



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**  
**ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ ΤΕΙ**  
**ΗΠΕΙΡΟΥ**

**Μυϊκή κυτταρότητα σε φαγκρί *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) από  
εντατική μονάδα εκτροφής**

**Εργολάβου Άννα**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

- 1. Κοσμάς Ναθαναηλίδης, Αναπληρωτής καθηγητής, ΤΕΙ Ηπείρου,  
Επιβλέπων.**
- 2. Φωτεινή Αθανασοπούλου, Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**
- 3. Γιάννης Πάσχος, Καθηγητής, ΤΕΙ Ηπείρου**

**ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2008**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ**  
**ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7537/1  
Ημερ. Εισ.: 10-09-2009  
Δωρεά: \_\_\_\_\_  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
597.72  
ΕΡΓ



**UNIVERSITY OF THESSALY  
FACULTY OF HEALTH SCIENCES  
DEPARTMENT OF VETERINARY**

**MSc DISSERTATION SUBMITTED TO THE UNIVERSITY OF THESSALY,  
IN PART FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS OF THE MSc  
POSTGRADUATE COURSE OF DEPARTMENT OF VETERINARY  
SCIENCES AND THE TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE (TEI)  
OF EPIRUS.**

**Red porgy *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) muscle cellularity in  
intensive mariculture**

**Ergolavou Anna**

**THREE-MEMBER ADVISORY COMMITTEE**

- 1. Cosmas Nathanailides, Assoc. Professor, TEI of Epirus, Supervisor**
- 2. Fotini Athanasopoulou, Professor, University of Thessaly**
- 3. John Paschos, Professor, TEI of Epirus**

**KARDITSA 2008**

**Σε όλους όσους με αγαπάνε,**

**σε όσους με βοήθησαν**

**και σε όσους έβαλαν ένα λίθο  
στη γνώση  
και την προσωπικότητά μου**

**αφιερώνεται η παρούσα εργασία.**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φαγκρί αποτελεί ένα νέο είδος για την ελληνική και μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια. Σε μονάδα εκτροφής φαγκριού (*Pagrus pagrus* Linnaeus, 1758) στη Θεσπρωτία παρατηρήθηκε στο τελικό στάδιο εκτροφής να υπάρχουν άτομα της ίδιας ηλικίας που είχαν όμως μεγάλη διαφορά στο μέγεθος. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η καταγραφή της μυϊκής κυτταρότητας και η σύγκριση της μυϊκής υπερπλασίας και υπερτροφίας στις λευκές μυϊκές ίνες μεταξύ αυτών των ατόμων που ενώ είχαν την ίδια ηλικία είχαν σημαντική διαφορά στο σωματικό βάρος. Σε κάθε φαγκρί μετρήθηκε το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος των γονάδων, καθώς και ο αριθμός επιλεγμένων μεριστικών στοιχείων ενώ με μακροσκοπική εξέταση των γονάδων έγινε προσδιορισμός του φύλου σε κάθε άτομο. Επίσης έγινε λήψη δείγματος μυϊκού σκελετικού ιστού και σε εγκάρσιες ιστολογικές τομές μετρήθηκε το μέγεθος (εμβαδόν τομής) των λευκών μυϊκών ινών του φαγκριού από την επαξόνια μυϊκή μάζα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο τελικό στάδιο εκτροφής του είδους, παρουσιάστηκαν μεγάλες διαφορές στο βάρος μεταξύ ατόμων μικρού (ελάχιστο=126,6g) και μεγάλου μεγέθους (μέγιστο=630g). Τα θηλυκά άτομα ήταν συνήθως μεγαλύτερα από τα αρσενικά. Τα άτομα που παρουσίασαν αυξημένη μυϊκή υπερπλασία ήταν ώριμα με μεγάλο βάρος γονάδων σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα τα οποία είχαν μικρότερο βάρος γονάδων. Δεν παρατηρήθηκε όμως κάποια διαφορά στον γοναδοσωματικό δείκτη ούτε κάποια μορφολογική διαφορά μεταξύ των ομάδων στον δείκτη ευρωστίας ή τα μεριστικά στοιχεία που μετρήθηκαν στα διάφορων μεγεθών ψάρια.

Οι διαφορές μεγεθών που παρατηρήθηκαν πιθανόν να προέρχονται από γενετικές διαφορές μεταξύ των ομάδων αλλά επίσης να έχει συμβάλει ο τρόπος και οι συνθήκες εκτροφής (συχνότητα, τρόπος ταΐσματος, ιχθυοπυκνότητα) και η μικρή συχνότητα διαλογών για τον διαχωρισμό των εκτρεφόμενων ατόμων ανάλογα με το μέγεθος τους κατά την διάρκεια εκτροφής.

## ABSTRACT

*Pagrus pagrus* is a new farmed species in Greek and Mediterranean Aquaculture industry. In Thesprotia region (NW Greece), there was marked size variability at the final growing stage of fish farm of *P. pagrus*. The purpose of this work was to compare muscle cellularity of small and large sized of farmed *P. pagrus* at the final stage of growing. Fish were sampled and sexed, data collected for meristic parameters, body weight, length & gonadal weight. Deep epaxial white muscle samples were used for measuring the size of myofibres. The results indicate that at the final growing stage, there was a large difference between the smallest and fish (min=126,6 max=630 g). Female samples tended to be larger than male samples. Increased muscle hyperplasia was evident in sexually mature large fish. There was no variation in the gonadosomatic index, morphology (Meristic parameters, Condition index, and maximum body height) between the small and large fish. The size variability observed is probably a result of a genetic element but there are some other contributing factor on the culture procedures (feeding method, fish density) and the limited number of fish grading applied during the growing phase in this particular fish farm.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική εργασία «Μυϊκή κυτταρότητα σε φαγκρί *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) από εντατική μονάδα εκτροφής» ξεκίνησε περίπου πριν ένα χρόνο. Με αφορμή την παρούσα εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθιά μια ομάδα ανθρώπων, την ομάδα του Εργαστηρίου Υδατοκαλλιεργειών και Εσωτερικών Υδάτων του ΤΕΙ Ηπείρου του Τμήματος Ιχθυοκομίας – Αλιείας, οι οποίοι διαδραμάτισαν τον κύριο ρόλο στην πορεία της προσπάθειας, της μάθησης και της εξέλιξής μου και που το ευχαριστώ είναι πολύ μικρό για να περιγράψει την ευγνωμοσύνη μου σε αυτούς.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τον κύριο Ιωάννη Πάσχο για την πολύτιμη βοήθειά του στα φοιτητικά μου χρόνια αρχικά ως προπτυχιακή και σήμερα ως μεταπτυχιακή φοιτήτρια και το ενδιαφέρον του σε επαγγελματικό επίπεδο.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στον καθηγητή μου κύριο Κοσμά Ναθαναηλίδη για την προτροπή, τη βοήθεια, τις συμβουλές και τις καθοδηγήσεις του, μα κυρίως για όλες τις πολύτιμες γνώσεις τις οποίες απέκτησα κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας αλλά και καθ' όλη την πορεία των φοιτητικών μου χρόνων.

Ευχαριστώ θερμά έναν υπέροχο άνθρωπο, την κυρία Ευαγγελία Γκούβα η οποία είναι η καθοδηγήτριά μου στα επαγγελματικά και μαθησιακά μου βήματα. Είναι η δασκάλα μου στις καθημερινές εμπειρίες στο χώρο του εργαστηρίου και καταφέρνει να δημιουργεί ένα οικείο περιβάλλον για μια καλή συνεργασία και εξέλιξη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κώστα Περδικάρη για την πνευματική βοήθειά του στο μεταπτυχιακό.

Ένα ευχαριστώ ανήκει και στην Τριμελή Συμβουλευτική Επιτροπή που οι συμβουλές και οι καθοδηγήσεις της με βοήθησαν στην ορθή συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου. Τους γονείς μου, Θεοφάνη και Αφροδίτη για την ύπαρξη μου, την υλική και ψυχική βοήθεια που μου παρέχουν από την πρώτη μέρα της ζωής μου, την προτροπή και συμπαράστασή τους σε ότι και αν αποφασίσω να κάνω καθώς και ότι καταφέρνουν να ανέχονται ακόμη τα νεύρα και τις ιδιοτροπίες μου. Να ευχαριστήσω τα αδέρφια μου Αθανάσιο, Βικτωρία, Νέστορα, και το γαμπρό μου Βασίλη για την πνευματική βοήθεια και συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού, πολλές φορές δείχνοντας τις δυνατότητες και τα όριά μου. Ένα ευχαριστώ ανήκει και στην ανιψιά μου, Έλενα, η οποία πάντα καταφέρνει να με κάνει να γελάω και να μου φτιάχνει τη διάθεση.

Άννα Θ. Εργολάβου

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΞΩΦΥΛΛΟ</b>	1
<b>COVER</b>	2
<b>ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ</b>	3
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	4
<b>ABSTRACT</b>	5
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b>	6
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	7
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	10
<b>1.1. ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΝΕΑ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ</b>	10
<b>2. ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΦΑΓΚΡΙΟΥ</b>	11
<b>2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΓΚΡΙ</b>	11
<b>2.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ</b>	12
<b>2.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>	12
<b>2.3.1. ΟΝΟΜΑΣΙΑ</b>	12
<b>2.3.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ</b>	12
<b>2.3.3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ</b>	13
<b>2.3.4. ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ – ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ</b>	14
<b>2.3.5. ΓΕΝΝΗΤΙΚΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗ</b>	15
<b>2.3.6. ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΩΑΡΙΩΝ</b>	15
<b>2.3.7. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ</b>	15
<b>2.4. ΕΚΤΡΟΦΗ</b>	16
<b>2.4.1. ΕΚΤΡΟΦΗ ΓΟΝΟΥ</b>	16
<b>2.4.2. ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ</b>	17
<b>3. ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ ΤΩΝ ΙΣΤΩΝ</b>	18
<b>3.1. Ο ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΤΩΝ ΙΧΘΥΩΝ</b>	18
<b>3.1.1. ΜΥΕΣ</b>	18
<b>3.1.2. ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΣ ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ</b>	18



<b>3.1.3. ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ</b>	21
<b>3.1.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ</b>	21
<b>3.1.5. ΛΕΥΚΕΣ ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ</b>	23
<b>3.1.6. ΕΡΥΘΡΕΣ ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ</b>	26
<b>3.1.7. ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΛΕΥΚΩΝ – ΕΡΥΘΡΩΝ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ</b>	27
<b>3.1.8. ΡΟΖ ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ</b>	28
<b>3.2. ΜΥΪΚΗ ΚΥΤΤΑΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ ΙΧΘΥΩΝ</b>	29
<b>3.2.1. ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ</b>	29
<b>3.2.2. ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ – ΚΥΤΤΑΡΟΤΗΤΑ</b>	29
<b>3.2.3. ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ZEBRA FISH</b>	30
<b>3.2.4. ΣΧΕΣΗ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ</b>	30
<b>3.2.5. ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ</b>	31
<b>3.2.6. ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ</b>	31
<b>3.2.7. ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑΣ</b>	32
<b>3.2.8. ΣΧΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ – ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑΣ</b>	34
<b>3.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗ ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ</b>	35
<b>A. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ</b>	35
<b>B. ΤΟ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ, Ο ΡΥΘΜΟΣ, Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ, Η ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ</b>	36
<b>Γ. ΟΡΜΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ</b>	37
<b>Δ. ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ: (ΕΙΔΟΣ, ΦΥΛΟ, ΤΡΙΠΛΟΕΙΔΙΑ)</b>	37
<b>Ε. ΕΠΟΧΙΑΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ</b>	39
<b>ΣΤ. Η ΚΙΝΗΣΗ (ΑΣΚΗΣΗ)</b>	40
<b>Z. ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ «ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ»</b>	40
<b>4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	41
<b>5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	42
<b>5.1. ΨΑΡΙΑ</b>	42
<b>5.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΙΣΤΟΥ</b>	42
<b>5.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ ΙΣΤΩΝ – ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ</b>	43
<b>5.4. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ</b>	45
<b>5.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΥΛΟΥ</b>	46
<b>5.6. ΙΣΤΟΛΟΓΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ</b>	47
<b>5.7. ΧΡΩΣΗ ΙΣΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ</b>	49

<b>5.8. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ</b>	49
<b>5.9. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	50
<b>6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	51
<b>7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	61
<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	67
<b>9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	68

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΝΕΑ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ

Η ιχθυοκαλλιέργεια είναι μια βιομηχανία η οποία είναι στενά συνδεδεμένη με την γεωργική ανάπτυξη (Nash, 1995). Η εκτροφή ψαριών είναι δραστηριότητα με ταχεία ανάπτυξη στην περιοχή της Μεσογείου (Vassallo et al., 2006), με την ευρωπαϊκή βιομηχανία τσιπούρας / λαβράκι να βρίσκεται στην ώριμη φάση της εξέλιξής της (Theodorou, 2002).

Στην Ελλάδα, οι θαλασσοκαλλιέργειες συμβάλλουν στο 51% της ετήσιας παραγωγής της χώρας και ακολουθούν οι οστρακοκαλλιέργειες και οι εκτροφές των εσωτερικών υδάτων (Πάσχος, 2002). Παραδείγματος χάρη, η παραγωγή ιχθύων μόνο στο νομό Θεσπρωτίας καλύπτει ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (περίπου 5%) της συνολικής εγχώριας παραγωγής (Περδικάρης και συν., 2005).

Τα κύρια εκτρεφόμενα είδη είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), αλλά και στο νομό Θεσπρωτίας έχει ξεκινήσει και η προσπάθεια εκτροφής νέων ειδών όπως το φαγκρί (*Pagrus pagrus*), μυτάκι (*Diplodus puntazzo*), γλώσσα (*Solea solea*), σαργός (*Diplodus sargus*), λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*), μουρμούρα (*Lithognathus mormyrus*), μελανούρι (*Oblada melanura*) και συκιός (*Sciaena umbra*) (Περδικάρης και συν., 2005).

Ο κύριος λόγος που αναγκάζει τους ιχθυοκαλλιεργητές να μην πειραματίζονται στην εκτροφή νέων ειδών και να επιμένουν στην εκτροφή των παραδοσιακών (τσιπούρα και λαβράκι), είναι οι επιμέρους δυσκολίες στην εκτροφή τους (Περδικάρης και συν., 2005). Έτσι, για τα είδη *Pagrus pagrus* (φαγκρί) και *Pagellus erythrinus* (λυθρίνι), οι ιχθυοκαλλιεργητές προσπαθούν να επιτύχουν χρωματισμό ο οποίος να προσομοιάζει στο φυσικό χρώμα των ειδών, παρέχοντας τροφή με κατάλληλα καροτενοειδή (Στεριώτη και συν., 2001, Περδικάρης και συν., 2005).

Παρόλα ταύτα, το *Pagrus pagrus* αποτελεί ένα σημαντικό είδος για την ελληνική και μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια (Στεριώτη και συν., 2001).

## 2. ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΦΑΓΚΡΙΟΥ (*Pagrus pagrus*)

### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΓΚΡΙ

Το φαγκρί *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) είναι ένα από τα πιο γνωστά σπαριδοειδή στην περιοχή της Μεσογείου και στα παράλια του Ατλαντικού ενώ χαρακτηρίζεται από υψηλή τιμή, υψηλά εκτιμώμενη σάρκα και προοπτικές καλής αγοράς (Pavlidis et al., 2003).

Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό υποψήφιο είδος για την ελληνική και μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια (Στεριώτη και συν., 2001) ενώ είναι ένα νέο είδος για τις Ευρωπαϊκές ιχθυοκαλλιέργειες το οποίο τείνει να εκτραφεί στην περιοχή της Μεσογείου (Soula et al., 2006) λόγω της υψηλής εμπορικής αξίας του (Hernández-Cruz et al., 1999). Το φαγκρί εμφανίζει υψηλό ρυθμό ανάπτυξης (Στεριώτη και συν., 2001, Pavlidis et al., 2003), έχει καλή ικανότητα προσαρμογής σε συνθήκες εκτροφής και δεν παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα ασθενειών (Pavlidis et al., 2003).

Στην ιχθυοκαλλιέργεια όμως παρατηρείται αλλαγή του χρώματος, από ροζ σε μαύρο, παράγοντα ανασταλτικό για τη βιομηχανική παραγωγή του (Στεριώτη και συν., 2001).

## 2.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

<b>ΦΥΛΟ :</b>	<b>Chordata</b>	<b>(Χορδωτά)</b>
<b>ΚΛΑΣΗ:</b>	<b>Actinopterygii</b>	<b>(Ακτινοπτερύγιοι)</b>
<b>ΤΑΞΗ :</b>	<b>Perciformes</b>	<b>(Περκόμορφα)</b>
<b>ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ :</b>	<b>Sparidae</b>	<b>(Σπαρίδαι)</b>
<b>ΓΕΝΟΣ :</b>	<b>Pagrus</b>	<b>(Πάγκρους)</b>
<b>ΕΙΔΟΣ :</b>	<b><i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus,1758)</b>	
<b>ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ:</b>	<b>Common seabream, red porgy</b>	

## 2.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.3.1. ΟΝΟΜΑΣΙΑ

Το γένος *Pagrus* περιλαμβάνει τέσσερα είδη ψαριών, που είναι γνωστά με την ονομασία φαγκριά (Παπαναστασίου, 1976). Η κοινή ονομασία του *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) στην Ελλάδα είναι: φαγκρί (Economidis & Koutrakis, 2001), φαγκρόπουλο ή μερτζάνι (Parakonstantinou, 1988).

### 2.3.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Σώμα επίμηκες, σχετικά βαθύ (Παπαναστασίου, 1976). Σύμφωνα με τους Nakamura et al. (1986) το φαγκρί έχει ένα ραχιαίο πτερύγιο με 12-12 άκανθες και 10-10 μαλακές ραχιαίες ακτίνες συνολικά. Το εδρικό πτερύγιο αποτελείται από 3 άκανθες και 8 μαλακές ακτίνες. Τα κοιλιακά έχουν 1 άκανθα και 5 μαλακές ακτίνες. Το θωρακικό αποτελείται από 15-16 μαλακές ακτίνες. Το λιπόδες πτερύγιο απουσιάζει. Ο αριθμός των λεπιών στην πλευρική γραμμή 53-57 (Nakamura et al., 1986).



**Εικόνα 1.** Το φαγκρί *Pagrus pagrus* από μονάδα εκτροφής στην Θεσπρωτία.

Το προεπικαλυματικό του φαγκριού είναι χωρίς λέπια (Παπαναστασίου, 1976). Οι βραγχιάκανθες στο ανώτερο άκρο 6-7 και στο κατώτερο άκρο 9-11 (Nakamura et al., 1986). Σύμφωνα με τον Παπαναστασίου (1976) οι βραγχιάκανθες 14-17 (8-10 κάτω και 6-8 πάνω) στο πρώτο βραγχιακό τόξο (Παπαναστασίου, 1976).

Το χρώμα είναι ροζέ ασημί με μία ακαθόριστη κίτρινη κηλίδα (στίγμα) σε κάθε λέπι περίπου στο πάνω μισό μέρος του σώματος όπου αυτές οι κηλίδες δίνουν την εντύπωση μιας κίτρινης ρίγας. Το ραχιαίο, ουραίο και τα πλευρικά πτερύγια είναι ροζ (Randall, 1996).

### **2.3.3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ**

Το φαγκρί είναι ενδημικό είδος και απαντάται στο Αιγαίο πέλαγος, στον Ατλαντικό ωκεανό, στη Μεσόγειο θάλασσα, στο Κανάριο ρεύμα, στην θάλασσα Κανταμπριάν, στην Καραϊβική, στην υφαλοκρηπίδα της Ανατολικής, Βόρειας και Νότιας Βραζιλίας, στην υφαλοκρηπίδα της Γκαλίσιαν, στο ρεύμα της Γουινέας, στον κόλπο του Μεξικού, στα Ιβηρικά παράλια, στην υφαλοκρηπίδα στα Βορειοανατολικά

ηπειρωτικά των Ηνωμένων Πολιτειών, στην υφαλοκρηπίδα της Παταγονίας και στη Θάλασσα του Μαρμαρά (Froese and Pauly, 2007).



**Εικόνα 2.** Χάρτης γεωγραφικής κατανομής του *Pagrus pagrus* (Froese and Pauly, 2007).

#### 2.3.4. ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ – ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Το *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) είναι βενθοπελαγικό ωκεανόδρομο (Riede, 2004). Απαντάται πάνω σε σκληρούς (πέτρινους ή χαλκώδεις) ή αμμώδεις πυθμένες (τα νεαρά άτομα συχνά βρίσκονται σε θαλάσσια βοσκοτόπια) σε βάθος έως 250m, συνήθως σε βάθη μεγαλύτερα από τα 150m (Roo et al., 1999).

Είναι σαρκοφάγο ψάρι (Παπαναστασίου, 1976). Τρέφεται με καρκινοειδή, ψάρια και μαλάκια (Bauchot & Hureau, 1990). Σύμφωνα με τον Roo και τους συνεργάτες του (1999) οι προνύμφες του φαγκριού όπως τα άλλα σπαριδοειδή και το red seabream είναι καταναλωτές ορατής τροφής. Η ορθή ανάπτυξη του οπτικού συστήματος είναι απαραίτητη για την επιτυχή σύλληψη των θηραμάτων και για την αποφυγή των αρπακτικών ενώ ηγείται της αύξησης της προνυμφικής ανάπτυξης και της επιβίωσης (Roo et al., 1999).

Στη φύση, *P. pagrus* είναι ένα πρωτόγυνο ερμαφρόδιτο είδος με τα θηλυκά να υπερέχουν σε μέγεθος μικρότερο των 40cm ολικού μήκους ενώ μια μεγαλύτερη αναλογία αρσενικών απαντάται σε μεγέθη μεγαλύτερα των 45 cm ολικού μήκους (Michelakakis et al., 2001).

### 2.3.5. ΓΕΝΝΗΤΙΚΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗ

Το φαγκρί είναι πρωτόγυνο (πρωτοθήλεο) ερμαφρόδιτο είδος (Rajuelo & Lorenzo, 1996) με όλα τα ψάρια να έχουν ωοθήκες (θηλυκές γονάδες) ή με μια υπερισχύουσα ωοθηκική περιοχή κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων χρόνων ζωής (Mylonas et al., 2004).

Η πρώτη γεννητική ωριμότητα εμφανίζεται κατά το τρίτο έτος (περίπου 24cm μήκος) ενώ εμφανίζεται πρώτα ως θηλυκό και αργότερα ως αρσενικό (Rajuelo & Lorenzo, 1996). Στην αιχμαλωσία, τα θηλυκά και τα πρώιμα αρσενικά παρατηρούνται σε ηλικία 3 ετών ενώ κατά τον τέταρτο χρόνο ζωής μόλις το 50% των θηλυκών μπορεί να είναι αναπαραγωγικά ώριμα (Mylonas et al., 2004).

### 2.3.6. ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΩΑΡΙΩΝ

Το φαγκρί είναι ένα χαρακτηριστικό ωοτόκο είδος που παράγει πελαγικά αυγά (διάμετρο 1,00 +/- 0,02mm) (Roo et al., 1999). Τα ώριμα θηλυκά σε συνθήκες εκτροφής παράγουν περίπου 200.000 αυγά Kg<sup>-1</sup> σωματικού βάρους (Kolios et al., 1997). Η μέση διάμετρος των ωαρίων κυμαίνεται από 0,991 σε 1,093mm με θερμοκρασία μεταξύ 12,2 – 14,5° C ενώ η διάμετρος μειώνεται άμεσα από την αύξηση της θερμοκρασίας νερού από 14,5° C σε 18,5° C (Michelakakis et al., 2001). Επίσης, μείωση στο μέγεθος των αυγών του *P. pagrus* παρατηρείται κατά το τέλος της αναπαραγωγικής περιόδου όταν η θερμοκρασία του νερού ανεβαίνει πάνω από 14 °C (Michelakakis et al., 2001).

