



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση εναλλασσόμενων διαστημάτων διατροφής – ασιτίας στην
ανάπτυξη εντατικά εκτρεφόμενων ψαριών**

Καραμαλίγκας Κωνσταντίνος
Βόλος, 2013

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

1. **Παναγιωτάκη Παναγιώτα**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπουσα**.
2. **Γκολομάζου Ελένη**, Λέκτορας, Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
3. **Καραπαναγιωτίδης Ιωάννης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κ. Π. Παναγιωτάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από την κ. Ε. Γκολομάζου, Λέκτορα και κ. Ι. Καραπαναγιωτίδη, Λέκτορα για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προπτυχιακό συμφοιτητή κ. Β. Παπαϊωάννου για την συνεργασία και προσφορά του στη διεξαγωγή του πειράματος.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που με στήριξαν και μου συμπαραστάθηκαν κατά την διάρκεια των Προπτυχιακών μου σπουδών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου Γεώργιο και Αναστασία, στην αδερφή μου Βάσια για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προπάντων κατανόηση καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλοί οργανισμοί παρουσιάζουν ταχύτερη ανάπτυξη στη διάρκεια της ανάκαμψης τους μετά από μια περίοδο ολικής ή μερικής ασιτίας απ' ότι σε περιόδους συνεχούς διατροφής. Ο μηχανισμός που τείνει να επαναφέρει την ανάπτυξη των οργανισμών σε κανονική τροχιά ονομάζεται ανάπτυξη αντιστάθμισης. Το φαινόμενο αυτό έχει μελετηθεί κατά κύριο λόγο στην οικογένεια των σολομοειδή. Τα τελευταία χρόνια τα πειράματα εντείνονται στην τσιπούρα και στο λαβράκι.

Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν νεαρά άτομα τσιπούρας *Sparus aurata* μέσου σωματικού βάρους $2,55 \pm 0,01$ g (μέσο βάρος \pm τυπικό σφάλμα) και συνολικής τους βιομάζα 683g. Τα ψάρια χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, όπου η κάθε ομάδα διαμοιράστηκε σε 2 δεξαμενές, έτσι ώστε κάθε μεταχείριση να εκτελεσθεί εις διπλούν (2 δεξαμενές/ομάδα). Οι ομάδες που υποκίψαν ήταν η ομάδα που αποτελούσε τους μάρτυρες, με συνεχή καθημερινή πρόληψη τροφής και η ομάδα της μεταχείρισης, σύμφωνα με την οποία 6 ημέρες τα ψάρια σιτίζονταν καθημερινώς, ενώ τις υπόλοιπες 6 ημέρες σιτίζονταν εναλλάξ (τάισμα-ασιτία). Το πείραμα διήρκησε 48 ημέρες σε κλειστό κύκλωμα επανακυκλοφορίας νερού θερμοκρασίας 22 ± 1 °C. Το σιτηρέσιο που χορηγούνταν σε όλες τις ομάδες για όλες τις ομάδες του πειράματος ήταν της ισοπρωτεϊνικά και ισοενεργειακά. Η ποσότητα τροφής που προσφέρονταν στα νεαρά άτομα τσιπούρας αντιστοιχούσε στο 3 % του ζώντος βάρους τους.

Στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα άτομα του μάρτυρα και της μεταχείρισης εμφανίστηκαν μετά την 25 ημέρα του πειράματος. Το μέσο βάρος και το μήκος, ολικό και μεσουραίο, των ομάδων του πειράματος διέφερε στατιστικά σημαντικά υπέρ των μαρτύρων ($P < 0,05$). Επίσης, 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. Ακόμη, η ομάδα της μεταχείρισης (ασιτίας-

επαναδιατροφής) είχε μικρότερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης S.G.R και μεγαλύτερο δείκτη μετατρεψιμότητας τροφής από τους μάρτυρες F.C.R, σε σχέση με τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς. Στην περιεκτικότητα της υγρασίας, της πρωτεΐνης και τέφρας (%), σε ολόκληρο το σώμα και στο μυϊκό ιστό δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($P>0,05$), ανάμεσα στις ομάδες του μάρτυρα και της μεταχείρισης. Παρόλα αυτά, η περιεκτικότητα στο λίπος των ομάδων του πειράματος διέφερε στατιστικά σημαντικά υπέρ των ατόμων της μεταχείρισης ($P<0,05$).

