

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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



Πηγή: www.fishbase.gr

Τσιάμης Γ. Βασίλειος

Βόλος 2010

**«Η επίδραση υψηλών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη του
μυξιναριού (*Liza aurata*, Risso 1810) σε συνθήκες εκτροφής 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) **Καραλάζος Βασίλειος**, Διδάσκων ΠΔ 407/80, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

**«Στην οικογένεια μου που μου έμαθε
να προσπαθώ για το καλύτερο»**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ όλους εκείνους τους ανθρώπους που ο καθένας με τον τρόπο του με βοήθησε να φέρω σε πέρας το πείραμα που περιγράφεται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Το προσωπικό του Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών, του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ, Ελληνικό, Αθήνα) για τη φιλοξενία και τη βοήθεια στην παρασκευή των πειραματικών σιτηρεσίων. Τον αλιευτικό συνεταιρισμό Μάνδρας Ν. Ξάνθης και ιδιαίτερα τον κ. Βασίλειο Τσιάρα για την άψογη φιλοξενία του, αλλά και την πολύτιμη προσωπική του δουλειά στην κατασκευή των ιχθυοκλωβών και στη σίτιση των ψαριών. Το εργοστάσιο ιχθυοτροφών BIOMAR ABEEI για την παραχώρηση των πρώτων υλών των πειραματικών σιτηρεσίων. Τον κτηνίατρο κ. Ιωάννη Θεοδώρου και την ΒΕ.ΣΖ-Φ του κ. Αχιλλέα Μανούρα για την προσφορά των προμιγμάτων (βιταμινών-ανόργανων στοιχείων). Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα. Ελένη Μεντέ, Μον. Επίκουρο Καθηγήτρια για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά της. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους Καθηγητή κ. Χρήστο Νεοφύτου για τις χρήσιμες συμβουλές του και την καθοδήγησή του καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας, όπως και τον κ. Βασίλειο Καραλάζο, διδάσκων Π.Δ. 407/80 για τη βοήθεια του σε όλη την διάρκεια του πειράματος και της συγγραφής της εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη, Λέκτορα για την πολύτιμη βοήθειά του, τις γνώσεις και τη διαρκή υποστήριξή που μου πρόσφερε από την πρώτη ημέρα διεξαγωγής του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου, μα πάνω από όλα φίλο μου, Νίκο Κουγιουμτζή για την αμέριστη συμπαράσταση και συνεργασία του στα πολλά προβλήματα που

αντιμετωπίσαμε κατά τη διάρκεια του κοινού πειράματος μας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Γιώργο και Παναγιώτα, και την αδερφή μου Κωνσταντίνα για τη δυνατότητα που μου πρόσφεραν να σπουδάσω στην τριτοβάθμια εκπαίδευση και για τη μεγάλη στήριξη που μου πρόσφεραν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Το διατροφικό πείραμα έλαβε χώρα στη λιμνοθάλασσα Λάφρα του νομού Ξάνθης από το Μάιο μέχρι το Νοέμβριο 2009. Νεαρά άτομα *Liza Aurata* εξαλιεύθηκαν από τη λιμνοθάλασσα και διανεμήθηκαν σε 9 πειραματικούς ιχθυοκλωβούς, διαστάσεων 2,5 x 2 x 1 m (μήκος x πλάτος x βάθος) και μάτι διχτυού 16 mm. Κατά τη διάρκεια του πειράματος τα ψάρια διατράφηκαν με τρία διαφορετικά σιτηρέσια (3 ιχθυοκλωβοί-επαναλήψεις ανά διατροφική μεταχείριση). Συγκεκριμένα, τα σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά και διέφεραν ως προς το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης, το οποίο ήταν 30%, 35% και 45% της τροφής για τα σιτηρέσια Π30, Π35 και Π45, αντίστοιχα. Τα σιτηρέσια παρασκευάστηκαν με τη μέθοδο της εξώθησης και περιείχαν ιχθυάλευρο, άλευρο σιταριού, άλευρο αραβοσίτου και ιχθυέλαιο, ενώ σε όλα συμπεριλήφθηκε πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων. Τα ψάρια σιτίζονταν καθημερινά σε φαινόμενο κορεσμό, μία φορά τις πρωινές ώρες. Η συνολική διάρκεια του διατροφικού πειράματος ήταν 20 εβδομάδες. Στο τέλος της πειραματικής περιόδου συλλέχθηκαν όλα τα ψάρια από κάθε κλωβό και θανατώθηκαν. Για κάθε ψάρι καταγράφηκε το σωματικό βάρος (σε g) και το ολικό μήκος σώματος (σε cm). Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόταν καταγραφή των θνησιμοτήτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σιτηρέσιο Π30 απέδωσε ποσοστό αύξησης βάρους $65,73 \pm 30,88\%$, ειδικό ρυθμό αύξησης (SGR) $0,35 \pm 0,13$ και συντελεστή μετατρεψιμότητας τροφής (FCR) $5,05 \pm 2,37$. Το σιτηρέσιο Π35 απέδωσε ποσοστό αύξησης βάρους $91,42 \pm 28,46\%$, ειδικό ρυθμό αύξησης (SGR) $0,46 \pm 0,11$, ενώ ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR) είναι $3,85 \pm 1,87$. Τέλος, το σιτηρέσιο Π45 απέδωσε $90,26 \pm 15,92\%$ ποσοστό αύξησης βάρους, $0,46 \pm 0,06$ και $3,17 \pm 0,41$ ειδικό ρυθμό αύξησης (SGR) και συντελεστή μετατρεψιμότητας τροφής (FCR), αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, το *L. aurata* διατρεφόμενο με τεχνητές τροφές έδειξε καλούς ρυθμούς ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής. 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 διατροφικό πείραμα διεξήχθη παράλληλα με το πείραμα του προπτυχιακού φοιτητή Νίκου Κουγιουμτζή, κατά το οποίο εξετάστηκε η επίδραση των χαμηλών πρωτεϊνικών σιτηρεσίων στο *L. aurata* (15%, 25% και 30%). Προκαταρκτικά αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ανακοινώθηκαν στο 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιθυολόγων, Πειραιάς, Μάιος 2010.

Λέξεις κλειδιά: *Liza aurata*, golden grey mullet, Mugilidae, διατροφή, διαιτητική πρωτεΐνη, υδατοκαλλιέργειες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.1. | Βιολογικά χαρακτηριστικά του <i>Liza aurata</i> | 1 |
| 1.2. | Εκτροφή του είδους <i>Liza aurata</i> και της οικογένειας <i>Mugilidae</i> | 6 |
| 1.3. | Διατροφή του είδους σε συνθήκες εκτροφής..... | 8 |
| 1.4. | Σκοπός της έρευνας..... | 10 |
| 2. | Υλικά και μέθοδοι | 11 |
| 2.1. | Συλλογή πειραματόζωων..... | 11 |
| 2.2. | Σύστημα εκτροφής..... | 14 |
| 2.3. | Πειραματικά σιτηρέσια | 19 |
| 2.4. | Δειγματοληψίες | 23 |
| 2.5. | Χημικές αναλύσεις | 24 |
| 2.5.1. | Προσδιορισμός ξηρής ουσίας | 24 |
| 2.5.2. | Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων..... | 25 |
| 2.5.3. | Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων | 27 |
| 2.5.4. | Προσδιορισμός τέφρας..... | 28 |
| 2.6. | Παράμετροι αύξησης και αξιοποίησης της τροφής..... | 29 |
| 2.6.1. | Αύξηση ολικού βάρους ψαριών..... | 29 |
| 2.6.2. | Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους..... | 29 |
| 2.6.3. | Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.4. Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής | 30 |
| 2.7. Στατιστική ανάλυση | 30 |
| 3. Αποτελέσματα..... | 31 |
| 3.1 Παράμετροι αύξησης | 31 |
| 3.2 Χημική σύσταση μυϊκού ιστού μύξινου | 35 |
| 3.1.1. Ξηρή ουσία (%) | 35 |
| 3.1.2. Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια..... | 35 |
| 3.1.3. Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις..... | 35 |
| 4. Συζήτηση..... | 37 |
| 5. Συμπεράσματα..... | 45 |
| ABSTRACT | 46 |
| BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 47 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Εισαγωγή

1.1. Βιολογικά χαρακτηριστικά του *Liza aurata*

Το μυξινάρι (*Liza aurata* Risso, 1810) (Εικ.1.1) ανήκει στην οικογένεια των Mugilidae. Η οικογένεια των κεφαλοειδών (Mugilidae) περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό ειδών, όπως τα *Liza aurata*, *Mugil cephalus*, *Chelon labrosus*, *Liza ramada*, *Mugil saliens*, *Oedalechilus labeo* κ.λπ., τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση. Τα είδη αυτά διαβιούν από την τροπική έως και την εύκρατη ζώνη σε 42° Νότιο-42° βόρειο γεωγραφικό πλάτος (Thomson 1966, McDowall 1988) (Εικ.1.2). Πρόκειται για ευρύθερμα (3-30 °C) και ευρύαλα (0-40 ‰) είδη (Oren 1981) που ζουν ομαδικά. Ορισμένα παρουσιάζουν κατάδρομη ή διάδρομη συμπεριφορά εισερχόμενα σε ποτάμια και λιμνοθάλασσες, όπου διαβιούν και αναπτύσσονται, ενώ μεταναστεύουν στην ανοιχτή θάλασσα για αναπαραγωγή (De Silva 1980, Toriccelli *et al.* 1982, McDowall 1988).



Εικόνα 1.1: Το μυξινάρι (*Liza aurata*). Πηγή: www.fishbase.gr



Εικόνα1.2:Γεωγραφική κατανομή του μύξινιου (*Liza aurata*). Πηγή: <http://www.aquamaps.org/receive.php>

Τα ψάρια της οικογένειας των κεφαλοειδών (Mugilidae) είναι Ακτινοπτερύγιοι τελεόστεοι ιχθύες και ανήκουν στην τάξη των Περκόμορφων. Η συστηματική κατάταξη της οικογένειας των κεφαλοειδών έχει ως εξής:

Ομοταξία: *Osteichthyes*

Υφομοταξία: *Acanthopterygii*

Υπέρταξη: *Teleostei*

Τάξη: *Perciformes*

Υπόταξη: *Mugiloidei*

Οικογένεια: *Mugilidae*

Υπάρχουν περίπου 282 πιθανά είδη κεφαλοειδών (Mugilidae) από τα οποία ο Thomson (1964, 1966, 1981) αναγνωρίζει τα 64, που ανήκουν σε 14 γένη. Στην Ελλάδα απαντώνται 4 γένη και 7 είδη (Fischer *et al.* 1987, Μίνος 2005):

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

Από τα παραπάνω ο γρέτζος και πιθανόν ο σαζανοκέφαλος, δεν εισέρχονται σε λιμνοθάλασσες ή ποτάμια (Bograd 1961, Ben-Tuvia 1986, Μίνος 2005).

Το σώμα τους είναι ατρακτοειδές και καλύπτεται από μεγάλα κυκλοειδή ή κτενοειδή λέπια. Το κεφάλι τους είναι μεγάλο και πλατύ από πάνω, με κοντό και αμβλύ ρύγχος, με στόμα μικρό και με χοντρά χείλη, λίγο κυρτό και σχισμένο στα πλάγια. Ακόμα το μπροστινό μέρος του κεφαλιού τους (ρύγχος) είναι χοντρό και το άνω χείλος έχει μία σχισμή. Φέρουν δύο ραχιαία πτερύγια απομακρυσμένα το ένα από το άλλο, από τα οποία το πρώτο έχει 4 σκληρές ακτίνες, ενώ το δεύτερο μαλακές. Έχουν χρώμα γκρι-ασημί, με ραβδώσεις κατά μήκος του σώματος και ανοιχτόχρωμη κοιλιά.

