

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
“FEDERICO II”**

**FACOLTÀ DI AGRARIA**

**DOTTORATO DI RICERCA IN  
SCIENZE E TECNOLOGIE DELLE PRODUZIONI AGRO-ALIMENTARI  
INDIRIZZO ACQUACOLTURA  
XX CICLO**

**QUALITÀ DELLA CARNE DI ROMBO  
(*PSETTA MAXIMA*)  
ALLEVATO IN AMBIENTE CONDIZIONATO**

**Coordinatore  
Chiar.mo Prof.  
S. Spagna Musso**

**Dottorando  
Dott. Luca Puzelli**

**Relatore  
Chiar.mo Prof.  
A. Bordi**

**Correlatore  
Chiar.ma Prof.  
C.M.A. Barone**

# INDICE

## **Capitolo 1. *Introduzione***

1.1. L'acquacoltura: dalle origini ai giorni nostri

1.2. L'Europa nel Mondo

1.3. L'Italia e la Campania

1.4. Tecniche di allevamento

1.4.1. Estensiva

1.4.2. Intensiva

1.4.3. Semi-intensiva

1.5. Perché la scelta del Rombo chiodato

1.6. Presupposti scientifici

1.6.1. Sistemi e tecnologie di allevamento

1.6.2. I fattori ambientali

1.6.3. L'alimentazione

1.6.4. Composizione chimica e reologia

## **Capitolo 2. *Scopo della ricerca***

2.1. Piano sperimentale

2.1.1. Maturazione del filtro

2.1.2. Adattamento al circuito chiuso

2.1.3. Accrescimento

2.1.4. Valutazione della qualità

## **Capitolo 3. *Allevamento del rombo chiodato***

### **3.1. Generalità ed aspetti biologici**

- 3.1.1. Distribuzione geografica
- 3.1.2. Classificazione sistematica
- 3.1.3. Morfologia
- 3.1.4. Riproduzione
  - 3.1.4.1. Fecondazione naturale
  - 3.1.4.2. Fecondazione artificiale
- 3.1.5. Qualità delle uova
- 3.1.6. La marcatura dei riproduttori

### **3.2. Rombo chiodato: IL CICLO PRODUTTIVO**

- 3.2.1. Coltura larvale
- 3.2.2. Alimentazione larvale
  - 3.2.2.1. I rotiferi
  - 3.2.2.2. L'artemia salina
  - 3.2.2.3. Lo svezzamento
- 3.2.3. Pre-ingrasso ed ingrasso

## **Capitolo 4. *Materiale e metodi***

### **4.1. I pesci**

- 4.1.1. Performance di crescita
- 4.1.2. Adattamento al circuito chiuso
- 4.1.3. Valutazione della carcassa
- 4.1.4. Campionamenti

### **4.2. L'impianto pilota a circuito chiuso del CRIAcq di Portici**

- 4.2.1. Modulo di stabulazione ed accrescimento dei rombi
- 4.2.2. Sistema di filtrazione
- 4.2.3. Lo schiumatoio
- 4.2.4. Le radiazioni ultraviolette

### **4.3. Monitoraggio dei parametri di allevamento**

- 4.3.1 Determinazione dell'azoto ammoniacale

4.3.2 Determinazione dei Nitrati

4.3.3 Determinazione dei Nitriti

#### 4.4. Reologia

4.4.1. Texture profile analysis

4.4.2. INSTRON (SHEAR FORCE E COMPRESSION TEST)

4.4.2.1. Forza di taglio

4.4.2.2. Test di compressione

4.4.3. Colore

#### 4.5. Composizione chimica

4.5.1. Protidi

4.5.2. Lipidi

4.5.2.1. Lipidi totali

4.5.2.2. Analisi degli acidi grassi

4.5.3. Sostanza secca, ceneri, glucidi ed energia totali

#### 4.6. Analisi statistica

### **Capitolo 5. Risultati**

5.1. Funzionamento dell'impianto a "ricircuitazione idrica".

5.2. Performance di crescita

5.3. Valutazione della qualità

5.3.1. Valutazione della freschezza e della morfologia

5.3.2. Valutazione della carcassa e dello stato stress

5.3.3. Colore

5.3.4. Reologia

5.3.4.1. Texture profile analysis (TPA)

5.3.4.2. Forza di taglio

5.3.4.3. Forza di compressione

5.3.5. Composizione chimica

5.3.6. Composizione acidica

### **Capitolo 6. Conclusioni**

### **Capitolo 7. Opere citate e consultate**

## **INTRODUZIONE**

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. L'ACQUACOLTURA: DALLE ORIGINI AI GIORNI NOSTRI

All'inizio del terzo millennio l'acquacoltura sta assumendo un ruolo sempre più importante principalmente per l'esigenza impellente di dover cambiare abitudini alimentari. I problemi di salute dovuti ad una sovralimentazione ed un consumo eccessivo di grassi di origine animale nei paesi occidentali sono un problema estremamente rilevante, perciò oggi ci si orienta ad un'alimentazione meno calorica che possa far fronte alle nuove esigenze. Già da molti anni sui banchi di vendita dei prodotti ittici, accanto ai pesci di cattura, si vanno affermando prodotti provenienti da allevamenti di acquacoltura i quali si stanno ritagliando una fetta di mercato di tutto rispetto. Tenendo conto che le risorse marine sono limitate e che la pesca di cattura è sempre più disciplinata, al fine di salvaguardare l'ambiente, è presumibile pensare che in futuro si pescherà ma forse meno e con più responsabilità. Da ciò si intuisce l'importanza, lo sviluppo e le potenzialità che sta avendo e continuerà ad avere il settore dell'acquacoltura. Non è da trascurare inoltre, che i prodotti di acquacoltura sono sottoposti ad una serie di controlli che ne garantiscono salubrità e sicurezza, a vantaggio del consumatore.

L'acquacoltura ha origini assai remote; testimonianze della sua pratica risalgono ad oltre 5 mila anni fa. In un bassorilievo della tomba di Aktihetep, risalente al 2.500 a.C., è chiaramente riconoscibile un uomo che raccoglie tilapie (pesci d'acqua dolce) da uno stagno. Allo stesso periodo risalgono le origini della carpicoltura in Cina. Fang, fra i padri della piscicoltura cinese, tra il 1.135 ed il 1.122 a.C. costruì stagni per l'allevamento dei pesci.

E' sorprendente come questo pioniere raccolse le prime note sul comportamento e sull'accrescimento dei pesci allevati. Sempre in Cina troviamo nel 475 a.C. il primo trattato di piscicoltura di cui si ha notizia, opera di Fan Li, in cui già sono descritte alcune prime fondamentali nozioni sull'allevamento della carpa. L'attenzione posta da Fenici, dagli Etruschi e dai Romani nelle attività piscicole in aree costiere trae certamente origine dalle antiche pratiche egizie, a testimonianza dell'importanza economica e nutrizionale che l'allevamento di pesci e molluschi rivestiva per queste antiche civiltà. In Italia, ad esempio, durante l'epoca romana, nei laghi costieri, nelle lagune o in apposite peschiere alimentate con acqua marina erano allevate spigole e orate, considerate molto pregiate, come pure molluschi, quali le ostriche.

Va osservato che queste primitive forme di organizzazione nel settore assumevano solamente il carattere della stabulazione e mantenimento di diverse specie acquatiche che erano destinate solo al consumo diretto. Nei secoli successivi e con modalità sempre più efficienti si sono avviati studi sulla conoscenza dell'allevamento e della riproduzione di specie acquatiche al fine di conoscerne i cicli biologici. Le prime prove di riproduzione risalgono alla seconda metà del settecento grazie a un monaco naturalista tedesco, Jacobi, che tentò la prima riproduzione in artificiale in vitro sulle trote.

Gradualmente si è giunti ad individuare il ciclo biologico di numerosissime specie acquatiche, che non sono altro che le conoscenze su cui si basa oggi tutta l'acquacoltura moderna.

La piscicoltura ha sempre fatto parte della tradizione e della cultura italiana, ed ha avuto un notevole sviluppo dopo la seconda guerra mondiale dove la "troticoltura" costituiva la sua espressione di punta. Le sue tecniche di allevamento, tra le più avanzate a livello mondiale, oggi sono considerate di riferimento per l'allevamento di altre specie.

Con il termine “*acquacoltura*” si definisce, oggi, l’insieme delle attività umane, distinte dalla pesca, finalizzate alla produzione controllata di organismi acquatici. In tal senso, con riferimento al prodotto che se ne trae, si parla, più specificatamente, di piscicoltura, molluschicoltura, crostaceicoltura e alghicoltura.

L’attività acquicola e la gestione delle lagune costiere, dotate di controlli idraulici e apparati idonei alla cattura dei pesci, pur se finalizzate all’incremento della produttività, costituiscono l’anello di congiunzione tra pesca in senso stretto e acquacoltura; il passaggio dall’una all’altra si attua nel momento in cui l’intervento dell’uomo, non più limitato alla cattura o alla raccolta, si concretizza in una vera e propria attività di allevamento.

L’acquacoltura ha avuto negli ultimi anni uno sviluppo nella Comunità Europea che ha consentito di arrivare alla produzione comunitaria annua di 1,2 milioni di tonnellate di prodotto, il cui valore supera i 2,1 miliardi di euro (Piccolo, 2001).

In Italia in linea con il resto del continente europeo, l’aumento della capacità produttiva sicuramente ha risposto all’aumentata domanda, ma non essendo stata accompagnata da un contenimento dei costi di produzione, ha lasciato ampi spazi a prodotti di allevamento provenienti da altri paesi, principalmente dell’Europa dell’est, rallentando la crescita del settore e rendendo le nostre aziende vulnerabili. In futuro non si intravedono mutamenti di tendenza ma, alla luce delle potenzialità economico-sociali del settore, l’ingresso di prodotti “*stranieri*” potrà essere contrastato soltanto attraverso l’adozione di sistemi di allevamento innovativi e con l’introduzione di nuove specie.

Tra le specie autoctone che attualmente suscitano maggiore interesse vi sono: il dentice (*Dentex dentex*), il sarago maggiore (*Diplodus sargus*) la ricciola (*Seriola dumerilli*), il tonno rosso (*Thunnus thynnus*), la cernia



bruna (*Epinephelus marginatus*), la sogliola (*Solea solea*), il Rombo chiodato (*Scophthalmus maximus* o *Psetta maxima*) ([www.ceom.it](http://www.ceom.it), 2001).

Lo sviluppo di un Sistema di Qualità Totale per l'acquacoltura rappresenta l'obiettivo strategico di qualsiasi realtà aziendale, è importante, perciò, fin dall'inizio definire le metodologie ed i protocolli produttivi, che consentano di poter certificare il relativo processo, secondo le norme internazionali, per assicurare la concorrenzialità dei prodotti sui mercati comunitari. In tal modo sarà possibile dare risposta alle accresciute esigenze dei consumatori garantendo i loro acquisti sia dal punto di vista igienico-sanitario, sia per quanto riguarda le caratteristiche nutrizionali ed organolettiche del prodotto immesso al consumo. L'acquacoltura del futuro non deve inquinare, deve produrre alimenti sani, ottenuti con tecniche d'allevamento rispettose dell'ambiente e dei consumatori.

Affinché ciò sia attuabile il moderno acquacoltore deve, fin dall'inizio, compiere una serie di scelte che tengano conto di taluni elementi di fondamentale importanza:

- parametri fisici, chimici e biologici dell'ambiente in cui ubicare l'impianto; la scelta del sito è fondamentale per il successo produttivo e per mitigare l'impatto ambientale;
- formazione di tecnici onde assicurare un livello adeguato delle prestazioni lavorative;
- identificazione di eventuali strutture di servizio esistenti nell'area prescelta;
- studio degli aspetti commerciali e della possibilità di immettere sul mercato il prodotto a prezzi remunerativi;
- valutazione degli aspetti finanziari e creditizi al fine di assicurarsi la disponibilità di adeguato capitale fisso e di esercizio.

## 1.2. L'EUROPA NEL MONDO

L'acquacoltura comprende molte e diversificate pratiche di allevamento rispetto alle specie (alghe, molluschi, crostacei, pesci ed altri organismi acquatici), all'ambiente, ai sistemi utilizzati, offrendo un ampio ventaglio di possibilità per accrescere la produzione e il reddito in molte aree rurali ed extraurbane. La qualità dei prodotti è specchio delle modalità di allevamento, delle tecnologie impiegate e della risorsa idrica utilizzata.

Lo sviluppo dell'acquacoltura negli ultimi due decenni si è realizzato in concomitanza con il ridimensionamento del comparto della pesca, verificatosi per una riduzione della capacità di pesca (effetto della politica comunitaria di conservazione e gestione) che per un calo della produttività attribuibile allo stato di eccessivo sfruttamento in cui si trovano molti stock ittici. Attualmente l'incidenza dell'acquacoltura sulla produzione totale comunitaria è del 17,5% e il tasso di crescita medio annuo dal 1990 ad oggi è risultato del 3%, per giungere a un volume di 1,3 milioni di tonnellate, mentre le catture dopo il record registrato nel 1995 (con 7,2 milioni di tonnellate), sono progressivamente scese fino alle attuali 6,1 milioni di tonnellate (ISMEA, 2003).

L'Europa è il primo produttore mondiale di mitili con una produzione di 448000 t, di trote con una produzione di 215000 t, di salmone con 162000 t, di anguille con 8841 t. (tabella 1.1).

---

TABELLA 1.1. PRODUZIONI DELLE PRINCIPALI SPECIE DELL'UNIONE EUROPEA (MIGLIAIA DI TONNELLATE).

<b>Acquacoltura</b>	<b>2003</b>
In acque dolci	
Trota iridea	215,207
Salmone	162,585
Carpa comune	70,79
Anguilla	8,841
In acque marine	
Mitili	448,836
Ostrica concava	121,965
Orata	64,751
Spigola	44,483
Vongola verace	27,411

DATI EUROSTAS 2003

---

La produzione acquicola dell'Unione Europea con l'allargamento ai 25 paesi è stata di circa 1,4 milioni di t, con un valore prossimo a 2,8 miliardi di euro, circa il 2,5% della produzione acquacolturale mondiale complessiva per volume e il 4,6% in valore.

I principali paesi produttori nel 2003 sono stati: la Spagna, maggior produttore con 313000 t, seguito dalla Francia con 246000 t, e dall'Italia con 191000 t (Eurostat 2003).

### 1.3. L'ITALIA E LA CAMPANIA

Il settore ittico italiano negli ultimi anni è in profonda trasformazione. Il nostro Paese figura al terzo posto nella classifica generale dei produttori acquicoli dell'Unione Europea, con una produzione che rappresenta il 14% di quella complessiva dei 25 paesi dell'U.E. nel 2004.

La produzione italiana di pesce proveniente dall'acquacoltura nel 2004 ammonta a 117.773 t, che rappresenta il 31% dell'intera produzione del settore ittico nazionale. Le produzioni effettuate in acque marine rappresentano il 42,9%, mentre le produzioni provenienti dalle acque salmastre e da quelle dolci ammontano al 29% rispettivamente. La produzione italiana è così ripartita: mitili 35%, trote 26%, vongole 24%, spigole 6%, orate 5%, altri pesci, molluschi e crostacei 4%.

Il consumo annuale pro-capite italiano, comprensivo sia dei prodotti della pesca che dell'acquacoltura, è di 24,6 kg, valore leggermente superiore alla media dell'U.E. dei 25 e di quella mondiale rispettivamente di 22,7 e 20 kg (FAO, 2001).

Per quanto riguarda la produzione di spigole ed orate l'Italia continua a manifestare una crescita pressoché costante, a fronte di un calo generalizzato nell'Unione europea; nell'insieme l'apporto di queste due specie (al quale va aggiunto, in particolare nel caso della Spagna, il contributo dei rombi) riesce a raggiungere il 9 per cento circa del totale

della produzione acquicola. Va tuttavia segnalato che ultimamente in Grecia la produzione totale di questi due pesci marini ha presentato notevoli cali che hanno ridimensionato la media del totale prodotto: solo 38.000 tonnellate nel 2002 contro, rispettivamente, le 41.000 t del 2001 e le 40.000 del 2000.

Nonostante gli sforzi profusi dalle associazioni cooperative per avvicinare le cooperative all'attività di acquacoltura, i risultati sono stati al di sotto delle aspettative, non essendo stati superati gli ostacoli, quali principalmente la disponibilità di aree, l'ottenimento delle concessioni, le garanzie per l'accesso al credito e la carenza di assistenza tecnico-gestionale che impediscono un completo processo di sviluppo.

Nella regione Campania, le prospettive imprenditoriali migliori sono offerte dalle lagune salmastre quali per esempio quelle flegree che costituiscono un patrimonio ambientale, storico e produttivo inestimabile per l'intera collettività ed in particolare per il settore delle produzioni ittiche.

Lo stato di abbandono in cui sono state lasciate durante gli ultimi decenni, dopo l'epidemia di colera del '73, hanno determinato uno stato di degrado ambientale che ha finito per compromettere anche le produzioni.

A fronte di un rinnovato interesse per questi siti si dovrebbe intraprendere un'azione di recupero, incentivando e promuovendone l'utilizzo anche per

le produzioni ittiche, al fine di rivitalizzare il settore e creare nuovi livelli occupazionali.

Altro campo interessante è quello della maricoltura, che ha visto la Campania indirizzata soprattutto verso la molluschicoltura, con risultati interessanti, con lo sviluppo di tradizioni culturali e livello di consumo difficilmente riscontrabili in altre parti d'Italia.

Negli ultimi anni si è assistito ad una fase di diversificazione, con l'introduzione di pratiche maricolturali ad indirizzo ittico che dovrebbero aprire al settore nuovi spazi di mercato. In particolare si è finora puntato su impianti di allevamento di pesce bianco con gabbie "Off-Shore", che però in molti casi hanno incontrato non poche difficoltà, a causa degli elevati investimenti richiesti e gli alti costi di gestione, nonché a causa della concorrenza di prodotto estero a basso prezzo.

Tali considerazioni evidenziano l'esigenza di sperimentare forme di maricoltura innovative, che si rivolgano a specie di elevato valore commerciale e di rapido accrescimento, magari riconvertendo attività già avviate e che necessitano di essere riposizionate sul mercato, utilizzando gli impianti di proprietà delle cooperative disponibili a collaborare.

A livello regionale quindi sono da registrare le ottime esperienze realizzate nel campo della mitilicoltura, che costituisce di gran lunga la forma di maricoltura più diffusa in Campania, anche per via dei contenuti

fabbisogni finanziari dell'investimento iniziale e la buona resa in termini di prodotto.

La Campania, ed in particolare l'area napoletana, ha un rapporto antichissimo con la mitilicoltura, con il periodo di massima espansione negli anni 60-70, prima del declino causato dall'epidemia di colera del 1973.

Le aziende operanti nel settore dell'acquacoltura in Campania sono complessivamente 44, con una produzione di 25000 tonnellate di mitili che riescono a coprire poco più del 50% di quello consumato. La zona di maggior produzione di mitili è quella flegrea con 4500 tonnellate di prodotto, pari al 18% del totale regionale dichiarato (Associazioni di categoria 2005). È stimato che il prodotto immesso sul mercato abusivamente ammonterebbe a quasi il triplo di quello effettivamente prodotto (ARPAC, 2000).

Nonostante la rilevante crescita del settore dell'acquacoltura, in produzione ed in valore, a livello nazionale, in Campania la situazione è ancora in fase embrionale e di "prima generazione" imprenditoriale.

I pesci di acqua marina sono allevati solamente in 17 impianti intensivi in gabbie off-shore distribuiti nel golfo di Pozzuoli e nel golfo di Salerno, con una produzione di 200 tonnellate annue.

#### 1.4. TECNICHE DI ALLEVAMENTO

Le attività di acquacoltura sono realizzate in acque marine, dolci e salmastre e comprendono le pratiche di allevamento ittico di tipo estensivo, intensivo e semi-intensivo.

##### 1.4.1. L'ACQUACOLTURA ESTENSIVA

Si definisce allevamento estensivo quello interamente basato sull'uso delle sole risorse naturali. Gli interventi dell'acquacoltore sono limitati alla “semina” degli esemplari giovani provenienti da centri di riproduzione o raccolti in natura e al controllo del flusso delle acque, attraverso chiaviche e griglie, installate su porzioni lagunari o presso le foci a delta di grandi fiumi. Tale forma di allevamento consente di conservare ambienti acquatici naturali altrimenti destinati a bonifica.



FOTO 1.1. VALLICOLTURA

---

Di norma l'acquacoltura estensiva è praticata nelle lagune costiere, le cosiddette “valli di pesca” da cui il termine “vallicoltura” (foto 1.1). Gli impianti più importanti sono ubicati quasi tutti nel nord Italia ed in particolare in Veneto, Emilia-Romagna e Friuli-Venezia Giulia.



Nel resto del nostro Paese l'acquacoltura estensiva prende il nome di "stagnicoltura". In questo caso si tratta della gestione ai fini produttivi di lagune e di laghi costieri. Importanti esempi possono trovarsi in Toscana, nel Lazio e in Sardegna. Nell'uno e nell'altro caso l'acquacoltura estensiva costituisce senz'altro un esempio fondamentale di interazione tra attività umana e conservazione dell'ambiente. Poiché l'acquacoltore ha comunque l'interesse a garantire l'equilibrio ecologico della valle o dello stagno, egli porrà in essere tutti gli accorgimenti necessari per la salvaguardia dell'ambiente, al fine di assicurare la sopravvivenza delle specie allevate e conseguentemente la redditività delle valli di pesca.

L'acquacoltura estensiva, oltre a costituire un modello di sviluppo valido dal punto di vista economico, ha consentito la conservazione delle caratteristiche ambientali anche in aree molto estese. Il limite dell'allevamento estensivo è costituito dalle rese piuttosto basse se rapportate all'alto immobilizzo fondiario. Soluzioni economicamente valide ed ecologicamente compatibili sono state realizzate, in alcune aree dove, accanto all'acquacoltura, è consentita anche la pratica della caccia e la gestione di aziende ricettive di tipo agriturismo.

#### 1.4.2. L'ACQUACOLTURA INTENSIVA

In Italia gran parte delle specie ittiche da allevamento, quali trote, anguille, spigole, orate ma anche pesci gatto e storioni, provengono da impianti intensivi. Nell'allevamento intensivo è di fondamentale importanza l'apporto umano per la somministrazione di alimentazione di tipo artificiale, con formulazioni adatte alle specie allevate.

---



FOTO 1.2. ACQUICOLTURA INTENSIVA

---

Tale tipo di allevamento si attua per lo più sulla terra ferma in vasche di cemento o in terra. Negli ultimi anni sta sempre più diffondendosi quello praticato in mare utilizzando gabbie e recinti (foto 1.2).

Mentre nell'allevamento estensivo, grazie alla capacità di autodepurazione biologica delle lagune, è restituita all'ambiente esterno un'acqua qualitativamente migliore di quella in entrata, nel caso dell'intensivo sono da tenere nel dovuto conto le immissioni nell'ambiente di acque cariche di sostanze, quali il cibo non consumato e le feci, con potenziali possibilità di alterazione dell'acqua marina anche dal solo punto di vista estetico. La

presenza nei rifiuti di composti organici quali proteine, carboidrati, urea, vitamine può avere come effetto una crescita di alghe che potrebbe danneggiare, nel caso di allevamento in mare, le stesse specie allevate. Sono stati così gli stessi acquacoltori a prendere coscienza della necessità di ridurre l'impatto ambientale degli allevamenti di tipo intensivo. Per gli impianti a terra si è cercato di riciclare le acque di scarico, essendo inattuabile, per motivi economici, un loro trattamento diretto. Nel caso delle acque dolci si è così proceduto al riutilizzo delle stesse per la fertirrigazione e per la produzione di alghe, mentre in caso di acqua salata, tramite il lagunaggio, si possono allevare specie minori e molluschi.

Esistono forme integrate di acquacoltura in cui moduli intensivi possono essere collegati a bacini estensivi. In questo caso le acque reflue da allevamento intensivo, per esempio di spigole e orate, vengono convogliate in un bacino dove sono introdotte specie ittiche che vivono preferibilmente in ambienti ricchi di sostanze organiche. In tal modo è possibile recuperare una parte dell'energia che l'allevamento intensivo ha dissipato restituendo simultaneamente acque più pulite.

Per gli allevamenti con gabbie a mare, invece, oltre a disporre le stesse in siti in cui le correnti contribuiscono alla dispersione dei rifiuti, l'accorgimento può essere quello di spostarle in continuazione in modo da permettere ai fondali di ripristinarsi. In alcuni casi si è attuata, congiuntamente alla piscicoltura, ad una distanza di sicurezza dalle gabbie, onde evitare reciproche contaminazioni, la molluschicoltura. Infatti, la capacità filtrante dei molluschi che utilizzano nutrienti provenienti dai residui dell'allevamento, ha sull'acqua un effetto depurante. Ciò implica ovviamente una limitazione nell'uso di prodotti chimici che rimarrebbero, altrimenti, negli apparati filtranti di mitili e ostriche. Un altro problema che si pone per l'allevamento intensivo è quello derivante dall'introduzione di specie non originarie della zona. Il

rischio è quello di introdurre patologie o parassiti e impatti ambientali indesiderati sulla flora e la fauna locali.

Nel primo caso è opportuno procedere con certificazioni e quarantene, nel secondo con studi preliminari dal punto di vista genetico ed ecologico. In Italia l'allevamento ittico intensivo è prevalentemente praticato in impianti a terra, con bacini artificiali di dimensioni relativamente ridotte (dai 100 ai 1.000 metri quadri). Gli allevamenti, in genere, sono altamente specializzati e solitamente monoculturali. La tecnologia, anche per le specie marine, è analoga a quella praticata, con successo, da anni per l'allevamento della trota.

La maricoltura è realizzata in impianti costituiti da gabbie e barriere in mare aperto (foto 1.3).

Le acque profonde consentono al contempo di ridurre l'impatto visivo e di beneficiare di migliori condizioni ambientali per l'allevamento, ad esempio, dal punto di vista della temperatura. Pur se oggi ancora scarsamente praticata, si ritiene, tuttavia, che tenderà ad avere uno sviluppo crescente nei prossimi anni, sia per i sempre più numerosi vincoli a salvaguardia dell'ambiente posti agli allevamenti a terra, sia per effetto di una riconversione di pescatori verso l'attività di allevamento a mare.



FOTO 1.3. GABBIE GALLEGGIANTI

---

## 1.5. LA SCELTA DEL ROMBO CHIODATO

Dagli ultimi dati, seppur provvisori, la produzione annuale europea di rombo chiodato nel 2006 sembra essersi assestata su 8.730 tonnellate, con un incremento, rispetto al 2005, del 21,3%. I principali produttori sono la Spagna (5.700 t.) e la Francia (800 t.), paesi che detengono la quasi totalità della produzione mondiale (tabella 1.2).

TABELLA 1.2. PRODUZIONE ANNUALE DI ROMBO ([WWW.FEAP.ORG](http://WWW.FEAP.ORG), 2005).

<b>Turbot Production in Tons/Year</b>								
<b>Country</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
France	850	900	1	700	750	700	800	900
Iceland						32	95	100
Ireland		8	12	15	30	50	50	50
Netherlands						75	75	100
Norway						270	270	270
Portugal	265	475	510	540	540	540	540	540
Spain	1920	2083	3350	3385	4000	3440	4256	4905
<b>Total</b>	<b>3035</b>	<b>3466</b>	<b>4872</b>	<b>4640</b>	<b>5320</b>	<b>5107</b>	<b>6086</b>	<b>6865</b>

Le caratteristiche positive che hanno condizionato la scelta del rombo chiodato come specie oggetto di studio sono molteplici, e in prospettiva futura, l'introduzione in Italia di allevamenti intensivi potrebbero rafforzare il comparto e garantire uno sviluppo tecnologico ed occupazionale.

Nei paesi dove la specie è allevata ai fini commerciali si ottengono ottimi indici d'accrescimento, superiori a quelle di altre specie comuni, raggiungendo dopo 24 mesi di allevamento il peso medio di 2,2 kg.

È una specie molto resistente alle manipolazioni ed al trasporto, grazie al metabolismo più lento rispetto ai pesci pelagici, basti pensare che la “*France Turbot*”, azienda francese Leader nel settore dell’acquacoltura, ha brevettato una procedura di trasporto dei pesci in uno stato quiescente, a

temperature vicino agli 0°C e senza acqua. Grazie a questa tecnica di trasporto, l'azienda domina i mercati dell'estremo oriente amanti del sushi; spedisce i suoi pesci vivi in tutto il mondo risparmiando notevolmente le spese di viaggio e garantendo inoltre che gli animali rimessi in acqua riprendono le normali funzioni vitali con percentuali di sopravvivenza superiori al 95% (foto 1.5 ed 1.6).

---

FOTO 1.4.–1.5. TRASPORTO A SECCO DEI ROMBI.



---

Il rombo si adatta facilmente alla cattività ed è attualmente allevato sia in gabbie a mare che in impianti a terra.

In Italia ci sono ottime possibilità economiche per lo sviluppo di questo allevamento. La produzione europea, come accennato prima, si aggira intorno alle 8.730 tonnellate annue, quantità molto ridotte rispetto alle quasi 97.000 tonnellate di spigole ed alle 80.000 di orate che si producono ogni anno (tabelle 1.3-1.4) e che hanno provocato una saturazione del mercato con conseguente caduta dei prezzi.

TABELLA 1.3. PRODUZIONE ANNUALE DI ORATA (WWW.FEAP.ORG, 2005).

<b>Seabream production in Europe tons/year</b>							
<b>Country</b>	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Croatia</b>	450	800	940	700	700	800	1000
<b>Cyprus</b>	986	1200	1300	1260	1500	1356	1600
<b>France</b>	1000	1400	1700	1500	1100	1600	1900
<b>Greece</b>	28000	36000	37000	42000	49000	46000	50000
<b>Israel</b>	2000	2000	2000				
<b>Italy</b>	4800	6000	6800	8000	7800	8500	7800
<b>Malta</b>	1922	1512	1039	1066	900	782	800
<b>Portugal</b>	1595	2006	2000	2200	2500	2500	2500
<b>Spain</b>	7600	8300	10690	109600	12440	13030	15560
<b>Turkey</b>	11000	15460	12940	11681	12000	13950	15500
<b>Total</b>	<b>59350</b>	<b>74730</b>	<b>76400</b>	<b>79367</b>	<b>87940</b>	<b>88522</b>	<b>96660</b>

TABELLA 1.4. PRODUZIONE ANNUALE DI SPIGOLA (WWW.FEAP.ORG, 2005).

<b>Seabass production in Europe</b>							
<b>COUNTRY</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Croatia	1300	1300	1520	1800	1750	1600	1600
Cyprus	298	300	300	421	500	698	800
France	3150	3600	3000	3500	3700	4000	4300
Greece	20000	23000	24000	28000	26000	30000	35000
Iceland	10	20	50	3	80		
Israel	200						
Italy	6600	8100	8900	9000	8900	9000	9800
Malta	80	234	196	50	100	131	131
Portugal	849	1080	700	800	1500	1500	1500
Spain	1670	2300	1950	3180	4530	4700	6130
Turkey	12000	17877	15546	14339	15000	17050	20900
<b>Total</b>	<b>46157</b>	<b>57811</b>	<b>56162</b>	<b>61093</b>	<b>62060</b>	<b>68679</b>	<b>80161</b>

TABELLA 1.5. PRODUZIONE, IMPORTAZIONI, ESPORTAZIONI, CONSUMI (TONNELLATE) ([WWW.ISMEA.IT](http://www.ismea.it) 2003).

VARIABILI	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Produzione mondiale (1)</b>	<b>13.966</b>	<b>13.933</b>	<b>12.055</b>	<b>11.495</b>	-
Pesca	9.181	9.077	6.788	6.174	-
Acquacoltura	4.785	4.856	5.267	5.321	-
<b>Produzione Ue 15 (1)</b>	<b>10.924</b>	<b>11.014</b>	<b>11.094</b>	<b>10.742</b>	-
Pesca	6.139	6.185	5.836	5.453	-
Acquacoltura	4.785	4.829	5.258	5.289	-
<b>Produzione Ue 25 (1)</b>	<b>10.963</b>	<b>11.038</b>	<b>11.121</b>	<b>10.765</b>	-
Pesca	6.178	6.209	5.863	5.476	-
Acquacoltura	4.785	4.829	5.258	5.289	-
<b>ITALIA</b>					
<b>Produzione (1)</b>	<b>643</b>	<b>622</b>	<b>482</b>	<b>610</b>	-
Pesca	643	622	482	610	-
Acquacoltura	-	-	-	-	-
<b>Importazioni (2)</b>	793	786	789	829	900
<b>Esportazioni (2)</b>	5	14	4	11	13
<b>Consumi domestici</b>	-	-	-	-	-

**Note:**

(1) La produzione mondiale, Ue 15, Ue 25 e italiana, suddivisa tra pesca e acquacoltura, è fonte FAO e si riferisce alla denominazione scientifica presa in esame.

(2) Le importazioni e le esportazioni sono fonte ISTAT e si riferiscono al prodotto "rombi" freschi, congelati, conservati, secchi, salati e affumicati.

Il rombo in Italia non è prodotto da impianti di acquicoltura, ciò che consumiamo è in parte fornito con la pesca, mentre la maggior quantità è importata dall'estero e principalmente dalla Francia e dalla Spagna (tabella 1.5.).

Il rombo chiodato è una delle specie ittiche più apprezzate e ricercate, dalle carni morbide e delicate, tanto per il sapore pregiato quanto per la composizione nutrizionale, ma le sue qualità emergono in funzione del peso; in altri termini, un rombo è più buono se pesa non meno di due chili. È considerato un pesce magro (100 grammi apportano 102 Kcal) ed è ricco di acidi grassi poliinsaturi della serie omega-3 notoriamente importanti per la prevenzione delle malattie cardiovascolari. È una buona fonte proteica ed è ricco di selenio. Il contenuto di grasso varia alquanto ma solitamente il rapporto è di circa un grammo di acidi grassi omega-3 per 100g di filetto (tabella 1.6).



TABELLA 1.6. APPORTI NUTRIZIONALI PER 100 GRAMMI DI SCOPHTHALMUS MAXIMUS (ISMEA 2002).

<i>Vitamine</i>	<i>%</i>
Vitamina B1	0,03 µg
Vitamina A	4,00 µg
Vitamina D	1,70 µg
Vitamina C	2,00 µg
<b><i>Sali minerali</i></b>	
Calcio	38 mg
Ferro	1,2 mg
Fosforo	264 mg
Potassio	273 mg

<b><i>Proteine</i></b>	16,3 g
<b><i>Grassi</i></b>	1,3 g
<b><i>Carboidrati</i></b>	1,2 g

<i>Acidi grassi</i>	<i>%</i>
<i>Saturi</i>	23,0
<i>Monoinsaturi</i>	31,9
<b><i>Polinsaturi</i></b>	
<i>Omega-6</i>	6,2
<i>Omega-3</i>	35,9
<i>Omega 3/100g</i>	0,7

## 1.6. PRESUPPOSTI SCIENTIFICI

### 1.6.1. SISTEMI DI ALLEVAMENTO

Tradizionalmente il rombo è stato allevato usando vasche circolari o rettangolari e sistemi a circuito aperto. L'utilizzo di sistemi alternativi come il sistema a circuito chiuso e le vasche raceways poco profonde, possono dare le stesse performance di crescita dei sistemi tradizionali, con densità di allevamento anche maggiori.

Si definisce sistema a ricircolo delle acque o a “ricircuitazione idrica” una tipologia d'impianto che ha delle soluzioni tecnologiche in grado di rendere riutilizzabile, almeno in parte, le acque di allevamento, ed attualmente molte aziende di acquacoltura stanno utilizzando tali sistemi nelle numerose fasi del ciclo produttivo.

Un sistema a ricircolo comporta sicuramente un grosso investimento iniziale ma, nello stesso tempo, riduce i costi di produzione perché richiede molto meno energia per l'alimentazione, riduce gli sprechi di mangime e migliora le performance di crescita. Inoltre, ha un ridotto impatto ambientale, ha la possibilità di raggiungere densità di allevamento notevoli riducendo le dimensioni aziendali ed isola completamente l'allevamento dall'ambiente esterno in maniera tale da non risentire delle oscillazioni stagionali.

