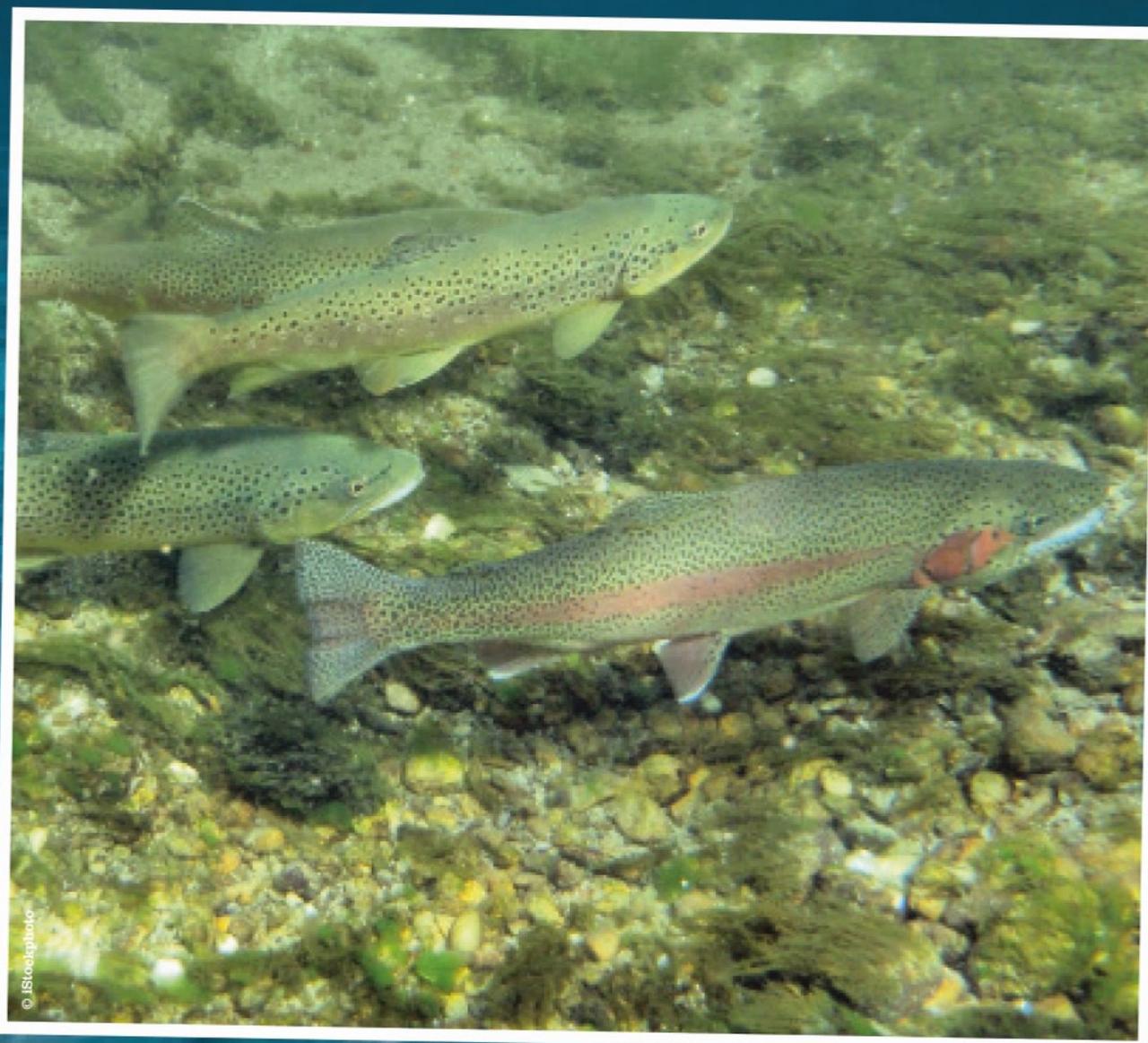


Migliorare il benessere della trota iridea in allevamento – Referenze scientifiche



© iStockphoto

Premessa

La trota iridea è un essere senziente e, in quanto tale, durante le fasi di allevamento ha diritto ad avere una buona qualità di vita. Questo documento illustra come fornire alla trota iridea in fase di accrescimento (dal peso di 100 gr alla taglia commerciale) buone condizioni ambientali, buona alimentazione, buona salute e possibilità di esprimere comportamenti naturali, in linea con il modello del Welfare Quality basato sulle cinque libertà.

BUONE CONDIZIONI AMBIENTALI

Nel considerare il benessere della trota iridea dal punto di vista delle condizioni ambientali, bisogna anzitutto tenere conto che esistono due diversi sistemi di allevamento e accrescimento, ciascuno con specifiche ricadute su fattori come densità di allevamento e qualità dell'acqua. In genere, stagni, vasche e *raceways* sono alimentati da acque fluviali disponibili nelle vicinanze (con parziale ricircolo, in certi casi) (North *et al.*, 2006). Negli impianti di questo tipo, la fonte di approvvigionamento idrico influenza fattori come la temperatura e il flusso dell'acqua, condizionando talvolta il numero di pesci che possono essere allevati. In estate, per esempio, con il normale aumento della temperatura dell'acqua, i livelli di ossigeno disciolto si abbassano e la riduzione è ancora più spiccata negli impianti alimentati con acqua di ricircolo, poiché quest'ultimo tende a far salire ulteriormente la temperatura. Densità di allevamento più alte hanno bisogno di velocità di flusso dell'acqua maggiori, per eliminare gli scarti e ripristinare i livelli di ossigeno. Spesso gli enti pubblici ambientali sottopongono a controlli gli impianti alimentati da acque fluviali, puntando tuttavia l'attenzione soprattutto sulle acque in uscita: si tratta dunque di un monitoraggio finalizzato non tanto alla valutazione del benessere dei pesci, quanto al controllo dell'impatto dell'attività.

L'altro tipo di impianto di allevamento è quello in gabbie in rete (collocate in laghi di acqua dolce o in bacini di mare). In questo caso, non essendoci una fonte precisa di approvvigionamento idrico, fattori come la temperatura e la salinità dell'acqua tendono a presentare variazioni più contenute. Tuttavia, poiché possono variare nello spazio, vanno comunque tenuti sotto stretto controllo, soprattutto in relazione alla profondità.

Arricchimenti ambientali

Ambienti spogli determinano un'assenza cronica di stimoli cognitivi, sensoriali e fisici che risulta deleteria soprattutto per le specie migratorie appartenenti alla famiglia dei salmonidi, caratterizzate da sensi molto sviluppati (l'olfatto in particolare). È stato dimostrato che la trota iridea esprime preferenze spiccate, sostenute da precise motivazioni, per una serie di condizioni ambientali diverse (Maia *et al.*, 2017). Per informazioni specifiche sugli arricchimenti, si veda la sezione sottostante "Possibilità di esprimere comportamenti naturali".

