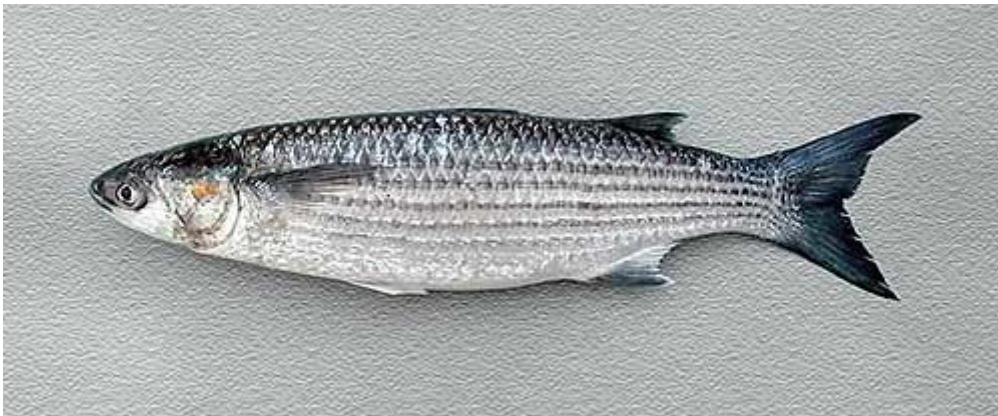


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η επίδραση χαμηλών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη
του μυξιναριού (*Lisa aurata*, Risso 1810) σε συνθήκες σε
λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον**



Πηγή: <http://www.ittiofauna.org>

Κουγιουμτζής Νικόλαος

ΒΟΛΟΣ 2010

«**Η επίδραση χαμηλών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη του
μυξιναριού (*Lisa aurata*, Risso 1810) σε συνθήκες σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον**»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης,** Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων.*
- 2) Χρήστος Νεοφύτου,** Καθηγητής, Ιχθυολογία - Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος.*
- 3) Βασίλειος Καραλάζος,** Διδάσκοντας Π.Δ.(407/80), Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος.*

**Στην ανιδιοτελή συμπαράσταση
των γονιών μου Ανδρέα, Ελένη
και του αδελφού μου Αλέξανδρου**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους 1) Χρήστο Νεοφύτου, και 2) Βασίλειο Καραλάζο, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Βασίλειο Τσιάρα Πρόεδρο του Αλιευτικού συνεταιρισμού Μάνδρας για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά του, όσον αφορά την προμήθεια πρώτων υλών τον κ. Ιωάννη Καρακώστα από το Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης της εταιρίας BioMar Hellenic ABEEI, και τον κ. Αχιλλέα Μανούρα για την προσφορά των προμιγμάτων (Βιταμινών- ανόργανων στοιχείων) από την εταιρία την ΒΕ.ΣΖ-Φ, καθώς επίσης τον κ. Ιωάννη Νέγκα και το προσωπικό του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών, Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών για την φιλοξενία και την αμέριστη βοήθεια κατά τη διάρκεια παρασκευής των ιχθυοτρόφων. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προπτυχιακό συμφοιτητή μου κ. Τσιάμη Βασίλειο και πάνω από όλα φίλο μου για τη συνεργασία και προσφορά στην επίτευξη του πειράματος. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου Ανδρέα, Ελένη και στον αδελφό μου Αλέξανδρο για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προπάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του μύξινου (*L. aurata*) σε συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής στη λιμνοθάλασσα Λάφρα του Νομού Ξάνθης. Για το σκοπό αυτό διεξήχθη διατροφικό πείραμα διάρκειας 20 εβδομάδων, κατά το οποίο νεαρά άτομα (51,1 g) *L. aurata* διατράφηκαν με τρία ισοενεργειακά σιτηρέσια τα οποία διέφεραν ως προς το πρωτεϊνικό τους περιεχόμενο. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της ολικής πρωτεΐνης για τα σιτηρέσια Π15, Π25 και Π30 ήταν 15%, 25% και 30% της τροφής, αντίστοιχα. Για κάθε ψάρι καταγράφηκε το σωματικό βάρος (σε g) και το ολικό μήκος σώματος (σε cm). Στο τέλος της πειραματικής περιόδου εκτιμήθηκαν οι επιδράσεις των τριών διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών (SGR), όπου ήταν $0,51 \pm 0,04$ (%/ημέρα) για την Π15 ομάδα, $0,35 \pm 0,21$ (%/ημέρα) για την Π25 ομάδα και $0,35 \pm 0,13$ (%/ημέρα) για την Π30 ομάδα. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) ήταν $06,43 \pm 5,32$ για την Π15 ομάδα, $6,25 \pm 6,10$ για την Π25 ομάδα και $5,06 \pm 1,68$ για την Π30. Ωστόσο, τόσο ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης όσο και ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής δε διέφερε στατιστικώς ($P > 0,05$) μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων. Παράλληλα, διερευνήθηκαν οι επιδράσεις στη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού, όπου η αύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης στα σιτηρέσια δεν επηρέασε τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του *L. aurata*. Συμπερασματικά, σιτηρέσια με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ακόμα και σε ποσοστό 15% μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά από το *L. aurata*, όταν αυτό εκτρέφεται σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Συνεπώς, τα Mugilidae είναι κατάλληλα είδη για την αειφορική και βιολογική υδατοκαλλιέργεια,

καθώς διατρέφονται χαμηλά στην τροφική αλυσίδα και μπορούν να εκτραφούν ημι-εντατικά με χαμηλού κόστους τροφές. Το παρόν πείραμα πραγματοποιήθηκε παράλληλα με το διατροφικό πείραμα του προπτυχιακού φοιτητή Βασίλειου Τσιάμη, κατά το οποίο ομάδες ατόμων του *L. aurata* διατράφηκαν με σιτηρέσια υψηλών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης (30%, 35% και 45%, αντίστοιχα). Τέλος, τα προκαταρκτικά αποτελέσματα του πειράματος ανακοινώθηκαν στο 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, 2010.

Λέξεις κλειδιά: υδατοκαλλιέργειες, διατροφή, φυσιολογία θρέψης, κατανάλωση τροφής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1.	Βιολογία του μυξιναριού (<i>Liza aurata</i>)	1
1.2.	Εκτροφή του <i>Liza aurata</i> και άλλων ειδών της οικογένειας Mugilidae	6
1.3.	Διατροφή του είδους σε συνθήκες εκτροφής	9
1.4.	Σκοπός της έρευνας	10
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	11
2.1.	Γενικά	11
2.2.	Σύστημα εκτροφής - συνθήκες εκτροφής.....	12
2.3.	Συλλογή πειραματόζωων - δειγματοληψίες.....	17
2.3.1.	Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων.....	20
2.4.	Διατροφικό πείραμα	21
2.4.1.	Σίτιση – χορήγηση τροφής	26
2.5.	Χημικές αναλύσεις & Αναλύσεις χημικής σύστασης τροφών και μυϊκού ιστού 26	
2.5.1.	Προσδιορισμός ξηρής ουσίας	26
2.5.2.	Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	27
2.5.3.	Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων	29
2.5.4.	Προσδιορισμός τέφρας.....	31
2.6.	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	32
2.6.1.	Αύξηση βάρους	32
2.6.2.	Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης.....	33
2.6.3.	Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής	33
2.7.	Στατιστική ανάλυση.....	33
3.	Αποτελέσματα.....	34
3.1.	Ανάπτυξη των ιχθύων.....	34
3.2.	Αξιοποίηση της τροφής.....	38
3.3.	Χημική σύσταση μυϊκού ιστού μυξιναριού	39
3.3.1.	Ξηρή ουσία (%)	39
3.3.2.	Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια.....	39
3.3.3.	Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις.....	40

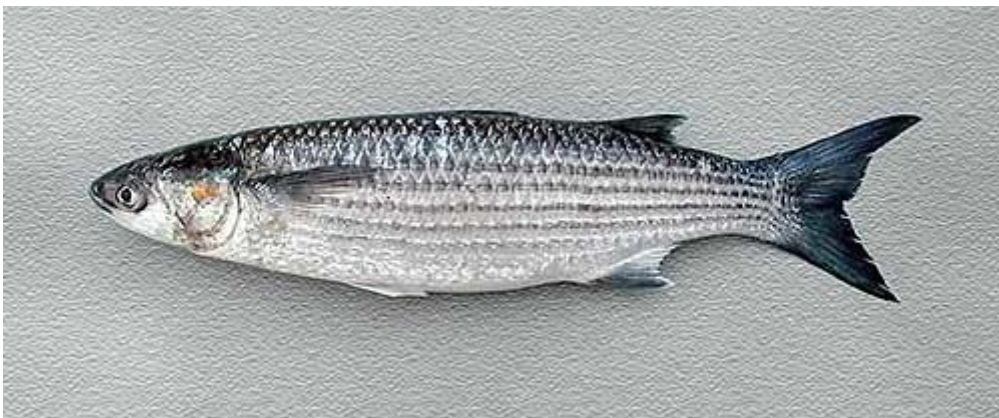
4. Συζήτηση.....	41
5. Συμπεράσματα.....	52
ABSTRACT	53
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	54
Ελληνική βιβλιογραφία	61
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Βιολογία του μυξιναριού (*Liza aurata*)

Το μυξινάρι, *Liza aurata* (Risso 1810) ανήκει στην οικογένεια των κεφαλοειδών (*Mugilidae*) Εικόνα 1.1. Είναι ακτινοπτερύγιοι τελεόστεοι ιχθύες και ανήκουν στην τάξη των Περκόμορφων. Η οικογένεια των *Mugilidae* αποτελείται από 14 γένη και 64 είδη (Fischer *et al.* 1987). Στα γενικά χαρακτηριστικά της οικογένειας ξεχωρίζει το μεγάλο εύρος ανοχής σε μεταβολές της αλατότητας και της θερμοκρασίας. Τα κεφαλοειδή ζουν σε μικρές ομάδες κοντά στον πυθμένα και τρέφονται με ασπόνδυλους οργανισμούς, οργανικές ουσίες που βρίσκονται στο ίζημα, καθώς και φύκη που φύονται σε βράχους, σε τοιχώματα της προβλήτας των λιμανιών και σε αγωγούς. Είναι διάδρομα ψάρια τα οποία διαβιούν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους σε εκβολές ποταμών, λίμνες και λιμνοθάλασσες, ενώ κατά την αναπαραγωγική περίοδο εναποθέτουν τα γενετικά τους προϊόντα στη θάλασσα (Μίνος 2004).



Εικόνα 1.1 Μυξινάρι, *Liza aurata* (Risso, 1810) Πηγή: <http://www.ittiofauna.org>

Υπάρχουν περίπου 282 πιθανά είδη κεφαλοειδών (*Mugilidae*) από τα οποία ο Thomson (1966, 1981) αναγνωρίζει τα 64, που ανήκουν σε 14 γένη.

Στην Ελλάδα απαντώνται 4 γένη και 7 είδη που είναι τα εξής: (Fischer *et al.* 1987, Μίνος 2005):

- ο κέφαλος *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758)
- το μαυράκι *Liza ramada* (Risso 1826)
- τα μυξινάρι *Liza aurata* (Risso 1810)
- ο γάστρος *Liza saliens* (Risso 1810)
- η βελάνισσα *Chelon labrosus* (Risso 1826)
- ο γρέντζος *Oedalechilus labeo* (Cuvier 1829)
- ο σαζανοκέφαλος *Mugil so-iuy* (Basilewsky 1855)

Από τα παραπάνω είδη, ο γρέτζος ή σαζανοκέφαλος, δεν εισέρχονται σε λιμνοθάλασσες ή ποτάμια (Bograd 1961, Ben-Tuvia 1986, Μίνος 2005). Τα είδη αυτά παρουσιάζουν μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση και διαβιούν από την τροπική έως και την εύκρατη ζώνη σε γεωγραφικό πλάτος και μήκος από 64°N έως 20°N και από 26°W έως 42°E, αντίστοιχα (Thomson 1966, McDowall 1988).

Τα κεφαλοειδή χαρακτηρίζονται, γενικά, ως διάδρομα ψάρια, από το γεγονός ότι πραγματοποιούν μετακινήσεις μεταξύ της θάλασσας, υφάλμυρων και γλυκών νερών σε αναζήτηση διαφορετικών θέσεων τροφικών και αναπαραγωγικών πεδίων. Ορισμένα παρουσιάζουν μια κατάδρομη συμπεριφορά εισερχόμενα σε ποτάμια και λιμνοθάλασσες, όπου ζουν και αναπτύσσονται, και κατόπιν μεταναστεύουν στην ανοιχτή θάλασσα για αναπαραγωγή (De Silva 1980, Toriccelli *et al.* 1982, McDowall 1988). Η κατάταξη τους σε διάδρομα και κατάδρομα ψάρια ορίζει τη θάλασσα ως θέση των αναπαραγωγικών πεδίων και τα υφάλμυρα και γλυκά νερά ως αντίστοιχα τροφικά

(McDowall 1988). Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μετανάστευση προς τη θάλασσα αποτελεί τη μετακίνηση των γεννητικά ώριμων ατόμων σε αναζήτηση αναπαραγωγικών πεδίων. Λόγω της συνήθειας τους να μεταναστεύουν και να παραμένουν στις λιμνοθάλασσες και στα παράκτια νερά, αποτέλεσαν από νωρίς αντικείμενο μελέτης και ενδιαφέροντος του ανθρώπου. Μεταξύ των πρώτων ειδών που καλλιεργήθηκαν, πιθανών ήταν και τα κεφαλοειδή, ενώ σήμερα η εκτροφή τους γίνεται σε μεγάλη κλίμακα.

Το μυξινάρι (*Liza aurata*) είναι είδος πελαγικό της εύκρατης ζώνης, σε παράκτιες περιοχές, σε λιμνοθάλασσες και σε υφάλμυρα νερά, ενώ σπάνια συναντάται σε γλυκά νερά. Το είδος είναι ευρέως διαδεδομένο στον Ανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό, στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα, καθώς και στο βόρειο τμήμα της Ερυθράς θάλασσας. Επίσης, συναντάται στα παράκτια ύδατα από τη νότια Νορβηγία έως το Μαρόκο και πιο σπάνια από τη Μαυριτανία (Σχ. 1.1). Κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης και ωοτοκίας, τα ενήλικα άτομα του είδους διαβιούν στην πελαγική ζώνη της θάλασσας σε βάθος 5 έως 700 m, ενώ κατά τη διάρκεια της περιόδου διατροφής-πάχυνσης τα νεαρά και τα ενήλικα ψάρια διαβιούν στο βυθό των παράκτιων υδάτων σε βάθος από 0,5 έως 30 m (Kuliev & Ragimov 2010).

