

Progetto SFOP n. 13/MI/2004 (DGR 1134/04 e 3974/04).

Progetto finanziato con i fondi di cui al Regolamento (CE) 2792/1999 - SFOP - DOCUP 2000-2006

Deliberazione della Giunta Regionale n° 3974 del 10/12/2004 - DDR n°69 del 15/12/2004

*Creazione di un impianto pilota in acquacoltura integrata per la  
gambericoltura ed il preingrasso delle vongole in Valle Bonello.*

**Lorenzo Zanella**  
(Veneto Agricoltura)

**Febo Lumare**  
(CO.NA.R.G.A.)

**Gerolamo Xiccato**  
(Dipartimento di Scienze Animali)  
Università di Padova

**Relazione Finale**

**dicembre 2005**



## ELENCO DEI COLLABORATORI

### Veneto Agricoltura

Nome	Ruolo nell'Ente di appartenenza	Ruolo nel Progetto
Lorenzo Zanella	Responsabile dei Centri Ittici	Responsabile del progetto
Renato Palazzi	Tecnico	Ricercatore
Antonio Mancin	Capoimpianto	Operatore tecnico
Primo Zanellato	Operaio Specializzato Super	Operatore tecnico
Diego Garbi	Operaio Specializzato Super	Operatore tecnico

### Consorzio Nazionale di Ricerca per la Gambericoltura (CO.NA.R.GA.)

Nome	Ruolo nell'Ente di appartenenza	Ruolo nel Progetto
Febo Lumare	Direttore	Supervisione scientifica e consulenza

### Università di Padova - Dipartimento di Scienze Animali

Nome	Ruolo nell'Ente di appartenenza	Ruolo nel Progetto
Gerolamo Xiccato	Docente	Progettazione e attività di ricerca
Angela Trocino	Borsista post-doc	Ricercatrice

## INDICE

<i>INDICE</i> -----	3
<i>1. Introduzione</i> -----	5
1.1 La molluschicoltura lagunare -----	5
1.2 La gambericoltura in Italia e nel Veneto-----	6
1.3 Il progetto di acquacoltura integrata-----	7
1.4. La problematica mangimistica in gambericoltura-----	8
<i>2. Materiali e metodi</i> -----	10
2.1 Operazioni preliminari all'allevamento-----	10
2.2 Gestione operativa della gambericoltura -----	13
<b>2.2.1 Preparazione dei bacini</b> -----	13
<b>2.2.2 Caratteristiche dei bacini in terra</b> -----	14
<b>2.2.3 Dispositivi di aerazione e movimentazione dell'acqua</b> -----	14
<b>2.2.4 Rilevamento parametri ambientali</b> -----	15
<b>2.2.5 Semina</b> -----	16
<b>2.2.6 Allevamento e prove mangimistiche</b> -----	17
2.3. Prove di conversione in condizioni di allevamento intensivo-----	18
2.4 Preparazione e caratterizzazione delle diete sperimentali-----	19
<b>2.4.1. Preparazione degli alimenti composti semiumidi</b> -----	19
<b>2.4.2. Prove di stabilità in acqua eseguite sui pellet semiumidi</b> -----	21
<b>2.4.3. Analisi chimiche condotte su materie prime, diete sperimentali e mazzancolle ottenute dalle prove sperimentali</b> -----	22
<b>2.4.4. Preparazione dei campioni per le analisi chimiche</b> -----	24
<b>2.4.5. Analisi chimiche "tipo"</b> -----	24
<b>2.4.6. Determinazione del profilo amminoacidico</b> -----	24
<b>2.4.7. Determinazione del profilo acido della frazione lipidica</b> -----	24
<i>3. Risultati e discussione</i> -----	26
3.1. Andamento dei parametri ambientali-----	26
<b>3.1.1. Temperatura</b> -----	26
<b>3.1.2. Salinità</b> -----	28
<b>3.1.3. Ossigeno disciolto</b> -----	28
<b>3.1.4. Trasparenza e clorofilla-a (chl-a)</b> -----	31
<b>3.1.5. Andamento della chl-a nel modulo di preingrasso delle vongole</b> -----	35

<b>3.1.6. Nutrienti</b> -----	<b>37</b>
<b>3.1.7. Azoto totale e Carbonio organico totale</b> -----	<b>38</b>
3.2. Accrescimento degli animali e resa produttiva-----	41
3.3. Prove di conversione in condizioni di allevamento intensivo-----	43
3.4. Preparazione e caratterizzazione delle diete sperimentali -----	45
<b>3.4.1. Preparazione di mangimi e prestazioni di stabilità in acqua</b> -----	<b>45</b>
<b>3.4.2. Analisi dei mangimi e delle materie prime</b> -----	<b>46</b>
<b>3.4.3. Analisi delle mazzancolle</b> -----	<b>51</b>
<i>4. Conclusioni</i> -----	<i>55</i>
4.1. Gestione del fitoplancton e dei parametri ambientali -----	55
4.2. Risultati delle prove di accrescimento delle mazzancolle -----	57
4.3. Preparazione e composizione delle diete sperimentali-----	58
<i>5. Bibliografia</i> -----	<i>61</i>

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 LA MOLLUSCHICOLTURA LAGUNARE

Le lagune alto-adriatiche hanno dimostrato una eccezionale vocazione alla produzione di Veneridi, con particolare riferimento alla specie alloctona *Tapes philippinarum*. L'enorme portanza biologica degli ecosistemi lagunari ha reso possibile la nascita e lo sviluppo di una vera e propria filiera commerciale, che è divenuta in pochi anni la più importante realtà commerciale europea per questa specie, con produzioni globali per le zone lagunari e deltizie nord-adriatiche superiori alle 60.000 tonnellate.

Questo fenomeno ha cambiato la condizione socio economica di migliaia di famiglie ed ha convertito centinaia di pescatori professionisti dalla piccola pesca lagunare alla molluschicoltura. Conseguentemente si sono sviluppati consorzi e cooperative a supporto di questa categoria di operatori, che necessitavano di acquisire l'attenzione delle Amministrazioni deputate al governo del territorio.

Il prodotto "vongola" ha assunto una tale rilevanza, per qualità e quantità, da divenire un "prodotto tipo" che lo specifico circuito commerciale internazionale ormai identifica con gli ambienti di origine, facendosi quindi portatore anche di un contenuto promozionale per il territorio nord-adriatico nel suo complesso.

Oggi la venericoltura sta divenendo progressivamente un settore maturo, soggetto a norme e procedure sempre più articolate, ma sta anche incontrando crescenti problemi tecnici. Questi sono in larga parte riconducibili alla ridotta disponibilità di materiale da semina, che normalmente viene recuperato nello stesso ambito lagunare, ma spesso operando al di fuori delle autorizzazioni concesse, ovvero in aree ove questo non è consentito. Per fare fronte alla rilevante richiesta delle piccole vongole necessarie per sostenere gli allevamenti, spesso si ricorre alla raccolta abusiva con turbo-soffianti al di fuori delle aree date in concessione per l'allevamento. Tali comportamenti, oltre a trasgredire alle normative vigenti, determinano la sospensione dei sedimenti ricchi in sostanze tossico-nocive (PCB, metalli pesanti, ecc.)

Gli allevatori che intendono approvvigionarsi di materiale da semina restando nell'ambito della legittimità devono attualmente ricorrere ad importazioni dall'estero.

La riproduzione ed il preingrasso del materiale da semina rappresentano, quindi, un anello di filiera indispensabile per la gestione del settore in ambito locale e nazionale. Attualmente gli operatori del comparto che acquistano il materiale da semina sul mercato ufficiale sono obbligati all'importazione di materiale da semina di 2 mm, provvedendo poi ad effettuare il

preingrasso in zone prossime ai siti di semina. Anche gli impianti di preingrasso, d'altra parte, stanno solo ora iniziando a svilupparsi sulla base di progetti pilota e fortunatamente offrono dati incoraggianti.

## 1.2 LA GAMBERICOLTURA IN ITALIA E NEL VENETO

La gambericoltura in Italia occupa un posto minoritario sotto il profilo delle quantità allevate, ma ha il pregio di fornire al mercato ittico un prodotto molto apprezzato e di elevato valore commerciale. Recentemente questa tipologia di allevamento sta incontrando un rinnovato sviluppo in Sardegna, grazie alla presenza in quel territorio di alcuni fattori ambientali particolarmente favorevoli allo sviluppo di questa coltura. Rispetto al passato, oltretutto, l'acquacoltura nazionale ha sviluppato una forte tendenza alla diversificazione delle specie allevate, imposta dalla crisi commerciale che sta interessando le produzioni ittiche di specie eurialine tradizionali (spigole ed orate).

Anche nel Veneto si contano molte aree lagunari caratterizzate da ambienti naturalmente idonei alla coltivazione dei Crostacei Peneidi, nonostante la stagione produttiva sia più breve in quanto limitata ai soli mesi estivi. Nell'ultimo ventennio lo allevamento del gamberone giapponese *Marsupenaeus japonicus* è stato praticato con discontinuità nell'ambito delle valli da pesca del nord-est Adriatico, ma senza raggiungere la diffusione che avrebbe meritato. La gambericoltura, assai lontana dalle pratiche tradizionali di coltura valliva, ha spesso incontrato difficoltà nel venire praticata con costanza e metodo, conducendo di conseguenza molti allevatori a conseguire risultati incostanti e spesso deludenti. Va rilevato comunque come nel Centro Ittico Bonello di Veneto Agricoltura l'allevamento della mazzancolla sia praticato con soddisfazione dal 1991, con risultati che possono essere presi a riferimento nell'ambito del territorio regionale e nazionale. Coerentemente con i propri compiti istituzionali di sviluppo e sperimentazione in campo agricolo, Veneto Agricoltura ha sempre provveduto a divulgare i dati e le conoscenze ottenute, sia attraverso pubblicazioni sia partecipando a convegni ed incontri tecnici (ESAV, 1988; Lumare *et. al.*, 1995; Lumare, 1998).

I dati di produzione riferibili alle tecniche adottate nella regione alto-adriatica risultano estremamente variabili e da porre in relazione a procedure di allevamento non ancora completamente standardizzate. Nelle esperienze condotte presso il Centro Bonello le rese medie, ottenute da densità di semina di 3-4 esemplari/m<sup>2</sup> si assestano intorno ai 450-500 kg/ha, con valori di punta intorno a 800 kg/ha, conseguiti in circa cento giorni di allevamento.

### 1.3 IL PROGETTO DI ACQUACOLTURA INTEGRATA

Le valli da pesca, in quanto aree chiuse poste in ambito lagunare, rappresentano in molti casi ambienti idonei ad ospitare sia impianti per il preingrasso delle vongole sia, come già detto, impianti per la crostaceicoltura. Tale considerazione si basa sul fatto che l'ambiente vallivo è generalmente caratterizzato da una notevole portanza biogenica, fondata in buona misura sulla elevata disponibilità di nutrienti e quindi sulla elevata produttività primaria. Questo rappresenta già un motivo sufficiente ad incoraggiare l'inserimento della molluschicoltura tra le competenze dell'ambiente vallivo, ma è possibile individuare ben più avanzate strategie di integrazione tra questa e altre attività di allevamento ittico. La gambericoltura, in particolare, offre un'eccellente opportunità di integrazione con le operazioni di preingrasso delle vongole. Attività stagionale come quest'ultima, la gambericoltura prevede la coltura del fitoplancton nelle vasche di allevamento allo scopo di implementare il trofismo ambientale, prevenire la crescita di macrofite e garantire al tempo stesso la fitodepurazione dell'acqua di allevamento. La biomassa fitoplanctonica presente nell'acqua di allevamento destinata ai gamberi, tuttavia, rappresenta anche l'ambiente ideale per il preingrasso delle vongole.

La consapevolezza di tali circostanze tecniche e la collaborazione già in essere tra Veneto Agricoltura e il Consorzio Cooperative Pescatori Polesine – Scardovari O.P. hanno portato alla presente ricerca, finalizzata a sviluppare il primo impianto pilota di acquacoltura integrata basato su moduli di allevamento dei Crostacei Peneidi e dei Molluschi Veneridi. Il progetto è stato diviso in due parti, indipendentemente elaborate da entrambi i partner e coincidenti con l'organizzazione e la gestione dei rispettivi settori di competenza. La circolazione idraulica dell'area è stata modificata in modo che l'impianto di preingrasso delle vongole, già realizzato presso il Centro Ittico Bonello e gestito dal Consorzio suddetto, fosse alimentato con acqua in ingresso ad alta densità fitoplanctonica proveniente dagli scarichi delle vasche dei gamberi. Al tempo stesso l'acqua di scarico degli impianti a molluschi, arricchita dalla sostanza organica rilasciata dagli animali in allevamento, è stata reimpressa nelle vasche di gambericoltura, fertilizzando le stesse e promuovendo la crescita del fitoplancton. Gli obiettivi perseguiti sono stati quindi molteplici ed in particolare:

- rendere disponibile fitoplancton, proveniente dalla gambericoltura, per il preingrasso delle vongole;
- recuperare i residui azotati derivanti dal metabolismo dei molluschi per la fertilizzazione delle vasche di gambericoltura, realizzando quindi un sistema produttivo intensivo chiuso,

pressoché privo di impatto ambientale e con attingimento di acqua di mare assolutamente trascurabile;

- diminuire i volumi di acqua di cui si richiede la movimentazione per soddisfare le esigenze alimentari delle giovani vongole, grazie all'elevata densità del fitoplancton presente nell'acqua di allevamento, con conseguente risparmio energetico;

- arricchire di ossigeno le vasche di gambericoltura, poichè la molluschicoltura prevede di immettere ossigeno puro nel circuito idraulico per sostenere le esigenze respiratorie dei bivalvi durante il periodo caldo estivo.

#### 1.4. LA PROBLEMATICAMANGIMISTICA IN GAMBERICOLTURA

Con il presente progetto, oltre agli sviluppi legati allo sfruttamento delle sinergie derivanti dall'integrazione con la molluschicoltura, si è cercato anche di affrontare la problematica legata allo sviluppo di un alimento formulato dedicato al *Marsupenaeus japonicus*. Fino ad oggi, infatti, non si trova sul mercato nazionale ed europeo un alimento composto secco che permetta, se non di soddisfare completamente le esigenze alimentari della specie considerata, almeno di integrare efficacemente l'alimento di origine naturale in modo da aumentare significativamente la densità di semina.

L'incremento delle produzioni richiede infatti l'adozione di pratiche "almeno" semintensive, nelle quali la capacità trofica dell'habitat naturale venga supportata, oltre che da opportune fertilizzazioni, anche dalla somministrazione di un idoneo alimento secco composto.

Poiché le passate esperienze hanno dimostrato una evidente insufficienza delle proprietà nutrizionali proprie dei mangimi commerciali rispetto alle esigenze del *M. japonicus* (Lumare 1995, 1996; Lumare et al., 1995, 1999, 2000; Veneto Agricoltura, 2004), nel corso della presente ricerca è stata testata l'ipotesi di incrementare le rese produttive grazie all'impiego di alimenti composti semiumidi. Questi sono stati preparati mescolando farine da impasto per l'alimentazione delle anguille, di tipo commerciale, con un macinato di sarde o di calamaro. Tale scelta è stata fatta sulla base di alcune indicazioni emerse nel corso di precedenti prove di alimentazione (Veneto Agricoltura, 2004) nel corso delle quali, a seguito di somministrazione di pesce fresco tritato, era stata ottenuta una certa ripresa della crescita dei Peneidi, anche quando gli alimenti secchi si erano rivelati inefficaci. Per una migliore comprensione delle caratteristiche nutrizionali degli alimenti impiegati è stato coinvolto il gruppo di lavoro del prof. Gerolamo Xiccato, del Dipartimento di Scienze Animali dell'Università di Padova, che ha curato la progettazione e lo svolgimento di tutta l'indagine

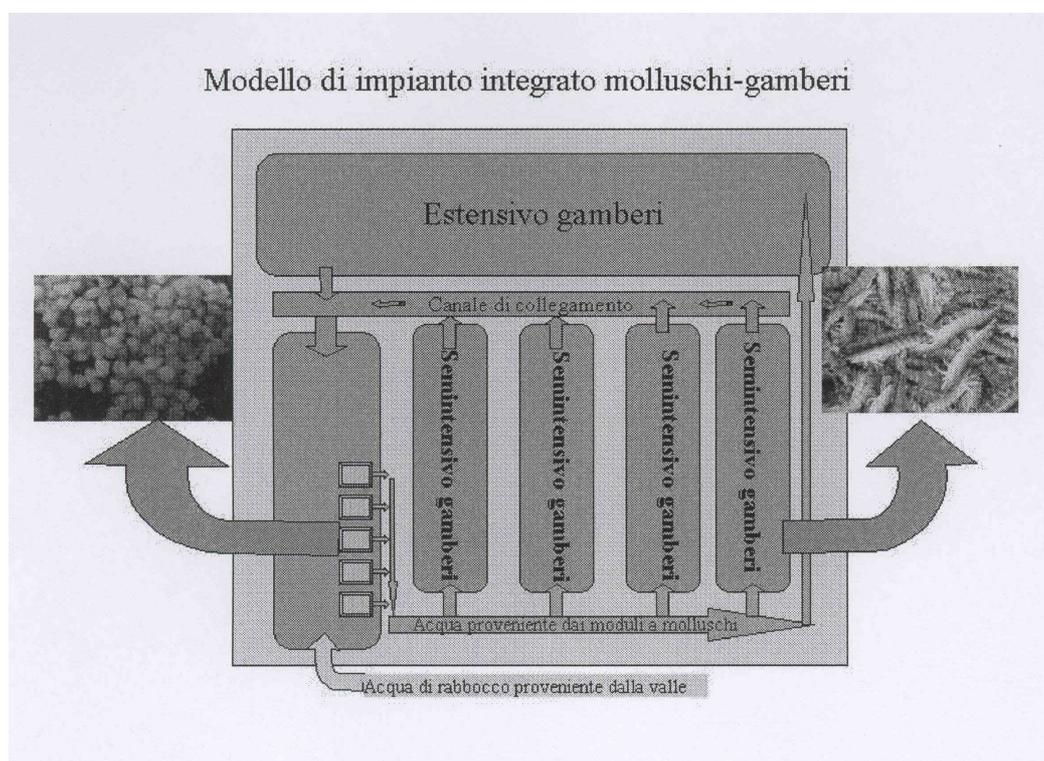
analitica sulla composizione aminoacidica e lipidica delle materie prime impiegate, degli alimenti composti ottenuti da queste e delle carcasse dei gamberi allevati con le diverse diete.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 OPERAZIONI PRELIMINARI ALL'ALLEVAMENTO

Obiettivo del progetto è stato l'integrazione funzionale dei moduli di preingrasso delle vongole con quelli di allevamento dei Peneidi, allo scopo di costituire un sistema impiantistico in cui l'acqua viene fatta circolare tra i diversi settori di allevamento a costituire un ricircolo chiuso. Gli scambi idraulici con il sistema vallivo esterno vengono limitati al prelievo/scarico dell'acqua ad inizio/fine ciclo, oltre ad occasionali rabbocchi o parziali ricambi se richiesti.

In Figura 1 si propone un diagramma di flusso in cui viene schematizzato il percorso dell'acqua tra i diversi settori dell'impianto.



**Figura 1:** rappresentazione schematica dell'impianto di allevamento integrato e percorso seguito dall'acqua

La gambericoltura, in Valle Bonello, è stata sempre condotta secondo protocolli che prevedevano un ricambio idrico giornaliero ridotto e discontinuo, mediamente prossimo al 5% del volume dei bacini di allevamento. Nella nuova condizione tecnica progettata, invece, le vasche di allevamento sono state gestite a ricambio continuo, ma con acqua proveniente dai propri scarichi, previo attraversamento dei moduli di preingrasso delle vongole.

Concettualmente, quindi, il nuovo impianto prevede una tecnica di allevamento basata sulla gestione dei bacini ad elevato flusso di acqua, anzichè ad acqua ferma, pur mantenendo un rinnovo dell'acqua di allevamento estremamente ridotto o completamente assente.

La condizione descritta offre l'opportunità di proporre un processo produttivo pressochè privo di impatto ambientale, poichè tutti i nutrienti introdotti nell'ecosistema di allevamento (fertilizzanti e mangimi) restano nel ricircolo idraulico, venendo progressivamente assimilati nella catena trofica naturale e quindi organicati nei diversi comparti biotici dell'ecosistema acquatico.

Alla luce delle premesse del presente progetto, sono state compiute importanti ristrutturazioni a carico dell'impianto, con particolare riferimento alle canalizzazioni idrauliche a servizio delle vasche di allevamento dei gamberi.

Una canaletta in cemento è stata realizzata *ex-novo* (Fig. 2) per distribuire alle diverse vasche per l'allevamento semintensivo dei peneidi l'acqua proveniente dallo scarico di un modulo di preingrasso delle vongole.