Una possibile soluzione di facile applicabilità per migliorare il benessere in allevamento della trota iridea è creare particolari condizioni di corrente. Infatti, si è riscontrato che, in una corrente di 0,9 lunghezze del corpo al secondo (<25% della velocità massima sostenibile), i pesci tendono a muoversi in banchi in maniera coordinata (*schooling*) e a moderare i comportamenti natatori autonomi o erratici, apparendo visibilmente più calmi (Larsen *et al.*, 2012). Secondo le conclusioni degli autori, è probabile che una determinata corrente giovi al benessere e favorisca anche un corretto metabolismo energetico.

Densità di allevamento

Nel caso dei pesci, il concetto di densità massima di allevamento è più complesso rispetto alle specie terrestri, perché si possono muovere su spazi tridimensionali (Ellis *et al.*, 2002, FSBI, 2002, Conte, 2004). Inoltre, in acquacoltura, la densità di allevamento non rimane costante nel tempo, poiché aumenta nella fase di accrescimento e diminuisce dopo la selezione dei pesci in base alla taglia. Per questi motivi, risulta difficile effettuare misurazioni precise all'interno degli impianti.

Diversi studi dimostrano inequivocabilmente che una densità di allevamento elevata (oltre i 36 kg/m³) determina effetti negativi sia sulla produzione (crescita e indice di conversione alimentare ridotti) sia sugli indicatori di benessere della trota iridea (Ewing & Ewing 1995; Ellis *et al.*, 2002; North *et al.*, 2006). Alcune ricerche evidenziano un maggior benessere a densità di allevamento pari a 12 kg/m³; si tratta di uno spunto che va senz'altro approfondito, perché è una densità notevolmente inferiore rispetto a quella indicata in numerose raccomandazioni (Zahedi *et al.*, 2019). Negli impianti intensivi, in condizioni di sovraffollamento, i contatti sociali forzati possono ripercuotersi sulla crescita dei pesci e causare forte stress fisiologico (Larsen *et al.*, 2012). Sono stati segnalati livelli alti di cortisolo, riduzione delle funzioni immunitarie, incremento dei casi di lesioni alle pinne (causate da morsi o da erosione) e di lesioni alle branchie (Ellis *et al.*, 2002); inoltre, in condizioni di sovraffollamento, lo stress cronico determina un costo energetico che rende i pesci più vulnerabili alle malattie (Wedemeyer, 1996).

Le lesioni alle pinne possono essere causate da svariati fattori, tra cui infezioni, scadimento della qualità dell'acqua, morsi da parte di altri pesci, sfregamento contro le pareti dell'unità di allevamento o contro gli altri individui, per esempio per via di contatti accidentali durante la somministrazione del cibo. Molti di questi fattori, è importante notarli, sono il risultato di densità di allevamento alte (Wall, 2000; Ellis *et al.*, 2002; Håstein, 2004). Le lesioni alle pinne danneggiano la naturale barriera protettiva costituita da cute e mucosa, rendendo i pesci più vulnerabili alle infezioni patogene (Ellis *et al.*, 2002; Håstein, 2004), e causano dolore, poiché interessano i tessuti (Ellis *et al.*, 2009). Basta una prima ferita per predisporre il pesce a infezioni opportunistiche, che a loro volta aggravano l'erosione e, nel lungo periodo, possono ridurre la sopravvivenza (Winfrey *et al.*, 1998). Le lesioni alle pinne sono comunemente considerate indice che il pesce vive in condizioni inadeguate, per esempio in un ambiente con densità elevate (Alanärä & Brännäs, 1996).

Una riduzione della densità di allevamento incide positivamente su molti fattori legati al benessere dei pesci, come la qualità e la torbidità dell'acqua, le interazioni sociali e il contatto con barriere fisiche (Ellis *et al.*, 2002), e, in caso di malattie, può limitare il contagio (Bullock *et al.*, 1994). Infine, riducendo la densità di allevamento, si abbassa il rischio di episodi di mortalità di massa in caso di guasti tecnici o errori di gestione (Conte, 2004).

Di seguito si riassumono le problematiche di benessere causate da alte densità di allevamento:

- Yarahmadi *et al.* (2015) hanno riscontrato che, a una densità di 45 kg/m³, esemplari prossimi all'età adulta di trota iridea (65 g) presentavano stress cronico (calo dei leucociti e aumento del cortisolo) rispetto a un gruppo allevato a una densità di 10 kg/m³. Lo studio tiene conto del deterioramento della qualità dell'acqua, esaminando dati come la concentrazione di ammoniaca, il pH e i livelli di ossigeno disciolto.
- Anche Liu *et al.* (2016) hanno notato variazioni importanti della qualità dell'acqua a densità superiori a 40 kg/m³ in un impianto con recinti di rete (peso delle trote: 114 g). I risultati dello studio dimostrano inoltre che una densità superiore a 36 kg/m³ incide negativamente sulla crescita, fenomeno che i ricercatori hanno ricondotto alla condizione di stress cronico evidenziata dagli alti livelli di cortisolo.
- Operando un confronto tra densità di allevamento pari a 40, 30 e 15 kg/m³, Trenzado *et al.* (2018) hanno trovato che la densità più alta pregiudica la crescita e la digestione (attività delle proteasi).

- Yarahmadi *et al.* (2016) hanno esaminato trote iridee allevate in vasca a densità pari a 10, 40 e 80 kg/m³, riscontrando che il sovraffollamento cronico osservato alle due densità più alte attiva gli ormoni dello stress, con conseguenze sull'espressione dei geni legati alla risposta immunitaria e quindi sulla funzionalità del sistema immunitario.

Densità di allevamento elevate deteriorano la qualità dell'acqua, che evidenzia livelli più bassi di ossigeno disciolto e maggiore concentrazione di scarti, come CO₂ e ammoniaca (Larson *et al.*, 2012). Altri effetti delle alte densità, che si possono riscontrare anche quando la qualità dell'acqua rimane buona, non sono stati ancora compresi appieno (MacKenzie *et al.*, 2012).

