ESSERE ANIMALI

IL BENESSERE DEI PESCI

Problematiche negli allevamenti ittici e possibili soluzioni

Indice

Introduzione 3

Acquacoltura e consumo di prodotti ittici 4

ORATA, SPIGOLA E TROTA IRIDEA – CARATTERISTICHE PRINCIPALI, PRODUZIONE E PROVENIENZA 5

Orata 5

Spigola 6

Trota iridea 6

Benessere animale e senzienza nei pesci 7

DENSITÀ E SPAZIO DISPONIBILE 8

Spigole e orate 9

Trota iridea 10

QUALITÀ DELL'ACQUA 10

Spigole e orate 11

Trota iridea 12

ARRICCHIMENTO AMBIENTALE 13

Spigole e orate 14

Trota iridea 14

TRASPORTO 15

Digiuno 15

Fasi di carico 15

Trasporto 16

Scarico 17

Stoccaggio 17

STORDIMENTO E ABBATTIMENTO 18

Metodi non accettabili 19

Metodi raccomandati 19

Spigole e orate 22

Trota iridea 22

Conclusioni e direzioni future per migliorare il benessere dei pesci allevati 24

Referenze 26

Introduzione

A livello globale, i pesci sono gli animali allevati in numero maggiore per la produzione di cibo e, allo stesso tempo, sono anche quelli per cui è più ridotta la disponibilità di studi scientifici e di normative specie-specifiche che permettano di identificare degli standard minimi di allevamento in grado di rispettare maggiormente il loro benessere.

Tuttavia, i pesci sono ormai riconosciuti come esseri senzienti, ossia in grado di provare emozioni, soggettivamente e attraverso processi cognitivi, sia negative (come dolore, paura e sofferenza) sia positive (come gioia e piacere). Pertanto, il loro benessere necessita una considerazione equivalente a quella riservata agli animali d'allevamento terrestri ed è importante che vengano definite e comunicate con sempre maggiore trasparenza le condizioni di vita di questi animali negli allevamenti ittici.

Al fine di sviluppare e implementare standard di allevamento e pratiche di gestione che tengano conto del benessere dei pesci d'allevamento, il primo passo da fare è identificare le problematiche principali delle filiere ittiche e le migliori strategie da attuare per affrontare e risolvere i punti critici, analizzando con attenzione la letteratura scientifica disponibile al momento. L'obiettivo di questo report vuole proprio essere quello di analizzare le problematiche principali di benessere dei pesci in acquacoltura e, dove possibile, fornire indicazioni pratiche su come dovrebbero essere affrontate, con un'attenzione particolare all'allevamento di orate, spigole e trote, che rappresentano le specie di pesci maggiormente allevate nel nostro Paese.

Acquacoltura e consumo di prodotti ittici

Le stime correnti sulla produzione ittica mondiale indicano che **entro il 2030 la produzione globale, comprensiva di animali acquatici pescati e allevati, crescerà del 14%** rispetto ai livelli di produzione registrati nel 2020 e raggiungerà i 202 milioni di tonnellate di peso vivo (FAO 2022a). L'allevamento di pesci, molluschi e crostacei, o acquacoltura, ha acquisito sempre più rilevanza negli ultimi 20 anni e contribuisce a oltre la metà della produzione ittica globale destinata al consumo umano (FAO 2022a). Nel continente europeo, la produzione totale di soli pesci da acquacoltura ha raggiunto circa 2,7 milioni di tonnellate di peso vivo nel 2020 (FAO 2022a).

Nell'Unione Europea (UE), si stima che siano stati sacrificati a scopo alimentare dai 560 ai 1300 milioni di pesci d'allevamento solamente nel 2017 (Fishcount.org.uk). Di questi, le specie più allevate sono rappresentate dall'orata (*Sparus Aurata*; 240-320 milioni di individui), la spigola o branzino (*Dicentrarchus labrax*; 160-200 milioni di individui) e la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*; 87-460 milioni di individui; Fishcount.org.uk). I principali paesi produttori nell'UE sono, in ordine di volume produttivo, Grecia, Spagna, Croazia e Italia per orata e spigola, mentre la trota iridea è allevata principalmente in Francia, Italia e Danimarca (Eurostat 2020). Nonostante il fatto che, in termini di peso vivo, la produzione di molluschi (in particolare cozze, ostriche e vongole) sia di gran lunga superiore a quella di pesci, sono proprio la trota, la spigola e l'orata ad avere il valore commerciale più elevato (dati 2020; Eurostat 2022). Nel 2020, la spesa complessiva per il consumo domestico di prodotti ittici nell'UE ha raggiunto i 59,7 miliardi di euro,

e l'Italia è il secondo paese (dopo la Spagna) in cui si ha la spesa domestica complessiva maggiore (12,3 miliardi di euro; EUMOFA 2021a).

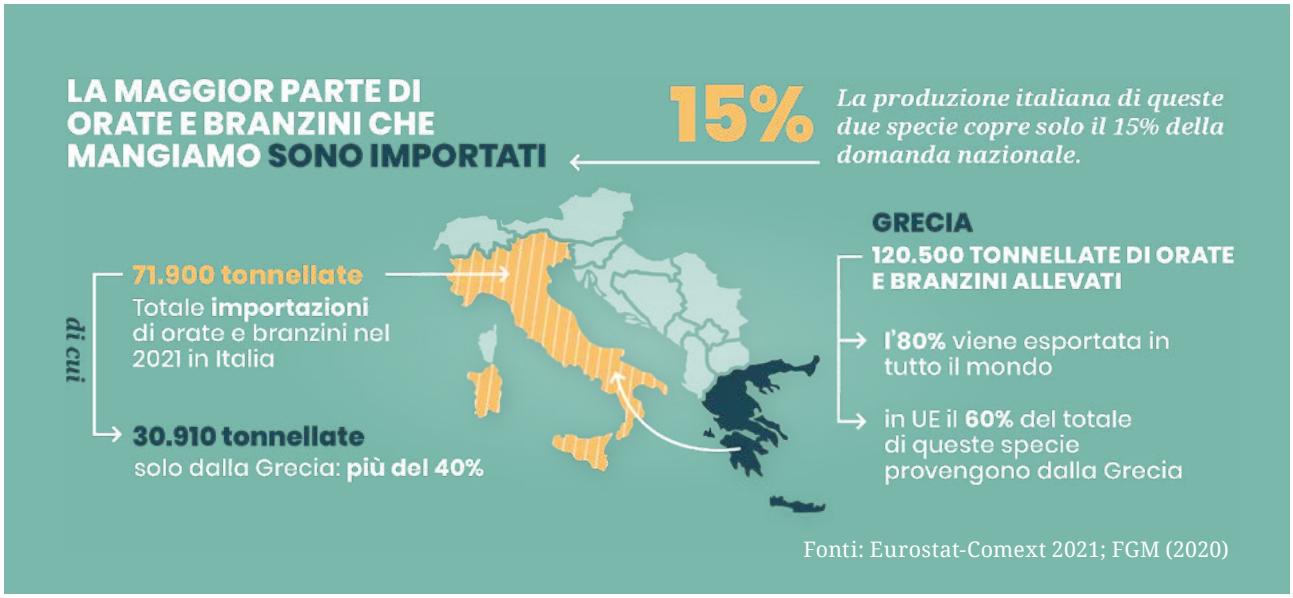
All'interno dell'UE i livelli di produzione e di specializzazione nel settore dell'acquacoltura variano notevolmente a seconda del paese considerato (Eurostat 2022). **L'Italia, come il resto dell'UE, è un forte importatore di prodotti ittici;** le vendite di prodotti italiani da acquacoltura hanno un volume di circa 150.000 tonnellate (dati 2018; STECF 2021), mentre il consumo nazionale di soli prodotti freschi si attesta intorno alle 308.300 tonnellate (valore nominale: 3,2 miliardi di euro), con un consumo apparente pro-capite di 31,2 kg all'anno (dati 2020; EUMOFA 2021a). **Oltre l'80% dei prodotti provenienti dagli allevamenti italiani di pesci in acqua marina vengono venduti a piattaforme logistiche e grande distribuzione,** fermo restando che l'Italia dipende fortemente dalle importazioni dall'estero, in particolare da Grecia (40%) e Turchia (20%; STECF 2021). Per quanto riguarda i pesci allevati in acqua dolce, oltre il 40% viene venduto vivo (ad esempio per il ripopolamento dei corsi d'acqua e/o per attività sportive) e il rimanente viene venduto alla grande distribuzione e all'industria alberghiera (STECF 2021). Con tali livelli di consumo interno e di importazione, è fondamentale considerare non solo le caratteristiche della produzione ittica italiana ma anche la provenienza delle diverse specie ittiche allevate, per poter valutare l'impatto delle pratiche di allevamento sul benessere dei pesci destinati al consumo in Italia.

ORATA, SPIGOLA E TROTA IRIDEA – CARATTERISTICHE PRINCIPALI, PRODUZIONE E PROVENIENZA

Gli allevamenti di pesci in Italia sono quasi esclusivamente intensivi (EUMOFA 2021a) e sono concentrati nelle regioni del Nord, principalmente in Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Trentino-Alto Adige, Toscana e Lombardia (dati 2018; ISPRA 2020). Le specie di pesci più rilevanti sia in termini di volume produttivo che di valore economico sono le orate e le spigole tra le specie marine, e la trota iridea tra le specie d'acqua dolce (STECF 2021).

Orata

L'orata è un pesce principalmente carnivoro che vive comunemente nelle zone costiere del mar Mediterraneo e della parte orientale dell'oceano Atlantico (Pavlidis & Mylonas 2011; Arabaci et al. 2010). È un animale stanziale che da adulto preferisce vivere in solitaria o in piccoli gruppi (Pavlidis & Mylonas 2011). In natura, durante la fase di accrescimento vive in zone lagunari e/o salmastre poco profonde e, da adulto, durante la stagione invernale migra verso



acque più profonde per riprodursi (Arabaci et al. 2010). Il processo di domesticazione dell'orata è estremamente recente: il suo inizio coincide con lo sviluppo di metodi di allevamento e riproduzione negli anni Ottanta e dei primi programmi di selezione genetica negli anni Novanta, tant'è che a oggi le orate allevate possono ancora essere considerate geneticamente molto simili a quelle selvatiche (Arabaci et al. 2010; Saraiva et al. 2018). Nonostante le orate possano vivere fino a 11 anni, **in acquacoltura vengono solitamente allevate in gabbie in mare e raccolte all'età di 18-24 mesi** (ca. 400 g di peso), vale a dire prima di raggiungere l'età adulta (Pavlidis & Mylonas 2011). Nel 2020 la produzione di orate (solo Sparus Aurata) da acquacoltura in Italia si è attestata intorno alle 6.200 tonnellate di peso vivo (Eurostat 2020). Nel 2021 all'incirca 8.500 tonnellate di orate sono state esportate principalmente in Portogallo, Germania e Francia, mentre ben 40.700 tonnellate sono state importate, di cui il 38% proveniente dalla Grecia e il 31% dalla Turchia (Eurostat-Comext 2021).

Spigola

La spigola, similmente all'orata, è un pesce principalmente carnivoro il cui habitat naturale è costituito dalle zone costiere del mar Mediterraneo e della parte orientale dell'oceano Atlantico (Vázquez & Muñoz-Cueto 2015). Vive tra acque costiere poco profonde e protette (accrescimento) e più profonde (riproduzione) come l'orata, ma può anche vivere in prossimità di estuari e in acqua dolce (Kelley 1988; Vázquez & Muñoz-Cueto 2015). La spigola è una specie gregaria e trascorre gran parte del tempo in gruppi di svariate dimensioni (da una decina a migliaia di individui) che possono rimanere stabili per alcuni anni (Vázquez & Muñoz-Cueto 2015). Come per le orate, anche per le spigole il processo di domesticazione è appena agli inizi, poiché i primi programmi di selezione genetica sono stati sviluppati a partire dagli anni Novanta (Vandeputte et al. 2019). L'aspettativa di vita della spigola varia da 7 a 24 anni (Horn et al. 2008; Vázquez & Muñoz-Cueto 2015), ma **in allevamento questi animali vengono solitamente pescati per il consumo prima di raggiungere la maturità sessuale, a un'età di 12-20 mesi** e un peso vivo di 250-450 g, anche se è in aumento la domanda di individui di peso maggiore (800-1.000 g; Vandeputte et al. 2019). Nel 2020 la produzione nazionale di spigole da acquacoltura (solo Dicentrarchus labrax) si è attestata intorno alle 4.700 tonnellate di peso vivo (Eurostat 2020). Nel 2021 all'incirca 3.600 tonnellate sono state esportate principalmente in Portogallo, Francia, Germania e Spagna, mentre ben 31.200 tonnellate sono state importate, di cui circa la metà (49,5%) proveniente dalla Grecia, il 20% dalla Turchia e il 17% dalla Croazia (Eurostat-Comext 2021).

Trota iridea

La trota iridea è una specie non indigena dotata di grande capacità di adattamento a diverse condizioni ambientali e il suo habitat naturale include sia zone d'acqua dolce (come fiumi e laghi) che zone costiere del Nord America occidentale e del Nord-Est asiatico (Stankovic et al. 2015). È stata introdotta in Italia e nel resto d'Europa circa 100-150 anni fa e viene allevata quasi esclusivamente in modo intensivo in acqua dolce (Stankovic et al. 2015; FAO 2022b). È un pesce carnivoro, prevalentemente stanziale (anche se il ceppo "steelhead" migra dalla costa all'acqua dolce per riprodursi), e vive in gruppi con gerarchie ben definite (Jenkins 1969; FAO 2022b). Nonostante la trota iridea possa vivere tra 6 e 11 anni (Riva-Rossi et al. 2007), **è solitamente raccolta per il consumo a un'età di 9-18 mesi** e un peso vivo di 200-450 g (trota da porzione), ma una parte di individui viene allevata fino al peso di 0,5-3 kg e un'età di 20-36 mesi (produzione di filetti e affumicatura) per soddisfare la domanda del mercato europeo (dati integrati da: EUMOFA 2021b; FAO 2022b). **Nel 2020 l'Italia ha prodotto 33.200 tonnellate di trote iridee** (Eurostat 2020), volume che da solo corrisponde a **circa il 34% del valore commerciale di tutta la produzione ittica italiana (mentre spigola e orata insieme contribuiscono al 25%** del valore commerciale della produzione nazionale; STECF 2021). Nel 2021 circa 11.400 tonnellate di trote (Salmo trutta e genere Oncorhynchus), di cui 6.100 tonnellate come prodotto fresco, refrigerato o congelato, e 5.300 tonnellate di animali vivi, sono state esportate principalmente in Austria, Polonia e Germania, mentre solo 3.100 tonnellate di trote sono state importate (Eurostat-Comext 2021).