L'impatto ambientale è un problema reale che le aziende caratterizzate da allevamenti intensivi si trovano oggi di fronte. Una delle soluzioni per fronteggiare tale esigenza e ridurre così gli effetti sull'ambiente potrebbe essere il sistema a circuito chiuso, che sfrutta volumi di acqua molto bassi e quindi riduce lo spreco di questa risorsa e permette il riutilizzo dei reflui provenienti dall'impianto stesso.

Per rendere reali tutte queste premesse è necessario effettuare preliminari ricerche allo scopo di rilevare le influenze dell'ambiente di allevamento sui pesci e viceversa, ottimizzare i sistemi di depurazione e filtrazione delle acque, avere informazioni sulle

popolazioni batteriche ed il loro controllo ed incorporare sistemi integrati di depurazione (Blancheton, 2000).

Il filtro biologico è il vero cuore di un sistema di filtrazione delle acque di allevamento. Studi effettuati dimostrano l'effettiva capacità di funzionamento di tale impianto nella depurazione e quindi nella rimozione dei fattori limitanti quali fosforo, metaboliti azotati ed anidride carbonica derivanti dall'allevamento (Abeysinghe *et al.*, 1996). I biofiltri sono ampiamente usati in acquacoltura per rimuovere l'azoto ammoniacale (Forteath, 1991) che è tossico per i pesci a concentrazioni di 0,5 mg/l (Muir, 1982).

I sistemi di allevamento utilizzati per questa specie sono diversi, ma sicuramente la caratteristica fondamentale da tenere in considerazione è la superficie del fondo delle vasche considerato che il rombo chiodato è un pesce piatto. Sull'argomento Labatut *et al.* (2004) hanno seguito l'accrescimento del rombo in raceways caratterizzati da una profondità massima di 4 cm (0,7-25 cm in base alla taglia del pesce) di acqua, in un impianto a circuito chiuso per dimostrare che è possibile allevare la specie nel rispetto dell'ambiente, ottenendo degli indici di accrescimento comparabili ad altri ottenuti con i classici sistemi di allevamento. Le prove sono durate circa 24 giorni, su animali il cui peso iniziale era di 5,6 grammi e sono stati ottenuti SGR di 1,4% e FC di 0,84%. La densità di allevamento finale è stata di 8 kg/m<sup>2</sup> con una copertura del fondo del 262%.

La tipologia di allevamento adottata può essere responsabile di eventuali differenze del prodotto finito come dimostrato dalle diverse caratteristiche organolettiche esistenti tra i pesci selvatici e quelli allevati (Børresen, 1992; Netteleton, e Exler, 1992; Ellis *et al.*, 1997). In riferimento a ciò Orban *et al.* (2000) hanno studiato le eventuali differenze esistenti tra saraghi (*Diplodus pntazzo*) allevati con sistemi e tecnologie differenti. Sono stati paragonati un impianto di vasche a terra ed uno di gabbie galleggianti a mare, seguiti per 9 mesi e fino al raggiungimento del peso di 300 g da parte dei saraghi.

L'unica differenza significativa rilevata dai ricercatori ha interessato la quantità di lipidi e di colesterolo che è maggiore nei pesci allevati a terra. I saraghi allevati a mare presentavano più acidi grassi saturi e meno acidi monoinsaturi. Le analisi reologiche hanno evidenziato una maggiore durezza nei pesci allevati a mare, attribuita dagli autori al minore contenuto lipidico e dalla composizione delle proteine miofibrillari.

### 1.7.2. FATTORI AMBIENTALI

Uno dei più importanti parametri per determinare l'efficienza economica di un'azienda di acquacoltura è sicuramente l'indice di accrescimento degli animali e per far sì che questo sia elevato è necessario che i pesci vivano nelle migliori condizioni. Detto questo è facilmente intuibile ed indiscutibile l'importanza di individuare i valori ideali per ogni fattore ambientale.

Tra i diversi fattori ambientali da tener presente ricordiamo: la temperatura, il pH, l'ossigeno disciolto, l'anidride carbonica, i metaboliti dell'azoto e la densità di allevamento.

Le temperature ideali di allevamento per il rombo sono comprese tra 17-20°C (Burel *et al.*, 1996) ed è stata rilevata una correlazione positiva tra accrescimento e temperatura ambiente per avannotti di rombo del peso medio di 35-50g. Infatti, il tasso di accrescimento specifico e l'indice d'ingestione sono notevolmente superiori a temperature di 20°, rispetto a temperature di 8°C. Le basse temperature determinano un aumento nella quantità di grasso corporeo superiore del 25% rispetto a temperature più alte. L'emissione di azoto ammoniacale totale è più elevata a temperature di 20°C rispetto alle temperature più basse conseguentemente ad un maggior consumo di alimento.

Mallekh *et al.* (1998) nel valutare l'influenza della temperatura su rombi allevati con una densità finale di 62 kg/m<sup>2</sup> (SGR del 0,6%, FC di 0,96) hanno osservato che i pesci avevano più appetito al mattino che nel pomeriggio, ed il fenomeno si accentua con l'aumentare della temperatura. Inoltre, mentre incrementi di temperatura notevoli ma gradualmente stimolavano l'appetito, bruschi aumenti di temperatura provocavano una riduzione del consumo di alimento.

L'interazione tra la temperatura e la salinità è stata analizzata da Imsland *et al.* (2001), con lo scopo di individuare la combinazione ottimale tra due fattori. Le migliori performance di crescita si sono avute alla salinità di 15-25‰ ed alla temperatura di 18-22°C. Poiché la salinità ematica del rombo è 15‰, se l'animale vive a salinità più vicine a questo valore c'è un risparmio energetico biochimico,

inoltre, la temperatura stimola il consumo di cibo mentre la salinità più bassa fa sì che lo stesso alimento venga utilizzato nel modo migliore.

Le necessità di ossigeno del rombo sono molto più basse rispetto a quelle della spigola e dell'orata, e del resto, ciò è dato dal diverso comportamento che hanno i pesci bentonici rispetto a quelli pelagici. In ogni caso il livello di ossigeno non deve essere inferiore a 5 p.p.m..

Variazioni acute di ossigeno nell'acqua possono avvenire facilmente e per varie ragioni in allevamento ittico, principalmente quando i pesci sono allevati ad alte densità, è importante quindi, conoscere l'influenza che può avere tale fattore sull'accrescimento dei pesci. È dimostrato che gli avannotti di rombo non crescono in condizioni di anossia prolungata con concentrazioni di 5 p.p.m. di ossigeno (Pichavant *et al.* 2000) perché la mancanza di ossigeno influisce sull'appetito.

In prolungata anossia il rombo chiodato, come del resto anche la spigola, risponde allo stesso modo all'interazione esistente tra l'ossigeno disponibile e la crescita. I pesci allevati in condizioni normali (7,4 mg/l di O<sub>2</sub>) si accrescono maggiormente perché ingeriscono più cibo, di contro, se tenuti in anossia prolungata i pesci riducono la loro domanda energetica ed evitano così un metabolismo anaerobico producendo lattato (Pichavant *et al.* 2001).

Il riutilizzo delle acque in sistemi di allevamento a circuito chiuso dipende dalla qualità dell'acqua stessa, ovvero, ai fattori che possono diventare limitanti. I metaboliti dell'azoto sono estremamente dannosi per gli animali allevati. In particolare i pesci di dimensioni maggiori risentono di più della tossicità cronica dell'azoto ammoniacale (Person-Le Ruyet, 1997). I primi segni di malessere si manifestano a concentrazioni di ammoniaca di 0,41 e 0,21 mg/l (per animali di 14 e 23 g rispettivamente), valore che scende fino a 0,1 mg/l per rombi del peso di 104 g. La crescita si arresta per valori intorno ai 0,8 mg UIA-N. I pesci di peso inferiore (14 g) non manifestano nessun problema fino a concentrazioni di 0,18 mg UIA-N e riescono a crescere fino a concentrazioni di 0,3 mg UIA-N (0,4 mg UIA-N equivalgono 10 mg di azoto ammoniacale totale).

La densità di allevamento è un altro parametro fondamentale da tener presente in un allevamento ittico. Se la densità di allevamento è troppo bassa il sistema non è sfruttato al meglio, risultando economicamente poco vantaggioso. Nel caso inverso, ovvero a una densità eccessiva, tale parametro rappresenta un fattore di stress che, se protratto nel tempo, porterebbe notevoli problemi fino al decesso degli animali.

Si può affermare che pesci allevati a più bassa densità hanno degli indici di accrescimento più elevati; Irwin ha effettuato uno studio su 4 gruppi di pesci con densità di allevamento diverse (0.7, 1.1, 1.5 e 1.8 kg/m<sup>2</sup>) di avannotti del peso iniziale di 8,60 g ed ha dimostrato che, dopo 45 giorni, gli indici di accrescimento più bassi sono stati registrati per il gruppo allevato a più alta densità e di contro i pesi medi più alti sono stati registrati per il gruppo a più bassa densità. Sicuramente a più basse densità le interazioni esistenti tra i pesci hanno una minore influenza e quindi si riducono i fattori di stress che possono pregiudicare il risultato finale, in ogni caso bisogna trovare un giusto equilibrio. Le densità di allevamento più comuni sono molto più alte, arrivando a valori di 25-30 kg/m<sup>2</sup> (Iglesias *et al.*, 1978) anche se i massimi registrati per rombi di grossa taglia è stato di 75 kg/m<sup>2</sup> (Jones *et al.*, 1981).

### 1.6.3. ALIMENTAZIONE

La necessità di trovare una valida alternativa all'utilizzo delle proteine contenute nella farina e nell'olio di pesce con proteine di origine vegetale nella produzione dei mangimi è una delle problematiche più attuali rilevanti per il settore dell'acquacoltura. Infatti, per produrre il mangime adatto ai pesci d'allevamento viene oggi utilizzato e trasformato il 30% del pescato mondiale. Al fine di trovare una soluzione a questo problema senza peggiorare la qualità del pesce, variare la sua composizione nutrizionale, eliminare o ridurre i fattori di stress attraverso l'alimentazione sono stati effettuati un numero considerevole di lavori.

Il rombo è un animale che ha necessità proteiche molto elevate con valori superiori al 55% (Bromley, 1980; Brown, 1980; Cadena-Roa, 1983; Caceres-Martinez, 1984; Caceres-Martinez *et al*, 1984), un apporto lipidico che deve essere inferiore al 10% (Caceres-Martinez *et al*, 1984) ed è importante assicurare un buon apporto di acidi grassi poliinsaturi omega-3 (Covey *et al.*, 1976; Gatesoupe *et al.*, 1977).

Il consumo di mangime del rombo è positivamente correlato con la crescita dell'animale (Irwin *et al.* 2002), così come è già stato documentato per altre specie come la trota iridea (McCarthy *et al*, 1991), la passera di mare (Carter *et al.*, 1996) ed halibut atlantico (Tuene e Nortvedt, 1995).

I pesci dominanti mangiano a sazietà, mentre i pesci subordinati mangiano saltuariamente, quando il mangime resta sul fondo e questo comportamento si amplifica giorno dopo giorno in relazione all'aumento di consumo [(con densità finali 1,5 e 2,8 kg/m<sup>2</sup>, SGR 1,42% ed alimentati all'1,5% del peso vivo Irwin *et al.* 2002)].

Diete ricche di acido ascorbico, sottoforma di ascorbato di calcio con concentrazioni superiori a 1000-2000 mg/kg, possono essere utilizzate nell'allevamento di avannotti di rombo, al fine di influenzare positivamente le riserve epatiche di vitamina C ed avere effetti positivi sul sistema immunitario non specifico (lisozima e fagocitosi) rendendo gli animali più resistenti agli stress derivanti dall'allevamento in cattività (Roberts *et al.* 1995).



Al fine di migliorare gli indici di accrescimento, e quindi produrre pesci in minor tempo, potrebbero essere utilizzate diete ricche di proteine idrolizzate altamente digeribili anche se Oliva-Teles *et al.* (1999), evidenziano che i pesci alimentati in tal modo si accrescono maggiormente ma non in maniera significativa.

Altra possibile alternativa alla farina di pesce come fonte proteica può essere il glutine della farina di grano; studi effettuati da Regost *et al.* (1999) sulla possibilità di sostituire parzialmente o totalmente la farina di pesce con quella di glutine di grano nell'alimentazione di avannotti di rombo, dimostrano che fino ad una sostituzione del 20% della farina di pesce gli animali si accrescono in maniera comparabile al controllo mentre un totale rimpiazzo della farina di pesce porta ad un decremento della crescita, suggerendo che le proteine provenienti dalla farina di grano possono sostituire solo un terzo delle proteine della farina di pesce.

L'olio di soia e quello di lino sono stati suggeriti come possibili alternative all'olio di pesce. I pesci alimentati con queste diete hanno avuto buoni indici di accrescimento, ma sicuramente inferiori a quelli dei pesci allevati con la dieta di controllo. Nel lungo periodo i pesci allevati con le diete alternative sono cresciuti lentamente (Regost *et al.* 2003a). La qualità dei lipidi nella dieta non influenza né l'indice d'ingestione né la composizione chimica dei filetti; la composizione acidica del fegato e dei muscoli dei pesci alimentati con l'olio di soia risulta più ricca in 18:2n-6, mentre i filetti di quelli alimentati con olio di lino sono più ricchi di 18:3n-3. I pesci allevati con oli vegetali presentano valori più bassi di DHA ed EPA. La sostituzione parziale dell'olio di pesce con alimenti vegetali è possibile, con una rilevante influenza sulla qualità della componente lipidica del prodotto finito (Regost *et al.* 2003a).

Dal punto di vista organolettico i filetti dei pesci alimentati con olio di soia o di lino hanno manifestato differenze significative soprattutto nella texture, nell'odore e nel colore. In particolare, i pesci alimentati con la soia presentano un pronunciato odore di patata ed una quantità di grasso più bassa nei filetti dorsali. Il ritorno all'alimento a base di olio di pesce fa sparire le differenze organolettiche ma non quelle della componente lipidica (Regost *et al.*, 2003b).

Al fine di individuare il massimo livello di sostituzione della farina di pesce con un mix di residui vegetali nell'alimentazione di avannotti di rombo Fournier *et al.* (2004) hanno provato 5 diete a percentuale variabile di farina di pesce (40, 30, 20, 10, 0% rispettivamente) ed alla fine dell'esperimento hanno rilevato, conseguentemente alla riduzione di ingestione dell'alimento, un peso finale più basso nei pesci alimentati con meno del 20% di farina di pesce. Gli indici specifici di accrescimento sono stati comparabili o più alti di quelli ottenuti da altri autori, quali Regost *et al.* (1999), Burel *et al.* (2000a), Day e Gonzalez (2000) e Fournier *et al.* (2003b). Una crescita molto bassa è stata osservata solo nei pesci alimentati completamente con farine di origine vegetale.

Anche Montero *et al.* (2005) hanno valutato la possibilità di sostituire l'olio di pesce con oli vegetali (soia, lino, colza). Le diete sono state tutte accettate dai pesci e non ci sono state differenze nella quantità ingerita di alimento dimostrando che si può sostituire fino al 60% dell'olio di pesce con olio di soia o di lino anche per lunghi periodi, ma non quello di semi di colza perché l'accrescimento è minore. Inoltre, l'olio di soia fa variare la composizione acidica dei filetti, in particolare aumenta gli acidi grassi C-18 e diminuisce gli acidi grassi n-3 influenzando negativamente il rapporto n-3/n-6 (Montero *et al.*, 2005).

Non è stata notata nessuna influenza sulla texture e sull'analisi sensoriale dei filetti ma le analisi colorimetriche hanno evidenziato che i pesci allevati con l'olio di semi di colza hanno una carne più gialla rispetto alla dieta di controllo.

Una parziale sostituzione di farina di pesce con amminoacidi cristallini pari al massimo al 19% può essere utilizzata nell'alimentazione di avannotti di rombo senza influenzare negativamente le performance di crescita, al contrario, quantità superiori la deprimerebbero notevolmente (Peres *et al.* 2005).

In conclusione, aggiustando il profilo amminoacidico ed usando una miscela di proteine vegetali e aggiungendo amminoacidi di pesce può rappresentare una valida alternativa un'alimentazione a base di prodotti vegetali.

Regost *et al.* (2001) hanno cercato di individuare la quantità ideale di lipidi da includere nella dieta e la loro influenza sulla composizione nutrizionale, sulla deposizione del grasso e sulla lipogenesi. Hanno performance di crescita migliori i pesci alimentati con meno lipidi nella dieta, con un SGR di 0,36 ed un FCE 0,99. I lipidi nel muscolo sono influenzati dalla natura di quelli presenti nella dieta, infatti i pesci alimentati con diete più grasse avevano quantità significativamente superiori pari al 4,8% nei filetti.

#### 1.6.4. COMPOSIZIONE CHIMICA E REOLOGIA

L'aspetto qualitativo nei prodotti ittici è di fondamentale importanza. Il concetto di qualità ha oggi un significato estremamente allargato e risulta fondamentale dare una garanzia a livello di produzione ma anche di composizione del prodotto ittico, cercando di creare dei sistemi di controllo capaci sia di gestirne il percorso all'interno della filiera ma anche di salvaguardarne le caratteristiche qualitative, mantenendone forte il commercio e nel contempo assicurando il consumatore dal punto di vista della sicurezza alimentare. Nel corso degli anni si è assistito al passaggio di una realtà di bottega, in cui era forte il rapporto di fiducia tra negoziante ed acquirente, alla GDO, dove uno dei più importanti strumenti di comunicazione consiste nell'impiego di un'etichetta, che però spesso è poco comprensibile. Ciò ha fatto sì che la percezione della qualità da parte del consumatore nell'acquistare un prodotto alimentare mutasse, risultando oggi più complessa ed articolata. Un aspetto d'importanza fondamentale per un alimento è sicuramente la sua composizione nutrizionale e a tale proposito è già stata ampiamente messa in evidenza l'importanza che la quota lipidica, ma soprattutto la composizione in acidi grassi della serie  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6, riveste nella carne di pesce.

La qualità finale del prodotto deriva dall'insieme di caratteristiche e fattori intrinseci come la texture, la composizione chimica, il colore, il contenuto lipidico (Fauconneau *et al.*, 1995) e da fattori estrinseci come le procedure di trasporto prima e dopo il sacrificio dell'animale e le modalità di sacrificio stesso (Dunajski, 1979; Gjerdrem, 1997). Anche il processo produttivo con le numerose variabili coinvolte nel sistema di allevamento o l'influenza delle condizioni ambientali se il pesce è selvatico, determinano differenze di qualità finale tra il pesce selvatico e quello allevato (Børresen, 1992; Netteleton, e Exler, 1992). Per ciò che concerne la composizione chimica del filetto, ciò che può essere modificato maggiormente con l'alimentazione in cattività è proprio la quantità e la qualità della componente lipidica (Izquierdo *et al.*, 2003), mentre la quota proteica è scarsamente influenzata perché dipende da fattori principalmente genetici (Børresen, 1992; Shearer, 1994; Huss, 1999).

Analizzando circa 650 soggetti delle seguenti fra spigola, orata, muggine, carpa comune, carpa a specchi e pesce persico al fine di valutare la resa in carcassa e la resa in filetti in relazione al peso dell'animale, Geri et al. (1994) hanno evidenziato che l'orata ha i valori più elevati per la resa in filetti e la resa in carcassa, rispettivamente 49,22 e 91,84%. Poli et al. (1994), sugli stessi soggetti, hanno analizzato la composizione nutrizionale e la componente acidica dei filetti di pesce. In generale i pesci di acqua dolce hanno una quantità superiore di acidi grassi polinsaturi n-6, ma una quantità inferiore di sostanza secca, minore incidenza di lipidi, ceneri ed acidi grassi saturi, rispetto ai pesci marini. Il persico reale di cattura, di acqua dolce, è il pesce a minore tenore di grasso (1%) e di sostanza secca, ed il più elevato contenuto di colesterolo e di acidi grassi polinsaturi n-3 (33%). L'orata allevata in acqua riscaldata ha presentato il filetto più grasso (10%), di acidi grassi monoinsaturi (44%) e più povero di acqua (66%). Inoltre, al crescere del peso corporeo mentre l'acqua ha evidenziato una diminuzione i lipidi del muscolo mostrano un comportamento inverso, anche se significativo solo per alcune specie e il contenuto di colesterolo diminuisce in maniera significativa. Relativamente alla composizione acidica in tutte le specie, esclusa l'orata, al crescere del peso si evidenzia una diminuzione della quantità di acidi grassi saturi.

Sono state rilevate delle differenze anche tra due popolazioni di spigole allevate con due sistemi differenti, in particolare, uno intensivo ed uno estensivo I pesci allevati in maniera intensiva hanno raggiunto in tempi inferiori le stesse taglie ed inoltre sono state osservate differenze in termini morfologici, chimici e di resa (Cagnetta *et al.* 1994).

Più recentemente Rea *et al.* (2000) hanno evidenziato delle differenze di composizione nutrizionale tra due popolazioni di orate allevate e selvatiche. I pesci allevati avevano un contenuto di grasso significativamente maggiore (3,49%), una quantità di acidi grassi polinsaturi superiore, soprattutto della serie  $\omega$ 3 (26,98 e 18,36% rispettivamente), in particolare di acido eicosapentanoico e acido docosaesanoico, i quali svolgono importantissime funzioni nell'organismo umano e

devono necessariamente introdotti con l'alimentazione poiché l'organismo umano non riesce a sintetizzarli (Leaf, 1989), mentre i pesci selvatici avevano valori maggiori di acidi grassi monoinsaturi. È importante sottolineare il rapporto  $\omega 3/\omega 6$ , rappresenta infatti un dato importantissimo nelle caratteristiche nutrizionali della carne di pesce (Sbroglia *et al.*, 1996); le orate selvatiche hanno un rapporto pari a 8,84, nettamente superiore rispetto a quelle allevate (4,022). Le orate selvatiche hanno valori migliori di I.A. (0,455 contro 0,539) mentre i soggetti allevati hanno un I.T. migliore (0,24 contro 0,291). Ciò contribuisce a confermare l'elevata anti-trombogenicità e anti-aterogenicità della carne di pesce rispetto alla carne di origine animale quale di agnello e bovino e dei prodotti lattiero-caseari (Amerio *et al.*, 1996). Tra spigole allevate e spigole selvatiche è stato dimostrato che esistono delle differenze anche nella struttura muscolare e in particolare, gli animali selvatici hanno una densità di fibre muscolari superiore. Gli animali allevati nei confronti di quello selvatico hanno una quantità superiore di acqua e di proteine, un pH, una quantità di collagene e di idrossiprolina del filetto inferiori. Il contenuto di lipidi non è diverso anche se gli acidi grassi saturi e monoinsaturi sono maggiori nei pesci allevati. Le analisi reologiche, effettuate per valutare parametri meccanici indipendenti (durezza, coesività, elasticità) e variabili dipendenti (masticabilità e gommosità) secondo le metodologie descritte da Friedman *et al.* (1962), sono più elevate nei pesci selvatici e mostrano una correlazione positiva con la densità muscolare delle fibre, il contenuto di collagene e di idrossiprolina, ed il valore di pH (Periago *et al.*, 2005). Analizzando la composizione chimica e le performance di crescita di spigole del peso compreso tra 250-940 g provenienti da allevamenti italiani Poli *et al.* (2001) affermano che esiste una relazione tra la composizione nutrizionale ed il peso corporeo; in particolare le proteine e le ceneri si mantengono costanti al crescere del peso, 20% ed 1,3% rispettivamente, mentre, la quantità di acqua (70,9%) diminuisce e i lipidi (6,4%) e gli acidi grassi (SFA: 29,7%, MONO: 40%, PUFA n-6:9,3%, PUFA n-3: 21,0) aumentano al crescere. Il fattore di condizione risulta compreso tra 1,14 e 1,19 rispettivamente, il peso del fegato 0,95%, il peso delle viscere tra 8,8 e

9,7%, l'I.A. e l'I.T. (secondo le formule di Ulbricht e Southgate, 1991) mostrano un trend crescente e rispettivamente 0,40-0,57 e 0,16-0,27 ed un rapporto omega3/omega6 pari a 2,3 (Poli *et al.*, 2001).

Dal punto di vista nutrizionale sono molto interessanti anche la trota iridea bianca o la salmonata. Quest'ultima rappresenta il pesce d'acqua dolce più presente sui mercati del pesce di tutte le regioni italiane. Il filetto del muscolo della trota ha il 35% di acidi grassi monoinsaturi ed il 32% polinsaturi, di cui il 24,5% sono della serie omga-3 (principalmente DHA ed EPA) ed ha un rapporto  $\omega_3/\omega_6$  pari a 3,72 (Orban *et al.*, (2003).

Altra specie di largo consumo in Italia è la sardina ed in particolare quella marinata. Di essa è stata analizzata la composizione in acidi grassi omega-3 (Facciola e De Leonardis, 2003) e soprattutto l'influenza della stagione sulla qualità della composizione nutrizionale. Il contenuto in acqua e proteine si mantiene costante durante tutto l'anno, mentre la quantità di grasso ha un andamento variabile, passa da 1,8 del mese di marzo al 21,9% alla fine dell'estate. L'esperienza di Faccioli e De Leonardis (2003) ha messo in evidenza che 100 g di sardine grasse (grasso >4%) forniscono una quantità di acidi grassi omega-3 pari al fabbisogno giornaliero di un essere umano, infatti il contenuto di omega-3 è risultato del 21,6% (EPA: 6,8%, DHA: 12,5%), con un rapporto omega3/omega6 pari a 4,5.

Regost *et al.* (2001) hanno valutato l'influenza dei lipidi nella dieta sulla qualità sensoriale e fisica del filetto di rombo. Il grasso in questa specie non si accumula nel filetto e avviene solo una piccola o nulla deposizione nelle viscere (Andersen e Alsted, 1993). Regost *et al.* (2001), sperimentando 4 diete con quantità di lipidi comprese tra 11,3-27,7% con rombi del peso medio di 657 g allevati a circuito aperto, ha ottenuto le migliori performance di crescita con i pesci allevati con la dieta a più basso tenore lipidico senza alcuna deposizione di grasso. In tutte le popolazioni il muscolo ventrale presentava in generale una quantità di grasso superiore a quello dorsale (1,7 ed 1,1% rispettivamente).

L'analisi sensoriale effettuata sui filetti dorsali e ventrali, previa cottura nel forno a microonde per 2,5 minuti, non ha evidenziato nessuna differenza significativa. I filetti dorsali provenienti dai pesci allevati con diete più ricche di grasso risultavano più bianchi ed appetibili, migliori al palato e la perdita di acqua dopo la cottura è risultata minore.

La qualità dei pesci può essere influenzata anche dal metodo di stordimento prima del dissanguamento. Hans et al. (1997) valutando tre metodi di stordimento prima dell'uccisione (colpo in testa e coltello dietro la nuca, la scossa elettrica e CO<sub>2</sub>) di anguille, carpe e trote al fine di valutare l'influenza sulla qualità della carne e sul benessere animale sono giunti alla conclusione che il metodo che influenza meno la qualità della carne è il metodo manuale, che la CO<sub>2</sub> è un metodo non utile e la scossa elettrica potrebbe essere utilizzata anche se con qualche modifica.

Altro fattore che influenza la qualità della carne di pesce, così come avviene in quella degli animali domestici comunemente allevati, è lo stress. Waring *et al.* (1996) hanno valutato la risposta fisiologica dei rombi alle pratiche di allevamento monitorando la concentrazione ematica di alcuni indicatori (cortisolo, glucosio, acidi grassi liberi, proteine, lattato, etc). I risultati ottenuti hanno evidenziato che i pesci confinati in serbatoi con densità molto alta hanno un incremento notevole della concentrazione di cortisolo e di acidi grassi liberi che ritornano a valori normali dopo 24 ore, mentre non hanno registrato un aumento della concentrazione di glucosio e di lattato.

I prodotti ittici, come ben noto, dopo la morte si deteriorano rapidamente a causa di meccanismi microbiologici e biochimici, che possono essere rallentati grazie a vari sistemi di conservazione, si può pertanto affermare che la qualità del pesce passa anche attraverso le metodologie di conservazione.

Recentemente Aubourg et al. (2005) hanno effettuato uno studio sui cambiamenti biochimici della carne di rombo chiodato conservato alla temperatura di 4°C fino al 29° giorno di conservazione. Hanno utilizzato pesci del peso di 1600-1900 grammi ottenuti dall'azienda Stolt Sea Farm S.A. (Galicia, Spagna), sacrificati in ghiaccio ed acqua ed hanno valutato sia i cambiamenti biochimici (lipidici, proteine e nucleotidi),



sia quelli sensoriali (la pelle, il colore esterno, le branchie, il colore e la consistenza del filetto) complessivamente è risultato che la carne di rombo mantiene un'alta qualità dopo 2 giorni di conservazione e una buona qualità dal 3° al 14° giorno, dal 14° giorno in poi la qualità è considerata discreta fino a divenire inaccettabile al 20° giorno. I risultati di questo studio evidenziano che il rombo ha una shelf life abbastanza lunga, al pari di pesci come l'alalunga ed il merluzzo (Pérez-Villareal e Pozo, 1990; Ruiz-Capillas e Moral, 2001) ma una conservabilità ben più ampia di pesci di piccola taglia come le sardine e lo sgombro (Aubourg, 2001; Nunes *et al*, 1992), caratteristica che potrebbe essere sfruttata per commercializzare anche a grandi distanze dai luoghi di produzione mettendo in evidenza le possibilità di sviluppo di tale prodotto.

Se la conservazione a temperature di 4 °C permette di preservare una qualità accettabile fino al raggiungimento del 20° giorno di conservazione, la shelf life si allunga notevolmente quando si parla di conservazione a temperature al di sotto dello zero. In particolare Rodriguez *et al.* (2006) hanno conservato i pesci sotto una strato di ghiaccio in forma di sfere con un ricambio continuo di acqua marina gelata. Questo tipo di tecnologia dà la possibilità di conservare il rombo per diversi giorni, risultando comparabile, se non migliore, delle tecniche classiche di conservazione con scaglie di ghiaccio. I pesci mantengono una buona qualità fino al 22° giorno, mentre risultano inaccettabili al 33°. I rombi conservati sotto ghiaccio a scaglie sono considerati di buona qualità fino al 14° giorno e risultano inaccettabili al 22°. Il pesce così conservato mantiene una buona qualità sensoriale, microbiologica e biochimica per un periodo di tempo maggiore.

Un metodo di conservazione ampiamente usato per il pesce è il congelamento e oggi sono ben noti i più importanti cambiamenti che avvengono durante il processo di congelamento e di scongelamento. Uno dei parametri più significativi nell'influenzare il deterioramento è sicuramente la taglia dei cristalli di ghiaccio, in stretta correlazione con la velocità di congelamento. Un lento congelamento porta infatti, alla formazione di cristalli di ghiaccio di grosse dimensioni che provocano la

rottura cellulare e, quindi, la denaturazione delle proteine e la degradazione dei lipidi. Di contro, un rapido congelamento porta alla formazione di piccoli cristalli di ghiaccio ed a una migliore conservazione del prodotto che risulterà di migliore “qualità”. Chevalier et al. (2000) propongono una tecnologia che prevede basse pressioni e basse temperature permettendo la formazione di cristalli di ghiaccio piccoli ed omogenei (Pressure shift freezing). Con l’impiego di tale procedura di congelamento però, i campioni di pesce dopo 79 giorni di conservazione hanno mostrato una durezza superiore al controllo perché le pressioni utilizzate inducono una modificazione delle proteine sarcoplasmatiche e miofibrillari.

## **SCOPO DELLA RICERCA**

## **2. SCOPO DELLA RICERCA**

Lo scopo del lavoro di tesi ha avuto come obiettivo principale la valutazione della qualità della carne di Rombo chiodato ottenuta in un impianto a circuito chiuso, più in dettaglio le valutazioni effettuate sono state molteplici:

1. valutare l'effettivo funzionamento del sistema "a circuito chiuso" o "a ricircuitazione idrica";
2. l'adattamento del Rombo chiodato al circuito chiuso, la valutazione delle performance di crescita e la possibilità di allevarlo e commercializzarlo in Italia;
3. determinare l'influenza del sistema di allevamento sulla qualità delle carni ottenute confrontandole con prodotti reperibili in commercio.

## 2.1. PIANO SPERIMENTALE

Esemplari di Rombo chiodato sono stati messi nell'impianto a circuito chiuso. Il piano sperimentale prevedeva quattro fasi:

### 2.1.1. MATURAZIONE DEL FILTRO

La maturazione del filtro biologico ha una durata variabile, inizia al momento in cui s'immette l'acqua nell'impianto e termina quando i parametri indicatori di un buono stato della microflora che effettua la depurazione biologica siano adeguati. Nel nostro lavoro i pesci sono stati inseriti dopo 30 giorni di maturazione del filtro.

Durante questa fase sono stati misurati 3 volte a settimana i valori di N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub> e di N-NO<sub>3</sub>. Ogni 3 giorni si aggiungeva 1ml/400l di inoculo batterico reperibile in commercio.

È stato aggiunto, inoltre, una quantità variabile di mangime in relazione alle quantità di azoto ammoniacale e nitrico presenti nelle acque di allevamento.

### 2.1.2. ADATTAMENTO AL CIRCUITO CHIUSO

La fase di adattamento dei pesci al circuito chiuso è un'altra fase che ha una durata variabile influenzata da vari fattori, ha inizio con l'immissione dei pesci nelle vasche ed ha termine quando i pesci non presentano alcuna manifestazione patologica, non si comportano in modo apparentemente anomalo e si alimentano in maniera normale. La fase di adattamento è durata circa 20 giorni. In un solo caso si è dovuto intervenire con un trattamento sanitario con acqua ossigenata ad una concentrazione di 100-150 p.p.m. per la durata di un'ora al fine di combattere l'insorgenza di una parassitosi (Tricodina).

### 2.1.3. ACCRESCIMENTO

La fase di accrescimento ha avuto una durata di 80-110 giorni ed è terminata quando i pesci hanno raggiunto un peso compreso tra gli 825-923 g, taglia commerciale desiderata in Italia. I pesci sono stati allevati alle condizioni mostrate nella tabella 2.1.

TABELLA 2.1. CONDIZIONI DI ALLEVAMENTO

Densità iniziale	1,38-1,6 kg/m <sup>2</sup>
Densità finale	2,27-3,06 kg/m <sup>2</sup>
Alimentazione	2-3% peso vivo
Salinità	20-25‰
Temperatura	16-19°C
pH	7,5-8,5
Ossigeno disciolto	> 5 p.p.m.
Aerazione	Aria compressa
Fotoperiodo	Naturale
Intensità luminosa	200-300 lux

Durante tutta la fase di accrescimento sono state effettuate le operazioni descritte nella tabella 2.2.

2.2. SCHEMA OPERAZIONI

Giornaliere	Temperatura acqua e ambiente, pH, ossigeno disciolto, aerazione, analisi visiva dello stato di salute degli animali, pulizia schiumatoi, alimentazione a mano
Settimanali	Sifonatura vasca di allevamento, valori di N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub> e di N-NO <sub>3</sub> e pulizia sedimentatore

I pesci sono stati alimentati due volte al giorno manualmente con un mangime commerciale specifico prodotto dall'azienda Biomar, che aveva la composizione nutrizionale riportata nella tabella 2.3.

TABELLA 2.3. VALORI NUTRIZIONALI MANGIME BIOMAR TIPO ECOLIFE 16 (DIAM. 3 – 9MM).

<b>Ecolife 16</b>	<b>Composizione</b>	<b>Digeribilità</b>	
Proteine gregge	54,0 %	91 %	
Lipidi greggi	15,0 %	92 %	
Estrattivi inazotati	13,7 %	88 %	
Fibra	0,9 %	<b>Vitamine</b>	
Ceneri	8,5 %	Vit. A	15.500 U.I/Kg
Fosforo totale	1,15 %	Vit. D3	3.000 U.17Kg
Fosforo disponibile	1,06 %	Vit. E	200 mg/Kg
Metionina + Cisteina	1,9 %	Vit. C	200 mg/Kg

I ricambi idrici sono stati effettuati in relazione alla qualità dell'acqua e ai valori dei parametri monitorati al fine di tenerli i più costanti possibile.

