

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ
ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΓΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΣΤΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ *Sparus aurata***

WYRYCH W. JOANNA

Συμβουλευτική Επιτροπή:

Παπουτσόγλου Σ. Ε. Καθηγητής

Καρακατσούλη Ν. Επ. Καθηγήτρια

Παπαδομιχελάκης Γ. Λέκτορας

Αθήνα, Ιούλιος 2010

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ
ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΓΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΣΤΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ *Sparus aurata***

WYRYCH W. JOANNA

Εξεταστική Επιτροπή:

Καρακατσούλη Ν. Επ. Καθηγήτρια

Μήλιου Ε. Επ. Καθηγήτρια

Μουντζούρης Κ. Λέκτορας

Παπουτσόγλου Σ. Ε. Καθηγητής

Παπαδομιχελάκης Γ. Λέκτορας

Αθήνα, Ιούλιος 2010

**Στον σύζυγό μου
Αντώνη**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εφηρμοσμένης Υδροβιολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την άμεση επίβλεψη του Καθηγητή κ. Σωφρόνιου Παπουτσόγλου, στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών 'Εκτροφή Υδρόβιων Οργανισμών' του Τμήματος Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών.

Η εργασία αυτή θα ήταν αδύνατο να ολοκληρωθεί αν δεν είχαν συμβάλει άνθρωποι τους οποίους θα ήθελα θερμά να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον Καθηγητή κ. Σωφρόνιο Παπουτσόγλου τόσο για το υπέροχο πρόγραμμα σπουδών, το αμέριστο ενδιαφέρον και την πολύτιμη καθοδήγησή του, όσο για τη μεγάλη στήριξη και κατανόηση του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Ναυσικά Καρακατσούλη για την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθειά της κατά την πειραματική διαδικασία, καθώς και τη διεξαγωγή της μελέτης.

Ευχαριστώ το Λέκτορα κ. Ευστράτιο Παπουτσόγλου για την βοήθειά του κατά την εκτέλεση των εργαστηριακών αναλύσεων, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω την Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Ελεάνα Μήλιου, το Λέκτορα κ. Γεώργιο Παπαδομιχλάκη και το Λέκτορα κ. Κωνσταντίνο Μουντζούρη, μέλη της συμβουλευτικής και εξεταστικής επιτροπής, για τις χρήσιμες παρατηρήσεις και επισημάνσεις τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στο προσωπικό του εργαστηρίου, τον κ. Ξενοφώντα Βρεττό και τον κ. Γεώργιο Κωνσταντίνου, καθώς και σε όλους τους συμφοιτητές μου, για την άριστη συνεργασία και τη δημιουργία ευχάριστου κλίματος όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Ευχαριστώ ιδιαίτερω τη φίλη και συμφοιτήτρια Χριστίνα Λουκά για τη βοήθεια και συμπαράσταση που μου προσέφερε, τόσο στις καλές, όσο και στις δύσκολες στιγμές που υπήρξαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Θα ήταν παράλειψη να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους φίλους και συναδέλφους, Γεωπόνους- Ιχθυολόγους και Βιολόγους-Ιχθυολόγους, την Ελπίδα Μπεκιάρη, τον Δημήτρη Κωστανίκο και τον Τριαντάφυλλο Κουντούρη για τη βοήθειά τους στην καλύτερη απόδοση μέρους της παρούσας εργασίας στη Νέα Ελληνική.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω με όλη μου την καρδιά τους γονείς μου Irena και Włodzimierz, τα πολυαγαπημένα παιδιά μου Ειρήνη και Κυριάκο και πάνω από όλα τον σύζυγό μου Αντώνη για την αγάπη, την στήριξη και την ηθική συμπαράστασή τους στην προσπάθειά μου.

Τέλος, θα ήθελα να ζητήσω συγγνώμη από τα παιδιά μου που δεν με είχαν τόσο πολύ κοντά τους αυτή την περίοδο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A/A	Τίτλος	Σελίδα
A.	Περίληψη	1
B.	Abstract	2
Γ.	Θεωρητικό Μέρος	3
1.	Περί υδατοκαλλιεργειών	3
1.1	Ιστορική αναδρομή	3
1.2	Κύρια χαρακτηριστικά του κλάδου υδατοκαλλιεργειών	4
1.3	Υφιστάμενη κατάσταση υδατοκαλλιεργειών	7
1.3.1	Σε παγκόσμια κλίμακα	7
1.3.2	Σε ευρωπαϊκή κλίμακα	8
1.3.3	Υδατοκαλλιέργειες ‘εναντίον’ αλιευτικής δραστηριότητας	9
1.4	Σημασία και προοπτικές	11
2.	Στοιχεία βιολογίας και εκτροφή της τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i>)	14
2.1	Συστηματική κατάταξη - Μορφολογία	14
2.2	Περιβάλλον διαβίωσης	15
2.3	Διατροφή	17
2.4	Αναπαραγωγή	17
2.5	Στοιχεία εκτροφής και οικονομικά μεγέθη	18
3.	Διαχείριση διατροφής	25
3.1	Σπουδαιότητα της διαχείρισης της διατροφής	25
3.1.1	Οικονομική προσέγγιση	26
3.1.2	Περιβαλλοντική προσέγγιση	28
3.1.3	Προσέγγιση από την πλευρά της ευζωίας των ιχθύων	30
3.1.4	Ανταγωνιστική συμπεριφορά / ανομοιόμορφη ανάπτυξη στους εκτρεφόμενους ιχθυοπληθυσμούς	31
3.1.5	Ποιότητα παραγόμενων ιχθύων	32

A/A	Τίτλος	Σελίδα
3.2	Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση της διατροφής	34
3.2.1	Χορήγηση τροφής	35
3.2.2	Θρεπτικό και ενεργειακό περιεχόμενο τροφής	37
3.2.3	Ημερήσιοι και εποχιακοί ρυθμοί διατροφής	39
3.2.4	Σύστημα παραγωγής	41
3.2.5	Τρόποι χορήγησης τροφής	43
3.3	Συχνότητα γευμάτων	44
3.3.1	Βέλτιστη συχνότητα γευμάτων σε διάφορα είδη ιχθύων	44
3.3.2	Συχνότητα γευμάτων και ανάπτυξη / φυσιολογία των ιχθύων	45
Δ.	Πειραματικό μέρος	52
1.	Σκοπός του πειράματος	52
2.	Υλικά και μέθοδοι	54
2.1	Πειραματικός σχεδιασμός	54
2.2	Πειραματικές εγκαταστάσεις	55
2.3	Καθημερινοί χειρισμοί	55
2.3.1	Η χορήγηση της τροφής	56
2.3.2	Καταγραφή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού	58
2.3.3	Ρυθμίσεις –Καθαρισμοί	59
2.3.4	Ζύγισμα των ιχθυοπληθυσμών	60
2.4	Μετρήσεις - Αναλύσεις	60
2.4.1	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής	60
2.4.2	Δείκτες ανάπτυξης των ιχθύων και εκμετάλλευση της χορηγούμενης τροφής	62
2.4.3	Βιοχημικά χαρακτηριστικά των ιχθυοπληθυσμών	65
2.4.4	Ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών και καρβοϋδρασών	67

A/A	Τίτλος	Σελίδα
2.4.5	Στατιστική ανάλυση	67
E.	Αποτελέσματα	68
1.	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού	68
2.	Στοιχεία ανάπτυξης των ιχθύων	69
2.1	Βάρος σώματος	69
2.2	Εκατοστιαία αύξηση ζώντος βάρους και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης	69
3.	Παραλλακτικότητα και συχνότητα των βαρών	71
4.	Δείκτες αξιοποίησης της τροφής και των συστατικών της	72
4.1	Συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής	72
4.2	Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής	73
5.	Βιομετρικά χαρακτηριστικά	75
6.	Χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων	76
7.	Πεπτικό σύστημα	77
7.1	Βιομετρικά χαρακτηριστικά του πεπτικού συστήματος	77
7.2	Ενζυμική δραστηριότητα των καρβοϋδρασών σε διάφορα τμήματα του πεπτικού σωλήνα	78
7.3	Ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών σε διάφορα τμήματα του πεπτικού σωλήνα	79
7.3.1	Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών του πεπτικού σωλήνα	79
7.3.2	Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών ανά ιστό και pH	80
7.3.3	Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των πρωτεασών στο σύνολο του έντερο και των πυλωρικών τυφλών	82
7.4	Πεπτική ικανότητα ιστών ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας	83
ΣΤ.	Σχολιασμός αποτελεσμάτων-συζήτηση	84
Z.	Συμπεράσματα	102
H.	Βιβλιογραφία	103

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΓΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ *Sparus aurata*

WYPYCH W. JOANNA

Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης
Υδροβιολογίας, Ιερά Οδός 75, Αθήνα, 118 55, email: sof@aua.gr

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης της συχνότητας των γευμάτων στην ανάπτυξη και φυσιολογία των αναπτυσσόμενων ατόμων τσιπούρας, *Sparus aurata*, στα οποία χορηγείται περιορισμένη ποσότητα τροφής.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος διάρκειας 82 ημερών, εξετάστηκαν τέσσερις συχνότητες ημερήσιων γευμάτων με δυο επαναλήψεις για κάθε επέμβαση. Χρησιμοποιήθηκαν 8 ομοιογενείς ιχθυοπληθυσμοί των 10 ατόμων τσιπούρας αρχικού βάρους $101,1 \pm 0,95$ g. Η εκτροφή πραγματοποιήθηκε σε γυάλινες δεξαμενές, όγκου 88,5 l η κάθε μία, σε ημίκλειστο κύκλωμα θαλασσινού ύδατος. Η παροχή του θαλασσινού νερού (αλατότητα 35‰) ρυθμίστηκε σε 1,2 l/λεπτό, ώστε να επιτυγχάνεται ανανέωσή του κατά 0,8 φορές την ώρα. Η θερμοκρασία του ύδατος κυμαινόταν από 19,3 έως 24,9°C, ενώ το δεσμευμένο οξυγόνο διατηρήθηκε πάνω από 6 ppm. Η φωτοπερίοδος ήταν 9 ώρες φωτός και 15 σκότους, με ένταση φωτισμού 245 Lux.

Στην 1^η επέμβαση χορηγήθηκε ένα γεύμα (στις 9:00 η ώρα), στη 2^η δυο γεύματα (στις 9:00 και 11:30), στην 3^η τρία γεύματα (στις 9:00, 11:30 και 14:00) και στην 4^η τέσσερα γεύματα (στις 9:00, 11:30, 14:00 και 16:30) ημερησίως. Το αρχικό επίπεδο διατροφής 1% του ζώντος βάρους προσαρμόστηκε την 43^η ημέρα του πειράματος σε 2%. Το σιτηρέσιο ήταν διαχωρισμένο σε άνισα τμήματα για κάθε γεύμα με το μεγαλύτερο ποσοστό της ημερήσιας ποσότητας της τροφής (60-70%) να χορηγείται στο τελευταίο γεύμα, προκειμένου να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες των ιχθύων στο μεγαλύτερο διάστημα της ασιτίας (από τις 16:30 μέχρι τις 9:00 το άλλο πρωί). Οι ιχθύες σιτίζονταν με τροφή του εμπορίου (47% ολικές πρωτεΐνες, 20,2% ολικά λίπη, 6,7 % τέφρα, 6,8% υγρασία, 1,8% ολικές ινώδεις ουσίες) τις 5 ημέρες της εβδομάδας.

Στο τέλος του πειράματος δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο ρυθμό ανάπτυξης (τελικό βάρος, %WG, SGR), στους συντελεστές αξιοποίησης της τροφής και των συστατικών αυτής (FCR, PER, PPV, LER, LPV), στη χημική σύσταση του σώματος, στο περιπλαχνικό λίπος και στην παραλλακτικότητα του βάρους των ιχθύων. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μείωση του μήκους του εντέρου, λόγω της αύξησης της συχνότητας του ταΐσματος. Τέλος, καταγράφηκε αυξημένη ενζυμική δραστηριότητα των ολικών πρωτεασών στην περίπτωση της επέμβασης με τέσσερα γεύματα και μειωμένη στην περίπτωση των δυο ημερήσιων γευμάτων. Η ενεργότητα των ολικών καρβοϋδρασών δεν παρουσίασε διαφοροποιήσεις.

Συμπερασματικά, στις παρούσες πειραματικές συνθήκες η βέλτιστη συχνότητα γευμάτων σε αναπτυσσόμενα άτομα τσιπούρας αντιστοιχεί σε ένα γεύμα ανά ημέρα. Αν και η διαφορετική συχνότητα των γευμάτων δεν προκάλεσε κάποια διαφοροποίηση στους δείκτες ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής, εντούτοις τα αποτελέσματα της ενζυμικής δραστηριότητας των πρωτεολυτικών ενζύμων δεν αποκλείουν τη διαφοροποίηση των συντελεστών αυτών σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τέλος, καθορίζοντας τη βέλτιστη συχνότητα παροχής της τροφής πρέπει να εφαρμοστεί ένα ορθότερο διατροφικό πρωτόκολλο, στο οποίο θα οριστεί ο αριθμός των ημερήσιων γευμάτων, το χρονικό διάστημα μεταξύ αυτών καθώς και η ποσότητα του σιτηρεσίου ανά γεύμα.

Λέξεις κλειδιά: τσιπούρα, *Sparus aurata*, συχνότητα των γευμάτων, περιορισμένο επίπεδο διατροφής, πεπτικά ένζυμα

EFFECT OF FEEDING FREQUENCY ON GROWTH AND PHYSIOLOGY OF GILTHEAD SEA BREAM *Sparus aurata*

WYPYCH W. JOANNA

Department of Animal Science and Aquaculture, Laboratory of Applied Hydrobiology, Iera Odos 75, Athens, 118 55, email: sof@aua.gr

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effects of feeding frequency on growth, feed conversion, proximate body composition, body weight variation and activities of digestive enzymes in juvenile gilthead sea bream, *Sparus aurata*, reared under a restricted feeding regime.

In an 82-day trial, four feeding frequencies with two replicates per treatment were tested. Eight groups of 10 individuals per tank ($101,1 \pm 0,95$ g) were stocked into 88,5 l experimental aquaria, which were part of a larger recirculating system. The sea water (35‰) flow was adjusted to $1,2 \text{ l min}^{-1}$, allowing water renewal at the rate of 0,8 times h^{-1} . The water temperature varied from 19,3 to 24,9°C and dissolved oxygen levels were maintained above 6 ppm. The fish were exposed to a 9 L: 15 D photoperiod and artificial light intensity of 245 lux.

The fish were fed once (9:00), twice (9:00, 11:30), three times (9:00; 11:30; 14:00) and four times (9:00; 11:30; 14:00, 16:30) daily. The initial ration level of 1% (%BW day^{-1}) was increased to 2% on the 43rd experimental day and it was distributed into unequal-size meals, the last daily meal being the largest (60-70% of daily ration). A commercial diet of proximate composition of 47% protein, 20,2% fat, 6,7% ash, 6,8% moisture and 1,8% crude fiber was delivered, five days per week.

No significant differences were found on growth (final weight, %WG, SGR), feed conversion ratio (FCR), nutrients utilization and retention (PER, PPV, LER, LPV), carcass composition, visceral fat content or size variability. A decrease in relative intestine length was observed as a consequence of more frequent feedings. Finally, total proteolytic enzymes activity and capacity were the lowest in the treatment with two daily feedings and the highest with four meals per day, whereas total amylolytic enzymes activity and capacity were not affected by different feeding frequencies.

The results of this study demonstrate that the optimal feeding frequency for the juvenile gilthead sea bream was once per day. However, it is plausible that increased final weight, %WG, SGR and decreased FCR ($P > 0,05$) which were observed in treatment with four daily meals was due to elevated total protease activity. Moreover, these insignificant differences in growth and feed utilization indexes may become statistically significant if a long term feeding trial is performed.

Finally, further research is required in order to establish optimum feeding management strategy in accordance with the feeding rhythms of gilthead sea bream in order not only to improve growth and feed efficiency but also animal welfare, quality of final product and water quality. Nonetheless, a feeding frequency may positively “modulate” all above aspects, provided that factors such as: number of daily meals, intervals between feedings and meal size are simultaneously taken into consideration while designing feeding protocol.

Keywords: *gilthead sea bream, Sparus aurata, feeding frequency, restricted feeding, digestive enzymes*

Γ. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Περί υδατοκαλλιέργειών

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η πρακτική της εκτροφής και της καλλιέργειας υδρόβιων οργανισμών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, ευρέως διαδεδομένη υπό τον όρο Υδατοκαλλιέργειες (Aquaculture), είναι γνωστή στην ανθρωπότητα από την αρχαιότητα, όμως την μεγαλύτερη εξέλιξη γνώρισε κατά τη διάρκεια μόλις των τελευταίων τριών δεκαετιών (Παπουτσόγλου, 1997; Lucas, 2003α).

Οι πρώτες μορφές υδατοκαλλιέργειών τοποθετούνται από ερευνητές γύρω στο 4000 π.Χ. στις περιοχές της Νότιας Άπω Ανατολής (Κίνα, Ινδονησία, Βιετνάμ) με την εφαρμογή της εκτροφής του κοινού κυπρίνου *Cyprino carpio*. Περίπου το 2000 π.Χ. άρχισε να εμφανίζεται στην Αίγυπτο η εκτροφή της τιλάπιας *Tilapia nilotica* και την ίδια εποχή παρατηρείται η πρώτη προσπάθεια εκτροφής των στρειδιών σε παραλιακές περιοχές της Ιαπωνίας (Παπουτσόγλου, 1997).

Οι ιχθυοκαλλιέργειες στην Ευρώπη θεωρείται ότι ξεκίνησαν το Μεσαίωνα με την παγίδευση διάφορων ειδών ψαριών γλυκού νερού (τούρνα, μπρίανα και κέφαλος) στις φυσικές υδατοσυλλογές. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλιζόταν η αναπαραγωγή τους σε ελεγχόμενο χώρο καθώς και δυνατότητα κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο όταν ήταν επιθυμητό. Αργότερα, το 15^ο αιώνα μ.Χ. εισάγεται από την Κίνα ο κυπρίνος στην εκτροφή του οποίου άρχισαν να χρησιμοποιούνται βοηθητικές χωμάτινες υδατοσυλλογές. Το 16^ο αιώνα μ.Χ στον ευρωπαϊκό χώρο πραγματοποιούνται σημαντικές εξελίξεις στις μεθόδους εκτροφής, οι οποίες μας επιτρέπουν πλέον να μιλάμε για ελεγχόμενη εκτροφή με τις σημερινές σχεδόν προδιαγραφές. Πρώτον, ο άνθρωπος με την παροχή συστηματικής σίτισης στους εκτρεφόμενους οργανισμούς ελέγχει και περισσότερο την διαδικασία της εκτροφής τους. Δεύτερον, με την επίτευξη της τεχνητής γονιμοποίησης των ώριμων γεννητικά ατόμων (άγριας ευρωπαϊκής πέστροφας- *Salmo trutta fario*) σταδιακά εγκαταστάθηκαν τα πρώτα εκκολαπτήρια και στην συνέχεια δημιουργήθηκαν εκτατικές και ημιεντατικές μονάδες εκτροφής (Παπουτσόγλου, 1997).

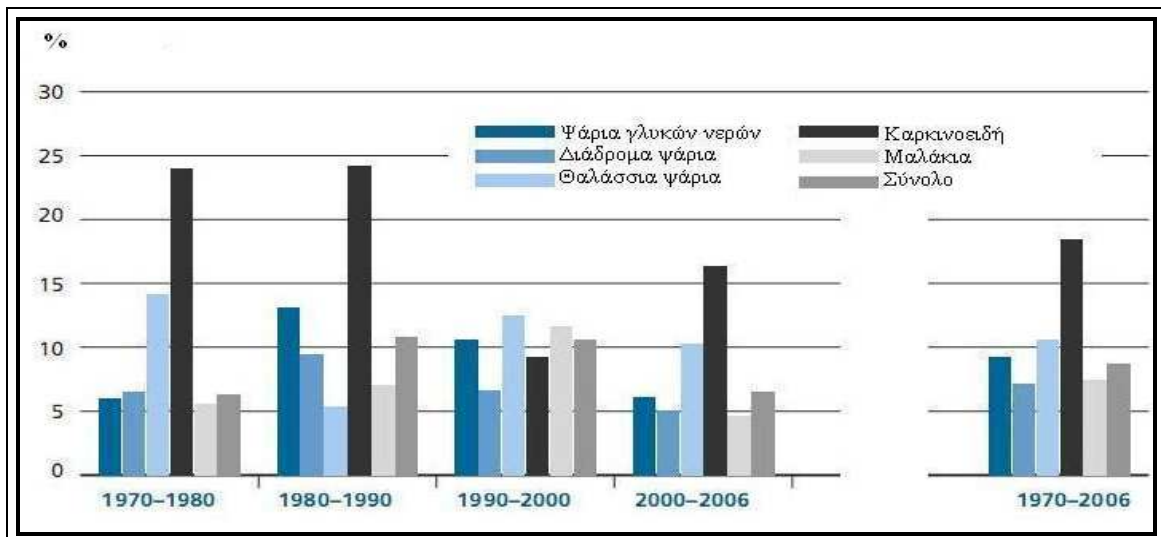
Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η ανάπτυξη των βιολογικών επιστημών καθώς και της τεχνολογίας, σε συνδυασμό με την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση σε προϊόντα υψηλής θρεπτικής αξίας, μετατρέπουν τις μονάδες υδατοκαλλιέργειας από οικιακές και μικρομεσαίες επιχειρήσεις, σε επιχειρήσεις συσσώρευσης κεφαλαίου πολλές φορές ακόμα και πολυεθνικού χαρακτήρα. Μιλώντας για ολόκληρο τον κλάδο μπορούμε να επισημάνουμε ότι ο αρχικός βιοτεχνικός και μικρομεσαίος χαρακτήρας του έχει πλέον μετεξελιχθεί σε μια ολοκληρωμένη βιομηχανία αιχμής με τους επιμέρους τομείς (εκτροφή και αναπαραγωγή, διατροφή, μεταποίηση και εμπορική διάθεση) να διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του (Κουσουρής κ.α., 1995).

1.2 Κύρια χαρακτηριστικά του κλάδου υδατοκαλλιέργειών

Παγκοσμίως, η εκτροφή και η καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών είναι ένας κλάδος που χαρακτηρίζεται από εντυπωσιακούς ρυθμούς ανάπτυξης αλλά και μεγάλη διαφοροποίηση.

Οι σύγχρονες υδατοκαλλιέργειες είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της πρωτογενούς παραγωγής, με ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης από το 1970 έως το 2004 της τάξης 8,8% ή με 6,5%, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η Κίνα. Συγκριτικά για το ίδιο χρονικό διάστημα, η εκτροφή αγροτικών ζώων και η αλιεία παρουσίασαν αρκετά χαμηλούς ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης, 2,8% και μόλις 1,2% αντίστοιχα. Η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής των κύριων ομάδων εκτρεφόμενων οργανισμών συνεχίστηκε μέχρι πρόσφατα. Ο ρυθμός όμως σήμερα δεν είναι τόσο ραγδαίος όσο στις δεκαετίες '80 και '90. Σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα του FAO, ο ρυθμός αυτός μειώθηκε στο επίπεδο 6,9% για το έτος 2006 (FAO, 2008α) ή 6,3% για την τετραετία 2000-2004 (FAO, 2006α).

Η περίοδος 2000-2006 χαρακτηρίζεται από αυξημένο ρυθμό παραγωγής καρκινοειδών και θαλάσσιων ειδών ψαριών. Για τις υπόλοιπες κατηγορίες υδρόβιων οργανισμών (μαλάκια, διάδρομα ψάρια, ψάρια γλυκών νερών) οι ρυθμοί παραγωγής παραμένουν ακόμα πολύ ισχυροί αλλά δεν μπορούν να συγκριθούν με τους αντίστοιχους ρυθμούς των τελευταίων δυο δεκαετιών (Διάγραμμα Γ.1.2.1). Αν και ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης μπορεί να συνεχιστεί για μερικές περιοχές του κόσμου, προβλέπεται ότι ο κλάδος των υδατοκαλλιέργειών δεν θα αναπτύσσεται πλέον τόσο ραγδαία όπως μέχρι σήμερα (FAO, 2008α).



Διάγραμμα Γ.1.2.1 Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της παραγωγής για τις κυρίες ομάδες των εκτρεφόμενων οργανισμών (FAO, 2008α)

Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στον κλάδο μπορούμε να επισημάνουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. τον μεγάλο αριθμό των εκτρεφόμενων ειδών
2. την μεγάλη ποικιλία περιβάλλοντος διαβίωσης των υδρόβιων οργανισμών
3. το μεγάλο εύρος των συστημάτων παραγωγής που εφαρμόζονται
4. μια σειρά οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων που επιδρούν παράλληλα σε τοπικό, περιφερειακό, κρατικό, διακρατικό και παγκόσμιο επίπεδο (Appleford *et al.*, 2003; Lucas, 2003α)

Το έτος 2000 είχαν καταγραφεί περίπου 300 είδη εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών, που ανήκαν σε 112 οικογένειες. Αυτά τα είδη είναι προσαρμοσμένα σε διαφοροποιημένους τύπους υδατινού περιβάλλοντος: 71 είδη διαβιώνουν σε θαλάσσιο περιβάλλον (ήτοι σε ποσοστό 24%), 82 είδη σε γλυκά νερά (ήτοι σε ποσοστό 28%) και 144 είδη σε διάφορα είδη υφάλμυρων νερών (που αναλογεί σε ποσοστό 48%). Τα υδρόβια αυτά είδη εκτρέφονται στις υδατοκαλλιέργειες σε διάφορα επίπεδα εντατικοποίησης (FAO, 2002).

Ο κατάλογος των εκτρεφόμενων οργανισμών εμπλουτίζεται συνεχώς με νέα είδη. Θεωρητικά υπάρχει δυνατότητα εκτροφής σχεδόν κάθε είδους υδρόβιου οργανισμού. Ωστόσο αυτές οι προσπάθειες θα ήταν δικαιολογημένες μόνο αν έπαιζαν ένα σοβαρό ρόλο στη γενική ανάπτυξη, όχι μόνο στην εμπορική αλλά και την ευρύτερη κοινωνική και περιβαλλοντική, ανεξαρτήτως αν αυτή εστιάζεται σε περιορισμένη ή σε διεθνή κλίμακα. Παρόλο που στην παρούσα φάση η λίστα των εκτρεφόμενων ειδών παγκοσμίως είναι εξαιρετικά διευρυμένη, οι σύγχρονες υδατοκαλλιέργειες παράγουν περιορισμένο και συγκεκριμένο αριθμό ειδών (Pillay and Kutty, 2005).

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του FAO, το 2000 υπήρχαν 10 είδη των οποίων η παράγωγή ανά είδος πέρασε το ένα εκατομμύριο τόνους. Η συνολική παραγωγή των παραπάνω δέκα αυτών ειδών ήταν το 53,3% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής υδατοκαλλιεργειών (FAO, 2002). Το 2006, δηλαδή μετά από έξι χρόνια, καταγράφονται αυτή την φορά 16 είδη με παραγωγή πάνω από ένα εκατομμύριο τόνους ανά είδος, τα οποία αποτελούν το 62,7% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής (Πίνακας Γ.1.2.1) (FAO, 2008β).

Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι η κύρια στρατηγική του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών είναι η αύξηση της παραγωγής διαμέσου της εντατικοποίησης της εκτροφής/καλλιέργειας ορισμένου όμως αριθμού υδρόβιων οργανισμών προκειμένου να προαχθεί η βιωσιμότητα του κλάδου.

Πίνακας Γ.1.2.1 Τα είδη των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών με παγκόσμια παράγωγη μεγαλύτερη από 1 εκατομμύριο τόνους ανά έτος (FAO, 2002; 2008β)

Λατινική ονομασία	Ομάδα	Διεθνής ονομασία	2000	2006
			εκατομμύρια τόνοι	
<i>Laminaria japonica</i>	φαιοφύκη	Japanese kelp	4,1	4,9
<i>Crassostrea gigas</i>	δίθυρα μαλάκια	Pacific cupped oyster	3,9	4,6
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Silver carp	3,4	4,4
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Grass carp	3,4	4,0
<i>Cyprinus carpio</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Common carp	2,7	3,2
<i>Ruditapes philippinarum</i>	δίθυρα μαλάκια	Japanese carpet shell	1,7	3,1
<i>Udaria pinnatifida</i>	φαιοφύκη	Wakame	<1 (0,3)	2,4
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Bighead carp	1,6	2,4
<i>Penaeus vannamei</i>	θαλάσσια γαρίδα	White (leg) shrimp	<1 (0,1)	2,1
<i>Carrasius carassius</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Crucian carp	1,4	2,1
<i>Oreochromis niloticus</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Nile tilapia	1,0	2,0
<i>Pophya tener</i>	ροδοφύκη	Nori	<1 (0,9)	1,5
<i>Patinopecten yessoensis</i>	δίθυρα μαλάκια	Yesso scallop	1,1	1,3
<i>Labeo rohita</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Roho labeo	<1 (0,7)	1,3
<i>Catla catla</i>	ιχθύς (γλυκού νερού)	Catla	<1 (0,6)	1,3
<i>Salmo salar</i>	ιχθύς (θαλάσσιου/ γλυκού νερού)	Atlantic salmon	<1 (0,9)	1,3
Αριθμός ειδών >1 εκ. τόνοι			10	16
Σύνολο παραγωγής των ειδών >1 εκ.τόνοι			24,3	41,9
Ποσοστό στην παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιεργειών			53,3%	62,7%

1.3 Υφισταμένη κατάσταση υδατοκαλλιεργειών

1.3.1 Σε παγκόσμια κλίμακα

Το 2006 η παγκόσμια παραγωγή όλων των υδρόβιων οργανισμών, ζωικής και φυτικής προέλευσης, έφτασε στον εντυπωσιακό αριθμό των 66,8 εκατομμύρια τόνων συνολικής αξίας 85,9 δισεκατομμύρια US\$ (Πίνακας Γ.1.3.1.1) (FAO, 2008α).

Η εκτροφή των ζωικών υδρόβιων οργανισμών κατά το 1980 ήταν περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι, το 1990 ξεπέρασε τα 13,1 εκατομμύρια τόνοι, το 2000 προσέγγισε τα 35,5 ενώ το 2006 έφτασε τα 51,7 με συνολική αξία 78,8 δισεκατομμύρια US \$. Αυτή η ταχεία ανάπτυξη, κατά 30% μέσα σε μόλις έξι χρόνια, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εντυπωσιακή ανάπτυξη που επιτεύχθηκε στην Ασία και στη Νότια Αμερική (FAO, 1998; 2006α; 2008α).

Η καλλιέργεια των φυτικών υδρόβιων οργανισμών έφτασε τους 15,1 εκατομμύρια τόνους που αναλογεί σε ποσό 7,2 δισεκατομμυρίων US\$. Το ποσοστό αυτό αποτελεί το 93% του συνόλου όλων των εκμεταλλευόμενων από τον άνθρωπο φυτικών υδρόβιων οργανισμών που προσεγγίζει τους 16,2 εκατομμύρια τόνους (FAO, 2006α; 2008α).

Πίνακας Γ.1.3.1.1 Παγκόσμια εκτροφή και καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών (FAO, 1998; 2006α; 2008α)

	1980	1990	1995	2000	2004	2006
	Εκατομμύρια τόνοι					
	ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ					
ΖΩΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	4.6	13.1	24.3	35.5	45.9	51.7
ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	2.6	3.7	6.8	10.1	12.6	15.1
ΣΥΝΟΛΟ	7.2	16.8	31.1	45.6	58.5	66.8

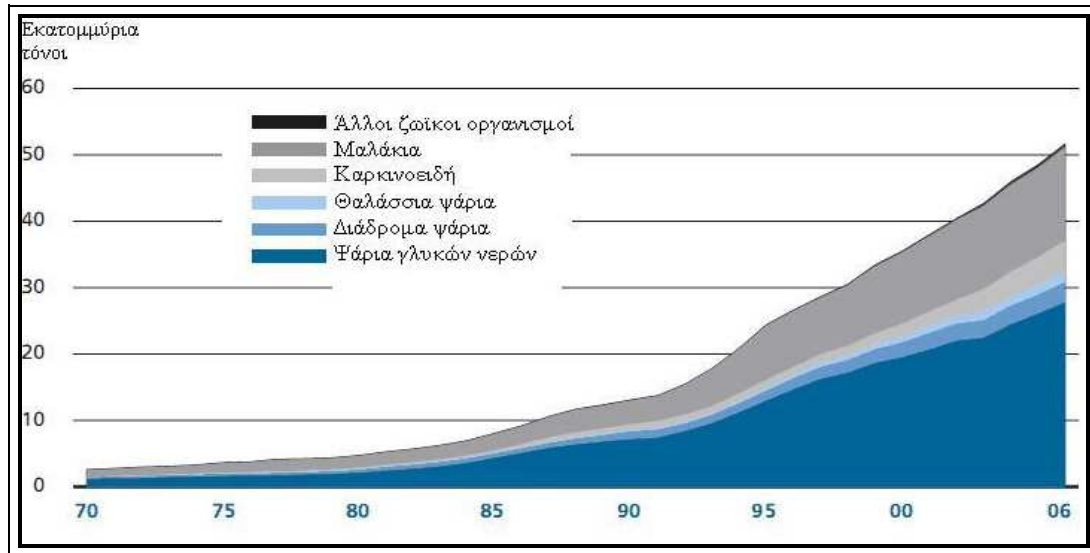
Συνήθως τα στατιστικά δεδομένα παρουσιάζονται χωρίς να περιέχουν την παραγωγή υδρόβιων φυτικών οργανισμών. Οι αιτίες είναι οι εξής:

1. η ποσότητα φυτικών οργανισμών που προέρχεται από την αλιευτική δραστηριότητα είναι μόλις το 1% του συνόλου της αλιευτικής παραγωγής. Αντίθετως, τα φυτικά προϊόντα υδατοκαλλιέργειας αποτελούν το 22,6% της συνολικής παραγωγής όλων των υδρόβιων οργανισμών
2. ολόκληρη η παραγωγή και το μεγαλύτερο μέρος κατανάλωσης φυτικών οργανισμών αφορά συνήθως τις ασιατικές χώρες όπως η Κίνα, οι Φιλιππίνες, η Ινδονησία, η Κορέα, και η Ιαπωνία (FAO, 2008α)

Σε παγκόσμια κλίμακα οι υδατοκαλλιέργειες γλυκών νερών προηγούνται έναντι αυτών των αλμυρών και υφάλμυρων νερών. Το 2006 το 58% όλων των εκτρεφόμενων

οργανισμών προέρχεται από το γλυκό νερό, το 34% από το θαλάσσιο περιβάλλον, ενώ το 8% από υφάλμυρα νερά (FAO, 2008α).

Σε ότι αφορά τις κύριες ομάδες των εκτρεφόμενων οργανισμών τα ψάρια γλυκού νερού αποτελούσαν περισσότερο από το μισό της παγκόσμιας παραγωγής. Η εκτροφή των μαλακίων και των καρκινοειδών ήταν στο επίπεδο του 27% και 9%, αντίστοιχα, της συνολικής παραγωγής (Διάγραμμα Γ.1.3.1.1) (FAO, 2008α).



Διάγραμμα Γ.1.3.1.1 Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών των κύριων ομάδων υδρόβιων οργανισμών (FAO, 2008α)

Στις 10 πρώτες χώρες με τα μεγαλύτερα επίπεδα παραγωγής (η Κίνα, η Ινδία, το Βιετνάμ, η Ταϊλάνδη, η Ινδονησία, το Μπαγκλαντές, η Χιλή, η Ιαπωνία, η Νορβηγία, οι Φιλιππίνες) κυριαρχούν οι ασιατικές χώρες, οι οποίες παράγουν το 89% της συνολικής ποσότητας και το 77% της παραγόμενης αξίας. Η Κίνα παραμένει κατά πολύ ο μεγαλύτερος παραγωγός που συνεισφέρει σε εντυπωσιακό ποσοστό, σχεδόν 70% της ποσότητας και 49% της αξίας της παγκόσμιας παραγωγής υδατοκαλλιεργειών. Η Κίνα παράγει το 77% όλων των ειδών της οικογένειας Cyprinidae, το 82% των στρειδιών καθώς και το 73% των υδρόβιων φυτών (FAO, 2008α).

1.3.2 Σε ευρωπαϊκή κλίμακα

Η παραγωγή των ευρωπαϊκών υδατοκαλλιεργειών το 2006 ήταν σε επίπεδο 2,2 εκατομμύρια τόνους και αποτελεί το 4,3% της παγκόσμιας παραγωγής. Οι κύριες ομάδες εκτρεφόμενων οργανισμών ήταν τα ψάρια και τα μαλάκια, με παραγωγή ύψους 1,5 εκατομμύρια τόνους (68%) και 0,7 εκατομμύρια τόνους (32%) αντίστοιχα¹.

¹ <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

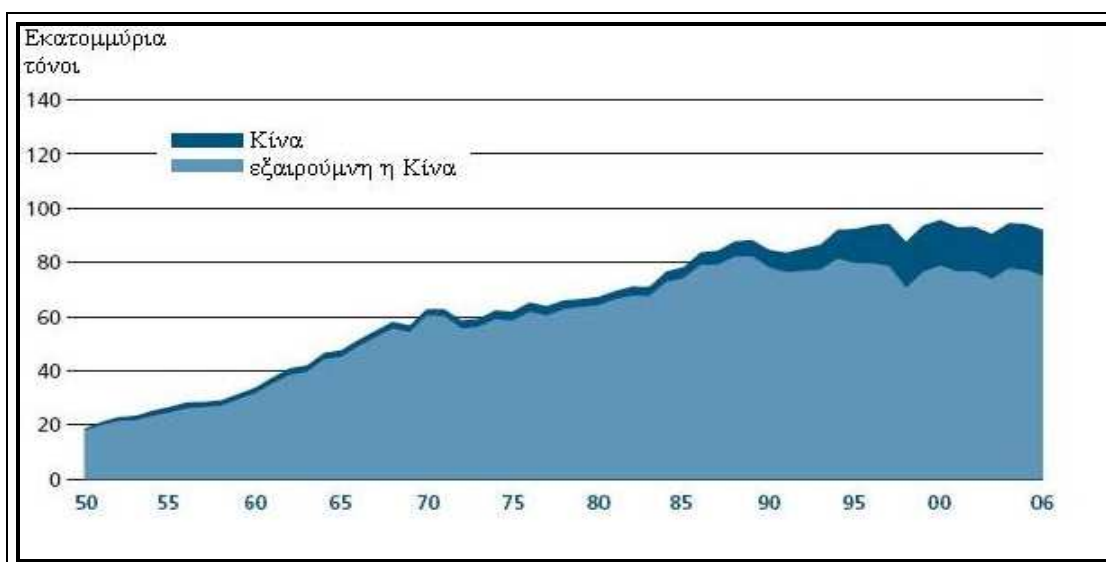
Το 2006 η Νορβηγία βρίσκεται στην κορυφή παράγοντας 712.281 τόνους και αφήνοντας πολύ πίσω άλλες ευρωπαϊκές χώρες όπως την Ισπανία (292.919 τόνοι), την Γαλλία (238.151 τόνοι), την Ιταλία (172.833 τόνοι) και την Ελλάδα (113 307 τόνοι)².

Συμφώνα με την Ομοσπονδία Ευρωπαϊών Ιχθυοπαραγωγών (FEAP), η οποία αποτελείται από 31 Εθνικούς Συνδέσμους Ιχθυοπαραγωγών, το 2008 η συνολική παράγωγή ιχθύων έφτασε τους 1.664.000 τόνους από τους οποίους οι 988.000 τόνοι αναλογούν στην παραγωγή σολομού (*Salmo salar*), οι 327.000 τόνοι σε ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) και οι 129.000 τόνοι για τα είδη της οικογένειας Sparidae, κυρίως την τσίπουρα (*Sparus aurata*). Τους υψηλότερους ετήσιους ρυθμούς αύξησης παραγωγής παρουσιάζουν όμως άλλα είδη όπως: τιλάπιες (33,8%), πλατύψαρα (11,0%) ή το γατόψαρο (9,7%) (AQUAMEDIA, 2008).

Αυτή τη στιγμή, η ευρωπαϊκή υδατοκαλλιέργεια δεν συμμετέχει πλήρως στην ανάπτυξη που γνωρίζει ο κλάδος παγκοσμίως. Η συνολική παραγωγή του κλάδου από το 2000 παραμένει σχεδόν στάσιμη με μόλις 1% αύξηση ετησίως (FAO, 2008α). Δεδομένου ότι η ζήτηση από την πλευρά των καταναλωτών στην Ευρώπη αυξάνεται διαρκώς, οι εισαγωγές καλύπτουν το 60% σχεδόν της ευρωπαϊκής κατανάλωσης³.

1.3.3 Υδατοκαλλιέργειες ‘εναντίον’ αλιευτικής δραστηριότητας

Σε αντίθεση με την επίτευξη της αυξημένης παγκόσμιας παραγωγής με τις μεθόδους υδατοκαλλιέργειών, η αλιεία τα τελευταία 15 χρόνια παραμένει σε σταθερό επίπεδο (Διάγραμμα Γ.1.3.3.1) και δεν έχει μεγάλες δυνατότητες για περαιτέρω ανάπτυξη.



† Τα δεδομένα δεν περιέχουν την παραγωγή υδρόβιων φυτών

Διάγραμμα Γ.1.3.3.1 Αλιευτική παραγωγή υδρόβιων οργανισμών στον κόσμο†(FAO, 2008α)

² <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

³ http://ec.europa.eu/fisheries/publications/magaz/fishing/mag43_el.pdf

Οι μικρές διακυμάνσεις ανάμεσα στα 90 και 95 εκατομμύρια τόνων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την πληθυσμιακή κατάσταση των αποθεμάτων του περουβιανού γαύρου (*Engraulis ringens*)(παγκόσμια παραγωγή ανάμεσα 7 και 10 εκατομμύρια τόνοι), ενός είδους πάρα πολύ ευαίσθητου σε περιβαλλοντικές μεταβολές, όπως το φαινόμενο El Niño στο Νοτιοανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό (FAO, 2008α).

Το 2006, περίπου 93,0 εκατομμύρια τόνοι (92,0 εκατομμύρια τόνοι και 1,0 εκατομμύριο για ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς αντίστοιχα) προήλθαν από την αλιεία (Πίνακας Γ.1.3.3.1). Εάν αφαιρεθούν τα φυτικά προϊόντα, μόνο το 11% ήτοι 10,1 εκατομμύρια τόνοι ιχθύων προέρχεται από την αλιεία εσωτερικών υδάτων ενώ το 89%, δηλαδή περίπου 81,9 εκατομμύρια τόνοι από το θαλάσσιο περιβάλλον.

Πίνακας Γ.1.3.3.1 Συμμετοχή αλιείας και υδατοκαλλιεργειών στην παγκόσμια παραγωγή υδρόβιων οργανισμών† (FAO, 1998; 2006α; 2008α)

	1980	1990	1995	2000	2004	2006
	Εκατομμύρια τόνοι					
ΑΛΙΕΙΑ	67.2	85.9	92.3	95.6	94.6	92.0
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	4.6	13.1	24.3	35.5	45.9	51.7
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	71.8	99.0	116.6	131.1	140.5	143.7

† Τα δεδομένα δεν περιέχουν την παραγωγή υδρόβιων φυτών

Μολονότι, η αλιεία εσωτερικών νερών παρουσιάζει πολύ υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης (12,8% στην περίοδο 2004-2006), η θαλάσσια αλιεία δεν μπορεί να ξεπεράσει πλέον ένα συγκεκριμένο όριο παραγωγής. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην ανησυχητική εξάντληση των αποθεμάτων των θαλάσσιων ιχθύων (FAO, 2008α).

Το 2007, το 52% των παγκόσμιων αποθεμάτων των θαλάσσιων ιχθύων ήταν πλήρως εκμεταλλευμένο (fully exploited), το 19% ήταν υπεραλιευμένο (overfished), ενώ το 8% ήταν εξαντλημένο (depleted). Μόνο το 20% των αποθεμάτων είχε τη δυνατότητα να συμβάλει στην αύξηση της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής καθώς είναι καθόλου ή μετρίως εκμεταλλεύσιμο. Αυτό σημαίνει ότι στην καλύτερη περίπτωση οι περίπου 70,0 εκατομμύρια τόνοι που προέρχονται από την αλιευτική δραστηριότητα και που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση (περίπου το 76% της συνολικής αλιευτικής παραγωγής) μπορούν να φτάσουν στο μέλλον στους 80,0 εκατομμύρια τόνους (FAO, 2008α).

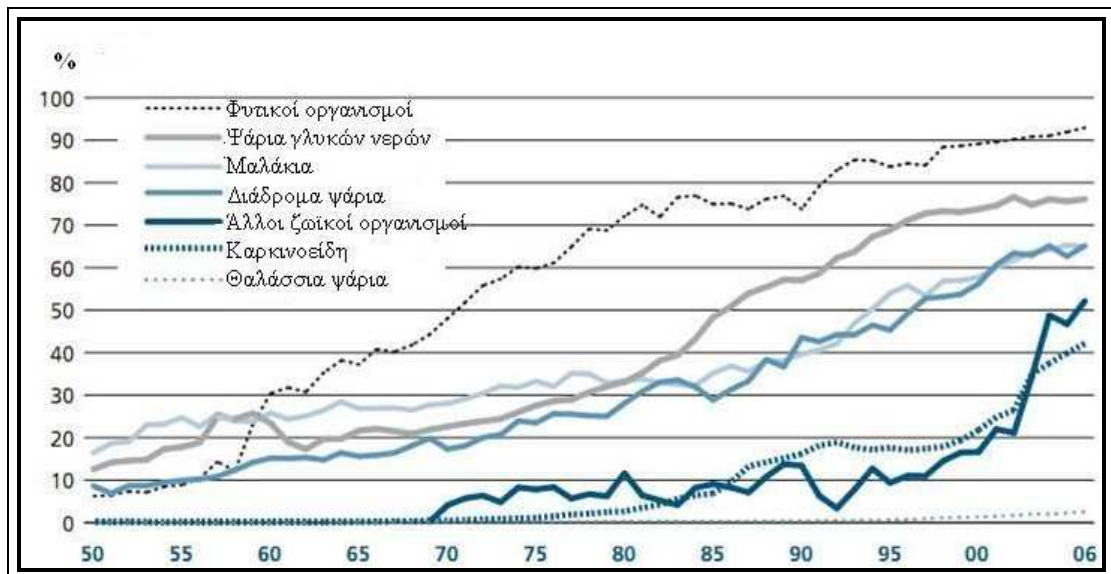
Τα προαναφερθέντα στοιχεία δείχνουν ότι η παγκόσμια παραγωγή υδρόβιων οργανισμών και η ποσότητα των προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση θα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών.

1.4 Σημασία και προοπτικές των υδατοκαλλιεργειών

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του FAO, στο μέλλον η συνολική παραγωγή των προϊόντων από τις υδατοκαλλιέργειες θα εξακολουθεί να αυξάνεται. Πρώτον, εξαιτίας της ολοένα και περισσότερο αυξανόμενης ζήτησης σε προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας, η οποία έχει διπλασιαστεί από το 1973 και δεύτερον της στασιμότητας της αλιευτικής παραγωγής στην οποία αναφερθήκαμε παραπάνω (FAO, 2008γ).

Ήδη για το έτος 2006, οι υδατοκαλλιέργειες παρέχουν το 93,0% των παγκοσμίως παραγόμενων φυτικών υδρόβιων οργανισμών και 36,0% όλων των υδρόβιων οργανισμών ζωικής προέλευσης (Πίνακας Γ.1.4.1). Το 47%, δηλαδή σχεδόν το μισό των ψαριών, προέρχεται από την εκτροφή. Στη πρώτη θέση βρίσκονται ψάρια γλυκού νερού (75%), τα διάδρομα ψάρια (65%) και με ελάχιστο ποσοστό τα θαλάσσια είδη ψαριών (<5%). Επίσης, τα ασπόνδυλα ζώα παρουσιάζουν πολύ υψηλά ποσοστά - τα μαλάκια 75,5% και τα καρκινοειδή 42% (Διάγραμμα Γ.1.4.1) (FAO, 2008α).

Σε ότι αφορά τα εκτρεφόμενα θαλάσσια ψάρια, μολονότι το συνολικό ποσοστό εκτροφής τους είναι αρκετά μικρό σε σύγκριση με την συνολική παγκόσμια παραγωγή, το ποσοστό παραγωγής των εκτρεφόμενων ειδών είναι σε περισσότερες περιπτώσεις μεγαλύτερο από το ποσοστό που προέρχεται από την αλιευτική δραστηριότητα, γεγονός που ισχύει και για την τσίπουρα (*Sparus aurata*) (FAO, 2008α).



Διάγραμμα Γ.1.4.1 Η συμμετοχή των προϊόντων των υδατοκαλλιεργειών ανά ομάδα εκτρεφόμενων οργανισμών στη συνολική παγκόσμια παραγωγή τους (FAO, 2008α).

Τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν το ποσοστό των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών ζωικής προέλευσης που προορίζονται για την ανθρώπινη κατανάλωση είναι ακόμα πιο εντυπωσιακά. Το 1990 οι εκτρεφόμενοι υδρόβιοι οργανισμοί εκπροσωπούσαν περίπου το 20% της συνολικής ανθρώπινης κατανάλωσης όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, ενώ το 2006 το ποσοστό αυτό φτάνει στο επίπεδο του 46,8% (Πίνακας Γ.1.4.1) (FAO, 2008α). Σύμφωνα με ορισμένες εκτιμήσεις, το 2020 το

60% όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο θα προέρχεται από τις υδατοκαλλιέργειες (FAO, 2008γ).

Η παγκοσμίως διαθέσιμη προς κατανάλωση ποσότητα των υδρόβιων οργανισμών αυξήθηκε σταδιακά. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 70' από 9.9 kg ανά κεφαλή κατανάλωσης έφτασε στη δεκαετία του 80' στα 12.5 kg και στη δεκαετία του 90' στα 14.4 kg. Το 2006 η ποσότητα αυτή έφτασε στα 16.7 kg (FAO, 2008α).

Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί ότι υπάρχουν τεράστιες διαφορές στην κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών μεταξύ διαφόρων περιοχών του κόσμου. Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία, στη Μαλαισία, στο Χόνγκ Κονγκ και στην Κορέα η κατανάλωση ανά κεφαλή ξεπερνά τα 50 kg ετήσιος (FAO, 2008α). Το 2003 στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο μέσος όρος ήταν 21,4 kg ανά κεφαλή το έτος. Η Ρουμανία για παράδειγμα έχει κατανάλωση στα επίπεδα 4.0 kg, ενώ η Πορτογαλία σε 57.0 kg αντιστοίχως⁴. Συνεπώς η κατανάλωση εξαρτάται από οικονομικούς και ευρύτερα πολιτισμικούς παράγοντες.

Οι υδρόβιοι οργανισμοί αποτελούν σημαντική πηγή των ζωικών πρωτεϊνών στην καθημερινή διατροφή των ανθρώπων. Στη Βόρεια και Κεντρική Αμερική η συμμετοχή τους είναι 7,6% του συνόλου των πρωτεϊνών ζωικής προέλευσης. Στην Ευρώπη είναι στο επίπεδο του 11%, στην Αφρική στο 19%, ενώ στην Ασία στο 21%. Σε μερικές αναπτυσσόμενες, νησιώτικες χώρες όπως: Μπαγκλαντές, Καμπότζη, Γουινέα, Γκάνα, Ινδονησία και Σιέρα Λεόνε, το ποσοστό αγγίζει το 50% περίπου (FAO, 2008α).