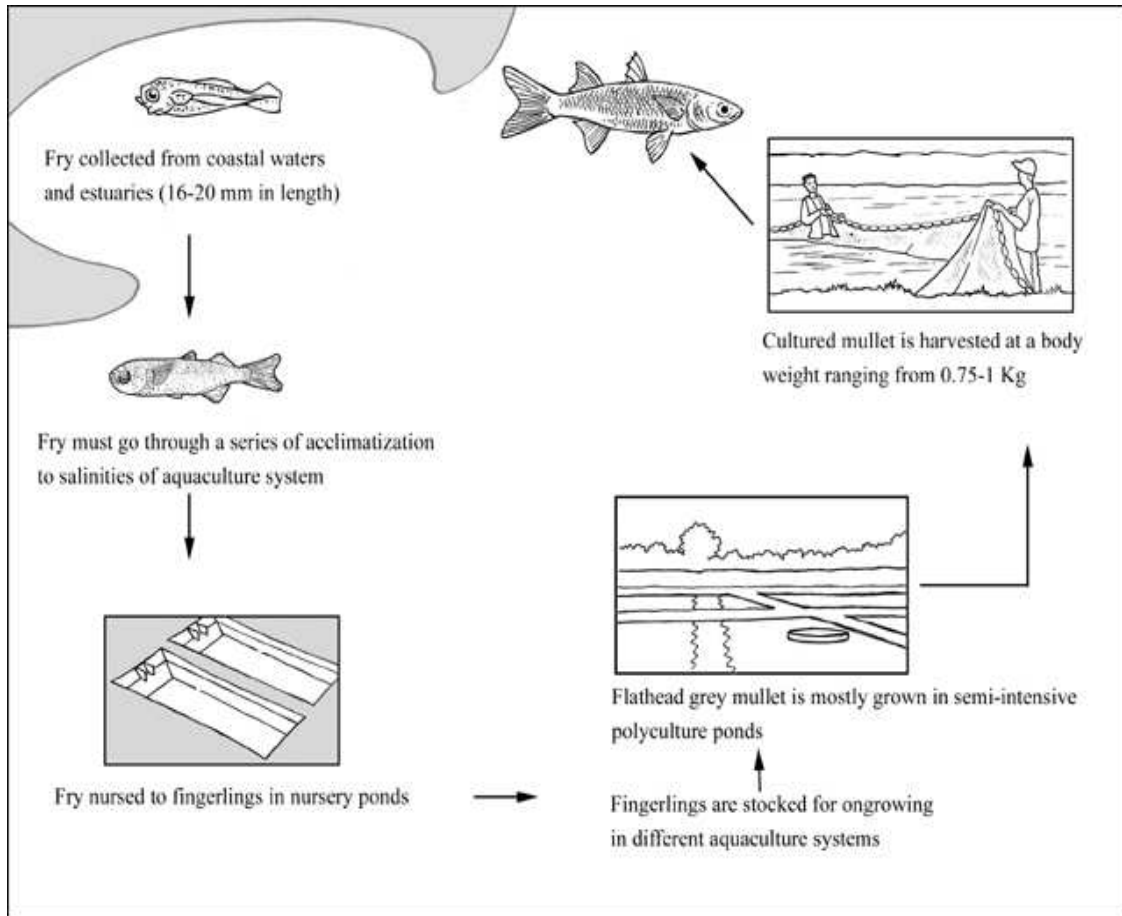
Ειδικότερα το σώμα του *L. aurata* είναι επίμηκες, με μεγάλο κεφάλι. Το μήκος του στόματός του εκτείνεται πίσω από τα ρουθούνια και το άνω χείλος είναι λεπτό.

Φέρει διαφανή μεμβράνη η οποία καλύπτει ελάχιστα το μάτι (Νεοφύτου 2007). Φέρει δύο ραχιαία πτερύγια με το πρώτο να έχει 4 σκληρές ακτίνες και το δεύτερο μία σκληρή και 7-9 μαλακές ακτίνες, ενώ το ουραίο του φέρει 3 σκληρές και 8-9 μαλακές άκανθες (Muus και Nielsen 1999). Φέρει λέπια στην πλάτη τα οποία εκτείνονται μέχρι το πίσω ζεύγος των ρουθουνιών (Νεοφύτου 2007). Το μέγιστο μήκος του φτάνει τα 59 cm (Berg 1965). Ο χρωματισμός του μυξιναριού στην πλάτη είναι γκρίζος-μπλε, ενώ στις πλευρές και στην κοιλιά ανοιχτόχρωμος ή ασημί. Πάνω στο βραγχιόκαλυμμα φέρει μια χρυσή κηλίδα με ευδιάκριτα όρια, ενώ απουσιάζει από τη βάση των πλευρικών πτερυγίων (Νεοφύτου 2007).

Τα είδη της οικογένειας Mugilidae ζουν σε μικρές ομάδες κοντά στον πυθμένα και τρέφονται με ασπόνδυλους οργανισμούς, οργανικές ουσίες που βρίσκονται στη λάσπη καθώς και φύκη που φύονται σε βράχους, τοιχώματα λιμανιών και σε αγωγούς (Μίνος 2004). Στο φυσικό του περιβάλλον το *L. aurata* τρέφεται με μικρούς βενθικούς οργανισμούς, νεκρή οργανική ύλη και ενίοτε με έντομα και πλαγκτόν (Ben-Tuvia 1986).

Το *L. aurata* είναι είδος πελαγικό και ζει σε παράκτιες περιοχές έως και 10 μέτρα βάθος, σε λιμνοθάλασσες και σε υφάλμυρα νερά, ενώ σπάνια συναντάται σε γλυκά νερά (Thomson 1986, 1990, Νεοφύτου 2007). Προτιμά τους βραχώδεις βυθούς και το καλοκαίρι μεταναστεύει σε πιο κρύα νερά.. Το εύρος θερμοκρασιών που ζει και αναπτύσσεται ιδανικά το *L. aurata* είναι 13-19 °C (Arne 1938, Bougis 1952). Το είδος είναι ευρέως διαδεδομένο στον ανατολικό Ατλαντικό, από τη Σκωτία έως το Πράσινο Ακρωτήριο, αλλά και στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα. Το είδος συναντάται, επίσης, στα παράκτια ύδατα από τη νότια Νορβηγία μέχρι το Μαρόκο, ενώ σπάνια συναντάται και στα ανοικτά της Μαυριτανίας (Thomson 1986).

Τα κεφαλοειδή χαρακτηρίζονται, ως διάδρομα ψάρια (εκτός από κάποιες εξαιρέσεις), από το γεγονός ότι πραγματοποιούν μετακινήσεις μεταξύ της θάλασσας, υφάλμυρων και γλυκών νερών σε αναζήτηση διαφορετικών θέσεων τροφικών και αναπαραγωγικών πεδίων. Η κατάταξή τους δε 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 (Εικ.1.3). Η αναπαραγωγή του *L. aurata* λαμβάνει χώρα την περίοδο Ιουλίου-Νοεμβρίου απελευθερώνοντας πελαγικά αυγά (Νεοφύτου 2007, Breder και Rosen 1966). Τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν όταν έχουν ολικό μήκος 27 cm, ενώ τα θηλυκά μήκος 34 cm (Campillo 1992). Ο ελάχιστος χρόνος για διπλασιασμό του πληθυσμού είναι 1,4 - 4,4 χρόνια ($K=0.14-0.34$) (Pkyaz *et al.* 2006). Η μέγιστη ηλικία του είδους είναι 14,3 χρόνια.



Εικόνα 1.3: Κύκλος αναπαραγωγής των Mugilidae. Πηγή: (FAO 2010).

1.2. Εκτροφή του είδους *Liza aurata* και της οικογένειας Mugilidae

Η εκτροφή των διαφόρων ειδών της οικογένειας αυτής, αποτελεί μία από τις αρχαιότερες προσπάθειες του ανθρώπου για εκτροφή ιχθύων και σήμερα αυτή εφαρμόζεται παραδοσιακά σε διάφορες χώρες, κυρίως του Ινδικού και Ειρηνικού Ωκεανού, αλλά και στη Μεσόγειο θάλασσα (Ravagnan 1992, Crosetti & Cataudella 1995). Τα είδη της οικογένειας Mugilidae διαθέτουν αρκετά 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. Τα παμφάγα αυτά είδη 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. Ακόμα, το *L. aurata* μπορεί να μεταποιηθεί σε καπνιστά προϊόντα υψηλής διατροφικής και εμπορικής αξίας, στοιχείο που ενισχύει τη σημασία του ως εκτρεφόμενο είδος.

Τα είδη της οικογένειας Mugilidae λόγω της συνήθειάς τους να μετακινούνται και να παραμένουν στις λιμνοθάλασσες και στα παράκτια νερά αποτέλεσαν από νωρίς αντικείμενο μελέτης και ενδιαφέροντος του ανθρώπου. Λέγεται δε ότι μεταξύ των πρώτων ειδών που καλλιεργήθηκαν, πιθανώς ήταν και τα κεφαλοειδή, ενώ σήμερα η εκτροφή τους γίνεται σε μεγάλη κλίμακα.

Η συνολική παγκόσμια ιχθυοκαλλιεργητική παραγωγή το 2008 έφτασε τους 221.000 t (χρηματικής αξίας 648 εκ. αμερικανικών δολαρίων) έχοντας τριπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία, λόγω της αυξημένης παραγωγής στην Αίγυπτο που αποτελεί την κύρια παραγωγό χώρα παγκοσμίως (FAO 2010). Μεσογειακές χώρες, όπως η Ιταλία και το Ισραήλ, αποτελούν επίσης σημαντικούς παραγωγείς. Η τεχνητή αναπαραγωγή του γόνου κεφαλοειδών, εφαρμόζεται από τη δεκαετία του 1970 (Kuo *et al.* 1973), αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό του γόνου για τις ιχθυοκαλλιέργειες τις Μεσογείου ακόμα προέρχεται από τα άγρια αποθέματα. Μόνο στην Αίγυπτο περίπου ένα τρισεκατομμύριο ιχθυδίων άγριου γόνου κεφαλοειδών (ολικό μήκος περίπου 20-35 mm) συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας για να τροφοδοτήσουν τις ιχθυοκαλλιέργειες σε θαλασσινά, υφάλμυρα και εσωτερικά νερά (Sadek και Mires 2000). Ο γόνος κεφαλοειδών με ολικό μήκος τα 20-35 mm είναι ο στόχος των ιχθυοκαλλιεργητών για απόθεμα, γιατί τα άτομα σχηματίζουν μεγάλα κοπάδια κοντά στην ακτή και έτσι είναι πιο εύκολο να συλληφθούν (Brusle 1981, Zismann 1981).

Η μελλοντική επέκταση της ιχθυοκαλλιεργητικής παραγωγής των ειδών της οικογένειας Mugilidae περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα των αποθεμάτων άγριου γόνου. Στις χώρες αυτές, που η εκτροφή των κεφαλοειδών στηρίζεται στη συλλογή άγριου γόνου, προκύπτουν και σημαντικά κοινωνικά προβλήματα από τον ανταγωνισμό για τους πόρους μεταξύ των ιχθυοκαλλιεργητών και των αλιέων (FAO 2010). 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).

