

# **EFFETTO DELLA MODALITÀ DI SOMMINISTRAZIONE DI DIETE A DIVERSO TENORE PROTEICO NELL'ALIMENTAZIONE DEI SALMONIDI \***

**D. LANARI (1), E. D'AGARO & C. TURRI**

Dipartimento di Scienze della Produzione Animale - Università degli Studi di Udine,  
Via S. Mauro, 2 - 33010 Pagnacco (Udine), Italia.

(1) Autore per la corrispondenza.

(\*) Lavoro eseguito nell'ambito del progetto C.N.R. - R.A.I.S.A. Sottoprogetto nr 3.

## **Riassunto**

450 trote iridee (*Oncorhynchus mykiss* W.) del peso iniziale di  $84,6 \pm 0,22$  g vennero distribuite casualmente tra cinque trattamenti con tre repliche. Le tesi messe a confronto erano: A1) mangime caratterizzato da un contenuto di proteina grezza (p.g.) del 33% sul secco (s.s.) somministrato *ad libitum* per tutta la durata della prova; A2) stesso mangime della tesi A1 ma razionato al 70% dell'ingestione rilevata in A1 per tutta la durata dell'esperimento; B1) mangime contenente il 54% s.s. p.g. somministrato *ad libitum* per tutta la prova; B2) stesso mangime B1 ma razionato del 70% dell'ingestione rilevata in B1 durante tutta la ricerca; B1-A1) mangime B1 distribuito *ad libitum* per 35 giorni e mangime A1 somministrato *ad libitum* fino al termine dell'esperimento (28 giorni). Le stesse diete vennero utilizzate per una prova di digeribilità *in vivo* ed escrezione utilizzando 12 gruppi di due trote di peso medio pari a  $183,5 \pm 11,4$  g. Le prestazioni produttive delle trote migliorarono con la dieta B e con il regime alimentare *ad libitum* mentre la sostituzione della dieta durante la prova (B1-A1) non influenzò significativamente gli indici produttivi [A1: accrescimento specifico (A.S.): 1,80 e indice di conversione (I.C.): 1,21; A2: 1,41 e 1,10; B1: 2,18 e 1,07; B2: 1,80 e 0,86; B1-A1: 2,06 e 0,97]. L'efficienza alimentare (I.C.) e proteica (V.E.P. = valore di efficienza proteica) delle due diete migliorò con il razionamento. La composizione corporea finale dei pesci venne influenzata solo parzialmente dai trattamenti alimentari risultando, fatta eccezione per la tesi B2 dove il contenuto in sostanza secca fu più basso rispetto ai trattamenti B1 e B1-A1 e quello in proteina grezza (53,63% s.s.) che risultò più elevato rispetto alle altre tesi, simile per le due diete per quanto riguarda l'estratto etereo e l'energia grezza. Il razionamento esercitò un effetto solo con la dieta B dove la composizione corporea dei pesci razionati risultò avere meno sostanza secca, più proteina e tendenzialmente meno grasso. Per quanto concerne i soggetti del trattamento B1-A1 la composizione corporea fu simile a quella della tesi B1. L'effetto della dieta risultò significativo per l'indice epatosomatico con valori sensibilmente più alti con la dieta A. I valori di ritenzione proteica (RP) risultarono più alti per la dieta A e con un regime alimentare razionato, quelli di ritenzione energetica (RE) e lipidica (RL) migliorarono con la dieta B e risultarono intermedi per la tesi B1-A1. L'utilizzazione digestiva della sostanza secca, proteina ed energia grezza risultò significativamente più alta per la dieta B (dSS: dieta A, 67,92 *vs* dieta B, 83,77; dPG: A, 87,40 *vs* B, 90,89 e dEL A, 75,66 *vs* B, 92,22%). Le quantità di azoto e il fosforo nelle acque reflue vennero influenzate dal livello proteico, dal fosforo delle diete e dal livello di razionamento risultando maggiori per la dieta B somministrata *ad libitum* (azoto: A2, 27,11; A1, 32,56; B2, 45,59; B1, 61,42 kg per tonnellata di accrescimento) (fosforo: A2, 7,25; A1, 9,01; B2, 9,62; B1, 12,75 kg per tonnellata di accrescimento). Il trattamento B1-A1 non risultò efficace in termini di riduzione dell'impatto ambientale in quanto non risultò diminuita la quantità di azoto e fosforo rilasciati nell'ambiente per kg di accrescimento.