### 2.3.7. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Το φαγκρί παρουσιάζει μια ασύγχρονη ωρίμανση ωαρίων και ωοτοκίας που εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος και λαμβάνει χώρα από τον Φεβρουάριο έως τα μέσα του Ιουνίου (Mylonas et al., 2004). Η αναπαραγωγή συμβαίνει σε θερμοκρασία 15-19 °C, τείνοντας να λαμβάνει χώρα την άνοιξη και εξαρτάται όμως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (πχ στα Κανάρια νησιά μπορεί να αρχίζει τον Ιανουάριο) (Rajuelo & Lorenzo, 1996). Σύμφωνα με τον Παπαναστασίου (1976) το φαγκρί αναπαράγεται τον Απρίλη – Ιούνη, όταν τα ψάρια φτάσουν το μήκος των



24cm περίπου (Παπαναστασίου, 1976). Η ωτοκία εμφανίζεται από τον Ιανουάριο έως τον Απρίλιο, κυρίως όταν τα νερά φτάνουν σε θερμοκρασίες 18-22 °C (Roo et al., 1999). Επίσης αναφέρεται ως περίοδος ωτοκίας για τα εκτρεφόμενα άτομα του Μεσογειακού φαγκριού τα μέσα του Φεβρουαρίου έως τις αρχές Ιουνίου ή από τα μέσα Φεβρουαρίου έως τα μέσα Μαΐου (Mylonas et al., 2004). Η αλατότητα κυμαίνεται από 3,9 έως 4,1‰, η θερμοκρασία από 13 έως 25 °C, η ιχθυοπυκνότητα στους γεννήτορες είναι 4 Kg m<sup>-3</sup> και η αναλογία φύλων 1:1 (Kolios et al., 1997).

## 2.4. ΕΚΤΡΟΦΗ

Το φαγκρί αποτελεί ένα πολύ σημαντικό υποψήφιο είδος για την ελληνική και μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια (Στεριώτη και συν., 2003). Πρόκειται για ένα ψάρι με υψηλό ρυθμό ανάπτυξης το οποίο ωστόσο παρουσιάζει ιδιόμορφο χρωματισμό (μαύρο αντί ροζ) υπό συνθήκες εκτροφής (Στεριώτη και συν., 2003).

Σύμφωνα με τον Kolio και τους συνεργάτες του (1997) το μείζων πρόβλημα κατά τη διάρκεια της εκτροφής του φαγκριού είναι το χρώμα του δέρματος το οποίο παρουσιάζει σκουρότερο χρώμα σε σχέση με αυτό των άγριων ατόμων (Kolios et al., 1997).

### 2.4.1. ΕΚΤΡΟΦΗ ΓΟΝΟΥ

Οι πιο κρίσιμοι παράγοντες για την ανάπτυξη του γόνου του φαγκριού κατά την μεταμόρφωση είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η ποιότητα του νερού (Pavlidis et al., 2003). Ιδανικά, η μεταμόρφωση του γόνου του φαγκριού πραγματοποιείται σε ιχθυοπυκνότητα από 20 μέχρι 25 Kg m<sup>-3</sup> και με νερό χωρίς αναισθητικό θερμοκρασίας 19 °C. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι εάν το νερό ανανεώνεται, θα πρέπει να αποφεύγονται οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ του υπάρχοντος νερού και της ποσότητας που προστίθεται (Pavlidis et al., 2003).

Σύμφωνα με τον Michelakakis και τους συνεργάτες του (2001) οι προνύμφες *P. pagrus* απορροφούν ολοκληρωτικά το λεκιθικό σάκο σε ένα μέσο ολικό μήκος των 3,93±0,09mm, τέσσερις ημέρες μετά την εκκόλαψη (98 d°). Οι περισσότερες από τις προνύμφες τρέφονται με ρότιφερ από την τρίτη ημέρα (Michelakakis et al., 2001).

Η ανάπτυξη και η επιβίωση των προνυμφών δεν επηρεάζεται από τις συγκεντρώσεις των ρότιφερ που χρησιμοποιούνται (Hernández-Cruz et al., 1999). Η κάμψη της νοτοχορδής ξεκινά την εικοστή ημέρα όταν το ολικό μήκος είναι περίπου 7,0mm (Michelakakis et al., 2001). Το στάδιο της μεταμόρφωσης από προνύμφη σε νεαρό άτομο πραγματοποιείται μεταξύ της 23<sup>ης</sup> και 32<sup>ης</sup> ημέρας μετά την εκκόλαψη, σε ένα μέσο ολικό μήκος  $12,7 \pm 1,2$ mm (Michelakakis et al., 2001). Το αρχικό φούσκωμα της νηκτικής κύστης εμφανίζεται μεταξύ της 5<sup>ης</sup> και 7<sup>ης</sup> ημέρας μετά την εκκόλαψη (Michelakakis et al., 2001).

Επίσης, όπως αναφέρει η Maragoudaki και οι συνεργάτες της (1999) το χειμώνα, η ανάπτυξη επηρεάζεται από το χρόνο ταΐσματος. Τα ψάρια τείνουν να αναπτύσσονται καλύτερα όταν τρέφονταν χωρίς περιορισμό και χειρότερα όταν τρεφόταν το βράδυ. Τα ψάρια σε χαμηλή ιχθυοπυκνότητα που ταΐζονται κατά βούληση αναπτύσσονται καλύτερα από αυτά με την υψηλή ιχθυοπυκνότητα που τρεφόνται με περιορισμένη ποσότητα ή την νύχτα (Maragoudaki et al., 1999).

#### **2.4.2. ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ**

Ένα παρασιτικό πρόβλημα πρόσφατα παρατηρήθηκε σε εκτροφή φαγκριού σε κλουβιά όπου βρέθηκε το μονογενές *Microcotyle* sp. στα βράγχια σε μεγάλη ένταση (Katharios et al., 2006). Τα μονογενή παράσιτα στους άγριους πληθυσμούς συνήθως εμφανίζονται σε μικρό αριθμό παρουσιάζοντας μικρά ή λίγα προβλήματα σε ένα πληθυσμό (Katharios et al., 2006).

### **3. ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ ΤΩΝ ΙΣΤΩΝ**

#### **3.1. Ο ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΤΩΝ ΙΧΘΥΩΝ**

##### **3.1.1. ΜΥΕΣ**

Στα ψάρια, ο μυϊκός ιστός αποτελεί ένα μεγάλο μέρος (περίπου το 40-60%) του σώματος (Bone, 1978, Kapoor & Khanna, 2004) ενώ κατά βάρος, μπορεί να συγκροτεί το 30-80% του σωματικού βάρους των ψαριών (Weatherley & Gill, 1987a, Zimmerman & Lowery, 1999). Σύμφωνα με τους Sanger και Stoiber (2001) οι μύες κολύμβησης (ή κολυμβητικοί μύες) στους τελεόστεους, συγκροτούν το 60% της ολικής σωματικής μάζας.

##### **3.1.2. ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΣ ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ**

Γενικά, ο σκελετικός μυϊκός ιστός χωρίζεται κάθετα από στρώματα συνδετικού ιστού και τα τμήματα κατά μήκος του σώματος αποκαλούνται μυομερή (ή μυοτομές) (Moyle & Cech, 2004). Οι μυϊκές ίνες από κάθε μυοτομή (myotome) συγκροτούνται μέσα σε θήκες από συνδετικό ιστό (Kapoor & Khanna, 2004). Οι μυοτομές εξωτερικά συνδέονται με συνδετικούς ιστούς με το δέρμα, εσωτερικά με το κάθετο και οριζόντιο διάφραγμα μυών ενώ γειτονικά με τα μυομερή (Myosepta) (Stiassny, 2000).

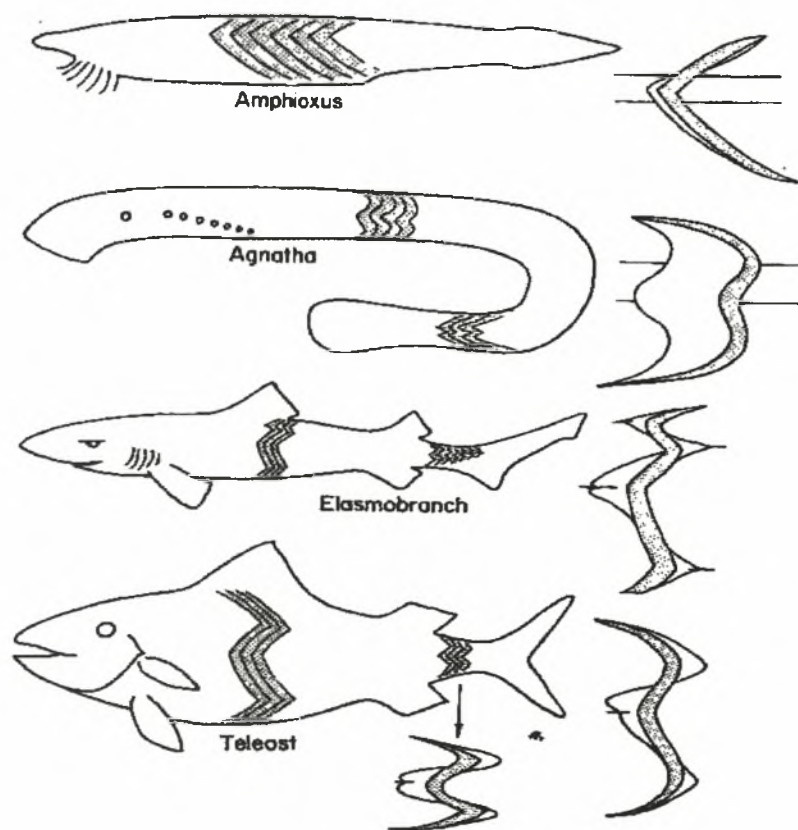
Ο πλευρικός σκελετικός μυϊκός ιστός (lateral musculature) για όλα τα ψάρια υποδιαιρείται σε τακτοποιημένες συνέχειες που αποκαλούνται μυοτομές και παρουσιάζουν σύνθετο σχήμα ενώ οριοθετούνται από συνδετικό ιστό (μυομερή) όπου μέσα σε αυτά βρίσκονται οι μυϊκές ίνες (Bone, 1978, Jobling, 1995).



**Εικόνα 3.** Απεικόνιση των μυομερών σολομού του Ατλαντικού. Διακρίνεται το τυπικό σχήμα W.

Κάθε μυοτομή περιλαμβάνει μία επιφανειακή και μια βαθύτερη περιοχή. Η επιφανειακή περιοχή είναι σφηνοειδούς – σχήματος, βρίσκεται κάτω από την πλευρική γραμμή και οι μυϊκές ίνες κινούνται παράλληλα με το σωματικό άξονα (body axis) ενώ στη βαθύτερη περιοχή οι μυϊκές ίνες έχουν ελικοειδή δομή, σχηματίζοντας γωνία μεγαλύτερη των  $40^\circ$  (Sänger & Stoiber, 2001).

Σύμφωνα με τον Stiasny (2000) τα χωριστά μυομερή μοιάζουν με W γράμμα αμέσως παρακάτω από το δέρμα. Τα μυομερή (myosepta) στους τελεόστεους είναι σύνθετα και τυλίγονται (πτύσσονται) (Stiasny, 2000) ενώ σχηματίζουν μια σειρά από επικαλυπτόμενους κώνους που στοιβάζονται κατά μήκος του άξονα και δίνουν στην μυοτομή την εικόνα του χαρακτηριστικού W σχήματος και παρατηρούνται σε παράλληλη θέση στο επίμηκες τμήμα, ενώ είναι σε κάθετη τομή (Jobling, 1995, Moyle & Cech, 2004).



**Εικόνα 4.** Απεικόνιση του σχήματος της μυτοτομής σε διάφορες ομάδες ψαριών. Παρουσιάζεται μια μεγενθυμένη εικόνα της μυτοτομής του μεσοκορμού (midtrunk) δεξιά από κάθε ψάρι ενώ η ουραία (caudal) μυτοτομή ενός τελεόστεου παρουσιάζεται χαμηλά (Bone, 1978).

Στα άγναθα οι μυτοτομές είναι ρηχού W σχήματος ενώ στους τελεόστεους και ελασμόβρανχιους οι μυτοτομές έχουν ένα σύνθετο W σχήμα με τη μορφή μιας σειράς επικαλυπτόμενων κώνων (Kuroor & Khanna, 2004). Σύμφωνα με τον Bone (1978) υπάρχει απλά μια φυλογενετική (phylogenetic) αύξηση στην περιπλοκή του σχήματος, από το απλό V-σχήμα στους αμφίοξους, σε ρηχό W-σχήμα στα άγναθα και σε βαθύ W-σχήμα στους γναθόστομους (Εικόνα 4). Αυτή η φυλογενετική αλλαγή εκφράζεται στην οντογένεση (ontogeny) των ανώτερων ομάδων ψαριών όπου η πρώτη μορφή σωματίτη έχει ένα V-σχήμα προτού διπλωθεί και δώσει το W-σχήμα στο ενήλικο άτομο.

Επίσης, οι τελεόστεοι, όπως και όλοι οι γναθόστομοι, έχουν δύο κύρια διαφράγματα μυών, το κάθετο (ή κατακόρυφο) διάφραγμα μυών (που εμφανίζεται και στα κυκλόστομα) και το οριζόντιο διάφραγμα μυών το οποίο παρουσιάζεται κυρίως κατά μήκος του σώματος (Stiassny, 2000). Σύμφωνα με τους Moyle και Cech (2004)

το οριζόντιο διάφραγμα μυών χωρίζει το μυϊκό σώμα στο άνω και κάτω μέρος του. Οι μύες του άνω μέρους αποκαλούνται επαξόνιοι μύες (eraxial muscles) ενώ οι μύες του κάτω μέρους αποκαλούνται υποαξόνιοι (hv-raxial muscles). Επίσης, το κάθετο (κατακόρυφο) διάφραγμα μυών χωρίζει τα μυομερή στο δεξί και αριστερό μέρος του σώματος (Moyle & Cech, 2004).

### 3.1.3. ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ

Όπως αναφέρουν οι Sanger και Stoiber (2001) οι κινητικοί μύες στα ψάρια είναι πάρα πολύ εξειδικευμένοι 3στε να αντιμετωπίζουν τα ενδεχόμενα υψηλών πιέσεων στο μυϊκό σύστημα με το μικρότερο ενεργειακό κόστος καθώς και για να αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες. Η λύση σε αυτές τις απαιτήσεις δίνεται με τον διαχωρισμό του κινητικού συστήματος σε μέρη τα οποία περιλαμβάνουν διαφορετικούς μυϊκούς τύπους ινών (Sanger & Stoiber, 2001).

Ο προσανατολισμός των ινών μέσα στη μυοτομή είναι σύνθετος και ποικίλει κατά μήκος του σώματος και στην απόσταση από την σπονδυλική στήλη (Karoor & Khanna, 2004).

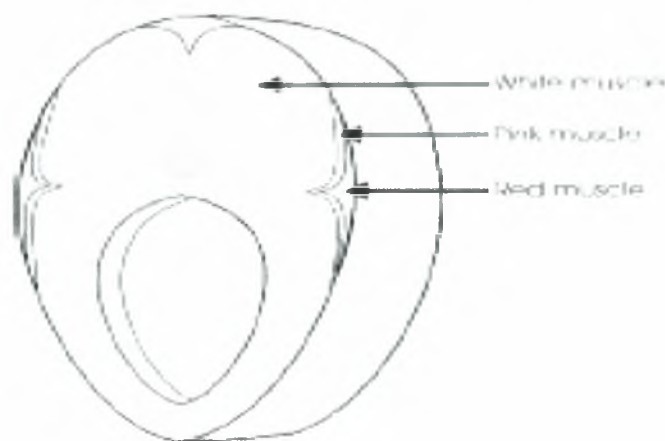
### 3.1.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

Σε αντίθεση με τα ανώτερα σπονδυλωτά, στα ψάρια, διαφορετικοί τύποι μυϊκών ινών βρίσκονται σε διαφορετικά ανατομικά σημεία. Για παράδειγμα, στα ψάρια ο ερυθρός μυϊκός ιστός βρίσκεται στις επιφανειακές μυϊκές μάζες ενώ οι λευκές ίνες βρίσκονται σε βαθύτερα στρώματα (Zimmerman & Lowery, 1999).

Γενικά, οι μυϊκές ίνες μπορούν να χωριστούν σε λευκές και ερυθρές, με την καθεμία να έχει μάλλον διαφορετική κατανομή, ιδιότητες και λειτουργίες (Jobling, 1995) ενώ μία σύγκριση μερικών κύριων χαρακτηριστικών του ερυθρού και του λευκού μυ των ψαριών έχει δωθεί από τον Webb (Karoor & Khanna, 2004). Ωστόσο, οι ξεχωριστές ίνες συχνά κατατάσσονται σε ερυθρές, ροζ ή λευκές με βάση μεταβολικές και δομικές ιδιότητες (Zimmerman & Lowery, 1999). Επίσης, το χρώμα των μυών είναι ενδεικτικό του αγγειακού βαθμού του κάθε τύπου μυών (Sanger & Stoiber, 2001). Σύμφωνα με τον Syme (2006) η τρέχουσα ορολογία ορίζει τις τρεις

κατηγορίες μυϊκών τύπων στα ψάρια με βάση το χρώμα (ερυθρό, ροζ και λευκό) εξαιτίας του περιεχομένου μυοσφαιρίνης (Syme, 2006).

Η οργάνωση των μυϊκών ινών που βρίσκουμε στους ελασμοβράγχιους και τους τελεόστεους είναι η ακόλουθη: οι σκελετικοί μύς του κορμού και της ουράς αποτελούνται κυρίως από γρήγορες-λευκές ίνες οι οποίες είναι καλυμμένες με ένα λεπτό στρώμα από αργές-ερυθρές μυϊκές ίνες ενώ ένα στρώμα από ροζ ή μεσαίες μυϊκές ίνες βρίσκεται μεταξύ αυτών των δυο στρωμάτων (Sänger & Stoiber, 2001, Kiessling et al., 2006).



**Εικόνα 5.** Μια κάθετη μυϊκή τομή ψαριού. Παρουσιάζεται η θέση του ερυθρού (Red), του ροζ (Pink) και του λευκού (White) μυϊκού ιστού (Kiessling et al., 2006).

Γενικά, οι ερυθροί μύες παρουσιάζονται σε μια λεπτή, επιφανειακή, σφηνοειδή περιοχή που βρίσκεται πλευρικά της πλευρικής γραμμής, ο ροζ μύς όταν υπάρχει εμφανίζεται κάτω από τον ερυθρό μυ ενώ ο λευκός μύς αποτελεί τον υπόλοιπο όγκο της μυϊκής μάζας (Syme, 2006). Επίσης, οι ίνες κατατάσσονται με την σειρά: αργές επιφανειακές ερυθρές ίνες, γρήγορες λευκές ίνες, και γρήγορες ερυθρές ίνες οι οποίες βρίσκονται μεταξύ των αργών ερυθρών και των γρήγορων λευκών ινών (Karoor & Khanna, 2004).

Πέρα από την διάκριση των μυϊκών ινών στους τρεις τύπους που αναφέρθηκαν (λευκό, ερυθρό, ροζ) είναι δυνατόν να διακριθούν περισσότεροι τύποι. Ο διαχωρισμός εξαρτάται από το κατά πόσον προσδιορίζονται οι διαφορές στην μικροσκοπική δομή των μυϊκών ινών, διαφορές στον μεταβολισμό, στην ιστοχημεία και στις μυϊκές πρωτεΐνες (ισόμορφα) και τις μηχανικές επιδόσεις (Sänger & Stoiber,



2001, Syme, 2006). Όπως αναφέρουν οι Karoor και Khanna (2004) ο αριθμός των ευδιάκριτων τύπων ινών ποικίλει από δύο έως πέντε και εξαρτάται από το είδος (Karoor & Khanna, 2004).

Επίσης, οι μυϊκές ίνες μπορεί να χωρίζονται ανάλογα με την βιοκινητικότητα τους σε δύο κύριους τύπους: τον τονικό (tonic) και το συσπώμενο (twitch) (Jobling, 1995, Karoor & Khanna, 2004). Οι λευκές και οι ερυθρές ίνες ανήκουν στις συσπώμενες ίνες (twitch fibers) (Karoor & Khanna, 2004). Σύμφωνα με τον Jobling (1995) οι τονικές ίνες παρουσιάζονται ως ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα και εμφανίζονται για να παίξουν ρόλο στη διατήρηση της θέσης τους κατά τη διάρκεια της κάμψης (κίνησης) του κορμού. Οι υπόλοιποι μύες περιλαμβάνουν τις συσπώμενες ίνες, οι οποίες χωρίζονται σε αρκετούς τύπους (Jobling, 1995).

Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του όγκου των μυών είναι συγκροτημένο από συσπώμενες ίνες γρήγορης-συστολής («λευκές») οι οποίες γενικά εκτείνονται σε αναερόβιο μεταβολισμό (Jobling, 1995). Μια λεπτή επιφανειακή λωρίδα με αργής-συστολής, αερόβιες («ερυθρές») μυϊκές ίνες εξαπλώνονται πάνω από τις λευκές ίνες (Jobling, 1995). Σύμφωνα με τους Karoor και Khanna (2004) οι δύο τύποι μυϊκών ινών εκθέτουν έναν αριθμό ποσοτικών διαφορών πχ. στα μιτοχόνδρια, στα αποθέματα λιπιδίων, στα μυϊκά ινίδια, στο σαρκοπλασμικό δίκτυο (sarcoplasmic reticulum), στα εγκάρσια σωληνάρια (T-tubules) οι οποίες είναι σταθερές με τις αργές και γρήγορες φυσιολογικές τους ιδιότητες (Karoor & Khanna, 2004).

Σε αντίθεση με αυτά τα προσόντα, αυτό μπορεί να θεωρείται ότι τα ψάρια έχουν δυο πολύ διαφορετικά κινητικά συστήματα στις μυοτομές (Jobling, 1995). Αυτά τα δύο κινητικά συστήματα λειτουργούν με διαφορετικό μεταβολισμό καύσης και χρησιμοποιούν διαφορετικές βιοχημικές πηγές για να απελευθερώνουν την βιοχημική ενέργεια (Jobling, 1995). Ως μια γενίκευση, οι λευκές ίνες μπορεί να κατέχουν την αναπαράσταση μυών της γρήγορης έναρξης κολύμβησης ενώ οι ερυθρές ίνες να χρησιμοποιούνται κατά την στέρεα κολύμβηση (Jobling, 1995).

### **3.1.5. ΛΕΥΚΕΣ ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ**

Οι λευκές μυϊκές ίνες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του σκελετικού μυ στα ψάρια και δεν είναι ποτέ λιγότερο από το 70% του ολικού μυ (Sänger & Stoiber, 2001, Kiessling et al., 2006).



Οι λευκές (πλαστικές ή γρήγορες) ίνες είναι εξειδικευμένες για μικρής διάρκειας ξεσπάσματα κολύμβησης με υψηλή ενεργειακή απόδοση (Moyle & Cech, 2004, Syme, 2006), ενώ υπερέχουν στο μυϊκό σώμα κατά την μέτρια δραστηριότητα στους νωθρούς (βραδείς) κολυμβητές (Moyle & Cech, 2004).