**Figura 2 – Canale di distribuzione dell'acqua in costruzione e dettaglio dello stacco di derivazione per l'immissione dell'acqua in una vasca**

Al tempo stesso le opere di scarico delle vasche dei gamberi (Fig. 3) sono state modificate in modo da convogliare l'acqua in uscita verso il bacino di gambericoltura estensiva oppure, in

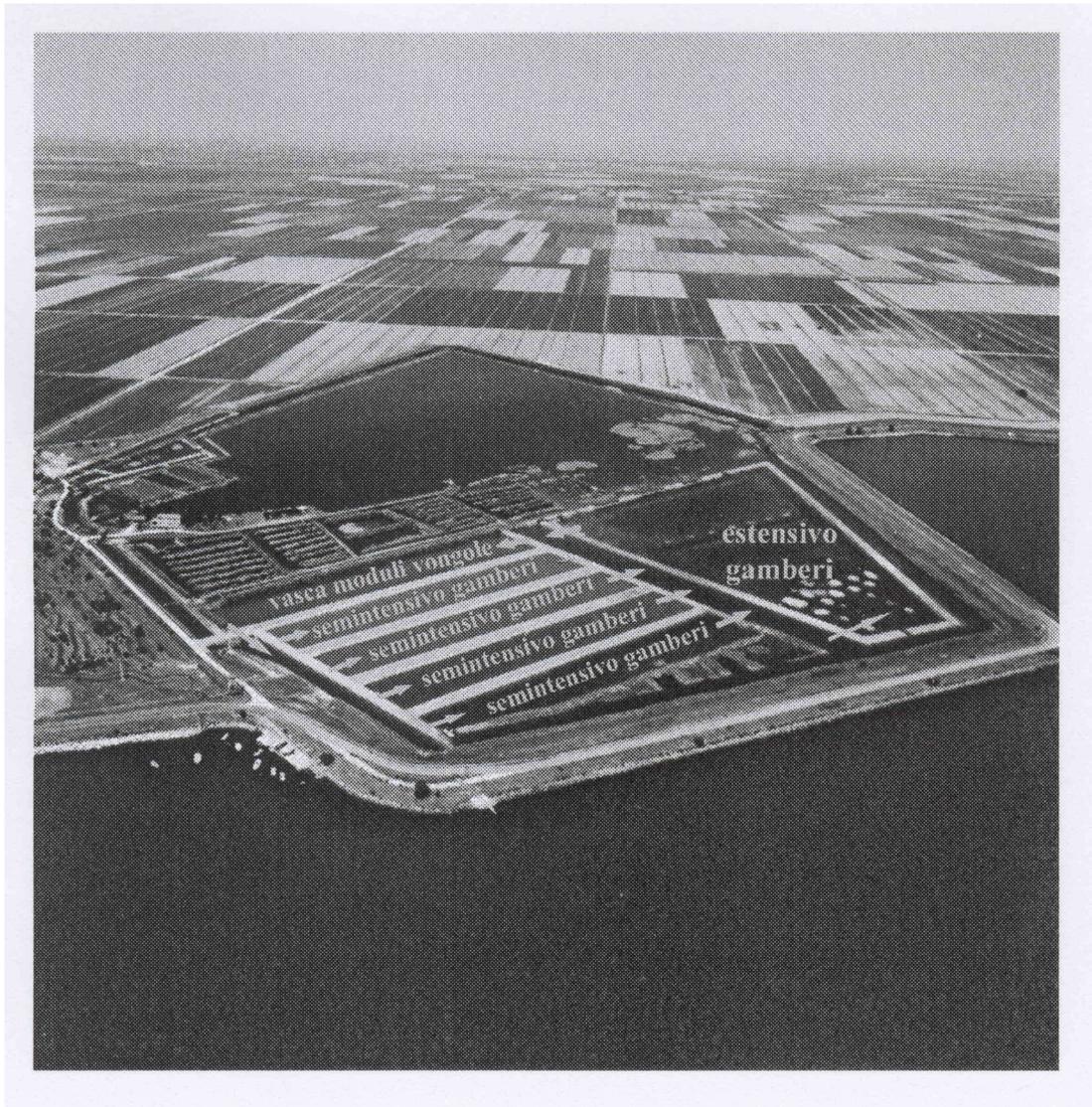
alternativa, direttamente verso i moduli di preingrasso delle vongole (cfr. Fig. 1). Anche l'acqua eventualmente introdotta nel bacino di allevamento estensivo, in tutti i casi, è stata in fase di scarico indirizzata forzatamente verso il bacino di preingrasso delle vongole.

L'energia per la circolazione dell'acqua è stata garantita dalla pompa di sollevamento in dotazione al modulo delle vongole, mentre la produzione fitoplanctonica è stata principalmente gestita nei settori di gambericoltura, dove la fertilizzazione è avvenuta sia introducendo specifici prodotti inorganici, sia immettendo il mangime destinato ai peneidi.



**Figura 3 – Pozzetto di scarico in preparazione per l'installazione delle griglie di filtrazione e le tubazioni di scarico (a sinistra) - Pozzetto posato in opera (a destra) con griglie per prevenire la fuga di gamberi dalla vasca di allevamento (passerelle e camminamenti provvisori)**

Nella Figura 4 è possibile infine vedere una panoramica del Centro Ittico Bonello con l'individuazione delle aree destinate al progetto.



**Figura 4 - Foto panoramica del Centro Ittico Bonello con note descrittive (vedi testo)**

## **2.2 GESTIONE OPERATIVA DELLA GAMBERICOLTURA**

Il protocollo di allevamento per la produzione della mazzancolla, di seguito descritto nelle sue fasi principali, è derivato dalle procedure già messe a punto presso il Centro Ittico Bonello di Veneto Agricoltura.

### *2.2.1 Preparazione dei bacini*

La preparazione dei bacini ha previsto una fase autunno-invernale di mantenimento in asciutta, da novembre fino all'inizio di aprile, per consentire l'ossidazione del sedimento. Sono stati effettuati quindi alcuni interventi di eradicazione di eventuali organismi predatori nelle pozze

d'acqua rimaste negli avvallamenti del fondale. Si è infine proceduto ad un progressivo allagamento dei bacini secondo i tempi determinati dalla risposta di crescita del plancton.

Lo sviluppo del fitoplancton è stato sostenuto grazie a ripetute fertilizzazioni con Urea + Triplo Superfosfato ( $P_2O_5$ ) in rapporto di 10:1. In coincidenza con l'inizio dell'allagamento è stato effettuato un trattamento con 50 + 5 kg/ha di questi fertilizzanti inorganici abbinati, mentre successivamente si è intervenuti con trattamenti di 15 + 1,5 kg/ha ogni qualvolta la trasparenza dell'acqua tendeva ad aumentare oltre i 30-40 cm. Al termine dell'allevamento si è ricorsi ad aggiunta di pollina, nell'ambito di prove particolari di cui daremo conto in fase di discussione dei risultati.

### 2.2.2 Caratteristiche dei bacini in terra

Le prove di alimentazione con tre diverse diete sperimentali sono state condotte nelle vasche di allevamento V2, V3 e V4. Queste sono caratterizzate da una forma rettangolare e da un profilo del fondale con pendenze dolci, che declinano verso l'asse centrale più profondo.

Questo asse centrale, a sua volta, presenta una certa pendenza procedendo dalla condotta di scarico verso quella di carico.

Nella vasca V5, di minore superficie e di forma irregolare, sono stati immessi tardivamente dei peneidi che non sono stati inseriti nel programma delle diete sperimentali.

Bacino	Dimensioni (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
V2	210,5 x 33,8	7.115	8.538
V3	211 x 33	6.963	8.316
V4	210 x 33	6.930	8.316
V5		5.000	5.500

### 2.2.3 Dispositivi di aerazione e movimentazione dell'acqua

Al fine di garantire agli organismi allevati una concentrazione adeguata di ossigeno disciolto e per prevenire eventi di stratificazione della colonna d'acqua, sono stati collocati nei bacini degli aeratori di vario tipo, disposti lungo l'asse maggiore degli invasi. Sono stati impiegati 3 aeratori per ciascuna delle vasche V2-V4 e 2 nella vasca V5.

I dispositivi di aerazione utilizzati erano rappresentati dalle tre tipologie di seguito descritte, omogeneamente distribuite tra le vasche:

- battitore a pale “NAN RONG” (Taiwan), con motore da 2 HP;
- aeratore tipo Venturi “Aire O<sub>2</sub>“, prodotto da Aeration Industries International Inc. (MN-USA), con motore da 1 HP;
- aeratore tipo Venturi mod. “Forza 7”, prodotto da Acqua&Co SpA (Cadelbosco Sopra, RE, Italia), con motore da 1,2 HP.

La movimentazione dell’acqua è stata inizialmente gestita secondo le modalità usuali in valle, ovvero mantenendo le vasche da allevamento senza ricambio, salvo quando si verificavano eccessive densità planctoniche o deficit di ossigeno disciolto. La gestione del ricambio in continuo a circuito chiuso è stata attivata nella seconda metà di agosto, in coincidenza con il completamento della nuova canaletta di collegamento tra il modulo di preingrasso delle vongole e le vasche di allevamento delle mazzancolle. A partire da questo momento, la movimentazione dell’acqua è stata garantita da una elicopompa CHABOT mod. “6SM132S4”, installata in dotazione al modulo di molluschicoltura, la cui portata nelle condizioni di esercizio contestuali è stata stimata in 330 m<sup>3</sup>/h.

#### *2.2.4 Rilevamento parametri ambientali*

Giornalmente, tra le ore 7 e le 8, sono stati rilevati i principali dati mesologici dell’acqua in tutte le vasche di allevamento: la salinità è stata misurata con rifrattometro Atago, l’ossigeno disciolto e temperatura con ossimetro Oxyguard Handy Gamma, la trasparenza con disco di Secchi. I valori di temperatura massima e minima sono stati rilevati con un termometro a mercurio lasciato sempre immerso a circa 50 cm di profondità.

Le concentrazioni dei principali nutrienti disciolti nell’acqua di allevamento (azoto ammoniacale, nitroso e nitrico; fosforo ortofosforico) sono state rilevate settimanalmente. Le analisi dei nutrienti sono state eseguite dopo aver filtrato i campioni attraverso filtri in fibra di vetro tipo Whatman GF/F, utilizzando lo spettrofotometro HACH mod. DR/2000 (Colorado, USA) ed i kit analitici commercializzati dalla casa produttrice dello stesso. Le metodiche di riferimento per la preparazione dei kit Hach erano:

- metodo dell'acido ascorbico per il fosforo ortofosforico;
- metodo del sale di diazonio per l'azoto nitroso;
- l'azoto nitrico è stato ridotto a nitroso per trattamento con cadmio e quindi determinato come tale;
- metodo del salicilato per l'azoto ammoniacale.

Ulteriori analisi relative alla concentrazione dell'azoto totale e del carbonio organico totale, sono state effettuate dal Dipartimento dei Processi Chimici dell'Ingegneria dell'Università di Padova (referente dott. Giovanni Marco Carrer).

I valori della clorofilla-a (chl-a) sono stati determinati settimanalmente secondo il metodo spettrofotometrico di Lazzara *et al.* (1990), utilizzando lo spettrofotometro HACH mod. DR 2000.

#### 2.2.5 Semina

Il materiale da semina, acquistato dallo schiuditoio sardo gestito dalla Provincia di Cagliari, è giunto per via aerea in sacchi di polietilene chiusi singolarmente entro box di polistirolo. All'arrivo, dopo un viaggio che non ha superato le 12 ore dal momento del confezionamento, le postlarve si presentavano in buono stato vitale. Dopo l'acclimatazione gli animali sono stati suddivisi in lotti e stoccati per alcuni giorni nell'avannotteria del Centro Bonello.

A causa dell'estrema ed inusuale difficoltà a reperire sul mercato le postlarve necessarie non è stato possibile effettuare le semine nel consueto periodo tardo-primaverile. Infatti le prime operazioni di semina sono avvenute solamente alla fine di giugno ed hanno interessato 3 dei 4 bacini destinati all'allevamento in condizioni semintensive (V2, V3 e V4). La semina nell'ultimo bacino (V5) è stata effettuata addirittura alla fine di luglio quando il medesimo schiuditoio ha reso disponibile un ulteriore lotto di postlarve, peraltro di età molto inferiore rispetto a quella degli animali precedenti. La tabella 1 riporta schematicamente i dati essenziali relativi alle semine effettuate. E' evidente che le densità adottate risultano inferiori a quelle programmate preliminarmente, pari a circa 4 esemplari/m<sup>2</sup>, per le già dette difficoltà di reperimento del materiale biologico.

**Tabella 1: dati relativi alle semine effettuate**

Vasca	Età	Peso medio (g)	Lung. Media (mm)	Densità (es/m <sup>2</sup> )	Data di semina
V2-V3-V4	PL 15	0,016	14,7	2,5	27 giugno

V5	PL 8	0,003	8,6	5	20 luglio
----	------	-------	-----	---	-----------

### 2.2.6 Allevamento e prove mangimistiche

La prestazione di crescita degli animali in fase di allevamento è stata monitorata mediante biometria ogni 7-10 giorni su un campione di 50 animali. Gli animali necessari a tale operazione sono stati pescati mediante l'uso di bertovelli, messi in opera durante le ore notturne.

Le vasche V2, V3 e V4, seminate simultaneamente con animali dello stesso lotto ed alla stessa densità, sono state utilizzate per testare gli alimenti sperimentali. Questi vengono descritti dettagliatamente al paragrafo seguente ed erano distribuiti agli animali in allevamento secondo il seguente schema:

- Vasca n° 2. Tesi "Sarda": alimentazione con farina alimentare per pesci integrata con sarde tritate;
- Vasca n° 3. Tesi "Calamaro": alimentazione con farina alimentare per pesci integrata con calamaro tritato;
- Vasca n° 4. Tesi "Controllo": alimentazione con farina alimentare per pesci non integrata.

La vasca 5 non è stata presa in considerazione per le prove di alimentazione, essendo stata sottoposta ad una semina tardiva e caratterizzata da una maggiore densità di post-larve (5 esemplari/m<sup>2</sup>). Il lotto in questa vasca è stato alimentato con lo stesso mangime somministrato alla vasca 4.

La somministrazione degli alimenti è iniziata solo quando gli animali hanno superato il grammo di peso medio e sono stati in grado di cominciare ad utilizzare i pellet di 2 mm prodotti con la macchina impastatrice a disposizione. Tale scelta è giustificata dal fatto che nelle primissime fasi di crescita i giovanili presentano una biomassa complessiva estremamente limitata, che trova piena soddisfazione alle proprie esigenze alimentari attraverso la disponibilità di prede naturali.

Dal momento in cui si è iniziata la somministrazione di alimento composto, verso la fine di luglio, è stato fatto riferimento alla tabella di alimentazione suggerita da Lumare (1998) per il calcolo della razione giornaliera rapportata alla biomassa in allevamento. Poiché la tabella è stata proposta per alimenti commerciali con tenori di umidità inferiori al 10%, al calcolo della razione è stato applicato un coefficiente di incremento del valore rilevato in tabella pari al

30%, a compensazione del maggiore tenore di umidità presente nelle diete semiumide sperimentali.

Al termine del periodo di ingrasso si è proceduto alle operazioni di pesca secondo l'uso abituale, ovvero mediante bertovelli da posta. Va rilevato come normalmente il completamento delle operazioni di pesca preveda il progressivo e simultaneo svuotamento dell'acqua presente nei bacini di allevamento. Nel nostro caso, tuttavia, data la necessità di mantenere in esercizio il circuito idrico a beneficio della molluschicoltura, si è proceduto allo svuotamento di un bacino alla volta, escludendolo dal ricircolo idraulico e provvedendo a riempirlo nuovamente prima di passare allo svuotamento del bacino successivo.

### 2.3. PROVE DI CONVERSIONE IN CONDIZIONI DI ALLEVAMENTO INTENSIVO

Al fine di ottenere ulteriori elementi di valutazione circa le proprietà nutrizionali delle diete sperimentali, sono state allestite due prove di conversione alimentare. La sperimentazione consisteva nel ripartire un piccolo lotto di gamberi in tre gruppi, ciascuno dei quali aveva la possibilità di nutrirsi di una delle diete sperimentali, in condizioni di allevamento intensivo e senza dieta naturale integrativa.

A tale scopo per ciascuna prova si è proceduto alla pesca, nei bacini di allevamento semi-intensivo, di alcuni campioni di mazzancolle aventi un peso medio di circa 10-12 g, da cui è stato ottenuto un pool omogeneo, poi ripartito in tre lotti di 30 animali ciascuno.

I tre lotti sono stati seminati in tre differenti settori di una vasca in vetroresina (Fig. 5), aventi ciascuno una superficie rettangolare di 1,5 m<sup>2</sup>, per una densità di stabulazione finale pari 20 gamberi/m<sup>2</sup>. Il fondo della vasca era stato coperto con alcuni cm di sabbia, per offrire agli animali la possibilità di infossarsi a piacimento. L'acqua presente nella vasca veniva ricambiata più volte al giorno mediante una elettropompa che attingeva dal vicino bacino della valle da pesca.



**Figura 5 - Vasca utilizzata per le prove di conversione delle diete sperimentali; i divisori in rete ripartiscono il volume nei tre diversi compartimenti nei quali sono stati immessi i tre gruppi di animali**

I tre gruppi sono stati alimentati con le tre diete sperimentali secondo una razione giornaliera del 3% p.v., riferita alla biomassa complessiva degli animali all'inizio della prova. Le due prove hanno avuto rispettivamente una durata di 10 e 9 giorni. La biometria di tutti gli esemplari impiegati nelle prove è stata eseguita sia all'inizio che al termine dei test di conversione.

Giornalmente si procedeva all'ispezione della vasca per verificare l'eventuale presenza di animali morti, che eventualmente venivano rimossi.

I test sono stati effettuati nel mese di settembre, quando le temperature erano già scese al di sotto dei 20 °C, valore non ottimale per le prestazioni di crescita di questa specie

## 2.4 PREPARAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DELLE DIETE SPERIMENTALI

### 2.4.1. Preparazione degli alimenti composti semiumidi

Gli alimenti composti sperimentali sono stati preparati utilizzando un'impastatrice-pellettrice modello Easy 3000, prodotta dalla Confezionatrici Italiane Automatiche S.r.l., equipaggiata con frigorifero a circuito chiuso per raffreddamento del collo d'estrusione ed una

trafila da 2 mm in bronzo con fori rivestiti in teflon e con una capacità di produzione oraria di 80-100 kg.

Gli alimenti sono stati prodotti a partire da un alimento commerciale in farina commercializzato dalla Skretting S.p.A di Mozzecane (VR), denominato “classic AA-SP” e destinato all’allevamento delle anguille. Nell’uso ordinario, tale alimento viene preparato dagli allevatori aggiungendo acqua fino ad ottenere un pastone della consistenza desiderata, di solito addizionato con olio di pesce o di fegato di merluzzo. Il pastone per anguille ha la caratteristica di permanere ben aggregato anche dopo diverse ore di immersione in acqua. Per consentire ciò il formulista predispone l’alimento stesso con un legante, a base di farina di guar, che conferisce al pastone una notevole stabilità una volta attivato dall’aggiunta di acqua in fase di preparazione.

La composizione grezza dichiarata dal produttore per la farina “classic AA-SP” è riportata in tabella 2.

**Tabella 2: Composizione della farina da pastone “Classic AA-SP” prodotta dalla Skretting S.p.A.**

Ingredienti	Prodotti di pesce, sottoprodotti di cereali in grani, prodotti e sottoprodotti di semi oleosi, cereali in grani, BHT (butil-idrossi-toluolo)
Integrazione vitaminica (per kg)	Vit. A 9.000 U.I., vit. D3 1.500 U.I., vit. E 150 mg, solfato rameico monoidrato 9 mg. Contiene vit. C stabile
Proteina greggia	52 %
Grassi greggi	9 %
Ceneri	9,5 %
Fibra greggia	1 %
Fosforo	1,3 %

Per le nostre prove sono state elaborate tre diverse diete, una delle quali ottenuta dall’impasto del mangime in farina con la sola aggiunta di olio di fegato di merluzzo, le altre due con ulteriore aggiunta rispettivamente di sarde tritate e calamari tritati. L’obiettivo della prova consisteva nel verificare se l’aggiunta di prodotti ittici tritati potesse apportare all’alimento, oltre ad una maggiore capacità adescante, qualche fattore di crescita che ne migliorasse le proprietà nutrizionali.

I diversi alimenti sperimentali sono stati preparati mescolando i diversi ingredienti nei rapporti percentuali di seguito riepilogati:

**Tabella 3: Ingredienti utilizzati per la preparazione delle diete sperimentali e relativi valori percentuali**

Dieta	Farina di base (%)	Acqua (%)	Olio di fegato di merluzzo (%)	Sarde tritate (%)	Calamaro tritato (%)
“Controllo”	70,4	28,2	1,4	0,0	0,0
“Sarda”	70,4	14,1	1,4	14,1	0,0
“Calamaro”	70,4	14,1	1,4	0,0	14,1

La procedura di impasto è stata messa a punto provando ad impiegare diversi quantitativi di acqua, pari a 35, 40 e 45% del peso secco in farina-base. Dalle prove di tenuta in acqua dell'alimento, che di seguito descriveremo, è risultato che maggiore è il quantitativo di acqua addizionato in fase di impasto e maggiore risulta essere la persistenza allo stato compatto del pellet ottenuto. Il pellet ottenuto con il quantitativo di acqua più elevato, tuttavia, risultava eccessivamente morbido per dare un buon risultato in fase di estrusione e taglio. Si è optato pertanto per un rapporto in peso acqua:farina di 40:100, equivalente alla percentuale finale di acqua pari al 28,2% come riportato in tabella 3 per la dieta “controllo”. La minore percentuale di acqua aggiunta agli alimenti con prodotto fresco tritato tiene conto dell'umidità apportata da questi ultimi.