## **Introduzione**

Una diminuzione dell'inquinamento derivante dagli allevamenti ittici intensivi può essere conseguita migliorando la gestione dell'allevamento nel suo complesso e ottimizzando in particolare l'alimentazione sia per quanto concerne l'utilizzo di mangimi con particolari caratteristiche tecnologiche sia nella scelta di corrette modalità di somministrazione degli stessi in funzione del peso medio dei pesci

e della temperatura dell'acqua. Le ricerche condotte nei salmonidi nell'ultimo decennio hanno portato alla sostituzione dei mangimi pellettati con quelli estrusi dal momento che a parità di composizione chimica, i secondi consentono di abbattere del 42,01% la quantità di sostanza organica e rispettivamente del 32,34% e del 33,52% le quantità di P e N rilasciati nell'ambiente (Johnsen *et al.*, 1993) nei confronti dei primi. La gestione della distribuzione degli alimenti gioca un ruolo importante dato che, a parità di condizioni ambientali e qualità nutrizionali, la quantità distribuita giornalmente agisce sulle caratteristiche delle acque reflue ed in particolare sulla entità dell'escrezione azotata (Lanari *et al.*, 1993) aumentando questa al crescere delle quantità distribuite e consumate con relazione lineare o esponenziale (Jobling, 1981). Anche le caratteristiche nutrizionali ed in particolare il tenore proteico influenzano le caratteristiche dei reflui. Rychly nel 1980 mise in evidenza come, a parità di quantità distribuita, l'escrezione di N e la sua concentrazione nelle acque reflue cresca linearmente al crescere del livello proteico della dieta. Questi risultati hanno indirizzato molti ricercatori a studiare l'effetto di alimenti caratterizzati da tenori proteici decrescenti e da livelli lipidici e di carboidrati crescenti sulle prestazioni produttive dei salmonidi e sulle caratteristiche delle acque reflue (Cho *et al.*, 1982; Cho e Kaushik, 1985). Gli alimenti estrusi a limitato tenore proteico ed ad elevato contenuto energetico consentono, limitando di molto la quota proteica utilizzata a fini energetici, di migliorare la ritenzione della proteina e dell'energia alimentare (Beamish e Medland, 1986; Cho e Woodward, 1989) e di ridurre il rilascio dell'azoto nell'ambiente. La possibilità di utilizzare mangimi con caratteristiche nutrizionali differenti su gli stessi animali ma in diversi periodi della fase di crescita è stata scarsamente studiata. Con la presente ricerca si è voluto studiare l'effetto di due diete caratterizzate da un livello proteico basso e alto (33 e 54% s.s.) somministrate *ad libitum* o razionate per tutta la durata della prova o in periodi differenti.

### Materiali e metodi

La prova di accrescimento della durata di 63 giorni venne effettuata presso l'acquario del Dipartimento di Scienze della Produzione Animale. 450 trote del peso iniziale di  $84,6 \pm 0,22$  g vennero distribuite casualmente tra cinque trattamenti con tre replicazioni per tesi. Le tesi messe a confronto furono: A<sub>1</sub>) mangime caratterizzato da un contenuto di proteina del 33% s.s. somministrato *ad libitum* per tutta la durata della prova; A<sub>1</sub>) stesso mangime della tesi A<sub>1</sub> ma razionato al 70% dell'ingestione rilevata in A<sub>1</sub> per tutta la durata dell'esperimento; B<sub>1</sub>) mangime contenente il 54% s.s. Nx6,25 somministrato *ad libitum* per tutta la prova; B<sub>2</sub>) stesso mangime B<sub>1</sub> ma razionato del 70% dell'ingestione rilevata in B<sub>1</sub> durante tutta la ricerca; B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub>) mangime B<sub>1</sub> distribuito *ad libitum* per 31 giorni e mangime A<sub>1</sub> somministrato *ad libitum* fino al termine dell'esperimento. Ogni vasca (400 l) riceveva un flusso continuo d'acqua (0,25 l/sec) a temperatura costante ed era dotata di un aeratore a pietra porosa. Durante l'esperimento vennero determinati, con cadenza settimanale, la temperatura, l'ossigeno disciolto e il pH (T:  $12,7 \pm 0,23^\circ\text{C}$ ; O<sub>2</sub>:  $9,1 \pm 0,40$  mg/l; pH:  $8,40 \pm 0,13$ ). Giornalmente venne rilevata la mortalità e ogni 14 giorni venne rilevato il peso. All'inizio e alla fine della prova vennero prelevati rispettivamente 10 e 75 pesci (15 per tesi). Gli animali vennero sacrificati e pesati. Quindi si procedette all'eviscerazione separando il fegato, pesandolo e vuotando il tubo digerente dal suo contenuto. I visceri ed il fegato venivano quindi reinseriti all'interno del pesce che veniva pesato, macinato e liofilizzato. Sul prodotto così ottenuto venne determinata l'analisi tipo (A.O.A.C., 1980), il fosforo (Williams *et al.*, 1962) e l'energia lorda mediante calorimetro adiabatico.

Per la prova di digeribilità ed escrezione vennero utilizzati 12 gruppi di trote ciascuno costituito da due soggetti di peso omogeneo (peso vivo medio:  $183,5 \pm 11,4$  g) con tre repliche per tesi. Ciascuna vasca, della capacità di 30 l, riceveva un flusso continuo di acqua (1 l/min durante la prova di digeribilità, che veniva portato a 0,15-0,20 l/min durante la prova di escrezione) (T:  $12,8 \pm 0,22^\circ\text{C}$ ; O<sub>2</sub>:  $9,0 \pm 0,14$  mg/l e pH:  $8,30 \pm 0,08$ ). Il peso totale dei pesci venne rilevato all'inizio e alla fine della prova. I pesci venivano alimentati, dopo un periodo di adattamento di 5 giorni, una volta al giorno con le due diete sperimentali e con due regimi alimentari (*ad libitum* vs razionato). Le feci vennero raccolte per una settimana mediante una colonna di sedimentazione di cui era dotata ciascuna vasca. I coefficienti di digeribilità apparente vennero determinati con il metodo indiretto utilizzando ossido di cromo come traccianfe. Il contenuto di cromo e fosforo nelle diete e nelle feci venne determinato con il metodo