Nell'insieme, la densità di allevamento solleva questioni complesse, poiché vede intrecciarsi svariati fattori che possono risultare più o meno importanti. Si è osservato che, a densità basse, i salmonidi tendono ad assumere un comportamento territoriale, mentre a densità medio-alte tende a prevalere la gerarchia di dominanza e si riscontra un'occasionale tendenza al movimento in banchi coordinati (*schooling*) (Alanärä, 1996; Larsen *et al.*, 2012). Questo significa, ad esempio, che, a seconda della struttura sociale del gruppo, se viene data loro la possibilità di scelta, le trote possono preferire condizioni di densità maggiore, e quindi con meno spazio a disposizione, se significa essere libere da individui più dominanti (Laursen *et al.*, 2013). È per questi motivi che la densità di allevamento raccomandata per la trota iridea varia sensibilmente, da un minimo di 2 kg/m³ fino a 80 kg/m³ in Nord America ed Europa; negli allevamenti commerciali, comunque, la densità va dai 15 ai 40 kg/m³, con un massimo osservato di 60 kg/m³ (Ellis *et al.*, 2002).

Compassion in World Farming raccomanda che si fornisca alla trota iridea lo spazio sufficiente per il soddisfacimento dei bisogni fisiologici e comportamentali e che si somministri l'alimento in quantità adeguate, tali da prevenire la competizione per l'accesso al cibo. Per la trota in fase di accrescimento (peso > 100 g) allevata in acqua dolce e in bacini di acqua di mare, la densità dovrebbe seguire le linee guide dell'RSPCA, quindi non superare la media di 15 kg/m³ nell'impianto e i 17 kg/m³ nei singoli bacini. Alcuni dati indicano che il benessere della trota iridea migliora a una densità inferiore a 15 kg/m³, ma occorrono ulteriori studi e conferme per elaborare raccomandazioni più specifiche.

Buona qualità dell'acqua

Una buona qualità dell'acqua è fondamentale per la salute e il benessere dei pesci d'allevamento. Non solo l'acqua è fonte di ossigeno, ma svolge una funzione essenziale per l'eliminazione di scarti come l'ammoniaca e l'anidride carbonica, favorisce lo scioglimento delle feci e, in presenza di un flusso sufficiente, le elimina insieme all'alimento non consumato.

Se i principali parametri dell'acqua sono mediocri o inadeguati, i pesci possono andare incontro a stress, problemi di salute e maggiore vulnerabilità alle malattie, danni agli organi e morte (Conte, 2004; MacIntyre *et al.*, 2008). Si è visto, per esempio, che pesci esposti a un'alta concentrazione di anidride carbonica (e a un pH troppo basso) assumono meno cibo e presentano una crescita scarsa (Toften *et al.*, 2006). Risultati sperimentali indicano che la qualità dell'acqua è, in rapporto con la densità di allevamento, un fattore centrale per il benessere della trota iridea (Ellis *et al.*, 2002).

La qualità dell'acqua si valuta sulla base di parametri come i livelli di ossigeno disciolto, la concentrazione di anidride carbonica, ammoniaca, fosforo e nitriti, la salinità e il pH. Certi parametri, per esempio la concentrazione di metalli pesanti e la durezza, possono essere specifici delle risorse idriche disponibili nell'area dell'impianto, e risultano quindi meno controllabili. In altri casi, sempre a livello di singolo impianto, possono verificarsi infiltrazioni di sostanze inquinanti e pesticidi. Misurare in allevamento il livello di anidride carbonica, il pH, i nitriti e i nitrati, la torbidità e i solidi sospesi è relativamente semplice,

grazie a strumenti appositi disponibili in commercio. Oltre ad accertarsi che l'apparecchiatura abbia una calibrazione corretta, è importante tenere sempre a mente che spesso esiste una relazione tra valori diversi: per esempio, un aumento della torbidità dovuto alla presenza di materiale organico può far aumentare la temperatura e ridurre la saturazione dell'ossigeno (Chen *et al.*, 1994). I parametri di qualità dell'acqua vanno dunque misurati e messi in relazione con altri indicatori fisici e biologici, inclusi quelli comportamentali.

Temperatura

La temperatura dell'acqua è fondamentale per la termoregolazione e altri processi fisiologici dei pesci, compresa la crescita (Neuheimer & Taggart, 2007). Variazioni rispetto all'intervallo ottimale possono ripercuotersi sul metabolismo e sulla respirazione, alterare il pH del sangue e l'osmoregolazione, provocare sia intolleranza alla manipolazione sia maggiore vulnerabilità alle malattie (MacIntyre, 2008). Per esempio, è stato calcolato che, se si porta la temperatura da 9 a 15 °C, l'acqua perde il 12,8% della capacità di trattenere ossigeno, l'attività metabolica di una trota iridea di 100 gr accelera del 67,5% e si ha un incremento delle emissioni di ammoniaca del 98,6%, che determina a sua volta un aumento del 58,8% dell'ammoniaca non ionizzata (Klontz, 1993). In acqua troppo calda (temperatura tra 19 e 24 °C), la trota iridea mostra una bassa tolleranza all'ipossia (carenza di ossigeno a livello dei tessuti). È un dato cui prestare particolare importanza nei mesi estivi, soprattutto perché nel settore si tende in misura crescente a usare più acqua di ricircolo (per evitare contaminazioni), come negli "impianti modello" danesi (Skov *et al.*, 2011). È stato riscontrato che la trota iridea predilige una temperatura di 16 °C, tuttavia, in assenza di limiti legati ai livelli di ossigeno, può sostenere temperature comprese fra 13 e 19 °C (Schurmann *et al.*, 1991). Altri fattori che influenzano le preferenze in fatto di temperatura sono la velocità di acclimatamento, i livelli di ossigeno disciolto e il contenuto di ioni dell'acqua (Gary A. Wedemeyer, 1996).

Ossigeno

L'ossigeno disciolto è uno dei parametri dell'acqua più importanti per la salute e il benessere della trota iridea. Affinché l'ossigeno contenuto nell'acqua si diffonda nel sangue, infatti, occorre che i livelli siano sufficienti. Al diminuire dell'ossigeno, aumentano sia la ventilazione sia il boccheggiamiento (Gary A. Wedemeyer, 1996) e i salmonidi mostrano una tendenza comportamentale a evitare bassi livelli di ossigeno: sono stati, infatti, osservati mutamenti nella distribuzione degli individui e spostamenti verso la superficie o verso il punto di immissione di acqua nuova, dove la concentrazione di ossigeno è maggiore (Gary A. Wedemeyer, 1996). Secondo Wedemeyer (1996), la trota necessita di livelli di ossigeno ben superiori a 5-6 mg/l, per permettere eventuali incrementi temporanei del fabbisogno, per esempio se l'attività natatoria si intensifica. Nelle sue linee guida sul benessere della trota iridea, l'RSPCA raccomanda che il livello di ossigeno disciolto sia pari a 7 mg/l (RSPCA, 2018). Inoltre, negli impianti di produzione primaria, per es. stagni di terra con crescita naturale di microalghe, è necessario controllare i livelli di ossigeno nell'arco delle 24 ore, poiché può verificarsi una variazione importante tra giorno (quando si ha produzione di ossigeno per fotosintesi) e notte (quando gli organismi fototrofi consumano ossigeno).