Τα Mugilidae μπορούν να αποδώσουν πολύ σημαντική παραγωγή σε σύστημα πολύ-καλλιέργειας, όπου συνυπάρχουν εύκολα με άλλα είδη, όπως ο χορτοφάγος κυπρίνος (*Ctenopharyngodon idella*) και η Τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*). Στην περίπτωση της πολύ-καλλιέργειας, τα διαφορετικά είδη διατρέφονται με διαφορετικά είδη φυσικής τροφής και εκμεταλλεύονται έτσι στο μέγιστο βαθμό τη διαθεσιμότητα του τροφικού πλέγματος. Παράλληλα, στα πολυκαλλιεργητικά συστήματα των Mugilidae μπορεί να χορηγηθούν και εξωγενείς συμπληρωματικές τροφές, αλλά και προπαρασκευασμένα σύμπληκτα του εμπορίου (FAO 2010).

1.3. Διατροφή του είδους σε συνθήκες εκτροφής

Οι ιχθύες της οικογένειας των Mugilidae καλλιεργούνται με επιτυχία σε δεξαμενές ημιεντατικής εκτροφής, αλλά και σε κλωβούς σε ρηχά παράκτια ύδατα. Στη

μονοκαλλιέργεια των Mugilidae, η οποία τις περισσότερες φορές έχει ημιεντατικό χαρακτήρα, τα ψάρια τρέφονται κυρίως με φυσική τροφή, αλλά και με εξωγενείς συμπληρωματικές τροφές να καλύψουν τις διατροφικές ανάγκες τους, όπως υποπροϊόντα σιτηρών και ρυζιού. Σε μια εντατική εκτροφή Mugilidae, δηλαδή σε μια εκτροφή όπου στα ψάρια παρέχεται εξωγενώς όλη η απαιτούμενη τροφή για να καλύψουν τις διατροφικές τους ανάγκες, η πελλετοποιημένη ιχθυοτροφή παρασκευάζεται σύμφωνα με τις διατροφικές ανάγκες άλλων ειδών, όπως της τιλάπιας και του κυπρίνου. Αυτό γίνεται γιατί οι γνώσεις μας για τις διατροφικές απαιτήσεις των Mugilidae είναι περιορισμένες (FAO 2010).

Σήμερα η εκτροφή των κεφαλοειδών γίνεται σε μεγάλη κλίμακα, κυρίως σε εκτατικής μορφής καλλιέργειες (Εικ.1.5), που στην Ελλάδα αντιπροσωπεύουν το 50% της αλιευτικής παραγωγής των λιμνοθαλασσών. Τα τελευταία χρόνια αρχίζει και στην Ελλάδα να υπάρχει ενδιαφέρον για την εντατική εκτροφή των 10 κεφαλοειδών και τον εμπλουτισμό λιμνών και λιμνοθαλασσών, ενώ η εκτροφή των κεφαλοειδών στη χώρα μας στηρίζεται σε άγριο γόνο (Imsiridou 2007).



Εικόνα1.5. Κύριες χώρες εκτροφής κεφαλοειδών. Πηγή: (FAO Fishery Statistics, 2002)

Δυστυχώς, λίγα είναι γνωστά σχετικά με τις θρεπτικές απαιτήσεις των ειδών αυτών σε συνθήκες εκτροφής. Συγκεκριμένα, λιγοστές 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).

1.4. Σκοπός της έρευνας

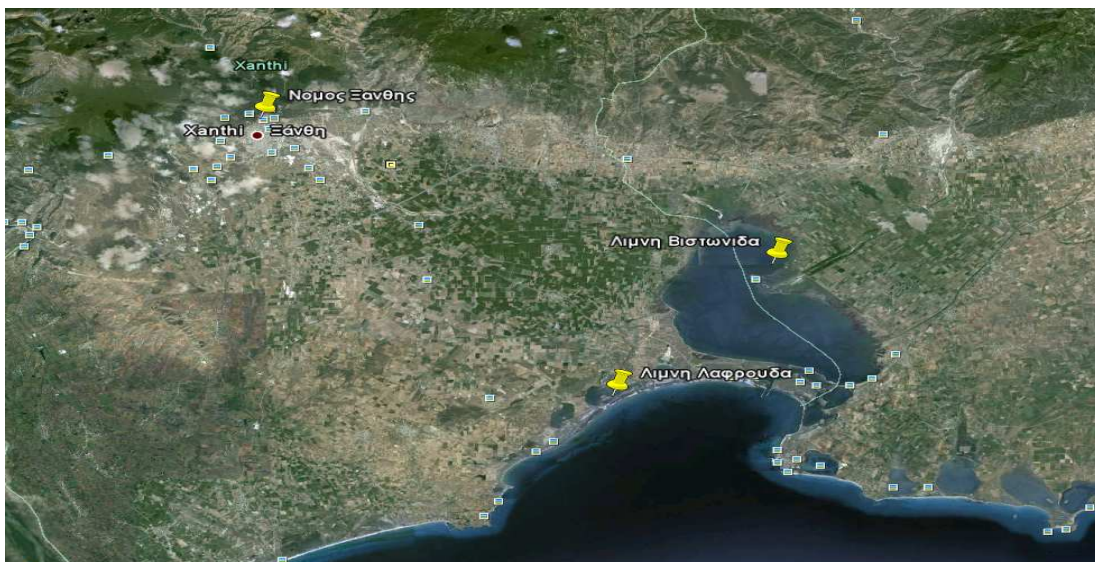
Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού του μυξιναριού (*L. aurata*) σε συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Για το σκοπό αυτό, διενεργήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 6 μηνών κατά το οποίο τα άτομα του είδους διατράφηκαν με τρεις διαφορετικές πειραματικές τροφές με τη μορφή συμπήκτων που περιείχαν κλιμακούμενα, υψηλά ποσοστά πρωτεΐνης (30%, 35% και 45% της ιχθυοτροφής, αντίστοιχα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

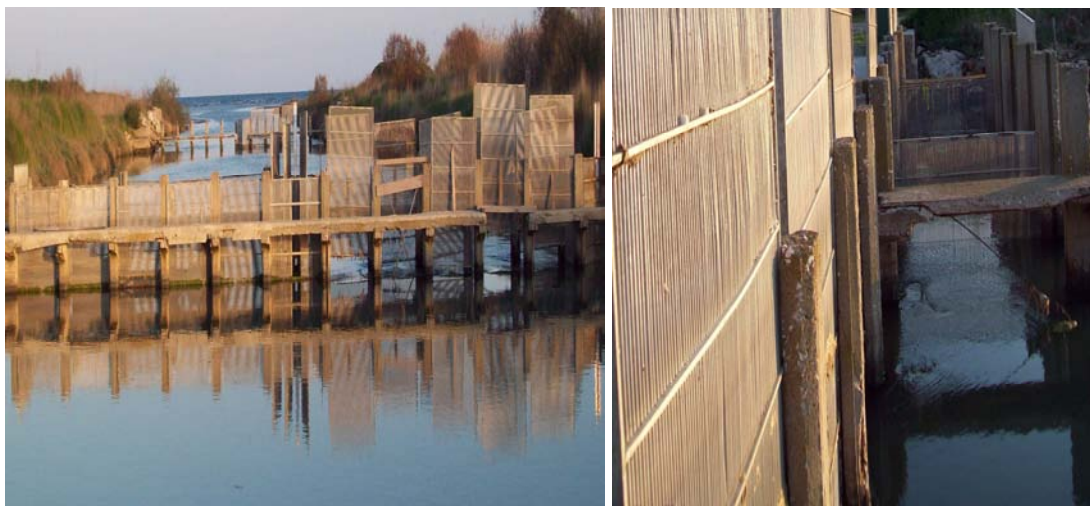
2. Υλικά και μέθοδοι

2.1. Συλλογή πειραματόζωων

Για τις ανάγκες του διατροφικού πειράματος, που έλαβε χώρα στη λιμνοθάλασσα Λάφρα του νομού Ξάνθης (Εικ.2.1) από το Μάιο μέχρι και τον Νοέμβριο του 2009 αλιεύθηκαν 270 νεαρά άτομα *L. aurata* από τη λιμνοθάλασσα. Συγκεκριμένα, τα ψάρια συγκεντρώθηκαν, με τη βοήθεια των παλιρροιακών ρευμάτων όπου τα ψάρια κολυμπούν ανάποδα στη φορά του νερού, στο κανάλι που συνδέει τη λιμνοθάλασσα με τη θάλασσα. Στο κανάλι συγκεντρώθηκε μεγάλος αριθμός ψαριών διαφόρων ειδών. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια απόχης και με προσεκτικές κινήσεις για την αποφυγή τραυματισμών, συλλέχθηκαν και διαλέχθηκαν νεαρά άτομα του είδους *L. aurata* (Εικ.2.2).



Εικόνα 2.1: Τοποθεσία της λίμνης Λάφρας από δορυφόρο. Πηγή: www.googleearth.com



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

Αμέσως μετά την εξαλίευση τα ψάρια αναισθητοποιήθηκαν (αναισθητικό MS-222, 99,5% Pure Tricaine Methanesulfonate) προκειμένου να γίνει η ταυτοποίησή τους, οι μετρήσεις των σωματομετρικών χαρακτηριστικών και τελικά η διαλογή και κατανομή στους κλωβούς, δεδομένης της ευαισθησίας του είδους στους χειρισμούς. Σε όλα τα στάδια της παραπάνω διαδικασίας, η μεταφορά των ψαριών έγινε σε φορητές πλαστικές δεξαμενές (30 l) με νερό από το φυσικό τους περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, μετρήθηκε το αρχικό βάρος και το ολικό μήκος όλων των ατόμων, χρησιμοποιώντας ειδικό ηλεκτρονικό ζυγό (Εικ.2.3) ακρίβειας δύο δεκαδικών ψηφίων, και ιχθυόμετρο (Εικ.2.4) σε ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου αντίστοιχα.

Κατά τη διαλογή τα άτομα *L. aurata* που επιλέχθηκαν ήταν μέσου σωματικού βάρους $44,8 \pm 3,2\text{g}$ (μέσο βάρος \pm τυπική απόκλιση).

Τα ψάρια αφέθηκαν να εγκλιματιστούν στις συνθήκες εκτροφής αλλά και στην τεχνητή τροφή για 50 ημέρες. Λόγω τεχνικού σφάλματος στην κατασκευή 2 κλωβών (Π30β και Π45γ) υπήρξε διαφυγή όλων των ψαριών των συγκεκριμένων κλωβών. Για

την πλήρωση των κλωβών αυτών, μετά το πέρας της περιόδου εγκλιματισμού, αλιεύθηκαν άτομα από τους υπόλοιπους ιχθυοκλωβούς και μεταφέρθηκαν στους άδειους κλωβούς. Με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιήθηκαν άτομα του ίδιου αρχικού πληθυσμού και ο συνολικός αριθμός των ψαριών σε κάθε κλωβό κυμάνθηκε από 32 έως 43 ψάρια. Για τη διαδικασία αυτή τα ψάρια που αλιεύθηκαν ζυγίστηκαν και μετρήθηκαν όπως περιγράφηκε παραπάνω και εκτιμήθηκε εκ νέου ο πληθυσμός και το μέσο βάρος σε κάθε κλωβό. Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την έναρξη της σίτισής τους (αρχικό βάρος) ήταν $51,1 \pm 5,2$ g, το μέσο ολικό μήκος $18,7 \pm 0,6$ cm (αρχικό μήκος) και ο μέσος συντελεστής ευρωστίας ήταν 0,78.

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.



Εικόνα 2.3: Ηλεκτρονικός ζυγός

Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα



Εικόνα 2.4: Ιχθυόμετρο

Στα κλούβια Π30α, Π30β και Π30γ τα ψάρια τράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30 (δηλαδή με πρωτεΐνη 30%), στα κλουβιά Π35α, Π35β και Π35γ τα ψάρια τράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 (35% πρωτεΐνη) και τέλος στα κλούβια Π45α, Π45β και Π45γ τα

ψάρια τράφηκαν με το σιτηρέσιο Π45 (45% πρωτεΐνη). Για κάθε σιτηρέσιο έγιναν 3 επαναλήψεις (α, β, γ για κάθε σιτηρέσιο αντίστοιχα).

