proteico, ma bisogna aver cura di offrire loro un alimento bilanciato, cioè nutrizionalmente completo, per un pieno sviluppo. Le tilapie mangiano altri pesci, soprattutto i loro piccoli; quando sono in condizioni di allevamento le tilapie devono essere tenute separate secondo la taglia. Mentre le tilapie di dimensioni inferiori di 15 cm mangiano i pesci più piccoli, quando sono più grandi di 15 cm sono generalmente troppe lente e cessano di essere un problema.

Le tilapie sono facili da allevare in sistemi acquaponici su piccola scala o di medie dimensioni. Anche se maggiori informazioni sono disponibili nella sezione degli approfondimenti bibliografici, di seguito si forniscono ulteriori elementi per poter allevare le tilapie. Un metodo è quello di utilizzare un grande sistema acquaponico per la fase di ingrasso e due acquari separati più piccoli per ospitare i riproduttori e avannotti.

Piccoli sistemi acquaponici separati possono essere utilizzati per gestire la qualità dell'acqua in queste vasche separate ma possono non essere necessari nel caso vi sia una bassa densità di allevamento. I pesci riproduttori sono adulti selezionati appositamente, che non vengono allevati per il consumo e sono scelti come esemplari sani e adatti alla riproduzione. Le tilapie riproducono facilmente, specialmente dove l'acqua è calda, ossigenata, vi sia la presenza di alghe, il bacino sia ombreggiato, e l'ambiente calmo e tranquillo. Un substrato roccioso sul fondo incoraggia costruzione del nido. Il rapporto ottimale tra maschi e femmine è di 2 maschi ogni 6-10 femmine, ciò incoraggia la deposizione delle uova. Le uova di tilapia e i piccoli avannotti trovano talvolta riparo nelle bocche delle femmine o nuotano in superficie. Questi avannotti devono essere trasferiti in vasche di allevamento fin degli stadi giovanili, assicurandosi che non siano presenti avannotti più grandi che li potrebbero mangiare in queste vasche rimarranno fino a quando non saranno abbastanza grandi per entrare nella vasca principale di allevamento.

Le tilapie possono essere aggressive, soprattutto se allevate in condizioni di bassa densità, perché i maschi sono territoriali pertanto, i pesci devono essere tenuti ad alte densità nei vasche di crescita. Alcune aziende agricole utilizzano solo i pesci di sesso maschile nelle vasche di accrescimento; negli allevamenti con maschi della stessa età i pesci si sviluppano di più e più velocemente perché i

maschi non hanno necessità di utilizzare energie nello sviluppo delle ovaie e non interrompono l'alimentazione quando arriva il periodo della deposizione delle uova come per le femmine. Inoltre il tasso di crescita nelle vasche di soli soggetti maschi non si riduce a causa della competizione per il cibo con gli avannotti che sono prodotti in continuazione se maschi e femmine sessualmente maturi sono lasciati crescere insieme.

Lotti monosessuali di tilapia maschio possono essere ottenuti attraverso un trattamento ormonale o sessaggio a mano degli avannotti. Nel primo caso, gli avannotti vengono alimentati con una alimentazione arricchita di testosterone durante le loro prime tre settimane di vita. Alti livelli di ormone nel sangue causano un'inversione di sesso negli avannotti femminili. Questa tecnica, ampiamente utilizzata in Asia e in America ma non in Europa (a causa di differenti normative), consente agli agricoltori di allevare tilapia maschio delle stesse dimensioni nelle vasche per evitare eventuali problemi di deposizione delle uova e la riduzione della crescita a causa della concorrente alimentazione con i giovani.

Il sessaggio manuale consiste semplicemente nel separare i maschi dalle femmine, cercando la loro papilla genitale, quando i pesci sono di circa 40 g o più; il processo di identificazione è abbastanza semplice. Nella regione anale i maschi hanno un'unica apertura mentre le femmine hanno due fessure. Lo sfiato della femmina è più a "C", mentre nei maschi la papilla è più triangolare. Quando i pesci diventano più grandi, alcune caratteristiche secondarie possono aiutare ad identificare i maschi dalle femmine. I pesci di sesso maschile hanno teste più grandi, con una più marcata regione frontale, una gobba posteriore e caratteristiche più squadrate. Le femmine sono più lucide e hanno teste più piccole. Inoltre, il comportamento del pesce può indicare il sesso perché i maschi inseguono altri maschi per scacciarli e poi corteggiare le femmine. Il sessaggio a mano può essere eseguito per un piccolo numero di pesci, anche se non richiede molto tempo. Tuttavia questa tecnica potrebbe non essere pratica nei sistemi di larga scala a causa del gran numero di pesce allevati. In ogni caso tilapia di entrambi i sessi possono essere allevati in vasche insieme fino a che i pesci non raggiungono la maturità sessuale all'età di cinque mesi. Anche se le femmine sono relativamente poco efficienti, non causano problemi con la deposizione delle uova e possono essere raccolte attorno ai 200 grammi, lasciando che i maschi crescano ulteriormente