dell'assorbimento atomico (Williams *et al.*, 1962). All'inizio e alla fine della prova di digeribilità vennero raccolte per 24 h in vasconi di 400 l le acque in entrata e uscita dalle vasche. Da ciascun vascone venne raccolto un campione rappresentativo delle 24 h. Per ciascun campione venne rilevato il pH, il contenuto in ammoniaca (metodo dell'ipoclorito-fenolo, Golterman *et al.*, 1978) e gli ortofosfati (A.P.H.A., 1980). I dati sperimentali relativi alle prove di accrescimento, digeribilità ed escrezione vennero sottoposti ad analisi della varianza ad una via ed il confronto tra le medie venne eseguito con il test di Duncan (Snedecor e Cochran, 1982).

## Risultati

Le due diete utilizzate nella prova sperimentale erano caratterizzate da una diversa composizione percentuale e chimica (Tab. 1).

**Tab. 1 - Ingredienti (g/kg dieta), composizione chimica, contenuto in fosforo, energia grezza, rapporto proteina digeribile/energia digeribile e coefficienti di digeribilità apparente delle diete sperimentali.**

	Diete		D.S.E. (g.l. 8)	
	A	B		
Farinaccio di frumento	312	100		
Olio di pesce	207	180		
Farina di pesce	213	590		
Glutine di mais	147	100		
Amido di frumento pregelatinizzato	81	-		
Integratore aminoacidico	10	-		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	10		
Integratore vitaminico-minerale	20	20		
Composizione chimica:				
Sostanza secca	(%)	92,23	94,70	
Proteina grezza	(% ss)	32,82	54,09	
Estratto etereo	"	21,85	21,95	
Ceneri	"	7,66	10,73	
Fibra grezza	"	2,16	2,01	
Estrattivi inazotati	"	35,51	11,22	
Fosforo	"	1,12	1,59	
Energia grezza	(MJ/kg ss)	23,34	23,29	
DP/DE	(g/MJ)	16,24	22,88	
Coefficienti digeribilità apparente:				
Sostanza secca	%	67,92b	83,77a	1,7164
Proteina grezza	"	87,40b	90,89a	1,7337
Ceneri	"	44,09a	37,61b	2,5947
Energia grezza	"	75,66b	92,22a	2,0058

Medie sulla stessa riga contrassegnate con lettere diverse sono statisticamente differenti (a, b: P<0,05)

a Integratore aminoacidico: 50% lisina, 30% treonina, 10% istidina, 5% cisteina, 5% metionina.

b Integratore vitaminico - minerale (valori in mg/kg dieta, se non altrimenti specificato): vit. A, 40000 U.I.; vit. D<sub>3</sub>, 2400 U.I.; vit. E, 500 U.I.; vit. K<sub>3</sub>, 50; vit. B<sub>12</sub> 0,3; acido ascorbico, 2000; biotina, 3; acido nicotinico, 300; acido folico, 5; Capantotenato, 222; piridossina HCl, 40; riboflavina, 40; tiamina HCl, 40; colina cloruro, 10000; inositolo, 1000; FeCO<sub>3</sub> 844; ZnO, 106; MnO, 80; CuO, 9; CoSO<sub>4</sub>, 119; KI, 165; MgO, 2308; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 0,15.

Infatti, in relazione all'impiego di una maggiore incidenza di materie prime di origine vegetale (dieta A: 54% *vs* dieta B: 20%), la dieta A aveva un basso contenuto in proteina grezza (32,82% s.s.) e un elevato contenuto in estrattivi inazotati (35,51% s.s.) mentre la dieta B presentava, al contrario, un elevato tenore proteico (54,09% s.s.) e un basso livello di estrattivi inazotati (11,22% s.s.). Nella dieta A, la

farina di pesce venne sostituita da farinaccio di frumento, glutine di mais, amido di frumento pregelatinizzato e da una miscela di aminoacidi (1% della dieta) contenente il 50% di lisina, 30% di treonina, 10% di istidina e 5 % di cisteina e di metionina. Le due diete erano isolipidiche ed isoenergetiche (21,9% s.s. e 23,3MJ/kg s.s.).

Il regime alimentare (*razionato vs ad libitum*) non influenzò in maniera significativa la digeribilità dei principali nutrienti delle due diete che sono stati, quindi, espressi come valori medi per dieta (Tab. 1). I coefficienti di digeribilità apparente della sostanza secca, proteina grezza ed energia lorda risultarono significativamente più alti nella dieta B mentre l'utilizzazione digestiva delle ceneri, al contrario, risultò superiore nell'alimento A.