Per il massimo benessere della trota iridea, Compassion in World Farming raccomanda l'allevamento in stagni, *raceways* e vasche alimentati da acque sorgive oppure da acque fluviali/lacustri, con livelli di inquinamento quanto più bassi possibile. Il pH dovrebbe essere compreso tra 6,8 e 8 e i livelli di ossigeno disciolto superiori a 7 mg/l; la temperatura dell'acqua non deve superare i 16 °C. I livelli di ossigeno della fonte di alimentazione idrica vanno tenuti costantemente sotto controllo; qualora dovessero scendere al di sotto di 7 mg/l, l'acqua dev'essere ossigenata, soprattutto in caso di ricircolo (Skov *et al.*, 2011). Negli impianti a ricircolo, l'acqua può raggiungere temperature molto elevate, soprattutto nei mesi estivi, e quindi presentare livelli di ossigeno più bassi. I pesci affetti da malattia branchiale o in procinto di essere sottoposti a fattori stressogeni hanno un maggiore fabbisogno di ossigeno, pertanto si deve prestare particolare attenzione a tale aspetto (MacIntyre, 2008). Altri componenti dell'acqua importanti ai fini del benessere dei pesci (per es. CO₂, ammoniaca, fosforo, salinità) vanno sottoposti a monitoraggio regolare. Nuovi dati riguardanti gli effetti del contenuto minerale dell'acqua sui pesci saranno integrati in queste raccomandazioni via via che saranno disponibili.

BUONA ALIMENTAZIONE

Sistemi di alimentazione

Affinché sia efficiente, il sistema di alimentazione deve non solo soddisfare i bisogni nutrizionali della trota iridea e ridurre al minimo l'inquinamento dell'acqua, ma anche determinare un buon livello di benessere dei pesci. È necessario che le quantità di cibo e il metodo di somministrazione siano tali da nutrire adeguatamente tutti gli individui, prevenendo competizione e aggressioni. Occorre dunque tenere conto di fattori quali l'appetito dei pesci, il numero, le dimensioni, le variazioni di taglia e le modalità di distribuzione del mangime, oltre che del naturale ritmo alimentare. Il quantitativo di cibo assunto quotidianamente dai pesci varia infatti anche a seconda di fattori stagionali e ambientali, come la temperatura e le ore di luce.

È importante adottare sistemi che riducano al minimo la competizione, le aggressioni e lo stress, fornendo a tutti gli individui un quantitativo sufficiente di cibo. Quando la distribuzione del cibo non è uniforme, le aggressioni aumentano, per via della maggiore disparità di taglia (Alanärä, 1996). Non c'è unanimità di vedute su quali siano le soluzioni più adeguate dal punto di vista spaziale e temporale. Gli alimentatori automatici – detti anche alimentatori a richiesta, perché rilasciano i granuli di mangime nell'acqua quando il pesce aziona un dispositivo elettronico o meccanico – sono stati impiegati per la trota iridea soprattutto al fine di studiarne le preferenze alimentari (da Silva *et al.*, 2016; Sánchez-Vázquez *et al.*, 1999). È possibile depositare nella tramoggia il quantitativo di mangime che si ritiene adeguato oppure optare per una distribuzione ad libitum. Dispensando il mangime durante le ore di luce, questi sistemi possono ridurre lo stress dei pesci, ma esiste il pericolo che un gruppo dominante impedisca agli individui subordinati di accedere all'alimentatore secondo le proprie necessità (Alanärä & Brännäs, 1996). Un altro vantaggio degli alimentatori a richiesta consiste nel consentire ai pesci di nutrirsi quando preferiscono (tendenzialmente al crepuscolo, quindi all'alba e al tramonto).

Compassion in World Farming raccomanda che il cibo sia di ottima qualità e che il metodo di somministrazione sia tale da ridurre al minimo la competizione, e quindi gli atti di aggressione, garantendo il giusto nutrimento a tutti i pesci.

Farina di pesce

All'aumentare della domanda di mangime per l'acquacoltura è corrisposto un incremento della domanda di farina e olio di pesce. Il contenuto del mangime determina un notevole impatto, tanto sull'ambiente quanto sul benessere della trota iridea. Essendo carnivora, parte del mangime consumato dalla trota iridea contiene proteine animali e olio ricavati da pesce selvatico, ma l'uso del pescato per la produzione di farina e olio di pesce comporta sia uno spreco di cibo, perché gran parte del pescato potrebbe essere destinato all'alimentazione umana, sia un notevole dispendio di risorse energetiche. Per citare un dato, solo il 22% delle proteine contenute nel mangime delle trote si trasforma in proteine assumibili dall'alimentazione umana (Fry *et al.*, 2018). Inoltre, il benessere del pescato destinato all'industria mangimistica è estremamente scarso durante l'intera fase che va dalla cattura allo sbarco alla macellazione, dal momento che non sono attuati metodi di abbattimento umani. La produzione di mangimi determina un notevole impatto negativo sul benessere dei pesci e solleva questioni da affrontare.

Compassion in World Farming raccomanda di ridurre al minimo il quantitativo di farina e olio di pesce, avendo cura tuttavia di soddisfare sempre il fabbisogno nutrizionale delle trote. Basta sostituire parzialmente questi prodotti con altri nutrienti adeguati, come scarti di pesce (o altri scarti agroalimentari, per es. pollame), olio algale, ecc.

Digiuno

Spesso, prima di svariate procedure tra cui l'abbattimento, le trote sono sottoposte a digiuno, allo scopo di ridurre l'attività metabolica (e quindi il consumo di ossigeno) e l'attività fisica (Salin *et al.*, 2018). È un passaggio funzionale anche a svuotare l'apparato digerente, in modo da limitare la contaminazione dell'acqua durante il trasporto (evitando la presenza di cibo non digerito, feci e microrganismi) e facilitare le procedure igieniche che seguono all'abbattimento (Wall, 2000). Diversamente da altri animali, nei pesci i tempi di svuotamento dell'intestino dipendono dalla temperatura: quando le temperature sono basse, come in inverno, il tempo di digiuno dev'essere più lungo (López-Luna *et al.*, 2013).