L'impasto avveniva preparando circa 25 kg di prodotto per volta. La sequenza di impasto prevedeva l'aggiunta di farina-base, un lento addizionamento dell'olio di fegato di merluzzo, quindi la progressiva aggiunta di acqua. Gli alimenti freschi tritati fino a renderli semiliquidi venivano premiscelati con l'acqua e quindi aggiunti all'impasto. La fase di miscelazione è risultata molto importante per garantire l'omogenità del prodotto e si protraeva per circa mezz'ora. Dopo l'estrusione il mangime veniva lasciato “maturare” per 24 ore prima di venire distribuito agli animali, oppure congelato per una somministrazione successiva. Questo periodo di attesa si è dimostrato necessario per permettere al legante presente nella formulazione della farina di completare la propria azione di stabilizzazione dell'impasto.

#### *2.4.2. Prove di stabilità in acqua eseguite sui pellet semiumidi*

L'efficienza di un alimento artificiale destinato all'allevamento del gambero è condizionata in modo rilevante dalla stabilità in acqua che lo stesso dimostra di possedere. La progressiva idratazione del pellet, dopo la distribuzione nelle vasche, determina il rapido rilascio dei composti idrosolubili, arrivando in un determinato intervallo di tempo al disfacimento completo del prodotto mangimistico.

Nel caso dei Peneidi, la presenza dell'alimento artificiale nell'ambiente viene avvertito mediante chemiosensori, che permettono agli animali di individuare, e quindi raccogliere mediante i chelipedi, il pellet o il granulo estruso. Questa fase richiede già un certo tempo, specialmente se la distribuzione dell'alimento avviene prima del buio, quando il *Marsupenaeus japonicus* è generalmente ancora poco attivo. Dopo che il gambero è venuto in contatto con l'alimento, questo viene consumato lentamente.

E' quindi facile comprendere come la preparazione dei mangimi debba tenere conto della stabilità che il prodotto finito sarà in grado di garantire, poiché questa caratteristica incide direttamente sul tasso di conversione che l'alimento consentirà di ottenere.

In fase di messa a punto della produzione dei pellet sperimentali sono stati fatti diversi tentativi di variazione della procedura, nel tentativo di ottenere un prodotto finale dotato di maggiore stabilità in acqua. Le principali varianti introdotte sono state:

- variazione del volume d'acqua aggiunto in fase di impasto, a cui si è già accennato nel paragrafo precedente;
- essiccazione del pellet per esposizione al sole, subito dopo la produzione;
- aggiunta di un 2% di farina di guar in fase di impasto, un forte legante già presente nella composizione della farina di base;
- aggiunta di agar agar in fase di impasto, un addensante-gelificante, nella misura del 2%.

La stabilità dell'alimento semiumido è stata valutata dopo ogni variazione della procedura di preparazione, mediante semplici test di stabilità. Questi consistevano nel porre un campione di mangime in un bicchiere con acqua prelevata dall'impianto e immettendo lentamente dell'aria al fondo mediante una pipetta collegata ad un aeratore per acquari. Il pellet permaneva quindi per diverse ore nel bicchiere in cui l'acqua subiva un lento movimento convettivo.

Le osservazioni sullo stato del campione, nel corso del test, venivano registrate ad intervalli per alcune ore fino al giorno successivo.

#### *2.4.3. Analisi chimiche condotte su materie prime, diete sperimentali e mazzancolle ottenute dalle prove sperimentali*

Nell'ambito del questo programma sperimentale, il Dipartimento di Scienze Animali dell'Università di Padova ha effettuato indagini sulla composizione chimica degli alimenti somministrati alle mazzancolle e sulle carcasse degli animali stessi al fine di studiare le necessità nutrizionali di questi crostacei.

In particolare, sono state effettuate le seguenti indagini analitiche:

- composizione chimica delle materie prime utilizzate per la formulazione delle diete sperimentali, con particolare attenzione alla componenti lipidiche e amminoacidiche;
- composizione chimica delle diete sperimentali somministrate ai gamberi, con particolare attenzione alle componenti lipidiche e amminoacidiche;
- composizione chimica delle carcasse dei gamberi alimentati con le diverse diete;

#### Prelievo e classificazione dei campioni

All'inizio della prova di allevamento sono stati raccolti i seguenti campioni di alimenti:

- 1 campione (2 barattoli da circa 500 g cadauno) di mangime sperimentale senza integrazione con alimenti freschi (Tesi Controllo);
- 1 campione (2 barattoli da circa 500 g cadauno) di mangime sperimentale integrato con sarde fresche (Tesi Sarda);
- 1 campione (2 barattoli da circa 500 g cadauno) di mangime sperimentale integrato con calamari freschi (Tesi Calamaro);
- 1 campione (2 barattoli da circa 500 g cadauno) di farina base (farina da pastone "Classic AA-SP" prodotta dalla Skretting S.p.A.) per la preparazione dei mangimi sperimentali;
- 1 campione (circa 500 g) di sarde fresche per la preparazione dei mangimi sperimentali;
- 1 campione (circa 500 g) di calamaro fresco per la preparazione dei mangimi sperimentali;
- 1 campione di olio di fegato di merluzzo (circa 500 g) per la preparazione dei mangimi sperimentali.

Alla fine della prova di ingrasso, da ogni bacino sono stati raccolti 2 campioni di mazzancolle (uno di soli maschi e uno di sole femmine) per un peso fresco di circa 500 g per campione, come da dettaglio:

- 1 campione di mazzancolle intere maschi (500 g) provenienti dalla Tesi Controllo;
- 1 campione di mazzancolle intere femmine (500 g) provenienti dalla Tesi Controllo;
- 1 campione di mazzancolle intere maschi (500 g) provenienti dalla Tesi Sarda;
- 1 campione di mazzancolle intere femmine (500 g) provenienti dalla Tesi Sarda;
- 1 campione di mazzancolle intere maschi (500 g) provenienti dalla Tesi Calamaro;
- 1 campione di mazzancolle intere femmine (500 g) provenienti dalla Tesi Calamaro.

In totale, sono stati sottoposti ad analisi in doppio 6 campioni di alimenti (materie prime e mangimi) e 6 campioni di mazzancolle intere.

Dopo la raccolta, i campioni di materie prime, mangimi e mazzancolle sono stati congelati, trasferiti al Dipartimento di Scienze Animali e mantenuti a  $-18^{\circ}\text{C}$  fino al momento delle analisi.

#### *2.4.4. Preparazione dei campioni per le analisi chimiche*

Ai fini della determinazione della composizione chimica tipo e del profilo aminoacidico, i campioni di alimenti e di carcasse raccolti nel corso della prova sono stati scongelati e divisi in due aliquote. La prima aliquota di ciascun campione è stata macinata grossolanamente con Moulinette S, posta in vaschette di alluminio e sottoposta a trattamento di liofilizzazione. Dopo liofilizzazione, il campione è stato nuovamente macinato con Moulinette prima e con mulino da laboratorio a biglie d'acciaio di seguito (Mill Type S1000, Retsch, Germania), in modo da ottenere un campione estremamente omogeneo da sottoporre ad analisi chimica tipo e del profilo aminoacidico. La seconda aliquota del campione scongelato fresco è stata utilizzata per la determinazione del profilo acidico della frazione lipidica.

#### *2.4.5. Analisi chimiche "tipo"*

Il campione liofilizzato è stato analizzato in doppio per determinare la composizione chimica tipo (contenuto di umidità residua, estratto etereo, proteina grezza, fibra grezza e ceneri) secondo metodiche AOAC (2000).

#### *2.4.6. Determinazione del profilo amminoacidico*

Le analisi per la determinazione del profilo amminoacidico sono state realizzate presso l'Istituto di Scienze degli Alimenti dell'Università Cattolica di Piacenza. L'analisi è stata effettuata in doppio mediante Aminoanalyzer sui campioni di alimenti e carcasse dopo liofilizzazione e macinazione.

Sono stati determinati gli amminoacidi totali e, separatamente, la cistina.

#### *2.4.7. Determinazione del profilo acidico della frazione lipidica*

L'analisi della frazione degli acidi grassi della componente lipidica è stata effettuata sul campione dopo scongelamento graduale a  $4^{\circ}\text{C}$  per circa 12 ore e macinazione dello stesso con

Moulinette S. L'estrazione dei lipidi è stata effettuata in doppio con il metodo Folch et al. (1957).

L'analisi del profilo acidico dell'olio di fegato di merluzzo è stata realizzata direttamente sul campione tal quale.

L'analisi gas-cromatografica è stata realizzata in doppio mediante gas-cromatografo 8000 Serie Top (Thermo Quest, Italia), dotato di detector a fiamma FID, supporto per colonne capillari, sistema di iniezione Split-splitless e forno programmabile, utilizzando una colonna capillare Omegawax 250, 30 m di lunghezza e 0,25 mm di diametro interno (SUPELCO, Usa).

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati del progetto si prestano a due diverse chiavi di lettura:

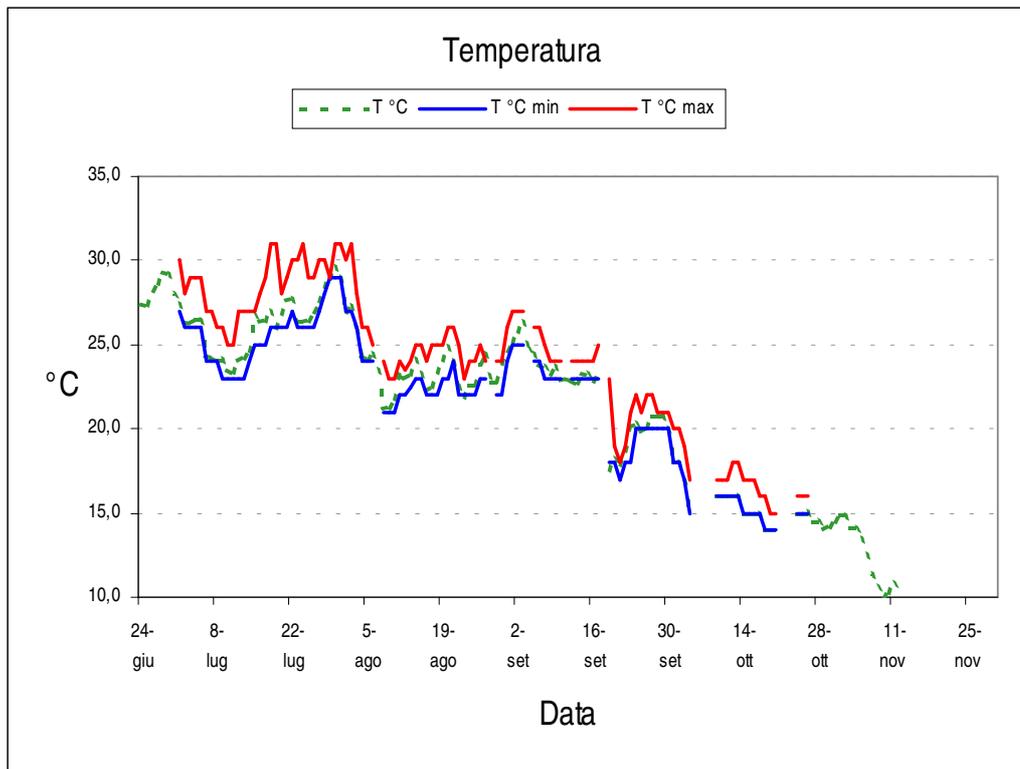
- 1) studio dell'andamento dei parametri ambientali, mesologici e chimici in relazione alla variazione gestionale (seconda metà di agosto) derivante dalla realizzazione del collegamento idraulico tra i moduli di preingrasso delle vongole ed i bacini di gambericoltura. A questo proposito, in particolare, si cercherà di valutare l'effetto della circolazione idrica a circuito chiuso sulla densità fitoplanctonica e sull'andamento dell'ossigeno disciolto;
- 2) verifica dell'efficacia degli alimenti composti sperimentali sulle prestazioni di crescita dei Peneidi e caratterizzazione degli alimenti stessi al fine di valutare un possibile miglioramento del loro profilo nutrizionale.

#### 3.1. ANDAMENTO DEI PARAMETRI AMBIENTALI

La gestione dell'allevamento non ha presentato particolari difficoltà, poiché tutti i parametri ambientali si sono mantenuti entro gli intervalli considerati idonei al buono stato di salute ed alla crescita dei Peneidi.

##### *3.1.1. Temperatura*

L'andamento della temperatura riveste sempre un particolare interesse, poiché condiziona fortemente la prestazione di accrescimento delle mazzancolle. In Figura 6 viene riportato l'andamento della temperatura rilevata al primo mattino in comparazione con i valori massimi e minimi dell'escursione giornaliera. I dati si riferiscono in particolare alla vasca n° 2 ma sono rappresentativi della situazione generale dell'allevamento.



**Figura 6 - Andamento delle temperature dell'acqua (°C) del primo mattino, temperatura minima e massima, nel corso del ciclo di allevamento**

Tra il momento della semina ed i primi di agosto, l'andamento termico si è mantenuto su valori ottimali per l'accrescimento, ossia tra 25 e 30 °C. L'andamento delle temperature nel corso del mese di luglio descrive una situazione estiva tipica degli habitat vallivi veneti, in cui i valori termici di punta arrivano talvolta a superare i 30 °C e l'escursione termica giornaliera nella colonna d'acqua può raggiungere i 4 °C. Questa escursione, registrata a circa mezzo metro di profondità, diviene molto più accentuata nei 10-20 cm superficiali della colonna d'acqua, mentre si attenua sensibilmente in prossimità del fondo, dove la radiazione termica non arriva a causa della notevole torbidità dell'acqua di allevamento.

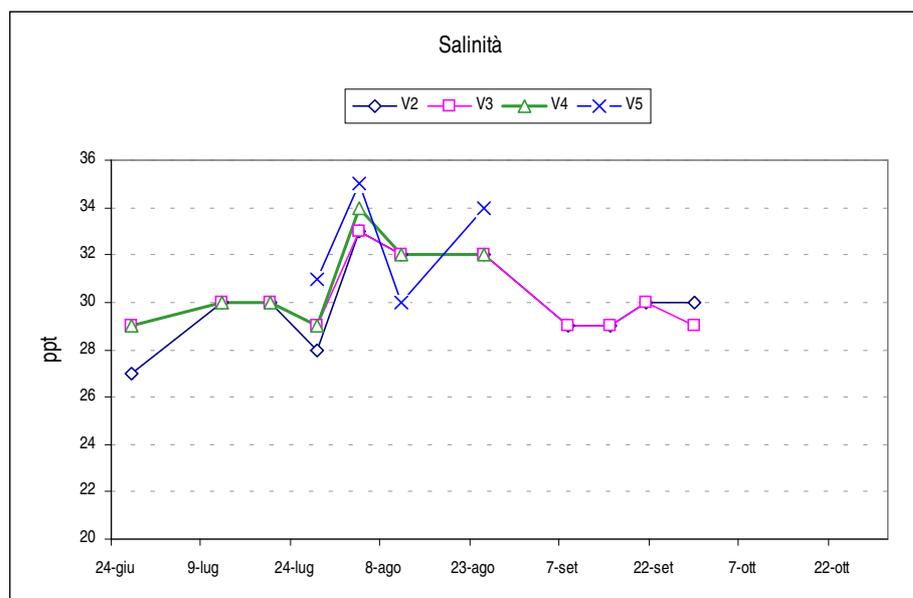
La colonna d'acqua, pertanto, presenta in estate una elevata stratificazione termica, che nel corso del ciclo circadiano raggiunge la massima accentuazione nelle ore di medio pomeriggio, dopo avere assorbito l'irraggiamento solare più intenso, per diminuire progressivamente fino alle ore che precedono l'alba, ovvero subito prima di venire nuovamente esposta all'irraggiamento solare.

Durante il periodo sperimentale, tuttavia, si nota che l'andamento delle curve termiche mostra una brusca flessione già nel mese di agosto. Quest'ultimo, generalmente interessato da temperature molto elevate, si è caratterizzato per valori termici generalmente compresi tra 23 e 25 °C, con poche e brevi escursioni all'infuori di questo intervallo. Sebbene tali temperature

si presentino ancora idonee all'accrescimento di *M. japonicus*, va rilevato che per questo periodo dell'anno si tratta di valori termici assai modesti.

### 3.1.2. Salinità

In Figura 7 sono rappresentati i dati relativi alla salinità rilevata nelle vasche. I valori sono sempre rimasti in un ambito di salinità favorevole all'accrescimento delle mazzancolle.



**Figura 7 - Andamento della salinità dell'acqua (ppt, parts per thousand), nel corso del ciclo di allevamento**

L'andamento del grafico permette di apprezzare il deciso aumento della salinità registrato nel corso del periodo più caldo e meno piovoso, corrispondente a luglio-agosto. A partire dall'ultima decade di agosto i tenori di salinità registrati nelle diverse vasche hanno iniziato a coincidere tra loro, a causa dell'attivazione della gestione idrica a ricambio continuo.

Il continuo ricambio dei bacini con l'acqua proveniente dalle rispettive opere di scarico, previo attraversamento del settore molluschicoltura, ha determinato una rapida mediazione delle variabili chimiche e mesologiche, come vedremo meglio descrivendo l'andamento della clorofilla-a.

### 3.1.3. Ossigeno disciolto

L'andamento dell'ossigeno disciolto, raffigurato nelle Figure 8-11 assieme a quello della trasparenza, rappresenta il principale indicatore da considerare nel corso della gestione per modulare gli interventi di ricambio idrico. E' molto frequente che al primo mattino la concentrazione dell'ossigeno disciolto si presenti a valori estremamente bassi ed è importante

che non si scenda al di sotto di 1,5-2 mg/l, per evitare l'instaurarsi di condizioni anossiche e la conseguente perdita di animali.