La carpa

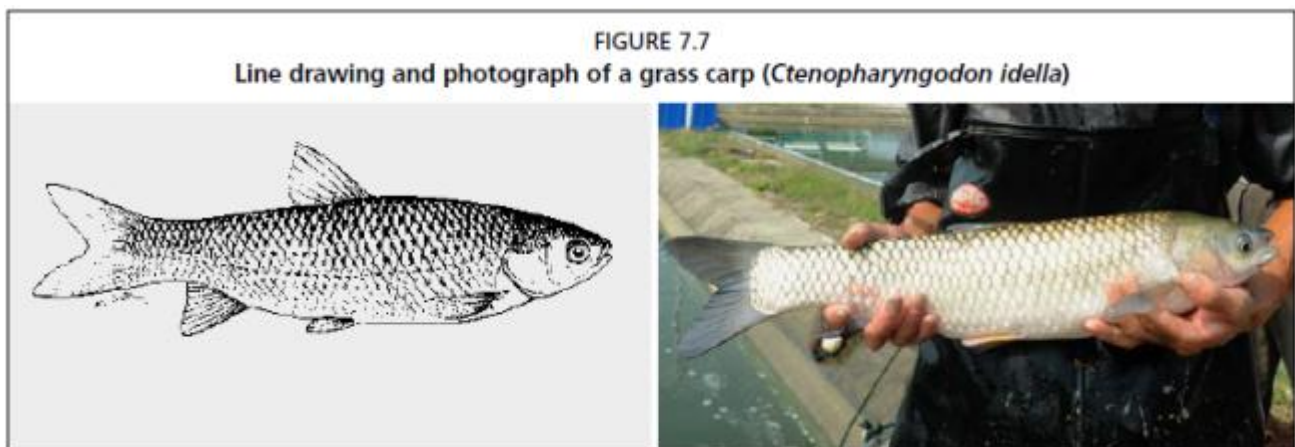
Carpa comune (*Cyprinus carpio*)

Carpa testa grossa (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella*)

Descrizione

Originarie dell'Europa orientale e dell'Asia, le carpe sono attualmente le specie di pesci più allevate a livello globale (Figura 7.7).



Le carpe, come le tilapie, sono tolleranti a livelli relativamente bassi di ossigeno disciolto e alla cattiva qualità dell'acqua, ma hanno una tolleranza molto più elevata alla temperatura dell'acqua. La carpa può sopravvivere a temperature fino a 4 °C e fino 34 °C il che le rende una scelta ideale per impianti acquaponici sia in regioni temperate che tropicali. I migliori tassi di crescita sono

ottenuti quando le temperature sono comprese tra 25 °C e 30 °C. In queste condizioni, può crescere da avannotto alla dimensione di raccolta (500-600 g) in meno di un anno (10 mesi). I tassi di crescita diminuiscono drasticamente con temperature inferiori a 12 °C. Le carpe maschio sono più piccole rispetto alle femmine, ma in ogni caso possono crescere fino a 40 kg e 1-1,2 m di lunghezza in natura.

In natura, le carpe sono onnivore e si nutrono di una vasta gamma di alimenti hanno una preferenza per l'alimentazione di invertebrati come insetti acquatici, insetti, larve, vermi, molluschi e zooplancton. Alcune specie di carpa erbivora mangiano anche i gambi, le foglie e i semi di piante acquatiche e terrestri, così come la vegetazione in decomposizione.

Le carpe allevate possono essere facilmente abituate a mangiare mangime galleggiante (pellet). I migliori avannotti di carpa sono ottenuti da incubatoi e strutture di allevamento dedicate. La procedura per ottenere avannotti è più complicata di quella usata per la tilapia perché la deposizione delle uova nelle carpe femmine è indotta da un'iniezione di ormoni, una tecnica che richiede una buona conoscenza della fisiologia dei pesci ed esperienza.

Le carpe possono essere allevate facilmente in un sistema policolturale come è stato fatto per secoli. Questo metodo consiste principalmente nell'allevamento congiunto di pesci erbivori (carpa erbivora), pesci planctivori (carpa a specchio) e pesci onnivori/detritivori (carpa comune), in modo da coprire tutte le nicchie trofiche. Nei sistemi acquaponici la combinazione di queste tre specie, o almeno della carpa erbivora con la carpa comune, si tradurrebbe in un migliore utilizzo del cibo, perché le specie insieme utilizzerebbero al meglio i residui di pellet e delle colture vegetali, andando a cercare i rifiuti accumulati sul fondo della vasca. Anche la messa a disposizione dei pesci di radici e di altri residui del prodotto vegetale raccolto sarebbe estremamente vantaggiosa per la reimmissione dei nutrienti nel sistema acquaponico, perché la loro digestione verrebbe fatta dai pesci e la successiva mineralizzazione dei rifiuti restituirebbe alle piante la maggior parte dei micronutrienti.

Altre specie di carpa (pesci ornamentali)

Pesci rossi o carpe koi sono prodotti principalmente per l'industria dei pesci ornamentali piuttosto che per l'alimentazione.

Questi pesci hanno anche un'elevata tolleranza a differenti condizioni dell'acqua e pertanto sono buoni candidati per un sistema acquaponico.

Possono essere venduti a privati o a rivenditori e, potenzialmente, spuntano prezzi più elevati.

Le carpe Koi e altri pesci ornamentali sono la scelta adottata dai coltivatori acquaponici vegetariani.

Al di là delle caratteristiche climatiche e dei problemi di gestione dei pesci, la scelta della carpa come specie da allevare in acquaponica dovrebbe seguire una analisi costi-benefici che tenga in considerazione la convenienza dell'allevamento di questo pesce che, dal momento che ha più lisce, generalmente spunta i prezzi di mercato più bassi rispetto alle altre specie.



7.4.3 Pesce gatto

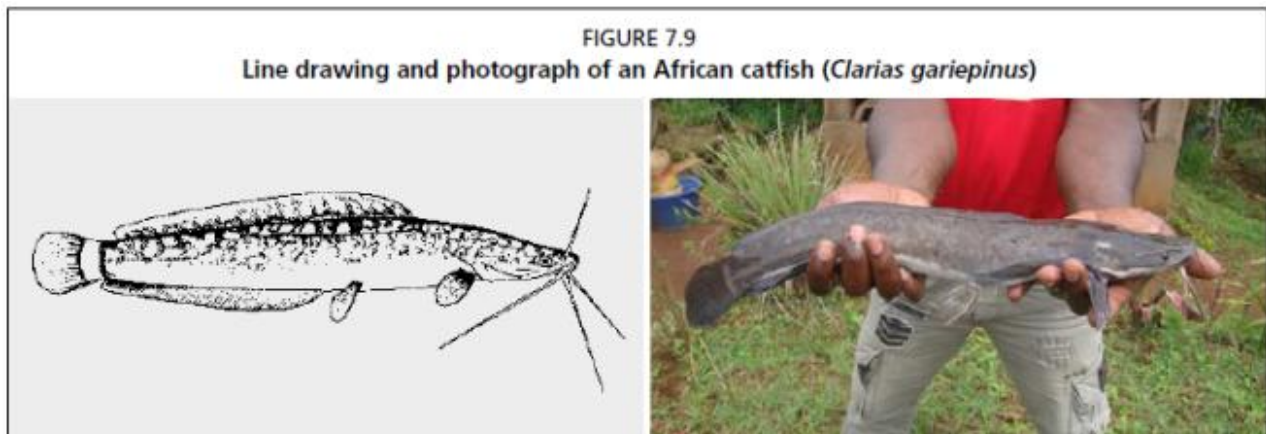
Principali tipologie commerciali:

Pesce gatto punteggiato (*Ictalurus punctatus*)

Pesce gatto africano (*Clarias gariepinus*)

Descrizione

Quello dei pesci gatto è un gruppo estremamente resistente ad ampie oscillazioni in fatto di DO, temperatura, e pH (Figura 7.9).



I pesci gatto sono anche resistenti a molte malattie e parassiti, ciò li rende ideali per l'acquacoltura. I pesci gatto possono anche essere facilmente allevati a densità molto elevate, fino a 150 kg/m^3 . Queste densità richiedono una filtrazione meccanica completa e una rimozione dei solidi superiore a quella trattata in questa pubblicazione. Il pesce gatto africano è uno dei molti pesci della famiglia *Clariidae*. Queste specie sono dotate di una alta capacità respiratoria che li rende ideali per l'acquacoltura e l'acquaponica poiché anche in caso di cali di ossigeno improvvisi e repentini non si verificherebbe mortalità tra i pesci. I pesci gatto sono le specie più semplici per chi inizia con l'acquaponica o per gli impianti situati in aree dove la fornitura di energia elettrica non è affidabile. Per l'elevata tolleranza a bassi livelli di DO e alti livelli di ammoniaca, i pesci gatto possono essere allevati a densità più elevate, a condizione che vi sia adeguata filtrazione meccanica. Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti, vale la pena notare che i rifiuti solidi sospesi prodotti dai pesci gatto e disciolti nell'acqua sono meno voluminosi rispetto a quelli della tilapia, un fattore che facilita un maggiore livello di mineralizzazione. Come la tilapia, i pesci gatto crescono meglio in acqua tiepida e preferiscono una temperatura di $26 \text{ }^\circ\text{C}$; ma nel caso del pesce gatto africano la crescita si ferma sotto $20\text{-}22 \text{ }^\circ\text{C}$.

La fisiologia del pesce gatto è diversa da altri pesci, in quanto possono tollerare livelli elevati di ammoniaca, ma, secondo la recente letteratura, le concentrazioni di nitrati superiori 100 mg/litro possono ridurre il loro appetito.

I pesci gatto sono pesci bentonici, nel senso che occupano solo la parte inferiore del serbatoio, ciò può causare difficoltà per allevamenti ad alte densità perché non si diffondono attraverso l'intera colonna d'acqua. In vasche sovraffollate, i pesci gatto possono ferirsi vicendevolmente con le loro spine. Quando si alleva il pesce gatto, una possibilità è quella di utilizzare una vasca con uno sviluppo dello spazio maggiormente in orizzontale rispetto allo spazio verticale, consentendo in tal modo al pesce di distribuirsi sul fondo.

In alternativa, molti agricoltori allevano il pesce gatto con un'altra specie di pesci che utilizzano la parte superiore della vasca, comunemente il pesce persico o tilapia. I pesci gatto possono essere addestrati a mangiare pellets galleggianti.

7.4.4 Trota

Principale varietà commerciale:

Trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*)

Descrizione

Le trote sono pesci carnivori di acqua fredda che appartengono alla famiglia dei salmonidi (Figura 7.10).

FIGURE 7.10
Line drawing and photograph of a Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)



Tutte le trote richiedono acqua più fredda rispetto alle altre specie precedentemente citate, preferendo temperature tra 10-18 °C con una temperatura ottimale di 15 °C. La trota iridea è ideale per impianti acquaponici in regioni a clima nordico o temperato, soprattutto in inverno. I tassi di crescita diminuiscono significativamente se le temperature aumentano oltre i 21 °C; sopra questa temperatura le trote non sono in grado di utilizzare correttamente l'ossigeno disciolto, anche se questo è disponibile. Le trote richiedono una dieta più ricca di proteine rispetto alla carpa e alla tilapia, il che significa una maggiore quantità di azoto disponibile nell'acqua in relazione ai nutrienti introdotti nella vasca. Ciò consente una maggiore superficie coltivabile di verdure pur mantenendo sistema acquaponico equilibrato. Le trote hanno una tolleranza alla salinità molto elevata e molte varietà possono sopravvivere in acqua dolce, acqua salmastra e ambienti marini. In generale le trote richiedono una migliore qualità delle acque rispetto alle tilapie o alle carpe, con particolare riguardo a DO e all'ammoniaca. Un acquacoltura di successo con le trote richiede anche il monitoraggio frequente della qualità delle acque, così come sistemi di pompe per aria e acqua con funzioni di backup.

La trota iridea è la specie di trota più comunemente allevata in sistemi di acquacoltura negli Stati Uniti d'America e Canada e in gabbie marine o vasche a flusso continuo e stagni nell'Europa centrale o del Nord (Norvegia, Scozia), in alcune parti del Sud America (Cile, Perù), in molte aree montane tropicali e subtropicali di Africa e Asia (Repubblica Islamica dell'Iran, Nepal, Giappone) e in Australia. Le trote iridee sono allungate, con una livrea puntinata sulle tonalità di solito blu-verdi sulla parte superiore con una striscia rossa sui lati. Le trote possono anche essere raccolte e rilasciate in torrenti e laghi per integrare le prede per la pesca sportiva.