Συμπερασματικά, στην παρούσα εργασία, δεν παρατηρήθηκε πλήρης ή μερική αύξηση αντιστάθμισης από τα άτομα της μεταχείρισης. Επιπλέον, τα άτομα που αποτελούσαν την ομάδα της μεταχείρισης (ασιτία-επαναδιατροφή), φαίνεται να χρησιμοποίησαν ένα μέρος της πρωτεΐνης της τροφής για ανάπτυξη και ένα σημαντικό μέρος για τη διατήρηση των σωματικών τους λειτουργιών. Επίσης, οι αυξημένη περιεκτικότητα σε λίπος των ατόμων της μεταχείρισης φανερώνει ότι ναι μεν χρησιμοποίησαν το λίπος της τροφής ως πηγή ενέργειας για κάποιες μεταβολικές τους δραστηριότητες, αλλά αποθήκευσαν περισσότερο στο σώμα τους από τους μάρτυρες για να μπορέσουν να συντηρηθούν τις ημέρες που δεν σιτίστηκαν. Εν αντιθέσει τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς χρησιμοποίησαν την πρωτεΐνη της τροφής κατά κύριο λόγο για να αναπτυχθούν, ενώ το λίπος για να επιτελέσουν τις διάφορες μεταβολικές τους λειτουργίες.

Λέξεις κλειδιά: ανάπτυξη αντιστάθμισης, ασιτία-επαναδιατροφή, νεαρά άτομα τσιπούρας *Sparus aurata*, πρωτεΐνη, λίπος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Οι Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα.....	1
1.2	Βιολογία της τσιπούρας <i>Sparus aurata</i>	5
1.3	Ασιτία και επανασίτιση στους ιχθείς	6
1.4	Φαινόμενο αύξησης αντιστάθμισης.....	7
1.4.1	Είδη αντιστάθμισης που προκύπτουν από ασιτία και επανασίτιση.....	9
1.4.2	Παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αύξησης της αντιστάθμισης...9	
1.5	Σκοπός της εργασίας.....	11
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	12
2.1	Πειραματικός σχεδιασμός.....	14
2.2	Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων.....	17
2.3	Χημικές αναλύσεις.....	18
2.3.1	Προσδιορισμός Υγρασίας - Ξηρής ουσίας.....	18
2.3.2	Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών	19
2.3.3	Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών	21
2.3.4	Προσδιορισμός Τέφρας.....	23
2.4	Στατιστική επεξεργασία	23
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	24
3.1	Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων.....	24
3.1.1	Κατά την έναρξη του πειράματος	24
3.1.2	Πρώτη δειγματοληψία (13 ^η ημέρα πειράματος)	27
3.1.3	Δεύτερη δειγματοληψία (25 ^η ημέρα πειράματος)	27
3.1.4	Τρίτη δειγματοληψία (37 ^η ημέρα πειράματος)	27
3.1.5	Τελική δειγματοληψία.....	28

3.2	Χημική σύσταση	33
3.2.1	Ολικό σώμα.....	33
3.2.2	Μυϊκός ιστός.....	34
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	36
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48
6.	ABSTRACT.....	57