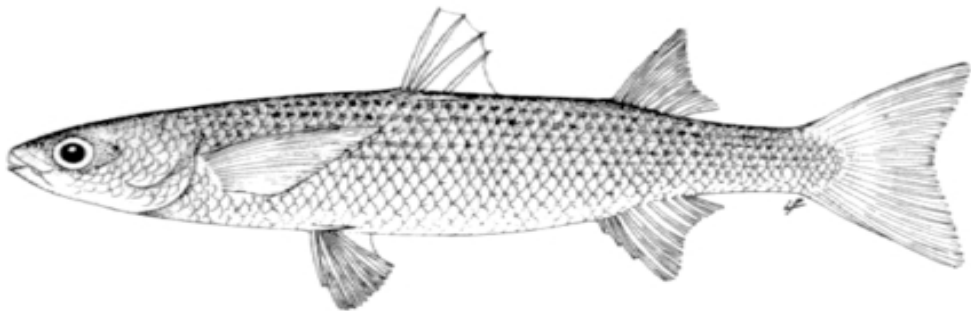


Σχήμα 1.1. Γεωγραφική κατανομή του *Liza aurata* (Risso, 1810). Πηγή: www.aqua.maps.org

Το είδος έχει μεγάλη εμπορική αξία σε ορισμένες χώρες, ειδικά στις νότιες και ανατολικές περιοχές της Μεσογείου.. Ένα μεγάλο ποσοστό, των εκτρεφόμενων ειδών της οικογένειας των κεφαλοειδών (*Mugilidae*) καταναλώνεται στις παραγωγούς χώρες, όπου υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση. Τα ενδιαφέροντα στα οποία παρατηρείται το συγκεκριμένο είδος είναι παράκτιες περιοχές (σπάνια ξεπερνούν τα 200m βάθος), εκβολές ποταμών, λιμνοθάλασσες και λίμνες. Το περιβάλλον και ο χρόνος διαβίωσης εξαρτώνται από το στάδιο ανάπτυξης του ατόμου. Ενήλικα άτομα παραμένουν σε λιμνοθάλασσες και σε εκβολές ποταμών μέχρι την αναπαραγωγική τους ωρίμανση, ενώ στη συνέχεια η εναπόθεση των γενετικών τους προϊόντων γίνεται στη θάλασσα. Στη Μεσόγειο, η αναπαραγωγή του είδους πραγματοποιείται από τον Ιούλιο-Αύγουστο έως τον Οκτώβριο-Νοέμβριο (Bauchot 1987, Ardizzone *et al.* 1988, Demirkalp 1992, Ergene 1999, Harrison 2003). Τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν αναπαραγωγικά όταν φτάσουν σε ολικό μήκος τα 27 cm, ενώ τα θηλυκά σε μήκος 34 cm (Campillo 1992). Ο ελάχιστος χρόνος για διπλασιασμό του πληθυσμού είναι 1,4 - 4,4 χρόνια (Pkyaz *et al.* 2006). Η μέγιστη ηλικία του είδους είναι τα 14,3 χρόνια. Το ελάχιστο μέγεθος που επιτρέπεται για την αλιεία είναι 20cm (FAO 2010).

Τα ενήλικα άτομα μπορούν να διαβιούν σε υδάτινα περιβάλλοντα με εύρος αλατότητας 0-57 ‰ και εύρος θερμοκρασίας 5-37 °C, με άριστο ανάπτυξης τους 23-25 °C (Hotos & Vlahos, 1998; Chang & Hur 1999, Harrison 2003), ενώ κατά άλλους 13-19 °C (Arne, 1938; Bougis, 1952)..

Το σώμα του μυξιναριού είναι επίμηκες, με μεγάλο κεφάλι Σχήμα 1.2. Το σταθερό μήκος του σώματός του είναι συνήθως 30,0 cm (Thomson 1990), ενώ το μέγιστο ολικό μήκος του φτάνει τα 59 cm (Berg 1965). Το μήκος του στόματός του εκτείνεται πίσω από τα ρουθούνια και το πάνω χείλος είναι λεπτό. Φέρει διαφανή μεμβράνη, η οποία καλύπτει ελάχιστα το μάτι (Νεοφύτου 2007). Τα πτερύγιά του αποτελούνται από μαλακές και σκληρές ακτίνες με αριθμό D₁IV, D₂I/7-9 και AIII/8-9. Φέρει λέπια σε όλο το σώμα, αλλά και στην κεφαλή (Νεοφύτου 2007) (Σχ. 1.2).



Σχήμα 1.2. Σχηματική απεικόνιση του μυξιναριού, *Liza aurata*

Πηγή: www.eol.org/pages/206064

Ο χρωματισμός του μυξιναριού στην πλάτη είναι γκριζος-μπλε, ενώ στις πλευρές και στην κοιλιά ανοιχτόχρωμος ή ασημί, ενώ πάνω στο βραγχιοκάλυμμα φέρει μια χρυσή κηλίδα με ευδιάκριτα όρια.

Οι διατροφικές συνήθειες του μυξιναριού στο φυσικό του περιβάλλον περιλαμβάνουν κυρίως μικρούς βενθικούς οργανισμούς και περιστασιακά έντομα και πλαγκτόν (Ben-Tuvia 1986). Η διατροφή τους βασίζεται κυρίως σε νεκρή οργανική ύλη, μικροφύκη και διάτομα (Drake *et al.* 1984, Cardona *et al.* 1996, Harrison 2003).

1.2. Εκτροφή του *Liza aurata* και άλλων ειδών της οικογένειας *Mugilidae*

Η εκτροφή των διαφόρων ειδών της οικογένειας *Mugilidae*, αποτελεί μία από τις αρχαιότερες προσπάθειες του ανθρώπου για εκτροφή ιχθύων και συνεχίζεται να εφαρμόζεται παραδοσιακά σε διάφορες χώρες, κυρίως του Ινδικού και Ειρηνικού Ωκεανού, αλλά και στη Μεσόγειο θάλασσα (Ravagnan 1992). Η παγκόσμια παραγωγή του εκτρεφόμενου κέφαλου (*M. cephalus*) αυξήθηκε σημαντικά από 23.500 τόνους το 1995 σε 220.900 τόνους το 2008. Η προαναφερθείσα αύξηση της παραγωγής οφείλεται στη ραγδαία αύξηση της παραγωγής που επιτεύχθηκε στην Αίγυπτο, η οποία αποτελεί μακράν την κυριότερη παραγωγό χώρα της υψηλίου (FAO 2010). Αντίθετα, δεν παρατηρείται καμία σαφής αυξητική τάση της παραγωγής των υπολοίπων χωρών που εκτρέφουν το είδος, όπως η Κορέα, η Ιταλία, η Ταϊβάν, η Κίνα και το Ισραήλ (FAO 2010).

Τα είδη της οικογένειας *Mugilidae* παρουσιάζουν κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα που τα καθιστούν κατάλληλα για εκτροφή. Καταρχήν, τα είδη αυτά είναι ευρύαλα και ευρύθερμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εκτροφές τόσο σε θαλάσσια όσο και σε υφάλμυρα ύδατα, ακόμα και σε εσωτερικά, αν και οι τελευταίες δεν εφαρμόζονται σε ευρεία κλίμακα. Επίσης, τα είδη αυτά είναι παμφάγα και βρίσκονται χαμηλά στην τροφική αλυσίδα, με αποτέλεσμα να είναι ικανά στο να

αξιοποιούν τη φυσική παραγωγικότητα του συστήματος εκτροφής και να ικανοποιούν τις θρεπτικές τους απαιτήσεις με προπαρασκευασμένες ιχθυοτροφές χαμηλού κόστους.

Η τεχνητή αναπαραγωγή του γόνου κεφαλοειδών, εφαρμόζεται από το 1970 (Kuo *et al.* 1973), αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό του γόνου για τις ιχθυοκαλλιέργειες της Μεσογείου ακόμα προέρχεται από τους ελεύθερους ιχθυοπληθυσμούς. Μόνο στην Αίγυπτο, περίπου ένα τρισεκατομμύριο του άγριου γόνου κεφαλοειδών (ολικό μήκος περίπου 20-35 mm) συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταία δεκαετίας για να τροφοδοτήσουν τις ιχθυοκαλλιέργειες σε θαλασσινά, υφάλμυρα και εσωτερικά νερά (Sadek & Mires 2000). Αντίθετα, ο γόνος που παράγεται μέσω τεχνητής αναπαραγωγής χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα και κυρίως στην Ιταλία και στη Χαβάη (FAO 2010). Στην Ελλάδα, η εκτροφή των κεφαλοειδών στηρίζεται σε άγριο γόνο (Imsiridou 2007).

Ο γόνος των κεφαλοειδών με ολικό μήκος τα 20-35 mm είναι ο στόχος των ιχθυοκαλλιεργητών για απόθεμα, γιατί τα άτομα αυτού του μεγέθους σχηματίζουν μεγάλα κοπάδια κοντά στην ακτή και έτσι είναι πιο εύκολο να συλληφθούν (Brusle 1981, Zismann 1981). Η αφθονία του γόνου στις παράκτιες περιοχές οφείλεται στο γεγονός ότι στις ακτές δημιουργούνται περιοχές ρηχές, εύτροφες και προστατευόμενες και στις οποίες η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη από αυτή της θάλασσας. Ακόμη, στις συγκεκριμένες περιοχές τα ιχθύδια βρίσκουν άφθονη τροφή (Torricelli *et al.* 1982).

Τα κοπάδια των ιχθυδίων συλλέγονται με τη βοήθεια δικτύων, τύπου απλαδιού, και μεταφέρονται σε κλουβιά ή δεξαμενές συγκέντρωσης για προσωρινή διαμονή έως ότου μεταφερθούν στις μονάδες πάχυνσης. Τα ιχθύδια πρέπει να εγκλιματιστούν, ιδιαίτερος στα επίπεδα της αλατότητας και αυτό απαιτεί αρκετό χρόνο. Κατά τη

διάρκεια των δύο πρώτων εβδομάδων εμφανίζονται μεγάλα ποσοστά θνησιμότητας (FAO 2010).

Ένα σημαντικό πρόβλημα στην παγκόσμια παράγωγή είναι ότι τα υπάρχοντα εκκολαπτήρια ιχθυοειδών, τα οποία είναι κυρίως πειραματικά, δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις της παράγωγης. Συνεπώς, η περιορισμένη διαθεσιμότητα γόνου περιορίζει την πιθανή ανάπτυξη της καλλιέργειας κεφαλοειδών. Το μέλλον της εκτροφής των ειδών αυτών είναι αβέβαιο αν δεν εφαρμοστούν αναπτυξιακές δραστηριότητες όπως η δημιουργία εμπορικών ιχθυογεννητικών σταθμών και η βελτίωση των συστημάτων εκτροφής και διατροφής για τη βελτίωση της επιβίωσης του γόνου μειώνοντας έτσι την αλιευτική πίεση, αλλά και δραστηριότητες όπως η μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εντατικών μονάδων εκτροφής και η προστασία των αλιευτικών πεδίων που βρίσκονται παράκτια ή/και σε λιμνοθάλασσες (FAO 2010).

Περαιτέρω, οι επιστημονικές γνώσεις μας σχετικά με τις διατροφικές ανάγκες των κεφαλοειδών είναι περιορισμένες και έτσι οι χορηγούμενες ιχθυοτροφές παρασκευάζονται σύμφωνα με τις διατροφικές ανάγκες άλλων ειδών, όπως της τιλάπιας και του κυπρίνου (FAO 2010). Δεδομένης, της υψηλής συμμετοχής του κόστους διατροφής στο συνολικό κόστος μιας ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας, γίνεται αντιληπτό ότι το έλλειμμα γνώσης στη διατροφή των κεφαλοειδών αποτελεί άλλο ένα περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης της καλλιέργειας τους.

Παρόλα αυτά, σήμερα η εκτροφή των κεφαλοειδών γίνεται σε μεγάλη κλίμακα, κυρίως σε εκτατικής μορφής καλλιέργειες. Στην Ελλάδα, τέτοιας μορφής καλλιέργειας αντιπροσωπεύουν το 50% της αλιευτικής παραγωγής των λιμνοθαλασσών. Έτσι, υπάρχει ενδιαφέρον για την εντατική εκτροφή των κεφαλοειδών και τον εμπλουτισμό λιμνών και λιμνοθαλασσών (Imsiridou 2007).

1.3. Διατροφή του είδους σε συνθήκες εκτροφής

Τα ενήλικα άτομα της οικογένειας των Mugilidae τρέφονται κυρίως με πλαγκτόν, μικροάλγη, πελαγικά αυγά, λάρβες καθώς και ανόργανη ύλη της υδάτινης στήλης (Drake et al. 1984, Almeida et al. 1993, Cardona & Castello 1994, Cardona 1996, Shapiro 1998, Harrison 2003).

Οι ιχθύες της οικογένειας των Mugilidae καλλιεργούνται με επιτυχία σε δεξαμενές ημιεντατικής εκτροφής, αλλά και σε κλωβούς σε ρηγά παράκτια ύδατα. Δυστυχώς, όμως, λίγα είναι γνωστά σχετικά με τις θρεπτικές ανάγκες των ειδών αυτών σε συνθήκες εκτροφής.

Σχετικά με τη διατροφή των κεφαλοειδών σε συνθήκες εκτροφής οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στη διεθνή βιβλιογραφία είναι λιγοστές και αφορούν τα είδη του γένους *Mugil* (Papaparaskeva-Papoutsoglou & Alexis 1986, Argyropoulou et al. 1992, Luzzana et al. 2005), ενώ για το μυξινάρι (*L. aurata*) οι επιστημονικές γνώσεις σχετικά με τη διατροφή του είναι ελλιπείς και περιορίζονται στις τροφικές προτιμήσεις του είδους στο φυσικό του περιβάλλον (Gisbert et al. 1996).

Στα είδη *M. cephalus* και *M. capito*, τα αποτελέσματα προηγούμενων πειραμάτων έδειξαν ότι η παραγωγική αξία της πρωτεΐνης (Protein Productive Value) και η κατακράτηση της πρωτεΐνης (%) στο σώμα μειώθηκαν με την αύξηση του διαιτητικού πρωτεϊνικού επιπέδου, ενώ η χημική σύσταση της σάρκας ελάχιστα επηρεάστηκε. Επίσης, τα υψηλά επίπεδα υδατανθράκων στη διατροφή του *Mugil capito* προκάλεσαν αύξηση της περιεκτικότητας σε γλυκογόνο στο συκώτι, με συνέπεια την αύξηση του μεγέθους του (Papaparaskeva-Papoutsoglou & Alexis 1986).

1.4. Σκοπός της έρευνας

Η κατά το δυνατό πληρέστερη γνώση των διατροφικών αναγκών ενός είδους είναι απαραίτητη για τη σύνθεση και παρασκευή ισόρροπων και ορθολογικών σιτηρεσίων και ουσιαστικής σημασίας για τη διατροφή του και την επιτυχή ανάπτυξη της καλλιέργειας του. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του μυξιναριού (*L. aurata*) σε συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Συγκεκριμένα διενεργήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 6 μηνών στη διάρκεια του οποίου, νεαρά άτομα *L. aurata* διατράφηκαν με τρία ισοενεργειακά σιτηρέσια τα οποία διέφεραν ως προς το πρωτεϊνικό τους περιεχόμενο. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της ολικής πρωτεΐνης για τα σιτηρέσια Π15, Π25 και Π30 ήταν 15%, 25% και 30% της τροφής, αντίστοιχα. Στο τέλος της πειραματικής περιόδου εκτιμήθηκαν οι επιδράσεις των τριών διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων στην αύξηση του σωματικού βάρους, στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης, και στο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής, ενώ παράλληλα διερευνήθηκαν οι επιδράσεις στη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Γενικά

Το πείραμα έλαβε χώρα στη λιμνοθάλασσα Λάφρα του Νομού Ξάνθης (Εικ. 2.1.α & 2.1.β) από την Άνοιξη του 2009, οπότε έγινε η συλλογή των ιχθύων, έως το Φθινόπωρο του ίδιου έτους που ολοκληρώθηκε η περίοδος της πειραματικής εκτροφής τους. Χρησιμοποιήθηκαν, συνολικά, 270 άτομα *L. aurata*, μέσου σωματικού βάρους $51,1 \pm 5,2$ g, μετά από περίοδο εγκλιματισμού 45 ημερών και διαλογή. Τα ψάρια διατράφηκαν με τρία πειραματικά σιτηρέσια για 20 εβδομάδες σε τρεις επαναλήψεις για κάθε διατροφική μεταχείριση.



