



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αύξηση αντιστάθμισης (growth compensation) σε εντατικά εκτρεφόμενα ψάρια.

ΜΠΑΚΑΛΟΥ ΑΜΑΛΙΑ

Βόλος 2015

**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT**

POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

« Growth compensation in intensively cultivated fish »

Bakalou Amalia

VOLOS 2015

**« Αύξηση αντιστάθμισης (growth compensation) σε εντατικά
εκτρεφόμενα ψάρια »**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπουσα.**

2) Αθανάσιος Εξαδάκτυλος, Επίκουρος Καθηγητής, Γενετική Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος.**

3) Ελένη Γκολομάζου, Λέκτορας, Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος.**

Στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες, σε όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν για να φέρω σε πέρας την παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.

Πρώτη από όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα αυτής της διατριβής, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Παναγιώτα Παναγιωτάκη, η οποία μου εμπιστεύτηκε την υλοποίηση μίας τόσο μεγάλης και σοβαρής μελέτης. Την ευχαριστώ ακόμα, που κατά τα χρόνια φοίτησης μου στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, με δίδαξε και με μύησε στο μαγευτικό κόσμο της επιστήμης της θάλασσας.

Ακόμα θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αθανάσιο Εξαδάκτυλο και την Λέκτορα κ. Ελένη Γκολομάζου, για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διεξαγωγή και ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Λέκτορα κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την κατανόηση και την τεχνική υποστήριξή του, καθώς επίσης τους κυρίους Βάιο Παπαϊωάννου, Άρη Παπαϊωάννου καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα Πιέρ Ψωφάκη για την αμέριστη συμπαράστασή τους και τις πολύτιμες συμβουλές τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Ευχαριστώ επίσης και τη Γεωπονική Σχολή για την διάθεση του εργαστηριακού χώρου και την παραχώρηση των οργάνων καθώς και τον ιχθυογεννητικό σταθμό ΔΙΑΣ για τους ιχθύες για την πραγματοποίηση του πειράματος.

Τέλος η πραγματοποίηση αυτής της διατριβής θα ήταν αδύνατη χωρίς τη συμπαράσταση και ενθάρρυνση των φίλων μου και κυρίως των γονιών μου, Γιώργο, Ευαγγελία και των αδελφών μου Χαρίλαο και Ελένη, που είναι και οι χορηγοί των

Περιβάλλοντος

σπουδών μου, δίνοντάς μου κουράγιο να προχωρώ και να υπερπηδώ κάθε εμπόδιο για να φτάσω στο στόχο μου.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ:	11
1.1. Το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης.....	13
1.2. Είδη αντιστάθμισης.....	16
1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης.....	16
1.4. Παραλλακτικότητα μεγεθών.....	18
1.5. Χημική σύσταση εκτρεφόμενων ατόμων τσιπούρας.....	19
1.6. Σκοπός της παρούσας εργασίας.....	21
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	22
2.1. Πειραματικός σχεδιασμός.....	22
2.1.1. Δειγματοληψίες	25
2.2. Διατροφή πειραματικών ομάδων	27
2.3. Πειραματικό Πρωτόκολλο.....	29
2.3.1. Αύξηση ολικού βάρους ψαριών	29
2.3.2. Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους.....	29
2.3.3. Ειδικός ρυθμός αύξησης	29
2.3.4. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής.....	30
2.4. Χημικές αναλύσεις.....	30
2.4.1. Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών	30
2.4.2. Προσδιορισμός τέφρας.....	33
2.4.3. Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας.....	33
2.5. Στατιστική ανάλυση.....	34
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	35
3.1.1. Έναρξη του πειράματος.....	35
3.1.2 17 ^η ημέρα πειράματος.....	36
3.1.3 32 ^η ημέρα πειράματος.....	36
3.1.4 50 ^η ημέρα πειράματος	37
3.1.5 Τέλος του πειράματος.....	37
3.2. Παράμετροι αύξησης	39

Περιβάλλοντος	
3.3. Παραλλακτικότητα μεγεθών.....	42
3.4. Θνησιμότητες.....	42
3.5. Χημικές αναλύσεις μυϊκού ιστού.....	43
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	45
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	51
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53
Ξένη Βιβλιογραφία.....	53
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	60
7. ABSTRACT	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλοί ζωικοί οργανισμοί παρουσιάζουν ταχύτερη αύξηση κατά τη διάρκεια ανάκαμψης τους μετά από μια περίοδο ολικής ή μερικής ασιτίας, σε σχέση με αντίστοιχες περιόδους συνεχούς χορήγησης επαρκών ποσοτήτων τροφής. Το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης στα ψάρια κέντρισε το ενδιαφέρον των επιστημόνων, καθώς σχετίζεται με έναν από τους θεμελιώδεις προβληματισμούς που αφορούν την εντατικής μορφής ιχθυοκαλλιέργεια, τη συμπίεση δηλαδή του κόστους παραγωγής με παράλληλη επίτευξη ταχέων ρυθμών αύξησης. Η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με τη διερεύνηση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στην εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*), σε συνδυασμό με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (λίπος, υγρασία και τέφρα) του μυϊκού ιστού των ψαριών .

Το πείραμα είχε διάρκεια εννέα (9) εβδομάδες. 180 νεαρά άτομα τσιπούρας διατηρήθηκαν σε έξι ενυδρεία σε κλειστό κύκλωμα επανακυκλοφορίας εργαστηριακού θαλασσινού νερού. Τα ψάρια κατά την έναρξη του πειράματος είχαν μέσο βάρος $5,82 \pm 0,12$ g (μέσο βάρος \pm τυπικό σφάλμα) και μέσο μήκος $6,26 \pm 0,05$ cm. Δημιουργήθηκαν δυο ομάδες (Μάρτυρας και Διαχείριση) με τρεις επαναλήψεις η κάθε μια.

Οι τρεις επαναλήψεις της ομάδας του Μάρτυρα , αλλά και οι τρεις επαναλήψεις της ομάδας της Διαχείρισης ταΐζονταν καθημερινά με επίπεδα χορηγούμενης τροφής 100% και 75% αντίστοιχα.

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος παρατηρήθηκε αύξηση του σωματικού βάρους και των δύο ομάδων, χωρίς ωστόσο να παρατηρηθεί υστέρηση βάρους στα

Περιβάλλοντος

άτομα της διαχείρισης που σιτίζονταν με το 75% της τροφής. Τα άτομα και των δύο ομάδων (Μάρτυρας- Διαχείριση) είχαν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης .

Έτσι στο τέλος του πειράματος, οι μάρτυρες αύξησαν το μέσο βάρος τους στα $30,21 \pm 1,20$ g ενώ οι διαχειρίσεις στα $28,83 \pm 0,72$ g. Η αύξηση του βάρους των ψαριών για κάθε μεταχείριση σε σχέση με το χρόνο και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος αποδόθηκε με γραμμικές εξισώσεις.

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης έδειξαν ότι για ψάρια του είδους *Sparus aurata* τα οποία ακολούθησαν μερική σίτιση εμφάνισαν πλήρη αύξηση αντιστάθμισης σε σχέση με αυτά που σιτίζονταν κανονικά.

Πρέπει παρόλα αυτά να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες στο μέλλον για την μελέτη εκτροφής του είδους με διάφορα πρωτόκολλα σίτισης, διότι οι γνώσεις είναι ακόμα περιορισμένες.

Λέξεις κλειδιά: Τσιπούρα, *Sparus aurata*, αύξηση αντιστάθμισης, μερική ασιτία, εντατική εκτροφή

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θάλασσα αποτελεί ένα τεράστιο φυσικό πόρο για την ανθρώπινη ευμάρεια. Προμηθεύει τον άνθρωπο τροφή, φάρμακα και πρώτες ύλες και υποστηρίζει σε μεγάλο βαθμό τον τουρισμό ανά τον κόσμο. Ακόμα η θαλάσσια ζωή συμβάλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση της φύσης του πλανήτη μας, διότι αποτελεί μία μεγάλη δεξαμενή διάλυσης διοξειδίου του άνθρακα και παράγει το μεγαλύτερο μέρος οξυγόνου που αναπνέουμε (Castro & Huber 1999).

Το γεγονός ότι η θάλασσα είναι γεμάτη από εδώδιμους οργανισμούς υψηλής διατροφικής αξίας, έκανε τους ανθρώπους να ασχοληθούν με αυτή από πολύ παλιά. Για πολλά χρόνια οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι, εξαιτίας της αχανούς έκτασης και του βάθους των ωκεανών, οι αλιευτικοί πόροι είναι ανεξάντλητοι. Όμως σήμερα γνωρίζουμε πως αυτό δεν ισχύει, μιας και τα περισσότερα αποθέματα σε παγκόσμιο επίπεδο είναι υπεραλιευμένα, ενώ πολλά είναι και εκείνα που κινδυνεύουν με κατάρρευση (Στεργίου και συν. 2011).

Εκτός από την υπεραλίευση, ο άνθρωπος προκαλεί και άλλου είδους επιδράσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα. Η υποβάθμιση των υδάτων λόγω της ρύπανσης αποτελεί ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αφού η φθορά και η καταστροφή των ενδιαιτημάτων, αποτελούν τις κυριότερες αιτίες εξαφάνισης των θαλάσσιων ειδών (Lawrence & Hemingway 2003).

Για να γίνει ταυτόχρονα, ολοκληρωμένη και σοφή χρήση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων ή να προβλεφτούν οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων

Περιβάλλοντος

στο θαλάσσιο περιβάλλον, χρειάζεται να γίνουν γνωστά όσα περισσότερα γίνεται για τη ζωή μέσα σε αυτό.

Το 2010, η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας ήταν 140.000 τόνοι (FAO 2006). Στη Μεσόγειο, οι κύριοι παραγωγοί τσιπούρας *Sparus aurata* (Linnaeus, 1816) είναι η Ελλάδα, η Τουρκία, η Ισπανία και η Ιταλία (Εικ. 1). Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, λειτουργούσαν περίπου είκοσι εκκολαπτήρια τσιπούρας και λαβρακιού στη Μεσόγειο. Μέχρι το 2006 πάνω από 65 εκκολαπτήρια υπήρχαν στην Κροατία, την Κύπρο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, το Μαρόκο, την Πορτογαλία, την Ισπανία και στην Τυνησία (FAO 2006).

Η μελέτη της εκτροφής της τσιπούρας καθώς και η ανάπτυξή της, εμφανίζει αρκετό ενδιαφέρον.



Εικόνα1. Τσιπούρα (*Sparus aurata*) (Πηγή:<http://users.sch.gr/spangs/fish/tsipoura.html>)

1.1. Το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης

Πολλοί ζωικοί οργανισμοί εκτρεφόμενοι ή μη παρουσιάζουν ταχύτερη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της ανάκαμψης τους μετά από μια περίοδο ολικής ή μερικής ασιτίας απ' ότι σε περιόδους που η προσφορά τροφής συνεχίζονταν κανονικά (Wilson & Osbourn 1960, Tasbozan 2014). Το αποτέλεσμα είναι ότι, άτομα που περνούν μία τέτοια περίοδο ασιτίας και επαναδιατροφής να φτάνουν το ίδιο μέγεθος με άτομα του ίδιου είδους που ζουν σε φυσιολογικές συνθήκες. Ο μηχανισμός που τείνει να επαναφέρει την αύξηση σε κανονική τροχιά ονομάζεται αύξηση αντιστάθμισης και στη βιβλιογραφία εμφανίζεται ως «*growth compensation*».