Durante tutta la sperimentazione i pesci sono stati pesati ogni 25 giorni a partire dall'arrivo in impianto al fine di valutare l'accrescimento in termini di peso, calcolare l'indice specifico di accrescimento (SGR, Houde e Schekter, 1981) e quello di conversione dell'alimento (FCE).

#### 2.1.4. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ

Quando i pesci hanno raggiunto il peso e la taglia di commercializzazione sono stati sacrificati ed è stata valutata la qualità delle carni ottenute e comparata a quella di pesci acquistati dalla grande distribuzione (Auchan, Volla, NA) provenienti dall'azienda spagnola Stolt Sea Farm S.A. (Lira, La Coruña).

### *Freschezza e morfologia*

Sono state valutate visivamente e documentate con fotografie alcune delle principali caratteristiche di freschezza al momento del sacrificio:

- colore ed integrità della pelle
- muco cutaneo
- occhio
- branchie
- peritoneo (nel pesce senza viscere)

### *Valutazione della carcassa*

- Peso eviscerato RM ( $\text{peso viscerato} \cdot 100 / \text{peso totale}$ )
- Peso edule RE ( $\text{peso edule} \cdot 100 / \text{peso totale}$ )

### *Reologia e colore*

Sui filetti crudi e cotti sono stati valutati:

- Il colore della faccia mediale e di quella laterale
- La forza di compressione
- La forza di taglio
- La texturometria (TPA)

### *Composizione chimica*

- Sostanza secca
- Protidi totali
- Lipidi totali
- Ceneri
- Composizione acidica del muscolo
- Glucidi totali
- Energia totale.



*Valutazione grossolana dello stato di stress*

- Indice epatosomatico (peso fegato/peso corporeo) che è una misura dei livelli delle riserve energetiche nei pesci
- Fattore di condizione (peso totale\*100/LT<sup>3</sup>)
- Indice viscerosomatico (peso viscere/peso corporeo)

Il diagramma delle attività svolte durante la sperimentazione è riassunto nella seguente tabella:

---

TABELLA 2.4. DIAGRAMMA TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ

<b>Attività</b>						
Maturazione filtro	Yellow					
Adattamento		Green				
Campionamenti		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Sacrifici						Red

---

**L'ALLEVAMENTO  
DEL ROMBO CHIODATO**

### 3. L'ALLEVAMENTO DEL ROMBO CHIODATO

#### 3.1 GENERALITÀ E ASPETTI BIOLOGICI

##### 3.1.1. DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Il Rombo chiodato, *Psetta maxima* (Linneo, 1758) o *Scophthalmus maximus* (Rafinesque, 1810), appartenente alla famiglia degli scoftalmidi, è relativamente abbondante nelle acque del Mare del Nord, del Mar Baltico e nelle acque dell'Islanda. È molto comune nelle acque del Marocco ed in tutto il Mar Mediterraneo.



FOTO 3.1. DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA.


---

### 3.1.2. CLASSIFICAZIONE SISTEMATICA

Lo *Scophthalmus maximus* è un pesce piatto appartenente alla classe degli Actinopterygi (pesci con pinne raggiate).

---

TABELLA 3.1. CLASSIFICAZIONE SISTEMATICA DEL ROMBO CHIODATO

Superordine: Teleostei	
Ordine: Pleuronettiformi	
Phylum: Cordati	
Classe: Osteiti	
Famiglia: Scoftalmidi	
Nome scientifico: <i>Psetta maxima</i> o <i>Scophthalmus maximus</i>	

---

### 3.1.3. MORFOLOGIA

È un pesce dal corpo appiattito e romboidale con testa ben sviluppata e muso corto; può raggiungere un diametro di 50-60 cm e una lunghezza di 100 cm, dimensioni corrispondenti ad un peso superiore ai 10-12 kg e a un'età di 20-29 anni (Rae e Delvin, 1972).

Il corpo è privo di squame ma cosparso di una serie di tubercoli ossei a forma di bottone che appaiono solo sul lato superiore del corpo stesso. Queste gibbosità, facilmente riconoscibili al tatto, assomigliano a dei chiodi posti sulla pelle da cui deriva la sua denominazione comune di “*Rombo chiodato*”.



FOTO 3.2.a) LATO SUPERIORE; b) LATO INFERIORE O “*CIECO*”.

---

È un pesce asimmetrico, come si evince dalle foto 3.2. a e b. La parte ventrale del corpo costantemente poggiata sul fondo sabbioso in età adulta è di colore biancastro, mentre quella dorsale assume tonalità di colore variabili dal marrone al bruno-grigiastro. Sul lato superiore sono presenti gli occhi che invece sono assenti su quello inferiore, definito “*cieco*”.

La pinna dorsale e quella anale non si prolungano al di sotto della coda, sono sviluppate per quasi l'intera lunghezza del corpo e sono munite di raggi. La linea laterale su entrambi i lati descrive una curvatura accentuata

sulle pinne pettorali, la bocca è munita di piccoli denti uguali sulle arcate dentarie e la coda possiede un margine arrotondato.

Appartiene alla categoria dei pesci “*piatti*” e vive appoggiato su un fianco del corpo che risulta fortemente compresso; la colorazione brunastra gli permette di godere di un buon mimetismo. È un pesce demersale, che vive su fondali sabbiosi e ghiaiosi, meno frequente su quelli fangosi, ad una profondità di 25-80 m; si allontana dalla costa man mano che diventa adulto.

Si tratta di una specie bentonica, nell'intorno di 100 km, euriterma ed eurialina, ovvero è in grado di sopravvivere a temperature comprese tra i 5 e i 25°C (l'optimum di temperatura per la riproduzione è di 13-15°C) ed ha la proprietà di tollerare variazioni intense e rapide di salinità (salinità variabile tra i 10 e i 40 mg/l). La sua spiccata reazione mimetica è stata oggetto di numerose ricerche. Alcune di esse hanno evidenziato che giovani esemplari di rombo assumono il colore del fondo della vasca nella quale vengono posti in 2 o 3 ore.

È un predatore diurno e vorace (Jones, 1970; Deniel, 1974), si nutre di molluschi, crostacei e pesci vari che cattura compiendo prima piccoli e lenti spostamenti che ne rendono difficilmente percettibile la presenza, ed effettuando successivamente, sollevandosi dal fondo, uno scatto fulmineo. Infatti la sua caccia si basa più sull'attesa della preda che sulla ricerca attiva in quanto sfrutta la sua grande capacità mimetica. Lo sviluppo di una giusta pigmentazione dipende dall'alimentazione durante la fase dello sviluppo larvale, che deve essere a base di alghe, quali le *Isocrysis*.

La pigmentazione è un processo con controllo neuro-endocrino nel quale interviene fondamentalmente la melanina. Questa è sintetizzata a partire dalla Tirosina (Tyr) e dal suo precursore che è la Fenilalanina (Phe). Ed è proprio la deficienza di Phe o di qualche coenzima della reazione di

formazione di melanina ad essere la causa di una cattiva pigmentazione, che non è indice di minore qualità.

Come tutti i pesci piatti, anche i piccoli dei rombi appena nati sono simmetrici, possiedono un cranio normale con un occhio su ogni lato e nuotano in posizione normale come gli altri pesci. Durante la metamorfosi larvale, la testa subisce un processo di torsione nella sua parte anteriore, che determina il passaggio di un occhio dall'altro lato, in questo caso sul lato sinistro, a differenza della *Solea senegalensis* dove è l'occhio destro a migrare. Questo spostamento consente di poter concentrare lo sguardo alla preda in ambiente poco luminoso, in quanto il rombo vive al buio. E' capace di rimanere adagiato sul fondo ricoprendosi parzialmente con la sabbia o col fango, fino al passaggio di una preda.



FOTO 3.3. ROMBO IN FASE DI PREDAZIONE.

Alla famiglia degli scoftalmidi appartengono anche:

- ✓ rombo quattrocchi (*lepigorhombus boschi*)
- ✓ rombo peloso (*phrynorhombus regius*)
- ✓ rombo liscio o soaso (*scophtalmus rhombus*)
- ✓ rombo giallo (*lepidorhombus whiggjagonis*)



Rombo quattrocchi



Rombo giallo



Rombo peloso



Rombo liscio

FOTO 3.4. FAMIGLIA SCOFTALMIDI.

---

Il primo si differenzia dal rombo chiodato per la presenza di scaglie ctenoidi sul lato oculare e cicloidi su quello opposto e per la lunghezza, che è di circa 30 cm al massimo (il rombo chiodato arriva a 100 cm). Come *Psetta maxima* anche *Lepigorhombus boschi* presenta la pinna pettorale del lato oculare più lunga di quella del lato opposto, lato cieco biancastro. Il rombo peloso presenta piccole scaglie munite di punta visibili su entrambi i lati, ma meno ruvide; raggiunge una lunghezza di 20 cm.



Il *rombo soaso* è caratterizzato da pelle liscia ed occhi sul lato sinistro, fornisce carni magre e di ottima qualità ma da un punto di vista commerciale è ritenuto meno pregiato del rombo chiodato, rispetto al quale è di dimensioni inferiori.

Il *Rombo giallo* a differenza di *Psetta maxima* ha un corpo più ellittico che romboidale.

#### 3.1.4. RIPRODUZIONE

Il rombo chiodato è una specie *gonocorica* senza dimorfismo sessuale, non è possibile distinguere il maschio dalla femmina fino all'età di maturazione.

Il raggiungimento della maturità sessuale richiede tempi e pesi differenti a seconda che si considera il maschio o la femmina:

- ✓ Maschi 2-3 anni di età e peso superiore a 2 kg ;
- ✓ Femmine 3-4 anni e peso superiore a 3 kg.

La gametogenesi dura 4 mesi con temperatura e fotoperiodo crescente, la qualità della deposizione diminuisce se la temperatura è maggiore di 15-16°C. Controllando il fotoperiodo e mantenendo la temperatura nell'intervallo compreso tra 10 e 15 °C, si riesce ad indurre la deposizione durante tutto l'anno.

Il periodo della deposizione va da aprile a luglio, ed il numero delle uova, che presentano un diametro di 1-1,1 mm, varia molto da una femmina all'altra, giungendo sino a un milione di uova per femmina, ma normalmente si considerano 400-500.000 uova/kg di peso vivo per ogni deposizione.

Il rombo presenta una deposizione *sequenziale*, a differenza ad esempio dell'orata che presenta una sola deposizione per anno, poiché l'ovario matura asincronicamente. In particolare, ciascuna femmina detiene un ritmo ovulatorio che oscilla tra i 2 e i 4 giorni con un numero di ovodeposizioni tra 4-10 per femmina.

E' possibile osservare anche ad occhio nudo il raggiungimento della maturità sessuale per un rigonfiamento delle gonadi.

#### 3.1.4.1. FECONDAZIONE NATURALE

La fecondazione naturale prevede che l'incontro tra cellula uovo e spermatozoo avvenga in maniera naturale, ossia senza l'intervento umano, e questo può avvenire solo se la deposizione delle uova è spontanea. Risulta però molto infrequente e di qualità variabile, in quanto non solo i rombi ma la maggior parte delle specie ittiche allevate presentano disfunzioni riproduttive e in cattività non emettono gameti spontaneamente. Le disfunzioni riproduttive hanno generalmente una eziologia complessa, derivando dalla combinazione di fattori da stress indotti dalla cattività e da alterazioni del comportamento per la mancanza di ambiente adeguato alla deposizione, che risultano in alterazioni endocrine dell'asse ipotalamo-ipofisi-gonade. Il grado di disfunzione riproduttiva varia da specie a specie, e interessa in maggior misura le femmine, sebbene in alcune specie anche la produzione di sperma e la qualità degli spermatozoi risenta della cattività e delle manipolazioni.

Nelle femmine le alterazioni riproduttive riguardano:

- ✓ blocco o arresto precoce della vitellogenesi;
- ✓ blocco del processo di maturazione finale in oociti che hanno regolarmente completato la vitellogenesi;
- ✓ assenza di spawning di oociti che hanno completato la maturazione finale e l'ovulazione. Le uova sono quindi trattenute nella cavità ovarica o emesse tardivamente, quando sovra-mature.

La seconda e la terza disfunzione sono le più comuni. Sono diagnosticate osservando lo stato degli oociti prelevati con biopsia ovarica ad intervalli regolari durante il periodo riproduttivo ed in genere sono superate con la somministrazione di ormoni esogeni o l'applicazione di protocolli di condizionamento ambientale che riproducono, per quanto possibile, le condizioni naturali.

### 3.1.4.2. FECONDAZIONE ARTIFICIALE

Per effettuare la fecondazione artificiale, la deposizione delle uova è indotta attraverso la tecnica del massaggio addominale (foto 3.5).

---



FOTO. 3.5. MASSAGGIO ADDOMINALE.

---

La tecnica consiste nel pressare l'ovario dalla sua parte posteriore sino al gonoporo per provocare l'uscita dei gameti. La pressione deve realizzarsi delicatamente e senza frizionare il pesce per evitare che l'animale possa perdere lo strato protettivo di muco. Questa tecnica è la più utilizzata. Il rombo, infatti, matura le gonadi e ovula, ma le uova espulse restano nell'ovario impedendo così la ovodeposizione.

Dopo l'ovulazione la qualità delle uova diminuisce rapidamente e di conseguenza anche il tasso di fecondazione: pertanto, gli oociti devono essere raccolti non appena ovulati. Un buon metodo per conoscere il tempo trascorso dalla ovulazione è la misura del pH del fluido ovarico, che si abbassa da 8 a 7 non appena inizia la sovraturazione. Le uova

hanno un diametro di 0,9-1,2 mm, sono trasparenti, sferiche con al centro una goccia oleosa (foto 3.6) (Russell, 1970).

Si raccoglie il fluido ovarico in un becker, si aggiunge lo sperma di vari maschi raccolto con la stessa tecnica, si agita e si lascia a riposo per 15 minuti. Si aggiunge acqua di mare e si separa l'uovo non flottante. Già dopo 2 ore si ha la prima divisione da cui dipende il tasso di fecondazione. L'incubazione che dura circa 65-70°/giorno, cioè sommando i valori della temperatura durante i giorni di incubazione si deve raggiungere un valore totale di 65-70°C. Ad esempio, se l'incubazione dura 5 giorni ogni giorno la temperatura deve essere di circa 14°C, infatti:

$$14^{\circ} * 5 \text{ gg} = 70^{\circ}$$

Si utilizzano delle incubatrici piccole con una densità di circa 1000-5000 uova/l. L'incubazione suole realizzarsi al buio ad una temperatura ottimale di 13-15° C, se la temperatura supera questi valori si ha un minor tasso di schiusa e una maggiore percentuale di larve deformi. Il tasso di schiusa in media è del 70% e la percentuale di fecondazione varia intorno al 60 %.

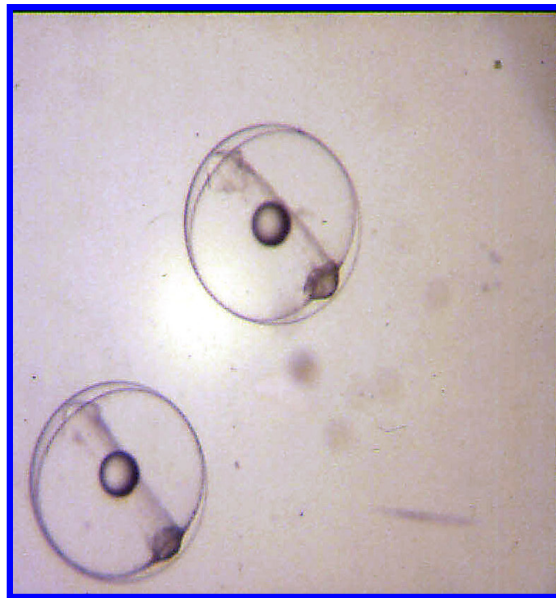


FOTO 3.6. UOVA DI ROMBO FECONDATE

---

### 3.1.5. QUALITÀ DELLE UOVA

L'obiettivo primario del controllo e della manipolazione del ciclo produttivo è la produzione massima di uova di buona qualità che si distinguono perché hanno percentuali di fertilizzazione e di schiusa elevate e producono giovanili con le caratteristiche desiderate. Non esiste un metodo unico e standardizzato per stabilire la qualità delle uova. Generalmente, nelle avannotterie per selezionare le uova di qualità si effettuano controlli basati sulle caratteristiche morfologiche e fisiche (tabella 3.2), quali: le dimensioni, l'aspetto e la trasparenza, la galleggiabilità, le caratteristiche dello spazio perivitellino, il numero di globuli lipidici, la morfologia dei blastomeri, oltre l'assenza di parassiti e microrganismi sulla superficie.

TABELLA 3.2. ALCUNI FATTORI CHE INFLUENZANO LA QUALITÀ DELLE UOVA.

<i>Determinanti della qualità delle uova</i>	
<b>Riproduttori</b>	Genotipo
	Età
	Pubertà
	Stato nutrizionale
	Trattamenti ormonali
	Stress
<b>Uova</b>	Età (sovrammature/precoci)
	Colonizzazioni batteriche
<b>Gestione uova</b>	Manipolazione/trasporto
	Trattamenti di disinfezione
<b>Incubazione</b>	Regime termico
	Ossigeno disciolto
	Luce (intensità e fotoperiodo)
	Ricambio idrico

La qualità delle uova fecondate è il risultato dell'interazione di diversi fattori biotici e abiotici, tra gli altri: il patrimonio genetico e la condizione nutrizionale dei genitori, la qualità dello sperma, le procedure utilizzate per la raccolta, il trasferimento e l'incubazione.

Carenze nutrizionali, in particolare di acidi grassi polinsaturi della serie n-3 si riflettono sulla composizione in lipidi delle uova, mentre carenze di microelementi e di vitamine nelle uova influenzano le performance larvali.

Manipolazioni non adeguate durante le operazioni di raccolta, conta, disinfezione e trasporto riducono le percentuali di schiusa e di sopravvivenza dei primi stadi larvali. Per favorire un corretto sviluppo embrionale, sono determinanti le condizioni ambientali riprodotte in avannotteria e la qualità dell'acqua: la temperatura d'incubazione e di schiusa delle uova, il pH, la salinità, il contenuto di ammoniaca e di ossigeno disciolto, l'alcalinità e la durezza dell'acqua, le concentrazioni di anioni, l'assenza di tossici organici ed inorganici, sono tutti elementi da tenere costantemente sotto controllo.

Per ridurre il rischio di diffusione di agenti patogeni nell'ambiente, la maggior parte delle avannotterie ha adottato procedure di disinfezione delle uova e degli ambienti dove avviene l'incubazione. Sono utilizzati principi a base di iodio e formalina per ridurre la carica microbica di batteri saprofiti ed opportunisti sulla superficie delle uova e per mantenere elevati standard igienici negli ambienti utilizzati per l'incubazione. Questi

trattamenti sono indubbiamente efficaci e riducono i rischi di trasmissione di patogeni ambientali, riducendo di fatto l'uso di prodotti inibenti (antibiotici e disinfettanti) nelle prime fasi di allevamento larvale. Tuttavia, proprio perché necessari e frequenti, tali trattamenti devono essere applicati utilizzando procedure responsabili e rispettando i principi di "buone pratiche di allevamento", quali ad esempio: l'utilizzo delle dosi minime efficaci, di contenitori dedicati alle sostanze inibenti utilizzate.



### 3.1.6. LA MARCATURA DEI RIPRODUTTORI

Ogni riproduttore è identificato attraverso un numero. La marcatura viene effettuata utilizzando azoto liquido e risulta fondamentale per poter riconoscere il sesso ed osservare il comportamento del singolo animale. L'azoto liquido, in particolare, è una sostanza criogenica; ha una temperatura di circa  $-195^{\circ}\text{C}$  ( $77,36^{\circ}\text{K}$ ) ed è in grado di deformare in maniera permanente i tessuti organici (animali o vegetali), in quanto ricchi di acqua. La marcatura viene ripetuta almeno ogni 2 anni perché soggetta alla parziale cancellazione.

---

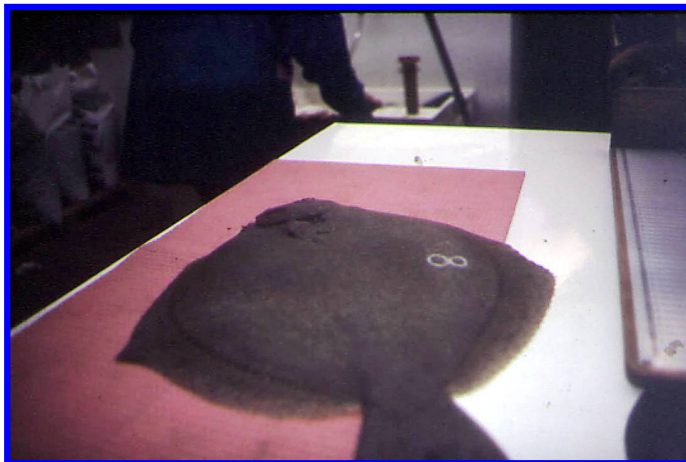
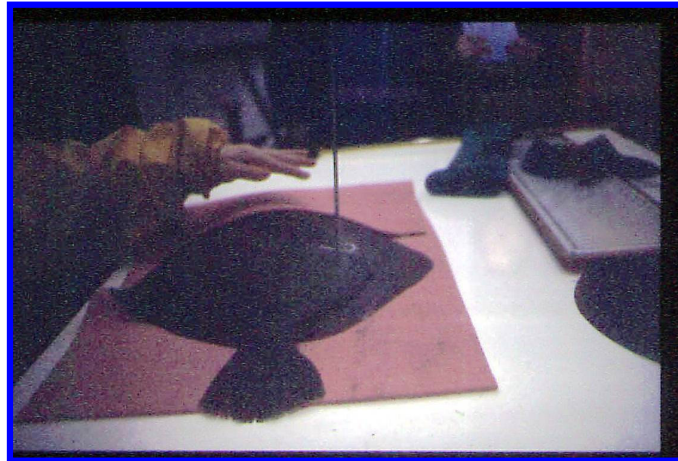
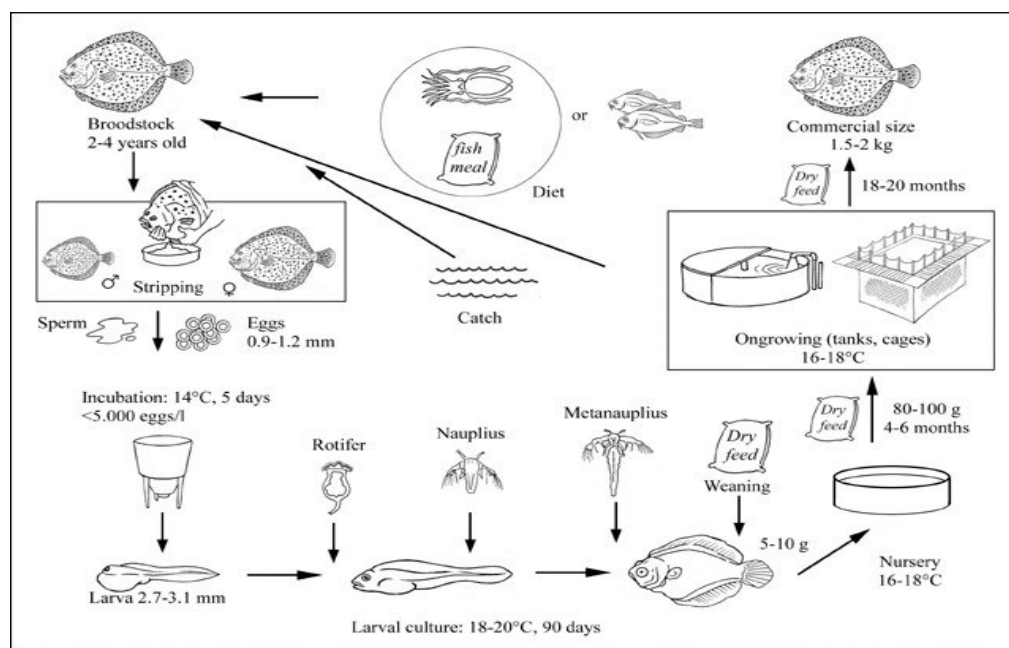


FOTO 3.7. MARCATURA DEI RIPRODUTTORI CON AZOTO LIQUIDO.

---

### 3.2. Rombo chiodato: IL CICLO PRODUTTIVO.



SCHEMA 3.1. IL CICLO PRODUTTIVO DEL ROMBO CHIODATO (RIF. EL CULTIVO DE PECES PLANOS, PERSON-LE RUYET, 1991)

#### 3.2.1. COLTURA LARVALE

La fase dell'allevamento larvale è la più complessa e dispendiosa a causa della necessità di fornire prede vive alle larve. Vengono utilizzati sia il sistema intensivo che quello semi-intensivo.

Il “*mesocosmo*” è un circuito chiuso (Minkoff e Broadhurst, 1994) con rinnovo parziale che si apre tra il 10-15° giorno in base ai seguenti parametri:  $O_2 > 6 \text{ ppm}$  e  $NO_2 < 0,25 \text{ ppm}$ . Esso rappresenta un sistema di coltura semi-intensivo.

Le colture intensive prevedono una densità larvale pari a 10 larve/l, con una sopravvivenza variabile tra il 10-20 %. Il sistema semi-intensivo,

invece, prevede una densità larvale pari a 2-10 larve/l e garantisce una sopravvivenza più stabile del 40 % circa.

Nel corso dell'allevamento larvale risultano particolarmente critici tre periodi a causa di una mortalità più o meno elevata delle larve:

- ✓ nei primi 5 giorni di vita la mortalità risulta molto variabile e dipende essenzialmente dalla qualità della deposizione;
- ✓ tra il 5-8° giorno si assiste ad un'elevata mortalità (a volte fino al 50 %) che colpisce le larve che non sono capaci di alimentarsi predando;
- ✓ tra il 15-20° giorno si verifica una mortalità molto variabile in base alla metamorfosi delle larve. Le larve sono molto sensibili e la loro mortalità può essere relazionata con problemi patologici, nutrizionali o di sovrassaturazione (Al Maghazachi, 1983; Al Maghazachi e Gibson, 1984; Cousin et al., 1987).

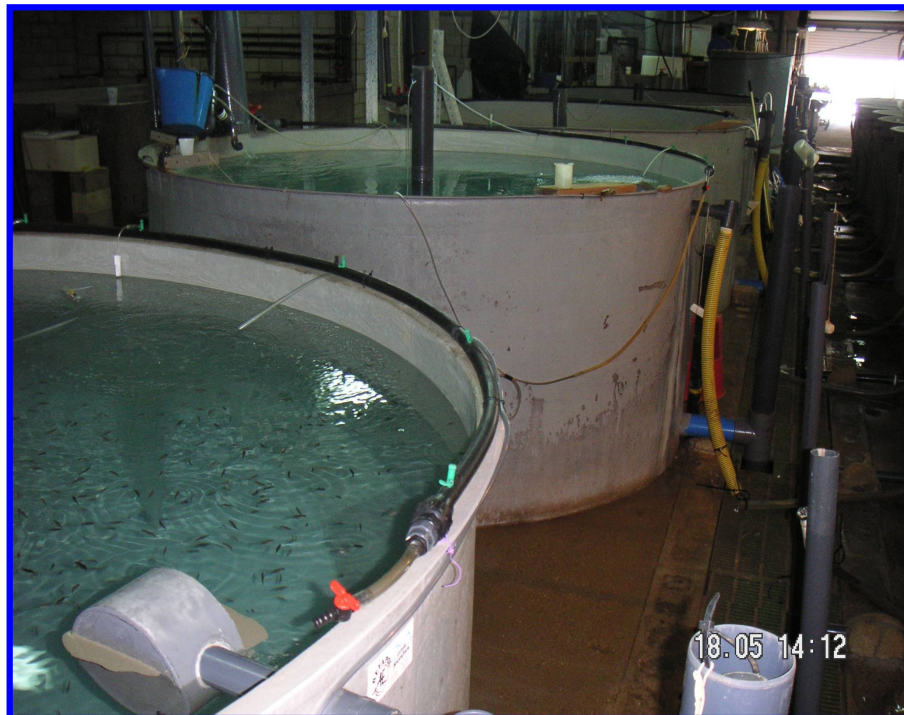


FOTO 3.8. VASCHE UTILIZZATE PER LA COLTURA LARVALE.

La fase larvale è lunga 40-45 giorni, giungendo alla fine dello svezzamento (che inizia intorno al 25-30° giorno) e della metamorfosi. Si parte da una taglia iniziale di 3 mm fino a raggiungere quella finale di circa 20 mm. L'allevamento delle larve si effettua all'interno di vasche di poliestere rotonde, con fuoriuscita centrale (foto 3.8) e di capacità pari a circa 1.000-5.000 litri. Per quanto riguarda il colore, è preferibile che siano di colore scuro per facilitare la visibilità delle prede trasparenti. È necessario, inoltre, che esse siano dotate di vari punti di aerazione. Le condizioni di luce prevedono un regime di fotoperiodo continuo (24 ore di luce) fino alla fine dello svezzamento, dopodiché si passa a 16-18 ore di luce e 6-8 ore di buio. Per quanto riguarda la qualità dell'acqua, viene utilizzata acqua sterilizzata e filtrata a 1  $\mu$ . Infine, è importante mantenere la temperatura dell'acqua nelle vasche a 18-20°C e una salinità pari al 35 ‰, in quanto tali valori risultano ottimali per la coltura larvale.

---

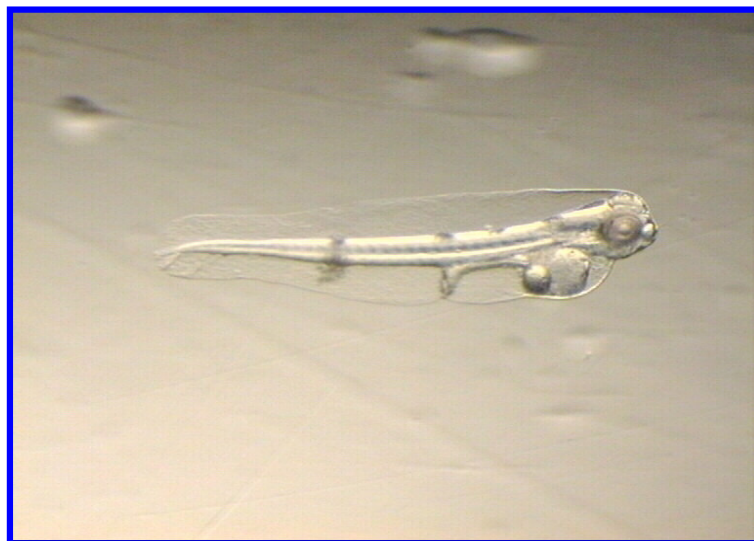


FOTO 3.9. LARVA DI *SCOPHTHALMUS MAXIMUS* SIMMETRICA

---

Le larve appena schiuse pesano tra 0,1 e 0,2 mg, sono poco attive, nuotano passivamente sulla superficie dell'acqua (pelagiche), sono cieche,

simmetriche e hanno l'ano e la bocca chiusa. Appena nate, le larve sono ancora provviste del sacco vitellino. Il 2-3° giorno di vita aprono la bocca e l'ano e già si osservano le pinnette pettorali. Gli occhi si pigmentano e diventano più attivi. Cominciano ad acquisire una pigmentazione scura. Il sacco vitellino è stato parzialmente riassorbito. Al 5-6° giorno il sacco vitellino è già totalmente riassorbito e comincia a gonfiarsi la vescica natatoria. La goccia oleosa si riassorbe totalmente al 7-8° giorno di vita (fine della fase vitellina). A questo punto, le larve già nuotano attivamente, la loro acutezza visiva è maggiore e cominciano a comportarsi come veri predatori, distribuendosi in tutta la vasca. La loro pigmentazione diventa più chiara. Il 15° giorno la larva misura circa 7 mm, lo stomaco e tutte le ghiandole digestive funzionano pienamente. La metamorfosi comincia a partire dal 18-20° giorno quando la larva misura 8-10 mm e hanno peso di 5-8 mg. La vescica natatoria è ancora gonfia e inizia la migrazione dell'occhio destro fino alla parte sinistra. La larva comincia a diventare piana e asimmetrica.



FOTO 3.10. LARVA DI *SCOPHTHALMUS MAXIMUS*.

Il 30° giorno la larva misura circa 15 mm e ha già terminato la migrazione dell'occhio destro. La vescica natatoria comincia a riassorbirsi, la larva inizia ad esplorare il fondo della vasca e a diventare demersale.

Al 40-45° giorno dalla nascita la metamorfosi è completata (foto 3.10) ed il peso è di 0,1 - 0,15 g, la vescica natatoria si è riassorbita totalmente e l'avannotto vive sul fondo. La parte destra del corpo, che a partire da questo momento sarà quasi sempre adagiata al fondo, ha perso la pigmentazione.

### 3.2.2. ALIMENTAZIONE LARVALE

L'alimento utilizzato nella fase larvale dovrà essere non solo appetibile e digeribile, ma anche di dimensioni ridotte in proporzione alla bocca. Allo scopo sono utilizzati gli stessi organismi acquatici che in natura fanno parte della dieta delle larve. Tali organismi, oltre ad essere di piccole dimensioni e facilmente digeribili, si muovono in continuazione stimolando in tal modo le larve ad alimentarsi. Il movimento del cibo vivo nella vasca assicura inoltre, una omogenea distribuzione nella colonna d'acqua, facilitando incontri più frequenti tra larve e preda.

Oggi le tipologie di cibo vivo utilizzato nel corso della coltura larvale sono fondamentalmente tre: microalghe, rotiferi e larve di artemia.

La figura 3.2. schematizza il tipo di alimento in funzione dei vari giorni dalla nascita (Robin *et al.*, 1981; Gatesoupe, 1983).

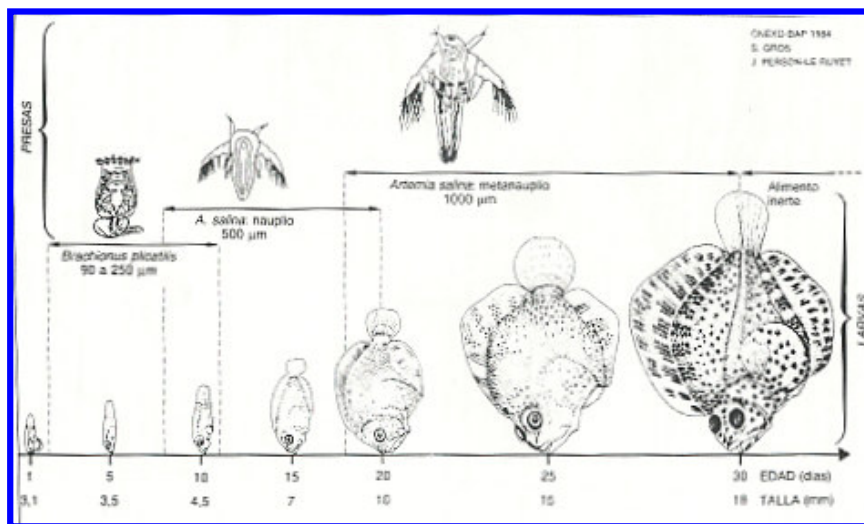


FIGURA 3.2. ESIGENZE NUTRIZIONALI DELLE LARVE DI ROMBO (RIF. EL CULTIVO DE PECES PLANOS, PERSON-LE RUYET, 1991)

Durante la prima settimana di vita, come già detto, le larve conducono una vita planctonica riassorbendo il tuorlo contenuto nel sacco vitellino. Il

primo nutrimento che successivamente si somministra è costituito dal fitoplancton in associazione allo zooplancton fino ad arrivare ad una taglia tale da poter essere alimentate attraverso diete composte da mangimi secchi integrati.