Benessere animale e senzienza nei pesci

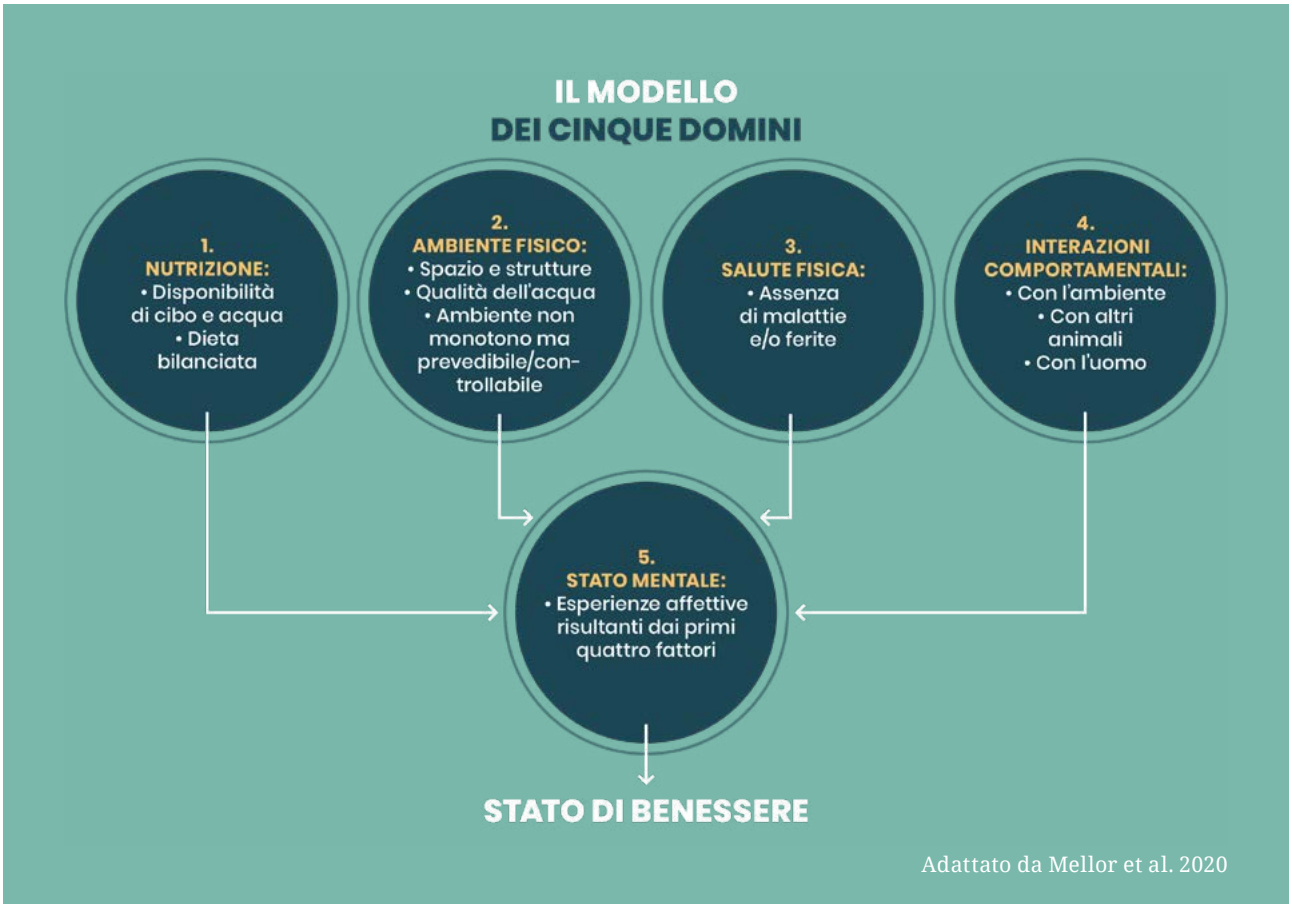
Il benessere animale può essere definito come la condizione o qualità di vita di un animale in relazione all'ambiente in cui vive; l'incapacità e/o la difficoltà a far fronte alle avversità ambientali sono indici di un benessere compromesso (Broom, 1991). La ricerca scientifica sul benessere animale che si è sviluppata da 50 anni a questa parte si basa sul presupposto, sia all'interno della comunità scientifica che nell'opinione pubblica, che non solo l'uomo, ma anche molte altre specie animali posseggono la capacità di provare emozioni, tant'è che la storia della ricerca sul benessere animale può essere definita come "la storia della ricerca di indicatori delle emozioni animali" (Dawkins, 2015). La senzienza, ovvero la capacità di un individuo di provare emozioni soggettivamente e attraverso processi cognitivi (Broom 2014), è stata e continua a essere un oggetto di studio controverso, proprio per la difficoltà di misurare direttamente e oggettivamente un fenomeno che di fatto è soggettivo e unico per ogni individuo (Dawkins, 2015). Ciononostante, la ricerca si è focalizzata su misure indirette (fisiologiche, neurologiche, comportamentali e cognitive) che insieme supportano ampiamente la teoria secondo la quale vi è continuità tra la capacità dell'uomo di provare emozioni e quella di altri animali vertebrati via via più lontani nella scala evolutiva (e.g. Proctor 2012; Sneddon 2015; Mendl & Paul 2004). Per quanto riguarda i pesci, la loro senzienza, in particolare la capacità di provare dolore, è stata messa in discussione in base a differenze neuro-anatomiche rispetto ad altri vertebrati più simili all'uomo (ad esempio, i pesci non proverebbero dolore perché posseggono un minor numero di nocicettori di tipo C, responsabili di "comunicare" dolore intenso e prolungato; Rose et al. 2014). Tuttavia, gran parte della comunità scientifica ritiene che **i pesci siano animali senzienti in base a considerazioni evolutive** (ad esempio il fatto che l'esperienza di emozioni negative in una determinata situazione aiuta a evitare situazioni simili in futuro; Brown 2015; Braithwaite 2010) **e all'evidenza scientifica** che ha dimostrato che i pesci posseggono nocicettori che funzionano in modo simile a quelli dei mammiferi, che le loro reazioni fisiologiche e comportamentali in risposta a stimoli dolorosi sono attenuate da farmaci antidolorifici, che l'attività del loro cervello aumenta in risposta a stimoli dolorosi e che stimoli dolorosi a loro somministrati sopprimono l'espressione di comportamenti primari come la fuga da potenziali predatori (Ashley et al. 2009; Chandroo et al. 2004; Braithwaite 2010; Sneddon 2003, 2004 & 2015). In base all'evidenza disponibile, e pur tenendo in considerazione che vi sono differenze notevoli tra diverse specie di pesci (Reilly et al. 2008), **già dal 2009 anche l'Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) ritiene che i pesci siano esseri senzienti** (EFSA 2009a). Pertanto, l'allevamento dei pesci deve necessariamente tenere in considerazione la tutela del loro benessere.

Il modello per la valutazione del benessere animale più diffuso e utilizzato è quello delle "Cinque Libertà" sviluppato dal Farm Animal Welfare Council del Regno Unito (FAWC 1993) in base a indicazioni iniziali fornite dal Comitato Brambell (Brambell 1965). **Le Cinque Libertà,** incluse anche nei principi guida sul benessere animale dell'Organizzazione Mondiale per la Salute Animale (OIE 2019), si possono riassumere in:

i. libertà da fame e sete;
ii. libertà da condizioni di stabulazione che arrechino malessere;
iii. libertà da dolore, ferite e malattie;
iv. libertà di esprimere il comportamento proprio della specie animale;
v. libertà da paura e stress (FAWC 1993).

Più recentemente al modello delle Cinque Libertà è stato affiancato il concetto di "qualità di vita adeguata", che, a differenza delle Cinque Libertà incentrate sull'assenza di esperienze negative primarie, estende la valutazione della qualità di vita a un bilancio tra esperienze negative (da limitare il più possibile) e positive (da promuovere; Mellor 2016). Al fine di fornire uno strumento per la valutazione del benessere animale che includa sia esperienze negative che positive e che si incentri sull'esperienza mentale e soggettiva dell'animale, è stato sviluppato **il modello dei Cinque Domini**, la cui versione più recente include i fattori:

i. nutrizione;
ii. ambiente fisico;
iii. salute fisica;



Adattato da Mellor et al. 2020

iv. interazioni comportamentali con l'ambiente, altri animali e/o l'uomo;
v. stato mentale (valutato in base alle esperienze affettive relative ai primi quattro fattori; Mellor et al. 2020).

Questi stessi approcci sono stati promossi per la valutazione del benessere dei pesci d'allevamento (Aquatic Animal Alliance 2020; Saraiva et al. 2019). La legislazione europea e italiana è ad oggi carente su diversi aspetti che incidono sul benessere dei pesci allevati (Eurogroup for Animals 2018), anche se **negli orientamenti strategici per un'acquacoltura dell'UE più sostenibile e competitiva per il periodo 2021-2030, la Commissione Europea considera il benessere degli animali acquatici un aspetto prioritario** (Commissione Europea 2021). Pertanto, diverse organizzazioni non governative hanno iniziato a individuare alcuni degli aspetti più critici dell'acquacoltura che devono essere migliorati al più presto per tutelare il benessere dei pesci. Tali aspetti includono la densità e lo spazio disponibile, la qualità dell'acqua, l'arricchimento ambientale, la nutrizione, la salute fisica, il trasporto e la manipolazione, lo stordimento e abbattimento e la formazione del personale (Aquatic Animal Alliance 2020; Eurogroup for Animals 2018). Di seguito verranno descritti gli aspetti ritenuti più rilevanti da Essere Animali per il miglioramento del benessere dei pesci d'allevamento, con particolare riferimento a orate, spigole e trote (le specie più consumate e allevate in Italia) nella fase di accrescimento.

DENSITÀ E SPAZIO DISPONIBILE

La densità e lo spazio totale disponibile nelle vasche su terraferma o nelle gabbie in mare rappresentano parametri di base importanti per valutare e tutelare il benessere dei pesci allevati, anche se devono sempre essere considerati insieme ad altri parametri, quali la qualità dell'acqua e la velocità della corrente, per essere interpretati correttamente (Branson 2008; Ellis et al. 2002; Conte, 2004). L'individuazione di una densità ottimale è resa complessa dal

fatto che, a differenza degli animali domestici che vivono sulla terraferma, i pesci nuotano in uno spazio tridimensionale (Kristiansen et al. 2020; Conte, 2004) e la densità può variare notevolmente in base alle procedure di allevamento attuate, come ad esempio la cattura parziale dei pesci che hanno raggiunto specifiche categorie di peso (Branson 2008; Ellis et al. 2002). Inoltre, la densità ideale varia a seconda della specie considerata e della fase di crescita dei pesci (Branson 2008; Ellis et al. 2002) e anche le diverse caratteristiche individuali, o personalità, presenti all'interno dello stesso gruppo di pesci implicano diverse necessità di spazio e comportamento per ogni individuo (Toms et al. 2010; Castanheira et al. 2013).

Per praticità, la densità dei pesci allevati viene comunemente misurata in peso vivo per unità di volume (kg/m^3; Branson 2008). In generale, **densità troppo elevate provocano un aumento di episodi di aggressività tra conspecifici e/o di abrasione contro le superfici della vasca/gabbia** (con conseguente aumento del numero e intensità di ferite alle pinne), **un aumento della probabilità di trasmissione di patologie all'interno del gruppo, un rapido deterioramento della qualità dell'acqua** legato soprattutto alla diminuzione dell'ossigeno disponibile (Branson 2008; Ellis et al. 2002; North et al. 2006; Noble et al 2020; Kristiansen et al. 2020) **e un'alterazione del comportamento natatorio** (Anras & Lagardere 2004). In alcune specie tuttavia, anche densità troppo basse possono arrecare problemi di benessere, come ad esempio un aumento dell'aggressività legato alla formazione di territori difendibili da pochi individui (Laursen et al. 2013).

Spigole e orate

Le densità tipiche di allevamento per orate e spigole variano in base al sistema di allevamento. In Italia (e nel resto d'Europa) il sistema prevalente è quello delle gabbie in mare, mentre una parte minore della produzione italiana avviene in impianti a terra o tramite vallicoltura (comunicazione API[1]). Gli impianti a terra devono sostenere costi di costruzione e manutenzione maggiori, ma permettono un miglior controllo sulla qualità dell'acqua (EFSA 2008); di conseguenza, le densità di allevamento utilizzate sono superiori rispetto a quelle delle gabbie in mare e rientrano nell'intervallo di 20-100 kg/m^3 (Arabaci et al. 2010; EFSA 2008). In Italia, le densità di allevamento su terraferma sono comunemente di 20-40 kg/m^3, anche se spesso possono superare la soglia dei 40 kg/m^3 attraverso l'impiego di ossigeno puro (Ismea 2009).

[1] Associazione Piscicoltori Italiani

Nelle gabbie in mare la densità di allevamento per spigole e orate varia tra 5 e 10 kg/m3 per i pesci più giovani (2,5-150 g) e tra 10 e 20 kg/m^3 per i pesci che pesano oltre i 150 g (EFSA 2008; Jobling 2010). La ricerca scientifica sugli effetti che diverse densità hanno sul benessere dei pesci si è concentrata sugli allevamenti in vasche a terra, dove le condizioni ambientali sono più controllabili e manipolabili. Nelle **orate,** densità uguali o superiori a 40 kg/m^3 sia in fase giovanile (peso tra 2 e 50 g) che di accrescimento (peso > 50 g) sono associate a indicatori di stress cronico come elevati livelli di cortisolo, soppressione del sistema immunitario e alterazione del metabolismo (Montero et al. 1999; Sangiao-Alvarellos et al. 2005), mentre densità comprese tra 5 e 20 kg/m^3 in fase giovanile non sembrano comportare variazioni significative dei livelli di cortisolo (Sánchez-Muros et al. 2017). In fase giovanile, densità relativamente più elevate (ma pur sempre inferiori a 30 kg/m^3) sono associate a più bassi livelli di aggressività, miglior distribuzione nello spazio disponibile e una più frequente formazione di gruppi sociali (Batzina et al. 2014a; Canario et al. 1998). Nella **spigola,** densità superiori a 40 kg/m^3 in fase di accrescimento sono associate a livelli più elevati di stress, come indicato da una maggiore espressione di geni e acidi grassi non esterificati legati allo stress (Gornati et al. 2004; Di Marco et al. 2008), a una diminuzione di appetito e di crescita (Santos et al. 2010) e a una maggiore sensibilità alle operazioni di contenimento e sovraffollamento (Di Marco et al. 2008). Tuttavia, alcuni studi (come Santos et al. 2010) non hanno separato gli effetti di un'elevata densità di animali da quelli derivanti dall'associato deterioramento della qualità dell'acqua. Nelle gabbie in mare, dove la qualità dell'acqua non è facilmente controllabile, sono consigliabili densità inferiori a 16 kg/m^3 per mantenere livelli accettabili di ammoniaca e ossigeno (Papoutsoglou et al. 1996).

Trota iridea

Le trote vengono allevate prevalentemente in vasche a terra, a densità che possono variare notevolmente a seconda del sistema di allevamento e dell'età (da 2 a 80 a kg/m^3); in Europa tuttavia, la densità d'allevamento tipica varia da 15 a 40 kg/m^3 (Ellis et al. 2002). Densità relativamente alte sono associate a una riduzione dell'appetito, della crescita e dell'efficienza della conversione alimentare e a un conseguente peggioramento dello stato nutrizionale (rapporto tra peso e lunghezza del corpo, e peso del fegato relativo al peso corporeo; Ellis et al. 2002; Larsen et al. 2012), anche se è stato ipotizzato che alla base di queste associazioni vi sia il deterioramento della qualità dell'acqua all'aumentare della densità (North et al. 2006). Inoltre, densità elevate (maggiori o uguali a 40 kg/m^3) provocano un peggioramento delle condizioni di pinne e branchie (Ellis et al 2002; North et al. 2006). In particolare, il livello di abrasione delle pinne (misurato in termini di lunghezza delle pinne rispetto a quella del corpo) può essere considerato un importante indicatore di benessere in quanto queste parti del corpo sono ricche di nocicettori (Chervova 1997). Le lesioni alle pinne che si verificano alle alte densità possono essere provocate sia da un aumento delle interazioni agonistiche tra conspecifici che dallo sfregamento contro le superfici delle vasche (North et al. 2006) e possono favorire l'insorgere di infezioni e la trasmissione di malattie (Noble et al. 2020). Anche densità molto basse (10 kg/m^3) potrebbero indurre una condizione di stress, come indicato da livelli più elevati di cortisolo e una soppressione della risposta immunitaria non-specifica; è possibile che basse densità possano favorire la formazione di territori e la difesa di risorse come il cibo, con conseguente aumento delle interazioni agonistiche (North et al. 2006; Laursen et al. 2013).

QUALITÀ DELL'ACQUA

La qualità dell'acqua ha un ruolo centrale per il benessere dei pesci, non solo perché contiene l'ossigeno necessario per la respirazione, ma anche per la capacità dell'acqua di diluire sostanze e metaboliti potenzialmente tossici per i pesci (MacIntyre et al. 2008). I principali parametri dell'acqua che influiscono sul benessere dei pesci sono la concentrazione dei gas disciolti (ossigeno e anidride carbonica), la temperatura, il pH, la salinità, la portata e circolazione dell'acqua, la concentrazione dei composti di scarto derivanti dal metabolismo dei pesci (ammoniaca, nitriti, nitrati e urea) e la

presenza di inquinanti chimici di origine umana come metalli pesanti e pesticidi (EU Own Initiative Group 2020; Toni et al. 2019; MacIntyre et al. 2008; Ellis et al. 2002). Altri fattori rilevanti connessi alla qualità dell'acqua sono i livelli di illuminazione, rumore e vibrazioni (Toni et al. 2017). **Negli allevamenti intensivi, in caso di peggioramento della qualità dell'acqua, i pesci non possono spostarsi verso acque con caratteristiche più idonee ai loro bisogni, pertanto è fondamentale garantire i livelli ottimali di questi parametri per ogni specie allevata e monitorarli costantemente** (Toni et al. 2019).