Αρχικά, η μελέτη της αύξησης της αντιστάθμισης εφαρμόστηκε στα θηλαστικά, ενώ στη συνέχεια εφαρμόστηκε πειραματικά σε μια ομάδα κατοικίδιων ζώων (Wilson & Osbourn 1960). Αργότερα, στις δεκαετίες του 1970 και του 1980 πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες εργασίες σε ψάρια, όπου τα αποτελέσματα αυτών, δεν επιβεβαίωσαν τις ζητούμενες προσδοκίες σχετικά με τους ρυθμούς αύξησης, σε διαδοχικές περιόδους ασιτίας (Bilton & Robins 1973, Zivkov 1982). Στη συνέχεια, στις αρχές της δεκαετίας του 1990, εμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία εργασίες περισσότερο ολοκληρωμένες και συγκροτημένες, δίνοντας έμφαση σε είδη που σχετίζονται με την ιχθυοκαλλιέργεια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το φαινόμενο της αύξησης της αντιστάθμισης να τραβήξει την προσοχή των επιστημόνων όσον αφορά το χώρο της υδατοκαλλιέργειας. Σήμερα, το συγκεκριμένο θέμα έχει μελετηθεί σε σημαντικό αριθμό ειδών ψαριών, (Jobling *et al.* 1993, Jobling *et al.* 1994, Hayward *et al.* 2000, Zhu *et al.* 2001, Zhu *et al.* 2003, Ali *et al.* 2003, Πανταρίδης 2005, Eroldogan *et al.* 2006, Μακρυβέλιος 2007, Liu *et al.* 2011).

Περιβάλλοντος

Ωστόσο, δεν είναι ακόμα εξακριβωμένο ποιος είναι ο ρόλος της αύξησης αντιστάθμισης σε φυσικούς πληθυσμούς ή το πώς μπορεί το φαινόμενο να χρησιμοποιηθεί στην ιχθυοκαλλιέργεια. (Tian & Qin 2004, Noh & Cho 2007, Oh et al. 2007)

Σχεδόν όλες οι πειραματικές εφαρμογές έχουν πραγματοποιηθεί σε εργαστήρια, με συνέπεια να γνωρίζουμε ελάχιστα για την επίδραση του φαινομένου σε φυσικούς πληθυσμούς.

Η σπουδαιότητα της αύξησης αντιστάθμισης σε άτομα ή ομάδες ατόμων που περνούν περιόδους ασιτίας, είναι η επίτευξη μεγέθους περίπου ίδιου με του οργανισμού ο οποίος βρίσκεται πάντα σε περιβάλλον με επάρκεια τροφής (Risca *et al.* 1984).

Σε εκτρεφόμενο καλκάνι το οποίο τρέφονται σε καθημερινή βάση και δεν ήταν γνωστό βάση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας αν μπορούν να αντέξουν μία ή περισσότερες ημέρες χωρίς τροφή σε σχέση με την καθημερινή σίτιση τους (για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου), αντισταθμίζοντας κατά τη διάρκεια της εβδομαδιαίας σίτισης το ενδεχόμενο των αρνητικών αποτελεσμάτων για τις ημέρες που δεν πραγματοποιήθηκε χορήγηση τροφής (Van *et al.* 2003).

Επίσης, σύμφωνα με πιο ακραίες περιπτώσεις, μπορεί να είναι βολικό το ψάρι να μείνει νηστικό για μεγάλες περιόδους (εβδομάδες) και τα αποτελέσματα να μην είναι σαφή κατά πόσον δείχνουν αύξηση αντιστάθμισης όταν επανατρέφονται μέχρι κορεσμού. Είναι επομένως ενδιαφέρον να καταλάβουμε αν υπό πραγματικές συνθήκες εκτροφής, θα είναι εφικτό να μειωθεί η χορήγηση της τροφής χωρίς να επηρεαστεί η τελική απόδοση καθώς και πώς αυτό μπορεί να είναι μια χρήσιμη στρατηγική για τη διαχείριση του καλκανιού και κατ' επέκταση για την μείωση του κόστους παράγωγης των επιχειρήσεων καλκανιού. (Blanquet & Teles 2010)

Περιβάλλοντος

Η πιθανή θετική εφαρμογή του φαινομένου της αντιστάθμισης στις ιχθυοκαλλιέργειες, εκτός της εξοικονόμησης της τροφής από τη διατροφή των ψαριών που συνεπάγεται σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής, έχει ως άμεσο αποτέλεσμα και τη μείωση των επιπτώσεων της εκτροφής στο υδάτινο περιβάλλον.

Τα μέχρι τώρα στοιχεία από τη μελέτη του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στα εκτρεφόμενα ψάρια, επικεντρώνονται στην επίδραση της θερμοκρασίας (Maclean & Metcalfe 2001) ή της ποσότητας της τροφής (Zhu *et al.* 2001) ή και της συχνότητας εναλλαγής ασιτίας - επαναδιατροφής (Quinton & Blake 1990, Kim & Lovell, 1995).

Αξιολογούνται δε σε σχέση με το τελικό βάρος που αποκτούν τα ψάρια, μετά την επαναδιατροφή τους, σε σχέση με αυτό των ατόμων στα οποία η παροχή της τροφής συνεχίζονταν κανονικά (Seather & Jobling 1999, Grime *et. al.* 2007)

Επίσης ορισμένες μελέτες χρησιμοποιούν το μήκος για να υποδηλώσουν την αύξηση. Το φαινόμενο δεν έχει μελετηθεί στην τσιπούρα εκτενώς, ούτε ως προς την επίδραση της θερμοκρασίας, ούτε και ως προς την ποσότητα της προσφερόμενης τροφής όπως επίσης και για τα χρονικά διαστήματα εναλλαγής ασιτίας ή περιορισμένης διατροφής - επαναδιατροφής (Nicieza & Metcalfe 1997, Skalski *et al.* 2005).

Το γεγονός αυτό καθώς και ο γενικότερος προβληματισμός που υπάρχει στον κλάδο των ιχθυοκαλλιεργειών στη χώρα μας αλλά και παγκόσμια, σχετικά με την ανάγκη μείωσης του κόστους παραγωγής, οδήγησε στο σχεδιασμό της παρούσας εργασίας δεδομένου ότι η τσιπούρα αποτελεί το κυριότερο είδος που εκτρέφεται σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς στη χώρα μας.

1.2. Είδη αντιστάθμισης

Σύμφωνα με τους Ali *et al.* (2003) και τους Sevgili *et al.* (2013), οι οργανισμοί που υποβάλλονται σε ασιτία και στη συνέχεια επανασιτίζονται μπορούν να εμφανίσουν τέσσερις μορφές αντιστάθμισης:

- ✓ **καμία αντιστάθμιση.**
- ✓ **πλήρη αντιστάθμιση** κατά την οποία τα άτομα που στερήθηκαν τροφής κατορθώνουν τελικά και φθάνουν το ίδιο μέγεθος με αυτά στα οποία προσφέρονταν τροφή συνεχώς.
- ✓ **μερική αντιστάθμιση,** σε αυτό το στάδιο τα άτομα που δεν σιτίζονται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα δεν κατορθώνουν να επιτύχουν το ίδιο μέγεθος όταν επανασιτιστούν, με τα άτομα που σιτίζονταν σε καθημερινή βάση. Παρόλα αυτά, τα άτομα δείχνουν να αποκτούν ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης, γεγονός που ίσως οφείλεται στην αποδοτικότερη μετατρεψιμότητα τροφής.
- ✓ **υπέρ-αντιστάθμιση** κατά την οποία τα άτομα που πέρασαν μία περίοδο ασιτίας κατορθώνουν και ξεπερνάνε σε μέγεθος τα αντίστοιχα άτομα στα οποία η τροφή προσφέρονταν χωρίς διακοπή.

1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αντιστάθμισης είναι:

1. **Η επίδραση του πρωτοκόλλου ταΐσματος** (διάρκεια μερικής ή ολικής ασιτίας, διάρκεια επαναδιατροφής)

Περιβάλλοντος

2. Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση αντιστάθμισης. Οι κυριότεροι εξ' αυτών είναι:

- ✓ Θερμοκρασία (Nicieza & Metcalfe 1997, Maclean & Metcalfe 2001, Purchase & Brown 2001)
- ✓ Αλατότητα (Damsgard & Arnesen 1998)
- ✓ Παροχή οξυγόνου (Foss & Imsland 2002)
- ✓ Ιχθυοφόρτιση και
- ✓ Παραλλακτικότητα των μεγεθών (Jobling & Koskela 1996)

3. Επιπτώσεις επί των συστατικών και των οργάνων του σώματος

Ο τύπος της αύξησης αντιστάθμισης μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά τα συστατικά του σώματος (Weatherley & Gill 1981, Quinton & Blake 1990).

4. Απώλεια βάρους και αύξηση της αντιστάθμισης

Η αύξηση της αντιστάθμισης είναι δυνατό να ευνοείται από τη μείωση του ρυθμού μεταβολισμού του ψαριού κατά τη διάρκεια στέρησης της τροφής. Οι Wieser *et al.* (1992) πρότειναν 4 φάσεις αντίδρασης στον περιορισμό τροφής και της επακόλουθης επανασίτισης:

- τη φάση της καταπόνησης, που χαρακτηρίζεται από ένα καθεστώς υπέρ-ενεργητικότητας (π.χ. αναζήτηση τροφής),
- τη φάση της αλλαγής με τη συνεχιζόμενη στέρηση της τροφής, τη μείωση του κανονικού ρυθμού της αναπνοής όπως και της κινητικότητας,
- τη φάση της προσαρμογής με τη σταθεροποίηση του μεταβολισμού σε χαμηλά επίπεδα και

Περιβάλλοντος

- τη φάση της αποκατάστασης όπου γίνεται απότομη αύξηση των επιπέδων κατανάλωσης οξυγόνου, αλλά και της αύξησης σε απόλυτη σχέση με την περίοδο της ασιτίας.

5. Εποχική διακύμανση

Η εποχική διακύμανση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον παράγοντα θερμοκρασία. Έτσι, λοιπόν, ο σολομός, (*Salmon salar*) στις χαμηλές θερμοκρασίες του φθινοπώρου εμφάνισε μικρή αντιστάθμιση, σε αντίθεση με το καλοκαίρι, κατά το οποίο οι υψηλές θερμοκρασίες ευνόησαν την αύξηση της αντιστάθμισης (Maclean & Metcalfe 2001).

1.4. Παραλλακτικότητα μεγεθών

Το φαινόμενο της ανομοιομορφίας των μεγεθών αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως “Tobi-Koi phenomenon” (Nakamura & Kasahara 1995), ως “size hierarchy effect, ιεράρχηση μεγεθών» (Brown 1957) και ως “growth depensation, διαφοροποίηση ανάπτυξης” (Ricker 1958). Κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες παραγωγής η διαφοροποίηση των μεγεθών εμφανίζεται νωρίς τις πρώτες βδομάδες μετά την εκκόλαψη των ψαριών (Purdom *et al.* 1972, Bowers 1974, Purdom 1974, Beyer & Laurence 1980, Fukuhara 1983, Chambers *et al.* 1988). Οι σχέσεις μεταξύ των ατόμων της ίδιας ομάδας, η κατανάλωση τροφής, η ιχθυοπυκνότητα, οι γενετικοί παράγοντες, η αξιοποίηση ενέργειας τροφής, περιβαλλοντικοί παράγοντες κατά την εκτροφή, έχουν θεωρηθεί ως αιτία διαφοροποίησης του ρυθμού ανάπτυξης και κατά συνέπεια της εμφάνισης του φαινομένου της παραλλακτικότητας των μεγεθών σε ομάδες ψαριών.

1.5. Χημική σύσταση εκτρεφόμενων ατόμων τσιπούρας

Η ποιοτική ανάλυση πολλών ψαριών πραγματοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια σε πολλές επιστημονικές μελέτες. Η χημική σύσταση ορισμένων ειδών ιχθύων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.1).

Τα ψάρια είναι εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών και ο μυϊκός ιστός τους περιέχει ένα σωστά ισορροπημένο προφίλ σε αμινοξέα, καθιστώντας τους ιχθύς σημαντικό κομμάτι της ανθρώπινης διαίτας σε πολλές χώρες (Jobling 2001).

Επίσης, οι ιχθύς αποτελούν πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, των οποίων οι ευεργετικές ιδιότητες στην ανθρώπινη υγεία έχουν αναφερθεί εκτενώς σε πολλές έρευνες και άρθρα (Drevon 1992).

Μπορούν να προστατέψουν έναντι των καρδιαγγειακών παθήσεων, απαιτούνται για την ομαλή ανάπτυξη των εμβρύων και πιθανότατα δρουν ευεργετικά ενάντια στο διαβήτη και σε κάποιες μορφές καρκίνου (Lands 1992).