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

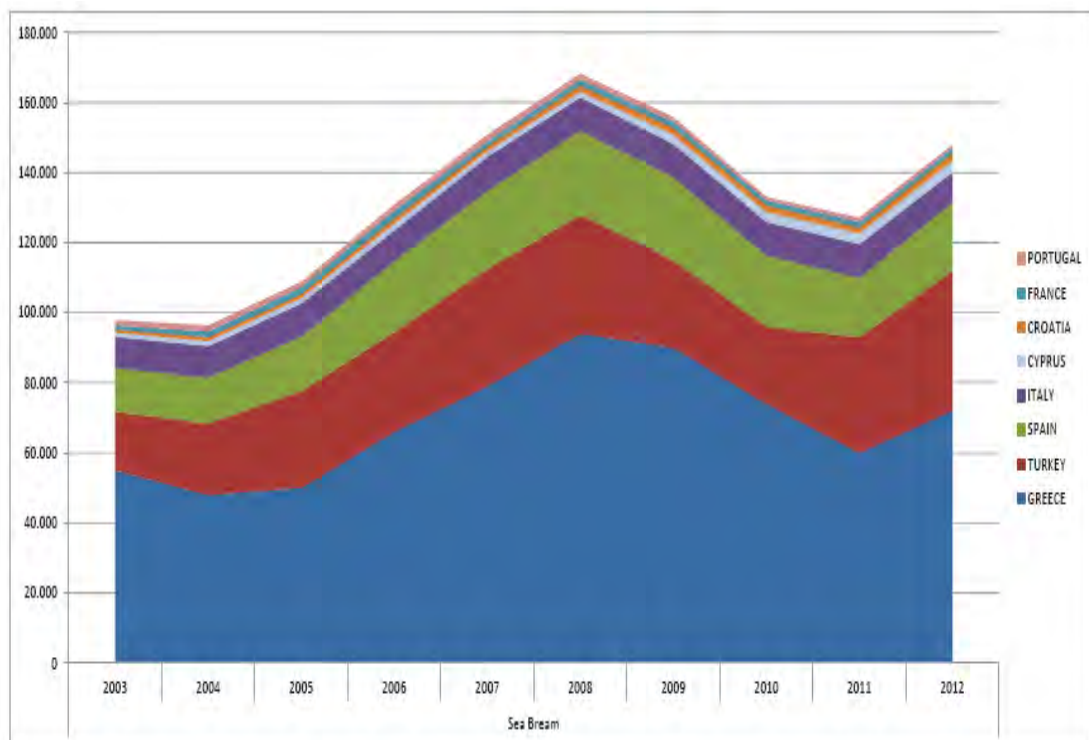
1.1 Οι Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Η ραγδαία μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων συγκριτικά με την αύξηση της αγοραστικής δύναμης των καταναλωτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και η τάση για υγιεινή διατροφή, είναι στοιχεία που ώθησαν και ωθούν την ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών (FAO 2012). Η υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα είναι από τους σημαντικότερους αναπτυσσόμενους κλάδους και αυτό γιατί συμβάλει άμεσα στην ανάπτυξη του ΑΕΠ και στην τοπική ανάπτυξη της χώρας (FAO 2005).