Εικόνα 2.1.α Λιμνοθάλασσα Λάφρα Πηγή: Google earth



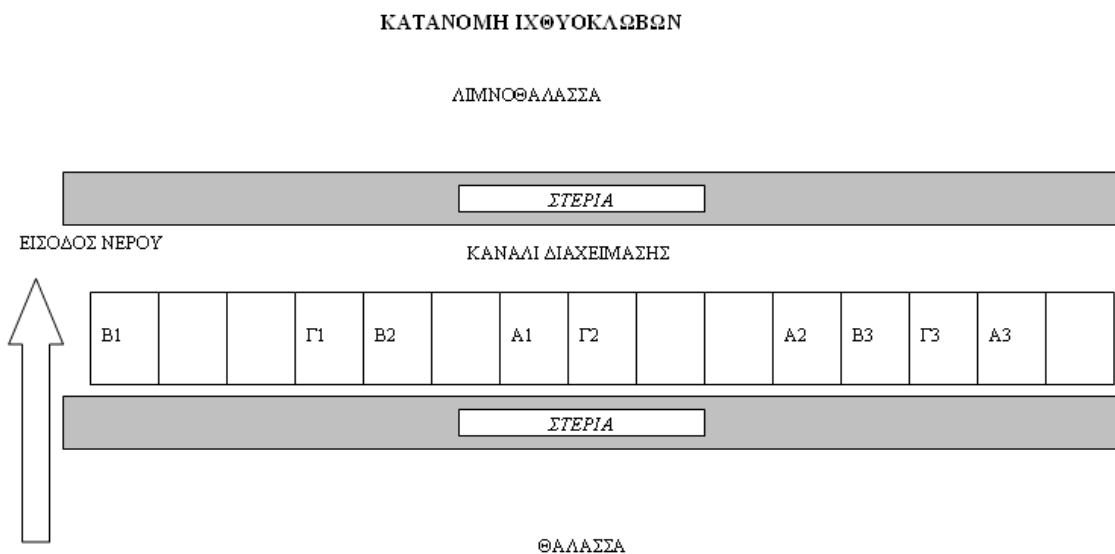
Εικόνα 2.1.β Λιμνοθάλασσα Λάφρα και το κανάλι διαχειμάσεις Πηγή: Google earth

2.2. Σύστημα εκτροφής - συνθήκες εκτροφής

Η αλιευτική διαχείριση που εφαρμόζεται στην συγκεκριμένη λιμνοθάλασσα χαρακτηρίζεται ως ανοιχτού τύπου, ενώ ακολουθείται ένα ημιεντατικό σύστημα εκτροφής. Για τη διαχείμαση των ιχθύων χρησιμοποιείται ένα φυσικό κανάλι το οποίο βρίσκεται παραπλεύρως της λιμνοθάλασσας. Το κανάλι επικοινωνεί με τη λιμνοθάλασσα και με τη θάλασσα και στα σημεία εισόδου - εξόδου υπάρχουν κατασκευές ελέγχου της ροής των υδάτων και κατάλληλες ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις (Εικ. 2.2). Το συγκεκριμένο πείραμα έλαβε χώρο στον παράκτιο χώρο του καναλιού διαχείμασης (Εικ 2.1). Τοποθετήθηκαν 9 πειραματικοί ιχθυοκλωβοί οι οποίοι κατασκευάστηκαν επιτόπου από την ερευνητική ομάδα. Οι ιχθυοκλωβοί τοποθετήθηκαν παρόχθια της λιμνοθάλασσας (Σχ.1) .Οι διαστάσεις του κάθε κλωβού ήταν 2,5m x 2m x 1 m (μήκος × πλάτος × ύψος) με μάτι διχτύου 16 mm (Εικ. 2.3).



Εικόνα 2.2. Κανάλι στο οποίο έγινε η αλίευση των ατόμων *L. aurata*. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα



Σχήμα 1: Σχηματική απεικόνιση του συστήματος στην κατανομή των ιχθυοκλωβών.

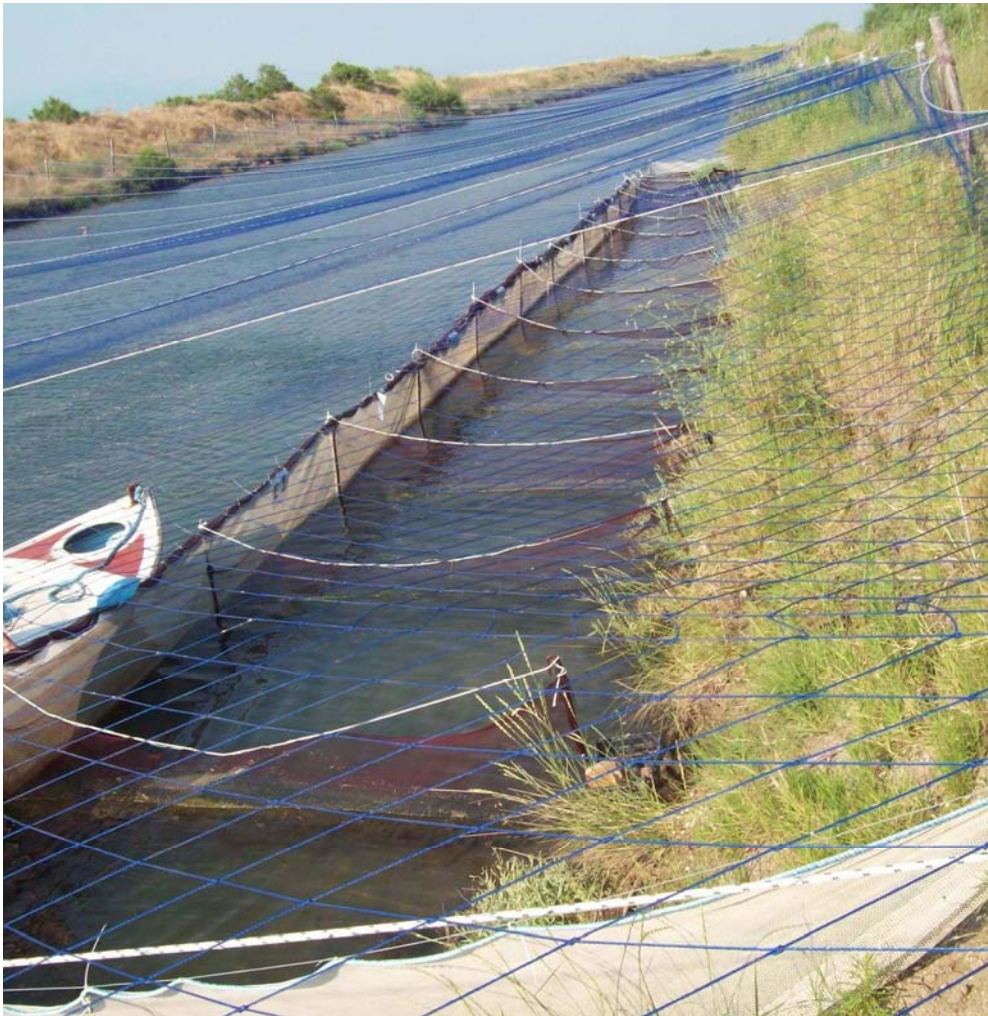
Η σταθεροποίηση τους στο πρανές και στο βυθό έγινε με την εφαρμογή σιδερένιων πασσάλων ύψους 4 m. Τα δίχτυα που χρησιμοποιήθηκαν περιμετρικά και ενδιάμεσα της κατασκευής έφεραν αλυσίδα στο κάτω μέρος τους για την καλύτερη εδραίωση τους και εφαρμογή τους στο βυθό και για την αποφυγή διαφυγής των ιχθύων ή μετακίνησής τους μεταξύ των κλωβών (Εικ. 2.4). Οι κλωβοί δεν έφεραν δίχτυ στον πυθμένα και τα ψάρια αφέθηκαν να έχουν πρόσβαση στη φυσική τροφή του βυθού. Στο επάνω μέρος όλης της επιφάνειας του καναλιού διαχείμασης τοποθετήθηκε αντιραπατικό δίχτυ για την αποφυγή απωλειών ιχθύων από πουλιά (Εικ. 2.5). Ο πυθμένας των κλωβών ήταν κεκλιμένος ξεκινώντας από την ακτή ενώ το μέγιστο βάθος του νερού ήταν περίπου 1,5 m.



Εικόνα 2.3. Πειραματικοί ιχθυοκλωβοί Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα



Εικόνα 2.4. Η αλυσίδα στο κάτω μέρος του δικτυού Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα



Εικόνα 2.5. Αντιαρπαπτικό δίχτυ Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα

2.3. Συλλογή πειραματόζωων - δειγματοληψίες

Τα ψάρια που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα προέρχονταν από τον ελεύθερο πληθυσμό κεφαλοειδών της περιοχής. Η εξαλίευσή τους έγινε στην είσοδο των ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων (Εικ. 2.2) με τη χρήση απόχης. Αμέσως μετά την εξαλίευσή τους τα ψάρια αναισθητοποιήθηκαν (αναισθητικό MS-222, 99,5% Pure Tricaine Methanesulfonate) ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο δυνατό οι όποιες αρνητικές επιδράσεις της διαδικασίας, δεδομένης της ευαισθησίας του είδους στους χειρισμούς. Στη συνέχεια, έγινε αναγνώριση και διαλογή των εξαλιευμένων ιχθύων ώστε να επιλεγθούν μόνο άτομα του είδους *L. aurata*. Μετά την ταυτοποίησή τους, μετρήθηκε το σωματικό βάρος και το συνολικό μήκος κάθε ιχθύος, στο πρώτο δεκαδικό ψηφίο, με χρήση ζυγού ακριβείας και ιχθυόμετρου (Εικ. 2.5), αντίστοιχα.



Εικόνα 2.5. Ηλεκτρονικός ζυγός (αριστερά) και ιχθυόμετρο (δεξιά) Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα

Επιλέχθηκαν 405 άτομα μέσου σωματικού βάρους $44,8 \pm 3,2\text{g}$ (μέσο βάρος \pm τυπική απόκλιση) μετά από κατάλληλη διαλογή. Τα ψάρια μεταφέρθηκαν στους 9 πειραματικούς ιχθυοκλωβούς και διανεμήθηκαν, με τυχαίο τρόπο, σε αυτούς (45 άτομα ανά ιχθυοκλωβό). Σε όλα τα στάδια της παραπάνω διαδικασίας η μεταφορά των ιχθύων έγινε σε φορητές πλαστικές δεξαμενές (30 l), οι οποίες πληρώνονταν με θαλασσινό νερό από την περιοχή της αλιείας.

Τα ψάρια παρέμειναν στους ιχθυοκλωβούς για εγκλιματισμό και προσαρμογή στην τεχνητή τροφή για μια περίοδο 45 ημερών. Μετά από αυτό το διάστημα προσαρμογής, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ιχθύων μετρήθηκαν εκ νέου, ακολουθώντας τις διαδικασίες που περιγράφονται παραπάνω και έγινε νέα διαλογή, ώστε να προσδιοριστεί το αρχικό βάρος και μήκος των ιχθύων για το συγκεκριμένο πειραματισμό (έναρξη πειράματος 1η Ιουλίου 2009). Έπειτα από τη δεύτερη διαλογή, το σωματικό βάρος των ψαριών ήταν $51,1 \pm 5,2\text{ g}$ και το μέσο ολικό μήκος ήταν 21,7 cm. Αξίζει να σημειωθεί πως τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα δεν είχαν καμία εξωτερική δυσμορφία ή κάποιο τραυματισμό που δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια της διαλογής τους και βρίσκονταν σε καλή φυσική κατάσταση.

Στο τέλος του πειράματος (22 Νοεμβρίου 2009, συνολική διάρκεια 143 ημερών) πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία για την εκτίμηση της ανάπτυξης των ιχθύων κατά τη διάρκεια του πειράματος και συλλογή δειγμάτων για ανάλυση χημικής σύστασης του μυϊκού ιστού. Όπως προηγουμένως, τα ψάρια αλιευτήκαν και μετρήθηκε το σωματικό βάρος κάθε ατόμου ξεχωριστά, καθώς και το ολικό μήκος. Κατόπιν τα ψάρια τοποθετήθηκαν σε αεροστεγείς πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν σε φορητά ψυγεία με πάγο στο εργαστήριο Φυσιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπου και αποθηκεύτηκαν

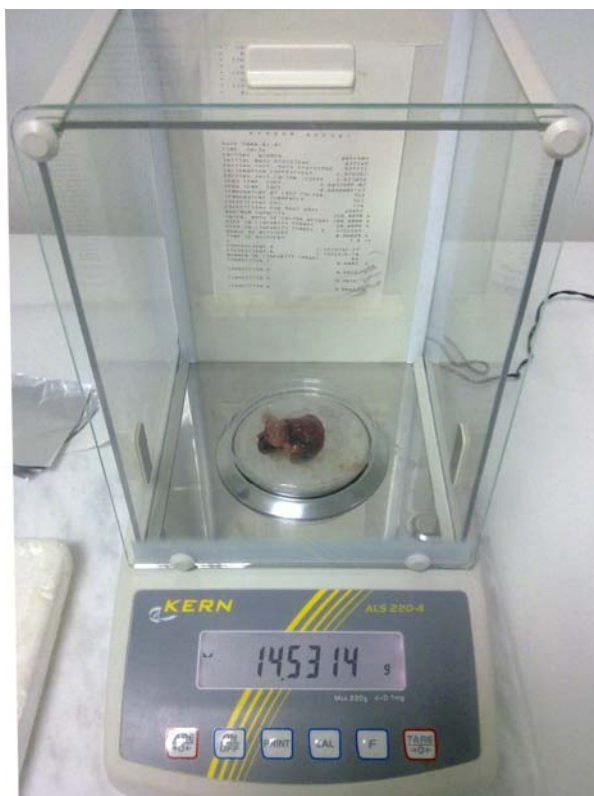
στους καταψύκτες του εργαστηρίου (-20°C) μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις χημικές αναλύσεις του μυϊκού ιστού.



Εικόνα 2.6. Τομή της κοιλιακής χώρας. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

Για τη λήψη των δειγμάτων του μυϊκού ιστού τα ψάρια αποψύχθηκαν. Σε πέντε ψάρια από κάθε ιχθυοκλωβό πραγματοποιήθηκε τομή της κοιλιακής χώρας (Εικ.2.6)

και αφού έγινε προσεκτικός έλεγχος των γονάδων τους για τον προσδιορισμό του φύλου, ζυγίστηκαν τα εντόσθια σε ζυγό ακριβείας (Εικ. 2.7). Αφαιρέθηκε ένα κομμάτι του μυϊκού ιστού απαλλαγμένο από οστά, δέρμα και λέπια για τις χημικές αναλύσεις που θα ακολουθούσαν στη συνέχεια. Μέχρι τη στιγμή των αναλύσεων της χημικής σύστασης, τα δείγματα του μυϊκού ιστού των ψαριών αποθηκεύτηκαν και καταψυχτήκαν στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 2.7. Εντόσθια σε ζυγό ακριβείας. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

2.3.1. Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

Η μέτρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα από το προσωπικό του αλιευτικού συνεταιρισμού Μάνδρας με τη χρήση ειδικών ηλεκτρονικών συσκευών (θερμόμετρο, οξυγονόμετρο, πεχάμετρο, αλατόμετρο).

Λόγω του σχετικά μικρού βάθους του νερού παρατηρήθηκαν μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού που ακολουθούσαν τις ημερήσιες και εποχικές μεταβολές. Συγκεκριμένα, στην έναρξη του πειράματος, τον μηνά Ιούλιο, η μέση θερμοκρασία ήταν 26 °C, ενώ στη λήξη του το μήνα Νοέμβριο, η μέση θερμοκρασία του νερού ήταν 12 °C. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου τις μεσημβρινές ώρες κυμάνθηκε από 7,7-9,7 mg/l, το pH ήταν $7,8 \pm 0,3$, ενώ η αλατότητα κυμάνθηκε από 27,0 έως 32,8‰.