2.2. Σύστημα εκτροφής

Μετά τη διαλογή, τα ψάρια μεταφέρθηκαν και τοποθετήθηκαν σε εννέα (9) ιχθυοκλωβούς (Εικ2.5) με τη βοήθεια φορητών πλαστικών δεξαμενών. Οι ιχθυοκλωβοί που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος, κατασκευάστηκαν από την ερευνητική ομάδα, στην οποία συμμετείχε και ο συγγραφέας. Συγκεκριμένα οι κλωβοί ήταν διαστάσεων 2,5 x 2 x 1 m (μήκος x πλάτος x βάθος), με μάτι διχτυού 16 mm (Εικ2.5).



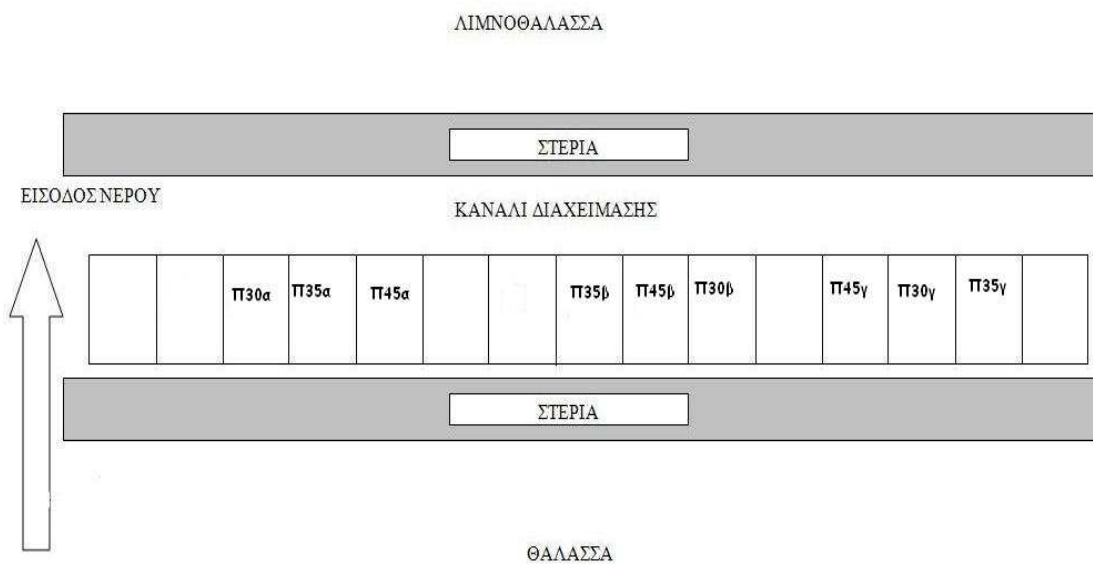
Εικόνα2.5: Ολοκληρωμένο σύστημα ιχθυοκλωβών. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.



Εικόνα2.6: Ολοκληρωμένοι ιχθυοκλωβοί. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

Οι ιχθυοκλωβοί τοποθετήθηκαν παράρθια της λιμνοθάλασσας και σε σημείο που το βάθος δεν ξεπερνούσε το 1,5m (Σχ.1) (Εικ.2.7). Αρχικά, κατασκευάστηκε ο εξωτερικός διχτυωτός σκελετός του συστήματος των κλουβιών ο οποίος στη συνέχεια χωρίστηκε με δίχτυ (μάτι διχτύου 16mm) σε 9 διαφορετικά διαμερίσματα. Ο σκελετός κατασκευάστηκε με χοντρές σιδερένιες ράβδους, μήκους 4m, οι οποίες βυθίστηκαν στον πυθμένα της λιμνοθάλασσας, προκειμένου να δώσουν στους ιχθυοκλωβούς σταθερότητα και ασφάλεια (Εικ.2.8). Το δίχτυ δέθηκε σφιχτά στον σκελετό, ώστε να μην υπάρχει τρόπος διαφυγής των ψαριών. Για τον ίδιο λόγο, δέθηκε αλυσίδα στην κάτω μεριά των διχτύων, έτσι ώστε με το βάρος της να μην επιτρέπει στο δίχτυ να σηκωθεί (Εικ.2.9). Με αυτόν τον τρόπο αποφεύχθηκαν πιθανές διαφυγές ή και εισαγωγές ψαριών προς και από τη λιμνοθάλασσα αντίστοιχα, όπως επίσης και πιθανές μετακινήσεις των ψαριών από κλουβί σε κλουβί.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΩΝ



Σχήμα1: Σχηματική απεικόνιση του συστήματος των ιχθυοκλωβών.



Εικόνα 2.7: Το κανάλι στο οποίο τοποθετήθηκαν τα κλούβια, φωτογραφία από δορυφόρο.

Πηγή: www.googleearth.com



Εικόνα2.8: Εξωτερικός σκελετός κλουβιών. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα

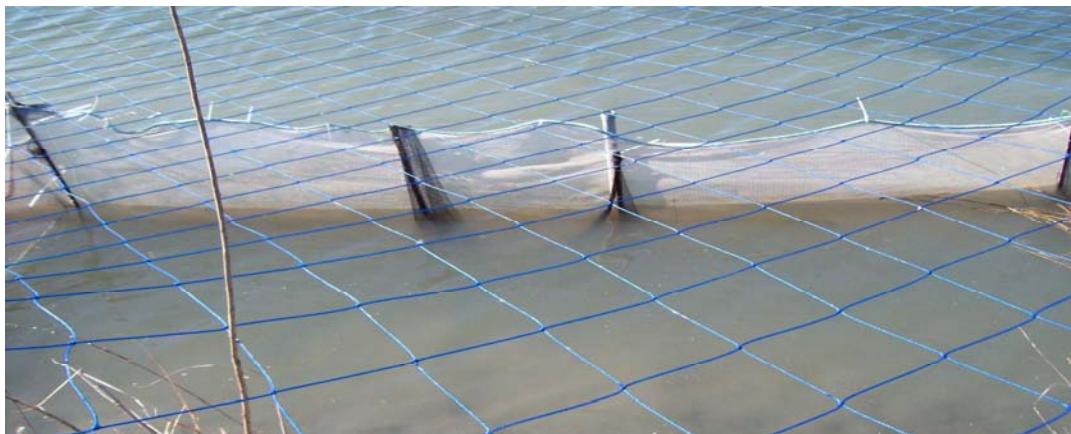


Εικόνα 2.9: Αλυσίδα ραμμένη πάνω στο δίχτυ για σταθεροποίηση του κλωβών στον πυθμένα.

Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

Οι ιχθυοκλωβοί δεν έφεραν δίχτυ στον πυθμένα τους και τα ψάρια αφέθηκαν να έχουν πρόσβαση στη φυσική τροφή του βυθού. Αυτό έγινε διότι σκοπός της παρούσας μελέτης δεν ήταν η διερεύνηση των διαιτητικών πρωτεϊνικών απαιτήσεων του μυξιναριού, αλλά η διερεύνηση της επίδρασης αυτών στην ανάπτυξη του σε φυσικές συνθήκες ημιεντατικής εκτροφής, όπου η φυσική παραγωγικότητα του συστήματος

εθελοντικά αξιοποιείται. Πάνω από τους ιχθυοκλωβούς τοποθετήθηκε αντί-αρπακτικό δίχτυ για την αποφυγή απωλειών ψαριών από αρπακτικά πουλιά (Εικ.2.10).



Εικόνα2.10: Αντί-αρπακτικό δίχτυ πάνω από τους πειραματικούς ιχθυοκλωβούς. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα.

Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού γινόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα (δύο φορές το μήνα). Για τη μέτρηση τους χρησιμοποιήθηκαν ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές (θερμόμετρο, οξυγονόμετρο, πεχάμετρο, αλατόμετρο). Το πείραμα ξεκίνησε το Μάιο και τελείωσε το Νοέμβριο και επομένως παρατηρήθηκαν μεταβολές της θερμοκρασίας του νερού που ακολουθούσαν τις ημερήσιες και εποχικές μεταβολές. Συγκεκριμένα η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε όλη την διάρκεια του πειράματος (Μάιος έως Νοέμβριος) κυμάνθηκε από 12-26 °C. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου τις μεσημβρινές ώρες κυμάνθηκε από 7,7 -9,7 mg/l, η αλατότητα κυμάνθηκε από 27,0 έως 32,8‰ ενώ η τιμή του pH ήταν σχετικά σταθερή ($7,8 \pm 0,3$, μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

2.3. Πειραματικά σιτηρέσια

Κατά τη διάρκεια του πειράματος τα ψάρια διατράφηκαν με τρία διαφορετικά 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: το πρώτο σιτηρέσιο (Π30) περιείχε ολικές πρωτεΐνες σε ποσοστό 30%, το δεύτερο (Π35) 35% και το τρίτο σιτηρέσιο (Π45) 45% επί του σιτηρεσίου (Πίν.2.1).

Βασική πρωτεϊνική πηγή στα σιτηρέσια ήταν το ιχθυάλευρο. Μικρότερη συμμετοχή στη διαμόρφωση του ποσοστού της πρωτεΐνης είχε το άλευρο σίτου και το άλευρο αραβόσιτου, αν και τα δυο αυτά συστατικά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ως ενεργειακές πηγές. Η σταδιακή αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης από το σιτηρέσιο Π30 στα σιτηρέσια Π35 και Π45 επιτεύχθηκε με την προοδευτική αύξηση του ποσοστού συμμετοχή ιχθυάλευρου και τη σταδιακή μείωση του ποσοστού συμμετοχής του αλεύρου σίτου. Το ιχθυέλαιο συμπεριλήφθηκε στα σιτηρέσια ως πηγή ενέργειας και για την κάλυψη των αναγκών των ιχθύων σε απαραίτητα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Το ενεργειακό περιεχόμενο των σιτηρεσίων ήταν 19 MJ/Kg ξηράς ουσίας.

Πίνακας 2.1. Συστατικά και χημική σύσταση των τριών πειραματικών σιτηρεσίων (% της τροφής).

| | Π30 | Π35 | Π45 |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| <i>Συστατικά (%)</i> | | | |
| Ιχθυάλευρο | 35,2 | 43,8 | 60,7 |
| Σιτάρι, άλευρο | 35,3 | 28,2 | 14,9 |
| Αραβόσιτος, άλευρο | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Ιχθυέλαιο | 6,4 | 5,1 | 1,5 |
| Βιταμίνες (πρόμιγμα) | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Ανόργανα στοιχεία (πρόμιγμα) | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| <i>Χημική σύσταση (%)</i> | | | |
| Ξηρή Ουσία | 92,68 | 92,16 | 92,73 |
| Ολικές αζωτούχες ουσίες | 29,85 | 36,39 | 45,25 |
| Ολικές λιπαρές ουσίες | 8,1 | 7,8 | 6,4 |
| Τέφρα | 6,7 | 7,4 | 9,3 |
| Ινώδεις ουσίες ¹ | 1,3 | 1,3 | 1,2 |
| Υδατάνθρακες ² | 42,8 | 37,6 | 28,0 |
| Ενέργεια (MJ/kg) ³ | 18,9 | 19,0 | 19,0 |

¹ Οι ινώδεις ουσίες των σιτηρεσίων εκτιμήθηκαν από δημοσιευμένους πίνακες χημικής σύστασης συστατικών (NRC 1993, Jauncey 1992).

² Το ποσοστό των υδατανθράκων υπολογίστηκαν με αφαίρεση των ποσοστών πρωτεΐνης, λιπιδίων και τέφρας από την ξηρή ουσία .