La concentrazione di ossigeno disciolto nell'acqua varia a seconda di temperatura, salinità e altitudine (MacIntyre et al. 2008). Più elevata è la densità, più alto è il consumo di ossigeno e maggiore è la necessità di mantenere concentrazioni di ossigeno sufficienti per il metabolismo dei pesci, soprattutto nei sistemi di allevamento che prevedono il ricircolo delle stesse acque (MacIntyre et al. 2008). In particolare, il consumo di ossigeno è maggiore a temperature più elevate, dopo i pasti e in condizioni di stress (MacIntyre et al. 2008). **Livelli troppo bassi di ossigeno compromettono il metabolismo dei pesci e causano una riduzione della crescita e delle capacità natatorie** (Jones 1971). A livello comportamentale, i pesci in stato di ipossia aumentano la frequenza delle aperture e chiusure degli opercoli delle branchie, in alcuni casi boccheggiano, e si spostano verso la superficie (che normalmente contiene più ossigeno) e/o verso i punti d'entrata di acqua di qualità migliore (Wedemeyer 1996). La concentrazione di ammoniaca è determinata principalmente dai livelli di escrezione di questo metabolita da parte dei pesci, a seguito del catabolismo delle proteine contenute nel loro cibo (MacIntyre et al. 2008). L'ammoniaca, specialmente nella forma non-ionizzata, è tossica per i pesci in quanto danneggia il sistema nervoso causando la morte di cellule cerebrali (Randall & Tsui 2002). L'esposizione a concentrazioni molto elevate di ammoniaca provoca rapidi cambiamenti comportamentali quali un aumento della frequenza respiratoria, iper-eccitabilità, nuoto irregolare, perdita di equilibrio e convulsioni, fino a causare la morte (Haywood 1983, Russo & Thurston 1991).

> ***"È fondamentale garantire livelli ottimali di qualità dell'acqua per ogni specie allevata e monitorarli costantemente".***

L'esposizione cronica all'ammoniaca provoca problemi alle branchie e alle pinne, disfunzioni di fegato e reni e una diminuzione dell'appetito e della crescita (Smart 1976, Haywood 1983, Tomasso 1994). Inoltre, la tossicità dell'ammoniaca aumenta al diminuire della concentrazione di ossigeno disciolto (Russo & Thurston 1991) e quando il pH ha valori estremi (relativamente alto o basso; MacIntyre et al. 2008). I nitriti, che derivano dall'ossidazione degli ioni ammonio, alle alte concentrazioni rendono inattiva l'emoglobina nel sangue causando ipossia, letargia (Westin 1974) e danni alle branchie e al timo (Wedemeyer 1996). L'anidride carbonica viene prodotta principalmente dal metabolismo dei pesci; alte concentrazioni nell'acqua impediscono ai pesci di espellere questo gas durante la respirazione, causando un'acidificazione del sangue e una conseguente carenza di ossigeno (MacIntyre et al. 2008). **La temperatura, oltre a influenzare sia la quantità di ossigeno disciolto nell'acqua che quello utilizzato dal metabolismo dei pesci** (all'aumentare della temperatura diminuisce l'ossigeno trattenuto dall'acqua e aumenta quello consumato dai pesci; MacIntyre et al. 2008), **incide anche sullo sviluppo di organismi patogeni e sulla tossicità di contaminanti** presenti nell'acqua (sia patogeni che tossicità di contaminanti aumentano a temperature più elevate; Roberts 1975; Wedemeyer 1996).

Spigole e orate

Per orate e spigole, i parametri ottimali dell'acqua variano a seconda della fase di crescita. Nella fase di accrescimento, l'intervallo di temperatura ideale è di 18-26 °C per entrambe le specie (EFSA 2008), anche se le orate sono più sensibili ai cali di temperatura sotto i 15 °C (Ibarz et al. 2010). Nonostante orate e spigole abbiano

la capacità di adattare il loro metabolismo ai cambiamenti di temperatura (Requena et al. 1997), variazioni rapide di questo parametro (dovute ad esempio all'abbassamento del livello dell'acqua e dell'ossigeno disciolto a seguito della cattura di una parte dei pesci in vasche o stagni poco profondi) possono provocare stress, suscettibilità a malattie e aumento della mortalità (EFSA 2008). **Il continuo monitoraggio del livello di saturazione dell'ossigeno disciolto è fondamentale, in particolare nei sistemi che utilizzano le gabbie in mare** (in cui la concentrazione dell'ossigeno non può essere regolata artificialmente come nei sistemi a terra) e nei periodi in cui la temperatura e la densità dei pesci sono elevate (EFSA 2008). Un livello di saturazione inferiore al 40% provoca stress e arresto della crescita e una saturazione inferiore all'80% per periodi prolungati può portare a diminuzione dell'appetito e della crescita e a lesioni alle branchie (Pichavant 2001; Araujo-Luna et al. 2018). Una concentrazione di 7,4 mg/l di ossigeno è ritenuta appropriata per spigole e orate e in nessun caso dovrebbe mai scendere sotto i 5 mg/l (EFSA 2008). Il monitoraggio del pH è particolarmente importante nei sistemi d'allevamento che prevedono il ricircolo o il lento ricambio dell'acqua, in quanto un accumulo di anidride carbonica può abbassare sensibilmente il pH (EFSA 2008). Un pH compreso tra 6 e 8,5 non provoca alterazioni del comportamento o diminuzione della crescita per spigole e orate (EFSA 2008).

Trota iridea

Per le trote iridee in fase di accrescimento, la temperatura ottimale dell'acqua è 16-17 °C (MacIntyre et al. 2008) e, se la concentrazione di ossigeno disciolto non è eccessivamente bassa, l'intervallo di temperatura accettabile è di 13-19 °C (Schurmann et al. 1991). Temperature più elevate, specialmente nella stagione estiva e nei sistemi a terra che utilizzano il ricircolo dell'acqua, provocano un aumento del metabolismo basale e inducono rapidamente uno stato di ipossia (Skov et al. 2011). La concentrazione di ossigeno disciolto necessaria per permettere alla trota di adattarsi a cali temporanei di questo gas (dovuti per esempio a un aumento della respirazione dopo i pasti e/o per nuotare) dovrebbe attestarsi tra 7 e 9 mg/l, con una concentrazione più alta al diminuire della temperatura per garantire livelli accettabili di ossigeno anche in caso di aumenti di temperatura provvisori; in ogni caso, il livello di saturazione dovrebbe sempre essere superiore al 70% (Wedemeyer 1996). Per quanto riguarda la concentrazione di ammoniaca, la maggior parte della letteratura disponibile suggerisce che questa dovrebbe essere inferiore a 0,02 mg/l per non avere effetti nocivi sulla salute e sulla crescita (Wedemeyer 1996; Smith & Piper 1975; Westers and Pratt 1977). La concentrazione dei nitriti dovrebbe rimanere al di sotto di 0,1 mg/l, mentre quella dell'anidride carbonica al di sotto di 10 mg/l (Wedemeyer 1996). Il pH deve essere mantenuto tra 6 e 9 (Ye & Randall 1991; Randall 1991). **La portata dell'acqua del sistema d'allevamento, oltre a garantire il ricambio dell'acqua, determina anche la velocità della corrente; il mantenimento di una moderata velocità dell'acqua (0,75–1,5 lunghezze del corpo al secondo) favorisce l'attività fisica e il nuoto** coordinato in banchi, contribuendo a ridurre i

danni alle pinne (Jobling et al. 1993; Larsen et al. 2012; Noble et al. 2020), e riduce i tempi di recupero a seguito di stress acuto (come dopo le operazioni di contenimento e sovraffollamento; McKenzie et al. 2012).

ARRICCHIMENTO AMBIENTALE

L'arricchimento ambientale per gli animali in cattività può essere definito come un miglioramento delle loro funzioni biologiche per effetto di modifiche al loro ambiente (Newberry 1995). Per essere efficace, quindi, **un arricchimento ambientale deve soddisfare uno o più bisogni comportamentali caratteristici della specie e/o dell'individuo e deve contribuire a ridurre stati emotivi negativi (come paura, frustrazione e noia) e a promuovere stati emotivi positivi** (Newberry 1995; Hughes & Duncan 1988; Nicol 1992; Boissy et al. 2007; Fife-Cook & Franks 2019). Gli arricchimenti ambientali possono essere suddivisi in cinque categorie principali:

- **sociali** (interazioni con conspecifici, con l'uomo e/o con altre specie);
- **fisico-strutturali** (modificazione della struttura dell'ambiente di allevamento e/o aggiunta di accessori utilizzabili dall'animale);
- **nutrizionali** (tipo e varietà del cibo, modalità e frequenza di distribuzione);
- **occupazionale-cognitivi** (fornitura di dispositivi che promuovono la risoluzione di problemi cognitivi e un conseguente senso di controllo sull'ambiente circostante);
- **sensoriali** (come finestre che danno all'esterno, vocalizzazioni positive di conspecifici; Bloomsmith et al. 1991; Arrechavala-Lopez et al. 2021).

La ricerca sull'arricchimento ambientale per i pesci in cattività si è sviluppata principalmente negli ultimi vent'anni e si è focalizzata sulla fornitura di diversi tipi di strutture: con funzione di riparo, volte a ridurre l'aggressività, capaci di stimolare le capacità sensoriali e cognitive e in grado di aumentare l'imprevedibilità e la variabilità ambientale (Näslund & Johnsson 2016; Arechavala-Lopez et al. 2021). I ripari possono consistere in strutture solide (come tubi o tegole) introdotte allo scopo di fornire all'animale un luogo sicuro dove nascondersi da potenziali predatori e/o da conspecifici aggressivi, o in strutture che influenzano il movimento (come strisce di plastica o reti) principalmente pensate per ridurre gli episodi di aggressività tra conspecifici (Näslund & Johnsson 2016).

Esempio di arricchimento con corde verticali per orate.
© FishEthoGroup

In diverse specie di pesci la presenza di ripari appropriati può favorire la crescita (Coulibaly et al. 2007; Britz & Pienaar 1992), ridurre aggressività e cannibalismo (Coulibaly et al. 2007; Hecht & Appelbaum 1988; Hossain et al. 1998), abbassare il livello basale di cortisolo (Näslund et al. 2013; Barcellos et al. 2009) e ridurre i danni alle pinne (Näslund et al. 2013; Bosakowski & Wagner 1995; Wagner et al. 1995; Arndt et al. 2001; Berejikian 2005). Le strutture volte a ridurre l'aggressività hanno l'obiettivo principale di bloccare il contatto visivo tra conspecifici, permettendo soprattutto agli individui subordinati di evitare interazioni agonistiche, e di diminuire l'attività generale (Näslund & Johnsson 2016; Mork et al. 1999; Carfagnini et al. 2009; Lachance et al. 2010; Oldfield 2011). La complessità di tali strutture deve essere proporzionata alla densità dei pesci allevati (Eason and Stamps 1992): la presenza di troppe poche strutture, infatti, può provocare competizione per queste risorse e, di conseguenza, aumentare l'aggressività (Näslund & Johnsson 2016). **Le strutture che stimolano le capacità sensoriali e cognitive (come la fornitura di substrati di ghiaia, sabbia, ciottoli e/o piante) favoriscono lo sviluppo del cervello** (von Krogh et al. 2010; Salvanes et al. 2013) e migliorano le capacità cognitive, come dimostrato da una migliore capacità di apprendimento in test cognitivi (Salvanes et al. 2013; Spence et al. 2011; Strand et al. 2010). Inoltre, tali strutture aumentano il comportamento esploratorio (Lee & Berejikian 2008), l'adattabilità a cibi nuovi (Brown et al. 2003) e la flessibilità comportamentale (Braithwaite & Salvanes 2005) e inducono episodi di nuoto di gruppo caratterizzati da alta coesione e bassa aggressività (Franks et al. 2018). **Un aumento controllato della variabilità e imprevedibilità dell'ambiente offre la possibilità all'animale di affrontare e risolvere problemi utilizzando il proprio repertorio comportamentale e di beneficiare a livello psicologico del controllo acquisito sull'ambiente circostante** (Meehan & Mench 2007; Franks & Higgins 2012; Kuczaj et al. 2002). Ricerche preliminari indicano che la possibilità di auto-somministrazione del cibo (e quindi la capacità di avere il controllo su questa risorsa) diminuisce i livelli di stress e migliora la risposta immunitaria (Endo et al. 2002).

Spigole e orate

Le orate scelgono di utilizzare i ripari se questi vengono offerti (D'Anna et al. 2012) e preferiscono colori del substrato (ghiaia) diversi a seconda dell'età (Batzina et al. 2014b). La fornitura di un substrato di ghiaia, specialmente se di colore blu, diminuisce l'aggressività fra conspecifici e i livelli di stress (Batzina & Karakatsouli 2012; Batzina et al 2014ac). L'arricchimento delle gabbie con corde verticali in fibra vegetale diminuisce l'aggressività e le interazioni con la rete della gabbia, riducendo di conseguenza i danni alle pinne, e favorisce una miglior distribuzione degli animali nella parte centrale (Arechavala-Lopez et al. 2019 & 2020; Muñoz et al. 2020). Questo tipo di arricchimento promuove, inoltre, il comportamento esplorativo e lo sviluppo di capacità cognitive (Arechavala-Lopez et al. 2020). Sempre nelle orate l'arricchimento sensoriale tramite l'utilizzo di stimoli musicali favorisce la crescita, migliora l'efficienza alimentare e riduce lo stress (Papoutsoglou et al. 2008 & 2015). **Sia per le orate che per le spigole, gli attuali metodi di distribuzione del cibo (localizzato o disperso sulla superficie dell'acqua) non sembrano risolvere il problema dell'alta aggressività al momento dei pasti** (Oikonomidou et al. 2019) e sono quindi necessarie soluzioni alternative che permettano agli animali di gestire meglio le situazioni di stress in questa fase. La somministrazione del cibo effettuata in modo da favorire la prevedibilità di modi e tempi di distribuzione può indurre un aumento della crescita e una riduzione dello stress (Cerqueira et al. 2017; Sébastien et al. 2016). Tuttavia, le problematiche di benessere relative alla distribuzione del cibo si possono risolvere solo trovando il giusto compromesso tra prevedibilità e variabilità ambientale per ogni specie (Arechavala-Lopez et al. 2021).

Trota iridea

Per le trote iridee, l'arricchimento strutturale tramite substrati con ciottoli e/o piante di plastica diminuisce i danni alle pinne (Arndt et al. 2001; Bosakowski & Wagner 1995; Berejikian 2005; Wagner et al. 1995) e favorisce il comportamento esploratorio (Lee & Berejikian 2008). Inoltre, l'aggiunta di una schiera di tubi di plastica sospesi o di

altre strutture sospese verticalmente nelle vasche induce un aumento della crescita e dell'efficienza alimentare (White et al. 2019; Kientz et al. 2016 & 2018; Voorhees et al. 2020). Anche il colore delle vasche ha un effetto sul benessere delle trote (McLean 2021): avannotti allevati in vasche di colore beige o verde mostrano maggior appetito e accrescimento (Üstündağ & Rad 2015; Luchiari & Pirhonen 2008), mentre trote allevate in vasche di colore nero presentano livelli di di stress più elevati (Gilham & Baker 1985; Cook 1994) e maggiore suscettibilità alle malattie (Bowley et al. 1983; Harris & Bird 1997). Come le orate, anche le trote che beneficiano di arricchimento sensoriale tramite l'utilizzo di stimoli musicali hanno una crescita maggiore e livelli di stress inferiori (Papoutsoglou et al. 2013).

TRASPORTO

Il trasporto di animali vivi è una delle fasi più critiche per il benessere dei pesci allevati. Secondo quanto riportato nel *Manuale per la gestione del controllo del benessere dei pesci durante il trasporto su strada* (Ministero della Salute 2017), e in base alle più recenti ricerche commissionate dal Parlamento Europeo (Saraiva et al. 2021), le fasi principali del trasporto in acquacoltura sono l'organizzazione e la preparazione prima del trasporto, il carico dei pesci, il monitoraggio di benessere e qualità dell'acqua durante il trasporto, lo scarico dei pesci e il monitoraggio di benessere e qualità dell'acqua nelle vasche di stoccaggio dopo il trasporto.