### 3.2.2.1. I ROTIFERI

I rotiferi sono i primi organismi zooplanctonici utilizzati per l'allevamento larvale per i seguenti motivi:

- ✓ la loro dimensione è adatta;
- ✓ sono organismi euritermi ed eurialini;
- ✓ si riproducono rapidamente;
- ✓ è possibile cambiare la loro composizione biochimica.

Sono animali microscopici, pseudocelomati, di varie dimensioni, forma e colorazione. Possono misurare da 0,1 a 2 mm, anche se solo raramente superano 0,5 mm di lunghezza. Nella maggior parte dei rotiferi le femmine predominano. Esse hanno un unico ovario e le uova si trasferiscono nella cloaca attraverso un ovidotto. Il maschio è molto più piccolo della femmina e ha una vita breve. La cavità del corpo contiene un unico grande testicolo il quale, per mezzo di un condotto, si apre o in un pene o nel piede.

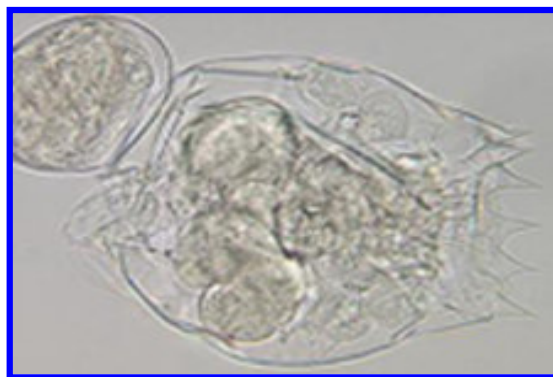


FOTO 3.11.  
*BRACHIONUS*  
*ROTUNDIFORMIS.*

---

I rotiferi somministrati nel corso dell'alimentazione larvale sono specie appartenenti al genere *Brachionus* (classe Monogonta, ordine Ploimidia, famiglia Brachionidae) e nello specifico si tratta di due ceppi o morfotipi che differiscono per dimensioni, forma e condizioni di coltivazione:

- ✓ il ceppo L, specie *Brachionus plicatilis* ;

✓ il ceppo S, specie *Brachionus rotundiformis*.

Le condizioni ottimali per la coltivazione dei rotiferi del genere *Brachionus* sono:

- ✓ aerazione moderata;
- ✓ temperatura 23 - 25°C per il ceppo L, 27 - 28°C per il ceppo S;
- ✓ pH 7,5 - 8,5;
- ✓ salinità tra i 25 - 38 gr/l.

L'alimentazione dei rotiferi può essere a base di lievito, fitozooplankton o con diete "artificiali".

Nel primo caso si somministrano 0,3-0,4 gr di lievito secco/milione di rotiferi. Il lievito risulta ottimo per le sue dimensioni (5-7  $\mu$ ), adatte alla grandezza della bocca e alla taglia dei rotiferi, e per l'elevato tenore in proteine, anche se risulta carente in acidi grassi.

In riferimento al fitoplancton, ai rotiferi vanno somministrate 1.500-2.000 cellule di *Tetraselmis suecica*/rotifero oppure 8.000-12.000 cellule di *Isochrysis*/rotifero al giorno. Generalmente il fitoplancton viene utilizzato come supplemento per l'alimentazione a base di lievito.

Se l'alimentazione è a base di diete artificiali, si somministrano 0,4-0,6 g di mangime secco/milione di rotiferi al giorno. Dopo 3-4 giorni i rotiferi vengono raccolti e si procede al loro arricchimento prima che vengano utilizzati per alimentare le larve. L'arricchimento può essere effettuato mediante l'aggiunta di fitoplancton (generalmente per 500 rotiferi/ml si aggiungono 4.000 cellule di *Isochrysis*/microlitro) oppure aggiungendo prodotti commerciali contenenti, allo stato secco, DHA, proteine, ecc..

Il *Brachionus* così coltivato viene offerto alle larve fino al 15° giorno di vita, benché già dopo il 10° giorno è necessario offrire un'ulteriore tipologia di alimento vivo di maggiori dimensioni come i naupli di artemia salina, per poi passare alla somministrazione di metanaupli di artemia salina dopo il 15° giorno di vita (figura 3.2.).

La somministrazione di artemia salina si attua fino a poco più di un mese dalla nascita per poi passare all'assunzione di cibo inerte (mangime).

### 3.2.2.2. L'ARTEMIA SALINA

L'artemia salina (foto 3.12) è un piccolo crostaceo appartenente all'ordine degli Anostraci (anostraca o senza conchiglia), caratterizzato dall'assenza dello scudo dorsale, che in natura si ritrova tipicamente in ambienti fortemente salini (laghi salati, saline) dove, per mancanza di competitori e predatori, raggiunge densità elevatissime.



FOTO 3.12.. ARTEMIA SALINA



FOTO 3.13. FEMMINE DI A. SALINA

---

È un animale filtratore che, setacciando sabbia e detriti, si nutre in prevalenza di microrganismi fino ad una dimensione di 50  $\mu$ . Si tratta di un organismo osmoregolatore capace di vivere sia in acque dolci che fortemente salate.

In acqua di mare molto diluita, l'artemia si mantiene ipertonica rispetto all'ambiente in cui si trova (osmoregolatore ipertonico). Ad alte concentrazioni saline, invece, l'artemia è un eccellente iporegolatore (osmoregolatore ipotonico), capace di mantenere la pressione osmotica dei fluidi interni a livelli di circa un decimo rispetto all'ambiente esterno. L'artemia possiede un paio di ghiandole mascellari, che hanno sia una funzione escretoria, sia un ruolo osmoregolativo. La specie presenta caratteristiche biologiche che la rendono quanto mai idonea alle pratiche

acquacolturali. In due settimane e mezzo, in condizioni ottimali, raggiunge lo stadio adulto. Durante tale periodo la sua lunghezza aumenta di 20 volte ed il suo peso di 500. La durata del ciclo vitale è di circa 6 mesi.

Ha un'elevata fecondità: una femmina può produrre 10-11 naupli in 50-60 giorni, pari alla durata della stagione riproduttiva. Ciascuna femmina (foto 3.13) può intraprendere una riproduzione di tipo "viviparo", dando origine a larve di lunghezza di circa 400  $\mu$  (fase di nauplio), oppure può deporre uova denominate cisti (riproduzione di tipo "oviparo") che, raccolte e conservate sotto vuoto, possono durare indefinitamente. Queste, una volta reidratate, possono schiudere in qualsiasi momento. Lo sviluppo dell'embrione a partire dallo stadio di cisti prevede quindi, una prima fase di idratazione in acqua di mare a 20°C.



FOTO 3.14  
EMBRIONE DI  
ARTEMIA  
CHE FUORIESCE  
DALLA  
CISTI (SX).



FOTO 3.15  
NAUPLIO DI  
ARTEMIA SALINA  
(DX).

In tali condizioni le cisti si gonfiano e dopo circa 8-36 ore si forma una fenditura nella membrana che tende ad allargarsi fino a quando non appare l'embrione racchiuso in un'altra membrana sottile e trasparente (foto 3.14) che successivamente sarà rotta in quanto durante i primi stadi dello sviluppo, l'embrione produce glicerolo che aumenta la pressione osmotica interna in modo che l'animale può rigonfiarsi ed uscire dal

guscio permettendo al nauplio di nuotare. Poiché a questo stadio il nauplio possiede ancora riserve di tuorlo, comincerà a nutrirsi solo dopo trenta ore di nuoto libero. Una caratteristica biologica interessante è data dal fatto che i naupli sono attratti dalla luce. Tale fenomeno, nel corso della loro coltivazione, viene sfruttato per concentrarli: basta coprire le culture con un telo forato e i naupli si concentreranno in corrispondenza del foro.

Qualora, nel corso della coltura larvale, si rendesse necessario un alimento di dimensione superiore ai 400  $\mu$ , i naupli di artemia (figura 29) possono essere allevati in appositi incubatoi fino allo stadio successivo di metanauplio che misura circa 2,3 mm. Dal punto di vista nutrizionale, i naupli, organismi di piccole dimensioni, risultano ricchi di acidi grassi polinsaturi essenziali e consentono il passaggio precoce da rotiferi ad artemia, mentre i metanaupli pur essendo di dimensioni maggiori sono poveri in acidi grassi polinsaturi essenziali. I naupli e i metanaupli di artemia salina vanno rispettivamente somministrati dal 10-15° e dal 15-40° giorno di vita delle larve per poi passare alla dieta artificiale a partire dal 25° fino al 50° giorno dalla nascita, in corrispondenza con la fine della metamorfosi delle larve.

### 3.2.2.3. LO SVEZZAMENTO

La sostituzione degli alimenti vivi con il cibo inerte deve avvenire in maniera graduale per permettere l'adattamento delle larve al nuovo regime alimentare.

Tra le materie prime più utilizzate nei mangimi artificiali (foto 3.15) si annoverano estratti di molluschi e crostacei, farine di pesce e di carne, lievito, tuorlo d'uovo, oli (di pesce, di fegato, vegetali), integratori vitaminici-minerali e infine aminoacidi. In base alle tecniche di preparazione, le diete artificiali possono essere classificate in:



FOTO 3.15. MANGIME ARTIFICIALE.

---

- ✓ **incapsulate:** gli ingredienti sotto forma di soluzione, colloide o sospensione, polverizzati vengono incapsulati con una membrana impermeabile e completamente digeribile, costituita da una combinazione di proteine con polimeri sintetici (nylon-proteine) o con polimeri naturali (zeina, ecc.);
- ✓ **legate:** gli ingredienti sono combinati con un legante che può essere agar, gelatina o alginato, a formare una miscela umida che può essere essiccata in vari modi (ad es., liofilizzata); il tutto

viene poi macinato e setacciato per ottenere l'appropriata granulometria;

- ✓ ricoperte: si tratta di microdiete legate ricoperte con materiali insolubili in acqua, quali zeina o una miscela di colesterolo e lecitina.

I mangimi secchi devono stimolare l'attività predatoria, le particelle devono fluttuare nell'acqua per circa 30 minuti, senza perdere alcuna sostanza nutritiva e devono disporsi inoltre in tutta la colonna d'acqua. Le larve in queste fasi precoci sono omogeneamente distribuite non avendo ancora sviluppato uno spirito gregario e non si concentrano dove l'alimento cade maggiormente.

Per questo è essenziale che il mangime sia stabile in acqua, anche per non inquinare e diminuire i rischi di contaminazione batterica; ma è ugualmente importante che le singole particelle abbiano buona capacità di idratazione, affinché assumano una consistenza che ne permetta l'ingestione.



FOTO 3.16. VASCHE DI SVEZZAMENTO.



### 3.2.3. PRE-INGRASSO ED INGRASSO

Una volta raggiunto il peso di due grammi, gli avannotti vanno incontro ad una fase di pre-ingrasso; gli animali sono trasferiti dagli incubatoi e messi in vasche più grandi ed a più alta densità. Le condizioni migliori di accrescimento si hanno ad una temperatura di 16-18°C e con una salinità compresa fra 20 e 27‰ (Imsland *et. al.*, 2001). Il pre-ingrasso ha una durata di 3-4 mesi ed in tale periodo i pesci incrementano il loro peso da 2 a 20 grammi. I pesci sono alimentati 4-6 volte al giorno con alimento secco al 3-4%. La densità 500-1000 ind/m<sup>2</sup> (10-20 kg/m<sup>2</sup> alla fine del pre-ingrasso).

---



FOTO 3.17. ROMBI IN FASE D'INGRASSO.

---

L'ingrasso ha inizio quando i soggetti, divenuti ormai avannotti, vengono trasferiti in vasche alla densità di 20-40 kg/m<sup>2</sup>. Per il Rombo chiodato, nella maggior parte degli allevamenti, localizzati principalmente in Spagna e Francia, si utilizzano vasche fuori terra di diverse dimensioni (tipicamente 100 m<sup>2</sup>) con pompaggio di acqua di mare al loro interno; di forma quasi sempre circolare, vengono tenute coperte per evitare che il

sole possa danneggiare la cute dei soggetti adulti. Vengono preferite vasche circolari nere o grigio scure dotate di base conica, comunemente dette di tipo inglese, con entrata di acqua tangenziale alla superficie e con uscita, normalmente situata sul fondo della vasca, in posizione centrale, provvista di grata (foto 3.18).

La temperatura ottimale per la fase di ingrasso è compresa tra i 16 ed i 19°C fino a 75 g di peso, tra i 13 e i 16 °C una volta superati i 100 g (Imsland *et al.*, 1996).

La taglia commerciale di 2 kg viene raggiunta in 29 mesi sotto buone condizioni, ma la crescita rallenta nella seconda stagione estiva per via della maturazione sessuale (Hall, 1997).



FOTO 3.18. ALLEVAMENTO IN VASCHE A TERRA.



FOTO 3.19. GABBIE DI TIPO GALLEGGIANTE.

Alcune prove di allevamento del Rombo sono state condotte presso il “Centro de experimentacion en acuicultura” di Ribera, in Galizia, direttamente a mare. Sono state utilizzate strutture modulari galleggianti di forma quadrata. La sperimentazione ha evidenziato che la massa allevata tende a stratificarsi sulle pareti oblique e sul fondo della camera di allevamento (foto 3.19). Tale aspetto negativo, che ha interessato soprattutto le gabbie galleggianti di maggiori dimensioni, è da ricondurre soprattutto all’eccessiva esposizione all’irraggiamento solare a cui erano sottoposti i pesci allevati e che ha determinato anche un colore della cute piuttosto chiaro e quindi, dal punto di vista commerciale, un deprezzamento.

La fase d’ingrasso ha termine quando i pesci raggiungono la taglia commerciale, ovvero dopo 20-24 mesi ed al peso di 2 kg in Spagna mentre in Italia si mantiene sotto il kg.

## **MATERIALE E METODI**

## 4. MATERIALE E METODI

### 4.1. I PESCI

I pesci oggetto di studio provenivano dall'impianto di Piano di Sorrento del Centro Interdipartimentale per l'Acquacoltura (CRIAcq). Tecnicamente definibile come impianto pilota per sperimentazione in maricoltura off – shore, è stato realizzato grazie ai finanziamenti regionali della campagna POR 2000 – 2006, misura 4.23.

Si compone di una serie di prototipi di allevamento di differente tipologia accomunati da semplicità, funzionalità e buon livello di innovazione.

Inoltre, sotto l'aspetto paesaggistico, l'impiego di strutture idonee alla localizzazione in profondità, specie in una zona turistica così esclusiva come la penisola sorrentina, fanno dell'impianto un esempio notevole di riduzione dell'impatto visivo.

I pesci, della specie Rombo chiodato (*S. maximus*), erano 36 ed avevano un peso medio di 378,73 g. Sono stati divisi in due popolazioni ciascuna di 13 esemplari, ed allevati presso l'impianto a circuito chiuso del CRIAcq a Portici, in due moduli speculari mentre 10 sono stati sacrificati al loro arrivo al fine di essere utilizzati come punto zero.

Altri 20 esemplari, del peso medio 739,36 g, che provenivano da allevamenti di acquacoltura spagnola (Stolt Sea Farm S.A., Lira, La Coruña), sono stati acquistati all'Auchan di Volla (Na) ed utilizzati come confronto.

#### 4.1.1. PERFORMANCE DI CRESCITA

Per la valutazione dell'accrescimento dell'intera popolazione è stato rilevato il peso ogni 25 giorni, sono stati calcolati l'indice specifico di accrescimento (SGR) e l'indice di conversione dell'alimento (FCE) (tabella 4.1).

#### 4.1.2. ADATTAMENTO AL CIRCUITO CHIUSO

È stata effettuata una valutazione grossolana dell'adattamento degli animali al sistema di allevamento valutando l'indice epatosomatico, l'indice viscerosomatico ed il fattore di condizione (tabella 4.1).

#### 4.1.3. VALUTAZIONE DELLA CARCASSA

La valutazione della carcassa è avvenuta mediante la determinazione della resa alla macellazione e la resa in filetti o parte edule (tabella 4.1).

---

#### TABELLA .4.1. INDICI

$SGR = [(LN_{P_f} - LN_{P_i})/T] \times 100$  ( $LN_{P_f}$ - $LN_{P_i}$  SONO IL LOGARITMO DEL PESO FINALE ED IL PESO INIZIALE E T È IL TEMPO IN GIORNI)

$FCE = (P_f - P_i)/C$  (DOVE  $P_f - P_i$  È L'INCREMENTO IN PESO E C È IL MANGIME SOMMINISTRATO NELL'INTERVALLO DI TEMPO CONSIDERATO.

I.P. = INDICE EPATOSOMATICO (PESO FEGATO/PESO CORPOREO)

I.V. = INDICE VISCEROSOMATICO (PESO VISCERE/PESO CORPOREO)

F.C. = FATTORE DI CONDIZIONE ( $PESO\ TOTALE \times 100/L^3$ )

R.M. = RESA ALLA MACELLAZIONE (PESO SVISCERATO\*100/PESO TOTALE)

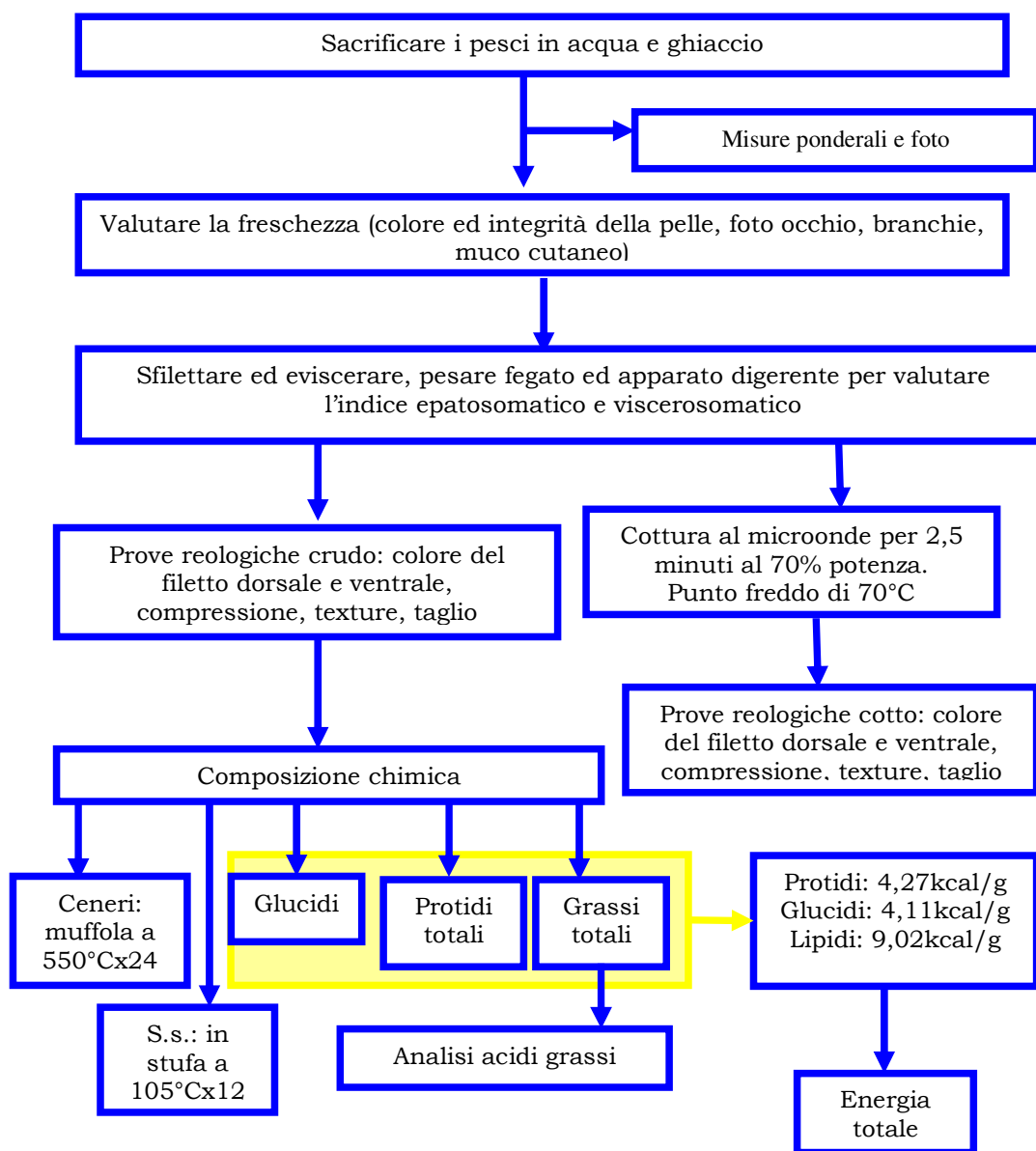
R.E. = RESA IN FILETTI O PESO EDULE (PESO EDULE\*100/PESO TOTALE)

---

#### 4.1.4. CAMPIONAMENTI

I pesci, raggiunta la taglia commerciale, sono stati sacrificati per valutarne la qualità dei filetti. I campionamenti sono stati eseguiti come riportato nella tabella 4.2. I pesci comprati dalla GDO sono stati campionati allo stesso modo, fatta eccezione del primo passaggio, essendo già morti.

TABELLA 4.2. DIAGRAMMA DI FLUSSO DEI CAMPIONAMENTI.



#### 4.2. L'IMPIANTO PILOTA A CIRCUITO CHIUSO DEL CRIACQ DI PORTICI

L'impianto pilota a circuito chiuso, installato presso il CRIAcq, Centro Ricerche Interdipartimentale per l'Acquacoltura dell'Università di Napoli–Federico II di Portici, è stato progettato in diversi moduli, ognuno dei quali svolge funzioni specifiche ed ha una propria autonomia strutturale e funzionale.

---



FIGURA 4.1. LOGO DEL CRIACQ.

---

L'impianto è dotato di tecnologie innovative per il controllo e la differenziazione dei processi riproduttivi di specie ittiche marine, e risulta costituito da:

- ✓ due moduli per la stabulazione e l'ingrasso
- ✓ un modulo per prove di schiusa e alimentazione larvale
- ✓ un modulo avannotteria
- ✓ due moduli per la produzione di fito- e zoo-plancton
- ✓ un modulo per il trattamento dei reflui
- ✓ un modulo per l'allevamento dei molluschi.



#### 4.2.1. MODULO DI STABULAZIONE ED ACCRESCIMENTO DEI ROMBI

In impianto sono presenti due moduli per la stabulazione dei pesci completamente autonomi. Ognuno è costituito da una vasca cilindrica con fondo conico autopulente di 2,3 metri di diametro, con un volume netto di 3.500 litri, dotata di tecnologie atte a regolare il termo-fotoperiodismo (foto 4.1).



FOTO 4.1. MODULO PER LA STABULAZIONE DEI ROMBI.

---

Ogni vasca ha una superficie di allevamento di 4 m<sup>2</sup> ed è realizzata in vetroresina multistrato con bordi arrotondati, ed è rifinita in gelcoat resistente anche all'acqua marina (figura 4.2).

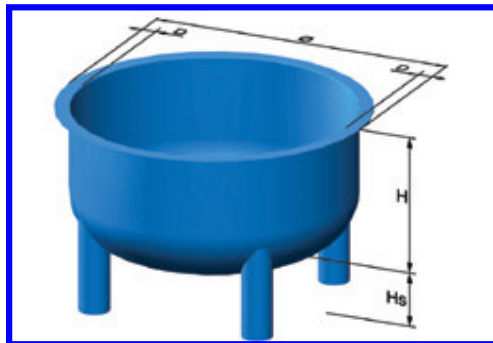


FIGURA 4.2. VASCA DI STABULAZIONE.

---

La loro forma e le pareti interne lisce garantiscono un ottimo effetto autopulente, rendendo le operazioni di pulizia e disinfezione molto semplici con una perfetta circolazione dell'acqua e dell'ossigeno, e la rimozione di escrementi e residui di cibo. Il livello dell'acqua nella vasca è regolabile mediante uno scarico reclinabile.

---

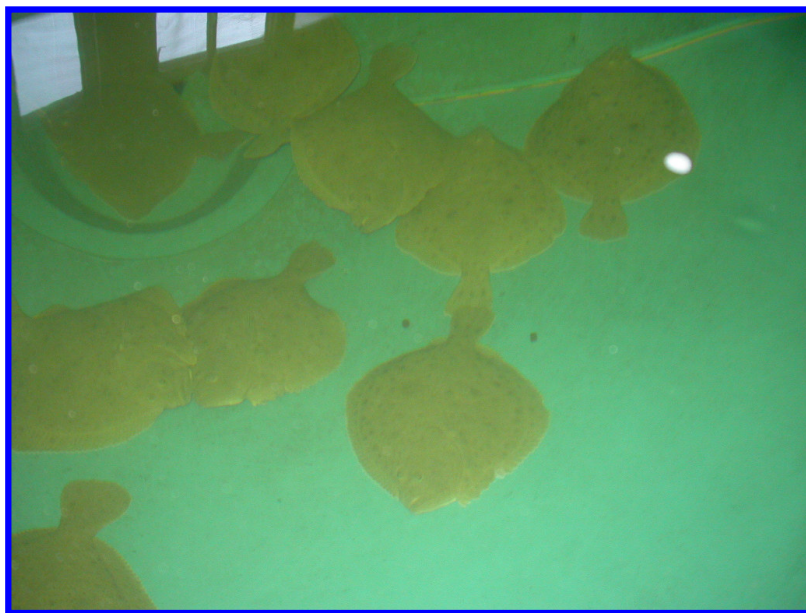


FOTO 4.2. ROMBI ALLEVATI.

---

#### 4.2.2 SISTEMA DI FILTRAZIONE

Ogni modulo di stabulazione è collegato ad un sistema di filtri meccanici e biologici che permettono la depurazione delle acque eliminando da esse le sostanze organiche.

---



FIGURA 4.3. FILTRO A SABBIA.

---

Le acque dal fondo della vasca di allevamento sono inviate ad una vasca di sedimentazione primaria posta ad un livello inferiore, dove si attua una prima sedimentazione che permette l'allontanamento del particolato grossolano rappresentato soprattutto da feci e mangime non consumato. Un semplice separatore centrifugo di solidi all'uscita diretta dalla vasca è importante per abbassare il BOD (Domanda Biochimica di Ossigeno) e limitare le operazioni di pulizia. Le acque dalla vasca di sedimentazione primaria sono trasferite alla vasca polmone dove, mediante una pompa, sono inviate a un filtro meccanico a sabbia dove è stimato che viene allontanato circa il 50-60% del particolato presente nell'acqua di allevamento. Dal filtro a sabbia, una parte dell'acqua è termoregolata e torna alla vasca polmone mentre un'altra parte è mandata al filtro biologico mediante una pompa di servizio.

Il sistema di bio-filtrazione risulta composto da due colonne (figura 4.4). Ogni colonna è composta semplicemente da un cilindro alto 3 metri e con un diametro di 60 cm contenenti 80 cm di spugna di poliuretano espanso e 2 metri di un materiale inerte “*bioring*” che ha come caratteristica principale un elevato rapporto superficie/volume che funge da supporto per le colonie batteriche.

---

- 1) Vasca di accumulo con sedimentatore
- 2) Filtro a sabbia
- 3) Quadro elettrico e monitoraggio
- 4) Filtro biologico
- 5) Filtro biologico
- 6) Gruppo pompe in by-pass
- 7) Lampade ultraviolette
- 8) Climatizzatore
- 9) Schiumatoio



FIGURA 4.4. IMPIANTO DI FILTRAZIONE CON VASCA DI POLMONE.

---

Inoltre, è presente uno scarico di troppo pieno che permette un controllo dell’intasamento del biofiltro. È un filtro biologico percolatore aerobio di depurazione, che consiste nell’inviare l’acqua d’allevamento, mediante una doccia, su un letto costituito da un mezzo filtrante di adatta pezzatura che favorisce la rottura dell’acqua, e quindi la sua ossigenazione, ed allontana la CO<sub>2</sub> in eccesso. Questa tipologia di filtro favorisce la formazione sulla superficie dello stesso mezzo, di un film biologico di microrganismi aerobi, che effettuano la trasformazione delle sostanze organiche. E’ dall’attività dei diversi batteri che dipende il funzionamento

del filtro biologico ed il continuo contatto dell'acqua fornisce loro nutrimento sottoforma di azoto ammoniacale o nitroso, carbonio come  $\text{CaCO}_3$  ed ossigeno. L'insediamento di questi esseri microscopici avviene normalmente senza intervento esterno dopo un certo periodo di funzionamento del filtro. E' possibile abbreviare questo tempo utilizzando speciali prodotti che permettono uno sviluppo accelerato delle colonie di questi microrganismi. Il filtro biologico è il vero "cuore" del sistema a ricircolo, ed è qui che vengono detossificati per ossidazione aerobica i metaboliti azotati, ammoniacale e nitriti a nitrati. I batteri coinvolti nel processo di nitrificazione sono autotrofi chemiosintetici e sono detti comunemente "nitrificanti" ed effettuano la detossificazione attraverso due reazioni. Il primo passaggio, in cui il molibdeno funge da catalizzatore, prevede l'ossidazione dell'ammonio a nitrito (nitrosazione) passando per l'intermedio idrossilammina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) ad opera di diversi ceppi batterici quali: *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosocystis* e *Nitrosogloea*. Tra questi *Nitrosomonas* (figura 4.5) risulta quello più importante e maggiormente coinvolto in questa reazione di ossidazione che risulta irreversibile.

---



FIGURA 4.5. NITROSOMONAS.

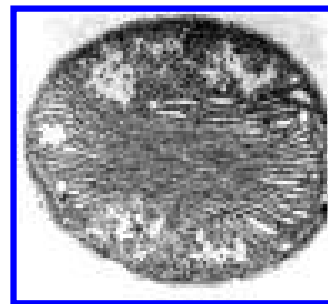


FIGURA 4.6. NITROBACTER.

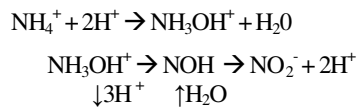
Una volta che è stato prodotto lo ione nitrito, entra in gioco la seconda classe di batteri che fino a questo momento è stata del tutto latente per mancanza di substrato su cui operare. Il secondo processo ossidativo, catalizzato dall'enzima nitrito-ossidasi, comporta la trasformazione dell'azoto nitroso in azoto nitrico (nitrazione). Tra i principali generi di batteri coinvolti in tale passaggio ossidativo ricordiamo *Nitrobacter* (figura 4.6) e *Nitrocystis*.

Questo secondo processo ossidativo, anch'esso possibile solo in ambiente aerobio, a differenza del primo risulta reversibile; infatti in caso di anossia si verifica il passaggio inverso, ossia la riduzione dall'azoto nitrico ad azoto nitroso (tabella 4.2).

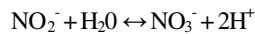
---

TABELLA 4.2. PROCESSO OSSIDATIVO DELL'AZOTO.

1<sup>A</sup> REAZIONE OSSIDATIVA:



2<sup>A</sup> REAZIONE OSSIDATIVA:



Lo ione prodotto, il nitrato, è uno ione relativamente innocuo e può accumularsi in acqua senza risultare tossico. Nonostante ciò è importante mantenere la sua concentrazione al di sotto dei 200 mg/l. Nel momento in cui la concentrazione dell'azoto nitrico dovesse superare il valore limite, lo ione nitrato può essere rimosso per diluizione, con parziale ricambio di acqua, oppure per riduzione anaerobica, con trasformazione dell'azoto nitrico in azoto gassoso ed acqua.

La crescita dei batteri è dovuta alla presenza di ossigeno, cibo e feci (ammoniaca e nitriti), mentre il materiale filtrante e le biobolle garantiscono la massima superficie per la colonizzazione dei batteri, permettendo su di esso la formazione del biofilm.

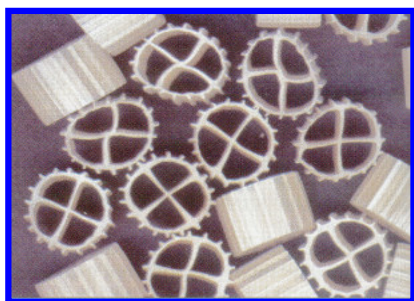


FIGURA 4.7. MATERIALE DI SUPPORTO  
PER BATTERI "BIORING".

---

Dalla vasca di accumulo l'acqua mediante pompa sommersa è inviata in continuo alla colonna di contatto-schiumatoio dimensionato per trattare una portata di almeno 3.000 litri di acqua/ora con due pompe in plastica a trascinamento magnetico e sistema Venturi per produrre almeno 6.000 litri di aria/ora, il che consente l'allontanamento delle proteine e di diverse sostanze organiche. L'acqua trattata dallo schiumatoio torna nella vasca di accumulo dove è pescata e inviata al filtro meccanico a sabbia.

Il passaggio successivo al filtro biologico e l'impianto di sterilizzazione con ultravioletti, che garantirà un dosaggio di almeno  $30 \text{ mj/cm}^2$  alla portata prevista di circa 2 litri/sec, permettono una completa sterilizzazione.

L'acqua, depurata in tal modo, viene riutilizzata nelle vasche di allevamento.

Il modulo a ricircolo è fornito di un impianto elettrico autonomo e di un impianto di monitoraggio collegato al computer centrale che rivela nella vasca polmone i seguenti parametri: temperatura, pH, potenziale redox, ossigeno disciolto e percentuale di saturazione.

#### 4.2.3. LO SCHIUMATOIO

Il cibo, gli escrementi, i batteri morti ed in generale ogni sostanza organica a base proteica viene trasformata, demolita e ossidata da batteri del genere: Nitrosomonas e Nitrobacter mantenuti nei filtro. Pertanto, è facile affermare che la produzione di nitrati è direttamente proporzionale alla quantità di sostanze a base proteica. Tutte queste trasformazioni prendono parte al ciclo dell'azoto. Grazie ad un processo fisico, lo schiumatoio riesce a togliere (non trasformare) tutte le molecole a base proteica, eliminando di fatto le sostanze che sono a monte del ciclo dell'azoto, e quindi responsabili della produzione di nitrati, che come detto in precedenza, oltre la concentrazione di  $200 \text{ mg l}^{-1}$  possono comportare problemi fisiologici agli animali in allevamento. Le molecole organiche hanno una estremità polarizzata (idrofila) che viene attratta dalle molecole d'acqua, ed una estremità non polarizzata (idrofoba) che respinge le molecole d'acqua e che viene attratta da quelle d'aria. Grazie a questa azione elettrostatica le molecole organiche aderiscono perfettamente alle bollicine d'aria immerse nella colonna di contatto, e formano una pellicola intorno alle bolle che le rende stabili di forma e di dimensioni, ed impedisce loro di riunirsi in bolle più grandi. Le molecole organiche seguiranno le bollicine nella loro naturale migrazione verso la superficie dell'acqua, ed una volta raggiunta la superficie risaliranno insieme alla schiuma che si accumula attraverso il collo del bicchiere, fino a depositarsi nel contenitore ed essere definitivamente estratte dall'acqua. La schiuma così contiene tutte le sostanze che sono state eliminate (proteine, amminoacidi, carboidrati, lipidi, batteri, acidi grassi e alcuni metalli come Ferro, Rame, Zinco). Uno schiumatoio è costituito principalmente da 3 parti come si può vedere in figura 4.8.



Vi sono molti fattori che incidono sull'efficienza dello schiumatoio, alcuni legati alle caratteristiche chimiche e fisiche dell' acqua di allevamento (il pH, la temperatura, la densità, la quantità di sostanze organiche disciolte) altri legati alle caratteristiche dello schiumatoio stesso (grandezza, diametro delle bolle, tempo di contatto, forma del bicchiere, quantità delle bolle).

Struttura schiumatoio:

- bicchiere: è il contenitore dove si depositano le sostanze organiche estratte dall'acqua
- collo: dove la schiuma si separa dall'acqua, si asciuga e risale verso il bicchiere.
- colonna di contatto: è la zona dove l'acqua entra in contatto con le bollicine d'aria



FIGURA 4.8. SCHIUMATOIO.