³ Η ολική ενέργεια κάθε σιτηρεσίου εκτιμήθηκε ως άθροισμα των ολικών ενεργειών που αποδίδει κάθε θρεπτική ουσία σύμφωνα με τους συντελεστές 5,64, 9,44 και 4,11 για τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τους υδατάνθρακες, αντίστοιχα (NRC 1993).

Σε όλα τα πειραματικά σιτηρέσια προστέθηκε πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε ποσοστό 1,5% επί του σιτηρεσίου για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες των ιχθύων σε αυτά τα θρεπτικά συστατικά. Η σύσταση του προμίγματος φαίνεται στον (Πίν.2.2). Θα πρέπει να σημειωθεί πως οι ακριβείς απαιτήσεις του *L. aurata* σε συγκεκριμένες διατροφικές βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία δεν είναι ακόμα γνωστές και συνεπώς το πρόμιγμα που προστέθηκε στα πειραματικά σιτηρέσια ήταν κοινό εμπορικό πρόμιγμα για σιτηρέσια ιχθύων. Το ποσοστό συμμετοχής του προμίγματος στα σιτηρέσια (1,5%) εκτιμήθηκε σύμφωνα με τις

γνωστές διαιτητικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία άλλων εκτρεφόμενων ειδών ιχθύων (NRC 1993). Προκειμένου να αποφθεχθεί το ενδεχόμενο μυκητίασης των τροφών, προστέθηκε κατά την διαδικασία παραγωγής τους κατάλληλη ποσότητα (0,1% επί του σιτηρεσίου) αντιμυκητιακής ουσίας.

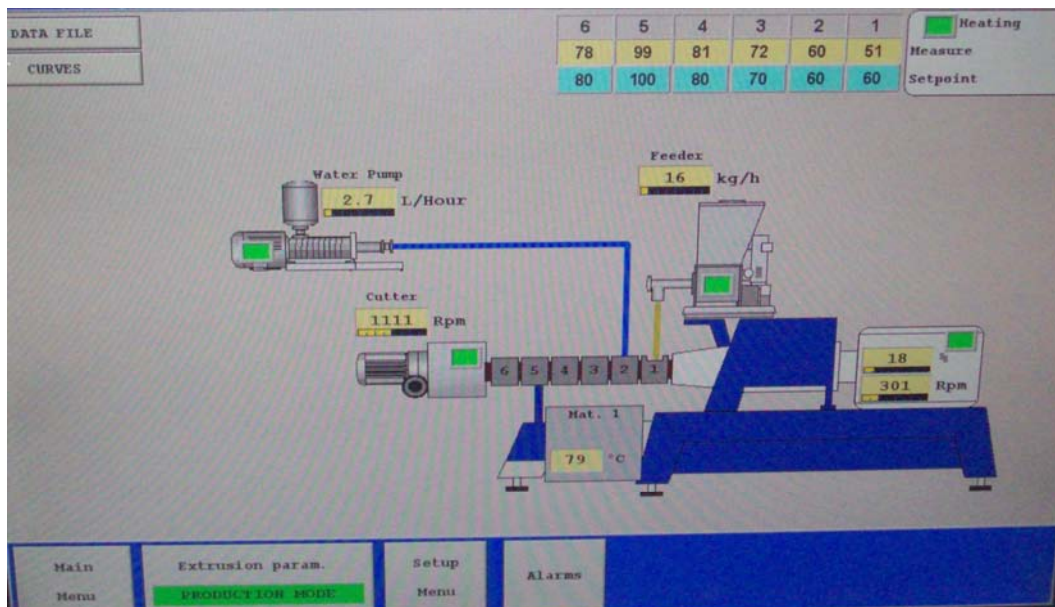
Πίνακας 2.2. Σύσταση βιταμινών και ανόργανων στοιχείων του προμίγματος.

| Βιταμίνη / Ανόργανο στοιχείο | Ποσότητα ανά Kg προμίγματος |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Βιταμίνη</i> | |
| Βιταμίνη E (90% α-τοκοφερόλη) | 58.333 mg |
| Βιταμίνη K3 | 3.333 mg |
| Βιταμίνη B1 | 3.333 mg |
| Βιταμίνη B2 | 6.666 mg |
| Βιταμίνη B6 | 3.333 mg |
| Βιταμίνη B12 | 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 BHT E321 | 333 mg |
| Άλευρο για μίξη | 416.666 mg |

Τα πειραματικά σιτηρέσια παράχθηκαν με τη μέθοδο της εξώθησης (Εικ.2.11) στο Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών, του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.ΘΕ, Ελληνικό, Αθήνα) από τον συγγραφέα και την ερευνητική ομάδα που συμμετείχε στο διατροφικό πείραμα.



Εικόνα 2.11: Εξωθητής. Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα



Εικόνα 2.12: Απεικόνιση του εξωθητή στον Η.Υ. με πράσινο τα 4 διαφορετικά σημεία λειτουργίας: 1 κινητήρας κοχλία προώθησης τροφής (screw driver motor), 2 χοάνη τροφοδοσίας (hopper), 3 έλεγχος θερμοκρασίας (temperature control), 4 μήτρα εξώθησης (breaker plate). Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα

Κατά την περίοδο του εγκλιματισμού στους κλωβούς και στην τεχνητή τροφή, τα ψάρια σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο Π30. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, τα ψάρια σιτίζονταν σε φαινόμενο κορεσμό, μια φορά την ημέρα τις πρωινές ώρες.

2.4. Δειγματοληψίες

Η συνολική διάρκεια του διατροφικού πειράματος (ημέρες σίτισης) ήταν 20 εβδομάδες. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόταν καταγραφή των θνησιμοτήτων. Μετά το πέρας των 20 εβδομάδων πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία των ψαριών.

Τα ψάρια αλιεύθηκαν από κάθε ιχθυοκλωβό με την βοήθεια μανωμένου διχτύου και απόχης. Σε κάποιους ιχθυοκλωβούς, ωστόσο, το ποσοστό των ψαριών που κατέστη δυνατό να εξαλιευθεί ήταν μικρότερο του 50% του αρχικού πληθυσμού. Ο αριθμός των ψαριών αυτός, δεδομένης της υψηλής παραλλακτικότητας στα μεγέθη, κρίθηκε μη αντικειμενικός ώστε να αποδώσει την ανάπτυξη των ιχθύων και για το λόγο αυτό τα δεδομένα των συγκεκριμένων ιχθυοπληθυσμών δεν συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα ανάπτυξης και στη στατιστική επεξεργασία τους.

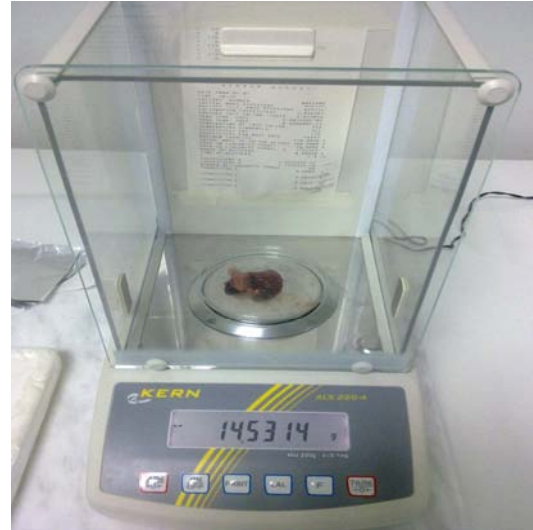
Τα ψάρια τοποθετήθηκαν σε πάγο για την άμεση θανάτωση τους. Ατομικά για κάθε ψάρι, ζυγίστηκε το σωματικό βάρος (σε g) και μετρήθηκε το ολικό μήκος σώματος (σε cm) όπως περιγράφεται στη παράγραφο 2.1. Τα ψάρια τοποθετήθηκαν χωριστά ανά κλουβί σε φορητά ψυγεία με πάγο, και μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.

Σε πέντε ψάρια από κάθε ιχθυοκλωβό πραγματοποιήθηκε τομή της κοιλιακής χώρας (Εικ.2.13) και αφού έγινε προσεκτικός έλεγχος των γονάδων τους για προσδιορισμό και καταγραφή του φύλου, ζυγίστηκαν τα εντόσθια σε ζυγό ακριβείας

(Εικ.2.14) και αφαιρέθηκε ένα κομμάτι του μυϊκού ιστού, απαλλαγμένο από οστά, δέρμα και λέπια για τον προσδιορισμό της χημικής του σύστασης. Μέχρι τη στιγμή των χημικών αναλύσεων, τα δείγματα του μυϊκού ιστού των ψαριών αποθηκεύτηκαν στους -20 °C.



Εικόνα 2.13: Ανατομία



Εικόνα 2.14: Ζυγός ακριβείας για τα εντόσθια

Πηγή: φωτογραφικό υλικό συγγραφέα

2.5. Χημικές αναλύσεις

2.5.1. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας – υγρασίας των πειραματικών σιτηρεσιών και των μυϊκών ιστών των ψαριών πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 2 g δείγματος τροφής ή ιστού 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 και των ιστών υπολογίστηκε ως εξής:

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

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

2.5.2. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

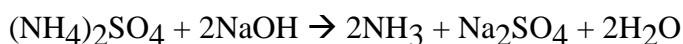
Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ενώσεων (ολικών πρωτεϊνών) των πειραματικών τροφών και του μυϊκού ιστού των ιχθύων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο προσδιορισμού αζωτούχων ενώσεων Kjeldahl (AOAC 1995). Αρχικά, με τη βοήθεια ενός μικρού κομματιού από αλουμινόχαρτο που τοποθετήθηκε πάνω στο ζυγό ακριβείας, ζυγίστηκαν 200 mg δείγματος και καταγράφηκαν τα βάρη τους. Κατόπιν τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδικές φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl.

Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της πέψης των δειγμάτων. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμαίνονται παρουσία πυκνού θεικού 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 5g Potassium Sulphate K₂SO₄ και 5g copper (II) Sulphate CuSO₄·5H₂O) για να επιταχύνει την αντίδραση. Οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης που ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να βράσουν στους 150°C για 85

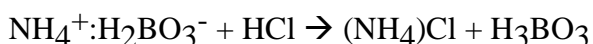
min. Έπειτα τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για περίπου 30 min, αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

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. 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 αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Ο συνολικός χρόνος της απόσταξης κάθε δείγματος ήταν 6 min. Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνονταν σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ενός δείκτη (δείκτης ερυθρού του μεθυλενίου) pH.

Έπειτα ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης κατά την οποία το βορικό αμμώνιο τιτλοδοτείται με υδροχλωρικό οξύ όπως φαίνεται στην παρακάτω αντίδραση:



- 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.

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 του

διαλύματος καταδείκνυε το τελικό σημείο της χημικής αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

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

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 τροφών και ιστών έγινε με τη μέθοδο εκχύλισης λιπιδίων 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.

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. 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 του βάρους τους. Με τη βοήθεια της παρακάτω σχέσης προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια: Ολικά λιπίδια = (τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης – αρχικό βάρος) *100.

2.5.4. Προσδιορισμός τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία του δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας των πειραματικών σιτηρεσίων και των ιστών πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 1g ξηρής ουσίας δείγματος τροφής ή ιστού σε αποτεφρωτήρα για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C (AOAC 1990). 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 αποτεφρωμένου δείγματος = W μικτού αποτεφρωμένου δείγματος & δισκίου – W δισκίου:

Τέφρα (%) = (W αποτεφρωμένου δείγματος / W αρχικού δείγματος) * 100.