Numerosi studi sul tempo di digiuno ottimale si concentrano su parametri qualitativi, e non sul benessere dell'animale, per esempio prendendo in considerazione il pH e il momento in cui si manifesta il *rigor mortis* (come indicatori di qualità della carne) e solo uno studio esamina il colore del fegato come indicatore di stress (Rubén Bermejo-Poza *et al.*, 2017). Per quanto riguarda il benessere dei pesci, sono disponibili poche informazioni su quali sono gli effetti del digiuno e della sua durata, tuttavia, se è vero che in natura i pesci possono digiunare anche per lunghi periodi, le trote d'allevamento sono però abituate a nutrirsi a intervalli regolari, sicché si possono supporre conseguenze negative sul loro benessere (Santurtun *et al.*, 2018). Il periodo di digiuno dovrebbe essere, dunque, il più breve possibile.

Nella pratica, in numerosi casi la durata del digiuno applicata nei principali paesi produttori dell'UE (Francia, Italia e Polonia, per le trote di grossa taglia) non è sempre chiara, mentre in Danimarca si ricorre per prassi a un periodo di digiuno da 1 a 3 giorni (European Commission, 2017). Nel settore è comune misurare i periodi di digiuno in "gradi giorni", dove i gradi giorni sono il prodotto del numero di giorni per la temperatura dell'acqua. Negli standard dell'RSPCA per la trota iridea, si afferma che in ogni caso il digiuno non deve superare un massimo di 54 gradi giorni (RSPCA, 2014), mentre gli standard per l'acquacoltura biologica della Soil Association dichiarano che la trota iridea non deve digiunare per più di 40 gradi giorni (Soil Association, 2017).

Occorre senz'altro approfondire la questione del tempo di digiuno prendendo in esame la salute e il benessere. Secondo uno studio, per esempio, se vengono sottoposte a un mese di digiuno intermittente (a giorni alterni), le trote iridee si adattano meglio al digiuno pre-abbattimento che se vengono nutrite regolarmente fino alla completa sospensione dell'alimento (R. Bermejo-Poza *et al.*, 2015). Tuttavia, si è notato un incremento dei casi di erosione delle pinne in concomitanza con la riduzione della quantità di cibo somministrato. Si pensa che la riduzione del cibo contribuisca a rafforzare le gerarchie sociali, il che causa una maggiore aggressività e di conseguenza un aumento dei casi di lesioni alle pinne (Cvetkovikj *et al.*, 2015).

Compassion in World Farming raccomanda che i periodi di digiuno non superino la durata che garantisce il benessere dei pesci (quella sufficiente, cioè, a ridurre il fabbisogno di ossigeno e l'accumulo di scarti nell'acqua) e che non si protraggano oltre il periodo di tempo necessario per lo svuotamento dell'intestino. Il tempo di digiuno necessario per ridurre il consumo metabolico dei salmonidi è 2-3 giorni (G.A. Wedemeyer, 1996). Secondo una ricerca di Bermejo-Poza (2017), per svuotare completamente l'intestino di una trota iridea è sufficiente un periodo compreso tra i 17,2 e i 22,3 gradi giorni. In tutti i casi, per tutelarne il benessere, la trota iridea non deve mai digiunare per più di 72 ore e l'operazione non dev'essere mai finalizzata a un supposto miglioramento della qualità della carne. È necessario adottare misure che consentano il rispetto di questo limite: ad esempio, quando le procedure di abbattimento si prolungano per più giorni o prevedono più di una raccolta, si raccomanda di suddividere gli animali in gruppi e adeguare i tempi di digiuno al momento di raccolta di ciascuno. Inizio e durata del digiuno devono sempre essere registrati.

BUONA SALUTE

Via via che l'allevamento di salmonidi ha iniziato a diffondersi, hanno cominciato a manifestarsi numerose patologie legate alle fasi produttive (Poppe, Barnes, & Midtlyng, 2002), tra cui deformità scheletriche di vario tipo, cataratte e malformazioni dei tessuti molli. Nel corso dell'evoluzione, i pesci hanno sviluppato pattern di comportamento mirati a evitare o limitare l'esposizione a parassiti infettivi. In natura, quindi, sono in grado di evitare determinati habitat e specie che presentino un'elevata concentrazione di parassiti, uno schema che in allevamento non può essere attuato (Barber, 2007).

Sono svariate le malattie batteriche cui la trota iridea va incontro durante l'allevamento. A preoccupare maggiormente sono: flavobatteriosi (RTFS), malattie cutanee come la *red mark syndrome* e la *puffy skin syndrome*, bocca rossa e necrosi pancreatica infettiva, lattococcosi, malattia batterica renale, malattia proliferativa renale, ictioftiriasi, saprolegnosi, malattia colonnare e foruncolosi. Per una panoramica più dettagliata delle malattie della trota iridea da allevamento, si rimanda al documento pubblicato dal dipartimento Fisheries and Aquaculture della FAO¹.

La vaccinazione si è dimostrata efficace contro molti dei patogeni batterici comuni in allevamento, ma va sempre affiancata a pratiche gestionali efficaci. Si è fatto ricorso, con buoni risultati, a vaccini somministrati per iniezione e per immersione breve. Quanto ai trattamenti terapeutici, si è visto che possono generare stress nei pesci. In impianti di allevamento a terra, si è notato che la taglia e il tasso di crescita sono associati in maniera negativa con la probabilità e la frequenza di trattamenti (Thorburn *et al.*, 2001). Molti agenti terapeutici, vaccini e immunostimolanti possono essere somministrati nel mangime, con ricadute positive in termini di benessere, visto che si evita la manipolazione. Inoltre, la somministrazione di piccole dosi di glucano per diverse settimane prima di un evento stressogeno può ridurre l'effetto immunosoppressivo dello stress (Meena *et al.*, 2013),

¹ http://www.eurl-fish.eu/Activities/survey_and_diagnosis

anche se rimane inammissibile il ricorso a misure di questo tipo per mascherare le conseguenze di pratiche di produzione inadeguate. Per concludere, le strategie di prevenzione vanno sempre sottoposte a una valutazione completa secondo criteri improntati al benessere degli animali.

Uso di antibiotici

Nell'allevamento della trota iridea gli antibiotici vengono impiegati sia per curare infezioni e debellare agenti patogeni sia in terapie preventive e soppressive. In anni recenti, la perdita di due vaccini monovalenti approvati contro la foruncolosi² ha determinato un maggior ricorso alle cure antibiotiche negli allevamenti in acqua dolce (Responsible Use of Antimicrobials Alliance³). È una tendenza che comporta rischi tanto per i pesci quanto per l'ambiente. Spesso la somministrazione delle terapie avviene attraverso il mangime, determinando un accumulo di antibiotici nell'acqua, nei sedimenti e nei tessuti biologici che può generare problemi di vario tipo. Per esempio, a seguito di un'esposizione acuta all'ossitettraciclina, sono stati osservati danni ai tessuti, in particolare alle branchie (Rodrigues *et al.*, 2017). Inoltre, la trota iridea esprime preferenze di gusto per diversi antibiotici e presenta un'avversione variabile per questi farmaci a varie concentrazioni (Maklakova *et al.*, 2011). In prospettiva, i vaccini autogeni (preparati direttamente dall'agente infettivo ospitato da un animale e poi usati per vaccinare quell'animale stesso) rappresentano una buona alternativa agli antibatterici. L'uso di antibiotici negli allevamenti in mare è estremamente raro.