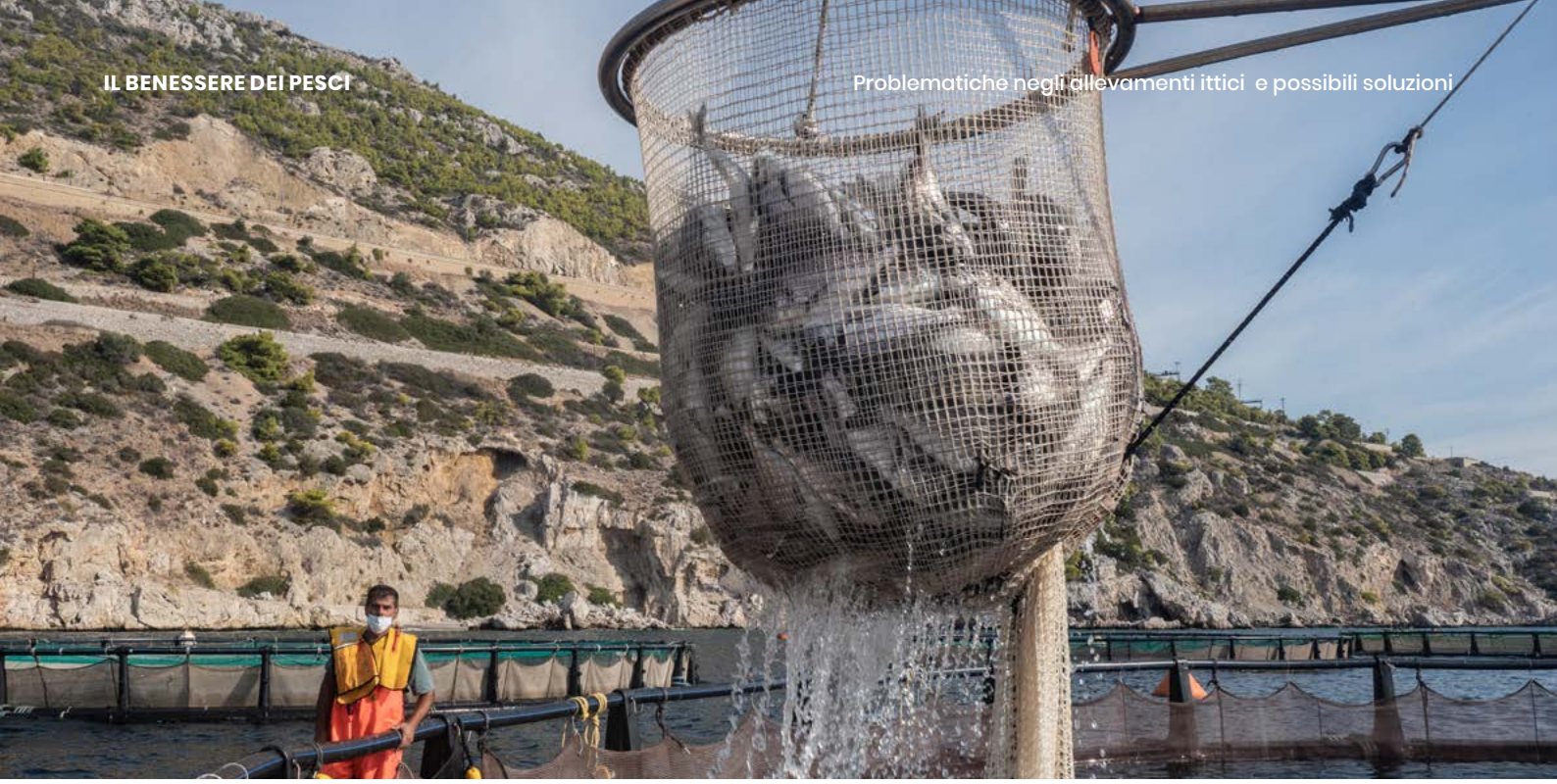
Il trasporto di animali vivi, soprattutto nella fase di stordimento e abbattimento, dovrebbe essere evitato; qualora questo non sia possibile la durata del trasporto deve essere ridotta al minimo indispensabile per evitare stress eccessivi. L'organizzazione del viaggio deve tener conto delle modalità di trasporto (per via terrestre, navale o aerea) e i veicoli e attrezzature utilizzati devono essere adeguati alla specie trasportata (Saraiva et al. 2021; Ministero della Salute 2017). Le condizioni di stress a cui sono sottoposti gli animali trasportati variano in base al mezzo di trasporto utilizzato, la cui scelta dipende dalla tipologia di allevamento (gabbie in mare o vasche a terra in ambiente controllato; Håstein 2004). Nella fase di organizzazione viene eseguita una valutazione dei rischi relativi allo spostamento e viene predisposto un piano d'emergenza. Nella fase di preparazione viene compilata una scheda con le informazioni relative a origine, luogo di partenza, luogo di destinazione e durata prevista del viaggio.

Digiuno

La preparazione al trasporto prevede anche una fase di digiuno, che solitamente dovrebbe durare tra le 24 e le 48 ore (Ministero della Salute 2017), per consentire all'intestino dell'animale di svuotarsi prima di intraprendere lo spostamento. Le linee guida ministeriali indicano che se la temperatura di stabulazione risulta inferiore ai 10 °C, la durata del digiuno può essere estesa fino a 72 ore; inoltre, per i salmonidi destinati alla macellazione, il digiuno può durare fino a 5 giorni (Ministero della Salute 2017). La fase di digiuno, se relativamente breve, consente di mantenere più a lungo una qualità dell'acqua appropriata, riducendo la presenza di escrementi e rallentando il metabolismo (e quindi il consumo di ossigeno; Saraiva et al. 2021). Tuttavia, se prolungato eccessivamente, il periodo di digiuno è fonte di stress e può compromettere il benessere dei pesci (Furné et al. 2009; Kakisawa et al. 1995).

Fasi di carico

La fase di carico è forse la più critica per il benessere dei pesci (Saraiva et al. 2021; Iversen et al. 2005; Manuel et al. 2014). In questa fase è fondamentale effettuare la valutazione dei pesci che saranno soggetti al trasporto verificandone lo stato di salute, le dimensioni e la densità di carico (Saraiva et al. 2021). Prima di essere trasferiti nei contenitori per il trasporto, i pesci vengono raggruppati in uno spazio ristretto delle vasche/gabbie con l'utilizzo di reti (operazioni di **contenimento e sovraffollamento**). Tali operazioni, se non svolte in modo appropriato da personale qualificato, **possono essere fonte di stress acuto e di eccessivo affaticamento dovuto ai tentativi di fuga** (Saraiva et al. 2021). Il trasferimento dei pesci all'interno dei contenitori per il trasporto viene effettuato utilizzando sistemi di pompaggio, reti e/o



retini. Al fine di limitare stress e lesioni, il trasferimento deve essere effettuato progressivamente, evitando il contenimento e sovraffollamento per periodi prolungati e l'alterazione della qualità dell'acqua. È importante infatti garantire un'ossigenazione adeguata dell'acqua e, nel caso vengano utilizzati reti o retini, limitare a pochi secondi il periodo in cui i pesci vengono tenuti fuori dall'acqua. Il carico nei serbatoi di spostamento, così come lo spostamento tra vasche dello stesso stabilimento, solitamente avvengono tramite sistemi di pompaggio. **Molte delle problematiche relative al benessere animale dipendono dal design delle pompe e dal loro funzionamento.** Questi sistemi dovrebbero consentire di spostare i pesci delicatamente e nel modo più efficace possibile; nei tubi di pompaggio non devono esserci giunzioni, piegature o bordi spigolosi o taglienti che possono causare lesioni ai pesci e la velocità di pompaggio non deve essere eccessiva (Saraiva et al. 2021; Ministero della Salute 2017). Per quanto riguarda il trasporto dai vivai agli impianti per l'accrescimento, gli avannotti dovrebbero essere allevati in serbatoi che possono essere caricati direttamente nel mezzo di trasporto e poi scaricati nelle vasche di arrivo o nelle gabbie in mare (e.g. Migdale Smolt Ltd., Scozia), evitando così il rischio di lesioni dovute ai sistemi di pompaggio (Saraiva et al. 2021).

Trasporto

Nella fase di monitoraggio durante il trasporto, si devono verificare i principali parametri di qualità dell'acqua appena prima di iniziare lo spostamento e vanno poi monitorati costantemente durante il viaggio (Saraiva et al. 2021), o almeno ogni 4 ore se questo non è possibile (Ministero della Salute 2017). Il monitoraggio deve essere effettuato tenendo in considerazione i parametri di riferimento specie-specifici. I parametri principali sono la temperatura, le concentrazioni di ossigeno, anidride carbonica e ammoniaca e il pH dell'acqua. **Il livello di ossigeno è il parametro più critico: livelli troppo bassi, in combinazione con concentrazioni elevate di altri metaboliti (come l'ammoniaca), possono causare la morte degli animali, ma anche livelli troppo elevati (iperossia) possono provocare danni ossidativi a livello cellulare** (Saraiva et al. 2021). Più in generale, la fase di trasporto rappresenta un fattore importante di stress per i pesci. Ormoni come adrenalina e cortisolo possono indurre cambiamenti metabolici sia a breve che a lungo termine. Nel breve termine permettono al pesce di rispondere efficacemente e affrontare lo stimolo stressogeno, mentre a lungo termine comportano una condizione di stress cronico. Infatti, il continuo rilascio di glucocorticoidi può influire negativamente sul sistema immunitario dell'individuo e può avere un'azione immunosoppressiva, favorendo in modo indiretto l'insorgenza di infezioni e malattie (Saraiva et al. 2021). I fattori di stress considerati più importanti per i pesci durante il trasporto sono:

- l'accumulo di anidride carbonica nel mezzo acquatico, dovuto a un sovraffollamento nelle vasche utilizzate per lo spostamento, con i conseguenti

scompensi metabolici come l'aumento dell'acidità del sangue;
- la variazione repentina della temperatura, che può provocare una maggiore concentrazione di cortisolo plasmatico e, in casi più estremi, un aumento della mortalità (soprattutto a temperature troppo alte quando il consumo di ossigeno è maggiore);
- l'abbassamento della qualità dell'acqua, dovuto all'accumulo di alcuni metaboliti che a determinate concentrazioni sono potenzialmente tossici per i pesci (come ammoniaca e nitriti). Anche le variazioni di pH possono provocare seri danni dal punto di vista fisiologico compromettendo il benessere degli animali trasportati (Ministero della Salute 2017).

Scarico

Come nella fase di carico, anche la fase di scarico dei pesci è delicata e può aumentare significativamente i livelli di stress. Solitamente i pesci vengono trasferiti nelle vasche di stoccaggio utilizzando pompe o, nei casi in cui relativamente pochi pesci sono trasportati, reti e/o retini. Il contatto tra conspecifici e con le superfici di pompe e reti può causare lesioni ai pesci, in particolare alle pinne. Se l'acqua viene pompata a una velocità troppo elevata, i pesci rischiano di subire lesioni dovute allo sbattimento contro giunzioni e/o bordi spigolosi o taglienti (Saraiva et al. 2021).

Stoccaggio

Nella fase di monitoraggio delle vasche di stoccaggio dopo il trasporto deve essere valutato lo stato di benessere dei pesci. In particolare devono essere verificate le condizioni fisiche, la presenza di lesioni e il tasso di mortalità e, nei giorni successivi al trasporto, l'eventuale sviluppo di malattie. Questa fase è fondamentale per individuare problemi e possibili soluzioni per migliorare le operazioni di trasporto future (Saraiva et al. 2021). Per prevenire l'insorgenza di malattie infettive, i serbatoi/vasche per il trasporto devono essere disinfettati dopo ogni trasporto.

Per quanto riguarda il trasporto di orate e spigole, uno studio (Kayali et al. 2011) ha valutato il tempo di recupero di giovani spigole dallo stress dovuto al trasporto e allo spostamento. Gli indicatori utilizzati per valutare la condizione dei pesci sono stati i tassi di escrezione di azoto ammoniacale e le misurazioni sono state effettuate in ambiente controllato, monitorando tutti i parametri relativi alla qualità dell'acqua. I ricercatori hanno documentato come durante la fase di trasporto, i tassi di escrezione di azoto ammoniacale sono stati 4 volte maggiori rispetto alla fase di riposo in mare. Nei pesci osservati, il picco di escrezione di azoto ammoniacale è stato raggiunto 10 ore dopo lo scarico nelle vasche di stoccaggio, per poi tornare a livelli normali dopo altre 14 ore. Gli autori dello studio suggeriscono che in condizioni controllate **le spigole giovani possono riprendersi completamente in circa 24 ore dallo stress causato dal trasporto di un viaggio in camion di 2 ore.** Un altro studio (Wang et al. 2019) ha valutato l'effetto dell'uso dell'eugenolo (un sedativo naturale) sulla condizione di benessere delle spigole giapponesi durante la fase di trasporto. I risultati hanno mostrato come dopo un trasporto simulato di 5 ore con anestesia, il tasso di sopravvivenza era pari al 100%, mentre senza anestesia raggiungeva solo il 60%. Dopo 24 ore di recupero, per i pesci che erano stati sedati il tasso di sopravvivenza rimaneva al 100%, mentre per gli altri non superava il 40%. Va comunque considerato come l'uso di anestetici comporti, oltre ai benefici, anche alcuni svantaggi. In un altro esperimento (Teles et al. 2019) è stata indagata l'esistenza o meno di effetti collaterali relativi all'uso di olio di chiodi di garofano e metansolfonato di tricaina (MS222) sui parametri correlati allo stress ossidativo nelle orate. Lo studio ha previsto l'impiego di giovani orate soggette a trasporto di 6 ore utilizzando le due tipologie di sedativo. Tutte le matrici biologiche testate hanno mostrato come l'uso di sedativi, sebbene minimizzino la condizione di stress nel breve termine, possono provocare effetti deleteri a lungo termine. In particolare è stato osservato che i sedativi possono incentivare lo stress ossidativo che, alla lunga, può aumentare la suscettibilità a diversi stress ambientali o biotici (oltre che a varie patologie).

Per quanto concerne la trota iridea, uno studio (Shabani et al. 2016) ha indagato l'effetto del trasporto, e del successivo

stoccaggio, sulla qualità dell'acqua e sui parametri di benessere animale. Le trote sono state campionate in diverse fasi: prima del trasporto, subito dopo, a 24 ore dalla fine del trasporto e a 48 ore dall'adattamento nell'acquario di stoccaggio. Per ogni fase sono stati valutati alcuni parametri tra cui i livelli di cortisolo ed elettroliti (Na^+, K^+, Cl^-), la velocità di respirazione e il comportamento natatorio. È stato documentato come **rispetto alle condizioni standard in allevamento, il trasporto abbia rappresentato un forte fattore stressogeno.** Ciò può essere dovuto principalmente alla sovrasaturazione di ossigeno, insieme a livelli elevati di anidride carbonica. Gli autori suggeriscono che per ridurre gli effetti negativi sul benessere delle trote sarebbe opportuno ridurre al minimo l'esposizione all'aria dei pesci durante le varie fasi di trasporto, monitorando costantemente la qualità dell'acqua. Inoltre, **le procedure di pompaggio e contenimento/sovraffollamento sono state identificate come le maggiori fonti di stress per le trote** (Merkin et al. 2010). Le trote mostrano un'attività vigorosa (con elevato consumo di ossigeno) durante il trasporto (Chandroo et al. 2004), di conseguenza è importante garantire un periodo di recupero a seguito dello spostamento. Nelle trote l'aggiunta di sale nell'acqua sembra poter ridurre gli effetti negativi del trasporto. In uno studio (Tacchi et al. 2015) sono stati esaminati gli effetti dell'aggiunta di sale sulla mucosa della pelle e sui batteri associati: il muco della pelle dei pesci trasportati con l'aggiunta di sale ha mostrato una maggiore capacità di inibire la crescita di patogeni rispetto agli altri gruppi sperimentali.