Le trote richiedono una dieta ricca di proteine con una buona quantità di grassi. Le trote sono considerate un "pesce grasso", con una quantità elevata di vitamina A, vitamina D e acidi grassi omega-3, che le rende una scelta eccellente per il consumo familiare. Per questo motivo in alcuni mercati le trote spuntano prezzi più elevati, ma richiedono diete relativamente ricche di olio di pesce.

7.4.5 Persico trota

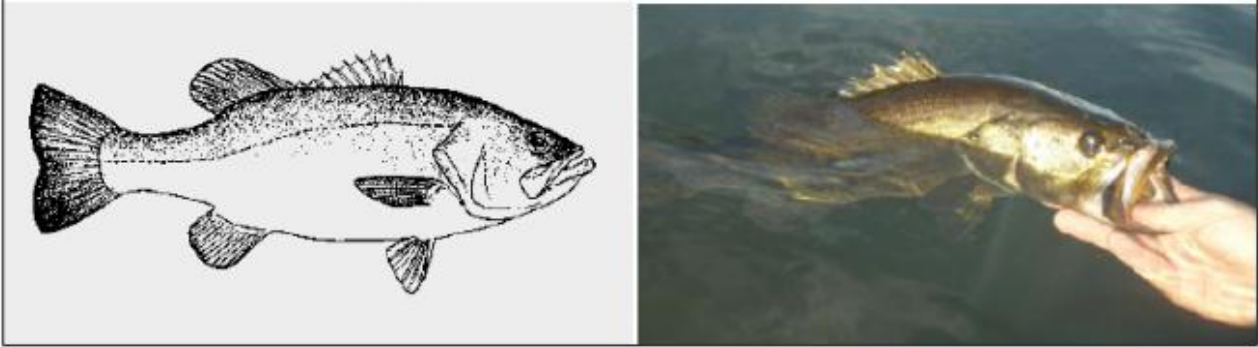
Principale tipo commerciale:

Persico trota (*Micropterus salmoides*)

Descrizione

I Persici trota sono originari del Nord America, ma sono ampiamente diffuse in tutto il mondo, e si possono trovare in molti corpi d'acqua e laghetti (Figura 7.11).

FIGURE 7.11
Line drawing and photograph of a largemouth bass (*Micropterus salmoides*)



Essi appartengono all'ordine dei perciformi che comprende anche la spigola striata, il bass australiano, la spigola, e molti altri.

Il persico trota tollera un ampio intervallo di temperature, cesserà solo di crescere a meno di 10 °C o sopra i 36 °C; smette infatti di alimentarsi a temperature inferiori a 10 °C. Le temperature di crescita ottimali sono nella gamma di 24-30 °C in tutti gli stadi di sviluppo. I persici trota tollerano bassi livelli di DO e pH, anche se per un buon assorbimento del cibo il DO ottimale dovrebbe essere superiore a 4 mg/litro.

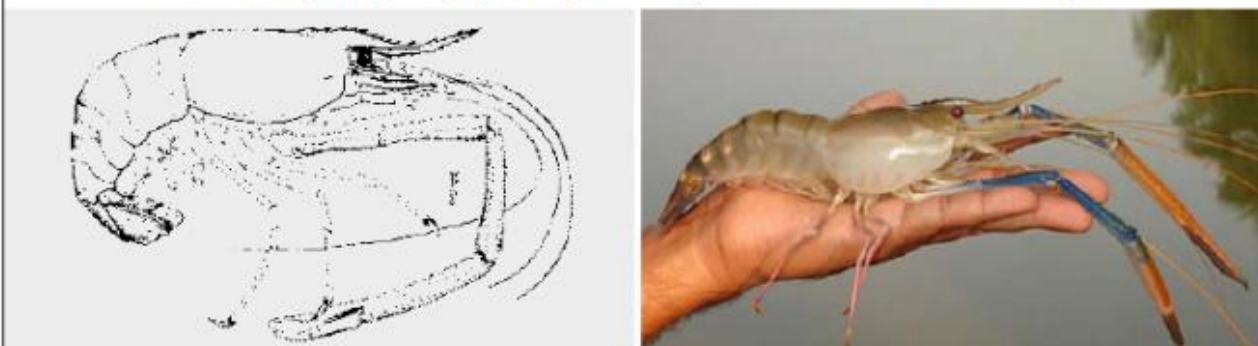
I persici trota preferiscono acqua pulita con una concentrazione di solidi sospesi meno di 25 mg/litro, ma la crescita è stata valutata soddisfacente anche in stagni con torbidità fino a 100 mg/litro. Come la trota, il persico trota è un pesce carnivoro e chiede diete ricche di proteine. Dunque i persici trota devono essere allevati tutti più o meno della stessa dimensione per evitare la predazione del novellame da parte dei pesci più grandi. I tassi di crescita sono fortemente dipendenti dalla temperatura e dalla qualità dei mangimi; nei climi temperati la maggior parte della crescita si ottiene durante le stagioni più calde (tarda primavera, estate e inizio autunno). Grazie alla elevata tolleranza a insufficienti livelli di DO così come alla sua buona resistenza ad alti livelli di nitriti, il persico trota è una scelta eccellente per gli agricoltori acquaponici, in particolare per coloro che non possono cambiare specie nelle stagioni fredde e in quelle calde. Sono stati fatti tentativi per l'allevamento di questa specie in policoltura con la tilapia. Dal punto di vista nutrizionale, il persico trota contiene livelli relativamente elevati di acidi grassi omega-3 rispetto ad altri pesci d'acqua dolce.

7.4.6 Gamberi

Descrizione

Il termine di gamberi si riferisce ad un gruppo molto eterogeneo di decapodi d'acqua dolce crostacei con lunghi addomi muscolari stretti, antenne lunghe e gambe sottili (Figura 7.12).

FIGURE 7.12
Line drawing and photograph of a giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)



Questi crostacei possono trovare cibo sul fondo delle linee costiere e negli estuari, nonché nei sistemi di acqua dolce. Di solito vivono da uno a sette anni e la maggior parte delle specie sono onnivori. Comunemente sono chiamati gamberi e gamberetti, rispettivamente, specie di acqua salata e di acqua dolce, anche se questi nomi sono spesso confusi, soprattutto in campo culinario.