Γενικά, στα γναθόστομα ψάρια οι επιφανειακές ίνες (λευκές ή φωτεινές ή γρήγορες) σχηματίζουν γωνία μεγαλύτερη των 40 μοιρών με το μεγάλο άξονα σώματος (Karoor & Khanna, 2004). Σε αντίθεση, οι λευκές ίνες της μυοτομής ποικίλουν από το μεσαίο επίπεδο σε απόσταση και υποκλίνουν σε γωνία 10 έως περίπου 40° στον σωματικό άξονα (body axis) (Karoor & Khanna, 2004).

Οι λευκές μυϊκές ίνες έχουν διάμετρο η οποία κυμαίνεται μεταξύ του 50-100μm ή και περισσότερο (KieSSLing et al., 2006). Επίσης, η συγκέντρωση του λευκού μυ δεν είναι εξαρτώμενη στα αποθέματα οξυγόνου (Moyle & Cech, 2004).

Όπως αναφέρει ο Syme (2006) οι λευκές μυϊκές ίνες έχουν μια συγκριτικά μεγάλη διάμετρο (~75μm και μερικές φορές πολύ μεγαλύτερη), το μήκος τους είναι ευμετάβλητο (ασταθές) και εξαρτάται από το ψάρι και την ανατομία του. Έχουν χαμηλά περιεχόμενα μυοσφαιρίνης και λιπιδίων, χαμηλό αριθμό τριχοειδών (capillarization) (περίπου το ένα έκτο από ότι οι ερυθρές ίνες), ένα υψηλά αναπτυσσόμενο σαρκοπλασματικό δίκτυο και υψηλές συγκεντρώσεις μικραλβουμίνης. Επίσης, παρουσιάζουν ένα σχετικά υψηλό ρυθμό ΑΤΡάσης μυϊκών ινιδίων και μια υψηλή δραστηριότητα κρεατινικής φωσφοκινάσης (CPK), περιλαμβάνουν μιτοχόνδρια σε όγκο λιγότερο του 1 έως 4% ενώ έχουν μεταβολικό ενζυμικό προφίλ ώστε να υποστηρίζεται η χαμηλή δράση του οξυγόνου (όχι SDH ενέργεια) στις αναερόβιες δραστηριότητες οι οποίες ποικίλουν ευρέως μεταξύ των ειδών (Sänger & Stoiber, 2001, Syme, 2006).

Η ενέργεια για την σύστολή των λευκών μυϊκών ινών πηγάζει από αναερόβιες διαδικασίες (δεν χρησιμοποιείται οξυγόνο) και η άμεση τροφοδότηση ενέργειας για τις συσπάσεις προέρχεται από την υδρόλυση της φωσφοκρεατίνης, που παρουσιάζεται στο μυ (Jobling, 1995). Τα αποθέματα της φωσφοκρεατίνης είναι περιορισμένα και παρουσιάζεται μια μακρά περίοδος ανάκαμψης αυτών, ενώ η ενεργειακή τροφοδοσία για τη σύστολή των ερυθρών μυϊκών ινών πηγάζει από την ενεργοποίηση της αερόβιας γλυκογονόλυσης (Jobling, 1995).

Ο λευκός μυς συνήθως μετατρέπει το γλυκογόνο σε γαλακτικό οξύ διαμέσου αναερόβιων διαδικασιών (Moyle & Cech, 2004). Το γλυκογόνο το οποίο έχει αποθέματα στους μυς χρησιμοποιείται ως ενεργειακή πηγή, με αποτέλεσμα όμως την

συσσώρευση του γαλακτικού οξέος με συνέπειες για το μέγιστο χρονικό όριο της δυνατότητας για συνεχή χρήση τους (Jobling, 1995).

Τα αποθέματα φωσφοκρεατίνης και γλυκογόνου γρήγορα εξαντλούνται όταν οι μύες λειτουργούν αναερόβια και τότε τα ψάρια έχουν μικρή αντοχή σε υψηλές κολυμβητικές ταχύτητες (Jobling, 1995).

Όπως αναφέρει ο Jobling (1995) η σημαντική συγγένεια φωσφοκρεατίνης και αναερόβιας γλυκογονόλυσης ως ενεργειακά αποθέματα διαφέρουν μεταξύ των ειδών, ενώ σχετίζονται (συνδέονται) με την κολυμβητική συμπεριφορά. Κάποια είδη ψαριών εμφανίζουν θηρευτική συμπεριφορά που περιλαμβάνει ενέδρα και μεγάλη κολυμβητική επιτάχυνση. Αυτά τα ψάρια συνήθως εκτελούν υψηλής ταχύτητας κολύμβηση σε μικρές αποστάσεις και βασίζονται στα αποθέματα της φωσφοκρεατίνης ενώ έχουν οριακά αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου. Σε αντίθεση, είδη σαν τα σκομβροειδή και τα σολομοειδή με μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές ταχύτητες κολύμβησης τείνουν να έχουν μεγαλύτερα μυϊκά αποθέματα γλυκογόνου και οι δραστηριότητες των γλυκολυτικών ενζύμων στον μυϊκό ιστό είναι επίσης αρκετά υψηλές. Σε είδη που βασίζονται στα αποθέματα της φωσφοκρεατίνης και έχουν οριακά αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου, ο λευκός μυς μπορεί ολοκληρωτικά να αδειάσει από μεταβολικά αποθέματα μετά από 1-2 λεπτά ή λιγότερο κολύμβησης εξαιτίας της συνεχιζόμενης λειτουργίας.

Σε ψάρια τα οποία έχουν λευκό μυ ο οποίος είναι πιο εξαρτώμενος από την αναερόβια γλυκογενόλυση, έχει αυτός ο ιστός μεγαλύτερα μυϊκά αποθέματα γλυκογόνου και περιεκτικότητα γλυκολυτικών ενζύμων, και έτσι τα ψάρια αυτά μπορούν να διατηρούν σχετικά υψηλές κολυμβητικές ταχύτητες για 10-15 λεπτά ή περισσότερο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ωστόσο, ένα ψάρι μπορεί να εκτελέσει έντονη και ταχύτατη κολύμβηση για μόλις λίγα δευτερόλεπτα προτού περάσει σε μια μικρότερη ταχύτητα κολύμβησης. Αν, ωστόσο, το ψάρι έχει καταναλώσει τα ενεργειακά αποθέματα του λευκού μυϊκού ιστού, (καταδιωκτική εξάντληση) αυτό μπορεί απαιτεί 24 ώρες ή περισσότερο προτού να επιστρέψει στην ολοκληρωτική ανάκτηση των ενεργειακών αποθεμάτων (Jobling, 1995).

### 3.1.6. ΕΡΥΘΡΕΣ ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ

Οι ερυθρές μυϊκές ίνες έχουν μια μικρή σχετικά σύσταση στην ολική μυϊκή μάζα. Καταλαμβάνουν περίπου το 10% του όγκου στα περισσότερα ψάρια, μπορεί να είναι μεγαλύτερες του 30% σε άλλα ή να απουσιάζουν ολοκληρωτικά (Sänger & Stoiber, 2001, Syme, 2006). Οι ερυθρές μυϊκές ίνες συνήθως συνθέτουν λιγότερο από 10% του σκελετικού μυϊκού ιστού του κορμού και της ουράς των ιχθύων, ενώ είναι μικρές σε διάμετρο (25-45μm) (Kießling et al., 2006). Η αναλογία των ερυθρών/λευκών μυϊκών ινών του σκελετικού μυϊκού ιστού μεταβάλλεται κατά μήκος του σώματος, από την προηγούμενη μυοτομή στις πιο μεταγενέστερες (Jobling, 1995).

Επίσης, οι ερυθροί μύες αναφέρονται κοινώς ως αργοί και συγκρατούν ενέργεια, για συγκριτικά με τους λευκούς μύες, αποδοτική κολύμβηση (Kießling et al., 2006). Κατηγοριοποιούνται σε οξειδωτικούς (κατηγοριοποίηση βασισμένη στο μεταβολικό προφίλ τους - κατανομή) ή τύπος ινών I (κατηγοριοποίηση βασισμένη στη μοριακή δομή του χοντρού νημάτιου της μυοσίνη τους) (Syme, 2006).

Ο ερυθρός μυς έχει μια εκτεταμένη τροφοδοσία αίματος, περιλαμβάνει σχετικά μεγάλα ποσά μυοσφαιρίνης (ικανή να δεσμεύει οξυγόνο) και η ενέργεια από την καύσιμη ύλη (αναπνευστικό υπόστρωμα) είναι αερόβια (χρησιμοποιείται οξυγόνο) (Jobling, 1995). Επίσης, εμφανίζεται σκούρος εξαιτίας των υψηλών περιεχομένων μυοσφαιρίνης, μιτοχονδριακής πυκνότητας και του βαθμού των τριχοειδών (σε αντίθεση με τις χαμηλές συγκεντρώσεις αυτών των παραμέτρων στο λευκό μυ) (Sänger & Stoiber, 2001).

Όπως αναφέρουν οι Moyle και Cech (2004) ο ερυθρός μυς είναι ενχυόμενος με τριχοειδή και εμφανίζεται κόκκινος στο χρώμα εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων της κόκκινης, χρωστικής που δεσμεύει οξυγόνο στο αίμα (αιμοσφαιρίνη) και στο μυϊκό ιστό (μυοσφαιρίνη). Η υψηλή συγκέντρωση τριχοειδών και η παρουσία οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης επιβεβαιώνουν ότι ο ερυθρός μυς λαμβάνει επαρκή οξυγόνο για την αφθονία μιτοχονδρίων ώστε να μεταβολίσει το λίπος στη συγκράτηση των υψηλών επίπεδα της συνεχιζόμενης (αερόβιας) κολύμβησης (Moyle & Cech, 2004).

Σύμφωνα με τον Jobling (1995) η κύρια καύσιμη ύλη για τον αερόβιο μεταβολισμό είναι τα λιπαρά οξέα που προέρχονται από το λιπώδη ιστό (αποθέματα λιπιδίου) των ψαριών, ενώ η γλυκόζη από το συκώτι και τα μυϊκά αποθέματα γλυκογόνου. Αυτά τα αναπνευστικά υποστρώματα είναι συνήθως παρών σε αρκετά

μεγάλα ποσά και έχουν μια υψηλή ενεργειακή (ATP) απόδοση ανά μέρος υποστρώματος όταν μεταβολίζονται αερόβια. Αυτά κάνουν ιδεώδη υποστρώματα για την παραγωγή ενέργειας που απαιτείται για την υποστήριξη της συνεχιζόμενης κολύμβησης. Γενικά, ο ρυθμός όπου οι αερόβιες μεταβολικές διαδικασίες μπορούν να τροφοδοτούν ενέργεια (ATP) είναι οριακά εξαρτώμενες από τις ικανότητες του αναπνευστικού και καρδιαγγειακού συστήματος για την προμήθεια οξυγόνου και καύσιμης ύλης που αυτά μεταφέρονται στους μυς με τη ροή αίματος (Jobling, 1995).

### **3.1.7. ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΛΕΥΚΩΝ – ΕΡΥΘΡΩΝ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ**

Στα ψάρια ο ερυθρός μυϊκός ιστός βρίσκεται στις επιφανειακές μυϊκές μάζες ενώ οι λευκές ίνες βρίσκονται σε βαθύτερα στρώματα (Zimmerman & Lowery, 1999). Το μεγαλύτερο μέρος του όγκου των μυών είναι συγκροτημένο από λευκές μυϊκές ίνες (γρήγορης-συστολής, συσπώμενες) ενώ μια λεπτή επιφανειακή λωρίδα με ερυθρές μυϊκές ίνες (αργής-συστολής, αερόβιες) εξαπλώνονται πάνω από τις λευκές ίνες (Jobling, 1995). Επίσης, οι ερυθρές μυϊκές ίνες παρουσιάζουν μικρή διάμετρο (25-45μm) (Kießling et al., 2006). Αντίθετα οι λευκές μυϊκές ίνες έχουν μεγαλύτερη διάμετρο η οποία κυμαίνεται μεταξύ του 50-100μm ή και περισσότερο (Kießling et al., 2006).

Οι λευκές μυϊκές ίνες είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από αυτές των ερυθρών μυών, έχουν μειωμένα αποθέματα αίματος ενώ στερούνται της μυοσφαιρίνης (Moyle & Cech, 2004). Αντίθετα, οι ερυθρές μυϊκές ίνες εμφανίζονται σκούρες εξαιτίας των υψηλών περιεχομένων μυοσφαιρίνης, μιτοχονδριακής πυκνότητας και του βαθμού των τριχοειδών αγγείων (σε αντίθεση με τις χαμηλές συγκεντρώσεις αυτών των παραμέτρων στο λευκό μυ) (Sänger & Stoiber, 2001).

Επίσης, ο όγκος της πυκνότητας των μιτοχονδρίων είναι συνήθως 10-30 φορές υψηλότερος στις αργές (ερυθρές) από ότι στις γρήγορες (λευκές) μυϊκές ίνες (Karoor & Khanna, 2004).

### 3.1.8. ΡΟΖ ΜΥΪΚΕΣ ΙΝΕΣ

Οι μεσαίες ή ροζ μυϊκές ίνες δεν συνδέουν το όνομά τους μόνο εξαιτίας του ότι βρίσκονται ενδιάμεσα στην περιοχή μεταξύ ερυθρών και λευκών μυών αλλά και λόγω άλλων χαρακτηριστικών τους (Kiessling et al., 2006). Τυπικά, ένα στρώμα από ροζ ίνες έχει ενδιάμεση σύσπαση και ενδιάμεσα μεταβολικά χαρακτηριστικά από τους δύο προηγούμενους τύπους (Jobling, 1995).

Στα νεαρά και τα ενήλικα άτομα των περισσότερων τελεόστεων, ένα στρώμα από μεσαίες ή ροζ ίνες βρίσκεται μεταξύ των γρήγορων - λευκών και αργών - ερυθρών μυϊκών ινών (Jobling, 1995, Kiessling et al., 2006). Επίσης, η μέση διάμετρο των ροζ μυϊκών ινών είναι ενδιάμεση σε σχέση με τη διάμετρο των λευκών και ερυθρών μυϊκών ινών (Kiessling et al., 2006).

## 3.2. ΜΥΪΚΗ ΚΥΤΤΑΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ ΙΧΘΥΩΝ

### 3.2.1. ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Γενικά, η σωματική ανάπτυξη ενός οργανισμού παρουσιάζεται με την αύξηση στο μέγεθος του σώματος και είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης αρκετών ή όλων των ιστών (Zimmerman & Lowery, 1999).

Η ανάπτυξη στα ψάρια έχει ερευνηθεί αρκετά επειδή αποτελεί ένα καλό δείκτη υγείας των ψαριών (Kiessling et al., 2006). Η ανάπτυξη συνήθως μετριέται ως μεταβολή στο βάρος του σώματος, του μήκους, ή από άλλους παράγοντες (πχ σχέση μήκους βάρους) (Kiessling et al., 2006) ενώ αποτελεί μόνο μια έμμεση μέτρηση για την μυϊκή ανάπτυξη (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Επίσης, η ανάπτυξη των ψαριών περιλαμβάνει το σχηματισμό και την υπερτροφία των μυϊκών ινών (Johnston, 1999). Τα γεγονότα που σχετίζονται με την ανάπτυξη όπως η υπερπλασία και το μέγεθος των μυϊκών ινών διαμέτρου, έδειξαν μια καλύτερη σχέση (σύνδεση) με το μήκος του ψαριού (Karoor & Khanna, 2004).

### 3.2.2. ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΚΥΤΤΑΡΟΤΗΤΑ

Η μυϊκή ανάπτυξη των ψαριών είναι σημαντική για τις ιχθυοκαλλιέργειες (Nathanailides et al., 1996) και είναι διαφορετική από αυτήν των θηλαστικών και των πουλιών (Karoor & Khanna, 2004). Στα ψάρια, η ανάπτυξη του σκελετικού μυ εξαρτάται από την αύξηση των λευκών μυϊκών ινών οι οποίες συγκροτούν περισσότερο από το 90% του ολικού μυϊκού όγκου (Zimmerman & Lowery, 1999). Η μυϊκή ανάπτυξη στα ψάρια συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους (Kiessling et al., 2006).

Ο αριθμός και η κατανομή μεγέθους των ινών αποδίδεται ως μυϊκή κυτταρότητα και αυτό είναι πιθανόν να είναι σημαντικά καθοριστικό για τα δομικά χαρακτηριστικά της σύστασης της σάρκας (Johnston, 1999).

Η μυϊκή κυτταρότητα δείχνει σημαντική μεταβλητότητα σε σχέση με την άσκηση, τη διατροφή και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες ωστόσο οι αντιδράσεις που παρατηρούνται διαφέρουν στα αναπτυσσόμενα στάδια και στα είδη (Johnston, 1999).

Σημαντικά ενδιαφέρον είναι η επίδραση του γενότυπου και η αλληλεπίδραση του γενότυπου και του περιβάλλοντος στη μυϊκή κυτταρότητα και την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων (Johnston, 1999).

### **3.2.3. ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ZEBRA FISH**

Σύμφωνα με τον Johnston (1999) το zebrafish (*Brachydanio rerio*) είναι ένα καλό μοντέλο για την έρευνα των διαδικασιών της πρώτης ανάπτυξης ως ένα πρότυπο ιστού που μοιάζει να είναι όμοιο σε διαφορετικά είδη. Ωστόσο, το zebrafish δεν μπορεί να αποτελεί ένα γενικό μοντέλο για την μυϊκή ανάπτυξη εξαιτίας του ότι αναπτύσσεται μόνο σε ένα συγκρατημένο (μεσαίο) τελικό μέγεθος σώματος (3-5cm) και η μετά-νυμφική δημιουργία νέων ινών είναι ωστόσο μικρότερης σημασίας για αυτό το είδος σε σύγκριση με τα περισσότερα ψάρια που αποτελούν το ενδιαφέρον των ιχθυοκαλλιεργειών (Johnston, 1999).

### **3.2.4. ΣΧΕΣΗ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

Στα αναπτυσσόμενα ψάρια, η διαδικασία της σωματικής ανάπτυξης συνοδεύεται από την αύξηση της σκελετικής μυϊκής μάζας. Η αύξηση της σκελετικής μάζας συντελείται από την αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών (υπερτροφία) και την δημιουργία νέων μυϊκών ινών (υπερπλασία) (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Επίσης στα ψάρια, το μέγεθος σώματος είναι πιθανώς περιορισμένο εξαιτίας της ανάπτυξης του σκελετικού μυ ο οποίος είναι ο κύριος παράγοντας του σωματικού βάρους (Zimmerman & Lowery, 1999).

Η σχέση της μυϊκής και σωματικής ανάπτυξης διακρίνεται από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης (Kapoore & Khanna, 2004). Από την άλλη πλευρά, η μυϊκή ανάπτυξη του ψαριού εμφανίζει μεγάλη μεταβολή (απόκλιση) στο ρυθμό ανάπτυξης (Kapoore & Khanna, 2004).

### 3.2.5. ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑ

Στα ψάρια, η μυϊκή ανάπτυξη γίνεται με την αύξηση του μεγέθους των ινών (υπερτροφία) (Kiessling et al., 2006). Οι μυϊκές ίνες μεγαλώνουν (υπερτροφούν) σε ολόκληρη την μετά - εμβρυική ζωή ώσπου να φτάσουν τη μέγιστη λειτουργικά διάμετρο η οποία κυμαίνεται μεταξύ 100-300 $\mu\text{m}$  για τις γρήγορες-λευκές ίνες στα περισσότερα ψάρια (Rowlerson & Veggetti, 2001, Kiessling et al., 2006) ενώ είναι μικρότερη για τις αργές – ερυθρές ίνες σε αυτά (Rowlerson & Veggetti, 2001). Οι ίνες επίσης, αναπτύσσονται (μεγαλώνουν) σε μήκος μα η μέτρηση αυτής της μορφής υπερτροφίας χρειάζεται μια πιο σύνθετη τεχνική δειγμάτων, η οποία είναι λιγότερο χρησιμοποιήσιμη (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Επίσης, ένας δείκτης υπερτροφικής ανάπτυξης (υπερτροφίας) παρέχεται από τις διαμέτρους των μεγάλων ινών μέχρι αυτές να φτάσουν στη λειτουργικά μέγιστη τιμή, χαρακτηριστική του είδους (Rowlerson & Veggetti, 2001). Ωστόσο, το μέσο μέγεθος ινών είναι μια εντατική συσχέτιση και ένας αναξιόπιστος δείκτης για την υπερτροφική ανάπτυξη εξαιτίας της δημιουργίας νέων μυϊκών ινών (Johnston, 1999).

Σύμφωνα με τους Rowlerson και Veggetti (2001) ο ρυθμός της υπερτροφίας ποικίλει ανάλογα με το ρυθμό της σωματικής ανάπτυξης κατά τα διάφορα στάδια ζωής. Παραδείγματος χάρη, σε εκκολαπτόμενα άτομα της τσιπούρας, η μυϊκή υπερτροφική ανάπτυξη είναι πολύ αργή τις πρώτες ημέρες μετά την εκκόλαψη (με μέγιστη διάμετρο τα 11 $\mu\text{m}$ ). Στη συνέχεια κατά την μετάβαση από την διατροφή με αποθέματα του λεκιθικού σάκου, στην εξωτερική διατροφή (με τροφή από το περιβάλλον) η υπερτροφία αυξάνεται γρήγορα στις επόμενες 2-3 εβδομάδες (με μέγιστη διάμετρο τα 40 $\mu\text{m}$ ) πριν φτάσει σε ένα μεσαίο ρυθμό ανάπτυξης ο οποίος συνεχίστηκε σε ολόκληρη την νεαρή ζωή (η μέγιστη διάμετρο έφτασε τα 140 $\mu\text{m}$ ) (Veggetti et al., 1990, Rowlerson & Veggetti, 2001).

### 3.2.6. ΜΥΪΚΗ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑ

Ο σχηματισμός νέων μυών είναι σημαντικός για τα ψάρια επειδή αυτά μπορούν να φτάσουν σε ένα μεγάλο τελικό μέγεθος σώματος (Johnston, 1999). Η αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινών εξαιτίας του σχηματισμού νέων ινών αφορά την υπερπλασία (υπερπλασιακή ανάπτυξη) (Rowlerson & Veggetti, 2001). Η



σπουδαιότητα της υπερπλασίας είναι μεγαλύτερη στα μικρά ψάρια ενώ μειώνεται κατά την ανάπτυξή τους (Karoor & Khanna, 2004).

Σύμφωνα με τους Rowleron και Veggetti (2001) η κατανομή της διαμέτρου των ινών (ή του εμβαδού) και ειδικά της παρουσίας πολύ μικρών ινών σε διάμετρο, συχνά χρησιμοποιείται ως μέτρηση για την εμφάνιση των νέων ινών και κατά συνέπεια την υπερπλασία. Ωστόσο, η παρουσία των μικρών ινών δεν υποδηλώνει αναγκαία τη γρήγορη ανάπτυξη εξαιτίας ότι αυτές είναι χαρακτηριστικές του μεγέθους του ψαριού παρά του ρυθμού ανάπτυξης του (Weatherly and Gill, 1982, 1987a, Weatherly et al., 1988), ενώ επίσης, μερικά ψάρια με αργή ανάπτυξη έχουν μυϊκό περιεχόμενο από ίνες μικρής διαμέτρου (Weatherly and Gill., 1987b, Rowleron & Veggetti, 2001). Επίσης, η υπερπλασία των μυϊκών ινών μπορεί να επηρεάζεται από τα σιτηρέσια (διατροφικές δίαιτες) (Nathanailides et al., 1996).