2.6. Παράμετροι αύξησης και αξιοποίησης της τροφής

2.6.1. Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

Μια από τις παραμέτρους αύξησης είναι η αύξηση του ολικού βάρους, δηλαδή το καθαρό βάρος σώματος που αποκτήθηκε από τα ψάρια κατά τη διάρκεια του πειράματος και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

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

2.6.2. Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους

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

Ποσοστό αύξησης βάρους (%) = $[(W_t \text{ (τελικό βάρος)} - W_a \text{ (αρχικό βάρος)}) / W_a \text{ (αρχικό βάρος)}] * 100$.

2.6.3. Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

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

Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, σε %/ημέρα) = $100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / \text{ημέρες σίτισης Όπου,}$

$\ln W_2$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

$\ln W_1$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

2.6.4. 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 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 ζωντανών ιχθύων (g).

2.7. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών, αξιοποίησης της τροφής καθώς και των μεταβολών στη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά 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).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Αποτελέσματα

3.1 Παράμετροι αύξησης

Το μέσο αρχικό βάρος των ψαριών πριν την έναρξη του διατροφικού πειράματος ήταν $51,1\text{g} \pm 5,2$ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση). Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα μέσα τελικά βάρη των ψαριών που διατράφηκαν με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια (μετά από τις 20 εβδομάδες). Τα τελικά βάρη των ψαριών παρουσίασαν υψηλή διακύμανση εντός των ιχθυοκλωβών. Το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που διατράφηκαν με το Π30 σιτηρέσιο ήταν $84,69 \pm 15,78\text{g}$, το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που διατράφηκαν με το Π35 ήταν $97,82 \pm 14,54\text{g}$ και το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που διατράφηκαν με το Π45 ήταν $97,22 \pm 8,13\text{g}$. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές ($P > 0,05$) διαφορές μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται επίσης και τα τελικά ολικά μήκη των ψαριών. Το μέσο αρχικό ολικό μήκος των ψαριών στην έναρξη του πειράματος ήταν $17,93 \pm 0,66\text{cm}$ (μέσο μήκος \pm τυπική απόκλιση). Στο τέλος του διατροφικού πειράματος, τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30 είχαν ολικό μήκος $21,48 \pm 2,74\text{cm}$, τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 είχαν ολικό μήκος $21,50 \pm 2,95\text{cm}$ και άτομα που διατράφηκαν με Π45 είχαν ολικό μήκος $22,10 \pm 2,18\text{cm}$. Ούτε εδώ η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε σημαντικές ($P > 0,05$) διαφορές μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο μέσος συντελεστής ευρωστίας ήταν $0,85 \pm 0,01$, $0,86 \pm 0,02$ και $0,92 \pm 0,04$ για την Π30, Π35 και Π45 ομάδα ψαριών, αντίστοιχα (Πιν. 3.1). Όπως συνέβη με τα

τελικά βάρη και μήκη των ψαριών, ο συντελεστής ευρωστίας των ψαριών που διατράφηκαν με διαφορετικά σιτηρέσια δεν διαφέρει σημαντικά ($P>0,05$).

Πίνακας 3.1. Τελικά σωματικά βάρη (σε gr) και ολικά μήκη (σε cm) των ιχθύων που διατράφηκαν με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια.

| Κλωβός | Αρχικός αριθμός ψαριών | Αριθμός ψαριών στην τελική δειγματοληψία | Τελικό βάρος (W, σε g) | Τελικό ολικό μήκος (TL, σε cm) | K |
|-------------------|------------------------|--|------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Π30 α | 32 | 27 | 73,5 ± 36,3 | 19,97 ± 3,31 | 0,86 ± 0,01 |
| Π30 γ | 36 | 27 | 95,84 ± 32, | 22,26 ± 2,96 | 0,83 ± 0,01 |
| Π30 Σύνολο | 68 | 52 | 84,69±15,78 | 21,48 ± 2,74 | 0,85 ± 0,02 |
| Π35α | 40 | 23 | 87,53±30,73 | 21,30 ± 2,43 | 0,87 ± 0,01 |
| Π35β | 41 | 30 | 108,10±33,12 | 23,06 ± 2,68 | 0,84 ± 0,01 |
| Π35 Σύνολο | 81 | 53 | 97,82±14,54 | 21,50 ± 2,95 | 0,86 ± 0,02 |
| Π45α | 40 | 28 | 102,97±31,46 | 22,34 ± 2,27 | 0,89 ± 0,01 |
| Π45γ | 39 | 30 | 91,47 ±34,68 | 20,91 ± 2,59 | 0,95 ± 0,01 |
| Π45Σύνολο | 79 | 58 | 97,22±8,13 | 22,10±2,18 | 0,92 ± 0,04 |

Σημ. Από τον Πίνακα αγνοήθηκαν οι ιχθυοκλωβοί (Π30β, Π35γ, Π45β) στους οποίους εξαλειύθηκαν λιγότερο από το 50% του αρχικού πληθυσμού. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική απόκλιση από όσα ψάρια επιβίωσαν. K: συντελεστής ευρωστίας, $K= 100 \times W/L^3$.

Η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών μετά από 20 βδομάδες διατροφής για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30 διακυμάνθηκε από 22,43 έως 44,74 g (Πιν.3.2) με μέση τιμή 33,59±15,78g (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση, Πιν.3.3), για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 διακυμάνθηκε από 36,43 έως 57,00 g (Πιν.3.2) με μέση τιμή 46,72±14,54g (Πιν.3.3) και για τα άτομα που διατράφηκαν με

το σιτηρέσιο Π45 διακυμάνθηκε από 40,37 έως 51,87 g (Πιν.3.2) με μέση τιμή $46,12 \pm 8,13$ g (Πίν.3.3). Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με ANOVA δεν έδειξε σημαντικές ($P > 0,05$) διαφορές μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, %/ ημέρα) των ψαριών μετά από το τέλος του πειράματος διακυμάνθηκε από 0,26% έως 0,45% (Πιν.3.2) ενώ η μέση τιμή ήταν $0,35 \pm 0,13$ %/ημέρα (μέσος όρος \pm τυπική) (Πιν.3.3), για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30, από 0,38% έως 0,54% (Πιν.3.2), ενώ η μέση τιμή $0,46 \pm 0,11$ %/ημέρα (Πιν.3.3) για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 και τέλος 0,42% έως 0,50% (Πιν.3.2) και μέση τιμή $0,46 \pm 0,06$ %/ημέρα για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π45 (Πίν. 3.3). Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές ($P > 0,05$) διαφορές μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) ήταν $5,05 \pm 2,37$ % (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30, $3,85 \pm 1,87$ % για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 και $3,17 \pm 0,41$ % για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π45 (Πίνακας 3.3). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30 είχαν σημαντικά υψηλότερο ($P < 0,05$) συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) από τα ψάρια που βρισκόταν στα κλουβιά Β και Γ και διατράφηκαν με τα σιτηρέσια Π35 και Π45 αντίστοιχα.

Η χορηγούμενη τροφή προσφέρονταν σε φαινόμενο κορεσμό. Η συνολική χορηγούμενη ποσότητα τροφής για το σιτηρέσιο Π30 ήταν 4071,2 Kg, για το σιτηρέσιο Π35 ήταν 4335,7 Kg και για το σιτηρέσιο Π45 ήταν 4186,9 Kg τροφής (Πίν. 3.3). Οι

ποσότητες αυτές αναφέρονται στις ποσότητες που καταναλώθηκαν καθ όλη την διάρκεια του πειράματος (20 εβδομάδες).

Πίνακας 3.2. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής ανά ιχθυοκλωβό.

| | Π30α | Π30γ | Π35α | Π35β | Π45α | Π45γ |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Αύξηση βάρους (g) | 22,43 | 44,74 | 36,43 | 57,00 | 51,87 | 40,37 |
| Ποσοστό αύξησης βάρους (%) | 43,90 | 87,56 | 71,30 | 111,55 | 101,51 | 79,00 |
| Ειδικός ρυθμός αύξησης, SGR (%/ημέρα) | 0,26 | 0,45 | 0,38 | 0,54 | 0,50 | 0,42 |
| Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής, FCR | 6,72 | 3,37 | 5,17 | 2,54 | 2,88 | 3,46 |

Πίνακας 3.3: Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής ανά διατροφική μεταχείριση.

| | Π30 | Π35 | Π45 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Αύξηση βάρους (g) | 33,59±15,78 | 46,72±14,54 | 46,12±8,13 |
| Ποσοστό αύξησης βάρους (%) | 65,73±30,88 | 91,42±28,46 | 90,26±15,92 |
| Ειδικός ρυθμός αύξησης, SGR (%/ημέρα) | 0,35±0,13 | 0,46±0,11 | 0,46±0,06 |
| Μέση κατανάλωση τροφής ανά κλωβό (g) | 4071,24 | 4335,78 | 4186,93 |
| Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής, FCR | 5,05±2,37 | 3,85±1,87 | 3,17±0,41 |

3.2 Χημική σύσταση μυϊκού ιστού μύξινου

3.1.1. Ξηρή ουσία (%)

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η ξηρή ουσία επί της % του μυϊκού ιστού των ψαριών στο τέλος του διατροφικού πειράματος. Στα ψάρια που διατράφηκαν με σιτηρέσιο Π30, ο μέσος όρος της ξηρής ουσίας ήταν ίσος με $24,13 \pm 0,55\%$ (\pm τυπική απόκλιση), στα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 ο μέσος όρος της ξηρής ουσίας ήταν ίσος με $24,04 \pm 1,26\%$, ενώ στα ψάρια που διατράφηκαν με σιτηρέσιο Π45 ο μέσος όρος της ξηρής ουσίας ήταν ίσος με $24,20 \pm 1,12\%$. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσο όρο της ξηρής ουσίας σε κάθε ομάδα.

3.1.2. Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια του μυϊκού ιστού των ψαριών στο τέλος του διατροφικού πειράματος. Στην ομάδα ψαριών που διατράφηκαν με σιτηρέσιο Π30 ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων ήταν $6,71 \pm 3,52\%$ (\pm τυπική απόκλιση), στην ομάδα ψαριών που διατράφηκαν με σιτηρέσιο Π35 ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων ήταν $7,01 \pm 2,74\%$, ενώ, τέλος στην ομάδα ψαριών που διατράφηκαν με σιτηρέσιο Π45 ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων ήταν $9,42 \pm 7,23\%$. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της ξηρής ουσίας του μυϊκού ιστού των ψαριών.

3.1.3. Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες (πρωτεϊνικό περιεχόμενο) του μυϊκού ιστού των ψαριών στο τέλος του διατροφικού πειράματος. Στην ομάδα ψαριών που διατράφηκαν σιτηρέσιο Π35, ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ενώσεων που παρατηρείται ήταν $83,65 \pm 4,3\%$ (\pm τυπική απόκλιση ξηρού βάρους), στη ομάδα ψαριών στο σιτηρέσιο Π35 ο μέσος όρος των ολικών

αζωτούχων ενώσεων ήταν $84,56 \pm 2,37\%$, και τέλος στην ομάδα ψαριών στο σιτηρέσιο Π45 ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ενώσεων ήταν $83,43 \pm 2,44\%$. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της ξηρής ουσίας του μυϊκού ιστού των ψαριών.