STORDIMENTO E ABBATTIMENTO

Il Regolamento (CE) n. 1099/2009 relativo alla protezione degli animali durante l'abbattimento (Consiglio dell'Unione Europea 2009) stabilisce che "agli animali deve essere risparmiato qualsiasi dolore, stress o sofferenza evitabile durante l'abbattimento e le relative operazioni". Nel 2008, un anno prima dell'adozione del Regolamento da parte dell'Unione Europea, l'Organizzazione Mondiale per la Salute Animale (OIE) ha incorporato nel proprio Codice per la Salute degli Animali Acquatici (Codice Acquatico, OIE 2021) una serie di raccomandazioni relative al benessere dei pesci allevati durante l'abbattimento. Pur non facendo riferimento esplicito ai pesci, **il Regolamento (CE) n. 1099/2009 specifica che gli standard internazionali dell'OIE devono essere presi in considerazione come parte integrante del Regolamento,** sottolineando di fatto l'impegno dei paesi dell'Unione Europea (tutti membri dell'OIE) a seguire le raccomandazioni del Codice

Acquatico (Giménez-Candela et al. 2020). Secondo il Codice Acquatico, "il pesce d'allevamento deve essere stordito prima di essere ucciso e il metodo di stordimento deve garantire una perdita di coscienza immediata e irreversibile" (OIE 2021). **Tali raccomandazioni sono supportate ulteriormente da quelle della Commissione Europea sui requisiti per la protezione dei pesci durante l'abbattimento pubblicate nel 2018** (Commissione Europea 2018). Questo documento, in particolare, valuta l'impatto delle fasi di stordimento e abbattimento sia sul benessere dei pesci che sugli aspetti socio-economici e ambientali. Per stordimento si intende "qualsiasi processo indotto intenzionalmente che causa la perdita di coscienza e sensibilità senza dolore, compreso qualsiasi processo che porti alla morte istantanea", mentre per abbattimento si intende "l'uccisione di animali destinati al consumo umano" (Consiglio dell'Unione Europea 2009). Il processo di abbattimento in acquacoltura include le seguenti fasi: spostamento e manipolazione, immobilizzazione, stordimento e abbattimento.

Metodi non accettabili

I principali metodi di abbattimento che sono considerati non rispettosi del benessere animale dalla comunità scientifica sono **l'immersione in una sospensione di ghiaccio in acqua, l'esposizione all'aria, l'esposizione ad anidride carbonica in acqua e il dissanguamento senza stordimento** a seguito di taglio delle branchie, decapitazione o/e eviscerazione (EFSA 2004; OIE 2021; CIWF report 2018). Nell'abbattimento per immersione in ghiaccio e acqua, i pesci vengono solitamente estratti con reti e scaricati in vasche contenenti una miscela di ghiaccio e acqua in un rapporto che va da 1:2 a 3:1, a una temperatura di circa 0-2 °C, in cui i pesci muoiono per asfissia (EFSA 2009d). Si tratta di un metodo a basso costo utilizzato per abbattere molte specie ittiche e diffuso a livello globale, ma che non è in grado di indurre uno stordimento efficace, mentre lo shock termico, unito alla diminuzione del consumo di ossigeno per via delle basse temperature, prolunga ulteriormente la sofferenza dell'animale prima della morte (Ikasari & Suryaningrum 2014). Con l'abbattimento tramite esposizione all'aria, i pesci vengono rimossi dall'acqua e lasciati soffocare. I sottili filamenti delle branchie, non più supportati dalla densità dell'acqua, collassano e si sovrappongono, impedendo lo scambio di ossigeno con l'ambiente, mentre i pesci effettuano movimenti vigorosi e tentativi di fuga e sono sottoposti a sofferenza acuta per un periodo prolungato. Il metodo di abbattimento con anidride carbonica consiste nel far gorgogliare anidride carbonica in un serbatoio d'acqua (che a volte viene raffreddato) fino a ottenere la concentrazione necessaria (EFSA 2009b). Per la trota iridea, ad esempio, vengono generalmente utilizzati livelli di anidride carbonica di 200-450 mg/l, portando il pH a circa 5,5-6,0 (IBF 2017). I pesci vengono trasferiti nel serbatoio, dove gli alti livelli di anidride carbonica provocano uno squilibrio del pH del sangue, compromettendo la funzione cerebrale (Robb et al. 2002; EFSA 2009b). L'anidride carbonica ha un effetto irritante e induce vigorosi tentativi di fuga nei pesci, che possono durare anche alcuni minuti; successivamente i pesci vengono resi immobili dalla presenza del gas, ma rimangono coscienti, correndo il rischio di essere dissanguati o eviscerati prima di aver perso coscienza (EFSA 2009b). Per quanto riguarda l'abbattimento per dissanguamento senza stordimento, il taglio delle branchie, la decapitazione o l'eviscerazione senza prima uno stordimento efficace non dovrebbero essere eseguiti. Tuttavia, **ad oggi molti pesci destinati al consumo vengono abbattuti senza stordimento.**

Metodi raccomandati

I due metodi di stordimento attualmente considerati più rispettosi del benessere dei pesci e adeguati per la sicurezza alimentare sono **quello a percussione e quello elettrico** (Commissione Europea 2018; OIE 2021; Fish Welfare Initiative 2020; Eurogroup for Animals 2018; HSA report 2018).

Lo stordimento a percussione prevede la perdita immediata di coscienza tramite un colpo alla testa che provoca l'interruzione dell'attività fisiologica del sistema nervoso. Un accurato colpo applicato con forza sufficiente può impedire il recupero di coscienza (Roth et al. 2007) e può anche causare direttamente la morte se la forza è tale da provocare un'emorragia cerebrale (Lambooij et al. 2010). **Quando la perdita di coscienza da stordimento percussivo**

è reversibile, è necessario predisporre un metodo di abbattimento immediato che venga eseguito in modo tempestivo. In molte specie, come nel caso dei salmoni, questo avviene per dissanguamento dopo lo stordimento, tramite taglio delle branchie, o per decapitazione (EFSA 2009e; CIWF report 2018). I metodi percussivi possono essere sia manuali che automatici. Nei sistemi manuali il colpo viene applicato direttamente da un operatore e questi sistemi si usano solitamente quando il numero dei pesci da abbattere è limitato. La percentuale di successo dello stordimento manuale è variabile e può dipendere dal movimento e dimensioni dei pesci e dalla stanchezza e livello di formazione dei lavoratori (EFSA 2009b). Nel caso di stordimento percussivo automatizzato, un cilindro ad aria compressa applica un colpo alla testa del pesce con una pressione specifica; **per essere considerato rispettoso del benessere animale, lo stordimento deve avvenire con un solo colpo e con perdita di coscienza immediata** (Roth et al. 2007). Esistono diversi aspetti da considerare per ottenere uno stordimento percussivo efficace. Ad esempio, dimensioni dei pesci non uniformi possono causare colpi percussivi inadeguati (HSA report 2018) e la regolazione della forza del colpo deve permettere di stordire in maniera efficace tutti i pesci ma non deve provocare danni fisici eccessivi (in particolare alla mascella e agli occhi; Roth et al. 2007; Lambooij et al. 2010). Idealmente, i migliori sistemi automatizzati dovrebbero adattarsi in modo più efficiente alle dimensioni variabili dei pesci, per aumentare la percentuale di pesci storditi con successo al primo colpo e per evitare la pratica comune dello smistamento dei pesci in base alla loro taglia (i.e. "grading"), operazione che può indurre stress acuto (HSA report 2018); inoltre, tali sistemi non dovrebbero richiedere alcuna manipolazione prima dello stordimento ma dovrebbero disporre di dispositivi di allineamento dei pesci che li posizionano automaticamente per il colpo a percussione, evitando che i pesci vengano esposti all'aria prima di essere storditi (HSA report 2018). I sistemi attuali con introduzione dei pesci automatizzata, però, hanno ancora un'alta probabilità di stordire incorrettamente i pesci (10% in media) in quanto alcuni animali non sono orientati in modo corretto quando raggiungono lo storditore o hanno dimensioni non compatibili con il tipo di cilindro percussivo utilizzato; inoltre i pesci possono andare incontro a sfinimento e stress a causa del nuoto prolungato prima di essere storditi (EFSA 2009b,e). I sistemi con introduzione manuale dei pesci hanno una probabilità di stordimento incorretto inferiore (5% in media), ma la manipolazione da parte del personale e l'esposizione all'aria sono fonte di stress acuto (EFSA 2009b,e).

Lo stordimento elettrico consiste nell'applicare una corrente elettrica ai pesci tramite due elettrodi e, se eseguito correttamente, causa un'immediata perdita di coscienza. L'effetto **è solitamente reversibile, per cui,** al fine di rispettare il benessere animale, la fase di stordimento **deve essere seguita da un metodo di abbattimento rapido che impedisca il recupero di coscienza.** Un metodo di abbattimento spesso utilizzato a seguito dello stordimento elettrico è il taglio delle branchie, che provoca morte per dissanguamento. Questo metodo, tuttavia, richiede alcuni minuti per portare alla morte dell'animale (Robb et al. 2000), motivo per cui è necessario che l'effetto dello stordimento elettrico permanga per un periodo di tempo sufficiente per evitare il rischio che, durante il dissanguamento, i pesci possano recuperare coscienza. Altri metodi di abbattimento che possono essere utilizzati dopo lo stordimento elettrico e che, a seconda della specie, possono essere considerati più rispettosi del benessere animale includono il colpo percussivo, la decapitazione, lo spiking (cioè l'inserimento di una punta affilata nel cranio del pesce) e l'immersione in una miscela di acqua e ghiaccio (Lines & Spence 2012; Lambooij et al. 2006; CIWF report 2018). **Durante lo stordimento elettrico, è fondamentale regolare i parametri adeguatamente, tenendo in considerazione la specie del pesce, il posizionamento degli animali e la conduttività dell'acqua** (Lines & Spence 2012). Se, ad esempio, la corrente o la tensione elettrica sono troppo basse, o la durata della scossa è troppo breve, lo stordimento potrebbe essere inefficace e i pesci potrebbero rimanere coscienti e provare dolore durante la fase di abbattimento (Erikson et al. 2012). Se invece la corrente o la tensione elettrica sono troppo alte, possono verificarsi danni irreversibili al filetto e alla carcassa (van de Vis et al.

2003; Lines & Kestin 2005). Esistono due tipologie di stordimento elettrico impiegate negli allevamenti, a secco o in acqua. Nella tipologia a secco i pesci vengono solitamente pompati fuori dall'acqua su un nastro trasportatore dove entrano a contatto con gli elettrodi (rappresentati dal nastro trasportatore stesso e da piastre in acciaio che pendono sopra i pesci) (CIWF report 2018). Lo stordimento a secco è efficace nel provocare uno stato di incoscienza immediato e non provoca danni alla carcassa se applicato correttamente (Lambooij et al. 2010), tuttavia è fondamentale assicurarsi che la testa del pesce entri a contatto con gli elettrodi prima della coda, in quanto una scossa elettrica alla coda quando l'animale è ancora cosciente causerebbe dolore acuto (Lines & Spence 2012). Lo stordimento in acqua consiste nell'applicare una corrente elettrica al mezzo acquatico utilizzando due elettrodi a piastre immersi in acqua e presenta il vantaggio di non dover rimuovere gli animali dall'acqua durante lo stordimento (Lines & Spence 2012; CIWF report 2018). I pesci possono essere pompati in sistemi a flusso continuo che permettono di stordire molti pesci in poco tempo, oppure possono essere trasferiti in vasche utilizzando pompe o reti (Lines & Spence 2012; CIWF report 2018). Come la manipolazione prima e dopo il trasporto, **anche le operazioni di contenimento e sovraffollamento prima dello stordimento possono provocare stress acuto.** Ad esempio, l'utilizzo di reti per il trasferimento dei pesci nelle vasche di stordimento può provocare lo schiacciamento degli animali nella parte più bassa e abrasioni/lesioni causate dallo sfregamento con la rete e/o dagli urti con gli altri pesci (Lines & Spence 2012; Saraiva et al. 2021).

Gli indicatori utili per verificare l'efficacia dello stordimento e l'effettivo stato di incoscienza del pesce sono:

- l'assenza di movimento degli occhi (verificando l'assenza del riflesso oculo-vestibolare; EFSA 2004);
- l'assenza di movimento opercolare ritmico;
- la presenza di lievi contrazioni muscolari involontarie;
- il capovolgimento in posizione supina;
- l'immobilità e assenza di comportamento natatorio (assenza di tentativi di fuga; HSUS report 2018).

L'efficacia dello stordimento può essere valutata anche tramite l'assegnazione di un punteggio a diverse misurazioni come la percentuale di pesci effettivamenti storditi al primo tentativo, di pesci con danni fisici e di carcasse danneggiate (Rey et al. 2019). La valutazione dello stato di incoscienza esclusivamente tramite l'utilizzo di indicatori comportamentali può, però, non essere sufficiente (Lambooij et al. 2010). Anche nel caso di stordimento inefficace, infatti, il pesce potrebbe rimanere immobile e non rispondere ai test sui riflessi comportamentali, ma essere ancora cosciente. **Nel caso di implementazione di nuove apparecchiature di stordimento, per la verifica dello stato di incoscienza è quindi importante la collaborazione con università o enti di ricerca per testare e individuare i parametri più adatti,** monitorando anche indicatori neuro-fisiologici come l'elettroencefalogramma (EEG) e l'elettrocardiogramma (ECG), che consentono di verificare inequivocabilmente che il pesce abbia perso coscienza a seguito dello stordimento (AAC report 2017; Lines & Spence 2012). Tramite un elettroencefalogramma si può misurare la risposta a uno stimolo luminoso direzionato alla retina dell'occhio: la perdita di risposta immediatamente dopo lo stordimento può essere utilizzata come indicatore di uno stordimento efficace e rispettoso del benessere (Robb et al. 2000).

Anche i metodi di stordimento più rispettosi del benessere presentano dei rischi che devono essere presi in considerazione e limitati il più possibile (AAC report 2017). Per lo stordimento percussivo, nei sistemi manuali può verificarsi asfissia, mentre in quelli automatizzati, a causa delle dimensioni non uniformi dei pesci, possono verificarsi errori di stordimento. Può anche verificarsi una paralisi dell'animale senza perdita di coscienza e lesioni quali la dislocazione oculare (proptosi), rottura dell'occhio ed emorragia. Per lo spiking, lo strumento potrebbe mancare il cervello, soprattutto se il pesce è in movimento, ed è quindi necessario il contenimento dell'animale, che rappresenta un rischio per il benessere in sé, oltre al fatto che questa procedura è tipicamente eseguita fuori dall'acqua (EFSA 2009c). Per lo stordimento elettrico, una durata insufficiente dello stordimento può portare a un ritorno rapi-

"Nel caso di nuove apparecchiature di stordimento, è importante verificare lo stato di incoscienza collaborando con università o enti di ricerca"

do allo stato di coscienza e lo stordimento elettrico non riuscito può portare a immobilizzazione, ma il pesce rimane cosciente e sensibile al dolore (Lambooij et al. 2010; AAC report 2017).

Spigole e orate

Per orate e spigole, nonostante i regolamenti e le raccomandazioni vigenti, i metodi di abbattimento maggiormente utilizzati sono asfissia (a seguito di immersione in miscela di ghiaccio e acqua o esposizione all'aria) e solo in minima parte stordimento elettrico seguito da immersione in miscela di ghiaccio e acqua (AAC report 2017; Commissione Europea 2018). Già nel 2009 l'EFSA ha raccomandato che si sviluppassero urgentemente metodi di stordimento per indurre la perdita di coscienza immediata nella spigola e nell'orata (EFSA 2009d). Per queste specie, **la procedura al momento considerata più rispettosa del loro benessere è lo stordimento elettrico, in acqua o a secco, seguita dall'immersione in miscela di ghiaccio e acqua di mare** (Commissione Europea 2018; OIE 2021). Tuttavia, in Grecia, Spagna e Italia la maggior parte di spigole e orate vengono abbattute per immersione in ghiaccio e acqua di mare senza stordimento. Durante questo processo gli animali sono sottoposti a shock termico, effettuano violenti tentativi di fuga con conseguenti ferimenti e lesioni e presentano risposte fisiologiche indicative di stress acuto (Commissione Europea 2017; Commissione Europea 2018; EFSA 2004; EFSA 2009d). Per orate e spigole, il tempo che va dall'immersione nella miscela di ghiaccio e acqua alla perdita di coscienza varia da 5 a 40 minuti (van de Vis et al. 2003; Huidobro et al. 2001; Zampacavallo et al. 2008; Poli et al. 2004; Bagni et al. 2002; EFSA 2009d), implicando che gli animali possono rimanere coscienti anche dopo essere stati immobilizzati dalle basse temperature (EFSA 2009d). Inoltre, anche per queste due specie le operazioni di contenimento e sovraffollamento che precedono l'abbattimento contribuiscono in modo determinante ad aumentare i livelli di stress (Bagni et al. 2007; Papaharisis et al. 2019). **Lo stordimento elettrico seguito dall'immersione in miscela di ghiaccio e acqua è stato testato a livello sperimentale sia per spigole che per orate con risultati promettenti** per il rispetto del loro benessere (Knowles et al. 2007; Lambooji et al. 2008). Nello studio condotto da Lambooij et al. (2008), registrazioni dell'elettroencefalogramma mostrano che, se storditi correttamente e per una durata abbastanza lunga, le spigole possono rimanere incoscienti fino al sopraggiungere della morte. I ricercatori concludono che l'applicazione di una corrente elettrica alla singola spigola di 3,3 Arms/dm^2 per 1 secondo è sufficiente per indurre l'assenza di coscienza e sensibilità corporea, mentre una combinazione di stordimento elettrico per 10 secondi seguito dall'immersione in miscela di ghiaccio e acqua ha provocato la morte dei pesci. **Recentemente sono stati sviluppati alcuni modelli di storditori elettrici a uso commerciale per orate e spigole.** Per esempio, lo storditore elettrico a secco progettato da Optimar prevede il pompaggio di pesci tramite una pompa a flusso continuo, seguito dal passaggio attraverso un'unità di disidratazione e successivamente attraverso lo storditore, arrivando alla fine nella miscela di acqua e ghiaccio. I parametri elettrici per lo stordimento sono la combinazione 120 V CC e 25 V CA, frequenza 100 Hz e il tempo di stordimento è di 10 secondi per prevenire il recupero dello stato di coscienza (AAC report 2017). Lo storditore elettrico in acqua sviluppato da Ace Aquatec[3] (Lines & Pyne-Carter 2017) offre la possibilità di pompare, stordire e abbattere gli animali senza che questi fuoriescano dall'acqua.