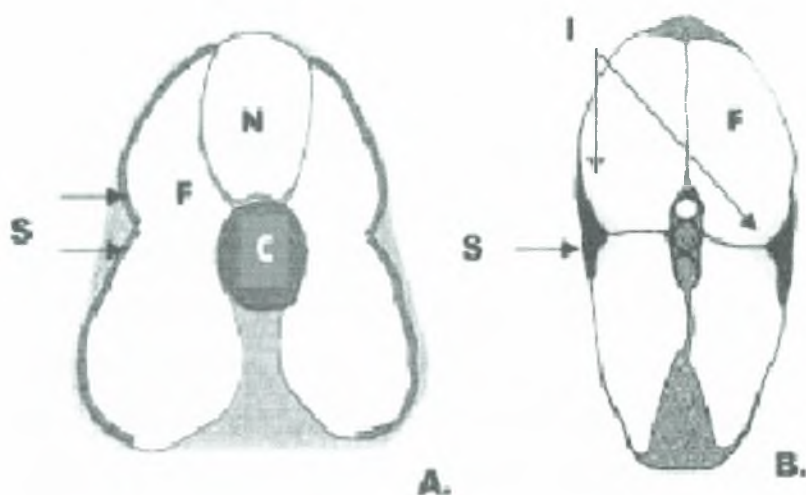
Σύμφωνα με τον Johnston (1999) η συνολική σωματική ανάπτυξη ενός ψαριού που εμφανίζεται μεταξύ της εκκόλαψης και της γεννητικής ωριμότητας, πραγματοποιείται από την υπερτροφία των μυϊκών ινών και υποστηρίζεται μεταξύ άλλων και από την δημιουργία νέων μυϊκών ινών. Παραδείγματος χάρη, στο σολομό του Ατλαντικού (*Salmo salar* L.) ο αριθμός των λευκών μυϊκών ινών σε κάθε μυοτομή είναι περίπου 5000 κατά την εκκόλαψη, 180.000 κατά την μετανάστευση στο θαλάσσιο περιβάλλον και πάνω από 1.000.000 σε ψάρι (με δύο χειμώνες στη θάλασσα) 4kg σωματικού βάρους (Johnston, 1999).

### **3.2.7. ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑΣ**

Σύμφωνα με τους Rowleron και Veggetti (2001) μετά τα αρχικά δύο στρώματα μυών που έχουν σχηματιστεί κατά την εμβρυική ζωή, η ανάπτυξη της μυϊκής υπερπλασίας συνεχίζεται σε δύο διαδοχικές και ευδιάκριτες φάσεις. Η πρώτη φάση, που αποτελεί εκτίμηση ορισμένων, είναι μια συνέχεια της εμβρυικής μυογένεσης που εμφανίζεται από την παράθεση μεταξύ μιας αναπτυσσόμενης ζώνης και ενός ολοκληρωμένου σχηματισμού των οριστικών μυϊκών στρωμάτων (αργό-ερυθρό, ροζ και γρήγορο-λευκό).

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται η απεικόνιση της κατανομής των μυϊκών ινών στο zebra fish κατά το στάδιο της προνύμφης (A) και στο ενήλικο άτομο (B). Στο στάδιο της προνύμφης είναι ορατός μόνο οι λευκές (F) και ερυθρές (S) μυϊκές ίνες

ενώ στα ενήλικα άτομα είναι ορατές οι λευκές (F), οι ροζ (I) και οι ερυθρές (S) μυϊκές ίνες.



**Εικόνα 6.** Σχηματική απεικόνιση της κατανομής ερυθρών και λευκών Μυϊκών ινών στο Zebra fish. Σε στάδιο προνύμφης (A) και ενήλικο (B).

N: νευρικός σωλήνας, C: σπονδυλική στήλη, S: ερυθρές μυϊκές ίνες, I: μεσαίες μυϊκές ίνες, F: λευκές ή γρήγορες μυϊκές ίνες (Kronie, 2000).

Γενικά, στα ψάρια, τα οποία αναπτύσσονται σε ένα μεγάλο τελικό μέγεθος (πχ είδη των ιχθυοκαλλιεργειών όπως η πέστροφα, ο σολομός, το λαβράκι, η τσιπούρα, ο κυπρίνος κα), αυτή (η πρώτη φάση) ακολουθείται από μία δεύτερη και διαφορετική υπερπλαστική διαδικασία (δημιουργία νέων μυϊκών ινών) καταλήγοντας σε μια μεγάλη αύξηση του ολικού αριθμού των ινών σε όλα τα μυϊκά στρώματα, ειδικά στο γρήγορο-λευκό στρώμα μυ το οποίο αποκτά μία τυπική ψηφιδωτή (μωσαϊκή) εμφάνιση (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Επίσης, σύμφωνα με τους Rowlerson και Veggetti (2001) ο σχετικός χρόνος της κύριας διαδικασίας της υπερπλαστικής ανάπτυξης σχετίζεται με τον κύκλο ζωής και ποικίλει μεταξύ των ειδών. Για παράδειγμα, στην τσιπούρα η πρώτη φάση υπερπλασίας ολοκληρώνεται κατά τη διάρκεια της προνύμφης ενώ η δεύτερη ξεκινά μετά τη ολοκλήρωση της μεταμόρφωσης. Σε άλλα ψάρια η πρώτη φάση μπορεί να τελειώνει νωρίτερα ενώ η δεύτερη φάση να ξεκινά πριν τη μεταμόρφωση. Ωστόσο, μια περιγραφή αυτών των δύο φάσεων ως προνυμφική και ως μετά-νυμφική δεν είναι κοινή για όλα τα είδη, και έτσι συνήθως ονομάζονται αυτές τις δύο φάσεις ως «φάση

στρωμάτωσης» (stratified) και «μωσαϊκού» (mosaic) σύμφωνα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους (Rowlerson & Veggetti, 2001).

### **3.2.8. ΣΧΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ – ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΠΛΑΣΙΑΣ**

Στα αναπτυσσόμενα ψάρια, η υπερτροφία και η υπερπλασία μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην μυϊκή ανάπτυξη ακόμη και μετά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης (Karoo & Khanna, 2004).

Σύμφωνα όμως με τους Rowlerson και Veggetti (2001) μαζί η υπερτροφία (αύξηση στο μέγεθος ινών) και η υπερπλασία (δημιουργία νέων ινών) συντελούν στη μυϊκή ανάπτυξη, ενώ η συγκριτική σημασία τους ποικίλει κατά τα διάφορα στάδια ζωής και αρχικώς επιθυμούμε να γίνεται ξεχωριστή επεξεργασία προτού συζητηθεί η σχετική τους σημασία στα διάφορα στάδια ζωής (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Παρόλο που η υπερτροφική και υπερπλαστική ανάπτυξη μαζί εξαρτώνται από την διαθεσιμότητα των μυογενών κυττάρων, η υπερτροφία στα περισσότερα ψάρια έχει μια λειτουργική μέγιστη μυϊκή διάμετρο περίπου 200μm, της οποίας τα όρια γενικά συμβάλουν στην ανάπτυξη (Rowlerson & Veggetti, 2001). Επίσης, η υπερπλασία δεν περιλαμβάνει τον πολλαπλασιασμό των μυογενών (myogenic) κυττάρων τα οποία είναι απαραίτητα για να υποστηρίξουν την υπερτροφική ανάπτυξη (Rowlerson & Veggetti, 2001).

### **3.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗ ΜΥΪΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ**

Τα ψάρια έχουν μεγάλη απόκλιση στο ρυθμό ανάπτυξής τους στη φύση καθώς και σε συνθήκες εκτροφής (Martins et al., 2005). Ο ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών ποικίλει (Kiessling et al., 2006) και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες (Pantazis & Neofitou, 2003). Η κατανόηση των βασικών αιτιών της μεταβολής (ποικιλοτήτας) του βάρους είναι κρίσιμη και αφορά την επιτυχία της εκτροφής των ψαριών (Martins et al., 2005).

#### **A. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ**

Η θερμοκρασία είναι ένας ελεγχόμενος παράγοντας για την ελεύθερη κολύμβηση, το ρυθμό μεταβολισμού, τη διατροφή και την ανάπτυξη (Nathanailides et al., 1996). Κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων ανάπτυξης (πχ εμβρυικό και προνυμφικό), οι αλλαγές στην θερμοκρασία ανάπτυξης μπορεί να επηρεάσουν τον αριθμό και /ή το μέγεθος των μυϊκών ινών και των άλλων παραγόμενων μυογενών κυττάρων ωστόσο, η ακριβής επίδραση μπορεί να ποικίλει μεταξύ των ειδών και μεταξύ των ετών (Rowlerson & Veggetti, 2001). Η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει το χρόνο διαφοροποίησης του ροζ μυ ο οποίος συμπίπτει με το χρόνο της μεταμόρφωσης. Η θερμοκρασία επίσης, εμφανίζεται να επηρεάζει το προφίλ της οξικά σταθερής mATPase ιστοχημικής δράσης στο λευκό μυ του κυπρίνου (Nathanailides et al., 1995a).

Επίσης, διάφοροι παράγοντες (θερμοκρασία, παροχή οξυγόνου, ποιότητα νερού κ.α.) μπορούν να επηρεάσουν το αναπτυσσόμενο έμβρυο και τον αριθμό των μυϊκών ινών (Ναθαναηλίδης και συν., 2000). Σύμφωνα με τον Kiessling και τους συνεργάτες του (2006) ο ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών ποικίλει και εξαρτάται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες (όπως η θερμοκρασία νερού, τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου και της αμμωνίας, την αλατότητα και τη φωτοπερίοδο). Αυτοί οι περιβαλλοντικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με άλλους παράγοντες (όπως είναι ο βαθμός συναγωνισμού, τα περιεχόμενα και η ποιότητα της

τροφής) και επηρεάζουν το ρυθμό ανάπτυξης, την ηλικία και το στάδιο γεννητικής ωρίμανσης του ψαριού (Kiessling et al., 2006).

Γενικώς, ο αριθμός των νέων μυϊκών ινών και η αύξησή τους σε συγκεκριμένη περιφέρεια (περίμετρο) ποικίλει μεταξύ των οικογενειών και των ειδών ενώ επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένου του σιτηρεσίου, της άσκησης (κίνησης), του φωτός και της θερμοκρασίας (Johnston, 1999).

## **B. ΤΟ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ, Ο ΡΥΘΜΟΣ, Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ, Η ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ**

Η υπερπλασία των μυϊκών ινών μπορεί να επηρεάζεται από τα σιτηρέσια (διατροφικές δίαιτες) (Nathanailides et al., 1996). Οι έρευνες για την επίδραση μιας διαίτας (σιτηρεσίου) στην ανάπτυξη μπορεί να περιπλέκεται από πολυάριθμους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η φωτοπερίοδος, οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις (ιεραρχίες) κλπ, επηρεάζοντας την διατροφική συμπεριφορά των ψαριών (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Μια δίαιτα με μια βέλτιστη αναλογία πρωτεϊνών και ενέργειας παρέχει ένα υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης και καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα (Yilmaz et al., 2006). Η πηγή πρωτεϊνών και ειδικά η σύσταση αμινοξέων έχει μια πρακτικά σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη των ψαριών (Rowlerson & Veggetti, 2001). Σε πείραμα τους, ο Yilmaz και οι συνεργάτες του (2006) με το αφρικάνικο γατόψαρο *Clarias gariepinus*, έδειξαν ότι τα προτιμώμενα ποσά ενέργειας στις δίαιτες του αφρικάνικου γατόψαρου είναι 12-13KJ πεπτή ενέργεια Kg<sup>-1</sup> τροφής για την βέλτιστη ανάπτυξη του, τις αιματολογικές παραμέτρους και για ένα υγιές συκώτι (Yilmaz et al., 2006).

Η γρήγορη ανάπτυξη υποδηλώνει την αφθονία τροφής και των απαραίτητων συνθηκών σε αντίθεση με την αργή ανάπτυξη η οποία υποδηλώνει το αντίθετο (Kiessling et al., 2006). Σε συνθήκες εκτροφής, η μεταβολή της ανάπτυξης μπορεί να είναι αποτέλεσμα εξωτερικών παραγόντων (πχ το πρόγραμμα και η συχνότητα διατροφής, η κοινωνική αλληλεπίδραση) και εσωτερικών παραγόντων (πχ ο μεταβολικός ρυθμός, η πεπτικότητα, τα πρωτεϊνικά επίπεδα, η κατανάλωση ενέργειας

από την κολύμβηση) (Martins et al., 2005). Μεταξύ αυτών των παραγόντων, η κοινωνική αλληλεπίδραση έχει αναγνωριστεί ως μείζων αιτία της ιδιαίτερης μεταβολής στην ανάπτυξη (Martins et al., 2005).

## **Γ. ΟΡΜΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ**

Σύμφωνα με τον Kiessling και τους συνεργάτες του (2006) οι πρωταρχικοί παράγοντες που ελέγχουν τις διαδικασίες της ανάπτυξης είναι οι αυξητικές ορμόνες οι οποίες εκκρίνονται από την υπόφυση και οι στεροειδής ορμόνες από τις γονάδες (Kiessling et al., 2006).

## **Δ. ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ: ΕΙΔΟΣ, ΦΥΛΟ, ΤΡΙΠΛΟΕΙΔΙΑ**

Υπάρχουν ενδείξεις για γενετική διαφοροποίηση της μυϊκής ανάπτυξης μεταξύ των πληθυσμών των σολομονοειδών, ειδικά σε σχέση με τον αριθμό και το μέγεθος των μυϊκών ινών (Johnston, 2001). Η μυϊκή υπερπλασία επηρεάζεται από την έκφραση γονιδίων αυξητικής ορμόνης. Σε διαγονιδιακά άτομα που εκφράζουν το *OnGH1* (γονίδιο της αυξητικής ορμόνης) είναι δυνατόν να εμφανιστεί αυξημένη μυϊκή υπερπλασία και σωματική αύξηση (Pitkänen et al., 2001). Γενετικές διαφορές μεταξύ δύο πληθυσμών του ίδιου είδους είναι δυνατόν να επηρεάσουν την μυϊκή κυτταρότητα (Ayala et al., 2001).

### **Δ1. ΣΤΟ ΕΙΔΟΣ :**

Διαφορές στα χαρακτηριστικά της μυϊκής ανάπτυξης μεταξύ των πληθυσμών μπορεί να οφείλονται στην ευρύτερη γεωγραφική-περιβαλλοντική καταγωγή τους (Johnston, 2001). Οι διαφορές στο ρυθμό ανάπτυξης οι οποίες εμφανίζονται σε κάθε πληθυσμό, μπορεί να αξιοποιηθούν με γενετική επιλογή και αναπαραγωγή και μια πολύ επιτυχή επιλογή του ρυθμού της γρήγορης ανάπτυξης όπως έχει επιτευχθεί στα σαλμονοειδή στις ιχθυοκαλλιέργειες (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου εμφανίσθηκε κληρονομικότητα της μυϊκής υπερπλασίας. Σύμφωνα με την Vieira και τους συνεργάτες της (2007) ο αριθμός και η πυκνότητα των μυϊκών ινών έδειξαν μέτρια κληρονομικότητα. Ο τελικός αριθμός των μυϊκών ινών της μυοτομικής περιοχής έχει μια ισχυρά γενετική σύσταση, ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των πληθυσμών και των οικογενειών ενώ μπορεί επίσης να τροποποιείται (αλλάζει) από τη θερμοκρασία και τη φωτοπερίοδο σε κρίσιμα σημεία του κύκλου ζωής τους (Vieira et al., 2007).

Πέρα από την επίδραση της γενετικής επιλογής στην μυϊκή κυτταρότητα, είναι δυνατόν μία καλύτερη επίδοση όσον αφορά την πάχυνση να εμφανίζεται ως αποτέλεσμα παραγόντων οι οποίοι δεν επηρεάζουν τη μυϊκή ανάπτυξη αλλά απλώς βελτιώνουν την καταλληλότητα των συνθηκών της ιχθυοκαλλιέργειας (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Είναι ωστόσο ενδιαφέρον να γνωρίζουμε ότι εάν τα ψάρια με γρηγορότερη ανάπτυξη, οι μηχανισμοί της μυϊκής ανάπτυξης απλά αντανακλούν ένα πιο προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης πχ στο σολομό (Higgins & Thorpe, 1990) ή δείχνουν μια ειδική επίδραση της υπερπλασίας (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Αντίθετα, η φαινοτυπική διακύμανση των χαρακτηριστικών ανάπτυξης μεταξύ των πληθυσμών μπορεί να είναι αποτέλεσμα περιβαλλοντικών παραγόντων όπως οι φυσικοχημικοί παράμετροι, η θερμοκρασία, η φωτοπερίοδος και η διαθεσιμότητα τροφής επιδρούν σε κάποια στάδια της οντογένεσης (Johnston, 2001).

## **Δ2. ΣΤΟ ΦΥΛΟ**

Σε κάποια είδη ψαριών ένα σημάδι φυλετικού διμορφισμού στο μέγεθος σώματος εμφανίζεται στα νεαρά άτομα που φτάνουν στο στάδιο της γενετικής ωρίμανσης. Στην τιλάπια, όπου τα αρσενικά μεγαλώνουν γρηγορότερα, η σύσταση των «υπερ-αρσενικών» γεννητόρων έδωσε αύξηση σχεδόν 95% αρσενικών απογόνων παρέχοντας μια εμπορική επιτυχία. Για παράδειγμα στη μουρούνα, ο διμορφισμός αντανακλάται στην υπερπλαστική και υπερτροφική μυϊκή ανάπτυξη στα μικρότερα αρσενικά (Calvo, 1989). Τεχνικές επίσης εκθέτουν για την παραγωγή ολο-θηλυκών πληθυσμών (χρησιμοποιώντας «νέο-αρσενικά» για αναπαραγωγή με την αναστροφή φύλου) και έχουν μεγάλη επιτυχία για τα είδη όπως η πέστροφα όπου τα αρσενικά έχουν ανεπιθύμητα εμπορικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης. Στην ερμαφρόδιτη

τσιπούρα *Sparus aurata* η αλλαγή από αρσενικό σε θηλυκό συνοδεύεται από την σημαντική αύξηση στο βάρος σώματος και μια σημαντική υπερτροφία στις γρήγορες – λευκές μυϊκές ίνες (Rowlerson & Veggetti, 2001).

### **Δ3. ΤΡΙΠΛΟΕΙΔΙΑ**

Τα τριπλοειδή σχετίζονται με την στειρότητα και μπορούν να αποφεύγουν την παραγωγική απώλεια, που σχετίζεται με την γεννητική ωριμότητα σε μερικά εκτρεφόμενα είδη (Rowlerson & Veggetti, 2001).

Σύμφωνα με τους Rowlerson και Veggetti (2001) οι γονάδες σε ώριμα ψάρια μπορεί να κατέχουν περίπου το 25% του σωματικού τους βάρους. Έτσι η βέλτιστη σημασία ενός στείρου τριπλοειδούς ατόμου είναι το γεγονός ότι η μεταβολική του προσπάθεια η οποία σε άλλη περίπτωση χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των γονάδων, μπορεί να στραφεί προς τη μεριά της μυϊκής ανάπτυξης. Στην πράξη, ωστόσο, δεν είναι εγγυημένη η ταχύτερη ανάπτυξη, ενώ κάποια τριπλοειδή δείχνουν καλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης άλλα έχουν λίγο καλύτερη ή μειωμένη ανάπτυξη από αυτήν των διπλοειδών (Poontawee et al., 2007). Γενικά όμως, τα τριπλοειδή μειωνεκτούν όταν μεγαλώνουν μαζί με διπλοειδή άτομα (Rowlerson & Veggetti, 2001) ενώ η επιβίωση και η ανάπτυξη είναι συγκριτικά χαμηλότερες στα τριπλοειδή σε σύγκριση με τα διπλοειδή στα πρώτα στάδια ανάπτυξης (Suresh & Sheehan, 1998).

### **Ε. ΕΠΟΧΙΑΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ**

Σύμφωνα με τους Rowlerson και Veggetti (2001) αρκετά ψάρια δείχνουν εποχιακές αλλαγές στο ρυθμό ανάπτυξής τους και ένας μείζονας παράγοντας αυτού είναι η θερμοκρασία του νερού. Η φωτοπερίοδος μπορεί επίσης να επηρεάζει την ανάπτυξη.

Επίσης είναι δυνατόν να εμφανίζεται αυξημένη υπερπλασία σε εποχιακές συνθήκες όπου εμφανίζονται ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες για την σωματική αύξηση (Caprene & Veggetti, 1981, Johanes & Overturf, 2006). Μεταξύ άλλων παραμέτρων έχει παρατηρηθεί η επίδραση της φωτοπερίοδου στην διαδικασία της



μυϊκής υπερπλασίας σε εκτροφή σολομού σε κλωβούς στην θάλασσα (Johnston et al., 2003).

### **ΣΤ. Η ΚΙΝΗΣΗ (ΑΣΚΗΣΗ)**

Η εκπαίδευση μπορεί να παρέχει υπερτροφία στις αργές – ερυθρές ή και στις γρήγορες - λευκές μυϊκές ίνες σε αρκετά είδη (Rowlerson & Veggetti, 2001). Η έκβαση της άσκησης είναι ποικίλα εξαρτώμενη από τα είδη, τη κολυμβητική συνήθεια και τον τύπο άσκησης (Rowlerson & Veggetti, 2001). Ωστόσο, από την πλευρά μιας ιχθυοκαλλιέργειας, υπάρχει απόδειξη ότι η συχνή ελαφριά άσκηση έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη (Rowlerson & Veggetti, 2001).

### **Ζ. ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ «ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ»**

Η θερμοκρασία επώασης στον σολομο (*Salmo salar*) επηρεάζει το μέγεθος και τον αριθμό των μυϊκών ίνων, ενώ η εμβρυϊκή μυογένεση μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη μετά την εκκόλαψη στο σολομό για τουλάχιστον περισσότερο των 3 εβδομάδων μετά την πρώτη διατροφή (Nathanailides et al., 1995b, Albokhadaim et al., 2007) ενώ παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζει το λαβράκι όπου η θερμοκρασία επώασης και ανάπτυξη σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς, επηρεάζει την μυϊκή κυτταρότητα και σωματική αύξηση στην εκτροφή σε κλωβούς (Lopez-Albors et al., 2003).

#### 4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε νέα εκτρεφόμενα είδη ιχθύων είναι σύνηθες φαινόμενο να εμφανίζεται μεγάλη διαφορά μεγεθών στα εκτρεφόμενα άτομα της ίδιας ηλικίας και που έχουν εκτραφεί στον ίδιο κλωβό. Οι διαφορές μπορεί να οφείλονται σε γενετική διαφορά μεταξύ των εκτρεφόμενων ή και σε διαφορές που προκύπτουν από τις κοινωνικές παραμέτρους εκτροφής (φαινόμενα ιεραρχίας, ιχθυοπυκνότητα, ευκαιρίες για πρόσληψη τροφής από το σύνολο των εκτρεφόμενων ατόμων σε ένα κλωβό κλπ).

Με την μετρηση του μεγέθους των μυϊκών ινών, είναι δυνατόν να εντοπιστούν τυχόν φαινοτυπικές διαφορές όσον αφορά την μυϊκή κυτταρότητα (μέγεθος και αριθμός μυϊκών ινών) και η σχέση τους με τη σωματική ανάπτυξη και το σωματικό. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διαπιστωθεί η πιθανή σχέση της μυϊκής κυτταρότητας με την σωματική αύξηση και να προσδιοριστούν τυχόν διαφορές στην μυϊκή υπερτροφία και υπερπλασία των λευκών μυϊκών ινών σε εκτρεφόμενα άτομα φαγκριού (*Pagrus pagrus*) από μονάδα εκτροφής, τα οποία ενώ είχαν την ίδια ηλικία και είχαν εκτραφεί στον ίδιο ιχθυκλωβό, παρουσίαζαν διαφορετικό μέγεθος.