Πίνακας 1. Χημική σύσταση ορισμένων ειδών ιχθύων (σύσταση % ναπού βάρους μυϊκού ιστού) (Jobling 2001)

Είδη ιχθύων	Υγρασία (%)	Λίπη (%)	Πρωτεΐνες (%)
<i>Anguilla rostrata</i> (Αμερικάνικο χέλι)	67	14,5	16
<i>Anguilla anguilla</i> (Ευρωπαϊκό χέλι)	46	32,5	17,5
<i>Silurus glanis</i> (Sheatfish)	76,5	4,5	18,5
<i>Ictalurus punctatus</i> (γατόψαρο)	71,5	9	17,5
<i>Clarias gariepinus</i> (αφρικάνικο γατόψαρο)	75	3	20
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Ιριδίζουσα πέστροφα)	70	10	17
<i>Salmo salar</i> (σολομός του Ατλαντικού)	69	10	18,5
<i>Gadus morhua</i> (γάδος)	80,5	0,5	18
<i>Anarhichas lupus</i> (wolkfish)	77,5	2,5	18,5
<i>Hippoglossus hippoglossus</i> (Halibut)	72	10,5	16
<i>Scophthalmus maximus</i> (turbot)	79	2,5	16

Ο μυϊκός ιστός των ιχθύων περιέχει μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών μαζί με αλλά μέρη που περιέχουν άζωτο και αναφέρονται ως μη πρωτεϊνικό άζωτο (NPN). Οι πρωτεΐνες της σάρκας των ιχθύων είναι υψηλής βιολογικής αξίας και περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα σε σημαντική ποσότητα και ισορροπημένη αναλογία και έχουν εξαιρετική ευπεπτότητα (Mengoli 1994).

Η λιποπεριεκτικότητα των ιχθύων διαφέρει ανάλογα με το είδος. Εποχιακές διακυμάνσεις παρατηρούνται και σε ψάρια του ίδιου είδους, οι οποίες εξαρτώνται από το φύλο, την ηλικία, το μέγεθος, τη βιολογική και θρεπτική κατάσταση του ιχθύος (Παπαναστασίου 1976). Οι θαλάσσιοι και ευρύαλοι τελεόστεοι ιχθύες, με βάση τη λιποπεριεκτικότητα της σάρκας τους διακρίνονται σε: i) άπαχους (<3%) , όπως είναι ο μπακαλιάρος, η γλώσσα, κ.α., ii) ημι-λιπαρούς (3-8 %), όπως είναι ο σολομός, ο τόννος, το μπαρμπούνι, το λαβράκι, ο γαύρος, η τσιπούρα και iii) λιπαρούς (πάνω από 8%), όπως είναι το χέλι, το σκουμπρί, ο κέφαλος, η σαρδέλα, η ρέγκα, η παλαμίδα κ.α. (Jobling 2001, Cowey 1993).

1.6. Σκοπός της παρούσας εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στην εντατική εκτροφή τσιπούρας μέσου βάρους περίπου $5,82 \pm 0,12g$ σε κλειστό σύστημα κυκλοφορίας νερού. Συγκεκριμένα στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να εξεταστεί η επίδραση της μερικής ασιτίας στην αύξηση της τσιπούρας καθώς στην παραλλακτικότητα των μεγεθών. Επιπροσθέτως μελετήθηκαν και ποιοτικά χαρακτηριστικά (λίπος, υγρασία και τέφρα) του μυϊκού ιστού των ψαριών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με τσιπούρες (*Sparus aurata*) στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Π.Θ. και είχε διάρκεια 9 εβδομάδες (64 ημέρες) (Εικ. 2.1).



Εικόνα 2.1. Εγκαταστάσεις του Τμήματος (Φωτογραφία συγγραφέα)

2.1. Πειραματικός σχεδιασμός

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 180 άτομα τσιπούρας μέσου αρχικού βάρους $5,82 \pm 1,19\text{g}$ τα οποία προήλθαν από τον ΙΧΣ της εταιρείας «ΔΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Β.Ε.Ε» που βρίσκεται τις Ντάπιες Αχλαδιού του νομού Φθιώτιδας. Η μεταφορά τους πραγματοποιήθηκε με ειδικές ισοθερμικές δεξαμενές με οξυγόνο στους χώρους της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών. Μετά την περίοδο εγκλιματισμού τους που διήρκεσε 14 ημέρες τοποθετήθηκαν ισόποσα τυχαία σε 6

Περιβάλλοντος

γυάλινα ενυδρεία χωρητικότητας 120L το καθένα. Τα ενυδρεία διέθεταν κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας νερού. Επίσης υποστηριζόταν από σύστημα μηχανικού-βιολογικού φίλτρου του νερού για την απομάκρυνση της συνολικής αμμωνίας, των περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής.

Σε καθημερινή βάση πραγματοποιούνταν σιφωνισμός του πυθμένα και αντικατάσταση του νερού έως και 30% του συνολικού όγκου των ενυδρείων.

Επιπλέον, ανά τακτά χρονικά διαστήματα τοποθετούνταν, τόσο στο νερό του ενυδρείου όσο και μέσα στα φίλτρα, διάλυμα βακτηρίων Nite-Out II της MICROBE-LIF για τη νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων.

Η διάταξη των ενυδρείων καθώς και των φίλτρων απεικονίζεται στην Εικόνα 2.2. Τα ψάρια διαχωρίστηκαν σε 2 ομάδες (Μάρτυρας και Διαχείριση) με 3 επαναλήψεις η κάθε μια. Κάθε ομάδα ελάμβανε διαφορετικό ποσοστό τροφής. Η ομάδα του Μάρτυρα σιτίζονταν με 100% τροφής και η ομάδα της Διαχείρισης με το 75% της τροφής που τους αντιστοιχούσε. Ο υπολογισμός της τροφής γίνονταν με βάση το μέγεθος των ψαριών, τη θερμοκρασία του νερού και τα προτεινόμενα ποσοστά διατροφής των πινάκων της εταιρείας BIOMAR Hellas.



Εικόνα 2.2: Διάταξη δεξαμενών και απεικόνιση του συστήματος φιλτραρίσματος-αποστείρωσης (φωτογραφία συγγραφέα).

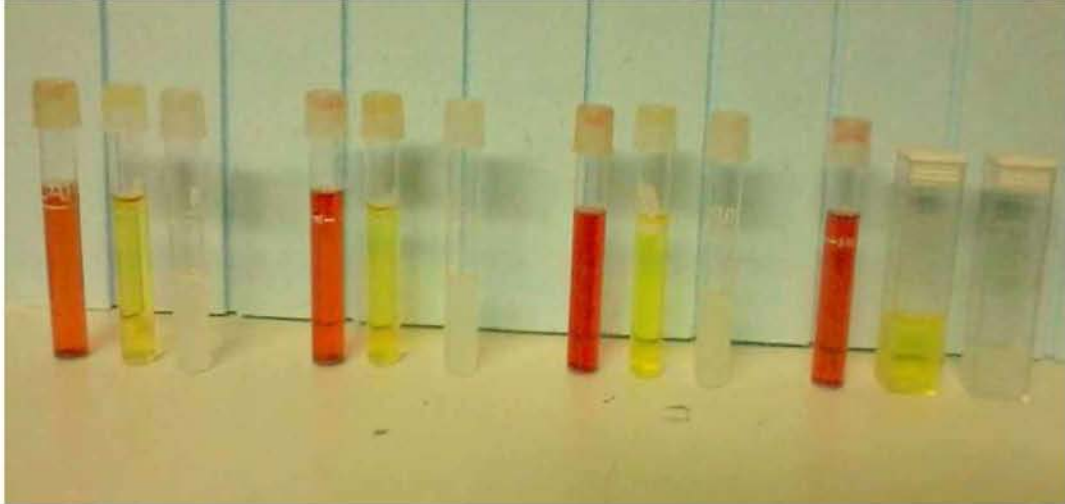
Περιβάλλοντος

Σε χρόνο πρότερο της έναρξης του πειράματος τα ενυδρεία πληρώθηκαν με νερό βρύσης και εν συνεχεία συμπληρώθηκε διάλυμα extreme 5 ml/38lt νερού έτσι ώστε να επιτευχθεί η αποχλωρίωσή του. Έπειτα διαλύθηκε ποσότητα αλατιού Instant Ocean Seasalt μέχρι το επιθυμητό ποσοστό αλατότητας. Κατόπιν προστέθηκε διάλυμα NITE OUT 5ml/40 lt Οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού ελέγχονταν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Σε εβδομαδιαία βάση καταγράφονταν μετρήσεις για τη θερμοκρασία του νερού ($22\text{ }^{\circ}\text{C}$), το pH ($8,00 \pm 0,4$), την αλατότητα ($29 \pm 0,5\%$) και το διαλυμένο οξυγόνο ($>6,5\text{ mg/l}$) με τη χρήση φορητών ηλεκτρονικών οργάνων.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου γίνονταν με κλιματιστικό μηχάνημα και διατηρήθηκε στους $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό καταγράφονταν με οξυγονόμετρο τύπου Hanna hi 9143 μετά το δεύτερο τάισμα. Σε κάθε ενυδρείο υπήρχε πορόλιθος (αερόπετρα) για το διασκορπισμό του παρεχόμενου αέρα από τους δύο αεροσυμπιεστές. Επίσης, για την παροχή του αέρα είχαν τεθεί σε λειτουργία δύο αεραντλίες. Οι δύο αεραντλίες δούλευαν εναλλάξ ανά μία ώρα, με την βοήθεια χρονοδιακόπτη, με σκοπό την καλή και ασφαλή τους λειτουργία. Η αλατότητα μετριόταν με αλατόμετρο WTW LF 330 και το pH του νερού με API High Range pH Liquid Test Kit.

Επίσης, σε τακτά χρονικά διαστήματα προσδιορίζονταν η συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας ($<1\text{ mg/l}$) με την χρήση Salifert Ammonia, των νιτρικών με τεστ τύπου API Nitrate NO_3 και νιτρωδών με των βοήθεια Sera nitrite-Test (NO_2) (Εικ.2.3).

Η τεχνητή φωτοπερίοδος που εφαρμόστηκε ήταν 12L:12D ώρες σκότους με εναλλαγή να πραγματοποιείται στις 08:00 και 20:00, αντίστοιχα



Εικόνα 2.3: Αναλύσεις NO_3 , NO_2 και Αμμωνίας (φωτογραφία συγγραφέα)

Αξίζει να σημειωθεί πως το νερό που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος ήταν εργαστηριακής προέλευσης και χρειάστηκαν 4 εβδομάδες για να σταθεροποιηθεί το βιολογικό του φίλτρο για κάθε ενυδρείο.

2.1.1. Δειγματοληψίες

Η εκτροφή των ψαριών διήρκησε 64 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις βάρους και σταθερού μήκους: στην έναρξη του πειράματος, την 17^η, την 32^η, την 50^η και μία τελική την 64^η ημέρα. Η διαδικασία της μέτρησης ήταν η ακόλουθη. Αρχικά τα ψάρια εξαλειούνταν από τις δεξαμενές με απόχες. Στην συνέχεια τοποθετούνταν σε πλαστικό κουβά με αναισθητικό φαινοξυαιθανόλης με συγκέντρωση 0,10 ml/lit. Μετά το στάδιο της αναισθησίας, ζυγίζονταν ατομικά κάθε ψάρι σε ζυγό τύπου AE ADAM ACBPLUS MODEL ABB PLUS 3000, ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων (0,01 g) και έπειτα μετρούνταν το σταθερό μήκος με ιχθυόμετρο ακρίβειας 0,1 cm (Εικ. 2.4 και Εικ. 2.5) .



Εικόνα 2.4. Μέτρηση Βάρους (φωτογραφία συγγραφέα).



Εικόνα 2.5. Μέτρηση Μήκους (φωτογραφία συγγραφέα).

Περιβάλλοντος

Αμέσως μετά τοποθετούνταν σε πλαστικό κουβά με καλά οξυγονωμένο θαλασσινό νερό. Κατά το στάδιο αυτό τα ψάρια αναλάμβαναν τις αισθήσεις τους και στο τέλος με μικρή απόχρη επανατοποθετούνταν στο αρχικό τους ενυδρείο .