Trota Iridea

Per le trote iridee, i metodi di stordimento (quando presente) e abbattimento maggiormente utilizzati sono asfissia (a seguito di immersione in miscela di ghiaccio e acqua

[2] https://optimar.no/
[3] https://aceaquatec.com/

o di esposizione all'aria), esposizione ad anidride carbonica in acqua e stordimento elettrico o percussivo seguito da taglio delle branchie, decapitazione o immersione in ghiaccio (EFSA 2009b; Lines & Spence 2012; CIWF 2018). **I metodi considerati più rispettosi del benessere per questa specie sono lo stordimento elettrico in acqua e quello a percussione, entrambi seguiti dal taglio manuale delle branchie** (EFSA 2009b; Commissione Europea 2018; Concollato et al. 2016). Lo stordimento elettrico in acqua può essere effettuato in vasche provviste di elettrodi, nelle quali le trote vengono immesse tramite reti o pompe (EFSA 2009b), oppure in sistemi di condotte automatizzati che pompano, stordiscono e scaricano gli animali storditi senza che questi fuoriescano dall'acqua (e.g., Lines & Pyne-Carter 2018). I sistemi di condotte automatizzati sono stati valutati come i più rispettosi del benessere animale dall'EFSA (2009b). Per lo stordimento elettrico in vasche, è necessaria una densità di corrente di almeno 8,3 A m-2 a 50 Hz per almeno 5 secondi per stordire tutti i pesci e per almeno 30 secondi per provocarne la morte; usando densità di corrente comprese tra 10,2 e 10,8 A m-2 per una durata di 5 s, è necessaria una frequenza della forma d'onda di 2000 Hz o inferiore per stordire le trote (Robb et al. 2002). Un'esposizione di 60 secondi a un campo elettrico sinusoidale di 2,5 v/cm rms e a una frequenza di 1000 Hz può portare alla morte una trota iridea di piccola taglia, senza causare danni alla carcassa (Lines & Kestin 2005). In aree con bassa conduttività dell'acqua potrebbe essere necessario un lieve aumento dell'intensità del campo elettrico (Lines & Kestin 2005). **Lo stordimento percussivo della trota, se applicato correttamente, è efficace nel provocare perdita di coscienza immediata, anche se durante questa procedura spesso gli animali vengono esposti all'aria e maneggiati su un tavolo per un periodo che va da alcuni secondi ad alcuni minuti ed è quindi fondamentale ridurre i tempi di esposizione all'aria il più possibile** (ad esempio spruzzando continuamente acqua sui pesci; EFSA 2009b). Per le trote da porzione, nei casi in cui il numero degli animali da stordire è limitato, lo stordimento percussivo più appropriato è quello manuale (EFSA 2009b). Per le trote di taglia più grande (di peso superiore a 1 kg), generalmente si utilizzano sistemi a percussione semi-automatizzati con introduzione manuale dei pesci (EFSA 2009b).

Conclusioni e direzioni future per migliorare il benessere dei pesci allevati

Questo report mette in luce e descrive alcune delle principali problematiche di benessere animale attualmente presenti in acquacoltura, basandosi sulle più recenti evidenze scientifiche disponibili. Una quantità sempre maggiore di studi scientifici supporta la conclusione che i pesci siano esseri senzienti, pertanto l'allevamento dei pesci deve necessariamente tenere in considerazione la tutela del loro benessere. A differenza di altre specie terrestri, non esiste una legislazione che regoli il benessere dei pesci durante le fasi d'allevamento e l'attuale legislazione in fase di abbattimento presenta gravi lacune che non ne permettono un'applicazione efficace. Considerando queste lacune normative e il fatto che ogni anno vengono allevati e consumati centinaia di milioni di pesci solamente nell'Unione Europea, è estremamente importante e urgente che le aziende inizino ad adottare politiche e pratiche di allevamento che garantiscano una migliore qualità di vita ai pesci. Essere Animali ha quindi individuato e descritto in questo report gli aspetti ritenuti più rilevanti da tenere in considerazione per il miglioramento del benessere dei pesci d'allevamento, con particolare riferimento a orate, spigole e trote nella fase di accrescimento (vedi Tabella 1 per una sintesi).

Un fattore importante che non è stato preso in considerazione in questo report, ma che non si può ignorare se si vuole riflettere sui possibili scenari per il futuro è quello dell'interesse dei consumatori. **In Italia, infatti, la maggior parte dei consumatori riconosce che i pesci siano in grado di provare emozioni** negative[1], come paura (72% degli intervistati) e dolore (77%), e positive, come il piacere (62%), e ritengono che il benessere dei pesci debba essere protetto tanto quanto il benessere degli altri animali destinati al consumo alimentare (81%). La permanenza in acque di bassa qualità, la macellazione senza stordimento e il sovraffollamento sono i 3 fattori che, secondo le persone intervistate, hanno il maggiore impatto negativo sul benessere dei pesci e sono pertanto elementi che non possono essere ignorati se vogliamo sviluppare filiere adatte a rispondere alle esigenze di sostenibilità del futuro. In questo senso, **un altro tema chiave che necessita di ulteriori approfondimenti è quello della trasparenza e di come migliorare le comunicazioni e le etichette per garantire il passaggio di informazioni accurate e non fuorvianti:** quasi il 90% dei consumatori italiani (87%) vorrebbe poter leggere informazioni specifiche sul benessere dei pesci sulle etichette dei prodotti ittici e sarebbe anche disposta a pagare in media il 28% in più dei prodotti con standard di benessere meno elevati.

[1] Sondaggio condotto da ComRes su richiesta di Eurogroup for Animals e Compassion in World Farming tra il 30 aprile e l'8 maggio 2018 su 9.047 persone in UK, Germania, Francia, Italia, Spagna, Polonia, Svezia, Paesi Bassi e Repubblica Ceca. Tabelle con i dati disponibili su www.comresglobal.com

Tabella 1. Pratiche di allevamento ritenute migliorative del benessere di orate, spigole e trote iridee durante la fase di accrescimento.

	Orata e Spigola	Trota iridea
Ddensità di allevamento[a]	≤ 15 kg/m^3 [b,c]	10-25 kg/m^3 [b,c]
Qualità dell'acqua[a]	• Temperatura: 18-26 °C • Ossigeno disciolto: 7,4 mg/l • Saturazione Ossigeno: >70% • pH: 6-8,5	• Temperatura: 13-19 °C • Ossigeno disciolto: 7-9 mg/l • Saturazione Ossigeno: >70% • pH: 6-9 • Ammoniaca: < 0,02 mg/l • Nitriti: < 0,1 mg/l • CO2: < 10 mg/l • Corrente: 0,75–1,5 lunghezze del corpo al secondo
Arricchimento ambientale	• Disponibilità di ripari • Substrato (orata: ghiaia e colore blu) • Corde verticali in fibra vegetale • Stimoli musicali • Miglioramenti nella distribuzione del cibo	• Substrati con ciottoli e/o piante di plastica • Strutture sospese verticalmente • Colore vasche (beige o verde) • Stimoli musicali
Trasporto	• Periodo di digiuno appropriato a specie e condizioni ambientali • Operazioni di contenimento e sovraffollamento effettuate da personale qualificato • Trasferimento nei serbatoi per il trasporto con sistemi di pompaggio adeguati • Monitoraggio continuo durante il trasporto: temperatura, concentrazioni di ossigeno, anidride carbonica e ammoniaca, e pH dell'acqua appropriati per la specie • Scarico nelle vasche di stoccaggio con sistemi di pompaggio adeguati • Monitoraggio e registrazione di stato di salute, mortalità ed eventuale sviluppo di malattie	
Stordimento e abbattimento	• Stordimento elettrico adeguato, seguito da un metodo di abbattimento appropriato per la specie • Valutare l'efficacia dello stordimento	• Stordimento elettrico o percussivo (quest'ultimo manuale se trote da porzione, manuale o semi-automatizzato se peso vivo > 1 kg) adeguato, seguito da un metodo di abbattimento appropriato per la specie • Valutare l'efficacia dello stordimento

[a] Densità di allevamento e qualità dell'acqua devono essere valutate congiuntamente.

[b] In accordo con le raccomandazioni del report *Using ethology to improve farmed fish welfare and production* commissionato dall'Aquaculture Advisory Council (2022): https://aac-europe.org/images/AAC_ethology_and_welfare_final.pdf

[c] Requisiti nella produzione biologica (Regolamento di esecuzione (UE) 2020/464): orata e spigola max. 15 kg/m^3 per gabbie in mare o in sistemi aperti a terra; trota max. 25 kg/m^3 in acque dolci (sistemi aperti) e max. 10 kg/m^3 in acque marine.

Referenze

AAC report (2017). Farmed fish welfare during slaughter. Aquaculture Advisory Council (AAC).

Aquatic Animal Alliance (2020). Key aquatic animal welfare recommendations for aquaculture. New York, NY, Aquatic Animal Alliance, 7pp. DOI: http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1680.

Anras, M. L. B., & Lagardère, J. P. (2004). Measuring cultured fish swimming behaviour: first results on rainbow trout using acoustic telemetry in tanks. Aquaculture, 240(1-4), 175-186.

Arabaci, M., Yilmaz, Y., Ceyhun, S. B., Erdoğan, O., Dorlay, H. G., Diler, I., ... & Konçagül, S. (2010). A review on population characteristics of Gilthead Seabream (Sparus aurata). Journal of Animal and Veterinary Advances 9(6): 976-981.

Araújo-Luna, R., Ribeiro, L., Bergheim, A., & Pousão□Ferreira, P. (2018). The impact of different rearing condition on gilthead seabream welfare: dissolved oxygen levels and stocking densities. Aquaculture Research, 49(12), 3845-3855.

Arechavala-Lopez, P., Diaz-Gil, C., Saraiva, J. L., Moranta, D., Castanheira, M. F., Nuñez-Velázquez, S., ... & Grau, A. (2019). Effects of structural environmental enrichment on welfare of juvenile seabream (Sparus aurata). Aquaculture Reports, 15, 100224.

Arechavala-Lopez, P., Caballero-Froilán, J. C., Jiménez-García, M., Capó, X., Tejada, S., Saraiva, J. L., ... & Moranta, D. (2020). Enriched environments enhance cognition, exploratory behaviour and brain physiological functions of Sparus aurata. Scientific reports, 10(1), 1-10.

Arechavala-Lopez, P., Cabrera□Álvarez, M. J., Maia, C. M., & Saraiva, J. L. (2021). Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. Reviews in Aquaculture.

Arndt, R. E., Routledge, M. D., Wagner, E. J., & Mellenthin, R. F. (2001). Influence of raceway substrate and design on fin erosion and hatchery performance of rainbow trout. North American Journal of Aquaculture, 63(4), 312-320.

Ashley, P. J., Ringrose, S., Edwards, K. L., Wallington, E., McCrohan, C. R., & Sneddon, L. U. (2009). Effect of noxious stimulation upon antipredator responses and dominance status in rainbow trout. Animal Behaviour, 77(2), 403-410.

Bagni, M., Priori, A., Finoia, M. G., Bossu, T., & Marino, G. (2002). Evaluation of pre-slaughter and killing procedures in sea bream (Sparus aurata). Aquaculture Europe, 32, 135-136.

Bagni, M., Civitareale, C., Priori, A., Ballerini, A., Finoia, M., Brambilla, G., & Marino, G. (2007). Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (Dicentrarchus labrax) and sea bream (Sparus aurata). Aquaculture, 263(1-4), 52-60.

Barcellos, L. J. G., Kreutz, L. C., Quevedo, R. M., da Rosa, J. G. S., Koakoski, G., Centenaro, L., & Pottker, E. (2009). Influence of color background and shelter availability on jundiá (Rhamdia quelen) stress response. Aquaculture, 288(1-2), 51-56.

Batzina, A., & Karakatsouli, N. (2012). The presence of substrate as a means of environmental enrichment in intensively reared gilthead seabream Sparus aurata: growth and behavioral effects. Aquaculture, 370, 54-60.

Batzina, A., Dalla, C., Papadopoulou-Daifoti, Z., & Karakatsouli, N. (2014a). Effects of environmental enrichment on growth, aggressive behaviour and brain monoamines of gilthead seabream Sparus aurata reared under different social conditions. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 169, 25-32.

Batzina, A., Sotirakoglou, K., & Karakatsouli, N. (2014b). The preference of 0+ and 2+ gilthead seabream Sparus aurata for coloured substrates or no-substrate. Applied Animal Behaviour Science, 151, 110-116.

Batzina, A., Kalogiannis, D., Dalla, C., Papadopoulou-Daifoti, Z., Chadio, S., & Karakatsouli, N. (2014c). Blue substrate modifies the time course of stress response in gilthead seabream Sparus aurata. Aquaculture, 420, 247-253.

Berejikian, B. A. (2005). Rearing in enriched hatchery tanks improves dorsal fin quality of juvenile steelhead. North American Journal of Aquaculture, 67(4), 289-293.

Bloomsmith, M. A., Brent, L. Y., & Schapiro, S. J. (1991). Guidelines for developing and managing an environmental enrichment program for nonhuman primates. Laboratory animal science, 41(4), 372-377.

Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., ... & Aubert, A. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. Physiology & behavior, 92(3), 375-397.

Bosakowski, T., & Wagner, E. J. (1995). Experimental use of cobble substrates in concrete raceways for improving fin condition of cutthroat (Oncorhynchus clarki) and rainbow trout (O. mykiss). Aquaculture, 130(2-3), 159-165.

Bowley, T. J., Rance, T. A., & Baker, B. I. (1983). Measurement of immunoreactive α-melanocyte-stimulating

hormone in the blood of rainbow trout kept under various conditions. Journal of Endocrinology, 97(2), 267-275.

Braithwaite, V. A., & Salvanes, A. G. (2005). Environmental variability in the early rearing environment generates behaviourally flexible cod: implications for rehabilitating wild populations. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 272(1568), 1107-1113.

Braithwaite, V. (2010). Do fish feel pain?. Oxford University Press, Oxford, UK.

Brambell, R. (1965). Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Her Majesty's Stationary Office, London, UK.

Branson, E. J. (Ed.). (2008). Fish welfare. John Wiley & Sons.

Britz, P. J., & Pienaar, A. G. (1992). Laboratory experiments on the effect of light and cover on the behaviour and growth of African catfish, Clarias gariepinus (Pisces: Clariidae). Journal of Zoology, 227(1), 43-62.

Broom, D. M. (1991). Animal welfare: concepts and measurement. Journal of animal science, 69(10), 4167-4175.

Broom, D. M. (2014). Sentience and animal welfare. CABI.

Brown, C., Davidson, T. and Laland, K. (2003). Environmental enrichment and prior experience of live prey improve foraging behaviour in hatchery-reared Atlantic salmon. Journal of Fish Biology 63, 187–196.

Brown, C. (2015). Fish intelligence, sentience and ethics. Anim. Cogn., 18, 1–17.

Canario, A. V., Condeca, J., Power, D. M., & Ingleton, P. M. (1998). The effect of stocking density on growth in the gilthead sea□bream, Sparus aurata (L.). Aquaculture Research, 29(3), 177-181.

Carfagnini, A. G., Rodd, F. H., Jeffers, K. B., & Bruce, A. E. (2009). The effects of habitat complexity on aggression and fecundity in zebrafish (Danio rerio). Environmental biology of fishes, 86(3), 403-409.