I gamberi possono essere una grande opportunità aggiuntiva in un sistema acquaponico. Consumano il cibo non consumato dal pesce, scarti di pesce e qualsiasi materiale organico che trovano in acqua o sul fondo. In questo modo essi aiutano a pulire e a mantenere in salute il sistema e accelerano la decomposizione del materiale organico. In un sistema acquaponico è meglio far crescere insieme gamberetti e pesce. Il pesce occupa la parte centrale della colonna d'acqua giacché i gamberetti non possono essere coltivati in densità particolarmente elevate perché sono molto territoriali, quindi hanno bisogno di una significativa quantità di spazio laterale; la superficie orizzontale determina il numero di individui che possono essere allevati, anche se strati sovrapposti di rete possono aumentare la superficie e aumentare la quantità.

Alcuni sistemi in policoltura con la tilapia sono stati testati con vario grado di successo, anche se il numero di individui che può essere allevato è basso. La maggior parte dei gamberi hanno esigenze simili, che comprendono acqua dura, temperature calde (24-31 °C) e una buona qualità delle acque, ma le condizioni devono essere adattate alla particolare specie coltivata.

In condizioni ideali, i gamberi hanno un ciclo di crescita di quattro mesi, significa che è teoricamente possibile ottenere tre raccolti all'anno. Le post-larve di gambero devono essere acquistate da un vivaio. Il ciclo larvale dei gamberi è piuttosto complesso, e richiede un attento monitoraggio della qualità delle acque e dei mangimi speciali. Sebbene possibile su piccola scala, l'allevamento di gamberi è consigliato solo per gli esperti. Poiché possono mangiare le radici delle piante, i gamberi devono essere allevati solo nelle vasche dei pesci.

7.5 Acclimatazione di nuovi pesci

L'introduzione di nuovi pesci nelle vasche di allevamento può essere un processo che genera elevati di stress nei pesci stessi, in particolare a causa del trasporto da un luogo ad un altro in sacchetti o piccoli serbatoi (Figura 7.13).



È importante cercare di eliminare il maggior numero possibile di fattori di stress che possono essere causa di mortalità. Ci sono due fattori principali causa di stress durante l'acclimatazione dei pesci: i cambiamenti di temperatura e quelli di pH tra l'acqua originale e la nuova acqua; questi fattori devono essere il più possibile minimizzati.

Idealmente il pH dell'acquacoltura e dell'acqua di trasporto dovrebbero essere controllati. Se il valori di pH hanno una differenza tra loro superiore a 0,5 unità il pesce avrà bisogno di almeno 24 ore per adeguarsi.

Mantenete il pesce in un piccolo serbatoio dotato di areazione con la loro acqua originale e aggiungete lentamente l'acqua della nuova vasca nel corso di una giornata. Anche se i valori di pH dei due ambienti sono abbastanza vicini, il pesce avrà ugualmente bisogno di acclimatarsi. Il metodo migliore per farlo è quello di consentire lentamente alla temperatura di equilibrarsi facendo galleggiare in acquacoltura i sacchetti di trasporto sigillati contenenti il pesce. Questo dovrebbe

essere fatto per almeno 15 minuti, trascorsi i quali l'acqua di trasporto dovrebbe aver raggiunto la stessa temperatura di quella di allevamento consentendo al pesce di acclimatarsi gradualmente.

7.6 Salute e la malattie dei pesci

Il modo più importante per mantenere pesci sani in qualsiasi sistema di acquacoltura è quello di monitorare e osservarli tutti i giorni, notando il loro comportamento e l'aspetto fisico.

Normalmente ciò va fatto prima, durante e dopo la somministrazione del mangime. Mantenere una buona qualità dell'acqua, con riferimento a tutti i parametri di cui si è detto in precedenza, rende il pesce più resistente a parassiti e malattie, consentendo al sistema immunitario naturale dei pesci di combattere le infezioni. Questa sezione tratta brevemente gli aspetti chiave della salute dei pesci, così come i metodi pratici per riconoscere il pesce non in buona salute e prevenire le malattie.

Questi aspetti chiave sono:

- osservare giornalmente il comportamento dei pesci e il loro aspetto, rilevando eventuali modifiche.
- Comprendere i segni ed i sintomi di stress, malattie e parassiti.
- Mantenere un ambiente privo di stress, con una buona e costante qualità dell'acqua, adatta alla specie.
- Utilizzare densità di allevamento e rapporti di alimentazione consigliati.

7.6.1 La salute dei pesci e il loro benessere

Il principale indicatore del benessere dei pesci è il loro comportamento. Al fine di mantenere in buona salute il pesce, è importante riconoscere il comportamento del pesce sano nonché i segni di stress, malattie e parassiti. Il momento migliore per osservare i pesci è durante la sua alimentazione quotidiana, prima e dopo l'aggiunta del mangime, notando la quantità di alimentazione che viene consumata. Il pesce sano manifesta il seguente comportamento:

- le pinne sono distese e la coda è diritta.
- Il nuoto è normale con un comportamento elegante. Assenza di segni di letargia. Anche se i pesci gatto spesso dormono sul fondo fino a quando si svegliano e cominciano ad alimentarsi.
- Forte appetito e assenza di timidezza nei confronti dell'alimentatore.
- Nessun segno lungo il corpo. Nessuno scoloritura, chiazza, striatura o linea.
- Nessuno sfregamento lungo i lati della vasca.
- Assenza di boccheggi in superficie alla ricerca di aria.
- Occhi lucidi e vispi.