Sono molti i vantaggi che si riscontrano utilizzando uno schiumatoio:

- ✓ rimozione della quasi totalità delle sostanze organiche che si trasformano in Nitrati e Fosfati
- ✓ ricrea delle ottime condizioni igieniche
- ✓ aumenta il contenuto di ossigeno disciolto, a differenza dei filtri biologici che consumano grosse quantità di ossigeno
- ✓ aumenta il potenziale redox
- ✓ stabilizza il pH grazie alla rimozione degli acidi organici
- ✓ elimina i fenoli e le sostanze che ingialliscono l'acqua
- ✓ funge da filtro meccanico eliminando le particelle in sospensione.

Purtroppo, anche lo schiumatoio ha un piccolo difetto: contribuisce all'ossidazione e alla rimozione fisica di un certo numero di oligoelementi, in particolare lo iodio, il molibdeno, alcuni aminoacidi, e ferro. Per tale ragione è indispensabile una reintegrazione settimanale di tutti gli oligoelementi.

#### 4.2.4. LE RADIAZIONI ULTRAVIOLETTE

Le radiazioni ultraviolette sono radiazioni di tipo elettromagnetico con una lunghezza d'onda che va dai 3.600-100Å. Queste radiazioni, solo per alcune lunghezze d'onda (in particolare si ha la massima efficienza a 2.537Å), sono in grado di interagire con il DNA delle cellule viventi a livello delle basi puriniche e pirimidiniche, determinando danni irreversibili alla cellula stessa per frammentazione dell'acido nucleico. La radiazione ultravioletta degli sterilizzatori impiegati in acquacoltura è prodotta da bulbi a vapore di mercurio, infatti essa viene generata dal passaggio di un flusso di elettroni attraverso i vapori di Mercurio della lampada. Tali bulbi, dopo circa 7.500-8.000 ore di esercizio, vanno incontro ad esaurimento e quindi devono essere sostituiti. La sensibilità dei microrganismi alla radiazione UV è variabile; per ogni specie viene indicata la specifica dose di radiazione UV necessaria per l'inattivazione. La dose è espressa come  $\mu\text{ws}/\text{cm}^2$ , indica la potenza necessaria in funzione del tempo di irradiazione (in secondi) e della superficie irraggiata. Mentre la potenza totale in  $\mu\text{w}$  è determinata dalle caratteristiche dell'impianto di sterilizzazione, cioè il bulbo, il tempo di esposizione è dipendente dalla portata idrica, mentre l'area di contatto dipende dal progetto costruttivo della lampada che ne definisce l'area di contatto ottico con il film di acqua in transito.

L'efficacia sterilizzante di un sistema ad UV dipende poi dall'invecchiamento delle lampade, dalla pulizia dell'interfaccia radiante e dalla trasparenza agli UV dell'acqua da trattare, per questo motivo ogni mese il bulbo e la lampada vengono lavati con alcol. Mentre i solidi in sospensione riducono l'efficacia della lampada a causa dell'effetto dispersivo sul raggio, le sostanze organiche disciolte, anche se trasparenti

nel campo del visibile, possono presentare uno specifico assorbimento della luce UV, riducendo l'efficienza del trattamento disinfettante.

### 4.3. MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DI ALLEVAMENTO

Per verificare l'adeguato funzionamento dei moduli adoperati e per mantenere sotto controllo la qualità dell'acqua di allevamento sono stati periodicamente monitorati i seguenti parametri chimico-fisici:

temperatura, pH, ossigeno disciolto e salinità *quotidianamente*,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , *settimanalmente*.



FIGURA 4.9. PHMETRO.



FIGURA 4.10. RIFRATTOMETRO.

---

La determinazione della temperatura e del pH è stata effettuata mediante l'utilizzo del sensore termico del pH-metro (HACH sensION 156) (figura 4.9), immergendo la sonda direttamente nelle vasche.

Il pH è un parametro molto importante, infatti le sue variazioni influenzano la capacità degli organismi di assumere ossigeno. Inoltre i sali di ammonio (non tossici) si trasformano in ammoniaca in relazione al pH presente nel modulo: in condizioni di acidità ( $\text{pH} < 7$ ) gli ioni  $\text{H}^+$  in eccesso andranno a legarsi all'ammoniaca formando lo ione ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ), se invece il pH è alcalino ( $\text{pH} > 7$ ) avremo una preponderanza di

ioni ossidrilici ( $\text{OH}^-$ ). Tali ioni legando lo ione idronio dell'ammonio trasformano quest'ultimo in ammoniaca.

---



FIGURA 4.11. OSSIMETRO.



FIGURA 4.12. SPETTROFOTOMETRO.

---

La salinità indica il contenuto complessivo di sali presenti. Il sale che è maggiormente presente è il cloruro di sodio, il quale costituisce il 78% della salinità totale, seguono i cloruri di magnesio, di calcio e di potassio, i solfati e i bromuri. Vi sono anche piccolissime quantità di zinco, ferro, cromo, nichel, argento e azoto. La salinità viene espressa in parti per mille ed è misurata mediante rifrattometro (Salt Refractometer Modello 106 ATC prodotto dalla SPER Scientific) (figura 4.10).

La concentrazione di ossigeno disciolto influenza direttamente la salute dei pesci allevati, le capacità autodepurative dell'acqua agendo sulla sopravvivenza della maggior parte delle specie microbiche. L'ossigeno disciolto viene misurato in continuo come mg di  $\text{O}_2/\text{L}$  con un ossimetro OXYCON prodotto dalla CONNET (figura 4.11).

Settimanalmente le analisi spettrofotometriche, condotte mediante l'utilizzo dello spettrofotometro HACH DR 2400 (figura 4.12), hanno permesso la quantificazione della presenza dei composti:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ , e  $\text{NO}_2^-$ .

#### 4.5.1 DETERMINAZIONE DELL'AZOTO AMMONIACALE

La ricerca dell'azoto ammoniacale è stata determinata spettrofotometricamente utilizzando il metodo del salicilato. Nel test Ammonia Salicylate l'ammoniaca libera reagisce con l'ipoclorito per formare monocloroammine.



FIGURA. 4.13. DETERMINAZIONE SPETTROFOTOMETRICA DELL'AZOTO AMMONIACALE.

---

Le monocloroammine, a loro volta, reagiscono col salicilato in presenza di sodio nitro-ferricyanide per formare 5-amminosalicilato. Il sodio nitroprusside agisce poi come catalizzatore per l'ossidazione del 5-amminosalicilato a indosalicilato, un composto di colore blu. Il colore blu è mascherato dal colore giallo dovuto all'eccesso di reagente dando un colore finale verde (figura 4.13).

L'intensità della colorazione è proporzionale all'ammontare di ammoniaca nel campione. Tale metodo permette di misurare l'ammoniaca libera e le monocloroammine.

Il test Ammonia Salicylate è stato condotto secondo il seguente protocollo:

- ✓ Aggiungere 2,0 ml di campione ad 1 Am Ver Diluent Reagent Test (questo è il campione preparato);
- ✓ Aggiungere 2,0 ml di acqua libera da ammoniaca ad un altro Am Ver Diluent Reagent Test (questo è il bianco);
- ✓ Aggiungere il contenuto di Ammonia Salicylate Reagent Powder Pillow ad entrambe le cuvette;
- ✓ Aggiungere il contenuto di Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillow ad entrambe le cuvette;
- ✓ Chiudere bene e miscelare fino al dissolvimento della polvere;
- ✓ A questo punto inizia un periodo di reazione di 20 minuti.

Dopo la fase di azzeramento dello spettrofotometro con il riferimento (bianco, libero da ammoniaca) si effettua la lettura della concentrazione di azoto ammoniacale ad una lunghezza d'onda di 655 nm. I risultati vengono espressi in mg/l come  $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_3\text{-N}$ .



#### 4.5.2 DETERMINAZIONE DEI NITRATI

La determinazione dei nitrati è stata effettuata attraverso il metodo della riduzione del Cadmio. Tale metodologia permette di ottenere una misura sensibile. Infatti il cadmio metallico riduce i nitrati del campione in nitriti; questi ultimi ioni reagiscono in un mezzo salicico con acido solfanilico per formare un sale intermedio di diazonio. Il sale si unisce con l'acido "gentistico" per formare una soluzione di colore ambrato. Poichè i nitriti risultano interferire con la determinazione dei nitrati a tutti i livelli, è stato necessario effettuare un pretrattamento del campione. Con tale pretrattamento si neutralizza l'interferenza dovuta ai nitriti presenti nel campione.

Il metodo della riduzione del cadmio è stato condotto secondo il seguente protocollo:

- ✓ Trattare il campione goccia a goccia con acqua bromica 30 g/l fino a quando una colorazione gialla persiste;
- ✓ Aggiungere 1 goccia di Phenol Solution 30 g/l fino alla scomparsa della colorazione gialla;
- ✓ Riempire una cuvetta con 10 ml di campione pretrattato;
- ✓ Aggiungere il contenuto di 1 NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow;
- ✓ Inizia a questo punto un tempo di reazione di 1 minuto durante il quale bisogna agitare vigorosamente il campione;
- ✓ Dopo un periodo di reazione di 5 minuti si svilupperà una colorazione ambrata se è presente il nitrato.
- ✓ Riempire una seconda cuvetta con 10 ml di campione (questo è il bianco).

Dopo l'azzeramento dello spettrofotometro si effettua la lettura della concentrazione dei nitrati ad una lunghezza d'onda di 500nm. I risultati sono espressi in mg/l in diverse forme chimiche,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , N.

#### 4.5.3 DETERMINAZIONE DEI NITRITI

La ricerca dei nitriti viene effettuata mediante il metodo di diazotizzazione dove il nitrito presente nel campione reagisce con l'acido solfanilico per formare un sale di diazonio intermedio. Questo, a sua volta, si unisce con un acido "cromotropico" per produrre un complesso colorato di rosa che è direttamente proporzionale alla quantità di nitrito presente (figura 4.14).

Il metodo di diazotizzazione è stato condotto secondo il seguente protocollo:

- ✓ Riempire un Test NitriVer 3 Nitrite con 5 ml di campione;
- ✓ Avvitare e miscelare fino al dissolvimento della polvere (questo è il campione preparato);
- ✓ Un colore rosa si svilupperà se il nitrito è presente;
- ✓ A questo punto inizierà un tempo di reazione di 20 minuti;
- ✓ Riempire un Test N Tube vial vuota con 5 ml di campione (questo è il bianco).

Dopo aver azzerato lo spettrofotometro con il campione bianco (campione non trattato) si effettua la lettura della concentrazione dei nitriti ad una lunghezza d'onda di 507 nm. I valori sono espressi come mg/l di  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NaNO}_2$ .



FIGURA 4.14. DETERMINAZIONE SPETTROFOTOMETRICA DEI NITRITI.

#### 4.4. REOLOGIA

I parametri reologici sono stati rilevati tramite il *Texturometer* (foto 4.3) e l'*Instron Testing Machine* (serie 5565, foto 4.15).

##### 4.4.1. TEXTURE PROFILE ANALISYS (TPA)

I campioni utilizzati per le analisi tessuometriche sono stati prelevati al momento del sacrificio e della sfilettatura dei pesci, cioè 24 ore dopo la morte in acqua e ghiaccio. Sono stati ricavati da entrambi i filetti (dorsale e ventrale), delle dimensioni di 2,5 centimetri di diametro ed un centimetro di altezza. Sono stati analizzati al tessuometro (Zenken, Tokyo, foto 4.3) sia campioni crudi che dopo cottura in forno a microonde

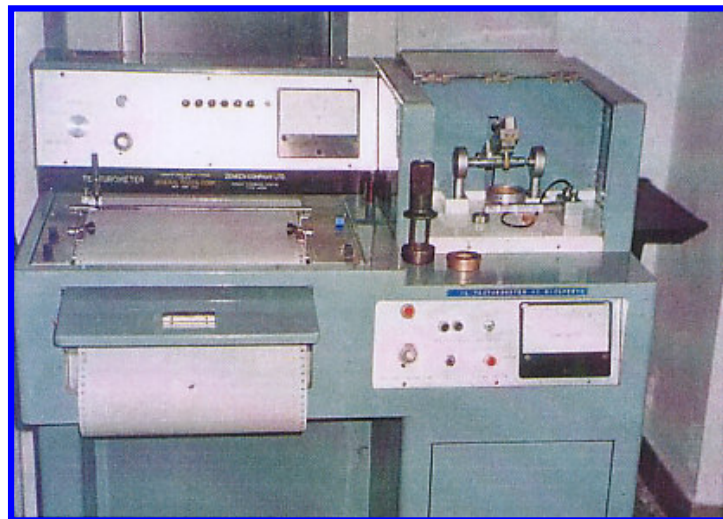


FOTO 4.15. TEXTUROMETER (ZENKEN-TOKYO).

---

(2,5 minuti, ovvero fino al raggiungimento della temperatura di 70°C al “*punto freddo*”. La caratteristica distintiva di uno strumento come il *texturometer* è di simulare la masticazione umana tramite un movimento

sinusoidale. Un dente (plunger) penetra il campione posizionato nell'apposito porta campione, collegato a sua volta ad una cella di carico. L'opposizione offerta dal muscolo viene registrata dall'apparecchio il quale restituisce un grafico forza-tempo (Figura 4.16) interpretando il quale è possibile ricavare i seguenti parametri:

- ✓ *Durezza*: resistenza opposta dal corpo ad una deformazione, misurata dall'intensità della forza da applicare ed espressa in kg (kg = hl/volt).
- ✓ *Coesione*: forza dei legami interni che condizionano la struttura del corpo, espressa in unità tessurometriche proprie dello strumento ( $UT = A2/A1$ ).
- ✓ *Resilienza elastica*: capacità di un corpo di deformarsi sotto l'azione di una forza di compressione e di prendere la forma primitiva al suo cessare, si misura in mm (mm = C-B dove C rappresenta la distanza tra l'inizio delle due masticazioni misurata su un corpo perfettamente anelastico, come l'argilla).
- ✓ *Adesione*: lavoro necessario per vincere le forze di attrazione tra la superficie del corpo e quella con cui viene a contatto: lingua, palato, denti ( $UT = A3/volt$ ).

Dai precedenti parametri, definiti secondari, si ricavano:

- ✓ *Gommosità*: data dal prodotto di Durezza\*Coessione.
- ✓ *Masticabilità*: lavoro richiesto per masticare il campione fino allo stato in cui può essere deglutito, in relazione alla durezza, coesione e resilienza elastica ( $UT = durezza*coesione*resilienza\ elastica*100$ ).

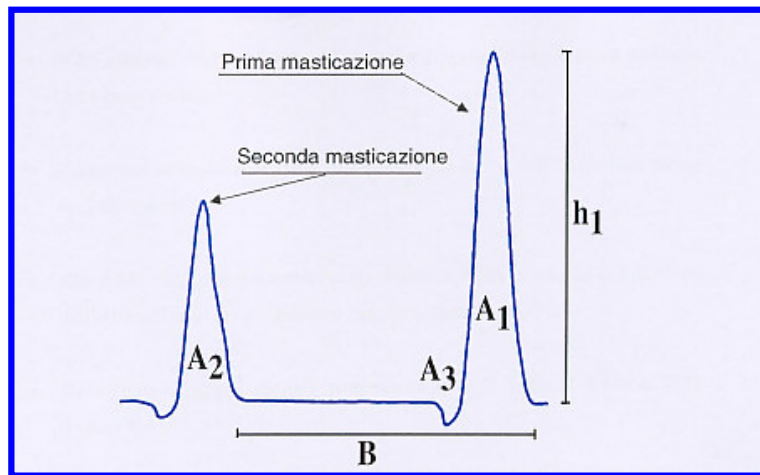


FIGURA 4.16. TIPICO PROFILO TESSUROMETRICO:  $H_1$  = ALTEZZA DEL PICCO DELLA PRIMA MASTICAZIONE;  $A_1$  = AREA DEL PICCO DELLA PRIMA MASTICAZIONE;  $A_2$  = AREA DEL PICCO DELLA SECONDA MASTICAZIONE;  $A_3$  = AREA DEL PICCO NEGATIVO DELLA PRIMA MASTICAZIONE;  $B$  = DISTANZA TRA L'INIZIO DELLE DUE MASTICAZIONI.

---

#### 4.4.2. SHEAR FORCE E COMPRESSION TEST

I campioni utilizzati per la determinazione della forza di taglio e del test della compressione sono stati prelevati con tempi e modalità identici a quelli destinati ai rilievi tessuometrici. I campioni muscolari, di forma cilindrica, misuravano 2,54 centimetri di diametro per la forza di taglio e 1,25 centimetri di diametro per il test di compressione. Lo strumento corredato degli appropriati strumenti (WBS o pistone), ha consentito di ottenere i seguenti parametri:

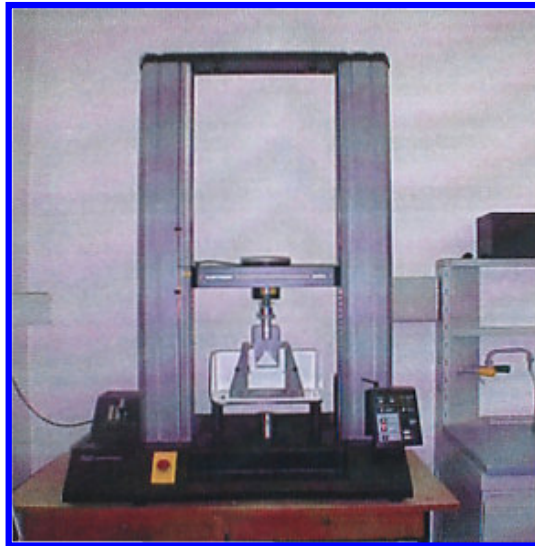


FIGURA 4.17. INSTRON UNIVERSAL TESTING MACHINE (SERIE 5565).

---

#### 4.4.2.1. FORZA DI TAGLIO

- ✓ *WBS [Warner blatzer Shear o “forza di taglio”]*: il picco massimo della forza (A-B,  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- ✓ *Resistenza al taglio*: misura lineare della curva dall’inizio dell’ascesa fino alla base di L (cm).
- ✓ *Elasticità*: dato dal rapporto tra la distanza finale (calcolata dall’inizio dell’ascesa fino al punto massimo raggiunto dalla forza) /10.
- ✓ *Work*: dato dal prodotto tra forza di taglio ed elasticità/100 [Lavoro(kgm)].

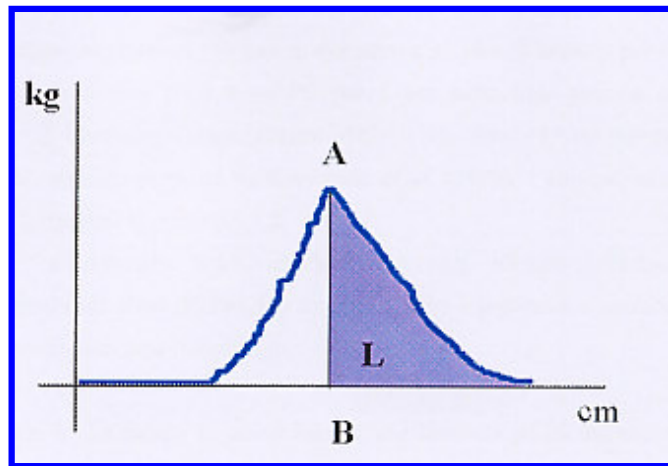


FIGURA 4.18. PROFILO STRUTTURALE FORNITO DALL'INSTRON RELATIVO ALLA FORZA DI TAGLIO.

---



#### 4.4.2.2. TEST DI COMPRESSIONE

- ✓ *Durezza*: data dal rapporto del carico massimo (kg)/superficie del campione (espressa in millimetri).
- ✓ *Elasticità*: data dalla differenza dell'elasticità registrata durante la seconda compressione effettuata sul campione (E1-E2).
- ✓ *Coesione*: data dal rapporto fra l'energia al picco registrata durante la seconda compressione (En2) sull'energia al picco registrata durante la prima compressione (En1).
- ✓ *Masticabilità*: data dal prodotto dei parametri Durezza\*Elasticità  
\*Coesione.

#### 4.4.3. COLORE

Per ogni soggetto sacrificato venivano prelevati due campioni muscolari per il rilievo colorimetrico con tempi e modalità identici di quelli destinati ai rilievi tessuometrici. Di ogni campione veniva analizzata sia il lato esterno sottocutaneo che il lato interno. Per lo scopo è stato utilizzato lo spettrofotometro U-3000 (Hitachi) munito di sfera integratrice, operando con due diverse sorgenti di luce (illuminanti):

- ✓ Illuminante A che emette la stessa luce di una lampada ad incandescenza alla temperatura-colore di 2854°K.
- ✓ Illuminante D65: che emette la stessa luce del giorno in condizioni di cielo sereno alla temperatura-colore di 6504°K.

Ciascun illuminante provoca una differente risposta nel campione, fornendo i seguenti parametri:

- ✓  $L^*$ : luminosità o brillantezza, ha il campo di variabilità fra bianco (100) e nero (0).
- ✓  $a^*$ : indice del rosso, varia dal rosso (positivo) al verde (negativo).
- ✓  $b^*$ : indice del giallo, varia dal giallo (positivo) al blu (negativo).

Da questi parametri è possibile calcolare i valori di croma e tinta:

- ✓ *Croma*: forza con cui un colore si stacca dal neutro,  $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$  (C=0 equivale al grigio).
- ✓ *Tinta*: tonalità del colore,  $T = \arctg b/a$  (T=0 equivale al rosso porpora).

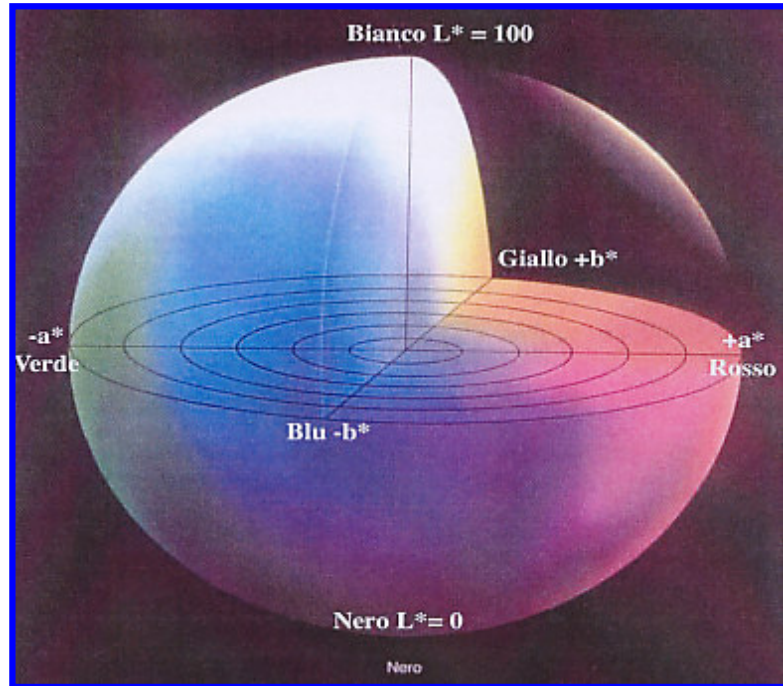


FIGURA 4.19. SOLIDO DEL COLORE.

---

## 4.5. COMPOSIZIONE CHIMICA

Di ciascun soggetto sono stati determinati la composizione chimica centesimale utilizzando le tecniche analitiche previste dall'A.O.A.C. (1970) ed il profilo acidico quantitativo e qualitativo del grasso mediante gascromatografia.

### 4.5.1. PROTIDI

Per determinare il contenuto di protidi grezze è stato utilizzato il seguente protocollo:

- ✓ Prelevare un aliquota di campione e metterla a liofilizzare overnight.
- ✓ Mettere 0,5 grammi di sostanza liofilizzata in appositi tubi senza far aderire la sostanza alle pareti.
- ✓ Aggiungere per ogni tubo 3 palline di vetro, 2 pastiglie del catalizzatore (selenio) e 18 ml di acido solforico al 96%.
- ✓ Mettere i tubi nel mineralizzatore fino a quando il campione non si presenti limpido.
- ✓ Leggere i campioni mineralizzati al Kjeltac e annotare le letture che compaiono sul display.

I protidi grezzi sono stati calcolati mediante:  $PG = \text{Valore Kjeltac} / \text{Peso del campione}$ .

#### 4.5.2. LIPIDI

##### 4.5.2.1. LIPIDI TOTALI

L'estrazione dei grassi totali è stata effettuata utilizzando il protocollo di B&D le cui fasi salienti sono di seguito riportate:

- ✓ Omogeneizzazione (5 grammi di tessuto fresco);
- ✓ Metanolo/cloroformio (2:1 v/v) per 5';
- ✓ Cloroformio (10 ml) per 10';
- ✓ Acqua distillata (18 ml) per 5';
- ✓ Centrifugazione a 2000 r.p.m. per 10';
- ✓ Filtrazione su carta in presenza di solfato anidro di sodio;
- ✓ Portare a secco e recuperare in soluzione al 5% di esano;
- ✓ Conservare in una vials da 2 ml e congelare.

#### 4.5.2.2. ANALISI DEGLI ACIDI GRASSI

È stato utilizzato il gascromatografo con rilevatore a ionizzazione di fiamma (FID) “*Agilent*” mod. 6850 serie II.

Colonna capillare in silice fusa 50 m 0,25 i.d. 0,25  $\mu\text{m}$  f.t., con fase stazionaria 90% bis-Cianopropyl methyl Silicon (Quadrex 007-23) (Quadrex Corporaton, CT, USA).

Condizioni operative:

*PTV* (vaporizzatore a temperatura programmata)

70°C x 0,1 min, incremento di 500°C/min fino a 240°C dove sosta per 3 min.

*Oven* (Camera)

Temperatura iniziale: 70°C x 3min, incremento di 10°C/min fino a 240°C dove sosta per 5 min.

*Rapporto di splittaggio* 1/50

*Gas carrier*: He

*Gas ausiliare*: He

*Temperatura del rilevatore FID*: 270°C

*FID*: MISCELA ARIA/H 10:1

L'identificazione dei picchi è stata effettuata confrontando i tempi di ritenzione di standard puri a concentrazione nota mediante standard esterno (Supelco TM 37 component FAME MIX), (Larodan ME4 Sweden), con quella dei campioni nelle stesse condizioni operative. L'area percentuale di ogni composto è stata quantificata con il metodo dello standard esterno cioè calcolando il fattore di correzione.

Per quanto riguarda la valutazione delle caratteristiche qualitative della componente lipidica, in analogia con quanto riportato da Amerio *et al.* (1996) sono stati valutati anche l'indice di Aterogenicità (I.A.) e l'indice

di Trombogenicità (I.T.), i cui valori sono inversamente correlati, rispettivamente, alla capacità dei grassi di ridurre il contenuto lipidico nel sangue e alla capacità di ridurre l'attività piastrinica. Tali valori sono stati calcolati sulla base delle percentuali relative di frazioni acide (Ulbricht e Southgate, 1991) secondo le formule riassunte nella tabella seguente

---

TABELLA 4.1. INDICE ATEROGENICO (I.A.) ED INDICE TROMBOGENICO (I.T.).

I.A. = LAURICO + 4 MIRISTICO + PALMITICO / POLINSATURI  $\omega$ 3 + POLINSATURI  $\omega$ 6 + OLEICO + ALTRI MONOINSATURI

I.T. = MIRISTICO + PALMITICO + STEARICO / 0,5 OLEICO + 0,5 MONOINSATURI + 0,5 POLINSATURI  $\omega$ 6 + 3 POLINSATURI  $\omega$ 3 + ( $\omega$ 3/ $\omega$ 6)

RAPPORTO  $\omega$ 3/ $\omega$ 6

---

#### 4.5. 3. SOSTANZA SECCA, CENERI, GLUCIDI ED ENERGIA TOTALE

La sostanza secca (s.s.) è stata ottenuta mettendo il campione in stufa a 105°C per 12 ore. Le ceneri sono state determinate dopo la permanenza del campione in muffola a 550 °C per 24 ore. La quantità di zuccheri totali è stata calcolata mediante differenza tra la s.s. e le altre determinazioni effettuate.

L'energia totale è stata calcolata in relazione alle quantità di proteine (4,27 kcal/g), zuccheri (4,11 kcal/g) e grassi (9,02 kcal/g) presenti.



#### 4.6. ELABORAZIONE STATISTICA

I dati sperimentali sono stati analizzati mediante un modello misto di analisi della varianza (proc. MIXED, SAS).

## **RISULTATI**

## 5. RISULTATI

### 5.1. FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO A "RICIRCUITAZIONE IDRICA".

La qualità dell'acqua è stata tenuta sotto controllo durante tutta la fase di sperimentazione mediante il monitoraggio dei parametri principali. I valori rilevati non hanno fatto notare nessuna differenza apprezzabile come si può notare dalle medie riportate in tabella 5.1. In particolare i metaboliti dell'azoto sono stati al di sotto di parametri eventualmente tossici per i pesci per tutta durata dell'allevamento, dimostrando un corretto funzionamento dell'impianto di depurazione. Nel grafico 5.1. è riportato nello specifico l'andamento delle temperature durante i due cicli di allevamento, è possibile notare che sostanzialmente non ci sono differenze.

---

Rombi	T°C	pH	Salinità ‰	O <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l
Pop. A	19,0±0,9	8,1±0,4	29,3±3,1	8,0±0,7	0	0,25±0,16	58,64±53,53
Pop. B	18,9±0,9	7,8±0,3	27,3±3,7	8,6±0,7	0	0,19±0,07	77,50±22,36

TABELLA 5.1. PARAMETRI RILEVATI

---

Sono stati utilizzati 6850 litri d'acqua, di cui 5300 erano di mare. I ricambi idrici sono stati effettuati con una percentuale del 3,6% mensile, mantenendo costante la salinità.

Durante tutta la sperimentazione, maturazione del filtro compresa, sono stati aggiunti 380 ml di inoculo batterico reperibile in commercio al fine di integrare la microflora responsabile della depurazione biologica.

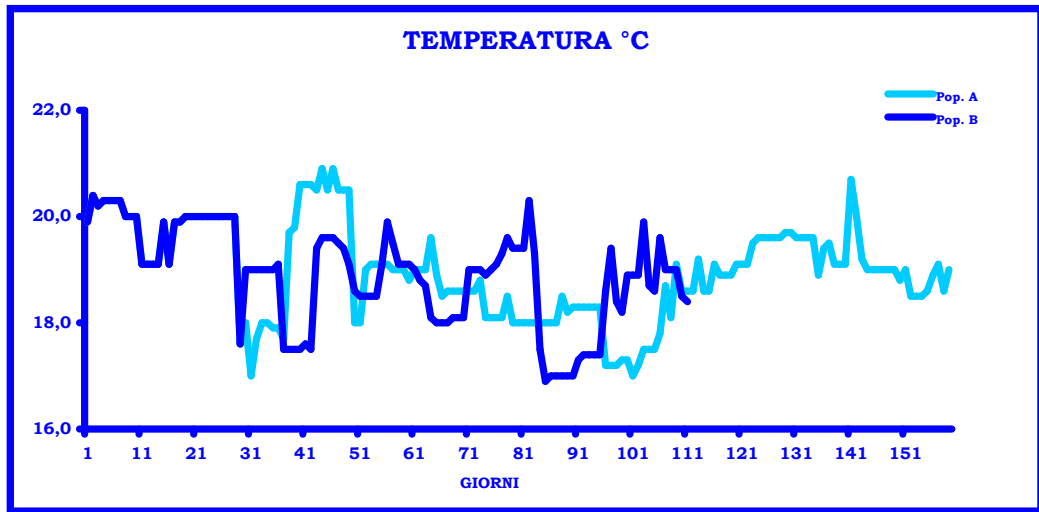


GRAFICO 5.1. ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA DI ALLEVAMENTO.

---

## 5.2. PERFORMANCE DI CRESCITA

La fase d'accrescimento è durata 129 giorni per la popolazione A e 101 per la popolazione B. Il primo stock di pesci ha raggiunto un peso medio di 859 kg, con un indice specifico di accrescimento (SGR) di 0,52 ed un indice di conversione dell'alimento (FCE) di 0,69, mentre il secondo ha raggiunto i 925,49 kg di peso medio e con rispettivamente i seguenti indici: SGR 0,81, FCE 0,52, come si evince dalla tabella 5.2.

---

Pop.	Peso medio	Densità iniziale kg/m <sup>2</sup>	Densità finale kg/m <sup>2</sup>	SGR	FCE
A	859,00±140,30	1,38	2,27	0,52	0,69
B	925,49±350,90	1,60	3,06	0,81	0,52

TABELLA 5.2. PESO MEDIO.

---

Ogni 25 giorni circa sono stati effettuati i campionamenti per determinare il peso medio delle popolazioni come riportato nella tabella 5.3.

---

Popolazione A			
Peso medio	Allevamento (g)	Intervallo (g)	SGR
424,58	0	0	0,00
465,65	25	25	0,37
529,83	50	25	0,52
615,68	75	25	0,60
784,00	107	32	0,76
859,00	129	22	0,42
Popolazione B			
392,86	0	0	0,00
508,97	25	25	1,04
639,67	50	25	0,91
814,05	77	22	1,09
925,49	101	24	0,53

TABELLA 5.3. ANDAMENTO DELL'ACCRESIMENTO

---

Comparando l'indice SGR ottenuto, si può affermare che sono notevolmente migliori di quelli evidenziati con rombi del peso medio di 657 g, simile ai pesci oggetto di studio (0,22-0,36%, Regost *et al.*, 2001), mentre, comparandoli con quelli registrati con pesci in pieno sviluppo con un peso compreso tra i 14 e i 130 grammi, in alcuni casi risultano migliori (Mallehk *et al.*, 1998; Regost *et al.*, 1999), in altri casi lievemente inferiori (Labatut *et al.*, 2004; Peres *et al.*, 2005). Gli indici di conversione dell'alimento risultano più bassi rispetto a quelli ottenuti da Mallehk *et al.* (1998), da Regost *et al.*, (1999, 2001), Labatut *et al.*, (2004) e Peres *et al.*, (2005).

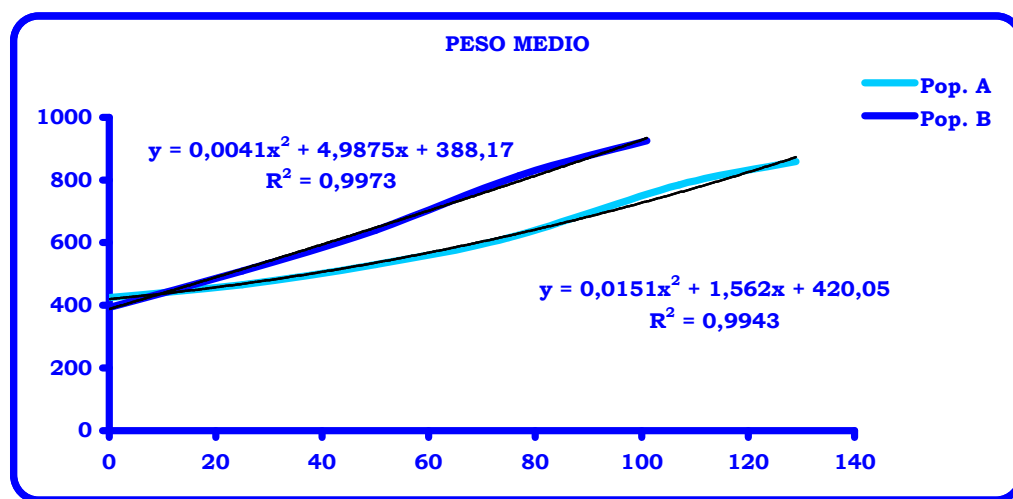


GRAFICO 5.2. ACCRESCIMENTO

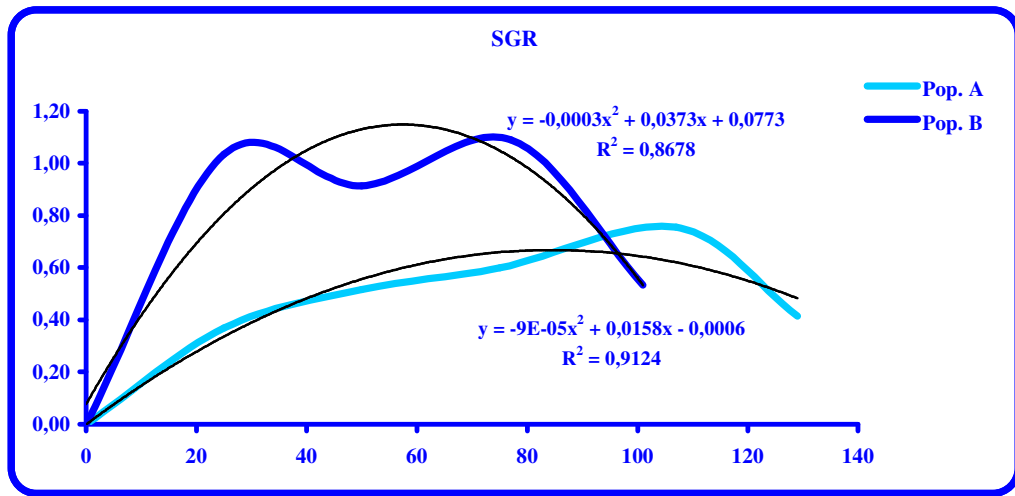


GRAFICO 5.3. INDICE SPECIFICO D' ACCRESCIMENTO

### 5.3. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ

Raggiunta la taglia commerciale, i pesci sono stati sacrificati in acqua e ghiaccio (Regost *et al.*, 2001), ed è stata valutata la qualità delle carni ottenute comparandola con quella di pesci acquistati dalla grande distribuzione.