Compassion in World Farming raccomanda che si somministrino cure solo se prescritto da un veterinario e che se ne tenga traccia nel piano sanitario per la salute e il benessere. Raccomanda inoltre che si applichino le linee guida realizzate da RUMA su antimicrobiciⁱ e vacciniⁱⁱ: Uso responsabile di antimicrobici in acquacoltura e Uso responsabile di vaccini e vaccinazioni in acquacoltura. È fondamentale operare una valutazione specifica del rischio di malattie e puntare sulla prevenzione mediante vaccini. Il piano sanitario per la salute e il benessere deve includere un resoconto delle attività di allevamento previste, valutazioni del rischio, dati relativi al controllo delle malattie e informazioni specifiche riguardo tutte le cure somministrate. Tanto le associazioni di produttori quanto i veterinari dovrebbero incentivare lo sviluppo di vaccini approvati ed efficienti in termini di costi. Un consumo elevato di antibiotici in allevamento indica che a livello sistemico permangono problemi di salute e benessere da affrontare tempestivamente.

ⁱ <https://www.ruma.org.uk/fish/responsible-use-antimicrobials-fish-production/>

ⁱⁱ <https://www.ruma.org.uk/fish/responsible-use-vaccines-vaccination-fish-production/>

POSSIBILITÀ DI ESPRIMERE COMPORTAMENTI NATURALI

Ambienti spogli determinano un'assenza cronica di stimoli cognitivi, sensoriali e fisici. È stato dimostrato che la trota iridea esprime preferenze spiccate, sostenute da precise motivazioni, per una serie di condizioni ambientali diverse, per esempio nella ricerca di un riparo, ma anche nell'accesso ad habitat di colore diverso (Maia *et al.*, 2017). Grazie alla presenza di una base o di un fondo dove disporre o fissare degli oggetti, l'offerta di arricchimenti ambientali può risultare più agevole in vasche, stagni e *raceways* che nelle gabbie in rete. Gli studi sull'arricchimento ambientale più adatto per la trota iridea si sono concentrati soprattutto su individui allo stadio giovanile negli incubatoi, per esempio posizionando nelle vasche di allevamento materiale legnoso, pietre o altri substrati (Kientz and Barnes, 2016), allo scopo di ridurre il tasso di mortalità (Brockmark *et al.*, 2007; Fast *et al.*, 2008). Vanno invece indagati più a fondo i vantaggi dell'arricchimento ambientale in termini di benessere dei pesci adulti in impianti come *raceways* e stagni, specie negli

² <https://www.ruma.org.uk/wp-content/uploads/2017/10/RUMA-Targets-Task-Force-Report-2017-FINAL.pdf>

³ <https://www.ruma.org.uk/>

allevamenti su scala commerciale. Altri studi sono stati dedicati all'offerta di arricchimenti che comportano una gestione minima, come per esempio arricchimenti sospesi (Kientz, Crank, & Barnes, 2018) e il colore delle pareti della vasca (Luchiari & Pirhonen, 2008). Va tenuto sempre presente che qualsiasi oggetto introdotto in un impianto di acquacoltura può causare contaminazione batterica, pertanto, dev'essere non solo pratico e semplice da installare, ma anche facile da pulire e sterilizzare.

Una possibile soluzione di facile applicabilità per migliorare il benessere in allevamento della trota iridea è creare particolari condizioni di corrente. Infatti, si è riscontrato che, in una corrente di 0,9 lunghezze del corpo al secondo (<25% della velocità massima sostenibile), i pesci tendono a muoversi in banchi in maniera coordinata (*schooling*) e a moderare i comportamenti natatori autonomi o erratici, apparendo visibilmente più calmi (Larsen *et al.*, 2012). Secondo le conclusioni degli autori, è probabile che una determinata corrente giovi al benessere e favorisca anche un corretto metabolismo energetico.

I pesci d'allevamento sono esposti in varie fasi a sovraffollamento, manipolazione e trasporto: se è vero che queste procedure possono essere finalizzate a migliorarne la salute e il benessere (per esempio perché funzionali alla somministrazione di un vaccino) resta il fatto che determinano quasi inevitabilmente stress e lesioni. Lo stress da manipolazione è causa comune di lesioni alle scaglie, alla pelle, al muso e agli occhi. In molte specie di pesci d'allevamento, la manipolazione, il pompaggio e la raccolta in reti provocano una reazione neuroendocrina allo stress (Pickering, 1998) e riducono la resistenza alle malattie (Stangeland *et al.*, 1996). Un altro studio ha dimostrato che la trota iridea mostra un'intensa attività natatoria e un elevato consumo di ossigeno durante il trasporto (Chandroo *et al.*, 2004). Nell'arco di 48 ore i livelli di ossigeno tornavano nella norma, ma la performance natatoria, misurata sulla base di velocità massima e resistenza, continuava a risultare alterata. Ai fini del benessere e della sopravvivenza dei pesci, appare dunque essenziale prevedere un periodo di riposo dopo il trasporto (Iversen *et al.* 1998, Iversen and Eliassen 2009). Si veda la parte dedicata al trasporto nel documento [Migliorare il benessere della trota iridea in fase di abbattimento](#).

Secondo certe evidenze, la trota iridea presenta diversi stili comportamentali. In genere questi sono classificati come reattivo e proattivo, o, analogamente, come timoroso (reattivo) e coraggioso (proattivo), o *high responding* (reattivo, con soglia di stimolo alta) e *low responding* (proattivo, con soglia di stimolo bassa). È stato dimostrato che, se poste di fronte a un problema in un ambiente nuovo, le trote iridee *low responding* e *high responding* reagiscono diversamente (Schjolden *et al.*, 2005): le prime mostrano maggiore inclinazione ad adeguarsi alle routine rispetto alle seconde, che in un ambiente nuovo sono più lente nel modificare i comportamenti di ricerca del cibo (Ruiz-Gomez *et al.*, 2011). È stato più volte dimostrato, inoltre, che le trote *high responding* presentano livelli maggiori di cortisolo se esposte ad agenti stressogeni (Ruiz-Gomez *et al.*, 2008). Secondo Frost e colleghi (2007), il contesto sociale può rivestire un ruolo importante nella modulazione dei comportamenti della trota iridea: hanno osservato, infatti, che, dopo aver assistito alla sconfitta di un altro individuo in uno scontro, gli individui coraggiosi si mostrano più timorosi. Questa osservazione fa pensare che i comportamenti sono in certa misura influenzabili e dipendono tanto da precise caratteristiche intrinseche quanto da fattori esterni.