Πίνακας 3.4. Η χημική σύσταση του μυϊκού ιστού ιχθύων.

| | Ξηρή ουσία (%) | Ολικές Αζωτούχες ουσίες | Ολικά λιπίδια | Τέφρα |
|------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|
| Π30 | 24,13±0,55 | 83,65±4,3 | 6,71±3,52 | 5,21±0,19 |
| Π35 | 24,04±1,26 | 84,56±2,37 | 7,01±2,74 | 4,90±0,24 |
| Π45 | 24,20±1,12 | 83,43±2,44 | 9,42±7,23 | 5,08±0,34 |

Πίνακας 3.5. Η χημική σύσταση του μυϊκού ιστού ιχθύων ανά κλωβό.

| | Ξηρή ουσία (%) | Ολικές Αζωτούχες ουσίες | Ολικά λιπίδια | Τέφρα |
|-------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|
| Π30α | 24,35±0,82 | 79,65±5,07 | 10,15±3,5 | 5,16 |
| Π30β | 23,95±0,61 | 86,19±1,5 | 5,13±2,35 | 5,29±0,22 |
| Π30γ | 24,09±0,18 | 85,13±1,89 | 4,86±1,61 | 5,14±0,22 |
| Π35α | 24,44±1,08 | 85,29±1,81 | 7,1±1,24 | 4,78±0,42 |
| Π35β | 24,07±0,99 | 84,91±3,32 | 6,13±2,57 | 4,96±0,18 |
| Π35γ | 23,75±1,77 | 83,91±1,4 | 7,83±3,65 | 4,92±0,25 |
| Π45α | 24,38±0,98 | 84,37±1,23 | 6,45±1,38 | 5,30±0,15 |
| Π45β | 23,32±0,49 | 84,2±2,27 | 13,12±11,45 | 5,23±0,14 |
| Π45γ | 24,88±1,4 | 81,72±2,87 | 8,69±4,15 | 4,75±0,34 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Συζήτηση

Ο σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν η μελέτη των επιδράσεων διαφορετικών υψηλών διαιτητικών επιπέδων πρωτεΐνης στην ανάπτυξη του *L. aurata* σε υφάλμυρες συνθήκες εκτροφής.

Τόσο κατά τον εγκλιματισμό των ψαριών, όσο και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, παρατηρήθηκαν απώλειες σε όλες τις ομάδες ψαριών που διατράφηκαν με τα πειραματικά σιτηρέσια και μάλιστα σε κάποιους ιχθυοκλωβούς αυτές υπήρξαν υψηλές (ιχθυοκλωβοί Π30β, Π35γ και Π45β). Οι απώλειες αυτές οφείλονται σε διαφυγές λόγω κατασκευαστικών προβλημάτων των κλωβών, διαφυγές στη λιμνοθάλασσα κατά την τελική δειγματοληψία και θνησιμότητες. Για το σκοπό αυτό όπως αναφέρθηκε στο 2^ο κεφάλαιο τα ψάρια των συγκεκριμένων κλουβιών δεν συμπεριλήφθηκαν στα τελικά αποτελέσματα της ανάπτυξης.

Ωστόσο, οι θνησιμότητες αυτές δε φαίνεται να οφείλονται στη διαφορετικότητα του επιπέδου της διαιτητικής πρωτεΐνης, μιας και παρατηρήθηκαν και στις τρεις διατροφικές ομάδες. Οι θνησιμότητες πιθανόν να οφείλονται σε φυσικά αίτια, σε στρες από τον εγκλιτισμό και τη μεταφορά τους από φυσική σε τεχνητή τροφή, δεδομένου ότι οι ποιοτικές παράμετροι του νερού παρέμειναν σε ικανοποιητικά για εκτροφή επίπεδα. Παράλληλα, το *L. aurata* είναι ένα είδος που φαίνεται να καταπονείται αρκετά κατά τη χειρωνακτική του μεταχείριση επιδεικνύοντας εύκολα τραυματισμούς (προσωπική παρατήρηση). Στα διατροφικά πειράματα του Chervinski στη δεκαετία του '70 (Chervinski 1975, 1976) ο συγγραφέας ανέφερε πολύ υψηλές θνησιμότητες (20 έως 72% του αρχικού πληθυσμού) του είδους όταν εκτράφηκε σε δεξαμενές με αλμυρό

νερό και διατράφηκε με τεχνητή τροφή (σύμπηκτα που περιείχαν 25% πρωτεΐνη), τις οποίες ανήγαγε στις χαμηλές συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου. Στο παρόν πείραμα οι μετρήσεις του οξυγόνου καταγράφονταν μεσημβρινές ώρες και ήταν στα αποδεκτά για εκτροφή επίπεδα. Ωστόσο, ενδέχεται οι αρκετά χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου που παρατηρούνται στα λιμνοθαλάσσια περιβάλλοντα τις πρώτες πρωινές ώρες να συνέβαλλαν σε θνησιμότητες.

Από τις τελικές μετρήσεις στο βάρος των ψαριών έπειτα από 143 ημέρες σίτισης παρατηρήθηκε ότι, το *L. aurata* σχεδόν διπλασίασε το σωματικό του βάρος, ανεξαρτήτως σιτηρεσίου, και αυτό υποδεικνύει τη σχετικά καλή ανάπτυξη που απέδωσαν τα πειραματικά σιτηρέσια. Συγκεκριμένα, το *L. aurata* απέκτησε $84,69 \pm 15,78$ μέσο τελικό σωματικό βάρος και είχε $0,35 \pm 0,13$ ειδικό ρυθμό ανάπτυξης για το σιτηρέσιο Π30. $97,82 \pm 14,54$ μέσο τελικό σωματικό βάρος και ειδικό ρυθμό ανάπτυξης $0,46 \pm 0,11$ για το σιτηρέσιο Π35. Τέλος, $97,22 \pm 8,13$ g και $0,46 \pm 0,06\%$ ήταν το μέσο σωματικό βάρος και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης αντίστοιχα για το σιτηρέσιο Π45. $0,29$ g είναι η μέση ημερήσια ανάπτυξη του *L. aurata* όταν διατράφηκε με τεχνητές τροφές. Αναφορικά με την αξιοποίηση της τροφής, παρατηρήθηκε ότι οι συντελεστές μετατρεψιμότητας της τροφής για τα τρία πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκαν από $3,17 \pm 0,41\%$ έως $5,05 \pm 2,37\%$ με το χαμηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας να εμφανίζεται στην ομάδα ψαριών που διατράφηκαν με το υψηλότερο επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης.

Ελάχιστα είναι γνωστά για τη διατροφή και τις διαιτητικές ανάγκες του μύξινου σε συνθήκες εκτροφής. Αρκετά χρόνια πριν, ο Chervinski (1976) διατρέφοντας το είδος με σύμπηκτα που περιείχαν 25% πρωτεΐνη ανέφερε ότι τα ιχθύδια (αρχικό βάρος 1g) έφτασαν τα 120,3 g τελικό σωματικό βάρος με μέση

ημερήσια αύξηση 0,65 g έπειτα από 186 ημέρες σίτισης, 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 (Chervinski 1975) αναφέρθηκε ότι ιχθύδια αρχικού βάρους 1 g απέκτησαν τελικό σωματικό βάρος 141,9 g με μέση ημερησία αύξηση 0,95 g, έπειτα από 150 ημέρες σίτισης. Σε άλλο πείραμα του, τα ιχθύδια (αρχικό βάρος 1g) έφτασαν 115 g τελικό σωματικό βάρος με μέση ημερήσια ανάπτυξη 0,6 g έπειτα από 193 ημέρες σίτισης, ενώ τα ενήλικα άτομα (αρχικό βάρος 80g) έφτασαν 277,7 g σε διάρκεια σίτισης 193 ημερών και παρουσίασαν μέση ημερήσια αύξηση 1g.

Στο παρόν πείραμα, τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π35 και Π45 είχαν ελαφρώς μεγαλύτερο τελικό σωματικό βάρος, ποσοστό αύξησης και ειδικό ρυθμό ανάπτυξης συγκριτικά με τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Π30. Ωστόσο, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι παραπάνω διαφορές δεν ήταν σημαντικές ($P>0,05$) και άρα η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης από 30% σε 35% ή 45% στο σιτηρέσιο δεν αύξησε σημαντικά το τελικό σωματικό βάρος και τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών.

Παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα μελέτη αναφέρθηκαν σε διατροφικό πείραμα των Papararaskeva-Papoutsoglou & Alexis (1985) σε ιχθύδια άλλου είδους της οικογένειας Mugilidae, του *Mugil capito*, όπου χρησιμοποίησαν 5 διαφορετικά σιτηρέσια με αυξανόμενη πρωτεΐνη (12%, 25%, 37%, 48% και 60%, αντίστοιχα). Βασική πρωτεϊνική πηγή των πειραματικών σιτηρεσιών, όπως και στην παρούσα μελέτη, ήταν το ιχθυάλευρο, αλλά και διάφορες συνθετικής πηγές (καζεΐνη), ενώ το διαιτητικό επίπεδο των λιπιδίων καθορίστηκε στο 8% επί του σιτηρεσίου. Έπειτα από 97 ημέρες σίτισης, τα ψάρια που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια που περιείχαν 25%

πρωτεΐνη είχαν το μεγαλύτερο σωματικό βάρος και τον υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης. Τα διαιτητικά πρωτεϊνικά επίπεδα 36 έως 60% δεν απέδωσαν υψηλότερη ανάπτυξη των ψαριών. Οι συγγραφείς συμπέραναν πως οι διαιτητικές πρωτεϊνικές ανάγκες του *Mugil capito* είναι 24% επί του σιτηρεσίου. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, οι ίδιοι συγγραφείς παρατήρησαν πως όταν αυξάνεται το διαιτητικό επίπεδο της πρωτεΐνης ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής μειώνεται.

Σε άλλο διατροφικό πείραμα με το *Mugil cupito* οι Alexis & Papararaskeva-Papoutsoglou (1985), διέθρεψαν το είδος με τέσσερα διαφορετικά σιτηρέσια με αυξανόμενη πρωτεΐνη (15,3%, 26,3%, 37,3% και 49,8%, αντίστοιχα). Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι η τελική αύξηση των ψαριών ήταν παρόμοια για όλες τις διατροφικές μεταχειρίσεις. Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης αυξάνονταν ελαφρώς όσο αυξάνονταν το ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης, όμως αυτή η αύξηση δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($P>0,05$). Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής μειώνονταν ελαφρώς όσο αυξάνονταν το ποσοστό πρωτεΐνης στην τροφή, αλλά οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($P>0,05$).

Οι Ojaveer *et al.* (1996) μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών διαιτητικών λόγων πρωτεΐνης/ενέργειας στην ανάπτυξη των Mugilidae. Συγκεκριμένα, δουλεύοντας με νεαρά άτομο (15 g) του είδους *Chelon labrosus* δοκίμασαν έξι σιτηρέσια που είχαν δύο διαφορετικά επίπεδα διαιτητικών λιπιδίων (12% και 24%, αντίστοιχα) και τρία διαφορετικά επίπεδα διαιτητικών πρωτεϊνών (38%, 49% και 59%, αντίστοιχα) ώστε ο λόγος ενέργειας/πρωτεΐνη κυμάνθηκε από 19,72 έως 29,83 mg πρωτεΐνης ανά KJ τροφής. Οι συγγραφείς βρήκαν ότι όταν το επίπεδο διαιτητικών λιπιδίων ήταν χαμηλό (12%), το οποίο είναι παρόμοιο με το επίπεδο διαιτητικών λιπιδίων που δοκιμάστηκε στα σιτηρέσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η αύξηση της διαιτητικής

πρωτεΐνης από 39% σε 49% ή 59% δεν απέδωσε μεγαλύτερη σωματική αύξηση στα ψάρια. Παρομοίως, στο υψηλό διαιτητικό επίπεδο λιπιδίων (24%), η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από 39% σε 49% ή 59% δεν απέδωσε μεγαλύτερη σωματική αύξηση στα ψάρια. Περαιτέρω, τα σιτηρέσια με υψηλό επίπεδο λιπιδίων (24%) απέδωσαν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης συγκριτικά με τα ισοπρωτεϊνικά σιτηρέσια που περιείχαν χαμηλό επίπεδο λίπους, υποδεικνύοντας πως το *Chelon labrosus* έχει τη δυνατότητα να αξιοποιεί μεταβολικά τα υψηλά επίπεδα λίπους της τροφής για ανάπτυξη. Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν πως όσο το επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης αυξάνει από 39% σε 49% και 59% τόσο μειώνεται η πρόσληψη τροφής από τα ψάρια.