## 5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις των εργαστηρίων Υδατοκαλλιεργειών και εσωτερικών υδάτων και Οικοφυσιολογίας ιχθύων του ΤΕΙ Ηπείρου.

### 5.1. ΨΑΡΙΑ

Άτομα φαγκριού (15 άτομα) τα οποία βρισκόταν στο τελικό στάδιο εκτροφής εξαλιεύθησαν στις 24 Απριλίου 2007 από μονάδα στην περιοχή της Θεσπρωτίας από ιχθυοκλωβούς και μεταφέρθηκαν οδικώς στο εργαστήριο την ίδια ημέρα μέσα σε πλαστικό ψυγείο με πάγο.

Η χρονική διάρκεια της εκτροφής των ατόμων αυτών ήταν 32 μήνες. Άρχισε το Σεπτέμβρη του 2004 (όπου τα φαγκρί ήταν γόνος) έως την ημέρα εξαλιεύσής τους (τελικό στάδιο εκτροφής). Κατά τη διάρκεια της εκτροφής των φαγκρί, η ελάχιστη θερμοκρασία κυμάνθηκε στους 10-11 °C κατά τους μήνες του Ιανουαρίου ενώ η μέγιστη ήταν 23-24 °C τους μήνες του Αύγουστου. Η ποσότητα τροφής που δινόταν καθημερινά στα ψάρια υπολογιζόταν με ποσοστά σωματικού βάρους των ψαριών. Οι αλλαγές διχτυών γινόταν συχνά (όποτε ήταν απαραίτητες) ενώ δεν πραγματοποιήθηκαν διαλογές λόγω ευαισθησίας των ψαριών. Επίσης, τα ποσοστά θνησιμότητας έφτασαν το 30% ενώ παρατηρήθηκε σημαντική ανομοιογένεια στο μέγεθος και στο βάρος σώματος των ψαριών.

Για το πειραματικό μέρος, επιλέχθηκαν άτομα που ήταν της ίδιας ηλικίας ενώ είχαν διαφορετικό μέγεθος και βάρος σώματος. Η δειγματοληψία ιστού από κάθε ψάρι καθώς και η κατάψυξη και αποθήκευση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε την ίδια ημέρα αμέσως μόλις τα άτομα έφτασαν στο χώρο του εργαστηρίου.

### 5.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΙΣΤΟΥ

Αρχικώς, σε κάθε ψάρι έγινε καθαρισμός και απομάκρυνση των λεπιών στο πίσω μέρος του σώματος. Εν συνεχεία, έγινε μία κάθετη τομή στη σάρκα με τη βοήθεια νυστεριού στην περιοχή πίσω από την έδρα και μπροστά από το εδρικό

πτερύγιο σε όλο το ύψος του σώματος. Επίσης, κάτω από την πλευρική γραμμή και στο ύψος των σπονδύλων έγιναν δύο μικρές παράλληλες τομές και μία κάθετη δημιουργώντας ένα μικρό δείγμα ιστού σε τετράγωνο σχήμα (Εικόνα 7).



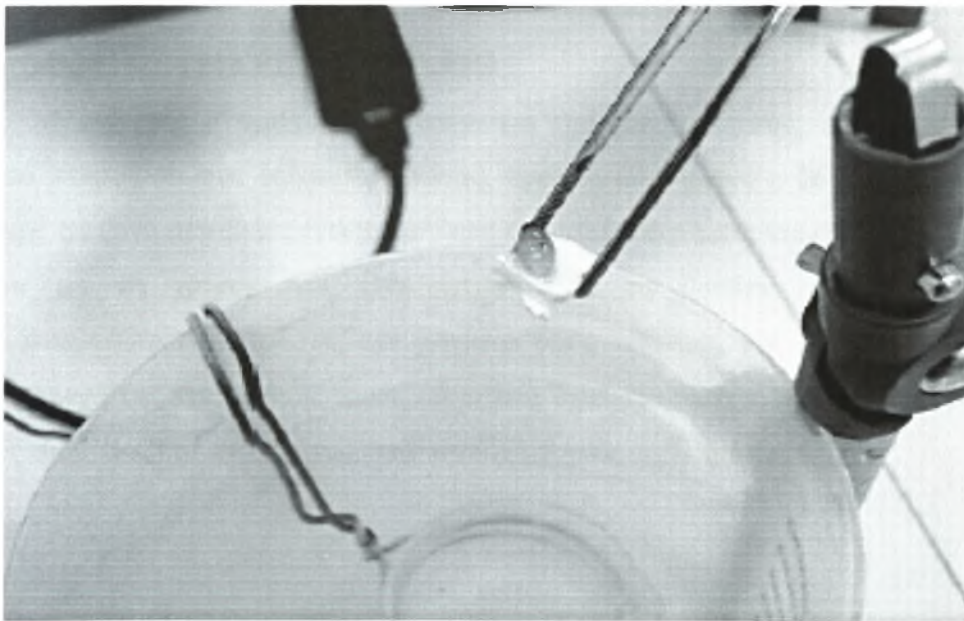
**Εικόνα 7.** Άτομο φαγκριού μετά την τομή μυϊκού ιστού. Στο κομμάτι που απομακρύνθηκε από το ψάρι ξεχωρίζει ο λευκός και ο ερυθρός μυς.

Το δείγμα ιστού αυτό περιείχε λευκό και ερυθρό μυ από τη σάρκα του φαγκριού. Η αναγνώριση του ερυθρού μυ πραγματοποιήθηκε από το χρώμα του μυός που ήταν κόκκινο αλλά και από το γεγονός ότι ο ερυθρός μυς παρουσιάζεται σαν μικρό τρίγωνο. Το δείγμα αυτό που περιείχε λευκό και ερυθρό μυ αποσπάστηκε τελικώς από όλο το υπόλοιπο μέρος του σώματος κόβοντας το κάτω μέρος του δείγματος στην περιοχή πάνω από τους σπονδύλους με νυστέρι. Το δείγμα απομακρύνθηκε από το υπόλοιπο σώμα με τη βοήθεια μιας λαβίδας.

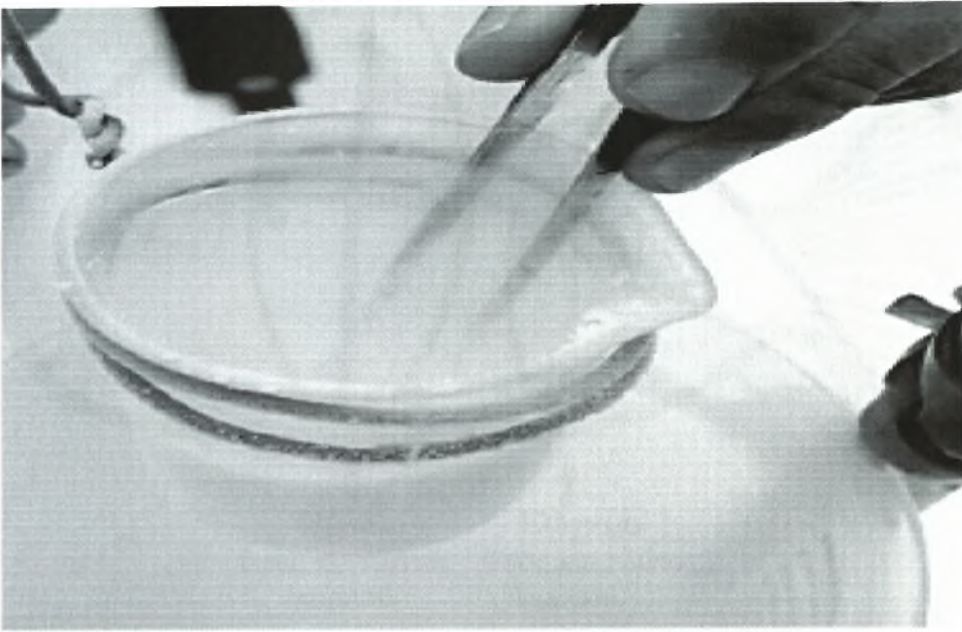
### **5.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ ΙΣΤΩΝ - ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ**

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι τομές σε όλα τα άτομα στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε ειδικό μονωτικό δοχείο το υγρό άζωτο ενώ μέσα σε αυτό βυθίστηκε ένα μικρότερο δοχείο που περιείχε εξάνιο (το οποίο σταθεροποιείται σε πολύ χαμηλή

θερμοκρασία, παραμένει υγρό και δίνει καλύτερη ψύξη των δειγμάτων). Κατά την βύθιση του δοχείου με το εξάνιο στο υγρό άζωτο παρουσιάστηκε κοχλασμός και από τα δύο υγρά. Έτσι, το υγρό άζωτο και το εξάνιο αφέθησαν να «ηρεμήσουν» για λίγη ώρα ενώ το δοχείο που περιείχε το εξάνιο πάγωσε. Αμέσως μετά, η κάθε τομή αφέθηκε για λίγα δευτερόλεπτα πάνω από το εξάνιο και στη συνέχεια τοποθετήθηκε το κάθε δείγμα ιστού μέσα στο δοχείο με το εξάνιο και παρέμεινε βυθισμένο εκεί για 30sec. Κατά τη χρονική διάρκεια αυτή το σκεύος ανακινείται ελαφρά. Μετά από τα 30sec το δείγμα απομακρύνθηκε από το εξάνιο και τοποθετήθηκε σε αριθμημένο δοχείο φύλαξης δειγμάτων το οποίο αμέσως τοποθετήθηκε στην κατάψυξη. Η όλη διαδικασία έγινε για όλα τα δείγματα ξεχωριστά. Εν συνεχεία τοποθετήθηκε αλουμινόχαρτο πάνω από το δείγμα ιστού ώστε να καλυφθεί το δείγμα, το δοχείο φύλαξης σφραγίστηκε με καπάκι και τοποθετήθηκε σε ειδικό πλαστικό ψυγείο με θέσεις υποδοχής. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε καταψύκτη βαθιάς ψύξης στους  $-70^{\circ}\text{C}$  όπου και διατηρήθηκαν σε αυτήν τη θερμοκρασία.



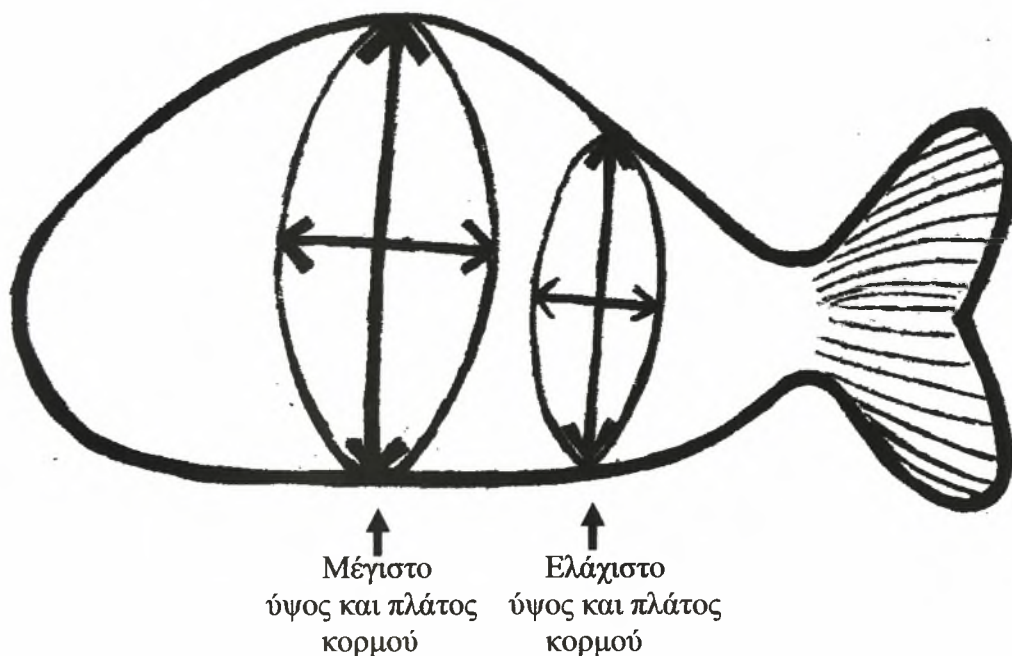
**Εικόνα 8.** Το δείγμα πριν την τοποθέτησή του στο δοχείο με το εξάνιο. Στο κάτω μέρος της φωτογραφίας φαίνεται το ειδικό σκεύος που βρίσκεται μέσα στο δοχείο με το υγρό άζωτο.



**Εικόνα 9.** Η βύθιση της τομής στο ειδικό σκεύος με το εξάνιο.

#### **5.4. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

Μετρήθηκε ο αριθμός μαλακών και σκληρών ακτίνων του ραχιαίου και εδρικού πτερυγίου στα δείγματα. Επίσης, πραγματοποιήθηκε η ζύγιση του βάρους σώματος σε ζυγό ακριβείας ενώ μετρήθηκε και το ολικό μήκος του σώματος του κάθε ατόμου με τη χρήση ενός ιχθυόμετρου. Με τη βοήθεια ενός παχύμετρου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο μέγιστο ύψος σώματος και στο ύψος σώματος στην περιοχή της ιστολογικής τομής (ελάχιστο ύψος και πλάτος κορμού) στο μέγιστο πλάτος σώματος και στο πλάτος στην περιοχή της τομής (Εικόνα 10).



**Εικόνα 10.** Σχηματική απεικόνιση με πρόχειρη σχεδίαση των περιοχών που μετρήθηκε το μέγιστο ύψος και πλάτος σώματος καθώς και το ύψος και πλάτος της κάθετης τομής.

Επίσης, προσδιορίστηκε ο δείκτης ευρωστίας σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$K = BW / TL^3 * 100$$

Όπου BW το βάρος του φαγκριού και TL το ολικό μήκος.

## 5.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΥΛΟΥ

Ο έλεγχος του φύλου του κάθε ατόμου φαγκριού έγινε με ανατομία. Στο κάθε φαγκρί έγινε τομή στην κοιλιακή περιοχή με τη βοήθεια ενός ψαλιδιού ενώ η διάκριση του φύλου έγινε από τις γονάδες οι οποίες αφαιρέθηκαν από κάθε άτομο με τη βοήθεια νυστεριού και εν συνεχεία έγινε η παρατήρησή τους σε στερεοσκόπιο. Στις θηλυκές γονάδες ήταν εμφανής ο σχηματισμός των ωαρίων ενώ οι αρσενικές γονάδες είχαν μια ρευστή υπόλευκη δομή. Επίσης, πραγματοποιήθηκε ζύγιση των γονάδων σε ζυγό. Ο γοναδοσωματικός δείκτης προσδιορίστηκε σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο :

$$\text{GSI} = \text{GW}/\text{BW} * 100$$

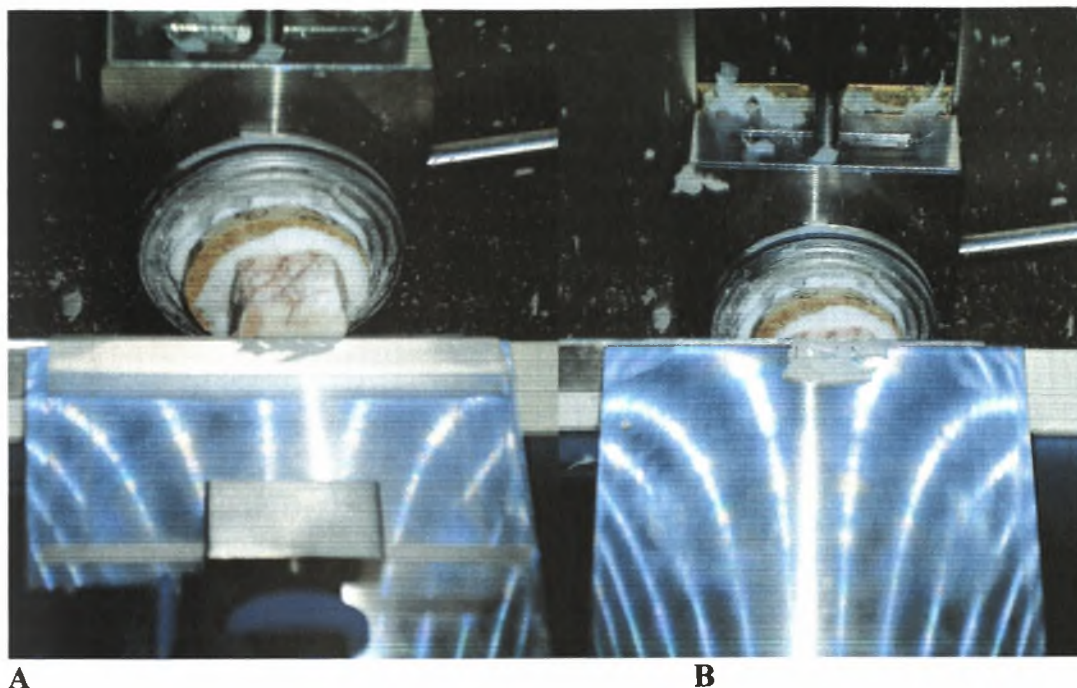
Όπου GW το βάρος των γονάδων και BW το βάρος του φαγκριού.

## 5.6. ΙΣΤΟΛΟΓΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

Μετά από ένα περίπου μήνα όπου τα δείγματα διατηρήθηκαν στην βαθιά κατάψυξη στους  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , μεταφέρθηκαν μέσα σε θερμομονωτικό ψυγείο ξεχωριστά καθένα δείγμα στην κρυτόμο και τοποθετήθηκε μέσα στο κουβούκλιο της κρυτόμου όπου η θερμοκρασία ήταν ρυθμισμένη στους  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Μετά από λίγη ώρα, πάνω στην αποσπώμενη βάση της κρυτόμου τοποθετήθηκε λίγη κόλλα για κρυτομές (GSV1) και ένα μικρό στρογγυλό κομμάτι φελλού. Μόλις πάγωσε η κόλλα, από υγρή και διάφανη έγινε λευκή και στερεοποιήθηκε. Στη συνέχεια, στο δείγμα βρέθηκε η περιοχή από όπου θα γινόταν οι τομές και η οποία περιείχε λευκό και ερυθρό μυ. Αμέσως μετά τοποθετήθηκε κόλλα στο δείγμα, στην αντίθετη μεριά από αυτή που θα πραγματοποιιόταν οι τομές ενώ το δείγμα με τη σειρά του τοποθετήθηκε πάνω στο φελλό. Μόλις το δείγμα κόλλησε, όλη η αποσπώμενη βάση μαζί με το δείγμα τοποθετήθηκαν στο ακίνητο σύστημα της κρυτόμου ακριβώς απέναντι από τη λάμα της. Ξεκίνησε η λείανση του δείγματος στην κατάλληλη περιοχή χωρίς αρχικά να πραγματοποιηθούν τομές.

Αμέσως μετά την λείανση της περιοχής του δείγματος έγινε καθαρισμός της μεταλλικής επιφάνειας της κρυτόμου με πινέλο. Στην συνέχεια, πάνω στη μεταλλική αυτή επιφάνεια εφαρμόστηκε ένα ρυθμιζόμενο πλαστικό ορθογώνιο κάλυμμα και έγινε λήψη μιας τομής  $10\mu$ . Η τομή κόπηκε από τη λάμα στην άκρη της μεταλλικής επιφάνειας και πέρασε μεταξύ αυτής και του πλαστικού καλύμματος (Εικόνα 11A). Απομακρύνοντας το κάλυμμα η τομή παρέμεινε πάνω στη μεταλλική επιφάνεια (Εικόνα 11B).





A

B

**Εικόνα 11 :** **A.** Η τομή ξεκινά να κόβεται από τη λάμα και το κομμάτι ιστού που κόβεται περνά μεταξύ της μεταλλικής επιφάνειας και του πλαστικού πλαισίου. **B.** Η τομή ολοκληρώθηκε και το λεπτό κομμάτι ιστού που βρίσκεται πάνω στην μεταλλική επιφάνεια θα απομακρυνθεί κολλώντας πάνω σε μια αντικειμενοφόρο πλάκα.

Πλησιάζοντας την αντικειμενοφόρο πάνω στην περιοχή όπου βρίσκεται η τομή, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας η τομή κολλάει πάνω στην αντικειμενοφόρο. Αυτή η διαδικασία για τη λήψη τομών (λεπτό κομμάτι ιστού) έγινε για αρκετές ακόμη φορές από το ίδιο δείγμα και σε διαφορετικές αντικειμενοφόρους πλάκες για την κάθε τομή. Στη συνέχεια, αφέθησαν να στεγνώσουν οι τομές και σημειώθηκε με μολύβι ο αριθμός του δείγματος. Κατόπιν, τα ιστολογικά παρασκευάσματα τοποθετήθηκαν μέσα σε ειδικό κουτί φύλαξης και τοποθετήθηκαν μέσα στο χώρο εργασίας της κρυοτόμου ενώ στο τέλος το κουτί αυτό τοποθετήθηκε στην κατάψυξη. Το δείγμα όπου έγιναν οι τομές απομακρύνθηκε από το σύστημα με τη βοήθεια νυστεριού, καλύφθηκε αυτή τη φορά με αλουμινοχαρτο, επανατοποθετήθηκε σε δοχείο φύλαξης και μεταφέρθηκε πάλι στη βαθιά κατάψυξη. Η ίδια διαδικασία έγινε για κάθε δείγμα χωριστά.

## 5.7. ΧΡΩΣΗ ΙΣΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ

Η χρώση των τομών πραγματοποιήθηκε με βάση την παρακάτω μέθοδο:

- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε μπλε του μεθυλενίου για 3min
- Ξέπλυμα των αντικειμενοφόρων με νερό βρύσης (από την ανάποδη μεριά και όχι από τη μεριά των τομών)
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε απεσταγμένο νερό για 5min ώστε να απομακρυνθεί το περίσσιο χρώμα
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 70% για 5min
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 90% για 5min
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 95% για 5min
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 100% για 5min
  - Στέγνωμα των αντικειμενοφόρων πάνω σε διηθητικό χαρτί
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε ειδική θήκη και εμφύσησή τους στο Neoclear για 3min
  - Στέγνωμα των αντικειμενοφόρων σε διηθητικό χαρτί και τοποθέτηση των επικαλυπτιδίων δίπλα από τις αντικειμενοφόρους
  - Τοποθέτηση 1 σταγόνας mounting medium (μέσο μονιμοποίησης) πάνω στην τομή
  - Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων πάνω στις επικαλυπτρίδες για επικάλυψη της τομής
  - Στέγνωμα των αντικειμενοφόρων και αποθήκευσή τους σε κλίβανο.

## 5.8. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ

Με τη χρήση του προγράμματος LeicaQWin Pro, ενός συστήματος ανάλυσης εικόνας σε ηλεκτρονικό υπολογιστή το οποίο ήταν συνδεδεμένο με οπτικό μικροσκόπιο μετρήθηκε το εμβαδόν των λευκών μυϊκών ινών του φαγκριού από την επαξόνια μυϊκή μάζα με μεγέθυνση X100. Συνολικά μετρήθηκαν 1424 μυϊκές ίνες σε 15 άτομα με 5 τουλάχιστον άτομα να ανήκουν στην ομάδα των ατόμων μικρού ή του μεγάλου μεγέθους ατόμων.

Συνήθως σε παρόμοιες ερευνητικές εργασίες οι ερευνητές είτε πήραν 5-7 δείγματα από ψάρια μικρού και μεγάλου μεγέθους (Alami- Durante et al., 1997) είτε

πήραν δείγματα από ψάρια διαφορετικών μεγεθών, με δείγμα 1-3 ατόμων από κάθε κατηγορία μεγέθους (Weatherly et al 1988).