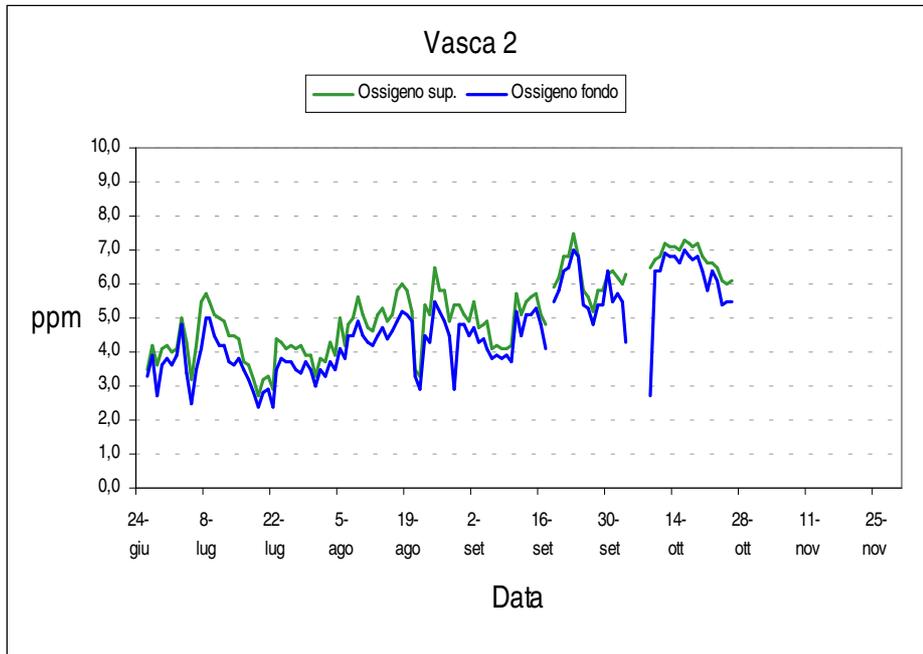


Figura 8 - Andamento dell'ossigeno disciolto (ppm, parti per milione) in vasca 2 nel corso del ciclo di allevamento

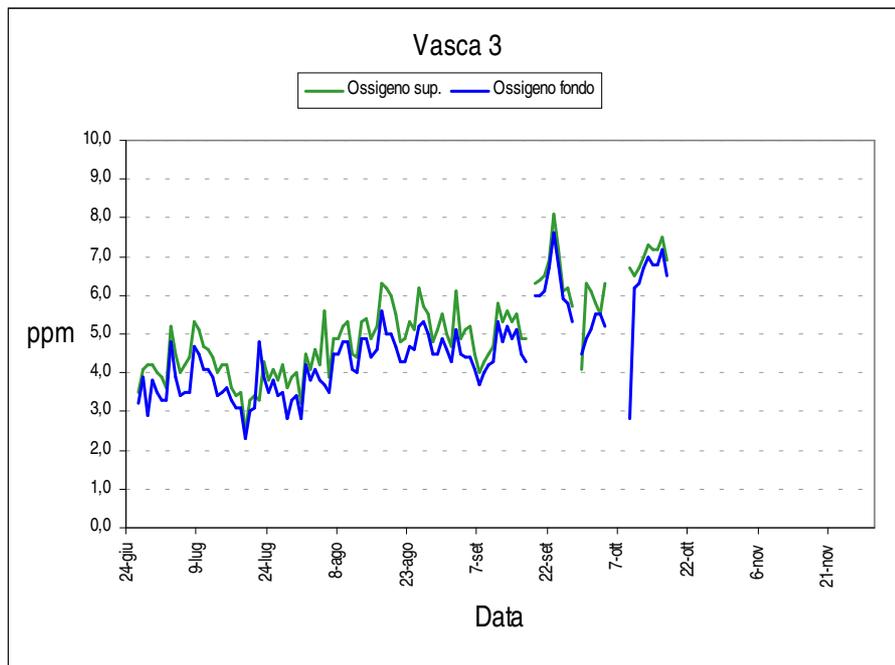
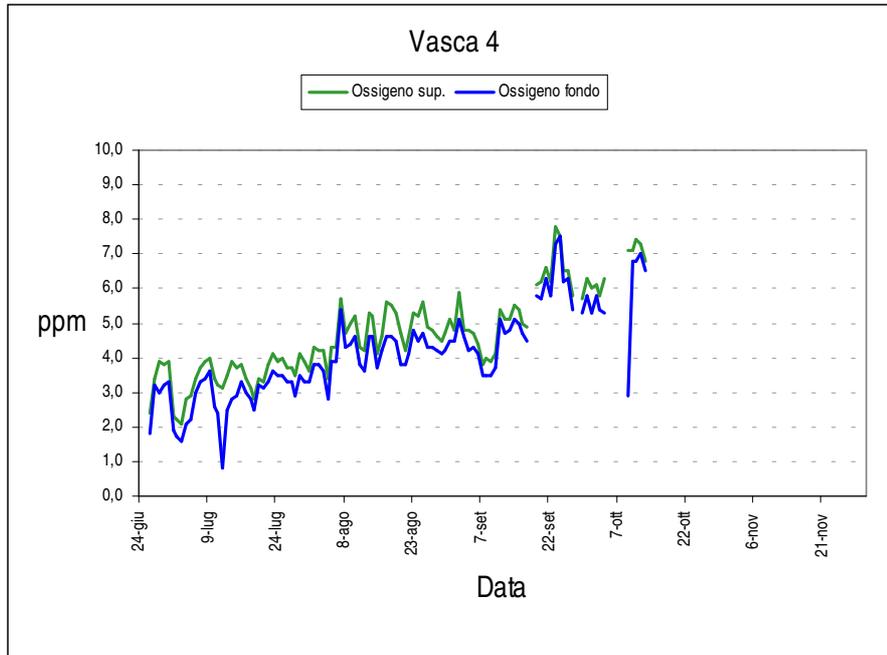
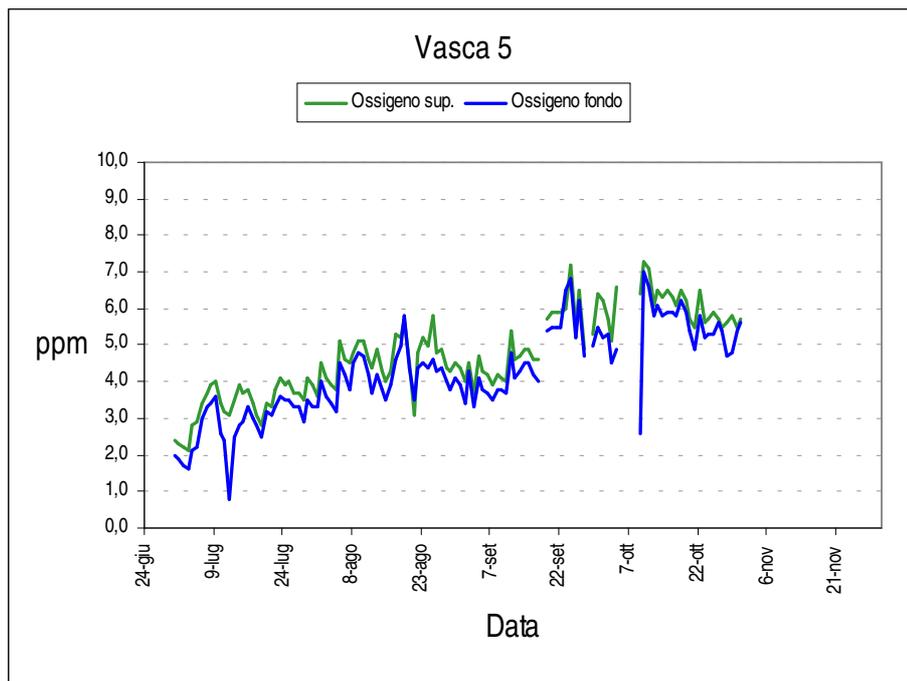


Figura 9 - Andamento dell'ossigeno disciolto (ppm, parti per milione) in vasca 3 nel corso del ciclo di allevamento



**Figura 10 - Andamento dell'ossigeno disciolto (ppm, parti per milione) in vasca 4 nel corso del ciclo di allevamento**



**Figura 11 - Andamento dell'ossigeno disciolto (ppm, parti per milione) in vasca 5 nel corso del ciclo di allevamento**

Come si può rilevare, i valori di ossigeno disciolto si sono sempre mantenuti su valori di assoluta sicurezza per la sopravvivenza dei peneidi. Si osserva solo un picco di ribasso nelle vasche V4 e V5 durante il mese di luglio, ma limitatamente all'ossigeno di fondo. Un tale tipo di condizione è tipicamente determinato da fenomeni di stratificazione della colonna d'acqua,

che impediscono il trasferimento dell'ossigeno dalla superficie verso il fondo. Non è tuttavia da ritenere che la circostanza abbia determinato perdite significative, sia perchè l'ossigeno si è comunque mantenuto su valori di 1 ppm anche al fondo, sia perchè gli animali, pur sottoposti a stress, potevano portarsi immediatamente in condizioni favorevoli sollevandosi di pochi cm dal fondo della vasca. Infatti in tale circostanza non sono state rilevate carcasse di peneidi.

#### 3.1.4. Trasparenza e clorofilla-*a* (*chl-a*)

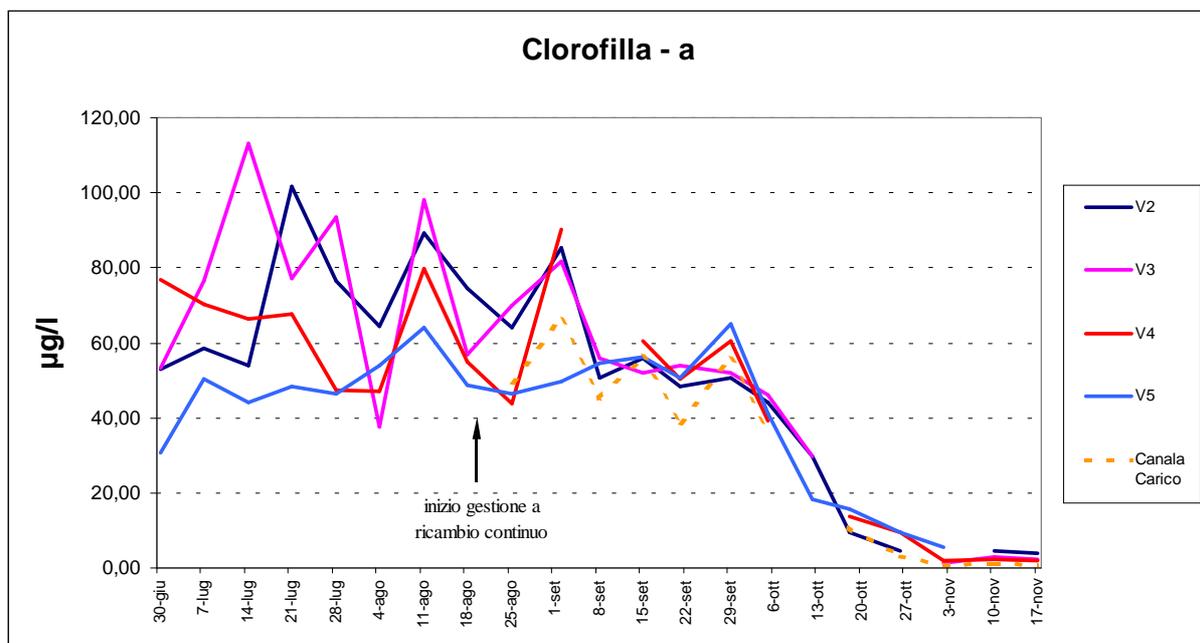
Questi parametri permettono di seguire l'evoluzione dell'ecosistema dell'allevamento sotto il profilo della capacità produttiva. La trasparenza è legata in buona misura alla densità degli organismi planctonici, sia autotrofi che eterotrofi, ma anche alla sospensione del particolato, organico e inorganico. La trasparenza è fortemente influenzata dagli interventi di fertilizzazione, poiché questi mirano a promuovere lo sviluppo della biomassa fitoplanctonica che è alla base della catena alimentare. La torbidità dell'acqua, nell'ambiente studiato, è quindi fondamentalmente di origine biogena e rappresenta un buon indicatore della portanza biologica dell'ecosistema.

Dalla comparazione tra l'andamento della trasparenza e quello della clorofilla-*a* è possibile trarre indicazione sul contributo al materiale in sospensione proveniente dalla comunità fitoplanctonica.

In fig. 12 è possibile vedere l'andamento della concentrazione di *chl-a* nei diversi bacini prima e dopo l'inizio della gestione a ricambio continuo, avvenuta in data 23 agosto. I valori di clorofilla riscontrati durante tutto il periodo di allevamento estivo, risultano mediamente superiori a 50 µg/l, valore molto elevato ed idoneo all'allevamento dei peneidi (60-150 µg/l secondo Boyd, 1991). A titolo di confronto, possiamo citare che il massimo valore di *chl-a* rilevato nell'impianto di valle in concomitanza di un fenomeno di bloom fitoplanctonico derivante dalla mortalità massiva di macroalghe (quindi in una circostanza estremamente distrofica), raggiunse picchi compresi tra 30 e 40 µg/l (Zanella *et al.*, 2000).

I tenori di pigmento rilevati prima dell'attivazione del ricambio continuo variavano considerevolmente sia nel tempo, sia tra un bacino e l'altro. A partire dall'apertura del ricambio in continuo, si assiste ad una progressiva riduzione delle differenze di concentrazione nei diversi bacini e ad una riduzione delle variazioni nel tempo. La linea tratteggiata che descrive la concentrazione della *chl-a* nella canaletta di carico, presenta un tenore di pigmento sempre leggermente inferiore a quello delle vasche, poichè risente della perdita di fitoplancton intervenuta nel tragitto che l'acqua compie a partire dallo scarico delle

vasche fino alla pompa di rilancio, attraversando i moduli di preingrasso delle vongole. Tale perdita non è imputabile solo all'azione di filtrazione delle vongole, che nel corso della nostra esperienza risultavano costituire una biomassa estremamente contenuta, ma soprattutto alla biomassa di organismi filtratori presenti negli ampi invasi in terra che l'acqua deve attraversare a partire dai pozzetti di scarico delle vasche fino alla pompa di captazione del modulo di preingrasso delle vongole (cfr Fig. 1).



**Figura 12 - Andamento della clorofilla-a ( $\mu\text{g/l}$ ) nelle diverse vasche di allevamento e nel canale di carico delle stesse**

Il tenore di chl-a si è mantenuto su valori elevati ( $>40 \mu\text{g/l}$ ) fino alla prima decade di ottobre. Successivamente il pigmento clorofilliano ha subito un decremento rapido e costante fino ad un valore di concentrazione compreso tra 15 e 20  $\mu\text{g/l}$ , riducendosi poi con maggiore gradualità fino a tenori inferiori a 5  $\mu\text{g/l}$ , verso la fine di ottobre.

Il processo di riduzione della densità fitoplanctonica coincide con l'abbassamento di temperatura dell'acqua, che nel corso di ottobre è scesa da 18 °C fino a 14 °C, ma certamente un notevole effetto di diluizione è stato determinato dalle operazioni di svuotamento dei bacini per consentire le operazioni di pesca dei peneidi. Nel corso del mese, infatti, i bacini di allevamento sono stati a turno esclusi dal ricircolo idraulico e completamente svuotati per completare le operazioni di pesca. Quindi venivano nuovamente riempiti e posti a ricircolo prima di procedere allo svuotamento del bacino successivo.

Ciascuna operazione di svuotamento e riempimento ha richiesto 5-6 giorni, al termine dei quali all'incirca 7000 m<sup>3</sup> d'acqua risultavano ricambiati con acqua proveniente dalla valle.

Questo rende conto della rapidità con cui la concentrazione di chl-*a* è discesa nel corso di ottobre, ma durante il mese successivo la popolazione di fitoplancton ha dimostrato di non trovare le condizioni ambientali idonee ad un nuovo incremento di densità, a dispetto dei ripetuti interventi di fertilizzazione effettuati (vedi Tab. 4).

Come si può vedere i valori di clorofilla non sono strettamente correlati agli interventi di fertilizzazione, sebbene non vi sia dubbio che questi influenzino notevolmente il budget complessivo di azoto e fosforo presente nel sistema di allevamento.

Nel corso di giugno le fertilizzazioni sono state molto limitate, tuttavia il livello di clorofilla era soddisfacente ed abbia fatto registrare un significativo incremento nel corso di luglio. Nei due mesi considerati non vi era somministrazione di alimenti.

Durante le prime tre decadi di agosto, invece, la fertilizzazione è stata intensificata in quanto ritenevamo che la prevista apertura del ricircolo idraulico avrebbe determinato una temporanea riduzione nella concentrazione di clorofilla. Contemporaneamente, anche la somministrazione di alimenti è divenuta rilevante. La concentrazione di fitoplancton nel corso di agosto, tuttavia, non ha mostrato oscillazioni orientate secondo un trend preciso, né l'apertura del ricircolo ha determinato scompensi rilevanti.

Questo ci porta a ritenere che la fertilizzazione necessaria per ottenere la condizione eutrofica tipica dell'allevamento a gambericoltura, presenti effetti in buona parte mascherati dalla complessità dei cicli di sviluppo e avvicendamento delle comunità planctoniche. Queste sembrano seguire dinamiche correlate soprattutto alla temperatura e verosimilmente alle ciclicità di sviluppo fitoplancton/zooplancton.

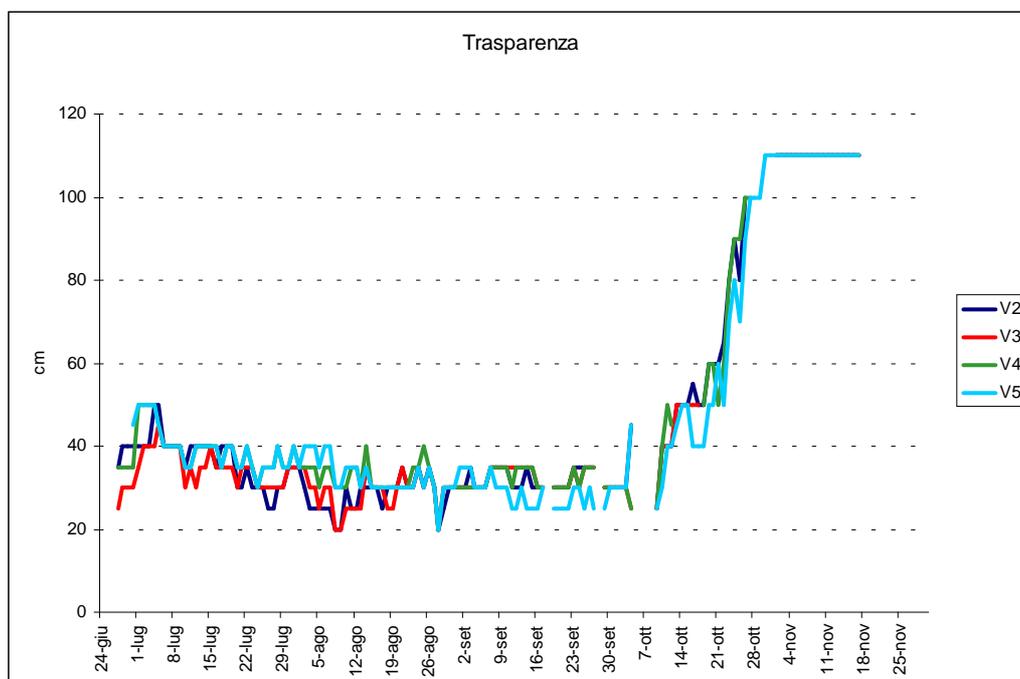
A riprova di ciò si consideri il progressivo declino della chl-*a* registrato a partire da fine settembre; a partire da quel momento le fertilizzazioni inorganiche sono state riprese in modo regolare, fino alla prima decade di novembre, senza che questo abbia influenzato in modo apprezzabile il trend di discesa del pigmento clorofilliano. Nella seconda metà di novembre abbiamo allora proceduto ad una fertilizzazione quotidiana di tipo organico, a base di pollina, che "emulasse" la distribuzione di mangime, ipotizzando che la distribuzione di alimento durante l'allevamento avesse un ruolo essenziale nel sostegno della concentrazione fitoplanctonica. Ma come si vede dal grafico in Figura 12, anche questo intervento non ha dato risultato apprezzabile.

Durante l'autunno avanzato, dunque, il declino della temperatura sembra determinare inevitabilmente il declino del fitoplancton, sebbene si possa cercare di mantenere un livello di clorofilla superiore a quanto si rileva nell'ambiente libero (lago di valle, Sacca degli

Scardovari). Tale valutazione dovrà venire tenuta in debito conto da parte del Consorzio Cooperative Pescatori di Scardovari nel programmare il proprio ciclo di produzione dei moduli di preingrasso delle vongole.

In Figura 13 viene rappresentato l'andamento della trasparenza dell'acqua, rilevata con disco Secchi, nelle diverse vasche di allevamento durante il periodo di sperimentazione.

Questa variabile è fortemente influenzata dalla densità delle comunità planctoniche, eterotrofe ed autotrofe, ed infatti presenta un andamento che riflette abbastanza fedelmente quello della chl-*a*. I valori rilevati fino ai primi di ottobre, compresi tra 20 e 40 cm, rappresentano una condizione ottimale per l'allevamento dei peneidi, in quanto indicano una elevata densità della biocenosi planctonica ed al tempo stesso garantiscono l'assenza di luce al fondo dei bacini, prevenendo lo sviluppo indesiderato delle macrofite.



**Figura 13: Andamento della trasparenza (cm) nel corso del ciclo di allevamento**

**Tabella 4: Riepilogo degli interventi di fertilizzazione e della somministrazione di alimenti eseguiti nel corso della sperimentazione – Tutti i valori sono espressi in kg ed il fertilizzante organico è costituito da pollina oppure mangime scaduto.**

Mese	Sett.	V2		V3		V4		V5								
		Fert.		Fert.		Fert.		Fert.								
		Urea	TSP	Org.	Alim.	Urea	TSP	Org.	Alim.							
APR	1	35	3,5			35	3,5			25	2,5					
	2															
	3	10,5	1,05			10,5	1,05			7,5	0,75					
	4															
MAG	1	35	3,5			35	3,5			25	2,5					
	2	10,5	1,05			10,5	1,05			7,5	0,75					
	3				100				80				20			
	4	10,5	1,05			10,5	1,05			7,5	0,75					
GIU	1	10,5	1,05			10,5	1,05			7,5	0,75					
	2															
	3															
	4															
LUG	1	10,5	1,05			10,5	1,05			7,5	0,75					
	2															
	3															
	4				5,2				5,2							
AGO	1				24,1	10,5	1,05		24,1	10,5	1,05		24,1	7,5	0,75	
	2	10,5	1,05		29,6	10,5	1,05		29,6	10,5	1,05		29,6	7,5	0,75	
	3	10,5	1,05		35	10,5	1,05		35	10,5	1,05		35	7,5	0,75	
	4				35				35				36,6			
	5	10	1	50	36	10	1	50	36	10	1	50	41,4	7,2	0,72	50
SET	1			25	36,5			25	36,5			49,6		25		
	2				35				35			35				
	3				35				35			44,8			35,2	
	4	10	1		35	10	1		35	10	1		44,8	7,2	0,72	39,2
OTT	1				31				31			40			36	
	2	10	1		21	10	1		21	10	1		24	7,2	0,72	28
	3	20	2		9	20	2		9	20	2			7,2	0,72	24
	4	10	1							10	1			14,4	1,44	
NOV	1	10	1											7,2	0,72	
	2	10	1	6,25				6,25				6,25			6,25	
	3				43,8			43,8				43,8			43,8	

TOT. 224 22,4 225 367 204 20,4 205 367 214 21,4 180 410 160 16 145 162

### 3.1.5. Andamento della chl-a nel modulo di preingrasso delle vongole

Con l'attivazione del ricircolo è stato possibile effettuare una verifica della richiesta di fitoplancton da parte delle vongole stabulate in un modulo di preingrasso. Non essendo disponibili al momento della sperimentazione giovanili di vongola, il Consorzio Cooperative Pescatori del Polesine O.P. ha stabulato all'interno del modulo circa 500 kg di vongole di taglia commerciale, al fine di avere almeno un'indicazione del fabbisogno di plancton in rapporto all'unità di biomassa. Il modulo, rappresentato in fig. 14, ha una capacità di carico massimo di circa 30 q.