Castanheira, M. F., Herrera, M., Costas, B., Conceição, L. E., & Martins, C. I. (2013). Can we predict personality in fish? Searching for consistency over time and across contexts. PLoS One, 8(4), e62037.

Cerqueira, M., Millot, S., Castanheira, M. F., Félix, A. S., Silva, T., Oliveira, G. A., ... & Oliveira, R. F. (2017). Cognitive appraisal of environmental stimuli induces emotion-like states in fish. Scientific reports, 7(1), 1-10.

Chandroo, K. P., Duncan, I. J., & Moccia, R. D. (2004). Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. Applied Animal Behaviour Science, 86(3-4), 225-250.

Chervova, L. S. (1997). Pain sensitivity and behavior of fishes. Journal of Ichthyology, 37(1), 98-102.

CIWF report (2018). The Welfare of Farmed Fish During Slaughter in the EU.

Commissione Europea (2017). Welfare of farmed fish: Common practices during transport and at slaughter.

Commissione Europea (2018). Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the possibility of introducing certain requirements regarding the protection of fish at the time of killing.

Commissione Europea (2021). Orientamenti strategici per un'acquacoltura dell'UE più sostenibile e competitiva per il periodo 2021 – 2030.

Concollato, A., Olsen, R. E., Vargas, S. C., Bonelli, A., Cullere, M., & Parisi, G. (2016). Effects of stunning/slaughtering methods in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) from death until rigor mortis resolution. Aquaculture, 464, 74-79.

Consiglio dell'Unione Europea (2009). Regolamento (CE) N. 1099/2009 del Consiglio del 24 settembre 2009 relativo alla protezione degli animali durante l'abbattimento.

Conte, F. S. (2004). Stress and the welfare of cultured fish. Applied Animal Behaviour Science, 86(3-4), 205-223.

Cook, J.A. (1994). The effects of stress, background colour and steroid hormones on the lymphocytes of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). In: Ph.D. Thesis. University of Sheffield, UK, pp. 208.

Coulibaly, A., Koné, T., Ouattara, N. I., N Douba, V., Snoeks, J., Kouamélan, E. P., & Bi, G. G. (2007). Évaluation de l'effet d'un système de refuge sur la survie et la croissance des alevins de Heterobranchus longifilis élevés en cage flottante. Belgian journal of zoology, 137(2), 157.

D'Anna, G., Giacalone, V. M., Fernández, T. V., Vaccaro, A. M., Pipitone, C., Mirto, S., ... & Badalamenti, F. (2012). Effects of predator and shelter conditioning on hatchery-reared white seabream Diplodus sargus (L., 1758) released at sea. Aquaculture, 356, 91-97.

Dawkins, M. (2015). Animal welfare and the paradox of animal consciousness. Advances in the Study of Behavior, 47, 5-38.

Di Marco, P., Priori, A., Finoia, M. G., Massari, A., Mandich, A., & Marino, G. (2008). Physiological responses of European sea bass Dicentrarchus labrax to different stocking densities and acute stress challenge. Aquaculture, 275(1-4), 319-328.

Eason, P. K., & Stamps, J. A. (1992). The effect of visibility on territory size and shape. Behavioral Ecology, 3(2), 166-172.

EFSA (2004). Welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. The EFSA Journal, 45, 1-29.

EFSA (2008). Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on animal welfare aspects of husbandry systems for farmed European seabass and Gilthead seabream. The EFSA Journal, 844, 1-21.

EFSA (2009a). Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from European Commission on General approach to fish welfare and to the concept of sentience in fish. The EFSA Journal 954, 1-26.

EFSA (2009e). Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed Atlantic Salmon. The EFSA Journal (2009); 7(4):1011, 77 pp. doi:10.2903/j.efsa.2009.1011

EFSA (2009b). Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed rainbow trout. The EFSA Journal 1013, 1-55

EFSA. (2009c). Statement of the Animal Health and Welfare Panel (AHAW). Knowledge gaps and research needs for the welfare of farmed fish. The EFSA Journal (2009) 1145, 1, 1–9.

EFSA (2009d). Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on welfare aspect of the main systems of stunning and killing of farmed seabass and seabream. The EFSA Journal (2009) 1010, 1-52

Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M., & Gadd, D. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of fish biology, 61(3), 493-531.

Endo, M., Kumahara, C., Yoshida, T., & Tabata, M. (2002). Reduced stress and increased immune responses in Nile tilapia kept under self-feeding conditions. Fisheries science, 68(2), 253-257.

Erikson, U., Lambooij, B., Digre, H., Reimert, H. G. M., Bondø, M., & Van der Vis, H. (2012). Conditions for instant electrical stunning of farmed Atlantic cod after de-watering, maintenance of unconsciousness, effects of stress, and fillet quality—a comparison with AQUI-S™. Aquaculture, 324, 135-144.

EUMOFA (2021a). The EU fish market – 2021 edition. European Commission. https://www.eumofa.eu/documents/20178/477018/EN_The+EU+fish+market_2021.pdf/

EUMOFA (2021b). Portion trout in the EU: price structure in the supply chain - focus on Germany, Italy and Poland. European Commission. https://data.europa.eu/doi/10.2771/98441

EU Platform on Animal Welfare Own Initiative Group on Fish (2020). Guidelines on Water Quality and Handling for the Welfare of Farmed Vertebrate Fish.

Eurogroup for Animals (2018). Looking Beneath the Surface: Fish Welfare in European Aquaculture.

Eurostat (2022). Eurostat Statistics Explained: Aquaculture statistics. Figure 3. Ultimo accesso: Novembre 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Aquaculture_statistics

Eurostat (2020). Production from aquaculture excluding hatcheries and nurseries (from 2008 onwards). Ultimo accesso: Novembre 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/FISH_AQ2A__custom_2684761/default/table?lang=en

Eurostat-Comext (2021). Consultabile al seguente link: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/. Ultimo accesso: Novembre 2022.

FAO (2022a). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome. https://doi.org/10.4060/cc0461en

FAO (2022b). Oncorhynchus mykiss. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Cowx, I. G.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Ultimo accesso: Novembre 2022. https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/oncorhynchus_mykiss/en

FAWC (1993). Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare. Farm Animal Welfare Council, DEFRA, London, UK.

Fife-Cook, I., & Franks, B. (2019). Positive welfare for fishes: rationale and areas for future study. Fishes, 4(2), 31.

Fishcount.org.uk (2017). Estimated numbers of individuals in aquaculture production (FAO) of fish species (2017). Ultimo accesso: Giugno 2021. http://fishcount.org.uk/studydatascreens2/2017/numbers-of-farmed-fish-B0-2017.php?***%20EU28%20***

Fish Welfare Initiative (2020). Welfare Issues in Farmed Atlantic Salmon.

Franks, B., & Higgins, E. T. (2012). Effectiveness in humans and other animals: A common basis for well-being and welfare. In Advances in experimental social psychology (Vol. 46, pp. 285-346). Academic Press.

Franks, B., Graham, C., & Von Keyserlingk, M. A. (2018). Is heightened-shoaling a good candidate for positive emotional behavior in zebrafish?. Animals, 8(9), 152.

Furné, M., García□Gallego, M., Hidalgo, M. C., Morales, A. E., Domezain, A., Domezain, J., & Sanz, A. (2009). Oxidative stress parameters during starvation and refeeding periods in Adriatic sturgeon (Acipenser naccarii) and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture Nutrition, 15(6), 587-595.

Gilham, I. D., & Baker, B. I. (1985). A black background facilitates the response to stress in teleosts. Journal of Endocrinology, 105(1), 99-105.

Giménez-Candela, M., Saraiva, J. L., & Bauer, H. (2020). The legal protection of farmed fish in Europe–analysing the range of EU legislation and the impact of international animal welfare standards for the fishes in European aquaculture. In Derecho Animal. Forum of Animal Law Studies (Vol. 11, No. 1, pp. 65-118).

Gornati, R., Papis, E., Rimoldi, S., Terova, G., Saroglia, M., & Bernardini, G. (2004). Rearing density influences the expression of stress-related genes in sea bass (Dicentrarchus labrax, L.). Gene, 341, 111-118.

Harris, J., Bird, D.J. (1997). The effects of a-MSH and MCH on the proliferation of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) lymphocytes in vitro. pp. 1023–1026. In: Kawashima, S., Kikuyama, S. (Eds.). Advances in comparative endocrinology. Proceedings of the 13th International Congress of Comparative Endocrinology, Yokohama (Japan), November 16–21, 1997. Monduzzi Editore, Bologna, Italy.

Håstein, T. (2004, February). Animal welfare issues relating to aquaculture. In: Global conference on animal welfare: an OIE initiative. European Communities, Paris, France (pp. 212-221).

Haywood, G. P. (1983). Ammonia toxicity in teleost fishes: a review. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 1177, 1-35.

Hecht, T., & Appelbaum, S. (1988). Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile Claias gariepinus (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. Journal of zoology, 214(1), 21-44.

Horn, T., Gemmell, N. J., Robertson, B. C., & Bridges, C. R. (2008). Telomere length change in European sea bass (Dicentrarchus labrax). Australian journal of zoology, 56(3), 207-210.

Hossain, M. A., Beveridge, M. C., & Haylor, G. S. (1998). The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish (Clarias gariepinus Burchell, 1822) fingerlings. Aquaculture, 160(3-4), 251-258.

HSA report (2018). Humane slaughter of finfish farmed around the world. Humane Slaughter Association (HSA).

HSUS report (2008). The welfare of animals in the aquaculture industry. The Humane Society of the United States (HSUS).

Hughes, B. O., & Duncan, I. J. H. (1988). The notion of ethological 'need', models of motivation and animal welfare. Animal Behaviour, 36(6), 1696-1707.

Huidobro, A., Mendes, R., & Nunes, M. (2001). Slaughtering of gilthead seabream (Sparus aurata) in liquid ice: influence on fish quality. European Food Research and Technology, 213(4), 267-272.

Ibarz, A., Padrós, F., Gallardo, M. Á., Fernández-Borràs, J., Blasco, J., & Tort, L. (2010). Low-temperature challenges to gilthead sea bream culture: review of cold-induced alterations and 'Winter Syndrome'. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 20(4), 539-556.

IBF, VetEffecT, Wageningen University, & (SANTE), R. C. for the E. C. D. H. and F. S. (2017). Welfare of farmed fish: Common practices during transport and at slaughter.

Ikasari, D., & Suryaningrum, T. D. (2014). Effect of slaughtering techniques on the quality of fresh "patin siam" catfish (Pangasius hypopthalmus) stored at ambient temperature. Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology, 9(2), 63-74.

Ismea. (2009). Acquacoltura - Report economico finanziario. http://www.ismea.it/flex/files/D.e395497a6d1041ea9658/Report_economico_finanziario_Acquacoltura_2009.pdf

ISPRA (2020). Report – Aziende in acquacoltura e produzioni. Ultimo accesso: Maggio 2022. https://annuario.isprambiente.it/sys_ind/report/html/381#C381

Iversen, M., Finstad, B., McKinley, R. S., Eliassen, R. A., Carlsen, K. T., & Evjen, T. (2005). Stress responses in Atlantic salmon (Salmo salar L.) smolts during commercial well boat transports, and effects on survival after transfer to sea. Aquaculture, 243(1-4), 373-382.

Jenkins Jr, T. M. (1969). Social structure, position choice and micro-distribution of two trout species (Salmo trutta and Salmo gairdneri) resident in mountain streams. Animal behaviour monographs, 2, 55-123.

Jobling, M., Baardvik, B. M., Christiansen, J. S., & Jørgensen, E. H. (1993). The effects of prolonged exercise training on growth performance and production parameters in fish. Aquaculture International, 1(2), 95-111.

Jobling, S. P. (2010). Finfish aquaculture diversification. Wallingford, UK; Cambridge, MA: CABI. Retrieved from https://doi.org/10.1079/9781845934941.0000

Jones, D. R. (1971). The effect of hypoxia and anaemia on the swimming performance of rainbow trout (Salmo gairdneri). Journal of Experimental Biology, 55(2), 541-551.

Kakisawa, S., Kaneko, T., Hasegawa, S., & Hirano, T. (1995). Effects of feeding, fasting, background adaptation, acute stress, and exhaustive exercise on the plasma somatolactin concentrations in rainbow trout. General and comparative endocrinology, 98(2), 137-146.

Kayali, B., Yigit, M., & Bulut, M. (2011). Evaluation of the recovery time of sea bass (Dicentrarchus labrax Linnaeus, 1758) juveniles from transport and handling stress: using ammonia nitrogen excretion rates as a stress indicator. Journal of Marine Science and Technology, 19(6), 13.

Kelley, D. F. (1988). The importance of estuaries for sea bass, Dicentrarchus labrax (L.). Journal of Fish Biology, 33, 25-33.

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.

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.

Knowles, T. G., Brown, S. N., Warriss, P. D., Lines, J., Tinarwo, A., Bravo, A., ... & Gonçalves, A. (2007). Effect of electrical stunning at slaughter on the carcass, flesh and eating quality of farmed sea bass (Dicentrarchus labrax). Aquaculture Research, 38(16), 1732-1741.

Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A., & Van de Vis, H. (Eds.). (2020). The welfare of fish. Cham, Switzerland: Springer.

Kuczaj, S., Lacinak, T., Fad, O., Trone, M., Solangi, M., & Ramos, J. (2002). Keeping environmental enrichment enriching. International Journal of Comparative Psychology, 15(2).

Lachance, A. A., Dutil, J. D., Larocque, R., & Daigle, G. (2010). Shelter use and behaviour of juvenile Spotted Wolffish (Anarhichas minor) in an experimental context. Environmental biology of fishes, 88(3), 207-215.

Lambooij, B., Kloosterboer, K., Gerritzen, M. A., André, G., Veldman, M., & Van De Vis, H. (2006). Electrical stunning followed by decapitation or chilling of African catfish (Clarias gariepinus): assessment of behavioural and neural parameters and product quality. Aquaculture Research, 37(1), 61-70.

Lambooij, B., Gerritzen, M. A., Reimert, H., Burggraaf, D., André, G., & Van De Vis, H. (2008). Evaluation of electrical stunning of sea bass (Dicentrarchus labrax) in seawater and killing by chilling: welfare aspects, product quality and possibilities for implementation. Aquaculture Research, 39(1), 50-58.

Lambooij, E., Grimsbø, E., Van de Vis, J. W., Reimert, H. G. M., Nortvedt, R., & Roth, B. (2010). Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (Salmo salar) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. Aquaculture, 300(1-4), 107-112.

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, 226-233.

Laursen, D. C., Silva, P. I., Larsen, B. K., & Höglund, E. (2013). High oxygen consumption rates and scale loss indicate elevated aggressive behaviour at low rearing density, while elevated brain serotonergic activity suggests chronic stress at high rearing densities in farmed rainbow trout. Physiology & behavior, 122, 147-154.

Lee, J.S.F. and Berejikian, B.A. (2008). Effects of the rearing environment on average behaviour and behavioural variation in steelhead. Journal of Fish Biology 72, 1736–1749.

Lines, J., & Kestin, S. (2005). Electric stunning of trout: power reduction using a two-stage stun. Aquacultural Engineering, 32(3-4), 483-491.

Lines, J. A., & Spence, J. (2012). Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. Fish physiology and biochemistry, 38(1), 153-162.

Lines J. A., & Pyne-Carter, N. E. (2017). Flow-through fish stunner and method of stunning fish. WO 2017/006072 Al. World Intellectual Property Organization. https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017006072

Lines J. A., & Pyne-Carter, N. E. (2018). Improvements relating to stunning aquatic animals in water. GB 2557245 A. UK Patent Application. https://patentimages.storage.googleapis.com/51/8b/99/8bc4c8072c8e49/GB2557245A.pdf

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.

MacIntyre et al. (2008). The Influences of Water Quality on the Welfare of Farmed Rainbow Trout: a Review. In: Branson, E. J. (Ed.). Fish welfare. John Wiley & Sons.

Manuel, R., Boerrigter, J., Roques, J., van der Heul, J., van den Bos, R., Flik, G., & van de Vis, H. (2014). Stress in African catfish (Clarias gariepinus) following overland transportation. Fish physiology and biochemistry, 40(1), 33-44.

McKenzie, D. J., Höglund, E., Dupont-Prinet, A., Larsen, B. K., Skov, P. V., Pedersen, P. B., & Jokumsen, A. (2012). Effects of stocking density and sustained aerobic exercise on growth, energetics and welfare of rainbow trout. Aquaculture, 338, 216-222.

McLean, E. (2021). Fish tank color: An overview. Aquaculture, 530, 735750.