L'impiego dell'alimento a basso tenore proteico (33% s.s.) determinò una significativa riduzione dei parametri di accrescimento (Tab. 2) sia quando era somministrato a volontà che quando veniva razionato. Ad una riduzione dei consumi del 30% corrispose una contrazione degli accrescimenti, per entrambe le diete, del 20% a causa della migliore utilizzazione degli alimenti conseguita con il razionamento. L'accrescimento specifico e l'indice di conversione delle trote nel trattamento B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub> risultò simile a quello rilevato con la tesi B<sub>1</sub> e con un livello di alimentazione quasi uguale.

Il valore di efficienza proteica (V.E.P.) diminuì al crescere del livello proteico della dieta e al crescere dell'ingestione. La sostituzione del mangime a più alto tenore proteico con quello più basso in proteina (tesi B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub>) diede, in termini di V.E.P., valori non diversi da quelli rilevati con il trattamento B<sub>1</sub> (Tab. 2).

**Tab. 2 - Effetti del contenuto proteico delle diete e del livello di razionamento sull'accrescimento e sull'indice di conversione alimentare nella trota iridea.**

	Trattamenti					D.S.E. (10 g.l.)
	A2 70% <i>ad lib.</i>	A1 <i>ad libitum</i>	B2 70% <i>ad lib.</i>	B1 <i>ad libitum</i>	B1-A1 <i>ad libitum</i>	
Durata della prova (d)	63	63	63	63	63	
Peso iniziale (g)	85.1	84.4	84,6	84.6	84,6	0,3606
Peso finale (g)	207.2c	261.9b	262.3b	334,9a	310,0a	14,9300
A.S.(1)	1.41c	1.80b	1.80b	2.18a	2,06a	0,0768
Quantità distribuita (% PV/d)	1.46e	1.95d	1.37c	2,03b	2,09a	0,0265
I.C. (2)	1.10a	1.21a	0,86b	1.07a	0,97a	0,0806
V.E.P.(3)	2.99a	2.75b	2.17c	1.81d	1.90d	0,1162

(1) A.S.: accrescimento specifico =  $(\ln(\text{peso finale, g}) - \ln(\text{peso iniziale, g})) / n^\circ \text{ di giorni}$

(2) I.C.: indice di conversione =  $(\text{alimento ingerito, g}) / (\text{incremento ponderale, g})$

(3) V.E.P.: valore di efficienza proteica =  $(\text{incremento ponderale, g}) / (\text{proteina ingerita, g})$

Medie sulla stessa riga contrassegnate con lettere diverse sono statisticamente differenti (a, b:  $P < 0.05$ ).

La composizione corporea finale dei pesci (Tab. 3) venne modificata sensibilmente rispetto a quella iniziale mentre i trattamenti alimentari agirono solo in parte su questi parametri.

Infatti, fatta eccezione per la tesi B2 dove il contenuto in sostanza secca fu più basso rispetto ai trattamenti B<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub> e quello in proteina grezza (53,63% s.s.) che risultò più elevato rispetto alle altre tesi, non si sono evidenziati effetti significativi dei trattamenti alimentari sull'estratto etereo ed energia grezza. Il razionamento esercitò un effetto solo con la dieta B dove la composizione corporea dei pesci razionati risultò avere meno sostanza secca, più proteina e tendenzialmente meno grasso. Per quanto concerne i soggetti del trattamento B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub> la composizione corporea fu simile a quella della tesi B<sub>1</sub>. L'indice epatosomatico variò significativamente per le due diete con valori più che doppi per i pesci alimentati con la dieta a basso tenore proteico e più alto contenuto in carboidrati.

Il trattamento alimentare (dieta A *vs* dieta B) influenzò marcatamente l'efficienza di ritenzione della proteina, che risultò rispettivamente più alta con la dieta a più basso titolo proteico, e dell'energia, che risultò più bassa con la dieta a più alto titolo proteico (R.P.: dieta A, 46,8 e dieta B, 34,55 e R.E.: dieta A, 38,48 e dieta B, 44,60). Il razionamento consentì di migliorare, rispetto alla somministrazione *ad libitum*, la ritenzione proteica senza però influire su quella energetica lipidica. Il valore della ritenzione proteica della tesi B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub> risultò vicino al dato rilevato nel trattamento B<sub>1</sub> e quello della ritenzione energetica non fu dissimile da quanto osservato per la tesi A<sub>1</sub>.

**Tab. 3 - Effetto del contenuto proteico della dieta e del livello di razionamento sulla composizione corporea, ritenzione proteica, lipidica ed energetica e indice epatosomatico nella trota iridea.**

	Iniziale	Finale					D.S.E. (10g.l.)
		Trattamenti					
		A2 70% <i>ad lib.</i>	A1 <i>ad libitum</i>	B2 70% <i>ad lib.</i>	B1 <i>ad libitum</i>	B1-A1 <i>ad libitum</i>	
Sostanza secca (%)	25,70±0,793	31,96c	32,84abc	31,77c	34,59a	34,09ab	0,7038
Proteina grezza (% ss)	62,17±2,983	49,69b	48,27b	53,63a	48,45b	50,05b	1,2682
Estratto etereo (% ss)	27,57±2,949	39,26	2740,78	37,41	43,92	43,38	4,0189
Fosforo (% ss)	1,83±0,251	1,41a	1,20b	1,38a	1,16b	1,22b	0,0831
Energia Grezza (MJ/kgss)	26,09±0,413	26,63	27,29	27,30	27,61	27,29	0,3854
RP(1)	-	49,45a	44,15b	38,49c	30,61d	31,84d	2,0666
RE (2)	-	39,70bc	37,26c	46,74a	42,46ab	37,48c	2,3238
RL(3)	-	72,37a	64,97b	79,52a	77,37a	71,76ab	4,0077
IE (4)	2,7±0,690	4,27a	4,66a	1,70b	2,08b	2,29b	0,4346