2.4. Διατροφικό πείραμα

Η συνολική διάρκεια του διατροφικού πειράματος ήταν 143 ημέρες. Κατά τη διάρκεια του πειράματος τα ψάρια διατράφηκαν με τρία διαφορετικά πειραματικά σιτηρέσια σε 3 επαναλήψεις ανά διατροφική μεταχείριση. Τα σιτηρέσια καταρτίστηκαν έτσι ώστε να είναι ισοενεργειακά και να διαφέρουν ως προς το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης. Συγκεκριμένα, το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των τριών σιτηρεσίων ήταν 15%, 25% και 30% της τροφής (ως έχει) για τα σιτηρέσια Π15, Π25 και Π30, αντίστοιχα (Πίν. 2.2).

Ως κύρια πρωτεϊνική πηγή των πειραματικών σιτηρεσίων χρησιμοποιήθηκε το ιχθυάλευρο. Για την επιτυχή κατάρτιση ισόρροπων σιτηρεσίων και την κάλυψη των ενεργειακών και λοιπών διατροφικών αναγκών των ιχθύων χρησιμοποιήθηκαν επίσης άλευρο αραβοσίτου, άλευρο σίτου και ιχθυέλαιο. Η αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης στα σιτηρέσια Π15 έως Π30, επιτεύχθηκε με την προοδευτικά αυξανόμενη συμμετοχή του ιχθυαλεύρου και αλεύρου σίτου, διατηρώντας σταθερό το ποσοστό συμμετοχής του αλεύρου αραβοσίτου. Το ενεργειακό περιεχόμενο των σιτηρεσίων ήταν 18,7 KJ/g τροφής και η κατάρτιση τους έγινε με βάση όλες τις γνωστές πληροφορίες για τις διατροφικές ανάγκες των ιχθύων (NRC 1993).

Πίνακας 2.2. Συστατικά και χημική σύσταση των τριών πειραματικών σιτηρεσίων (% της τροφής).

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΣΙΤΗΡΕΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ		
	P15	P25	P30
<i>Συστατικά (%)</i>			
Ιχθυάλευρο	9,2	26,6	35,2
Σιτάρι, άλευρο	59,0	43,0	35,3
Αραβόσιτος, άλευρο	20,0	20,0	20,0
Ιχθυέλαιο	9,3	7,4	6,4
Βιταμίνες πρόμιγμα	1,5	1,5	1,5
Ανόργανα στοιχεία πρόμιγμα	1,5	1,5	1,5
<i>Χημική σύσταση (%)</i>			
Ξηρή Ουσία	89,7	90,1	90,3
Ολική πρωτεΐνη	15,0	25,0	30,0
Ολικό λίπος	12,0	12,0	12,0
Τέφρα	1,7	3,4	4,2
Ινώδεις ουσίες	1,5	1,4	1,3
Υδατάνθρακες ¹	59,5	48,3	42,8
Ενέργεια (MJ/Kg) ²	18,3	18,7	18,9

Σημ.: το ιχθυέλαιο είναι μίγμα ελαίου σολομού και σαρδέλας (50% - 50%)

¹ Το επί τοις εκατό ποσοστό των υδατανθράκων υπολογίστηκε με αφαίρεση του ποσοστού πρωτεΐνης, λιπιδίων, τέφρας και υγρασίας από το 100.

² Η ολική ενέργεια κάθε σιτηρεσίου εκτιμήθηκε ως άθροισμα των ολικών ενεργειών που αποδίδει κάθε θρεπτική ουσία πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό συμμετοχής της με τους συντελεστές 5,64, 9,44 και 4,11 για τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τους υδατάνθρακες, αντίστοιχα.

Για την διαιτητική ικανοποίηση των αναγκών των νεαρών ατόμων *L. aurata* σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία προστέθηκε σε όλα τα πειραματικά σιτηρέσια πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε ποσοστό 1.5 % (% της τροφής ως έχει), αντίστοιχα. Η σύστασή του προμίγματος φαίνεται στον Πίνακα 2.2. Θα πρέπει να

σημειωθεί πως οι ακριβείς απαιτήσεις του *L.aurata* σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία δεν είναι ακόμα γνωστές και συνεπώς το ποσοστό συμμετοχής του προμίγματος στα πειραματικά σιτηρέσια εκτιμήθηκε σύμφωνα με τις γνωστές διαιτητικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία και τις κοινές πρακτικές που εφαρμόζονται στη διατροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα μυκητιάσεων των τροφών, σε όλα τα σιτηρέσια προστέθηκε κατά τη διαδικασία παρασκευής τους πολύ μικρή ποσότητα (0,1% επί του σιτηρεσίου) αντιμυκητιακού παρασκευάσματος.

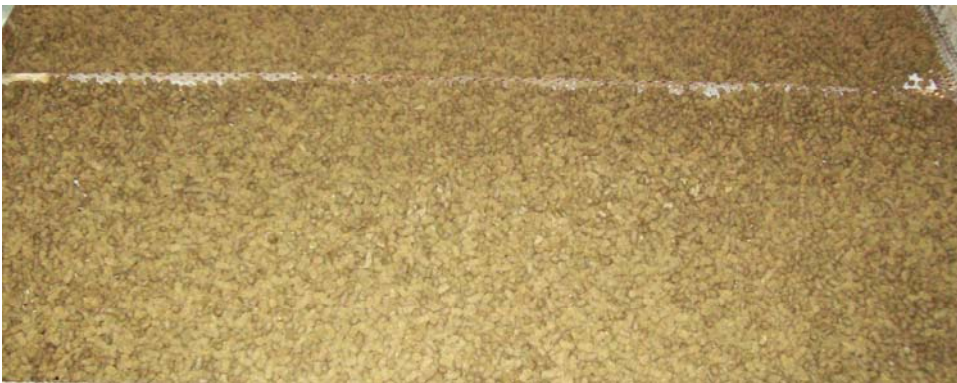
Πίνακας 2.2. Σύσταση βιταμινών και ανόργανων στοιχείων του προμίγματος.

ΒΙΤΑΜΙΝΗ / ΑΝΟΡΓΑΝΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΝΑ ΚΓ ΠΡΟΜΙΓΜΑΤΟΣ
<i>Βιταμίνη</i>	
Βιταμίνη Ε (90% α-τοκοφερόλη)	58.333 mg
Βιταμίνη Κ3	3.333 mg
Βιταμίνη Β1	3.333 mg
Βιταμίνη Β2	6.666 mg
Βιταμίνη Β6	3.333 mg
Βιταμίνη Β12	10 mg
Νικοτινικό οξύ	16.666 mg
Παντοθενικό οξύ	13.333 mg
Φολικό οξύ	3.333 mg
Βιοτίνη	100 mg
Βιταμίνη C (μορφής Stay C)	33.333 mg
<i>Ανόργανα στοιχεία</i>	
Μαγγάνιο (οξειδίο)	10.000 mg
Ψευδάργυρος (οξειδίο)	33.333 mg
Ιωδιούχο ασβέστιο (62% Ca)	400 mg
Σεληνιώδες νάτριο (1% σελήνιο)	84 mg
Ανθρακικό κοβάλτιο (51% κοβάλτιο)	333 mg
<i>Άλλες ουσίες</i>	
Αντιοξειδωτικό ΒΗΤ Ε321	333 mg
Άλευρο για μίξη	416.666 mg

Τα σιτηρέσια παρασκευάστηκαν από την ερευνητική ομάδα στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου Υδατοκαλλιεργειών του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., Άγιος Κοσμάς, Ελληνικό, Ελλάδα) τον Απρίλιο του 2009. Η παρασκευή έγινε με τη μέθοδο της εξώθησης και με τη χρήση ειδικής συσκευής εξώθησης της εταιρίας Clentrax και το μοντέλο Evolium και παραγωγής συμπήκτων (Εικ 2.9). Η διαδικασία που εφαρμόστηκε ήταν σύμφωνη με το εργαστηριακά πρωτόκολλα του Ινστιτούτου, τις προδιαγραφές του κατασκευαστή της συσκευής και των σύγχρονων γνώσεων στην παρασκευή ιχθυοτροφών (Hardy & Barrows 2002). Συνοπτικά, στα συστατικά των τροφών, μετά τη ζύγιση και ανάμιξή τους και την είσοδο τους στη συσκευή, προστέθηκε κατάλληλη ποσότητα νερού και εφαρμόστηκε υψηλή πίεση και θερμοκρασία, ώστε τελικά το μίγμα να εξωθηθεί μέσα από κατάλληλες μήτρες με τη μορφή συμπήκτων (πελλέτες). (Εικ 2.8) Μετά την έξοδο τους από τη συσκευή τα σύμπηκτα τοποθετήθηκαν σε ειδικό ξηραντήρα με ρεύμα αέρα ώστε να μειθούν τα ποσοστά υγρασίας στα επιθυμητά επίπεδα (~10%). Η προεργασία των μιγμάτων περιλάμβανε τη ζύγιση των απαιτούμενων ποσοτήτων όλων των συστατικών και την ανάμιξή τους. Η ζύγιση γινόταν σε ένα ειδικά διαμορφωμένο χώρο με χρήση ειδικού ζυγού, ενώ η ανάμιξή τους έγινε ακολούθως σε κατάλληλο αναμικτήρα για χρονικό διάστημα μιας ώρας και μέχρι κατά το δυνατό πληρέστερης ανάμιξης των συστατικών.



Εικόνα2.8: Ειδική συσκευή εξώθησης. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα



Εικόνα2.9: Μορφή συμπύκτων (πελέτες). Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα

2.4.1. Σίτιση – χορήγηση τροφής

Πριν την έναρξη του πειράματος, τα ψάρια αφέθηκαν να εγκλιματιστούν στους ιχθυοκλωβούς και στην πρόσληψη τεχνητής τροφής για 45 ημέρες, όπου τους χορηγούνταν ανά δύο ημέρες η πειραματική δίαιτα Π30 με ποσοστό περιεχόμενης πρωτεΐνης 30% (Πίν. 2.2).

Κατά τη διάρκεια του διατροφικού πειράματος τα ψάρια σιτίζονταν καθημερινά σε φαινόμενο κορεσμό. Η σίτιση πραγματοποιούνταν με το χέρι, μία φορά την ημέρα κατά τις πρωινές ώρες. Η ποσότητα της τροφής που χορηγούνταν σε κάθε κλωβό αύξησης, καταγράφονταν καθημερινά με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας.

2.5. Χημικές αναλύσεις & Αναλύσεις χημικής σύστασης τροφών και μυϊκού ιστού

2.5.1. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας – υγρασίας των πειραματικών σιτηρεσίων και των δειγμάτων μυϊκού ιστού πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 2g δείγματος από κάθε τροφή σε πυραντήριο (φούρνο) για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105 °C (AOAC 1995). Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν τα δισκία με το ξηρό πλέον δείγμα από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η ξηρή ουσία των τροφών υπολογίστηκε ως εξής:

$$W_{\text{ξηρού δείγματος}} (\text{g}) = W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} (\text{g}) - W_{\text{δισκίου}} (\text{g})$$

$$\text{Ξηρή Ουσία (\%)} = (W_{\text{ξηρού δείγματος}} (\text{g}) / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g})) \times 100$$

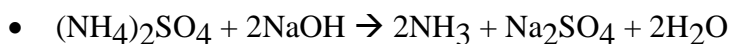
2.5.2. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των αζωτούχων ενώσεων (ολικών πρωτεϊνών) των συμπίκτων και του μυϊκού ιστού των ιχθύων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο προσδιορισμού αζωτούχων ενώσεων Kjeldahl (AOAC 1995). Αρχικά, με τη βοήθεια ενός μικρού κομματιού από αλουμινόχαρτο που τοποθετήθηκε πάνω στο ζυγό ακριβείας ζυγίστηκαν 200 mg δείγματος και καταγράφηκαν τα βάρη τους. Κατόπιν τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδικές φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl και ακολούθησε η διαδικασία της πέψης των δειγμάτων. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμαίνονται παρουσία πυκνού θειικού οξέος (παράγοντας οξειδωσης με τον οποίο πέπτεται το δείγμα) και πραγματοποιείται η διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθερώνεται το άζωτο (N) του δείγματος, το οποίο κατόπιν δεσμεύεται σε θειικό αμμώνιο, σύμφωνα με την παρακάτω χημική αντίδραση:

Οργανικό N + H₂SO₄ → (NH₄)₂SO₄ + H₂O + CO₂ + λοιπά παραπροϊόντα

Σε κάθε φιάλη βρασμού προστέθηκαν, χρησιμοποιώντας τον ειδικό δοσομετρητή, 15ml πυκνού H₂SO₄ και δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (περιείχε θείο) για να επιταχύνει την αντίδραση. Οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης που ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να χωνευτούν στους 150 °C για 85 min. Τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για περίπου 30 min , αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της απόσταξης κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Εικ. 2.10). Η αμμωνία έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:





Για τη διαδικασία της απόσταξης, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή απόσταξης. Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν 100 ml απεσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_2BO_3 . Ο συνολικός χρόνος της απόσταξης κάθε δείγματος ήταν 6 min. Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνονταν σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες δείκτη ερυθρού του μεθυλίου.

Έπειτα, ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης κατά την οποία το βορικό αμμώνιο τιτλοδοτείται με υδροχλωρικό οξύ χρησιμοποιώντας ένα δείκτη για το τελικό σημείο της παρακάτω χημικής αντίδρασης:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα.



Εικόνα 2.10: Ειδική συσκευή Kjeldahl. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

Έτσι, η κωνική φιάλη που περιείχε βορικό αμμώνιο τοποθετήθηκε σε θέση συνεχούς ανακίνησης και προσθέτονταν σε αυτήν με αργό ρυθμό καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1N) HCl. Η αλλαγή του χρώματος στο διάλυμα ομολογούσε το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση :

$$N\% = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml Blank}) \times N_{\delta/\text{το}\delta\text{HCl}} \times 0,014007}{\text{Βάρος Δείγματος, g}} \times 100$$

Όπου, Blank = η τιτλοδότηση κενής φιάλης (χωρίς δείγμα), η οποία χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

Κατόπιν, από τη συγκέντρωση του αζώτου (N) στο δείγμα μπορεί να υπολογιστεί η περιεχόμενη πρωτεΐνη του σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Πρωτεΐνη (\%)} = N (\%) \times 6,25$$

Όπου, ο συντελεστής 6,25 προκύπτει από την παραδοχή ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% N.

2.5.3. Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπιδίων των συμπήκτων και του μυϊκού ιστού των ιχθύων έγινε με τη μέθοδο εκχύλισης λίπους Soxhlet (AOAC 1995). Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα δοχεία εκχύλισης στα οποία προστέθηκαν 3-4 πέτρες βρασμού, το μικτό βάρος των οποίων προζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Κατόπιν, σε κάθε γυάλινο δοχείο εκχύλισης τοποθετήθηκε ένα χάρτινο δοχείο ηθμού Μέσα στο οποίο προστέθηκε 1 g ξηρής ουσίας δείγματος. Σε κάθε δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου και το χάρτινο δοχείο ηθμού σκεπάστηκε με βαμβάκι για την

αποφυγή εκτίναξης του δείγματος κατά τη διάρκεια του βρασμού που θα ακολουθούσε(Εικ. 2.11).

Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5 ώρες, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης.