#### 5.3.1. VALUTAZIONE DELLA FRESCHEZZA E DELLA MORFOLOGIA

La valutazione della freschezza è stata effettuata visivamente e documentata con alcune fotografie sulle principali caratteristiche di freschezza al momento del sacrificio.

In particolare, nella foto 5.1.A, B, C e D, sono riportati i pesci delle popolazioni allevate a circuito chiuso i quali presentano tutti uno strato mucoso che ne copre completamente la pelle (foto 5.1.A, B, C e D) a differenza dei pesci raffigurati nelle foto E ed F, dove lo strato di muco è completamente assente o resta solamente nelle zone più scure. Possiamo affermare che i pesci comprati alla GDO non erano assolutamente freschi, dimostrato anche dal fatto che lo strato mucoso non conserva la sua integrità. L'aspetto dell'occhio nei pesci allevati nell'impianto a circuito chiuso è di colore blu con un contorno giallo (foto 5.2.A-D), inoltre, come si può vedere dalle foto 5.2.B e 5.2.D, l'occhio è convesso ed emerge dal capo dell'animale. Nei pesci della popolazione C l'occhio è concavo, di colore grigio ed è coperto da una patina che lo rende per nulla vivace (foto 5.2. E-F).



---

FOTO 5.4. PESCE INTERO.



A



B



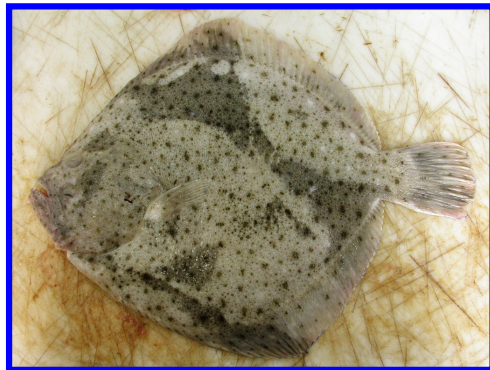
C



D



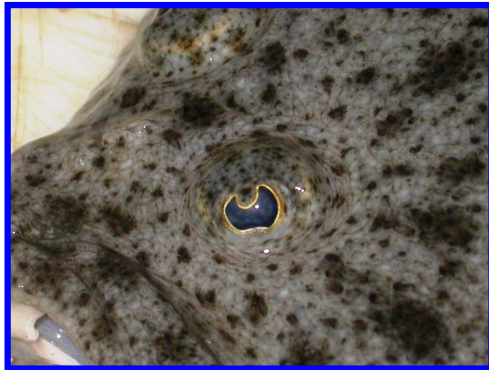
E



F

---

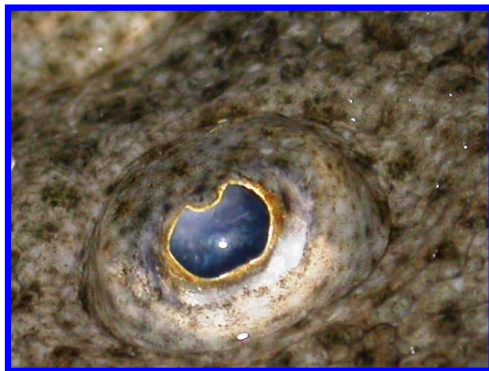
FOTO 5.2. OCCHIO.



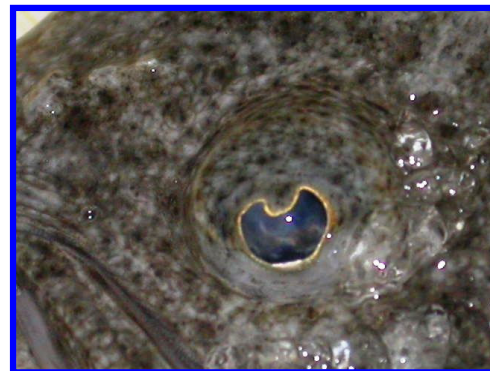
A



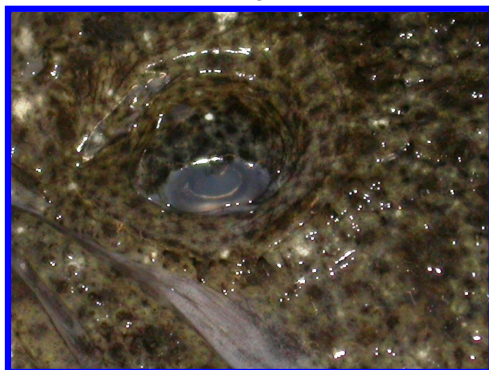
B



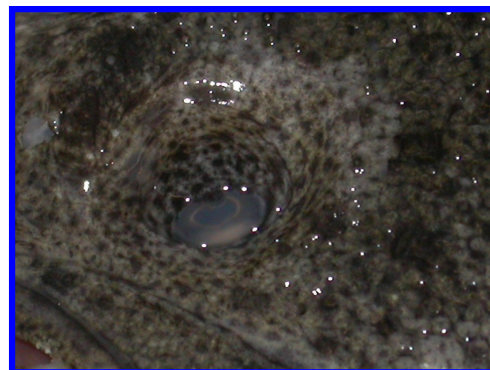
C



D



E

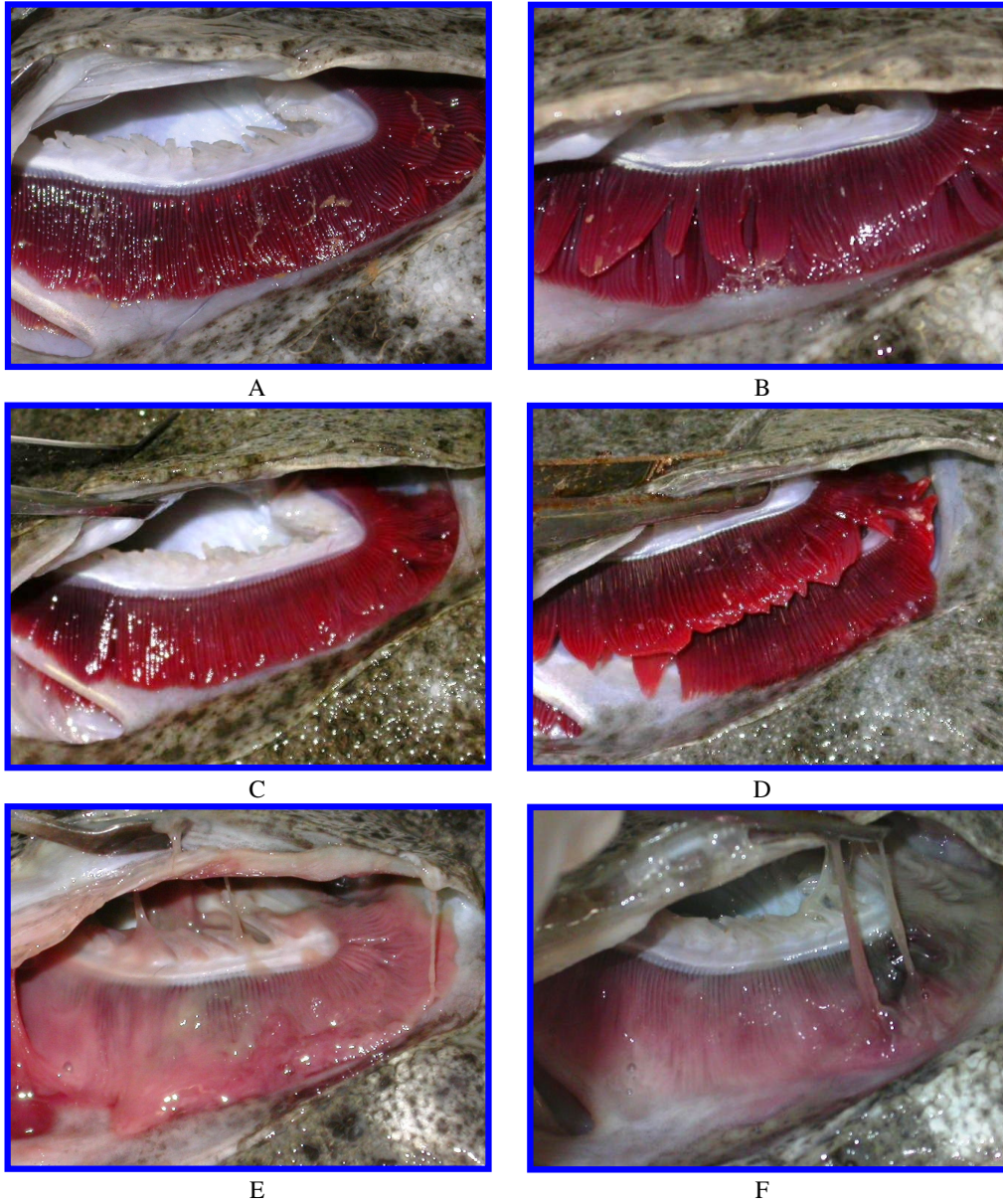


F

---

Una maggiore freschezza dei pesci allevati al CRIAcq la si può notare anche analizzando l'aspetto delle branchie (foto 5.3.A-D) che sono di colore rosso vivo, integre e ricoperte da uno strato traslucido che le rende ancora più rigogliose. Le branchie dei pesci appartenenti alla popolazione C sono di colore bianco, ormai in disfacimento e d'odore sgradevole (foto

FOTO 5.3. BRANCIE.



Il fegato nei pesci freschi o comunque conservati da sole 24 ore si presentava di colore giallo oca (foto 5.4.E), mentre nei pesci acquistati era quasi in disfacimento, di odore sgradevole ed in qualche caso la mucosa peritoneale ne acquisiva il colore (foto 5.4.C-D) perdendo il

caratteristico colore bianco del pesce fresco (foto 5.4.A-B) evidenziato dai pesci da noi allevati.

---

FOTO 5.4. MEMBRANA PERITONEALE E FEGATO.



A



B



C



D



E

---

5.3.2. VALUTAZIONE DELLA CARCASSA E DELLO STATO STRESS

La valutazione della qualità della carcassa in stretta relazione con l'analisi dello stato di stress degli animali, ha evidenziato che esistono differenze significative per tutti i parametri presi in esame (tabella 5.4).

---

TABELLA 5.4. VALORE DELLA F

Parametro	F*
	Allevamento
Peso	52,48*
I.E.	9,36*
I.V.	9,87**
F.C.	14**
R.M.	14**
R.E.	9,53**

F\*=P<0,05; F\*\*=P<0,01

---

In particolare, le popolazioni allevate a circuito chiuso avevano una resa in filetti rispetto a quella C significativamente superiore (P<0,01), di contro, quest'ultima aveva una resa alla macellazione significativamente superiore (P<0,01). I pesci delle popolazioni A e B presentano uno stato fisico migliore avendo un fattore di condizione significativamente superiore (P<0,01), evidenziando una maggiore quantità di carne sulla carcassa, rispetto ai pesci provenienti dalla GDO più emaciati. L'indice epatosomatico (I.E.) è migliore nei pesci appartenenti alla popolazione B dimostrando una quantità di riserve epatiche superiori (P<0,05), mentre in entrambe le popolazioni allevate a circuito chiuso l'indice viscerosomatico (I.V.) è maggiore dimostrando un apparato digerente ben sviluppato e ben funzionante (P<0,01).

TABELLA 5.5.

Pop.	Peso	IE	IV	FC	RM	RE
0	318,16±59,67	1,08±0,24	12,63±4,90	0,020±0,002	87,37±4,90	21,76±4,40
A	831,98±98,01 <sup>a</sup>	1,87±0,26 <sup>a</sup>	12,20±3,42 <sup>A</sup>	0,027±0,002 <sup>A</sup>	87,80±3,42 <sup>B</sup>	33,32±2,32 <sup>A</sup>
B	925,49±207,52 <sup>a</sup>	2,52±0,69 <sup>b</sup>	10,76±1,05 <sup>A</sup>	0,029±0,003 <sup>A</sup>	89,24±1,05 <sup>B</sup>	34,33±1,69 <sup>A</sup>
C	775,85±84,06 <sup>b</sup>	1,47±0,91 <sup>a</sup>	7,75±1,13 <sup>B</sup>	0,022±0,003 <sup>B</sup>	92,15±1,01 <sup>A</sup>	29,05±3,14 <sup>B</sup>

a,b=P<0,05; A,B: P=<0,01

Gli indici viscerosomatici ottenuti sono notevolmente superiori a quelli rilevati da Regost *et al* (1999, 2001 e 2003), così come quelli epatosomatici sono più elevati di quelli menzionati da Regost *et al* (1999 e 2001), Fournier *et al* (2004) e Peres *et al* (2005) che, stando anche ai valori del fattore di condizione, evidenziano il perfetto stato di adattamento dei pesci alla tipologia di allevamento.

I pesci allevati a circuito chiuso (P<0,01) hanno una R.E. del 33-34%, valore migliore di quello calcolato da Regost *et al*. (2001), che con pesci del peso medio di 657 g, hanno avuto una R.E. del 26-27%; di conseguenza nel lavoro sopra citato, emerge chela resa alla macellazione è del 96% valore più elevato di quello calcolato nelle popolazioni A e B. Quest'ultima analisi rafforza l'idea che il rombo sia di migliore qualità e più ricco di carne all'aumentare del peso corporeo, e inoltre, che i pesci allevati al CRIAcq erano in un ottimo stato di salute, avevano un ottimo indice di condizione e un apparato digerente in pieno attività, come dimostra il valore dell'indice viscerosomatico.

### 5.3.3. COLORE

L'analisi del colore della carne di rombo è stata effettuata distinguendola in filetti dorsali e in quelli ventrali e, di ognuno di essi, è stato valutato il colore del lato mediale e di quello laterale o sottocutaneo. Infine, è stato analizzato l'effetto della cottura sui filetti al fine di valutare eventuali differenze tra quelli crudi e quelli cotti.

Dai risultati emerge che la tipologia di allevamento influenza il colore della carne in maniera significativa ( $P < 0,001$ ) in tutti i parametri considerati (grafico 5.4). Il filetto dorsale risulta differente da quello ventrale ( $P < 0,05$ ) escluso per il valore della tinta. La cottura determina una differenza significativa, infatti, il colore dei filetti crudi differisce da quello dei cotti ( $P < 0,001$ ) (grafico 5.5) (tabella 5.6).

TABELLA 5.6. VALORE DELLA F DEL COLORE.

Parametro	F							
	Allevamento	Lato	Modalità	Posizione	All*Mod	Lato*Mod	Mod*pos	All*Mod*Pos
Illum C								
L*	33,33***	6,84**	178,92***	0,80	64,96***	0,05	0,94	7,49***
A*	41,32***	4,41*	43,46***	3,86	16,45***	0,02	0,74	3,27*
B*	25,69***	4,95*	20,49***	5,66*	7,11**	1,74	0,38	3,42**
C	16,54***	6,43*	18,97***	5,85*	3,72*	1,12	0,37	4,06**
T	31,77***	0,22	11,45***	0,68	14,29***	3,22	0,02	0,80
Illum D65								
L*	33,88***	6,81**	178,89***	0,80	64,88***	0,04	0,93	7,50***
A*	42,65***	5,18*	35,59***	3,07	15,34***	0,08	0,56	3,49**
B*	26,04***	4,79*	22,15***	6,22*	7,49***	1,73	0,39	3,30*
C	16,62***	6,45*	18,84***	6,09*	3,67*	1,03	0,37	4,02**
T	34,51***	0,36	12,75***	1,09	16,19***	3,80	0,01	1,20

F\*= $P < 0,05$ ; F\*\*=  $P < 0,01$ ; F\*\*\*=  $P < 0,01$

E' da sottolineare che il comportamento dell'illuminante C e di quello D65 è uguale in tutte le analisi effettuate (tabella 5.7.A).

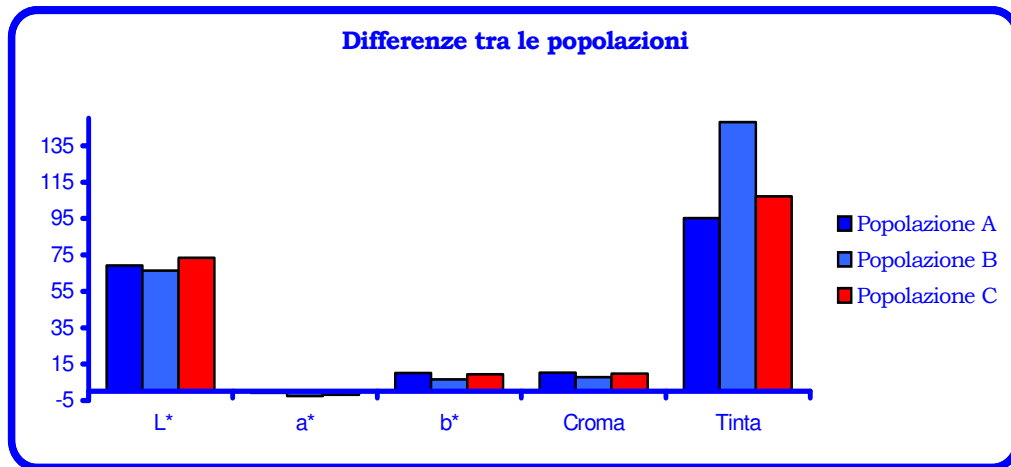


GRAFICO 5.4. COLORE

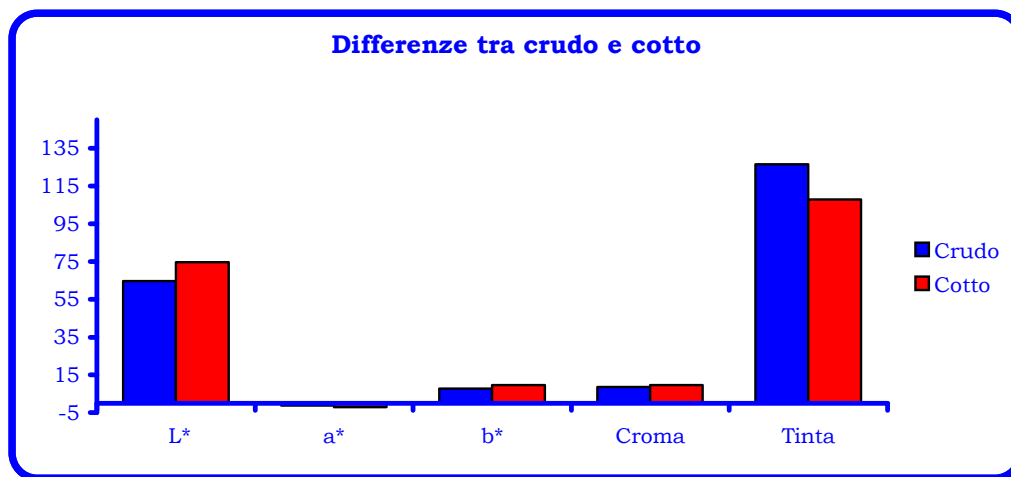


GRAFICO 5.5. FILETTI CRUDI E COTTI.

La popolazione C ha il valore di luminosità e dell'indice del giallo più elevati ( $P < 0,01$ ). La popolazione B sostanzialmente risulta essere differente dalle altre due popolazioni mostrando i valori più bassi ( $P < 0,01$ ) per tutti parametri considerati, escluso il valore della tinta superiore significativamente ( $P < 0,01$ ) (tabella 5.7.A).



	Illuminante C					Illuminante D65				
Pop.	L*	a*	b*	Croma	Tinta	L*	a*	b*	Croma	Tinta
<b>Popolazione</b>										
A	69,18 <sup>B</sup>	-0,64 <sup>A</sup>	10,25 <sup>A</sup>	10,44 <sup>A</sup>	95,16 <sup>B</sup>	69,17 <sup>B</sup>	-0,20 <sup>A</sup>	9,92 <sup>A</sup>	10,10 <sup>A</sup>	92,35 <sup>c</sup>
B	66,43 <sup>C</sup>	-2,45 <sup>C</sup>	6,55 <sup>B</sup>	7,81 <sup>B</sup>	148,07 <sup>A</sup>	66,43 <sup>C</sup>	-2,11 <sup>C</sup>	6,30 <sup>B</sup>	7,54 <sup>B</sup>	149,61 <sup>a</sup>
C	73,47 <sup>A</sup>	-1,79 <sup>B</sup>	9,40 <sup>A</sup>	9,80 <sup>A</sup>	107,14 <sup>A</sup>	73,47 <sup>A</sup>	-1,37 <sup>B</sup>	9,16 <sup>A</sup>	9,51 <sup>A</sup>	105,13 <sup>b</sup>
<b>Modalità (crudo-cotto)</b>										
Crudo	64,72 <sup>B</sup>	-1,12 <sup>A</sup>	7,80 <sup>B</sup>	8,57 <sup>B</sup>	1265,76 <sup>A</sup>	64,72 <sup>B</sup>	-0,70 <sup>B</sup>	7,50 <sup>B</sup>	8,28 <sup>B</sup>	125,55 <sup>o</sup>
Cotto	74,67 <sup>A</sup>	-2,14 <sup>B</sup>	9,67 <sup>A</sup>	9,67 <sup>A</sup>	107,81 <sup>B</sup>	74,66 <sup>A</sup>	-1,69 <sup>A</sup>	9,40 <sup>A</sup>	9,82 <sup>A</sup>	105,84 <sup>B</sup>
<b>Modalità (crudo)</b>										
A	69,55 <sup>A</sup>	-0,56 <sup>A</sup>	9,89 <sup>A</sup>	10,07 <sup>A</sup>	94,46 <sup>B</sup>	69,54 <sup>A</sup>	-0,04 <sup>B</sup>	9,55 <sup>A</sup>	9,73 <sup>A</sup>	91,58 <sup>B</sup>
B	55,63 <sup>B</sup>	-2,07 <sup>B</sup>	4,47 <sup>B</sup>	6,29 <sup>B</sup>	177,89 <sup>A</sup>	55,64 <sup>B</sup>	-1,77 <sup>A</sup>	4,18 <sup>B</sup>	6,05 <sup>B</sup>	182,51 <sup>A</sup>
C	68,98 <sup>A</sup>	-0,73 <sup>A</sup>	9,05 <sup>A</sup>	9,34 <sup>A</sup>	104,93 <sup>B</sup>	68,97 <sup>A</sup>	-0,28 <sup>B</sup>	8,78 <sup>A</sup>	9,06 <sup>A</sup>	102,56 <sup>B</sup>
<b>Modalità (cotto)</b>										
A	68,81 <sup>B</sup>	-0,73 <sup>A</sup>	10,62 <sup>A</sup>	10,82 <sup>A</sup>	95,85 <sup>b</sup>	68,8 <sup>B</sup>	-0,19 <sup>B</sup>	10,29 <sup>a</sup>	10,48 <sup>a</sup>	93,12 <sup>b</sup>
B	77,23 <sup>A</sup>	-2,84 <sup>B</sup>	8,64 <sup>B</sup>	9,34 <sup>B</sup>	118,25 <sup>a</sup>	77,22 <sup>A</sup>	-2,45 <sup>A</sup>	8,40 <sup>b</sup>	9,02 <sup>b</sup>	116,71 <sup>a</sup>
C	77,96 <sup>A</sup>	-2,84 <sup>B</sup>	9,75 <sup>AB</sup>	10,72 <sup>AB</sup>	109,35 <sup>ab</sup>	77,96 <sup>A</sup>	-2,44 <sup>A</sup>	9,52 <sup>ab</sup>	9,96 <sup>ab</sup>	107,69 <sup>ab</sup>

a,b,c=P<0,05; A, B, C= P<0,01

I filetti crudi differiscono da quelli cotti, in particolare, i campioni cotti sono più luminosi, hanno un indice del giallo e un valore della tinta superiori (P<0,01) (tabella 5.7.A); quelli crudi hanno un indice del rosso e il valore del croma superiori (P<0,01). I valori della luminosità, dell'indice del giallo e di quello del rosso dei filetti cotti è perfettamente in linea con quelli ottenuti da Regost *et al.* (2001), che hanno avuto rispettivamente: L\* 76,89. a\* -1,38 e b\* 9,40. Lo stesso discorso non può essere fatto per l'analisi cromatica dei filetti crudi, infatti, si registrano valori di luminosità e dell'indice del giallo più elevati di quelli ottenuti da Regost *et al.* (2001), dimostrando carni di colore più bianco. Possiamo inoltre affermare, che la cottura riesce a rendere meno evidenti le differenze esistenti.

Sostanzialmente non c'è differenza tra la faccia mediale o interna e quella laterale o esterna. Solo in qualche caso nella popolazione C, gruppo meno

omogeneo e con tempi di conservazione non ben conosciuti, che si manifestano differenze maggiori (tabella 5.7.B).

La popolazione B è differente ( $P < 0,05$ ) in tutti parametri considerati rispetto alle popolazioni A e C, sia per quanto riguarda la modalità di presentazione dei filetti, sia per la posizione (tabella 5.7.B). Sicuramente all'interno di ogni singolo stock di pesci non esistono differenze tra le facce interne ed esterne, soprattutto nei valori dei filetti cotti, e quindi si può affermare che, con le dovute precauzioni, non ci sono differenze (tabella 5.7.B).

## 5.7.B. COLORE

Pop.	Posizione	Illuminante C					Illuminante D65				
		L*	a*	b*	Croma	Tinta	L*	a*	b*	Croma	Tinta
<b>Allevamento*modalità*posizione (Crudo)</b>											
A	Esterno	72,67 <sup>A</sup>	-1,00 <sup>a</sup>	9,69 <sup>A</sup>	9,98 <sup>A</sup>	99,23 <sup>B</sup>	72,66 <sup>a</sup>	-0,52 <sup>A</sup>	9,39 <sup>A</sup>	9,66 <sup>A</sup>	96,88 <sup>B</sup>
B	Esterno	55,03 <sup>C</sup>	-1,87 <sup>b</sup>	4,89 <sup>B</sup>	6,53 <sup>B</sup>	169,25 <sup>A</sup>	55,02 <sup>c</sup>	-1,58 <sup>B</sup>	4,63 <sup>B</sup>	6,29 <sup>B</sup>	169,08 <sup>A</sup>
C	Esterno	68,56 <sup>B</sup>	-0,73 <sup>a</sup>	9,90 <sup>A</sup>	10,17 <sup>A</sup>	103,47 <sup>B</sup>	68,54 <sup>b</sup>	-0,25 <sup>A</sup>	9,63 <sup>A</sup>	9,88 <sup>A</sup>	101,07 <sup>B</sup>
A	Interno	66,43 <sup>A</sup>	-0,11 <sup>A</sup>	10,07 <sup>A</sup>	10,16 <sup>a</sup>	89,70 <sup>B</sup>	66,41 <sup>A</sup>	0,44 <sup>a</sup>	9,70 <sup>A</sup>	9,80 <sup>a</sup>	86,27 <sup>B</sup>
B	Interno	56,24 <sup>B</sup>	-2,25 <sup>B</sup>	4,05 <sup>B</sup>	6,05 <sup>b</sup>	186,54 <sup>A</sup>	56,25 <sup>B</sup>	-1,97 <sup>b</sup>	3,74 <sup>B</sup>	5,81 <sup>c</sup>	195,93 <sup>A</sup>
C	Interno	69,42 <sup>A</sup>	-0,73 <sup>A</sup>	8,20 <sup>A</sup>	8,50 <sup>a</sup>	106,39 <sup>B</sup>	69,41 <sup>A</sup>	-0,32 <sup>a</sup>	7,94 <sup>A</sup>	8,24 <sup>b</sup>	104,04 <sup>B</sup>
<b>Allevamento*modalità*posizione (Cotto)</b>											
A	Esterno	72,18 <sup>b</sup>	-1,38 <sup>A</sup>	10,06 <sup>ab</sup>	10,28 <sup>ab</sup>	99,18	72,17 <sup>b</sup>	-0,91 <sup>B</sup>	9,79 <sup>ab</sup>	9,97 <sup>ab</sup>	96,79
B	Esterno	75,49 <sup>ab</sup>	-2,76 <sup>B</sup>	9,30 <sup>b</sup>	9,84 <sup>b</sup>	110,17	75,48 <sup>a</sup>	-2,35 <sup>A</sup>	9,07 <sup>b</sup>	9,52 <sup>b</sup>	108,54
C	Esterno	76,42 <sup>a</sup>	-2,95 <sup>B</sup>	11,49 <sup>a</sup>	11,95 <sup>a</sup>	106,3	76,25 <sup>a</sup>	-2,45 <sup>A</sup>	11,25 <sup>a</sup>	11,61 <sup>a</sup>	104,50
A	Interno	65,44 <sup>B</sup>	-0,06 <sup>A</sup>	11,18 <sup>A</sup>	11,34 <sup>A</sup>	92,51 <sup>b</sup>	65,42 <sup>B</sup>	0,52 <sup>B</sup>	10,79 <sup>A</sup>	10,98 <sup>a</sup>	89,45 <sup>b</sup>
B	Interno	78,97 <sup>A</sup>	-2,91 <sup>B</sup>	7,97 <sup>B</sup>	8,84 <sup>B</sup>	126,32 <sup>a</sup>	78,96 <sup>A</sup>	-2,54 <sup>A</sup>	7,73 <sup>B</sup>	8,53 <sup>b</sup>	124,89 <sup>a</sup>
C	Interno	79,67 <sup>A</sup>	-2,78 <sup>B</sup>	8,00 <sup>B</sup>	8,59 <sup>B</sup>	112,4 <sup>ab</sup>	79,67 <sup>A</sup>	-2,44 <sup>A</sup>	7,81 <sup>B</sup>	8,31 <sup>b</sup>	110,88 <sup>a</sup>
<b>Allevamento*modalità*posizione (Crudo)</b>											
A	Esterno	72,67 <sup>A</sup>	-1,00 <sup>a</sup>	9,69	9,98	99,23	72,66 <sup>A</sup>	-0,51	9,39	9,66	96,89
A	Interno	66,43 <sup>B</sup>	-0,11 <sup>b</sup>	10,07	10,16	89,7	66,41 <sup>B</sup>	0,44	9,70	9,80	86,27
B	Esterno	55,02	-1,87	4,89	6,53	169,25	55,02	-1,58	4,62	6,29	169,08
B	Interno	56,24	-2,25	4,05	6,05	186,54	56,25	-1,97	3,78	5,81	195,93
C	Esterno	68,55	-0,73	9,90 <sup>a</sup>	10,17 <sup>a</sup>	103,47	68,54	-0,25	9,73 <sup>a</sup>	10,98 <sup>a</sup>	101,08
C	Interno	69,42	-0,73	8,20 <sup>b</sup>	8,50 <sup>b</sup>	106,39	69,41	-0,32	7,94 <sup>b</sup>	8,24 <sup>b</sup>	104,04
<b>Allevamento*modalità*posizione (Cotto)</b>											
A	Esterno	72,18 <sup>A</sup>	-1,38 <sup>A</sup>	10,06	10,28	99,18	72,17 <sup>A</sup>	-0,91 <sup>A</sup>	9,79	9,97	96,79
A	Interno	65,44 <sup>B</sup>	-0,06 <sup>B</sup>	11,18	11,34	92,51	65,42 <sup>B</sup>	0,52 <sup>B</sup>	10,79	10,98	89,45
B	Esterno	75,48	-2,67	9,30	9,84	110,17	75,48	-2,35	9,07	9,52	108,54
B	Interno	78,97	-2,91	7,97	8,84	126,32	78,96	-2,54	7,73	8,53	124,89
C	Esterno	76,25 <sup>b</sup>	-2,91	11,49 <sup>A</sup>	11,95 <sup>A</sup>	106,3	76,25 <sup>b</sup>	-2,45	11,25 <sup>A</sup>	11,61 <sup>A</sup>	104,51
C	Interno	79,67 <sup>a</sup>	-2,78	8,00 <sup>B</sup>	8,59 <sup>B</sup>	112,4	79,67 <sup>a</sup>	-2,44	7,81 <sup>B</sup>	8,31 <sup>B</sup>	110,88

a, b, c=P&lt;0,05; A, B, C= P&lt;0,01

## 5.3.4. REOLOGIA

## 5.3.4.1. TEXTURE PROFILE ANALISYS (TPA)

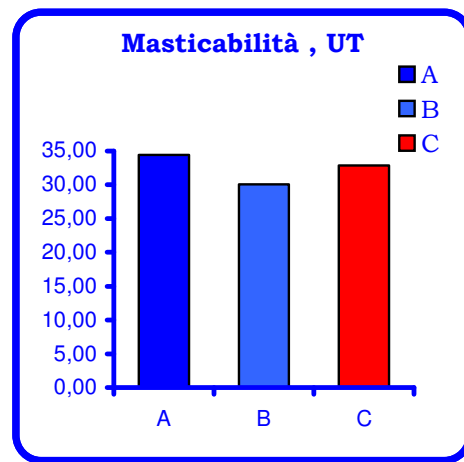
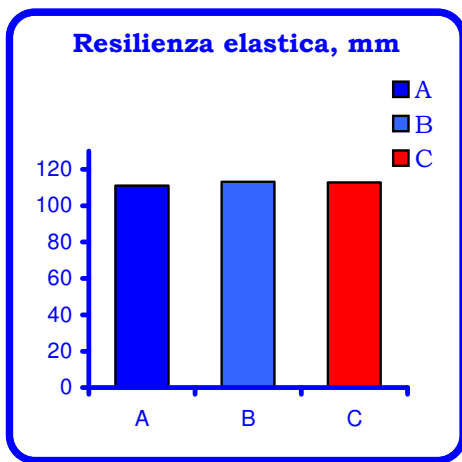
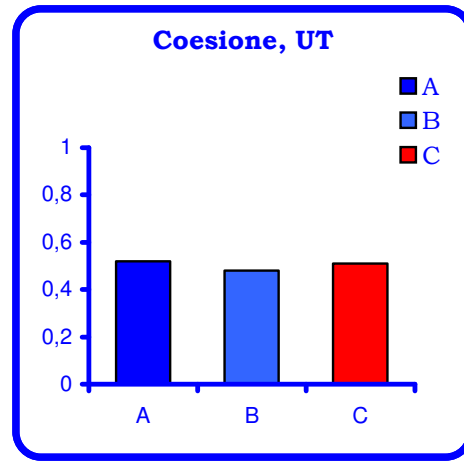
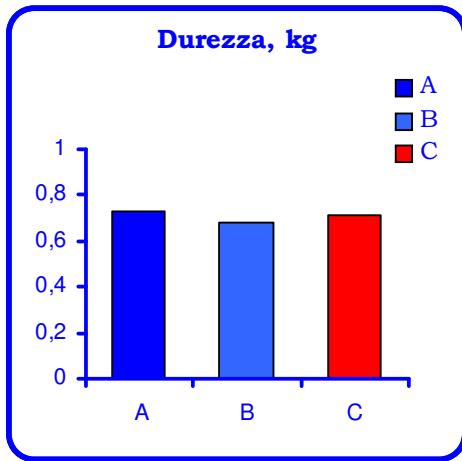
La tipologia d'allevamento non determina una tangibile influenza sulla qualità del filetto riscontrabile con l'analisi della texture, quindi non esistono differenze apprezzabili (grafico 5.6). Il filetto dorsale solo in alcuni casi è differente dal ventrale, imputabile alla maggior presenza di lipidi nel filetto ventrale (Regost *et al.*, 2003). Il profilo tessurometrico dei campioni crudi e di quelli cotti è differente ( $P < 0,01$ ) (tabella 5.8).