(1) RP (ritenzione proteica) =  $(N \times 6,25 \text{ trattenuto per pesce, g}) \times 100 / (N \times 6,25 \text{ ingerito per pesce, g})$

(2) RE (ritenzione energetica) =  $(\text{energia grezza trattenuta per pesce, MJ}) \times 100 / (\text{energia grezza somministrata per pesce, MJ})$

(3) RL (ritenzione lipidica) =  $(\text{lipidi trattenuti per pesce, g}) \times 100 / (\text{lipidi somministrati per pesce, g})$

(4) IE (indice epatosomatico) =  $(\text{peso fegato, g}) / (\text{peso vivo, g}) \times 100$

Medie sulla stessa riga contrassegnate con lettere diverse sono statisticamente differenti (a, b:  $P < 0,05$ ).

L'escrezione di ammoniaca e di urea (Tab. 4) crebbero significativamente all'aumentare della proteina della dieta mentre l'effetto della quantità ingerita risultò significativamente diverso solo con la dieta a più alto tenore proteico. La concentrazione degli ortofosfati risentì del loro contenuto nell'alimento, ma non del razionamento. I bilanci di N e P vengono riportati nelle Tabelle 5 e 6. I valori del rapporto tra azoto trattenuto e azoto ingerito evidenziarono un andamento simile a quanto visto per la ritenzione proteica con valori maggiori per la tesi A1. Per quanto concerne la quantità di N rilasciato nelle acque reflue, questo crebbe con il crescere del livello proteico della dieta e con il livello di razionamento. Nessun sostanziale vantaggio venne conseguito a questo riguardo con il trattamento B1-A1. Se si considera il bilancio del fosforo, i dati hanno messo in luce come al crescere del livello di P nell'alimento e delle quantità di alimento distribuito aumenti la quantità rilasciata nell'ambiente, con un peggioramento del rapporto tra P trattenuto e P ingerito. A questo riguardo la tesi B1-A1 ha dato dei risultati del tutto simili a quelli rilevati con il trattamento B1.

**Tab. 4. Effetto del contenuto proteico della dieta e del livello nutritivo sull'escrezione azotata e concentrazione di ortofosfati nelle acque reflue nella trota iridea.**

	Trattamenti				D.S.E. (8 g.l.)
	A2 70% <i>ad lib.</i>	A1 <i>Ad libitum</i>	B2 70% <i>ad lib.</i>	B1 <i>Ad libitum</i>	
Ammoniaca (N-NH <sub>3</sub> ) (mg/kg PV/d)	125,51c	182,98c	341,31b	411,50a	33,7962
Urea (N ureico) (mg/kg PV/d)	15,69b	16,14b	19,87ab	30,32a	7,2196
Ortofosfati (mg/kg PV/d)	11,87b	24,88ab	41,54a	41,82a	10,1385

Medie sulla stessa riga contrassegnate con lettere diverse sono statisticamente differenti (a, b:  $P < 0,05$ ).

## Discussione

I risultati della presente ricerca, relativi alla prova di digeribilità e di accrescimento, confermarono le osservazioni di altri ricercatori sull'effetto depressivo esercitato da diete caratterizzate da un elevato tenore in carboidrati sulle performance produttive delle trote (Kitamikado *et al.*, 1964; Cowey e Luquet, 1983; Tacon e Cowey, 1985). Secondo questi autori, i salmonidi non utilizzano completamente i carboidrati della dieta durante i processi digestivi con la conseguente diminuzione dei valori degli indici produttivi. Infatti la sostituzione della proteina della dieta con carboidrati comporta, a parità di contenuto di lipidi e di ingestione di alimento, una diminuzione dell'energia metabolizzabile

dell'alimento e quindi una minore disponibilità di energia per l'accrescimento (Lee e Putnam, 1973; Beamish e Medland, 1986).

**Tab. 5 - Effetto del contenuto proteico della dieta e del livello nutritivo sull'azoto ingerito, trattenuto ed eliminato nella trota iridea (g/kg di accrescimento)**

	Trattamenti					D.S.E. (10g.l.)
	A2 70% <i>ad lib.</i>	A1 <i>ad libitum</i>	B2 70% <i>ad lib.</i>	B1 <i>ad libitum</i>	B1-A1 <i>ad libitum</i>	
<u>Azoto inserito (g)</u> Kg di accrescimento	53,61c	58,29c	73,92b	88,43a	84,36a	4,1149
<u>Azoto trattenuto (g)</u> Kg di accrescimento	26,50bc	25,73bc	28,32a	27,02b	26,80bc	0,6704
<u>Azoto aliminato (g)</u> Kg di accrescimento	27,11c	32,56c	45,59b	61,42a	57,56a	4,1797
<u>Azoto trattenuto</u> <u>Azoto inserito</u> %	49,45a	44,15b	38,49c	30,61d	31,84d	2,0866

Medie sulla stessa riga contrassegnate con lettere diverse sono statisticamente differenti (a, b:  $p < 0,05$ ).