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος πάρθηκε τυχαίο δείγμα ψαριών από κάθε ενυδρείο τα οποία θανατώθηκαν παρατείνοντας την παραμονή τους στο αναισθητικό αυξανόμενης δοσολογίας. Έπειτα το δείγμα κωδικοποιήθηκε και αποθηκεύτηκε στους -20°C με σκοπό τη χημική ανάλυση του μυϊκού ιστού.

2.2. Διατροφή πειραματικών ομάδων

Η προσφερόμενη ποσότητα τροφής ήταν αυτή που πρότεινε μέσα από τους πίνακες εκτροφής της η εταιρία ιχθυοτροφών BIOMAR Hellas. Ο προσδιορισμός τροφής γίνονταν συναρτήσει της θερμοκρασίας και του μεγέθους των ψαριών και αναπροσαρμοζόταν στη βιομάζα του κάθε ενυδρείου όπως αυτή προέκυπτε μετά από κάθε 2 εβδομάδες περίπου, όταν ζυγίζονταν όλα τα άτομα κάθε ενυδρείου.

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρεται η χημική σύσταση των σιτηρεσίων που χορηγήθηκαν στην διάρκεια του πειράματος (Πιν. 2.1 και Πιν. 2.2). Κατά την έναρξη του πειράματος και μέχρι την 32^η μέρα όλες οι ομάδες ταΐζονταν με τροφή τύπου pellets INICIO Plus micro-pellets (τσιπούρα) και διαμέτρου 1,5mm. Εν συνεχεία και μέχρι την ολοκλήρωση του πειράματος όλες οι ομάδες σιτιζόνταν με τροφή τύπου pellets INICIO Plus micro-pellets (τσιπούρα) και διαμέτρου 1,9mm.

Πίνακας 2.1: Χημική σύσταση τροφής pellets INICIO Plus micro-pellets (τσιπούρα) διαμέτρου 1,5mm.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΦΗΣ	1,5mm
Ολική πρωτεΐνη (%)	54
Ολικά λίπη (%)	18
ΕΝΕΟ (%)	9
Κυτταρίνη (%)	1
Τέφρα (%)	10,5
Ολικός φώσφορος (%)	1,6
Ολική ενέργεια (MJ/kg)	21,6
Πεπταία ενέργεια (MJ/kg)	19,3
Πεπταία πρωτεΐνη / Πεπταία ενέργεια(g/MJ)	25,7
Βιταμίνη E (προστιθέμενη) - mg/kg	365
Βιταμίνη C (προστιθέμενη) - mg/kg	200

Πίνακας 2.2: Χημική σύσταση τροφής pellets INICIO Plus micro-pellets (τσιπούρα) διαμέτρου 1,9 mm.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΦΗΣ	1,9mm
Ολική πρωτεΐνη (%)	50
Ολικά λίπη (%)	18
ΕΝΕΟ (%)	11,5
Κυτταρίνη (%)	1,5
Τέφρα (%)	9
Ολικός φώσφορος (%)	1,4
Ολική ενέργεια (MJ/kg)	21,2
Πεπταία ενέργεια (MJ/kg)	18,5
Πεπταία πρωτεΐνη / Πεπταία ενέργεια(g/MJ)	24,8
Βιταμίνη E (προστιθέμενη) - mg/kg	310
Βιταμίνη C (προστιθέμενη) - mg/kg	165

Περιβάλλοντος

Η χορήγηση της τροφής γίνονταν δύο φορές την ημέρα πρωί (10:00 π.μ.) και απόγευμα (17:00 μ.μ.)

2.3. Πειραματικό Πρωτόκολλο

2.3.1. Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

Η αύξηση του ολικού βάρους είναι το καθαρό βάρος του σώματος των ψαριών που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Αύξηση ολικού βάρους (g)} = W_t (\text{τελικό βάρος}) - W_a (\text{αρχικό βάρος})$$

2.3.2. Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους

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

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

2.3.3. Ειδικός ρυθμός αύξησης

Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός αύξησης (specific growth rate, SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους του ψαριού στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{SGR (\% / ημέρα)} = \{ 100 \times [\text{Ln} (W_2) - \text{Ln} (W_1)] / \text{ημέρες σίτισης} \}$$

Όπου,

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

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

2.3.4. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

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

$$FCR = \text{τροφή που χορηγήθηκε (g)} / \text{αύξηση βιομάζας των ζωντανών ιχθύων (g)}.$$

2.4. Χημικές αναλύσεις

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος πάρθηκε τυχαίο δείγμα ατόμων και από τις δύο ομάδες έτσι ώστε να γίνει περαιτέρω χημική ανάλυση του μυϊκού ιστού των ψαριών. Οι αναλύσεις που έλαβαν χώρα ήταν ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών, ο προσδιορισμός της τέφρας και η υγρασία- ξηρά ουσία του μυϊκού ιστού.

2.4.1. Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Οι λιπαρές ουσίες αποτελούν ομάδα θρεπτικών ουσιών που απαντάται τόσο στους φυτικούς όσο και στους ζωικούς ιστούς. Διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο στον οργανισμό και απαντώνται σε όλα τα κύτταρά του. Οι λιπαρές ουσίες έχουν μια κοινή ιδιότητα: είναι αδιάλυτες στο νερό και διαλυτές στους οργανικούς διαλύτες (π.χ. πετρελαϊκός αιθέρας).

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών από το ολικό σώμα και τον μυϊκό ιστό των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Soxhlet (AOAC 1995). Σύμφωνα

με τη μέθοδο, ζυγίστηκε το βάρος κενών δοχείων μαζί με 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων . Στη συνέχεια, ειδικός χάρτινος ηθμός τοποθετήθηκε μέσα στο δοχείο ζέσεως, που βρίσκονταν εντός του ζυγού και μηδενίστηκε η ακόλουθη ένδειξη. Έπειτα, στον χάρτινο ηθμό προστέθηκε 1,5g ξηράς ουσίας δείγματος . Τέλος, στα δείγματα πριν μεταφερθούν στη ειδική συσκευή εκχύλισης και απόσταξης του λίπους προστέθηκε μέσα στα δοχεία 140 ml διαλύματος πετρελαϊκού αιθέρα.

Η διαδικασία απόσταξης του λίπους, στη συσκευή Soxhlet, έλαβε χώρα σε πέντε στάδια. Το πρώτο στάδιο αποτελείται από τη θερμή εκχύλιση, όπου το δείγμα βυθίζεται στον υπό βρασμό διαλύτη στους 150° C για 25 λεπτά και μία σημαντική ποσότητα λίπους αρχίζει να απελευθερώνεται από το δείγμα.

Στο δεύτερο στάδιο, έχουμε την πρώτη εξάτμιση, όπου ο διαλύτης, πετρελαϊκός αιθέρας, μειώνεται αισθητά από τα δοχεία εκχύλισης. Η ποσότητα του διαλύτη που περισσεύει συλλέγεται στη δεξαμενή ανάκτησης, στο πίσω μέρος της συσκευής.

Στο τρίτο στάδιο, η ποσότητα λίπους που περίσσεψε στα δείγματα εκχυλίστηκε για 1 ώρα και 30 λεπτά, από την επανυγροποίηση των ατμών του διαλύτη. Στο στάδιο αυτό ο διαλύτης διερχόμενος από κάθε ηθμό που περιείχε δείγμα, συλλέγει το λίπος από το δοχείο ζέσεως. Με τη διαδικασία αυτή, εξασφαλίζεται η εκχύλιση όλων των λιπαρών ουσιών στα δείγματα.

Κατόπιν, ακολουθεί το τέταρτο στάδιο που συμπεριλαμβάνει τη δεύτερη εξάτμιση του πετρελαϊκού αιθέρα σύμφωνα με την οποία, ο περίσσιος όγκος του διαλύτη αποστάζεται στη δεξαμενή αποθήκευσης για μελλοντική επανάκτηση.

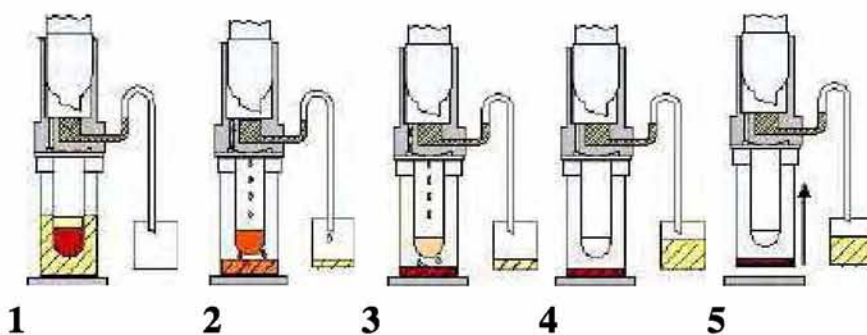
Περιβάλλοντος

Στο πέμπτο στάδιο αφού εξατμιστεί ο διαλύτης, οι ολικές λιπαρές ουσίες βρίσκονται στο πάτο του δοχείου, τα οποία ανυψώνονται από τις εστίες θέρμανσης αυτόματα (Εικ 2.6).

Στο τέλος της εκχύλισης τα δοχεία ζέσεως αφαιρούνται από την συσκευή και τοποθετούνται σε πυραντήριο για 30 λεπτά στους 75 °C, για να εξατμιστεί και η παραμικρή ποσότητα πετρελαϊκού αιθέρα που μπορεί να υπάρχει στο δοχείο. Μετά το πέρας των 30 λεπτών βγάζουμε τα δοχεία από το πυραντήριο, προκειμένου να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος, και αφαιρούμε το χάρτινο ηθμό.

Ακολουθεί η ζύγιση των δοχείων μαζί με τις πέτρες. Η διαφορά του μικτού βάρους δοχείου με το λίπος και το αρχικό βάρος του κενού δοχείου με τις πέτρες έδωσε το βάρος του λίπους στο δείγμα. Η περιεκτικότητα του κάθε δείγματος σε ολικά λιπίδια υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ολικά λιπίδια \%} = (W(\text{g})_{\text{τελικό δοχείο εκχύλισης}} - W(\text{g})_{\text{αρχικό δοχείο εκχύλισης}}) * 100$$



Εικόνα 2.6: Σχηματική απεικόνιση διαδικασίας απόσταξης στη συσκευή Soxhlet.

2.4.2. Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία ζυγίζουμε δείγμα μυϊκού ιστού 1g σε ζυγαριά ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια τοποθετούνται τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα, και παραμένουν εκεί για 3h στους 600°C (AOAC 1990). Μετά το πέρας των τριών ωρών αφαιρούμε τα δείγματα και τα αφήνουμε σε θερμοκρασία δωματίου για 1h ώστε να κρυώσουν. Στην συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις βάρους των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = (W_{\text{τέφρας (g)}} \times 100) / W_{\text{δείγματος (g)}}$$

2.4.3. Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Για τον υπολογισμό της υγρασίας και της ξηράς ουσίας χρησιμοποιήθηκαν δείγματα μυϊκού ιστού ψαριών των οποίων η ξήρανση πραγματοποιήθηκε σε φούρνο. Πριν την εναπόθεσή τους στο φούρνο, τα δείγματα ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε δισκία αλουμινοχαρτου, το βάρος των οποίων είχε προζυγιστεί ώστε να αφαιρεθεί μετά το πέρας του ψησίματος. Τα δείγματα παρέμειναν στον φούρνο για 24 ώρες σε σταθερή θερμοκρασία των 105°C. Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της ξήρανσης, τα δείγματα παρέμειναν εκτός φούρνου μέχρι να επανέλθουν σε θερμοκρασία δωματίου ώστε να γίνουν οι σχετικές μετρήσεις. Τελικά, η υγρασία και η ξηρή ουσία των δειγμάτων υπολογίστηκε με τον εξής τρόπο:

$$W_{\text{ξηρής ουσίας}} = W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο}} - W_{\text{δισκίου}}$$

$$\text{Ξηρή ουσία \%} = (W_{\text{ξηρής ουσίας}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

Περιβάλλοντος

Όμοια,

$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

$$\text{Υγρασία \%} = (W_{\text{υγρασία}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

2.5. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων αύξησης των ψαριών και των μεταβολών στη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και του t-Test με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS Statistics 14 Multilanguage και οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά μη σημαντικές για τιμές $P > 0,05$. Επίσης και το t κριτήριο για τη σύγκριση των κλίσεων των ευθειών με τα λογισμικά Excel

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1.1. Έναρξη του πειράματος

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριων επαναληψεων και για τις δυο ομάδες και ως εκ τουτου τα δεδομένα ομογενοποιήθηκαν. Επίσης δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του βάρους της ομάδας Μάρτυρας και της ομάδας της Διαχείρισης ($P>0,05$).