TABELLA 5.8. VALORE DELLA F DEL TPA.

Parametro	F				
	Allevamento	Lato	Modalità	All*Mod	All*Lato*Mod
Durezza	0,66	4,36*	211,03***	0,23	2,29*
Coesione	4,31*	0,27	40,3,39***	3,48*	0,84
Res. Elastica	0,74	4,54*	202,45***	0,65	2,79*
Gommosità	2,29	4,61*	30,39***	0,59	0,50
Masticabilità	3,83*	2,11	6,82**	0,89	0,50

F\*= $P < 0,05$ ; F\*\*=  $P < 0,01$ ; F\*\*\*=  $P < 0,01$

Nello specifico, dall'analisi statistica riportata in tabella 5.9.A e B, si nota che non ci sono differenze determinate dall'allevamento (grafico 5.6). I filetti crudi ed i cotti sono totalmente differenti, in particolare i primi hanno valori più elevati di durezza, gommosità e masticabilità, mentre i secondi hanno valori più elevati di coesione e resilienza elastica (tabella 5.9.A).



UT: unità tessurometriche

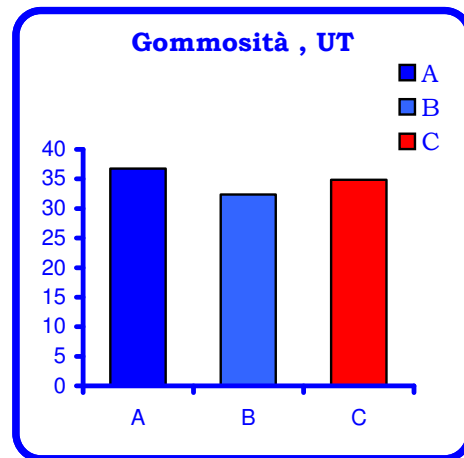


GRAFICO 5.6. ANALISI DEL TPA.

TABELLA 5.9.A. TEXTURE PROFILE ANALISYS.

<b>Allevamento</b>					
Pop.	Durezza	Coesione	Res. Elastica	Gommosità	Masticabilità
A	0,73	0,52 <sup>a</sup>	111,06	34,44 <sup>a</sup>	36,73 <sup>a</sup>
B	0,68	0,48 <sup>b</sup>	113,04	30,05 <sup>b</sup>	32,33 <sup>b</sup>
C	0,71	0,51 <sup>a</sup>	112,72	32,88 <sup>ab</sup>	34,81 <sup>ab</sup>
<b>Modalità (crudo-cotto)</b>					
Crudo	0,96 <sup>A</sup>	0,40 <sup>B</sup>	102,43 <sup>B</sup>	36,84 <sup>A</sup>	36,22 <sup>A</sup>
Cotto	0,45 <sup>B</sup>	0,62 <sup>A</sup>	122,12 <sup>A</sup>	28,08 <sup>B</sup>	33,03 <sup>B</sup>
<b>Allevamento-Modalità (Crudo)</b>					
A	0,99	0,40	100,70	38,50	37,30
B	0,94	0,40	102,68	35,63	35,02
C	0,95	0,40	103,91	36,40	36,34
<b>Allevamento-Modalità (Cotto)</b>					
A	0,47	0,65 <sup>a</sup>	121,43	30,39 <sup>a</sup>	36,17 <sup>a</sup>
B	0,42	0,57 <sup>b</sup>	123,40	24,48 <sup>b</sup>	29,64 <sup>b</sup>
C	0,48	0,62 <sup>a</sup>	121,53	29,36 <sup>ab</sup>	33,28 <sup>a</sup>

a, b, c=P<0,05; A, B, C= P<0,01

TABELLA 5.9.B. TEXTURE PROFILE ANALISYS.

<b>Allevamento*Lato*Modalità (Crudo)</b>						
<b>Pop.</b>	<b>Lato</b>	<b>Durezza</b>	<b>Coesione</b>	<b>Res. Elastica</b>	<b>Gommosità</b>	<b>Masticabilità</b>
A	Dorsale	0,95	0,41	102,13	38,82	38,30
B	Dorsale	1,00	0,39	100,03	37,32	35,40
C	Dorsale	1,09	0,39	97,93	40,36	37,75
A	Ventrare	1,02 <sup>a</sup>	0,39	99,26 <sup>b</sup>	38,18	36,29
B	Ventrare	0,87 <sup>b</sup>	0,41	105,33 <sup>ab</sup>	33,93	34,64
C	Ventrare	0,81 <sup>b</sup>	0,41	109,89 <sup>a</sup>	32,44	34,94
<b>Allevamento*Lato*Modalità (Cotto)</b>						
A	Dorsale	0,48	0,68	120,81	32,07	37,93 <sup>a</sup>
B	Dorsale	0,43	0,58	122,96	25,93	31,23 <sup>b</sup>
C	Dorsale	0,50	0,62	120,93	30,50	32,47 <sup>ab</sup>
A	Ventrare	0,45	0,63	122,04	28,72	34,42
B	Ventrare	0,41	0,56	123,83	23,04	28,05
C	Ventrare	0,45	0,63	122,13	28,21	34,09
<b>Allevamento*Lato*Modalità (Crudo)</b>						
A	Dorsale	0,95	0,41	102,13	38,82	38,30
A	Ventrare	1,02	0,39	99,27	38,18	36,29
B	Dorsale	1,00	0,39	100,03	37,32	35,40
B	Ventrare	0,87	0,41	105,33	33,93	34,64
C	Dorsale	1,09 <sup>A</sup>	0,39	97,93 <sup>B</sup>	40,36 <sup>a</sup>	37,75
C	Ventrare	0,81 <sup>B</sup>	0,41	109,89 <sup>A</sup>	32,44 <sup>b</sup>	34,94
<b>Allevamento*Lato*Modalità (Cotto)</b>						
A	Dorsale	0,48	0,67	120,81	32,07	37,93
A	Ventrare	0,45	0,63	122,04	28,72	34,42
B	Dorsale	0,43	0,58	122,96	25,92	31,22
B	Ventrare	0,41	0,56	123,83	23,04	28,05
C	Dorsale	0,50	0,62	120,93	30,50	32,47
C	Ventrare	0,45	0,63	122,13	28,30	34,09

a, b, c=P<0,05; A, B, C= P<0,01

#### 5.3.4.2. TAGLIO

I risultati ottenuti con l'analisi della forza di taglio dimostrano che la tipologia di allevamento e la cottura dei filetti possono dare luogo a delle differenze nella qualità della carne, inoltre, i filetti dorsali risultano differenti da quelli ventrali (tabella 5.10).

TABELLA 5.10. VALORE DELLA F DELLA FORZA DI TAGLIO.

Parametro	F					
	Allevamento	Lato	Modalità	All*Lato	All*Mod	All*Lato*Mod
WBS	7,49***	18,35***	1359,71***	3,78*	2,27	9,74***
Elasticità	43,85***	0,36	7,95**	1,53	4,88**	0,55
Lavoro	15,40***	10,15**	872,74***	3,04*	0,57	6,01***

F\*=P<0,05; F\*\*= P<0,01; F\*\*\*= P<0,01

Analizzando i valori riportati nella tabella 5.11.A, si nota che le tre popolazioni mostrano un comportamento differente. I filetti dello stock di pesci A hanno dei valori più elevati di forza di WBS, elasticità e lavoro (P<0,01) (tabella 5.11.A). Emerge chiaramente anche la differenza di consistenza che determina la cottura, infatti, i filetti crudi oppongono una resistenza maggiore alla lama e sono più elastici (P<0,01).

Lo stesso comportamento emerge nel lavoro effettuato da Regost et al. (2001), infatti, i filetti crudi hanno una resistenza al taglio e un valore del lavoro nettamente superiori, mentre il valore dell'elasticità è comparabile. Le popolazioni A e B, infine, hanno il filetto dorsale crudo differente da quello ventrale, mentre, la cottura elimina tale discrepanza per tutte le popolazioni (P<0,05) (tabella 5.11.B).



TABELLA 5.11.A. FORZA DI TAGLIO.

Pop.	WBS (kg/cm <sup>2</sup> )	Elasticità (cm/10)	Lavoro (kgm)
<b>Allevamento</b>			
A	0,47 <sup>A</sup>	26,50 <sup>A</sup>	0,13 <sup>A</sup>
B	0,41 <sup>B</sup>	21,34 <sup>B</sup>	0,09 <sup>C</sup>
C	0,41 <sup>B</sup>	26,76 <sup>A</sup>	0,11 <sup>B</sup>
<b>Modalità</b>			
Crudo	0,69 <sup>A</sup>	25,58 <sup>A</sup>	0,18 <sup>A</sup>
Cotto	0,17 <sup>B</sup>	24,14 <sup>B</sup>	0,04 <sup>B</sup>
<b>Allevamento-Modalità (Crudo)</b>			
A	0,75 <sup>A</sup>	26,24 <sup>A</sup>	0,20 <sup>A</sup>
B	0,67 <sup>B</sup>	23,21 <sup>B</sup>	0,16 <sup>C</sup>
C	0,66 <sup>B</sup>	27,31 <sup>A</sup>	0,18 <sup>B</sup>
<b>Allevamento-Modalità (Cotto)</b>			
A	0,19	26,76 <sup>A</sup>	0,06 <sup>a</sup>
B	0,15	19,47 <sup>B</sup>	0,03 <sup>b</sup>
C	0,17	26,20 <sup>A</sup>	0,04 <sup>a</sup>

a, b, c=P<0,05; A, B, C= P<0,01

TABELLA 5.11.B. FORZA DI TAGLIO.

<b>Allevamento-Modalità-Lato (Crudo)</b>				
<b>Pop.</b>	<b>Lato</b>	<b>WBS (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Elasticità (cm/10)</b>	<b>Lavoro (kgm)</b>
A	Dorsale	0,83 <sup>A</sup>	26,1	0,22 <sup>A</sup>
B	Dorsale	0,78 <sup>A</sup>	23,53	0,19 <sup>B</sup>
C	Dorsale	0,68 <sup>B</sup>	27,03	0,18 <sup>B</sup>
A	Ventrare	0,67 <sup>A</sup>	26,37 <sup>a</sup>	0,18 <sup>A</sup>
B	Ventrare	0,56 <sup>B</sup>	22,89 <sup>b</sup>	0,13 <sup>B</sup>
C	Ventrare	0,64 <sup>A</sup>	27,59 <sup>a</sup>	0,18 <sup>A</sup>
<b>Allevamento-Modalità-Lato (Cotto)</b>				
A	Dorsale	0,18	26,84 <sup>A</sup>	0,05 <sup>a</sup>
B	Dorsale	0,14	19,69 <sup>B</sup>	0,03 <sup>b</sup>
C	Dorsale	0,16	25,08 <sup>A</sup>	0,04 <sup>a</sup>
A	Ventrare	0,20	26,69 <sup>A</sup>	0,06 <sup>a</sup>
B	Ventrare	0,16	19,25 <sup>B</sup>	0,03 <sup>b</sup>
C	Ventrare	0,17	27,33 <sup>A</sup>	0,05 <sup>ab</sup>
<b>Allevamento-Modalità-Lato (Crudo)</b>				
A	Dorsale	0,83 <sup>A</sup>	26,10	0,22 <sup>A</sup>
A	Ventrare	0,67 <sup>B</sup>	26,37	0,18 <sup>B</sup>
B	Dorsale	0,77 <sup>A</sup>	23,53	0,19 <sup>A</sup>
B	Ventrare	0,55 <sup>B</sup>	22,89	0,13 <sup>B</sup>
C	Dorsale	0,67	27,03	0,18
C	Ventrare	0,64	27,59	0,18
<b>Allevamento-Modalità-Lato (Cotto)</b>				
A	Dorsale	0,18	26,84	0,05
A	Ventrare	0,19	26,69	0,06
B	Dorsale	0,14	19,68	0,03
B	Ventrare	0,16	19,25	0,03
C	Dorsale	0,17	25,08 <sup>b</sup>	0,04
C	Ventrare	0,17	27,33 <sup>a</sup>	0,05

a, b, c=P&lt;0,05; A, B, C= P&lt;0,01

## 5.3.4.3. TEST DI COMPRESSIONE

La tipologia d'allevamento, così come la cottura, sono responsabili delle differenze sul prodotto finale rilevabili con il test della compressione. Risulta differente anche il filetto dorsale del rombo da quello ventrale (tabella 5.12).

TABELLA 5.12. VALORE DELLA F DELLA FORZA DI COMPRESSIONE.

Parametro	F				
	Allevamento	Lato	Modalità	All*Mod	All*Lato*Mod
Durezza	18,08***	5,40*	435,76***	8,16***	0,49
Elasticità	50,61***	20,00***	58,53***	5,35**	0,73
Coesione	13,90***	4,89*	523,08***	0,78	1,26
Masticabilità	23,90***	3,80	54,94***	11,15***	1,28
Strani	54,65***	13,79***	42,58***	4,25*	0,82
Stress	18,09***	5,42*	435,65***	8,20***	0,50

F\*=P<0,05; F\*\*= P<0,01; F\*\*\*= P<0,01

In linea di massima, i pesci della popolazione A hanno i valori di durezza, masticabilità e stress maggiori e differiscono da quelli degli altri due stocks (P<0,05), mentre la carne dei pesci appartenenti alla popolazione B è più elastica (P<0,05) (tabella 5.12.A). I filetti crudi sono più duri e con valori di stress superiori (P<0,01), viceversa i filetti duri sono più elastici e hanno valori più elevati di coesione, masticabilità e strain (P<0,01).

TABELLA 5.12.A. FORZA DI COMPRESSIONE.

Pop.	Durezza	Elasticità	Coesione	Masticabilità.	Strain	Stress	Comp
<b>Allevamento</b>							
A	7,64 <sup>a</sup>	4,28 <sup>B</sup>	0,21 <sup>b</sup>	5,60 <sup>A</sup>	0,47 <sup>B</sup>	1,51 <sup>a</sup>	0,63 <sup>B</sup>
B	6,55 <sup>b</sup>	4,71 <sup>A</sup>	0,17 <sup>c</sup>	3,63 <sup>B</sup>	0,51 <sup>A</sup>	1,29 <sup>b</sup>	0,61 <sup>C</sup>
C	5,88 <sup>c</sup>	3,32 <sup>C</sup>	0,23 <sup>a</sup>	3,53 <sup>B</sup>	0,37 <sup>C</sup>	1,16 <sup>c</sup>	0,69 <sup>A</sup>
<b>Modalità</b>							
Crudo	9,35 <sup>A</sup>	3,64 <sup>B</sup>	0,10 <sup>B</sup>	3,23 <sup>B</sup>	0,41 <sup>B</sup>	1,85 <sup>A</sup>	0,67 <sup>A</sup>
Cotto	4,03 <sup>B</sup>	4,57 <sup>A</sup>	0,30 <sup>A</sup>	5,29 <sup>A</sup>	0,49 <sup>A</sup>	0,80 <sup>B</sup>	0,62 <sup>B</sup>
<b>Allevamento-Modalità (Crudo)</b>							
A	10,41 <sup>A</sup>	3,54 <sup>C</sup>	0,11 <sup>ab</sup>	3,68 <sup>a</sup>	0,40 <sup>B</sup>	2,06 <sup>A</sup>	0,67 <sup>B</sup>
B	9,74 <sup>A</sup>	4,47 <sup>A</sup>	0,08 <sup>b</sup>	3,41 <sup>ab</sup>	0,48 <sup>A</sup>	1,92 <sup>A</sup>	0,62 <sup>C</sup>
C	7,89 <sup>B</sup>	2,91 <sup>B</sup>	0,13 <sup>a</sup>	2,59 <sup>b</sup>	0,35 <sup>C</sup>	1,56 <sup>B</sup>	0,71 <sup>A</sup>
<b>Allevamento-Modalità (Cotto)</b>							
A	4,87 <sup>a</sup>	5,02 <sup>A</sup>	0,31 <sup>A</sup>	7,52 <sup>A</sup>	0,53 <sup>A</sup>	0,96 <sup>a</sup>	0,60 <sup>B</sup>
B	3,35 <sup>b</sup>	4,95 <sup>A</sup>	0,26 <sup>B</sup>	3,86 <sup>B</sup>	0,54 <sup>A</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,59 <sup>B</sup>
C	3,88 <sup>b</sup>	3,73 <sup>B</sup>	0,32 <sup>A</sup>	4,48 <sup>B</sup>	0,39 <sup>B</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,69 <sup>A</sup>

a, b, c=P&lt;0,05; A, B, C= P&lt;0,01

La popolazione C ha un comportamento differente rispetto alle altre due, mostra i valori più bassi per tutti i parametri tranne che per l'elasticità, sia per la modalità che per il lato (tabella 5.12.B). Così come per le altre prove di reologia, anche per la forza di compressione,

Il filetto dorsale crudo, solo per la popolazione C, differisce da quello ventrale, disuguaglianza attribuibile anche in questo caso al tempo di conservazione diverso dei campioni appartenenti a questo gruppo (tabella 5.12.B).

TABELLA 5.12.B. FORZA DI COMPRESSIONE.

Allevamento-Modalità-Lato (Crudo)								
Pop.	Lato	Durezza	Elasticità	Coesione	Mastica.	Strain	Stress	Comp
A	Dorsale	10,57 <sup>A</sup>	3,57 <sup>B</sup>	0,11	3,88 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	2,09 <sup>a</sup>	0,67 <sup>A</sup>
B	Dorsale	9,82 <sup>A</sup>	4,89 <sup>A</sup>	0,07	3,27 <sup>ab</sup>	0,52 <sup>a</sup>	1,94 <sup>a</sup>	0,60 <sup>B</sup>
C	Dorsale	8,45 <sup>B</sup>	3,22 <sup>B</sup>	0,10	2,52 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>	1,67 <sup>b</sup>	0,69 <sup>A</sup>
A	Ventrale	10,25 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	3,49	0,40 <sup>A</sup>	2,02 <sup>A</sup>	0,67 <sup>B</sup>
B	Ventrale	9,67 <sup>a</sup>	4,06 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>	3,53	0,44 <sup>A</sup>	1,91 <sup>A</sup>	0,65 <sup>B</sup>
C	Ventrale	7,32 <sup>b</sup>	2,59 <sup>b</sup>	0,31 <sup>a</sup>	2,66	0,31 <sup>B</sup>	1,45 <sup>B</sup>	0,73 <sup>A</sup>
Allevamento-Modalità-Lato (Cotto)								
A	Dorsale	5,34 <sup>A</sup>	5,27 <sup>A</sup>	0,30 <sup>a</sup>	8,46 <sup>A</sup>	0,54 <sup>A</sup>	1,01 <sup>a</sup>	0,59
B	Dorsale	3,74 <sup>B</sup>	5,25 <sup>A</sup>	0,09 <sup>b</sup>	4,36 <sup>B</sup>	0,56 <sup>A</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,58
C	Dorsale	3,99 <sup>B</sup>	4,04 <sup>B</sup>	0,15 <sup>a</sup>	4,68 <sup>B</sup>	0,42 <sup>B</sup>	0,79 <sup>b</sup>	0,66
A	Ventrale	4,39 <sup>a</sup>	4,76 <sup>A</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	6,59 <sup>A</sup>	0,51 <sup>A</sup>	0,87 <sup>a</sup>	0,61 <sup>b</sup>
B	Ventrale	2,96 <sup>b</sup>	4,65 <sup>A</sup>	0,27 <sup>b</sup>	3,36 <sup>B</sup>	0,52 <sup>A</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,60 <sup>b</sup>
C	Ventrale	3,77 <sup>ab</sup>	3,42 <sup>B</sup>	0,34 <sup>A</sup>	4,68 <sup>B</sup>	0,37 <sup>B</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	0,69 <sup>a</sup>
Allevamento-Modalità-Lato (Crudo)								
A	Dorsale	10,57	3,57	0,11	3,88	0,41	2,09	0,67
A	Ventrale	10,25	3,51	0,10	3,49	0,40	2,02	0,67
B	Dorsale	9,82	4,88 <sup>a</sup>	0,07	3,28	0,52 <sup>a</sup>	1,94	0,60 <sup>b</sup>
B	Ventrale	9,67	4,06 <sup>b</sup>	0,09	3,53	0,44 <sup>b</sup>	1,90	0,65 <sup>a</sup>
C	Dorsale	8,45 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	0,10 <sup>B</sup>	2,52	0,38 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,69 <sup>b</sup>
C	Ventrale	7,32 <sup>b</sup>	2,59 <sup>b</sup>	0,31 <sup>A</sup>	2,66	0,31 <sup>b</sup>	1,45 <sup>b</sup>	0,73 <sup>a</sup>
Allevamento-Modalità-Lato (Cotto)								
A	Dorsale	5,34	5,27	0,30	8,46 <sup>a</sup>	0,54	1,06	0,59
A	Ventrale	4,39	4,76	0,31	6,59 <sup>b</sup>	0,51	0,87	0,61
B	Dorsale	3,74 <sup>a</sup>	5,25	0,25	4,36	0,56	0,74	0,58
B	Ventrale	2,96 <sup>b</sup>	4,65	0,27	3,36	0,52	0,58	0,60
C	Dorsale	3,99	4,04 <sup>a</sup>	0,31	4,68	0,412 <sup>a</sup>	0,79	0,66 <sup>b</sup>
C	Ventrale	3,77	3,42 <sup>b</sup>	0,34	4,28	0,37 <sup>b</sup>	0,74	0,69 <sup>a</sup>

a, b, c=P&lt;0,05; A, B, C= P&lt;0,01

## 5.3.5. COMPOSIZIONE CHIMICA

L'analisi statistica della composizione chimica nutrizionale percentuale mette in risalto che i valori dei singoli parametri analizzati, in sostanza, sono comparabili. Esistono delle differenze significative nella quantità percentuale di sostanza secca, di lipidi, di ceneri e di energia totale espressa in kcal/100g di parte edule (tabella 5.13).

5.13. VALORE DELLA F DELLA COMPOSIZIONE CHIMICA.

Parametro	F
	Allevamento
Sostanza secca	3,47*
Protidi	1,63
Lipidi	5,87**
Ceneri	6,45**
Glucidi	1,04
Energia Totale	3,70*

F\*=P<0,05; F\*\*= P<0,01.

Il muscolo dei pesci del gruppo B conteneva il più alto contenuto di sostanza secca, di lipidi, di protidi, di ceneri e d'energia totale con percentuali rispettivamente del 24,19±1,20%, del 18,66±0,76%, del 1,64±0,32%, del 1,14±0,22% e del 105,83±5,80 (P<0,05). I filetti appartenenti al gruppo C contenevano la quantità più elevata di lipidi (tabella 5.14).

5.14. COMPOSIZIONE CHIMICA

Pop.	Sostanza secca	Proteine	Grassi	Ceneri	Glucidi	Energia totale kcal/100g
0	16,96±1,19	14,93±0,92	0,58±0,25	0,96±0,38	0,54±0,43	71,14±5,83
A	22,51±0,99 <sup>b</sup>	17,97±1,23	1,21±0,31 <sup>b</sup>	1,02±0,24 <sup>b</sup>	2,31±0,67	97,13±4,63 <sup>b</sup>
B	24,19±1,20 <sup>a</sup>	18,66±0,76	1,64±0,32 <sup>a</sup>	1,14±0,22 <sup>a</sup>	2,76±0,91	105,83±5,80 <sup>a</sup>
C	22,96±1,96 <sup>b</sup>	17,99±1,12	1,85±0,64 <sup>a</sup>	0,83±0,25 <sup>b</sup>	2,29±1,01	102,93±9,63 <sup>ab</sup>
A,b=(P<0,05); A,B=(P<0,01)						

La percentuale di sostanza secca delle popolazioni A e B, allevate a circuito chiuso, è superiore a quello segnalato da Regost *et al.* (2003) con

pesci del peso medio di 920 g, è superiore anche ai valori ottenuti da Mallakh *et al.* (1998), Fournier *et al.* (2004) e Peres *et al.* (2005) su pesci di piccole dimensioni. La sostanza secca rilevata da Burel *et al.* (1996), da Regost *et al.* (1999 e 2001), da Oliva-Teles *et al.* (1999) e da Imsland *et al.* (2001) è superiore alle percentuali di questo lavoro. La quantità di protidi è più elevata di quella registrata da Burel *et al.* (1996), da Oliva-Teles *et al.* (1999), Regost *et al.* (1999 e 2001), Imsland *et al.* (2001), da Fournier *et al.* (2004) e Peres *et al.* (2005). Soltanto Regost *et al.* (2003) con pesci del peso medio di 920 g ha trovato una quantità pari al 20-21% di proteine.

La quantità di lipidi è pari a 1,21-1,85%, valore comparabile solo ai valori segnalati da Regost *et al.* (2003) e da Peres *et al.* (2005), mentre, sono molto basse rispetto a quelle emerse dagli studi di Burel *et al.* (1996), da Oliva-Teles *et al.* (1999), Regost *et al.* (1999 e 2001), Imsland *et al.* (2001) e da Fournier *et al.* (2004).

Nel grafico 5.7. si nota nello specifico che la popolazione B contiene quantità maggiori di proteine e di ceneri. Nei pesci allevati a circuito chiuso le quantità di sostanza secca e di proteine sono aumentate notevolmente, partendo da valori rispettivamente del  $16,96 \pm 1,19$  e  $14,93 \pm 0,92\%$  valori ottenuti dai filetti dei pesci sacrificati all'inizio dello studio.

GRAFICO 5.7. SOSTANZA SECCA E PROTIDI.

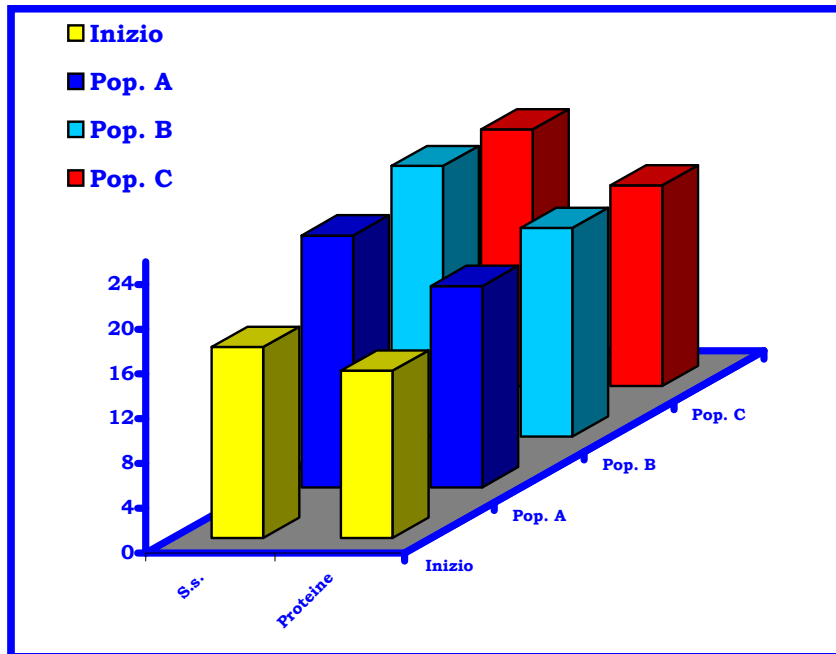
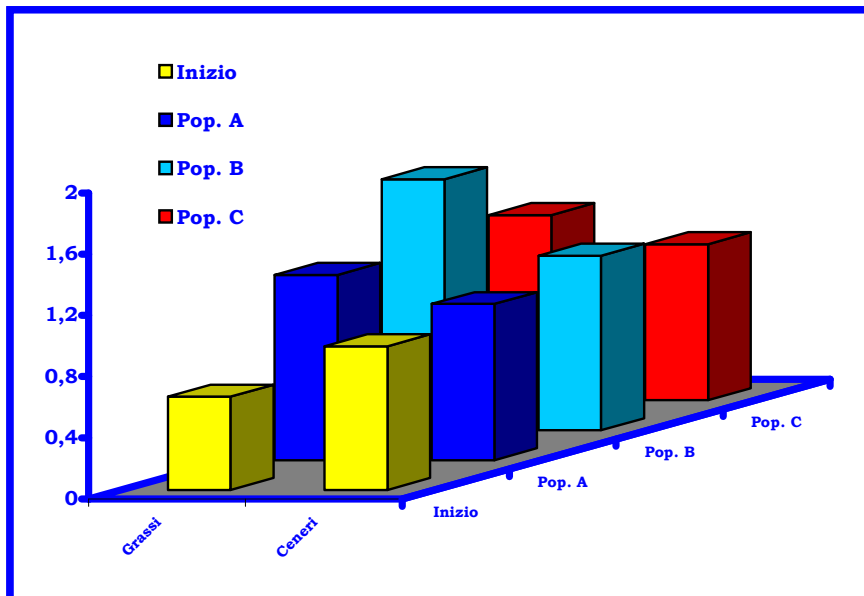


GRAFICO 5.8. LIPIDI E CENERI.



La quantità di lipidi totali o grezzi contenuta nel muscolo dei pesci è aumentata notevolmente al crescere del peso corporeo (grafico 5.8).

Mettendo in relazione la composizione nutrizionale con il peso degli animali, a partire da un peso medio di superiore ai 600 grammi, si assiste



tendenzialmente ad un aumento del contenuto di sostanza secca, di proteine, di lipidi e d'energia totale espressa come kcal/100g di parte edule (tabella 15.5).

TABELLA 5.15. RELAZIONE TRA PESO, ALLEVAMENTO E COMPOSIZIONE PERCENTUALE.

Specie	Peso g/% sostanza secca							
	200	300	400	600	700	800	900	1000
Rombo 1	17,16	17,01	15,86					
Rombo 2				20,31	23,04	23,78		
Rombo 3				24,02	22,19	23,73	23,90	24,06
Specie	Peso g/% protidi							
Rombo 1	15,02	15,08	13,83					
Rombo 2				17,04	17,82	18,45		
Rombo 3				18,29	17,47	18,70	18,41	19,00
Specie	Peso g/% lipidi							
Rombo 1	0,64	0,54	0,51					
Rombo 2				1,20	2,12	1,83		
Rombo 3				1,51	1,20	1,41	1,51	1,62
Specie	Peso g/% ceneri							
Rombo 1	0,71	1,10	1,23					
Rombo 2				0,72	0,80	0,89		
Rombo 3				1,33	1,06	1,04	1,16	0,92
Specie	Peso g/% energia							
Rombo 1	73,14	70,55	64,87					
Rombo 2				89,17	104,65	105,99		
Rombo 3				103,63	95,52	101,70	103,82	106,14
			<sup>(1)</sup> Allevate in gabbie a mare.					
			<sup>(2)</sup> GDO, allevato a mare.					
			<sup>(3)</sup> Allevate a circuito chiuso.					

5.3.6. COMPOSIZIONE DEGLI ACIDI GRASSI

L'analisi della composizione acidica ed in particolare degli acidi grassi caratterizzanti il grasso di pesce è riportata nella tabella 5.16.

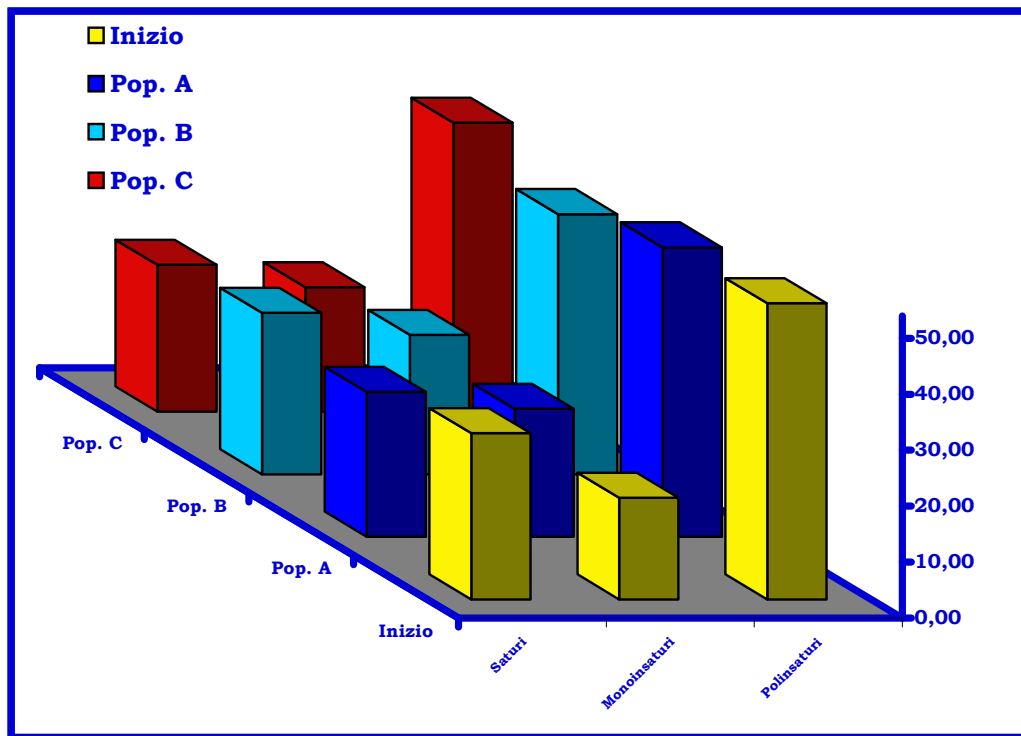
TABELLA 5.16.