Πίνακας Γ.1.4.1 Παγκόσμια παραγωγή αλιείας και υδατοκαλλιεργειών και η αξιοποίηση της† (FAO, 1998; 2006α; 2008α)

	1980	1990	1995	2000	2004	2006
Εκατομμύρια τόνοι						
ΠΑΡΑΓΩΓΗ						
ΑΛΙΕΙΑ	67.2	85.9	92.3	95.6	94.6	92.0
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	4.6	13.1	24.3	35.5	45.9	51.7
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	71.8	99.0	116.6	131.1	140.5	143.7
% υδατοκαλλιεργειών στη συνολική παραγωγή	6.4	13.2	20.8	27.1	32.7	36.0
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ						
Ανθρώπινη κατανάλωση	50.0	70.8	86.5	96.9	104.5	110.4
Άλλες Χρήσεις	21.8	28.2	30.1	34.2	36.0	33.3
% προϊόντων εκτροφής στην ανθρώπινη κατανάλωση των υδρόβιων οργανισμών	9.2	18.5	28.1	36.8	44.0	46.8
Πληθυσμός Γης (δισεκ/ρια)	4.4	5.3	5.7	6.1	6.4	6.6
Κατανάλωση υδρόβιων οργανισμών kg/κεφαλή/έτος	11.4	13.3	15.2	16.0	16.2	16.7

† Τα δεδομένα δεν περιέχουν την παραγωγή υδρόβιων φυτών

⁴ http://ec.europa.eu/fisheries/publications/magaz/fishing/mag43_el.pdf

Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι το κόστος παραγωγής, ανά κιλό εδάδιμου προϊόντος, είναι πολύ μικρότερο στην εκτροφή υδρόβιων οργανισμών σε σχέση με την εκτροφή των αγροτικών ζώων αφενός εξαιτίας του χαμηλού συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής και αφετέρου του υψηλού συντελεστή αποδοτικότητας των πρωτεϊνών του σιτηρεσίου. Ταυτοχρόνως, η ποσότητα παραγωγής ανά μονάδα χρόνου και χώρου εκτροφής ή καλλιέργειας είναι μεγαλύτερη, γεγονός που αναδεικνύει την τεράστια οικονομική σημασία των σύγχρονων υδατοκαλλιεργειών στην παραγωγή προϊόντων άριστης ποιότητας προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι διατροφικές ανάγκες ενός συνεχώς αυξανόμενου ανθρώπινου πληθυσμού της Γης (Παπουτσόγλου, 1997).

Σήμερα οι υδατοκαλλιέργειες έγιναν όχι μόνο ένας σοβαρός κλάδος της συνολικής βιομηχανίας παραγωγής τροφίμων υψηλής βιολογικής αξίας, αλλά είναι επίσης ένας πολύ σημαντικός κοινωνικό-οικονομικός παράγοντας που συμβάλλει στην οικονομική τόνωση των μη αναπτυγμένων περιοχών και προσφέρει νέες θέσεις εργασίας. Σύμφωνα με το FAO, το έτος 2006 ο αριθμός των απασχολούμενων στον κλάδο (μόνιμων και εποχικών) ανερχόταν στα 9 εκατομμύρια, εκ των οποίων το 94% αφορούσε τις χώρες της Ασίας. Επίσης για κάθε εργαζόμενο στον πρωτογενή τομέα παραγωγής αντιστοιχούν τέσσερις εργαζόμενοι στο τομέα της δευτερογενούς παραγωγής η οποία περιλαμβάνει την μεταποίηση, το εμπόριο, την μεταφορά και την παροχή διάφορων υπηρεσιών (FAO, 2008α).

Ο ρυθμός ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών θα εξακολουθήσει να είναι πολύ υψηλός σε μερικές περιοχές του κόσμου και για ορισμένα είδη εκτροφής. Όμως σύμφωνα με το FAO, σε παγκόσμια κλίμακα ο μέσος όρος αύξησης παραγωγής δεν θα παρουσιάσει την ίδια θεαματική ανάπτυξη, όπως αυτή του πολύ πρόσφατου παρελθόντος, για μια σειρά σημαντικούς λόγους όπως:

1. το αυξημένο κόστος των ιχθυάλευρων και ιχθυελαίων
2. το αυξημένο ενεργειακό κόστος
3. την εξασφάλιση κατάλληλου χώρου
4. τους αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανόνες
5. τους αυστηρούς κανόνες ζωικής υγείας και ευζωίας
6. τις υψηλές απαιτήσεις για ποιότητα και τις υγειονομικές προδιαγραφές των προϊόντων
7. το υψηλό κόστος της έρευνας και ανάπτυξης νέων τεχνολογιών
8. την ανταγωνιστικότητα σε εμπορικό πλαίσιο
9. την πρόσβαση σε κεφάλαια και αγορές
10. την κρατική υποστήριξη (FAO,2006β)

Οι προαναφερόμενες δυσκολίες και προκλήσεις αποτελούν ήδη σημαντικούς παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη και βιωσιμότητα του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών ο οποίος μετατράπηκε, σταδιακά, σε ένα νέο δυναμικό κλάδο της συνολικής βιομηχανίας παραγωγής τροφίμων (FAO, 2006β).

Συμπερασματικά, υπάρχει ανάγκη για μια προσεκτική και συστηματική μελέτη της πορείας ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών και τις ποικίλες αλληλεπιδράσεις που καθορίζουν τον κλάδο. Θα πρέπει, επίσης, να υπάρξουν σοβαρές προσπάθειες για να αναπτυχθούν βιώσιμα συστήματα υδατοκαλλιεργειών διαμέσου ρυθμίσεων οι οποίες θα υποστηρίζονται αφενός από κατάλληλα ερευνητικά εργαλεία και αφετέρου με τη συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων πλευρών (FAO, 2006β).

2. Στοιχεία βιολογίας και εκτροφής της τσιπούρας (*Sparus aurata*)

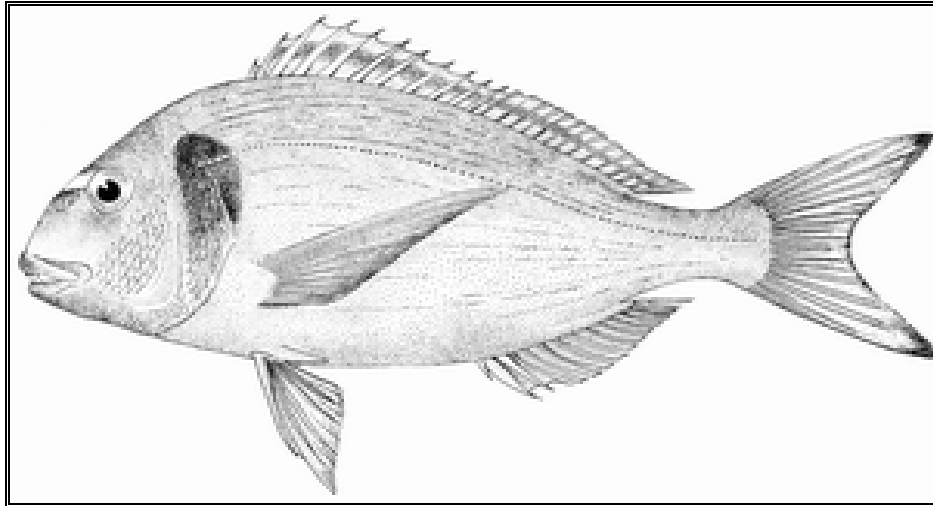
2.1 Συστηματική κατάταξη- Μορφολογία

Sparus aurata (Linnaeus, 1758)

Συνομοταξία	Chordata
Υποσυνομοταξία	Vertebrata
Υπερομοταξία	Gnathostomata
Ομοταξία	Osteichthyes
Υφομοταξία	Actinopterygii
Υπερτάξη	Teleostei
Τάξη	Perciformes
Υπόταξη	Percoidei
Οικογένεια	Sparidae
Γένος	<i>Sparus</i>
Είδος	<i>Sparus aurata</i>

Συνώνυμες ονομασίες

- *Chrysophrys aurata* Valenciennes, 1830
- *Pagrus (Chrysophrys) auratus* Steindachner, 1867
- *Pagrus auratus* Day, 1880
- *Chrysophrys aurata* Murray and Hort, 1912
- *Aurata aurata* de Buen, 1935
- *Sparus aurata* Fowler, 1936



Εικόνα Γ.2.1.1 Τσιπούρα (*Sparus aurata*)⁵

Η μορφολογία της τσιπούρας χαρακτηρίζεται από επίμηκες, υψηλό και πλευρικά πεπιεσμένο σώμα, με μεγάλα κτενοειδή λέπια (Εικόνα Γ.2.1.1). Το ραχιαίο πτερύγιο αποτελείται από ακανθώδεις ακτίνες, ενώ το ουραίο πτερύγιο είναι διχαλωτό και εμφανίζει έντονο μαύρο χρώμα στις παρυφές του. Το στόμα της είναι ελαφρά προεκτεινόμενο, με χοντρά χείλη και με παρουσία 4-6 κυνοδόντων στο εμπρόσθιο τμήμα και των δυο σιαγόνων. Το χρώμα της είναι ασημένιο-γκρι, με τη ραχιαία περιοχή γκριζογαλάζια και την πλευρική κίτρινη-ασημένια. Στη μετωπική επιφάνεια και μεταξύ των ματιών εμφανίζει μια χρυσοκίτρινη λουρίδα σχήματος V, η οποία αποτελεί και το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμά της. Επίσης, στην αρχή της πλευρικής της γραμμής και πάνω στο βραγχιακό επικάλυμμα υπάρχει μια μελανή κηλίδα που υπογραμμίζεται από κόκκινο χρώμα (Χώτος και Ρογδάκης, 1992; Παπουτσόγλου, 1994).

Το σωματικό μήκος της τσιπούρας κατά μέσο όρο δεν υπερβαίνει τα 30-35 εκατοστά με μέγιστο τα 70-80, ενώ το σωματικό της βάρος φτάνει τα 6 κιλά (Χώτος και Ρογδάκης, 1992; Παπουτσόγλου, 1994). Το μέγιστο δημοσιευμένο βάρος της τσιπούρας ήταν 17,2 κιλά (IGFA, 2001). Εκτιμάται ότι η μέγιστη ηλικία μπορεί να είναι περίπου 10-15 ετών (Παπουτσόγλου, 2008).

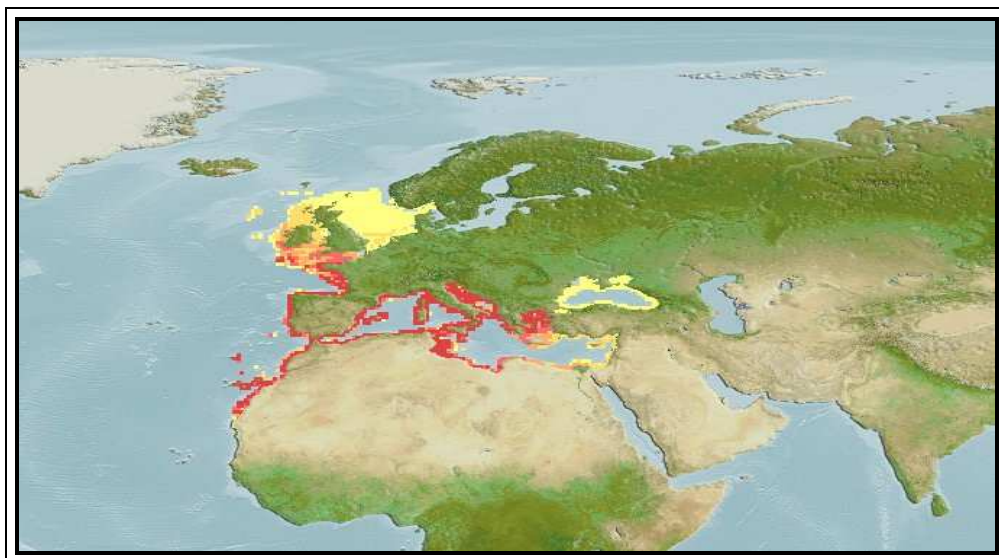
2.2 Περιβάλλον διαβίωσης

Η τσιπούρα είναι ένα είδος κοινό στη Μεσόγειο θάλασσα, αλλά με περιορισμένη παρουσία στην Μαύρη θάλασσα. Στον Ατλαντικό Ωκεανό συναντάται από τις νότιες ακτές των Βρετανικών νησιών ως το Πράσινο Ακρωτήριο της Βορείου Αφρικής και τα Κανάρια νησιά αλλά με σημαντική απόκλιση ως προς την πληθυσμιακή πυκνότητα του είδους αυτού (Εικόνα Γ.2.2.1) (Παπουτσόγλου, 2008).

Κατανέμεται σε παράκτιες περιοχές ποικίλης σύστασης πυθμένων (αμμώδεις, βραχώδεις, λασπώδεις). Τα νεαρά άτομα βρίσκονται σε βάθη έως 30 m, προτιμώντας

⁵ <http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>

αμμώδεις πυθμένες με “λιβάδια” της *Posidonia oceanica* που βρίσκουν καταφύγιο. Τα ενήλικα άτομα μπορούν να βρεθούν μέχρι του βάθους των 100-150 m. Η τσιπούρα διαβιώνει μοναχικά ή σχηματίζει μικρές ομάδες. Κατά την αναπαραγωγική της περίοδο τα ώριμα άτομα συχνά συγκροτούν ομάδες πολλών εκατοντάδων ατόμων (Παπουτσόγλου, 2008).



Εικόνα Γ.2.2.1 Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Sparus aurata*⁶

Η τσιπούρα είναι ευαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και στην έλλειψη οξυγόνου. Το καλοκαίρι προτιμά μικρότερα βάθη, το χειμώνα, ειδικά τα άτομα μεγάλου μεγέθους κατεβαίνουν βαθύτερα. Στη Ελλάδα χαρακτηριστική είναι η εποχική παρουσία της τσιπούρας σε αβαθείς λιμνοθάλασσες. Είναι το πρώτο είδος ψαριού που το φθινόπωρο, με την πτώση της θερμοκρασίας του νερού, εγκαταλείπει τις υδατοσυλλογές αυτές και επιστρέφει στην ανοιχτή θάλασσα (Πνευματικάτος, 1996).

Είναι ευρύθερμο και ευρύαλο είδος. Το βιολογικό θερμοκρασιακό εύρος της τσιπούρας κυμαίνεται από περίπου 4°C έως 30°C. Η μέγιστη τιμή του ρυθμού ανάπτυξης της παρατηρείται στους 22-24°C (Παπουτσόγλου, 2008). Η κατανάλωση τροφής περιορίζεται κάτω από τους 17 °C, ενώ διακόπτεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10-12 °C (Neori *et al.*, 1996). Επιβιώνει και αντεπεξέρχεται σε μεταβολές της αλατότητας του νερού. Τα όρια της αλατότητας στο οποίο επιβιώνει μπορεί να φτάσει μέχρι του επιπέδου του 40‰, ενώ εκτρέφεται επιτυχώς και σε υφάλμυρα νερά. Η μέγιστη ανάπτυξη της παρατηρείται σε νερά αλατότητας από 28‰ έως 32‰, κορεσμένο σε οξυγόνο και τιμές pH κυμαινόμενο από 7,8 έως 8,3 (Παπουτσόγλου, 2008).

⁶ <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?id=1164&lang=english>

2.3 Διατροφή

Η τσιπούρα είναι ένα σαρκοφάγο είδος ιχθύος, ενώ οι διατροφικές της συνήθειες στο φυσικό περιβάλλον διαβίωσής της εξαρτώνται από το μέγεθος της. Τα μικρής ηλικίας ιχθύδια τρέφονται κυρίως με κωπήποδα, αμφίποδα, πολύχαιτους και μικρού μεγέθους καρκινοειδή. Τα μεγαλύτερα άτομα διατρέφονται με καρκινοειδή, άλλα είδη ιχθύων, καθώς και με μαλάκια (κυρίως δίθυρα), των οποίων το όστρακο συνθλίβουν με ιδιαίτερη ευκολία με τις ισχυρές σιαγόνες και κατάλληλα διαμορφωμένα δόντια τους. Με τους κυνόδοντες (4-6) επιτυγχάνεται η αρπαγή της λείας τους, ενώ με τους μυλόδοντες (περίπου 4-5 σειρές επάνω και 3-4 κάτω) η σύνθλιψη των οστράκων των δίθυρων μαλακίων (π.χ. μυδιών) (Παπουτσόγλου, 2008).

2.4 Αναπαραγωγή

Η τσιπούρα χαρακτηρίζεται από το φαινόμενο του ερμαφροδιτισμού και συγκεκριμένα από τον πρωτανδρικό ερμαφροδιτισμό. Αναπτύσσεται και αναπαράγεται πρώτα ως αρσενικό και αλλάζει αργότερα το φύλο για να γίνει θηλυκό. Οι γεννητικοί αδένες στα πρώτα ηλικιακά στάδια αποτελούνται από ένα νωτιαίο τμήμα ωοθηκικού ιστού και μια ραχιαία ορχική ζώνη που διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα λεπτό τοίχωμα συνδετικού ιστού (Bruslé-Sicard and Fourcault, 1997).

Σύμφωνα με τους Zohar *et al.* (1978) τους πρώτους περίπου τέσσερις μήνες της ζωής της τσιπούρας οι γεννητικοί αδένες είναι τελείως αδιαφοροποίητοι. Στη συνέχεια η περιοχή του ορχικού ιστού αναπτύσσεται σταδιακά μέχρι την πλήρη ωρίμανσή της. Η τσιπούρα ξεκινάει τον πρώτο αναπαραγωγικό της κύκλο ως λειτουργικό αρσενικό άτομο, στο πρώτο περίπου έτος της ζωής της, και παραμένει αρσενικό για ένα ακόμα χρόνο. Τότε στα περισσότερα από τα αρσενικά άτομα των άγριων πληθυσμών (>2 ετών) ξεκινά η αναστροφή του φύλου, η οποία στις εντατικές εκτροφές παρατηρείται και από το πρώτο έτος της ζωής των ιχθύων. Το φαινόμενο αναστροφής του φύλου εκδηλώνεται με αντιστροφή της αναλογίας ορχικού και ωοθηκικού τμήματος. Ως αποτέλεσμα ο ορχικός ιστός μειώνεται σε ένα μικρό μη-λειτουργικό κατάλοιπο ενώ το θηλυκό τμήμα καταλαμβάνει σχεδόν ολόκληρη τη γονάδα και καταλήγει σε λειτουργική ωοθήκη.

Κατά τον Agias (1980) στο τρίτο έτος η πλειοψηφία των ατόμων είναι ακόμα αρσενικά, ενώ στο τέταρτο έτος πλειοψηφούν τα θηλυκά άτομα. Τα θηλυκά φτάνουν στη γεννητική ωριμότητα συνήθως κατά την διάρκεια του τέταρτου έτους της ζωής τους. Στη συνέχεια τσιπούρες που είναι στο πέμπτο έτος εμφανίζονται όλες θηλυκές, με λίγες εξαιρέσεις ανάμεσα στα πιο μικρά άτομα της ηλικίας αυτής (Πίνακας Γ.2.4.1).

Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ του μήκους των ατόμων και του φύλου, τα άτομα κάτω από 360 mm είναι συνήθως όλα αρσενικά ενώ πάνω από 503mm είναι μόνο θηλυκά (Agias, 1980).

Πίνακας Γ.2.4.1 Ποσοστό αρσενικών και θηλυκών ατόμων συναρτήσει της ηλικίας στην τσιπούρα (Arias, 1980)

Ηλικία (έτη)	Αρσενικά	Θηλυκά
1	100%	-
2	100%	-
3	84,3%	15,7%
4	12,1%	87,9%
5	-	100%
6	-	100%

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η εμπλοκή της ηλικίας σε συνδυασμό με το σωματικό μέγεθος αποτελούν τους πιο κυρίαρχους παράγοντες. Επίσης, εκτιμάται ότι η διατροφή καθώς και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες (θερμοκρασία, φωτοπερίοδος) επηρεάζουν αυτό το φαινόμενο, αλλά ο ρόλος τους δεν έχει ακόμα διευκρινισθεί πλήρως (Παπουτσόγλου, 2008).

Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι στο εντατικό σύστημα παραγωγής η αναστροφή του φύλου της τσιπούρας εξαρτάται επίσης από τη δομή του εκτρεφόμενου πληθυσμού. Η ύπαρξη των νεαρών ατόμων (ενδεχόμενα αρσενικά) κατά την περίοδο αυτήν αυξάνει στα μεγαλύτερα άτομα τον αριθμό των θηλυκών. Αντιθέτως, η ύπαρξη των ώριμων, μεγάλου μεγέθους θηλυκών ατόμων αναστέλλει την διαδικασία αναστροφής του φύλου στα μικρότερα άτομα τα οποία παραμένουν λειτουργικά αρσενικά (FAO, 1999).

Η αναπαραγωγική περίοδος της τσιπούρας στη Μεσόγειο διαρκεί από τον Οκτώβριο έως και το Δεκέμβριο, στα νερά ανοιχτής θάλασσας όταν η θερμοκρασία νερού κυμαίνεται μεταξύ 13 και 17°C (Παπουτσόγλου, 2008). Η τσιπούρα είναι ένας πολλαπλός εναποθέτης (batch spawner, multiple spawner) και χαρακτηρίζεται από πολλές ωοτοκίες κατά τη διάρκεια μίας αναπαραγωγικής περιόδου. Ο αριθμός των αυγών ανά ωοτοκία κυμαίνεται από 20.000 έως 80.000, όμως κατά τη διάρκεια της μίας αναπαραγωγική περιόδου κάθε ώριμο θηλυκό άτομο παράγει συνολικά περίπου 1 εκατομμύριο πελαγικών αυγών (0,9-1,1mm, με μια σταγόνα ελαίου) (FAO, 1999). Σύμφωνα με τους Zohar *et al.* (1995) τα θηλυκά άτομα μπορούν να γεννήσουν από ½ έως 2 φορές το σωματικό τους βάρους σε αυγά κατά την περίοδο 3-4 μηνών.

2.5 Στοιχεία εκτροφής και οικονομικά μεγέθη

Η τσιπούρα είναι ένα είδος με υψηλή οικονομική σημασία ιδιαίτερα στον Μεσογειακό χώρο με εξαιρετική διατροφική ποιότητα και πολλά κατάλληλα βιολογικά χαρακτηριστικά (υψηλός ρυθμός ανάπτυξης, χαμηλή θνησιμότητα, κατάλληλος διατροφικός τύπος) που κάνουν αυτό το είδος να είναι στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των εντατικών υδατοκαλλιεργειών τα τελευταία 20 χρόνια⁷.

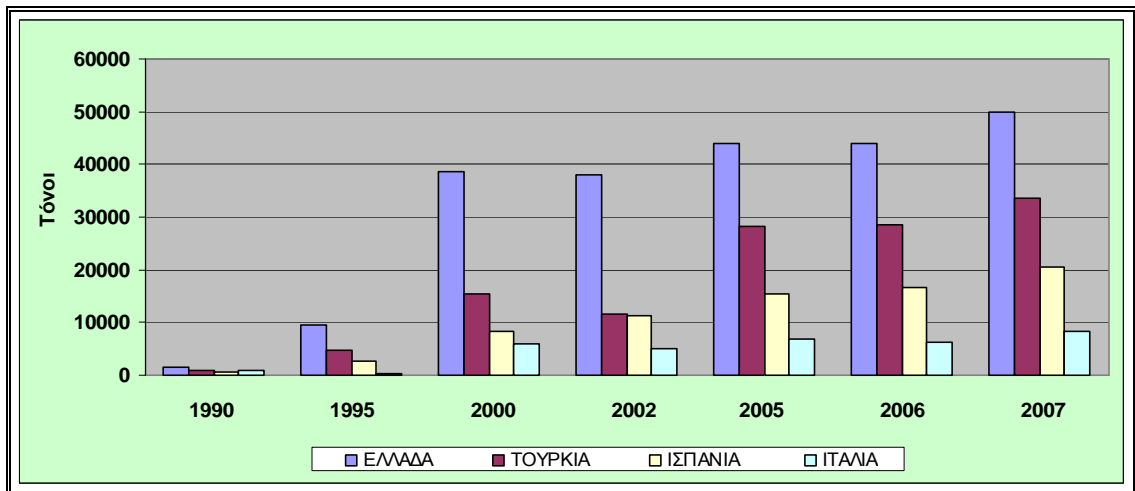
⁷ http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en

Παραδοσιακά εκτρεφόταν κυρίως στις παράκτιες λιμνοθαλάσσιες υδατοσυλλογές με εκτατικά ή ημιεκτατικά συστήματα τα οποία στη βόρεια Αδριατική θάλασσα της Ιταλίας ονομαζόταν *valli*, στην Αίγυπτο *hosha*, στην Ισπανία *esteros*. Η λειτουργία αυτών των συστημάτων εκτροφής βασίζεται στην παρακολούθηση και εκμετάλλευση της εποχικής μετανάστευσης των ιχθύων. Την άνοιξη τα νεογέννητα άτομα εγκαταλείπουν την ανοιχτή θάλασσα και μεταναστεύουν ομαδικά προς αβαθείς εκτάσεις για να βρουν ευνοϊκό περιβάλλον διαβίωσης (ζεστά νερά, τροφή). Πριν επιστρέψουν στην ανοιχτή θάλασσα, για την αναπαραγωγή καθώς και για να αποφύγουν τη μειωμένη θερμοκρασία του νερού το χειμώνα, παγιδεύονται από τους ψαράδες. Η εκτατική εκτροφή κυριαρχούσε μέχρι το τέλος του '70 και στις μέρες μας παραμένει μια παραδοσιακή δραστηριότητα σε κάποιες περιοχές, αλλά με πολύ μικρό αντίκτυπο στην αγορά (Agiar, 1980; Sola *et al.*, 2006).

Στο τέλος του '70 παρατηρήθηκε παράλληλη μείωση της ποσότητας των νεαρών ιχθυδίων στο φυσικό τους περιβάλλον και αύξηση της ζήτησής τους από τις πρώτες εντατικές μονάδες εκτροφής. Ταυτόχρονα αυξήθηκε η ζήτηση της τσιπούρας από τους καταναλωτές. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε εκτενείς μελέτες όσον αφορά στην βιολογία και ηθολογία αυτού του είδους καθώς και στην ανάπτυξη αποτελεσματικών τεχνικών και μεθοδολογιών εκτροφής ιδιαίτερα κατά τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια. Οι μελέτες αυτές συνέβαλαν και αποτέλεσαν τη βάση για την αλματώδη ανάπτυξη της εμπορικής εκτροφής (Sola *et al.*, 2006).

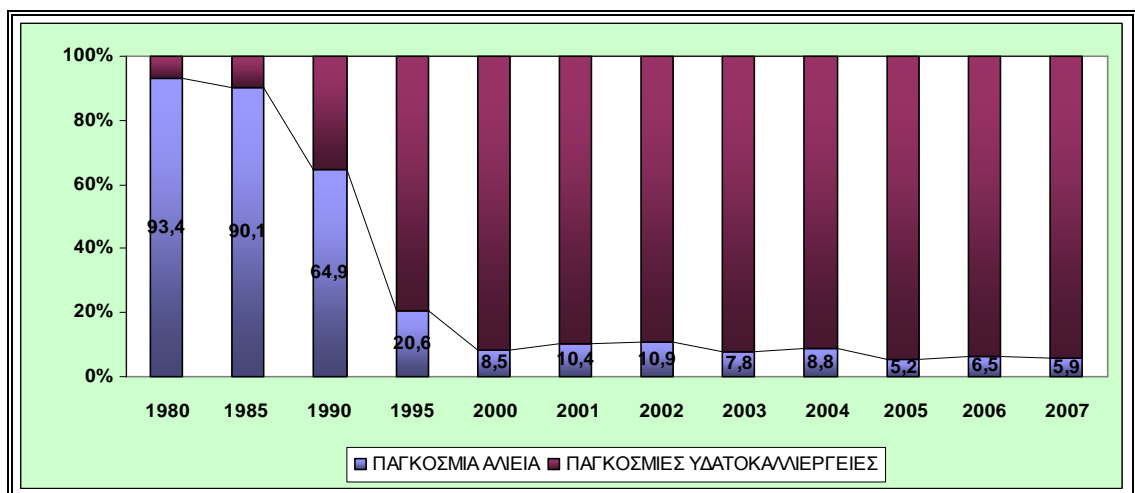
Τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '80, στην Ιταλία αναπτύχθηκε η τεχνητή διαδικασία πρόκλησης της γεννητικής ωρίμανσης της τσιπούρας, με αποτέλεσμα να ξεκινήσει στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου η εντατική εκτροφή σχεδόν αποκλειστικά σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς. Ωστόσο, η ραγδαία ανάπτυξη της παραγωγής της τσιπούρας πραγματοποιήθηκε ουσιαστικά τη δεκαετία του '90 εξαιτίας της παραγωγής των ιχθυδίων σε μεγάλη κλίμακα κυρίως στην Ισπανία, στην Ιταλία και στην Ελλάδα⁷. Οι δύο πρώτες χώρες στην παραγωγή ήταν την περίοδο εκείνη η Ελλάδα και η Τουρκία οι οποίες παρουσίασαν εντυπωσιακούς ρυθμούς ανάπτυξης περίπου στο 24-25% ετησίως (Διάγραμμα Γ.2.5.1) (FAO, 2007).

Το γεγονός ότι η παραγωγή του συγκεκριμένου είδους έφτασε στο τέλος της δεκαετίας του '90 σε πολύ υψηλά επίπεδα ήταν φυσικό να οδηγήσει σε ένα κορεσμό της αγοράς. Με τη σειρά του αυτό ήταν μοιραίο να οδηγήσει σταδιακά σε μία σοβαρή κρίση. Μεταξύ του έτους 2000 και 2002 η πτωτική τάση των τιμών, οι οποίες έφτασαν σε επίπεδο κατά του κόστους παραγωγής, οδήγησε πολλές μονάδες στην Ελλάδα και το εξωτερικό σε κλείσιμο (FAO, 2007). Ταυτόχρονα ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης μειώθηκε δραστικά με αποτέλεσμα από την αρχή του 2000 μέχρι σήμερα να είναι στο επίπεδο του 7,3% (AQUAMEDIA, 2008).



Διάγραμμα Γ.2.5.1 Η ανάπτυξη της εκτροφής της τσιπούρας των τεσσάρων πρώτων χωρών μεταξύ το 1990-2007⁸

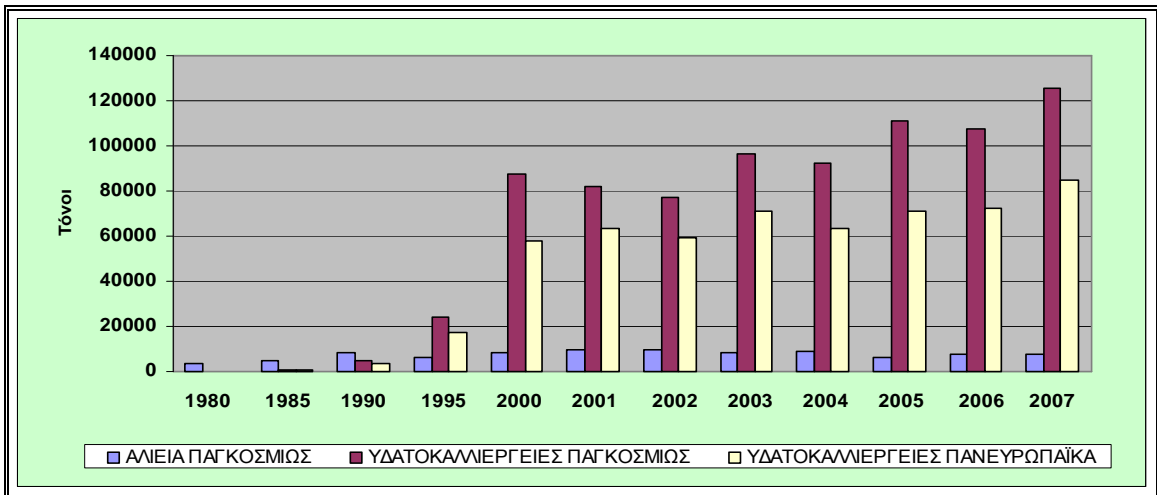
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι κατά την τρέχουσα περίοδο μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό της συνολικής παράγωγης τσιπούρας, σε παγκόσμια κλίμακα, προέρχεται από την αλιευτική δραστηριότητα. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 1990 το 65% της παγκόσμιας παράγωγης τσιπούρας προερχόταν από την αλιευτική δραστηριότητα, ενώ μετά πέντε χρόνια μειώθηκε στο 21%. Το 2007 οι 7361 τόνοι αλιευμένης τσιπούρας εκπροσωπούν μονό το 6% της συνολικής παραγωγής⁸. Δηλαδή ουσιαστικά το παγκόσμιο εμπόριο της τσιπούρας σήμερα προέρχεται κυρίως από την εκτροφή (Διάγραμμα Γ.2.5.2).



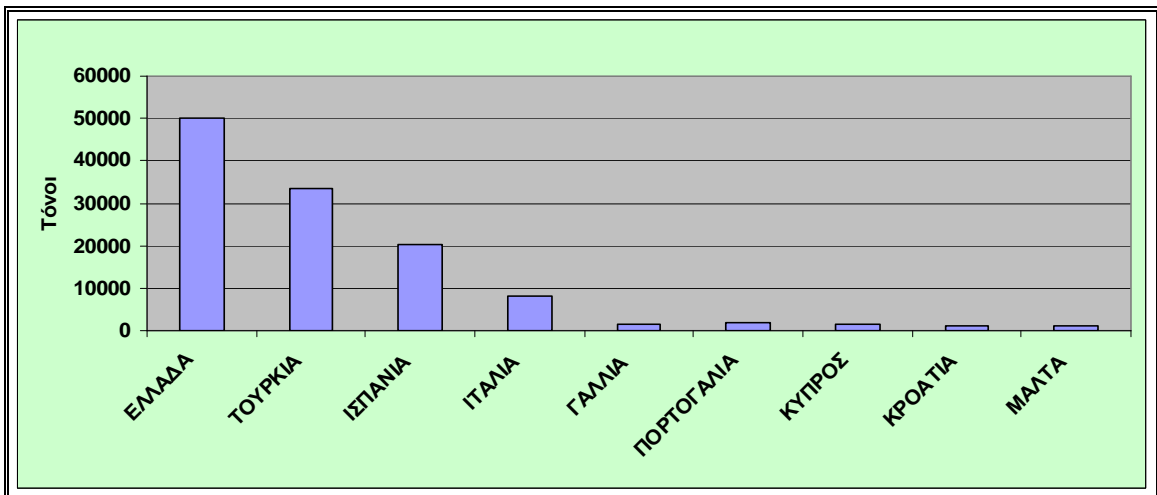
Διάγραμμα Γ.2.5.2 Συμμετοχή της αλιευτικής δραστηριότητας στη συνολική παραγωγή της τσιπούρας μεταξύ 1980-2007⁸

⁸ <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του FAO, το 2007 η παγκόσμια εκτροφή της τσιπούρας έφτασε τους 125.355 τόνους εκ των οποίων οι 84.841 τόνοι (67,7%) προήλθαν από την παραγωγή των ευρωπαϊκών χωρών (κυρίως Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία), ενώ οι 38.109 τόνοι από την Ασία (30,4%) με πιο σημαντικό παραγωγό την Τουρκία⁹ (Διάγραμμα Γ.2.5.3). Οι τέσσερις πρώτες χώρες (Ελλάδα, Τουρκία, Ισπανία, Ιταλία) παράγουν περισσότερο από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής, όμως η Ελλάδα βρίσκεται σταθερά εδώ και δυο δεκαετίες στην πρώτη θέση παγκοσμίως⁹ (Διάγραμμα Γ.2.5.4).



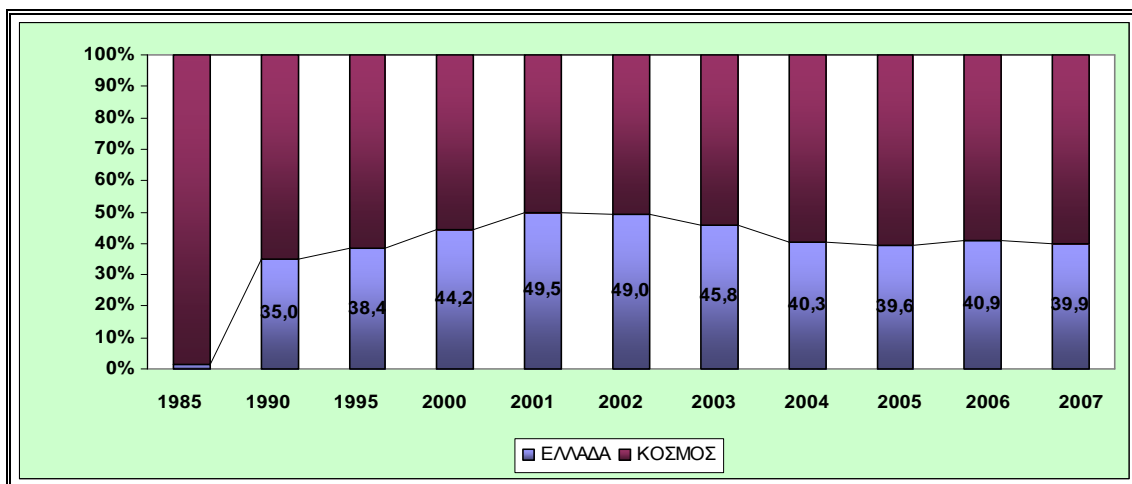
Διάγραμμα Γ.2.5.3 Παγκόσμια αλιευτική παραγωγή, παγκόσμια και ευρωπαϊκή παραγωγή υδατοκαλλιιεργειών της τσιπούρας κατά την περίοδο 1980-2007⁹



Διάγραμμα Γ.2.5.4 Παραγωγή της τσιπούρας ανά χώρα το 2007⁹

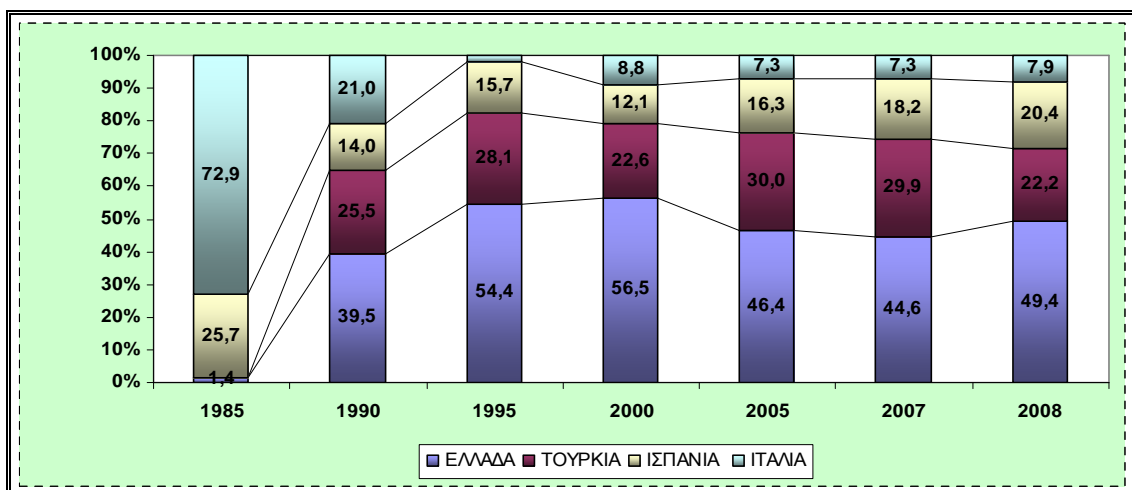
⁹ <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

Μεταξύ 2000-2003 η παραγωγή της Ελλάδας αντιπροσώπευε περίπου το 44-49% της παγκόσμιας παραγωγής αλλά λόγω της μεγάλης ανάπτυξης του κλάδου ιδιαιτέρως στην Τουρκία και σε μικρότερο βαθμό στην Ισπανία, από το 2004 έχει σταθεροποιηθεί στο επίπεδο περίπου 40%⁹ (Διάγραμμα Γ.2.5.5). Στην ευρωπαϊκή κλίμακα το μερίδιο της ελληνικής παράγωγης της τσιπούρας μεταξύ 2005-2007 ήταν περίπου της τάξης του 60%.



Διάγραμμα Γ.2.5.5 Συμμετοχή της Ελλάδας στην παγκόσμια παραγωγή της τσιπούρας κατά την περίοδο 1985-2007¹⁰

Σύμφωνα με την Ομοσπονδία Ευρωπαίων Ιχθυοπαραγωγών (FEAP), το 2008 οι τέσσερις πρώτες χώρες στην εκτροφή της τσιπούρας είχαν την ακόλουθη ετήσια παραγωγή: Ελλάδα 60.000 τόνοι, Τουρκία 27.000 τόνοι, Ισπανία 24.790 και Ιταλία 9.600 τόνοι. Το 2008 η Ελλάδα κατείχε περίπου το 50% της συνολικής παραγωγής των τεσσάρων χωρών αυτών (Διάγραμμα Γ.2.5.6) (AQUAMEDIA, 2008).



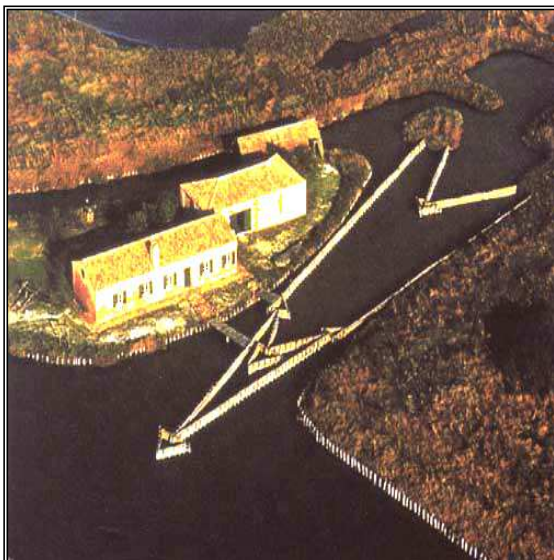
Διάγραμμα Γ.2.5.6 Η συμμετοχή των σημαντικότερων τεσσάρων παραγωγών της τσιπούρας στη συνολική παραγωγή τους κατά την περίοδο 1985-2008 (AQUAMEDIA, 2008)

¹⁰ <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

Συμφώνα με το FAO, το 85% της συνολικής ιχθυοπαραγωγής των δυο κυρίαρχων ειδών στη Μεσόγειο, δηλαδή της τσιπούρας και του Ευρωπαϊκού λαβρακιού, πραγματοποιείται με την εφαρμογή των πλωτών ιχθυοκλωβών. Η Τουρκία, η Ελλάδα και η Κύπρος είναι οι χώρες στις οποίες αυτή η συγκεκριμένη μέθοδος εκτροφής κυριαρχεί. Στην Ισπανία και Ιταλία αρκετά μεγάλο ποσοστό της τσιπούρας εκτρέφεται σε παράκτιες λιμνοθάλασσες υδατοσυλλογές με εκτατικά ή ημικτατικά συστήματα (FAO, 2007). Για παράδειγμα, στην Ελλάδα, το 2005, από τους 68.263 τόνους όλων των εκτρεφόμενων ιχθύων οι 64.481 τόνοι προερχόταν από εκτροφή σε πλωτούς κλωβούς, που αποτελεί το 95% της συνολικής παραγωγής. Ταυτόχρονα το ποσοστό της εκτρεφόμενης τσιπούρας με τη μέθοδο αυτή ήταν της τάξης του 99 % (Γενική Διεύθυνση Αλιείας, 2007). Με αυτό το σύστημα παραγωγής φτάνει στο εμπορεύσιμο βάρος (300-500 g) μετά από 16-18 μήνες (Παπουτσόγλου, 1994).

Εικόνα 2.5.1 Συστήματα εκτροφής της τσιπούρας¹¹

A. Εκτατική εκτροφή (*valli* στην Ιταλία) B. Εντατική εκτροφή σε πλωτούς κλωβούς



Σε ότι αφορά το θέμα του ελληνικού εμπορίου, σύμφωνα με την αναφορά του FISH INFOnetwork, το 2007 το 57,0% της συνολικής παραγωγής της τσιπούρας εξάγεται. Ο κυριότερος προορισμός των εξαγωγών τσιπούρας είναι η Ιταλία (54%), η Ισπανία (23%), η Γαλλία (13%) και η Μεγάλη Βρετανία (10%)¹². Παράλληλα, μετά την κρίση των ελληνικών υδατοκαλλιεργειών το 2000-2002, εξαιτίας της υπερπαραγωγής και του κορεσμού της εσωτερικής και διεθνούς αγοράς, οι επιχειρήσεις του κλάδου στράφηκαν όχι μόνο στην αναζήτηση νέων αγορών¹³ (π.χ., Γερμανία, Ελβετία, Βουλγαρία, Καναδάς και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής) αλλά και στη διερεύνηση των δυνατοτήτων για την εισαγωγή στην εντατική εκτροφή νέων ειδών, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές πωλήσεως.

¹¹ http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en

¹² www.eurofish.dk/dynamiskSub.php?id=3752

¹³ www.selonda.com

Σήμερα από τα οχτώ νέα είδη ψαριών που εκτρέφονται στην Ελλάδα τα έξι ανήκουν στην οικογένεια Sparidae. Αναμφίβολα η τσιπούρα θεωρείται πλέον ο οργανισμός-μοντέλο για αυτή την οικογένεια.

Οι προηγούμενες γνώσεις σχετικά με την ηθολογία, μορφολογία, ανάπτυξη, αναπαραγωγική βιολογία και φυσιολογία της τσιπούρας ήταν ήδη αρκετά καλές για να δώσουν μια πολύ καλή βάση τεχνογνωσίας στις προσπάθειες εκτροφής των νέων ειδών, όπως: το μυτάκι (χιόνα) (*Diplodus puntazzo*), ο σαργός (*Diplodus sargus*), το φαγκρί (*Pagrus pagrus*), το λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*) και η συναγρίδα (*Dentex dentex*). Η εντατική εκτροφή τους βρίσκεται ακόμα σε χαμηλά επίπεδα, περίπου 1-2% της συνολικής παράγωγης της τσιπούρας και του λαυρακιού. Ειδικά η εκτροφή του φαγκριού και της συναγρίδας βρίσκεται σε δοκιμαστική φάση με στόχο την διερεύνηση της απόδοσης της εκτροφής σε πλωτούς ιχθοκλωβούς, την προώθηση του προϊόντος και της εκτίμησης και αποδοχής από τον καταναλωτή (FAO, 2007).

Το 2005 η Ελλάδα παρήγαγε 1700 τόνους εμπορεύσιμου προϊόντος νέων ειδών, ποσοστό που αποτελεί 2,2% της συνολικής παράγωγης της τσιπούρας και του λαυρακιού (Γενική Διεύθυνση Αλιείας Υπ. Γεωργίας, 2007). Τα πιλοτικά προγράμματα πώλησης απέδειξαν ότι οι διαφορές στην εξωτερική εμφάνιση ανάμεσα στο ίδιο είδος ‘πελαγίσιου’ και ‘εκτρεφόμενου’ (π.χ. η σκούρα απόχρωση του δέρματος του εκτρεφόμενου φαγκριού¹⁴) επηρεάζουν αρνητικά τον καταναλωτή. Εν τούτοις, η επίτευξη του στόχου της επέκτασης σε νέα είδη θα καθοριστεί από την επίλυση των προβλημάτων που σχετίζονται με την εμπορευσιμότητα αυτών των εκτρεφόμενων ειδών. Διότι τα κριτήρια εμπορευσιμότητας έχουν τόσο μεγάλη σημασία όσο και τα βιολογικά και τα λοιπά οικονομικά κριτήρια (Παπουτσόγλου, 1997; Tisdell, 2003).

¹⁴ http://www.feap.info/redporgy/default_en.asp

3. Διαχείριση διατροφής

3.1 Η σπουδαιότητα της διαχείρισης της διατροφής

Οι υδατοκαλλιέργειες τόσο ως εφαρμοσμένη επιστήμη όσο και ως βιομηχανία είναι ένας ραγδαία αναπτυσσόμενος κλάδος. Σε αυτό έχουν συμβάλει αφενός η αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών και αφετέρου η συνεχιζόμενη μείωση της αλιευτικής παραγωγής και ο περιορισμός των φυσικών αποθεμάτων (Ενότητα Γ.1.4 Σημασία και προοπτικές των υδατοκαλλιεργειών).

Η διατροφή των ιχθύων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της παραγωγής, συνιστά ίσως τον πιο σημαντικό παράγοντα με τον οποίο καθορίζεται το κόστος της συνολικής παραγωγής. Η διατροφή των ιχθύων είναι επίσης δεσπόζουσα σημασία για τα θέματα που σχετίζονται με τον ρυθμό ανάπτυξης, το εκάστοτε επίπεδο της ομοιοστασίας, την ποιότητα του τελικού προϊόντος καθώς και την πιθανή επιβάρυνση του υδάτινου περιβάλλοντος. Για τους παραπάνω λόγους, πρέπει να αναζητηθεί ένα πλαίσιο ‘συμβιβασμού’ προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη όλες οι διαστάσεις του προβλήματος έτσι ώστε να υπάρχει μια ορθή και υπεύθυνη ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών (Παπουτσόγλου, 2008).

Οι οργανισμοί, ανάλογα με το είδος, το μέγεθος τους καθώς και το εφαρμοζόμενο σύστημα παραγωγής απαιτούν την ανάπτυξη ποικίλων διατροφικών στρατηγικών. Τα χαρακτηριστικά της χορηγούμενης τροφής (ζωντανή ή τεχνητή, βυθιζόμενη ή επιπλέουσα, το μέγεθος, η υφή, η σκληρότητα των κόκκων κλπ) πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του εκτρεφόμενου οργανισμού. Επίσης, το ημερήσιο επίπεδο διατροφής και η συχνότητα της χορήγησης των γευμάτων είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τόσο το ρυθμό ανάπτυξης όσο και το συντελεστή αξιοποίησης της ίδιας της τροφής. Η μέθοδος χορήγησης του σιτηρεσίου, εξαρτάται όχι μόνο από το σύστημα (εκτατικό, εντατικό, υπερεντατικό) αλλά και από το διαθέσιμο τεχνολογικό εξοπλισμό και το ανθρώπινο δυναμικό. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν σχεδιάζονται οι πρακτικές διατροφής και καθορίζεται το διατροφικό πρωτόκολλο, διότι αυτοί οι παράγοντες είναι τόσο σημαντικοί όσο και οι διατροφικές απαιτήσεις (θρεπτικές και ενεργειακές) των ιχθύων (National Research Council, 1993).

Επιπλέον, εξαιτίας του αυξανόμενου ενδιαφέροντος από πλευράς καταναλωτών σχετικά με την ποιότητα και ασφάλεια των προϊόντων υδατοκαλλιεργειών όπως επίσης και με την προστασία του περιβάλλοντος, όλο και μεγαλύτερη βαρύτητα δίνεται στην εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών που περιγράφονται στον αποκαλούμενο Κώδικα Βέλτιστων Πρακτικών στις Υδατοκαλλιέργειες (Best Management Practice in Aquaculture). Ο ορθολογικός σχεδιασμός της διατροφικής πρακτικής, έχει πολύ σημαντικό ρόλο στον προαναφερθέντα Κώδικα Βέλτιστων Πρακτικών, διότι αφενός αυξάνει τη κερδοφορία της παραγωγής και αφετέρου βελτιώνει την ποιότητα και ασφάλεια των παραγόμενων προϊόντων, με μεθόδους φιλικές προς το περιβάλλον. Η διαχείριση της διατροφής, βοηθάει με έμμεσο τρόπο στη βελτίωση της δημόσιας αντίληψης σχετικά με τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών και τη συμπεριφορά των

καταναλωτών, των παραγωγών καθώς επίσης των αρχών που λαμβάνουν τις αποφάσεις, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα και ανάπτυξη του κλάδου (FAO, 2008α; Lucas, 2003β).

3.1.1 Οικονομική προσέγγιση

Οι δαπάνες του σιτηρεσίου καθώς και των εργασιών που απαιτούνται για τη διατροφή των εκτρεφόμενων οργανισμών είναι οι συντελεστές που καθορίζουν το βασικό κόστος της παραγωγής (Kissil *et al*, 1997; Watanabe, 2002; Anderson and De Silva, 2003). Στην περίπτωση των σαρκοφάγων ιχθύων, το παραπάνω κόστος κυμαίνεται τυπικά από 30% έως 60% του συνολικού κόστους παραγωγής και εξαρτάται από το σύστημα παραγωγής (εντατικό ή υπερεντατικό) και από το είδος του εκτρεφόμενου οργανισμού. Με άλλα λόγια, ο βαθμός αξιοποίησης της τροφής που χορηγείται κατά τη διάρκεια της παράγωγης καθορίζει σε ένα πολύ σημαντικό βαθμό το ύψος της αποδοτικότητας της παραγωγής και ως εκ τούτου το ποσοστό κέρδους των επιχειρήσεων του κλάδου (Southgate, 2003).