E' stata effettuata una serie di prelievi contemporanei dell'acqua in uscita dalla pompa di carico ed in uscita dal modulo di preingrasso, quindi rispettivamente prima e dopo l'effetto di

prelievo alimentare determinato dalla presenza di vongole nel modulo. Le concentrazioni di clorofilla-*a* riscontrate sono riepilogate in tabella 5, da cui si osserva che, alle concentrazioni rilevate e con la portata idrica in esercizio (330 m<sup>3</sup>/h), non si apprezza alcuna riduzione di pigmento riconducibile al prelievo alimentare da parte delle vongole.



**Figura 14 - Modulo di preingrasso delle vongole che scarica l'acqua direttamente nel canale di carico delle vasche di allevamento dei peneidi.**

Paradossalmente, invece, la clorofilla all'uscita dal modulo risulta costantemente più elevata rispetto alla concentrazione in ingresso.

**Tabella 5: Dati di concentrazione della chl-a (µg/l) ottenuti dall'analisi sui campioni d'acqua prelevati all'ingresso ed all'uscita del modulo di preingrasso delle vongole.**

Data	21 set	29 set	5 ott	12 ott	18 ott	26 ott	2 nov	10 nov	17 nov
Ingresso modulo	37,61	50,08	33,43	19,90	9,37	3,96	1,35	1,28	1,02
Uscita modulo	38,73	55,57	36,25		10,66	3,23	1,14	1,17	0,88
Temperatura	17,8	20,8	15,0	16,0	14,0	15,0	14,9	10,3	

L'analisi sul campione prelevato in data 18 ottobre è stata eseguita in triplo al fine di determinare la precisione della metodica e della procedura utilizzate. I risultati di questa verifica sono riportati in tabella 6, da cui si apprezza che la deviazione standard dei dati ottenuti risulta contenuta entro l'8% del valore medio calcolato. La variabilità insita nei risultati di analisi, comunque, non permette di asserire che la differenza di concentrazione di

chl-*a*, rilevata all'ingresso ed all'uscita del moduli risulti statisticamente significativa ( $F=0,33$ ).

**Tabella 6: Dati di concentrazione della chl-*a* ( $\mu\text{g/l}$ ) ottenuti da tre ripetizioni dell'analisi sui campioni d'acqua prelevati all'ingresso ed all'uscita del modulo di preingrasso delle vongole, in data 18 ottobre.**

	Repliche analisi			Media	Dev. St.
Ingresso modulo	10,28	8,78	9,04	9,37	0,80
Uscita modulo	10,41	11,07	10,50	10,66	0,36

L'incremento di concentrazione della chl-*a*, pur modesto, durante l'attraversamento della vasca di preingrasso delle vongole non è spiegabile sulla base delle informazioni a disposizione. Ciò che tuttavia possiamo certamente rilevare è che il carico di molluschi presente nel modulo non ha determinato alcun apprezzabile impatto sulla densità del fitoplancton.

Il prelievo alimentare delle vongole può essere stato fortemente limitato dalla condizione di stress a cui gli animali erano sottoposti, essendo noto che gli animali alla taglia commerciale mal si adattano alla stabulazione nei cesti.

Anche i valori termici inferiori ai 20 °C hanno sicuramente contribuito a limitare il prelievo alimentare da parte dei molluschi. Tuttavia i dati raccolti ci portano a ritenere che le condizioni di gestione del fitoplancton ottenute nel corso della sperimentazione siano certamente adeguate a soddisfare le richieste alimentari da parte dei moduli di preingrasso delle vongole, prestandosi nel contempo alle esigenze tecniche della gambericoltura.

### *3.1.6. Nutrienti*

Le concentrazioni di nutrienti si sono sempre mantenute su valori modesti, come abitualmente si riscontra in condizioni di coltura caratterizzate da elevata concentrazione fitoplanctonica. Le microalghe, infatti, esercitano una continua azione di sottrazione dei nutrienti, che così divengono immediatamente il fattore limitante all'ulteriore sviluppo del popolamento vegetale.

Il rilevamento dei nutrienti permette comunque di interpretare eventuali anomalie riscontrate nella gestione dell'allevamento e, nel caso dell'azoto ammoniacale, di verificare che non si verificino concentrazioni eccessive di questo elemento tossico.

In tabella 7 viene riepilogato l'andamento dell'azoto e del fosforo inorganici, espressi in mg/l, rilevati nel corso del ciclo di allevamento dei gamberi.

**Tabella 7: Riepilogo dei valori di concentrazione dei principali nutrienti, espressi in mg/l, nel corso del ciclo di allevamento.**

Data	29-giu	07-lug	14-lug	21-lug	28-lug	04-ago	11-ago	18-ago	25-ago	02-set	08-set	15-set	21-set	29-set	
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	V2	0,03	0,04	0,08	0,07	0,02	0,01	0,01	<0,01	0,02	0,06	0,15	0,08	0,01	0,01
	V3	<0,01	0,08	0,01	0,04	0,16	0,02	0,01	0,02	0,05	0,03	0,06	0,05	<0,01	<0,01
	V4	0,09	0,04	<0,01	0,04	0,05	0,06	0,02	0	0,03	0,01	0,24	0,03	0,05	0,04
	V5	0,02	<0,01	0,15	0,03	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,04	0,04	<0,01	0,04
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	V2	0,005	0,031	0,006	0,005	0,006	0,003	0,010	0,008	0,005	0,015	0,009	0,016	0,002	0,005
	V3	0,005	0,006	0,012	0,006	0,011	0,018	0,010	0,013	0,007	0,014	0,010	0,003	0,002	0,003
	V4	0,017	0,005	0,007	0,004	0,038	0,004	0,017	0,013	0,007	0,011	0,010	0,009	0,003	0,003
	V5	0,002	0,003	0,007	0,009	0,012	0,024	0,011	0,011	0,010	0,009	0,009	0,003	0,002	0,008
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	V2	0,135	0,039	0,044	0,065	0,094	0,037	0,08	0,082	0,035	0,065	0,131	0,094	0,068	0,095
	V3	0,055	0,034	0,088	0,054	0,069	0,052	0,09	0,067	0,023	0,026	0,03	0,037	0,038	0,037
	V4	0,073	0,025	0,033	0,046	0,062	0,096	0,053	0,097	0,083	0,119	0,03	0,051	0,057	0,057
	V5	0,048	0,027	0,043	0,021	0,098	0,006	0,079	0,109	0,07	0,081	0,071	0,057	0,048	0,062
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	V2	0,05	0,002	0,05	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01
	V3	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
	V4	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
	V5	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01

### 3.1.7. Azoto totale e Carbonio organico totale

Il materiale organico particolato presente nella colonna d'acqua può venire riferito essenzialmente a tre categorie: planctoni autotrofi (fitoplancton), planctoni eterotrofi (zooplancton e batterioplancton) e sostanza organica non vivente. Lo studio della clorofilla permette di tracciare l'andamento della frazione autotrofa, che assume particolare importanza essendo alla base della catena trofica, ma una rappresentazione più completa della dotazione trofica presente nella colonna d'acqua può venire dalla determinazione dell'azoto e del carbonio totali, che permettono di rappresentare la quantità totale di sostanza organica presente, vivente e non.

Nelle figg. 15-16 si riporta l'andamento delle concentrazioni del carbonio organico totale (TOC) e dell'azoto totale (TN). Le curve si mantengono per entrambe le variabili entro un intervallo di oscillazione abbastanza limitato e con valori di concentrazione elevati, coerentemente con gli elevati carichi biologici indicati dallo studio della clorofilla e della trasparenza.

Il tenore di azoto totale presenta valori coerenti con quanto già precedentemente studiato in coincidenza di valori di chl-*a* >20 µg/l (Zanella *et al.*, 2000), facendo ritenere che maggiori dati possano portare a definire un rapporto TN: chl-*a* abbastanza standardizzabile.

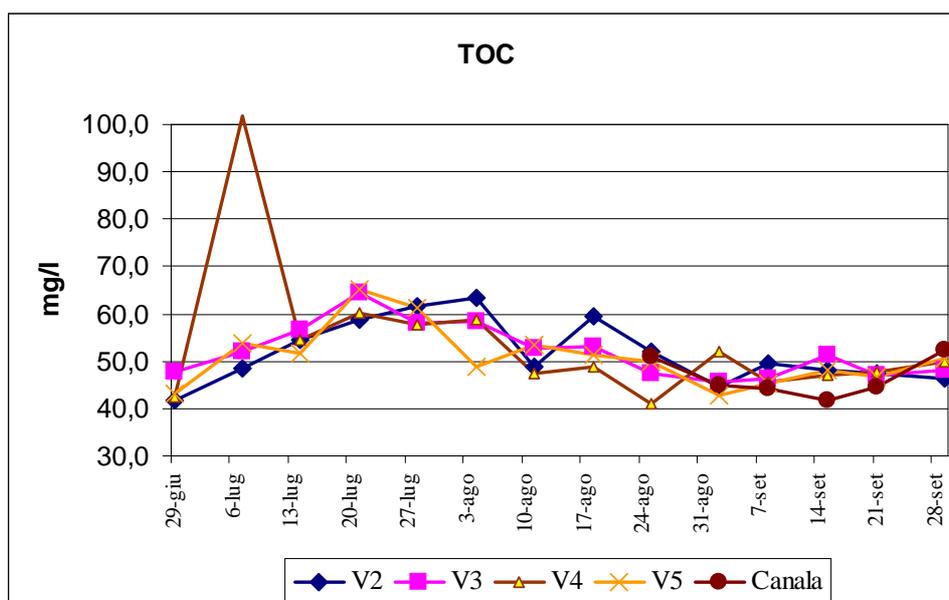


Figura 15 - Andamento del carbonio organico totale (mg/l) nel corso del ciclo di allevamento

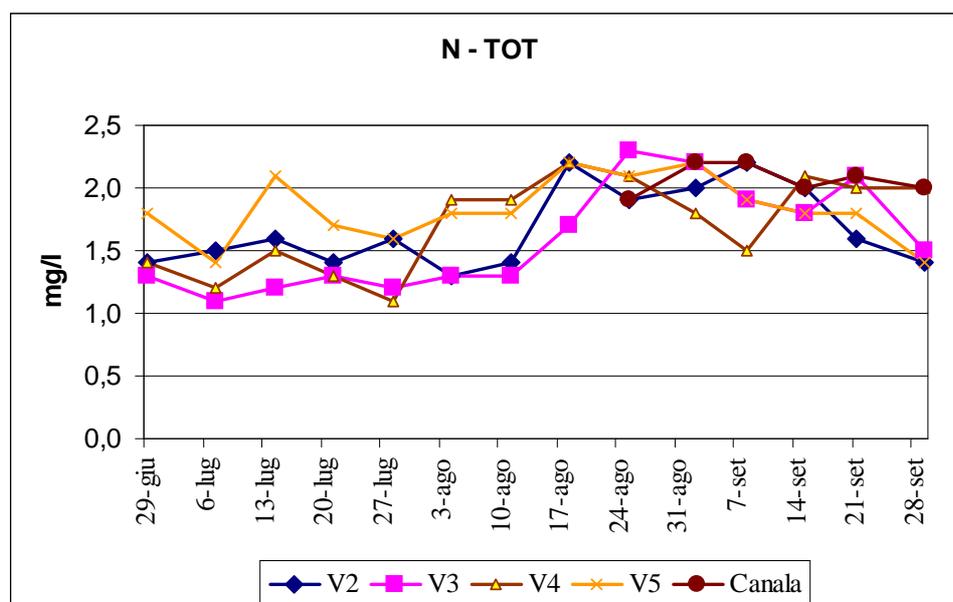
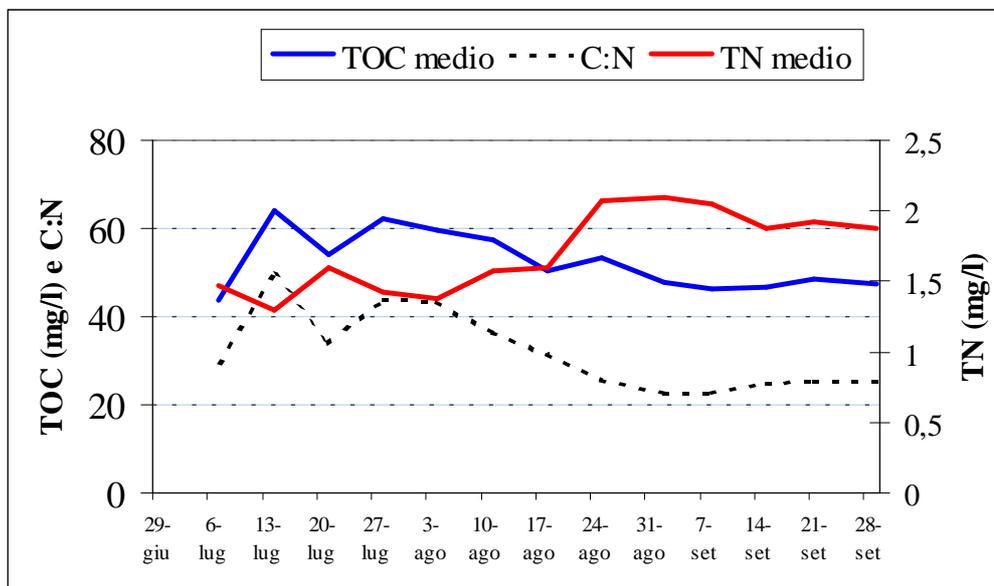


Figura 16 - Andamento dell'azoto totale (mg/l) nel corso del ciclo di allevamento

La concentrazione di carbonio organico totale risulta molto stabile e costante, con valori estremamente simili tra i diversi bacini monitorati. Il TOC mostra un lieve *trend* di incremento fino all'ultima decade di luglio, diminuendo poi progressivamente fino a stabilizzarsi nel corso del mese di settembre.

Un andamento medio opposto si osserva nel TN, che nel corso del mese di luglio assume le concentrazioni più basse del periodo, aumentando progressivamente in agosto, quando si registrano i valori massimi, per arrivare a settembre con una leggera tendenza al decremento.

I *trend* delle variabili descritte possono venire meglio evidenziati tracciando un grafico che riporti i valori medi calcolati a partire dai singoli dati riferiti ai diversi bacini, come quello riportato in fig. 17. Nello stesso grafico indichiamo anche il rapporto carbonio e azoto (C:N), che esprime un valore utile ai fini della caratterizzazione della sostanza organica sospesa.



**Figura 17 - Andamento medio dell'azoto totale (TN, mg/l), del carbonio organico totale (TOC, mg/l) e del rapporto C:N (adimensionale) nel corso della sperimentazione**

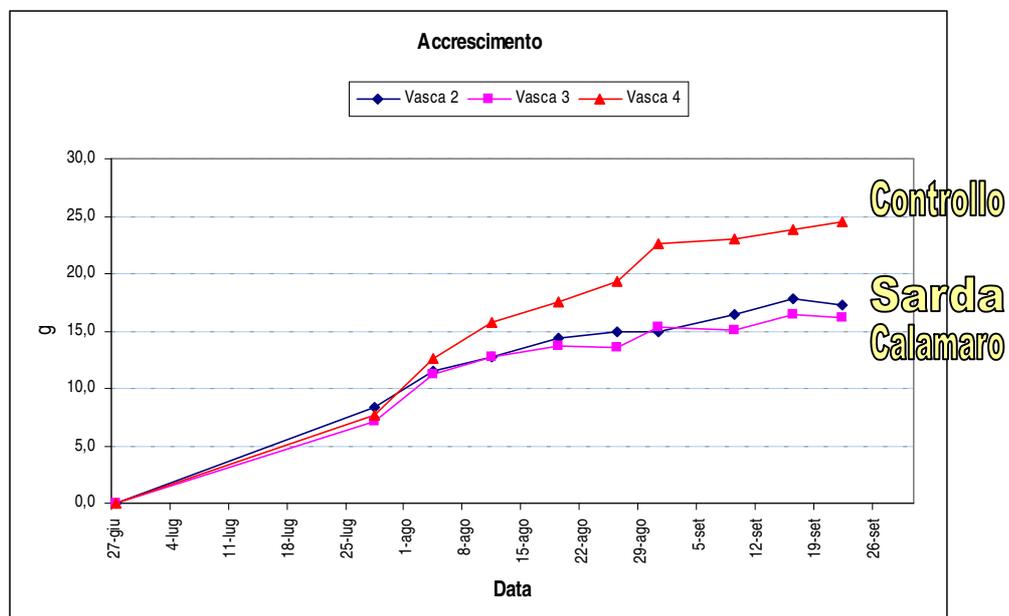
Il rapporto C:N ottenuto nella nostra elaborazione risulta elevato rispetto a quanto generalmente riscontrato in tessuti di macroalghe viventi (Zanella *et al.*, 2000), mentre assume valori simili a quanto riscontrato in materiale sedimentato da acque lagunari tropicali nella stagione calda (C:N = 26; Clavier *et al.*, 1995). Il progressivo decremento del valore C:N registrato nel corso del periodo considerato, come risultato principalmente dell'incremento di TN, potrebbe essere ricondotto ad un graduale sviluppo della comunità planctonica eterotrofa rispetto a quella autotrofa. Il fitoplancton, infatti, presenta una composizione chimica caratterizzata da un rapporto C:N più elevato rispetto a quanto si osserva negli organismi non vegetali. Il progressivo aumento di azoto a scapito del carbonio potrebbe quindi rappresentare un processo evolutivo di naturale "maturazione" delle biocenosi planctoniche, che nel corso dell'estate si arricchiscono progressivamente di popolamenti litofagi (microcrostacei, protozoi, ecc.).

Una seconda possibilità interpretativa consiste nel progressivo incremento di sostanza organica morta in sospensione, derivante dagli avvicendamenti delle comunità planctoniche nel corso del ciclo di gestione dell'allevamento. Nella sostanza organica sospesa, infatti,

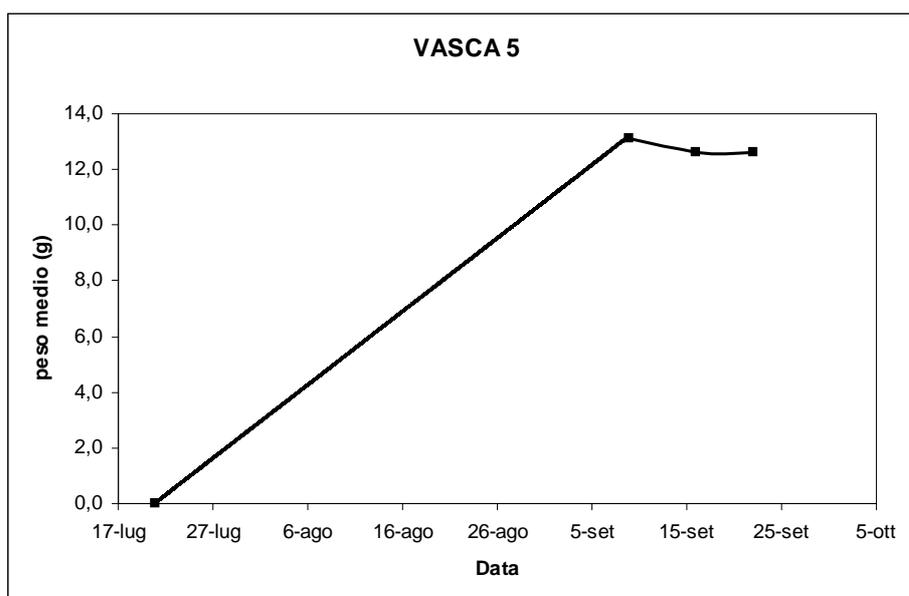
Clavier *et al.* (1995) hanno evidenziato come la frazione organica ricca in azoto subisca processi di decomposizione particolarmente rapidi, determinando un rapido incremento C:N della frazione residuale meno digeribile.

### 3.2. ACCRESCIMENTO DEGLI ANIMALI E RESA PRODUTTIVA

L'andamento della crescita degli animali, sottoposti alle diete sperimentali fino all'inizio della pesca per la vendita, è rappresentato in Figura 18, mentre in Figura 19 riportiamo l'andamento della crescita in vasca 5, dove gli animali sono stati seminati tardivamente e a densità più elevata.



**Figura 18 - Andamento del peso medio (g) degli animali in allevamento nel corso del ciclo di allevamento sperimentale**



**Figura 19 - Andamento del peso medio (g) dei peneidi nel corso del ciclo di allevamento sperimentale.**

Le prestazioni di crescita sono state monitorate in corso di sperimentazione mediante campionamento biometrico, tuttavia la valutazione di merito di tale aspetto non può avvenire senza considerare la biomassa finale recuperata per la vendita, rappresentata in tab. 8.

Le curve di crescita dei tre gruppi trattati con diete sperimentali permettono di evidenziare una prestazione molto elevata e analoga in tutti i gruppi fino alla taglia di 10 g circa, mentre, successivamente, gli animali alimentati con dieta “controllo” (V4) hanno manifestato una capacità di crescita decisamente superiore a quelli con diete integrate da prodotti freschi (V2 e V3). Le percentuali di recupero in fase di pesca (vedi tab. 8), però, indicano che la sopravvivenza in vasca 4 è stata significativamente più bassa e questo certamente giustifica buona parte della differenza osservata nella taglia media finale.