Compassion in World Farming raccomanda che tutte le procedure di manipolazione dei pesci vengano pianificate e preparate, in modo da predisporre l'attrezzatura necessaria. Si deve procedere con cautela, per ridurre al minimo la naturale fuga dei pesci, perché può provocare un comportamento natatorio convulso e, di conseguenza, lesioni, spossatezza e stress, pregiudicando il benessere. Se possibile, e a fronte di un miglioramento documentato del benessere, si devono fornire arricchimenti ambientali significativi, come condizioni di corrente calma (per es. 0,9 lunghezze del corpo al secondo). Occorre misurare e registrare gli indicatori di benessere della trota iridea, per esempio parametri come il comportamento natatorio, il comportamento alimentare, lesioni alla pelle e alle pinne, deformità scheletriche, e sono necessari ulteriori studi mirati a individuare altri indicatori comportamentali del benessere della trota iridea.

Bibliografía

- Alanärä, A. (1996). The use of self-feeders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production. *Aquaculture*, *145* (1–4), 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01346-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01346-4)
- Barber, I. (2007). Parasites, behaviour and welfare in fish. *Applied Animal Behaviour Science*, *104*(3–4), 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.005>
- Bermejo-Poza, R., De la Fuente, J., Pérez, C., Lauzurica, S., González, E., Diaz, M. T., & Villarroel, M. (2015). The effect of intermittent feeding on the pre-slaughter fasting response in rainbow trout. *Aquaculture*, *443*, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.007>
- Bermejo-Poza, Rubén, De la Fuente, J., Pérez, C., González de Chavarri, E., Diaz, M. T., Torrent, F., & Villarroel, M. (2017). Determination of optimal degree days of fasting before slaughter in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, *473*, 272–277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.036>
- Brockmark, S., Neregård, L., Bohlin, T., Björnsson, B. T., & Johnsson, J. I. (2007). Effects of Rearing Density and Structural Complexity on the Pre- and Postrelease Performance of Atlantic Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, *136*(5), 1453–1462. <https://doi.org/10.1577/t06-245.1>
- Bullock, G., Herman, R., Heinen, J., Noble, A., Weber, A., & Hankins, J. (1994). Observations on the occurrence of bacterial gill disease and amoeba gill infestation in rainbow trout cultured in a water recirculation system. *Journal of Aquatic Animal Health*, *6*(4), 310–317. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1994\)006<0310:OOTOOB>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1994)006<0310:OOTOOB>2.3.CO;2)
- Chandroo, K. ., Duncan, I. J. ., & Moccia, R. . (2004). Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*, *86*(3–4), 225–250. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.004>
- Chen, S., Stechey, D., Malone, R. F. (1994). Suspended solids control in recirculating aquaculture systems. In T. M. Timmons, M.B., Losordo (Ed.) (pp. 61–100). London: Elsevier.
- Conte, F. . (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, *86*(3–4), 205–223. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.003>
- da Silva, R. F., Kitagawa, A., & Sánchez Vázquez, F. J. (2016). Dietary self-selection in fish: a new approach to studying fish nutrition and feeding behavior. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *26*(1), 39–51. <https://doi.org/10.1007/s11160-015-9410-1>
- Ellis, T., Hoyle, I., Oidtmann, B., Turnbull, J. F., Jacklin, T. E., & Knowles, T. G. (2009). Further development of the “Fin Index” method for quantifying fin erosion in rainbow trout. *Aquaculture*, *289*(3–4), 283–288. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.022>
- EURL. (2016). Report on Survey and Diagnosis of Fish Diseases in Europe 2016, 1–73. Retrieved from [http://www.eurl-fish.eu/-/media/Sites/EURL-FISH/english/activities/survey and diagnosis/2017/Report-on-Survey-and-Diagnosis-of-Fish-Diseases-in-Europe-2016.ashx](http://www.eurl-fish.eu/-/media/Sites/EURL-FISH/english/activities/survey%20and%20diagnosis/2017/Report-on-Survey-and-Diagnosis-of-Fish-Diseases-in-Europe-2016.ashx)
- Fast, D. E., Neeley, D., Lind, D. T., Johnston, M. V., Strom, C. R., Bosch, W. J., ... Watson, B. D. (2008). Survival Comparison of Spring Chinook Salmon Reared in a Production Hatchery under Optimum Conventional and Seminatural Conditions. *Transactions of the American Fisheries Society*, *137*(5), 1507–1518. <https://doi.org/10.1577/t07-143.1>
- Fry, J. P., Mailloux, N. A., Love, D. C., Milli, M. C., & Cao, L. (2018). Corrigendum: Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? (2018 Environ. Res. Lett. 13 024017) . *Environmental Research Letters*, *13*(7), 079502. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad007>
- Kientz, J. L., & Barnes, M. E. (2016). Structural Complexity Improves the Rearing Performance of Rainbow Trout in Circular Tanks. *North American Journal of Aquaculture*, *78*(3), 203–207. <https://doi.org/10.1080/15222055.2016.1159629>
- Kientz, J. L., Crank, K. M., & Barnes, M. E. (2018). Enrichment of Circular Tanks with Vertically Suspended Strings of Colored Balls Improves Rainbow Trout Rearing Performance. *North American Journal of Aquaculture*, *80*(2), 162–167. <https://doi.org/10.1002/naaq.10017>
- Klontz, G. W. (1993). *Environmental requirements and environmental diseases of salmonids*. (M. K. Stoskopf, Ed.). W.B. Saunders Co.
- Larsen, B. K., Skov, P. V., McKenzie, D. J., & Jokumsen, A. (2012). The effects of stocking density