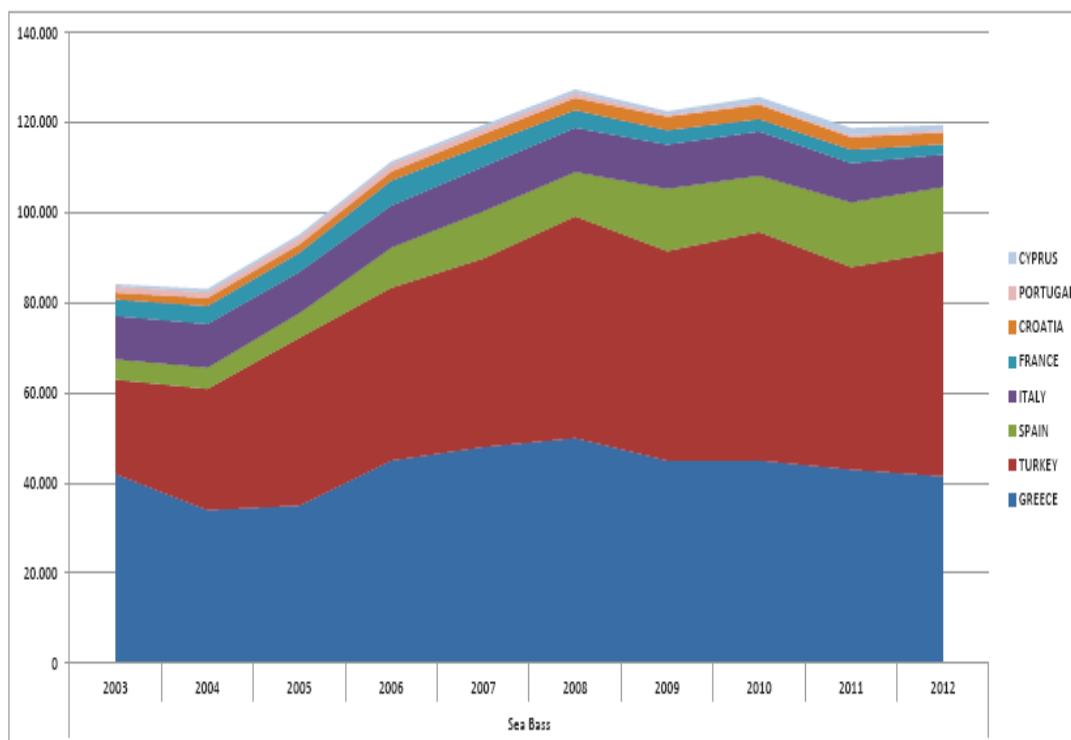
Ο κλάδος της ιχθυοκαλλιέργειας δραστηριοποιείται οργανωμένα, τα τελευταία τριάντα χρόνια, στην Ελλάδα, όπου και παρουσιάζεται αλματώδης του ανάπτυξη. Παλαιότερα η ζήτηση νωπών ψαριών καλύπτονταν από την αλιεία. Παρόλα αυτά, η ζήτηση νωπών ψαριών δεν ήταν δυνατό να καλυφθεί μόνο από τον κλάδο της αλιείας, αφού τόσο Μεσόγειο θάλασσα όσο και στις Ελληνικές θάλασσες τα αποθέματα των ψαριών μειώνονται δραματικά (Στεργίου και συν. 2011, FAO 2012). Έτσι αναπτύχθηκε η ιχθυοκαλλιέργεια ως οργανωμένη επιχειρηματική δραστηριότητα βασισμένη σε νέα τεχνογνωσία. Σήμερα η Ελλάδα, μέσα από την επιτυχή ανάπτυξη της παραγωγής θαλάσσιων μεσογειακών ευρύαλων ψαριών, συμβάλλει αποφασιστικά στη μείωση του εγχώριου και Ευρωπαϊκού (Κοινοτικού) εμπορικού ελλείμματος σε ότι αφορά τα αλιευτικά προϊόντα και ειδικότερα τα νωπά ιχθυηρά (ΦΕΚ 2505/Β/04-11-2011). Τα ψάρια της Ελληνικής υδατοκαλλιέργειας και ειδικά τα είδη τσιπούρα και λαβράκι, έχουν καταφέρει σήμερα να διαθέτουν την δική τους «ταυτότητα» στις έντονα ανταγωνιστικές Ευρωπαϊκές και τις Διεθνείς αγορές.

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής της τσιπούρας και του λαβρακιού λαμβάνει χώρα στη Μεσόγειο θάλασσα, όπου η Ελλάδα κατέχει την πρωταρχική θέση στη παραγωγή τους (Σχήμα 1.1, Σχήμα 1.2). Η μεγαλύτερη παραγόμενη

ποσότητα (σε τόννους) τσιπούρας και λαβρακιού στην Ελλάδα ήταν το 2008, όπου τη συγκεκριμένη περίοδο η Ελλάδα παρήγαγε το 55,8% της συνολικής παραγωγής για τη τσιπούρα (94.000 τόννους), ενώ για το λαβράκι 39,2% της συνολικής παραγωγής (50.000 τόννους) (FEAP 2013).