7.6.2 Stress

Lo stress è stato citato più volte in questa pubblicazione e merita una particolare attenzione. Generalmente, lo stress è una risposta fisiologica del pesce quando vive in condizioni non ottimali. Sovraffollamento, temperatura o pH errati, bassa quantità di DO e alimentazione inadeguata sono tutte cause di stress (Tabella 7.2). In queste condizioni l'organismo dei pesci deve lavorare di più per superare le situazioni sfavorevoli, con una conseguente depressione del sistema immunitario. Con un sistema immunitario depresso, la capacità dei pesci di guarire e di scongiurare le malattie è affievolita. Lo stress nel pesce può essere effettivamente misurato monitorando alcuni ormoni. Lo stress è uno stato generale che da solo non uccide i pesci, tuttavia, se i pesci sono stressati per un periodo prolungato, svilupperanno inevitabilmente malattie causate da vari batteri, funghi e/o parassiti. Evitare lo stress per quanto possibile e fare attenzione ai diversi fattori che possono essere la sua concausa.

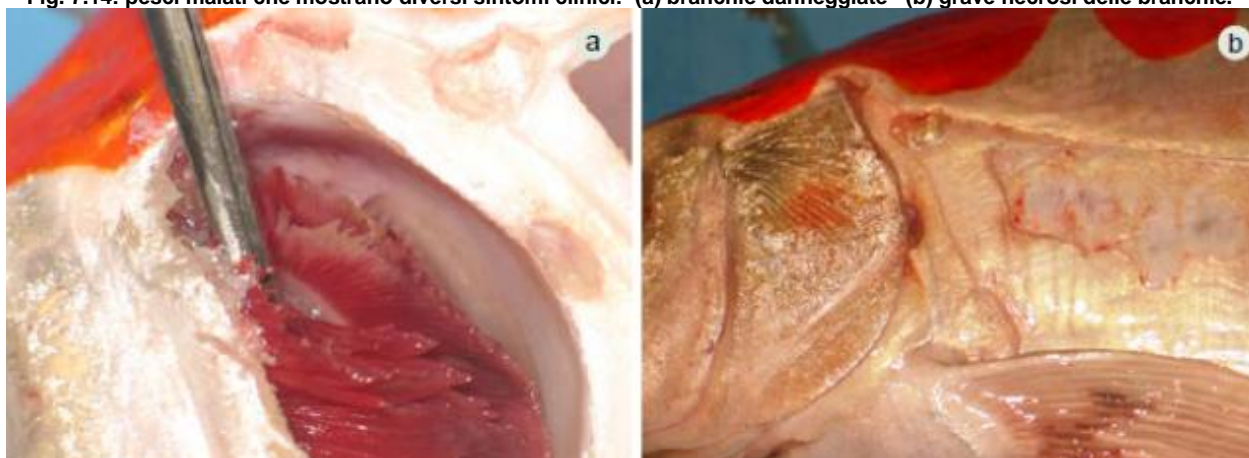
TABLE 7.2
Causes and symptoms of stress in fish

Causes of stress	Symptoms of stress
Temperature outside of range, or fast temperature changes	Poor appetite
pH outside of range, or fast pH changes (more than 0.3/day)	Unusual swimming behaviour, resting at surface or bottom
Ammonia, nitrite or toxins present in high levels	Rubbing or scraping the sides of the tank, piping at surface, red blotches and streaks
Dissolved oxygen is too low	Piping at surface
Malnourishment and/or overcrowding	Fins are clamped close to their body, physical injuries
Poor water quality	Fast breathing
Poor fish handling, noise or light disturbance	Erratic behaviour
Bullying companions	Physical injuries

7.6.3 Malattie dei pesci

La malattia è sempre il risultato di uno squilibrio tra i pesci, il patogeno/agente causale e l'ambiente. La debolezza dell'animale e una maggiore presenza del patogeno, in certe condizioni scatenano la malattia. Adeguate pratiche di gestione del pesce che determinino un sano sistema di difesa sono le principali attività per garantire la buona salute dell'allevamento. Pertanto, un adeguato controllo ambientale è altrettanto essenziale sia per evitare lo stress nel pesce sia per la riduzione dell'incidenza dei patogeni. Le malattie sono infatti causate da entrambi i fattori, abiotici e biotici. Nei capitoli precedenti i parametri di qualità l'acqua sono già stati indicati come fattori determinanti per evitare i disturbi metabolici e la mortalità. Anche il controllo delle condizioni climatiche e dei contaminanti può evitare molte infezioni occasionali. Le caratteristiche intrinseche dei sistemi di ricircolo rendono gli impianti acquaponici meno esposti all'introduzione di patogeni e a focolai di malattie, a causa di un migliore controllo degli ingressi e della gestione dei parametri chiave dell'acqua e dell'ambiente. Nel caso di ingresso d'acqua da corpi idrici superficiali la semplice filtrazione a sabbia è in grado di proteggere il sistema acquaponico da qualsiasi possibile parassita o dall'introduzione di batteri patogeni. Analogamente, l'eliminazione di lumache e piccoli crostacei, così come impedire l'accesso o la contaminazione da parte di animali e uccelli, può contribuire ad evitare i problemi di parassiti e di una possibile contaminazione batterica.

Fig. 7.14: pesci malati che mostrano diversi sintomi clinici: (a) branchie danneggiate (b) grave necrosi delle branchie.



I tre principali gruppi di agenti patogeni che causano le malattie nei pesci sono funghi, batteri e parassiti. Tutti questi agenti patogeni possono facilmente entrare in un sistema di acquacoltura dall'ambiente, quando si aggiungono nuovi pesci o nuova acqua. La prevenzione è di gran lunga il modo migliore per evitare le malattie nei pesci. L'osservazione quotidiana dei pesci e la

sorveglianza permette di individuare rapidamente la malattia che può essere trattata tempestivamente per evitare che tutto il pesce si infetti (figura 7.14).

Le possibilità di trattamento in un piccolo impianto acquaponico sono limitate, occorre dunque prevenire le malattie per quanto possibile.