Υπολογίστηκε ο θεωρητικός αριθμός των μυϊκών ινών στο κάθε ψάρι σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο :

**Θεωρητικός Αρ. Μυϊκών ινών** = Μέγεθος τομής κορμού σώματος / Μέσο μέγεθος μυϊκών ινών

## 5.9. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή σε πρόγραμμα EXCEL για την εύρεση του μέσου όρου του μεγέθους των μυϊκών ινών, του γοναδοσωματικού δείκτη, του δείκτη ευρωστίας, της τυπικής απόκλισης και της δημιουργίας των διαγραμμάτων.

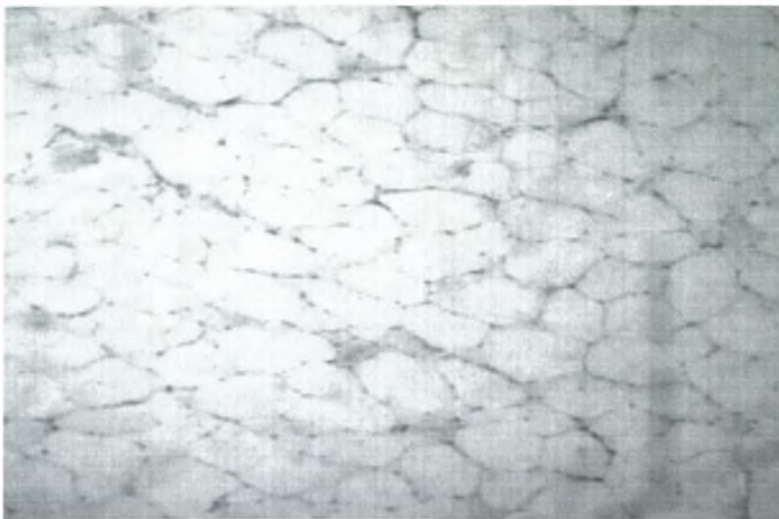
Επίσης, υπολογίστηκε η σχέση του μέσου μήκους και του βάρους σώματος του φαγκριού, βρέθηκαν οι κλάσεις των μυϊκών ινών για κάθε ομάδα, το μέσο βάρος των γονάδων, η μεριστική σχέση μεταξύ των ομάδων καθώς και το πλάτος και ύψος σώματος και στην περιοχή της τομής για κάθε ομάδα ατόμων.

Η σύγκριση μεταξύ των ομάδων έγινε με ANOVA.

## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πίνακας 1.** Σύγκριση αρσενικών και θηλυκών εκτρεφόμενων ατόμων του *P. ragrus* για τη μέση τιμή των μυϊκών ινών, το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος γονάδων, το δείκτη ευρωστίας και το γοναδοσωματικό δείκτη. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

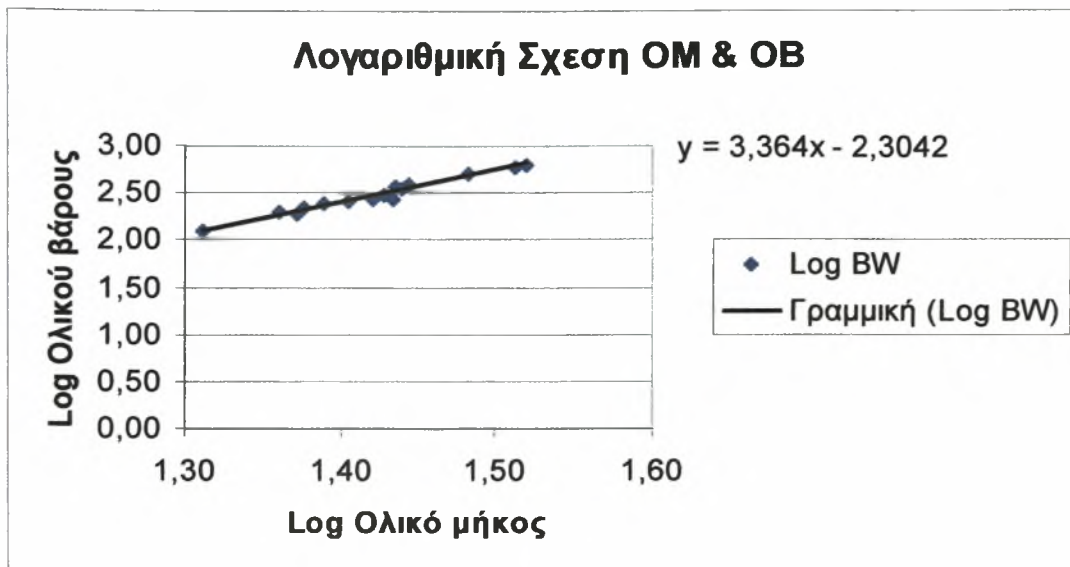
	Αρσενικά (n=7)	Θηλυκά (n=8)	ANOVA
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	4719,37 (+/- 4627,61)	3924,12 (+/- 3414,33)	P=0,6099
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	276,54 (+/- 123,3)	376,83 (+/- 9,19)	P=0,20625
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	25,3 (+/- 0,64)	27,78 (+/-3,29)	P=0,17690
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	5,3 (+/- 5,59)	9,73 (+/- 3,89)	P=0,32632
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,61 (+/- 0,22)	1,67 (+/- 0,07)	P=0,4339
$\bar{X}$ GSI	1,52 (+/-1,69)	2,51 (+/- 1,63)	P=0,19182



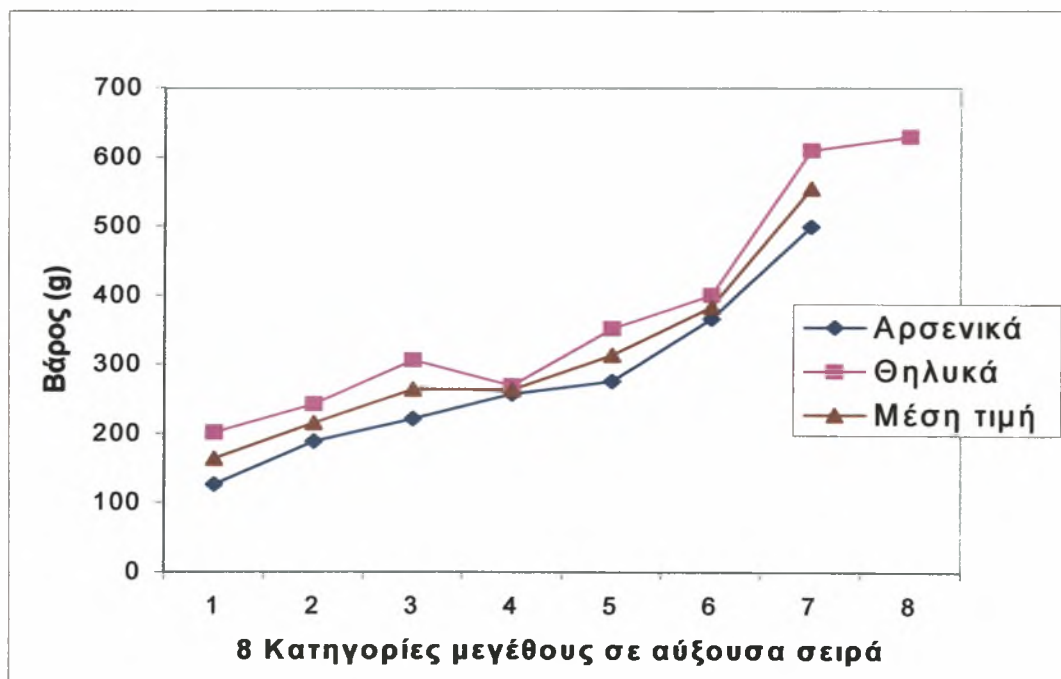
**Εικόνα 12.** Τομή από φαγκρί στο μικροσκόπιο μετά από χρώση με μπλε του μεθυλενίου και σε μεγέθυνση x100. Στην εικόνα παρουσιάζονται οι λευκές μυϊκές ίνες οι οποίες έχουν διαφορά μεγέθους.

**Πίνακας 2 : Σύγκριση μικρών και μεγάλων εκτρεφόμενων ατόμων του *P. Pagrus*.** Στην μικρή κατηγορία ελήφθησαν οι 5 μικρότερες τιμές του βάρους σώματος και στην μεγάλη κατηγορία οι 5 υψηλότερες τιμές του βάρους των φαγκριών. Η σύγκριση των δύο ομάδων αφορά τη μέση τιμή των μυϊκών ινών, το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος γονάδων, το δείκτη ευρωστίας, το γοναδοσωματικό δείκτη καθώς και τον αριθμό των σκληρών και μαλακών ακτίνων του ραχιαίου και εδρικού πτερυγίου. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

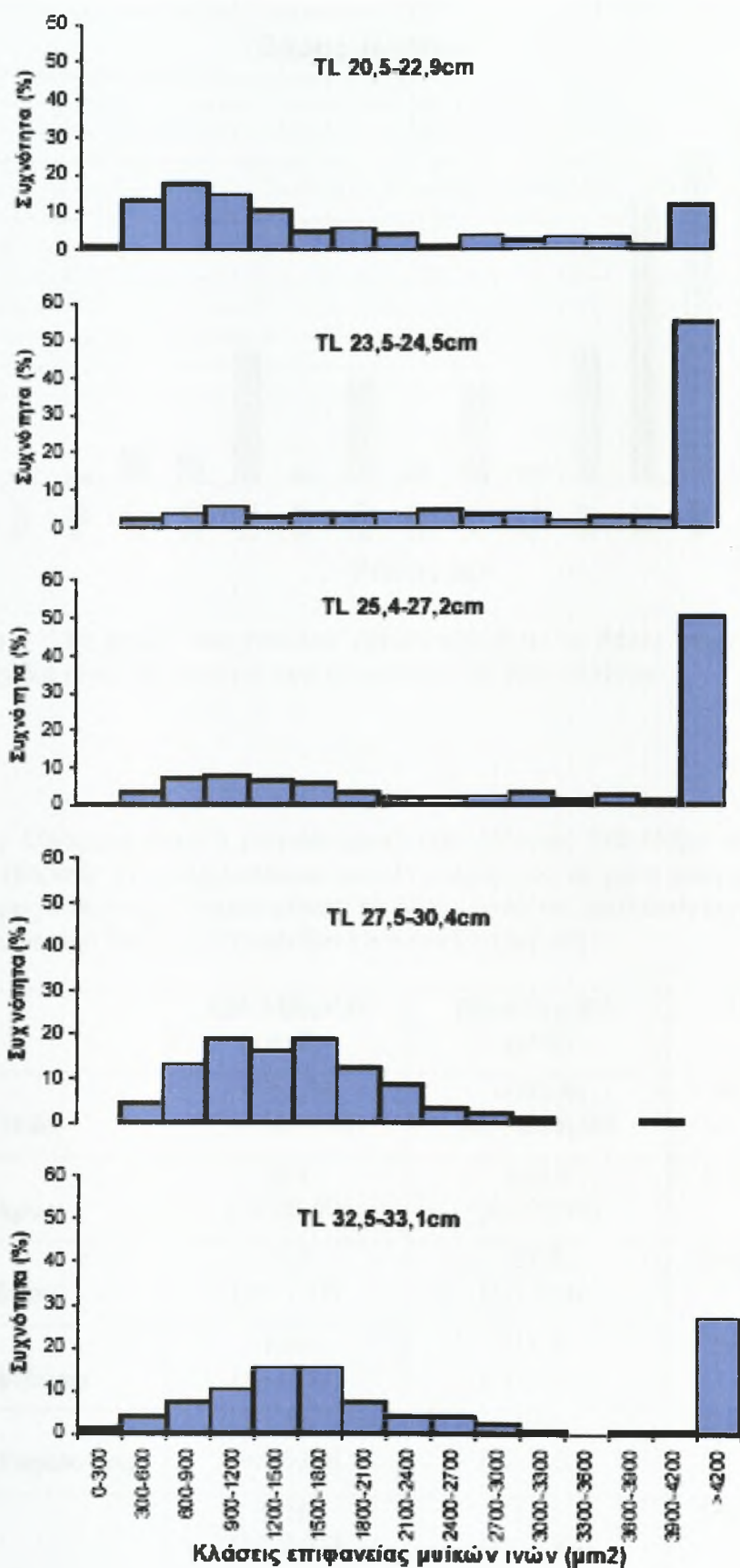
<b>ΑΡΣΕΝΙΚΑ &amp; ΘΗΛΥΚΑ</b>	<b>Μικρά (n=5)</b>	<b>Μεγάλα (n=5)</b>	<b>ANOVA</b>
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	4889,62 (+/- 3280,03)	3833,44 (+/- 3156,18)	P=0,17170
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	196,44 (+/- 44,05)	501,34 (+/- 118,99)	P=0,00066
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	23,04 (+/- 1,53)	30,2 (+/- 2,67)	P=0,00082
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	2,94 (+/- 3,49)	16,66 (+/- 8,51)	P=0,01028
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,58 (+/- 0,11)	1,80 (+/- 0,05)	P=0,00381
$\bar{X}$ GSI	1,33 (+/- 1,38)	3,42 (+/- 1,62)	P=0,0596
$\bar{X}$ αριθμός σκληρών ακτίνων ραχιαίου πτερυγίου	11,8 (+/- 0,45)	12,2 (+/- 0,45)	P=0,19501
$\bar{X}$ αριθμός μαλακών ακτίνων ραχιαίου πτερυγίου	9,4 (+/- 0,89)	9,8 (+/- 0,84)	P=0,73035
$\bar{X}$ αριθμός σκληρών ακτίνων εδρικού πτερυγίου	3,2 (+/- 0,45)	3 (+/- 0)	P=0,35591
$\bar{X}$ αριθμός μαλακών ακτίνων εδρικού πτερυγίου	8,4 (+/- 0,89)	8 (+/- 0)	P=0,6202



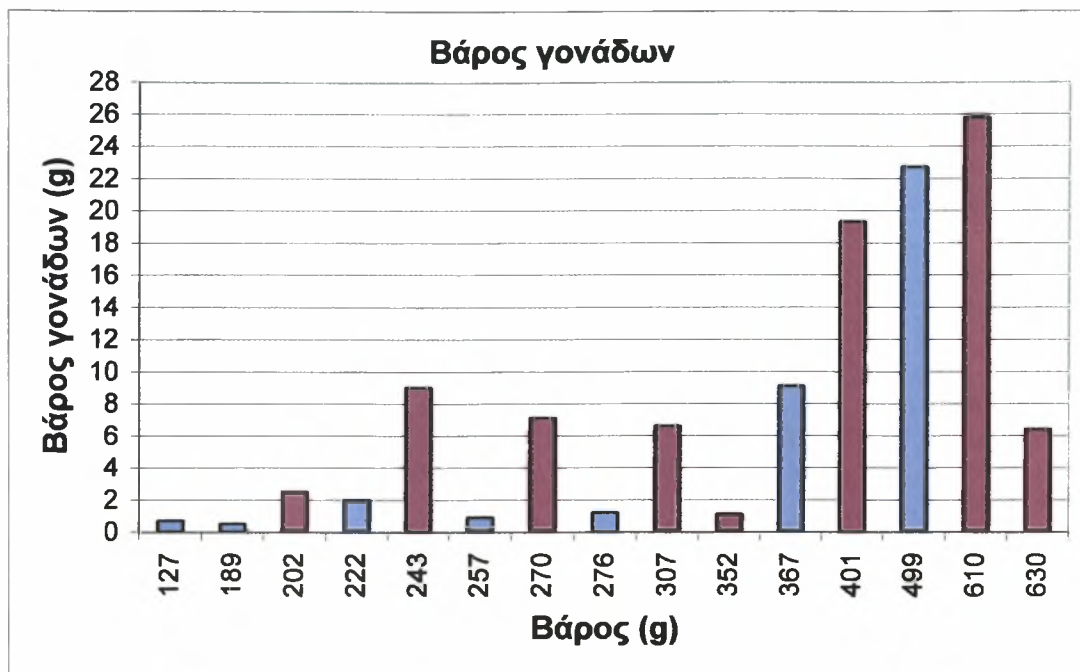
**Διάγραμμα 1α :** Λογαριθμική σχέση ολικού μήκους σώματος με βάρος σώματος (αρσενικά και θηλυκά άτομα). Η λογαριθμική σχέση μήκους βάρους είχε την μορφή  $Y=3,36X- 2,3042$ .



**Διάγραμμα 1β :** Απεικόνιση της διαφοράς του σωματικού βάρους που παρατηρήθηκε στο τελευταίο στάδιο εκτροφής του φαγκριού. Τα δείγματα κατανεμήθηκαν σε 8 κατηγορίες μήκους (αύξουσα σειρά κατά μήκος) και παρουσιάζεται το βάρος αρσενικών και θηλυκών ατόμων για κάθε κατηγορία ολικού μήκους. Αρσενικά άτομα φαγκριού (μπλε χρώμα), Θηλυκά άτομα (ροζ χρώμα) και η μέση τιμή τους (μπορντό χρώμα).



**Διάγραμμα 2 :** Κλάσεις συχνότητας μεγάλους (εμβαδών τομής) μίκων ινών σε σχέση με την αύξηση του ολικού μήκους στο φασκρί (μαζί υφαντικά και θηλυκά).



**Διάγραμμα 3 :** Το βάρος των γονάδων (g) σε σχέση με το βάρος σώματος (g). Οι γαλάζιες ράβδοι είναι τα αρσενικά ενώ οι κόκκινες τα θηλυκά άτομα.

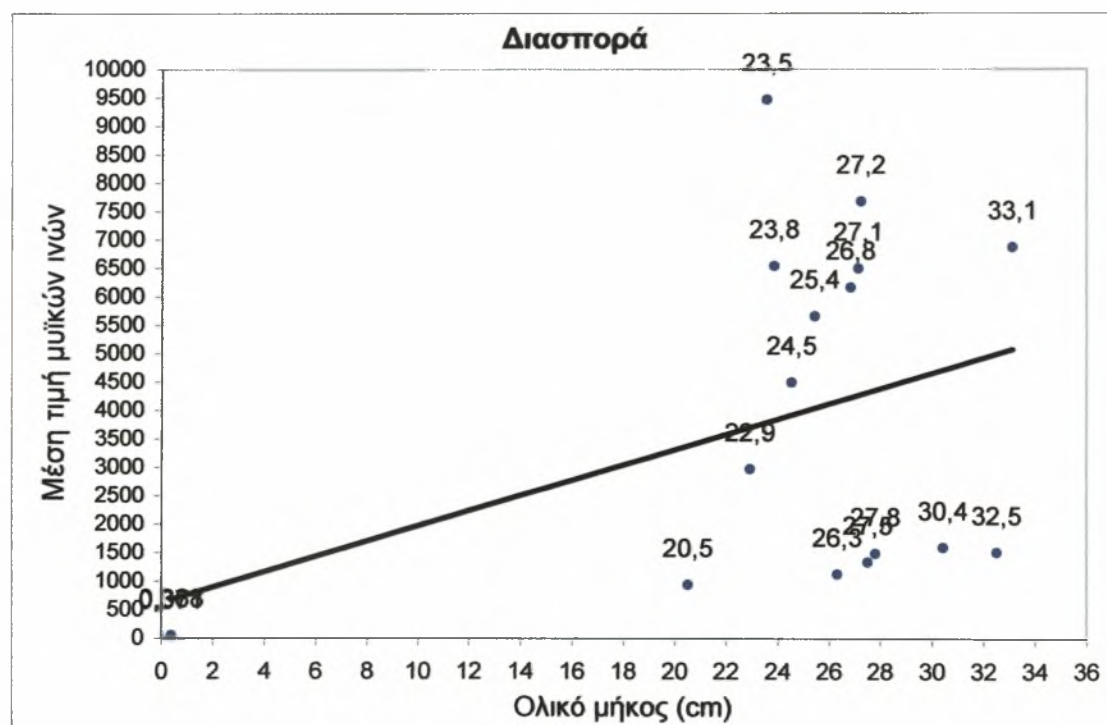
**Πίνακας 3.** Σύγκριση μεταξύ μικρών αρσενικών (βάρους 120-350g) και μεγάλων αρσενικών (βάρους 351-650g) ατόμων του *P. pagrus* για τη μέση τιμή των μυϊκών ινών, το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος γονάδων, το δείκτη ευρωστίας και το γοναδοσωματικό δείκτη. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

Αρσενικά	120-350g BW (n=5)	351-650g BW (n=2)	ANOVA
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	4751,34 (+/- 3828,88)	4639,48 (+/- 4296,39)	P=0,97332
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	214 (+/- 38,40)	432,9 (+/- 93,90)	P=0,011722
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	23,9 (+/- 1,77)	28,8 (+/- 2,26)	P=0,046729
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	1,06 (+/- 0,57)	15,9 (+/- 9,62)	P=0,00941
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,53 (+/- 0,09)	1,80 (+/- 0,03)	P=0,005946
$\bar{X}$ GSI	0,50 (+/- 0,25)	3,52 (+/- 1,46)	P=0,003394



**Πίνακας 4.** Σύγκριση μικρών θηλυκών (βάρους 120-350g) και μεγάλων θηλυκών (βάρους 351-650g) ατόμων του *P. ragrus* για τη μέση τιμή των μυϊκών ινών, το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος γονάδων, το δείκτη ευρωστίας και το γοναδοσωματικό δείκτη. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

Θηλυκά	120-350g BW (n=4)	351-650g BW (n=4)	ANOVA
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	5040,391 (+/- 231,8667)	2807,844 (+/- 107,5318)	P=0,207721
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	255,4 (+/- 26,3751)	498,25 (+/- 34,507)	P=0,017217
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	25,325 (+/- 0,212132)	30,225 (+/- 0,212132)	P=0,034148
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	6,3 (+/- 0,35355)	13,15 (+/- 12,869)	P=0,28623
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,5711 (+/- 0,16955)	1,7683 (+/- 0,1223)	P=0,055146
$\bar{X}$ GSI	2,4315 (+/-1,02726)	2,593 (+/- 2,25850)	P=0,900678



**Διάγραμμα 4 :** Διασπορά ατόμων φαγκριού. Στο κάθε δείγμα αναγράφεται το μήκος σώματος (cm). Τα δύο δείγματα στο κάτω αριστερό τμήμα του γραφήματος είναι από προηγούμενη εργασία (Ναθαναηλίδης και συν., 2000) προκειμένου να γίνει σύγκριση μεγεθών σε άτομα φαγκριού διαφορετικής ηλικίας και μεγεθών.