**Tabella 8: Riepilogo dei dati di semina, recupero e resa.**

	Vasca 2		Vasca 3		Vasca 4		Vasca 5	
	N°	kg	N°	kg	N°	kg	N°	kg
<b>Seminato</b>	17.753		17.857		17.730		25.000	
<b>Pescato</b>	7.044	122	7.297	118	5.567	146	5.643	68
<b>recupero %</b>	39,68		40,86		31,40		22,57	
<b>Kg/ettaro</b>		175,0		168,0		208,6		136,6
<b>Peso medio (g)</b>	17,4		16,1		26,2		12,1	
<b>densità iniziale (es/m<sup>2</sup>)</b>	2,5		2,6		2,5		5,0	
<b>densità finale (es/m<sup>2</sup>)</b>	1,0		1,0		0,8		1,1	

La notevole sovrapposizione delle curve di crescita riscontrate nei diversi lotti fino alla taglia di 10 g è verosimilmente dovuta all'ampia disponibilità di alimento naturale, coincidente con la fase in cui le esigenze alimentari sono comunque quantitativamente poco significative.

L'alimentazione delle post-larve e dei giovanili è quindi *ad libitum* e di qualità ottimale, le quali cose permettono agli animali di esprimere la massima capacità di crescita.

Successivamente alla soglia critica dei 10 g, l'incremento ponderale medio subisce un rallentamento che diviene tanto più accentuato quanto più elevata risulta la densità di semina (oppure la percentuale di sopravvivenza). Quando le biomasse degli animali in allevamento diventano significative, infatti, l'alimento naturale diviene insufficiente a sostenere le potenzialità di crescita ed è in questa fase che la qualità dell'alimento composto può dimostrare se è in grado di soddisfare o meno le esigenze nutrizionali del gambero. Quando la formulazione dell'alimento composto risulta inadeguata, l'apporto proteico da esso fornito viene convertito correttamente solo in funzione della disponibilità di prede naturali, la cui abbondanza diviene pertanto il fattore limitante della crescita. La situazione appena descritta ricorre anche nell'esperienza da noi condotta: l'andamento della crescita nelle V2 e V3 segue un profilo che si caratterizza per un eccessivo rallentamento dell'incremento ponderale in corrispondenza dell'approssimarsi della taglia commerciale, come già stato riscontrato in precedenti sperimentazioni basate su alimenti composti commerciali (Veneto Agricoltura, 2004). Ciò si avverte molto meno nel caso della V4 ma, come già accennato, la densità finale è risultata inferiore del 25% rispetto agli altri due gruppi sperimentali.

La densità finale è comunque risultata molto modesta in tutti i gruppi e la percentuale di recupero è stata al di sotto delle attese, senza evidenti giustificazioni di ordine ambientale.

### 3.3. PROVE DI CONVERSIONE IN CONDIZIONI DI ALLEVAMENTO INTENSIVO

Le prove di conversione hanno fornito i risultati riepilogati nelle tabb. 9-10.

Le due prove sono state condotte una consecutivamente all'altra ed impiegando i medesimi animali. Va sottolineato che gli animali non avevano a disposizione alcuna fonte alimentare alternativa. Eventuali microprede introdotte con l'acqua di ricambio non possono avere sortito effetti apprezzabili in considerazione della densità di stabulazione adottata.

**Tabella 9: Incrementi ponderali ed indici di conversione (FCR) registrati nel corso della 1° prova di 10 giorni.**

<b>1<sup>a</sup> PROVA</b>	<b>Controllo</b>	<b>Sarda</b>	<b>Calamaro</b>
Peso medio iniziale (g)	16,8	17,6	17,3
Peso medio finale (g)	17,3	17,9	17,6
Analisi della varianza (test F)	0,76	0,86	0,95
n° morti	0	0	0
Incremento totale biomassa (g)	15,1	9,6	10,1
Alimento totale somministrato (g)	151,0	158,0	156,0
FCR	10,0	16,5	15,4

**Tabella 10: Incrementi ponderali ed indici di conversione (FCR) registrati nel corso della 2° prova di 9 giorni.**

<b>2<sup>a</sup> PROVA</b>	<b>Controllo</b>	<b>Sarda</b>	<b>Calamaro</b>
Peso medio iniziale (g)	17,3	18,2	17,5
Peso medio finale (g)	18,5	19,6	19,1
Analisi della varianza (test F)	0,73	0,62	0,99
n° morti	1	2	1
Incremento totale biomassa (g)	34,4	42,1	47,2
Alimento totale somministrato (g)	140,4	147,6	142,2
FCR	4,1	3,5	3,0

Nel corso della prima prova risulta evidente un quasi totale arresto della crescita. L'analisi della varianza conferma che le differenze per l'incremento di peso registrato a seguito della somministrazione delle diete non risulta statisticamente significativo ( $0,76 < P < 0,95$ ).

Va detto, a tale proposito, che l'inizio delle prove ha coinciso con un brusco abbassamento della temperatura, che può avere accentuato il rallentamento della crescita in fase di avvio. Questo potrebbe forse spiegare perché, pur avendo mantenuta la stessa formulazione degli alimenti nel corso delle due prove, si registri un indice di conversione FCR (consumo/accrescimento) così penalizzante nel corso della prova iniziale rispetto a quella successiva.

I dati riscontrati nel corso della seconda prova, sebbene non ancora soddisfacenti, permettono di evidenziare che l'alimento è stato consumato e convertito. Sebbene un certo incremento di peso risulti apprezzabile in tutti i gruppi, l'analisi della varianza ancora una volta non consente di attestare la significatività statistica delle differenze di accrescimento.

I risultati riscontrati con le diete sperimentali non sono stati positivi, come già rilevato in precedenti esperienze simili effettuate con alimenti dedicati e non dedicati ai peneidi, prodotti da ditte commerciali (Veneto Agricoltura, 2004). Va detto, comunque, che piccoli incrementi ponderali sono stati rilevati, sebbene non rilevanti. Riteniamo che la non significatività

statistica sia da attribuire alla variabilità insita nel campione, dovuta anche agli errori di misura riconducibili alla variabilità della quantità d'acqua trattenuta dall'animale al momento della misura. Tali aspetti naturalmente creano un'interferenza nella misura del dato medio che maschera ampiamente le escursioni ponderali medie molto contenute. Appare comunque significativo che nelle due prove di conversione gli animali siano stati mantenuti con il solo alimento composto per la durata di 20 giorni ottenendo un incremento, seppure minimo, e buoni tassi di sopravvivenza. Questa conclusione permette di asserire che gli alimenti sono stati certamente consumati e che hanno perlomeno soddisfatto alle necessità del metabolismo sotto il profilo energetico, anche se non si sono dimostrati efficienti quanto basta per soddisfare tutte le esigenze per le funzioni di tipo plastico.

### 3.4. PREPARAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DELLE DIETE SPERIMENTALI

#### *3.4.1. Preparazione di mangimi e prestazioni di stabilità in acqua*

Nel corso della preparazione degli alimenti umidi sono stati adottati diversi accorgimenti per cercare di ottimizzare le caratteristiche di stabilità in acqua del pellet. Le diverse varianti introdotte nella procedura di preparazione dell'alimento sono state di volta in volta valutate sottoponendo il pellet prodotto ai test di stabilità in acqua.

Nelle tabelle riportate in Appendice riepiloghiamo i risultati ottenuti nel corso dei test.

Le prove hanno permesso di evidenziare una serie di aspetti rilevanti al fine di ottenere un alimento relativamente stabile e sintetizzabile nei seguenti punti:

1 - il pellet dimostra di aumentare la stabilità in risposta al progressivo aumento di acqua in fase di impasto, il quale tuttavia diventa troppo morbido superando il 40%. Il processo di taglio in fase di estrusione deforma eccessivamente il pellet. Questo poi tende nuovamente ad impastarsi con gli altri pellet per effetto della pressione in fase di manipolazione o insaccamento;

2 - l'essiccazione rende il pellet apparentemente molto duro e tenace ma, in realtà, appena esposto all'acqua si idrata con grande rapidità subendo una repentina perdita di coesione;

3 - l'aggiunta di leganti come agar-agar determina limitati miglioramenti della stabilità, apprezzabili soprattutto nell'alimento controllo, che presenta peraltro caratteristiche di stabilità già abbastanza elevate. La stabilità dei pellet preparati con alimenti freschi, invece, tende addirittura a ridursi. I dati raccolti non avvalorano il ricorso a questo additivo, i cui costi risultano tra l'altro estremamente elevati;

4 - l'aggiunta in fase di impasto di pesce fresco tritato riduce sensibilmente la coesione del pellet ma la macinazione estremamente fine aiuta ad attenuare questo fenomeno. Nel nostro caso abbiamo adottato l'uso di effettuare una prima macinazione con una trafila a fori da 3,5 mm, seguita da una ulteriore macinazione con trafila a fori da 2 mm;

5 - la lunga miscelazione dell'impasto prima dell'estrusione, almeno 15-20 minuti, rappresenta un fattore di miglioramento delle caratteristiche del pellet, garantendo anche una maggiore omogeneità del prodotto.



**Figura 20 – Struttura impiegata per le prove di tenuta in acqua e aspetto della dieta “controllo” dopo 24 ore di permanenza in acqua (40% di acqua e macinazione fine)**

### *3.4.2. Analisi dei mangimi e delle materie prime*

I risultati delle analisi chimiche tipo eseguite sui mangimi e sulle materie prime sono stati eseguiti in doppio ed in tabella 11. riportiamo i valori medi ottenuti.

Il contenuto di proteina grezza dei mangimi sperimentali è aumentato dalla tesi Controllo alla tesi Sarda e Calamaro, come conseguenza dell'inclusione di sarde fresche e calamari, rispettivamente, a maggiore contenuto proteico (64,6% e 77,5% s.s.) rispetto allo stesso mangime della tesi Controllo (52,7% s.s.). Tale aumento tuttavia è risultato contenuto e limitato a massimo +1,5 punti percentuali sul secco a causa della moderata inclusione di prodotto fresco (14% del mangime) e del suo elevato contenuto di umidità (73 e 78% rispettivamente per sarde e calamari freschi) rispetto al mangime della tesi Controllo (32%).

**Tabella 11: Composizione grezza dei mangimi sperimentali e delle materie prime.**

	Tesi Controllo	Tesi Sarda	Tesi Calamaro	Farina base	Sarde fresche	Calamari freschi
<u>Dati sul secco:</u>						
Sostanza secca, %	68,3	71,9	70,2	91,3	26,7	22,1
Proteina grezza, % s.s.	52,7	53,4	54,2	54,7	64,6	77,5
Estratto etereo, % s.s.	11,3	11,7	11,4	9,3	15,1	9,2
Ceneri, % s.s.	10,5	10,4	10,4	10,5	15,0	8,0
Colesterolo, mg/100 g s.s.	390,3	357,2	373,1	347,2	496,5	1476,8
<u>Dati sul tal quale:</u>						
Proteina grezza, %	36,0	38,4	38,0	50,0	17,2	17,1
Estratto etereo, %	7,7	8,4	8,0	8,5	4,0	2,0
Ceneri, %	7,2	7,5	7,3	9,6	4,0	1,8
Colesterolo, mg/100 g	266,5	257,0	261,9	317,1	132,4	326,5

Il contenuto di estratto etereo è risultato di poco superiore nel mangime della Tesi Sarda rispetto agli altri due mangimi sperimentali, come conseguenza del maggiore contenuto lipidico delle sarde fresche (15,1% s.s.) rispetto alle altre materie prime.

Il maggiore contenuto di colesterolo, espresso in percento della sostanza secca, è stato rilevato nei calamari freschi (1476,8 mg/100 g s.s.). Si osservi tuttavia come includere una materia prima come quest'ultima, con un elevato tenore di umidità, nel mangime della tesi Calamaro non ne abbia aumentato la quantità totale di colesterolo sul tal quale rispetto alla dieta Controllo, così come evidenziato dai valori riportati in tabella. Il mangime della tesi Sarda, d'altra parte, ha mostrato un contenuto di colesterolo sul tal quale inferiore rispetto alle altre due diete, in virtù del più basso contenuto di questa sostanza nelle sarde fresche aggiunte alla farina base.

Il contenuto di ceneri delle tre diete, infine, è risultato molto simile a dispetto delle differenze esistenti fra le materie prime e, ancora una volta, come conseguenza del diverso contenuto di umidità delle tre materie prime principali (farina base, sarde fresche e calamari freschi).

Nella tabella 12 è rappresentato il profilo in acidi grassi dei lipidi (espresso in percentuale del contenuto totale di acidi grassi) dei mangimi e delle materie prime utilizzate, incluso l'olio di fegato di merluzzo.

La percentuale di acidi grassi saturi è risultata superiore nelle sarde fresche e inferiore nell'olio di pesce, come prevedibile. Gli acidi grassi saturi maggiormente rappresentati sono risultati il C14:0, maggiore nelle sarde fresche, il C16:0, maggiore nei calamari freschi e il C18:0, maggiore nelle sarde fresche. La maggiore percentuale di acidi grassi monoinsaturi, soprattutto C16:1 e C:18:1 è stata rilevata nell'olio di pesce. Anche la farina base e le sarde

fresche hanno dato un buon contributo all'apporto di acidi grassi mono-insaturi, mentre la percentuale più bassa (circa il 12%) è stata riscontrata nei campioni di calamari freschi.

**Tabella 12: Composizione in acidi grassi (% acidi grassi totali) dei mangimi sperimentali e delle materie prime.**

	Tesi Controllo	Tesi Sarda	Tesi Calamaro	Farina base Hendrix	Sarde fresche	Calamari freschi	Olio di merluzzo
C6:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00
C8:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
C10:0	0,01	0,01	0,01	0,00	0,16	0,01	0,01
C12:0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,26	0,03	0,12
C13:0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,00	0,03
C14:0	5,51	5,79	5,62	5,70	8,62	3,83	5,79
C15:0	0,82	0,86	0,87	0,88	1,27	0,65	0,77
C16:0	17,51	17,29	17,46	17,90	22,61	26,04	15,07
C17:0	1,14	1,17	0,94	1,33	1,60	0,80	0,99
C18:0	3,41	3,49	3,49	3,52	5,06	2,85	2,95
C20:0	0,28	0,34	0,26	0,28	0,61	0,06	0,24
C21:0	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,09
C22:0	0,10	0,11	0,09	0,12	0,12	0,01	0,09
C23:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
C24:0	0,07	0,07	0,07	0,09	0,11	0,00	0,03
<b>Totale saturi</b>	<b>29,03</b>	<b>29,30</b>	<b>28,97</b>	<b>29,97</b>	<b>40,74</b>	<b>34,32</b>	<b>26,25</b>
C14:1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,18	0,06
C15:1 cis-10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
C16:1, n-7	6,16	6,16	6,32	6,15	4,79	1,46	7,40
C17:1, n-7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
C18:1, n-9trans	0,11	0,13	0,10	0,28	0,15	0,11	0,11
C18:1, n-7	0,02	0,03	0,02	0,06	0,10	0,02	0,00
C18:1, n-9trans	14,87	14,61	14,92	14,06	11,67	3,89	17,75
C18:1, n-7cis	3,63	3,80	3,77	3,79	2,62	1,96	4,34
C18:1, c-isomero2	0,37	0,40	0,36	0,39	0,22	0,49	0,45
C20:1, n-9	6,80	7,08	6,99	6,58	6,85	3,47	8,75
C22:1, n-9cis13	1,13	1,23	1,17	1,13	1,11	0,10	1,33
C24:1, n-9cis15	0,80	0,83	0,79	0,83	1,27	0,12	0,87
<b>Totale mono-insaturi</b>	<b>33,96</b>	<b>34,32</b>	<b>34,49</b>	<b>33,31</b>	<b>28,86</b>	<b>11,83</b>	<b>41,06</b>
C18:2, trans	0,33	0,44	0,22	0,39	0,44	0,09	0,34
C18:2, n-6cis	8,28	7,75	8,01	7,53	2,22	0,62	5,44
C18:2 c-isomero	0,24	0,24	0,20	0,21	0,13	0,02	0,28
C18:3, n-6	0,12	0,12	0,03	0,12	0,13	0,02	0,19
C18:3, n-3	1,77	1,74	1,72	1,73	1,13	0,33	1,87
CLA totali	0,13	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,16
C18:4, n-3	0,05	0,08	0,06	0,06	0,21	0,02	0,10
C20:2, n-6	0,42	0,48	0,48	0,43	0,00	0,30	0,56
C20:3, n-6cis	0,24	0,25	0,25	0,26	0,17	0,01	0,24
C20:3, n-3cis	0,16	0,24	0,22	0,23	0,16	0,54	0,34
C20:4, n-6	0,76	0,78	0,78	0,84	0,63	1,14	0,46
C22:2, n-6	1,08	1,08	1,11	0,91	1,01	0,16	1,76
C20:5, n-3cis	8,49	8,31	8,52	8,95	8,06	16,62	7,45
C22:5, n-3	2,09	1,99	2,14	1,88	1,45	0,39	3,25
C22:6, n-3	12,85	12,75	12,69	13,07	14,56	33,50	10,25
<b>Totale poli-insaturi</b>	<b>37,02</b>	<b>36,38</b>	<b>36,54</b>	<b>36,72</b>	<b>30,40</b>	<b>53,85</b>	<b>32,69</b>
<b>Totale acidi grassi n-3</b>	<b>25,42</b>	<b>25,11</b>	<b>25,35</b>	<b>25,92</b>	<b>25,56</b>	<b>51,40</b>	<b>23,26</b>
<b>Totale acidi grassi n-6</b>	<b>10,90</b>	<b>10,45</b>	<b>10,64</b>	<b>10,08</b>	<b>4,16</b>	<b>2,25</b>	<b>8,65</b>
<b>Saturi/insaturi</b>	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>	<b>0,43</b>	<b>0,69</b>	<b>0,52</b>	<b>0,36</b>
<b>Mono/polinsaturi</b>	<b>0,92</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,91</b>	<b>0,95</b>	<b>0,22</b>	<b>1,26</b>

Tra gli acidi grassi poli-insaturi, i più rappresentati sono risultati il C18:2, C20:5, C22:5 e C22:6, pur con delle differenze importanti fra le diverse materie prime. In particolare, la percentuale di C18:2 è risultata particolarmente bassa nelle sarde e nei calamari freschi rispetto all'olio di pesce e, soprattutto, alla farina base. L'incidenza di C20:5 e C22:6 è risultata decisamente maggiore nel grasso dei calamari freschi piuttosto che per le altre materie prime, mentre nello stesso prodotto è risultato particolarmente basso il contenuto di C22:5. Sempre nei calamari freschi è stata misurata la maggiore incidenza di acidi grassi della serie n-3 e la minore incidenza di acidi grassi della serie n-6 (con un rapporto pari a 22,8). Una situazione opposta, con la minore incidenza degli acidi grassi n-3 e la maggiore incidenza degli acidi grassi n-6 (rapporto pari a 2,7), è stata invece osservata nell'olio di fegato di merluzzo.

In virtù delle considerazioni sopra riportate sull'elevato contenuto di umidità di prodotti freschi come sarde e calamari e, quindi, sul loro scarso apporto di sostanza secca quando si considerino i mangimi sperimentali, anche la composizione acidica del grasso non ha evidenziato particolari differenze fra le diete a dispetto di quanto sopra descritto per le singole materie prime.

Nella tab. 13, è riportato il contenuto di aminoacidi nei mangimi sperimentali e nelle materie prime espresso in percentuale del contenuto di aminoacidi totali. Solo per il contenuto di taurina è stata misurata una differenza apprezzabile fra i mangimi sperimentali, con lo 0,57% della tesi Calamaro rispetto allo 0,43 e 0,45% delle tesi Controllo e Sarda, rispettivamente. Tale differenza può essere direttamente attribuita al maggiore contenuto dell'aminoacido considerato (3,79%) nei calamari freschi rispetto alle altre materie prime (0,44 e 0,71% nella farina base e nelle sarde fresche, rispettivamente). Come già discusso sopra, il differente contenuto di umidità delle materie prime e il moderato livello di inclusione degli alimenti freschi ha fatto sì che nei mangimi sperimentali venissero annullate alcune differenze di composizione aminoacidica rilevabili a livello di materie prime. In particolare, al di là delle differenze descritte per il contenuto di taurina, è stata misurata una maggiore concentrazione di acido aspartico, leucina, tirosina, lisina e arginina nelle sarde e nei molluschi freschi piuttosto che nella farina di base. Il contenuto di cistina, infine, è risultato superiore nei molluschi freschi rispetto alla farina di base e alle sarde fresche.

In tab. 14 il contenuto di aminoacidi è stato espresso invece in percentuale del contenuto di proteina del prodotto liofilizzato sottoposto ad analisi. Le variazioni sono state in parte simili a quelle sopra descritte. Il contenuto di taurina è risultato maggiore nei calamari freschi e,

quindi, nel mangime della tesi Calamaro. Le materie prime fresche, sarde e calamari, hanno evidenziato un maggiore contenuto di acido aspartico e una minore percentuale di acido glutammico. La percentuale di glicina, istidina e arginina è risultata maggiore nei campioni di calamari freschi, mentre la maggiore incidenza di lisina sul totale della proteina è stata misurata nelle sarde fresche.