Meehan, C. L., & Mench, J. A. (2007). The challenge of challenge: can problem solving opportunities enhance animal welfare?. Applied Animal Behaviour Science, 102(3-4), 246-261.

Mellor, D. J. (2016). Updating animal welfare thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “a Life Worth Living”. Animals, 6(3), 21.

Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: including human–animal interactions in assessments of animal welfare. Animals, 10(10), 1870.

Mendl, M., & Paul, E. S. (2004). Consciousness, emotion and animal welfare: insights from cognitive science. Animal Welfare, 13(1), 17-25.

Merkin, G. V., Roth, B., Gjerstad, C., Dahl-Paulsen, E., & Nortvedt, R. (2010). Effect of pre-slaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 309(1-4), 231-235.

Ministero della Salute (2017). Manuale per la gestione del controllo del benessere dei pesci durante il trasporto su strada. Nota protocollo N. 2705/2017/436-317CS.

Montero, D., Izquierdo, M. S., Tort, L., Robaina, L., & Vergara, J. M. (1999). High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, Sparus aurata, juveniles. Fish Physiology and Biochemistry, 20(1), 53-60.

Mork, O. I., Bjerkeng, B., & Rye, M. (1999). Aggressive interactions in pure and mixed groups of juvenile farmed and hatchery□reared wild Atlantic salmon Salmo salar L. in relation to tank substrate. Aquaculture research, 30(8), 571-578.

Muñoz, L., Aspillaga, E., Palmer, M., Saraiva, J. L., & Arechavala-Lopez, P. (2020). Acoustic telemetry: a tool to monitor fish swimming behavior in sea-cage aquaculture. Frontiers in Marine Science, 645.

Näslund, J., Rosengren, M., Del Villar, D., Gansel, L., Norrgård, J. R., Persson, L., ... & Kvingedal, E. (2013). Hatchery tank enrichment affects cortisol levels and shelter-seeking in Atlantic salmon (Salmo salar). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 70(4), 585-590.

Näslund, J., & Johnsson, J. I. (2016). Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. Fish and Fisheries, 17(1), 1-30.

Newberry, R. C. (1995). Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. Applied Animal Behaviour Science, 44(2-4), 229-243.

Nicol, C. J. (1992). Effects of environmental enrichment and gentle handling on behaviour and fear responses of transported broilers. Applied Animal Behaviour Science, 33(4), 367-380.

Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L. H. & Turnbull, J. F. (Eds.) (2020). Welfare

Indicators for farmed rainbow trout: tools for assessing fish welfare 310 pp.

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.

OIE (2019). Terrestrial Animal Health Code. World Organisation for Animal Health (OIE). Chapter 7. Paris, France.

OIE (2021). Aquatic Animal Health Code. World Organisation for Animal Health (OIE). http://www.oie.int/en/international-standard-setting/aquatic-code/

Oikonomidou, E., Batzina, A., & Karakatsouli, N. (2019). Effects of food quantity and distribution on aggressive behaviour of gilthead seabream and European seabass. Applied Animal Behaviour Science, 213, 124-130.

Oldfield, R. G. (2011). Aggression and welfare in a common aquarium fish, the Midas cichlid. Journal of Applied Animal Welfare Science, 14(4), 340-360.

Papaharisis, L., Tsironi, T., Dimitroglou, A., Taoukis, P., & Pavlidis, M. (2019). Stress assessment, quality indicators and shelf life of three aquaculture important marine fish, in relation to harvest practices, water temperature and slaughter method. Aquaculture Research, 50(9), 2608-2620.

Papoutsoglou, S., Costello, M. J., & Tziha, G. (1996). Environmental conditions at sea□cages, and ectoparasites on farmed European sea□bass, Dicentrarchus labrax (L.), and gilt□head sea□bream, Sparus aurata L., at two farms in Greece. Aquaculture Research, 27(1), 25-34.

Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Batzina, A., Papoutsoglou, E. S., & Tsopelakos, A. (2008). Effect of music stimulus on gilthead seabream Sparus aurata physiology under different light intensity in a re□circulating water system. Journal of fish biology, 73(4), 980-1004.

Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Skouradakis, C., Papoutsoglou, E. S., Batzina, A., Leondaritis, G., & Sakellaridis, N. (2013). Effect of musical stimuli and white noise on rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) growth and physiology in recirculating water conditions. Aquacultural engineering, 55, 16-22.

Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Psarrou, A., Apostolidou, S., Papoutsoglou, E. S., Batzina, A., ... & Sakellaridis, N. (2015). Gilthead seabream (Sparus aurata) response to three music stimuli (Mozart—"Eine Kleine Nachtmusik," Anonymous—"Romanza," Bach—"Violin Concerto No. 1") and white noise under recirculating water conditions. Fish physiology and biochemistry, 41(1), 219-232.

Pavlidis, M. A., & Mylonas, C. C. (Eds.). (2011). Sparidae: Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species. John Wiley & Sons.

Pichavant, K., Person□Le□Ruyet, J., Bayon, N. L., Severe, A., Roux, A. L., & Boeuf, G. (2001). Comparative effects of long□term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. Journal of Fish Biology, 59(4), 875-883.

Poli, B.M., Scappini, F., Parisi, G., Zampacavallo, G., Mecatti, M., Lupi, P., Mosconi, G., Giorgi, G., & Vigiani, V. (2004). Traditional and innovative stunning slaughtering methods for European seabass compared by the complex of the assessed behavioural, plasmatic and tissue stress and quality indexes at death and during shelf life. In Proceedings of the 34th WEFTA Conference 2004, Lubeck, Germany. www.wefta.org/file_DIR/03-11-2008_12-39-10_96_WEFTA_Proceedings%20Lubeck%202004.pdf.

Proctor, H. (2012). Animal sentience: where are we and where are we heading?. Animals, 2(4), 628-639.

Randall, D.J. (1991). The impact of variations in water pH on fish. In: D.E. Brune & J.R. Tomasso (Eds). Aquaculture and Water Quality, pp. 90–104.World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Randall, D. J., & Tsui, T. K. N. (2002). Ammonia toxicity in fish. Marine pollution bulletin, 45(1-12), 17-23.

Requena, A., Fernandez-Borras, J., & Planas, J. (1997). The effects of a temperature rise on oxygen consumption and energy budget in gilthead sea bream. Aquaculture International, 5(5), 415-426.

Rey S, Little D.C & Ellis, M.A. (2019). Farmed fish welfare practices: salmon farming as a case study. GAA publications.

Robb, D. H. F., Wotton, S. B., McKinstry, J. L., Sørensen, N. K., Kestin, S. C., & Sørensen, N. K. (2000). Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. Veterinary Record, 147(11), 298-303.

Robb, D. H. F., O'Callaghan, M., Lines, J. A., & Kestin, S. C. (2002). Electrical stunning of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss): factors that affect stun duration. Aquaculture, 205(3-4), 359-371.

Roberts, R. J. (1975). The effects of temperature on diseases and their histopathological manifestations in fish. In: W.E. Ribelin & G. Migaki (Eds). The Pathology of Fishes, pp. 477–96. University of Wisconsin Press, Wisconsin.

Rose, J. D., Arlinghaus, R., Cooke, S. J., Diggles, B. K., Sawynok, W., Stevens, E. D., & Wynne, C. D. (2014). Can fish really feel pain?. Fish and Fisheries, 15(1), 97-133.

Roth, B., Slinde, E., & Robb, D. H. (2007). Percussive stunning of Atlantic salmon (Salmo salar) and the relation between force and stunning. Aquacultural engineering, 36(2), 192-197.

Russo, R. C., & Thurston, R. V. (1991). Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to fishes. In: D.E. Brune & J.R. Tomasso (Eds). Aquaculture and water quality, 3, 58-89. World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Salvanes, A. G. V., Moberg, O., Ebbesson, L. O., Nilsen, T. O., Jensen, K. H., & Braithwaite, V. A. (2013). Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive ability in fish. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 280(1767), 20131331.

Sánchez-Muros, M. J., Sánchez, B., Barroso, F. G., Toniolo, M., Trenzado, C. E., & Rus, A. S. (2017). Effects of rearing conditions on behavioural responses, social kinetics and physiological parameters in gilthead sea bream Sparus aurata. Applied Animal Behaviour Science, 197, 120-128.

Sangiao-Alvarellos, S., Guzmán, J. M., Laiz-Carrión, R., Míguez, J. M., Martín Del Río, M. P., Mancera, J. M., & Soengas, J. L. (2005). Interactive effects of high stocking density and food deprivation on carbohydrate metabolism in several tissues of gilthead sea bream Sparus auratus. Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology, 303(9), 761-775.

Santos, G. A., Schrama, J. W., Mamauag, R. E. P., Rombout, J. H. W. M., & Verreth, J. A. J. (2010). Chronic stress impairs performance, energy metabolism and welfare indicators in European seabass (Dicentrarchus labrax): the combined effects of fish crowding and water quality deterioration. Aquaculture, 299(1-4), 73-80.

Saraiva, J. L., Castanheira, M. F., Arechavala-López, P., Volstorf, J., & Studer, B. H. (2018). Domestication and welfare in farmed fish. In Animal domestication. IntechOpen.

Saraiva, J. L., Arechavala-Lopez, P., Castanheira, M. F., Volstorf, J., & Heinzpeter Studer, B. (2019). A global assessment of welfare in farmed fishes: The FishEthoBase. Fishes, 4(2), 30.

Saraiva, J. L., Arechavala-Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J. & Waley D. (2021), Research for ANIT Committee – Particular welfare needs in animal transport: aquatic animals, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) (2021). The EU Aquaculture Sector – Economic report 2020 (STECF-20-12). Publications Office of the European Union, Luxembourg.

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(1), 75-86.

Sébastien, F., Leguay, D., Vergnet, A., Vidal, M. O., Chatain, B., & Bégout, M. L. (2016). Unpredictability in food supply during early life influences growth and boldness in European seabass, Dicentrarchus labrax. Applied Animal Behaviour Science, 180, 147-156.

Shabani, F., Erikson, U., Beli, E., & Rexhepi, A. (2016). Live transport of rainbow trout (Onchorhynchus mykiss) and subsequent live storage in market: Water quality, stress and welfare considerations. Aquaculture, 453, 110-115.

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.

Smart, G. (1976). The effect of ammonia exposure on gill structure of the rainbow trout (Salmo gairdneri). Journal of Fish Biology, 8(6), 471-475.

Smith, C.E. & Piper, R.G. (1975). Lesions associated with chronic exposure to ammonia. In: W.E. Ribelin & G. Migaki (Eds). The Pathology of Fishes, pp. 497–514. University of Wisconsin Press, Wisconsin.

Sneddon, L. U. (2003). The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic. Applied Animal Behaviour Science, 83(2), 153-162.

Sneddon, L. U. (2004). Evolution of nociception in vertebrates: comparative analysis of lower vertebrates. Brain Research Reviews, 46(2), 123-130.

Sneddon, L. U. (2015). Pain in aquatic animals. The Journal of experimental biology, 218(7), 967-976.

Spence, R., Magurran, A. E., & Smith, C. (2011). Spatial cognition in zebrafish: the role of strain and rearing environment. Animal Cognition, 14(4), 607-612.

Stanković, D., Crivelli, A. J., & Snoj, A. (2015). Rainbow trout in Europe: introduction, naturalization, and impacts. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 23(1), 39-71.

Strand, D. A., Utne-Palm, A. C., Jakobsen, P. J., Braithwaite, V. A., Jensen, K. H., & Salvanes, A. G. (2010). Enrichment promotes learning in fish. Marine Ecology Progress Series, 412, 273-282.

Tacchi, L., Lowrey, L., Musharrafieh, R., Crossey, K., Larragoite, E. T., & Salinas, I. (2015). Effects of transportation stress and addition of salt to transport water on the skin mucosal homeostasis of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 435, 120-127.

Teles, M., Oliveira, M., Jerez-Cepa, I., Franco-Martínez, L., Tvarijonaviciute, A., Tort, L., & Mancera, J. M. (2019). Transport and recovery of gilthead sea bream (Sparus aurata L.) sedated with clove oil and ms222: effects on oxidative stress status. Frontiers in physiology, 10, 523.

Tomasso, J. R. (1994). Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews in Fisheries Science, 2(4), 291-314.

Toms, C. N., Echevarria, D. J., & Jouandot, D. J. (2010). A methodological review of personality-related studies in fish: focus on the shy-bold axis of behavior. International Journal of Comparative Psychology, 23(1).

Toni, M., Angiulli, E., Malavasi, S., Alleva, E., & Cioni, C. (2017). Variation in environmental parameters in research and aquaculture: effects on behaviour, physiology and cell biology of teleost fish. J. Aquac. Mar. Biol, 5, 137.

Toni, M., Manciocco, A., Angiulli, E., Alleva, E., Cioni, C., & Malavasi, S. (2019). Assessing fish welfare in research and aquaculture, with a focus on European directives. Animal, 13(1), 161-170.

Üstündağ, M., Rad, F., 2015. Effect of different tank colors on growth performance of rainbow trout juvenile (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792). Tarim Bilimleri Dergisi 21, 144–151.

Vandeputte, M., Gagnaire, P. A., & Allal, F. (2019). The European sea bass: a key marine fish model in the wild and in aquaculture. Animal genetics, 50(3), 195-206.

van de Vis, H., Kestin, S., Robb, D., Oehlenschläger, J., Lambooij, B., Münkner, W., ... & Nesvadba, P. (2003). Is humane slaughter of fish possible for industry?. Aquaculture research, 34(3), 211-220.

Vázquez, F. J. S., & Muñoz-Cueto, J. A. (Eds.). (2015). Biology of European sea bass. CRC press.

von Krogh, K., Sørensen, C., Nilsson, G. E., & Øverli, Ø. (2010). Forebrain cell proliferation, behavior, and physiology of zebrafish, Danio rerio, kept in enriched or barren environments. Physiology & behavior, 101(1), 32-39.

Voorhees, J. M., Huysman, N., Krebs, E., & Barnes, M. E. (2020). Use of exercise and structure during rainbow trout rearing. Open Journal of Applied Sciences, 10(5), 258-269.

Wagner, E. J., Ross, D. A., Routledge, D., Scheer, B., & Bosakowski, T. (1995). Performance and behavior of cutthroat trout (Oncorhynchus clarki) reared in covered raceways or demand fed. Aquaculture, 136(1-2), 131-140.

Wang, W., Dong, H., Sun, Y., Cao, M., Duan, Y., Li, H., ... & Zhang, J. (2019). The efficacy of eugenol and tricaine methanesulphonate as anaesthetics for juvenile Chinese sea bass (Lateolabrax maculatus) during simulated transport. Journal of Applied Ichthyology, 35(2), 551-557.

Wedemeyer, G. (1996). Physiology of fish in intensive culture systems. Springer Science & Business Media.

Westers, H., & Pratt, K. M. (1977). Rational design of hatcheries for intensive salmonid culture, based on metabolic characteristics. The Progressive Fish□Culturist, 39(4), 157-165.

Westin, D. T. (1974). Nitrate and nitrite toxicity to salmonoid fishes. The Progressive Fish-Culturist, 36(2), 86-89.

White, S. C., Krebs, E., Huysman, N., Voorhees, J. M., & Barnes, M. E. (2019). Use of suspended plastic conduit arrays during brown trout and rainbow trout rearing in circular tanks. North American Journal of Aquaculture, 81(1), 101-106.

Ye, X., & Randall, D. J. (1991). The effect of water pH on swimming performance in rainbow trout (Salmo gairdneri, Richardson). Fish Physiology and Biochemistry, 9(1), 15-21.

Zampacavallo, G., Mecatti, M., Parisi, G., Lupi, P., Giorgi, G., Macedo Viegas, E. M., & Poli, B. M. (2008). Effect of different methods for stunning/slaughtering sea bass on stress and quality indicators. Seafood from catch and aquaculture for a sustainable supply. Book of abstracts. Poli BM, Parisi G.(ed.), Firenze. Firenze University Press, 2008 (Proceedings e report, 42, 49.

Chi siamo

Essere Animali è impegnata a porre fine all'allevamento intensivo e promuovere la transizione verso un sistema alimentare più compassionevole. Attraverso il suo ufficio di corporate engagement, punta a lavorare con aziende alimentari e istituzioni di settore perché vengano progressivamente migliorate le condizioni di vita degli animali d'allevamento, partendo dall'eliminazione delle cause di maggior sofferenza.

Essere Animali ETS

Viale Pietramellara 33
40121 Bologna
CF 97676200153

tel: +39 02 87199702
email: info@essereanimali.org

© Essere Animali Onlus 2023