Στις υδατοκαλλιέργειες, τα ημιενταντικά και κυρίως τα ενταντικά συστήματα παραγωγής, απαιτούν τη χορήγηση κυρίως τεχνητής τροφής. Αυτού του είδους οι τροφές χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκτροφή σαρκοφάγων και παμφάγων ειδών ιχθύων, καθώς επίσης και σε εκτροφές καρκινοειδών. Κύριος στόχος, κατά τη χορήγηση μιας εμπορικής τροφής, είναι η κάλυψη των διατροφικών και ενεργειακών αναγκών του εκτρεφόμενου οργανισμού σε συνδυασμό με την επίτευξη ενός ελάχιστου δυνατού κόστους (Southgate, 2003).

Παρέχοντας σε κάθε εκτρεφόμενο οργανισμό ένα σιτηρέσιο οικονομικά προσιτό, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη αν πράγματι καλύπτονται οι θρεπτικές και ενεργειακές ανάγκες των οργανισμών. Επιπλέον ένα ισορροπημένο σιτηρέσιο θα είναι μια καλή διατροφή μόνο εάν είναι εύκολο στην πέψη και στην αποτελεσματική αφομοίωση του. Η βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και της ενέργειας στα επιμέρους συστατικά των σιτηρεσίων των ιχθύων θα πρέπει να καθορίζεται κυρίως με όρους πεπτικότητας. Η πεπτικότητα περιγράφει το ποσοστό των θρεπτικών στοιχείων ή/και της ενέργειας που προσλήφθηκαν με την διατροφή και δεν εκκρίνονται στα περιττώματα (National Research Council, 1993).

Η πεπτικότητα της προσλαμβανομένης τροφής καθορίζεται κυρίως από τα χημικά (σύνθεση και σύσταση της τροφής, αναλογίες των συστατικών του σιτηρεσίου) καθώς και τα φυσικά χαρακτηριστικά της τροφής (μέγεθος, σταθερότητα στο νερό, σκληρότητα των κόκκων). Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι οι διατροφικές πρακτικές που εφαρμόζονται κατά την εκτροφή όπως το επίπεδο της διατροφής, το μέγεθος του γεύματος, η ώρα και η συχνότητα της σίτισης επίσης επηρεάζουν την πεπτικότητα της τροφής και των συστατικών της (Windell *et al*, 1978; Andrews *et al*, 1979; Henken *et al.*, 1985; Takii *et al.*, 1997; Fernandez *et al.*, 1998; Usmani *et al.*, 2003; Yamamoto *et al.*, 2007).

Όσον αφορά στα σαρκοφάγα είδη ιχθύων, η τροφή τους πρέπει απαραίτητα να περιέχει μεγάλο ποσοστό πρωτεϊνών, οι οποίες ως ένα μεγάλο βαθμό προέρχονται από άλλους υδρόβιους οργανισμούς όπως για παράδειγμα ιχθύες, καλαμάρια ή γαρίδες. Αν και οι παραπάνω πρώτες ύλες για την παρασκευή τεχνητών τροφών, είναι όντως υψηλής θρεπτικής αξίας, ωστόσο έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος (40-50% της συνολικής τιμής του σιτηρεσίου). Παράλληλα δεν είναι εγγυημένη η αδιάκοπη διαθεσιμότητα τους λόγω της δραματικής μείωσης των φυσικών αποθεμάτων (FAO, 2007).

Για το λόγο αυτό η έρευνα έχει στραφεί στη μελέτη της χρήσης φυτικών πρώτων υλών (όπως για παράδειγμα η σόγια) με σκοπό την αντικατάσταση των ζωικών πρώτων υλών (Robaina *et al.*, 1995; Vielma *et al.*, 2000; El-Saidy and Gaber, 2003; Kaushik *et al.*, 2004). Ωστόσο οι φυτικές πρώτες ύλες, αν και χαμηλότερου κόστους, είναι θρεπτικά υποδεέστερες των ζωικών λόγω της ανισορροπίας στο προφίλ των αμινοξέων τους (κυρίως των θειούχων αμινοξέων μεθειονίνης και κυστεΐνης) και λόγω της παρουσίας κάποιων αντιδιαιτητικών παραγόντων που μειώνουν την πεπτικότητα (όπως για παράδειγμα οι παρεμποδιστές θρυψίνης, α-αμυλάσης) καθώς και την ελκυστικότητα της τροφής (Alarcón *et al.*, 1999; Francis *et al.*, 2001; Guillaume and Mettaller, 2001).

Επειδή οι πρωτεΐνες είναι το συστατικό με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στις ιχθυοτροφές και παράλληλα αυξάνουν πολύ το κόστος, ο στόχος των ειδικών που ασχολούνται με την παρασκευή αυτών, προσανατολίζεται στη χορήγηση της απαιτούμενης ενέργειας μέσω μη πρωτεϊνούχων πρώτων υλών, όπως για παράδειγμα τα λιπίδια και οι υδατάνθρακες. Με αυτό το τρόπο η χρήση των πρωτεϊνών της τροφής για πρωτεϊνοσύνθεση από τους υδρόβιους οργανισμούς, μεγιστοποιείται. Για το λόγο αυτό, η ανισορροπία μεταξύ πρωτεϊνών και ενεργειακού περιεχομένου σε μια τροφή, οδηγεί είτε σε σπατάλη πρωτεΐνης, είτε στην παραγωγή λιπαρών τελικών προϊόντων χαμηλής οικονομικής αξίας (Anderson and De Silva, 2003). Η βέλτιστη αναλογία πρωτεϊνών προς ενέργεια επηρεάζεται από την πεπτικότητα της τροφής, την αναλογία των αμινοξέων, καθώς επίσης και από περιβαλλοντικούς παράγοντες, με κυριότερο τη θερμοκρασία του νερού (Hidalgo and Alliot, 1988).

Προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των πρωτεϊνών των ιχθυοτροφών, στα σιτηρέσια προστίθενται λιπίδια και υδατάνθρακες. Ωστόσο οι υδατάνθρακες συγκριτικά με τα λιπίδια, αν και είναι ευτελέστερη πρώτη ύλη, έχουν μικρότερη πεπτικότητα και το ποσοστό συμμετοχής τους στις τροφές διαφέρει ανάλογα με το είδος του εκτρεφόμενου οργανισμού. Αντίθετα τα λιπίδια έχουν μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο (θερμίδες ανά μονάδα βάρους), επίσης χαρακτηρίζονται από καλύτερη πεπτικότητα (>95%) και ελκυστικότητα. Επιπρόσθετα, συμβάλλουν στην πολύ καλή σύμπτυξη της τροφής και μειώνουν την απελευθέρωση σκόνης από τους κόκκους των συμπύκτων. Για τους λόγους αυτούς, τόσο από οικονομικής, όσο και από περιβαλλοντικής άποψης, οι πιο εμπορικές τροφές είναι πλούσιες σε λιπίδια (Purser and Forteach, 2003).

Επομένως, η παροχή σιτηρεσίων υψηλής περιεκτικότητας σε λίπη χρειάζεται αρκετή προσοχή, κυρίως όσον αφορά στην κατάλληλη διαχείριση της διατροφής (επίπεδο διατροφής, συχνότητα γευμάτων), με σκοπό να διασφαλιστεί ο έλεγχος έτσι

ώστε ‘οι φιλικές προς περιβάλλον’ και χαμηλού οικονομικού κόστους ιχθυοτροφές να μην προκαλούν προβλήματα υγείας στους ιχθύς καθώς και στην ποιότητα του τελικού προϊόντος όπως για παράδειγμα η υπέρμετρη συσσώρευση του σωματικού λίπους (Καμαριανός, 1998; Company *et al.*, 1999; Corazze, 2001; Παπουτσόγλου, 2008).

3.1.2 Περιβαλλοντική προσέγγιση

Είναι γνωστό ότι η εντατικοποίηση της παραγωγής στις υδατοκαλλιέργειες επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον διότι συντελούν στην απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων οργανικών αποβλήτων υπό τη μορφή α) των υπολειμμάτων των ιχθυοτροφών β) των περιττωμάτων των ιχθύων και γ) των προϊόντων του μεταβολισμού τους (κυρίως της αμμωνίας). Μετά από μια περίοδο, συχνά ανεξέλεγκτης δραστηριότητας, οι ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εντατικών υδατοκαλλιεργειών έχουν αυξηθεί σημαντικά και αυτό οδηγεί σε μια προσεκτικότερη επιλογή του συστήματος και των πρακτικών της εκτροφής (Cripps and Kumar, 2003).

Από διαφορές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τη διερεύνηση της επιβάρυνσης του υδάτινου περιβάλλοντος κατά την λειτουργία ιχθυοτροφικών μονάδων, έχει διαπιστωθεί ότι τα απόβλητα της ιχθυοτροφικής δραστηριότητας είναι κυρίως τα θρεπτικά στοιχεία (αζωτούχες και φωσφορούχες ενώσεις), σε αιωρούμενη και διαλυμένη μορφή (Pillay, 2004).

Οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος των φορτίων αζώτου και φωσφόρου είναι:

1. η περιεκτικότητα των στοιχείων αυτών στην τροφή
2. ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής

Όσον αφορά την περιεκτικότητα των στοιχείων αυτών στα σιτηρέσια, σήμερα υπάρχει λιγότερη αποβολή αζώτου και φωσφόρου εφόσον τα επίπεδα τους στα σιτηρέσια έχουν μειωθεί από 7,8% σε 7% και από 1,7% σε 1% αντίστοιχα (Ackefors and Enell, 1994).

Από βιβλιογραφική διερεύνηση προκύπτει ότι μόνο το 20-30% του ολικού αζώτου που προσλαμβάνεται με το σιτηρέσιο κατακρατείται από το οργανισμό για την ανάπτυξη. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου (50-70%) συνήθως αποβάλλεται σε διαλυμένη μορφή, ενώ το 5-30% σε αιωρούμενη μορφή ως περιττώματα (Krom *et al.*, 1985; Gowen and Bradbury, 1987; Porter *et al.*, 1987; Krom and Neori, 1989; Ackefors and Enell, 1994). Το κύριο προϊόν του μεταβολισμού των αζωτούχων ουσιών, κυρίως των πρωτεϊνών, απεκκρίνεται ή υπό τη μορφή της αμμωνίας από τα βράγχια (80-90%) ή υπό τη μορφή της ουρίας με τα ούρα (10-20%) (Λιόντας, 1994).

Όσον αφορά στο φωσφόρο, μόλις το 15-30% του στοιχείου αυτού ενσωματώνεται στο ψάρι, ενώ στο περιβάλλον αποβάλλεται το υπόλοιπο ή σε αιωρούμενη μορφή 50-60% ή σε διαλυμένη μορφή 15-20% (Penczak *et al.*, 1982; Ackefors and Enell, 1994; Krom *et al.*, 1985; Krom and Neori, 1989).

Επίσης, όσο πιο ισόρροπα είναι τα σιτηρέσια (ποιοτικά και ενεργειακά), τόσο ευνοϊκότερη είναι η τιμή του συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής, ενώ συγχρόνως ελαχιστοποιείται και η ποσότητα των παραγομένων προϊόντων μεταβολισμού. Η αποδόμηση των αμινοξέων της τροφής σε αμμωνία, αυξάνεται σημαντικά όταν δεν καλύπτονται η ενεργειακές ανάγκες από τα λίπη που περιέχονται στο σιτηρέσιο ή όταν υπάρχει έλλειψη κάποιου από τα απαραίτητα αμινοξέα και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν τα υπόλοιπα που πλεονάζουν (Λιόντας, 1994).

Η ορθολογική διαχείριση της διατροφής όχι μόνο μειώνει την ποσότητα της τροφής που διαφεύγει στο φυσικό περιβάλλον, αλλά παράλληλα μεγιστοποιεί την αξιοποίηση της εκάστοτε προσλαμβανομένης τροφής από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς, συμβάλλοντας έτσι τόσο στη βελτίωση του συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής, όσο και στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων ουσιών που εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον (Pillay, 2004).

Σχετικά με το ποσοστό των απωλειών τροφής, έχει εκτιμηθεί ότι κατά τη διάρκεια της εκτροφής πέστροφας σε δεξαμενές, η ποσότητα της τροφής που δεν καταναλώνεται και διαφεύγει στο φυσικό περιβάλλον είναι 10-30% για νωπές τροφές (trash fish), 5-10% για ημίξηρη τροφή (moist pellet) και 1-5% για διατροφή με ξηρές τροφές (dry pellets) (Warrer-Hansen, 1982). Κατά την εκτροφή με χρήση πλωτών κλωβών, χρησιμοποιώντας τα σύμπηκτα, το ποσοστό των αντίστοιχων απωλειών αυξάνονται κυμαινόμενα από 20% (Braaten *et al.*, 1983), έως 27-31% (Penczak *et al.*, 1982).

Ωστόσο, η παροχή νέων βελτιωμένων τροφών όπως για παράδειγμα των σύμπηκτων εξωθήσεως σε συνδυασμό όμως με την πρόοδο της επιστημονικής έρευνας στον τομέα της διατροφής, έδειξε ότι ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής για τις βορειοευρωπαϊκές χώρες έχει μειωθεί σημαντικά από το 2,3 σε λιγότερο από 1,3 σε αναπτυσσόμενα άτομα (Ackefors and Enell, 1994) και 0,8-0,9 σε ιχθύδια (Purser and Forteach, 2003).

Εντούτοις, όχι μόνο τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του σιτηρεσίου (χημική σύσταση, τύπος της τροφής, σταθερότητα της τροφής στο νερό, ταχύτητα καθίζησης της τροφής, μέγεθος των συμπηκτων, δημιουργία σκόνης) αλλά και οι πρακτικές διατροφής διαδραματίζουν έναν ουσιαστικό ρόλο στη μείωση των αποβλήτων. Από πολλές μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι όταν η χορήγηση του σιτηρεσίου δεν είναι προσαρμοσμένη στους φυσικούς διατροφικούς ρυθμούς των ιχθύων και στις ημερήσιες περιόδους της μεγίστης όρεξης τους παρατηρείται αυξημένη επιβάρυνση του νερού εκτροφής από τα απόβλητα (Reddy *et al.*, 1994; Boujard *et al.*, 1995; Azzaydi *et al.*, 1998; Hossain *et al.*, 2001; Velázquez *et al.*, 2004). Για παράδειγμα τουλάχιστον το 50% της τροφής που χορηγήθηκε σε πέστροφα σε μονάδα στον Καναδά σπαταλήθηκε κατά τη διάρκεια των περιόδων πολύ υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας νερού λόγω της λανθασμένης εκτίμησης του σημείου στο οποίο ο κορεσμός επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια της σίτισης (Cho, 2006).

Επίσης, η χρήση του αυτοματοποιημένου συστήματος διατροφής βασισμένου στον αυτόματο έλεγχο των συνθηκών του περιβάλλοντος και του επίπεδου κατανάλωσης του

σιτηρεσίου από τους ιχθύς, που εφαρμόζεται σε πολλές εντατικές και υπερεντατικές μονάδες της βόρειας Ευρώπης, είναι πολύ αποτελεσματική στη βελτίωση του συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής όσο και στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων ουσιών που εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον (Pillay, 2004).

3.1.3 Προσέγγιση από την πλευρά της ευζωίας των ιχθύων

Οι διατροφικές πρακτικές επηρεάζουν άμεσα την ευζωία και υγεία των εκτρεφόμενων ιχθύων.

Σύμφωνα με τους Yokoyama *et al.*, (2009) σε άτομα του *Pagrus major* βάρους 170-190g, αυξημένη θνησιμότητα παρατηρήθηκε σε ιχθυοπληθυσμό που σιτιζόταν *ad libitum* συγκριτικά με άλλο ιχθυοπληθυσμό που σιτιζόταν με μειωμένη ημερήσια ποσότητα της τροφής κατά το 18% σε σχέση με την επίτευξη του κορεσμού. Παρομοίως, σε άτομα τσιπούρας *Sparus aurata* καταγράφηκε η εξασθένιση του ανοσοποιητικού συστήματος καθώς και αυξημένη θνησιμότητα όταν η χορήγηση της τροφής γινόταν *ad libitum* (Sitjá-Bobadilla *et al.*, 2003).

Όσον αφορά στη συχνότητα των γευμάτων, οι Garcia and Villarroel (2009) αναφέρουν ότι σε άτομα τιλάπιας (*Oreochromis niloticus* L.) βάρους 2,65g, που σιτιζόνταν με ημερήσιο επίπεδο διατροφής 10% του ζώντος βάρους τους, τα μακρόφαγα κύτταρα των ατόμων που σιτιζόνταν δυο φορές ανά ημέρα παρουσίασαν χαμηλότερη φαγοκυτταρική δραστηριότητα, συγκριτικά με τα άτομα που σιτιζόνταν οχτώ φορές ανά ημέρα.

Η παραπάνω παρατήρηση βρίσκεται σε συμφωνία με τις υποδείξεις του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των Ηνωμένων Πολιτειών για τις διατροφικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή του είδους *Oreochromis niloticus*. Επειδή η τιλάπια προτιμά συχνότερα γεύματα από τα είδη του γατόψαρου και τα είδη της οικογένειας Salmonidae, λόγω της συνεχούς διατροφικής της συμπεριφοράς, καθώς και της μικρότερης χωρητικότητας του στόμαχου της, έξι ημερήσια γεύματα με το ημερήσιο επίπεδο διατροφής 6-10% του ζώντος βάρους προτείνονται για τα άτομα βάρους από 1,0 έως 5,0g (National Research Council, 1993). Επομένως, τόσο το ημερήσιο επίπεδο διατροφής, όσο η συχνότητα των γευμάτων παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των ανοσοποιητικών μηχανισμών, ωστόσο χρειάζεται περισσότερη έρευνα προς αυτήν την κατεύθυνση.

Μια άλλη πτυχή του παραπάνω προβλήματος αποτελεί το γεγονός ότι η διαχείριση της διατροφής μπορεί να επηρεάζει την ευζωία και υγεία των ιχθύων έμμεσα, μέσω της επίδρασης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού (Phillips *et al.*, 1998).

Ο ρυθμός μεταβολισμού των ιχθύων αυξάνεται απότομα μετά την λήψη του γεύματος και ο κύριος παράγοντας που οδηγεί στην αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού είναι το ενεργειακό κόστος της διαδικασίας πέψης, απορρόφησης και αφομοίωσης, κυρίως των διεργασιών της σύνθεσης των πρωτεϊνών (Jobling, 1981; 1983a). Επίσης, η αύξηση αυτής της μεταβολικής δραστηριότητας, συνοδεύεται από αύξηση των απαιτήσεων σε οξυγόνο και παράλληλη αύξηση της απελευθέρωσης αμμωνίας και

διοξειδίου του άνθρακα. Οι διαφορετικές αιχμές του μεταβολισμού επιβάλλουν την μη ομοιόμορφη και σταθερή σε ρυθμό λειτουργία του εξοπλισμού που ελέγχει τις συνθήκες του νερού (αερισμός, βιοφίλτρα), ο οποίος εάν δεν έχει σχεδιαστεί σωστά ή δεν αντιδρά αμέσως, μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου ή/και σε πάρα πολύ υψηλή (τοξική) συγκέντρωση αμμωνίας και διοξειδίου του άνθρακα στο νερό. Η εξομάλυνση αυτών των διακυμάνσεων μέσω της καλύτερης διαχείρισης των πρακτικών που σχετίζονται με τα σιτηρέσια και την διατροφή είναι πρωταρχικής σημασίας σε ένα εντατικό σύστημα παραγωγής, όπου η ποσότητα της τροφής που χορηγείται είναι πολύ μεγάλη λόγω της υψηλής πυκνότητας εκτροφής (Eding *et al.*, 2006).

Η ποσότητα των αποβλήτων μιας ιχθυοτροφικής εγκατάστασης, όχι μόνο επηρεάζει το φυσικό περιβάλλον, αλλά παράλληλα επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή και την βιώσιμη ανάπτυξη της επιχείρησης (Pillay, 2004). Είναι πολύ σημαντικό να εκτιμηθεί η ποιότητα και η ποσότητα των αποβλήτων, προκειμένου να αποφευχθούν διάφορα προβλήματα που προέρχονται και σχετίζονται με την ποιότητα του νερού της εκτροφής. Μερικά από αυτά είναι: μειωμένη κατανάλωση τροφής, ο υψηλός συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) (Suresh, 2003), το stress, οι ασθένειες, η αυξημένη θνησιμότητα των εκτρεφόμενων οργανισμών (Jory and Cabrera, 2003).

3.1.4 Ανταγωνιστική συμπεριφορά / ανομοιόμορφη ανάπτυξη στους εκτρεφόμενους ιχθυοπληθυσμούς

Σε μια μονάδα ιχθυοκαλλιέργειών, οι διατροφικές πρακτικές (η συνολική ημερήσια ποσότητα τροφής, η συχνότητα γευμάτων, η ώρα χορήγησης γευμάτων), συντελεί στην εμφάνιση ανταγωνισμού μεταξύ των ιχθύων κατά την διαδικασία πρόσληψης της τροφής. Το γεγονός αυτό επηρεάζει την ανάπτυξη και τη συμπεριφορά των ιχθύων και την αποτελεσματικότητα της διατροφής. Η αύξηση του ανταγωνισμού, οδηγεί στη δημιουργία ιεραρχικών δομών μεταξύ των ιχθυοπληθυσμών και μειώνει την ομοιογένεια μεταξύ των ατόμων (Jobling, 1983β,γ; Jobling, 1994; Thorpe and Cho, 1995; Cutts *et al.*, 1998; Dwyer *et al.*, 2002; Tucker *et al.*, 2006).

Η μείωση της ομοιογένειας σε έναν πληθυσμό, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία φαινομένων όπως είναι ο κανιβαλισμός. Παράλληλα η εμφάνιση ανομοιογένειας, οδηγεί σε διαχειριστικές πρακτικές όπως είναι η διαλογή, που ωστόσο προκαλεί stress στους ιχθύς. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θνησιμότητας, τη μείωση της παραγωγικότητας της εκτροφής και την αύξηση του κόστους της εκτροφής (Χώτος και Ρογδάκης, 1992; Folkvord and Ottera, 1993).

Ο κύριος λόγος που μπορεί να οδηγήσει στον ανταγωνισμό της τροφής, είναι ο περιορισμός της ημερήσιας χορηγούμενης ποσότητας (McCarthy *et al.*, 1992; Jobling 1995). Ωστόσο υπάρχουν ενδείξεις που η ετερογένεια μεγέθους ανάμεσα στα άτομα του ιχθυοπληθυσμού αναπτύσσεται ακόμα και όταν υπάρχει πλεόνασμα τροφής. Σε αυτή την περίπτωση η ετερογένεια μεγέθους εμφανίζεται εξαιτίας του γεγονότος ότι τα ψάρια μικρού μεγέθους εμποδίζονται στην προσπάθεια πρόσβασής τους στην τροφή από τους μεγαλύτερους ιχθύς. Αυξάνοντας τη συχνότητα των γευμάτων ακόμη και

χωρίς να αυξηθεί η ημερήσια ποσότητα τροφής, αυξάνονται οι πιθανότητες πρόσληψης τροφής από το μικρού μεγέθους άτομα (Jobling, 1983β; Jobling, 1995).

Τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών δεν είναι σαφή. Για παράδειγμα ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι αυξάνοντας τη συχνότητα των γευμάτων μειώνεται ο συντελεστής παραλλακτικότητας του βάρους, παρέχοντας ιχθύς πιο ομοιόμορφου μεγέθους, ανεξάρτητα αν το επίπεδο διατροφής ήταν μέχρι κορεσμού (Jobling, 1983β; Wang *et al.*, 1998) ή περιορισμένου επιπέδου διατροφής (Kayano *et al.*, 1993). Σε αντίθεση, άλλες μελέτες αναφέρουν ότι ο συντελεστής παραλλακτικότητας του βάρους των ιχθύων δεν επηρεάζεται από την συχνότητα των γευμάτων ούτε σε περιπτώσεις που οι ιχθύς σιτίζονται *ad libitum* (Booth *et al.*, 2008; Schnaittacher *et al.*, 2005) και ούτε όταν ταΐζόταν κάτω από το επίπεδο κορεσμού (Rechrech, 2004; Zakés *et al.*, 2006α).

Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις άλλοι παράγοντες όπως: ο ρυθμός παροχής της τροφής (Linnér and Brännäs, 2001; Juell and Lekang, 2001), η πυκνότητα της εκτροφής (Jobling, 1983β; Jobling and Baardvik, 1994; Kaiser *et al.*, 1995; Canario *et al.*, 1998), καθώς και η διασπορά της τροφής πάνω στην επιφάνεια του νερού (Thorpe *et al.*, 1990; Fauré and Labbé, 2001; Suresh, 2003) μπορεί να παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση του επιπέδου ανταγωνισμού μεταξύ των εκτρεφόμενων ιχθύων.

3.1.5 Ποιότητα παραγόμενων ιχθύων

Η διαχείριση της διατροφής στις ιχθυοκαλλιέργειες, διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην ποιότητα του τελικού παραγόμενου προϊόντος (Company *et al.*, 1999).

Η επίδραση της εφαρμοζόμενης διατροφικής πρακτικής αντικατοπτρίζεται στη χημική σύσταση του σώματος των εκτρεφόμενων ιχθύων, και ιδιαίτερα στην περιεκτικότητα τους σε λίπος. Τα ποσοστά των πρωτεϊνών και της τέφρας του σώματος καθώς και οι αναλογίες συμμετοχής τους στην σάρκα των ιχθύων καθορίζονται κυρίως από την ηλικία και το σωματικό βάρος των εξεταζόμενων ατόμων και σε μικρότερο βαθμό από τα προσλαμβανόμενα θρεπτικά συστατικά (Storebakken and Austreng, 1987α,β; Ellis and Reigh, 1991; Kiessling *et al.*, 1991; Shearer, 1994), η καταγραφόμενη μείωση της εκατοστιαίας συμμετοχής των πρωτεϊνών (συνήθως όταν οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται επί του ξηρού σωματικού βάρους) οφείλεται κυρίως στην αύξηση των λιπιδίων, παρά στην αυτή καθ'αυτή ελαχιστοποίηση της ποσότητάς τους (Catacutan and Coloso, 1995, 1997; Lanari *et al.*, 1999).

Η χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από το επίπεδο διατροφής καθώς και από τη χημική σύσταση του σιτηρεσίου (Watanabe, 1982; Greene and Selivonchick, 1987; Company *et al.*, 1999).

Είναι γεγονός ότι η μερική αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων και των ιχθυελαίων με φυτικές πρώτες ύλες στα σιτηρέσια των ιχθύων (Ενότητα Γ.3.1.1 Οικονομική προσέγγιση), έχει οδηγήσει στην παραγωγή τελικών προϊόντων με μειωμένη περιεκτικότητα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (HUFA) της σειράς ω-3 και ω-6. Τα συγκεκριμένα λιπαρά οξέα είναι γνωστό ότι έχουν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου, αφού συμβάλλουν στη μείωση της χοληστερόλης και στην πρόληψη της

εμφάνιση καρδιοαγγειακών παθήσεων. Για το λόγο αυτό τα τρόφιμα που προέρχονται από το υδάτινο περιβάλλον (τα προϊόντα των ιχθυοκαλλιεργειών) απολαμβάνουν υψηλές τιμές πώλησης (Sargent *et al.*, 2001). Είναι σαφές ότι πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ της μείωσης του κόστους εκτροφής και της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος, ειδικά όσον αφορά το ποσοστό των πολύτιμων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Bremner, 2003).

Παράλληλα οι εκτρεφόμενοι ιχθύες συχνά υπερσιτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τροφές οι οποίες υπερκαλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εναπόθεση μεγάλων ποσοτήτων λίπους (Berge and Storebakken, 1991; Company *et al.*, 1999; Yıldız *et al.*, 2006), με αποτέλεσμα την παραγωγή κακής ποιότητας φιλέτων (χωρίς συνεκτική υφή, με μικρό χρόνο συντήρησης). Επίσης σημαντική είναι η απώλεια μέρους της παραγωγής κατά την διάρκεια της μεταποιητικής διαδικασίας (Jobling *et al.*, 1998; Higgs *et al.*, 1995).

Υπάρχουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία για την επίδραση της συχνότητας των γευμάτων καθώς και της ώρας σίτισης τα οποία μπορούν να αντανakλώνται στην περιεκτικότητα του σώματος σε λίπη (Zoccaroto *et al.*, 1993; Boujard *et al.*, 1995), στην κατανομή των λιπιδίων σε διάφορους ιστούς (Neoske-Hallin *et al.*, 1985; Kerdchuen and Legendre, 1991; Palmegiano *et al.*, 1993) καθώς και στις εκατοστιαίες αναλογίες των λιπαρών οξέων που συνθέτουν τα λιπίδια (Baccignone *et al.*, 1993).

Πρέπει να τονισθεί ότι οι διαφορές στη σύσταση του σώματος μπορεί να είναι αποτέλεσμα τόσο της διαφορετικής κατανάλωσης της τροφής όσο και των διαφορών στην αξιοποίηση του σιτηρεσίου. Κατά συνέπεια, είναι εξαιρετικής σημασίας να ελέγχεται επαρκώς η ποσότητα της ημερήσιας καταναλωθείσας τροφής όπως επίσης και να οριστούν οι μηχανισμοί οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την ποικιλομορφία στο περιεχόμενο των λιπιδίων στον ιχθύ. Ωστόσο υπάρχουν αντιφάσεις ως προς τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών, οι οποίες πιθανά προκύπτουν από τις διαφορές στις πειραματικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτές μελέτες (Bolliet *et al.*, 2001).

Ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι το λιπιδικό περιεχόμενο του σώματος ή των διάφορων ιστών επηρεάζεται από τη συχνότητα των γευμάτων, τόσο όταν η σίτιση γινόταν *ad libitum* (Riche *et al.*, 2004; Türker, 2006) όσο και όταν η τροφή χορηγείται σε περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο διατροφής (Rechrech, 2004; Jarboe and Grant, 1996).

Επίσης, άλλες μελέτες αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα του σώματος ή/και των οργάνων/ιστών στα λίπη επηρεάζεται από την ώρα σίτισης (Neoske-Hallin *et al.*, 1985; Kerdchuen and Legendre, 1991; Baccignone *et al.*, 1993; Palmegiano *et al.*, 1993; Boujard *et al.*, 1995).

Υπάρχουν όμως και εργασίες στις οποίες δεν έχουν διαπιστωθεί διαφοροποιημένα αποτελέσματα σχετικά με τις εκατοστιαίες αναλογίες συμμετοχής των λιπιδίων στους διάφορους σωματικούς ιστούς και στα όργανα των εξεταζομένων ιχθύων λόγω διαφορετικής συχνότητας σίτισης (Gürey *et al.*, 2006; Velázquez *et al.*, 2006β; Weirich *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2007) ή λόγω της διαφορετικής ώρας χορήγησης του

σιτηρεσίου (Palmegiano *et al.*, 1994, Reddy *et al.*, 1994; Robinson *et al.*, 1995; Jarboe and Grant, 1997).

Εν τέλει, πρέπει να επισημανθεί ότι σε ποικίλα είδη ιχθύων όχι μόνο διάφορα όργανα και ιστοί του σώματος που συμμετέχουν στην εναπόθεση των λιπιδίων αλλά και ο ρυθμός με τον οποίο αυτή η συσσώρευση πραγματοποιείται μπορεί να παρουσιάζει αρκετά έντονες διαφοροποιήσεις (Jobling, 2001).

Συγκεκριμένα, οι Aursand *et al.* (1994) αναφέρουν ότι σε είδη ιχθύων της οικογένειας Salmonidae, οι μύες μπορούν να περιέχουν μέχρι το 45% των ολικών λιπών του σώματος, το κεφάλι και η σπονδυλική στήλη μαζί με το δέρμα μέχρι το 30%, ενώ τα σπλάχνα έως το 12%. Αντιθέτως, στο μπακαλιάρo (*Gadus morhua*), που θεωρείται 'άπαχο είδος', το λίπος στους μυς σπανίως ξεπερνάει το 1%. Το κύριο μέρος της συσσώρευσης του λίπους είναι το ήπαρ, το βάρος του οποίου μπορεί να φτάσει στα εκτρεφόμενα ψάρια έως το 15-20% του σωματικού βάρους (Lie *et al.*, 1988; Jobling *et al.*, 1991). Στο Ευρωπαϊκό λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και την τσιπούρα (*Sparus aurata*), εκτός του ήπατος, υψηλή εναπόθεση λιπιδίων παρατηρείται και στον περισπλαχνικό λιπώδη ιστό (Boujard *et al.*, 2004; Παπουτσόγλου, 2008).

Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι, η περιεκτικότητα του σώματος σε λιπίδια εξαρτάται όχι μόνο από την χημική σύσταση του σιτηρεσίου και τις εφαρμοζόμενες διατροφικές πρακτικές, δηλαδή το ημερήσιο επίπεδο της καταναλωθείσας τροφής, τη συχνότητα των γευμάτων, την ώρα σίτισης, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στα γεύματα, την ποσότητα του σιτηρεσίου ανά κάθε γεύμα, αλλά επίσης από την ηλικία, το βιολογικό στάδιο των εκτρεφόμενων ατόμων καθώς και από την εποχή (Nortvedt and Tuene, 1998).

3.2 Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση της διατροφής

Τα εκτρεφόμενα είδη, διαφέρουν σημαντικά τόσο ως προς τις διατροφικές (θρεπτικές και ενεργειακές) τους απαιτήσεις, όσο και ως προς τις διατροφικές τους συνήθειες. Είναι ξεκάθαρο ότι η επιλογή των σιτηρεσίων των ιχθύων θα πρέπει να ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις και να λαμβάνει υπόψη της το κάθε είδος ξεχωριστά (Southgate, 2003).

Ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης της διατροφής θα πρέπει να στοχεύει είτε στην αποφυγή του υποσιτισμού, που υπονομεύει την ανάπτυξη και προωθεί τον ανταγωνισμό (McCarthy *et al.*, 1992), είτε στην αποφυγή του υπερβολικού ταΐσματος, που αυξάνει τα υπολείμματα τροφής (Thorpe and Cho, 1995), τον συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (Talbot *et al.*, 1999) και μπορεί να συμβάλει στην περιβαλλοντική υποβάθμιση (Cho and Bureau, 2001).

Επίσης η αύξηση της αποδοτικότητας της διατροφής μπορεί να επιτευχθεί βελτιώνοντας την πεπτικότητα της τροφής, κατά την κατάρτιση και την παράγωγή της, σε συνδυασμό με την βελτιστοποίηση του διατροφικού συστήματος (Cho and Bureau, 2001). Προκειμένου να βελτιωθούν τα συστήματα διατροφής είναι σημαντικό να είναι

γνωστές όλες οι διεργασίες που σχετίζονται με την διαδικασία της διατροφής, όπως για παράδειγμα ο τρόπος πρόσληψης της τροφής, η πέψη, η απορρόφηση και ο μεταβολισμός της (Alanärä *et al.*, 2001; Anderson and De Silva, 2003).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η διαχείριση της διατροφής απαιτεί γνώση των διατροφικών απαιτήσεων, της φυσιολογίας, της συμπεριφοράς των ιχθύων καθώς και των διαφορετικών μεθόδων παροχής της τροφής (Alanärä *et al.*, 2001).

Αυτές οι διαδικασίες επηρεάζονται σημαντικά από πλήθος παραγόντων όπως:

- ενδογενείς παράγοντες (είδος, στάδιο ανάπτυξης, βιολογικοί ρυθμοί)
- περιβαλλοντικοί παράγοντες (θερμοκρασία νερού, φωτοπερίοδος, επίπεδο οξυγόνου, αλατότητα κλπ)
- χαρακτηριστικά τροφής (σύσταση, ενεργειακό περιεχόμενο, πελετοποίηση, μέγεθος, υφή)
- σύστημα παροχής της τροφής (αυτόματο ή μη)
- άλλοι παράγοντες όπως το stress, οι ανθρώπινες παρεμβάσεις, ασθένειες, πυκνότητα εκτροφής, κοινωνική κυριαρχία κλπ (Valente *et al.*, 2001).

Επιπλέον πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ανάλογα με το σύστημα παραγωγής διαφοροποιείται και η βαρύτητα των προαναφερθέντων παραγόντων. Είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστούν οι κυριότεροι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την διαχείριση της διατροφής των ιχθύων προκειμένου να πραγματοποιηθούν μελέτες κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες εκτροφής σχετικά με το σύστημα παραγωγής, με τελικό σκοπό τη σύνδεση μεταξύ των ακαδημαϊκών και βιομηχανικών προσεγγίσεων. Ο συνδυασμός αυτών των πληροφοριών μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη στρατηγικών παραγωγής (μέσω των διατροφικών πρακτικών), με μία οικονομική απόδοση, βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ευζωία του οργανισμού, την ποιότητα του τελικού προϊόντος και τη διατήρηση του οικοσυστήματος (Anras *et al.*, 2001).

3.2.1 Χορήγηση τροφής

Κάθε σιτηρέσιο πρέπει να χορηγείται στους ιχθύς με βάση μια ποσοτική αναλογία η οποία θα διασφαλίζει και την ισόρροπη ανάπτυξη και τη μέγιστη απόδοση της χορηγούμενης τροφής. Η παρεχόμενη ανά ημέρα ποσότητα τροφής πρέπει να είναι εναρμονισμένη με το είδος, την ηλικία και το βάρος των ιχθύων, την πυκνότητα της εκτροφής, την ποιότητα νερού, τη συχνότητα ταΐσματος, το θρεπτικό και ενεργειακό περιεχόμενο του σιτηρεσίου, τη διαθεσιμότητα φυσικής τροφής καθώς και με άλλους παράγοντες όπως το stress και οι μολύνσεις. Σε πολλές μονάδες εκτροφής η διατροφή είναι βασισμένη σε πίνακες χορήγησης σιτηρεσίου οι οποίοι όμως δεν λαμβάνουν υπ όψιν τις φυσικές διατροφικές συνθήκες ή/και τη φυσιολογική κατάσταση των εκτρεφόμενων οργανισμών ή/και τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες (Jory and Cabrera, 2003).

Υπάρχουν δύο πρακτικοί τρόποι διατροφής των ιχθύων. Ο ένας είναι χορήγηση της τροφής σε επίπεδο κορεσμού και ο άλλος η χορήγηση της τροφής σε κάποιο

επίπεδο διατροφής (% ζώντος βάρους) μικρότερο του κορεσμού (restricted feeding level) (Hardy, 1998).

Η καλύτερη ανάπτυξη επιτυγχάνεται με την χορήγηση τροφής έως την επίτευξη κορεσμού, αλλά η πρακτική αυτή δεν είναι απαραίτητα οικονομικότερη επειδή η μετατρεψιμότητα της τροφής σε αυτά τα επίπεδα είναι συχνά χαμηλότερη. Κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική σίτιση η οποία είναι και σπατάλη και επιβλαβής για την ποιότητα του νερού. Θεωρητικά η μέγιστη αφομοίωση της τροφής και των συστατικών της εμφανίζεται όταν η ημερήσια ποσότητα τροφής είναι ανώτερη εκείνης που αντιστοιχεί στο επίπεδο συντήρησης και κατώτερη του μέγιστου ή του επιπέδου κορεσμού (Hardy, 1998) όπως παρατηρήθηκε σε πολλές μελέτες (Talbot, 1993; Suresh, 2003; Eroldoğan *et al.*, 2004; Rowland *et al.*, 2005; Eroldoğan *et al.*, 2008).

Προγράμματα περιορισμού της διατροφής κατά 10-20% σε σχέση με το επίπεδο κορεσμού εκτιμάται ότι προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως καλύτερη αφομοίωση της τροφής και μικρότερη ρύπανση του νερού (Clark *et al.*, 1990; Pirhonen and Forsman, 1998; Einen *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2004; You *et al.*, 2008).

Για παράδειγμα στο φαγκρί *Pagrus major* (170-190g), με περιορισμένη χορήγηση τροφής (18% κάτω από το επίπεδο κορεσμού), επιτεύχθηκε φυσιολογική ανάπτυξη ταυτόχρονα με την αύξηση του συντελεστή απόδοσης τροφής, μείωση της θνησιμότητας καθώς και μείωση των υπολειμμάτων οργανικής ύλης της τροφής στο ίζημα (Yokoyama *et al.*, 2009).

Σε άλλη μελέτη, τα άτομα του ίδιου είδους *Pagrus major* (430g), σιτίζονταν μία φορά ημερησίως, είτε σε επίπεδο κορεσμού (0,94% ζώντος βάρους), είτε περιορισμένα (0,57% ζώντος βάρους). Αν και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) ήταν παρόμοιος και στα δύο διατροφικά συστήματα (*ad libitum* ή περιορισμένη χορήγηση τροφής), μια εξαιρετικά υψηλή τιμή του συντελεστή απόδοσης τροφής (FCE) (0,89) παρατηρήθηκε όταν το τάισμα ήταν περιορισμένο σε σχέση με το τάισμα σε κορεσμό (0,58) (Kato *et al.*, 1998). Περιορισμένος ημερήσιος ρυθμός διατροφής συστήθηκε επίσης στα ενήλικα άτομα *Paralichthys olivaceus* όταν σε αυτό χορηγήθηκαν σύμπηκτα εξωθήσεως, δύο φορές ημερησίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Cho *et al.*, 2007). Στα νεαρά άτομα του είδους *Sciaenops ocellatus* η σίτιση μέχρι την επίτευξη κορεσμού δεν βελτίωσε την ανάπτυξη (McGoogan and Gatlin, 2000).

Αντίθετα, σε άτομα *Trachinotus carolinus* (74,0g), παρόλο που η αύξηση του βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) δεν εμφάνισαν στατιστικές διαφοροποιήσεις, είτε όταν οι ιχθύες σιτίζονταν έως το επίπεδο κορεσμού είτε όταν αυτά ταΐζονταν με περιορισμένη ποσότητα σιτηρεσίου, παρατηρήθηκε ωστόσο μια μικρή βελτίωση του συντελεστή απόδοσης τροφής (FCE), όταν οι ιχθύες ταΐζονταν *ad libitum*. Η διαπίστωση αυτή οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι ευεργετικές επιδράσεις της ποσότητας της χορηγηθείσας τροφής (*ad libitum* ή η περιορισμένη χορήγηση τροφής) μπορεί να είναι χαρακτηριστικό του κάθε είδους (Weirich *et al.*, 2006).

Επειδή η συνολική ημερήσια ποσότητα τροφής και η συχνότητα διατροφής είναι συνάρτηση του μεγέθους. Οι μικροί ιχθύες, εφόσον έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε

ενέργεια και πρωτεΐνες, λόγω του υψηλού μεταβολικού τους ρυθμού, χρειάζεται να τους χορηγούνται μικρές ποσότητες, συνήθως σε κορεσμό, και ανά τακτά διαστήματα. Για παράδειγμα, τα ιχθύδια τσιπούρας (0,25g) αυξήθηκαν πολύ γρηγορότερα όταν σιτίζονταν συνεχώς σε σχέση με την χορήγηση της ίδιας ποσότητας τροφής σε τέσσερα γεύματα (Goldan *et al.*, 1997).

Η χορήγηση μεγάλων ποσοτήτων τροφής πρέπει να αποφευχθεί δεδομένου ότι κάτι τέτοιο αποτελεί παράγοντα που προκαλεί ανεπαρκή αφομοίωση της τροφής με επακόλουθο την συσσώρευση υπολειμμάτων τροφής στο σύστημα παραγωγής. Εντούτοις, η σίτιση των μικρών ιχθύων σε βαθμό κορεσμού δεν είναι τόσο σημαντικό πρόβλημα όσο η χορήγηση υπερβολικών ποσοτήτων τροφής σε μεγαλύτερους ιχθύς. Τούτο διότι οι μικροί σε μέγεθος ιχθύες απαιτούν μικρή ποσότητα τροφής σε σχέση με τον όγκο του ύδατος στο παρεχόμενο σύστημα παραγωγής (Craig and Helfrich, 2002; Fornshell and Hinshaw, 2008).

3.2.2 Θρεπτικό και ενεργειακό περιεχόμενο του σιτηρεσίου

Η επιλογή μεταξύ της περιορισμένης διατροφής ή της διατροφής σε κορεσμό πρέπει να βασιστεί στο θρεπτικό και ενεργειακό περιεχόμενο του σιτηρεσίου. Αν και η περιορισμένη χορήγηση σιτηρεσίων υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και ενέργεια είναι ευεργετική, οι ιχθυοτροφές με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και ενέργεια, πρέπει να χορηγούνται σε επίπεδο κορεσμού, προκειμένου να καλύψουν τις διατροφικές απαιτήσεις των εκτρεφόμενων οργανισμών (Suresh, 2003).

Οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την αβίαστη κατανάλωση τροφής από τα διάφορα είδη ιχθύων είναι η πεπτή ενέργεια των σιτηρεσίων (Kaushik and Medale, 1994). Εντούτοις, για άλλους δεν είναι ακόμα σαφές εάν η ρύθμιση της πρόσληψης της τροφής εξαρτάται από το ενεργειακό περιεχόμενο ή το μέγεθος του γεύματος (Boujard, 2001).

Η ποσότητα της τροφής που προσλαμβάνεται μπορεί να ρυθμιστεί από το μέγεθος του γεύματος στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- με τα χαμηλής ενέργειας σιτηρέσια
- στους ιχθύς χωρίς στομάχι ή με μικρό στομάχι
- μετά από περίοδο ασιτίας (Boujard, 2001)

Επίσης, μερικοί ερευνητές, έχουν παρατηρήσει ότι κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών που ακολουθεί την περίοδο ασιτίας, η ποσότητα της τροφής που προσλαμβάνεται εξαρτάται άμεσα από τη διατροφική κατάσταση των ιχθύων και συγκεκριμένα: όσο μεγαλύτερο είναι το απόθεμα των λιπιδίων στο σώμα των ιχθύων, τόσο μικρότερη είναι η ένταση της πρόσληψης του σιτηρεσίου και *vice versa* (Jobling and Miglavs, 1993; Sæther and Jobling, 1999; Boujard, 2001).

Εντούτοις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μια σύγχρονη τάση στη εκτροφή σαρκοφάγων ιχθύων είναι, να αυξηθεί το ποσοστό των λιπιδίων του σιτηρεσίου

προκειμένου να μειωθεί η χρήση της πρωτεΐνης για την παραγωγή ενέργειας προωθώντας κατά συνέπεια τη χρήση τους για πρωτεϊνοσύνθεση/ δομικούς λόγους, μια διαδικασία που έχει εκτενώς αναλυθεί για τα είδη της οικογένειας Salmonidae, το λαβράκι, τη συναγρίδα και την τσιπούρα (Ενότητα Γ.3.1.1 Οικονομική προσέγγιση).

Κατά συνέπεια, λόγω του υψηλού ενεργειακού περιεχόμενου των διαθέσιμων σιτηρεσίων, το ποσοστό της ενέργειας που προσλαμβάνεται από τους ιχθύς δεν περιορίζεται από την χωρητικότητα του στομάχου και υπερβαίνει συχνά τις διατροφικές απαιτήσεις τους. Σε αυτήν την περίπτωση, η υπερβολική ποσότητα ενέργειας αποθηκεύεται υπό μορφή λίπους σε μέρη του σώματος που ποικίλουν σημαντικά ανάλογα με τα είδη όπως οι μύες, ο περισπλαχνικός λιπώδης ιστός ή το συκώτι. Επομένως, τα επίπεδα της σίτισης πρέπει να περιοριστούν προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες στην περίπτωση μεγάλων ιχθύων που προορίζονται για μεταποίηση (Fauré and Labbé, 2001).

Αυτός είναι ένας βασικός λόγος για τον οποίο η ημερήσια ποσότητα χορηγούμενης τροφής πρέπει να βρίσκεται σε άμεση σχέση με τα θρεπτικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά της τροφής. Μερικοί ερευνητές συστήνουν τη χορήγηση σιτηρεσίων με χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπη όταν οι ιχθύες σιτίζονται σε επίπεδα κορεσμού ή κοντά σε αυτά (Vergara *et al.*, 1996). Εναλλακτικά, η περιορισμένη διατροφή πρέπει να υιοθετηθεί όταν χρησιμοποιούνται σιτηρέσια με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπη προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η διαδικασία εξοικονόμησης της πρωτεΐνης και για να αποφευχθεί η υπερβολική εναπόθεση λιπών (Calduch-Giner *et al.*, 1998; Company *et al.*, 1999).

Σύμφωνα με τον Corazze (2001), η περιεκτικότητα σε λιπίδια του σιτηρεσίου της τσιπούρας, κατά τη διάρκεια του νεαρού και ενήλικου σταδίου, δεν πρέπει να υπερβαίνει το επίπεδο των 12-15% (σιτηρέσιο χαμηλών λιπιδίων). Ωστόσο, στα υψηλά ενεργειακά σύμπληκτα εξωθήσεως για την τσιπούρα, τα λιπίδια φθάνουν στο επίπεδο 20-24% (Koven, 2002; Παπουτσόγλου, 2008).

Στην περίπτωση των σύμπληκτων υψηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικές ουσίες και ενέργεια (σύμπληκτα εξωθήσεως), όχι μόνο το περιορισμένο επίπεδο ημερήσιας διατροφής θα πρέπει να εφαρμοστεί, αλλά και οι ιχθύες θα πρέπει να σιτίζονται λιγότερο συχνά (Riche *et al.*, 2004). Αυτό βασίζεται στην παρατήρηση πως ο χρόνος κένωσης του πεπτικού σωλήνα (GET-gastric evacuation time) αυξάνεται σημαντικά όταν γίνεται χορήγηση των σύμπληκτων εξωθήσεως, σε σύγκριση με τη χρήση των κοινών σύμπληκτων (Venou *et al.*, 2008).

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο γευμάτων θα διασφαλίσει την αποδοτικότερη πέψη και απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών, δεδομένου ότι η υπερβολική συχνότητα διατροφής μπορεί να οδηγήσει τις θρεπτικές ουσίες να αποβληθούν προτού να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν από τον οργανισμό ως συνέπεια του αυξανόμενου ρυθμού με τον οποίον οι τροφές κινούνται μέσω του πεπτικού σωλήνα (Barrington, 1957; Anderson and De Silva, 2003; Παπουτσόγλου, 2008).

3.2.3 Ημερήσιοι και εποχιακοί ρυθμοί διατροφής

Τα περισσότερα είδη ιχθύων δεν προσλαμβάνουν την τροφή τους συνεχώς (Anderson and De Silva, 2003). Η διατροφική δραστηριότητά τους αναπτύσσεται είτε κατά τη διάρκεια της ημέρας είτε τη νύχτα εφόσον αυτά έχουν αποκτήσει συγκεκριμένα πρότυπα συμπεριφοράς ως αποτέλεσμα μιας μακροχρόνιας εξέλιξης (Daan, 1981).

Οι ρυθμοί διατροφής των εκτρεφόμενων ιχθύων επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους μπορούν να προκαλέσουν ακόμη και μια αντιστροφή του προτύπου της διατροφής. Αυτοί οι παράγοντες είναι: οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της φωτοπερίοδου, οι αλλαγές στην ένταση του φωτός, η διαθεσιμότητα της τροφής, η ενέργεια του σιτηρεσίου, καθώς επίσης και οι βιολογικοί κύκλοι.

Οι φυσικοί ρυθμοί διατροφής, με δεδομένη διακύμανση της περιοδικότητας από τις ημέρες στις εποχές είναι αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων των παραπάνω παραγόντων (Velázquez *et al.*, 2004; Velázquez *et al.*, 2006α,β).

Ο συνδυασμός όλων αυτών των μεταβλητών καθιστά μάλλον δύσκολη την πρόβλεψη της ποσότητας της τροφής που πρέπει να χορηγηθεί σε δεδομένο χρόνο. Είναι επίσης σημαντικό ότι και η χρονική διάρκεια της ημέρας και οι εποχιακές αποκλίσεις στη διατροφή αλλάζουν την όρεξη των ιχθύων. Όταν οι ρυθμοί σίτισης δεν καθορίζονται σωστά, η τροφή μπορεί να μην καταναλωθεί και επομένως ο συντελεστής της εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) να αυξηθεί (Velázquez *et al.*, 2004; Velázquez *et al.*, 2006α).