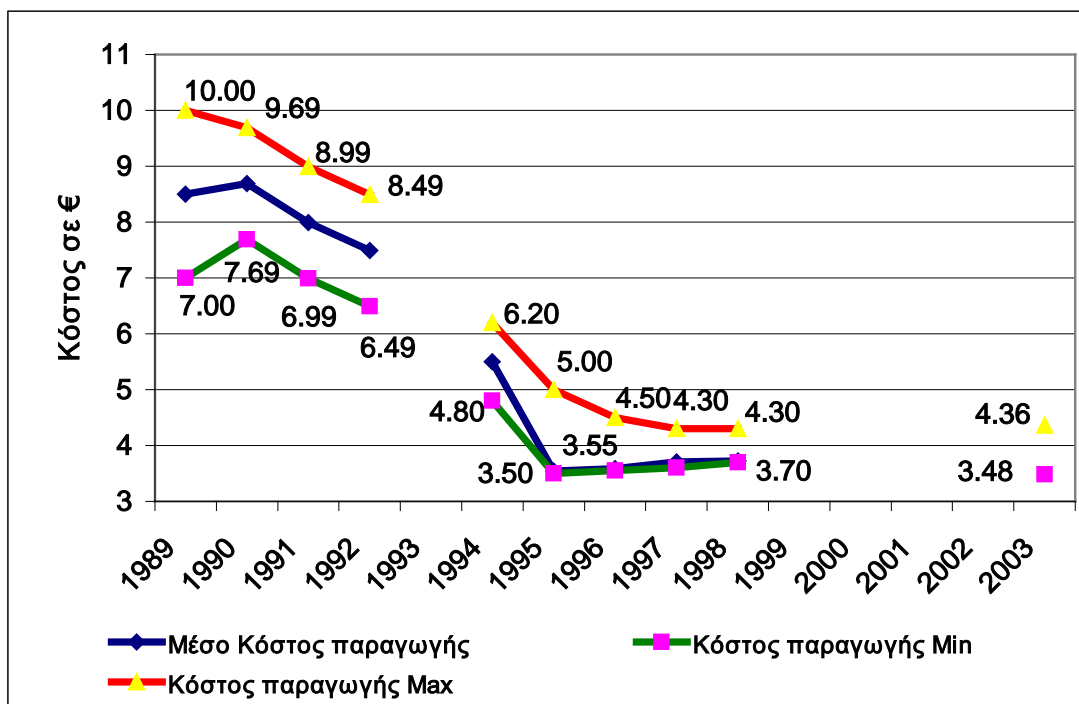
Σχήμα 1.1: Συνολική παραγόμενη ποσότητα (σε τόννους) για την τσιπούρα *Sparus aurata* στη Μεσόγειο θάλασσα από το 2003 έως το 2012 (FEAP 2013).



Σχήμα 1.2: Συνολική παραγόμενη ποσότητα (σε τόνους) για το λαβράκι *Dicentrarchus labrax* στη Μεσόγειο θάλασσα από το 2003 έως το 2012 (FEAP 2013).

Στον κλάδο της ιχθυοκαλλιέργειας, το κόστος παραγωγής των προϊόντων αποτελείται και διαμορφώνεται από σειρά πολλών παραμέτρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η επίδραση που ασκείται στις τιμές των πρώτων υλών βάσει των κανόνων προσφοράς και ζήτησης. Επιπλέον, σημαντική επίδραση ασκείται και από τη διαθεσιμότητα ιχθυάλευρων και των ιχθυελαίων για τροφές, η διαθεσιμότητα των κύστεων *Artemia*, το κόστος ενέργειας και καυσίμων, ο γόνος, το μισθολογικό κόστος.

Ειδικότερα, βάσει στοιχείων από προηγούμενες μελέτες, το κόστος παραγωγής τσιπούρας και λαυρακιού έχει μειωθεί σημαντικά κατά τα τελευταία 10 με 15 χρόνια. Από 7-10 €/Kg το 1989, μειώθηκε στο 3,72 €/Kg το 1998, ενώ πλέον το μέσο κόστος παραγωγής κυμαίνεται γύρω στα 3.90 €/Kg, (Σχήμα 1.3) (Μυλωνάς 2010).



Σχήμα 1.3: Εξέλιξη κόστους παραγωγής τσιπούρας και λαβρακιού.