**Tabella 13: Contenuto di aminoacidi (% t.q. liofilizzato) dei mangimi sperimentali e delle materie prime.**

	<b>Tesi Controllo</b>	<b>Tesi Sarda</b>	<b>Tesi Calamaro</b>	<b>Farina base Skretting</b>	<b>Sarde fresche</b>	<b>Calamari freschi</b>
Taurina	0,43	0,45	0,57	0,44	0,71	3,79
Acido aspartico	3,95	3,93	3,94	4,00	5,12	5,41
Treonina	2,09	2,10	2,09	2,16	2,64	2,57
Serina	2,29	2,31	2,28	2,37	2,66	2,67
Ac. glutammico	7,45	7,49	7,45	7,77	7,39	7,77
Prolina	2,57	2,61	2,61	2,77	2,62	2,15
Glicina	2,67	2,71	2,68	2,78	3,10	2,75
Alanina	2,71	2,76	2,72	2,81	3,46	2,95
Valina	2,60	2,30	2,27	2,31	2,88	2,39
Metionina	1,37	1,42	1,37	1,42	1,71	1,83
Isoleucina	2,16	2,17	2,16	2,22	2,65	2,62
Leucina	3,54	3,59	3,56	3,64	4,38	4,29
Tiroxina	1,49	1,56	1,55	1,57	1,97	2,14
Fenilalanina	1,91	1,96	1,97	2,00	2,26	2,32
Istidina	1,75	1,73	1,68	1,72	1,58	1,80
Lisina	3,18	3,23	3,17	3,31	4,56	4,11
Ammoniaca	0,75	0,73	0,73	0,75	0,75	0,81
Arginina	2,70	2,67	2,66	2,74	3,26	3,70
Cistina	0,54	0,54	0,54	0,56	0,58	0,80

**Tabella 14: Contenuto di aminoacidi (% proteina) dei mangimi sperimentali e delle materie prime.**

	<b>Tesi Controllo</b>	<b>Tesi Sarda</b>	<b>Tesi Calamaro</b>	<b>Farina base Skretting</b>	<b>Sarde fresche</b>	<b>Calamari freschi</b>
Taurina	0,91	0,92	1,17	0,87	1,22	1,94
Acido aspartico	8,29	8,13	8,14	8,00	8,71	8,93
Treonina	4,38	4,36	4,33	4,32	4,50	3,94
Serina	4,80	4,76	4,72	4,74	4,52	4,24
Acido glutammico	15,64	15,50	15,41	15,54	12,59	13,71
Prolina	5,39	5,40	5,39	5,54	4,46	5,50
Glicina	5,61	5,61	5,54	5,56	5,27	7,75
Alanina	5,67	5,71	5,62	5,63	5,84	5,55
Valina	5,45	4,75	4,69	4,62	4,90	4,37
Metionina	2,87	2,94	2,82	2,83	2,91	2,53
Isoleucina	4,53	4,49	4,47	4,44	4,52	4,10
Leucina	7,44	7,41	7,37	7,29	7,31	6,79
Tiroxina	3,13	3,23	3,21	3,13	3,36	3,59
Fenilalanina	4,01	4,05	4,08	3,99	3,84	4,09
Istidina	3,68	3,57	3,48	3,43	2,70	4,99
Lisina	6,67	6,67	6,56	6,61	7,76	6,50
Ammoniaca	1,58	1,50	1,51	1,50	1,27	1,42
Arginina	5,66	5,51	5,50	5,48	5,56	8,30
Cistina	1,13	1,12	1,12	1,12	0,99	1,05

### 3.4.3. Analisi delle mazzancolle

I risultati delle analisi chimiche tipo eseguite sulle mazzancolle sono riportati in tabella 15 come media delle analisi eseguite in doppio.

Non sono state misurate differenze sostanziali fra i campioni di mazzancolle alimentati con mangimi differenti e di sesso diverso. Solo il contenuto di sostanza secca dei crostacei della tesi Controllo è risultato maggiore rispetto alle altre due tesi, essenzialmente come conseguenza del maggiore contenuto di estratto etereo (circa un punto percentuale), da ascrivere al miglior ritmo di accrescimento di questa tesi rispetto alle altre.

**Tabella 15: Composizione grezza delle carcasse dei gamberi.**

	Tesi Controllo		Tesi Sarda		Tesi Calamaro	
	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi
<u>Dati sul secco:</u>						
Sostanza secca, %	25,2	25,8	23,7	23,3	23,7	23,3
Proteina grezza, % s.s.	68,8	70,0	68,4	69,2	69,2	68,6
Estratto etereo, % s.s.	4,1	4,2	3,2	3,0	3,0	2,8
Ceneri, % s.s.	20,3	20,4	22,1	22,0	22,1	22,6
Colesterolo, mg/100 g s.s.	759,0	680,8	740,0	754,5	749,6	735,3
<u>Dati sul tal quale:</u>						
Proteina grezza, %	17,3	18,1	16,2	16,1	16,4	16,0
Estratto etereo, %	1,0	1,1	0,8	0,7	0,7	0,7
Ceneri, %	5,1	5,3	5,3	5,3	5,2	5,1
Colesterolo, mg/100 g	191,2	175,6	175,2	175,9	177,7	171,6

Nella tabella 16 è rappresentato il profilo in acidi grassi del contenuto lipidico (espresso in percentuale del contenuto totale di acidi grassi) dei campioni di mazzancolle appartenenti alle diverse tesi sperimentali.

Quando si consideri la percentuale di acidi grassi saturi, il C16:0 e il C18:0 sono risultati i più rappresentati, seguiti da C14:0, C15:0 e C17:0. Il C14:0 ed il C15:0 sono risultati di poco superiori nelle mazzancolle della tesi Controllo rispetto a quelle delle altre due tesi, mentre il C18:0 ha evidenziato una tendenza opposta. La percentuale di acidi grassi saturi è tuttavia risultata simile nei campioni analizzati indipendentemente dal trattamento alimentare e dal sesso degli animali.

Per gli acidi grassi monoinsaturi, l'incidenza del C16:1 e del C20:1 è diminuita dai crostacei della tesi Controllo a quelli delle tesi Sarda e Calamaro. Lo stesso trend è stato riscontrato per il C18:1, n-7, mentre il C18:1, n-9 è risultato di poco minore per la tesi Controllo rispetto alle altre due tesi. L'incidenza degli acidi grassi monoinsaturi è diminuita dalle mazzancolle della tesi Controllo a quelle della tesi Sarda e della tesi Calamaro.

Tra gli acidi grassi polinsaturi è aumentata la percentuale del C18:2, n-6 dalla tesi Controllo alla tesi Calamaro. I crostacei della tesi Sarda hanno mostrato un trend verso una maggiore concentrazione di C20:4, n-6 rispetto alle altre mazzancolle. Nella tesi Controllo, è stata misurata la minore percentuale di C20:5 n-3, mentre i crostacei alimentati con la dieta contenente calamari freschi hanno presentato la minore incidenza di C22:5, n-3 e la maggiore percentuale di C22:6, n-3. In media, l'incidenza di acidi grassi polinsaturi è aumentata passando dalla tesi Controllo a quella Sarda e quindi a quella Calamaro, così come si è ridotto il rapporto acidi grassi monoinsaturi/polinsaturi. In ogni caso, le differenze di profilo acidico fra i diversi campioni di mazzancolle sono risultate molto limitate in valore assoluto, confermando la sostanziale assenza di differenze fra i trattamenti alimentari testati.

In tabella 17 è riportato il contenuto di aminoacidi misurato sui crostacei liofilizzati espresso in percentuale del prodotto liofilizzato tal quale. Non risultano evidenti sostanziali differenze fra i campioni analizzati in funzione del sesso o del regime alimentare. Solo nelle mazzancolle alimentate con i mangimi sperimentali, che contenevano prodotti freschi come sarde e calamari, il contenuto di prolina è risultato inferiore e quello di glicina superiore rispetto al controllo. Le stesse variazioni sono state riscontrate quando il contenuto di aminoacidi è stato espresso in percentuale del contenuto di proteina (Tab. 18).

**Tabella 16: Composizione in acidi grassi (% acidi grassi totali) delle mazzancolle.**

	Tesi Controllo		Tesi Sarda		Tesi Calamaro	
	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi
C6:0	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C8:0	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
C10:0	0,07	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01
C12:0	0,09	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04
C13:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C14:0	1,79	1,68	1,14	1,01	1,00	0,81
C15:0	1,17	1,09	0,90	0,86	0,72	0,73
C16:0	17,15	16,47	16,08	15,93	16,54	16,58
C17:0	1,93	1,97	2,32	2,11	1,64	1,84
C18:0	6,20	6,05	7,03	7,22	7,26	7,41
C20:0	0,22	0,24	0,21	0,19	0,18	0,22
C21:0	0,11	0,11	0,05	0,08	0,07	0,05
C22:0	0,24	0,22	0,24	0,24	0,23	0,24
C23:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C24:0	0,12	0,12	0,13	0,15	0,13	0,16
<b>Totale saturi</b>	<b>29,17</b>	<b>28,05</b>	<b>28,18</b>	<b>27,84</b>	<b>27,85</b>	<b>28,10</b>
C14:1	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
C15:1 cis-10	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00
C16:1, n-7	5,11	5,09	4,21	4,05	3,22	3,30
C17:1, n-7	0,00	0,06	0,09	0,08	0,07	0,08
C18:1, n-9trans	0,42	0,26	0,37	0,27	0,21	0,20
C18:1, n-7	0,18	0,15	0,07	0,06	0,07	0,07
C18:1, n-9trans	13,73	13,94	14,48	14,38	14,46	14,60
C18:1, n-7cis	4,92	4,77	3,85	3,78	3,69	3,74
C18:1, c-isomero2	0,33	0,34	0,28	0,26	0,28	0,23
C20:1, n-9	3,12	3,34	2,70	2,55	2,57	2,18
C22:1, n-9cis13	0,37	0,39	0,30	0,26	0,25	0,20
C24:1, n-9cis15	0,46	0,48	0,57	0,60	0,55	0,65
<b>Totale mono-insaturi</b>	<b>28,73</b>	<b>28,88</b>	<b>26,96</b>	<b>26,30</b>	<b>25,38</b>	<b>25,26</b>
C18:2, trans	0,22	0,18	0,10	0,08	0,09	0,08
C18:2, n-6cis	7,11	7,76	7,80	7,79	9,05	8,96
C18:2 c-isomero	0,26	0,24	0,18	0,16	0,14	0,14
C18:3, n-6	0,05	0,08	0,07	0,04	0,06	0,06
C18:3, n-3	1,08	1,05	0,93	0,93	1,07	0,96
CLA totali	0,12	0,12	0,06	0,07	0,10	0,07
C18:4, n-3	0,20	0,14	0,07	0,06	0,04	0,03
C20:2, n-6	1,25	1,23	1,20	1,06	1,08	1,02
C20:3, n-6cis	0,20	0,22	0,13	0,12	0,10	0,10
C20:3, n-3cis	0,26	0,35	0,27	0,26	0,30	0,25
C20:4, n-6	4,17	4,04	4,65	4,85	3,99	4,22
C22:2, n-6	0,48	0,60	0,41	0,38	0,39	0,33
C20:5, n-3cis	12,29	11,89	14,15	14,55	14,65	14,97
C22:5, n-3	1,95	1,86	1,75	1,66	1,10	1,24
C22:6, n-3	12,46	13,29	13,10	13,84	14,61	14,21
<b>Totale poli-insaturi</b>	<b>42,11</b>	<b>43,07</b>	<b>44,87</b>	<b>45,86</b>	<b>46,78</b>	<b>46,65</b>
Totale acidi grassi n-3	28,25	28,59	30,26	31,29	31,77	31,67
Totale acidi grassi n-6	13,26	13,93	14,27	14,26	14,67	14,69
Saturi/insaturi	0,41	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Mono/polinsaturi	0,68	0,67	0,60	0,57	0,54	0,54

**Tabella 17: Contenuto di aminoacidi (% liofilizzato) delle mazzancolle.**

	Tesi Controllo		Tesi Sarda		Tesi Calamaro	
	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi
<b>Taurina</b>	1,25	1,19	0,96	0,97	1,11	1,10
<b>Acido aspartico</b>	5,56	5,44	5,37	5,17	5,29	5,30
<b>Treonina</b>	2,48	2,40	2,40	2,31	2,38	2,36
<b>Serina</b>	2,62	2,59	2,61	2,52	2,57	2,57
<b>Acido glutammico</b>	8,54	8,36	8,19	8,13	7,99	8,40
<b>Prolina</b>	3,12	3,35	2,79	2,49	2,52	2,66
<b>Glicina</b>	5,03	4,73	5,87	6,17	5,78	5,94
<b>Alanina</b>	3,56	3,38	3,45	3,42	3,38	3,49
<b>Valina</b>	2,78	2,67	2,61	2,63	2,60	2,42
<b>Metionina</b>	1,57	1,55	1,45	1,43	1,46	1,48
<b>Isoleucina</b>	2,62	2,50	2,44	2,39	2,44	2,43
<b>Leucina</b>	4,26	4,14	4,01	3,93	4,03	4,02
<b>Tiroxina</b>	2,26	2,19	2,12	2,05	2,11	2,14
<b>Fenilalanina</b>	2,58	2,50	2,42	2,37	2,42	2,44
<b>Istidina</b>	2,73	3,04	2,88	2,76	2,90	2,84
<b>Lisina</b>	4,05	3,97	3,80	3,71	3,78	3,85
<b>Ammoniaca</b>	0,90	0,87	0,90	0,90	0,86	0,87
<b>Arginino</b>	5,08	5,06	4,87	4,78	4,76	4,78
<b>Cistina</b>	0,68	0,64	0,63	0,64	0,64	0,66

**Tabella 18: Contenuto di aminoacidi (% proteina) delle mazzancolle.**

	Tesi Controllo		Tesi Sarda		Tesi Calamaro	
	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi	Mazzancolle femmine	Mazzancolle maschi
<b>Taurina</b>	2,06	1,94	1,60	1,62	1,86	1,82
<b>Acido aspartico</b>	9,21	8,93	8,89	8,65	8,84	8,67
<b>Treonina</b>	4,11	3,94	3,97	3,87	3,97	3,92
<b>Serina</b>	4,34	4,24	4,32	4,21	4,30	4,27
<b>Acido glutammico</b>	14,13	13,71	13,55	13,57	13,36	13,95
<b>Prolina</b>	5,16	5,50	4,61	4,17	4,22	4,42
<b>Glicina</b>	8,32	7,75	9,72	10,33	9,66	9,86
<b>Alanina</b>	5,88	5,55	5,70	5,73	5,65	5,78
<b>Valina</b>	4,61	4,37	4,32	4,39	4,34	4,02
<b>Metionina</b>	2,60	2,53	2,40	2,39	2,44	2,46
<b>Isoleucina</b>	4,33	4,10	4,04	3,99	4,08	4,03
<b>Leucina</b>	7,05	6,79	6,63	6,58	6,73	6,68
<b>Tiroxina</b>	3,75	3,59	3,50	3,43	3,52	3,55
<b>Fenilalanina</b>	4,28	4,09	4,00	3,97	4,05	4,06
<b>Istidina</b>	4,52	4,99	4,76	4,62	4,85	4,72
<b>Lisina</b>	6,71	6,50	6,29	6,21	6,31	6,38
<b>Ammoniaca</b>	1,48	1,42	1,49	1,50	1,44	1,45
<b>Arginina</b>	8,41	8,30	8,06	8,00	7,95	7,93
<b>Cistina</b>	1,12	1,05	1,04	1,07	1,08	1,09

## 4. CONCLUSIONI

### 4.1. GESTIONE DEL FITOPLANCTON E DEI PARAMETRI AMBIENTALI

La presente sperimentazione si proponeva principalmente di porre in atto modifiche di un impianto di gambericoltura, al fine di integrarne la gestione con un impianto modulare dedicato al preingrasso delle vongole.

Le indagini ambientali svolte nel corso del ciclo di ricerca hanno permesso di confermare che la gestione dell'impianto nei termini posti in atto è sostenibile senza rilevanti inconvenienti tecnici, con evidenti vantaggi per il settore di preingrasso dei molluschi che acquisisce la disponibilità di elevate concentrazioni di fitoplancton.

Lo studio della clorofilla-*a* e della trasparenza ha documentato come la gestione degli impianti a circuito idraulico integrato non abbia compromesso il mantenimento di elevati tenori di fitoplancton. La movimentazione continua dell'acqua all'interno delle vasche di gambericoltura, anzi, ha determinato una stabilizzazione della concentrazione del fitoplancton nei diversi bacini rispetto alle fisiologiche variazioni di concentrazione sul breve-medio periodo. Tale fenomeno trova spiegazione, evidentemente, in due elementi di novità rispetto alla gestione della gambericoltura fino ad ora da noi applicata:

1 - il ricambio del volume idrico nei bacini, lento ma continuo, ha permesso un'efficace azione di movimentazione dello stesso, prevenendo nocivi fenomeni di stratificazione della colonna d'acqua. La movimentazione della massa idrica, oltre a favorire una migliore distribuzione dell'ossigeno (soprattutto di quello intensamente prodotto dalla fotosintesi negli strati superficiali), ha consentito una periodica esposizione alla luce anche del fitoplancton altrimenti confinato negli strati profondi e oscurati della colonna d'acqua. Il volume complessivo dei bacini di allevamento è stimabile in circa 30.000 m<sup>3</sup>. Questo permette di definire che, con la portata stimata alla pompa di ricircolo pari a 330 m<sup>3</sup>/h, il tempo di ricambio dei bacini si è aggirato intorno a 1 ricambio completo ogni 90 ore, corrispondente ad un ricambio giornaliero del 25% circa.

2 - è noto che le comunità planctoniche si sviluppano secondo cicli che dipendono, oltre che dalle variazioni ambientali e meteo-climatiche, dall'avvicendamento tra la predominanza di organismi autotrofi e quella di organismi eterotrofi, che si nutrono dei primi. Questo è certamente uno dei meccanismi che determina la continua fluttuazione della concentrazione di

clorofilla-*a*, che tipicamente si osserva nel corso dell'allevamento. Il ricambio dei bacini, gestito con le modalità descritte al punto precedente, permette di perturbare la regolarità di questi cicli di avvicendamento, portando continuamente ad una ridistribuzione della concentrazione del fitoplancton tra i diversi bacini. Questo può avere un effetto rilevante sull'ecosistema di allevamento, in quanto permette di ottimizzare il flusso energetico che la catena trofica genera a partire dai processi fotosintetici. E' intuitivo, infatti, che il fitoplancton rappresenta la "centrale" di generazione dell'energia chimica biologicamente utilizzabile e che le ampie oscillazioni di concentrazione, tanto verso il basso che verso l'alto, interferiscono negativamente con il flusso energetico nell'ambito della catena trofica. Forti decrementi di densità del fitoplancton, infatti, riducono drasticamente la produttività primaria da cui prende avvio il trasferimento di energia. Di contro, incrementi eccessivi di concentrazione del fitoplancton determinano un'inibizione dei processi di replicazione cellulare e possono portare addirittura ad un "crollo" del popolamento microvegetale, con conseguente temporanea interruzione della produzione primaria.

La ricircolazione del volume idrico nel sistema impiantistico realizzato, quindi, ha determinato una stabilizzazione della produttività fitoplanctonica, con effetti positivi nella gestione del trofismo naturale dei bacini di allevamento dei gamberi.

La modesta biomassa delle giovani vongole stabulate nei moduli di preingrasso, purtroppo, non ha permesso di valutare con affidabilità la richiesta di plancton da parte di questo comparto del circuito. I risultati citati al § 3.1.5, tuttavia, ci portano a ritenere che la richiesta alimentare dei due moduli posti in esercizio dal Consorzio Cooperative Pescatori possa venire agevolmente soddisfatta da parte del sistema impiantistico integrato, sebbene necessiti di ulteriori sperimentazioni e verifiche.

Questo presupposto sembra anche confermato da quanto riportato in letteratura: Sorokin e Giovanardi (1995) indicano in 6 mg/l la concentrazione ottimale di microalghe in termini peso fresco, alle cui condizioni le vongole possono indicativamente richiedere quotidianamente il 3-6 % della propria biomassa espressi in termini di carbonio organico. Questi autori riportano che la vongola filippina è un filtratore non selettivo, in grado di utilizzare una certa varietà di materiale organico sospeso, sebbene con una netta preferenza per il fitoplancton e le diatomee in particolare. Ciò significherebbe che uno dei moduli di preingrasso con il massimo carico possibile, pari a 30 q di vongole, potrebbe assorbire circa 90-180 kg al giorno di carbonio, che alla concentrazione di 50 mg/l di TOC (concentrazione

media durante il periodo estivo) potrebbe venire fornita dal sospeso organico presente in 1800-3600 m<sup>3</sup> di acqua. Volendo fare riferimento alla media di questi ultimi valori, pari a 2700 m<sup>3</sup>, si può presumere che la materia organica sospesa assimilata quotidianamente dalle vongole nel breve periodo di massimo sviluppo della biomassa (picco di richiesta) corrisponda a circa il 9% del TOC mediamente presente nei bacini di allevamento dei gamberi.