Οι ημερήσιοι και εποχιακοί ρυθμοί διατροφής των ιχθύων εξαρτώνται από τα είδη. Για παράδειγμα τα είδη της οικογένειας Salmonidae, που θεωρούνται συνήθως ότι βασίζονται στο οπτικό ερέθισμα, εμφανίζουν έντονη δραστηριότητα του ημερήσιου κύκλου διατροφής κατά την διάρκεια της ανατολής και της δύσης (Eriksson and Alanära, 1992). Αντιθέτως, διάφορα είδη γατόψαρου όπως το *Hoplosternum littorale* (Boujard *et al.*, 1990) και το *Glanis silurus* (Boujard, 1995) προσλαμβάνουν την τροφή τους σχεδόν αποκλειστικά τη νύχτα.

Ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar*) προσλαμβάνει την τροφή πιο έντονα κατά τη διάρκεια της ημέρας (Jørgensen and Jobling, 1992; Paspatis and Boujard, 1996). Προς το τέλος του καλοκαιριού και στις αρχές του φθινοπώρου ο σολομός εμφανίζει σημαντικά αυξημένη όρεξη ιδιαιτέρως κατά την αυγή και το σούρουπο (Paspatis and Boujard, 1996; Blyth *et al.*, 1999). Μερικοί ερευνητές παρατήρησαν επίσης, ότι σε χαμηλή θερμοκρασία κάτω των 10 °C, ο σολομός του Ατλαντικού ακολουθεί νυκτερινή διατροφή (Fraser *et al.*, 1993; Fraser *et al.*, 1995).

Επιπλέον, το ημερήσιο επίπεδο προσλαμβανομένης τροφής ποικίλλει ανάλογα με την εποχή. Συγκεκριμένα, η όρεξη εμφανίζεται σε υψηλότερο επίπεδο κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου (ημερήσια διατροφή στο 3,0% του σωματικού βάρους), ενώ μειώνεται κατά τα τέλη του φθινοπώρου. Παραμένει χαμηλή κατά τη διάρκεια του χειμώνα (ημερήσια διατροφή στο 0,1% του σωματικού βάρους) και αυξάνεται ξανά κατά τη

διάρκεια της άνοιξης όταν οι ιχθύες πλησιάζουν στη φάση αναπαραγωγής τους (Noble *et al.*, 2007).

Παρόμοιες αλλαγές παρατηρήθηκαν στους ρυθμούς σίτισης στην πέστροφα (Grove *et al.*, 1978), στη λιμνοπέστροφα της Αρκτικής (*Salvelinus alpinus*) (Jørgensen and Jobling, 1989; Jørgensen and Jobling, 1990) και στο λαβράκι (Sánchez-Vázquez *et al.*, 1994; Sánchez-Vázquez *et al.*, 1995; Azzaydi *et al.*, 1998; Sánchez-Vázquez *et al.*, 1998; Azzaydi *et al.*, 2007), όπου από την ημερήσια σίτιση που γινόταν το καλοκαίρι και το φθινόπωρο μετατράπηκε σε νυκτερινή κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Εντούτοις, η διατροφή των ιχθύων της οικογένειας Salmonidae σε πλωτούς κλωβούς πρέπει να αποφευχθεί κατά τη διάρκεια της νύχτα δεδομένης της αναποτελεσματικότητας στη σύλληψη των κόκκων της τροφής, η οποία εν συνεχεία αυξάνει τον κίνδυνο απώλειας της τροφής (Thorpe and Cho, 1995).

Η αποδοτικότητα με την οποία για παράδειγμα ο σολομός του Ατλαντικού συλλαμβάνει την τροφή, ακόμη και υπό τις ευνοϊκότερες νυκτερινές συνθήκες (γεμάτο φεγγάρι και καθαρός ουρανός), είναι χαμηλή περίπου της τάξεως του 35% της ημερήσιας αποδοτικότητας. Όμως όταν το φεγγάρι δεν είναι γεμάτο και ο ουρανός είναι συννεφιασμένος οι ιχθύες σιτίζονται σε ποσοστό λιγότερο του 10% της πρωινής διατροφής (Fraser and Metcalfe, 1997). Αντιθέτως, το λαβράκι μπορεί να σιτιστεί στους πλωτούς κλωβούς κατά τις βραδινές ώρες των περιόδων χαμηλής θερμοκρασία ύδατος. Σε αυτή την περίπτωση η αποδοτικότητα στη σύλληψη τροφής φαίνεται να είναι παρόμοια με αυτήν της πρωινής διατροφής (Azzaydi *et al.*, 2000).

Οι εποχιακές διακυμάνσεις στην διατροφή εμφανίζονται επίσης στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), εντούτοις σε αυτό το είδος συμβαίνει μόνο μια μετατόπιση του μέγιστου της απαιτήσης, παρά πλήρη αντιστροφή.

Οι Velázquez *et al.* (2006α) αναφέρουν ότι όταν το σιτηρέσιο χορηγείται υπό σταθερές συνθήκες ανάλογες των καλοκαιρινών συνθηκών (26 °C; 12:12 φως : σκοτάδι) και χειμερινών συνθηκών (17 °C; 9:15 φως : σκοτάδι), η τσιπούρα εμφανίζει ένα αξιοπρόσεκτο πρότυπο ημερήσιας δραστηριότητας με κάποια δευτερεύουσα νυκτερινή δραστηριότητα, κάτι που έχει παρατηρηθεί ήδη σε πολλές προηγούμενες μελέτες (Paspatis *et al.*, 2000; Sánchez-Muros *et al.*, 2003; Velázquez *et al.*, 2004).

Υπό συνθήκες προσομοιάζουσες τις καλοκαιρινές, εμφανίζονται τρεις διαφορετικές περιόδους μέγιστης διατροφικής δραστηριότητας: α) με το άνοιγμα των φώτων, β) προς τη μεσημβρία και γ) λίγο πριν τα φώτα σβήσουν. Το χειμώνα, όχι μόνο ο αριθμός των απαιτήσεων είναι σαφώς μικρότερος απ' ότι το καλοκαίρι, αλλά υπάρχει μόνο μια περίοδο μέγιστης διατροφικής δραστηριότητας αργά στη μέση της ημέρας (14:00) (Velázquez *et al.*, 2006α).

Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι τρεις ημερήσιες περίοδοι μέγιστης διατροφικής δραστηριότητας, υπό συνθήκες προσομοιάζουσες τις θερινές, είναι περισσότερο έντονες στα σιτηρέσια χαμηλής ενέργειας (172g λίπους kg σιτιρεσίου⁻¹) δεδομένου ότι σε αυτήν την περίπτωση η τσιπούρα πιθανώς ρυθμίζει την ποσότητα που λαμβάνει κυρίως μέσω του μεγέθους του γεύματος, της χωρητικότητας του στομάχου και των

εναλλαγών στην αύξηση και μείωση της απαίτησης για τροφή (πείνα). Το ίδιο πρότυπο περιγράφηκε από τον Anthouard *et al.* (1996) με χαμηλής ενέργειας σιτηρέσια (130g λίπους kg σιτηρεσίου⁻¹). Με σιτηρέσια όμως υψηλής ενέργειας (238 g λίπη kg σιτηρεσίου⁻¹), οι περίοδοι διατροφικής δραστηριότητας δεν ήταν τόσο έντονες και ο ιχθύς εμφάνιζε ένα σχετικά πιο ομαλό ημερήσιο ρυθμό διατροφής παρόμοιο με αυτό που κατέληξαν οι Paspatis *et al.* (2000) όταν κατά την καλοκαιρινή περίοδο χρησιμοποίησαν σιτηρέσια με ανάλογη περιεκτικότητα σε λιπίδια. Επίσης, ο ημερήσιος ρυθμός διατροφής υπό συνθήκες προσομοιάζουσες με τις χειμωνιάτικες ήταν ο ίδιος και για τα δύο είδη σιτηρεσίων, με μια περίοδο της πιο έντονης πρόσληψης του σιτηρεσίου στο μέσο της ημέρας (Velázquez *et al.*, 2006a).

Εντούτοις, όταν η εκτροφή των ιχθύων, κατά τη μετάβαση από το χειμώνα στο καλοκαίρι έγινε υπό φυσικές συνθήκες θερμοκρασίας και φωτοπεριόδου, οι ιχθύες άλλαξαν το πρότυπο συμπεριφοράς τους, από τη σίτιση κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας (με μια περίοδο μέγιστης διατροφικής δραστηριότητας στην μεσημβρία, από τον Απρίλιο μέχρι τον Ιούλιο) στη σίτιση το απόγευμα και το βράδυ (στο χειμώνα και στην αρχή της άνοιξης). Η ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής είναι χαμηλότερη το χειμώνα και αυξάνεται βαθμιαία προς το τέλος της άνοιξης και του καλοκαιριού (Velázquez *et al.*, 2004).

Μια άλλη σημαντική εύρεση της ίδιας μελέτης ήταν ότι υπό βέλτιστες σταθερές συνθήκες (25 °C; 12 ώρες φως : 12 ώρες σκοτάδι) και πλήρες σκοτάδι τη νύχτα, το πρότυπο διατροφής ήταν κυρίως ημερήσιο, εμφανίζοντας δύο ελαφρώς διαφορετικές τάσεις. Για τους μήνες από το Δεκέμβριο μέχρι τον Απρίλιο, υπήρξαν τρεις, όχι πολύ έντονες, αιχμές σχετικά με τον αριθμό των ταϊσμάτων, οι οποίες δεν υπήρχαν το Μάιο. Τον Ιούνιο και τον Ιούλιο μόνο μια αιχμή (12:00-14:00) παρατηρήθηκε, ομοίως όπως στο φυσικό περιβάλλον. Κάτι τέτοιο δείχνει ότι ακόμη και υπό φυσικές συνθήκες θερμοκρασίας και φωτοπεριόδου, οι εκτρεφόμενοι ιχθύες εμφανίζουν ενδογενείς διατροφικούς ρυθμούς τους. Επομένως, η τσιπούρα προσλαμβάνει την τροφή όταν η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλή, ακόμα και τη νύχτα, υπό τον όρο ότι υπάρχει αρκετό φως για να εντοπίσει τα σύμπηκτα (Velázquez *et al.*, 2004).

3.2.4 Σύστημα παραγωγής

Υπάρχει μια ευρεία ποικιλία συστημάτων παραγωγής στις υδατοκαλλιέργειες παγκοσμίως, και τα συστήματα αυτά μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύουν μια εξέλιξη από την εκτροφή στις ανοιχτές φυσικές υδατοσυλλογές στην εκτροφή στα κλειστά συστήματα, που είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου ανεξάρτητα από το φυσικό περιβάλλον.

Στο εκτατικό σύστημα παραγωγής η παραγωγή πραγματοποιείται στο φυσικό περιβάλλον. Το φυσικό οικοσύστημα χαρακτηρίζεται από υψηλή πολυπλοκότητα όπου πολυάριθμες αλληλεπιδράσεις (μεταξύ φυσικών, χημικών και βιολογικών συνθηκών του νερού, του ιζήματος και του βένθους και των εκτρεφόμενων ειδών) πραγματοποιούνται συγχρόνως. Οι φυσικές διακυμάνσεις πολλών περιβαλλοντικών

παραγόντων μπορεί να είναι αξιοσημείωτες και μπορούν να καθορίζουν σημαντικά τις ημερήσιες και εποχιακές αποκλίσεις στην πρόσληψη της τροφής από τους ιχθύς. Ομοίως, στο εντατικό σύστημα παραγωγής με χρήση πλωτών κλωβών, μειονέκτημα της εκμετάλλευσης του φυσικού περιβάλλοντος αποτελεί το γεγονός ότι οι διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού εκτροφής μπορεί να είναι ιδιαίτερα απρόβλεπτες (Angras *et al.*, 2001).

Αντίθετα, η εκτροφή σε δεξαμενές, συχνά καλούμενη ως χερσαία εκτροφή, προσφέρει την δυνατότητα για το χειρισμό και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η δυνατότητα να ελεγχθούν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες διαφέρει ανάλογα με το εάν υπάρχει συνεχής ροή νερού ή χρησιμοποιείται σύστημα ανακύκλωσής του, με το τελευταίο να παρέχει καλύτερη δυνατότητα χειρισμού του φωτός, της θερμοκρασίας, της αλατότητας, του οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα, των αμμωνιακών και των νιτρικών ιόντων, των αιωρούμενων στερεών, καθώς επίσης και των παθογόνων στελεχών. Εντούτοις, παρά την δυνατότητα έλεγχου των περιβαλλοντικών συνθηκών στις δεξαμενές εκτροφής, διάφοροι παράγοντες μπορούν ακόμα να παρουσιάσουν διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές συσχετίζονται άμεσα με την αύξηση του μεταβολικού ρυθμού λόγω της διατροφής των ιχθύων, που οδηγεί σε μεταβολές των αναγκών σε οξυγόνο, της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα και της έκκρισης νιτρικών ιόντων. Κατά συνέπεια η προσεκτική διαχείριση της τροφής έχει μεγάλη σημασία "στη διαμόρφωση" αυτών των διακυμάνσεων, ειδικά στα εντατικά συστήματα παραγωγής όπου η χορήγηση τροφής είναι υψηλή λόγω της υψηλής πυκνότητας εκτροφής (Ενότητα Γ.3.1.3 Προσέγγιση από την πλευρά της ευζωίας των ιχθύων) (Angras *et al.*, 2001).

Η διαχείριση της τροφής είναι τεράστιας σπουδαιότητας για τα ανοικτά και τα κλειστά συστήματα. Στις λίμνες και τους κλωβούς, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες δεν μπορούν να ελεγχθούν, με συνέπεια οι ημερήσιες και οι εποχιακές αλλαγές των παραγόντων αυτών να τροποποιούν τη διαδικασία διατροφής των ιχθύων. Ως εκ τούτου είναι σημαντικό οι εκτροφείς να προβαίνουν σε συνεχή έλεγχο του ρυθμού πρόσληψης της τροφής από τους ιχθύς προκειμένου να ρυθμιστεί η χορήγηση της τροφής στο χρόνο της μέγιστης απαίτησης. Αντίθετα, το σύστημα ανακύκλωσης του νερού δίνει τη δυνατότητα να ελεγχθούν οι ρυθμοί διατροφής μέσω της βελτιστοποίησης των συνθηκών εκτροφής (θερμοκρασία, φωτοπερίοδος). Εντούτοις, η ποιότητα του νερού είναι πρωταρχικής σημασίας σε αυτό το είδος συστημάτων παραγωγής λόγω της μειωμένης ή μηδενικής ανταλλαγής του νερού με αυτό του φυσικού περιβάλλοντος. Η βελτιστοποίηση της αφομοίωσης της τροφής από προσεκτικές πρακτικές χορήγησης της τροφής, είναι σημαντικός παράγοντας στην ελαχιστοποίηση της απεκκρίσεων και στον έλεγχο των παραμέτρων του νερού όπως το οξυγόνο, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα και της αμμωνίας, ενώ μακροχρόνια, η σωστή διαχείριση της τροφής μπορεί επίσης να μειώσει την ανάγκη επέμβασης στο σύστημα, μειώνοντας τις λειτουργικές δαπάνες και τις επενδύσεις κεφαλαίου (βιολογικά φίλτρα, μηχανήματα της παροχής του οξυγόνου) (Cripps and Bergheim, 2000).

3.2.5 Τρόποι χορήγησης τροφής

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πρακτικές διατροφής όχι μόνο εξαρτώνται από το είδος και το μέγεθος των ιχθύων αλλά εξαρτώνται και από το μέγεθος της μονάδας εκτροφής και τη διαθεσιμότητα του προσωπικού (Craig and Helfrich, 2002).

Η τροφή μπορεί να χορηγηθεί με το χέρι, με μηχανικούς (αυτόματους) διανομείς (κανονάκια), ή ταΐστρες που λειτουργούν μετά από απαίτηση του ίδιου του ιχθύος (demand feeders). Ανεξάρτητα από τον τρόπο χορήγησης τροφής ή το σύστημα παραγωγής, η ποσότητα της τροφής που χορηγείται πρέπει να βελτιστοποιήσει το επίπεδο διατροφής και τη μέγιστη ανάπτυξη. Αυτό συνεπάγεται χορήγηση τροφής σε τέτοιο επίπεδο ώστε να αποφευχθούν τα υπολείμματα τροφών και να επιτευχθεί ένας ιδανικός συντελεστής μετατρεψιμότητας (Hardy, 2004).

Γενικά, η παρατήρηση της συμπεριφοράς των ιχθύων κατά την διατροφή τους είναι πολύ σημαντική για αποτελεσματική διαχείριση του προγράμματος διατροφής. Δεδομένου ότι υπάρχουν ημερήσιες αποκλίσεις στην κατανάλωση τροφής, μόνο μέσα από μια συνεχόμενη καταγραφή της απαίτησης τους σε τροφή και την χορήγηση της κατάλληλης ποσότητας τροφής, μειώνεται ο κίνδυνος υποσιτισμού ή υπερσίτισης των ιχθύων, ενώ επίσης και η απώλεια τροφής μπορεί να ελαχιστοποιηθεί (Southgate, 2003).

Οι πεπειραμένοι εκτροφείς ξέρουν ότι η χορήγηση τροφής με το χέρι είναι ο πλέον κατάλληλος τρόπος, επειδή επιτρέπει στον εκτροφέα να παρατηρήσει τη δραστηριότητα του ψαριού κατά τη σίτιση και να επιθεωρεί συνεχώς και άλλες παραμέτρους που συμβάλλουν στην σωστή διαχείριση μιας μονάδας εκτροφής (νεκρά ή ασθενή ψάρια, γενική συμπεριφορά και ζημιά κλωβών και διχτυών). Εντούτοις, κάτι τέτοιο περιορίζει τον αριθμό των ημερήσιων ταϊσμάτων ή την ταυτόχρονη χορήγηση τροφής σε όλους τους κλωβούς. Επιπλέον, είναι δαπανηρό επειδή απαιτεί εντατική εργασία και είναι ακατάλληλο για μεγάλες μονάδες εκτροφής. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι ταΐστρες που λειτουργούν μετά από απαίτηση του ίδιου του ιχθύος (demand feeders) ή με χρονοδιακόπτη (feeders with timers) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγχουν την χορήγηση της τροφής (Purser and Forteach, 2003; Παπουσόγλου, 2008).

Είναι δυνατό να συνδυαστούν διαφορετικές μέθοδοι προκειμένου να υπάρξει ωφέλεια από τα πλεονεκτήματά τους ή να ελαχιστοποιηθούν τα μειονεκτήματά τους αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, η αυτόματη χορήγηση του 80% ενός υπολογισμένου σιτηρεσίου μπορεί να ακολουθηθεί στο τέλος της ημέρας από το τάισμα με το χέρι έως το σημείο κορεσμού, και ταυτόχρονα να γίνεται προσεκτική παρατήρηση της συμπεριφοράς (Fauré and Labbé, 2001).

Επειδή η τεχνολογία αλλάζει γρήγορα, οι πρακτικές για τη διαχείριση της διατροφής πρέπει να είναι ευέλικτες έτσι ώστε οι νεώτερες και βελτιωμένες τεχνολογίες να μπορούν να εφαρμοστούν καθώς γίνονται διαθέσιμες (Fornshell and Hinshaw, 2008). Η ύπαρξη συστημάτων παροχής της τροφής που ελέγχονται από υπολογιστή είναι κάτι σύνηθες στις μεγάλες μονάδες εκτροφής. Αυτό το περίπλοκο σύστημα το οποίο βασίζεται στα τελευταία επιτεύγματα της τεχνολογίας, όπως οι προσαρμοστικοί

τροφοδότες (adaptive feeders), οι ακουστικές συσκευές ανίχνευσης (acoustic detection devices) και οι υποβρύχιες φωτογραφικές μηχανές, έχει ως στόχο μέσω της ταυτόχρονης εκτίμησης των περιβαλλοντικών συνθηκών και των προηγούμενων ημερήσιων ταΐσμάτων να ρυθμίσει επαρκώς τη χορήγηση τροφής στους ιχθύς. Αυτή η προσέγγιση βελτιστοποιεί τον FCR και ελαχιστοποιεί τα υπολείμματα τροφής, κάτι που συνεπάγεται οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (Southgate, 2003).

3.3 Συχνότητα γευμάτων

3.3.1 Βέλτιστη συχνότητα γευμάτων σε διάφορα είδη ιχθύων

Διαφορετική βέλτιστη συχνότητα γευμάτων διαπιστώνεται σε διαφορετικά είδη ιχθύων συγκεκριμένης ηλικίας-μεγέθους.

Είναι γνωστό ότι τόσο η συχνότητα ταΐσματος όσο και η συνολική ημερήσια ποσότητα τροφής είναι συνάρτηση του μεγέθους του ιχθύος. Για τον λόγο αυτό προτείνεται μεγάλος αριθμός ημερήσιων γευμάτων (σε ορισμένες περιπτώσεις 20-24) κατά τις περιόδους ανάπτυξης των ιχθυδίων. Αυτός ο αριθμός αμέσως μετά την απορρόφηση του λεκιθικού τους σάκου, θα πρέπει βαθμιαία να μειώνεται (3-2 γεύματα) με την αύξηση του μεγέθους των ιχθύων μέχρι επίτευξης του εμπορεύσιμου βάρους τους (Παπουτσόγλου, 2008).

Στις περισσότερες σχετικές μελέτες η διερεύνηση της βέλτιστης συχνότητας σίτισης αφορά τα λεκιθοφόρα και τα ατελή ιχθυδία, στα οποία η αυξημένη συχνότητα γευμάτων βελτιώνει τόσο την επιβίωση όσο τον ρυθμό αύξησης και την εκμετάλλευση της τροφής λόγω του υψηλού μεταβολικού τους ρυθμού (Barrows and Hardy, 2004).

Στον πίνακα Γ.3.3.1.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ερευνητικών εργασιών για την βέλτιστη συχνότητα των γευμάτων (ΒΣΓ) σε διάφορα είδη ιχθύων της κύριας εκτροφής και δεν συμπεριλαμβάνονται στοιχεία για τους ιχθύς στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους (δηλαδή από εκκόλαψη ως περίπου 4 g).

Επισημαίνεται ότι σε ελάχιστες από αυτές τις μελέτες εφαρμόστηκε η χορήγηση της περιορισμένης ημερήσιας ποσότητας τροφής. Το γεγονός αυτό έχει μεγάλη σημασία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων γιατί μόνο αυτή η μέθοδος χορήγησης της τροφής εξασφαλίζει κατανάλωση ίδιας ποσότητας τροφής από τους ιχθυοπληθυσμούς ανά ημέρα, ανεξάρτητα από τον ημερήσιο αριθμό των γευμάτων. Κατά συνέπεια οι διαφορές σε παραμέτρους ανάπτυξης και φυσιολογικών διεργασιών προέρχονται αποκλειστικά από διαφορές μετατρεψιμότητας και αξιοποίησης της τροφής και όχι από διαφορές της συνολικής ημερήσιας καταναλωθείσας ποσότητας του σιτηρεσίου όπως συμβαίνει όταν η τροφή χορηγείται μέχρι της επιτεύξεως κορεσμού (*ad libitum*).

Επιπρόσθετα, η συχνότητα των γευμάτων μπορεί να προκαλέσει την ταυτόχρονη βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης των ιχθύων καθώς και των συντελεστών της εκμετάλλευσης της τροφής και των συστατικών της, μόνο μέσα από τον κατάλληλο προσδιορισμό του ημερήσιου επίπεδου διατροφής (% ζώντος βάρους) ανά μονάδα χρόνου και βιομάζας, υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες εκτροφής (Talbot *et al.*, 1999).

3.3.2 Συχνότητα γευμάτων και ανάπτυξη / φυσιολογία των ιχθύων

Η συχνότητα των γευμάτων είναι δυνατό να επηρεάσει το ρυθμό ανάπτυξης, την μετατρεψιμότητα της τροφής, τη χημική σύσταση του σώματος, την παραλλακτικότητα του βάρους, την επιβίωση, τον συντελεστή ευρωστίας, την ποιότητα νερού (Phillips *et al.*, 1998) καθώς και την πεπτικότητα των συστατικών της τροφής (Usmani *et al.*, 2003; Yamamoto *et al.*, 2007). Ωστόσο τα αποτελέσματα διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των διάφορων ειδών ιχθύων (Πίνακας Γ.3.3.1.1).

Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφορετική ηθολογία διατροφής που χαρακτηρίζει κάθε είδος και η οποία συμπεριλαμβάνει: τις διατροφικές συνήθειες (διατροφική συμπεριφορά), το διατροφικό τύπο καθώς και τους ρυθμούς διατροφής (ημερήσιους και εποχιακούς) (Παποτσόγλου, 2008).

Πιο συγκεκριμένα, οι διατροφικές συνήθειες ή η διατροφική συμπεριφορά των ιχθύων έχει την έννοια του τρόπου της αναζήτησης και της λήψης τροφής (αρπαγή, φιλτράρισμα, 'βόσκηση', σύνθλιψη της τροφής ή παρασιτική συμπεριφορά), ενώ με τον όρο διατροφικό τύπο (σαρκοφάγα, φυτοφάγα, παμφάγα) εννοούμε τις ιδιότητες του πεπτικού συστήματος (ύπαρξη και ενεργότητα διάφορων πεπτικών ενζύμων, καθώς και στοιχεία της μορφολογίας του πεπτικού σωλήνα, όπως μέγεθος και κατασκευή του στόματος, ύπαρξη ή όχι στομάχου ή/και πυλωρικών τυφλών, μήκος εντέρου). Ωστόσο το τελικό αποτέλεσμα εκτροφής, δηλαδή το ύψος της παραγωγής και η ποιότητα του τελικού προϊόντος, καθορίζεται όχι μόνο από την ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής και τις διεργασίες της πέψης, αλλά και από το βαθμό της απορρόφησης των προϊόντων της πέψης και τέλος από την αξιοποίηση των προϊόντων αυτών κατά την διάρκεια των μεταβολικών διεργασιών (Παποτσόγλου, 2008).

Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές, ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο γευμάτων μπορεί να παίζει πιο σημαντικό ρόλο από τον συνολικό αριθμό των ημερήσιων γευμάτων (Liu and Liao, 1999). Επίσης, το μέγεθος του γεύματος επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον χρόνο διέλευσης της τροφής από τον πεπτικό σωλήνα (Lazo *et al.*, 1998).

Επομένως, η υπερβολική συχνότητα γευμάτων ή/και η μη κατάλληλα προσαρμοσμένη ποσότητα τροφής ανά γεύμα μπορεί να οδηγήσουν στην αύξηση του ρυθμού με τον οποίον η τροφή κινείται μέσω του πεπτικού σωλήνα με αποτέλεσμα ο χρόνος παραμονής της τροφής στον πεπτικό σωλήνα να μην είναι αρκετά μεγάλος για την αποτελεσματική πέψη της τροφής και της απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών (Lazo *et al.*, 1998; Liu and Liao, 1999; Usmani *et al.*, 2003; Yamamoto *et al.*, 2007) καθώς και την πλήρη ολοκλήρωση των διάφορων φυσιολογικών διεργασιών (Tsevis *et al.*, 1992).

Με βάση τα παραπάνω, η συχνότητα των ημερήσιων γευμάτων πρέπει να καθοριστεί όχι μόνο με την έννοια του αριθμού των ημερήσιων γευμάτων αλλά με την έννοια της κατάλληλης ώρας χορήγησης της τροφής, του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ των γευμάτων καθώς και της ποσότητας της τροφής ανά γεύμα.

Επισημαίνεται ότι διαφορετικοί και αλληλένδετοι παράγοντες εμπλέκονται ταυτόχρονα στα παραπάνω χαρακτηριστικά της διατροφής των ιχθύων. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να ενταχθούν σε ομάδες: τροφής (η σύνθεση και η σύσταση της τροφής, το ημερήσιο επίπεδο διατροφής, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των γευμάτων και η ώρα χορήγησης τροφής), νερού (θερμοκρασία, δεσμευμένο O₂, pH, ταχύτητα κινήσεως νερού, 'αιωρούμενα' σωματίδια) και ιχθύος (είδος, ποικιλία, ηλικία-μέγεθος, φυσιολογική κατάσταση) (Παπουτσόγλου, 2008).

Τέλος, η καλύτερη αξιοποίηση της τροφής και των συστατικών της παρατηρείται όταν η χορήγηση της τροφής στους εκτρεφόμενους οργανισμούς πραγματοποιείται ανάλογα με τους φυσικούς διατροφικούς ρυθμούς τους (Reddy *et al.*, 1994; Boujard *et al.*, 1995; Azzaydi *et al.*, 1998, 1999; Hossain *et al.*, 2001). Το γεγονός αυτό συνδέεται με την ενεργοποίηση των νευροορμονικών μηχανισμών της αποδοχής της τροφής, της πέψης, της σύνθεσης των πρωτεϊνών και του λίπους καθώς και της διανομής του ενεργειακού κόστους (energy partitioning) όλων αυτών διαδικασιών (Spieler, 1979; Tsevis *et al.*, 1992; Jobling, 1993; LeBail and Boeuf, 1997; MacKenzie *et al.*, 1998).

Σε αυτή την περίπτωση, η προσεκτική προσαρμογή της ποσότητας της παρεχόμενης τροφής στις περιόδους που εκδηλώνεται η μέγιστη όρεξη των ιχθύων κατά την διάρκεια των φυσικών ημερήσιων και εποχιακών κύκλων διατροφής μπορεί να δώσει παρόμοια ή/και ακόμα καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με το αυτόματο σύστημα χορήγησης του σιτηρεσίου που λειτουργεί μετά από απαίτηση του ίδιου του ιχθύος (self-feeding system/demand feeding) (Azzaydi *et al.*, 1999).

Πίνακας Γ.3.3.1.1 Βέλτιστη συχνότητα γευμάτων (ΒΣΓ) σε διάφορα είδη ιχθύων κατά την κύρια εκτροφή.

Επιστημονική ονομασία	Βάρος (g)	Συχνότητα ταΐσματος	Επίπεδο διατροφής & ημέρες εκτροφής	Αποτελέσματα			ΒΣΓ	Αναφορά
				Ανάπτυξη	Αξιοποίηση τροφής	Χημική σύσταση		
<i>Sparus aurata</i> gilthead sea bream τσιπούρα (οικ. Sparidae)	148,0	2/3/ ημέρα 3 γεύματα 33%-33%-33% 25%-50%-25%	<i>ad libitum</i> 60 ημέρες	ΜΣ SGR	ΜΣ FER, PPV, LPV	ΜΣ σύσταση σώματος χωρίς εντόσθια (carcass composition)	2/ ημέρα	Velázquez <i>et al.</i> , 2006β
<i>Pagrus auratus</i> Australian snapper (οικ. Sparidae)	20,0	1/2/4/6/8/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 42 ημέρες	μειωμένο τελικό βάρος σώματος με 1 γεύμα ανά ημέρα ΜΣ CV(%)	χαμηλότερο FCR με 2 γεύματα/ημέρα και αυξάνεται με την αύξηση των γευμάτων από 4 μέχρι 8	-	2/ ημέρα	Booth <i>et al.</i> , 2008
<i>Dicentrarchus labrax</i> European sea bass Ευρωπαϊκό λαβράκι (οικ. Moronidae)	59,5	1/2/3/4 ημέρα	<i>ad libitum</i> 35 ημέρες	SGR αυξάνεται με την αύξηση των ημερήσιων γευμάτων μέχρι 3 γεύματα ανά ημέρα	υψηλότερο FER με 1 γεύμα ανά ημέρα και μειώνεται με αύξηση των γευμάτων	-	3/ ημέρα 6ώρες ανάμεσα τα γεύματα	Tsevis <i>et al.</i> , 1992
<i>Dicentrarchus labrax</i> European sea bass Ευρωπαϊκό λαβράκι (οικ. Moronidae)	170,0	2/3/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 83 ημέρες	ΜΣ αύξηση βάρους (%) SGR CF	ΜΣ FER, PPV	ΜΣ σύσταση σώματος χωρίς εντόσθια (carcass composition) σύσταση μυών, περισπλαχνικό λίπος	2/ ημέρα	Güroy <i>et al.</i> , 2006
<i>Nibea miichthioides</i> cuneate drum (οικ. Sciaenidae)	38,3	1/2/ ημέρα 1/ 2 ημέρες	<i>ad libitum</i> 56 ημέρες	η ποσότητα καταναλωθείσας τροφής και η αύξηση βάρους μειωμένη με 1 γεύμα ανά 2 μέρες	χαμηλότερες τιμές FCR με 1 γεύμα ανά ημέρα	ΜΣ σύσταση σώματος (whole body)	1/ ημέρα	Wang <i>et al.</i> , 2007

<i>Trachinotus carolinus</i> Florida pompano (οικ. Carangidae)	17,0	1/2/3/6/ ημέρα	5% HEΔ 38 ημέρες	ΜΣ SGR μειωμένη αύξηση βάρους (%) με 1 γεύμα ανά ημέρα	ΜΣ FER	ΜΣ σύσταση σώματος (whole body)	>1/ ημέρα	Weirich <i>et al.</i> , 2006
	218,5	2/4/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 133 ημέρες	ΜΣ SGR μειωμένη αύξηση βάρους (%) με 2 γεύματα ανά ημέρα			ΜΣ FER	
<i>Psetta maxima</i> turbot σγάκι (οικ. Scophthalmidae)	15,23	2/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 60 ημέρες	WG, SGR αυξάνονται με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων	ΜΣ FCR, PER	η περιεκτικότητα του σώματος (whole body) σε λίπη αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας; για την υγρασία και την τέφρα ισχύει το αντίθετο	2/ ημέρα	Türker, 2006
		1/ 2 ημέρες					ή	
<i>Hippoglossus hippoglossus</i> Atlantic halibut χάλιμπατ του Ατλαντικού (οικ. Pleuronectidae)	22,8	1/3/5/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 84 ημέρες	ποσότητα καταναλωθείσας τροφής αυξημένη με 3 και 5 γεύματα/ημέρα, μεγαλύτερο τελικό βάρος, SGR με 5 γεύματα ανά ημέρα	ΜΣ FCR	-	>1/ ημέρα	Schnaittacher <i>et al.</i> , 2005
	75,4	1/3/5/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 84 ημέρες	ΜΣ CV(%)			ΜΣ FCR	

<i>Sander lucioperca</i> pikeperch ποταμόλαβρακο (οικ. Percidae)	21,0	1/3/ ημέρα	1.0-0.8% HEΔ 56 ημέρες	ΜΣ αύξηση βάρους WG (g/ημέρα), SGR,CF, CV(%)	ΜΣ FCR	–	1/ ημέρα	Zakeš <i>et al.</i> , 2006β
<i>Bidyanus bidyanus</i> silver perch (οικ. Terapontidae)	27,7	1/2/3 ημέρα	5% 7.5% 10% HEΔ 42 ημέρες	μεγαλύτερη αύξηση βάρους WG (g/ημέρα) με 2 και 3 γεύματα ανά μέρα με ημερήσια ποσότητα τροφής 7.5% και 10% HEΔ	χαμηλότερες τιμές FCR όταν οι ιχθύες ταΐζονται 5% και 7.5% HEΔ	–	2/ ημέρα 7.5%	Rowland <i>et al.</i> , 2005
	162,5	1/2/ ημέρα	1% 2% 3% 4% HEΔ 42 ημέρες	μεγαλύτερη αύξηση βάρους WG (g/ημέρα) όταν οι ιχθύες ταΐζονται 3% και 4% HEΔ	χαμηλότερες τιμές FCR με 2 γεύματα ανά ημέρα όταν οι ιχθύες ταΐζονται 3% και 4% HEΔ	–	2/ ημέρα 3%	
	300,7	1/2/ ημέρα	42 ημέρες	μεγαλύτερη αύξηση βάρους WG (g/ημέρα) όταν οι ιχθύες ταΐζονται 2%, 3%, 4% HEΔ	χαμηλότερες τιμές FCR με 2 γεύματα ανά ημέρα και ημερήσιο διατροφικό επίπεδο 1% και 2% HEΔ	–	2/ ημέρα 2%	
<i>Salmo salar</i> Atlantic salmon σολομός του Ατλαντικού (οικ. Salmonidae)	225,0	3/9/27/81 ημέρα	<i>ad libitum</i> 63 ημέρες	ΜΣ SGR	ΜΣ FCR	–	3/ ημέρα	Thomassen and Fjæra, 1996
	716,0	3/9/27 ημέρα	<i>ad libitum</i> 63 ημέρες	υψηλότερο SGR με 3 γεύματα ανά ημέρα	ΜΣ FCR	–	3/ ημέρα	

<i>Oncorhynchus mykiss</i> rainbow trout ιριδίζουσα πέστροφα (οικ. Salmonidae)	35,0 & 28,0	1/2/3/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 5 ημέρες	-	σε πέστροφα η πεπτικότητα άμυλου μειώνεται με την πιο συχνή χορήγηση της τροφής	-	1/ ημέρα	Yamamoto <i>et al.</i> , 2007
	<i>Cyprinus carpio</i> common carp κοινός κυπρίνος (οικ. Cyprinidae)	40,0 & 54,0			2/4/7/ ημέρα		σε κυπρίνο η πεπτικότητα όλων των συστατικών της τροφής μειώνεται με την πιο συχνή χορήγηση της τροφής	
<i>Cyprinus carpio</i> common carp κοινός κυπρίνος (οικ. Cyprinidae)	24,0	1/2/3/4/ ημέρα	3% HEΔ 70 ημέρες	ανάπτυξη, CF, SGR αυξάνονται με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων, χωρίς σημαντική διαφορά ανάμεσα 3 και 4 γεύματα	FCR βελτιώνεται με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων, χωρίς σημαντική διαφορά ανάμεσα 3 και 4 γεύματα	η περιεκτικότητα του σώματος σε λίπη (carcass) αυξάνονται με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων; ο περιπλαχνικός δείκτης ψηλότερος με 3 και 4 γεύματα/μέρα; η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και τέφρα αυξημένη με 1 και 2 ημερήσια γεύματα	3/ ημέρα	Rechrech, 2004
<i>Ictalurus punctatus</i> channel catfish (οικ. Ictaluridae) 2 ποικιλίες (Norris & NWAC103)	4,0	1/2/3/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 42 ημέρες	ψηλότερη ποσότητα καταναλωθείσας τροφής, SGR με 3 γεύματα ανά ημέρα	FER πιο χαμηλό σε 3 γεύματα ανά ημέρα σε ποικιλία NWAC103 ΜΣ FER σε ποικιλία Norris	-	2/ ημέρα σε NWAC103 3/ ημέρα σε Norris	Peterson and Small, 2006
<i>Clarias gariepinus</i> African catfish (οικ. Clariidae)	102,2	2/3/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 26 ημέρες	ψηλότερο WG, SGR με 2 γεύματα ανά ημέρα	πιο χαμηλό FCR με 2 γεύματα ανά ημέρα	-	2/ ημέρα 12 ώρες μεταξύ των γευμάτων	Pantazis and Neofitou, 2003

<i>Clarias batrachus</i> walking catfish (οικ. Clariidae)	45,0-50,0	2/4 ημέρα	<i>ad libitum</i>	–	η πεπτικότητα των πρωτεϊνών μειώνεται με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων από 2 σε 4 ανά ημέρα	–	2/ ημέρα	Usmani <i>et al.</i> , 2003
<i>Clarias gariepinus</i> African catfish (οικ. Clariidae)	60,0-65,0	2/4 ημέρα	7 ημέρες					
<i>Ictalurus punctatus</i> channel catfish (οικ. Ictaluridae)	18,0	1/3/ ημέρα	3% ΗΕΔ 125 ημέρες (18,0g)	ΜΣ WG SGR	ΜΣ FCR	στοιχεία μόνο για ιχθύς βάρους 232,0g	1/ ημέρα	Jarboe and Grant, 1996
	232,0	1/3/ ημέρα	90 ημέρες (232,0g)			εναπόθεση περισπλαχνικού λίπους ψηλότερη με 3 ημερήσια γεύματα		
<i>Oreochromis niloticus</i> Nile tilapia τιλάπια του Νείλου (οικ. Cichlidae)	34,4	1/2/3/5/ ημέρα	<i>ad libitum</i> 29 ημέρες	η ελάχιστη τιμή του SGR με 1 γεύμα ανά ημέρα	το πιο χαμηλό FER με 1 γεύμα ανά ημέρα οι μέγιστες τιμές PER PPV με 2 και 3 γεύματα ανά ημέρα	ΜΣ υγρασία του σώματος χαμηλότερη περιεκτικότητα του σώματος (whole body) σε λίπη με 1 ημερήσιο γεύμα, ενώ ψηλότερη με 3 ημερήσια γεύματα; για τις πρωτεΐνες και την τέφρα ισχύει το αντίστροφο	2-3/ ημέρα	Riche <i>et al.</i> , 2004

ΜΣ- Μη στατιστικά σημαντικό

ΗΕΔ-Ημερήσιο επίπεδο διατροφής (% ζώντος βάρους), ΒΣΓ- Βέλτιστη συχνότητα γευμάτων

WG-weight gain- αύξηση βάρους, CF-condition factor-ο συντελεστής ευρωστίας, SGR-specific growth rate-ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

FCR-feed conversion ratio- ο συντελεστής εκμετάλλευσης τροφής, FER-feed efficiency ratio- ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής

PER- protein efficiency ratio- ο συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών

PPV-protein productive value-ο συντελεστής του επιπέδου των παραχθεισών πρωτεϊνών

LPV-fat productive value-ο συντελεστής αξιοποίησης λιπών

Δ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Σκοπός του πειράματος

Για την υιοθέτηση της βέλτιστης διαχείρισης της διατροφής στο εντατικό σύστημα παραγωγής πρέπει να επιλεγθεί η κατάλληλη συχνότητα των γευμάτων παράλληλα με άλλες πρακτικές ως προς το ημερήσιο επίπεδο διατροφής και την ώρα της χορήγησης του σιτηρεσίου τα οποία με τη σειρά τους εξαρτώνται ως ένα βαθμό από τη μέθοδο παροχής του σιτηρεσίου που εφαρμόζεται στην μονάδα παραγωγής (Riche, 2008).

Η συχνότητα των γευμάτων (όχι μόνο με την έννοια του αριθμού των ημερήσιων γευμάτων αλλά και με την έννοια του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ τους) είναι δυνατό να επηρεάσει το ρυθμό ανάπτυξης, την μετατρεψιμότητα της τροφής, τη χημική σύσταση του σώματος, την παραλλακτικότητα του βάρους, την επιβίωση, τον συντελεστή ευρωστίας, την ποιότητα νερού (Phillips *et al.*, 1998).

Παρά το γεγονός ότι η συχνότητα των γευμάτων και επίδρασή της μελετήθηκε σε διάφορα είδη ψαριών: λαβράκι (Tsevis *et al.*, 1992; Güroy *et al.*, 2006), τσιπούρα (Velázquez *et al.*, 2006β), λιθρίνι (Mihelakakis *et al.*, 2001), ιριδίζουσα πέστροφα (Bascinar *et al.*, 2001; Yamamoto *et al.*, 2007), σολομός (Thomassen and Fjæra, 1996), τιλάπια (Riche *et al.*, 2004), οι περισσότερες από αυτές μελέτες έχουν επικεντρωθεί πρώτον στην χορήγηση τροφής μέχρι τον κορεσμό (*ad libitum*) (Jobling *et al.*, 1983β; Riche *et al.*, 2004; Yamamoto *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2007) και δεύτερον αφορούν τα ψάρια σε πρώτα αναπτυξιακά στάδια με πολύ μικρό σωματικό βάρος (Carlos, 1988; Kayano *et al.*, 1993; Cui *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2000; Mihelakakis *et al.*, 2001; Dwyer *et al.*, 2002; Zhou *et al.*, 2003; Biswas *et al.*, 2006).

Επιπρόσθετα, η ανάλυση της ενεργότητας των πεπτικών ενζύμων είναι μια εύκολη και αξιόπιστη μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται συνήθως στον προσδιορισμό του διατροφικού τύπου του υπό μελέτη είδους ψαριού καθώς και στην εκτίμηση της έντασης των διεργασιών της πέψης διάφορων συστατικών της τροφής. Καθώς έχει αποδειχθεί μέσα από μελέτες ότι η συχνότητα των γευμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στη φυσιολογία πέψης και στην πεπτικότητα της τροφής σε άτομα του κοινού κυπρίνου και ιριδίζουσας πέστροφας (Yamamoto *et al.*, 2007) και σε δυο είδη γατόψαρων (Usmani *et al.*, 2003) και δεν υπάρχουν αντίστοιχες μελέτες για τσιπούρα (*Sparus aurata*), θεωρήθηκε σκόπιμο να εξεταστεί η επίδραση της συχνότητας των ημερήσιων γευμάτων όχι μόνο στην ανάπτυξη, στην μετατρεψιμότητα της τροφής, στην χημική σύσταση σώματος αλλά και παράλληλα στην ενεργότητα των πεπτικών ενζύμων σε αυτό το είδος.

Παρόλο που η περιορισμένη παροχή τροφής ανά ημέρα και όχι *ad libitum* συνιστάται από πολλούς ερευνητές, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται σιτηρέσια με υψηλό επίπεδο λιπών (Company *et al.*, 1999; Fauré and Labbé, 2001; Suresh, 2003), υπάρχουν ελάχιστες εργασίες που μελετώντας την επίδραση της συχνότητας των γευμάτων βασίστηκαν στην περιορισμένη ημερήσια ποσότητα τροφής (Hancz, 1982; Kayano *et al.*, 1993; Jarboe and Gant, 1996; Lee *et al.*, 2000; Rechrech, 2004; Rowland *et al.*, 2005; Weirich *et al.*, 2006; Ζακές *et al.*, 2006β). Για το λόγο αυτό, στον πειραματικό

σχεδιασμό επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η πρακτική της χορήγησης τροφής με περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο τροφής. Αυτή η μέθοδος χορήγησης της τροφής εξασφαλίζει κατανάλωση ίδιας ποσότητας τροφής από τους ιχθυοπληθυσμούς ανά ημέρα, ανεξάρτητα από τον ημερήσιο αριθμό των γευμάτων. Δηλαδή, οι διαφορές σε παραμέτρους και δείκτες ανάπτυξης και φυσιολογικών διεργασιών θα προέρχονται αποκλειστικά από διαφορές μετατρεψιμότητας της τροφής και όχι από διαφορές της συνολικής ημερήσιας καταναλωθείσας ποσότητας όπως συμβαίνει όταν χορηγείται η τροφή μέχρι το επίπεδο κορεσμού.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Για να εξεταστούν τέσσερις συχνότητες γευμάτων χρησιμοποιήθηκαν 8 ομοιογενείς πληθυσμοί των 10 ατόμων του είδους *Sparus aurata* μέσου αρχικού βάρους $101,1 \pm 0,95$ g (Πίνακας Δ.2.1.1).

Οι πειραματικοί ιχθυοπληθυσμοί αυτοί σχηματίστηκαν από τα άτομα των ήδη υπάρχοντων πληθυσμών της τσιπούρας του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Στην συνέχεια οι παραπάνω πληθυσμοί κατανεμήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές επεμβάσεις με δύο επαναλήψεις για κάθε συχνότητα γεύματος ως εξής: A1-A2 τέσσερα γεύματα, A5-A6 τρία γεύματα, A9-Z6 δύο γεύματα και Z8-Z10 ένα γεύμα ημερησίως. Στον πίνακα Δ.2.1.1 παρουσιάζονται τα αρχικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά των 8 πειραματικών ιχθυοπληθυσμών.

Πίνακας Δ.2.1.1 Αρχικές σωματομετρήσεις των υπό μελέτη πληθυσμών (μέσος όρος \pm τυπικό σφάλμα, mean \pm SEM)

Αριθμός Δεξαμενής	Συχνότητα Γευμάτων	Αρχικό Βάρος (g)	Αρχικό Ολ. Μήκος (cm)	Συντελεστής Ευρωστίας
A1	4	101,6 \pm 2,70	19,60 \pm 0,21	1,35 \pm 0,04
A2	4	100,6 \pm 2,67	19,32 \pm 0,21	1,40 \pm 0,03
A5	3	100,9 \pm 2,89	19,40 \pm 0,19	1,39 \pm 0,05
A6	3	101,5 \pm 2,91	19,50 \pm 0,21	1,36 \pm 0,05
A9	2	101,3 \pm 2,70	19,31 \pm 0,25	1,41 \pm 0,03
Z6	2	101,1 \pm 2,86	19,40 \pm 0,23	1,38 \pm 0,03
Z8	1	100,7 \pm 2,83	19,40 \pm 0,17	1,38 \pm 0,02
Z10	1	101,2 \pm 2,82	19,22 \pm 0,18	1,43 \pm 0,02
Επίπεδο Σημαντικότητας		ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό

Κατά τη διάρκεια της προπειραματικής περιόδου 12 ημερών (9/04-20/04/2008) οι ιχθύες εγκλιματίστηκαν στις πειραματικές συνθήκες και ύστερα παρέμειναν σε κύρια πειραματική περίοδο επί 10 εβδομάδες (21/04-29/06/2008). Η αρχική πυκνότητα εκτροφής ήταν $11,4 \text{ kg/m}^3$, ενώ η τελική έφτασε τα $17,5 \text{ kg/m}^3$. Κατά τους Χώτος και Ρογδάκης (1992), η πυκνότητα εκτροφής της τσιπούρας σε δεξαμενές είναι συνήθως $10-15 \text{ kg/m}^3$, αλλά μπορεί να φτάσει και τα 40 kg/m^3 με την πρόσθετη παροχή καθαρού οξυγόνου.

2.2 Πειραματικές εγκαταστάσεις

Για την εκτροφή των ιχθύων χρησιμοποιήθηκαν 8 γυάλινες δεξαμενές με διαστάσεις: 42x49x43 (ύψος x πλάτος x μήκος) και συνολικό όγκο 88,5 l ανά δεξαμενή. Οι δεξαμενές ήταν τμήμα ημίκλειστου συστήματος θαλασσινού νερού συνολικής χωρητικότητας 11m³ του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας. Το κύκλωμα διέθετε σύστημα καθαρισμού του νερού εκτροφής (μηχανικά και βιολογικά φίλτρα), λυχνίες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) με σκοπό την αποστείρωση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς, παροχή ατμοσφαιρικού αέρα υπό πίεση καθώς και σύστημα ψύξης του νερού.

Κάθε δεξαμενή διέθετε σύστημα παροχής νερού, σύστημα παροχής ατμοσφαιρικού αέρα και σύστημα αποχέτευσης και διατήρησης σταθερής στάθμης νερού. Η παροχή του νερού γινόταν από την επιφάνεια της δεξαμενής, ενώ η απομάκρυνση γινόταν από σωλήνα τοποθετημένο στο ύψος της στάθμης του νερού. Η παροχή του νερού ήταν σταθερή και η ίδια για όλες τις δεξαμενές του πειράματος (200 ml/10s ή 72 l/h) με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ανανέωση του νερού με σταθερό ρυθμό περίπου 19,5 φορές/24h ή 0,8 φορά την ώρα. Η παροχή ατμοσφαιρικού αέρα στο νερό, υπό τη μορφή μικροσκοπικών φυσαλίδων, γινόταν με τη χρήση ελαστικών σωληνίσκων που κατέληγαν σε αερόπετρες. Μια αερόπετρα ανά δεξαμενή ήταν σταθερά στερεωμένη στον πυθμένα κάτω από την παροχή του νερού.

Η αλατότητα του νερού κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν σε σταθερό επίπεδο και ίδια σε όλες δεξαμενές, με μέσο όρο $34,91 \pm 0,025\%$.

Ο φωτισμός των δεξαμενών της εκτροφής επιτεύχθηκε με τη χρήση πολλαπλών λαμπτήρων φθορισμού στην οροφή της πειραματικής αίθουσας εκτροφής. Η ένταση του φωτισμού (μέσος όρος έντασης στην επιφάνεια και το εμπρός τμήμα της κάθε δεξαμενής) ήταν 245 Lux (μέσο όρο έντασης στην επιφάνεια και το εμπρός τμήμα της κάθε δεξαμενής). Η φωτοπερίοδος ήταν κοινή για όλους τους ιχθυοπληθυσμούς και ρυθμίστηκε σε 9 ώρες φως και 15 σκότους, με ενεργοποίηση του φωτισμού στις 07:00 το πρωί καθημερινά.