Parametro	F	Inizio	Pop. A	Pop. B	Pop. C
	Allevamento				
SFA	23,62***	29,74±0,81 <sup>A</sup>	25,92±1,17 <sup>B</sup>	28,86±0,74 <sup>A</sup>	26,21±1,63 <sup>B</sup>
MFA	8,28**	18,17±0,51 <sup>c</sup>	21,02±1,07 <sup>b</sup>	24,87±0,73 <sup>a</sup>	22,25±0,72 <sup>b</sup>
PUFA	33,49***	52,94±0,78 <sup>a</sup>	51,75±2,32 <sup>a</sup>	46,48±1,28 <sup>b</sup>	51,65±1,58 <sup>a</sup>
n-6	29,67***	12,52±0,45 <sup>c</sup>	13,68±1,09 <sup>b</sup>	12,97±0,57 <sup>c</sup>	14,87±0,56 <sup>a</sup>
n-3	35,12***	39,26±0,68 <sup>A</sup>	36,9±1,82 <sup>B</sup>	32,64±1,36 <sup>C</sup>	35,85±1,45 <sup>B</sup>
n-3/n-6	43,76***	3,14±0,13 <sup>a</sup>	2,71±0,21 <sup>b</sup>	2,52±0,17 <sup>c</sup>	2,42±0,12 <sup>c</sup>
IT	1,40	0,18±0,01	0,17±0,01	0,18±0,01	0,18±0,02
IA	4,20*	0,43±0,02 <sup>b</sup>	0,48±0,05 <sup>a</sup>	0,50±0,03 <sup>a</sup>	0,47±0,05 <sup>a</sup>
EPA	71,36***	9,81±0,61 <sup>b</sup>	7,83±0,45 <sup>c</sup>	8,19±0,15 <sup>c</sup>	10,47±0,71 <sup>a</sup>
DHA	71,85***	20,79±0,58 <sup>A</sup>	19,37±0,96 <sup>B</sup>	15,44±0,86 <sup>D</sup>	17,71±0,87 <sup>C</sup>
C14	40,37***	2,81±0,34 <sup>B</sup>	4,99±0,59 <sup>A</sup>	5,06±0,37 <sup>A</sup>	4,79±0,56 <sup>A</sup>
C14:1	7,26***	0,42±0,07 <sup>a</sup>	0,33±0,09 <sup>b</sup>	0,32±0,06 <sup>b</sup>	0,28±0,05 <sup>b</sup>
C15	1,52	0,49±0,09	0,50±0,07	0,48±0,05	0,45±0,06
C16	37,80***	18,81±0,59 <sup>A</sup>	15,39±0,61 <sup>B</sup>	14,75±0,57 <sup>B</sup>	15,31±1,20 <sup>B</sup>
C16:1	122,24***	2,54±0,23 <sup>B</sup>	5,20±0,43 <sup>A</sup>	5,44±0,40 <sup>A</sup>	5,66±0,44 <sup>A</sup>
C16:2	3,14*	1,17±0,25 <sup>a</sup>	1,17±0,40 <sup>a</sup>	0,87±0,13 <sup>b</sup>	0,92±0,33 <sup>b</sup>
C17	14,55***	0,78±0,14 <sup>c</sup>	1,03±0,22 <sup>b</sup>	0,95±0,13 <sup>b</sup>	1,20±0,33 <sup>c</sup>
C18	38,99***	4,42±0,56 <sup>a</sup>	3,25±0,29 <sup>c</sup>	3,02±0,15 <sup>c</sup>	3,92±0,28 <sup>b</sup>
C18:1 n-9	123,75***	11,02±0,52 <sup>D</sup>	14,68±0,71 <sup>B</sup>	16,03±0,44 <sup>A</sup>	12,97±0,66 <sup>C</sup>
C18:1 n-7	105,98***	2,96±0,25 <sup>A</sup>	1,22±0,30 <sup>C</sup>	1,20±0,20 <sup>C</sup>	1,64±0,21 <sup>B</sup>
C18:2 n-6	203,16***	6,04±0,36 <sup>B</sup>	5,97±0,42 <sup>B</sup>	6,06±0,45 <sup>B</sup>	9,27±0,50 <sup>A</sup>
C20	562,02***	2,83±0,46 <sup>B</sup>	1,27±0,18 <sup>C</sup>	5,07±0,29 <sup>A</sup>	1,15±0,20 <sup>C</sup>
C18:3 n-3	146,41***	2,70±0,21 <sup>B</sup>	4,55±0,47 <sup>A</sup>	2,45±0,33 <sup>B</sup>	1,99±0,28 <sup>C</sup>
C18:3 n-6	153,73***	0,75±0,10 <sup>B</sup>	2,23±0,33 <sup>A</sup>	0,82±0,10 <sup>B</sup>	2,13±0,22 <sup>A</sup>
C18:4 n-3	29,64***	0,93±0,15 <sup>A</sup>	0,62±0,08 <sup>B</sup>	1,00±0,16 <sup>A</sup>	0,67±0,08 <sup>B</sup>
C20:4 n-6	65,59***	4,80±0,53 <sup>A</sup>	4,89±0,98 <sup>A</sup>	5,35±0,26 <sup>A</sup>	2,75±0,38 <sup>B</sup>
C20:4 n-3	20,17***	1,03±0,32 <sup>b</sup>	1,23±0,11 <sup>b</sup>	1,63±0,20 <sup>a</sup>	1,11±0,17 <sup>b</sup>
C22:1 n-11	17,38***	0,72±0,15 <sup>c</sup>	0,76±0,18 <sup>c</sup>	1,17±0,13 <sup>a</sup>	0,95±0,16 <sup>b</sup>
C22:5 n-6	10,56***	0,92±0,16 <sup>a</sup>	0,59±0,11 <sup>c</sup>	0,74±0,11 <sup>b</sup>	0,72±0,13 <sup>b</sup>
C22:5 n-3	8,62***	4,01±0,27 <sup>a</sup>	3,29±0,50 <sup>b</sup>	3,92±0,24 <sup>a</sup>	3,91±0,39 <sup>a</sup>
C24:1 n-9	9,30***	0,12±0,05 <sup>b</sup>	0,20±0,04 <sup>a</sup>	0,23±0,06 <sup>a</sup>	0,16±0,05 <sup>b</sup>

a,b,c,d=(P<0,05); A,B,C=(P<0,01)

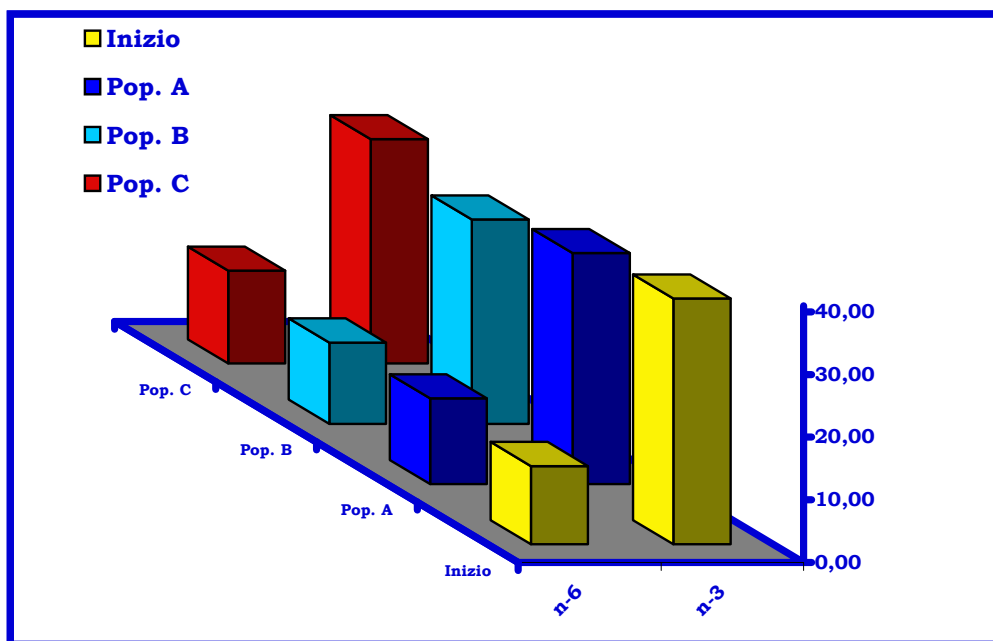
I pesci del gruppo A e C hanno una quantità superiore di acidi grassi polinsaturi n-3, superiore al 35%. Tutti i pesci hanno un indice trombogenico inferiore a 0,18 e un indice aterogenico inferiore o pari 0,50. Il rapporto n-3/n-6 è oscillato tra 2,41-3,14 per tutti i pesci (tabella 5.17).

GRAFICO 5.9. ACIDI GRASSI.



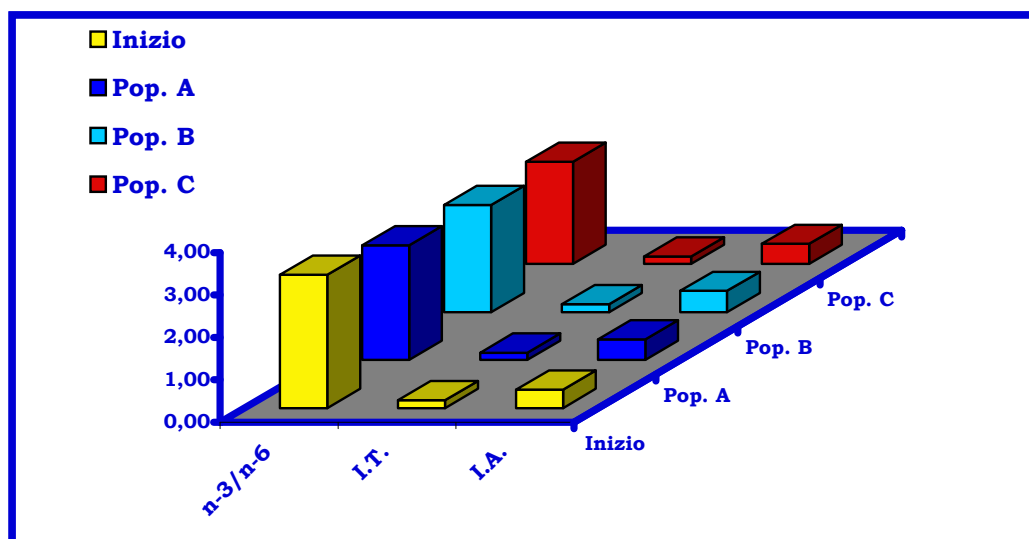
La popolazione B, per 100 g di parte edule, ha la percentuale minore anche di acidi grassi polinsaturi della serie omega-3 e omega-6, rispetto alle altre popolazioni ( $P < 0,05$ ) (grafico 5.10).

GRAFICO 5.10. ACIDI GRASSI POLINSATURI N-3 E N-6.



Il rapporto n-3/n-6 è il più elevato nella popolazione A ( $P < 0,05$ ), mentre non ci sono differenze significative per gli indici trombogenici e quelli aterogenici (grafico 5.11).

GRAFICO 5.11. RAPPORTO N-3/N-6, I.T. E I.A..



Rossano *et al* (2005), analizzando la composizione acidica di pesci della specie Mora moro, hanno rilevato un indice aterogenico pari a 0,44 e uno trombogenico uguale a 0,15, perfettamente in linea con i dati ritrovati nei rombi che, in definitiva, hanno un indice trombogenico migliore di buona parte delle carni di animali comunemente consumate come quella di agnello, di manzo, di maiale, di pollo e di coniglio Rossano *et al* (2005).

La percentuale di acidi grassi saturi, e di polinsaturi della serie omega-3 ed omega-6 presenti nella carne dei pesci oggetto della ricerca sono notevolmente superiori da quelli ottenuti da Tocher *et al.* (1997) e da Regost *et al.* (2003). Ciò nonostante, il rapporto n-3/n-6 è lievemente più basso nei pesci da noi allevati rispetto ai risultati ottenuti in altri studi da Tocher *et al.* (1997) e da Regost *et al.* (2003).

Le quantità di acidi grassi DHA ed EPA, caratterizzanti la componente lipidica dei pesci, sono maggiori nei pesci allevati a circuito chiuso rispetto a quelli ottenuti da Tocher *et al.* (1997) e da Regost *et al.* (2003).

---

5.17. ACIDI GRASSI.

Acidi grassi	Inizio	Pop. A	Pop. B	Pop. C	Tocher <i>et al.</i> 1997	Regost <i>et al.</i> 2003
Saturi	29,74	25,91	28,86	26,21	22,60	22,50
Monoinsaturi	18,16	22,90	24,87	22,25	29,50	47,10
Polinsaturi	52,94	51,75	46,47	51,64	31,40	30,40
n-6	12,52	13,68	12,97	14,87	4,90	6,30
n-3	39,26	36,90	32,64	35,85	26,50	24,10
n-3/n-6	3,14	2,70	2,52	2,41	5,50	3,80
EPA	9,81	7,83	8,19	10,47	7,40	7,90
DHA	20,79	19,37	15,44	17,71	12,00	10,60

---

## **CONCLUSIONI**

## 6. CONCLUSIONI

Il funzionamento dell'impianto a circuito chiuso del CRIAcq è stato ottimale, i risultati ottenuti dal monitoraggio dei parametri dimostrano facilmente che i valori sono stati pressoché costanti per tutta la durata della sperimentazione, indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne. Quest'ultimo fattore è d'importanza fondamentale e conferma l'utilità di questa tecnologia d'impianto nell'allevamento di numerose specie ittiche, che può essere effettuata anche ad una certa distanza dal mare. I pesci si sono adattati perfettamente al sistema di allevamento nel lasso di tempo di dieci giorni.

L'accrescimento delle due popolazioni è stato notevole, gli indici SGR ottenuti sono migliori di Regost *et al.* (2001), di Mallehk *et al.* (1998), Regost *et al.* (1999), ma lievemente inferiori di Labatut *et al.*, (2004) e di Peres *et al.* (2005).

I pesci allevati a circuito chiuso sono apparsi da un punto di vista morfologico di migliore aspetto e con un odore gradevole. I pesci allevati al CRIAcq erano più freschi degli animali provenienti dalla Spagna, questo potrebbe dipendere sia dalla tipologia di allevamento, dal periodo di conservazione, dal rispetto della catena del freddo e dalla lunghezza del canale commerciale. L'ultimo fattore potrebbe essere un incentivo per gli imprenditori locali a sfruttare questo spazio lasciato vuoto nel mercato italiano dalla mancanza di aziende nazionali che producano questo prodotto ittico. La qualità della carcassa delle popolazioni allevate a circuito chiuso è risultata migliore presentando una R.E. del 33-34%, superiore a quella calcolata da Regost *et al.* (2001) con pesci del peso medio di 657 g, avvalorando l'ipotesi che il rombo sia di migliore qualità e più ricco di carne all'aumentare del peso corporeo.

In generale i filetti di pesce cotti sono più luminosi rispetto ai crudi ( $P < 0,01$ ) (tabella 5.7.A). I valori della luminosità, dell'indice del giallo e di quello del rosso dei filetti cotti è perfettamente in linea con quelli ottenuti da Regost *et al.* (2001), mentre i filetti crudi dei pesci allevati al CRIAcq hanno valori di luminosità e dell'indice del giallo superiori a quelli di Regost *et al.* (2001), dimostrando carni di colore più bianco (tabella 5.7.B). La cottura determina una trasformazione nella struttura del muscolo tale da rendere più bianche le carni, ed eliminando così le differenze esistenti tra i filetti crudi.

Il profilo tessurometrico della carne di pesce non mette in evidenza una tangibile influenza determinata dalla tipologia di allevamento sulla qualità del filetto. Solo in alcuni casi il filetto ventrale ha un comportamento diverso da quello dorsale perché contiene una maggior quantità di lipidi (Regost *et al.*, 2003). I filetti crudi oppongono una resistenza maggiore alla lama e sono più elastici dei filetti cotti ( $P < 0,01$ ), così come affermano anche Regost *et al.* (2001), inoltre, non ci sono differenze qualitative nei filetti dopo la cottura.

L'analisi statistica della composizione chimica nutrizionale percentuale dei pesci allevati a circuito chiuso è comparabile a quella dei pesci reperibili in commercio e, sotto alcuni aspetti, migliore.

I pesci del gruppo B hanno un contenuto superiore di sostanza secca, di proteine, di lipidi e d'energia totale, espressa come kcal/100g di parte edule. Tendenzialmente la quantità di sostanza secca s'incrementa all'aumentare del peso corporeo dell'animale (Poli *et al.*, 1994).

I pesci allevati al CRIAcq hanno avuto un accrescimento molto rapido, di conseguenza i filetti contenevano una quantità minore di lipidi rispetto a quelli allevati da Burel *et al.* (1996), da Oliva-Teles *et al.* (1999), da Regost *et al.* (1999 e 2001), da Imsland *et al.* (2001) e da Fournier *et al.* (2004).



La quantità di acidi grassi polinsaturi della serie omega-3 è superiore al 30%, di conseguenza 100 grammi di carne contengono una quantità di DHA e di EPA pari a 0,67 g, quantità notevolmente superiori a quelle ottenute da Tocher et al. (1997) e da Regost et al. (2003).

I rombi hanno avuto un indice trombogenico migliore di buona parte delle carni di animali comunemente consumate come quella di agnello, di manzo, di maiale, di pollo e di coniglio (Rossano *et al.*, 2005) dimostrando l'importanza del consumo di pesce.

In definitiva, è stato dimostrato che la tecnologia di allevamento a circuito chiuso è un'alternativa possibile nell'allevamento del rombo chiodato, ed in particolare, l'impianto del CRIAcq ha funzionato in maniera ideale.

I pesci si sono adattati immediatamente all'impianto e l'accrescimento è stato molto rapido dimostrando un ottimo stato di salute degli animali stessi, con una resa edule, un aspetto morfologico ed un odore migliori dei pesci reperibili in commercio. La composizione nutrizionale è stata comparabile ed in qualche caso migliore, soprattutto considerando la qualità e la quantità degli acidi grassi polinsaturi omega-3 DHA ed EPA, caratteristici della carne di pesce.

Le indicazioni positive ottenute sono state molteplici, in futuro si potranno effettuare delle ulteriori prove lavorando soprattutto sull'analisi dei costi di gestione, ipotizzando elevate densità di allevamento, e sull'impatto ambientale dell'impianto a circuito chiuso.

## **OPERE CITATE E CONSULTATE**

## 7. OPERE CITATE E CONSULTATE

- Abeyasinghe, D.H., Shanableh, A. e Rigden, B., 1996. “*Biofilters for water refuse in aquaculture*”. Wai. Sci. Tech., vol. 34, n° 11, pp.253-260.
- Al Maghazachi S.J., 1983. “*Histological and histochemical studies on gut development and physiology of larval turbot, Scophthalmus maximus (L.)*”. Ph. D. Thesis, University of Liverpool U.K., 237 pp.
- Al Maghazachi S.J. e Gibson, R., 1984. “*The development stages of larval turbot Scophthalmus maximus L.*”. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 82, pp. 35-51.
- Amerio, M., Ruggi, C., Badini, C., 1996. “*Meat quality of reared fish: nutritional aspects*”. Italian Journal Food Science, 8 (3), 221.
- Andersen, N.G., Alsted, N.S., 1993. “*Growth and body composition of turbot Scophthalmus maximus in relation to different lipid/protein ratios in the diet*”. In: Kaushik, S.J., Luquet, P., (Eds), Fish Nutrition in Practice, Biarritz, France, INRA Editions. Les Colloques, 61, 479-491.
- Aubourg, S., 2001. “*Damage detection in horse mackerel (Trachurus trachurus) during chilled sotrage*”. Journal of the American Oil Chemists’ Society, 78, 857-862.
- Aubourg, S.P., Piñeiro, C., Gallardo, J.M., Barros-Velazquez J., 2005. “*Biochemical changes and quality loss during chilled sotrage of farmed turbot Psetta maxima*”. Food Chemistry, 90, 445-452.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. “*A rapid method of a total lipid extraction*”. Can. J. Biochemic. Physiol. 37; pp. 911-917.

- Blancheton, J.P., Coves D., 1993. “*Closed system in intensive marine finfish hatcheries- State of art and future prospects*”. In: Barnabé, G., Kestemont, P. (Eds.), Production, Environment and Quality, Bordeaux Aquaculture '92, European Aquaculture Society, Special Publication. No. 18, Ghent, Belgium, 1993, pp. 87-93.
- Blancheton, J.P., De la Pomélie C., Vincent M., 1996. “*Potencial gains through new rearing technologies: culture in recirculation systems*”. Seabass and seabream culture: Problems and prospects. In: Chatain, B., Saroglia, M., Sweetman, J., Lavens, P. (Eds.), International workshop on Seabass and Seabream culture, Verona, Italy, October 16-18, 1996. European Aquaculture Society, Ostende, pp. 189-205.
- Blancheton, J.P., Coves D., Lemarie, G., 1997. “*Intensive land-based marine fish aquaculture in closed system, hatchery and ongrowing units : state of the art and prospects*”. J. Jpn. Aquacult. Soc. Suisanzoshoku H9, 143-149.
- Blancheton, J.P., 2000. Development in recirculation system for Mediterranean fish species - Aquacultural engineering . Vol. 22 p. 17-31.
- Børresen, T., 1992. “*Quality aspects of wild and reared fish*”. In. H. Huss, M. Jacobsen e Liston J., “*Quality assurance in the fish industry*”. Amsterdam: Elsevier, pp. 1-17.
- Brett, J.R., 1979. “*Environmental factors and growth*”. In Fish Physiology, Vol. 8, 599-675. New York: Accademy Press.
- Brett, J.R., Groves, T.T.D., 1979. “*Physiological energetics*”. In Fish Physiology, Vol. 8, 280-352. New York: Accademy Press.

- Bromley P.J., 1980. “*Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (Scophthalmus maximus L.)*”. *Aquaculture*, 19(4), pp. 359-369.
- Brown, J.A.C., 1980. “*Studies on the nutrition and metabolism of turbot (Scophthalmus maximus L.) with reference to fish farming*”. Ph. D. Thesis, University of Aston Birmingham, U.K., 228 pp.
- Burel, C., Person-L Ruyet, J., Gaumet, F., Le Roux, a., Sèvere, A. e Boeuf, G., 1996. “*Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot*”. *Journal of fish biology*, 49, 678-692.
- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Bœuf, G., Van Der Geyten, S., Mol, K.A., Kuhn, E.R., Quisnac, A., Krouti, M., Ribailier, D., 2000a. “*Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot (Psetta maxima): growth, nutrient utilisation and thyroid status*”. *Aquaculture*, 188, 363-382.
- Cadena-Roa, M., 1983. “*Etude expèrimentale de l'alimentacion de la sole (Solea vulgaris Q.) en élevage intensif*”. Thèse 3ème cycle, Université de Bretagne Occidentale, 124 pp.
- Càceres-Martìnez C., 1984. “*Etude sur les besoins nutritionnels de la sole (Solea vulgaris) et du turbot (Psetta maxima L.)*”. Thèse 3ème cycle, Université de Bretagne Occidentale, 132 pp.

- Càceres-Martínez C., Cadena-Roa, M. e Metailler, R., 1984. “*Nutritional requirements of turbot (Scophthalmus maximus L.) : A preliminary study of protein and lipid utilization*”. J. World Maricul. Soc., 15 pp.
- Carter, C.G., Purser, G.J., Houlihan, D.F., Thomas, P., 1996). “*The effect in decreased ratio on feeding hierarchies in groups of greenback flounder (Rhombosolea taparinas)*”. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 76, pp. 505-516.
- Chevalier, D., Sequeira, M., Le Bail, A., Simpson, B.K., Ghoul, M., 2000. “*Effect of Pressure Shift Freezing, Air-Blast Freezing and Storage on some biochemical and physical properties of Turbot (Scophthalmus maximus)*”. Lebensm.-Wiss. U.-Technol., 33, 570-577.
- Cousin, J.C.B., Baudin-Laurencin, F. e Gabaudan, J., 1987. “*Ontogeny of enzymatic activities in fed and fasting turbot*”. J. Fish. Biol..
- Cowey, C.B., Owen, J.M., Adron, J.W. e Middleton, C., 1976. “*Studies on the marine flatfish. The effect of different dietary fatty acids on the growth and fatty acid composition of turbot (Scophthalmus maximus L.)*”. Br. J. Nutr. 36, pp. 479-486.
- Day, O., Gonzalez, P.H., 2000. “*Soybean protein concentrate as a protein source for turbot (Scophthalmus maximus L.)*”. Aquac. Nutr. 6, 221-228.
- Deniel, C., 1974. “*Régime alimentaire des jeunes turbots Scophthalmus maximus, de la classe O dans leur milieu naturel*”. Cah. Biol. Mar. XV, 551-588.
- Dunajski, E., 1979. “*Texture of fish muscle*”. J. Texture Stud. 10, 301-318.

- Ellis, T., Howell, B.R. e Hayes, J., 1997. “*Morphological differences between wild and hatchery-reared turbot*”. *Journal of Fish Biology*, 50, 1124-1128.
- Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel, J., Vallot, D., 1995. “*Growth and meat quality relations in carp*”. *Aquaculture*, 129, 265-297.
- Forteach, N., 1991. “*Biofilters – Structure and Functions*”. *Austasia Aquaculture*, No. 5, pp. 33-34.
- Fournier, V., Gouillou Coustans, M.F., Metailler, R., Vachot, R., Moriceau, J., Delliou, H., Huelvan, C., Desbruyeres, E., Kaushik, S.J., 2003b. “*Excess dietary arginine affects urea excretion but does not improve N utilisation in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and turbot *Psetta maxima**”. *Aquaculture*, 217, 559-576.
- Fournier, V., Huelvan, C., Desbruyeres, 2004. « *Incorporation of a mixture of plant feedstuffs as substitute for fish meal in diets of juvenile turbot (*Psetta maxima*)* ». *Aquaculture*, 236, 451-465.
- Friedman, H.H., Whitney, J.E., Szczesniak, A.S., 1962. “*The texturometer-a new instrumental for objective texture measurement*”. *J. Food. Sci.* 28, 390-396.
- Gatesoupe, F.J., Leger, C., Metallier, R. e Luquet, P., 1977. “*Alimentacion lipidique du turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Influence de l’apport en acides gras de la serie w<sup>3</sup>*”. *Ann. Hydrobiol.*, 8(1) : 89-97.

- Gatesoupe, F.J., 1983. “Weaning of sole, *Solea solea*, before metamorphosis archived with high growth and survival rates”. *Aquaculture*, 32, pp. 401-404.
- Geri, G., Gualtieri, M., Poli, B.M., Lupi, P., Parisi, G., Mecatti, M., (1994). *Caratteristiche produttive di pesci diversa origine (tipo genetico, allevamento o cattura, acque naturali o riscaldate)”*.
- Gjerdrem, T., 1997. “Flesh quality improvement in fish through breeding”. *Aquac. Int.* 5, 197-206.
- Hall, J., 1997. “Turbot farming in Europe”. An. Overview. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.*, 2, 31-36.
- Hans, M., Brunner, B., Weinzierl, W., Hoffmann, R., Stolle, A., 1997. “Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare”. *Z’Lebensm Unters Forsch*, 204, 282-286.
- Houde, E.D., Schekter, R.C., 1981. “Growth rates, rations and eohort consumption of marine fish larvae in relation to prey concentrations”. *Rapp. P.-V. Rèun-Cons. Int. Explor. Mer.* 178, pp. 441-453.
- Huss, H.H., 1999. “El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad”. Documento Técnico de pesca 348. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma, Italia.
- Iglesias, J., Olmedo, M., Otero J.J., Peleteiro, J.B., Solorzàno, M.R., 1978. “Growth, under laboratory conditions of turbot, *Scophthalmus maximus*, from the Riade Vigo”. *Mar.Biol.* 96, 11-17.



- Imsland, A.K., Sunde, L.M., Folkvord, A., Stefanson, S.O., 1996. “*The interaction of temperature and fish size on growth of juvenile turbot*”. J. Fish Biol., 49(5), 926-940.
- Imsland, A.K., Foss, A., Gunnarsson, S., Berntssen, M.H.G., Fitzgerald, R., Bonga, S.W., v. Ham, E., Nævdal, G., Stefansson, S.O., 2001. “*The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (scophthalmus maximus)*”. Aquaculture, 198, pp. 353-367.
- Irwin, S., Halloran, J.O., FitzGerald, R.D., 1999. “*Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, Scophthalmus maximus (Rafinesque)*”. Aquaculture, No. 178, pp. 77-88.
- Irwin, S., Halloran, J.O., FitzGerald, R.D., 2002. “*The relationship between individual consumption and growth in juvenile turbot, Scophthalmus maximus*”. Aquaculture, 204, pp. 65-74.
- Izquierdo, M.S., Obach, O, Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L., Rosenlund, G., 2003. “*Dietary lipid sources for sea bream and sea bass: growth, performance, tissue composition and flesh quality*”. Aquac. Nutr. 9, 397-407.
- Jones, A., 1970. “*Some aspects of the biology of the turbot Scophthalmus maximus L. with special reference to feeding and growth in the juvenile stage*”. Ph. D. Thesis, Univ. EastAnglia:145 pp.
- Jones, A., Brown, A.G., Douglas, M.T., Thompson, S.J., Whitfield, R.J., 1981. “*Progress toward developing methods for the intensive farming of turbot (Scophthalmus maximus) in cooling water from a nuclear power station*”. In:

Coche, A.G. (Eds). Proceedings of World Symposium of new Developments in the Utilisation of Heated Effluents and of Recirculation Systems for Intensive Aquaculture, Vol. 2, Tech. Pap. FAO European Inland Fisheries Commission, No. 39, FAO, Rome, pp. 481-496.

- Labatut, R.A., Olivares, J.F, 2004. “*Culture of turbot (Scophthalmus maximus) juveniles using shallow racways tanks and recirculation*”. Aquacultural Engineering, 32, 113-127.
- Leaf, D.A., 1989. “*Omega-3 fatty acids and coronary artery disease*”. Postgraduate Medicine, 85, 237.
- Macciola, V., De Leonardis, A., Nichelo, A., 2003. “*Studio degli acidi grassi omega-3 nelle sardine marinate (Sardina pilchardus)*”. Industrie Alimentari XLII, Settembre, 2003.
- Mallekh, R., Lagardère, J.P., Bégout Anras, M.A., Lafaye, J.Y., 1998. “*Variability in appetite of turbot, Scophthalmus maximus under intensive rearing conditions: the role of enviromental factor.*” Aquaculture, 165, pp. 123-138.
- McCarthy I.D., Houlihan, D.F., 1991. “*Individual variation in consumption in rainbow trout measured using radiography*”. Fish nutrition in practise. INRA, Paris, pp. 85-88, Biarritz, France, Junc.
- Minkoff, G., Broadhurst, A.P., 1994. *Intensive production of turbot, Scophthalmus maximus, fry. In the culture turbot: problems and prospects*”. (Lavens, P. e Remmerswaal, R.A.M., Eds), pp. 14-31.

- Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Ginés, R., Izquierdo, M.S., 2005. “*Growth, feed utilization and flesh quality of European Sea Bass (Dicentrarchus labrax) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet*”. *Aquaculture*, 248, 121-134.
- Muir, J. F., 1982. “*Recirculated Water Systems, Recent Advances in Aquaculture*”. Westview Press, Colorado, 358-446.
- Nettleton, J.A. e Exler, J., 1992. “*Nutrients in wild and farmed fish and shellfish*”. *Journal of Food Science*, 57, 257-260.
- Nunes, M., Batista, I. e Morão de Campos, R., 1992. “*Physical, chemical and sensory analysis of sardine (Sardina pilchardus) stored in ice*”. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 59, 37-43.
- Oliva-Teles, A., Cerquiera, A.L., Gonçalves, P., 1999. “*The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (Scophthalmus maximus) juveniles*”. *Aquaculture*, 179, pp. 195-201.
- Orban, E., Di Lena, G., Ricelli, A., Paoletti, I., Casini, I., Gambelli, L., Caproni, 2000. “*Quality characteristics of sharpnout sea bream (Diplodus puntazzo) from different intensive rearing systems*”. *Food Chemistry*, 70, 27-32.
- Orban, E., Di Lena, G., Navigato, T., Masci, M., Gambelli, L., Casini, I., Caproni, R., Marzetti, A., 2003. “*Qualità nutrizionale della trota di acquacoltura italiana*”. *Industrie Alimentari*, XLII, Marzo, 2003.

- Peres, H., Oliva-Teles A., 2005. “*The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus maximus juveniles**”. *Aquaculture*, 250, 755-764.
- Pérez-Villareal, B. e Pozo, R., 1990. “*Chemical composition and ice spoilage of Albacore (*Thunnus alalunga*)*”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 63-70.
- Periago, M.J., Ayala, M.D., Lòpez-Albors, O., Abdel, I., Martinez, C., Garcia-Alcazar, A., Ros, G., Gil, F., 2005. “*Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax, L.**”. *Aquaculture*, 249, 175-188.
- Person-Le Ruyet, J., Galland, R., Le Roux, A., Chartois, H., 1997. “*Chronic ammonia toxicity in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*)*”. *Aquaculture* 154, pp. 155-171.
- Pichavant, K., Person-Le Ruyet, J., Le Bayon, N., Sèvere, A., Le Roux, A., Quemènèr, L., Maxime, V., Nonnotte, G. e Bœuf, G., 2000. “*Effects on hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot*”. *Aquaculture*, 188, 103-114.
- Pichavant, K., Person-Le Ruyet, J., Le Bayon, N., Sèvere, A., Le Roux, A., Quemènèr, L., Maxime, V., Nonnotte, G. e Bœuf, 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, 875-883.

- Poli, B.M., Parisi, G., Dell’Agnello, M., Guidotti, P., Bonelli, A., Geri, G., ().  
“*Caratteristiche chimiche e qualità dei lipidi di pesci di diversa origine (tipo genetico, allevamento e cattura, acque naturali o riscaldate)*”.
- Poli, B.M., Parisi, G., Zampacavallo, G., Mecatti, M., Lupi, P., Gualtieri, M., Franci, O., 2001. “*Quality outline of European seabass (Dicentrarchus labrax) reared in Italy: shelf life, edible yield, nutritional and dietetic traits*”. Aquaculture 202, 303-315.
- Rae, B.B. e Delvin, S.D.E., 1972. “*The turbot, its fishery and biology in the Scottish area*”. Dept. of Agric. And Fish. For Scotland, Mar. Res., 1, 27pp.
- Rea, S., Viola, G., Branciaro, R., Stocchi, R., 2000. “*Composizione acidica del grasso di Orata Sparus aurata: confronto tra soggetti allevati e selvatici*”. Industrie alimentari, xxxix, pp. 333-339.
- Regost, C., Arzel, J., Kaushik, S.J., 1999. “*Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (Psetta maxima)*”. Aquaculture, 180, 99-117.
- Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Robin, J., Laroche, M., Kaushik, S.J., 2001. “*Dietary lipid level, hepatic lipogenesis and flesh quality in turbot (Psetta maxima)*. Aquaculture 193, 291-309.
- Regost, C., Arzel, J., Robin, J., Rosenlund, S.J., Kaushik, S.J., 2003. “*Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (Psetta maxima) I. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism*” . Aquaculture 217, 465-482.

- Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Rosenlund, S.J., Kaushik, S.J., 2003. “*Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (Psetta maxima)*2. *Flesh quality properties*” . Aquaculture 220, 737-747.
- Roberts, M.L., Davies, S.J. e Pulsford, A.L., 1995. “*The influence of ascorbic acid (Vitamin C) on non-specific immunity in the turbot (Scophthalmus maximus L.)*” Fish & Shellfish Immunology 5, 27-38.
- Robin, J.H., Gatesoupe, F.J. e Ricardez, R., 1981. ”*Production of brine shrimp (Artemia salina), using mixed diet: consequences on rearing of sea bass larvae (Dicentrarchus labrax)*“ . J. World Maricul. Soc. 12(2), pp. 119-121.
- Rodriguez, O., Barros-Velazquez, J., Pineiro, C., Gallardo, J.M., Aubourg, S.P., 2006. “*Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (Psetta maxima)*”. Food Chemistry, 95, 270-278.
- Rossano R., Caggiano M.A., Mastrangelo L., Di Lauro R., Ungano N., Ettore M. e Riccio P. (2005). “*Proteins, fatty acid and nutritional value in the muscle of the fish species Mora moro (Risso, 1810)*”. Mol. Nutr. Food Res., 49, 926-931.
- Ruiz-Capillas, C. e Moral, A., 2001. “*Correlation eetween biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice*”. Food Research International, 34, 441-447.
- Russel, F.S., 1970. “*The eggs and planktonic stages of British marine fishes*”. Ac. Press. Lond., 40 pp.

- Saroglia, M., Zoccararo, I., Trova-Saroglia, G., Palmegiano, G.B., Cecchini, S., Forneris, G., Pugliese, G., 1996. "Nutritional value of farmed fish and human health". XXXI Symposium "Food and health: role of animal products". Milano, 13 Settembre.
- Shearer, K.D., 1994. "Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids". *Aquaculture*, 119, 63-88.
- Scherrer, P., 1984. "Influence de la température et de la salinité sur la croissance et la consommation d'oxygène du juvénile de turbot, *Scophthalmus maximus* L. (Phase nurserie)". Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Bretagne Occidentale, 151 pp.
- Tocher D.R., Bell J.G., Farndale B.M., Sargent J.R. (1997). *Effects of dietary  $\gamma$ -linolenic acid-rich borage oil combined with marine fish oils on tissue phospholipid fatty acid composition and production of prostaglandins E and F of the 1- 2- 3-series in a marine fish deficient in 5 fatty acyl desaturase*". *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential fatty acids*, 57, 125-134.
- Tuene, S., Nortvedt, R., 1995. "Feed intake, growth and feed conversion efficiency of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.)". *Aquacult. Nutr.* 1, 27-35.
- Waring, C.P., Stagg, R.M., e Poxton, M.G., 1996. "Physiological responses to handling in the turbot". *Journal of Fish Biology* 48, 161-173.

## 7.1. SITI INTERNET

- [www.ceom.it](http://www.ceom.it)
- [www.feap.org](http://www.feap.org)
- [www.ismea.it](http://www.ismea.it)