Εικόνα 2.11: Ειδική συσκευή εκχύλισης λίπους Soxhlet. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15 λεπτά της ώρας με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Μετά το πέρας της εκχύλισης, τα δοχεία με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 75° C

για 0,5 ώρες προκειμένου να εξατμιστεί εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που τυχόν παρέμεινε στο δείγμα. Στη συνέχεια τα δοχεία εκχύλισης μεταφέρθηκαν στο ξηραντήρα για 1 ώρα περίπου ώστε να κρυώσουν. Αφού απομακρύνθηκε το χάρτινο δοχείο ηθμού που περιείχε το απολιπασμένο δείγμα, ακολούθησε επαναζύγιση των γυάλινων δοχείων εκχύλισης (που περιείχαν και τις πέτρες βρασμού) και καταγράφηκε το βάρος τους. Με τη βοήθεια της παρακάτω σχέσης προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια:

$$\text{Ολικά λιπίδια (\%)} = [\text{τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης (g)} - \text{αρχικό βάρος(g)}] \times 100$$

2.5.4. Προσδιορισμός τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία του δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας των συμπήκτων και του μυϊκού ιστού των ιχθύων πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 1g ξηρής ουσίας δείγματος τροφής ή μυϊκού ιστού σε αποτεφρωτήρα (Εικ. 2.12) για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C (AOAC 1995). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, οποία τοποθετήθηκαν τα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά την αποτέφρωση, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Ο προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής:

$$W \text{ αποτεφρωμένου δείγματος (g)} = W \text{ μικτού αποτεφρωμένου δείγματος (g)} \& \text{ δισκίου (g)} - W \text{ δισκίου (g)}$$

$$\text{Τέφρα (\%)} = [W \text{ αποτεφρωμένου δείγματος (g)} / W \text{ αρχικού δείγματος (g)}] \times 100$$



Εικόνα 2.12: Ειδική συσκευή τέφρας – αποτεφρωτήρας. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

2.6. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

2.6.1. Αύξηση βάρους

Η αύξηση του ολικού βάρους, δηλαδή το καθαρό βάρος σώματος που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος, υπολογίστηκε από την παρακάτω σχέση:

Αύξηση ολικού βάρους (g) = W_t (τελικό βάρος) – W_a (αρχικό βάρος)

Το ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους αντιπροσωπεύει την εκατοστιαία (%) αύξηση του βάρους σώματος προς το αρχικό βάρος και υπολογίζεται ως εξής:

Ποσοστό αύξησης βάρους (%) = $[W_t$ (τελικό βάρος) – W_a (αρχικό βάρος)] / W_a (αρχικό βάρος) * 100

2.6.2. Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους του ψαριού στο χρονικό διάστημα που σιτήστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ειδικός } \rho \text{ ανάπτυξης (SGR, σε \%/\text{ημέρα})} = 100 \times (\text{Ln } W_2 - \text{Ln } W_1) / \text{ημέρες σίτησης}$$

Όπου,

$\text{Ln } W_2$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

$\text{Ln } W_1$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

2.6.3. Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) εκφράζει το βαθμό αξιοποίησης της τροφής από τα ψάρια και δίνεται από τον λόγο της ποσότητας της τροφής που χορηγήθηκε από τα ψάρια προς την αύξηση του ολικού βάρους τους. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής υπολογίζεται από τη σχέση:

Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR) = τροφή που χορηγήθηκε (g) / αύξηση βιομάζας των ζώντων ιχθύων (g).

2.7. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών και αξιοποίησης της τροφής επεξεργάστηκαν με την μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων κρίθηκαν στατιστικώς σημαντικές για τιμές $P < 0,05$. Στις περιπτώσεις που η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Zar, 1999).

Κεφάλαιο 3

3. Αποτελέσματα

3.1. Ανάπτυξη των ιχθύων

Κατά την έναρξη του πειράματος 45 ψάρια μέσου βάρους 44,8g και μήκους 17.9cm τοποθετήθηκαν σε κάθε ένα από τους 9 πειραματικούς ιχθυοκλωβούς. Κατά τη διάρκεια της περιόδου προσαρμογής τα ψάρια δύο ιχθυοκλωβών διέφυγαν - πιθανότητα λόγω προβλήματος στην κατασκευή των συγκεκριμένων κλωβών. Στην έναρξη της κύριας πειραματικής περιόδου (τέλος της περιόδου προσαρμογής), μεταφέρθηκαν ψάρια από τους υπόλοιπους κλωβούς στους δύο κενούς προκειμένου να πληρωθούν όλοι οι κλωβοί με κατά το δυνατό ίδιο αριθμό ψαριών από τον αρχικό πληθυσμό που είχε εγκλιματιστεί στις συνθήκες εκτροφής. Τα βάρη και μήκη των ψαριών αυτών καταγράφηκαν. Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκαν σημαντικές απώλειες που πιθανόν να οφείλονταν στην αυξημένη ευαισθησία των ψαριών (θανάτωση) αλλά και σε διαφυγές από τις εγκαταστάσεις. Στην τελική δειγματοληψία έγινε προσπάθεια να αλιευθούν όλα τα ψάρια από κάθε κλωβό. Ο αριθμός των ψαριών κατά την έναρξη και το τέλος του πειράματος καθώς και το μέσο βάρος και ολικό μήκος των ψαριών σε κάθε ιχθυοκλωβό παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Συγκεκριμένα, κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος το μέσο βάρος των νεαρών ατόμων *L.aurata* ήταν $51,1 \pm 5,2g$ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση). Μετά από τις 20 εβδομάδες διεξαγωγής του πειράματος το μέσο τελικό βάρος των ψαριών που σιτίστηκαν με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 84,69g έως 105,03g (Πίνακες 3.1 & 3.2). Τα τελικά βάρη των ψαριών παρουσίασαν υψηλή διακύμανση εντός των ιχθυοκλωβών. Συγκεκριμένα, το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π15 ήταν $105,03 \pm 25,11g$, το μέσο τελικό βάρος των

ατόμων που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο το Π24 ήταν $85,2 \pm 28,21\text{g}$ και το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π30 ήταν $91,3\text{g} \pm 30,35\text{g}$.

Πίνακας 3.1. Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και συντελεστής ευρωστίας K των ιχθύων που διατρέφθηκαν για 20 εβδομάδες με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια. Τα στοιχεία παρατίθενται ανά κλωβό (επανάληψη).

ΔΙΑΙΤΑ	ΕΠΑΝΑ-ΛΗΨΗ	N ₀ ¹	N _T ²	ΒΑΡΟΣ (W, G) ³	ΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (TL, CM) ³	K ^{3,4}
Π15	β	38	17	109,16 ± 21.65	22,84±1,75	0,91 ± 0,01
	γ	43	25	100,9 ± 28.58	22,74±2,53	0,84 ± 0,01
	α	39	5	110,21 ±31,58	22,60±2,47	0,94 ± 0,01
Π25	α	30	15	67,7 ± 29.49	19,89±2,27	0,82 ± 0,01
	β	40	31	102,7 ± 26.93	22,19±2,47	0,92 ± 0,01
	γ	39	19	101,73 ±28,89	22,19±2,71	0,90 ± 0,01
Π30	α	32	27	73,5 ± 36,3	19,97 ± 3,31	0,86 ± 0,01
	γ	36	27	95,84 ± 32	22,26 ± 2,96	0,83 ± 0,01
	β	42	15	104,52 ±38,44	22,20±1,94	0,96 ± 0,01

¹ Αρχικός αριθμός ψαριών

² Αριθμός ψαριών που αλιεύτηκαν στην τελική δειγματοληψία

³ Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική απόκλιση από όσα ψάρια επιβίωσαν.

⁴ Συντελεστής ευρωστίας, $K = 100 \times W/L^3$.

Από τα δεδομένα αυτά, παρατηρείται μία μείωση του σωματικού βάρους των ψαριών με την αύξηση του διαιτητικού επιπέδου της πρωτεΐνης από 15% σε 25% και μία αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών με την αύξηση του διαιτητικού επιπέδου της πρωτεΐνης από 25% σε 30%. Ωστόσο, η στατιστική επεξεργασία των

δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές ($P>0,05$) διαφορές μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Επίσης στους Πίνακες 3.1 και 3.2 παρουσιάζονται τα τελικά ολικά μήκη των ψαριών. Το μέσο ολικό μήκος των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος ήταν $17,93 \pm 0,66\text{cm}$ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση). Στο τέλος του διατροφικού πειράματος (20 εβδομάδες), το μέσο τελικό ολικό μήκος των ψαριών των ιχθύων που κατανάλωσαν τα σιτηρέσια Π15, Π25 και Π30 ήταν $22,79 \pm 2,14\text{cm}$, $21,04 \pm 2,37\text{cm}$ και $21,48\text{cm} \pm 2,74\text{cm}$, αντίστοιχα. Όπως συνέβησε με το βάρος των ψαριών, η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές ($P>0,05$) διαφορές μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής ευρωστίας K για τα ψάρια που διατράφηκαν με τα τρία σιτηρέσια (Π15, Π25 και Π30) για 20 εβδομάδες παρουσιάζεται στους Πίνακες 3.1 & 3.2. Ο συντελεστής K ήταν $0,87 \pm 0,01$ για τα άτομα που κατανάλωσαν τα σιτηρέσια Π15 και Π25, και $0,85 \pm 0,01$ για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π30. Η ανάλυση διακύμανσης δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συντελεστών ευρωστίας των ψαριών που κατανάλωσαν τα τρία διαφορετικά σιτηρέσια ($P>0,05$).

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκαν σημαντικές απώλειες που πιθανόν να οφείλονταν στην αυξημένη ευαισθησία των ψαριών και σε παράπλευρες διαφυγές από τις εγκαταστάσεις.

Πίνακας 3.2. Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και συντελεστής ευρωστίας K των ιχθύων που διατράφηκαν για 20 εβδομάδες με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια.¹

ΔΙΑΙΤΑ	Π15	Π25	Π30
N₀³	81	70	68
N_T⁴	42	46	52
Βάρος (W, g)⁵	105,03 ± 25,11	85,2 ± 28,21	84,69 ± 15,78
Ολικό μήκος (TL, cm)⁵	22,79 ± 2,14	21,04 ± 2,37	21,48 ± 2,74
K^{5,6}	0,87 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,85 ± 0,01

¹ Στα στοιχεία που παρατίθενται στον πίνακα δεν περιλαμβάνονται οι ιχθυοκλωβοί Π15α, Π25γ Π30β στους οποίους κατά την τελευταία δειγματοληψία εξαλειύθηκε λιγότερο από το 50% των ψαριών του αρχικού πληθυσμού.

² Αρχικός αριθμός ψαριών

³ Αριθμός ψαριών που αλιεύτηκαν στην τελική δειγματοληψία

⁴ Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική απόκλιση από όσα ψάρια επιβίωσαν.

⁵ Συντελεστής ευρωστίας, $K = 100 \times W/L^3$.

Μετά το πέρας των 20 εβδομάδων η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π15 κυμάνθηκε από 58,06 g έως 49,80 g (Πιν.3.3) με μέση τιμή $53,93 \pm 5,84$ g (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση, (Πιν.3.4)). Για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π25 η αύξηση του σωματικού βάρους κυμάνθηκε από 16,63 g έως 51,61 g (Πιν.3.3) με μέση τιμή $34,12 \pm 24,73$ g (Πιν.3.3). Τέλος, για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30 η αύξηση του σωματικού βάρους κυμάνθηκε από 22,43 g έως 44,74 g (Πιν.3.3) με μέση τιμή $33,59 \pm 15,78$ g (Πίν.3.4). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων με ANOVA δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Στο τέλος του πειράματος, ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης SGR, (%/ημέρα) των ψαριών κυμάνθηκε από 0,45 % έως 0,54 % (Πιν.3.2). Τα ψάρια που κατανάλωσαν το

σιτηρέσιο Π15 είχαν SGR από 0,54 % έως 0,49 % (Πιν.3.3) με μέση τιμή $0,51 \pm 0,04$ %/ημέρα (Πιν.3.3), ενώ για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π25 ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης κυμάνθηκε από 0,20% έως 0,50% (Πιν.3.3) με μέση τιμή $0,35 \pm 0,21$ %/ημέρα. Τέλος, τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π30 είχαν ειδικό ρυθμό ανάπτυξης από 0,26% έως 0,45% (Πιν.3.3) με μέση τιμή $0,35 \pm 0,13$ %/ημέρα (Πίν. 3.4). Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές ($P>0,05$) διαφορές στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

3.2. Αξιοποίηση της τροφής

Η χορηγούμενη τροφή προσφέρονταν σε φαινόμενο κορεσμό. Η συνολική χορηγούμενη ποσότητα τροφής ήταν 3711,53 Kg για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π15, 3306,05 Kg για το σιτηρέσιο Π25 και 4071,24 Kg για το σιτηρέσιο Π30 (Πίν. 3.4). Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) ήταν $6,43 \pm 5,32$ για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π15, $6,25 \pm 6,10$ για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π25 και $5,06 \pm 1,68$ για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π30.

Πίνακας 3.3. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής ανά ιχθυοκλωβό.

	Π15 Β	Π15 Γ	Π25 Α	Π25 Β	Π30 Α	Π30 Γ
Αύξηση Βάρους (g)	58,06	49,80	16,63	51,61	22,43	44,74
Ποσοστό Αύξησης Βάρους (%)	113,61	97,46	32,54	100,99	43,90	87,56
Ειδικός Ρυθμός Αύξησης, SGR (%/Ημέρα)	0,54	0,49	0,20	0,50	0,26	0,45
Συντελεστής Μετατρεψιμότητας Τροφής, FCR	3,76	2,98	13,25	2,07	6,72	3,37

¹ Στα στοιχεία που παρατίθενται στον πίνακα δεν περιλαμβάνονται οι ιχθυοκλωβοί Π15α, Π25γ Π30β στους οποίους κατά την τελευταία δειγματοληψία εξαλειύθηκε λιγότερο από το 50% των ψαριών του αρχικού πληθυσμού.

Πίνακας 3.4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής ανά διατροφική μεταχείριση.

	Π15	Π25	Π30
Αύξηση βάρους (g)	53,93±5,84	34,12±24,73	33,59±15,78
Ποσοστό αύξησης βάρους (%)	105,53±11,42	66,77±48,40	65,73±30,88
Ειδικός ρυθμός αύξησης, SGR (%/ημέρα)	0,51±0,04	0,35±0,21	0,35±0,13
Μέση κατανάλωση τροφής ανά κλωβό (g)	3711,53	3306,05	4071,24
Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής, FCR	6,43±5,32	6,25±6,10	5,06±1,68

¹ Στα στοιχεία που παρατίθενται στον πίνακα δεν περιλαμβάνονται οι ιχθυοκλωβοί Π15α, Π25γ Π30β στους οποίους κατά την τελευταία δειγματοληψία εξαλειύθηκε λιγότερο από το 50% των ψαριών του αρχικού πληθυσμού.

3.3. Χημική σύσταση μυϊκού ιστού μύξινου

3.3.1. Ξηρή ουσία (%)

Η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού των ψαριών σε ξηρή ουσία (ποσοστό επί τοις εκατό, %) στο τέλος του διατροφικού πειράματος παρουσιάζεται στους Πινάκες 3.5. (ανά ιχθυοκλωβό) και 3.5 (ανά διατροφική μεταχείριση). Για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π15 η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε ξηρή ουσία ήταν 23,3 %. Στα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π25 ο μέσος όρος της ξηρής ουσίας του μυϊκού ιστού ήταν 24,12%. Τέλος, στα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο Π35 ο μέσος όρος της ξηρής ουσίας ήταν 24,13%.

3.3.2. Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια

Η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια του μυϊκού ιστού των ψαριών που διατράφηκαν με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια για 20 εβδομάδες παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.5. Στα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π15, τα ολικά λιπίδια του μυϊκού τους ιστού ήταν 6,45% (ποσοστό επί της Ξ.Ο δείγματος). Στο σιτηρέσιο Π25 τα

ολικά λιπίδια ήταν 6,62 % (ποσοστό της Ξ.Ο). Τέλος, στα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο Π30 η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε ολικά λιπίδια ήταν 6,71%.

3.3.3. Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις

Η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες (ολικές πρωτεΐνες) του μυϊκού ιστού των ψαριών στο τέλος του διατροφικού πειράματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.5. Στην ομάδα ψαριών Π15, ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ενώσεων ήταν 86% (επί της ξηρής ουσίας δείγματος), στην ομάδα ψαριών Π25 ήταν 84,34% και στην ομάδα ψαριών Π30 ήταν 83,65%.