**Πίνακας 5.** Πίνακας σχετιζόμενος με το γράφημα της διασποράς (Διάγραμμα 4). Στην μία κατηγορία τα 5 άτομα που βρίσκονται στο κάτω δεξί μέρος της διασποράς, είναι μαζί και στην άλλη κατηγορία όλα τα υπόλοιπα άτομα του *P. ragrus*. Η μέση τιμή των μυϊκών ινών, του βάρους σώματος, του ολικού μήκους, του βάρους γονάδων, του δείκτη ευρωστίας και του γοναδοσωματικού δείκτη. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

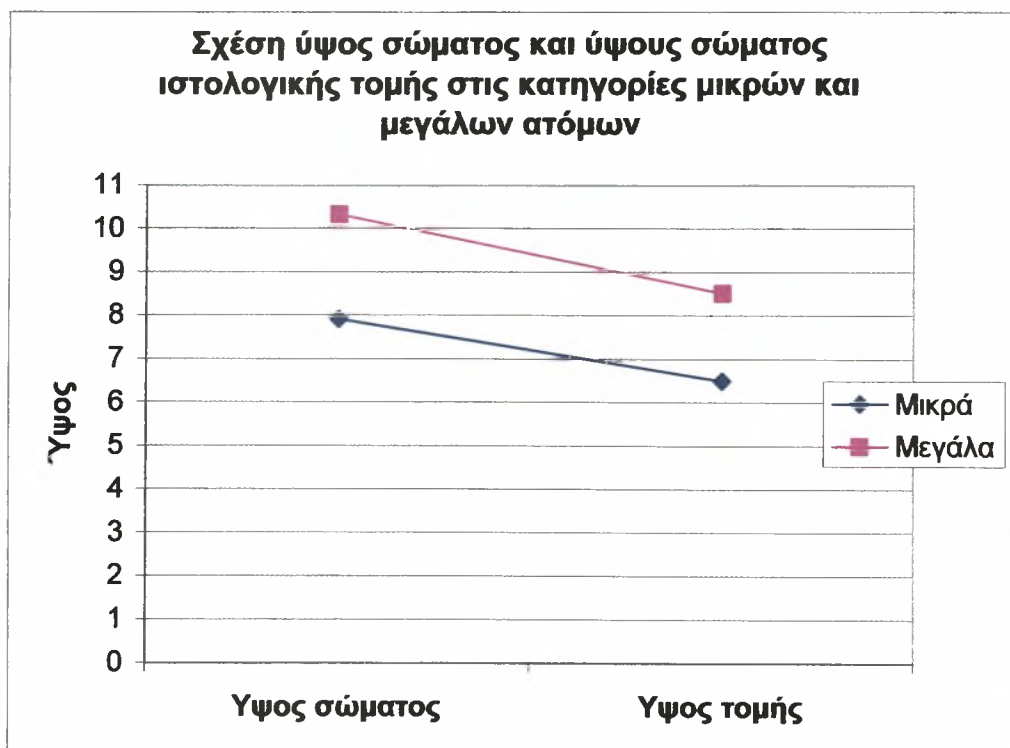
<b>ΔΙΑΣΠΟΡΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ (n=5)</b>	<b>ΟΛΑ ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ (n=10)</b>	<b>ANOVA</b>
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	1418,04 (+/- 184,58)	5733,84 (+/- 2414,36)	P=0,001767
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	427,62 (+/- 130,26)	281,23 (+/- 139,04)	P=0,071857
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	28,9 (+/-2,51)	25,48 (+/- 3,41)	P=0,069664
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	14,02 (+/- 11,97)	4,48 (+/- 3,49)	P=0,031918
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,73 (+/- 0,13)	1,60 (+/- 0,14)	P=0,115006
$\bar{X}$ GSI	2,87 (+/- 2,29)	1,53 (+/- 1,15)	P=0,14833

**Πίνακας 6:** Σύγκριση μικρών ατόμων (αρσενικά – θηλυκά) φαγκριού για τη μέση τιμή των μυϊκών ινών, το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος γονάδων, το δείκτη ευρωστίας και το γοναδοσωματικό δείκτη. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

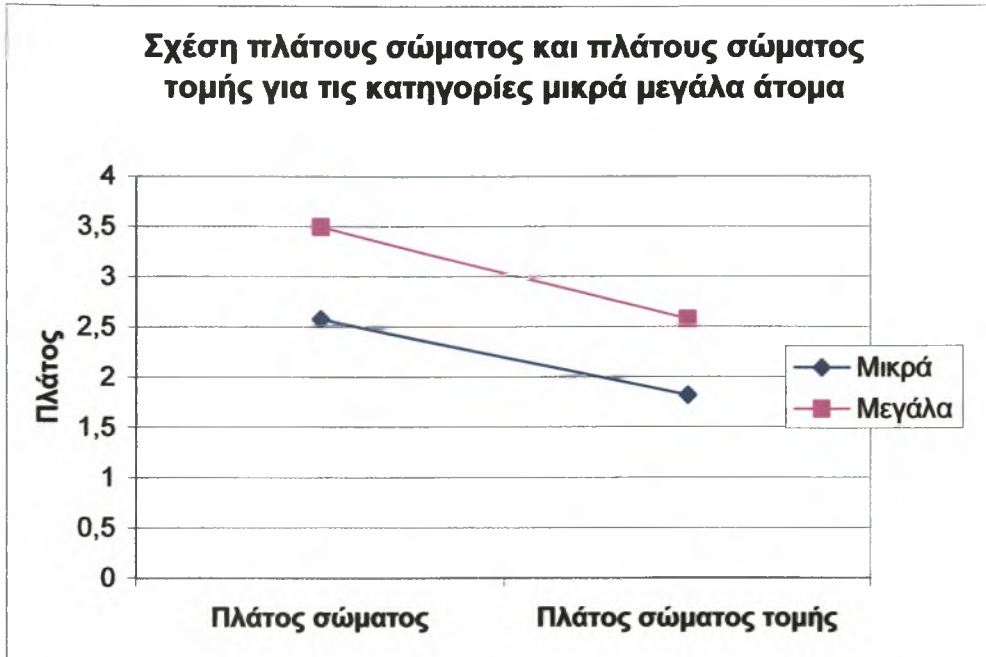
<b>ΜΙΚΡΑ</b>	<b>Αρσενικά (n=4)</b>	<b>Θηλυκά (n=3)</b>	<b>ANOVA</b>
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	5655,90 (+/- 3535,75)	4663,28 (+/- 1763,78)	P=0,678659
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	198,55 (+/- 55,45)	238,23 (+/- 34,00)	P=0,328755
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	23,3 (+/- 2,05)	24,83 (+/-2,12)	P=0,377705
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	1,03 (+/- 0,67)	6,2 (+/- 3,34)	P=0,026461
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,53 (+/- 0,09)	1,56 (+/- 0,18)	P=0,788683
$\bar{X}$ GSI	0,52 (+/- 0,28)	2,53 (+/- 1,24)	P=0,02311

**Πίνακας 7:** Σύγκριση μεγάλων ατόμων (αρσενικά – θηλυκά) φαγκριού για τη μέση τιμή των μυϊκών ινών, το βάρος σώματος, το ολικό μήκος, το βάρος γονάδων, το δείκτη ευρωστίας και το γοναδοσωματικό δείκτη. Σε παρένθεση η τυπική απόκλιση.

ΜΕΓΑΛΑ	Αρσενικά (n=3)	Θηλυκά (n=5)	ANOVA
$\bar{X}$ Μυϊκών ινών	3470,68 (+/- 3650,73)	3480,62 (+/- 2789,90)	P=0,996643
$\bar{X}$ Ολικό Βάρος	380,53 (+/- 112,41)	459,98 (+/- 149,98)	P=0,462345
$\bar{X}$ Ολικό Μήκος	28,17 (+/- 2,07)	29,54 (+/- 3,01)	P=0,516761
$\bar{X}$ Βάρος Γονάδων	11 (+/- 10,88)	11,84 (+/- 10,28)	P=0,916215
$\bar{X}$ Δείκτης Ευρωστίας	1,71 (+/- 0,17)	1,73 (+/- 0,10)	P=0,76627
$\bar{X}$ GSI	2,49 (+/- 2,06)	2,51 (+/- 1,97)	P=0,991284



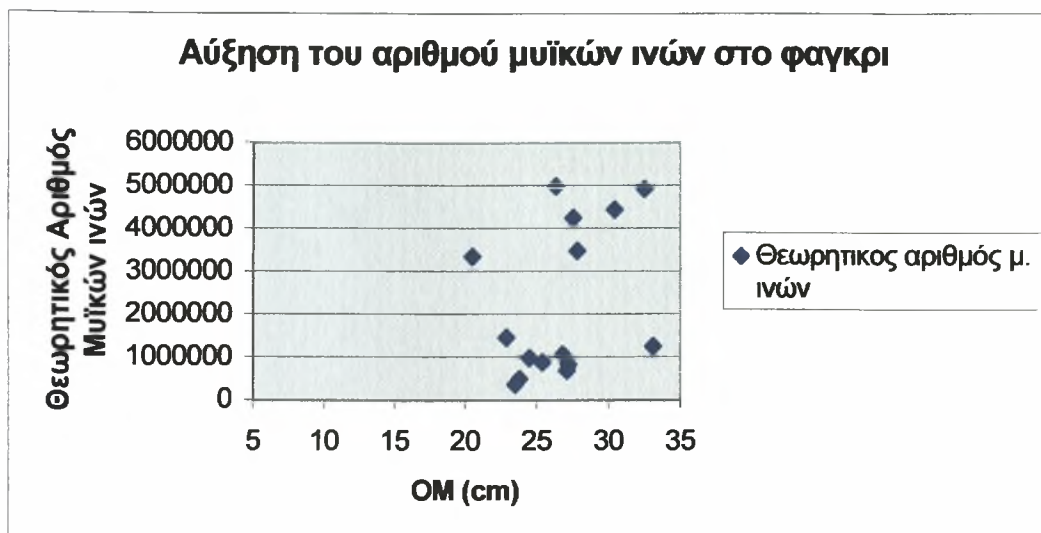
**Διάγραμμα 5 :** Η σχέση της μέσης τιμής του ύψους σώματος και της μέσης τιμής του ύψους του σώματος στην περιοχή της ιστολογικής τομής (ελάχιστο ύψος κορμού) για τις κατηγορίες των μικρών (n=5) και μεγάλων ατόμων (n=5) φαγκριού.



**Διάγραμμα 6 :** Η σχέση της μέσης τιμής του πλάτους σώματος και της μέσης τιμής του πλάτους του σώματος στην περιοχή της ιστολογικής τομής (ελάχιστο πλάτος κορμού) για τις κατηγορίες των μικρών (n=5) και μεγάλων ατόμων (n=5) φαγκριού.



**Διάγραμμα 7 :** Εμβαδό επιφανείας της περιοχής της ιστολογικής τομής του ουραίου τμήματος του κορμού του σώματος για το κάθε άτομο φαγκριού.



**Διάγραμμα 8 :** Αριθμός μυϊκών ινών στην κάθετη τομή του ουραίου τμήματος του κορμού του σώματος του φαγκριού. OM=ολικό μήκος ψαριού

## 7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### Κατανομή μεγεθών και σχέση μήκους βάρους

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο τελικό στάδιο εκτροφής του φαγκριού εμφανίστηκαν άτομα με πολύ διαφορετικό μέγεθος. Η διαφορά αυτές δεν εντοπίζονται στο φύλο (Πίνακας 1) είναι όμως αξιοσημείωτο ότι τα δύο μικρότερα σε μέγεθος άτομα ήταν αρσενικά, ενώ τα δύο μεγαλύτερα ήταν θηλυκά. Το μικρότερο θηλυκό παρουσιάζει βάρος 50g περισσότερο από ότι το μικρότερο αρσενικό ενώ για το μεγαλύτερο θηλυκό η διαφορά βάρους του σε σχέση με το μεγαλύτερο αρσενικό είναι περίπου 120g (Διάγραμμα 1β). Αν και δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά μεγέθους αρσενικών και θηλυκών, είναι αξιοσημείωτο ότι η μέση τιμή των δύο ομάδων διαφέρει με κατά 36,2% να είναι μεγαλύτερο το βάρος των θηλυκών ατόμων.

Το *P. ragrus* είναι ένα πρωτόγυνο ερμαφρόδιτο είδος (Pajuelo & Lorenzo, 1996; Michelakakis et al., 2001) συγκεκριμένα, πρώτα εμφανίζεται ως θηλυκό και έπειτα ως αρσενικό (Pajuelo & Lorenzo, 1996). Οι μικρότερες τιμές στο βάρος και στο μήκος για τα αρσενικά άτομα πιθανότατα να συμβαίνουν εξαιτίας της αναστροφής του φύλου (από θηλυκό σε αρσενικό) με αποτέλεσμα τα ανεστραμμένα αρσενικά να χρησιμοποιούν την ενέργεια της τροφής όχι για ανάπτυξη αλλά στους μηχανισμούς της αναστροφής του φύλου.

Στα αρσενικά ψάρια συνήθως μειώνεται η ανάπτυξη κατά την γεννητική ωριμότητα γι' αυτό η κατανομή μεγέθους στα ενήλικα άτομα αντανακλά το μέγεθος της ωριμότητας (Kolluru & Reznick, 1996). Κάτι παρόμοιο εμφανίζουν και τα αρσενικά άτομα του φαγκριού και γι' αυτό το λόγο τείνει το μέγεθος των αρσενικών να είναι μικρότερο από αυτό των θηλυκών.

Στα Διαγράμματα 1α και 1β φαίνεται ότι υπάρχει μια άριστη σχέση μήκους και βάρους και στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα. Με πιο απλά λόγια όσο αυξάνεται το μήκος, αυξάνεται και το βάρος σε περίπου αναλογική κλίμακα και για τα δύο φύλα. Η λογαριθμική σχέση μήκους βάρους είχε την μορφή  $Y=3,36X- 2,3042$ .

### Βάρος γονάδων

Στο Διάγραμμα 3 και στις τιμές φαίνεται ότι στα μικρότερα άτομα (127-222g) έχουν αναπτυχθεί οι γονάδες οι οποίες είναι πολύ μικρές σε βάρος (μέχρι 2g) και για τα δυο φύλα. Στα ενδιάμεσα άτομα (με ολικό μήκος μεγαλύτερο των 24cm) φαίνεται τα θηλυκά να έχουν φτάσει σε γεννητική ωριμότητα και έχουν μεγαλύτερο βάρος γονάδων (μέχρι 9g) σε σχέση με τα μεσαία αρσενικά άτομα (βάρος γονάδων <2g). Τέλος τα μεγάλα άτομα έχουν αναπαραγωγικά ώριμες γονάδες και τα δυο φύλα.

Η ωριμότητα σχετίζεται με το μέγεθος του ψαριού (Pawson & Pickett, 1996). Παραδείγματος χάρη, τα αρσενικά λαβράκια ωριμάζουν για πρώτη φορά σε ολικό μήκος 32-36cm, μα αν και αρκετά θηλυκά δείχνουν ίχνη γοναδικής ανάπτυξης σε αυτό το στάδιο, σε αρσενικά <42cm παρατηρούνται ανεπτυγμένες (ώριμες ή εξαντλημένες) γονάδες (Pawson & Pickett, 1996). Στο φαγκρί, η πρώτη γεννητική ωριμότητα εμφανίζεται κατά το τρίτο έτος (όταν περίπου είναι 24cm μήκος) (Pajuelo & Lorenzo, 1996). Αναπαράγεται τον Απρίλη – Ιούνη, όταν τα ψάρια φτάσουν το μήκος των 24cm περίπου (Παπαναστασίου, 1976). Συγκρίνοντας, τα αρσενικά άτομα τα οποία είναι περίπου σε ολικό μήκος 23,5-27cm, μάλλον εμφανίζουν πρώτη γεννητική ωριμότητα. Τα μεγαλύτερα ψάρια και λόγω μεγέθους, ίσως να έχουν περάσει την πρώτη γεννητική ωριμότητα και να βρίσκονται στη δεύτερη ή την τρίτη.

Επίσης, το *P. pagrus* είναι ένα πρωτόγονο ερμαφρόδιτο είδος (Pajuelo & Lorenzo, 1996, Michelakakis et al., 2001) και συγκεκριμένα, πρώτα εμφανίζεται ως θηλυκό και έπειτα ως αρσενικό (Pajuelo & Lorenzo, 1996). Στο πίνακα 7 υπάρχει μια στατιστική διαφορά στο βάρος των γονάδων ( $P=0,026461$ ) και στο γοναδοσωματικό δείκτη ( $P=0,0231$ ) μεταξύ των μικρών αρσενικών και θηλυκών ατόμων, με τα αρσενικά να έχουν πολύ μικρότερο βάρος γονάδων σε σχέση με τα θηλυκά.

Επίσης, από σύγκριση του Πίνακα 4 και του Πίνακα 5, φαίνεται ότι οι δύο κατηγορίες στον κάθε πίνακα έχουν σημαντικά στατιστική διαφορά στο βάρος των γονάδων ( $P=0,00941$ ) και στο γοναδοσωματικό δείκτη ( $P=0,003394$ ) μεταξύ των αρσενικών 120-350g και 351-650g γεγονός που δεν συμβαίνει στον πίνακα 5 όπου οι δύο ίδιες κατηγορίες θηλυκών ατόμων (120-350g και 351-650g) δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά στο βάρος των γονάδων ( $P=0,28623$ ) και το γοναδοσωματικό δείκτη ( $P=0,400678$ ). Παρόλα ταύτα φαίνεται μια αναλογική αύξηση μεταξύ του βάρους σώματος με το βάρος γονάδων για τα δυο φύλα. Έτσι, όσο αυξάνεται το μέγεθος του σώματος, αυξάνεται και το βάρος των γονάδων κατά την αναπαραγωγική περίοδο. Επίσης, όσο αφορά τα θηλυκά άτομα είναι λογικό να

έχουν μεγαλύτερο βάρος γονάδων σε σχέση με τα αρσενικά ίδιου μεγέθους. Αυτό είναι συνηθισμένο φαινόμενο σε πολλά είδη εξαιτίας του διαφορετικού μεγέθους του ωαρίου σε σχέση με τα σπερματοζώαρια.

Με όλα τα παραπάνω, τα αρσενικά άτομα του φαγκριού έχουν πραγματοποιήσει την αναστροφή φύλου και ως συνέπεια βρίσκονται στην πρώτη γεννητική ωριμότητα ως αρσενικά άτομα ενώ αντίθετα τα θηλυκά έχουν συνεχίσει την ίδια αναπαραγωγική συμπεριφορά. Έτσι είναι λογικό το βάρος των γονάδων στα θηλυκά να είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το βάρος των γονάδων των αρσενικών ατόμων εξαιτίας του γεννητικού υλικού που περιέχουν οι γονάδες τους. Τα θηλυκά μικρά άτομα είναι ώριμα όπως και τα μεγάλωσα. Η διαφορά των μικρών ώριμων ατόμων αντανακλάται στην κατανομή των συχνοτήτων.

Επίσης, εξαιτίας ότι τον καιρό που έγιναν οι δειγματοληψίες συνέπιπτε με την αναπαραγωγική περίοδο του είδους ίσως τα μεγαλύτερα άτομα που εξαλειύθησαν να μην πρόλαβαν να δώσουν τα γεννητικά τους προϊόντα ενώ ήταν έτοιμα για αναπαραγωγή.

#### Μεριστικά χαρακτηριστικά και γενετική σύσταση των ατόμων.

Οι σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ μεριστικών χαρακτηριστικών αντανακλά διαφορές στο γενετικό υλικό όπως συμβαίνει στην περίπτωση αυτόχθονων πληθυσμών της *Salmo trutta* (Pakkasmaa & Piironen, 2001). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι σκληρές και οι μαλακές ακτίνες για το ραχιαίο και το εδρικό πτερύγιο για τα μικρά και μεγάλα άτομα του *Pagrus pagrus*. Συγκριτικά μεταξύ των ομάδων (μικρά-μεγάλα) δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά στη σύγκριση των σκληρών και μαλακών ακτίνων στο ραχιαίο και το εδρικό πτερύγιο. Έτσι δεν φαίνεται να υπάρχουν μορφολογικές ενδείξεις που να δείχνουν διαφορά γενετικού υλικού μεταξύ των μικρών και μεγάλων ατόμων.

#### Δείκτης ευρωστίας

Από όσο φαίνεται τα θηλυκά είναι πιο εύρωστα σε σχέση με τα αρσενικά χωρίς όμως σε γενικές γραμμές να υπάρχουν σημαντικά στατιστικές διαφορές ( $P=0,43343$ ). Σημαντικά στατιστική διαφορά παρουσιάζεται στον Πίνακα 2 μεταξύ των μικρών και μεγάλων ατόμων ( $P=0,003813$ ) που είναι πολύ φυσιολογικό να



συμβαίνει εξαιτίας του ότι τα μεγαλύτερα ψάρια είναι πιο εύρωστα σε σχέση με τα μικρά. Επίσης σημαντικές στατιστικές διαφορές παρουσιάζονται μεταξύ των Πινάκων 4 και 5, για τις κατηγορίες των αρσενικών ατόμων (120-350g και 351-650g) και μεταξύ των δύο κατηγοριών των θηλυκών ατόμων (120-350g και 351-650g) με  $P=0,005946$  και  $P=0,055146$  αντίστοιχα.

#### Σύγκριση μέσης τιμής του ύψους και του πλάτους σώματος και τομής

Όπως παρατηρείται στο Διάγραμμα 9 η μέση τιμή του μέγιστου ύψους σώματος είναι ανάλογη με τη μέση τιμή του ύψους σώματος στην περιοχή της τομής για τα μικρά και για τα μεγάλα άτομα, αντίστοιχα. Επίσης, στο Διάγραμμα 10 η μέση τιμή του πλάτους του σώματος είναι παρομοίως ανάλογη με την μέση τιμή του πλάτους σώματος στο ύψος της τομής, αντίστοιχα. Άρα μεταξύ του μέγιστου ύψους και πλάτους σώματος και τομής υπήρξε μια συγκεκριμένη αυξανόμενη αναλογική σχέση. Επίσης, το μέγεθος της τομής αλλάζει παρόμοια καθώς αλλάζει το μήκος σώματος. Δεν παρατηρείται μορφολογική διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής του μέγιστου και ελάχιστου ύψους καθώς και της μέσης τιμής μεταξύ του μέγιστου και ελάχιστου πλάτους μεταξύ των δύο ομάδων.

#### Μυϊκή κυτταρότητα

Στο Διάγραμμα 2, παρατηρούμε αυξημένη συχνότητα μικρών μεγεθών μυϊκών ινών στην μικρότερη κατηγορία μεγέθους ψαριών (20,5-22,9cm) καθώς και στην αρκετά μεγαλύτερη κατηγορία μεγέθους ψαριών (27,5-30,4cm). Αυτά τα αποτελέσματα αντανακλούν αυξημένη μυϊκή υπερπλασία (σχηματισμό δηλαδή νέων μυϊκών ινών) σε αυτές τις δύο κατηγορίες μεγέθους. Οι δύο μεσαίες κατηγορίες μεγέθους ψαριών (23,5-24,5cm και 25,4-27,2cm) φαίνεται ότι έχουν βασιστεί στην αύξηση των υπάρχοντων μυϊκών ινών (υπερτροφία) και φαίνεται να διαφέρουν αρκετά.

Η μικρότερη κατηγορία (20,5-22,9cm) ίσως να αντιπροσωπεύει ψάρια που παρέμειναν μικρά διότι δεν προχώρησαν σε φάση να αναπτύξουν τις πολύ μικρές τους μυϊκές ίνες αλλά ούτε και τις μεγαλύτερες σε μέγεθος μυϊκές ίνες. Είναι προφανές πώς τα μικρά άτομα δεν προχώρησαν ούτε σε υπερπλασία ούτε σε υπερτροφία των μυϊκών ινών. Περιβαλλοντικές παράμετροι, πχ πρόσληψη τροφής

(Kiessling et al., 1991) είναι δυνατόν να επηρεάσουν την μυϊκή κυτταρότητα εκτρεφόμενων ιχθύων. Επίσης, ο τελικός αριθμός των μυϊκών ινών της μυοτομικής περιοχής μπορεί επίσης να τροποποιείται από τη θερμοκρασία και τη φωτοπερίοδο σε κρίσιμα σημεία του κύκλου ζωής τους (Vieira et al., 2007) ενώ η υπερπλασία των μυϊκών ινών μπορεί να επηρεάζεται από την διατροφή και τα σιτηρέσια (Nathanailides et al., 1996).