Το αρχικό μέσο βάρος όλων των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος για τα άτομα που τοποθετήθηκαν στα ενυδρεία με τις τρεις επαναλήψεις της ομάδας του Μάρτυρα ήταν $5,80 \pm 0,05g$ και για τα ενυδρεία με τις τρεις επαναλήψεις της ομάδας της Διαχείρισης ήταν $5,84 \pm 0,05g$ (Πιν. 3.1).

Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα για το μήκος. Το αρχικό μέσο σταθερό μήκος για την ομάδα του Μάρτυρα ήταν $6,26 \pm 0,05cm$ και $6,26 \pm 0,05cm$ για την ομάδα της Διαχείρισης. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αρχικό μήκος των ατόμων ($P>0,05$) κατά την έναρξη του πειράματος με αποτέλεσμα οι επαναλήψεις των δύο ομάδες σε κάθε περίπτωση να ομογενοποιηθούν (Πίν. 3.1.).

Πίνακας 3.1: Αρχικό μέσο βάρος (g) και αρχικό μέσο σταθερό μήκος (cm) των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπικό σφάλμα.

	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
Αρχικό Βάρος (g)	$5,80 \pm 0,12$	$5,84 \pm 0,12$
Αρχικό Σταθερό Μήκος (cm)	$6,26 \pm 0,05$	$6,26 \pm 0,05$

3.1.2 17^η ημέρα πειράματος

Στην δεύτερη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε άρχισε να διαφαίνεται μικρή αριθμητική υπεροχή της ομάδας του Μάρτυρα έναντι της ομάδας της Διαχείρισης. Έτσι τα μέσα ολικά βάρη που προέκυψαν ήταν $10,81 \pm 0,30$ g για την ομάδα του Μάρτυρα και $9,75 \pm 0,27$ g και για την ομάδα της Διαχείρισης ενώ το μέσο σταθερό μήκος $7,03 \pm 0,06$ cm και $7,14 \pm 0,06$ cm αντίστοιχα (Πιν. 3.3.). Ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των επαναλήψεων της ομάδας του Μάρτυρα και των επαναλήψεων της ομάδας της Διαχείρισης. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων του μήκους της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης ($P > 0,05$).

3.1.3 32^η ημέρα πειράματος

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.2, στην τρίτη μέτρηση που λήφθηκε, η ομάδα του Μάρτυρα είχε φτάσει κατά μέσο όρο τα $16,00 \pm 0,46$ g σε βάρος και τα $8,34 \pm 0,07$ cm σε ολικό μήκος. Από την άλλη μεριά, η ομάδα της διαχείρισης απέκτησε, κατά μέσο όρο, βάρος της τάξεως των $15,88 \pm 0,43$ g και μήκος $8,31 \pm 0,08$ cm, πράγμα που αποδεικνύει πως αν και σιτίστηκε σε καθημερινή βάση με λιγότερη τροφή (75% τροφή έναντι 100% τροφής) σε σχέση με την ομάδα του Μάρτυρα κατάφερε να πλησιάσει στην ανάπτυξη τους. Επιπλέον, από τις στατιστικές αναλύσεις φάνηκε ότι οι μέσοι όροι, τόσο του βάρους όσο και του μήκους της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης, δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($P > 0,05$).

3.1.4 50^η ημέρα πειράματος

Από την τέταρτη μέτρηση στην 50^η ημέρα πειράματος, προέκυψε ότι η ομάδα της Διαχείρισης είχαν σχεδόν στους ίδιους ρυθμούς αύξησης σε σχέση με αυτά της ομάδας του Μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, το μέσο βάρος και το μέσο σταθερό μήκος της ομάδας του Μάρτυρα ήταν $23,23 \pm 0,65$ g και $9,35 \pm 0,09$ cm αντίστοιχα, ενώ για την ομάδα της Διαχείρισης, το μέσο βάρος βρέθηκε να είναι $23,19 \pm 0,60$ g και το μέσο ολικό μήκος $9,4 \pm 0,08$ cm (Πιν. 3.2). Από τις στατιστικές αναλύσεις φάνηκε ότι οι μέσοι όροι, τόσο του βάρους όσο και του μήκους της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης, δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($P > 0,05$).

3.1.5 Τέλος του πειράματος

Την 64^η ημέρα του πειράματος πραγματοποιήθηκε και η τελευταία μέτρηση στην οποία μετρήθηκαν όλα τα ψάρια του πειράματος. Οι τρεις επαναλήψεις των ομάδων ομογενοποιήθηκαν αφού δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ούτε στο βάρος ούτε στο μήκος. Κατ' επέκταση βρέθηκε το μέσο βάρος, $29,88 \pm 0,94$ g για την ομάδα του Μάρτυρα και $27,70 \pm 0,82$ g για την ομάδα της Διαχείρισης, ενώ το μέσο μήκος για την ομάδα του Μάρτυρα ήταν $10,19 \pm 0,10$ cm και για την ομάδα της Διαχείρισης $10,07 \pm 0,10$ cm. Ακόμη δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης ($P > 0,05$) (Πιν. 3.2).

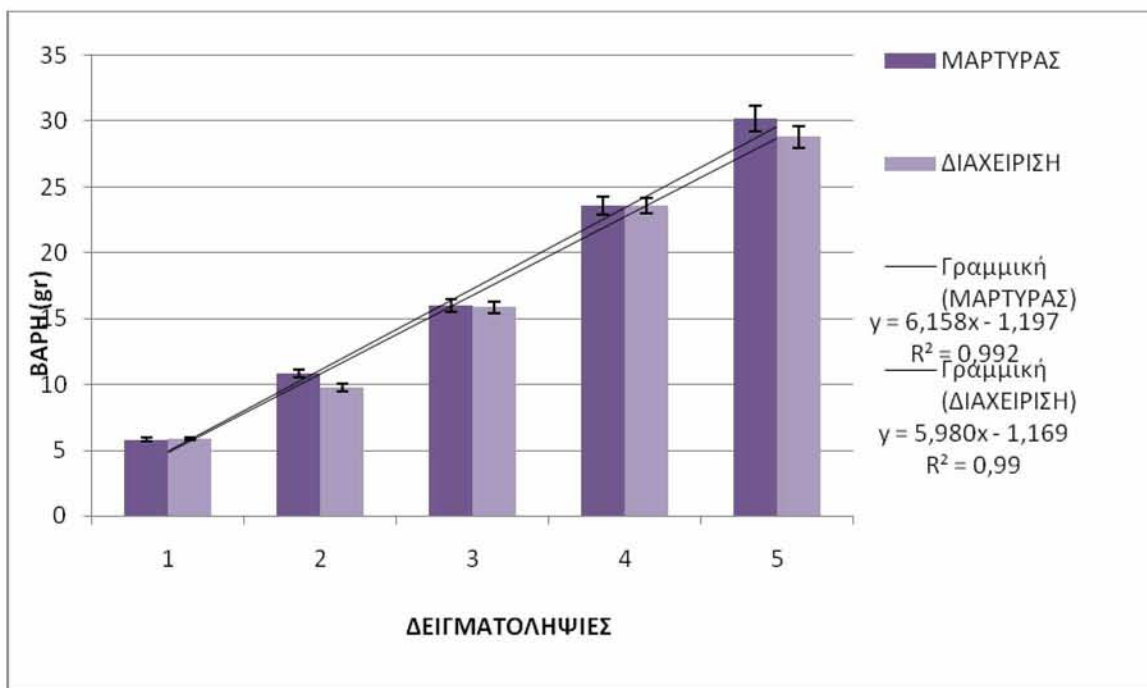
Πίνακας 3.2. Εξέλιξη στην αύξηση (μέσο ολικό σωματικό βάρος και σταθερό μήκος) των ατόμων της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης (μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπικό σφάλμα (s.e.)), n:ο αριθμός των ατόμων

	<u>1η Μέτρηση</u>		<u>2η Μέτρηση</u>		<u>3η Μέτρηση</u>		<u>4η Μέτρηση</u>		<u>5η Μέτρηση</u>	
Βάρος (g)	\pm s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n
Μάρτυρας	5,80 \pm 0,12	90	10,81 \pm 0,30	90	16,00 \pm 0,46	87	23,23 \pm 0,65	83	30,21 \pm 0,94	45
Διαχείριση	5,84 \pm 0,12	90	9,75 \pm 0,27	90	15,88 \pm 0,43	89	23,19 \pm 0,60	80	28,83 \pm 0,82	63
Σταθερό Μήκος (cm)	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n	$\bar{x} \pm$ s.e.	n
Μάρτυρας	6,26 \pm 0,05	90	7,03 \pm 0,06	90	8,35 \pm 0,07	87	9,35 \pm 0,09	83	10,19 \pm 0,10	45
Διαχείριση	6,26 \pm 0,05	90	7,14 \pm 0,06	90	8,31 \pm 0,08	89	9,40 \pm 0,08	80	10,07 \pm 0,10	63

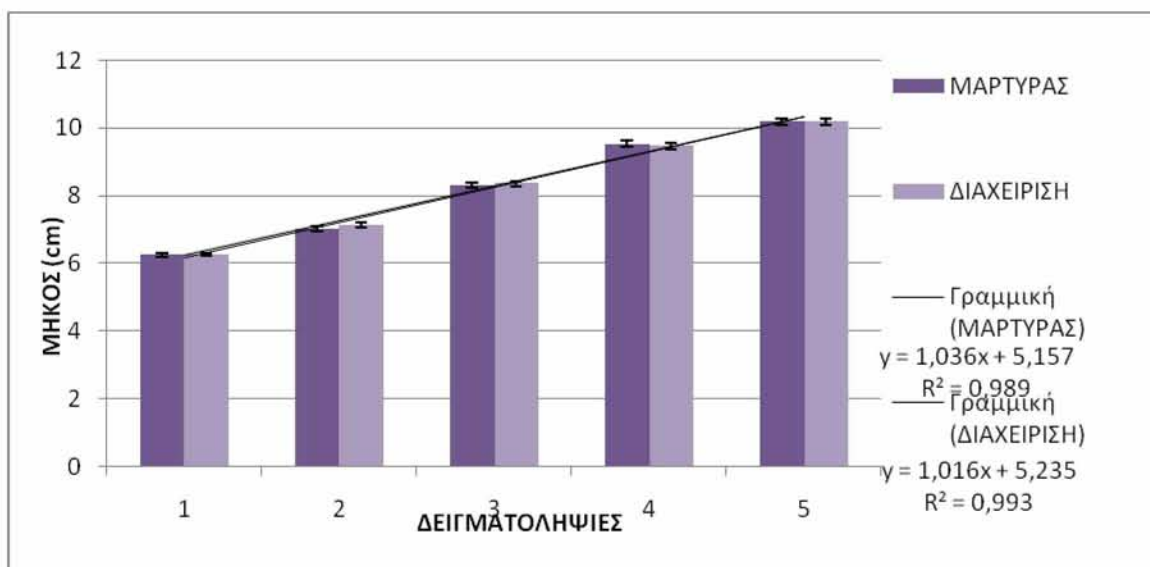
3.2. Παράμετροι αύξησης

Οι παράμετροι αύξησης που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν το ολικό σωματικό βάρος και το σταθερό μήκος των ψαριών. Γενικά τα άτομα της ομάδας της Διαχείρισης δεν έδειξαν καμία μείωση τόσο στο βάρος όσο και στο σταθερό μήκος τους.

Ειδικότερα τα άτομα της ομάδας της διαχείρισης, που σιτίστηκαν καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος με 75% τροφή, σε σχέση με την ομάδα του Μάρτυρα που σιτίζονταν με το 100%, φαίνεται να κατάφεραν να προσεγγίσουν την αύξηση της ομάδας του Μάρτυρα και κυμάνθηκαν στα ίδια σχετικά επίπεδα μεταξύ τους, δηλαδή και οι δύο ομάδες ακολούθησαν μια ανοδική πορεία στην αύξηση τους. Η κατανομή του βάρους και του σταθερού μήκους των ψαριών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος φαίνεται στο Σχήμα 3.1 και 3.2 αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1: Εξέλιξη της αύξησης (βάρος) σε όλες τις ομάδες. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν τυπικά σφάλματα.