Πίνακας 3.5 Συγκεντρωτικός χημικής σύστασης μυϊκού ιστού ιχθύων

	ΞΗΡΗ ΟΥΣΙΑ (%)	ΟΛΙΚΕΣ ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (%)	ΟΛΙΚΑ ΛΙΠΙΔΙΑ (%)	ΤΕΦΡΑ (%)
Π15	23,3±0,7	86±1,35	6,45±1,05	5,19±0,27
Π25	24,12±1,36	84,34±2,22	6,62±3,43	5,30±0,35
Π30	24,13±0,55	83,65±4,3	6,71±3,52	5,21±0,19

Πίνακας 3.6 Χημική σύσταση μυϊκού ιστού ιχθύων

	ΞΗΡΗ ΟΥΣΙΑ (%)	ΟΛΙΚΕΣ ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	ΟΛΙΚΑ ΛΙΠΙΔΙΑ	ΤΕΦΡΑ
Π15 β	22,98±0,84	85,97±1,42	6,8±1,2	5±0,11
Π15 γ	23,9±0,45	85,66±1,88	6,05±1,25	5,26±0,18
Π25 α	24,94±1,65	86,13±0,5	13,16±11,58	5,19±0,73
Π25 β	23,19±1,45	83,29±3,26	4,3±0,97	5,51±0,2
Π30 α	24,35±0,82	79,65±5,07	10,15±3,5	5,16±0,14
Π30 γ	24,09±0,18	85,13±1,89	4,86±1,61	5,14±0,22

Κεφάλαιο 4

4. Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 20 εβδομάδων σε νεαρά άτομα μυξιναριού (*L. aurata*) σε συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής στη λιμνοθάλασσα Λάφρα του νομού Ξάνθης. Σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του μυξιναριού (*L. aurata*). Το παρόν πείραμα αποτελεί μία από τις ελάχιστες μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με τη διατροφή και τις θρεπτικές ανάγκες του μυξιναριού (*L. aurata*) και οδήγησε σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα, αναφορικά με την ανάπτυξη του είδους και την αξιοποίηση τεχνητών τροφών.

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου σημειώθηκαν αρκετές απώλειες ιχθύων. Οι απώλειες αυτές οφείλονταν αφενός σε διαφυγές των ιχθύων λόγω τεχνικών σφαλμάτων στην κατασκευή των ιχθυοκλωβών, αλλά και σε διαφυγές στη λιμνοθάλασσα κατά την τελική δειγματοληψία, καθώς επίσης και σε θνησιμότητες.

Συγκεκριμένα, τόσο κατά τον εγκλιματισμό των ψαριών, όσο και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, παρατηρήθηκαν σημαντικές θνησιμότητες σε όλες τις ομάδες ψαριών που διατράφηκαν με τα πειραματικά σιτηρέσια. Συνεπώς, οι θνησιμότητες δε φαίνεται να οφείλονται στις διαφορετικές διατροφικές μεταχειρίσεις και στη μεταβολή του επιπέδου της διαιτητικής πρωτεΐνης. Τα αίτια πιθανώς είναι φυσικά και εντοπίζονται κυρίως στην καταπόνηση που προκλήθηκε στα ψάρια εξαιτίας των χειρισμών, εξαιτίας του εγκλεισμού τους στους πειραματικούς κλωβούς, αλλά και λόγω της μεταφοράς τους από φυσική σε τεχνητή τροφή. Στο σημείο αυτό πρέπει να

σημειωθεί πως το είδος *L. aurata* φαίνεται να καταπονείται αρκετά κατά τη χειρωνακτική του μεταχείριση επιδεικνύοντας εύκολα τραυματισμούς (Chervinski 1975).

Τέλος, οι απώλειες που παρατηρήθηκαν μπορεί να οφείλονται μερικώς και σε μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού αν και πρέπει να σημειωθεί ότι οι περιοδικές μετρήσεις που έγιναν κατά την πειραματική περίοδο, έδειξαν πως οι ποιοτικές παράμετροι του νερού παρέμειναν, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, σε ικανοποιητικά για εκτροφή επίπεδα.

Κατά την έναρξη του πειράματος, το μέσο βάρος των ιχθύων ήταν 51,1g. Μετά από 20 εβδομάδες διατροφής με τα πειραματικά σιτηρέσια τα ψάρια όλων των ομάδων αύξησαν το σωματικό τους βάρος από 66,77% έως 105,53% με μέση ημερήσια σωματική αύξηση ίση με 0,29 g. Το στοιχείο αυτό υποδεικνύει τη σχετικά καλή ανάπτυξη των ιχθύων ανεξαρτήτως διατροφικής μεταχείρισης. Συγκεκριμένα, το *L. aurata* απέκτησε $105,03 \pm 25,11$ g μέσο τελικό σωματικό βάρος και είχε ειδικό ρυθμό ανάπτυξης $0,51 \pm 0,04$ %/ημέρα για το σιτηρέσιο Π15, $85,2 \pm 28,21$ g μέσο τελικό σωματικό βάρος και είχε ειδικό ρυθμό ανάπτυξης $0,35 \pm 0,21$ %/ημέρα για το σιτηρέσιο Π25, $84,69 \pm 15,78$ g μέσο τελικό σωματικό βάρος και ειδικό ρυθμό ανάπτυξης $0,35 \pm 0,13$ %/ημέρα για το σιτηρέσιο Π30. Αναφορικά με την αξιοποίηση της τροφής, παρατηρήθηκε ότι οι συντελεστές μετατρεψιμότητας της τροφής για τα τρία πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκαν από $6,43 \pm 5,32$ έως $5,06 \pm 1,68$ με το χαμηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας να εμφανίζεται στην ομάδα ψαριών που διατράφηκαν με το χαμηλότερο επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν λιγοστές μελέτες διατροφικών πειραμάτων με τα είδη της οικογένειας Mugilidae. Περιορισμένες πληροφορίες υπάρχουν για τα είδη *M. cephalus* και *M. capito* (Papaparaskeva-Papoutsoglou & Alexis 1986, Argyropoulou *et al.* 1992, Luzzana *et al.* 2005), ενώ για το μυξινάρι (*L. aurata*) οι επιστημονικές γνώσεις είναι ελλιπείς και περιορίζονται στις τροφικές προτιμήσεις του είδους στο φυσικό του περιβάλλον (Gisbert *et al.* 1996).

Ο Chervinski (1976), αρκετά χρόνια πριν, μελέτησε τη διατροφή του *L. aurata* με τεχνητές τροφές και ανέφερε μία παρόμοια καλή ανάπτυξη για το είδος. Συγκεκριμένα, διατρέφοντας με σύμπηκτα που περιείχαν 25% πρωτεΐνη ανέφερε ότι ιχθύδια αρχικού βάρους 1 g απέκτησαν, έπειτα από 186 ημέρες σίτισης, τελικό σωματικό βάρος 120,3 g με μέση ημερήσια αύξηση 0,65 g, ενώ τα ενήλικα άτομα (αρχικό βάρος 127 g) έφτασαν τα 302,1 g τελικό σωματικό βάρος έπειτα από 206 ημέρες σίτισης με μέση ημερήσια αύξηση 0,85 g. Σε παλιότερα πειράματα του ίδιου συγγραφέα (Chervinski 1975) βρέθηκε ότι τα ιχθύδια (αρχικό βάρος 1 g) έφτασαν τα 141,9 g τελικό σωματικό βάρος με μέση ημερησία αύξηση 0,95 g έπειτα από 150 ημέρες σίτισης.

Από τις τελικές μετρήσεις στο βάρος των ψαριών παρατηρήθηκε ότι από τα ψάρια που διατράφηκαν με τα πειραματικά σιτηρέσια, εκείνα που διατράφηκαν με το χαμηλότερο επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης (Π15) είχαν το μεγαλύτερο τελικό σωματικό βάρος ($105,03 \pm 25,11$ g), συγκριτικά με τα ψάρια που διατράφηκαν με επίπεδα πρωτεΐνης 25% ($85,2 \pm 28,21$ g) και 30% ($84,69 \pm 15,78$ g) (Σχήμα 1). Ωστόσο, δεδομένου ότι υπήρξε υψηλή παραλλακτικότητα των βαρών των ψαριών εντός των ιχθυοκλωβών, η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών Π15 δε διέφερε σημαντικά σε σχέση με τις άλλες

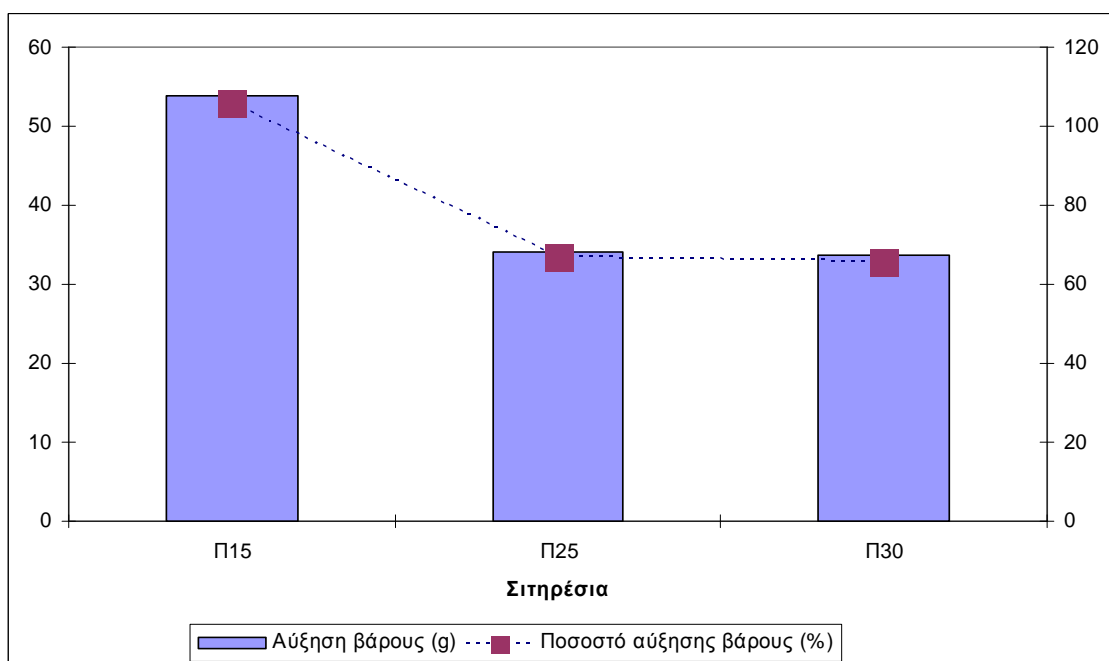
ομάδες ($P>0,05$). Το μεγαλύτερο σωματικό βάρος της ομάδας Π15 πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι τα ψάρια ικανοποίησαν τις πρωτεϊνικές τους ανάγκες όχι μόνο μέσω της κατανάλωσης του χορηγούμενου σιτηρεσίου, αλλά και με την κατανάλωση, συμπληρωματικά, φυσικής τροφής. Αυτό υποδεικνύεται και από σχετικές παρατηρήσεις του στομαχικού και εντερικού περιεχομένου, αν και τέτοιες αναλύσεις δεν ήταν στους στόχους και το σχεδιασμό του πειράματος. Ωστόσο, η εμπειρική παρατήρηση του στομαχικού και εντερικού περιεχομένου έδειξε πως ήταν εμφανής η παρουσία πράσινου χυλού στον στόμαχο και στο έντερο, υποδηλώνοντας κατανάλωση πράσινης φυτικής ύλης, ιδιαίτερα για τα ψάρια της ομάδας Π15.

Οι Paparaskeva-Papoutsoglou & Alexis (1986) διατρέφοντας το *Mugil cephalus* με σιτηρέσια αυξανόμενου επιπέδου πρωτεΐνης, ανέφεραν πως η μέγιστη σωματική αύξηση επιτεύχθηκε με διαιτητικό πρωτεϊνικό περιεχόμενο 12% - 24%, ενώ η αύξηση της πρωτεΐνης σε ποσοστά άνω του 24% (επί του σιτηρεσίου) οδηγεί σε μειωμένη ανάπτυξη. Ωστόσο, το παραπάνω πείραμα διεξήχθη σε ενυδρεία με καθαρό ανακυκλούμενο νερό και σε τέτοιες συνθήκες εκτροφής, το άριστο επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης για το *M. cephalus* καθορίστηκε περίπου στο 24% (επί του σιτηρεσίου). Στο παρόν διατροφικό πείραμα οι διαιτητικές ανάγκες των ψαριών καλύφθηκαν εν μέρει από τη συμμετοχή της φυσικής τροφής στο διαιτολόγιό τους με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται καλή ανάπτυξη ακόμα και με ποσοστά πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο χαμηλότερα από ένα επίπεδο της τάξης του 25%, που αναφέρεται για το συγγενές είδος *M. cephalus*.

Επιπρόσθετα, η κατανάλωση σιτηρεσίων με υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης (25 και 30%) οδήγησε σε μειωμένη ανάπτυξη πιθανώς εξαιτίας του γεγονότος πως οι ανάγκες των ψαριών σε ολική πρωτεΐνη είναι σχετικά χαμηλή (πιθανώς κάτω από 25%)

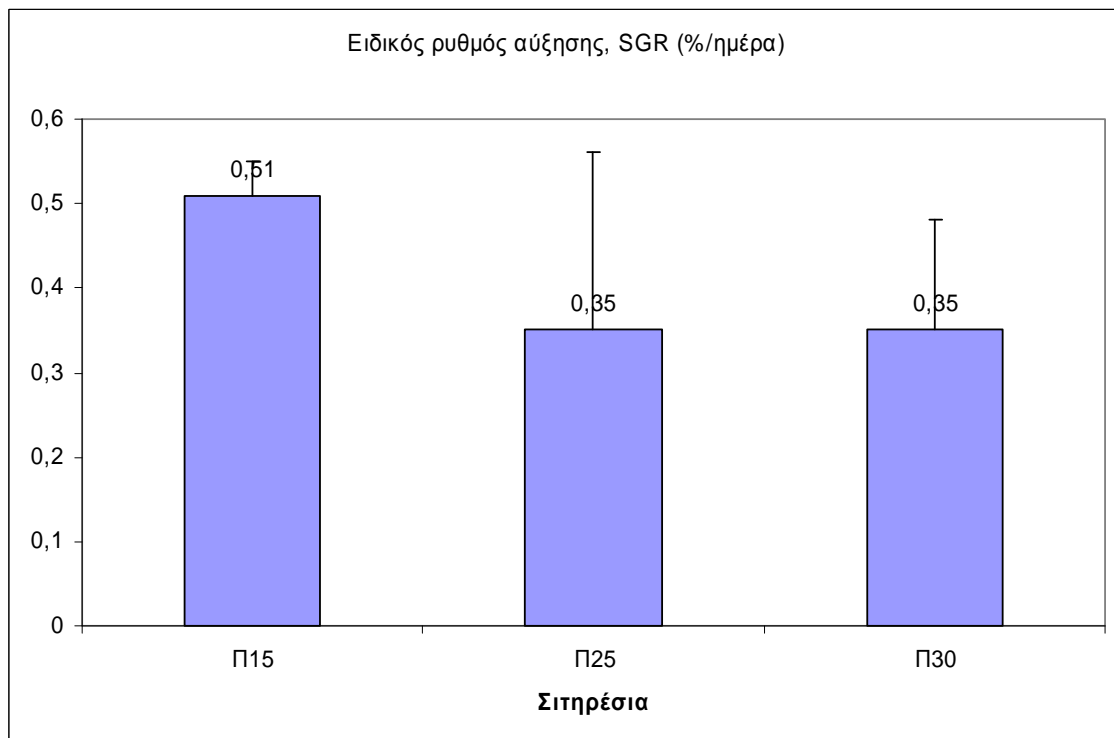
και τα ψάρια χρησιμοποίησαν περισσότερη μεταβολική ενέργεια για την απαμίνωση της περισσευούμενης πρωτεΐνης. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό στη διατροφή των ιχθύων (NRC, 1993) και αναφέρεται για διάφορα είδη όπως το χάνο (*Chanos chanos*, Jana *et al.* 2006), την τιλάπια του Νείλου (Oli *et al.* 2008) αλλά και για τα κεφαλοειδή (Paparaskeva-Papoutsoglou & Alexis 1986, Kalla *et al.* 2003).