Il contenuto di proteina della dieta A (33% sulla s.s.), pur soddisfacendo ai fabbisogni in aminoacidi essenziali delle trote durante la fase di accrescimento, non consentì di ottenere degli incrementi ponderali ottimali. Il tasso di accrescimento per la dieta A somministrata *ad libitum* risultò uguale a quello ottenuto con la dieta B con alimentazione razionata dove si ebbe però una maggiore ingestione di proteina alimentare per kg di accrescimento. Nella presente ricerca, in accordo con i risultati riportati da Steffens (1989), all'aumentare della proteina e dell'energia digeribile della dieta migliorarono il tasso di accrescimento specifico e l'indice di conversione alimentare. Per quanto attiene l'effetto del livello nutritivo, la somministrazione delle diete A e B ad un regime razionato (70% dell'*ad libitum*) migliorò l'efficienza di utilizzazione alimentare e proteica, determinò una riduzione dell'accrescimento specifico senza esercitare alcun effetto sulla digeribilità di sostanza secca, proteina ed energia delle diete, come rilevato anche da Jobling (1994), Storebakken *et al.* (1991) e Talbot (1994). Questi risultati sono in linea con gli andamenti evidenziati in altri studi sull'accrescimento e ingestione degli alimenti nei pesci.

**Tab. 6 . Effetto del contenuto proteico della dieta e del livello nutritivo sul fosforo ingerito, trattenuto ed eliminato nella trota iridea (g/kg di accrescimento).**

	Trattamenti					D.S.E. (10g.l.)
	A2 70% <i>ad lib.</i>	A1 <i>ad libitum</i>	B2 70% <i>ad lib.</i>	B1 <i>ad libitum</i>	B1-A1 <i>ad libitum</i>	
<u>Azoto inserito (g)</u> Kg di accrescimento	11,47C	12,48C	13,71B	16,39a	16,17°	0,7297
<u>Azoto trattenuto (g)</u> Kg di accrescimento	4,23a	3,488b	4,08a	3,64ab	3,76ab	0,3582
<u>Azoto aliminato (g)</u> Kg di accrescimento	7,25C	9,01B	9,62B	12,75A	12,41A	0,8227
<u>Azoto trattenuto</u> <u>Azoto inserito</u> %	36,86A	27,85B	29,85B	22,22C	23,35C	3,1256

Medie sulla stessa riga contrassegnate con lettere diverse sono statisticamente differenti (a, b:  $P < 0,05$ ; A, B:  $P < 0,01$ )

La somministrazione delle due diete ad un regime pari al 70% della sazietà comportò per entrambe le tesi una riduzione dell'accrescimento.

La sostituzione della dieta B con la dieta A durante la prova non comportò una riduzione apprezzabile dell'accrescimento totale e della conversione alimentare e proteica. Questo risultato viene in parte spiegato dalla maggiore quantità di mangime consumato con la tesi B1-A1 nella seconda metà della prova (4,99 g/pesce /giorno nella seconda parte rispetto ai 3,92 g/pesce/giorno della tesi A1 sempre nello stesso periodo) (dati non riportati). Analogamente Kiessling *et al.* (1989) rilevarono un aumento o

una diminuzione dell'accrescimento quando veniva modificato (aumentato o diminuito) il livello di somministrazione durante la prova sperimentale. La composizione corporea finale dei pesci venne influenzata in maniera significativa dalle due diete (caratterizzate da diversi rapporti energia/proteina) e dai due diversi livelli di razionamento. La deposizione di grasso, rilevata nella presente ricerca, è risultata leggermente più elevata di quella riportata da Edwards *et al.* (1977) e da Austreng *et al.* (1977) per pesci di peso simile e venne influenzata in modo più accentuato dalla diversa ingestione di energia (dovuta al livello di razionamento) che dal livello di proteina della dieta. A tal proposito, Huisman (1976) rilevò in trote iridee una maggiore deposizione di grasso corporeo per valori crescenti di energia della dieta mentre il contenuto in proteine e ceneri rimase costante. Huisman (1976), Storebakken e Austreng (1987) e Grayton e Beamish (1977) ottennero un aumento della sostanza secca e dei lipidi delle carcasse con livelli di razionamento crescenti mentre Kiessling *et al.* (1989), Storebakken *et al.* (1991) al contrario, non rilevarono alcun effetto significativo sui lipidi corporei al variare del livello nutritivo. La sostituzione, durante la prova, della dieta B, a maggiore titolo proteico, con la dieta A, con un minore contenuto di proteina grezza, non modificò la composizione corporea dei pesci rispetto alla tesi B<sub>1</sub>. Kiessling *et al.* (1989, 1991) confrontando, su trote di 80 g, due livelli di somministrazione [tesi 1: *ad libitum* e tesi 2: *ad libitum* nella prima parte della prova di accrescimento e razionato (pari al 50% dell'*ad libitum*) nella seconda] evidenziarono una diminuzione del contenuto del grasso dorsale, viscerale e del tenore in lipidi del muscolo bianco (punti di rapido deposito del grasso) ma non del contenuto in proteina grezza della carcassa. I risultati ottenuti con la tesi B<sub>1</sub>, in cui si rilevò una riduzione del contenuto lipidico e un aumento del tenore proteico corporeo rispetto alle tesi B<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub>, indicano un'influenza più marcata del livello nutritivo sulla composizione corporea rispetto al trattamento alimentare il cui effetto è in parte modificato dal livello di ingestione dell'alimento. La capacità da parte dei pesci di diminuire il tenore lipidico della carcassa in relazione ad una ridotta ingestione di alimento sembra sia dovuto a un rapido adattamento, in tali condizioni, del loro metabolismo energetico (Kiessling *et al.*, 1990).