#### 4.2. RISULTATI DELLE PROVE DI ACCRESCIMENTO DELLE MAZZANCOLLE

I dati di crescita dei peneidi in allevamento e la resa ottenuta per unità di superficie coltivata sono risultati al di sotto delle aspettative. Sebbene la semina sia avvenuta in un momento stagionale tardivo rispetto alla norma, l'accrescimento degli animali ha manifestato un rallentamento in coincidenza con il superamento della taglia media di 10 g che riteniamo eccessivo in relazione alla bassa densità di semina. Anche l'andamento della temperatura, che nel secondo periodo di prova si è ridotta al di sotto dei valori ottimali, potrebbe avere contribuito all'ottenimento di queste prestazioni limitate.

Un andamento come quello rappresentato nel grafico in fig. 18 per le vasche 2 e 3, è stato da noi già osservato, in passato, con densità di semina di 3-4 PL/m<sup>2</sup> e tassi di ricattura finale superiori al 60%. La *performance* rilevata in V4, alimentata con il mangime controllo, sarebbe invece soddisfacente, se non fosse per il modesto tasso di recupero finale pari al 31%, ovvero quantomeno dimezzato rispetto alle attese e con un rendimento finale in termini di biomassa prodotta insoddisfacente. La buona taglia raggiunta in quest'ultima vasca, comunque, conferma che non vi erano limiti alla capacità di crescita riconducibili alle caratteristiche genetiche della partita di postlarve acquisita. Risulta pertanto evidente che gli scarsi risultati in termini produttivi possono verosimilmente venire attribuiti alla inadeguata disponibilità di alimento e, in parte, ai livelli termici sub-ottimali.

Una tale conclusione lascia comunque delle perplessità, poiché, anche presupponendo che gli alimenti sperimentali somministrati non fossero adeguati alle esigenze nutrizionali dei peneidi, la portanza biologica dei bacini di allevamento sarebbe dovuta risultare molto elevata, in considerazione delle densità planctoniche mantenute nel corso dell'estate.

Circa l'adeguatezza degli alimenti sperimentali, infine, possiamo dire che certamente non hanno dimostrato di poter supportare il regolare accrescimento degli animali, come dimostrato anche dalle brevi prove di conversione in intensivo. Tuttavia proprio da queste ultime possiamo trarre alcune indicazioni importanti. Gli animali sottoposti ai test sono

complessivamente rimasti senza disponibilità di alimento naturale per circa 20 giorni, senza accusare cali di peso dovuti a deperimento e senza incorrere in mortalità significative. Nel merito della composizione chimica e della qualità nutrizionale degli alimenti sperimentali entreremo più avanti, qui ci limitiamo ad osservare che l'apporto di alimenti freschi potrebbe essere risultato troppo modesto per migliorare significativamente le prestazioni nutrizionali delle diete. Dal confronto tra la tab. 3 e la tab. 11 si può facilmente calcolare che, indicativamente, gli alimenti freschi contribuivano alla composizione del mangime solo per il 14 % in termini di alimento tal quale, e circa per il 5% in termini di sostanza secca.

Va anche considerato che le prove di stabilità in acqua dei pellet semiumidi hanno portato a rilevare come l'aggiunta di prodotto fresco tritato interferisca negativamente con questo importante aspetto delle caratteristiche tecniche dell'alimento. Sebbene la stabilità del pellet sia potenzialmente migliorabile mediante l'adozione di particolari leganti, a noi non disponibili durante questa sperimentazione, non sembra opportuno pensare di incrementare la percentuale di alimento fresco, sia per gli effetti di minore stabilità che determinano sul prodotto finale, sia per l'incidenza in termini di prezzo e di manodopera che questo comporterebbe.

#### 4.3. PREPARAZIONE E COMPOSIZIONE DELLE DIETE SPERIMENTALI

Questa ricerca ha offerto al nostro gruppo l'opportunità, per la prima volta, di preparare delle diete sperimentali direttamente nel sito di allevamento.

I pellet sono stati preparati utilizzando una macchina professionale progettata per la produzione di pasta destinata al consumo umano. La produzione dei pellet è stata di fatto ottenuta utilizzando una filiera per la produzione di spaghetti da 2 mm di diametro, procedendo quindi al taglio dello spaghetti in modo da ottenere pellet di lunghezza 5-8 mm. Alcune piccole modifiche della macchina si sono rese necessarie per ottimizzare la qualità del prodotto finale. Al termine della messa a punto, il pellet si presentava di aspetto assolutamente soddisfacente, in particolare per quanto riguardava la densità conferita dal processo di estrusione e l'assenza di polvere conseguente al taglio dello spaghetti.

La tenuta dell'alimento, dopo l'immersione in acqua, rappresenta un aspetto ancora migliorabile, sebbene la stabilità ottenuta al termine delle varie prove eseguite costituisca già un buon punto di partenza, come documentato dalla foto riportata in fig. 20.

L'utilizzo di prodotti ittici macinati rappresenta certamente una criticità, poiché interferisce con la buona coesione dell'impasto. Il ricorso a queste materie prime, tuttavia, si è dimostrato

un interessante espediente per cercare di variare la composizione delle diete, rinviando ad un secondo momento la ricerca di prodotti in farina in grado di apportare gli elementi dietetici eventualmente identificati come necessari.

Poiché, come già visto, le prove di allevamento su scala commerciale non hanno portato a esiti positivi sul piano della resa produttiva, diviene molto problematico fare considerazioni sulla comparazione tra gli alimenti impiegati, a parte il generico giudizio di considerare ancora insufficienti le caratteristiche nutrizionali degli stessi.

Le uniche indicazioni circa eventuali differenze nutrizionali tra le diverse diete, quindi, ci vengono dai test di conversione e dalle indagini analitiche sulla loro composizione.

I test sembrerebbero indicare, sulla base di dati non sufficientemente solidi, che le diete vengano consumate dagli animali e presentino caratteristiche sufficienti a garantirne il sostentamento ma non un adeguato accrescimento.

Dall'esame delle indagini chimiche condotte sulle materie prime e sugli alimenti composti possiamo certamente affermare che il calamaro si caratterizza per una consistente differenza nella composizione della frazione lipidica rispetto alle altre materie prime impiegate. Questi molluschi, infatti, abbondano di colesterolo, presente in quantità 3 - 5 volte superiori rispetto agli altri ingredienti utilizzati. Questa molecola, precursore di molti ormoni steroidi e componente essenziale di tante strutture cellulari, rappresenta già un elemento essenziale per il gambero, il quale deve assumere il colesterolo attraverso la dieta. La concentrazione tissutale di colesterolo riscontrata sulle carcasse degli animali è risultata, in termini di sostanza secca, quasi doppia rispetto a quanto riscontrato nelle diete.

Anche per quanto riguarda la frazione acidica, i grassi del calamaro si differenziano notevolmente. Sebbene dall'analisi delle diete non si rilevino importanti differenze della frazione lipidica in termini percentuali, appare evidente che il calamaro presenti una concentrazione di acidi grassi n-3 doppia rispetto alle altre materie prime.

Tale rapporto di concentrazione si riscontra anche per il C22:6, n-3, acido docosaesaenoico (DHA), ovvero l'acido grasso a più lunga catena ed a più elevato livello di insaturazione tra quelli determinati nelle analisi. Molecole a catena ancora più lunga o con altre caratteristiche particolari potrebbero senz'altro essere presenti, ma nelle analisi qui condotte non è stato possibile caratterizzarli.

L'importanza dietetica degli acidi grassi n-3 nella dieta di alcuni organismi marini, con particolare riferimento agli acidi grassi eicosapentaenoico (EPA) e DHA, è un argomento ben noto agli specialisti. La preparazione di specifici arricchitori alimentari che sopperiscano a

questi ed altri nutrienti essenziali, infatti, ha permesso di superare gli ostacoli tecnici che impedivano di allevare con successo le larve di spigola ed orata.

In generale dobbiamo osservare che, tra le materie prime da noi utilizzate, solo il calamaro presentava una composizione significativamente differente rispetto alle altre, in particolare per quanto riguarda la composizione in grassi a catena lineare e steroide. L'impiego del calamaro in percentuale superiore a quanto da noi effettuato, quindi, parrebbe consigliabile, poichè conferirebbe alla dieta caratteristiche migliorative, almeno per la composizione della frazione grassa. Secondo le nostre informazioni la farina di calamaro non è reperibile in Italia e procedere ad importazioni di quantitativi modesti potrebbe risultare difficile ed estremamente oneroso. L'impiego del prodotto fresco macinato in misura rilevante determinerebbe, come abbiamo detto, problemi sia di costo che di stabilità in acqua del pellet semiumido ottenuto. Poichè gli aspetti nutrizionali più interessanti del calamaro risultano derivare dalla composizione in acidi grassi e colesterolo, tuttavia, sarebbe possibile cercare di reperire dell'olio di calamaro, che era già stato utilizzato presso il Centro di Pellestrina per alcune sperimentazioni nel corso degli anni '80. Questa soluzione avrebbe il vantaggio di concentrare i costi di acquisizione della materia prima sulla frazione più interessante sotto il profilo nutrizionale, i grassi appunto.

## 5. BIBLIOGRAFIA

**AOAC (2000).** Official methods of analysis. 17<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA USA.

**Boyd C.E., (1991).** Empirical modeling of phytoplankton growth and oxygen production in aquaculture ponds. In: Aquaculture and water quality. Advances in World Aquaculture. 3. Brune D and Tomasso J.R. (Eds), WAS, South Carolina, USA: 363-395

**Clavier J., Chardy P. & Chevillon C. (1995).** Sedimentation of particulate matter in the south-west lagoon of New Caledonia : spatial and temporal patterns. Estuar. Coast. Mar. Sci. 40: 281-294.

**E.S.A.V. (Ente Sviluppo Agricolo Veneto), (1988).** *Penaeus japonicus*. Biologia e sperimentazione. Padova. 267 pp.

**Lazzara L., Bianchi F., Falcucci M., Hull V., Modigh M. and Ribera D'Alcalà F. (1990).** Pigmenti clorofilliani. Nova Thalassia, 11: 207 - 223.

**Lumare F., (1995).** Definizione di un modello integrato di allevamento di *Penaeus japonicus*, in Valle Bonello, nel 1994; Studio sulla riproduzione in cattività di *Penaeus monodon*. Relazione interna: 58 pp.

**Lumare F., (1996).** L'allevamento di *Penaeus japonicus* in Valle Bonello. Ciclo sperimentale del 1995. Relazione interna: 22 pp.

**Lumare F., (1998).** Crostacei Peneidi-Tecnica e gestione dell'allevamento. Manuali di Divulgazione Serie Acquacoltura, n° 4, ESAV, 187 pp.

**Lumare F., Scordella G., Di Muro P., Tessarin C. e Zanella L., (1995).** Definizione di modelli di allevamento di *Penaeus monodon* e *P. japonicus* (*Decapoda, Penaeidae*), nelle valli da pesca dell'alto Adriatico. In: Berletti M., Rossi R. e Spreafico E.. PIM per le zone lagunari dell'Alto Adriatico, Ricerche e Sperimentazioni 1988 - 1994: 125 - 140.

**Lumare F., Scordella G., Zanella L., Gnoni G.V., Vonghia G., Mazzotta M. e Ragni M. (1999).** Accrescimento di *Penaeus japonicus* e *P. semisulcatus* (Decapoda, Penaeidae) allevate in identiche condizioni gestionali ed ambientali sulla costa nord-orientale italiana. *Rivista Italiana di Acquacoltura*, 34: 1-15.

**Lumare F., Scordella G., Pastore M., Prato E., Zanella L., Tessarin C. e Sanna A. (2000).** Gestione dell'allevamento e dinamica ambientale nella gambericoltura semiestensiva di *Penaeus japonicus* (Decapoda, Penaeidae) sulla costa adriatica del nord Italia. *Rivista Italiana di Acquacoltura*, 35: 15-43.

**Sorokin Y. and Giovanardi O. (1995).** Trophic characteristics of the Manila clam (*T. philippinarum* Adam & Reeves). *ICES Journal of Marine Science*: 52, 853-862.

**Veneto Agricoltura (2004).** Miglioramento del modello di gestione degli ecosistemi salmastri delle Valli da pesca ai fini dell'allevamento di *Penaeus japonicus*. Progetto n° 4C59 del IV Piano Triennale per la Pesca e l'Acquacoltura del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Relazione finale (a cura di L. Zanella), 117 pp.

**Zanella L., Tessarin C., Cattelan R., Scordella G. e Grimaldi E. (2000).** Seasonal fluctuations of the organic load of sediments in two ponds of a brackish-water fish farm ("valle") located in the Po river Delta (Italian North Adriatic). *Ophelia*: 53, 79-90.



variante introdotta	% H <sub>2</sub> O	dieta controllo	dieta sarda	dieta calamaro	Valutazione
percentuale di acqua in fase di impasto	35%	*Il processo di idratazione del pellet (rigonfiamento) avviene già nei primi 10' di immersione *dopo circa 20-30' iniziano le prime fessurazioni *dopo 2 <sup>h</sup> i pellet sono molto gonfi, superficie irregolare, profonda fessura centrale *dopo 3 <sup>h</sup> 30' i pellet si sfaldano al tocco *dopo 24 <sup>h</sup> i pellet sono sfaldati anche se la sagoma resta distinguibile			L'aggiunta di acqua in fase di impasto aumenta la stabilità in fase di immersione, tuttavia con il 45% di acqua il pellet risulta troppo morbido, creando problemi alla fase di taglio del pellet dopo l'estrusione. Una volta insaccati i pellet tendono a aggregarsi e impastarsi nuovamente per effetto della compressione dovuta al peso dei pellet soprastanti
	40%	*come nel pellet preparato con il 35% di acqua			
	45%	*dopo 20-30' il rigonfiamento dei pellet è decisamente minore *le fessurazioni si distinguono solo dopo 2 <sup>h</sup> 50' *dopo 3 <sup>h</sup> 30' i pellet iniziano a sfaldarsi anche se si presentano più definiti rispetto ai casi precedenti			

variante introdotta	% H <sub>2</sub> O	dieta controllo	dieta sarda	dieta calamaro	Valutazione
essiccazione al sole subito dopo la produzione		*Il processo di idratazione del pellet avviene già nei primi 10' di immersione *dopo 20' il pellet hanno un diametro di 3-4 mm ed iniziano le prime profonde fessurazioni lungo l'asse centrale *dopo 40' inizia lo sfaldamento dello strato più superficiale di alcuni pellet *dopo 90' il processo di sfaldamento progredisce interessando sempre più pellet	*il processo di idratazione procede molto più rapidamente che negli altri gruppi e un inizio di sfaldamento superficiale si avverte già dopo 10' di immersione *dopo 40' lo sfaldamento è così avanzato che alcuni pellet sono già completamente destrutturati e non ben individuabili	*risultati analoghi alla dieta "controllo" con la sola nota che al 90' i pellet interessati dal processo di sfaldamento superficiale risulta leggermente maggiore	Sebbene dopo l'essiccazione il pellet si presentasse estremamente indurito e resistente alla compressione, il processo di idratazione è risultato fortemente accelerato con conseguente drastica perdita di stabilità del prodotto. Nel prodotto fresco maggiore è l'umidità già incorporata dal pellet e maggiore risulta la stabilità dopo l'immersione

variante introdotta	% H2O	dieta controllo	dieta sarda	dieta calamaro	Valutazione
aggiunta di 2% di farina di guar (legante)	40%	<p>*dopo 10' idratazione del pellet (rigonfiamento) appena percettibile</p> <p>*dopo 20'-30' i pellet hanno un diametro di 3 mm ma restano ben definiti</p> <p>*dopo 90' i pellet sembrano meno definiti ma non si rilevano fessure</p> <p>*dopo 180' i pellet sono gonfi e cominciano a perdere di definizione, ma non si disfano al tocco*</p> <p>dopo 300' la situazione resta stabile</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet si presentano in sfaldamento, ma sono ancora ben riconoscibili</p>	<p>*dopo 10' l'idratazione del pellet risulta maggiore rispetto al "Controllo"</p> <p>*dopo 20'-30' i pellet hanno già un diametro di 4 mm, prime fessure e divengono irregolari nel punto di taglio</p> <p>*dopo 90' situazione stabile</p> <p>*dopo 180' i pellet sono molto gonfi e iniziano a sfaldarsi</p> <p>*dopo 300' i pellet si presentano gonfi e con sfaldamento superficiale, se prelevati con una pinzetta si spezzano in due ma non si disfano*</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet si presentano completamente sfaldati</p>	<p>*dopo 10' l'idratazione del pellet risulta simile al "Controllo"</p> <p>*dopo 20' i pellet risultano già poco definiti</p> <p>*a 30' inizia già lo sfaldamento nel punto di taglio e si vedono le prime fessure</p> <p>*dopo 90' lo sfaldamento procede in modo apprezzabile</p> <p>*dopo 240' i pellet si sfaldano al contatto</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet si presentano completamente sfaldati</p>	L'aggiunta del legante ha migliorato leggermente le prestazioni di stabilità del pellet "Controllo", mentre non si apprezzano effetti sui pellet in cui vengono aggiunti prodotti freschi

variante introdotta	% H <sub>2</sub> O	dieta controllo	dieta sarda	dieta calamaro	Valutazione
macinazione molto fine dei prodotti freschi aggiunti	40%	<p>*dopo 10' l'idratazione è evidente</p> <p>*dopo 20' compaiono le prime fessurazioni limitatamente ad alcuni pellet</p> <p>*dopo 60' la situazione si mantiene invariata</p> <p>*dopo 120' i pellet si dividono in due se prelevati con una pinzetta ma non si sfaldano</p> <p>*dopo 240' inizia lo sfaldamento superficiale dei pellet</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet sono completamente gonfi e con la superficie in sfaldamento, tuttavia ben distinguibili</p>	<p>*dopo 10' l'idratazione è evidente e compaiono le prime fessure</p> <p>*dopo 20' compaiono le prime fessurazioni limitatamente ad alcuni pellet</p> <p>*dopo 40' pellet ancora definiti ma uniformemente gonfi e con evidenti fessurazioni</p> <p>*dopo 120' si osservano le prime disgregazioni spontanee</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet sono in sfaldamento avanzato e risultano ancora individuabili</p>	<p>*Stesse prestazioni osservate per la dieta "sarda", sebbene l'incremento della torbidità dell'acqua sia risultata meno rilevante nel corso della prova</p>	La macinazione fine delle sarde e dei calamari ha permesso di aumentare la stabilità dei pellet da questi ottenuti anche se non arrivano a risultati soddisfacenti. Il miglioramento si caratterizza per un ritardo nel processo di sfaldamento ma soprattutto un minore "cedimento" in fase avanzata di immersione, come verificato dopo 24 ore, che ha permesso di ritrovare i pellet ancora individuabili anziché completamente polverizzati come accadeva in precedenza

variante introdotta	% H2O	dieta controllo	dieta sarda	dieta calamaro	Valutazione
aggiunta di 2% di agar agar (legante - gelificante) macinazione fine del materiale fresco	40%	<p>*dopo 10' scarsa idratazione e lieve perdita di definizione in corrispondenza della superficie di taglio</p> <p>*dopo 20' procede il rigonfiamento e si nota una rugosità superficiale del pellet dovuta al sollevarsi di microscaglie</p> <p>*dopo 30' si vedono le prime fessurazioni su alcuni pellet</p> <p>*dopo 120' le fessurazioni non interessano ancora tutti i pellet, che sebbene ingrossati restano ben definiti pur caratterizzati dalla superficie molto scabra</p> <p>*dopo 300' la situazione risulta di poco variata</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet sono ancora abbastanza definiti, si dividono in due se afferrati con una pinzetta, ma non si sfaldano</p>	<p>*dopo 10' situazione simile al pellet "controllo"</p> <p>*dopo 20' procede il rigonfiamento e si notano le prime fessurazioni</p> <p>*dopo 60' fessurazioni più evidenti, acqua resa lattescente</p> <p>*dopo 120' pellet estremamente gonfi come nel caso del calamaro, ma non si avvertono segni di sfaldamento, salvo in alcuni pellet la perdita di coesione nel punto di taglio</p> <p>*dopo 300' il pellet è interessato dal disfacimento dello strato superficiale che si solleva in microfrustuli, ma il pellet resta coeso</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet restano distinguibili per circa il 50%, ma si sfaldano completamente al tentativo di prelievo con una pinzetta</p>	<p>*dopo 10' situazione simile al pellet "controllo"</p> <p>*dopo 20' procede il rigonfiamento e si notano le prime fessurazioni</p> <p>*dopo 60' fessurazioni più evidenti, acqua resa lattescente</p> <p>*dopo 120' alcuni pellet sono quasi divisi in due longitudinalmente dalla profonda fessurazione centrale, iniziano i primi segni di sfaldamento</p> <p>*dopo 300' i pellet si presentano in sfaldamento al tocco</p> <p>*dopo 24<sup>h</sup> i pellet sono quasi completamente disfatti e indistinguibili</p>	<p>L'aggiunta dell'agar sembra avere migliorato un po' le prestazioni del pellet "controllo", mentre paradossalmente sembrerebbe avere indotto effetti negativi nei pellet con alimenti freschi</p>