Μία άλλη εξήγηση του γεγονότος πως τα ψάρια της ομάδας Π15 είχαν μεγαλύτερο, χωρίς ωστόσο να είναι και σημαντικό ($P>0,05$), σωματικό βάρος είναι πως η περίσσεια πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο δεν οδήγησε σε μυϊκή ανάπτυξη, αλλά μετατράπηκε σε μεταβολική ενέργεια που με τη σειρά της οδήγησε σε εναπόθεση σωματικού λίπους. Αυτό επιβεβαιώνεται από τις αναλύσεις της χημικής σύστασης των ψαριών, όπου διαφάνηκε μία αυξητική τάση στη συσσώρευση σωματικού λίπους με την αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης.



Σχήμα 1. Απόλυτη και ποσοστιαία (%) αύξηση βάρους των ψαριών στη διάρκεια του πειράματος.

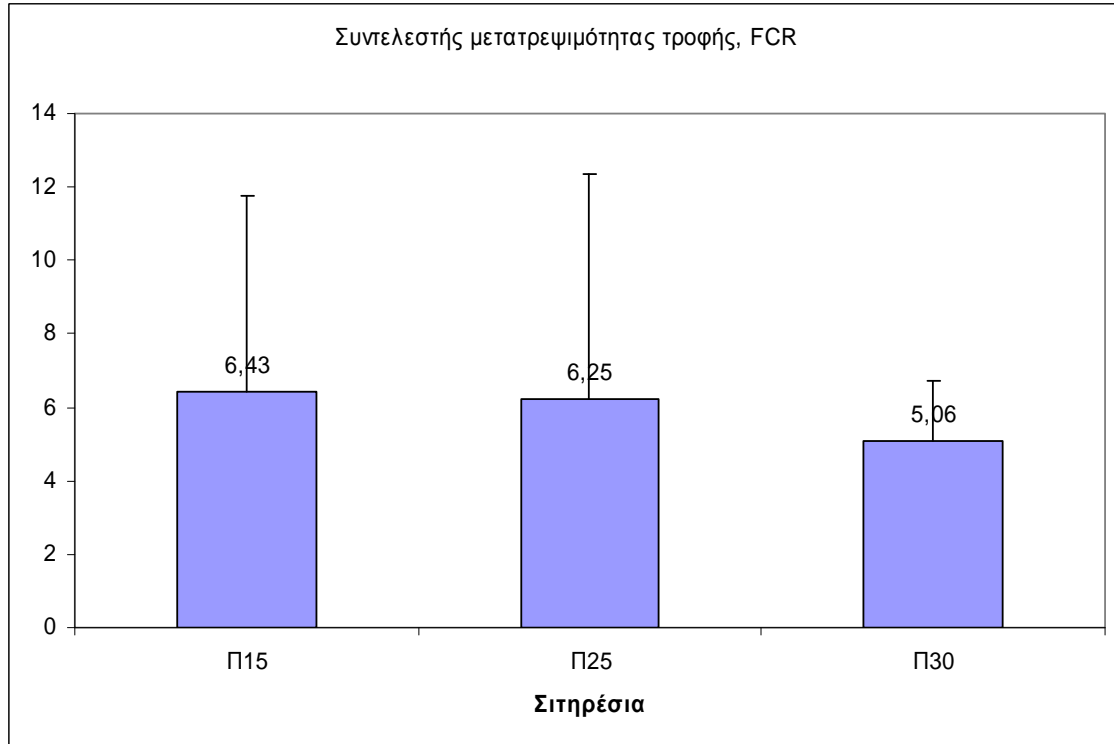
Περαιτέρω, παρατηρήθηκε ότι το σιτηρέσιο με το χαμηλότερο διαιτητικό επίπεδο πρωτεΐνης (Π15) απέδωσε την υψηλότερη τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) των ψαριών σε σύγκριση με τα άλλα σιτηρέσια (Σχήμα 2). Ωστόσο, η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι οι παραπάνω διαφορές μεταξύ των ομάδων που κατανάλωσαν τα τρία διαφορετικά σιτηρέσια είναι στατιστικά μη σημαντικές ($P>0,05$) και άρα η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο δεν οδήγησε σε αύξηση του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης. Οι Paparaskeva-Papoutsoglou & Alexis (1986) εκτρέφοντας ιχθύδια *M. cephalus* σε εργαστηριακές συνθήκες βρήκαν ότι ο ρυθμός ανάπτυξης αυξήθηκε με την αύξηση του διαιτητικού πρωτεϊνικού επιπέδου από 12% σε 24% και έπειτα είχε ελαφρά μειωτική τάση με την αύξηση του διαιτητικού πρωτεϊνικού επιπέδου από 25% σε 60%.



Σχήμα 2. Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών στη διάρκεια του πειράματος

Στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο που περιείχε το χαμηλότερο διαιτητικό επίπεδο της πρωτεΐνης (Π15) παρουσίασαν χαμηλότερη τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) σε σύγκριση με τις άλλες δυο ομάδες ψαριών (Σχήμα 3). Ωστόσο, η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι οι παραπάνω διαφορές είναι στατιστικά μη σημαντικές μεταξύ των ομάδων που κατανάλωσαν τα τρία διαφορετικά σιτηρέσια και άρα η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο δεν οδήγησε σε καλύτερη αξιοποίηση της τροφής. Βέβαια, όπως και στην ανάπτυξη, η υψηλή απόκλιση των τιμών μεταξύ των επαναλήψεων μπορεί να επισκιάσει πιθανές διαφορές. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής κυμάνθηκε από 6,43 έως 5,06 , δεικνύοντας μια αρκετά καλή αξιοποίηση των πειραματικών τροφών. Πρέπει να σημειωθεί πως τα ψάρια αφέθηκαν να έχουν πρόσβαση στη φυσική τροφή και αυτοί οι χαμηλοί συντελεστές μετατρεψιμότητας της τροφής καταδεικνύουν την ικανότητα του *L. aurata* να αξιοποιεί τη φυσική τροφή μειώνοντας έτσι την όρεξη του για πρόσληψη συμπληρωματικών σύνθετων τροφών. Οι συντελεστές FCR που βρέθηκαν στο παρόν πείραμα είναι παρόμοιοι με τις τιμές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για το *M. cephalus* όταν εκτράφηκε σε ενυδρεία με πλήρεις τεχνητές τροφές. Οι Luzzana *et al.* (2005) εκτρέφοντας νεαρά άτομα *M. cephalus* με σιτηρέσια που περιείχαν διαφορετική πηγή διαιτητικής πρωτεϊνικής ανέφεραν τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας που κυμάνθηκαν από 4,3 έως 4,9. Από την άλλη, οι Wassef *et al* (2001) εκτρέφοντας το *M. cephalus* σε χωμάτινες δεξαμενές και δοκιμάζοντας την καταλληλότητα ενός άλευρου από μικροφύκος στην ανάπτυξη του παρατήρησαν αρκετά μικρότερους συντελεστές FCR που κυμάνθηκαν από 1,6 έως 2,3. Επιπλέον οι Papaparaskeva-Papoutsoglou και Alexis (1985) εκτρέφοντας το είδος *M. capito* παρατήρησαν ότι οι τιμές του FCR

διακυμάνθηκαν από 1,89 για το σιτηρέσιο με το υψηλό επίπεδο πρωτεΐνης (60%) έως 4,47 για το χαμηλότερο (12%).



Σχήμα 3. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής των ψαριών στη διάρκεια του πειράματος.

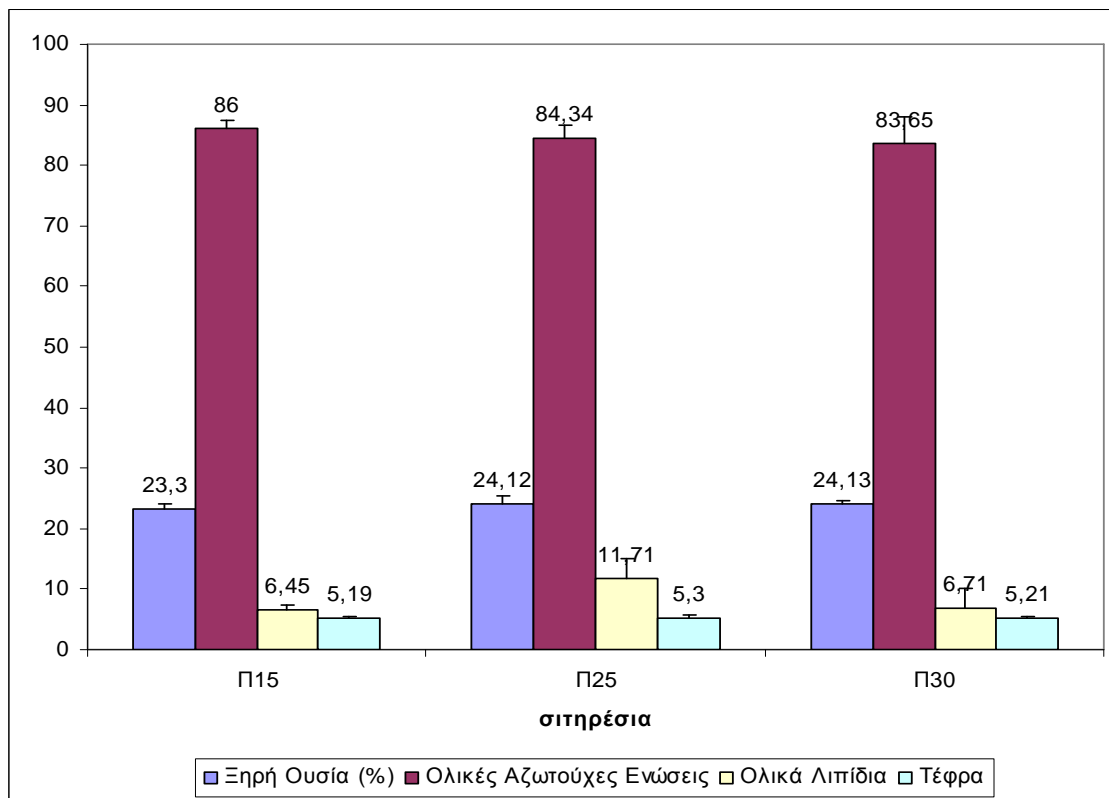
Από τα αποτελέσματα του πειράματος συμπεραίνεται ότι διαιτητικό πρωτεϊνικό επίπεδο 15% επί του σιτηρεσίου καλύπτει τις πρωτεϊνικές ανάγκες του είδους για συντήρηση του σωματικού βάρους και ότι υψηλότερα επίπεδα διαιτητικής πρωτεΐνης δεν οδηγούν σε σημαντική αύξηση του σωματικού βάρους σε ημιεντατικό σύστημα εκτροφής. Επίσης, το είδος φαίνεται ότι αξιοποιεί σε μεγάλο βαθμό τους διαιτητικούς υδατάνθρακες, καταδεικνύοντας τον παμφάγο διατροφικό του τύπο. Ωστόσο, η πρόσβαση των ψαριών στη φυσική τροφή πιθανώς να επισκίασε τις επιδράσεις των διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων, τόσο στην ανάπτυξη των ψαριών όσο και στην ίδια την πρόσληψη τροφής. Εξάλλου, δεδομένου ότι σκοπός του πειράματος δεν

ήταν η διερεύνηση των διαιτητικών πρωτεϊνικών απαιτήσεων του μυξιναριού, αλλά η επίδραση αυτών στην ανάπτυξη του σε φυσικές συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής, όπου η φυσική παραγωγικότητα του συστήματος εθελοντικά αξιοποιείται, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν τη δυνατότητα καλλιέργειας του συγκεκριμένου είδους σε ημιεντατικές συνθήκες εκτροφής με τροφές χαμηλού πρωτεϊνικού περιεχομένου, μικρή εξάρτηση από το ιχθυάλευρο και συνεπώς με χαμηλό κόστος και μικρές επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον. Τα παραπάνω μπορεί να έχουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη των καλλιεργειών του είδους και την αξιοποίησή του σε συστήματα αειφορικής ή και βιολογικής εκτροφής

Σχετικά με τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του μυξιναριού, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χημική σύσταση του μυξιναριού έμεινε ανεπηρέαστη από την αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης. Συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα των ολικών πρωτεϊνών στα ψάρια μεγέθους περίπου 100 g (τελικό σωματικό βάρος) κυμάνθηκε από 83,43 έως 86,00%, (Σχήμα 4) χωρίς να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Αυτό υποδηλώνει ότι το αυξανόμενο επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης από 15% σε 25% και 30% δεν επέφερε διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο μυϊκό ιστό του μυξιναριού.

Το ποσοστό λίπους στον μυϊκό ιστό του μυξιναριού βρέθηκε ότι ήταν 6,45%, 6,62% και 6,71%, για τις ομάδες Π15, Π25 και Π30, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε δηλαδή ότι, η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο επέφερε αναλογικά μικρές αυξήσεις στην περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε ολικά λιπίδια, αλλά αυτές υπήρξαν μη σημαντικές ($P > 0,05$). Πιθανόν, αυτές οι μικρές αυξήσεις στην περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε λιπίδια να αντικατοπτρίζουν τη μεταβολική οδό της περίσσειας της διαιτητικής πρωτεΐνης, η οποία δεν οδήγησε σε μυϊκή ανάπτυξη,

αλλά μετατράπηκε σε μεταβολική ενέργεια που με τη σειρά της οδήγησε σε μικρή εναπόθεση σωματικού λίπους.



Σχήμα 4. Χημικής σύστασης μυϊκού ιστού ιχθύων

Από τις μελέτες που έχουν διεξαχθή σε διάφορα είδη, τα αποτελέσματα της αύξησης της διαιτητικής πρωτεΐνης στη χημική σύσταση του σώματος των ψαριών είναι αντιφατικά. Οι Paparaskena-Papoutsoglou & Alexis (1986) δουλεύοντας με το *Mugil capito* παρατήρησαν ότι η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης οδήγησε σε αναλογικές αυξήσεις της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών στη σάρκα των ψαριών. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και σε άλλα είδη όπως στην τσιπούρα (Sabaut & Luquet 1973) και στην τιλάπια (Jauncey 1982), αλλά όχι στην ιριδίζουσα πέστροφα (Reinitz 1983). Οι συγγραφείς ανέφεραν πως οι αυξήσεις αυτές συμβαίνουν όταν τα ψάρια διατρέφονται με επίπεδα διαιτητικής πρωτεΐνης που είναι χαμηλότερα από τα άριστα

που επιφέρουν τη μέγιστη ανάπτυξη και ότι διατρέφοντας τα ψάρια με επίπεδα πέραν των άριστων η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε πρωτεΐνες παραμένει αμετάβλητη. Αυτό, πιθανώς, εξηγεί και τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όπου τα ψάρια έχοντας καλύψει τις πρωτεϊνικές τους ανάγκες για μέγιστη ανάπτυξη δεν εναποθέτουν την περίσσεια της πρωτεΐνης στο σώμα τους.

Επιπλέον, οι Ojaveer *et al.* (1996) σε διατροφικό πείραμα με το *Chelon labrosus*, ανέφεραν ότι οι συγκεντρώσεις του μυϊκού ιστού των ψαριών σε πρωτεΐνη δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο. Ωστόσο, η αύξηση του επιπέδου λίπους από 12% σε 24% στην τροφή οδήγησε σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα λίπους στο σώμα των ψαριών.