Πηγή: Εθνική Τράπεζα Ελλάδος, Κλαδική μελέτη για τις ιχθυοκαλλιεργείες 2010.

Η ραγδαία αύξηση της παραγωγής ψαριών, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη προσφορά προϊόντων, τον έντονο εμπορικό ανταγωνισμό και την απουσία ουσιαστικών προωθητικών ενεργειών (όπως, έρευνα αγοράς, εμπορία, μεταποίηση) είχαν ως αποτέλεσμα τη συνεχή και σταθερή πτώση των τιμών των προϊόντων (Μυλωνάς 2010), όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.1. Αν και οι τιμές παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις από μήνα σε μήνα, είναι αρκετά εμφανές πως τα τελευταία χρόνια έχουν σταθερά φθίνουσα πορεία. Αυτή η εξέλιξη των τιμών αποτελεί ένα από τα κυριότερα προβλήματα του κλάδου (Αβράμπου 2009, Μυλωνάς 2010).

Πίνακας 1.1: Εξέλιξη μέσης τιμής πώλησης (€) τσιπούρας και λαβρακιού στις ιχθυοκαλλιέργειες για την περίοδο 1990-2008.

Έτος	Τσιπούρα	Λαβράκι
1990	7,63	8,22
1991	7,33	9,07
1992	6,9	7,45
1993	5,58	5,72
1994	5,43	5,58
1995	5,04	5,01
1996	5,11	5,71
1997	5,15	5,85
1998	5,65	6,16
1999	3,95	4,69
2000	4,36	4,35
2001	4,05	4,11
2002	3,46	3,9
2003	3,9	4,8
2004	4,1	5,1
2005	4	4,18
2006	4,12	4,55
2007	3,73	4,57
2008	3,32	4,66

Πηγή: (Αβράμπου 2009)

1.2 Βιολογία της τσιπούρας *Sparus aurata*

Από την άποψη της συστηματικής κατάταξης ανήκει στην ομοταξία των Οστεϊχθύων, στην υποομοταξία των Ακτινοπτερυγίων, στην Υπέρταξη των Τελεόστεων και στην οικογένεια *Sparidae*. Είναι πολύ κοινή στις Ελληνικές θάλασσες και στη Μεσόγειο. Στον Ατλαντικό απαντάται σχετικά σπάνια από τις τροπικές περιοχές του μέχρι τη Μεγάλη Βρετανία (Bauchot & Hureau 1990).

Είναι είδος ευρύαλο και ευρύθερμο. Το βιολογικό θερμοκρασιακό εύρος της τσιπούρας κυμαίνεται από 4 έως 30 °C, ενώ η βέλτιστη τιμή για τη μέγιστη ανάπτυξη παρατηρείται στους 22 με 24 °C. Η αντοχή της στις μεταβολές της αλατότητας έχουν εύρος από 0 έως 40‰, η μέγιστη ανάπτυξη έχει παρατηρηθεί σε

τιμές από 28 έως 32‰. Ακόμη για την ανάπτυξη της το pH θα πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα από 7,8 και 8,3 και το νερό θα πρέπει να είναι κορεσμένο από οξυγόνο (Παπουτσόγλου 2008, Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012).

Είναι σαρκοφάγο και οι διατροφικές της απαιτήσεις εξαρτώνται από το μέγεθος των ατόμων. Τα μικρής ηλικίας ιχθύδια τρέφονται κυρίως με πολύχαιτους, δακτυλιοσκώληκες και μικρού μεγέθους καρκινοειδή, ενώ τα μεγαλύτερα με μύδια, γαστερόποδα και καρκινοειδή (Froese & Pauly 2006). Στην τσιπούρα παρατηρείται πρωτανδρικός ερμαφροδιτισμός (Στεργίου και συν. 2011). Τα πρώτα χρόνια της ζωής της και συγκεκριμένα μέχρι το τέλος του 2^{ου} έτους, όλος ο πληθυσμός αποτελείται από αρσενικά άτομα, ενώ μετά αρχίζει η αλλαγή του φύλου και η εμφάνιση των θηλυκών ατόμων (Bauchot *et al.* 1981, Κλαουδάτος & Αποστολόπουλος 1984).