Prevenzione delle malattie

L'elenco che segue illustra alcune azioni chiave per la prevenzione delle malattie e riassume importanti suggerimenti per la coltivazione di pesci in acquaponica:

- Acquistare avannotti sani da un vivaio affidabile e professionale.
- Non aggiungere mai il pesce malato al sistema. Esaminare i nuovi pesci per individuare eventuali segni di malattia.
- È consigliabile, in alcuni casi, una quarantena per i nuovi pesci in una vasca di isolamento per 45 giorni prima di aggiungerli al sistema principale.
- Se possibile e necessario, trattare i nuovi pesci con un bagno di sale (descritto sotto) per rimuovere i parassiti o trattare alcune infezioni in fase iniziale.
- Assicurarsi che la fonte di acqua abbia un'origine affidabile e utilizzare un metodo di sterilizzazione se proviene da un pozzo (qualora sia poco sicuro) o da corpi d'acqua superficiali. Rimuovere il cloro dall'acqua se la fonte è un acquedotto comunale.
- Mantenere i parametri chiave della qualità dell'acqua a livelli ottimali in ogni momento.
- Evitare bruschi cambiamenti di pH, ammoniaca, DO e temperatura.
- Garantire un'adeguata filtrazione biologica per evitare l'accumulo di ammoniaca o nitriti.
- Provvedere ad una sufficiente aerazione per mantenere i livelli di DO adeguati.
- Alimentare il pesce con una dieta equilibrata e nutriente.
- Tenere il mangime per pesci in un luogo asciutto, fresco e buio per evitare che ammuffisca.
- Assicurarsi che le fonti di cibo vivo siano prive di agenti patogeni e senza parassiti. Il cibo di origine non verificabile deve essere pastorizzato o sterilizzato.
- Togliere alimenti non consumati e qualsiasi fonte di inquinamento organico dalla vasca.
- Assicurarsi che la vasca del pesce sia schermata dalla luce solare diretta, ma non sia completamente all'oscurità.
- Impedire l'accesso di uccelli, lumache, anfibi e roditori che possono essere vettori di agenti patogeni o parassiti.
- Non lasciate che animali domestici accedano alla zona di produzione.
- Seguire sempre le normali procedure igieniche come lavarsi le mani, pulire o sterilizzare le attrezzature.
- Non consentire ai visitatori di toccare l'acqua e il pesce senza aver adottato adeguate procedure di igiene.
- Utilizzare un retino da pesce per ogni vasca per impedire la contaminazione incrociata di malattie o parassiti.
- Evitare rumori forti, luci tremolanti o vibrazioni vicino alla vasca dei pesci.

Riconoscere le malattie

Le malattie possono verificarsi anche nel caso in cui siano messe in atto tutte le tecniche di prevenzione sopra elencate. È importante rimanere vigili e sorvegliare e osservare il comportamento di pesce ogni giorno per riconoscere le malattie alla comparsa dei primi sintomi. Di seguito sono elencati alcuni segnali fisici e comportamentali che fungono da indicatori di stati

patologici. Per un elenco più dettagliato di sintomi e rimedi più specifici si rimanda all'Appendice 3.

Segni esterni di malattia:

- ulcere sulla superficie del corpo, macchie scolorite, macchie bianche o nere
- pinne sfrangiate
- necrosi di branchie e pinne e degrado
- configurazione corpo anormale, della colonna vertebrale storta, mascelle deformi
- addome e aspetto gonfio
- lesioni somiglianti a cotone sul corpo
- occhi sporgente (exophthalmia)

Segni comportamentali di malattia:

- scarso appetito, cambiamenti nelle abitudini alimentari
- letargia, diversi stili natatori, svogliatezza
- strana posizione in acqua, la testa o la coda verso il basso, difficoltà nel mantenere il galleggiamento
- boccheggiamento in superficie
- sfregamento contro oggetti

Malattie da fattori abiotici

La maggior parte dei decessi in acquaponica non sono causate da agenti patogeni, ma piuttosto da cause abiotiche che sono da porre in relazione con la qualità dell'acqua o la presenza di fattori di tossicità. Tuttavia, tali agenti possono indurre infezioni occasionali che possono verificarsi facilmente nel pesce malsano o stressato. L'identificazione di queste cause può anche aiutare l'agricoltore acquaponico a distinguere tra malattie metaboliche e malattie patologiche e portare così all'identificazione delle cause e dei rimedi. L'Appendice 3 contiene un elenco delle malattie generate da fattori abiotici più comuni e dei relativi sintomi.

Malattie generate da fattori biotici

In generale i sistemi acquaponici essendo in condizioni di ricircolo sono meno colpiti da agenti patogeni rispetto agli allevamenti in stagno o gabbie. Nella maggior parte dei casi, i patogeni sono in realtà già presenti nel sistema, ma la malattia non si verifica perché il sistema immunitario dei pesci è resistente all'infezione e l'ambiente è sfavorevole perché l'agente patogeno possa prosperare.

Una sana gestione, la prevenzione dello stress e il controllo della qualità delle acque sono quindi necessari per ridurre al minimo qualsiasi sviluppo della malattia. Ogni volta che si verifica una malattia, è importante isolare o eliminare il pesce infetto dal resto dello stock e attuare strategie per prevenire qualsiasi rischio di trasmissione al resto dell'allevamento. Se viene messa in atto una cura è fondamentale che il pesce sia trattato in una vasca di quarantena, e che tutti i prodotti usati non vengano introdotti nel sistema acquaponico. Ciò al fine di evitare conseguenze imprevedibili per i batteri benefici. L'appendice 3 elenca alcune delle le malattie biotiche più comuni che si verificano in piscicoltura e rimedi normalmente adottati. Maggiori dettagli sono disponibili in letteratura e presso i servizi locali alla pesca.