L'efficienza di ritenzione proteica (RP) risultò più alta con la dieta con un basso tenore in proteina grezza come rilevato anche da Cho *et al.* (1976), Reinitz *et al.* (1978) e Kim *et al.* (1991), e diminuì, per entrambe le diete, all'aumentare del livello di ingestione come rilevato da Nijkamp *et al.* (1974) su carpe e da Cho *et al.* (1976) su trote. Lanari *et al.* (1993), in una precedente ricerca, non evidenziarono alcun effetto del tenore proteico delle diete (36 *vs* 39 *vs* 43% s.s.) e del livello di ingestione (0,9 *vs* 1,1% p.v.) sull'indice di ritenzione proteica. La ritenzione lipidica ed energetica della razione migliorarono con la dieta con il tenore proteico più alto ma non all'aumentare del livello di razionamento.

I valori dell'escrezione dell'ammoniaca e degli ortofosfati risultarono più alti rispettivamente del 59 e 56% con la dieta con un contenuto di proteina pari al 54% e di fosforo pari a 1,5% s.s. rispetto a quelli rilevati con il mangime caratterizzato da un più basso titolo proteico e fosforico (rispettivamente pari al 33 e 1,12% s.s.). Un andamento analogo venne anche osservato per i dati di escrezione corretti per i risultati della prova di accrescimento (+56% di azoto rilasciato per kg di accrescimento e +27% di fosforo rilasciato per kg di accrescimento con la tesi B rispetto alla tesi A). Richly (1980), su trote di 100 g, rilevò, confrontando due diete con un tenore di proteina grezza pari rispettivamente al 32 e 74%, un aumento dell'escrezione ammoniacale del 50% con la dieta con un maggiore titolo proteico. Il regime alimentare utilizzato (*ad libitum vs* razionato) determinò una diversa concentrazione dell'azoto ammoniacale presente nelle acque reflue con un aumento, con le diete A e B somministrate con un regime *ad libitum* rispetto a quello razionato, pari rispettivamente al 31 e 17%. Analogamente, Beamish e Thomas (1984) osservarono un aumento del 37% dell'azoto totale aumentando la somministrazione della dieta dallo 0,5% all'1% p.v.

## Conclusioni

La sostituzione, durante la prova di accrescimento, di una dieta con un alto titolo proteico con una dieta a più basso titolo proteico pur non modificando le performance e la composizione corporea dei pesci non sembra conveniente in termini di riduzione dell'impatto ambientale delle trosculture in quanto non risulta diminuita la quantità di azoto e fosforo rilasciati nell'ambiente per kg di accrescimento. L'impiego di diete a basso titolo proteico nell'ultima fase di accrescimento comporta, inoltre, un maggiore

consumo di mangime da parte dei pesci con un peggioramento dell'indice di conversione. Una certa riduzione nell'escrezione dei pesci di azoto e fosforo può essere ottenuta utilizzando delle diete con tenore proteico mediano con un regime alimentare razionato (70% dell'*ad libitum*) che seppure peggiorando leggermente il tasso di accrescimento specifico migliora l'efficienza di ritenzione della proteina e dell'energia.