2.3 Καθημερινοί χειρισμοί

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου οι καθημερινοί χειρισμοί γίνονταν σε προκαθορισμένα τακτικά χρονικά διαστήματα και κάτω από τις ίδιες συνθήκες για όλους τους ιχθυοπληθυσμούς, με σκοπό:

- την εξάλειψη των διαφορών στις εξωτερικές παρεμβάσεις (εκτός από την επιθυμητή διαφοροποίηση στις συνθήκες εκτροφής, π.χ. συχνότητα γευμάτων)
- την ελαχιστοποίηση παρενόχλησης των ιχθύων για να μη εκδηλωθεί κατάσταση stress

Ακολουθεί λεπτομερής περιγραφή του είδους, του τρόπου, καθώς και του χρόνου εφαρμογής των επεμβάσεων του πειράματος.

2.3.1 Η χορήγηση της τροφής

Η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι, 5 ημέρες την εβδομάδα, σε τέσσερις συχνότητες γευμάτων (ένα, δυο, τρία και τέσσερα γεύματα ανά ημέρα), με δυο επαναλήψεις για κάθε επέμβαση.

Το σιτηρέσιο δεν ήταν διαχωρισμένο σε ίσα τμήματα ανά κάθε γεύμα, αλλά αντιστοιχούσε σε ποσότητες που κυμαίνονταν από 10% μέχρι 100% του ημερήσιου επίπεδου διατροφής. Σε επεμβάσεις με δυο, τρία και τέσσερα ημερήσια γεύματα η μεγαλύτερη ποσότητα τροφής (60-70%) χορηγήθηκε κατά το τελευταίο γεύμα (Πίνακα Δ.2.3.1.1).

Συμφώνα με τις αντίστοιχες μελέτες:

1. ο αριθμός των γευμάτων, η ώρα της σίτισης καθώς και η ποσότητα της χορηγούμενης τροφής σε κάθε γεύματος πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στους διατροφικούς ρυθμούς διατροφής του εκτρεφόμενου οργανισμού. Οι ρυθμοί αυτοί παρουσιάζουν αρκετές διαφοροποιήσεις σε ημερήσια και ετήσια βάση ανάλογα με το εκτρεφόμενο είδος ιχθύος της συγκεκριμένης ηλικίας-μεγέθους και υπό τις επικρατούσες συνθήκες εκτροφής (Azzaydi *et al.*, 1999) (Ενότητα Γ.3.2.3 Ημερήσιοι και εποχιακοί ρυθμοί διατροφής)
2. η χορήγηση του μεγαλύτερου μέρους του ημερήσιου επίπεδου διατροφής κατά το τελευταίο γεύμα είναι μια γενική αρχή, η οποία εξασφαλίζει την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των ιχθύων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες χωρίς σίτιση (ιδιαίτερα όταν η χορήγηση τροφής δεν πραγματοποιείται με μηχανικό μέσο). Η αρχή αυτή πρέπει να εφαρμόζεται μόνο με την προϋπόθεση ότι κατά τις βραδινές ώρες η θερμοκρασία του νερού δεν μειώνεται περισσότερο από 1 έως 2°C , σε σχέση με τον μέσο όρο των ημερησίων ωρών και ότι συνεχώς υπάρχουν κατάλληλες τιμές των διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού εκτροφής (Παπουτσόγλου, 2008)

Πίνακας Δ.2.3.1.1 Καθημερινό πρόγραμμα παροχής της τροφής ανά γεύμα για κάθε επέμβαση (% της ημερήσιας ποσότητας χορηγούμενης τροφής)

Ωρα ταΐσματος	Συχνότητα γευμάτων	Z8/Z10	A9/Z6	A5/A6	A1/A2
	1 γεύματα	2 γεύματα	3 γεύματα	4 γεύματα	
9 : 00	100%	30%	25%	20%	
11 : 30	-	70%	10%	10%	
14 : 00	-	-	65%	10%	
16 : 30	-	-	-	60%	

Όλες οι δόσεις κάθε γεύματος παρέχονταν στις δεξαμενές ακολουθώντας την ίδια σειρά και παρακολουθώντας την συμπεριφορά των ιχθύων και αν όλη τροφή καταναλώθηκε από τους πειραματικούς ιχθυοπληθυσμούς.

Το πρόγραμμα αυτό εφαρμοζόταν από Δευτέρα έως και Παρασκευή, ενώ το Σάββατο και την Κυριακή οι ιχθύες δεν σιτίζονταν. Επίσης, οι ιχθύες δεν σιτίζονταν την ημέρα του ατομικού ζυγίσματος κάθε πληθυσμού (ανά 15 ημέρες), μετά το οποίο γινόταν αναπροσαρμογή του ημερήσιου επίπεδου διατροφής.

Στην προπείραματική περίοδο διάρκειας 12 ημερών (9/04-20/04/2008) οι ιχθύες εγκλιματίστηκαν σε πειραματικό πρόγραμμα σίτισης. Το επίπεδο διατροφής καθορίστηκε σε 1% ζώντος βάρους, όμως κατά την διάρκεια του πειράματος παρακολουθώντας τη συμπεριφορά των ιχθύων (ανησυχία, αυξημένη κινητικότητα) απαιτήθηκε η αναπροσαρμογή του επίπεδου διατροφής σε 2% ζώντος βάρους, η οποία εφαρμόστηκε από την 43^η ημέρα της πειραματικής εκτροφής (31^η ημέρα της κύριας φάσης του πειράματος). Στον πίνακα Δ.2.3.1.2 παρουσιάζονται όλες οι αλλαγές που σχετίζονται με τη χορήγηση της τροφής.

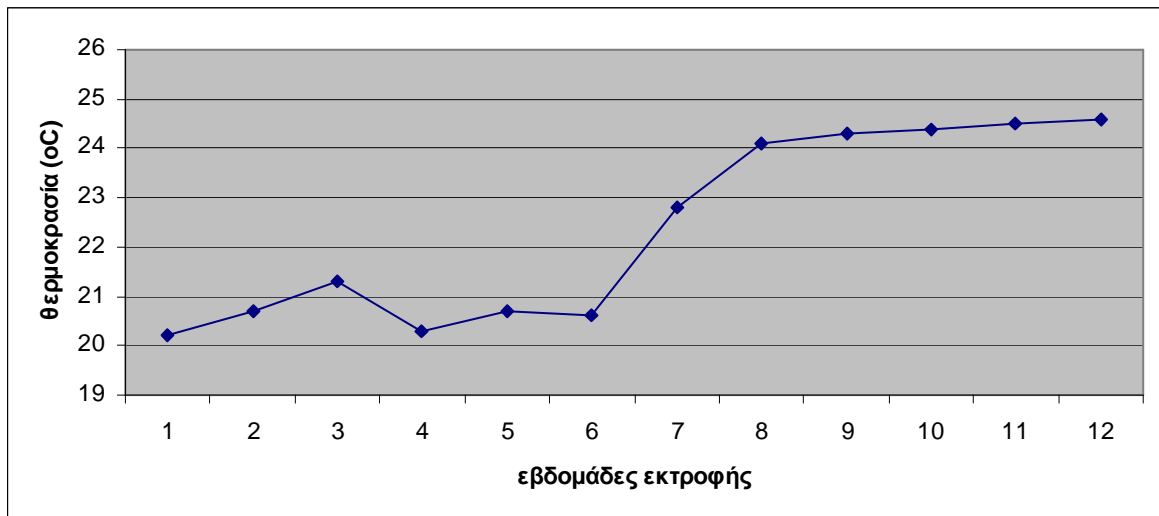
Πίνακας Δ.2.3.1.2 Πρόγραμμα χορήγησης της τροφής κατά τη διάρκεια του πειράματος

Ημερομηνία	Ημέρα εκτροφής	Χειρισμοί σίτισης των ιχθύων
Προπείραματική περίοδος		
9/04/2008	1 ^η	1 γεύμα την ημέρα σε όλες δεξαμενές; επίπεδο διατροφής 1%
10/04/2008 -13/04/2008	2 ^η -5 ^η	2 γεύματα την ημέρα σε όλες δεξαμενές; επίπεδο διατροφής 1%
14/04/2008 -20/05/2008	6 ^η -42 ^η	1-4 γεύματα την ημέρα ανάλογα με τη δεξαμενή εκτροφής; επίπεδο διατροφής 1%
Κύρια πειραματική περίοδος		
21/05/2008 -30/06/2008	43 ^η -82 ^η	1-4 γεύματα την ημέρα ανάλογα με τη δεξαμενή εκτροφής; αναπροσαρμογή του επίπεδου της διατροφής σε 2%

Σύμφωνα με τον Παπουτσόγλου (2008), το επίπεδο διατροφής για όλα τα είδη των εκτρεφόμενων ιχθύων μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους τους και αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, υπό την προϋπόθεση χορήγησης ισόρροπου σιτηρεσίου. Ωστόσο, η πιστή εφαρμογή δεν είναι πάντοτε εφικτή γιατί και άλλοι παράγοντες (πυκνότητα εκτροφής, ρυθμός ανανέωσης του νερού, τρόπος χορήγησης της τροφής κτλ.) επηρεάζουν τον προσδιορισμό του επίπεδου διατροφής πληθυσμού ιχθύων συγκεκριμένης ηλικίας-μεγέθους και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Οι προτεινόμενες τιμές του επίπεδου διατροφής για κοινά σύμπηκτα κύριας εκτροφής τσιπούρας *Sparus aurata* βάρους 70-130g (εφαρμόζοντας εντατικά και υπερεντατικά συστήματα παραγωγής) σε θερμοκρασία νερού 20-22°C και 22-24°C είναι 1,9 και 2,1% ζώντος βάρους αντίστοιχα, με 3 γεύματα την ημέρα (Χώτος και

Ρογδάκης, 1992). Οι τιμές του επίπεδου διατροφής για σύμπηκτα εξωθήσεως για άτομα 50-150g σε θερμοκρασία νερού 20-22°C και 22-24°C, κυμαίνεται από 1,8-2,2 και 2,0-2,5% ζώντος βάρους αντίστοιχα, με 2-3 γεύματα ανά ημέρα (Παπουτσόγλου, 2008). Επομένως η αύξηση του επίπεδου διατροφής από 1% σε 2% κατά τη διάρκεια του πειράματος είναι δικαιολογημένη λόγω της απότομης αύξησης του μέσου όρου θερμοκρασίας του νερού εκτροφής, η οποία καταγράφηκε μεταξύ της έκτης και έβδομης εβδομάδας του πειράματος (από 20,6°C σε 22,9°C). Αξίζει να σημειωθεί ότι την τελευταία εβδομάδα της πειραματικής περιόδου, παρατηρήθηκαν σχεδόν οι μέγιστες τιμές του θερμοκρασιακού εύρους της βέλτιστης ανάπτυξης της τσιπούρας (22-24°C) (Διάγραμμα Δ.2.3.1.1).



Διάγραμμα Δ.2.3.1.1 Διακύμανση της θερμοκρασίας νερού εκτροφής κατά τη διάρκεια του πειραματικού περιόδου

Στους ιχθύς χορηγήθηκε σιτηρέσιο εμπορίου για θαλάσσια είδη ψαριών EXCEL 2P υπό μορφή συμπηκτων (dry pellets). Σύμφωνα με τα στοιχεία της παρασκευάστριας εταιρίας περιείχε τα εξής: 46,0% ολικές πρωτεΐνες, 21,1% ολικά λίπη, 19,4% ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες, 8,1% τέφρα, 1,8% ολικές ινώδεις ουσίες και 1,1% φωσφόρο. Η χημική σύσταση του σιτηρεσίου εκτροφής προσδιορίστηκε ξανά στο εργαστήριο κατά τη διάρκεια του πειράματος και τα αποτελέσματα του χημικών αναλύσεων (Πίνακας Δ.2.3.1.3) χρησιμοποιήθηκαν για το υπολογισμό των συντελεστών εκμετάλλευσης των δυο βασικών συστατικών της τροφής, των πρωτεϊνών και των λιπών.

Πίνακας Δ.2.3.1.3 Χημική σύσταση τροφής πειραματικής εκτροφής τσιπούρας (επί τοις % του νωπού βάρους)

	Υγρασία	Πρωτεΐνες	Λίπη	Τέφρα	ENEΟ†
Σιτηρέσιο εκτροφής	6,79	46,95	20,16	6,72	19,38

†Ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες

2.3.2 Καταγραφή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού

Καθημερινά επιτελούνταν μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού. Η καταγραφή αυτή λάμβανε χώρα δύο φορές ημερησίως:

- στις 8:30 (μισή ώρα πριν από το πρώτο γεύμα) από τη Δευτέρα έως το Σάββατο
- στις 14:30 από τη Δευτέρα έως την Παρασκευή

Ταυτόχρονα με τη λήψη των δεύτερων μετρήσεων λαμβάνονταν δείγματα νερού (Δευτέρα-Παρασκευή). Τα δείγματα αυτά (100 ml/ δεξαμενή/ ημέρα) φιλτράρονταν με διηθητικό χαρτί (κατακράτηση αιωρούμενων οργανικών σωματιδίων), ομαδοποιούνταν ανά δεξαμενή και εβδομάδα και καταψύχονταν σε πλαστικά φιαλίδια χωρητικότητας 2 l στους -30°C. Ύστερα χρησιμοποιούνταν για τον εβδομαδιαίο προσδιορισμό της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων και της ολικής αμμωνίας.

2.3.3 Ρυθμίσεις –Καθαρισμοί

Σε καθημερινή βάση, πριν την καταγραφή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού, λάμβανε χώρα έλεγχος και τυχόν επαναρυθμίσεις των παροχών αέρα και νερού, ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιομορφία στην οξυγόνωση και στην ανακύκλωση του νερού μεταξύ των δεξαμενών εκτροφής.

Επίσης, καθαριζόταν καθημερινά όλα τα μηχανικά φίλτρα του συστήματος καθαρισμού του νερού εκτροφής:

- μηχανικά φίλτρα (μικρά ινώδη πλέγματα) τοποθετημένα κάτω από τη παροχή του νερού των δεξαμενών
- μηχανικά φίλτρα (πλαστικά πλέγματα) τοποθετημένα στη είσοδο σωλήνωσης αποχέτευσης των δεξαμενών
- μηχανικά φίλτρα (σφουγγάρια) του συστήματος καθαρισμού ολόκληρου του κυκλώματος εκτροφής

με σκοπό τη μείωση του οργανικού φορτίου (σε μορφή των αιωρούμενων σωματιδίων), το οποίο προερχόταν από τα υπολείμματα τροφής και τα περιττώματα των ιχθύων.

Ο καθαρισμός των πειραματικών δεξαμενών του κυκλώματος πραγματοποιούνταν μια φορά την εβδομάδα και συγκεκριμένα κάθε Σάββατο. Ο καθαρισμός της εσωτερικής επιφάνειας γινόταν με σφουγγάρια και κατόπιν, με σιφωνισμούς απομακρυνόταν το νερό των δεξαμενών εκτροφής ως το 1/3 του όγκου τους. Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δύο καθαρισμοί των βιολογικών φίλτρων (8/05/2008 και 4-5/06/2008). Ο συνολικός όγκος του νερού που απομακρυνόταν κατά τη διαδικασία των καθαρισμών, καθώς και η απώλεια του νερού λόγω εξάτμισης, αναπληρωνόταν με καθαρό νερό από την εφεδρική δεξαμενή χωρητικότητας 2 m³.

Οι αερόπετρες των δεξαμενών καθαριζόνταν τρεις φορές την εβδομάδα (Δευτέρα, Τετάρτη, Παρασκευή) την ίδια ώρα, μετά από το πρώτο γεύμα.

2.3.4 Ζύγισμα των ιχθυοπληθυσμών

Κάθε δύο εβδομάδες πραγματοποιούνταν στους εκτρεφόμενους πληθυσμούς ατομικό ζύγισμα, με την χρήση ζυγού ακρίβειας 0,1g, με σκοπό:

- την εκτίμηση της διαφορετικής ανάπτυξης των 8 πληθυσμών ανάλογα με τη επέμβαση (τη συχνότητα γευμάτων)
- τον προσδιορισμό της βιομάζας ανά δεξαμενή για να γίνει αναπροσαρμογή της ποσότητας της χορηγούμενης τροφής (% ζώντος βάρους) ανά δεξαμενή

Στο τέλος της πειραματικής εκτροφής οι ιχθύες θανατώθηκαν ακαριαίως χρησιμοποιώντας υπερβολική δόση αναισθητικού (0,14ml αναισθητικού g βιομάζας⁻¹ l νερού⁻¹). Προκειμένου να είναι κενός τροφής ο πεπτικός σωλήνας των εκτρεφόμενων ιχθύων, αυτοί δεν σιτίστηκαν για 72 ώρες πριν την αναισθητοποίηση τους.

Τα άτομα του κάθε πληθυσμού ζυγίστηκαν σε ψηφιακό ζυγό ακρίβειας 0,1g και ελήφθησαν οι τιμές των απαραίτητων σωματομετρήσεων (ολικό και σταθερό μήκος, ύψος, πλάτος). Στη συνέχεια από κάθε ιχθύ απομονώθηκε το ήπαρ, ο σπλήνας, το περισπλαχνικό λίπος και οι γονάδες, τα οποία ζυγίστηκαν ξεχωριστά με ζυγό ακριβείας 0,1 mg προκειμένου να προσδιοριστούν ο ηπατοσωματικός δείκτης, ο σπληνοσωματικός δείκτης, ο δείκτης των γονάδων και ο δείκτης του περισπλαχνικού λίπους αντίστοιχα. Ταυτόχρονα αφαιρέθηκε ο πεπτικός σωλήνας ο οποίος, μετά την απομάκρυνση του λίπους, μετρήθηκε και ζυγίστηκε ώστε να προσδιοριστεί ο δείκτης του πεπτικού σωλήνα (%) καθώς και το σχετικό μήκος του εντέρου (%). Ακολουθώντας, σε κάθε επέμβαση ο πεπτικός σωλήνας 5 ατόμων ανά δεξαμενή, αποθηκεύτηκε σε καταψύκτη, σε θερμοκρασία -30°C, έως τον προσδιορισμό της δραστηριότητας των πεπτικών ενζύμων στα διάφορα τμήματα του πεπτικού σωλήνα. Αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας παρουσιάζεται στην ενότητα Δ.2.4.3 (Ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών και καρβοϋδρασών).

Τέλος, τα άτομα κάθε δεξαμενής ομογενοποιήθηκαν (άνευ εντοσθίων), και αφού υπέστησαν λυοφιλίωση προσδιορίστηκε η χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων (υγρασία, τέφρα, ολικές πρωτεΐνες και ολικά λίπη) ανά νωπό και ξηρό βάρος. Αναλυτική περιγραφή αναλύσεων αυτών βρίσκεται στην ενότητα Δ.2.4.2. (Βιολογικά-βιοχημικά χαρακτηριστικά των ιχθυοπληθυσμών).

2.4 Μετρήσεις - Αναλύσεις

2.4.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής που εξετάζονται και ο τρόπος προσδιορισμού τους έχουν ως εξής:

- **Δεσμευμένο οξυγόνο (DO, ppm και % κορεσμού) και θερμοκρασία (°C):** Χρησιμοποιήθηκε φορητό οξυγονόμετρο (Oxyguard Handy MKIII) με ενσωματωμένο ψηφιακό θερμόμετρο.

- **pH:** Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με φορητό μετρητή της τιμής του pH (Oxyguard Handy pH).

- **Αλατότητα (‰):** Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με διαθλασίμετρο (Salinity Refractrometer)

- **Ολική αμμωνία (NH₄⁺+NH₃-N, ppm), νιτρώδη ιόντα (NO₂⁻-N, ppm):** Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων (NO₂⁻-N) επιτελέστηκε με την φωτομετρική μέθοδο του σχηματισμού ρόδινου ερυθροϊώδους χρώματος σε pH 2.0-2.5, που προερχόταν από την αντίδραση των νιτρωδών ιόντων με διάλυμα σουλφανιλαμίδης και με NED (N-Cl-naphthyl-Ethylenediamine Dihydrochloride). Η μέτρηση της οπτικής απορρόφησης πραγματοποιήθηκε σε φασματοφωτόμετρο (Helias α, Thermo Electron Cooperodion). Η συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας (NH₄⁺+NH₃-N) προσδιορίστηκε φωτομετρικά μέσω της χημικής αντίδρασης της αμμωνίας με τη φαινόλη και υποχλωριώδες διάλυμα. Ως αποτέλεσμα, εμφανίζονταν γαλάζιο χρώμα της ινδοφαινόλης (σε αλκαλικό περιβάλλον), του οποίου ένταση προσδιοριζόταν με τη χρήση του νιτροπρωσσικού νατρίου (Greenberg *et al.*, 1992). Για την μέτρηση της απορρόφησης χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο του ίδιου τύπου με παραπάνω.

- **Τοξική αμμωνία (NH₃-N, ppm):** Προσδιορισμός της συγκέντρωσης της τοξικής (μη ιονισμένης) αμμωνίας θαλασσινού νερού υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο (Bower and Bidwell, 1978):

1

$$\text{Τοξική NH}_3 = [\text{ολική αμμωνία}] \times \frac{1}{1 + \text{anti log} [\text{pK}_a\text{S}(\text{T}) - \text{pH}]} \text{ ppm}$$

Όπου,

[ολική αμμωνία]=η συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας σε ppm

$$\text{pK}_a\text{S}(\text{T}) = \text{pK}_a\text{S}(\text{T}=298 \text{ °K}) + 0,0324 (298-\text{T } \text{°K})$$

$\text{pK}_a\text{S}(\text{T}=298 \text{ °K})$ = σταθερά που εξαρτάται από την αλατότητα,

τη θερμοκρασία και το pH

(η τιμή της δίνεται σε πίνακες)

T = θερμοκρασία σε °K

2.4.2 Δείκτες ανάπτυξης των ιχθύων και εκμετάλλευση της τροφής

Η εκτίμηση της ανάπτυξης των πειραματικών πληθυσμών καθώς και ο προσδιορισμός του βαθμού εκμετάλλευσης της χορηγούμενης τροφής (ή των χημικών συστατικών της) από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς πραγματοποιήθηκε με τον υπολογισμό των παρακάτω δεικτών:

Δείκτες ανάπτυξης των ιχθυοπληθυσμών

- Συντελεστής ευρωστίας (CF-condition factor)

$$CF = (W/L^3) \times 100$$

W= το βάρος σε g

L= το ολικό μήκος σε cm

- % αύξηση του βάρους (% WG- % weight gain)

$$\% WG = [(W_{\text{τελ}} - W_{\text{αρχ}}) / W_{\text{αρχ}}] \times 100$$

W_{αρχ}= το μέσο τελικό βάρος σε g

W_{τελ}= το μέσο αρχικό βάρος σε g

- Μέσος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR-specific growth rate)

$$SGR = [(\ln W_{\text{τελ}} - \ln W_{\text{αρχ}}) / t] \times 100$$

W_{αρχ} = μέσο τελικό βάρος σε g

W_{τελ} = μέσο αρχικό βάρος σε g

t = η χρονική διάρκεια της εκτροφής σε ημέρες

Δείκτης εκμετάλλευσης της χορηγούμενης τροφής

- Συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR-food conversion ratio)

$$FCR = \frac{KT}{AZB}$$

KT= καταναλωθείσα τροφή σε g

AZB= αύξηση ζώντος βάρους σε g

Δείκτες επιπέδου αξιοποίησης και απόδοσης των συστατικών της τροφής

A. ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

- Συντελεστής του επιπέδου των παραχθιτών πρωτεϊνών (ΣΕΠΠ) (PPV- protein productive value)

$$\text{ΣΕΠΠ (PPV)} = \frac{\text{ΑΣΠ} \times 100}{\text{ΚΠ}}$$

$$\text{ΣΕΠΠ (PPV)} = \frac{(\text{W}_{\text{τελ}} \times \% \text{ΣΠτελ}) - (\text{W}_{\text{αρχ}} \times \% \text{ΣΠαρχ})}{\text{ΚΠ}}$$

ΑΣΠ = αύξηση σωματικών πρωτεϊνών σε g

%ΣΠαρχ = αρχικό ποσοστό πρωτεϊνών στη σάρκα

%ΣΠτελ = τελικό ποσοστό πρωτεϊνών στη σάρκα

ΚΠ = καταναλωθείσες πρωτεΐνες σε g

W_{αρχ} = μέσο αρχικό βάρος σε g

W_{τελ} = μέσο τελικό βάρος σε g

- **Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών (ΣΑΚΠ)**
(PER- protein efficiency ratio)

$$\text{ΣΑΚΠ (PER)} = \frac{\text{AZB}}{\text{ΚΠ}}$$

AZB = αύξηση ζώντος βάρους σε g

ΚΠ = καταναλωθείσες πρωτεΐνες σε g

B. ΛΙΠΗ

- **Συντελεστής του επιπέδου των παραχθεισών λιπών (ΛΕΠΛ)**
(LPV- lipid productive value)

$$\text{ΣΕΠΛ (LPV)} = \frac{\text{ΑΣΛ} \times 100}{\text{ΚΛ}}$$

$$\text{ΣΕΠΛ (LPV)} = \frac{(\text{W}_{\text{τελ}} \times \% \text{ΣΠΛτελ}) - (\text{W}_{\text{αρχ}} \times \% \text{ΣΠΛαρχ})}{\text{ΚΛ}}$$

ΑΣΛ = αύξηση σωματικών λιπών σε g

%ΣΠΛαρχ = αρχικό ποσοστό λιπών στη σάρκα

%ΣΠΛτελ = τελικό ποσοστό λιπών στη σάρκα

ΚΛ = καταναλωθείσα λίπη σε g

Wαρχ = μέσο αρχικό βάρος σε g

Wτελ = μέσο τελικό βάρος σε g

- **Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών λιπών (ΣΑΚΛ)**
(LER- lipid efficiency ratio)

$$\text{ΣΑΚΛ (LER)} = \frac{\text{AZB}}{\text{ΚΛ}}$$

AZB= αύξηση ζώντος βάρους σε g

ΚΛ=καταναλωθείσα λίπη σε g

Οργανοσωματικοί δείκτες

- **Ηπατοσωματικός Δείκτης (ΗΔ)**

$$\text{ΗΔ} = (\text{βάρους ήπατος σε g} / \text{βάρους σώματος σε g}) \times 100$$

- **Σπληνοσωματικός Δείκτης (ΣΔ)**

$$\text{ΣΔ} = (\text{βάρους σπλήνα σε g} / \text{βάρους σώματος σε g}) \times 100$$

- **Δείκτης του πεπτικού σωλήνα (ΠΣΔ)**

$$\text{ΠΣΔ} = (\text{βάρους πεπτικού σωλήνα σε g} / \text{βάρους σώματος σε g}) \times 100$$

- **Δείκτης του περιπλαχνικού λίπους (ΠΛΔ)**

$$\text{ΠΛΔ} = (\text{βάρους περιπλαχνικού λίπους σε g} / \text{βάρους σώματος σε g}) \times 100$$

- **Γοναδοσωματικός δείκτης (ΓΔ)**

$$\text{ΓΔ} = (\text{βάρους γονάδων σε g} / \text{βάρους σώματος σε g}) \times 100$$

- **Σχετικό Μήκος Εντέρου (ΣΜΕ)**

$$\text{ΣΜΕ} = (\text{μήκος εντέρου} / \text{ολικό μήκος σώματος})$$

Δείκτης παραλλακτικότητας

- Συντελεστής παραλλακτικότητας του βάρους (CV%)

$$CV\% = \frac{SD \times 100}{MB}$$

SD = τυπική απόκλιση του βάρους (standard deviation)

MB = μέσο βάρος σε g

2.4.3 Βιοχημικά χαρακτηριστικά των ιχθυοπληθυσμών

Οι ιχθύες του αρχικού πληθυσμού καθώς και οι ιχθύες κάθε δεξαμενής στο τέλος του πειράματος ομογενοποιήθηκαν σε κιμαδομηχανή, αφού προηγουμένως είχαν καθαριστεί από εντόσθια και αίμα. Άμεσα ακολούθησε λήψη δειγμάτων νωπού ομογενοποιημένου μίγματος από κάθε ομάδα, για τον προσδιορισμό της υγρασίας (105°C για 24 ώρες) και της τέφρας (600°C για 12 ώρες). Έπειτα τα νωπά ομογενοποιημένα μίγματα τοποθετήθηκαν στον καταψύκτη (-30°C). Τα κατεψυγμένα δείγματα υπέστησαν ξήρανση με την διαδικασία της λυοφιλίωσης και ακολούθησε ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης του σώματος των ιχθύων, δηλαδή προσδιορίστηκαν οι ολικές πρωτεΐνες (μέθοδος Kjeldahl), τα ολικά λίπη (μέθοδος Soxhlet), η υγρασία (105°C για 24 ώρες) και η τέφρα (600°C για 12 ώρες).

2.4.4 Ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών και καρβοϋδρασών

Προκειμένου να διερευνηθεί η πεπτική δραστηριότητα των ιστών του πεπτικού σωλήνα, χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι προσδιορισμού τις πεπτικής ενεργότητας των ολικών πρωτεασών και των ολικών καρβοϋδρασών όπως αναφέρεται από τους Papoutsoglou and Lyndon (2006).

Οι αναλύσεις ξεκίνησαν με την απόψυξη του ιστών του πεπτικού σωλήνα σε θερμοκρασία δωματίου σε σύντομο χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια, ο πεπτικός σωλήνας τοποθετήθηκε σε καλά παγωμένη παγοκύστη και χωρίστηκε σε τμήματα (στομάχι, πυλωρικά τυφλά, έντερο). Κάθε τμήμα ζυγίστηκε ξεχωριστά και το βάρος των ιστών αυτών εκφράστηκε ως εκατοστιαία αναλογία σε σχέση με το σωματικό βάρος καθώς και ως εκατοστιαία αναλογία σε σχέση με το συνολικό βάρος του πεπτικού σωλήνα του κάθε εξεταζομένου ατόμου.

Κατόπιν κάθε ιστός, αφού αραιώθηκε 10 φορές με φυσιολογικό ορό (0,9% NaCl), ομογενοποιήθηκε με συσκευή υπερήχων Sonics Vibra cell Ultrasonic Processor (όλη η διαδικασία σε πάγο). Το ομογενοποιημένο δείγμα φυγοκεντρήθηκε σε φυγόκεντρο Jouan GR 422 στις 3500g ανά λεπτό, σε θερμοκρασία 4°C για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο συντηρήθηκε στους -30°C μέχρι να λάβει χώρα ο προσδιορισμός της ενεργότητας των πεπτικών ενζύμων.

Η συνολική ενεργότητα των καρβουδρασών υπολογίσθηκε με τη μέθοδο υδρόλυσης του άμυλου σύμφωνα με τους Nelson-Somogyi (Robyt and Whelan, 1968). Εξαιτίας της χαμηλής πεπτικότητας του μη επεξεργασμένου αμύλου, το οποίο χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα στη μέθοδο αυτήν, η υγρό-θερμική κατεργασία (βρασμός) του αμύλου είναι απαραίτητη προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της δράσης των αμυλολυτικών ενζύμων. Η διαδικασία της υγρό-θερμικής κατεργασίας ξεκίνησε με την ανάμειξη 5,0g αμύλου με 3,0ml μεθανόλης και με την προσθήκη στο μίγμα αυτό 150ml απεσταγμένου νερού. Στη συνέχεια ακολούθησε σιγανός βρασμός (15-20 λεπτά) μέχρι να προκύψει το διάλυμα του αμύλου συνολικού όγκου 100,0 ml (Clark *et al.*, 1984).

Μετά την παραπάνω διαδικασία το ενζυμικό εκχύλισμα (100 μl), το ρυθμιστικό διάλυμα (1000 μl, pH 7,6) και το διάλυμα αμύλου (5%, 500 μl) επωάστηκαν για 90 λεπτά στους 25°C (θερμοκρασία διαβίωσης των ιχθύων κατά τη διεξαγωγή του πειράματος). Η συγκέντρωση των αναγωγικών σακχάρων εκφρασμένα σε ισοδύναμα γλυκόζης που απελευθερώθηκε από το άμυλο προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Nelson-Somogyi (Somogyi-Nelson) (Nelson, 1944; Somogyi, 1952). Η απορρόφηση του διαλύματος μετρήθηκε στα 600 nm. Η μονάδα μέτρησης της ενεργότητας των καρβουδρασών είναι mg γλυκόζης min⁻¹ g ιστού⁻¹. Η γλυκόζη αποτελεί επίσης πρότυπο διάλυμα για τη δημιουργία της καμπύλης αναφοράς (Papoutsoglou and Lyndon, 2006).

Επιπρόσθετα, προσδιορίστηκε η ενεργότητα των καρβουδρασών στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο, αλλά όχι στο στομάχι, διότι αρκετές ερευνητικές μελέτες αναφέρουν ότι η υδρόλυση των υδατανθράκων στο στομάχι της τσιπούρας (*Sparus aurata*) δε μπορεί να πραγματοποιηθεί σε αυτό το όργανο του πεπτικού συστήματος, λόγω του χαμηλού pH που επικρατεί σε αυτό (2,5-5,5). Επισημαίνεται ότι η αμυλάση είναι ενεργή σε εύρος του pH από 5,5 έως 10,5, με βέλτιστο pH μεταξύ 7,0 και 8,0 εκτός του οποίου η πεπτική δραστηριότητα της αμυλάσης μειώνεται δραματικά (Munilla-Morán and Saborido-Rey, 1996β; Alarcón *et al.*, 2001; Deguara *et al.*, 2003).

Επίσης, ορισμένοι ερευνητές θεωρούν ότι η παρουσία της αμυλολυτικής δραστηριότητας στο στομάχι της τσιπούρας είναι ένα *artefact* το οποίο είναι αποτέλεσμα της τυχαίας πρόσμιξης του ιστού του στομάχου με τον παγκρεατικό ιστό ή/και με την τροφή που βρισκόταν στα πυλωρικά τυφλά κατά την διάρκεια του χειρισμού των ιστών του πεπτικού συστήματος (Alarcón *et al.*, 2001; Eroldoğan *et al.*, 2008).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργότητα των ολικών πρωτεασών επιλέχθηκε η μη-ειδική μέθοδος, η οποία βασίζεται στο γεγονός ότι η ένδειξη της ενεργότητας διαφορετικών κατηγοριών πρωτεασών παρουσιάζεται σε συγκεκριμένες τιμές pH. Έτσι, η πεψίνη δρα στο στομάχι σε pH 1,5, η θρυψίνη και η χυμοθρυψίνη ενεργοποιούνται στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο σε pH 7,0 έως 8,0, ενώ η καρβοξυπεπτιδάση, η αμινοπεπιδάση, η κολλαγενάση και η ελαστάση παρουσιάζουν τη μέγιστη ενζυμική δραστηριότητα στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο σε εύρος pH μεταξύ 9,0 και 10,0 (Hidalgo *et al.*, 1999).

Η συνολική ενεργότητα των ολικών πρωτεασών υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο υδρόλυσης της καζεΐνης σύμφωνα με τον Kunitz (1947) όπως τροποποιήθηκε από τον Walter (1984). Το ενζυμικό εκχύλισμα (100 μl) των ιστών του πεπτικού σωλήνα, τα κατάλληλα ρυθμιστικά διαλύματα για κάθε ιστό (250 μl, pH 1,5; 7,0; 10,0) και η καζεΐνη ως υπόστρωμα (2%, 250 μl) επώαστηκαν για 60 λεπτά στους 25°C (θερμοκρασία διαβίωσης των ιχθύων κατά τη διεξαγωγή του πειράματος). Τα δείγματα παρέμειναν για 60 λεπτά στους 2°C και ύστερα φυγοκεντρήθηκαν στις 1800 g για 10 λεπτά. Η απορρόφηση του υπερκείμενου διαλύματος μετρήθηκε στα 280 nm. Ως πρότυπο διάλυμα για τη δημιουργία της καμπύλης αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η τυροσίνη. Η μονάδα μέτρησης της ενεργότητας των καρβοϋδρασών είναι mg τυροσίνης min⁻¹ g ιστού⁻¹ (Papoutsoglou and Lyndon, 2006).

Επίσης, υπολογίστηκε η συγκέντρωση της διαλυτής πρωτεΐνης στο ενζυμικό εκχύλισμα χρησιμοποιώντας την μέθοδο προσδιορισμού σύμφωνα με τους Lowry *et al.*, (1951). Η συγκέντρωση αυτή εκφράστηκε ως mg τυροσίνης mg πρωτεΐνης⁻¹.

Τέλος, για κάθε κατηγορία ενζύμων υπολογίστηκε η πεπτική ικανότητα των ιστών του πεπτικού συστήματος (πεπτική ικανότητα ιστού = ενεργότητα ιστού X g ιστού), η πεπτική ικανότητα των ιστών, καθώς και η πεπτική ικανότητα των ιστών εκφραζόμενη ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας του πεπτικού σωλήνα (%).

2.4.5 Στατιστική ανάλυση

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις διεξήχθησαν με τη χρήση του στατιστικού λογισμικού STATGRAPHICS 4.0.

Τα δεδομένα αναλύθηκαν με μονοπαραγοντική ανάλυση παραλλακτικότητας (one-way ANOVA) έχοντας ως πειραματική μονάδα (experimental unit) τη δεξαμενή (n=2). Όλες οι τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν, ελέγχθηκαν για την ισχύ της κανονικής κατανομής και της ομοιογένειας της διασποράς, ενώ έγιναν οι απαραίτητες μετατροπές (λογαρίθμηση ή τετραγωνική ρίζα) όπου αυτές δεν ίσχυαν. Όπου βρέθηκε σημαντική διαφορά (P<0.05) ακολούθησε σύγκριση των μέσων όρων με το κριτήριο Duncan.

Στις περιπτώσεις που δεν καλύπτονταν οι ανωτέρω προϋποθέσεις χρησιμοποιήθηκε μη παραμετρική μέθοδος (Kruskal-Wallis). Στους πίνακες παρουσίασης των πειραματικών δεδομένων, δίνονται οι μέσοι όροι±τυπικό σφάλμα (mean±SEM) χωρίς μετατροπή. Για την ίδια παράμετρο, μέσοι όροι που έχουν διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Ε. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού

Σε ότι αφορά στις μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού, παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις τιμές του κορεσμού του οξυγόνου και του pH το πρωί (30 λεπτά πριν το πρώτο γεύμα) καθώς και το απόγευμα (Πίνακας Ε.1.1).

Οι χαμηλότερες τιμές του οξυγόνου (% κορεσμού) και του pH παρατηρήθηκαν το πρωί στις δεξαμενές με ένα γεύμα, ενώ το απόγευμα οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίστηκαν στις δεξαμενές με δυο γεύματα ημερησίως. Επίσης, οι τιμές της ολικής αμμωνίας μειώνονται σταδιακά με την αύξηση των γευμάτων.

Πίνακας Ε.1.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής

	Συχνότητα γευμάτων				(P)
	1	2	3	4	
Πρωινές μετρήσεις 8:30					
Δεσμευμένο O ₂ (ppm)	6,49±0,032	6,57±0,028	6,54±0,027	6,57±0,027	ΜΣ
Δεσμευμένο O ₂ (% κορ.)	92,34±0,198 ^a	93,53±0,160 ^c	92,96±0,176 ^b	93,46±0,163 ^c	***
Θερμοκρασία (°C)	22,42±0,158	22,41±0,158	22,41±0,158	22,43±0,159	ΜΣ
pH	7,25±0,007 ^a	7,28±0,007 ^b	7,28±0,008 ^b	7,28±0,007 ^b	*
Απογευματινές μετρήσεις 14:30					
Δεσμευμένο O ₂ (ppm)	6,52±0,035	6,58±0,029	6,49±0,030	6,55±0,032	ΜΣ
Δεσμευμένο O ₂ (% κορ.)	92,46±0,207 ^{ab}	93,24±0,158 ^c	92,31±0,192 ^a	92,91±0,189 ^{bc}	**
Θερμοκρασία (°C)	22,32±0,175	22,31±0,175	22,32±0,176	22,33±0,177	ΜΣ
pH	7,23±0,006 ^a	7,26±0,007 ^b	7,22±0,008 ^a	7,23±0,007 ^a	**
NH ₄ ⁺ +NH ₃ -N [†] (TAN) (ppm)	0,89±0,035 ^b	0,83±0,033 ^b	0,80±0,033 ^{ab}	0,73±0,026 ^a	**
NH ₃ -N [‡] (ppm)*10 ⁻³	5,72±0,400	5,73±0,440	5,07±0,401	4,68±0,361	ΜΣ
NO ₂ -N [§] (ppm)	0,212±0,015	0,195±0,013	0,200±0,013	0,199±0,013	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

[†]TAN-total ammonia-nitrogen-ολική αμμωνία

[‡]Τοξική αμμωνία

[§]Νιτρώδη ιόντα

2. Στοιχεία ανάπτυξης των ιχθύων

2.1 Βάρος σώματος

Στον πίνακα Ε.2.1.1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι του ζώντος βάρους των ιχθύων (με το τυπικό σφάλμα) που ελήφθησαν κατά την προπείραματική (09/04-20/04) και την κύρια πείραματική περίοδο (21/04-30/06). Παρόλο που οι πληθυσμοί στους οποίους χορηγήθηκαν τέσσερα γεύματα ημερησίως έδειξαν συγκριτικά μεγαλύτερες τιμές του ζώντος βάρους, οι διαφορές αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας Ε.2.1.1 Βάρος σώματος (g) κατά την πείραματική περίοδο

Ζυγίσματα	Ημέρες εκτροφής	Συχνότητα γευμάτων				(P)
		1	2	3	4	
09/04/2008	0	100,99±0,250	101,18±0,120	101,22±0,280	101,08±0,480	ΜΣ
21/04/2008	12	104,09±0,670	104,22±0,180	104,35±0,410	104,54±0,140	ΜΣ
05/05/2008	26	109,04±0,920	108,63±0,150	108,12±0,660	108,92±0,300	ΜΣ
19/05/2008	40	113,05±1,170	112,36±0,965	112,55±0,830	113,48±0,160	ΜΣ
02/06/2008	54	125,74±1,340	124,96±1,175	125,25±0,590	126,51±1,170	ΜΣ
16/06/2008	68	141,30±1,560	140,04±1,600	139,67±0,370	142,66±2,320	ΜΣ
30/06/2008	82	154,79±2,190	153,27±2,225	154,01±1,450	156,93±3,830	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό

2.2 Εκατοστιαία αύξηση ζώντος βάρους και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Όσον αφορά στην εκατοστιαία αύξηση του ζώντος βάρους των ιχθύων (%WG) (Πίνακας Ε.2.2.1) και στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας Ε.2.2.2) παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μόνο κατά την περίοδο 2-3 (21/04-04/05), δηλαδή κατά τις πρώτες δυο εβδομάδες της κύριας πείραματικής περιόδου. Στις επόμενες περιόδους παρόλο που υπάρχει μια εμφάνιση τάση μεγαλύτερων τιμών βάρους στους πληθυσμούς που ταΐστηκαν τέσσερις φορές ημερησίως, οι διαφορές αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Επίσης ξεκινώντας από την περίοδο 4-5 (19/05-01/06), διαπιστώθηκε ότι όταν αυξήθηκε το ημερήσιο επίπεδο προσλαμβανομένης τροφής από 1% ζώντος βάρους σε 2%, παρατηρήθηκε η αναλογική αύξηση της εκατοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους.

Πίνακας Ε.2.2.1 Εκατοστιαία αύξηση σωματικού βάρους

%WG [†]	Ημέρες εκτροφής	Συχνότητα γευμάτων				(P)
		1	2	3	4	
%WG (1 2) 09/04-20/04	12	3,07±0,408	3,00±0,056	3,09±0,120	3,42±0,353	ΜΣ
%WG (2 3) 21/04-04/05	14	4,75±0,210 ^b	4,23±0,037 ^{ab}	3,61±0,225 ^a	4,19±0,147 ^{ab}	*
%WG (3 4) 05/05-18/05	14	3,68±0,198	3,38±0,745	4,10±0,132	4,19±0,140	ΜΣ
%WG (4 5) 19/05-01/06	14	11,22±0,034	11,25±0,092	11,29±0,295	11,48±0,874	ΜΣ
%WG (5 6) 02/06-15/06	14	12,37±0,043	12,09±0,228	11,51±0,230	12,76±0,791	ΜΣ
%WG (6 7) 16/06-30/06	14	9,54±0,341	9,44±0,337	10,26±0,743	9,99±0,895	ΜΣ
%WG (1 7) 09/04-30/06	82	53,27±1,789	51,47±2,019	52,15±1,010	55,24±3,050	ΜΣ
%WG (2 7) 21/04-30/06	70	48,70±1,147	47,06±1,880	47,59±0,808	50,11±3,461	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * P<0,05.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

[†]%Weight Gain-Εκατοστιαία αύξηση σωματικού βάρους

Πίνακας 2.2.2 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (%ημέρα⁻¹)

SGR [‡]	Ημέρες εκτροφής	Συχνότητα γευμάτων				(P)
		1	2	3	4	
SGR (1 2) 09/04-20/04	12	0,25±0,033	0,25±0,005	0,25±0,010	0,28±0,028	ΜΣ
SGR (2 3) 21/04-04/05	14	0,33±0,014 ^b	0,30±0,003 ^{ab}	0,25±0,016 ^a	0,29±0,010 ^{ab}	*
SGR (3 4) 05/05-18/05	14	0,26±0,014	0,24±0,051	0,29±0,009	0,29±0,010	ΜΣ
SGR (4 5) 19/05-01/06	14	0,76±0,002	0,76±0,006	0,76±0,019	0,78±0,056	ΜΣ
SGR (5 6) 02/06-15/06	14	0,83±0,003	0,82±0,015	0,78±0,015	0,86±0,050	ΜΣ
SGR (6 7) 16/06-30/06	14	0,65±0,022	0,64±0,022	0,70±0,048	0,68±0,058	ΜΣ
SGR (1 7) 09/04-30/06	82	0,52±0,014	0,51±0,016	0,51±0,008	0,54±0,024	ΜΣ
SGR (2 7) 21/04-30/06	70	0,57±0,011	0,55±0,018	0,56±0,008	0,58±0,033	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * P<0,05.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

[‡]SGR-Specific growth rate- Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

3. Παραλλακτικότητα και συχνότητα των βαρών

Στον πίνακα Ε.3.1 απεικονίζεται ο συντελεστής παραλλακτικότητας του βάρους των ιχθύων ο οποίος δεν παρουσιάζει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου, παρόλο που στους πληθυσμούς στους οποίους χορηγήθηκαν τέσσερα γεύματα ημερησίως καταγράφηκαν συγκριτικά χαμηλότερες τιμές.

Πίνακας Ε.3.1 Συντελεστής παραλλακτικότητας (%) του βάρους για τις περιόδους 1 έως 7 του πειράματος

CV	Συχνότητα γευμάτων				(P)
	1	2	3	4	
CV1 09/04/2008	8,84±0,029	8,68±0,261	9,06±0,003	8,40±0,010	ΜΣ
CV2 21/04/2008	8,69±0,155	9,72±0,520	9,13±0,259	8,03±0,500	ΜΣ
CV3 05/05/2008	8,33±0,972	9,35±0,440	8,82±1,010	7,51±0,760	ΜΣ
CV4 19/05/2008	8,99±0,929	10,31±0,498	8,85±1,449	7,33±0,926	ΜΣ
CV5 02/06/2008	9,30±1,192	10,42±0,535	8,93±2,017	7,37±0,034	ΜΣ
CV6 16/06/2008	10,50±0,870	10,42±0,774	10,50±2,930	7,58±0,200	ΜΣ
CV7 30/06/2008	11,52±1,055	10,58±0,542	12,34±5,434	7,80±0,321	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό

Όσον αφορά στη σχετική συχνότητα των τελικών βαρών (Πίνακας Ε.3.2) και χωρίζοντας τα βάρη των ιχθύων σε 5 κλάσεις παρατηρήθηκε πως ο πληθυσμός στον οποίο χορηγήθηκαν 4 γεύματα ανά μέρα κατανεμήθηκε σε μικρότερο αριθμό κλάσεων, δηλαδή είναι πιο ομοιογενής.

Πίνακας Ε.3.2 Σχετική συχνότητα του τελικού βάρους των ιχθύων (%)

Ζύγισμα 7 ^ο (30/06/2008)					
Κλάσεις βάρους (g)		Συχνότητα γευμάτων			
Από	Μέχρι	1	2	3	4
% Σχετική συχνότητα του βάρους					
110,0	130,0	10,00	5,26	11,76	-
130,0	150,0	35,00	42,11	35,29	31,58
150,0	170,0	35,00	31,58	35,29	47,37
170,0	190,0	15,00	21,05	11,79	21,05
190,0	210,0	5,00	-	5,88	-

4. Δείκτες αξιοποίησης της τροφής και των συστατικών της

4.1 Συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής

Ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο κατά την περίοδο 2-3, με μικρότερη τιμή στην επέμβαση με ένα γεύμα ημερησίως. Μολονότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων, στην κύρια πειραματική περίοδο (2-7) η μικρότερη τιμή του συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής αντιστοιχούσε στην επέμβαση των τεσσάρων γευμάτων. Επίσης ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής παρουσίασε χαμηλότερες τιμές όταν έγινε προσαρμογή του ημερησίου επίπεδου της τροφής από το 1% ζώντος βάρους σε το 2% κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου 4-5 (Πίνακας Ε.4.1.1).

Πίνακας Ε.4.1.1 Συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής

FCR†	Ημέρες εκτροφής	Συχνότητα γευμάτων				(P)
		1	2	3	4	
FCR (1 2) 09/04-20/04	12	2,66±0,355	2,66±0,050	2,59±0,100	2,36±0,240	ΜΣ
FCR (2 3) 21/04-04/05	14	1,90±0,085 ^a	2,13±0,020 ^{ab}	2,51±0,155 ^b	2,16±0,075 ^{ab}	*
FCR (3 4) 05/05-18/05	14	2,46±0,135	2,80±0,615	2,20±0,070	2,15±0,070	ΜΣ
FCR (4 5) 19/05-01/06	14	1,52±0,005	1,51±0,010	1,51±0,040	1,49±0,110	ΜΣ
FCR (5 6) 02/06-15/06	14	1,46±0,005	1,49±0,030	1,57±0,035	1,41±0,085	ΜΣ
FCR (6 7) 16/06-30/06	14	1,89±0,070	1,91±0,070	1,77±0,125	1,81±0,165	ΜΣ
FCR (1 7) 09/04-30/06	82	1,76±0,050	1,81±0,060	1,78±0,030	1,71±0,090	ΜΣ
FCR (2 7) 21/04-30/06	70	1,71±0,035	1,76±0,055	1,73±0,030	1,67±0,105	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * P<0,05.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

†FCR-Feed conversion ratio- Συντελεστής εκμετάλλευσης της καταναλωθείσας τροφής

4.2 Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής

Από τους πίνακες E.4.2.1 και E.4.2.2 προκύπτει πως η συνολική κατανάλωση των πρωτεϊνών και λιπών, ο συντελεστής του επίπεδου των παραχθειςών πρωτεϊνών (PPV), λιπών (LPV) καθώς και ο συντελεστής απόδοσης των καταναλωθειςών πρωτεϊνών (PER), λιπών (LER) δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις κατά το σύνολο της πειραματικής περιόδου. Μόνο κατά την περίοδο 2-3 (πρώτες δυο εβδομάδες κύριας φάσης πειράματος) καταγράφηκε σημαντική διαφοροποίηση των συντελεστών απόδοσης των καταναλωθειςών πρωτεϊνών και των λιπών του σιτηρεσίου με μεγαλύτερη τιμή για την επέμβαση με ένα γεύμα ανά ημέρα και μικρότερη με τρία γεύματα ημερησίως.

Παρόλο που δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων στην περίοδο 2-7, οι μεγαλύτερες τιμές του συντελεστή απόδοσης πρωτεϊνών (PER) και του συντελεστή του επίπεδου των παραχθειςών πρωτεϊνών (PPV) των πρωτεϊνών εμφανίστηκαν στην επέμβαση των τεσσάρων γευμάτων ανά ημέρα. Επιπρόσθετα, οι τιμές του συντελεστή απόδοσης των καταναλωθειςών πρωτεϊνης (PER) είναι ψηλότερες με την προσαρμογή του ημερησίου επίπεδου τροφής από 1% ZB σε 2% ZB που έλαβε μέρος κατά τη διάρκεια της περιόδου 4-5 (Πίνακας E.4.2.1).