Trattamento delle malattie

Se una percentuale significativa di pesci stanno mostrando segni di malattia, è probabile che le condizioni ambientali siano causa di stress. In questi casi, verificare i livelli di ammoniaca, nitriti, nitrati, pH e temperatura ed intervenire e rispondere di conseguenza. Se i pesci colpiti sono pochi è importante rimuovere immediatamente pesci infetti per evitare qualsiasi diffusione della malattia ad altri pesci. Una volta rimosso, ispezionare il pesce con attenzione e tentare di determinare la specifica malattia/causa. Utilizzare questa pubblicazione come guida di partenza e quindi fare riferimento alla letteratura specifica in materia (o a Pietro NdR). Tuttavia, può essere necessario avere a disposizione un professionista per effettuare la diagnosi, un veterinario o altro esperto di acquacoltura.

Conoscere la malattia specifica contribuisce a stabilire le diverse opzioni di trattamento. Mettete i pesci malati in una vasca separata, ossia la vasca di quarantena, per ulteriori osservazioni o sopprimete e smaltite il pesce, a seconda dei casi.

Le possibilità di trattamento per le malattie in impianti acquaponici di piccole dimensioni sono limitate. I farmaci commerciali possono essere costosi e/o difficili da procurare. Inoltre i trattamenti antibatterici e antiparassitari hanno effetti negativi sul resto del sistema, compreso il biofiltro e le piante. Se il trattamento è assolutamente necessario, deve essere fatto solo nella vasca di quarantena; sostanze chimiche antibatteriche non dovrebbero mai essere aggiunte in un impianto acquaponico. Un efficace opzione di trattamento nei confronti di alcune delle infezioni batteriche e parassitarie più comuni è il bagno di sale.

Trattamento in bagno di sale

I pesci colpiti da alcuni ectoparassiti, funghi o contaminazioni batteriche alle branchie possono trovare benefici da un trattamento mediante bagno di sale. I pesci infetti possono essere rimossi dalla vasca principale e collocati in una vasca contenente acqua salata. Questo bagno di sale è tossico per gli agenti patogeni, ma non fatale per i pesci. La concentrazione di sale nel bagno dovrebbe essere di 1 kg di sale per 100 litri di acqua. I pesci interessati devono essere collocati in questa soluzione salata per 20-30 minuti e poi spostati in una seconda vasca di isolamento contenente 1-2 g di sale per litro di acqua per altri 5-7 giorni.

Nelle infezioni massicce di punto-bianco, tutti i pesci possono avere bisogno di essere rimossi dalla vasca acquaponica principale per essere trattati in questo modo per almeno una settimana. Durante questo tempo, i parassiti presenti nell'impianto acquaponico non riusciranno a trovare il loro ospite e alla fine moriranno. Un certo riscaldamento dell'acqua nel sistema acquaponico può anche ridurre la durata della vita del parassita e rendere il trattamento del bagno di sale più efficace. Non utilizzare l'acqua salata nel sistema acquaponico perché la concentrazione salina avrebbe un effetto negativo sulla coltivazione delle piante.

7.7 La qualità del prodotto

Nei pesci di allevamento, in particolare quelli di acqua dolce, vi è spesso il rischio che le carni assumano un cattivo sapore. In generale, questa riduzione della qualità della carne è dovuta alla presenza di composti specifici, il più comune dei quali sono la geosmina e il 2-metilisoborneolo. Questi metaboliti secondari che si accumulano nel tessuto lipidico di pesce, sono prodotti dalle alghe verdi e blu (cianobatteri) o dai batteri del genere *Streptomyces*, *actinomicetes* e *Myxobacteria*. La Geosmina dà un evidente sapore fangoso, mentre il 2-metilisoborneolo conferisce un sentore di muffa che può influenzare fortemente l'accettazione da parte dei consumatori e interferire sulla commerciabilità del prodotto. La perdita di sapore si verifica sia nell'allevamento in stagno che in quelli a ricircolo.

Un rimedio comune per evitare il cattivo sapore delle carni è rappresentato dallo spurgo o affinamento del pesce per 3-5 giorni in acqua pulita prima della vendita o del consumo. I pesci devono essere affamati ed essere tenuti in una vasca separata e ben areata. In un sistema acquaponico, questo processo può essere facilmente integrato nell'ordinaria gestione così come

l'acqua utilizzata per il lavaggio che può essere eventualmente utilizzata per riempire il sistema.

7.8 Sommario del capitolo

- Si raccomanda l'uso di pellet standard per le produzioni acquaponiche perché sono un mangime complesso contenente il giusto equilibrio di proteine, carboidrati, grassi, vitamine e minerali necessari per il pesce.
- Le proteine sono la componente più importante per la costruzione della massa corporea dei pesci. Nei pesci onnivori come la tilapia e la carpa comune il bisogno di proteine è circa il 32 per cento nella loro dieta, i pesci carnivori hanno bisogno di una frazione proteica superiore.
- Non sovralimentare il pesce e rimuovere gli alimenti non consumati dopo 30 minuti per ridurre i rischi di tossicità dovuti ad ammoniaca o acido solfidrico.
- La qualità dell'acqua deve essere costante. L'ammoniaca e nitriti devono essere prossimi a 0 mg/l a causa della loro tossicità a qualsiasi livello. I nitrati dovrebbero essere inferiori a 400 mg/l. L'ossigeno disciolto (DO) dovrebbe essere almeno 4 mg/litro, meglio se sale fino a 8 mg/litro.
- Tilapie, carpe, pesci gatto e sono estremamente adatti per acquaponiche in condizioni tropicali o aride perché crescono rapidamente e possono sopravvivere in acqua di scarsa qualità e a livelli più bassi DO. Le trote crescono bene in acqua fredda, ma necessitano di una migliore qualità dell'acqua.
- La salute dei pesci deve essere monitorata quotidianamente e lo stress dovrebbe essere ridotto al minimo. La cattiva o incostante qualità delle acque, il sovraffollamento, parassiti e malattie possono essere fonte di stress, che può portare a epidemie.
- Anomalie comportamentali o cambiamenti nel comportamento possono essere indicatori di stress, di cattiva qualità dell'acqua, o di presenza di parassiti o malattie. Prendetevi il tempo per osservare e tenere sotto controllo il pesce al fine di riconoscere precocemente i sintomi e applicare un trattamento.