### Bibliografia

- A.O.A.C. (1980). *Official Methods of Analysis of A.O.A.C.*, 13th Edition, (W. Hoerwitz, ed.) Association of Analytical Chemists Inc., Washington, D.C. .
- A.P.H.A. (1980). *Standard Methods for the Examination of Water and Freshwater*, 15th edition, American Public Health Association, Washington, D.C.
- AUSTRENG E., RISA S., EDWARDS D.I. & HIVDSTEN H. (1977). Carbohydrate in rainbow trout diets. II - Influence of carbohydrate levels on product quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* II: 39-50.
- BEAMISH F.W.H. & MEDLAND T.E. (1986). Protein sparing effects in large rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture* 55: 35-42.
- BEAMISH F.W.H. & THOMAS E. (1984). Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture* 41: 359-371.
- CHO C.Y. & KAUSHIK S.I. (1985). Effects of protein intake on metabolism and net energy values of fish diets. In: *Nutrition and Feeding in Fish*, (C.B. Cowey, A.M. Mackie & I.G. Bell, eds.), Academic Press, London, pp. 95-117.
- CHO C.Y., SLINGER S.I. & BAYLEY H.S. (1976). Influence of level and type of dietary protein and level of feeding on feed utilization by rainbow trout. *J. Nutr.* 106: 1547-1556.
- CHO C.Y., SLINGER S.I. & BAYLEY H.S. (1982). Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73: 25-41.
- CHO C.Y. & WOODWARD B. (1989). Studies on the protein to energy ratio in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). In: *Proceedings of the 11th Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals. Lunteren, Netherlands, 18-24 September 1988*, PUDOC, Wageningen, pp. 37-40.
- COWEY C.B. & LUQUET P. (1983). Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. In: *IVth International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition*, (M. AmaI, R. Pion & D. Bonin, eds.), INRA, Paris, pp. 356-384.
- EDWARDS D.J., AUSTRENG E., RISA S. & GJEDREM T. (1977). Carbohydrate in rainbow trout diets. I - Growth of fish of different families fed diets containing different proportions of carbohydrates. *Aquaculture* II: 31-38.
- GOLTERMAN H.L., CLYMO R.S. & OHNSTAD M.A.M. (1978). *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*, 2nd Edition. IBP Handbook n.8, Oxford, Blackwell.
- GRAYTON B.D. & BEAMISH F. W.H. (1977). Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 11: 159-172.
- HUISMAN E.A. (1976). Food conversion efficiencies at maintenance and production levels for carp, *Cyprinus carpio* L., and rainbow trout, *Salmo gairdneri* R. *Aquaculture* 9: 259-273.
- JOBLING M. (1981). The influence of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. *J. Fish Biol.* 18: 385-400.
- JOBLING M. (1994). *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London.
- JOHNSEN F., HILLESTAD M. & AUSTRENG E. (1993). High energy diets for Atlantic salmon. Effects on pollution. In: *Fish Nutrition in Practice. IVth International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. Biarritz, 24-27 June 1991*, INRA, Paris, pp. 391-401.
- KIESSLING A., ASGARD T., STOREBAKKEN T., JOHANSSON L. & KIESSLING K.H. (1991). Changes in the structure and function of the epaxial of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. III - Chemical composition. *Aquaculture* 93: 373-387.



- KIESSLING A., JOHANSSON L. & KIESSLING K.H. (1990). Effects of starvation on rainbow trout muscle. I - Histochemistry, metabolism and composition in white and red muscle in mature and immature fish. *Acta Agric. Scand.* 40: 309-324.
- KIESSLING A., STOREBAKKEN T., ASGARD T., ANDERSSON I.L. & KIESSLING K.H. (1989). Physiological changes in muscle of rainbow trout fed different ration levels. *Aquaculture* 79: 293-301.
- KIM K.I., KAYES T.B. & AMUNDSON C.H. (1991). Purified diet development and re-evaluation of dietary protein requirement of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 96: 57-67.
- KITAMIKADO M., MORISHITA T. & TACHIMO S. (1964). Digestibility of dietary protein in rainbow trout. I-Digestibility of several proteins. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 30: 46-49.
- LANARI D., D'AGARO E. & BALLESTRAZZI R. (1993). Effetto del livello proteico *ip* mangimi iperenergetici sulle prestazioni produttive, utilizzazione digestiva e caratteristiche delle acque reflue della trota iride a (*Oncorhynchus mykiss*). *Riv. Ital. Acquacolt.* 28: 127-141.
- LEE D.I. & PUTNAM G.B. (1973). The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nut1:* 103: 916-922.
- NIJKAMP H.I., VAN ES A.I. H. & HUISMAN E.A. (1974). Retention of nitrogen, fat, ash, carbon and energy in growing chickens and carp. *EU1: Assoc. Anim. Prod.* 14: 277-280.
- REINITZ G.L., ORME L.E., LEMM C.A. & HITZEL F.N. (1978). Influence of varying lipid concentrations with two protein concentrations in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 107 (5): 751-754.
- RYCHLY T. (1980). Nitrogen balance in trout. II - Nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels. *Aquaculture* 20: 343-350.
- SNEDECOR G. W. & COCHRAN W.G. (1982). *Statistical Methods*. The Iowa State University Press, Iowa, USA.
- STEFFENS W. (1989). *Principles or Fish Nutri- tion*. Ellis Horwood Press, Chichester, UK.
- STOREBAKKEN T. & AUSTRENG E. (1987). Ration level far salmonids. II - Growth, feed intake, protein digestibility, body composition and feed conversion in 1 rainbow trout weighing 0.5-1.0 kg. ; *Aquaculture* 60: 207-221. ;
- STOREBAKKEN T., HUNG S.S. O., CALVERT C.C. & PLISETSKAYA E.M. (1991). Nutrient partitioning in rainbow trout at different feeding rates. *Aquaculture* 96: 191-203.
- TACON A.G.T. & COWEY C.B. (1985). Protein and amino acid requirements. In: *Fish , Energetics - New Perspectives*, (P. Tyler ; & P. Calow, eds.), Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 1-24.
- TALBOT C. (1994). Feeding regimes far salmonids. In: *Nutrition and Feeding in Aquaculture*, Sea farm, Barcelona, Spain.
- WILLIAMS C.H., DAVID D.I. & IISMAA O. (1962). The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59: 381-385.