Είναι πιθανόν η έλλειψη επαρκών διαλογών για διαχωρισμό των εκτρεφόμενων ατόμων ανάλογα με το μέγεθός τους να επηρέασε σημαντικά την ικανότητα για πρόσληψη τροφής των μικρότερων φαγκριών στον ιχθυοκλωβό. Είναι άλλωστε πιθανόν και μόνο η συνύπαρξη τόσο διαφορετικών μεγεθών να οξύνθηκε λόγω φαινομένων κοινωνικής ιεραρχίας στον ιχθυοκλωβό (Metcalf et al., 1992).

Είναι δυνατόν να υπάρχει διαφορά μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων όσον αφορά την μυϊκή υπερπλασία, με ένταση του φαινομένου αυτού σε περιόδους αυξημένης ανάπτυξης (Hagen et al., 2006). Τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας δεν αποδεικνύουν κάτι τέτοιο στην περίπτωση του φαγκριού, υπάρχουν όμως κάποιες ενδείξεις, για παράδειγμα η μέση τιμή των μυϊκών ινών είναι μεγαλύτερη στην κατηγορία των αρσενικών ατόμων σε σχέση με τα θηλυκά (Πίνακας 1). Παρόλα ταύτα δεν παρατηρείται σημαντικά στατιστική διαφορά ( $P=0,609944$ ) μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων του φαγκριού. Φαίνεται λοιπόν ότι το φύλο μάλλον δεν επηρέασε σημαντικά την μυϊκή υπερπλασία ή την υπερτροφία.

Διαφορές μεγέθους μεταξύ ιχθύων είναι δυνατόν αντανακλούν διαφορές στην μυϊκή κυτταρότητα (Weatherley et al., 1988). Στην παρούσα εργασία, η μέση τιμή των μυϊκών ινών είναι μεγαλύτερη στα μικρά άτομα σε σχέση με τα μεγάλα χωρίς όμως να υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά ( $P=0,171706$ ). Υπάρχουν όμως κάποιες διαφορές στη μυϊκή κυτταρότητα. Συγκεκριμένα, στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζονται τα άτομα φαγκριού σε γράφημα διασποράς με σκοπό να προσδιοριστεί η κατανομή των μεγεθών τους και της μέσης τιμής των μυϊκών ινών. Όπως φαίνεται, μπορεί να ειπωθεί ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες ψαριών. Παρατηρώντας κυρίως τα άτομα με ολικό μήκος μεγαλύτερο των 25cm οι διαφορές αυτές είναι πολύ ευδιάκριτες. Η πρώτη κατηγορία είναι αυτή που βρίσκεται στο κάτω δεξί μέρος του γραφήματος με τα άτομα ( $n=5$ ) να βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο σε μήκος και να παρουσιάζουν παρόμοια μικρή μέση τιμή στο μέγεθος των μυϊκών ινών (1000-1500 $\mu\text{m}$ ) σε σχέση με τη δεύτερη κατηγορία ψαριών στην οποία παρουσιάζονται όλα τα υπόλοιπα ψάρια και έχουν μεγαλύτερο εύρος μεγέθους

σώματος και μέσης τιμής μυϊκών ινών. Στην πρώτη κατηγορία μάλλον ανήκουν τα ψάρια τα οποία παρουσιάζουν υπερπλασία (σχηματισμό νέων μυϊκών ινών) ενώ στην δεύτερη κατηγορία φαίνεται τα ψάρια να παρουσιάζουν μυϊκή υπερτροφία. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται και από τον Πίνακα 6 όπου παρουσιάζεται η στατιστική διαφορά που υπάρχει στη μέση τιμή των μυϊκών ινών ( $P=0,001767$ ) για τις δύο κατηγορίες. Επίσης τα άτομα που παρουσιάζουν υπερπλασία παρουσιάζουν και μεγαλύτερο βάρος γονάδων (14,02g) σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα (4,48g) και παρουσιάζουν σημαντικά στατιστική διαφορά ( $P=0,031918$ ). Τα άτομα που παρουσιάζουν υπερπλασία έχουν συγκριτικά μεγαλύτερο βάρος γονάδων σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα που παρουσιάζουν υπερτροφία κι αυτό ίσως να μπορεί να οφείλεται εξαιτίας διαφορετικού σταδίου ανάπτυξης ή και σε φαινοτυπικές διαφορές που πηγάζουν από διαφορές γενετικού υλικού μεταξύ των δύο ομάδων.

Είναι όμως σημαντικό να επισημανθεί η επιτακτική ανάγκη για πιο συχνές διαλογές των εκτρεφόμενων ατόμων, διότι πιθανόν να μην εμφανιστούν τόσο μεγάλες διαφορές μεγέθους στο τελικό στάδιο εκτροφής (Brannas & Linnér, 2000), άλλωστε είναι απορίας άξιο πώς έγινε η διαχείριση της διατροφής σε ένα ιχθυοκλωβό όπου έπρεπε να καθοριστεί το μέγεθος και η ποσότητα της τροφής για ένα τόσο ανομοιογενή πληθυσμό.

Σε συνθήκες υψηλής ιχθυοπυκνότητας καθώς επίσης και σε απουσία επαρκών διαλογών ίσως να οφείλεται κατά ένα μέρος αυτή η ανομοιογένεια μεγέθους του πληθυσμού. Επιπλέον είναι πιθανόν να συνέβαλαν περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως τα φαινόμενα ιεραρχίας μεταξύ ατόμων του εκτρεφόμενου πληθυσμού και τις άνισες ευκαιρίες για πρόσληψη τροφής από το σύνολο των εκτρεφόμενων ατόμων στον κλωβό.. Σε χαμηλή ιχθυοπυκνότητα, ακόμα και όταν διατρέφονται κατά βούληση, αναπτύσσονται καλύτερα από ότι σε υψηλή ιχθυοπυκνότητα που τρέφονται με περιορισμένη ποσότητα ή την νύχτα (Maragoudaki et al., 1999), είναι πολύ πιθανό η ιχθυοπυκνότητα επηρέασε το τελικό αποτέλεσμα της εκτροφής στην συγκεκριμένη μονάδα όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στο τελικό στάδιο εκτροφής του φαγκριού, σε άτομα με ίδια ηλικία και συνθήκες εκτροφής, τα αρσενικά άτομα παρουσιάζουν μικρότερο βάρος (διαφορά – 36,2%) σε σχέση με τα θηλυκά. Αυτή η διαφορά ίσως να οφείλεται στους μηχανισμούς ωριμότητας και αναστροφής του φύλου αυτού του πρωτόγυνου είδους. Υπάρχει αναλογική αύξηση μήκους και βάρους και για τα δύο φύλα. Δεν εμφανίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ αρσενικών και θηλυκών στην μυϊκή υπερπλασία ή την υπερτροφία.

- Τα άτομα που παρουσιάζουν υπερπλασία έχουν συγκριτικά μεγαλύτερο βάρος γονάδων σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα που παρουσιάζουν υπερτροφία κι αυτό ίσως να μπορεί να οφείλεται εξαιτίας διαφορετικού γενετικού υλικού που μπορεί να βρίσκεται μεταξύ των δύο ομάδων.

- Δεν παρατηρείται μορφολογική διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής του μέγιστου και ελάχιστου ύψους καθώς και της μέσης τιμής μεταξύ του μέγιστου και ελάχιστου πλάτους μεταξύ των ομάδων μικρού και μεγάλου μεγέθους. Επίσης δεν φαίνεται να υπάρχουν μορφολογικές ενδείξεις που να δείχνουν διαφορά γενετικού υλικού μεταξύ των μικρών και μεγάλων ατόμων.

- Είναι πολύ πιθανόν οι διαφορές των μικρών και μεγάλων ατόμων να προέρχονται και από περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως τα φαινόμενα ιεραρχίας, η αυξημένη ιχθυοπυκνότητα και οι άνισες ευκαιρίες για πρόσληψη τροφής από το σύνολο των εκτρεφόμενων ατόμων στον κλωβό.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Alami-Durante, H., Fauconneau, B., Rouel, M., Escaffre, A.M., & Bergot, P. (1997). Growth and multiplication of white skeletal muscle fibres in carp larvae in relation to somatic growth rate. *Journal of Fish Biology* 50 : 1285-1302.
- Albokhadaim, I., Hammond, C.L., Ashton, C., Simbi, B.H., Bayol, S., Farrington, S., & Stickland, N. (2007). Larval programming of post-hatch muscle growth and activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Experimental Biology* 210 : 1735-1741.
- Ayala, M.D., Lopez-Albors, O., Gil, F., Garcia-Alcazar, A., Abellan, E., Alarcon, J.A., Alvarez, M.C., & Ramirez-Zarzosa, G. (2001). Temperature effects on muscle growth in two populations (Atlantic and Mediterranean) of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture* 202 : 359-370.
- Bauchot, M.L., & Hureau, J.C. (1990). Sparidae. p.790-812. In J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (editors). Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 2. p808-809. (cited in: fishbase.org).
- Bone, Q. (1978). Locomotor muscle. In : Hoar, W.S., & D.J., Randall, editors. *Fish physiology Locomotion* Vol.VII. Academic Press Inc. pp. 361-424.
- Brannas, E., & Linnér, J. (2000). Growth effects in Arctic charr reared in cold water: Feed frequency, access to bottom feeding and stocking density. *Aquaculture International* 8(5) : 381-389.
- Calvo, J. (1989). Sexual differences in the increase of white muscle fibres in Argentine hake, *Merluccius hubbsi*, from the San Matias Gulf (Argentina). *Journal of Fish Biology* 35 : 207-214.

- Carpenè, E., & Veggetti, A. (1981). Increase in muscle fibres in the lateralis muscle (white portion) of Mugilidae (Pisces, Teleostei). *Experientia* 37 : 191–193.
- Economidis, P.S. & Koutrakis, E. (2001). Common names of commercially important Hellenic marine organisms. Aristotle University, Unpublished Technical Report. (cited in: fishbase.org).
- Froese, R., & Pauly, D. editors. (2007). FishBase Word Wide Web electronic Publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org). version (6/2007).
- Hagen, Ø., Solberg, C., & Johnston, I. A. (2006). Sexual dimorphism of fast muscle fibre recruitment in farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 261 : 1222-1229.
- Hernández-Cruz, C.M., Salhi, M., Bessonart, M., Izquierdo, M.S., González, M.M., & Fernández-Palacios, H. (1999). Rearing techniques for red porgy (*Pagrus pagrus*) during larval development. *Aquaculture* 179(1-4) : 489-497.
- Higgins, P.J., & Thorpe, J.E. (1990). Hyperplasia and hypertrophy in the growth of skeletal muscle in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology* 37 : 505-519.
- Jobling, M. (1995). *Environmental biology of fishes*. Chapman & Hail. pp 264-269.
- Johansen, K.A., & Overturf, K. (2006). Alterations in expression of genes associated with muscle metabolism and growth during nutritional restriction and refeeding in rainbow trout *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 144 (1) : 119-127.
- Johnston, I. A. (1999). Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture* 177(1-4) : 99-115.

- Johnston, I. A. (2001). Genetic and environmental determinants of muscle growth patterns. In : Johnston, I. A. editor. *Muscle development and growth*. Academic press. pp. 141-286.
- Johnston, I. A., Manthri, S., Smart, A., Campbell, P., Nickell, D., & Alderson, R. (2003). Plasticity of muscle fibre number in seawater stages of Atlantic salmon in response to photoperiod manipulation. *The Journal of Experimental Biology* 206 : 3425-3435.
- Kapoor, B.G., & Khanna, B. (2004). *Ichthyology handbook*. Narosa Publishing House (Springer). pp. 123-148.
- Katharios, P., Papandroulakis, N., & Divanach, P. (2006). Treatment of *Microcotyle* sp. (Monogenea) on the gills of cage-cultured red porgy, *Pagrus pagrus* following baths with formalin and mebendazole. *Aquaculture* 251(2-4) : 167-171.
- Kiessling, A., Johansson, L., & Kiessling, K- H. (1990). Effects of starvation on Rainbow trout muscle. *Acta Agricultural Scandinavica* 40 : 309-324.
- Kiessling, A., Kiessling, K.-H., Storebakken, T., & Åsgård, T. (1991). Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. I. Growth dynamics. *Aquaculture* 93 : 335-356.
- Kiessling, A., Ruohonen, K., & Bjornevik, M. (2006). Muscle fibre growth and quality in fish. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49 (Special issue): 137-146.
- Kolios, P., Kiritsis, S., & Katribusas, N. (1997). Larval-rearing and growout of the red porgy (*Pagrus pagrus*) in the Riopesca hatchery (Greece). *Hydrobiologia* 358 (N 1-3) : 321 -325.

- Kolluru, G.R., & Reznick, D.N. (1996). Genetic and social control of male maturation in *Phallichthys quadripunctatus* (Pisces: Poeciliidae). *Journal Evolutionary Biology* 9 : 695-715.
- Kronnié, G.t. (2000). Axial Muscle Development in Fish. *Basic Applied Myology* 10 (6) : 261-267.
- Lopez-Albors, O., Ayala, M.D., Gil, F., Garcia-Alcazar, A., Abellan, E., Latorre, R., Ramirez-Zarzosa, G., & Vazquez, J.M. (2003). Early temperature effects on muscle growth dynamics and histochemical profile of muscle fibres of sea bass *Dicentrarchus labrax* L., during larval and juvenile stage. *Aquaculture* 220 : 385-406.
- Maragoudaki, D., Paspatis, M., & Kentouri, M. (1999). Influence of stocking density on growth of juvenile red porgy *Pagrus pagrus* L. under different feeding conditions. *Aquaculture Research* 30(7) : 501-508.
- Martins, C.I.M., Schrama, J.W., & Verreth, J.A. (2005). Inherent variation in growth efficiency of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) juveniles. *Aquaculture Research* 36 : 868-875.
- Metcalf, N.B., Huntingford, F.A., Thorpe, J.E. (1992). Social effects on appetite and development in Atlantic salmon. In : Thorpe, J. E. & Huntingford, F. A., editors. *The Importance of Feeding Behaviour for the Efficient Culture of Salmonid Fishes*. Los Angeles, CA: World Aquaculture Society. pp. 29-40.
- Michelakakis, A., Yoshimatsu, T., & Tsoikas, C. (2001). Spawning in captivity and early life history of cultured red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture* 199(3-4) : 333-352.
- Moyle, P.B., & Cech, J.J. (2004). *Fishes. An introduction to Ichthyology*. Fifth edition. Prentice Hall, Inc. pp. 23-26.



- Mylonas, C.C., Papadaki, M., Pavlidis, M., & Divanach, P. (2004). Evaluation of egg production and quality in the Mediterranean red porgy (*Pagrus pagrus*) during two consecutive spawning seasons. *Aquaculture* 232(1-4) : 637-649.
- Nakamura, I., Inada, T., Takeda, M., & Hatanaka, H. (1986). Important fishes trawled off Patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo. 369 p. (cited in: fishbase.org).
- Nash, C.E. (1995). *Aquaculture sector planning and management*. Blackwell Science Ltd. (Fishing News Books). 37-45.
- Nathanailides, C., Lopez-Albors, O., & Stickland, N.C. (1995a). Temperature- and developmentally-induced variation in the histochemical profile of myofibrillar ATPase activity in carp. *Journal of Fish Biology* 47 : 631-640.
- Nathanailides, C., Stickland, N.C., & Lopez-Albors, O. (1995b). Influence of pre-hatch temperature on the development of muscle cellularity in post-hatch Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52(4) : 675-680.
- Nathanailides, C., Lopez-Albors, O., Abellan, E., Vazquez, J.M., Tyler, D.D., Rowleson, A., Stickland, N.C. (1996). Muscle cellularity in relation to somatic growth in the European sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquaculture Research* 27 : 885-889.
- Pajuelo, J.G., & Lorenzo, J.M. (1996). Life history of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei : Sparidae) off the Canary Islands, central east Atlantic. *Fisheries Research*. 28 : 163-177. (cited in: fishbase.org).

- Pakkasmaa, S., Piironen, J. (2001). Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations *Biological Journal of the Linnean Society*, 72 (2) : 231-239.
- Pantazis, P.A., & Neofitou, C.N. (2003). Feeding frequency and feed intake in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bemidgah* 55(3) : 160-168.
- Papakonstantinou, C. (1988). Check-list of marine fishes of Greece. Fauna Graeciae IV. p. 257.(cited in: fishbase.org).
- Pawson, M.G., & Pickett, G.D. (1996). The annual pattern of condition and maturity in bass, *Dicentrarchus labrax*, in waters around England and Wales. *Journal of Marine Biological Association of the U.K.* 76(1) : 107-125.
- Pitkanen, T.I., Xie, S., Krasnov, A., Mason, P., Molsa, H., & Stickland, N. (2001). Changes in tissue cellularity associated with growth enhancement in genetically modified arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) carrying recombinant growth hormone gene. *Marine Biotechnology* 392 : 188–197.
- Pavlidis, M., Angellotti, L., Papandroulakis, N., & Divanach, P. (2003). Evaluation of transportation procedures on water quality and fry performance in red porgy (*Pagrus pagrus*) fry. *Aquaculture* 218(1-4) : 187-202.
- Poontawee, K., Werner, C., Müller-Belecke, A., Hörstgen-Schwark, G., & Wicke, M. (2007). Flesh qualities and muscle fiber characteristics in triploid Randall, J.E. (1996). *Caribbean reef fishes*. Third Edition - revised and enlarged. T.F.H. Publications, Inc. Ltd., Hong Kong. pp. 368. (cited in: fishbase.org).
- Randall, J.E. (1996). *Caribbean reef fishes*. Third Edition-revised and enlarged. T.F.H. Publications, Inc. Ltd. Hong Kong. pp 368. (cited in: fishbase.org).

- Rescan, P.Y. (2005). Muscle growth patterns and regulation during fish ontogeny. *General and Comparative Endocrinology* 142 : 111-116.
- Riede, K. (2004). Global register of migratory species - from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. p. 329. In: fishbase.org.
- Roo, F.J., Socorro, J., Izquierdo, M.S., Caballero, M.J., Hernández-Cruz, C.M., Fernández, A., & Fernández-Palacios, H. (1999). Development of red porgy *Pagrus pagrus* visual system in relation with changes in the digestive tract and larval feeding habits. *Aquaculture* 179(1-4) : 499-512.
- Rowlerson, A., Mascarello, F., Radaelli, G., & Veggetti, A. (1995). Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* (L): II. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle from hatching to adult. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 16(3) : 223-236.
- Rowlerson, A. & Veggetti, A. (2001). Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In : Johnston, I. A. editor. *Muscle development and growth*. Academic press. pp. 103-140.
- Sänger, A.M., & Stiober, W. (2001). Muscle fiber diversity and plasticity. In : Johnston, I. A. editor. *Muscle development and growth*. Academic press. pp. 187-250.
- Soula, M., A. Navarro, M.J. Zamorano, V. Oliva, F. Real, R. Gines & Afonso, J.M. (2006). Microsatellite diversity of *Pagrus pagrus* using interspecific markers. In: Book of abstracts. *AQUA. International Conference and Exhibition Linking Tradition and Technology. Highest Quality for the Consumer*. Florence, Italy, 9-13 May 2006. pp. 14.
- Stiassny, M.L.J. (2000). Muscular system. In : Ostrander, G.K. editor. *The handbook of experimental animals. The laboratory fish*. Academic Press. pp.119-128.

- Suresh, A.V., & Sheehan, R.J. (1998). Muscle fibre growth dynamics in diploid and triploid rainbow trout. *Journal of Fish Biology* 52 : 570-587.
- Syme, D. A. (2006). Functional properties of skeletal muscle. In : Shadwich, R.E., & G.V. Lauder editors. *Fish Biomechanics*. Elsevier Academic Press Publications. pp. 179-190.
- Theodorou, J.A. (2002). Current and Future. Technological Trends of European Seabass-Seabream Culture. *Reviews in Fisheries Science* 10(3-4) : 529-543.
- Vassalo, P., Beiso, I., Martin, V., Moreno, M., Vezzulli, L., & Fabiano, M. (2006). Thermodynamic approach for the assessment of sustainability of Mediterranean aquaculture. In: Book of abstracts. *AQUA. International Conference and Exhibition Linking Tradition and Technology. Highest Quality for the Consumer*. Florence, Italy, 9-13 May 2006. pp 977.
- Veggetti, A., Mascarello, F., Scapolo, P.A., & Rowlerson, A. (1990). Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle in *Dicentrarchus labrax* (L.). An ultrastructural and morphometric study. *Anatomy and Embryology* 182 (1) : 1-10.
- Vieira, V. L. A., Norris, A., & Johnston, I. A. (2007). Heritability of fibre number and size parameters and their genetic relationship to flesh quality traits in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 272S1 : S100–S109.
- Weatherley, A., & Gill, H. S. (1982). Influence of bovine growth hormone on the growth dynamics of mosaic muscle in relation to somatic growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology* 20 : 165-172.
- Weatherley, A., & Gill, H. (1987a). *Biology of fish growth*. San Diego, CA : Academic Press.

- Weatherley, A., & Gill, H. S. (1987b). Growth increases produced by bovine growth hormone in grass pickerel *Esox americanus vermiculatus* (LeSueur) and the underlying dynamics of muscle fiber growth. *Aquaculture* 65 : 55-66.
- Weatherley, A., Gill, H. S., & Lobo, A. E. (1988). Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size. *Journal of Fish Biology* 33 : 851-859.
- Yilmaz, E., Akyurt, I., & Mutlu, E. (2006). Effects of energetic diets on growth, blood chemistry, and liver pathology of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bemidgeh* 58(3) : 191-197.
- Zimmerman, A.M., & Lowery, M.S. (1999). Hyperplastic development and hypertrophic growth of muscle fibers in the White seabass (*Atractoscion nobilis*). *Journal of experimental zoology* 284 : 299-308.

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ναθαναηλίδης, Κ., Κλαουδάτος, Σ., & Πάσχος, Ι. (2000). Τα επίπεδα ενζύμων και μυϊκής υπερπλασίας ως δείκτες εκτίμησης της ποιότητας των ιχθυδίων στις υδατοκαλλιέργειες. Πρακτικά 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων. Μεσολόγγι, 20-23/01/2000. σελ. 235-237.
- Παπαναστασίου, Δ. Π. (1976). *Αλιευματα*. Α' Τόμος. Εκδόσεις ΙΩΝ. σελ 449-451.
- Πάσχος, Ι., (2002). *Ιχθυοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων*. Ιωάννινα.σελ.1-5.
- Περδικάρης, Κ., Κωνσταντινίδης, Ε., Ιμσιρίδου, Α. (2005). Η δραστηριότητα της ιχθυοκαλλιέργειας στο Νομό Θεσπρωτίας. Πρακτικά 12<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων. Δράμα, 13-16/10/2005. σελ.365-368.

Στεριώτη, Α., Diaz, J.P., Connes, R., Divanach, P., Παυλίδης, Μ., & Κεντούρη, Μ. (2001). Μελέτη της λεπτής δομής του δέρματος εκτρεφόμενων ατόμων φαγκριού (*Pagrus pagrus*, Sparidae). Πρακτικά 10<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Χανιά 18-20 Οκτωβρίου 2001. σελ. 169-171.

Στεριώτη, Α., Κεντούρη, Μ., & Divanach, P. (2003). Η επίδραση του χρώματος των δεξαμενών στη διασπορά της χρωστικής στα μελανοφόρα κύτταρα του δέρματος του φαγκριού (*Pagrus pagrus*, Sparidae). Πρακτικά 11<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Πρέβεζα 10-13/04/2003 σελ. 199-202.



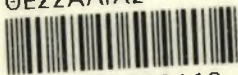
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: ~~74.760-61~~

2441066080



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000092413