Πίνακας E.4.2.1 Συντελεστές εκμετάλλευσης πρωτεϊνών

	Ημέρες εκτροφής	Συχνότητα γευμάτων				(P)
		1	2	3	4	
Κατανάλωση πρωτεΐνης (g) (1 7)	82	44,39±0,415	44,15±0,330	44,16±0,205	44,63±0,345	ΜΣ
Κατανάλωση πρωτεΐνης (g) (2 7)	70	40,60±0,405	40,35±0,330	40,35±0,190	40,83±0,325	ΜΣ
PPV† (1 7) 09/04-30/06	82	29,96±0,435	30,36±0,570	30,23±0,025	31,59±0,385	ΜΣ
PER‡ (1 2) 09/04-20/04	12	0,82±0,110	0,80±0,010	0,83±0,035	0,92±0,095	ΜΣ
PER (2 3) 21/04-04/05	14	1,13±0,045 ^b	1,00±0,010 ^{ab}	0,86±0,055 ^a	1,00±0,035 ^{ab}	*
PER (3 4) 05/05-18/05	14	0,87±0,050	0,80±0,180	0,97±0,030	0,99±0,030	ΜΣ
PER (4 5) 19/05-01/06	14	1,41±0,005	1,41±0,010	1,42±0,035	1,44±0,110	ΜΣ
PER (5 6) 02/06-15/06	14	1,47±0,005	1,43±0,030	1,37±0,025	1,51±0,090	ΜΣ
PER (6 7) 16/06-30/06	14	1,13±0,040	1,12±0,040	1,22±0,085	1,19±0,105	ΜΣ
PER (1 7) 09/04-30/06	82	1,21±0,030	1,18±0,040	1,20±0,025	1,26±0,065	ΜΣ
PER (2 7) 21/04-30/06	70	1,25±0,025	1,22±0,045	1,23±0,020	1,28±0,080	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * P<0,05.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

†PPV-Protein productive value- Συντελεστής του επίπεδου των παραχθειςών πρωτεϊνών

‡PER-Protein efficiency ratio-Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθειςών πρωτεϊνών

Όσον αφορά στην αξιοποίηση των λιπών, ξεκινώντας από την περίοδο 4-5 (19/05-01/06), παρατηρήθηκε η αύξηση του συντελεστή απόδοσης των καταναλωθεισών λιπών (LER) όταν αυξήθηκε το ημερήσιο επίπεδο προσλαμβανομένης τροφής από 1% του ζώντος βάρους σε 2%. Παρόλο που οι τιμές των δυο συντελεστών αυτών δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση κατά την κύρια πειραματικής περίοδο (2-7), στους ιχθυοπληθυσμούς όμως με τέσσερα γεύματα παρατηρήθηκε η μέγιστη τιμή του συντελεστή απόδοσης των καταναλωθεισών λιπών (LER) και ταυτόχρονα η ελάχιστη τιμή του συντελεστή του επιπέδου των παραχθεισών λιπών (LPV) (Πίνακας Ε.4.2.2).

Πίνακας Ε.4.2.2 Συντελεστές εκμετάλλευσης του λίπους

	Ημέρες εκτροφής	Συχνότητα γευμάτων				(P)
		1	2	3	4	
Κατανάλωση λίπους(g)(1 7)	82	19,06±0,179	18,96±0,142	18,96±0,088	19,16±0,148	ΜΣ
Κατανάλωση λίπους(g)(2 7)	70	17,43±0,174	17,33±0,140	17,33±0,083	17,53±0,140	ΜΣ
LPV† (1 7) 09/04-30/06	82	59,12±0,675	50,54±4,090	51,56±0,635	50,09±2,630	ΜΣ
LER‡ (1 2) 09/04-20/04	12	1,90±0,253	1,86±0,035	1,92±0,074	2,12±0,219	ΜΣ
LER (2 3) 21/04-04/05	14	2,62±0,116 ^b	2,33±0,021 ^{ab}	1,99±0,124 ^a	2,31±0,081 ^{ab}	*
LER (3 4) 05/05-18/05	14	2,03±0,109	1,86±0,411	2,26±0,073	2,31±0,078	ΜΣ
LER (4 5) 19/05-01/06	14	3,28±0,010	3,28±0,027	3,29±0,086	3,35±0,255	ΜΣ
LER (5 6) 02/06-15/06	14	3,41±0,012	3,33±0,063	3,17±0,063	3,52±0,218	ΜΣ
LER (6 7) 16/06-30/06	14	2,63±0,094	2,60±0,093	2,83±0,205	2,75±0,247	ΜΣ
LER (1 7) 09/04-30/06	82	2,82±0,076	2,75±0,091	2,78±0,049	2,91±0,153	ΜΣ
LER (2 7) 21/04-30/06	70	2,91±0,058	2,83±0,095	2,87±0,046	2,99±0,187	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * P<0,05.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

†LPV-Lipid productive value- Συντελεστής του επιπέδου των παραχθεισών λιπών

‡LER-Lipid efficiency ratio- Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών λιπών

5. Βιομετρικά χαρακτηριστικά

Οι διαφορές μεταξύ των βιομετρικών χαρακτηριστικών και των συντελεστών ανάπτυξης σε όλες τις επεμβάσεις χαρακτηρίζονται μη στατιστικά σημαντικές ($P>0,05$) εκτός από το σχετικό μήκος του έντερου. Το ελάχιστο μέσο σχετικό μήκος του εντέρου καταγράφηκε στους ιχθύς στους οποίους χορηγήθηκαν τέσσερα γεύματα ημερησίως και το μεγαλύτερο σε αυτούς που τους χορηγήθηκε μόνο ένα γεύμα (Πίνακας Ε.5.1).

Πίνακας Ε.5.1 Βιομετρικά χαρακτηριστικά και τελικοί συντελεστές ανάπτυξης των ιχθύων

	Συχνότητα γευμάτων				(P)
	1	2	3	4	
Τελικό βάρος (g)	154,79±2,190	153,27±2,225	154,01±1,450	156,93±3,830	ΜΣ
Τελικό ολικό μήκος (cm)	21,61±0,142	21,43±0,166	21,44±0,160	21,58±0,134	ΜΣ
Τελικό σταθερό μήκος (cm)	18,04±0,101	18,07±0,155	18,02±0,138	18,21±0,109	ΜΣ
Τελικό ύψος (cm)	7,21±0,082	7,09±0,054	7,13±0,092	7,16±0,053	ΜΣ
Τελικό πλάτος (cm)	2,59±0,033	2,56±0,032	2,58±0,038	2,54±0,017	ΜΣ
Τελικός Συντελεστής Ευρωστίας (CF2)	1,53±0,023	1,55±0,012	1,57±0,022	1,56±0,006	ΜΣ
SGR 2-7(%ημέρα ⁻¹) 21/04-30/06	0,57±0,011	0,55±0,018	0,56±0,008	0,58±0,033	ΜΣ
%WG 2-7 21/04-30/06	48,27±1,147	47,06±1,880	47,59±0,808	50,11±3,461	ΜΣ
FCR 2-7 21/04-30/06	1,71±0,035	1,76±0,055	1,73±0,030	1,67±0,105	ΜΣ
Σχετικό μήκος εντέρου (%)	0,72±0,027 ^b	0,71±0,033 ^b	0,66±0,042 ^{ab}	0,58±0,024 ^a	*
% ZB	Οργανοσωματικοί δείκτες				
Γαστρεντερικός σωλήνας (GIT) (%)	2,92±0,058	3,02±0,088	2,94±0,081	2,77±0,065	ΜΣ
Περιπλαχνικό λίπος (%)	0,82±0,085	0,71±0,053	0,66±0,064	0,85±0,107	ΜΣ
Ήπαρ (%)	0,84±0,029	0,90±0,026	0,88±0,030	0,88±0,022	ΜΣ
Σπλήνας (%)	0,11±0,006	0,11±0,006	0,11±0,007	0,11±0,003	ΜΣ
Γονάδες (%)	0,10±0,014	0,12±0,022	0,10±0,017	0,11±0,016	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * $P<0,05$.

Μέσοι όροι με κοινό γράμμα εκθέτη δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

SGR-Specific growth rate- Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

%WG-%Weight gain- % Αύξηση ζώντος βάρους

FCR-Food conversion ratio-Συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής

%ZB- % ζώντος βάρους

GIT- gastrointestinal track- γαστρεντερικός σωλήνας

6. Χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων

Στον πίνακα Ε.6.1 απεικονίζονται οι μέσοι όροι των ποσοστών (%) υγρασίας, τέφρας, ολικών πρωτεϊνών και λίπους της σάρκας των εκτρεφόμενων ιχθυοπληθυσμών, καθώς και του αρχικού πληθυσμού.

Δε διαπιστώθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στη χημική σύσταση του σώματος, μεταξύ των επεμβάσεων, τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος της σάρκας. Σημειώνεται ότι υπάρχει μια τάση ($P>0,05$) μείωσης της περιεκτικότητας σε λίπη με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων που καταγράφηκε τόσο για το νωπό όσο και για το ξηρό βάρος και οι ιχθύες στους οποίους χορηγήθηκαν τέσσερα γεύματα ημερησίως εμφάνισαν τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λίπη.

Πίνακας Ε.6.1 Χημική σύσταση σώματος†

	Συχνότητα γευμάτων					(P)
	1	2	3	4	ΑΠ‡	
Υγρασία (%)	69,55±0,525	69,98±0,345	69,21±0,280	69,57±0,655	78,66	ΜΣ
Ολικές Πρωτεΐνες (%NB)	18,36±0,280	18,63±0,030	18,51±0,115	18,63±0,230	14,97	ΜΣ
Ολικά Λίπη (%NB)	8,42±0,035	7,41±0,565	7,49±0,040	7,25±0,445	1,74	ΜΣ
Τέφρα (%NB)	3,88±0,320	4,05±0,090	4,31±0,28	4,28±0,125	4,62	ΜΣ
Ολικές Πρωτεΐνες (%ΞΒ)	60,30±0,115	62,06±0,625	60,11±0,930	61,22±0,565	70,13	ΜΣ
Ολικά Λίπη (%ΞΒ)	27,65±0,590	24,63±1,605	24,31±0,090	23,79±0,945	8,13	ΜΣ
Τέφρα (%ΞΒ)	12,70±0,79	13,45±0,500	13,93±1,105	13,99±0,105	21,64	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας, *ΜΣ*: Μη στατιστικά σημαντικό.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

ΞΒ- Ξηρό βάρος, NB-Νωπό βάρος

† Σώμα χωρίς εντόσθια (carcass composition)

‡ Αρχικός πληθυσμός

7. Πεπτικό σύστημα

7.1 Βιομετρικά χαρακτηριστικά του πεπτικού συστήματος

Στον πίνακα Ε.7.1.1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων του βάρους των τμημάτων του πεπτικού συστήματος, εκφρασμένοι ως ποσοστό του βάρους του πεπτικού σωλήνα, καθώς του βάρους του σώματος. Παρατηρήθηκε ότι στην περίπτωση του στομάχου οι μικρότερες τιμές παρουσιάστηκαν στην επέμβαση με δυο γεύματα ανά ημέρα, τόσο ως ποσοστό του βάρους του πεπτικού σωλήνα όσο και ως ποσοστό του ζώντος βάρους του σώματος ($P < 0,05$). Όσον αφορά στα πλωρικά τυφλά, οι μεγαλύτερες τιμές του βάρους τους καταγράφηκαν στην επέμβαση με τα τέσσερα γεύματα ανά ημέρα. Παρόλο που το βάρος του έντερου, εκφραζόμενο ως ποσοστό του ζώντος βάρους, καθώς και ποσοστό του βάρους του πεπτικού σωλήνα δεν παρουσίασε σημαντικές διαφοροποιήσεις ($P > 0,05$), παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης του βάρους του έντερου με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων

Πίνακας Ε.7.1.1 Βάρος ιστών του πεπτικού συστήματος ως το ποσοστό του ζώντος βάρους και του πεπτικού σωλήνα ανά επέμβαση

	Συχνότητα γευμάτων				(P)
	1	2	3	4	
	Βάρος ιστών % ZB				
Βάρος Στομάχου	0,53±0,019 ^b	0,45±0,014 ^a	0,51±0,019 ^{ab}	0,48±0,024 ^{ab}	*
Βάρος πλωρικών	0,32±0,016 ^a	0,35±0,017 ^{ab}	0,35±0,026 ^a	0,41±0,025 ^b	*
Βάρος εντέρου	1,83±0,083	1,76±0,057	1,75±0,081	1,66±0,067	ΜΣ
	Βάρος ιστών % πεπτικού σωλήνα				
Βάρος Στομάχου	19,12±0,390 ^b	16,68±0,311 ^a	18,65±0,497 ^b	18,70±0,689 ^b	*
Βάρος Πλωρικών	11,79±0,548 ^a	12,96±0,735 ^a	12,87± 1,001 ^a	16,04±0,802 ^b	**
Βάρος Εντέρου	67,11±1,052	67,15±1,014	65,70±1,236	64,02±0,98	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

%ZB- % ζώντος βάρους

7.2 Ενζυμική δραστηριότητα των καρβοϋδρασών σε διάφορα τμήματα του πεπτικού σωλήνα

Δεν εντοπίστηκαν στατιστικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων (Πίνακας Ε.7.2.1) στην πεπτική ενεργότητα και ικανότητα των ολικών καρβοϋδρασών στο έντερο και στα πυλωρικά τυφλά.

Πίνακας Ε.7.2.1 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών καρβοϋδρασών στο έντερο και πυλωρικά τυφλά ανά επέμβαση

	Συχνότητα γευμάτων				(P)
	1	2	3	4	
	Πυλωρικά τυφλά				
Ενεργότητα†	5,14±0,563	4,64±0,384	5,02±0,824	4,78±0,274	ΜΣ
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	0,77±0,071	0,67±0,054	0,75±0,124	0,62±0,054	ΜΣ
Πεπτ. ικανότητα	2,52± 0,266	2,61±0,309	2,56±0,299	2,97±0,279	ΜΣ
Πεπτ. ικανότητα/%ZB	1,55±0,178	1,61±0,149	1,67±0,188	1,94±0,191	ΜΣ
	Έντερο				
Ενεργότητα†	5,97±0,765	4,50±0,309	5,40±0,514	6,00±0,581	ΜΣ
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	1,14±0,120	0,99±0,064	1,22±0,143	1,08±0,128	ΜΣ
Πεπτ. ικανότητα	14,53±1,676	15,02±2,139	15,10±1,337	15,69±1,896	ΜΣ
Πεπτ. ικανότητα/%ZB	10,96±1,551	9,24±1,177	9,26±0,675	10,18±1,260	ΜΣ
	Πυλωρικά τυφλά & έντερο				
Ενεργότητα†	5,84±0,631	4,92±0,505	5,56±0,605	5,76±0,535	ΜΣ
Πεπτ. ικανότητα	19,55±2,137	17,64±2,235	17,66±1,518	18,66±2,071	ΜΣ
Πεπτ. ικανότητα/%ZB	12,58±1,497	10,86±1,209	10,87±0,787	12,12±1,385	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό

† μονάδα ενεργότητας των ολικών καρβοϋδρασών -mg γλυκόζης min⁻¹ g ιστού⁻¹

%ZB- % ζώντος βάρους

7.3 Ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών σε διάφορα τμήματα του πεπτικού σωλήνα

7.3.1 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών του πεπτικού σωλήνα

Στην ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών σε διάφορα τμήματα του πεπτικού σωλήνα διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των επαναλήψεων τις επέμβασης των τριών ημερήσιων γευμάτων. Για τον παραπάνω λόγο τα στοιχεία σχετικά με την επέμβαση αυτήν δε συμπεριλαμβάνονται στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων σχετικά με την ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών.

Στον πίνακα Ε.7.3.1.1 παρουσιάζεται η ενεργότητα και η πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών ολόκληρου του πεπτικού σωλήνα. Οι ελάχιστες τιμές της ενεργότητας καθώς και της πεπτικής ικανότητας των ολικών πρωτεασών εμφανίστηκαν στην επέμβαση με δυο ημερήσια γεύματα, ενώ οι μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν στην επέμβαση με τέσσερα γεύματα.

Πίνακας Ε.7.3.1.1 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών του πεπτικού σωλήνα ανά επέμβαση †

Ολικές πρωτεάσες					
	1	2	3	4	(P)
Ενεργότητα‡	0,28±0,016 ^b	0,23±0,013 ^a	0,30±0,021	0,34±0,013 ^c	***
Πεπτική ικανότητα	1,18±0,077 ^b	0,98±0,067 ^a	1,21±0,102	1,36±0,042 ^b	**
Πεπτική ικαν. % ZB	0,76±0,040 ^b	0,61±0,039 ^a	0,79±0,063	0,89±0,041 ^c	***

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, **P<0,01, ***P<0,001.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

† στη στατιστική επεξεργασία δε συμπεριλαμβάνεται η επέμβαση των τριών γευμάτων ανά ημέρα

‡ μονάδα ενεργότητας των ολικών πρωτεασών -mg τυροσίνης min⁻¹ g ιστού⁻¹

%ZB- % ζώντος βάρους

7.3.2 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών ανά ιστό και pH

Στον πίνακα E.7.3.2.1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα των τιμών της ενζυμικής ενεργότητας και ικανότητας των πρωτεασών ανά αναλυθέντα ιστό. Στις αναλύσεις των πυλωρικών τυφλών και του έντερου χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικές τιμές του pH για να εκδηλωθεί η ενζυμική δραστηριότητα διαφόρων κατηγοριών πρωτεασών.

Ο υπολογισμός της ενεργότητας και της πεπτικής ικανότητας στο στομάχι (επικρατεί πολύ χαμηλό pH κατάλληλο για την ενζυμική δραστηριότητα της πεψίνης), έδειξε ότι οι ελάχιστες τιμές παρατηρήθηκαν στην επέμβαση με τέσσερα ημερήσια γεύματα.

Στα πυλωρικά τυφλά, οι πιο έντονες διαφοροποιήσεις ($P < 0,001$) καταγράφηκαν στην πεπτική ικανότητα ως ποσοστό του ζώντος βάρους των ιχθύων στο pH 7,0 και στο σύνολο pH 7,0 και pH 10,0. Ειδικότερα παρατηρήθηκαν οι μέγιστες τιμές στις δεξαμενές που εφαρμόστηκε χορήγηση τροφής με συχνότητα των τεσσάρων γευμάτων ανά μέρα. Όσον αφορά στην ενεργότητα στο pH 10,0 και στο σύνολο pH 7,0 και 10,0, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στις δεξαμενές με ένα και τέσσερα ημερήσια γεύματα.

Στο έντερο, σε pH 7,0 (περιβάλλον δραστηριότητας της τρυψίνης και της χυμοτρυψίνης) η στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση παρατηρήθηκε μόνο στην ενεργότητα των ενζύμων, που οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στην επέμβαση με τέσσερα ημερήσια γεύματα, οι χαμηλότερες τιμές με δυο και οι μεσαίες με ένα γεύμα. Σε pH 10,0 (περιβάλλον δραστηριότητας της καρβοξυπεπτιδάσης, της αμινοπεπτιδάσης, της κολλαγενάσης και της ελαστάσης) παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην ενεργότητα και στην πεπτική ικανότητα ως ποσοστό του ζώντος βάρους με τις ελάχιστες τιμές να εμφανιστούν στους ιχθυοπληθυσμούς με 2 γεύματα. Στο σύνολο του pH 7,0 και 10,0, η ενεργότητα, η πεπτική ικανότητα καθώς και η πεπτική ικανότητα ως ποσοστό του ζώντος βάρους, παρουσίασαν την ίδια εικόνα: οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στην επέμβαση με τέσσερα ημερήσια γεύματα, οι χαμηλότερες τιμές με δυο και οι μεσαίες με ένα γεύμα.

Πίνακας E.7.3.2.1 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών ανά επέμβαση, είδος ιστού (στομάχι, πυλωρικά τυφλά, έντερο) και pH (1,5, 7,0, 10,0)

	Συχνότητα γευμάτων				(P)†
	1	2	3	4	
pH 1,5	Στομάχι				
Ενεργότητα‡	0,22±0,014 ^b	0,23±0,011 ^b	0,24±0,020	0,17±0,014 ^a	*
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	0,050±0,0039 ^b	0,048±0,0044 ^b	0,056±0,0052	0,036±0,0031 ^a	*
Πεπτική ικανότητα	0,18±0,014 ^b	0,16±0,008 ^{ab}	0,19±0,019	0,13±0,009 ^a	**
Πεπτική ικαν./%ZB	0,12±0,005 ^b	0,09±0,006 ^a	0,13±0,011	0,08±0,003 ^a	***
pH 7,0	Πυλωρικά τυφλά				
Ενεργότητα‡	0,16±0,009 ^a	0,15±0,006 ^a	0,16±0,016	0,19±0,010 ^b	*
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	0,024±0,0011 ^a	0,023±0,0011 ^a	0,024±0,0017	0,028±0,0010 ^b	**
Πεπτική ικανότητα	0,08±0,007 ^a	0,08±0,006 ^a	0,09±0,011	0,12±0,013 ^b	**
Πεπτική ικαν. % ZB	0,05±0,049 ^a	0,05±0,052 ^a	0,06±0,059	0,08±0,080 ^b	**
pH 10,0					
Ενεργότητα‡	0,23±0,014 ^b	0,19±0,008 ^a	0,20±0,015	0,25±0,012 ^b	*
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	0,035±0,0020 ^b	0,028±0,0017 ^a	0,030±0,0014	0,034±0,0015 ^b	*
Πεπτική ικανότητα	0,12±0,084 ^a	0,10±0,075 ^a	0,11±0,060	0,16±0,082 ^b	**
Πεπτική ικαν. % ZB	0,07±0,006 ^a	0,06±0,006 ^a	0,07±0,006	0,10±0,009 ^b	***
pH 7,0 & 10,0					
Ενεργότητα‡	0,39±0,019 ^{ab}	0,35±0,011 ^a	0,35±0,029	0,44±0,018 ^b	**
Πεπτική ικανότητα	0,20±0,017 ^a	0,18±0,012 ^a	0,20±0,021	0,29±0,025 ^b	**
Πεπτική ικαν. % ZB	0,13±0,009 ^a	0,11±0,009 ^a	0,13±0,015	0,18±0,016 ^b	***
pH 7,0	Έντερο				
Ενεργότητα‡	0,11±0,009 ^{ab}	0,10±0,006 ^a	0,14±0,018	0,15±0,018 ^b	*
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	0,024±0,0019	0,024±0,0022	0,029±0,0025	0,027±0,0017	ΜΣ
Πεπτική ικανότητα	0,32±0,026	0,30±0,027	0,37±0,042	0,38±0,043	ΜΣ
Πεπτική ικαν. % ZB	0,21±0,015	0,18±0,022	0,24±0,028	0,25±0,033	ΜΣ
pH 10,0					
Ενεργότητα‡	0,17±0,015 ^b	0,11±0,016 ^a	0,17±0,014	0,20±0,009 ^b	***
Ενεργότητα/ mg πρωτεΐνης	0,033±0,0025	0,029±0,0045	0,035±0,0026	0,033±0,0030	ΜΣ
Πεπτική ικανότητα	0,47±0,038	0,33±0,052	0,43±0,037	0,48±0,052	ΜΣ
Πεπτική ικαν. % ZB	0,30±0,024 ^b	0,20± 0,030 ^a	0,31±0,023	0,31±0,035 ^b	*
pH 7,0 & 10,0					
Ενεργότητα‡	0,28±0,023 ^b	0,21±0,018 ^a	0,31±0,029	0,36±0,019 ^c	***
Πεπτική ικανότητα	0,79±0,062 ^{ab}	0,63±0,065 ^a	0,82±0,079	0,93±0,051 ^b	**
Πεπτική ικαν. % ZB	0,51±0,037 ^a	0,39±0,039 ^a	0,53±0,056	0,63±0,048 ^b	**

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

† στη στατιστική επεξεργασία δε συμπεριλαμβάνεται η επέμβαση των τριών γευμάτων ανά ημέρα

‡ μονάδα ενεργότητας των ολικών πρωτεϊνών -mg τυροσίνης min⁻¹ g ιστού⁻¹ %ZB- % ζώντος βάρους

7.3.3 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των πρωτεασών στο σύνολο του εντέρου και των πυλωρικών τυφλών

Κατά τη μέτρηση της ενεργότητας και της πεπτικής ικανότητας των διάφορων πρωτεασών στο σύνολο του εντέρου και των πυλωρικών τυφλών σημειώθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις (Πίνακας Ε.7.3.3.1).

Συγκεκριμένα, στο pH 7,0 (περιβάλλον δράσης της θρυψίνης και της χυμοθρυψίνης), παρατηρήθηκε η μέγιστη τιμή της ενεργότητας και της πεπτικής ικανότητας των ενζύμων αυτών στην επέμβαση με την πιο συχνή παροχή της τροφής, ενώ οι επεμβάσεις με ένα και δύο ημερήσια γεύματα δεν παρουσίασαν καμία διαφοροποίηση μεταξύ τους. Η πεπτική ικανότητα ως ποσοστό του ζώντος βάρους των προαναφερθέντων ενζύμων δε διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P>0,05$).

Στο pH 10,0, στο οποίο ενεργοποιούνται τα εξής πεπτικά ένζυμα: η καρβοξυπεπτιδάση, η αμινοπεπτιδάση, η κολλαγενάση και η ελαστάση, οι χαμηλότερες τιμές της ενεργότητας και πεπτικής ικανότητας των παραπάνω ενζύμων παρουσιάστηκαν στους ιχθυοπληθυσμούς με δυο γεύματα ανά μέρα. Παρόλο που δεν υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ επεμβάσεων με τέσσερα και ένα γεύμα ανά ημέρα, οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στους ιχθυοπληθυσμούς με τέσσερα ημερήσια γεύματα,

Πίνακας Ε.7.3.3.1 Ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των πρωτεασών στο σύνολο του εντέρου και των πυλωρικών τυφλών ανά επέμβαση και pH

pH 7,0	Έντερο & πυλωρικά τυφλά				(P)†
Ενεργότητα‡	0,12±0,008 ^a	0,11±0,004 ^a	0,14±0,13	0,16±0,016 ^b	**
Πεπτική ικανότητα	0,40±0,029 ^a	0,38±0,025 ^a	0,46±0,050	0,56±0,032 ^b	***
Πεπτική ικαν. % ZB	0,26±0,015	0,24±0,024	0,30±0,032	0,33±0,035	ΜΣ
pH 10,0	Έντερο & πυλωρικά τυφλά				
Ενεργότητα‡	0,18±0,014 ^b	0,12±0,014 ^a	0,17±0,013	0,21±0,007 ^b	***
Πεπτική ικανότητα	0,58±0,044 ^b	0,43±0,052 ^a	0,56±0,046	0,69±0,038 ^b	**
Πεπτική ικαν. % ZB	0,38±0,027 ^b	0,27±0,030 ^a	0,37±0,028	0,43±0,020 ^b	***

P: Επίπεδο σημαντικότητας. ΜΣ: Μη στατιστικά σημαντικό, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

† στη στατιστική επεξεργασία δε συμπεριλαμβάνεται η επέμβαση των τριών γευμάτων ανά ημέρα

‡ μονάδα ενεργότητας των ολικών πρωτεασών -mg τυροσίνης min⁻¹ g ιστού⁻¹

%ZB- % ζώντος βάρους

7.4 Πεπτική ικανότητα ιστών ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας

Η πεπτική ικανότητα των ιστών ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας παρουσίασε σημαντικές διαφορές μόνο στην περίπτωση των ολικών πρωτεασών (Πίνακας Ε.7.4.1). Η πεπτική ικανότητα των πυλωρικών τυφλών ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας παρουσίασε σταδιακή αύξηση τιμών με αυξημένη συχνότητα των γευμάτων. Αντιθέτως, στο στομάχι στην επέμβαση με τέσσερα γεύματα καταγράφηκαν οι χαμηλότερες τιμές.

Πίνακας Ε.7.4.1 Πεπτική ικανότητα των ιστών ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας για τις ολικές καρβουδράσες και τις ολικές πρωτεάσες (για κάθε κατηγορία των πεπτικών ενζύμων) ανά επέμβαση.

	Συχνότητα γευμάτων				
	1	2	3	4	
	Ολικές καρβουδράσες				(P)
Πυλωρικά τυφλά	14,81±2,440	15,84±1,515	14,44±1,348	16,77±1,409	ΜΣ
Έντερο	85,19±2,440	84,16±1,515	85,56±1,348	83,23±1,409	ΜΣ
	Ολικές πρωτεάσες				(P)†
Στομάχι	15,26±1,224 ^b	17,25±1,906 ^b	15,72±1,335	9,80±0,801 ^a	**
Πυλωρικά τυφλά	15,19±0,723 ^a	19,39±1,572 ^b	16,75±1,104	23,35±1,368 ^c	**
Έντερο	66,36±2,040	63,36±2,854	67,52±2,064	66,63±1,952	ΜΣ

P: Επίπεδο σημαντικότητας. *ΜΣ*: Μη στατιστικά σημαντικό, *******P*<0,01.

Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με κοινό γράμμα εκθέτη, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

† στη στατιστική επεξεργασία δε συμπεριλαμβάνεται η επέμβαση των τριών γευμάτων ανά ημέρα.

ΣΤ. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συχνότητα των γευμάτων είναι δυνατό να επηρεάσει το ρυθμό ανάπτυξης, την μετατρεψιμότητα της τροφής, τη χημική σύσταση του σώματος, την παραλλακτικότητα του βάρους, την επιβίωση, τον συντελεστή ευρωστίας, την ποιότητα νερού (Phillips *et al.*, 1998) καθώς και την πεπτικότητα των συστατικών της τροφής (Usmani *et al.*, 2003; Yamamoto *et al.*, 2007).

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση της διαφορετικής συχνότητας ημερήσιων γευμάτων (ένα, δυο, τρία ή τέσσερα γεύματα ανά ημέρα) στην ανάπτυξη, στην εκμετάλλευση της τροφής και των συστατικών της, στη χημική σύσταση του σώματος, στην παραλλακτικότητα του βάρους καθώς και στην πεπτική ενεργότητα/δραστηριότητα των ολικών πρωτεασών και των ολικών καρβοϋδρασών στα αναπτυσσόμενα άτομα τσιπούρας *Sparus aurata*.

Πολλοί παράγοντες του περιβάλλοντος διαβίωσης των εκτρεφόμενων ιχθύων είναι δυνατόν να επιδρούν στην ανάπτυξη τους, τόσο άμεσα (δια μέσου των αλλαγών στην διατροφική δραστηριότητα), όσο και έμμεσα (δια μέσου της ποιότητας του νερού). Ως εκτούτου πρέπει να παρουσιαστούν καταρχήν τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής κατά την διάρκεια του πειράματος πριν προβούμε στο σχολιασμό των υπόλοιπων δεδομένων.

Συχνότητα γευμάτων και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής

Ως γνωστό, στα εντατικά συστήματα παραγωγής εκτός από τη συγκέντρωση του οξυγόνου, η συγκέντρωση της αμμωνίας αποτελεί τον αμέσως επόμενο περιοριστικό παράγοντα, λόγω της υψηλής τοξικότητάς της στους υδρόβιους οργανισμούς και ιδιαίτερα στους ιχθύς.

Η τοξική της δράση οφείλεται στη μη-ιονισμένη μορφή της αμμωνίας ($\text{NH}_3\text{-N}$), η οποία βρίσκεται σε μια κατάσταση αμφίδρομης ισορροπίας με την άλλη μορφή, την μη-τοξική, ιονισμένη αμμωνία ($\text{NH}_4^+\text{-N}$). Η συγκέντρωση της εξαρτάται από το επίπεδο του ολικού αμμωνιακού αζώτου (TAN-total ammonia-nitrogen) ($\text{TAN}=\text{NH}_4^+\text{-N}+\text{NH}_3\text{-N}$), το pH, τη θερμοκρασία και την αλατότητα του νερού. Τα νιτρώδη ιόντα ($\text{NO}_2\text{-N}$), είναι το ενδιάμεσο προϊόν που παράγεται κατά την οξειδωτική μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά ιόντα ($\text{NO}_3\text{-N}$) (Χώτος και Ρογδάκης, 1992).

Συμφώνα με τα κριτήρια της ποιότητας του νερού για εντατικές εκτροφές θαλάσσιων ειδών ιχθύων, όπως αυτά περιγράφονται από την Ευρωπαϊκή Οργάνωση Υδατοκαλλιεργειών (European Aquaculture Society), τα επίπεδα των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων πρέπει να είναι ως εξής: δεσμευμένο οξυγόνο >5 ppm (90% του κορεσμού), pH μεταξύ 6,5 και 8,5, τοξική αμμωνία ($\text{NH}_3\text{-N}$) $<0,04$ ppm, νιτρώδη ιόντα ($\text{NO}_2\text{-N}$) $<1,0$ ppm και νιτρικά ιόντα ($\text{NO}_3\text{-N}$) <50 ppm (Poxton, 1991). Για κλειστά συστήματα παραγωγής στις δεξαμενές προτείνεται: δεσμευμένο οξυγόνο >5 ppm, pH μεταξύ 7,0 και 8,0, τοξική αμμωνία ($\text{NH}_3\text{-N}$) $<0,05$ ppm, νιτρώδη ιόντα ($\text{NO}_2\text{-N}$) $<1,0$ ppm (Losardo *et al.*, 1998; Masser *et al.*, 1999). Οι Χώτος και Ρογδάκης (1992) προτείνουν τη συγκέντρωση της τοξικής αμμωνίας ($\text{NH}_3\text{-N}$) στο νερό της

εκτροφής των ευρύαλων ιχθύων έως 0,01 ppm και των νιτρωδών ιόντων (NO_2^- -N) χαμηλότερη από 0,1 ppm. Επίσης, ο Coche (1981) αναφέρει τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^- -N) πρέπει να είναι κάτω από το τοξικό επίπεδο, δηλαδή κάτω από 0,1 ppm. Σχετικά με τη συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας TAN, σημειώνεται ότι αν και σε διάφορα είδη ιχθύων έχει προσδιοριστεί το τοξικό επίπεδο που προκαλεί το θάνατο τους, ωστόσο δεν είναι γνωστό με μεγάλη ακρίβεια τα επίπεδα που προκαλούν τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης τους (Masser *et al.*, 1999). Συνήθως, προτείνεται η ολική αμμωνία TAN να μη ξεπερνάει 1,0 ppm.

Στην παρούσα μελέτη οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού εκτροφής βρίσκονταν σε ικανοποιητικό επίπεδο για την ανάπτυξη των ιχθυοπληθυσμών που μελετήθηκαν και δε ξεπέρασαν τα διεθνώς αποδεκτά όρια που τίθενται παραπάνω (Πίνακας E.1.1). Μόνο οι τιμές των νιτρωδών ιόντων (NO_2^- -N) είναι πιο υψηλές από τις τιμές που αναφέρουν ορισμένοι ερευνητές. Ωστόσο πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο σημαντικοί παράγοντες. Αφενός, ότι στα θαλασσινά νερά λόγω της υψηλής συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου και ασβεστίου, η τοξικότητα των νιτρωδών ιόντων (NO_2^- -N) είναι μικρότερη (<1,0 ppm) από ότι στα γλυκά νερά (<0,02-0,01 ppm) και αφετέρου ότι ο χρόνος παραμονής τους στο νερό δεν είναι πολύ μεγάλος, γιατί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα οξειδώνονται σε λιγότερο τοξικά, νιτρικά ιόντα (NO_3^- -N) (Χώτος και Ρογδάκης, 1992; Παπουτσόγλου, 1997).

Σημαντικές διαφοροποιήσεις καταγράφηκαν στις τιμές του δεσμευμένου οξυγόνου (επί τοις % του κορεσμού) καθώς και στις τιμές του pH, τόσο το πρωί (στις 8:30, 30 λεπτά πριν το πρώτο γεύμα) όσο και το απόγευμα (στις 14:30) (Πίνακας E.1.1).

Στις πρωινές μετρήσεις, οι χαμηλότερες τιμές του δεσμευμένου οξυγόνου και του pH παρουσιάστηκαν σε δεξαμενές με ένα ημερήσιο γεύμα. Τα αποτελέσματα αυτά, πιθανόν να οφείλονται στην αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου λόγω της έντονης κινητικής δραστηριότητας των ιχθύων (feeding anticipatory activity), 30-120 λεπτά πριν τη συνηθισμένη ώρα του γεύματος.

Το φαινόμενο της 'αναμονής της σίτισης' έχει παρατηρηθεί σε αρκετά είδη ιχθύων κατά την διάρκεια μελετών οι οποίες στόχευαν στη διερεύνηση των ημερήσιων κύκλων εκδήλωσης της πείνας ή/και των μηχανισμών της 'μάθησης-μνήμης' στη διατροφική συμπεριφορά (Davis, 1963; Spieler, 1992; Mistlberger, 1994; Madrid *et al.*, 1997; Azzaydi *et al.*, 1998, 1999).

Σύμφωνα με μερικούς ερευνητές, η διαδικασία αυτή προετοιμάζει τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού που ενεργοποιούνται κατά τη λήψη της τροφής, με αποτέλεσμα την καλύτερη αξιοποίησή της (Comperatore and Stephan, 1987; Sánchez *et al.*, 2009). Επίσης, το φαινόμενο αυτό εκδηλώνεται πιο ισχυρά σε οργανισμούς που τρέφονται κάτω από το επίπεδο κορεσμού (Sánchez-Vázquez *et al.*, 1996) καθώς και όταν χορηγείται μόνο ένα γεύμα ημερησίως (Mistlberger and Rusak, 1987; Azzaydi *et al.*, 1999).

Όσον αφορά στις απογευματινές μετρήσεις, δεν είναι δυνατόν να εξηγηθούν οι διαφορές στις τιμές του κορεσμού νερού σε δεσμευμένο οξυγόνο και του pH μεταξύ

των επεμβάσεων. Αυτό οφείλεται σε γεγονός ότι κατά την διάρκεια του πειράματος δεν έλαβε χώρα σε συνεχή χρονική βάση η καταγραφή των διακυμάνσεων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής που σχετίζονταν με τη διατροφική δραστηριότητα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μετά τη λήψη της τροφής από τους ιχθύς ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνεται έντονα (Jobling, 1981). Αυτή η αύξηση του μεταβολισμού, εκφράζεται ως ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου και ως ρυθμός έκκρισης της αμμωνίας (Seginer, 2008) και συνδέεται με το αυξημένο ενεργειακό κόστος της διαδικασίας πέψης και της αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών της τροφής, όμως ειδικότερα, της πρωτεϊνοσύνθεσης (Jobling, 1983a).

Ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνεται σταδιακά μετά την πρόσληψη της τροφής και συνήθως παρουσιάζει μέγιστες τιμές ύστερα από 6-12 ώρες μετά το γεύμα. Ωστόσο, τόσο η χρονική διάρκεια όσο και η ένταση του ρυθμού της κατανάλωσης του οξυγόνου και της έκκρισης της αμμωνίας εξαρτώνται από πολυάριθμους παράγοντες όπως το ημερήσιο επίπεδο της διατροφής, τη χημική σύσταση της τροφής, τον αριθμό των ημερήσιων γευμάτων και την θερμοκρασία του νερού εκτροφής (Tátrai, 1981; Lied and Braaten, 1984; Robaina *et al.*, 1999; Guinea and Fernandez, 1997; Seginer, 2008).

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές στις τιμές της ολικής αμμωνίας ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3\text{-N}$) μεταξύ των επεμβάσεων, ενώ η συγκέντρωση της τοξικής (μη-ιονισμένης) αμμωνίας ($\text{NH}_3\text{-N}$) και των νιτρωδών ιόντων ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) δεν παρουσίασαν διαφορές την ώρα που λαμβάνονταν δείγματα νερού εκτροφής (στις 14:30) (Πίνακας E.1.1). Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε σημαντική ($P < 0,01$) μείωση της συγκέντρωσης της ολικής αμμωνίας καθώς αυξάνονταν ο αριθμός των ημερήσιων γευμάτων.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι πλήρως δικαιολογημένα λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι ιχθύες στις δεξαμενές όπου χορηγούνταν τέσσερα γεύματα, κατανάλωσαν έως την ώρα των απογευματινών μετρήσεων τα τρία από τα τέσσερα γεύματα, δηλαδή, μόλις το 40% της ημερήσιας ποσότητας της τροφής, σε αντίθεση με τις άλλες δεξαμενές που είχε χορηγηθεί ήδη το 100% της ημερήσιας ποσότητας της τροφής. Σε αυτή την περίπτωση οι τρεις παράγοντες διαμορφώνουν ταυτόχρονα τη συγκέντρωση της αμμωνίας στο νερό εκτροφής:

- η συνολική ποσότητα της τροφής που καταναλώθηκε μέχρι τις απογευματινές μετρήσεις
- η ποσότητα τροφής που χορηγήθηκε ανά κάθε ξεχωριστό γεύμα
- το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των απογευματινών μετρήσεων και του τελευταίου γεύματος πριν από αυτές (½ ώρα στην επέμβαση των τριών ημερήσιων γευμάτων, 3 ώρες στην επέμβαση των δυο γευμάτων και 5 ½ ώρες στην επέμβαση ενός γεύματος ανά ημέρα)

Τέλος, πολλές μελέτες αναφέρουν ότι η κατανάλωση του δεσμευμένου οξυγόνου και η έκκριση της αμμωνίας από τους εκτρεφόμενους ιχθύς μειώνονται με την αύξηση της συχνότητας των ημερήσιων γευμάτων. Ωστόσο, στα εντατικά και υπερεντατικά συστήματα παραγωγής και ειδικά όταν χρησιμοποιείται ένα κλειστό σύστημα με συνεχόμενη ανακύκλωση του νερού, προτείνεται η εφαρμογή συχνότερης παροχής τροφής παρά ενός μόνο γεύματος ανά ημέρα. Η πρακτική της χορήγησης της ημερήσιας ποσότητας της τροφής σε ένα γεύμα προκαλεί έντονη και ταχεία υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, η οποία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την παραγωγή και ως εκ τούτου το ποσοστό κέρδους και την βιώσιμη ανάπτυξη της επιχείρησης (Philips *et al.*, 1998; Masser *et al.*, 1999; Ζακές, 1999; Giberson and Litvak, 2003; Ζακές *et al.*, 2006β; Seginer, 2008).

Συχνότητα γευμάτων και ανάπτυξη-αξιοποίηση της τροφής

Οι κύριοι δείκτες που συμβάλλουν καθοριστικά στην αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων διατροφικών πρακτικών κατά τη διάρκεια της παραγωγής είναι: οι συντελεστές ανάπτυξης των ιχθύων (επί τοις % αύξηση του βάρους-WG; ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης-SGR) καθώς και οι συντελεστές αξιοποίησης της προσληφθείσας τροφής και των συστατικών της (ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής-FCR; ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής-FER; ο συντελεστής του επίπεδου των παραγόμενων πρωτεϊνών-PPV; ο συντελεστής απόδοσης των καταναλωθέντων πρωτεϊνών-PER, ο συντελεστής του επίπεδου των παραγόμενων λιπών-LPV; συντελεστής απόδοσης των καταναλωθέντων λιπών-LER) (Ofojekwu and Ejike, 1984; Παπουτσόγλου, 2008).

Ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι αρκετά συχνά η μέγιστη ανάπτυξη των εκτρεφόμενων οργανισμών δεν συμπίπτει με τη βέλτιστη αξιοποίηση του σιτηρεσίου, οι προαναφερθέντες συντελεστές πρέπει να εκτιμώνται ταυτόχρονα, προκειμένου να αναζητηθεί ένας συμβιβασμός μεταξύ των διατροφικών πρακτικών που προβιβάζουν την βέλτιστη ανάπτυξη και αυτών που εξασφαλίζουν την υψηλότερη οικονομική απόδοση (Goddard, 1996; Rowland *et al.*, 2005).

Στην παρούσα πειραματική εκτροφή, η διαφορετική συχνότητα των γευμάτων δεν επέφερε διαφοροποιήσεις στα τελικά σωματικά βάρη, καθώς και στους δείκτες ανάπτυξης (%WG, SGR, CF2) στους εκτρεφόμενους ιχθυοπληθυσμούς (Πίνακες E.2.1.1, E.2.2.1, E.2.2.2). Όμοια, δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στο συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) και στους συντελεστές απόδοσης και αξιοποίησης των συστατικών της, δηλαδή των πρωτεϊνών (PER, PPV) και των λιπών (LER, LPV) (Πίνακες E.4.1.1, E.4.2.1 και E.4.2.2).

Η διαπίστωση αυτή βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τις περισσότερες από τις υπάρχουσες βιβλιογραφικές αναφορές, όπου μελετήθηκαν σαρκοφάγοι ιχθύες μεγάλου σωματικού βάρους. Έτσι, δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) και το συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FER) σε άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata*) μέσου βάρους 148,0g (Velázquez *et al.*, 2006β) και σε άτομα Ευρωπαϊκού λαυρακιού (*Dicentrarchus labrax*) μέσου βάρους 170,0g (Güroy *et al.*,

2006), στα οποία χορηγήθηκε τροφή *ad libitum*. Στις παραπάνω δυο μελέτες εκτιμήθηκε ότι η βέλτιστη συχνότητα χορήγησης της τροφής ήταν η ελάχιστη, η οποία αντιστοιχούσε σε δυο γεύματα ανά ημέρα. Επίσης, οι Thomassen and Fjæra (1996) δεν παρατήρησαν στα άτομα σολομού *Salmo salar* (225,0g, *ad libitum*) διαφορές στις τιμές των SGR και FCR μεταξύ των επεμβάσεων (3, 9, 27 και 81 ημερήσια γεύματα). Επιπρόσθετα, παρόλο που οι Weirich *et al.* (2006), δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR), καθώς και στο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FER) σε άτομα του είδους *Trachinotus carolinus* (218,5g, *ad libitum*), εκτιμήθηκε ότι η βέλτιστη συχνότητα των γευμάτων είναι τέσσερα ανά ημέρα και όχι δυο, διότι η επί τοις % αύξηση του βάρους ήταν μειωμένη με την χορήγηση δύο γευμάτων ανά ημέρα. Τέλος, δεν καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) και στο συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) σε άτομα του γατόψαρου των καναλιών (*Ictalurus punctatus*) (232,0g), ενός παμφάγου είδους, τα οποία σιτίζονταν με περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο τροφής (3% ζώντος βάρους). Η προτεινόμενος αριθμός γευμάτων ήταν μια φορά ανά ημέρα (Jarboe and Grant, 1996).

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε μελέτες με άτομα μικρότερου σωματικού βάρους. Όσον αφορά τους ιχθύς που ανήκουν στο σαρκοφάγο διατροφικό τύπο, δεν καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR), καθώς και στο συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) σε άτομα του ποταμολάβρακου *Sander lucioperca* (21,0g) (Zakés *et al.*, 2006a), τα οποία σιτίζονταν με περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο τροφής (0,8-1,0% ζώντος βάρους), αλλά ούτε και σε άτομα του χάλιμπατ του Ατλαντικού *Hippoglossus hippoglossus* (75,4g) (Schnaittacher *et al.*, 2005), που σιτίζονταν *ad libitum*. Εκτιμήθηκε ότι η βέλτιστη συχνότητα των γευμάτων σε αυτά τα δύο είδη αντιστοιχεί σε ένα ημερήσιο γεύμα. Επιπρόσθετα, δεν βρέθηκαν διαφοροποιήσεις στους παραπάνω συντελεστές σε άτομα του γατόψαρου των καναλιών *Ictalurus punctatus*, (18,0g, 3% ζώντος βάρους). Για αυτό το λόγο η σίτιση θα πρέπει να πραγματοποιείται μια φορά ημερησίως (Jarboe and Grant, 1996).

Αντιθέτως σε άλλες αναφορές καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στο ρυθμό ανάπτυξης ή/και εκμετάλλευσης της τροφής, ανάλογα με τη συχνότητα των γευμάτων. Πιο συγκεκριμένα, σε νεαρά άτομα λαβρακιού *Dicentrarchus labrax* (59,5g, *ad libitum*), παρατηρήθηκε αύξηση του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR), καθώς αυξάνονταν τα γεύματα από ένα έως τρία ανά ημέρα, όμως οι τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FER) ήταν υψηλότερες στην επέμβαση με ένα ημερήσιο γεύμα και σταδιακά μειώνονταν με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων. Η προτεινόμενη βέλτιστη συχνότητα γευμάτων αντιστοιχούσε σε τρία γεύματα ανά ημέρα, με διαφορά 6 ωρών (Tsevis *et al.*, 1992). Σε ένα άλλο σαρκοφάγο είδος, το χάλιμπατ του Ατλαντικού *Hippoglossus hippoglossus* (22,8g, *ad libitum*), του οποίου ο πειραματικοί ιχθυοπληθυσμοί σιτίζονταν 1, 3 ή 5 φορές την ημέρα, παρόλο που δεν καταγράφηκαν διαφορές στο συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (FCR), το τελικό βάρος των ιχθύων και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) παρουσίασαν μέγιστες τιμές στην επέμβαση με τα πέντε ημερήσια

γεύματα. Η προτεινόμενος αριθμός γευμάτων σε αυτή την περίπτωση είναι μεγαλύτερος από μια φορά ανά ημέρα (Schnaittacher *et al.*, 2005).

Επίσης, σε μη σαρκοφάγα είδη, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στους παραπάνω δείκτες. Έτσι, σε άτομα του γατόψαρου της Αφρικής *Clarias gariepinus* (102,2g, *ad libitum*), παρουσιάστηκαν υψηλότερες τιμές της αύξησης του βάρους, του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR), καθώς και χαμηλότερες τιμές του συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) με μικρότερο αριθμό των ημερήσιων γευμάτων (δύο ανά ημέρα) (Pantazis and Neofitou, 2003). Για την τιλάπια *Oreochromis niloticus* (34,4g, *ad libitum*), οι ελάχιστες τιμές του SGR και του FER καταγράφηκαν στην επέμβαση με ένα γεύμα ανά μέρα, ενώ οι βέλτιστες τιμές των συντελεστών απόδοσης και αξιοποίησης των πρωτεϊνών (PER, PPV) παρατηρήθηκαν με δυο και τρία γεύματα ανά ημέρα. Για αυτό το λόγο η προτεινόμενη συχνότητα σίτισης είναι δύο ή τρία γεύματα ανά ημέρα (Riche *et al.*, 2004). Τέλος, στον κοινό κυπρίνο (24,0g, 3% ζώντος βάρους) διαπιστώθηκε ότι η επί τοις % αύξηση του βάρους, ο τελικός συντελεστής ευρωστίας (CF) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) αυξάνονταν με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων από ένα έως τρία, ενώ ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) μειωνόταν με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων. Ωστόσο δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών και τεσσάρων γευμάτων. Στην παραπάνω μελέτη εκτιμήθηκε ότι η βέλτιστη συχνότητα χορήγησης της τροφής αντιστοιχούσε σε τρία γεύματα ανά ημέρα (Rechrech, 2004).

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι η συχνότητα των γευμάτων επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό τους συντελεστές ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής των ιχθύων μικρής ηλικίας και μικρού σωματικού βάρους και ιδιαίτερα των μη σαρκοφάγων ιχθύων, στους οποίους προτείνεται η συχνότερη χορήγηση του σιτηρεσίου. Ωστόσο, αυτές οι διαφοροποιήσεις μπορούν να μην καταγραφούν, όταν στην εκτροφή εφαρμόζεται χορήγηση περιορισμένης ποσότητας τροφής. Επισημαίνεται, ότι η πρακτική της σίτισης με περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο διατροφής εξασφαλίζει την κατανάλωση ίδιας ποσότητας τροφής από τους ιχθυοπληθυσμούς ανά ημέρα, ανεξάρτητα από τον ημερήσιο αριθμό των γευμάτων. Δηλαδή, οι διαφορές σε παραμέτρους και δείκτες ανάπτυξης και φυσιολογικών διεργασιών θα προέρχονται αποκλειστικά από διαφορές στην μετατρεψιμότητα της τροφής και όχι από διαφορές της συνολικής ημερήσιας καταναλωθείσας ποσότητας, όπως συμβαίνει όταν χορηγείται η τροφή μέχρι το επίπεδο κορεσμού.

Επισημαίνεται ότι η διαφορετική βέλτιστη συχνότητα γευμάτων (ΒΣΓ) σε διαφορετικά είδη ιχθύων, προτεινόμενη ύστερα από την αξιολόγηση των δεικτών ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής, μπορεί να είναι επίσης αποτέλεσμα της διαφοροποίησης του πειραματικού σχεδιασμού, όπως η σύνθεση και η σύσταση της τροφής, το ημερήσιο επίπεδο διατροφής, η ώρα χορήγησης των γευμάτων, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των γευμάτων, η ποσότητα της τροφής ανά γεύμα, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής, η πυκνότητα εκτροφής ή/και το σύστημα παραγωγής.