Ο Chervinski (1976) διατρέφοντας το είδος με σύμπηκτα που περιείχαν 25% πρωτεΐνη βρήκε πολύ χαμηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης (62%) σε παρόμοιου μεγέθους ψάρια (151,4 g), ενώ σε ψάρια μεγέθους 264 g και 388 g τα ποσοστά της πρωτεΐνης ήταν 66% επί της ξηρής ουσίας δείγματος. Επιπλέον, ο Chervinski (1976) για ψάρια παρόμοιου μεγέθους (151 g) παρατήρησε ότι τα ποσοστά λίπους είναι υψηλότερα (9,1%) από αυτά που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη. Ωστόσο, ο συγγραφέας δεν αναφέρει ποιό ήταν το επίπεδο των λιπιδίων στο σιτηρέσιο που χρησιμοποίησε, που πιθανώς να επηρέασε τη συγκέντρωση των λιπιδίων στο σώμα των μυξιναριών.

Τέλος, στο διατροφικό πείραμα των Argyropoulou *et al.* (1991) με το *Mugil cephalus*, η χημική ανάλυση των μυϊκών ιστών των ψαριών που διατράφηκαν με σιτηρέσια που διέφεραν ως προς το είδος του χορηγούμενου ελαίου έδειξε ότι το επίπεδο των ολικών αζωτούχων ενώσεων και των λιπιδίων ήταν παρόμοιο σε όλες τις διατροφικές μεταχειρίσεις.

Κεφάλαιο 3

5. Συμπεράσματα

Τα Mugilidae είναι κατάλληλα είδη για την αειφορική και βιολογική υδατοκαλλιέργεια, καθώς διατρέφονται χαμηλά στην τροφική αλυσίδα και μπορούν να εκτραφούν ημιεντατικά με χαμηλού κόστους τροφές. Συγκεκριμένα:

- Το *L. aurata* διατρεφόμενο με τεχνητές τροφές έδειξε σχετικά καλούς ρυθμούς ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής,
- Η σταδιακή αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης από 15% στο 30% δεν οδηγεί σε σημαντική αύξηση του σωματικού βάρους του *L. aurata*,
- Τροφές με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ακόμα και σε ποσοστό 15% μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά από το *L. aurata*,
- Η δυνατότητα αυτή παρουσιάζει πλεονεκτήματα χρησιμοποίησης του σε ημιεντατικά συστήματα εκτροφής διότι:
 - δεν απαιτεί υψηλά επίπεδα πρωτεϊνικών πηγών στο σιτηρέσιο του (π.χ. ιχθυάλευρα),
 - μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά με χαμηλού κόστους τροφές,
 - ενδεχόμενη μείωση των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον (π.χ. N),
 - δυνατότητα χρησιμοποίησης του σε συστήματα αειφορικής - βιολογικής υδατοκαλλιέργειας.

ABSTRACT

Liza aurata were reared in suspended cages in a lagoon and were fed 4 isoenergetic diets with increasing protein levels, 15%, 25%, and 30% for 20 weeks. There was an increasing trend in weight gain and specific growth rate with increasing dietary protein, but that was not significant. SGR and FCR values ranged from 0,35 to 0,51 %/day and from 5,06 to 6,43, respectively. Mugilidae are suitable species for sustainable aquaculture as they feed low on the food chain and can be cultured semi-intensively with low-cost complete diets.

Keywords: *Liza aurata*, golden grey mullet, Mugilidae, nutrition, dietary protein, valliculture

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- A. Ali, S. M. Al-Ogaily, N. A. Al-Asgah, J. S. Goddard and S. I. Ahmed (2008). Effect of feeding different protein to energy (P/ E) ratios on the growth performance and body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *J. Appl. Ichthyol.* 24, 31–37
- Almeida, P.R., Moreira, F., Costa, J.L., Assis, C.A and Costa, M.J. (1993). The feeding strategies of *Liza ramada* (Risso, 1826) in fresh and brackish water in River Tagus, Portugal. *Fish Biol.* 42: 95-107.
- AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA
- Ardizzone, G.D., Cataubella, S. and Rossi, R. (1988). *Management of coastal lagoon fisheries and aquaculture in Italy*. FAO Fisheries Technical Paper 293: 1-103.
- Argyropoulou V., N. Kalogeropoulos & M.N. Alexis, (1992). *Effect of dietary lipid on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (Mugil cephalus)*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 101A: 129-135.
- Arne, P. 1938 Contribution à l'étude de la biologie des muges du Golfe de Gascogne. *Rapp. P.-V. Réun. Int. Explor. Méditerran.* 11:77-115.
- Bauchot, M.L. (1987). Mugilidae. In *Fiches FAO d'Identification des Espèces pour les Besoins de la Pêche. (Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. Zone de Pêche* 37. Vol. II. (ed. M.L. Bauchot and M. Schneider), Vertebres: 1190-1194. FAO, Rome.

- Ben-Tuvia, A. (1986) Mugilidae. p. 1197-1204. In P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.) Fishes of the North-eastern Atlantic and Mediterranean. Volume 3. UNESCO, Paris.
- Ben-Tuvia, A. (1986). Mugilidae. In Fishes of North - Eastern Atlantic and the Mediteranean. Vol III (ed. P.J.P Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese), pp. 1197 – 1204. Unesco, Paris.
- Berg, L.S. (1965) Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. volume 3, 4th edition. Israel Program for Scientific Translations Ltd, Jerusalem..
- Berg, L.S. 1965 Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. volume 3, 4th edition. Israel Program for Scientific Translations Ltd, Jerusalem. (Russian version published 1949).
- Billard, R. (1997) Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces. Lausanne, Delachaux & Niestlé, 192p.
- Bograd, L. (1961). Identification of the grey mullets on the Israel Mediterranean coast. *Comm. Fish. Bull.*, 5: 22-24.
- Bougis, P. 1952 La croissance des poissons méditerranéens. *Vie Milieu Suppl.* 2:118-146.
- Breder, C.M. and D.E. Rosen (1966) Modes of reproduction in fishes. T.F.H. Publications, Neptune City, New Jersey. 941 p.
- Brusle, J. (1981). *Sexuality and biology of reproduction in grey mullets*. O. H. Oren (Ed.), IBP 26, Aquaculture of Grey Mulletts, Cambridge University Press: 99-154.

- Campillo, A. 1992 Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, France. 206 p.
- Cardona, L. (1996). Microalgae selection by mullet (*Mugil cephalus* and *Liza ramada*) in Israeli semi-intensive fish ponds. *Bamidgeh* 48 (3): 165 – 173.
- Cardona, L. (1996). Microalgae selection by mullet (*Mugil cephalus* and *Liza ramada*) in Israeli semi-intensive fish ponds. *Bamidgeh* 48 (3): 165 – 173.
- Cardona, L. and Castello, F. (1994). Relative importance of plankton and benthos as food sources for *Mugil cephalus* and *Liza ramada* in Israeli semi-intensive fish ponds. *Bamidgeh* 46 (4): 197-202.
- Chang, Y.J. and Hur, J.W. (1999). Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by rapid changes in salinity of rearing water. *Korean Fish. Soc.* 32(3): 310-316.
- Chervinski, J., 1975. Experimental raising of golden grey mullet (*Liza aurata* (Risso)) in saltwater ponds. *Aquaculture*, 5: 91-98.
- Chewinski, J., 1976. Growth of the golden grey mullet (*Liza aurata* (Risso)) in saltwater ponds during 1974. *Aquaculture*, 7: 51-57.
- Crosetti D. & S. Cataudella, (1995). *The mullets. Production of aquatic animals - Fishes*, Nash C.E & A.J. Novotny (Eds), Amsterdam, Elsevier, : 253-268.
- De Silva, S. (1980). Biology of juvenile grey mullet: A short review. *Aquaculture*, 19: 21-36.
- Demirkalp, F.P. (1992). The reproduction biology of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758) in Bafra lakes (Balikgolu-Uzungol). *Turk. J. Zool.* 16(3): 311-322.

- Drake, P., Arias, A.M. and Gallego, L. (1984). Biología de los Mugilidos (Osteichthyes, Mugilidae) en los esteros de la salinas de San Fernando (Cadiz). III. Hábitos alimentarios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. *Inv. Pesq.* 48(2): 337–367.
- Drake, P., Arias, A.M. and Gallego, L. (1984). Biología de los Mugilidos (Osteichthyes, Mugilidae) en los esteros de la salinas de San Fernando (Cadiz). III. Hábitos alimentarios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. *Inv. Pesq.* 48(2): 337–367.
- Ergene, S. (1999). Reproduction properties of *Mugil cephalus* L., 1758 live in Akgol-Paradeniz lagoon, Silifke. *Turk. J. Zool.* 23(2): 64-646.
- FAO. (2010). Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Saleh, M.A. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/en
- Gisbert E., L. Cardona & F. Castello, (1996). *Resource partitioning among planktivorous fish larvae and fry in a Mediterranean coastal lagoon*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 43: 723-735.
- H. Ojaveer, P C Morris, S J Davies & P Russell (1996). The response of thick-lipped grey mullet, *Chelon labrosus* (Risso), to diets of varied protein-to-energy ratio.
- Hardy, R.W. & Barrows, F.T. (2002) Diet formulation and manufacture In *Fish Nutrition* (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds.), 3rd edn, pp. 505-600. Academic Press, Elsevier Science, San Diego, California, USA.
- Harrison, I.J. (2003). Mugilidae. In *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes*. (ed. K. Carepentier). Western Central Atlantic. FAO, Rome.

- Harrison, I.J. (2003). Mugilidae. In *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes*. (ed. K. Carepentier). Western Central Atlantic. FAO, Rome.
- Hotos, G.N. and Vlahos, N. (1998). *Salinity tolerance of Mugil cephalus and Chelon labrosus* (Pisces: Mugilidae) fry in experimental conditions. *J. Aquac.* 167(3-4): 329-338.
- Ilkyaz, A.T., K. Firat, S. Saka and H.T. Kinagil 2006 Age, growth and sex ratio of golden grey mullet, *Liza aurata* (Risso, 1810) in Homa Lagoon (Izmir Bay, Aegean Sea). *Turk. J. Zool.* 30:279-284.
- Imsiridou, A., Minos, G., Katsares, V., Karaiskou, N. and Tsiora, A. (2007). Genetic identification and phylogenetic inferences in different Mugilidae species using 5S rDNA markers. *Aquac. Res.* 38: 1370-1379.
- J. E. Fischer, H. J. Kim and V. B. Cajipe (1987). Neutron-diffraction studies of BaC₆: *c*-axis compressibility, carbon-carbon bond length, and charge transfer Laboratory for Research on the Structure of Matter, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104
- J.H. (1999) *Biostatistical analysis*, Prentice-Hall International Editions, London, U.K.
- Jauncey, K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27: 43-54.
- Kalla A, Garg SK, Kaushik CP, Arasu ART, Dinodia GS (2003b) Effect of replacement of fish meal with processed soybean in *Mugil cephalus* (Linn) fry. *Indian J Fish* 50:504-518
- Katselis G., K. Koukou, E. Dimitriou & C. Koutsikopoulos, (2007). *Short-term seaward fish migration in the MessolonghieEtoliko lagoons (Western Greek coast) in*

- relation to climatic variables and the lunar cycle. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 571-582.
- Kuo, C.M., Shehadeh, Z. H. and Milisen, K. K. (1973). A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory reared larvae of the grey mullet, *Mugil cephalus* L. *Journal of Fish Biology*, 5: 459-470.
- Luzanna U., F. Valfre, M. Mangiarotti, C. Domeneghini, G. Radaelli, V.M. Moretti & M. Scolari, (2005). *Evaluation of different protein sources in fingerling grey mullet Mugil cephalus practical diets*. *Aquaculture International*, 13: 291-303.
- Maria N. Alexis and Eli Papaparaskeva-Papoutsoglou, (1985). Aminotransferase activity in the liver and white muscle of *Mugil capito* fed diets containing different levels of protein and carbohydrate.
- McDowell, J. J. (1988). Matching theory in natural human environments. *The Behavior Analyst*, 11, 95-108.
- NRC (National Research Council) (1993) Nutrient requirements of warmwater fishes. National Academy Press, Washington DC
- Papaparaskeva-Papoutsoglou E. & M.N. Alexis, (1986). Protein requirements of young grey mullet, *Mugil capito*. *Aquaculture*, 52: 105-115.
- Ravagnan G., 1992. Vallicoltura integrata. Edagricole, Bologna, 502 pp.
- Reinitz, G., 1983. Relative effect of age, diet and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 35: 19-27.
- S. N. Jana S. K. Garg U. K. Barman A. R. T. Arasu B. C. Patra (2006). Effect of varying dietary protein levels on growth and production of *Chanos chanos* (Forsskal) in inland saline groundwater: laboratory and field studies. *Aquacult Int* 14:479–498

- Sabaut, J.J. and Luquet, P., 1973. Nutritional requirements of the gilthead bream *Chrysophrys aurata*. *Mar. Biol.*, 18: 50-54.
- Sadek, S. and Mires, D. (2000). Capture of the wild finfish fry in Mediterranean coastal areas and possible impact on aquaculture development and marine genetic resources. *Israeli Journal of Aquaculture –Bamidgeh*, 52 (2): 77-88.
- Shapiro, J. (1998). Food of the thin-lipped grey mullet (*Liza ramada*) in Lake Kinneret. *Israel J. Bamidgeh* 50(1): 3-11.
- Thomson, J. M. (1954). The Mugilidae of Australia and adjacent seas. *Aust. J. Mar. Freshwater res.* 5 (1): 70-91.
- Thomson, J. M. (1966). The grey mullets. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 4: 301-355
- Thomson, J.M. (1981). Mugilidae. In *Fiches FAO d'Identification des Espèces pour Bessoins de la Pêche. Zones de Pêche 34, 47 (en partie) (Atlantique centre-est)*. (ed. W. Fischer, G. Bianchi and W.B. Scott). Ministère des Pêches et des Oceans, Ottawa.
- Thomson, J.M. (1990) Mugilidae. p. 855-859. In J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (eds.) Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 2.
- Torricelli, P., Tongiorgi, P. & Almansi, P. (1982). Migration of grey mullet fry into Anro River: Seasonal appearance, daily activity, and feeding rhythms. *Fisheries Research*, 1 (1981/1982): 219-234.
- Vasiliki Argyropoulou, Nick Kalogeropoulos and Maria N. Alexis (1991). Effect of dietary lipids on growth and tissue fatty acid composition of grey mullet (*Mugil cephalus*).

Zar, J.H. (1999) *Biostatistical analysis*, Prentice-Hall International Editions, London, U.K.

Zismann, L. (1981). *Means of identification of grey mullet fry for culture*. In O. H. Oren (ed.) *Aquaculture of grey mullets*. Cambridge University Press. pp. 17-63.

Ελληνική βιβλιογραφία

Έλλη Παρασκευά-Παπουτσόγλου και Μαρία Αλέξη (1985). Πειραματικά σιτηρέσια κεφάλων (*Mugil capito*) με πλήρη υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από φυτικά υποπροϊόντα.

Μίνος, Γ. (2004). Σημειώσεις Βιολογίας και Συστηματικής ιχθύων, τεύχος δεύτερο, Α. Τ. Ε. Ι. Θεσσαλονίκης, Τ.Α.Υ.

Μίνος, Γ. (2005). *Σημειώσεις Μαθήματος Βιολογία και Συστηματική Ιχθύων*. Τεύχος Δεύτερο. ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών. 116 σελ.

Νεοφύτου Χ. (2007). Βιολογία υδρόβιων σπονδυλωτών, Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2007.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

Kuliev, Z.M. and Ragimov, D.B. (2010). *Liza aurata* (Risso, 1810). <http://www.caspianenvironment.org/biodb/eng/fishes/Liza%20aurata/main.htm>. Πρόσβαση στις 1-9-2010.

www.aquamaps.org

www.eol.org

www.fao.org

www.googleearth.com

www.ittiofauna.org