Σχήμα 3.2: Εξέλιξη της αύξησης (μήκος) σε όλες τις ομάδες. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν τυπικά σφάλματα.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η εξέλιξη του βάρους και του μήκους με γραμμικές εξισώσεις για όλες τις πειραματικές ομάδες (Πιν.3.3).

Πίνακας 3.3: Εξέλιξη του βάρους και του μήκους με γραμμικές εξισώσεις για όλες τις πειραματικές ομάδες ($Y=ax+b$)

		$Y=ax+b$	R^2	n
Βάρος	Μάρτυρας	$Y=3,0793x+1,8823$	0,9926	395
	Διαχείριση	$Y=2,9905x+1,8215$	0,99	412
Μήκος	Μάρτυρας	$Y=0,5181x+5,6754$	0,982	395
	Διαχείριση	$Y=0,50804+5,7434$	0,9936	412

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος όσον αφορά την σίτιση τους (64 ημέρες), υπολογίστηκε ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (F.C.R) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (S.G.R) των ψαριών, τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 3.4. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά διαφορές μεταξύ των ομάδων ($P > 0,05$).

Πίνακας 3.4. F.C.R. και S.G.R. για όλες τις ομάδες (μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπική απόκλιση (s.d.))

	Μάρτυρας	Διαχείριση
F.C.R.	1,85 \pm 0,05	1,30 \pm 0,15
S.G.R (%/ημέρα)	2,23 \pm 0,15	2,28 \pm 0,12

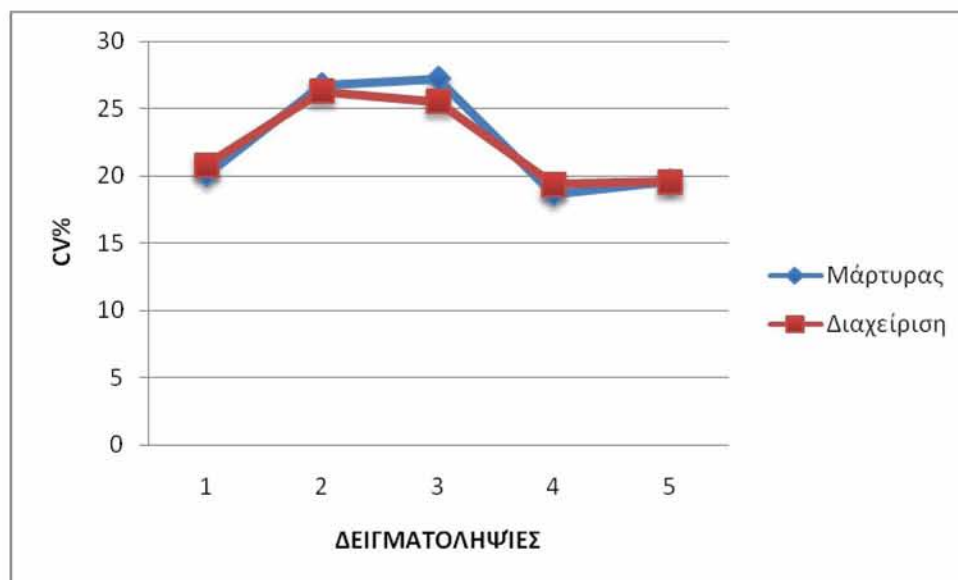
Η ποσοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους για τις τρεις επαναλήψεις της ομάδας της Διαχείριση υπολογίστηκε στο 183,76% ενώ για τις τρεις επαναλήψεις της ομάδας της Μάρτυρας στο 277,56% (Πιν.3.5).

Πίνακας 3.5: Ποσοστιαία αύξηση (%) του σωματικού βάρους της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης.

ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
277,56	183,76

3.3. Παραλλακτικότητα μεγεθών

Για τον προσδιορισμό του φαινομένου της ανομοιομορφίας των μεγεθών των εκτρεφόμενων ψαριών μελετήθηκε η παραλλακτικότητα μεγεθών των ψαριών του πειράματος. Έτσι, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.3. τα άτομα της ομάδας του Μάρτυρα όσο και της ομάδας της Διαχείρισης έδειξαν μια παρόμοια τάση εξέλιξης της παραλλακτικότητας σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.



Σχήμα 3.3: Εξέλιξη της παραλλακτικότητας των μεγεθών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, και των δύο ομάδων ψαριών.

3.4. Θνησιμότητες

Οι θνησιμότητες που παρατηρήθηκαν καθ' όλη την διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος ήταν ασυμπτωματικές.

Η στατιστική επεξεργασία με την μέθοδο one-way ANOVA έδειξε ότι η θνησιμότητα των ψαριών δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών ομάδων ($P>0,05$).

3.5. Χημικές αναλύσεις μυϊκού ιστού

Οι χημικές αναλύσεις στο μυϊκό ιστό ξεκίνησαν με τον προσδιορισμό του ποσοστού υγρασίας και ξηράς ουσίας των ψαριών. Συγκεκριμένα τα ποσοστά υγρασίας της ομάδας του Μάρτυρα και της ομάδας της Διαχείρισης κυμάνθηκαν σε ίδια σχετικά επίπεδα αλλά χωρίς να εμφανίσουν σημαντικές στατιστικές διαφορές. Αναλυτικότερα, η ομάδα του Μάρτυρα συγκέντρωσε ποσοστό υγρασίας των $75,07\pm 0,85\%$ και η ομάδα της Διαχείρισης $75,23\pm 1,63\%$.

Όπως φαίνεται και στο Πίνακα 3.6, η συγκέντρωση του λίπους στον μυϊκό ιστό των ψαριών της ομάδας της Διαχείρισης που πέρασαν περιόδους μερικής σίτισης ξεπέρασε αυτή της ομάδας του Μάρτυρα, οι οποίοι συγκέντρωσαν ποσοστό λιπαρής ουσίας $18,67\pm 0,005\%$ έναντι $20,21\pm 0,005\%$ της ομάδας της Διαχείρισης. Τέλος, το ποσοστό συγκέντρωσης της τέφρας για την ομάδα του Μάρτυρα ($4,99\%\pm 0,001$) εμφάνισε ελάχιστα μικρότερα ποσοστά έναντι της ομάδας της Διαχείρισης ($5,13\%\pm 0,001$) και χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

Πίνακας 3.6 Χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του σώματος των ομάδων ψαριών επί του νεπού βάρους των δειγμάτων.

Χημική σύσταση (%)	Μάρτυρας	Διαχείριση
Υγρασία	75,07±0,85	75,23±1,63
Ξηρά ουσία	24,93±0,85	24,77±1,63
Λίπος	18,67±0,005	20,21±0,005
Τέφρα	4,99±0,001	5,13±0,001

Σημείωση: μέσος όρος (x) ± τυπική απόκλιση (s.d.).

Συμπερασματικά, μετά την διεξαγωγή της ανάλυσης τις χημικής σύσταση του μυϊκού ιστού για την ομάδα του Μάρτυρα όσο και για την ομάδα της Διαχείρισης τα αποτελεσμάτων όσον αφορά την μέθοδο της Soxhlet, της αποτέφρωσης και του προσδιορισμού της υγρασίας ήταν τα ίδια και για την ομάδα του Μάρτυρα και για την ομάδα της Διαχείρισης.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο πείραμα της συγκεκριμένης εργασίας που έγινε σε τσιπούρες με μέσο αρχικό βάρος $5,82 \pm 0,12$ g και μέσο μήκος $6,26 \pm 0,05$ cm, τα οποία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες (Μάρτυρας και Διαχείριση) των τριών επαναλήψεων χορηγήθηκε τροφή με διαφορετικά ποσοστά. Συγκεκριμένα στην ομάδα του Μάρτυρα χορηγούνταν καθημερινά τροφή ποσότητας 100% και στην ομάδα της Διαχείρισης ποσότητα τροφής 75%. Τα τελικά αποτελέσματα έδειξαν πως οι ρυθμοί αύξησης και των δύο ομάδων ήταν παρόμοιοι υποδηλώνοντας πλήρη αντιστάθμιση. Επίσης ακολούθησαν χημικές αναλύσεις του μυϊκού ιστού των ψαριών. Αναλυτικότερα, η ομάδα των μαρτύρων έδειξε ποσοστό υγρασίας των $75,07 \pm 0,85\%$ και η διαχείριση $75,23 \pm 1,63\%$. Η συγκέντρωση του λίπους στον μυϊκό ιστό των ψαριών για την ομάδα της Διαχείρισης που πέρασαν περιόδους μερικής σίτισης ξεπέρασε αυτή της ομάδας του Μάρτυρα, οι οποίοι συγκέντρωσαν ποσοστό λιπαρής ουσίας $18,67 \pm 0,005\%$ έναντι $20,21 \pm 0,005\%$ της ομάδας της Διαχείρισης. Τέλος, το ποσοστό συγκέντρωσης της τέφρας της ομάδας του Μάρτυρα ($4,99\% \pm 0,001$) εμφάνισε ελάχιστα μικρότερα ποσοστά έναντι της ομάδας της Διαχείρισης ($5,13\% \pm 0,001$) και χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($P > 0,05$).

Σε άλλη έρευνα που πραγματοποίησε ο Eroldogan και οι συνεργάτες του (2008), παρατηρήθηκε ότι σε νεαρά άτομα τσιπούρα, (*Sparus aurata* L.), τα οποία υποβλήθηκαν σε κύκλους περιορισμού της ποσότητας της χορηγούμενης τροφής καθώς επίσης και από περιόδους στέρησης της χορηγούμενης τροφής (1-ημέρα ασιτία, που ακολουθείται από 2 ημέρες σίτιση), ή με μείωση της τροφοδοσίας έπειτα ακολουθούσε

χορήγηση τροφής μέχρι κορεσμού (σίτιση 50% - μέχρι κορεσμού για 2 ή 6 ημέρες, που χορηγούνταν για το ίδιο χρονικό διάστημα ημερών με αυτό της διατροφής μέχρι κορεσμού), δεν ήταν σε θέση να καλύψουν την σωματική διαφορά μεταξύ των ομάδων του μάρτυρα και των ομάδων της διαχείρισης

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία για το φαινόμενο στην αύξηση αντιστάθμισης με την μη χορήγηση τροφής, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές ερευνητικές μελέτες σε ομάδες ιχθύων ή σε μεμονωμένα ιχθύδια. Η μη χορήγηση της τροφής ή στέρηση της τροφής είναι είτε μερική, είτε ολική. Υπάρχει μια ή και περισσότερες περιόδους στέρησης τροφής και η επανασίτιση εναλλάσσεται σε κύκλους όπως αναφέρει ο Ali και οι συνεργάτες του (2003). Αυτή η ποικιλότητα που εμφανίζεται στις διάφορες πειραματικές μεθόδους των ερευνητών έχει οδηγήσει σε πολλά αποτελέσματα.

Σύμφωνα με τον Turkmen και τους συνεργάτες του (2011) σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε ανάπτυξης ευρωπαϊκού λαυρακιού (*Dicentrarchus labrax*) με μέσο βάρος 10,5g τοποθετήθηκαν σε 15 δεξαμενές με πυκνότητα 25 ψάρια ανά δεξαμενή εφαρμόζοντας πρωτόκολλο μερικής σίτισης 75% και πρωτόκολλο ολικής ασιτίας (1 ημέρα ασιτία - 4 επανασίτιση) για χρονικό διάστημα 60 ημερών πέτυχε υψηλότερους ρυθμούς αύξησης στην ομάδα που τρέφονταν με 75% τροφή και στο πρωτόκολλο τις ασιτίας σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα. Επίσης η χημική ανάλυση του πρωτοκόλλου 75% έδειξαν ότι είχε υψηλότερη συγκέντρωση λιπιδίων αλλά χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας σε σχέση με τους μάρτυρες.