Συχνότητα γευμάτων και συντελεστής παραλλακτικότητας των ιχθύων

Στην παρούσα πειραματική εκτροφή παρατηρήθηκε ότι χωρίζοντας τα βάρη των ιχθύων σε 5 κλάσεις οι ιχθυοπληθυσμοί στους οποίους χορηγήθηκαν 4 γεύματα ανά μέρα κατανεμήθηκαν σε μικρότερο αριθμό κλάσεων, δηλαδή είναι πιο ομοιογενείς (Πίνακας 3.2). Επίσης, οι χαμηλότερες τιμές του συντελεστή παραλλακτικότητας του βάρους (CV%) των ιχθύων παρατηρήθηκαν στους πληθυσμούς όπου χορηγήθηκαν τέσσερα γεύματα ανά ημέρα, ωστόσο οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($P > 0,05$) (Πίνακας 3.1).

Η διαπίστωση αυτή έρχεται σε συμφωνία με την πλειονότητα των σχετικών βιβλιογραφικών αναφορών (Thomassen and Fjæra, 1996; Cui *et al.*, 1997; Phillips *et al.*, 1998; Mihelakakis *et al.*, 2001; Rechrech, 2004; Schnaittacher *et al.*, 2005; Zakeš *et al.*, 2006a; Booth *et al.*, 2008). Υπάρχουν όμως και αναφορές για στατιστικά σημαντική μείωση των τιμών του συντελεστή παραλλακτικότητας του βάρους των ιχθύων λόγω αυξημένης συχνότητας των γευμάτων (Jobling, 1983β; Ruohonen, 1986; Kayano *et al.*, 1993; Van der Mer *et al.*, 1997; Wang *et al.*, 1998).

Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν την άποψη ότι αυξάνοντας τη συχνότητα των γευμάτων ακόμη και χωρίς να αυξηθεί η ημερήσια ποσότητα τροφής, αυξάνονται οι πιθανότητες πρόσληψης τροφής από τα μικρού μεγέθους άτομα, παρέχοντας ιχθύς πιο ομοιόμορφου μεγέθους (Jobling, 1983β; Jobling, 1995). Αντιθέτως, άλλοι ερευνητές θεωρούν ότι όταν στους ιχθύς χορηγείται τροφή με περιορισμένο επίπεδο διατροφής, ακόμα και με υψηλή συχνότητα γευμάτων, οι πιο εύρωστοι ιχθύες προσλαμβάνουν περισσότερη τροφή. Ωστόσο αυτό μπορεί να μη συμβεί εάν οι ιχθύες προσλάμβαναν περισσότερη ποσότητα τροφής ανά ημέρα (Carlos, 1988).

Πρέπει σε αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις άλλοι παράγοντες όπως: ο ρυθμός παροχής της τροφής (Linnér and Brännäs, 2001; Juell and Lekang, 2001), η πυκνότητα της εκτροφής (Jobling and Baardvik, 1994; Kaiser *et al.*, 1995; Canario *et al.*, 1998) καθώς και η διασπορά της τροφής πάνω στην επιφάνεια του νερού (Thorpe *et al.*, 1990; Fauré and Labbé, 2001; Suresh, 2003), μπορεί να παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση του επιπέδου ανταγωνισμού μεταξύ των εκτρεφόμενων ιχθύων, δηλαδή και των τιμών του συντελεστή παραλλακτικότητας του βάρους.

Συχνότητα γευμάτων και οργανοσωματικοί δείκτες

Στην παρούσα εργασία δεν βρεθήκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στους ακόλουθους οργανοσωματικούς δείκτες: δείκτης του περισπλαχνικού λίπους, ηπατοσωματικός δείκτης, δείκτης του πεπτικού σωλήνα, σπληνοσωματικός δείκτης και δείκτης των γονάδων (Πίνακας 5.1).

Όσον αφορά στο δείκτη του περισπλαχνικού λίπους, δεν καταγράφηκαν στατιστικές διαφορές στις τιμές του σε άτομα του *Dicentrarchus labrax* (170,0g) (Güroy *et al.*, 2006), και του *Trachinotus carolinus* (218,5g) (Weirich *et al.*, 2006) που σιτίζονταν *ad libitum*. Αντίθετα, στα άτομα του *Ictalurus punctatus* (232,0g), που σιτίζονταν με περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο τροφής (3% του ζώντος βάρους), οι υψηλότερες τιμές του περισπλαχνικού λίπους παρατηρήθηκαν σε ιχθυοπληθυσμούς με

επέμβαση με τρία γεύματα ανά ημέρα (Jarboe and Grant, 1996). Παρόμοιες υπήρξαν οι παρατηρήσεις της Rechrech (2004) για τον κοινό κυπρίνο, *Cyprinus carpio* (24,0g) που σιτιζόταν επίσης με περιορισμένη ποσότητα τροφής (3% του ζώντος βάρους). Οι μέγιστες τιμές του δείκτη του περιπλαχνικού λίπους παρατηρήθηκαν σε επέμβαση με τρία και τέσσερα ημερήσια γεύματα. Γενικά, φαίνεται ότι ο δείκτης του περιπλαχνικού λιπώδους ιστού επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τον αριθμό των γευμάτων σε άτομα μικρού σωματικού βάρους και αυξάνεται με την πιο συχνή χορήγηση της τροφής ακόμα και όταν εφαρμόζεται σίτιση με περιορισμένη ποσότητα τροφής.

Ο ηπατοσωματικός δείκτης, ο οποίος σε συνδυασμό με τη γενική εικόνα του ήπατος (ολικά λιπίδια, γλυκογόνο, εκατοστιαίες αναλογίες των λιπαρών οξέων) αποτελεί ένα δείκτη της γενικότερης διατροφικής και φυσιολογικής κατάστασης των ιχθύων (Storch and Juario, 1983; Segner and Juario, 1986), δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των εξεταζόμενων συχνοτήτων στα άτομα του *Cyprinus carpio* (24,0g) (Rechrech, 2004) και στα άτομα του *Dicentrarchus labrax* (170,0g) (Güroy *et al.*, 2006).

Όσον αφορά στο δείκτη του πεπτικού σωλήνα, οι Peterson και Small (2006), ερεύνησαν δύο ποικιλίες (Norris and NWAC103) γατόψαρου *Ictalurus punctatus* (4,0 g) και οι ιχθύες ταΐστηκαν με ένα, δύο ή τρία γεύματα μέχρι κορεσμού. Και στις δύο ποικιλίες ο δείκτης του πεπτικού σωλήνα αυξήθηκε με τη μείωση της συχνότητας των γευμάτων, εντούτοις στην ποικιλία Norris η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική, ενώ στην NWAC103 μη στατιστικά σημαντική. Σε αυτή την περίπτωση, η υπερτροφία του ιστού του πεπτικού σωλήνα αποτέλεσε μια αντίδραση στην αύξηση της ποσότητας της χορηγούμενης τροφής, λόγω της μείωσης της συχνότητας των γευμάτων. Παρόμοια προσαρμογή του πεπτικού σωλήνα παρατηρήθηκε και σε άλλες, συναφούς περιεχόμενου μελέτες (Jobling, 1982; Hilton *et al.*, 1983; Ruohonen and Grove, 1996).

Συχνότητα γευμάτων και σύσταση του σώματος των ιχθύων

Στην παρούσα εργασία η χημική σύσταση του σώματος χωρίς εντόσθια (carcass composition) δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων, τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος (Πίνακας Ε.6.1).

Οι διαπιστώσεις αυτές συμφωνούν με τα πορίσματα που αναφέρουν οι Güroy *et al.* (2006) και οι Weirich *et al.* (2006), οι οποίοι μελετώντας την επίδραση της συχνότητας των γευμάτων σε *Dicentrarchus labrax* (170,0g) και *Trachinotus carolinus* (218,5g), με χορήγηση της τροφής *ad libitum*, δεν διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές στη χημική σύσταση του συνόλου του σώματος (whole body composition) καθώς και στη χημική σύσταση του σώματος χωρίς εντόσθια (carcass composition). Επιπρόσθετα, σε άλλη μελέτη δεν καταγράφηκαν διαφορές στη χημική σύσταση του συνόλου του σώματος της τσιπούρας βάρους 148,0g, η οποία επίσης σιτιζόταν μέχρι κορεσμού (Velázquez *et al.*, 2006β).

Στην ίδια κατεύθυνση βρίσκονται και οι μελέτες οι οποίες είχαν ως αντικείμενο ιχθύς μικρότερου σωματικού βάρους. Συγκεκριμένα, σε άτομα του είδους *Nibea miichthioides* (38,3g), τα οποία σιτιζόταν μέχρι κορεσμού, δεν επισημάνθηκαν διαφορές στη χημική σύσταση του σώματος (whole body composition) (Wang *et al.*,

2007). Επίσης, δεν βρέθηκαν διάφορες στην σύσταση ολόκληρου του σώματος στα άτομα του είδους *Trachinotus carolinus* (17,0g) όταν τους χορηγήθηκε περιορισμένη ημερήσια ποσότητα τροφής (5% ζώντος βάρους) (Weirich *et al.*, 2006).

Σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες μελέτες, άλλες εργασίες επισημαίνουν ότι σε άτομα του κοινού κυπρίνου, *Cyprinus carpio* (24,0g), τα οποία σιτίζονταν με περιορισμένη ποσότητα τροφής ανά ημέρα (3% ζώντος βάρους), η εναπόθεση λιπιδίων στο σώμα (carcass composition) αυξήθηκε με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων. Ταυτοχρόνως, στους ιχθύς στους οποίους χορηγήθηκε ένα ημερήσιο γεύμα διαπιστώθηκε υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία, ενώ τα εκατοστιαία ποσοστά των πρωτεϊνών και της τέφρας μειώθηκαν με την αύξηση του αριθμού των γευμάτων (Rechrech, 2004). Σε παρόμοιες παρατηρήσεις σχετικά με την περιεκτικότητα του σώματος σε λίπη έχουν προβεί, αφενός ο Türker (2006) σε συάκι (*Psetta maxima*) (15,2g, carcass composition) και αφετέρου οι Riche *et al.* (2004) σε τιλάπια *Oreochromis niloticus* (34,4g, whole body composition). Στα δυο παραπάνω πειράματα οι ιχθύες σιτίζονταν μέχρι την επίτευξη του κορεσμού. Επιπρόσθετα, στη μελέτη του ο Türker (2006) διαπίστωσε μία ταυτόχρονη μείωση στα εκατοστιαία ποσοστά της υγρασίας και της τέφρας της σάρκα του καλκανιού με την αύξηση του αριθμού των γευμάτων. Στην περίπτωση της τιλάπιας *Oreochromis niloticus*, αν και η αυξημένη συχνότητα της σίτισης προκάλεσε μείωση στα εκατοστιαία ποσοστά της πρωτεΐνης και της τέφρας του σώματος, δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στις τιμές της υγρασίας μεταξύ των επεμβάσεων (Riche *et al.*, 2004).

Από τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται ότι η συχνότητα των γευμάτων επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό τη χημική σύσταση του σώματος (ειδικά των λιπών) των ιχθύων μικρής ηλικίας και μικρού σωματικού βάρους, ανεξάρτητα αν η παροχή του σιτηρεσίου είναι περιορισμένη ή έως την επίτευξη κορεσμού. Η πιθανότερη εξήγηση της παρατήρησης αυτής είναι ότι στους ιχθύς μικρής ηλικίας, που χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR), η εκμετάλλευση της τροφής είναι καλύτερη, σε σύγκριση με άτομα μεγαλύτερου σωματικού βάρους. Για παράδειγμα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCE-feed conversion efficiency) μειώθηκε 25% όταν τα άτομα *Trachinotus carolinus* έφτασαν σε βάρος 200,0g (Watanabe, 1995). Οι Weirich *et al.* (2006) αναφέρουν ότι το FCE σε *Trachinotus carolinus* ήταν της τάξης 64-74% στα ψάρια βάρους 17,0g, μειώθηκε σταδιακά στο 40% στα ψάρια βάρους 73,9g και έφτασε σε 23-25% σε άτομα με βάρος 218,5g. Επιπρόσθετα, οι Thodesen *et al.* (1999) υπογραμμίζουν ότι υπάρχει θετική συσχέτιση του υψηλού ρυθμού ανάπτυξης με την πιο αποτελεσματική εκμετάλλευση της τροφής ακόμα σε άτομα της ίδιας ηλικίας. Το χαρακτηριστικό αυτό βρήκε εφαρμογή στα προγράμματα αναπαραγωγής (selective breeding programs) των ιχθύων, στα οποία γίνεται προσπάθεια να δημιουργηθούν καινούργιες ποικιλίες των εκτρεφόμενων ιχθύων που παρουσιάζουν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης λόγω βελτιωμένης μετατρεψιμότητας της καταναλωθείσας τροφής.

Τέλος, η συσσώρευση των λιπιδίων τείνει να είναι μεγαλύτερη στους ιχθύς που αυξάνονται με πιο γρήγορο ρυθμό, ακόμα και όταν είναι του ίδιου μεγέθους (Nortvedt

and Tuene, 1998; Rasmussen and Ostenefeld, 2000). Δηλαδή, σε περιπτώσεις που η συχνότητα των γευμάτων βελτιώνει τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR), διαμέσου της αυξημένης εκμετάλλευσης της τροφής, είναι πιο πιθανόν να εμφανιστούν σημαντικές διαφορές σε ποσοστό λιπιδίων σε σώμα, ακόμα αν οι ιχθύες σιτιζόνταν με περιορισμένη ποσότητα τροφής ανά ημέρα.

Αυτό το συμπέρασμα βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα πολλών εργασιών. Αρχικά, σε καμία μελέτη που είχε ως αντικείμενό της ιχθύς μεγαλύτερου ζώντος βάρους (πάνω από 100,0g), δε διαπιστώθηκε σημαντική διαφοροποίηση, ούτε στην τιμή της περιεκτικότητας του σώματος σε λίπη, αλλά ούτε και στην τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Güroy *et al.*, 2006; Weirich *et al.*, 2006; Velázquez *et al.*, 2006β). Όσον αφορά στους ιχθύς του μικρότερου βάρους (15-34g), στους οποίους παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα του σώματος σε λίπος, οι διαφορές αυτές παρουσιάζουν παρόμοια συσχέτιση με τις τιμές του SGR. Στο σάκι *Psetta maxima* (15,2g), που σιτιζόταν *ad libitum*, η περιεκτικότητα ολόκληρου του σώματος σε λίπος αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας της παροχής της τροφής και ακριβώς με το ίδιο τρόπο μεταβαλλόταν και οι τιμές του SGR (Türker, 2006). Σύμφωνα με τη Rechrech (2004) σε νεαρά άτομα του κοινού κυπρίνου *Cyprinus carpio* (24,0g), τα οποία ταΐζονταν με περιορισμένη ημερήσια ποσότητα της τροφής (3% του ζώντος βάρους), η περιεκτικότητα του σώματος (carcass composition) τους σε λίπος αυξάνονταν με την αύξηση της συχνότητας της παροχής της τροφής όπως και το SGR. Επίσης, σύμφωνα με τους Riche *et al.* (2004), σε νεαρά άτομα της τιλάπιας *Oreochromis niloticus* (34,4g), στα οποία χορηγήθηκε τροφή μια, δυο, τρεις ή πέντε φορές την ημέρα, οι ελάχιστες τιμές της περιεκτικότητας του ολόκληρου σώματος σε λίπος βρεθήκαν στους ιχθυοπληθυσμούς με ένα ημερήσιο γεύμα, στους οποίους παρατηρήθηκε και το χαμηλότερο SGR. Έτσι, στα νεαρά άτομα (με υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης), το αυξημένο επίπεδο συσσωρευμένου λίπους μπορεί να είναι ένας δείκτης ευζωίας, καθώς το σωματικό λίπος εκπροσωπεί τα αποθέματα της ενέργειας διαθέσιμα για τη μετέπειτα ανάπτυξη (Company *et al.*, 1999).

Επομένως, σε αυτό το σημείο πρέπει να υπογραμμιστεί ότι όχι μόνο σε ποικίλα είδη ιχθύων διάφορα όργανα και ιστοί του σώματος συμμετέχουν στην εναπόθεση των λιπιδίων, αλλά η ένταση και ο ρυθμός της συσσώρευσης του λίπους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (χημική σύσταση και ημερήσιο επίπεδο της τροφής, ώρα και συχνότητα της παροχής του σιτηρεσίου, ηλικία και βιολογικό στάδιο των εκτρεφόμενων ατόμων καθώς και εποχή) (Nortvedt and Tuene, 1998).

Κατά συνέπεια υπάρχουν εργασίες στις οποίες έχουν διαπιστωθεί διαφοροποιημένα αποτελέσματα σχετικά με τις εκατοστιαίες αναλογίες συμμετοχής των λιπιδίων στους διάφορους σωματικούς ιστούς και στα όργανα των εξεταζομένων ιχθύων. Για παράδειγμα, στην ιριδίζουσα πέστροφα (*Salmo gairdneri*) παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στη χημική σύσταση του ήπατος και των εντοσθίων αλλά η σύσταση του σώματος χωρίς σπλάχνα δεν επηρεάστηκε στον ίδιο βαθμό από το διαφορετικό αριθμό των γευμάτων. Πιθανότατα, όμως, οι διαφορές θα καταγράφονταν αν ολόκληρο το σώμα θα επιλεγόταν για τις αναλύσεις (Bergot, 1979). Επίσης, σε

άτομα γατόψαρου (*Ictalurus punctuatus*) βάρους 232,0g δεν διαπίστωσαν διαφορές στην περιεκτικότητα των μυών σε λίπος (fillet fat), όμως η εναπόθεση περισπλαχνικού λίπους ήταν υψηλότερη στην επέμβαση με τρία ημερήσια γεύματα, αντί για ένα γεύμα (Jarboe and Grant, 1996).

Με βάση τα παραπάνω, μελετώντας την επίδραση της συχνότητας των γευμάτων στην χημική σύσταση του σώματος, και ειδικά στην περιεκτικότητα του στα λιπίδια, πρέπει να επιλεγθούν για τις απαραίτητες αναλύσεις αυτοί οι ιστοί και αυτά τα όργανα του οργανισμού που συμμετέχουν (σε συγκεκριμένο είδος) στην εναπόθεση λίπους.

Μελετώντας τη χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων στην έναρξη και στο τέλος του πειράματος (Πίνακας Ε.6.1), διαπιστώθηκε ότι τα ποσοστά (%) της υγρασίας, των ολικών πρωτεϊνών καθώς και των ολικών λιπών στο σώμα (χωρίς σπλάγχνα) επηρεάστηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με το ποσοστό της τέφρας. Αναλυτικά, στο νωπό βάρος, η σύγκριση του αρχικού πληθυσμού με τους εκτρεφόμενους ιχθυοπληθυσμούς κατέδειξε ότι το ποσοστό της υγρασίας μειώθηκε, τα ποσοστά των ολικών πρωτεϊνών και των λιπών αυξήθηκαν, ενώ της τέφρας δεν παρουσίασε ουσιαστική διαφοροποίηση.

Οι διαπιστώσεις αυτές έρχονται σε συμφωνία με σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές. Οι Güroy *et al.* (2006) διαπίστωσαν, σε πείραμα 83 μερών, στο Ευρωπαϊκό λαβράκι (με αρχικό σωματικό βάρος των ατόμων περίπου 170,0g), αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος με ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού της υγρασίας, τόσο στη χημική σύσταση του σώματος χωρίς εντόσθια, όσο και στη σύσταση των μυών. Επίσης, οι Riche *et al.* (2004) αναφέρουν ότι μετά από 29 ημέρες πειραματικής περιόδου όπου καταγράφηκε η χημική σύσταση ολοκλήρου του σώματος τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*), αρχικού βάρους 34,4g, παρατηρήθηκε ελαφρώς μειωμένο ποσοστό υγρασίας και αυξημένα ποσοστά λίπους και των πρωτεϊνών. Αντίθετα, οι Velázquez *et al.* (2006β) δε διαπίστωσαν καμία διαφορά στη χημική σύσταση του νωπού βάρους ολόκληρου του σώματος σε σχέση με τον αρχικό πληθυσμό τσιπούρας (*Sparus aurata*) (148,0 g), μετά από 60 ημέρες της πειραματικής εκτροφής.

Επισημαίνεται ότι η γενικότερη εικόνα που διαμορφώθηκε κατά την πειραματική περίοδο όσον αφορά στη χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων, ενισχύεται από πολλές ερευνητικές εργασίες στις οποίες καταγράφηκε μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ποσοστών υγρασίας και λίπους του σώματος. Αυτή η σχέση φαίνεται να ισχύει ακόμα και υπό διαφορετικές συνθήκες διατροφής, αύξησης και ανάπτυξης των γονάδων (Weatherly and Gill, 1987; Love, 1988; Shearer, 1994; Halver and Hardy, 2002). Επιπρόσθετα, το άθροισμα της αναλογίας της υγρασίας και του λίπους του σώματος είναι περίπου 80% και φαίνεται να ισχύει τόσο στα διαφορετικά είδη ιχθύων καθώς και στα τμήματα του σώματος, όργανα και ιστούς (Jobling *et al.*, 1998; Koskela *et al.*, 1998).

Όσον αφορά στα ποσοστά των πρωτεϊνών και της τέφρας του σώματος, καθώς οι αναλογίες συμμετοχής τους στην σάρκα των ιχθύων καθορίζονται κυρίως από την ηλικία και το σωματικό βάρος των εξεταζόμενων ατόμων και σε μικρότερο βαθμό από

τα προσλαμβανόμενα θρεπτικά συστατικά (Storebakken and Austreng, 1987α,β; Ellis and Reigh, 1991; Kiessling *et al.*, 1991; Shearer, 1994), η καταγραφόμενη μείωση της εκατοστιαίας συμμετοχής των πρωτεϊνών (όταν οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με βάση τις επί του ξηρού σωματικού βάρους) οφείλεται κυρίως στην αύξηση των λιπιδίων, παρά στην καθαυτό μείωση της ποσότητάς τους (Catacutan and Coloso, 1995, 1997; Lanari *et al.*, 1999).

Τσιπούρα και δραστηριότητα των πεπτικών ενζύμων

Η ποσότητα των διάφορων πεπτικών ενζύμων συνδέεται με το είδος της τροφής που χαρακτηρίζει τις διατροφικές συνήθειες και το διατροφικό τύπο κάθε είδους ιχθύος (Nikolski, 1963; Παπουτσόγλου, 1997). Γενικά, οι φυτοφάγοι και παμφάγοι ιχθύες χαρακτηρίζονται από πιο έντονη αμυλολυτική δραστηριότητα σε σύγκριση με τα σαρκοφάγα είδη. Όσον αφορά στα πρωτεολυτικά ένζυμα, παρόλο που υπάρχουν διαφορετικές απόψεις μεταξύ των ερευνητών, οι περισσότεροι θεωρούν ότι η ενζυμική δραστηριότητα των πρωτεασών εξαρτάται σε μικρότερο βαθμό από το διατροφικό τύπο των ιχθύων (φυτοφάγα, παμφάγα, σαρκοφάγα) (Hidalgo *et al.*, 1999).

Όσον αφορά στην πεπτική δραστηριότητα της τσιπούρας *Sparus aurata*, ο λόγος αμυλολυτικής : πρωτεολυτικής δραστηριότητας είναι πολύ πιο χαμηλός από αυτόν που καταγράφεται στα παμφάγα είδη (μεταξύ 10 και 40), αλλά είναι υψηλότερος σε σύγκριση με ορισμένους σαρκοφάγους ιχθύες (<1). Αύτη η κατάσταση οφείλεται πρώτον στην υψηλή ενεργότητα της αμυλάσης (σε σύγκριση με σαρκοφάγους ιχθύς) και δεύτερον στη χαμηλή ενεργότητα των πρωτεασών (σε σύγκριση τόσο με τους ορισμένους σαρκοφάγους ιχθύς όσο με τους παμφάγους) (Hidalgo *et al.*, 1999).

Η τσιπούρα *Sparus aurata*, ως ένα σαρκοφάγο είδος, παρουσιάζει χαμηλή αμυλολυτική δραστηριότητα σε σχέση με τους παμφάγους ιχθύες όπως ο κοινός κυπρίνος (*Cyprinus carpio*), το χρυσόψαρο (*Carassius carassius*) και το γλήνι (*Tinca tinca*) Ωστόσο συγκριτικά με ένα άλλο σαρκοφάγο είδος, την ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*), στην τσιπούρα παρουσιάζονται υψηλότερες τιμές της αμυλολυτικής ενεργότητας (Hidalgo *et al.*, 1999).

Η αυξημένη ενεργότητα της αμυλάσης μπορεί να έχει σχέση με τον διατροφικό τύπο και την διατροφική συμπεριφορά της τσιπούρας στο φυσικό της περιβάλλον. Εν ολίγοις, παρόλο που τα αναπτυσσόμενα άτομα της τσιπούρας τρέφονται στη φύση με μεγάλη ποικιλία άλλων υδρόβιων οργανισμών (κωπήποδα, αμφίποδα, πολύχαιτους, καρκινοειδή, άλλα είδη ιχθύων καθώς και μαλάκια, κυρίως δίθυρα), ωστόσο η τσίπουρα έδειξε, σε σχέση με άλλα είδη της οικογένειας Sparidae (*Diplodus annularis*, *Spondylisoma cantharus*), μεγαλύτερη προτίμηση σε μαλάκια και τα μικρά καρκινοειδή (Pita *et al.*, 2002). Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τη μορφολογία των οδόντων της (ισχυροί μυλόδοντες με τους οποίους επιτυγχάνεται η συνθλίβη των οστρακών των δίθυρων μαλακίων) (Παπούτσογλου, 2008).

Λόγω του ότι τα μαλάκια περιέχουν μεγάλη ποσότητα του γλυκογόνου στο σώμα τους (10-30% του ξηρού βάρους, ανάλογα με την εποχή) (De Zwaan and Zandee, 1972), το οποίο παρόμοια με το άμυλο, διασπάται από την υδρολυτική δράση της α-

αμυλάσης, χρειάζεται έντονη ενεργότητα της α-αμυλάσης για την αξιοποίηση αυτού του πολυσακχαρίτη, ο οποίος βρίσκεται στην τροφή κυρίως των σαρκοφάγων και λιγότερο των παμφάγων ιχθύων. Προκειμένου να υποστηριχτεί αυτή η άποψη, επίσης στη γλώσσα *Solea solea*, ένα βενθικό είδος που τρέφεται με διάφορα είδη σκωλήκων, καρκινοειδών, ιχθύων, αλλά και με μικρά άτομα δίθυρων μαλακίων καθώς και με γαστερόποδα μαλάκια (Wheeler, 1969), καταγράφηκε υψηλή ενεργότητα της αμυλάσης (Wilson, 1991; Guillaume and Choubert, 2001).

Τονίζεται ότι η πεπτική δραστηριότητα των ολικών καρβουδρασών στην τσιπούρα *Sparus aurata* οφείλεται κυρίως στην α-αμυλάση (Alarcón *et al.*, 2001). Γενικότερα, στους ιχθύς οι αμυλάσες εκπροσωπούν το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου των καρβουδρασών. Η α-αμυλάση κατέχει σημαντικότερο ρόλο στην πέψη των υδατανθράκων και θεωρείται ευρύτατα διαδεδομένη με ποικίλη παρουσία στα διάφορα είδη των ιχθύων (Παπουτσόγλου, 2008).

Επιπρόσθετα, σε πολλές έρευνες με αντικείμενο μελέτης την τσιπούρα (*Sparus aurata*) η αμυλάση καταγράφηκε σε όλα τα τμήματα του πεπτικού συστήματος δηλαδή στο στομάχι, τα πυλωρικά τυφλά και το έντερο (Manila-Moorán and Saborido-Rey, 1996; Alarcón *et al.*, 2001; Deguara *et al.*, 2003; Eroldoğan *et al.*, 2008). Ωστόσο, η πεπτική ενεργότητα της αμυλάσης παρατηρήθηκε κυρίως στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο και σε ελάχιστο βαθμό στο στομάχι, ακόμα και όταν στις αναλύσεις επιλέχθηκε το βέλτιστο pH για την εκτίμηση της ενεργότητας της αμυλάσης, δηλαδή το 6,9 και το 8,5 (Alarcón *et al.*, 2001; Deguara *et al.*, 2003).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι:

- το εύρος του pH που καταγράφεται η πεπτική δραστηριότητας της αμυλάσης σε αυτό το είδος είναι μεταξύ το 5,5 και 10,5, με βέλτιστη τιμή pH ανάμεσα στο 7,0 και 8,0 (Munilla-Morán and Saborido-Rey, 1996β)
- το pH του στομάχου της τσιπούρας πριν το γεύμα είναι περίπου 5,5 και μετά τη σίτιση φτάνει σταδιακά (περίπου μετά 8 ώρες) σε επίπεδο 2,5 (Deguara *et al.*, 2003)
- η παρουσία του θαλάσσιου νερού στο στομάχι της τσιπούρας περιορίζει σημαντικά την πεπτική ενεργότητα της αμυλάσης, ειδικά όταν η αλατότητα ξεπερνά το 25‰ (περίπου 0,4M NaCl) (Munilla-Morán and Saborido-Rey, 1996β)

φαίνεται ότι η υδρόλυση των υδατανθράκων πραγματοποιείται αποκλειστικά στο έντερο και στα πυλωρικά τυφλά (Alarcón *et al.*, 2001; Deguara *et al.*, 2003). Τέλος, ορισμένοι ερευνητές θεωρούν ότι η παρουσία της αμυλολυτικής δραστηριότητας στο στομάχι της τσιπούρας είναι μάλλον αποτέλεσμα της ανάμιξης του ιστού του στομάχου με τον παγκρεατικό ιστό ή/και με την τροφή που βρισκόταν στα πυλωρικά τυφλά κατά την διάρκεια του χειρισμού των ιστών του πεπτικού συστήματος (Alarcón *et al.*, 2001; Eroldoğan *et al.*, 2008).

Όσον αφορά στην ενεργότητα των ολικών πρωτεασών στην τσιπούρα είναι πολύ χαμηλή, όχι μόνο σε σύγκριση με ορισμένα σαρκοφάγα είδη όπως για παράδειγμα, η ιριδιζούσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) (Hidalgo *et al.*, 1999) και η συναγρίδα (*Dentex dentex*) (Alarcón *et al.*, 1998) αλλά επίσης σε σχέση με τα προαναφερθέντα, παμφάγα είδη (Hidalgo *et al.*, 1999). Την πιθανότερη εξήγηση του φαινομένου αυτού παρουσίασε η Kuz'mina (1990), η οποία παρατήρησε υψηλότερη πρωτεολυτική δραστηριότητα στους μη-σαρκοφάγους ιχθύες. Αυτή η δραστηριότητα μπορεί να έγκειται στο γεγονός ότι καθώς οι φυτικές πρωτεΐνες χαρακτηρίζονται από μειωμένη πεπτικότητα συγκριτικά με τις πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης, χρειάζονται αυξημένη ποσότητα πρωτεασών για τη διεργασία της πέψης τους.

Επίσης, σύμφωνα με τον Παπουτσόγλου (2008), για την δραστηριότητα των πρωτεασών, η δράση τους σε ιχθύες με μικρότερο έντερο (σαρκοφάγα είδη), αφορά κυρίως τον στόμαχο και την πεψίνη και λιγότερο το έντερο–πυλωρικά τυφλά και τα παγκρεατικά πρωτεολυτικά ένζυμα.

Ωστόσο, υπάρχουν βασικές διαφορές στην πέψη των πρωτεϊνών ανάμεσα στα διάφορα σαρκοφάγα είδη, για παράδειγμα στην τσιπούρα και στο λαβράκι.

Πρώτον, η τσιπούρα *Sparus aurata* (βάρους 164,0g) σε σύγκριση με το λαβράκι *Dicentrarchus labrax* (βάρους 130,8g), παρουσιάζει μικρότερο ποσοστό πεπτικής ικανότητας του στόμαχου στην πέψη των πρωτεϊνών (κατά 20%) και μεγαλύτερο ποσοστό στο έντερο (κατά 28%) (Φανουράκης, 2009). Δεύτερον, η τιμή του pH που επικρατεί στο στομάχι της τσιπούρας δεν είναι, για σχετικό μεγάλο χρονικό διάστημα, η καταλληλότερη για την εκδήλωση της μέγιστης ενεργότητας της πεψίνης, η οποία τόσο για τον στόμαχο της τσιπούρας όσο και για τον στόμαχο και άλλων ιχθύων έχει προσδιοριστεί στο εύρος μεταξύ 2,0 και 3,0 (Παπουτσόγλου, 2008). Σημειώνεται ότι η ελάχιστη τιμή του pH του στομάχου (2,5) παρατηρείται περίπου 8 ή 6 ώρες, μετά τη λήψη του πρώτου ή του δεύτερου γεύματος (μετά έξι ώρες), αντίστοιχα (Deguara *et al.*, 2003).

Έτσι φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της πέψης των πρωτεϊνών στην τσιπούρα πραγματοποιείται στο έντερο. Αυτό το γεγονός διαπιστώθηκε σε πολλές μελέτες (Μπατζίνα, 2008; Φανουράκης, 2009) καθώς και στην παρούσα εργασία, όπου έως το 66-67% της συνολικής πεπτικής ικανότητας των ολικών πρωτεασών καταργήθηκε στον ιστό αυτό. Επισημάνεται ότι το σχετικό μήκος του εντέρου στα αναπτυσσόμενα άτομα της τσιπούρας κυμαίνεται από 0,7 ως 0,9 (Ταρνάρης, 2006; Φανουράκης, 2009), ο λόγος που χαρακτηρίζει σαρκοφάγα είδη στα οποία το σχετικό μήκος του εντέρου συνήθως βρίσκεται μεταξύ 0,5 και 1,0 και σπάνια είναι μεγαλύτερος από τν μονάδα (Khanna, 1961; De Groot, 1971).

Ωστόσο από τις τιμές του pH στο έντερο (pH 6,5-8,0) της τσιπούρας βάρους 150,0g (Deguara *et al.*, 2003) προκύπτει το συμπέρασμα ότι, ενώ στο εύρος των τιμών αυτών περιλαμβάνεται εκείνο στο οποίο μπορεί να παρατηρηθεί η μέγιστη ενεργότητα της θρυψίνης και της χυμοθρυψίνης (pH 7,0-8,0) (Alarcón *et al.*, 1998), το εύρος (pH 9,0-10,0) μέγιστης ενεργότητας των πρωτεασών όπως η καρβοξυπεπτιδάση, η

αμινοπεπτιδάση, η κολλαγενάση και η ελαστάση δεν καλύπτεται, γεγονός το οποίο μπορεί πιθανότατα να συνδέεται με πλημμελή αξιοποίηση των πρωτεϊνών που μπορεί να περιέχονται στην τροφή της.

Επιπρόσθετα, οι ποικίλοι παράγοντες που έχουν άμεση σχέση με τους εκτρεφόμενους ιχθύς (είδος, ηλικία, βιολογικό στάδιο) (Munilla-Morán and Stark, 1989; Sabarathy and Teo, 1993; Kuz'mina, 1996), την τροφή (χημική σύσταση, ενεργειακό περιεχόμενο, μέγεθος και ύψη των σύμψηκτων) (Fountoulaki *et al.*, 2005), χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος διαβίωσης (θερμοκρασία νερού, φωτοπερίοδος) (Kuz'mina, 1990; Munilla-Morán and Saborido-Rey, 1996α,β; Alarcón *et al.*, 1998; Hidalgo *et al.*, 1999) καθώς και με τη φυσιολογική κατάσταση των ιχθύων (stress, η ασιτία ή/και η περιορισμένη σίτιση) (Eroldoğan *et al.*, 2008; Φανουράκης, 2009) μπορούν να συμβάλλουν στην επίδραση της συχνότητας γευμάτων όσον αφορά την πεπτική δραστηριότητα του οργανισμού, η οποία αναμφίβολα παίζει σημαντικό ρόλο στον ρυθμό ανάπτυξης και την αξιοποίηση της τροφής και των συστατικών της.

Τέλος η εφαρμογή διαφορετικών μεθοδολογιών ανάλυσης και διερεύνησης της δραστηριότητας των διάφορων πεπτικών ενζύμων (θερμοκρασία επώασης, υπόστρωμα, ιστοί με ή χωρίς το περιεχόμενό τους, διάρκεια της περιόδου ασιτίας πριν τη λήψη των ιστών, μονάδες ενεργότητας των ενζύμων) στις υπάρχουσες μελέτες καθιστά δύσκολη τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ τους (Hidalgo *et al.*, 1999).

Κατά συνέπεια, απαιτούνται περισσότερες μελέτες προκειμένου να διερευνηθούν οι μηχανισμοί, καθώς και οι κυριότεροι παράγοντες που συμμετέχουν στις διεργασίες της διατροφής (πρόσληψη, πέψη, απορρόφηση και μεταβολισμός της τροφής) προκειμένου να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας της τροφής.

Συχνότητα γευμάτων και αμυλολυτικά ένζυμα (καρβοϋδράσες)

Στην παρούσα μελέτη, δεν καταγράφηκαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων στην ενεργότητα και πεπτική ικανότητα των ολικών καρβοϋδρασών τόσο στα πυλωρικά τυφλά όσο και στο έντερο (Πίνακας Ε.7.2.1).

Οι τιμές της ενεργότητας των ολικών καρβοϋδρασών στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο καταγράφηκαν σχεδόν στο ίδιο επίπεδο. Η διαπίστωση αυτή έρχεται σε πλήρη συμφωνία με άλλες υπάρχουσες βιβλιογραφικές αναφορές στις οποίες σε άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata*), η ενεργότητα των ολικών καρβοϋδρασών στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο ήταν παρόμοια (Deguara *et al.*, 2003; Papoutsoglou and Lyndon, 2005).

Η πεπτική ικανότητα των ολικών καρβοϋδρασών του εντέρου ήταν περίπου τέσσερις έως πέντε φορές υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές στα πυλωρικά τυφλά. Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι η πέψη των υδατανθράκων φυτικής προέλευσης (άμυλο, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λαμιναρίνη, λιγνίνη), όσο και ζωικής προέλευσης (γλυκογόνο, χιτίνη) πραγματοποιείται κυρίως στο έντερο και σε μικρότερο βαθμό στα πυλωρικά τυφλά.

Συχνότητα γευμάτων και πρωτεολυτικά ένζυμα (πρωτεάσες)

Στην παρούσα μελέτη εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στην πεπτική ενεργότητα καθώς και στην πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεασών μεταξύ των επεμβάσεων. Συγκεκριμένα, οι ελάχιστες τιμές της ενεργότητας καθώς και της πεπτικής ικανότητας των ολικών πρωτεασών εμφανίστηκαν στις δεξαμενές με δυο ημερήσια γεύματα, ενώ οι μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν στις δεξαμενές με τέσσερα γεύματα (Πίνακας E.7.3.1.1).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραπάνω διαπίστωση βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης που αφορούν στους συντελεστές αύξησης και της εκμετάλλευσης της τροφής. Παρόλο που οι διαφοροποιήσεις των τιμών των συντελεστών αυτών (%WG, SGR, FCR, LER PER) δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων κατά τη διάρκεια της κύριας πειραματικής περιόδου (2-7), στην επέμβαση με δυο ημερήσια γεύματα παρατηρήθηκε η χαμηλότερη απόδοση, ενώ οι βέλτιστες τιμές παρατηρήθηκαν στην επέμβαση των τεσσάρων γευμάτων. Έτσι, φαίνεται ότι η χορήγηση της ημερήσιας ποσότητας σιτηρεσίου σε δυο γεύματα με αρκετά μικρό χρονικό διάστημα μεταξύ τους (μόλις 2,5 ώρες), προκάλεσε την εμφάνιση μείωσης του επίπεδου της ενεργότητας των πρωτεολυτικών ενζύμων στα πυλωρικά τυφλά και στο έντερο (Πίνακας E.7.2.1), η οποία με τη σειρά της μπορεί να επηρέασε τον ρυθμό ανάπτυξης των πειραματικών ιχθυοπληθυσμών, αλλά και τους συντελεστές της αξιοποίησης της χορηγούμενης τροφής και των συστατικών της.

Επίσης, η συχνότητα των γευμάτων επηρέασε την ενεργότητα και την ικανότητα των ενζύμων, με διαφορετικό τρόπο στο στομάχι και διαφορετικό στο έντερο και στα πυλωρικά τυφλά.

Αναλυτικά, στο στομάχι η επέμβαση με τέσσερα γεύματα προκάλεσε στατιστικά σημαντική μείωση της ενεργότητας και της ικανότητας της πεψίνης. Αντιθέτως, στα πυλωρικά τυφλά καθώς και στο έντερο η επέμβαση των τεσσάρων γευμάτων παρουσίασε τις μέγιστες τιμές της ενεργότητας και της ικανότητας των πρωτεασών (ιδιαίτερα στο pH 7,0) και τις ελάχιστες τιμές σε επέμβαση των δυο ημερησίων γευμάτων (ιδικά στο pH 10,0) (Πίνακας E.7.3.3.1).

Συμπερασματικά, στα αναπτυσσόμενα άτομα της τσιπούρας το μεγαλύτερο ποσοστό της πέψης των πρωτεϊνών φαίνεται να γίνεται στο έντερο. Επίσης, η αυξημένη συχνότητα των γευμάτων μπορεί να βελτιώσει την ενεργότητα και την ικανότητα της θρυψίνης και χυμοθρυψίνης σε αυτό το είδος. Ωστόσο καθορίζοντας την κατάλληλη συχνότητα παροχής της τροφής πρέπει επίσης να οριστεί το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στα γεύματα γιατί η πολύ συχνή παροχή, μεγάλων γευμάτων, μειώνει την πεπτική δράση των πρωτεολυτικών ενζύμων (2 ημερήσια γεύματα) (Πίνακας E.7.3.3.1).

Από τα παραπάνω και σύμφωνα με σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές, φαίνεται ότι η περίοδος αυτή στην περίπτωση της τσιπούρας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6 ώρες, ωστόσο μπορεί να διαμορφώνεται ανάλογα με τη χημική σύσταση του σιτηρεσίου (Velázquez *et al*, 2006α) ή/και τις συνθήκες εκτροφής, κυρίως την

θερμοκρασία του νερού εκτροφής (Velázquez *et al*, 2004; Velázquez *et al*, 2006a). Επίσης, η προσεκτική προσαρμογή της σίτισης στους φυσικούς διατροφικούς ρυθμούς της τσιπούρας μπορεί να βελτιώσει ουσιαστικά την αξιοποίηση της τροφής και των συστατικών της (Velázquez *et al*, 2004).

Συχνότητα γευμάτων και βιομετρικά χαρακτηριστικά / πεπτική ικανότητα ιστών του πεπτικού συστήματος

Στην παρούσα εργασία, παρόλο που ο δείκτης ολόκληρου του πεπτικού σωλήνα (GIT-gastrointestine track-γαστρεντερικός σωλήνας) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας E.5.1), η διερεύνηση των ξεχωριστών τμημάτων του (στομάχι, πυλωρικά τυφλά, έντερο) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του βάρους του στόμαχου και των πυλωρικών τυφλών εκφραζόμενες ως εκατοστιαία αναλογία του ζώντος βάρους, καθώς και ως εκατοστιαία αναλογία του βάρους του πεπτικού σωλήνα (Πίνακας E.7.1.1).

Αναλυτικά, στην περίπτωση του στομάχου (περίπου το 17-19% του βάρους του πεπτικού σωλήνα) οι μικρότερες τιμές του βάρους του παρουσιάστηκαν στην επέμβαση με δυο γεύματα ανά ημέρα. Στα πυλωρικά τυφλά (περίπου το 12-16% του βάρους του πεπτικού σωλήνα), οι μεγαλύτερες τιμές του βάρους τους καταγράφηκαν στην επέμβαση με τα τέσσερα γεύματα ανά ημέρα. Όσον αφορά το έντερο (το οποίο αποτελεί περίπου το 64-67% του βάρους του πεπτικού σωλήνα), παρόλο που το βάρος του δεν παρουσίασε σημαντικές διαφοροποιήσεις ($P>0,05$), παρατηρήθηκε μια μικρή τάση μείωσης με την αύξηση της συχνότητας των γευμάτων (Πίνακας E.7.1.1). Επισημάνεται ότι καταγράφηκε στατιστικά σημαντική μείωση του σχετικού μήκους του εντέρου με την αύξηση του αριθμού των ημερήσιων γευμάτων ($P<0,05$) (Πίνακας E.5.1).

Σύμφωνα με την Kuz'mina (1996), η ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης, καθώς και το είδος της τροφής και το μέγεθος του γεύματος επηρεάζουν την ανατομική και φυσιολογική λειτουργία των πεπτικών οργάνων.

Οι αλλαγές στη μορφολογία του πεπτικού σωλήνα (γαστρεντερικού σωλήνα) που επάγονται από τις συνθήκες διατροφής έχουν τεκμηριωθεί αρκετά καλά στα ψάρια και εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της μειωμένης συχνότητας των γευμάτων, χρονικά περιορισμένη παροχή της τροφής (time restricted feeding) ή παροχής τροφής χαμηλής θρεπτικής αξίας (αραιωμένη τροφή ή/και νωπή τροφή). Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκε υπερτροφία του στομάχου και αύξηση του βάρους του εντέρου λόγω της αύξησης του χορηγούμενου γεύματος (Jobling, 1982; Hilton *et al.*, 1983; Ruohonen and Grove, 1996).

Επίσης, σημαντικές διαφορές της πεπτικής ικανότητας των ιστών ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας παρουσιάστηκαν μόνο στην περίπτωση των ολικών πρωτεασών που δρουν στο στομάχι και στα πυλωρικά τυφλά ($P<0,01$) (Πίνακας E.7.4.1).

Συγκεκριμένα, στο στομάχι καταγράφηκαν οι χαμηλότερες τιμές της πεπτικής ικανότητας των ολικών πρωτεασών στην επέμβαση των τεσσάρων γευμάτων. Στα

πυλωρικά τυφλά η πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεολυτικών ενζύμων έδειξε σταδιακή αύξηση με αυξημένη συχνότητα των γευμάτων, ενώ στο έντερο η πεπτική ικανότητα δεν επηρεάστηκε από τη διαφορετική συχνότητα των ημερήσιων γευμάτων.

Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να διατυπωθεί μια γενική εικόνα των μεταβολών στην ανατομία και φυσιολογία των τμημάτων του πεπτικού σωλήνα, οι οποίες λειτουργούν ως μηχανισμοί προσαρμογής του πεπτικού συστήματος με σκοπό τη βέλτιστη πρόσληψη της τροφής, καθώς και την πληρέστερη αξιοποίηση της (πέψη και απορρόφηση) (Rozin and Mayer, 1961; Grove *et al.*, 1978).

Έτσι, στην παρούσα μελέτη, με τη χορήγηση τροφής με υψηλό αριθμό ημερήσιων γευμάτων (4 γεύματα ανά ημέρα) διαπιστώνεται η αύξηση του βάρους των πυλωρικών τυφλών, ενώ ταυτόχρονα μείωση του σχετικού μήκους του εντέρου. Ωστόσο, η μείωση του σχετικού μήκους του εντέρου δε συνοδεύεται από αλλαγή του βάρους του (επί τοις % ζώντος βάρους), αλλά ούτε και από αλλαγή της πεπτικής ικανότητας των πρωτεολυτικών και των αμυλολυτικών ενζύμων (ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας). Η πιθανότερη εξήγηση του φαινομένου αυτού έγκειται στο γεγονός ότι η μείωση του χρόνου διέλευσης της τροφής από αυτό το τμήμα του πεπτικού σωλήνα (λιγότερο αποτελεσματική πέψη και απορρόφηση), να συντέλεσαν στις ακόλουθες μεταβολές στα πυλωρικά τυφλά (επέμβαση τεσσάρων γευμάτων): αύξηση του βάρους τους (επί τοις % ζώντος βάρους και επί τοις % του βάρους πεπτικού σωλήνα) (Πίνακας E.7.1.1) και ταυτόχρονη αύξηση της ενεργότητας των ολικών πρωτεασών (Πίνακας E.7.3.2.1).

Οι μεταβολές τόσο στο βάρος του στομάχου (Πίνακας E.7.1.1) όσο και στην πεπτική ενεργότητα (Πίνακας E.7.3.2.1) και ικανότητα των ολικών πρωτεασών (ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας) (Πίνακας E.7.4.1) στο όργανο αυτό δεν παρουσίασαν καμία ευκρινή τάση, ώστε να είναι δυνατό να εξηγηθούν οι μηχανισμοί προσαρμογής της ανατομίας και της πεπτικής λειτουργίας σε αυτό το τμήμα του πεπτικού συστήματος. Πιθανότατα, αυτό οφείλεται στις διαφορές στο ποσοστό της προσλαμβανομένης τροφής ανά γεύμα, ως αποτέλεσμα της εφαρμογής διαφορετικής συχνότητας γευμάτων, καθώς και στο διπλό ρόλο του στομάχου, πρώτον ως όργανο πέψης (κυρίως των πρωτεϊνών) και δεύτερον ως χώρο συσσώρευσης της τροφής μετά την κατάποσή της.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η συχνότητα των ημερήσιων γευμάτων δεν επηρέασε το ρυθμό ανάπτυξης, την αξιοποίηση της χορηγούμενης τροφής και των συστατικών αυτής (πρωτεΐνες, λίπη), τη χημική σύσταση του σώματος, καθώς και την παραλλακτικότητα του βάρους σε αναπτυσσόμενα άτομα τσιπούρας (100-150g), τα οποία σιτίζονταν με περιορισμένο ημερήσιο επίπεδο διατροφής. Ως εκ τούτου, για τις παρούσες συνθήκες εκτροφής, η βέλτιστη συχνότητα γευμάτων αντιστοιχεί σε ένα γεύμα ανά ημέρα.
- Η ενεργότητα και η πεπτική ικανότητα των ολικών πρωτεολυτικών ενζύμων των πειραματικών ιχθύων παρουσίασε διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων (μεγαλύτερες τιμές σε επέμβαση με τέσσερα ημερήσια γεύματα, μικρότερες με δύο), ενώ η πεπτική δραστηριότητα των ολικών καρβουδρασών δεν επηρεάστηκε σημαντικά.
- Η αυξημένη συχνότητα των γευμάτων (επέμβαση με τέσσερα γεύματα) προκάλεσε αύξηση της ενεργότητας των ολικών πρωτεασών, τόσο στο έντερο όσο και στα πυλωρικά τυφλά, στο στομάχι όμως προκάλεσε μείωση της ενεργότητας της πεψίνης. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό πεπτικής ικανότητας των πρωτεασών στην τσιπούρα χαρακτηρίζει το έντερο, φαίνεται ότι η συχνότερη χορήγηση του σιτηρεσίου μπορεί να έχει ευνοϊκή επίδραση στην ενεργότητα των πρωτεολυτικών ενζύμων στον ιστό αυτό και ειδικά στα ένζυμα που επιδρούν σε pH=7,0 (θρυψίνη και χυμοθρυψίνη).
- Με την αυξημένη συχνότητα των γευμάτων το σχετικό μήκος του εντέρου μειώνεται, καθώς προσαρμόζεται ο πεπτικός σωλήνας στη μειωμένη ποσότητα σιτηρεσίου ανά γεύμα. Ωστόσο, η μείωση του σχετικού μήκους του εντέρου δε συνοδεύεται από αλλαγή του βάρους του (επί τοις % ζώντος βάρους), αλλά ούτε και από αλλαγή της πεπτικής ικανότητας των πρωτεολυτικών και των αμυλολυτικών ενζύμων (ως ποσοστό της συνολικής πεπτικής ικανότητας). Αντιθέτως, η αυξημένη συχνότητα των γευμάτων συντέλεσε στην αύξηση του βάρους των πυλωρικών τυφλών (επί τοις % ζώντος βάρους και επί τοις % του βάρους του πεπτικού σωλήνα) και στην ταυτόχρονη αύξηση της πεπτικής ικανότητας των ολικών πρωτεασών σε αυτά.
- Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι, αν και η διαφορετική συχνότητα των γευμάτων δεν προκάλεσε κάποια διαφοροποίηση στους δείκτες ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής σε αναπτυσσόμενα άτομα τσιπούρας, εντούτοις τα αποτελέσματα της ενζυμικής δραστηριότητας των πρωτεολυτικών ενζύμων δεν αποκλείουν τη διαφοροποίηση των συντελεστών αυτών σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Τέλος, καθορίζοντας τη βέλτιστη συχνότητα παροχής της τροφής πρέπει να εφαρμοστεί ένα ορθότερο διατροφικό πρωτόκολλο, στο οποίο θα οριστεί τόσο ο αριθμός των ημερήσιων γευμάτων, όσο το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στα γεύματα και η ποσότητα της τροφής ανά γεύμα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackefors H., Enell M., (1994). The release of nutrients and organic matter from systems in Nordic countries. *Journal of Applied Ichthyology*, 10: 225-241.
- Alanärä A., Kadri, S., Paspatis M., (2001). Feeding management. In “Food intake in fish” Eds. D. Houlihan, T. Boujard & M. Jobling, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Alarcón F.J., Díaz M., Moyano F.J., Abellán E., (1998). Characterization and functional properties of digestive proteases in two sparids; gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common dentex (*Dentex dentex*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 19: 257-267.
- Alarcón F.J., Moyano F.J., Díaz M., (1999). Effect of inhibitors present in protein sources on digestive proteases of juvenile sea bream (*Sparus aurata*). *Aquatic Living Resources*, 12: 233–238.
- Alarcón F.J., Martínez T.F., Díaz M., Moyano F.J. (2001). Characterization of digestive carbohydrase activity in the gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Hydrobiologia*, 445: 199–204.
- Andrews J.W., Murray M.W., Davis J.M., (1979). The influence of dietary fat levels and environmental temperature on digestible energy and absorbability of animal fat in catfish diets. *Journal of Nutrition*, 108: 749-752.
- Anras B.M.L., Beauchaud M., Juell J.E., Covés D., Lagardér J. P., (2001). Environmental factors and feed intake: rearing system. In “Food intake in fish” Eds. D. Houlihan, T. Boujard & M. Jobling, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Anderson T., De Silva S., (2003). Nutrition. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Anthouard M., Dermoncourt E., Divanach E., Paspatis M., Kentouri M., (1996). Les rythmes d’activité trophique chez la daurade (*Sparus aurata*, L.) en situation de libre accès alimentaire total ou temporellement limitée. *Ichthyophysiological Acta*, 19: 91-113, από Velázquez M., Zamor S., Martínez F.J., (2006). Effect of dietary energy content of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) feeding behaviour and nutritional use of the diet. *Aquaculture Nutrition*, 12: 127-133.
- Appleford P., Lucas J., Southgate P., (2003). General principles. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas and P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- AQUAMEDIA (2008). Production and price reports of member associations of the F.E.A.P of 2001-2008, May 2008.