- and low level sustained exercise on the energetic efficiency of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at 19°C. *Aquaculture*, 324–325, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.021>
- Liu, Q., Hou, Z., Wen, H., Li, J., He, F., Wang, J., ... & Wang, Q. (2016). Effect of stocking density on water quality and (Growth, Body Composition and Plasma Cortisol Content) performance of pen-reared rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Ocean University of China*, 15(4), 667–675.
- López-Luna, J., Vásquez, L., Torrent, F., & Villarroel, M. (2013). Short-term fasting and welfare prior to slaughter in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 400–401, 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.03.009>
- Luchiari, A. C., & Pirhonen, J. (2008). Effects of ambient colour on colour preference and growth of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Biology*, 72(6), 1504–1514. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.01824.x>
- MacIntyre, C. (2008). Water Quality and Welfare Assessment on United Kingdom Trout Farms. *Water*, (March), 1–203.
- MacIntyre, C. M., Ellis, T., North, B. P., & Turnbull, J. F. (2008). The influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: a review. *Fish Welfare*, 150–172.
- Maia, C. M., Ferguson, B., Volpato, G. L., & Braithwaite, V. A. (2017). Physical and psychological motivation tests of individual preferences in rainbow trout. *Journal of Zoology*, 302(2), 108–118. <https://doi.org/10.1111/jzo.12438>
- Maklakova, M. E., Kondratieva, I. A., Mikhailova, E. S., Stupin, R. V., Khapchaev, S. Y., & Kasumyan, A. O. (2011). Effect of antibiotics on immunophysiological status and their taste attractiveness for rainbow trout *Parasalmo* (= *Oncorhynchus*) *mykiss* (Salmoniformes, Salmonidae). *Journal of Ichthyology*, 51(11), 1133–1142. <https://doi.org/10.1134/S0032945211110063>
- Meena, D. K., Das, P., Kumar, S., Mandal, S. C., Prusty, A. K., Singh, S. K., ... Mukherjee, S. C. (2013). Beta-glucan: An ideal immunostimulant in aquaculture (a review). *Fish Physiology and Biochemistry*, 39(3), 431–457. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9710-5>
- Neuheimer, A. B., & Taggart, C. T. (2007). The growing degree-day and fish size-at-age: the overlooked metric. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(2), 375–385. <https://doi.org/10.1139/f07-003>
- North, B. P., Turnbull, J. F., Ellis, T., Porter, M. J., Migaud, H., Bron, J., & Bromage, N. R. (2006). The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 255(1–4), 466–479. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2006.01.004>
- Pickering, A. D. (1998). *Stress responses of farmed fish*. Sheffield Academic Press.
- Poppe, T. T., Barnes, A. C., & Midtlyng, P. J. (2002). Welfare and ethics in fish farming. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 22(2), 148–151.
- Rodrigues, S., Antunes, S. C., Nunes, B., & Correia, A. T. (2017). Histological alterations in gills and liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to the antibiotic oxytetracycline. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 53(January), 164–176. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.05.012>
- RSPCA. (2014). RSPCA welfare standards for farmed rainbow trout, (February).
- Ruiz-Gomez, M. de L., Huntingford, F. A., Øverli, Ø., Thörnqvist, P.-O., & Höglund, E. (2011). Response to environmental change in rainbow trout selected for divergent stress coping styles. *Physiology & Behavior*, 102(3–4), 317–322. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.11.023>
- Ruiz-Gomez, M. de L., Kittilsen, S., Höglund, E., Huntingford, F. A., Sørensen, C., Pottinger, T. G., ... Øverli, Ø. (2008). Behavioral plasticity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with divergent coping styles: When doves become hawks. *Hormones and Behavior*, 54(4), 534–538. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2008.05.005>
- Salin, K., Villasevil, E. M., Anderson, G. J., Auer, S. K., Selman, C., Hartley, R. C., ... Metcalfe, N. B. (2018). Decreased mitochondrial metabolic requirements in fasting animals carry an oxidative cost. *Functional Ecology*, 32(9), 2149–2157. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13125>
- Sánchez-Vázquez, F. J., Yamamoto, T., Akiyama, T., Madrid, J. A., & Tabata, M. (1999).

Macronutrient self-selection through demand-feeders in rainbow trout. *Physiology and Behavior*, 66(1), 45–51. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00313-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00313-8)

- Santurtun, E., Broom, D. M., & Phillips, C. J. C. (2018). A review of factors affecting the welfare of Atlantic salmon (*Salmo salar*), 442, 193–204. <https://doi.org/10.7120/09627286.27.3.193>
- Schjolden, J., Backström, T., Pulman, K. G. T., Pottinger, T. G., & Winberg, S. (2005). Divergence in behavioural responses to stress in two strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with contrasting stress responsiveness. *Hormones and Behavior*, 48(5), 537–544. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.04.008>
- Schurmann, H., Steffensen, J. F., & Lomholt, J. P. (1991). The influence of hypoxia on the preferred temperature of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Experimental Biology*, 157, 75–86.
- Skov, P. V., Larsen, B. K., Frisk, M., & Jokumsen, A. (2011). Effects of rearing density and water current on the respiratory physiology and haematology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* at high temperature. *Aquaculture*, 319(3–4), 446–452. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.008>
- Stangeland, K., Høie, S., & Taksdal, T. (1996). Experimental induction of infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., post-smolts. *Journal of Fish Diseases*, 19(4), 323–327. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1996.tb00710.x>
- Thorburn, M. A., Teare, G. F., Martin, S. W., & Moccia, R. D. (2001). Group-level factors associated with chemotherapeutic treatment regimens in land-based trout farms in Ontario, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*, 50(1–2), 165–176. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(01\)00192-1](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(01)00192-1)
- Toften H., Johansen L-H., Sommer A-I., D. B. & A. A. M. (2006). Optimising intensive rearing conditions to secure fish welfare and health. In J. J.-E. & B. B. Damsgard B. (Ed.). Institute of Fisheries and Aquaculture Research.
- Trenzado, C. E., Carmona, R., Merino, R., García-Gallego, M., Furné, M., Domezain, A., & Sanz, A. (2018). Effect of dietary lipid content and stocking density on digestive enzymes profile and intestinal histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 497, 10-16.
- Wall, A. J. (2000). *Ethical considerations in the handling and slaughter of farmed fish. Farmed fish quality*. Eds. Kestin S.C. & Warris P.D., Oxford, Fishing News Books.
- Wedemeyer, G.A. (1996). Transportation and handling. In W. P. & B. A. Barton (Ed.), *Principles of Salmonid Culture* (pp. 727–758). Amsterdam: Elsevier.
- Wedemeyer, Gary A. (1996). *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Springer US.
- Yarahmadi, P., Miandare, H. K., Hoseinifar, S. H., Gheysvandi, N., & Akbarzadeh, A. (2015). The effects of stocking density on hemato-immunological and serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture international*, 23(1), 55-63.
- Zahedi, S., Akbarzadeh, A., Mehrzad, J., Noori, A., & Harsij, M. (2019). Effect of stocking density on growth performance, plasma biochemistry and muscle gene expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 498(July 2018), 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.044>