Οι Tian και Qin (2004) σε πείραμα με μερική σίτιση που πραγματοποίησαν σε Ασιατικό λαβράκι (*Lates calcarifer*) παρατήρησαν πλήρη αντιστάθμιση και ίδια αύξηση κατά την 2^η και 4^η εβδομάδα του πειράματος στις πειραματικές ομάδες που ελάμβαναν καθημερινά τροφή 50% και 75%. Απο την άλλη οι πειραματικές ομάδες που

ταΐζονταν με 0% και με 25% τροφή δεν εμφάνισαν καμία αντιστάθμιση καθώς επίσης και οι ρυθμοί αύξησής τους ήταν πολύ μικρότεροι σε σχέση με τις δύο προηγούμενες ομάδες. Επίσης οι χημικές αναλύσεις που έγιναν έδειξαν πως οι ομάδες που σιτίζονταν με 0%, με 25% και με 50% τροφής εμφάνισαν λιγότερα ποσοστά λίπους, ενέργειας και υγρασίας σε σχέση με τον μάρτυρα. Τέλος όλες οι διαχειρίσεις εμφάνισαν λιγότερη πρωτεΐνη από τον μάρτυρα και περισσότερη τέφρα.

Πείραμα που έγινε σε καλκάνι (*Scophthalmus maximus*) 33g με μερική ασιτία, όπου οι μάρτυρες ταΐζονταν με 100% τροφή και οι διαχειρίσεις με 90%, 80% και 70% τροφής διαπιστώθηκε ότι υπήρξε ίδια αύξηση για όλες τις ομάδες των διαχειρίσεων. Επίσης η μερική σίτιση επέδρασε αρνητικά στην αύξηση για μικρές περιόδους ασιτίας. Το πείραμα είχε διάρκεια ταΐσματος 90 μέρες όπου τις 34 πραγματοποιήθηκε τάισμα μέχρι κορεσμό. Ακόμη παρατηρήθηκαν θετικά αποτελέσματα στους ρυθμούς αύξησης για σχετικά μεγάλες περιόδους ασιτίας. Τέλος οι χημικές αναλύσεις που έγιναν εμφάνισαν πως όσο μικρότερο το ποσοστό τις συνολικής χορηγούμενης τροφής στις ομάδες των διαχειρίσεων τόσο λιγότερο το ποσοστό του λίπους (Blanquet & Teles 2010).

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε άτομα σολομού (*Salmo salar*) (Nicieza & Metcalfe 1997, Maclean & Metcalfe 2001) και σε γάδο του Ατλαντικού (*Gadus morhua*) (Purchase & Brown 2001), παρατηρήθηκε μερική αντιστάθμιση, έπειτα από μείωση της θερμοκρασίας.

Σε πειράματα που έγιναν σε ιχθύδια τιλάπιας *Oreochromis niloticus*, όπου η ιχθυοφόρτιση ήταν σε μεγάλα επίπεδα τότε παρατηρήθηκε μια μείωση της αύξησης. Στην συνέχεια η μείωση αυτή εξαφανίστηκε με το που επέστρεψαν τα ψάρια σε κανονικές ιχθυοφορτίσεις (Jobling & Koskela 1996).

Οι Damsgard & Arnesen (1998) μελέτησαν ιχθύδια σολομών του Ατλαντικού *Salmo salar*, τα οποία παρουσίασαν μερική αντιστάθμιση μετά από μετακίνησή τους από γλυκό σε θαλασσινό νερό.

Το γατόψαρο (*Anarchichas minor*), εκδήλωσε αύξηση αντιστάθμισης, όταν ξαναγύρισε σε κανονικά οξυγονωμένο νερό, έπειτα από την παραμονή του για εβδομήντα πέντε ημέρες σε υποξικές συνθήκες. Το *Anarchichas minor* παρουσίασε αύξηση αντιστάθμισης, όταν επέστρεψε σε κανονικές συγκεντρώσεις οξυγόνου, έπειτα από παραμονή εβδομήντα πέντε ημερών σε συνθήκες υπό-οξικές (Foss & Imsland 2002). Το πείραμα διακόπηκε μετά από 21 ημέρες παραμονής των ψαριών σε κανονικές συνθήκες οξυγόνου και έτσι δεν έγινε ξεκάθαρο εάν η αύξηση αντιστάθμισης διαρκούσε και παραπέρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πειράματα που έγιναν σε μεμονωμένα άτομα διαφόρων ειδών ψαριών, εμφάνισαν φαινόμενα πλήρους αλλά και υπέρ αντιστάθμισης και αποτελούν σαφείς ενδείξεις για την ύπαρξη του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης.

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν ο Hayward και οι συνεργάτες του (1997) για το υβρίδιο *Lepomis cyanellus x L. macrochirus* ηλικίας 0+ στο οποίο καθορίστηκαν περίοδοι στέρησης δύο, τεσσάρων, έξι, δέκα ή δεκατεσσάρων ημερών. Στο πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν, κάποιες ομάδες ψαριών που εκτέθηκαν σε κυκλικές φάσεις ταΐσματος και στέρησης τροφής αναπτύχθηκαν περισσότερο, απ' ότι οι μάρτυρες που ταΐζονταν καθημερινά σε χρονικό διάστημα εκατόν πέντε ημερών. Η υπέρ – αντιστάθμιση παρατηρήθηκε στα ψάρια της ομάδας με τη διήμερη στέρηση.

Παρόμοια πρωτόκολλα εφαρμόστηκαν και από τους Hayward & Wang (2001) στο είδος *Perca flavescens*, όμως απέτυχαν να προκαλέσουν υπέρ-αντιστάθμιση.

Παρόλα αυτά τα αρσενικά άτομα που ήταν σε μεταχείριση δώδεκα ημερών στέρησης τροφής, παρατηρήθηκε πλήρης αντιστάθμιση. Επιπλέον, αποτυχία υπέρ-αντιστάθμισης είχαμε σε ομάδες δέκα ατόμων ανά δεξαμενή του υβριδίου *L. cyanellus x L. macrochirus*, ωστόσο τα άτομα παρουσίασαν μερική αντιστάθμιση (Hayward et al. 2000), σε αντίθεση με ομαδοποιημένα ιχθύδια του γατόψαρου, τα οποία στερούνταν τροφή σε κύκλους μιας, δύο ή τριών ημερών και έπειτα γίνονταν υπερφαγικά (Chatakondi & Yant 2001).

Η επίδραση του πρωτοκόλλου ταΐσματος και η διάρκεια της ασιτίας έχει ουσιαστικό ρόλο στη εμφάνιση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Συγκεκριμένα σε πείραμα που πραγματοποίησε ο Πανταρίδης (2005) πέτυχε μερική αντιστάθμιση σε άτομα τσιπούρας, που παρόλο που παρέμειναν άσιτα για πάνω από μία εβδομάδες, και παρουσίασαν απώλεια βάρους τις πρώτες μέρες της ασιτίας, στο τέλος κατάφεραν να προσεγγίσουν σε ανάπτυξη τους μάρτυρες που σιτίστηκαν κανονικά.

Οι Weatherley και Gill (1981) μελέτησαν άτομα ιριδίτσουσας πέστροφας αρχικού βάρους περίπου 10 g, παρουσίασαν αύξηση αντιστάθμισης, η οποία προέκυψε μετά από μια περίοδο δεκατριών εβδομάδων ασιτίας. Παρ' όλα αυτά, οι Eroldogan *et al.* (2006b), σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε νεαρά άτομα τσιπούρας *Sparus aurata* διάρκειας 40 ημερών και μέσου αρχικού βάρους περίπου 14 g, απέδειξαν ανάπτυξη αντιστάθμισης σε μία από τις μεταχειρίσεις τους. Η συγκεκριμένη μεταχείριση στερούνταν τροφή για μία εβδομάδα και ταΐζονταν μέχρι το επίπεδο κορεσμού για τις υπόλοιπες δύο εβδομάδες.

Η αύξηση αντιστάθμισης μπορεί να μην εκδηλώνεται, εάν ο περιορισμός της τροφής ξεπεράσει κάποιο όριο (Wilson & Osbourne 1960, Ryan 1990). Για παράδειγμα ιχθύδια σολομού που ήταν σε ασιτία για μία έως τρεις εβδομάδες έφτασαν σε βάρος

τους μάρτυρες, ενώ αυτά που παρέμειναν χωρίς τροφή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα δεν έφτασαν την ίδια ανάπτυξη (Bilton & Robins 1973). Σχεδόν όλες οι εργασίες που αναφέρονται στην ποσότητα της προσφερόμενης τροφής βρήκαν ότι η υπερφαγία έχει σημαντική συμβολή στην επιτάχυνση της ανάπτυξης και φαίνεται να διαδραματίζει ίσως τον σημαντικότερο ρόλο στην εμφάνιση του φαινομένου της ανάπτυξης αντιστάθμισης, αν και κάποιο ρόλο μπορούν να παίξουν οι ελαττωμένες τιμές μετατρεψιμότητας της τροφής ή η προσαρμογή της συμπεριφοράς των οργανισμών στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Πανταρίδης 2005).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, οι αντισταθμιστικές αλλαγές στην όρεξη και στην αύξηση των ψαριών μετά από διάστημα περιορισμού της τροφής φαίνεται να είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη ενός βελτιστοποιημένου τρόπου ταΐσματος στις εντατικές ιχθυοκαλλιέργειες με σκοπό την μείωση του κόστους παραγωγής και της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Από τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας φαίνεται ότι σε συνθήκες εφαρμοσμένης ιχθυοκαλλιέργειας το επίπεδο σίτισης 75% vs 100% μπορεί να εφαρμοστεί για τσιπούρα μέσο βάρος περίπου 5,8 g και για χρονική διάρκεια 9 εβδομάδες χωρίς να μειωθεί ο ρυθμός αύξησης των ψαριών. Παρόλο που δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές F.C.R. της ομάδας της Διαχείρισης η μετατρεψιμότητα της τροφής φαίνεται να βελτιώνεται έναντι της ομάδας του Μάρτυρα, κάτι που ενδεχομένως να μειώσει το κόστος της εκτροφής μέσου της συμπίεσης της χορηγούμενης τροφής.

Επιπλέον, θα πρέπει να εντατικοποιηθεί η έρευνα σε διάφορα είδη ψαριών και ειδικότερα στη Μεσόγειο θάλασσα, προκειμένου να εντοπιστεί το κατάλληλο πρωτόκολλο ώστε να προσδιοριστεί η βέλτιστη ανάπτυξη και η αποδοτικότερη μεταβολική αξιοποίηση της τροφής, με στόχο τη μείωση του κόστους και των αποβλήτων των τροφών, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος με οργανικό φορτίο.

Το φαινόμενο εξαρτάται από διάφορους φυσικοχημικούς παράγοντες, την ένταση και τη διάρκεια της ασιτίας, το στάδιο της ανάπτυξης που βρίσκεται το άτομο

κατά την έναρξη της ασιτίας, την ηλικία που ωριμάζει σεξουαλικά και τη μορφή της επαναδιατροφής.

Η επιβολή σταθερών περιόδων ασιτίας ή περιορισμού τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια μπορεί να οδηγήσει σε οφέλη, τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά. λόγω της εκδήλωσης του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Ωστόσο δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο το πρωτόκολλο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε επίπεδο παραγωγής για το κάθε εκτρεφόμενο είδος. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει στοχευόμενα ερευνητικά πρωτόκολλα να δώσουν απάντηση σε μια σειρά ερωτημάτων.

Για παράδειγμα αναγκαίο είναι να προκαθοριστεί μέχρι ποιο σημείο πρέπει να μειωθεί το βάρος του σώματος στην περίοδο του περιορισμού της τροφής, μέχρι να αρχίσει η επανασίτηση. Τα πρωτόκολλα θα πρέπει να καθορίζουν το εύρος της μείωσης της αύξησης, που προκαλεί την αύξηση αντιστάθμισης, καθώς και το βαθμό της αντιστάθμισης που θα επιτευχθεί (Schwarz *et al.* 1985) .