- Arias A. (1980). Growth, food and reproductive habits of sea bream (*Sparus aurata* L.) and sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) in the “esteros” (fish ponds) of Cadiz (Spain). *Investigacion Pesquera (Spain)*, 44(1): 59-83.
- Aursand M., Bleivik B., Rainuzzo J.R., Jørgensen E., Mohr V., (1994). Lipid distribution and composition of commercially farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64: 239-248.
- Azzaydi M., Madrid J.A., Zamora S., Sánchez-Vázquez F.J., Martínez F. J., (1998). Effect of three feeding strategies (automatic, *ad libitum* demand feeding and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 163: 285-296.
- Azzaydi M., Martínez F. J., Zamora S., Sánchez-Vázquez F.J., Madrid J.A., (1999). Effect of meal size modulation on growth performance and feeding rhythms, growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 170: 253-266.
- Azzaydi M., Martínez F. J., Zamora S., Sánchez-Vázquez F.J., Madrid J.A., (2000). The influence of nocturnal *versus* diurnal feeding under winter conditions on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 182: 329-338.
- Azzaydi M., Rubio F.C., Martínez Lopez F. J., Sánchez-Vázquez F.J., Zamora S., Madrid J.A., (2007). Effect of restricted feeding schedule on seasonal shifting of daily demand-feeding pattern and food anticipatory activity in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Chronobiology International*, 24(5): 859-874.
- Baccignone M., Forneris G., salvo F., Ziino M., Leuzzi U., (1993). Size and meal time: effect on body composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In "Fish nutrition in practice" Eds. S.J. Kaushik and P. Luquet, Publ. INRA Editions, Paris, France.
- Barrington C.J.W. (1957). The alimentary track and digestion. In: "The physiology of fish.Vol.1." Ed. M.E. Brown, Publ. Academic Press, New York, NY.
- Barrows F.T., Hardy R.W., (2004). Nutrition and feeding. In "Fish hatchery management", Ed. G.A. Wedemayer (2nd Edition), American Fishery Society, Bethesda, Maryland.
- Bascinar N., Okumus I., Bascinar N.S., Saglam H.E., (2001). The influence of daily feeding frequency on growth and feed consumption of rainbow trout fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*) reared at 18,5-22,5°C. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 53(2): 80-83.
- Berge G.M., Storebakken T., (1991). Effect of dietary fat level on weight gain, digestibility and fillet composition of Atlantic halibut. *Aquaculture*, 99: 331-338.
- Bergot F. (1979). Carbohydrate in rainbow trout diet: effects of the level and source of carbo-hydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18: 157-167.

- Biswas G., Jena J.K., Singh S.K., Patmajki P., Muduli H.K., (2006). Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in mrigal, *Cirrhinus mrigala*, and rohu, *Labeo rohita*, during nursery rearing. *Aquaculture*, 254; 211-218.
- Blyth P.J., Kadri S., Valdmirsson S.K., Mitchell D.F., Purser G.J., (1999). Diurnal and seasonal variation in feeding patterns of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in sea cage. *Aquaculture Research*, 30: 530-544.
- Bolliet V., Azzaydi M., Boujard T., (2001). Effect of feeding time on feed intake and growth. In “Food intake in fish” Eds. D. Houlihan, T. Boujard & M. Jobling, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Booth M.A., Tucker B.J. Allan G.L., Stewart Fielder D., (2008). Effect of feeding regime and fish size on weight gain, feed intake and gastric evacuation in juvenile Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 282(1-2): 104-110.
- Boujard T. (1995). Diel rhythms of feeding activity in the European catfish, *Silurus glanis*. *Physiology and Behaviour*, 58: 641-645.
- Boujard T. (2001). Feeding behaviour and regulation of food intake. In “Nutrition and Feeding of Fish and Crustacean” Eds. J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot & R. Métailler, Publ. Springer Praxis Publishing, Chichester, UK.
- Boujard T., Gélineau A., Covés D., Corraze G., Dutto G., Gasset E., Kaushik S., (2004). Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilization in European sea bass (*Dientrachus labrax*) fed high fat diets. *Aquaculture*, 231: 529-545.
- Boujard T., Gélineau A., Corraze G., (1995). Time of single daily meal influences growth performance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 26: 341-349.
- Boujard T., Keith P., Luquet P., (1990). Diel cycle in *Hoplosternun littorale* (Teleostei). Evidence for synchronization of locomotor, air breathing and feeding activity by circadian alternation of light and dark. *Journal of Fish Biology*, 36: 133-140.
- Bower C.F., Bidwell J.P. (1978). Ionisation of ammonia in sea water: effects of temperature, pH and salinity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35: 1012-1016.
- Braaten B., Ervik A., Bole E., (1983). Pollution problems on Norwegian fish farm. *Aquaculture Ireland*, 16: 6-10.
- Bremner H. A. (2003). Post-harvest technology and processing. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Bruslé-Sicard S., Fourcault B., (1997). Recognition of sex-inverting protoandric *Sparus aurata*: ultrastructural aspects. *Journal of Fish Biology*, 50: 1094-1103.
- Calduch-Giner G.A., Company R., Kaushik S., Pérez-Sánchez J., (1998). Risks and benefits of lipid enriched diets in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). In “VIII

- International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish”, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 1-4 June 1998, p.32.
- Canario A.V.M., Condeça J., Power D.M., (1998). The effect of stocking density on growth in the gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Research*, 29: 177-181.
- Carlos M.H. (1988). Growth and survival of bighead carp *Arisyichthys nobilis* fry fed at different intake levels and feeding frequencies. *Aquaculture*, 68: 267-276.
- Catacutan M.R., Coloso R.M., (1995). Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 131:125-133.
- Catacutan M.R., Coloso R.M., (1997). Growth of juvenile Asian seabass, *Lates Calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture*, 149:137-144.
- Cho C.Y. (2006). Evaluation of farm feeding practices to reduce aquaculture wastes compared with theoretical model predictions field observation in Canadian trout farm (abstract). In “*Proceedings of the XII International Symposium Fish Nutrition and Feeding*” Ed. O.E. Deneri. Biarritz, France.
- Cho C.Y., Bureau D.P., (2001). A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research*, 32 (Suppl. 1): 349-360.
- Cho S.H., Lee S.M, Park B.H., Ji S.C., Choi C.Y., Lee J.H., Kim Y.C., Lee J.H., Oh S.Y., (2007). Effect of daily feeding ratio on growth and body composition of subadult olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed an extruded diet during the summer season. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1): 68-73.
- Clark J., McNaughton J., Stark J.R., (1984). Metabolism in marine flatfish. I. Carbohydrate digestion in Dover sole (*Solea solea* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 77B: 821-827.
- Clark J.H., Watanabe W.O., Ernst D.H., Wicklund R.I., Olla B.L., (1990). Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 21; 16-24.
- Coche A.G. (1981). Report of the Symposium on New Developments in the Utilization of Heated Effluents and Recirculating Systems for Intensive Aquaculture. Stavanger, 29-30 May 1980, Eifac. Technical Paper 39.
- Company R., Calduch-Giner J.A., Kaushik S., Pérez-Sánchez J., (1999). Growth performance and adiposity in gilthead seabream (*Sparus aurata*): risks and benefits of high energy diets. *Aquaculture*, 171: 279-292.
- Comperatore C.A., Stephan F.K., (1987). Entrainment of duodenal activity to periodic feeding. *Journal of Biological Rhythms*, 2: 227-242.

- Corraze G. (2001). Lipid nutrition. Influence of dietary lipids on body composition and fish quality. In “ *Nutrition and Feeding of Fish and Crustacean*” Eds. J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot & R. Métailler, Publ. Springer Praxis Publishing, Chichester, UK.
- Craig S., Helfrich L.A., (2002). Understanding fish nutrition, feeds and feeding. Pub. Virginia Cooperative Extension Publication, 420-256.
- Cripps S. J., Bergheim A., (2000). Solid management and removal for intensive land-base aquaculture nproduction systems. *Aquaculture Engeeniering*, 22: 35-56
- Cripps S. J., Kumar M., (2003). Environmental and other impacts of aquaculture. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Cui Y., Hung S.S.O., Deng D.F., Yang Y., (1997). Growth performance of juvenile white sturgeon as affected by feeding regimen. *Progressive Fish-Culturist*, 59: 31-35.
- Cutts C.J., Metcalfe N.B., Taylor A.C., (1998). Aggression and growth depression in juvenile Atlantic salmon: the consequences of individual variation in standard metabolic rate. *Journal of Fish Biology*, 52: 1026–1037.
- Daan S. (1981). Adaptive daily strategies in behavior. In “Handbook of behavioural neurobiology 4, Biological rhythms” Ed. J. Aschoff, Publ. Plenum Press, New York.
- Davis R.E., Bardach E., (1963). Daily “predawn” peak of locomotor activity in fish. *Animal Behaviour*, 12: 272-283.
- De Groot S.J. (1971). On the interrelationship between morphology of the alimentary track, food and feeding behaviour in flatfish (Pisces: Pleuroctiformes). *Netherland Journal of Sea Research*, 5: 121-196
- από Munilla-Morán R., Saborido-Rey F., (1996α). Digestive enzymes in marine species. I. Proteinase activity in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 113B(4): 395-402.
- De Zwaan A., Zandee D.I, (1972). Body distribution and seasonal changes in the glycogen content of the common sea mussel *Mytilus edulis*. *Comperative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology*, 43(1): 53-58.
- Deguara S., Jauncey K., Agius C., (2003). Enzyme activities and pH variations in the digestive track of gilthead sea bream. *Journal of Fish Biology*, 62: 1033-1043.
- Dwyer K., Brown J.A., Parrish C., Lall S.P., (2002). Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *Aquaculture*, 213: 279-292.

- Eding E.H., Kamstra, A., Verreth, J.A.J., Huisma, E.A., Klapwijk A., (2006). Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: a review. *Aquaculture Engineering*, 34: 234-260.
- Einen O., Mørkøre T., Røra A.M.B., Thomasse M.S., (1999). Feed ration prior slaughter- a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 178: 149-169.
- Ellis S.C., Reigh R., (1991). Effect of dietary lipid and carbohydrate level on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 97(4): 383-394.
- El-Saidy D., Gaber M., (2003). Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquaculture Research*, 34: 1119–1127.
- Eriksson L.O., Alanära A., (1992). Timing of feeding behaviour in Salmonids. In "World aquaculture workshops" Eds. J.E. Thorpe & F.A. Huntingford, The World Aquaculture Society, Halifax, Nova Scotia.
- Eroldoğan O.T., Kumlu M., Aktaş M., (2004). Optimum feeding rate for European sea bass *Dicentrarchus labrax* reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, 231(1-4): 501-515.
- Eroldoğan O.T., Suzer C., Taşbozan O., Tabakoğlu S., (2008). The effects of rate-restricted feeding regimes in cycles on digestive enzymes of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Tourkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 49-54.
- FAO (1998). The State of World Fisheries and Aquaculture 1998 (SOFIA, 1998). Part 1: World review of fisheries and aquaculture.
<http://www.fao.org/docrep/w9900e/w9900e00.htm>
- FAO (1999). Manual of hatchery production of seabass and gilthead bream. Volume 1.
<http://www.fao.org/docrep/005/x3980e/x3980e00.htm>
- FAO (2002). Aquaculture production 2000. FAO Yearbook of Fishery Statistics, vol. 90/2, Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO (2006 α). The State of World Fisheries and Aquaculture 2006 (SOFIA, 2006). Part 1: World review of fisheries and aquaculture.
<http://www.fao.org/docrep/009/A0699e/A0699E04.htm#4.1.3>
- FAO (2006 β). The State of World Fisheries and Aquaculture 2006 (SOFIA, 2006). Part 4: Outlook. Medium-term challenges and constrains for aquaculture.
<http://www.fao.org/docrep/009/A0699e/A0699E09.htm#9.3>
- FAO (2007). Cage aquaculture. Regional reviews and global overview. FAO Fisheries Technical Paper. No.498, Rome, 2007.
<http://www.fao.org/docrep/010/a1290e/a1290e00.htm>

- FAO (2008 α). The State of World Fisheries and Aquaculture 2008 (SOFIA, 2008). Part 1: World review of fisheries and aquaculture.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e01.pdf>
- FAO (2008 β). FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics, 2006. Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO (2008 γ). The State of World Fisheries and Aquaculture 2008 (SOFIA, 2008). Part 2: Selected issues on fisheries and aquaculture-Climate change implications on fisheries and aquaculture.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e02.pdf>
- Fauré A., Labbé L., (2001). Feeding practices. In “Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans”. Eds, J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot & R. Métailler, Publ. Springer Praxis Publishing, Chichester, UK. pp. 339-350.
- Fernandez F., Miquel A.G., Guinea J., Martinez B., (1998). Digestion and digestibility in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): the effect of diet composition and ration size. *Aquaculture*, 166: 67-84.
- Folkvord A., Ottera H., (1993). Effects on initial size distribution, day length and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, 114:243-260.
- Fornshell G., Hinshaw J.M., (2008). Better management practices for flow-through aquaculture systems. In “Environmental best management practices for aquaculture” Eds. C.S. Tucker & A. Hargreaves, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Fountoulaki E., Alexis M.N., Nengas I., Venou B., (2005). Effect of diet composition on nutrition didestibility and digestive enzyme level of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*, 36, 1243-1251.
- Francis G., Makkar H.P.S., Becker K., (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197–227.
- Fraser N.H.C., Metcalfe N.B., Thorpe J.E., (1993). Temperature-dependent switch between diurnal and nocturnal faraging in salmon. *Proceedings of the Royal Society, B: Biological Sciences*, 252: 135-139.
- Fraser N.H.C., Heggenes J., Metcalfe N.B., Thorpe J.E., (1995). Low summer temperature cause juvenile Atlantic salmon to became nocturnal. *Canadian Journal of Zoology*, 73: 446-451.
- Fraser N.H.C., Metcalfe N.B., (1997). The cost of becoming nocturnal: feeding efficiency in relation to light intencity in juvenile Atlantic salmon. *Functional Ecology*, 11: 385-391.

- Garcia J.A., Villarroel M., (2009). Effect of feed type and feeding frequency on macrophage functions in tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Fish and Shellfish Immunology*, 27: 325-329.
- Giberson A.V., Litvak K., (2003). Effect of feeding on growth, food conversion efficiency, and meal size of juvenile Atlantic sturgeon and shortnose sturgeon. *North American Journal of Aquaculture*, 65: 99-105.
- Goddard S. (1996). Feed management in intensive aquaculture. Chapman and Hall, New York.
- Goldan O., Popper D., Karplus I., (1997). Management of size variation in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*). I: Particle size and frequency of feeding dry and live food. *Aquaculture*, 152: 181-190.
- Gowen R.J., Brandbury N.B., (1987). The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. In "Oceanography and Marine Biology: An Annual Review" Ed. M. Barnes, Oceanography and Marine Biology Annual Review, 25: 563-556.
- Greenberg A.E., Clesceri L.S., Eaton A.D., (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, p.4-85.
- Greene D.H.C., Selivonchick D.P., (1987). Lipid metabolism in fish. *Progress in Lipid Research*, 26: 53-85.
- Grove D.J., Loizides L.G., Nott J., (1978). Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. *Journal of Fish Biology*, 12: 507-516.
- Guillaume J., Choubert G., (2001). Digestive physiology and nutrient digestibility in fish. In "Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans" Eds. J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot & R. Métailler, Publ. Springer Praxis Publishing, Chichester, UK.
- Guillaume J., Métailler R., (2001). Antinutritional factors. In "Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans" Eds. J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot & R. Métailler, Publ. Springer Praxis Publishing, Chichester, UK.
- Guinea J., Fernandez F., (1997). Effect of feeding frequency, feeding level and temperature on energy metabolism in *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 148: 125-142.
- Güroy D., Deveciler E., Gürey B.K., Takinay A.A., (2006). Influence of feeding frequency on feed intake, growth performance and nutrient utilization in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed pelleted or extruded diets. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30:171-177.
- Halver J.E., Hardy R.W., (2002). Fish nutrition. Publ. Academic Press, New York.
- Hancz C. (1982). Preliminary investigations on the feeding frequency and growth of juvenile carp in aquaria. *Aquacultura Hungarica* (Szarvas), 3: 33-35.

- Hardy R.W. (1998). Feeding salmon and trout. In "Nutrition and feeding of fish". Ed. T. Lovell, Publ. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- Hardy R.W. (2004). Best management practices for salmon feeds and feeding. *Global Aquaculture Advocate*, 7: 44-45.
- Henken A.M., Kleingeld D.W., Tijssen P., (1985). The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture*, 51: 1-11.
- Hidalgo F., Alliot E., (1988). Influence of water temperature on protein requirement and protein utilization in juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 72: 115-129.
- Hidalgo F., Urea E., Sanz A., (1999). Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylolytic activities. *Aquaculture*, 170: 267-283.
- Higgs D.A., Macdonald J.S., Levings C.D. Dosanjh B.S., (1995). Nutrition and feeding habits in relation to life history stage. In "Physiological ecology of Pacific salmon, *Salmo salar*". Eds. C. Groot, L. Margolis & W.C. Clarke, Publ. UBC Press, Vancouver. P 160-315.
- Hilton J.W., Kiessling A., Devling R., (1983). Effect of increased dietary fiber on the return of appetite. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 40: 81-85.
- Hossain M.A.R., Haylor G.S., Beveridge M.C.M., (2001). Effect of feeding time and frequency on the growth and feeding utilization of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 32: 999-1004.
- IGFA (2001). International Game Fish Association (IGFA). Database of the angling records until 2001. IGFA, Fort Lauderdale, USA.
<http://www.igfa.org/>
- Jarboe H.H., Grant W.J., (1996). Effects of feeding time and frequency on growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus* in closed recirculating raceway systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(2): 235-239.
- Jarboe H.H., Grant W.J., (1997). The influence of feeding time and frequency on growth, survival, feed conversion and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, cultured in a threestier closed, recirculating raceway system. *Journal of Applied Aquaculture*, 7: 43-52.
- Jobling M. (1981). The influence of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. *Journal of Fish Biology*, 18: 385-400.
- Jobling M. (1982). Some observations on the effects of feeding frequency on the food intake and growth of plaice, *Pleuronectes platessa* L.. *Journal of Fish Biology*, 20: 431-444.

- Jobling M. (1983 α). Toward an explanation of specific dynamic action (SDA). *Journal of Fish Biology*, 23: 549-555.
- Jobling M. (1983 β). Effect of feeding frequency on food intake and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 23: 177-185.
- Jobling M. (1983 γ). Growth studies with fish-overcoming the problems of size variation. *Journal of Fish Biology*, 22 153-157.
- Jobling, M. (1993). Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In “Fish ecophysiology” Eds. J.C. Rankin & F.B. Jensen, Publ. Chapman and Hall, London, UK.
- Jobling M. (1994). Respiration and metabolism. In “Fish bioenergetics” Ed. M. Jobling, Publ. Chapman and Hall, London, UK. p.121-145.
- Jobling M. (1995). Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr. *Aquaculture International*, 3: 60-65.
- Jobling M. (2001). Nutrient partitioning and the influence of feed consumption on body composition. In “Food intake in fish” Eds. D. Houlihan, T. Boujard & M. Jobling, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Jobling M., Baardvik M.B., (1994). The influence of environmental manipulations on inter- and intra- individual variation in food acquisition and growth performance of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 44: 1069-1087.
- Jobling M., Knudsen R., Petersen P.S., dos Santos J., (1991). Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, 92: 243-257.
- Jobling M., Koskela J., Savolainen R., (1998). Influence of dietary fat level and increased adiposity on growth and fat deposition in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research.*, 29: 601–607.
- Jobling M., Koskela J., Winberg S., (1999). Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain seroto-nergic levels. *Journal of Fish Biology*, 54: 437–449.
- Jobling M., Miglavs I., (1993). The size of lipid depots-a factor contributing to control of feed intake in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.. *Journal of Fish Biology*, 43: 487-489.
- Jørgensen E.H., Jobling M., (1989). Pattern in food intake in Arctic charr, *Salvelinus Alpinus*, monitored by radiography. *Aquaculture*, 81: 155-160.
- Jørgensen E.H., Jobling M., (1990). Feeding modes in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L: the importance of bottom feeding for the maintenance of growth. *Aquaculture*, 86: 379-385.

- Jørgensen E.H., Jobling M., (1992). Feeding behaviour and effect of feeding regime on growth of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 101: 135-146.
- Jory D., Cabrera T., (2003). Marine shrimp. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants”. Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Blackwell Publishing, Oxford, England. p. 382-419.
- Juell J.E., Lekang O.I., (2001). The effect of feed supply rate on growth of juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *Aquaculture Research*, 32: 459–464.
- Kaiser H., Weylo O., Hecht T., (1995). The effect of stocking density on growth, survival and agonistic behaviour of African catfish. *Aquaculture International*, 3: 217-225.
- Kato K., Murata O., Nakaarai T., Nasu T., Miyashita S., Kumai H., (1998). Genetic variability, external morphology, and feeding of selected and non-selected strains of red sea bream, *Suisanzoshoku*, 46:203-212.
- Kaushik S.J., Medale F., (1994). Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, 124; 81-87.
- Kaushik S.J., Covès D., Dutto G., Blanc D. (2004). Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 230: 391–404.
- Kayano Y., Yao S., Yamamoto S., Nawagawa H., (1993). Effect of feeding frequency on the growth and the body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus hfakaara*. *Aquaculture*, 110:271-278.
- Kerdchuen N., Legendre M., (1991). Influence de la fréquence et de la période de nutrissage sur la croissance et l’efficacité alimentaire d’un silure africain, *Heterobranchus longifilis*. *Aquatic Living Resources*, 4: 241-248 *από* Bolliet V., Azzaydi M., Boujard T., (2001). Effect of feeding time on feed intake and growth. In “Food intake in fish” Eds. D. Houlihan, T. Boujard & M. Jobling, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Khanna, S.S. (1961). Alimentary canal in some teleostean fish. *Journal of Zoological Society of India*, 13: 206-213 *από* Munilla-Morán R., Saborido-Rey F., (1996a). Digestive enzymes in marine species. I. Proteinase activity in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 113B(4): 395-402.
- Kiessling A., Åsgård T., Storebakken T., Johansson L., Kiessling K.H., (1991). Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. III: Chemical composition. *Aquaculture*, 93: 373-356.
- Kissil G.W., Lupatsch I., Higgs D.A., Hardy R.W., (1997). Preliminary evaluation of rapeseed protein concentrate as an alternative to fish meal in diets for gilthead

- seabream (*Sparus aurata*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 49: 135-143.
- Koskela J., Jobling M., Savolainen R., (1998). Influence of dietary fat level on feed intake, growth and fat deposition in the whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture International*, 6: 95-102.
- Koven W. (2002). Gilt-head sea bream, *Sparus aurata*. In "Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture" Eds. C. D. Webster & C.E. Lim, Publ. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Krom M.D., Porter C., Gordin H., (1985). Nutrient budget of marine fish pond in Eilat, Israel. *Aquaculture*, 51: 65-80.
- Krom M.D., Neori A., (1989). A total nutrient budget for an experimental intensive fish pond with circularly moving seawater. *Aquaculture*, 83: 345-358.
- Kunitz M. (1947). Crystalline soybean trypsin inhibitor: II general properties. *The Journal of General Physiology*, 30: 291-310.
- Kuz'mina V.V. (1990). Temperature influence on the total proteolytic activity in the digestive track of some species of freshwater fishes. *Journal of Ichthyology*, 30: 97-109.
- Kuz'mina V.V. (1996). Influence of age on digestive enzyme activity in some freshwater teleosts. *Aquaculture*, 149(1): 25-37.
- Lanari D., Poli B.M., Ballestrazzi R., Lupi P., D'Agaro E., Mecatti M., (1999). The effects of dietary fat and NFE level on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture*, 179: 351-364.
- Lazo J.P., Davis D.A., Arnold C.R., (1998). The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano *Trachinotus carolinus*. *Aquaculture* 169: 225-232.
- LeBail P.Y., Boeuf, G., (1997). What hormones may regulate food intake in fish? *Aquatic Living Resources*, 10: 371-379.
- Lee S.M., Cho S.H., Kim D.J., (2000). Effect of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel). *Aquaculture Research*, 31: 917-921.
- Li M.H., Manning B.B., Robinson E.H., (2004). Effect of daily feed intake on feed efficiency of juvenile channel catfish. *North American Journal of Aquaculture*, 66: 100-104.
- Lie Ø., Lied E., Lambertsen G., (1988). Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in feed. *Aquaculture*, 69: 333-341.

- Lied E., Braaten B., (1984). The effect of feeding and starving, and different ratios of protein energy to total energy in the feed on the excretion of ammonia in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Comparative Biochemistry and Biophysics*, 78A: 49-52.
- Linnér J., Brännäs E., (2001). Growth in Arctic charr and rainbow trout fed temporally concentrated or spaced daily meals. *Aquaculture International*, 9: 35–44.
- Liu F., Liao I.C., (1999). Effect of feeding regimen on the food consumption, growth, and body composition in juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel). *Aquaculture Research*, 31: 917-921.
- Lowry O.H., Rosebrought N.J., Farr A.I., Randall R.J., (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry*, 193: 265-275.
- Love P.M. (1988). The food fishes: their intrinsic variation and practical implications. Publ. Farrand Press, London.
- Losardo T., Masser M.P., Rakocy J., (1998). Recirculating aquaculture tank production systems. An overview of critical considerations. Southern Regional Aquaculture Centre Publication, 451.
- Lucas J. (2003 α). Introduction. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas and P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Lucas J., (2003 β). The future. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas and P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- MacKenzie D.S., VandenPutte C.M., Leiner K.A. (1998). Nutrition regulation of endocrine function in fish. *Aquaculture*, 10: 161: 3-25.
- Madrid J.A., Azzaydi M., Zamora S., Sánchez-Vázquez F.J., (1997). Continuous recording of uneaten food pellets and demand-feeding activity: a new approach to studying feeding rhythms in fish. *Physiology and Behaviour*, 69: 689-695.
- Masser M.P., Rakocy J., Losardo T., (1998). Recirculating aquaculture tank production systems. An overview of critical considerations. Southern Regional Aquaculture Centre Publication, 452.
- McCarthy I.D., Carter C.G., Houlihan D.F., (1992). The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Biology*, 41: 257-263.
- McGoogan B.B., Gatlin D.M., (2000). Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum *Sciaenops ocellatus*. II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture*, 182: 271-285.
- Mihelakakis A., Yoshimatsu T., Tsolkas C., (2001). Effect of feeding frequencies on growth, feed efficiency and body composition in young common Pandora. *Aquaculture International*, 9: 197-204.

- Mistlberger R.E. (1994). Circadian food-anticipatory activity: formal models and physiological mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioural Reviews*, 18: 171-195.
- Mistlberger R.E., Rusak B., (1987). Palatable daily meals entrain anticipatory activity rhythms in free-feeding rates: dependence on meal size and nutrient content. *Physiology and Behaviour*, 41: 171-707.
- Munilla-Morán R., Stark J R., (1989). Prote in early turbot larvae, *Scophthalmus maximum* (L.). *Aquaculture*, 81: 315-327.
- Munilla-Morán R., Saborido-Rey F., (1996 α). Digestive enzymes in marine species. I. Proteinase activity in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 113B(4): 395-402.
- Munilla-Morán R., Saborido-Rey F., (1996 β). Digestive enzymes in marine species. II. Amylase activity in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 113B(4): 827-834.
- National Research Council (1993). Nutrient requirements of fish. National Research Council of the United States, Committee on Animal Nutrition, Publ. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Samogyi method for the determination of glucose. *The Journal of Biological Chemistry*, 153: 375-380.
- Neori A., Krom M.D., Ellner S.P., Boyd C.E., Popper D., Rabinovitch R., Davison P.J., Dvir O., Zuber D., Ucko M., Angel D., Gorgin H., (1996). Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units. *Aquaculture*, 141: 183-199.
- Neoske-Hallin T.A., Spieler R.E., Parker N.C., Suttle M.A., (1985). Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *Journal of Nutrition*, 115: 1228-1232.
- Nikolski, G.V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press of London and New York.
- Noble C., Kadri S., Mitchell D.F., Huntingford F.A., (2007). The impact of environmental variables on the feeding rhythms and daily feed intake of cage held 1+ Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 269: 290-298.
- Nortvedt R., Tuene S., (1998). Body composition and sensory assessment of three weight groups of Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed three pellet sizes and three dietary fat levels. *Aquaculture*, 161: 295-313
- Ofojekwu P.C., Ejike C., (1984). Growth response and feeding utilization in the tropical cichlid fish *Oreochromis niloticus niloticus* (Linnaeus) fed on cottonseed-based artificial diets. *Aquaculture*, 42: 27-36.

- Palmegiano G.B., Bianchini M.L., Boccignone M., Forneris G., Sicuro G., Zoccarato I., (1993). Effect of starvation and meal timing on fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Rivista Italiana Acquacoltura*, 28: 5-11.
- Palmegiano G.B., Bianchini M.L., Boccignone M., (1994). Effect of timing of meals on meat composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Rivista Italiana Acquacoltura*, 29: 67-72.
- Pantazis P.A., Neofitou C. N. (2003). Feeding frequency and feed intake in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 55(3): 160-168.
- Papoutsoglou E.S., Lyndon A.R., (2005). Effect of incubation temperature on carbohydrate digestion in important teleosts for aquaculture. *Aquaculture Research*, 36:1252-1264.
- Papoutsoglou E.S., Lyndon A.R., (2006). Digestive enzymes of *Anarhichas minor* and the effect of diet composition on their performance. *Journal of Fish Biology*, 69(2): 446-460.
- Paspatis M., Boujard T., (1996). A comparative study of automatic feeding and self-feeding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets of different energy level. *Aquaculture*, 145: 245-257.
- Paspatis M., Maragudaki D., Kentouri M., (2000). Self-feeding activity pattern in gilthead sea bream, red porgy and their reciprocal hybrids. *Aquaculture*, 109: 389-401.
- Pedini M., Shedadeh Z. H., (1997). Global outlook. In Review of the State of World Aquaculture. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, FAO Fisheries Circular #FIRI/C886(Rev.1), pp. 30-37.
<ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/a-0a.pdf>
- Penczak T., Galicka W., Molinski M., Kusto E., Zalewski M., (1982). The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gaidneri*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19: 371-393.
- Peterson B.C., Small B.C., (2006). Effect of feeding frequency on feed consumption, growth, and feed efficiency in aquarium-reared Norris and NWAC103 channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of World Aquaculture Society*, 37: 490-496.
- Phillips T.A., Summerfelt R.C., Clayton R.D., (1998). Feeding frequency effects on water quality and growth of walleye fingerlings in intensive culture. *The Progressive Fish-Culturist*, 66: 1-8.
- Pillay T.V.R. (2004). Aquaculture and the environment. Second Edition. Ed. Publ. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Pillay T.V.R., Kutty M.N., (2005). Aquaculture. Principles and practices. Second Edition, Publ. Blackwell Publishing.

- Pirhonen J., Forsman L., (1998). Effect of prolonged feed restriction on size variation, feed consumption, body composition, growth and smelting of brown trout, *Salmo trutta*. *Aquaculture*, 162: 203-217.
- Pita C., Gamito S., Erzini K., (2002). Feeding habits of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) from the Ria Formosa (southern Portugal) as compared to the back seabream (*Spondyliosoma cantharus*) and the annular seabream (*Diplodus annularis*). *Journal of Applied Ichthyology*, 18(2): 81-86.
- Porter C.B., Krom M.D., Robbins M.G., Brickell L., Davidson A., (1987). Ammonia excretion and total budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. *Aquaculture*, 66: 287-297.
- Poxton M.G. (1991). Water quality fluctuations and monitoring in intensive fish culture. In "Aquaculture and Environment" Eds. N. de Pauw & J. Joyce, Special Publication 16, European Aquaculture Society, Ghent, p. 121-143.
- Purser J., Forteach, N., (2003). Salmonids. In: "Aquaculture: farming aquatic animals and plants". Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate. Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England. pp. 295-320.
- Rasmussen R.S., Ostenefeld, T.H., (2000). Effect of growth rate on quality traits and feed utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus gairdneri*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*, 184: 327-337.
- Rechrech H. (2004). Effect of the number of daily feedings on the growth of juveniles common carp *Cyprinus carpio* L.. Master Thesis. The Agricultural University of Athens, Greece. (in Greek with English summary).
- Reddy P.K., Leatherland J.F., Khan M.N., Boujard T., (1994). Effect of the daily meal time on the growth of rainbow trout fed different ration levels. *Aquaculture International*, 2: 165-179.
- Riche M. (2008). Food for thought: feeding management strategies (Part 1). *Global Aquaculture Advocate*, 10(6): 62-64.
- Riche M., Oetker M., Haley D.I., Smith T., Garling D.L., (2004). Effect of feeding frequency on consumption, growth, and efficiency in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 56(4): 247-255.
- Robaina L., Izquierdo M.S., Moyano F.J., Socorro J., Vergara J.M., Montero D., Fernández-Palacios H., (1995). Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*). Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 130: 219-233.
- Robaina L. Corazze G., Agyirre P., Blanc D., Melcion J.P., Kaushik S., (1999). Digestibility, postprandial ammonia excretion and selected plasma metabolites in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed pelleted or extruded diets with or without wheat gluten. *Aquaculture*, 179: 45-56.

- Robinson E.H., Jackson L.S., Li M.H., Kingsburgh S.K., Tucker C.S., (1995). Effect of time of feeding on growth of channel catfish. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26: 320-322.
- Robynt J.F., Whelan W.J., (1968). The α -amylases. In "Starch and its derivatives" Ed. J.A. Radley, Academic Press, London.
- Rowland S.J., Allan G.L., Mifsud C., Nixon M., Boyd P., Glendenning D., (2005). Development of a feeding strategy for silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell), based on restricted rations. *Aquaculture Research*, 36: 1429-1441.
- Rozin P., Mayer J., (1961). Regulation of food intake in the goldfish. *American Journal of Physiology*, 201: 968-974.
- Ruohonen K. (1986). Biological models related to automatic control in aquaculture. A case study: Automatic feeding control. In "Automation and data processing in Aquaculture" Proc. IFAC. Symp. 8-21 August 1986, Publ. Pergamon Press, Trondheim, Norway.
- Ruohonen K., Grove D.J., (1996). Gastrointestinal responses of rainbow trout to dry pellet and low-fat herring diets. *Journal of Fish Biology*, 49: 501-513.
- Sabapathy U., Teo L.H., (1993). A quantitative study of some digestive enzymes in the rabbitfish, *Siganus canaliculatus*, and the sea bass, *Lates calcarifer*. *Journal of Fish Biology*, 42: 595-602.
- Sæther B.S., Jobling M., (1999). The effect of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot *Scophthalmus maximus* L.. *Aquaculture Research*, 30: 647-653.
- Sánchez J.A., López-Olmeda J.F., Blanco-Vives B., Sánchez-Vázquez F.J., (2009). Effect of feeding schedule on locomotor activity rhythms and stress response in sea bream. *Physiology and Behavior*, 98(1-2): 125-129.
- Sánchez-Muros M.J., Corchete V., Suárez M.D., Gardenete G., Gómez-Milán E., De la Hiuera M., (2003). Effect of feeding method and protein source on *Sparus aurata* feeding pattern. *Aquaculture*, 224: 89-103.
- Sánchez-Vázquez F.J., Martínez F.J., Zamor S., Madrid J.A., (1994). Design and performance of an accurate demand-feeder for the study of feeding behaviour in sea bass *Dicentrarchus labrax* L.. *Physiology and Behaviour*, 56: 4789-4794.
- Sánchez-Vázquez F.J., Madrid J.A., Zamor S., (1995). Circadian rhythms of feeding activity in sea bass *Dicentrarchus labrax* L.: dual phasing capacity of diel demand-feeding pattern. *Journal of Biological Rhythms*, 10: 256-266.
- Sánchez-Vázquez F.J., Madrid J.A., Zamor S., Ligo M., Tabata M., (1996). Demand-feeding and locomotor circadian rhythms in the goldfish, *Carassius auratus*: dual- and independent phasing. *Physiology and Behaviour*, 60 : 665-674.

- Sánchez-Vázquez F.J., Azzaydi M., Martínez F.J., Zamor S., Madrid J.A., (1998). Annual rhythms of demand feeding activity in sea bass: evidence of a seasonal phase inversion of the diel feeding pattern. *Chronobiology International*, 15: 607-622.
- Sargent J.R, Bell J.G., McGhee F., McEvoy J., Webster J.L., (2001). The nutritional value of fish. In “Farmed Fish Quality” Eds. S.C. Kestin & P.D. Warris, Publ. Fishing News Books, Oxford.
- Schnaittacher G., King V W., Berlinski D.L., (2005). The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L.. *Aquaculture Research*, 36: 370-377.
- Seginer I. (2008). A dynamic fish digestion-assimilation model: oxygen consumption and ammonia excretion in response to feeding. *Aquaculture International*, 16 (2): 123-142.
- Segner H., Juario J.V., (1986). Histological observation on the rearing of milkfish, *Chanos chanos*, fry using different diets. *Journal of Applied Ichthyology*, 4:162-173.
- Shearer K.D. (1994). Factors effecting the proximate composition of cultured fish with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119: 63-88.
- Sitjá-Bobadilla A., Mingarro M., Pujatle M.J., Garay E., Alvarez-Pellitero P., Pérez-Sánchez. (2003). Immunological and pathological status of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) under different long-term feeding regimes. *Aquaculture*, 220: 707-724.
- Sola, L., Moretti A., Crosetti D., Karaiskoy N., Magoulas A., Rossi A.R., Rye M., Triantafyllidis A., (2006). Sea bream-*Sparus aurata*. Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish and their impact on wild population. GENIMPACT: 47-54, Vitebro, Italy.
http://genimpact.imr.no/data/page/7650/gilthead_seabream.pdf
- Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *The Journal of Biological Chemistry*, 195: 19-23.
- Southgate P. (2003). Feeds and feed production. In “Aquaculture: farming aquatic animals and plants” Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Spieler R.E. (1979). Diel rhythms of circulating prolactin, cortisol, thyroxine, and triiodothyronine levels in fishes. A review. *Revue Canadienne de Biologie*, 38: 301-315.
- Spieler R.E. (1992). Feeding-entrained circadian rhythms in fish. In “Rhythms in Fish”. Eds. A. Ali, Publ. Plenum Press, New York. p. 137-147.

- Storch V., Juario J.V, (1983). The effect of starvation and subsequent feeding on the hepatocytes of *Chanos chanos* (Forsskal) fingerlings and fry. *Journal of Fish Biology*, 23: 95-103.
- Storebakken T., Austreng E. (1987 α). Ration level for salmonids.I. Growth, survival, body composition, and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture*, 60: 189-206.
- Storebakken T., Austreng E. (1987 β). Ration level for salmonids. I. Growth, feed intake, protein digestibility, body composition, and feed conversion in rainbow trout weighing 0.5-1.0 kg. *Aquaculture*, 61: 207-221.
- Suresh V. (2003). Tilapias. In "Aquaculture: farming aquatic animals and plants" Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Takii K., Konishi K., Ukawa M., Nakamura M., Kumai H., (1997). Influence of feeding rates on digestion and energy flow in tiger puffer and red sea bream. *Fisheries Science*, 63: 355-360.
- Talbot C. (1993). Some aspects of the biology of feeding and growth in fish. *Proceedings of the Nutrition Society*, 52: 403-416.
- Talbot C., Cornelli S., Korst en O., (1999). Pattern of feed intake in four species of fish under commercial farming conditions: implication of feeding management. *Aquaculture Research*, 30: 509-518.
- T atrai I. (1981). Diurnal pattern of the ammonia and urea of feeding and starved bream, *Abramis brama* L. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 70A: 211-215.
- Thodesen J., Grisdale-Helland B., Helland S.J., Gjerde B., (1999). Feed intake, growth and feed utilization of offsprings from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 180: 237-246.
- Thomassen J.M., Fj era S.O, (1996). Studies of feeding frequency for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Engineering*, 15(2): 149-157.
- Thorpe J.E., Talbot C., Miles M.S., Rawlings C., Keay D.S., (1990). Food consumption by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage. *Aquaculture*, 90: 41-47.
- Thorpe J.E., Cho C.Y., (1995). Minimising waste through bioenergetically and behaviourally based feeding strategies. *Water Science and Technology*, 31: 29-40.
- Tisdell C. (2003). Economics and marketing. In "Aquaculture: farming aquatic animals and plants" Eds. J.S. Lucas & P.C. Southgate, Publ. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Tsevis N., Klaoudatos S., Conides A., (1992). Food conversion budget in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, 101: 293-304.

- Tucker B.J., Booth M.A., Allan G.L., Booth B., Fielder D., (2006). Effects of photoperiod and feeding frequency on performance of newly weaned Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 258: 514-520.
- Türker A. (2006). Effects of feeding frequency on growth, feed consumption, and body composition in juvenile turbot (*Psetta maxima* Linnaeus, 1758) at low temperature. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30: 251-256.
- Usmani N., Jafri A.K., Khan M.A., (2003). Nutrient digestibility studies in *Heteropneustes fossilis* (Bloch), *Clarias batrachus* (Linnaeus) and *Clarias gariepinus* (Burchell). *Aquaculture Research*, 34: 1247-1253.
- Valente L.M.P., Fauconneau B., Gomes E.F.S., Boujard T., (2001). Feed intake and growth of fast and slow growing strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by automatic feeders or by self-feeders. *Aquaculture*, 195: 121-131.
- Van der Mer M.B., Van Hervaaden and Verdegem M.C.J., (1997). Effect of number of meals and frequency of feeding on voluntary feed intake of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 28: 419-432.
- Velázquez M., Zamor S., Martínez F.J., (2004). Influence of environmental conditions on demand-feeding behaviour of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 536-541.
- Velázquez M., Zamor S., Martínez F.J., (2006 α). Effect of dietary energy content on gilthead sea bream feeding behaviour and nutritional use of the diet. *Aquaculture Nutrition*, 12: 127-133.
- Velázquez M., Zamor S., Martínez F.J., (2006 β). Effect of different feeding strategies on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) demand-feeding behaviour and nutritional utilization of the diet. *Aquaculture Nutrition*, 12: 403-409.
- Venou B., Alexis M.N., Fountoulakis E., Haralabous J., (2008). Performance factors, body composition and digestion characteristics of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed pelleted or extruded diets. *Aquaculture Nutrition*, 15 (4): 390 - 401
- Vergara J.M., Robaina L., Izquierdo M.S., De la Higuera M., (1996). Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. *Fisheries Science*, 62: 624-628.
- Vielma J., Makinen T., Ekholm P., Koskela, J., (2000). Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. *Aquaculture*, 183: 349–362.
- Walter H.E. (1984). Proteinases: methods with haemoglobin, casein and azocoll as substrates. In “Methods of Enzymatic Analysis. Vol. V” Ed. H.U. Bergmeyer, Weinheim: Verlag Chemie.

- Wang N., Hayward R.S., Noltie D.B., (1998). Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture*, 165: 261-267.
- Wang Y., Kong L.J., Li K., Bureau D.P., (2007). Effects of feeding frequency and ration level on growth, feed utilization and nitrogen waste output of cuneate drum (*Nibea miichthioides*) reared in net pens. *Aquaculture*, 271(1-4): 350-356.
- Warrer-Hansen I. (1982). Evaluation of matter discharges from trout farming in Denmark. In “Report of the EIFAC Workshop on Fish-Farm Effluents“ Ed. Alabaster J.S., European Inland Fisheries Advisory Commission Technical Paper 41, Silkeborg, Denmark, May 26-28, 1981.
- Watanabe T. (1982). Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73B: 3-15.
- Watanabe T. (2002). Strategies for future development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68: 242-253.
- Watanabe W. O. (1995). Aquaculture of the Florida pompano and other jacks (Family Carangidae) in the Western Atlantic, Gulf of Mexico, and Caribbean basin: status and potential. In “Culture of high-value marine fishes” Eds. K.L. Main & C. Rosenfeld. Oceanic Institute, Honolulu, Hawaii.
- Weatherly A.H., Gill H.S., (1987). The biology of fish growth. Publ. Academic Press, London.
- Weirich C.R., Groat D.R., Reigh R.C., Chesney E.J., Malone R.F. (2006). Effect of feeding strategies on production characteristics and body composition of Florida pompano reared in marine recirculating systems. *North American Journal of Aquaculture*, 68(4): 330-338.
- Wilson R. (1991). Handbook of nutrition requirements of finfish. Ed. Wilson R., CRC Press, Boston, MA.
- Windell J.T., Foltz J.W., Sarokon J.A., (1978). Effect Of fish size, temperature, and amount fed on nutrient digestibility of a pelleted diet by rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Transactions of the American Fisheries Society*, 107: 613-614.
- Wheeler A., (1969). The fishes of the British Isles and North –West Europe. Ed. McMillen, London.
- Yamamoto T., Shima T., Furuitah., Sugita T., Suzuki N., (2007). Effect of feeding time, water temperature, feeding frequency and dietary composition on apparent nutrient digestibility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and common carp *Cyprinus carpio*. *Fisheries Science*, 73: 161-170.
- Yıldız M., Şener E., Timur M., (2006). Effect of seasonal changes and different commercial feeds on proximate composition of sea bream (*Sparus aurata*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6: 99-104.

- Yokoyama H., Takashi T., Ishihi Y., Abo K. (2009). Effect of restricted feeding on growth of red sea bream and sedimentation of aquaculture wastes. *Aquaculture*, 286 (1-2): 80-88.
- You K., Ma C., Gao H., Li F., Zhang M., Qiu Y., Wang B., (2008). Food intake rate and delivery strategy in aquaculture. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 26(3): 263-267.
- Zakęś Z. (1999). Oxygen consumption and ammonia excretion by pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), reared in a water recirculation system (in Polish with English summary). *Archives of Polish Fisheries*, 7: 5-55.
- Zakęś Z., Kowalska A., Czerniak S., Demska-Zakes K., (2006α). Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Czech Journal of Animal Science*, 51(2): 85-91.
- Zakęś Z., Demska- Zakęś K., Jarocki P., Stawecki K., (2006β). The effect of feeding on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile tench *Tinca tinca* (L.). *Aquaculture International*, 14(1-2): 127-140.
- Zhou Z., Cui Y., Xie S., Zhu X., Lei W., Xue M., Yang Y., (2003). Effect of feeding frequency on growth, feed utilization, and size variation of juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Journal of Applied Ichthyology*, 19: 244-249.
- Zoccaroto I., Baccignone M., Palmegiano G.B., Anselmino M., Benatti G., Leveroni Calvi S., (1993). Meal timing and feeding level: effect on performance in rainbow trout. In "Fish Nutrition in practice" Eds. S.J Kaushik and P. Luquet, Publ. INRA Editions, Paris, France.
- Zohar Y., Abraham M., Gordón H., (1978). The gonadal cycle of the captivity-reared hermaphroditic teleost *Sparus aurata* (L.) during the first two years of life. *Annals of Biology, Animal Biochemistry and Biophysics*, 18: 877-88.
- Zohar Y., Harel M., Hassin S., Tandler A., (1995). Gilthead seabream. In "Broodstock management and egg and larve quality. Ed. N.R. Bromage & R. J. Roberts, Publ. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Γενική Διεύθυνση Αλιείας, Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΙΑΑΤ) (2007). Ετήσιο Δελτίο 2005.
- Καλαϊσκακης Π. (1982). *Εφηροσμένη διατροφή αγροτικών ζώων*. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- Καμαριανός Α. (1998). *Υδατοκαλλιέργειες και υδάτινο περιβάλλον*. Αλιευτικά Νέα, 202: 42-52.
- Κουσουρής Θ. Σ., Φώτης Γ.Δ., Κονίδης Α.Ι., (1995). *Περιβάλλον & υδατοκαλλιέργεια. Η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων*. Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος Α.Ε., Αθήνα.

- Λιόντας Β. (1994). Ιχθυοτροφές και περιβάλλον. *Αλιευτικά Νέα*, Φεβρουάριος 1994: 54-63.
- Μπατζίνα Α. (2008). Επίδρασης της μετάδοσης της μουσικής (Mozart, Eine Kleine Nachtmusik), σε συνδιασμό με την ένταση φωτισμού, στην ανάπτυξη και στη φυσιολογική κατάσταση ωεαρών ιχθυδίων τσιπούρας (*Sparus aurata*). First Degree Thesis. The Agricultural University of Athens, Greece. (in Greek with English summary).
- Παπουτσόγλου Σ.Ε. (1994). *Μαθήματα Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας*. Ειδικό μέρος: Εκτροφές υδρόβιων οργανισμών. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Παπουτσόγλου Σ.Ε. (1997). *Εισαγωγή στις υδατοκαλλιέργειες*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
- Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008). *Διατροφή Ιχθύων*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
- Πνευματικάτος Γ. Η. (1996). *Ιχθυοτροφία και Ιχθυοπαθολογία*. Θεσσαλονίκη-Αθήνα, Εκδόσεις Αδελφοί Κυριακίδη Α.Ε., Αθήνα.
- Ταρνάρης Κ., (2006). Προσδιορισμός της σχεσέως μεταξύ αναπνευστικής επιφάνειας και σωματικού βάρους στην τσιπούρα (*Sparus aurata*). Master Thesis. The Agricultural University of Athens, Greece. (in Greek with English summary).
- Φανουράκης Σ. (2009). Διερεύνηση της επίδρασης ασιτίας και επανασίτισης στα πεπτικά ένζυμα της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Master Thesis. The Agricultural University of Athens, Greece. (in Greek with English summary).
- Χώτος Γ., Ρογδάκης Ι., (1992). *Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών*. Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.

<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

http://ec.europa.eu/fisheries/publications/magaz/fishing/mag43_el.pdf

<http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>

<http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?id=1164&lang=english>

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en

<http://www.eurofish.dk/dynamiskSub.php4?id=3752>

<http://www.selonda.com>

http://www.feap.info/redporgy/default_en.asp