Οι Argyropoulou *et al.* (1991) μελέτησαν την επίδραση που έχει η διαφορετική πηγή διαιτητικών λιπιδίων στην ανάπτυξη των Mugilidae. Συγκεκριμένα, δουλεύοντας με το *Mugil cephalus*, χρησιμοποιήθηκαν 4 ισοπρωτεϊνικά (28% επί του σιτηρεσίου) σιτηρέσια που διέφεραν ως προς την πηγή του χορηγούμενου ελαίου (ιχθυέλαιο, καλαμποκέλαιο, σογιέλαιο, λινέλαιο) και ένα σιτηρέσιο ελεύθερο ελαίου. Οι συγγραφείς ανέφεραν πως το σιτηρέσιο που δεν περιείχε έλαιο οδήγησε σε σημαντικά μικρότερη ανάπτυξη των ψαριών και ότι η διαφορετική πηγή του ελαίου στο σιτηρέσιο δεν οδήγησε σε διαφορές στην ανάπτυξη των ψαριών.

Η ανάπτυξη των ειδών της οικογένειας των Mugilidae φαίνεται πως δεν επηρεάζεται ούτε από τη διαιτητική πηγή της πρωτεΐνης. Οι Luzzana *et al.* (2004) διέθρεψαν το *Mugil cephalus* με τρία διαφορετικά σιτηρέσια που περιείχαν διαφορετική πηγή πρωτεΐνης (συνδυασμός ιχθυάλευρο με αιμογλοβίνη, σόγια, και μαγιά, αντίστοιχα). Η ανάπτυξη των ψαριών δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τη διαφορετική πηγή της διαιτητικής πρωτεΐνης, αν και τα ψάρια που διατρέφθηκαν με μαγιά παρουσίασαν ελαφρώς μειωμένη σωματική αύξηση σε σχέση με τις άλλες δύο

διατροφικές μεταχειρίσεις. Οι τιμές του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής κυμάνθηκαν από 4,3 έως 4,9, οι οποίες είναι παρόμοιες με εκείνες που ανέφερε ο Ravagnan (1992) για το ίδιο είδος, αλλά είναι υψηλότερες από αυτές που μετρήθηκαν για το μυξινάρι του παρόντος πειράματος.

Οι Παρασκευά-Παπουτσόγλου και Αλέξης (1985) έλεγξαν την καταλληλότητα των συστατικών φυτικής προέλευσης στα σιτηρέσια των Mugilidae με σκοπό την πλήρη αντικατάσταση του ιχθυάλευρου. Συγκεκριμένα, δουλεύοντας με το *Mugil cupito* δοκίμασαν διαφορετικά σιτηρέσια που το καθένα περιείχε ως αποκλειστική πηγή πρωτεΐνης το σογιάλευρο, τη γλουτένη, το φύτρο σπέρματος χαρουπιών και το ηλιάλευρο, αντίστοιχα, και σύγκριναν την ανάπτυξη των ψαριών σε σχέση με μια άλλη ομάδα που διατρέφτηκε με σιτηρέσιο που περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο. Όλα τα σιτηρέσια με φυτικής προέλευσης συστατικά απέδωσαν χαμηλότερη ανάπτυξη στα εκτρεφόμενα ψάρια από ότι το σιτηρέσιο που περιείχα ιχθυάλευρο. Παράλληλα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής ήταν χαμηλότερος για τα ψάρια που διατρέφθηκαν με το σιτηρέσιο που περιείχε ιχθυάλευρο. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από φυτικά υποπροϊόντα στα σιτηρέσια του *Mugil cupito* μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη των ψαριών.

Όσον αφορά τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του μυξιναριού βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στα ψάρια μεγέθους περίπου 100 g (τελικό σωματικό βάρος) κυμάνθηκε από 83,43 έως 84,56% (επί της ξηρής ουσίας δείγματος), χωρίς, ωστόσο, να διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων. Αυτό υποδηλώνει ότι το αυξανόμενο επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης από 30% σε 35% και 45% δεν επιφέρει διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο μυϊκό ιστό του μυξιναριού. 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.

Το ποσοστό λίπους στον μυϊκό ιστό του μυξιναριού ήταν 6,71 έως 7,32% (επί της ξηρής ουσίας), ανεξαρτήτως σιτηρεσίου. Η αύξηση του διατροφικού επιπέδου πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο επέφερε αναλογικά μικρές αυξήσεις στη συγκέντρωση των λιπιδίων του μυϊκού ιστού, αλλά αυτές υπήρξαν μη σημαντικές ($P>0,05$). Τα ποσοστά αυτά είναι χαμηλότερα από εκείνα (9,1%) που αναφέρει ο Chervinski (1976) για ψάρια παρόμοιου μεγέθους (151 g). 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.

Στο διατροφικό των Paparaskeva-Papoutsoglou & Alexis (1986) με ψάρια *Mugil capito*, η αύξηση του πρωτεϊνικού επιπέδου στην τροφή από 12% σε άνω του 24% οδήγησε σε αύξηση του επιπέδου πρωτεΐνης και λίπους στο σώμα των ψαριών. Ωστόσο, η αύξηση του πρωτεϊνικού επιπέδου στην τροφή από 24% σε 36% και 48% οδήγησε σε μείωση του επιπέδου πρωτεΐνης στο σώμα των ψαριών, ενώ η συγκέντρωση των λιπιδίων παρέμεινε αμετάβλητη. Η περιεκτικότητα σε λίπος στο σώμα των ψαριών παρουσίασε αρνητικό συσχετισμό με την περιεκτικότητα σε υγρασία, ενώ κανένας τέτοιος συσχετισμός δεν ήταν προφανής μεταξύ των επιπέδων πρωτεΐνης-λίπους και πρωτεΐνης-υγρασίας του σώματος.

Στο διατροφικό πείραμα των Ojaveer et al. (1996) με το *Chelon labrosus*, οι συγκεντρώσεις του μυϊκού ιστού των ψαριών 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.

Παρατηρείται, λοιπόν, πως από τις μέχρι τώρα μελέτες που έχουν διεξαχθεί στα είδη της οικογένειας των Mugilidae δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου διαιτητικής πρωτεΐνης με τη συγκέντρωση αυτής στο σώμα των ψαριών. Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει αυτήν την υπόθεση για το μυξινάρι (*L. aurata*).

Επιπρόσθετα, η πηγή των διαιτητικών λιπιδίων φαίνεται να μην επηρεάζει το επίπεδο αυτών στο σώμα των ψαριών. 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 χορηγούμενο έλαιο έδειξε ότι το επίπεδο των λιπιδίων ήταν παρόμοιο σε όλες τις διατροφικές μεταχειρίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Συμπεράσματα

- Το *L. aurata* είναι ένα είδος που φαίνεται να καταπονείται αρκετά κατά τη χειρωνακτική του μεταχείριση επιδεικνύοντας εύκολα τραυματισμούς.
- Το είδος διατρεφόμενο με τεχνητές τροφές έδειξε ικανοποιητικούς ρυθμούς ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.
- Η αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης στην τροφή από 30% σε 35% και 45% δεν οδήγησε σε ανάλογη αύξηση του σωματικού βάρους. Αυτό συνεπάγεται πως το είδος μπορεί να εκτραφεί με χαμηλού κόστους τροφές οι οποίες έχουν μικρότερο περιβαλλοντική επιβάρυνση (άζωτο, φώσφορος) στο υδάτινο περιβάλλον.
- Η αύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης στα σιτηρέσια δεν επηρέασε τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του *L. aurata*.
- 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. Υπό αυτήν την έννοια, η εκτροφή των ειδών στη χώρα μας ίσως πρέπει να ενδυναμωθεί. Τα είδη αυτά μπορούν να εκτραφούν σε συστήματα πολυκαλλιέργειας, μία πρακτική που εφαρμόζεται σε άλλες Μεσογειακές χώρες.
- Οι επιστημονικές γνώσεις μας στη διατροφή του *L. aurata*, όπως και των υπολοίπων ειδών της οικογένειας των Mugilidae, είναι ελλιπείς και είναι αναγκαίο να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες μελλοντικά σχετικά με τις θρεπτικές και ενεργειακές τους ανάγκες όπως και για τα συστατικά και την τεχνολογία των ιχθυοτροφών για τα είδη αυτά.

ABSTRACT

Golden grey mullet (*Liza aurata*) reared in suspended cages in a lagoon, and were fed 3 isoenergetic diets with increasing protein levels, specifically 30%, 35% and 45%, for 20 weeks. There was a trend of higher weight gain and specific growth rate with increasing dietary protein levels, but it was not statistically significant. SGR and FCR values ranged from 0.35 to 0.46%/day and from 3.17 to 5.05, 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

Ξένη Βιβλιογραφία:

AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990). Official Methods of Analysis (15th edition) (ed. By K.Herlich). AOAC, Arlington, VA, USA, 1298pp.

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. Réunion. Int. Explor. Méditerran. 11:77-115.

Ben-Tuvia, A. (1986). *Mugilidae*. In P. J. P. Whitehead, M. -L. Bauchot, J. -C. Hureau, J. Nielsen, E. Tortonese (eds), Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Volume III. UNESCO.

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.

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).

- Bograd, L. (1961). Occurrence of Mugil in the rivers of Israel. *Bull. Res. Council. of Israel*, Vol. 9B: 169-191.
- 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.
- Chervinski, J., 1975. Experimental raising of golden grey mullet (*Lizca aumta* (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, σελ: 253-268
- De Silva, S. (1980). Biology of juvenile grey mullet: A short review. *Aquaculture*, 19: 21-36.
- FAO 2006. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Saleh, M.A. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 31 July 2006. [Cited 6 September 2010]

- FAO. 2006-2010. - . Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Saleh, M.A. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 31 July 2006. [Cited 6 September 2010].
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.
- 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
- Jauncey, K., 1992. M.Sc. aquaculture lecture Note in Nutrition, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling-UK.

- 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.
- McDowall, R.M. 1988 Diadromy in fishes: migrations between freshwater and marine environments. Croom Helm, London.
- Muus, B.J. and J.G. Nielsen 1999 Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book, Hedehusene, Denmark. 340 p.
- Nutrient Requirements of Fish (1993). Subcommittee on Fish Nutrition, National Research Council ISBN: 978-0-309-04891-0, 128 pages, 8.5 x 11, paperback.
- Oren, O.H. 1981. Aquaculture of grey mullets. (International Biological Programme No. 26). Cambridge University Press, Cambridge, England. 507 pp.
- 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.
- 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.

- 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. 1986 Mugilidae. p. 344-349. In J. Daget, J.-P. Gosse and D.F.E. Thys van den Audenaerde (eds.) Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). ISNB, Brussels, MRAC; Tervuren; and ORSTOM, Paris. Vol. 2.
- Thomson, J.M. 1986 Mugilidae. p. 344-349. In J. Daget, J.-P. Gosse and D.F.E. Thys van den Audenaerde (eds.) Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). ISNB, Brussels, MRAC; Tervuren; and ORSTOM, Paris. Vol. 2.
- 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^a, Nick Kalogeropoulos^a 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

www.aquamaps.org/receive.php

www.biomar.com/greece

www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/en

www.fishbase.gr

www.googleearth.com