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- **Ali M., Nicieza A., Wootton R.J. (2003)** Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4: 147-190.
- **AOAC (1990)** Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis* (15th edition) (ed. By K.Herlich). AOAC, Arlington, VA, USA.
- **AOAC (1995)** Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International*, (16th edition) AOAC, Arlington, VA, USA.
- **Beyer J. E., Laurence G. C. (1980)** A stochastic model of larval fish growth. *Ecol. Model.*, 8: 109-132
- **Bilton H.T., Robins G.L. (1973)** The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton Channel Sockeye Salmon fry (*Oncorhynchus nerka*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 1-5.
- **Blanquet, I., Oliva-Teles A. (2010)** The effect of feed restriction on performance of turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles under commercial rearing conditions. *Aquaculture Research*, accepted. (DOI:10.1111/j.1365-2109.2009.02416.x)
- **Brown M. E. (1957)** Experimental studies on growth. In: Brown, M. E., (Ed.) *The Physiology of Fishes I*. Academic Press, New York, p 361-400.

- **Chambers R. C., Legget W. C., Brown J. A. (1988)** Variation in and among early life history traits of laboratory-reared winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). Mar. Ecol. Prog. Ser., 47:1-15.
- **Chatakondi, N.G., and Yant R.D. (2001)** Application of compensatory growth to enhance production of channel catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society 32:278–285.
- **Cowey C.B. (1993)** Some effects of nutrition on flesh quality. In: Fish Nutrition in Practise (eds S.J.Kaushik & P.Luquet), p. 227-236. INRA, Paris.
- **Damsgard B., Arnesen A.M. (1998)** Feeding, growth and social interactions during smolting and seawater acclimation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture, 168: 7-16
- **Drevon C.A. (1992)** Marine oils and their effects. *Nutrition Reviews*, 50:21-29.
- **Eroldoğan O.T., Kumlu M., Kiriş G.A., Sezer, B. (2006)b** Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding Protocols. Aquaculture Research, 12: 203-210.
- **Eroldogan, O.T., Kumlu, M., Kiris, G.A. and Sezer, B. (2006)** Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols. Aquaculture Nutrition 12, 203 – 210.
- **Eroldoğan, O.T., Taşbozan, O., Tabakoğlu, S., (2008)** Effects of Restricted Feeding Regimes on Growth and Feed Utilization of Juvenile Gilthead Sea Bream, *Sparus aurata*. J. World Aquacult. Soc., 39 (2): 267-274.
- **Foss A., Imsland A.K. (2002)** Compensatory growth in the spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen) after a period of limited oxygen supply. Aquaculture Research, 33: 1097-1101.

- **Frimodt C. (1995)** Multilingual illustrated guide to the world's commercial warmwater fish. Fishing News Books, Osney Mead, Oxford, England. p.215.
- **Fukuhara O. (1983)** Development and growth of laboratory reared *Engraulis japonica* (Houttuyn) larvae. J. Fish Biol., 23: 641-652.
- **Grima, L., Quillet, E., Le Guillou, S., Mambrini, M. (2007)** Compensatory growth
- **Hayward R.S., Notie D.B., Wang N. (1997)** Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. Transactions of American Fisheries Society, 126:316-322
- **Hayward R.S., Wang N., Noltie D.B. (2000)** Group holding impedes compensatory growth of hybrid sunfish. Aquaculture 183, 299-305.
- **Hayward, R. S.; Wang, N., (2001)** Failure to induce over-compensation of growth in maturing yellow perch. J. Fish Biol. 59, 126–140
- **Jobling M. (2001)** Nutrient Partitioning and the influence of feed composition on body composition. In: Food Intake in Fish, Editors: Houlihan D. Boujard T. and Jobling M., Blackwell Science, p 366.
- **Jobling M., Koskela J. (1996)** Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in subsequent period of compensatory growth. Journal of Fish Biology, 49: 658-667.
- **Jobling M., Meloy O.H., dos Santos J., Christiansen B. (1994)** The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history, Aquaculture International 2, 75-90.

- **Jobling, M., Jorgensen, E.H. and Siikavuopio, S.I. (1993)** The influence of previous feeding regimes on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Fish Biology* 43, 409 – 419.
- **Kim, M. K. & Lovell, R. T. (1995)** Effect of restricted feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture* 135, 285 – 293.
- **Lands W.E.M. (1992)** Biochemistry and physiology of n-3 fatty acids. *FASEB Journal*, 6:2530-2536.
- **Lawrence A., Hemingway K.I. (2003)** Effects of Pollution on Fish. Blackwell, Oxford
- **Liu, W., Wei, Q. W., Wen, H., Jiang, M., Wu, F., Shi, Y. (2011)** Compensatory growth in juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*): effects of starvation and subsequent feeding on growth and body composition. *J. Appl. Ichthyol.*, 27, 749-754
- **Maclea A., Metcalfe N.B. (2001)** Social status, access to food and compensatory growth in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 58: 1331-1346.
- **Mengoli A. (1994)** Qualita Nutrizionali del muscolo di Pesce (Nutritional qualities of fish muscle). *Industrie Alimentari*, XXXIII, 1221-1228.
- **Nakamura N., Kasahara S. (1955)** A study on the phenomenon of the Tobi-Koi or shoot carp. I. On the earliest stage at which the shoot carp appears. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 21:73-76 (In Japanese with an English summary).
- **Nicieza A.G., Metcalfe N.B. (1997)** Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: Responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78: 2385-2400.

- **Nicieza, A.G., Metcalfe, N.B. (1997)** Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology* 78 (8), 2385–2400.
- **Oh, S.Y., Noh, C.H. and Cho, S.H. (2007)** Effect of restricted feeding on compensatory growth and body composition of red sea bream, *Pagrus major*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 443 – 449.
- **Oliva-Teles A. (2000)** Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition *Aquaculture International*,8:477–492.
- **performance testing of clonal rainbow trout lines. Aquaculture 272 (supp. 1),S263–S264.**
- **Purchase C.F., Brown J.A. (2001)** Stock-specific changes in growth rates, food conversion efficiencies, and energy allocation in response to temperature change in juvenile Atlantic cod. *Journal of Fish Biology*, 58: 36-52.
- **Purdom C. E. (1974)** Variation in fish. In: Harden Jones, F. R. (Ed.) *Sea Fisheries Research*. Elek Science, London. p 347-355.
- **Purdom C.E., Jones A., Lincoln R.F. (1972)** Cultivation trials with turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 1: 213-230.
- **Quinton J.C., Blake R.W. (1990)** The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 37, 33-41.
- **Ricker, W. E. (1958)** Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* 119,
- **Riska B., Atchley W.R., Rutledge J.J. (1984)** A genetic-analysis of targeted growth in mice. *Genetics* 107, 79-101.

- **Ryan W.J. (1990)** Compensatory growth in cattle and sheep. Nutritional Abstract Review of Series B 60, 653-664.
- **Saether, B.-S., Jobling, M. (1999)** The effects of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot (*Schophthalmus maximus* L.). Aquaculture Research 30, 647–653
- **Schwarz F.J., Plank J., Kirchgessner M. (1985)** Effects of protein or energy restriction with subsequent realimentation on performance of carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture, 48: 23-33.
- **Sevgili, H., Hoşsu, B., Emre, Y. and Kanyılmaz M., (2013)** Effect of various of single phase starvation on compensatory growth in rainbow trout under summer conditions (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13: 465-477
- **Skalski, G.T., Pich, M.E., Gilliam, J.F., Borski, R.J. (2005)** Variable intake, compensatory growth, and increased growth efficiency in fish: models and mechanisms. Ecology 86 (6), 1452–1462.
- **Taşbozan O., Gökçe M. A., Erbaş C., Özcan F., Adaklı A, Tabakoğlu Ş.S., (2014)** Effect of different feeding regimes on compensatory growth and body composition of rainbow trout fed with lipid and high protein diet, Aquaculture Europe 2014 - Donostia–San Sebastián, Spain
- **Tian, X. and Qin J. G. (2004)** Effects of previous ration restriction on compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. Aquaculture 235, 273-283.
- **Turkmen S., Eroldogan O., Yilmaz A. , Olculu A., Inan A.,Ercen Z., Tekeliogu N., (2011)** Compensatory growth response of European sea bass

(*Dicentrarchus labrax* L.) under cycled starvation and restricted feeding rate, *Aquaculture Research*, 2011, 1–8 doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02970.x

- **Van Ham E.H., Berntssen M.H.G., Imsland A.K., Parpoura A.C., Bonga S.E.W. & Stefansson S.O. (2003)** The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture* 217,547^558.
- **Weatherley A.H., Gill H.S. (1981)** Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 18: 195-208
- **Wieser W., Krumschnabel, G., Ojwang-Okwor J.P. (1992)** The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. *Environmental Biology of Fishes*, 33: 63-71.
- **Wilson P.N., Osbourn, D.F. (1960)** Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biological Review*, 35: 324-363.
- **Wu, L., Xie, S., Cui, Y. & Wootton, R.J. (2003)** Effect of cycles of feed deprivation on growth and food consumption on immature three-spined sticklebacks and European minnows. *J. Fish Biol.*, 62, 184–194.
- **Zhu X., Cui Y., Ali M., Wootton R.J. (2001)** Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. *Journal of Fish Biology* 58, 1149-1165.
- **Zhu X., Wu L., Cui Y., Yang Y., Wootton R.J. (2003)** Compensatory growth in three-spined stickleback in relation to feed-deprivation protocols, *Journal of Fish Biology* 62, 195-205.

- **Zivkov M.T. (1982)** On the effect and nature of growth compensation of fish. Vestnik Ceskoslovenske Spolecnosti Zoologicke, 46: 142-160.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- **Castro P., Huber M.E. (1999)** Θαλάσσια Βιολογία. UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη, σελ.608
- **Μακρυβέλιος Κ. (2007)** Η αύξηση αντιστάθμισης σε άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata*). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Βόλος.
- **Πανταρίδης Κ. (2005)** «Διερεύνηση του φαινομένου της αντιστάθμισης στην εντατική εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Βόλος.
- **Παπαναστασίου, Δ.Π. 1976.** Αλιεύματα, τόμος Β, εκδόσεις ΙΩΝ. Αθήνα, σελ 429, 458
- **Στεργίου Κ.Ι., Καραχλέ Π.Κ., Τσίκληρας Α., Μαμαλάκης Η. (2011)** Κραυγή ιχθύος: Ψάρια των Ελληνικών θαλασσών – Βιολογία – Αλιεία – Διαχείριση. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, σελ. 278-279

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

- FAO (2006), Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/gilthead-seabream/faqs/en/>
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en
- <http://users.sch.gr/spangs/fish/tsipoura.html>

7. ABSTRACT

Many animal organisms exhibit faster growth during recovery after a period of total or partial starvation, compared with the corresponding periods of continuous delivery of sufficient quantities of food. The phenomenon of the increase in fish compensation intrigued scientists, as it relates to one of the basic concerns regarding the fish, namely decrease productivity cost while achieving rapid growth rates. This project will examine the phenomenon of increased compensation in the rearing of sea bream in relation to the variation of sizes, while the qualitative characteristics (protein, fat, moisture and ash) of the whole body and muscle tissue of fish were studied.

The duration of the experiment was nine (9) weeks in which 180 young breams remained in closed recirculating seawater. At the beginning of this experiment the fishes exhibited an average weight of $5,82 \pm 0,12$ g (weight average \pm standard error) and an average length of $6,26 \pm 0,05$ cm. Afterward, they randomly divided into two (2) management and each management managed any seized three tanks (3 tanks / management).

The management that emerged were witnesses which have been fed daily, and the management which have been fed daily with 75% of the given feed.

When the dietary experiment was completed it was noticed that both groups gained weight, but still, the members of the management group which were fed with 75% of the given food, did not exhibit any weight loss. It is worth mentioning that members of both groups (witnesses management) had similar growth rates.

Thus, when the experiment was completed, the witnesses increased their average weight at $12,43 \pm 0,24$ g while the managements to $9,99 \pm 0,19$ g. The fish weight

increase for each treatment regarding the time and throughout the duration of the experiment was assigned with linear equations.

In conclusion the results of this study showed that fishes of the species *Sparus aurata* who had a diet of partial feeding, showed complete growth compensation compared to those who fed normally.

Nevertheless, it should be made further research in the future to study the breeding kind with various feeding protocols, because our knowledge is still limited.

Keywords: Bream, *Sparus aurata*, growth compensation, variability of sizes, breeding, partial feeding