Η περίοδος εμφάνισης της γεννητικής ωριμότητας είναι από τον Οκτώβριο έως το Δεκέμβριο και ο συνολικός αριθμός αυγών που γεννά κυμαίνεται από 500.000 έως 800.000 αυγά/kg ζώντος βάρους. Χαρακτηρίζεται σαν είδος με γρήγορη ανάπτυξη και αυτό ακριβώς προσδίδει ιδιαίτερο οικονομικό ενδιαφέρον για εκτροφή. Στις εκτροφές εντατικής μορφής στη χώρα μας, φτάνει στο εμπορεύσιμο μέγεθος των 330g σε 16–18 μήνες από την εκκόλαψη. Υπό ελεγχόμενες συνθήκες εντατικής εκτροφής, η σύνθεση του παρεχόμενου σιτηρεσίου μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη φάση ανάπτυξης και χαρακτηρίζεται από την υψηλή περιεκτικότητά σε ζωικής κυρίως προέλευσης πρωτεΐνες και λιπαρές ουσίες (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012).

1.3 Ασितिá και επανασίτιση στους ιχθείς

Με τον όρο ασितिá εννοούμε την κατάσταση σύμφωνα με την οποία ένας οργανισμός δεν προσλαμβάνει τροφή και ως εκ τούτου τα απαραίτητα θρεπτικά

συστατικά για τη συντήρησή του. Το αποτέλεσμα της ασιτίας στον οργανισμό είναι διάφορες αλλαγές στη φυσιολογία του, οι οποίες σχετίζονται με άμεσο τρόπο και στη χρονική περίοδο που βρίσκεται ο οργανισμός σε αυτή την κατάσταση. Ο όρος επανασίτιση δηλώνει την επανέναρξη πρόσληψης τροφής, δηλαδή τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, έπειτα από μία χρονική περίοδο ασιτίας.

Η πλειονότητα των ιχθύων ζει, χωρίς την απαραίτητη πρόληψη τροφής, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στο φυσικό του περιβάλλον. Σύμφωνα με αυτή τους την ιδιαιτερότητα, η ασιτία στους ιχθείς γίνεται πιο ανεκτή, λόγω των μειωμένων αναγκών συντήρησης σε σύγκριση με τα χερσαία ζώα (Larsson & Lewander 1973, McLeese & Moon 1989, Navarro & Gutierrez 1995, Olivereau & Olivereau 1997, Belanger *et al.* 2002). Επιπλέον, στην εντατική εκτροφή των ιχθύων, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλών ρυθμών παραγωγής, η στέρηση της τροφής σε κάποιες συγκεκριμένες περιόδους εφαρμόζεται πρακτικά, όπως σε περιόδους δειγματοληψίας, εμβολιασμού κτλ. Παρόλα αυτά έχουν προκύψει πολλά αμφιλεγόμενα ηθικά ερωτήματα σχετικά με τις στρατηγικές επανασίτισης που χρησιμοποιούνται για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Krogdahl & Bakke-McKeller 2005).

1.4 Φαινόμενο αύξησης αντιστάθμισης

Πολλοί ζωικοί οργανισμοί παρουσιάζουν ταχύτερη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της ανάκαμψης από την ολική ή μερική στέρηση τροφής, συγκριτικά με τη διάρκεια συνεχόμενων περιόδων παροχής τροφής (Wilson & Osbourn 1960, Jobling 1994). Ως αποτέλεσμα αυτού είναι ορισμένα άτομα που περνούν μία τέτοια περίοδο ασιτίας και επασίτισης να φτάνουν στο ίδιο μέγεθος με άτομα του ίδιου είδους που ζουν σε φυσιολογικές συνθήκες. Ο μηχανισμός που τείνει να επαναφέρει την αύξηση

των ιχθύων σε κανονική τροχιά ονομάζεται αύξηση αντιστάθμισης και στη διεθνή βιβλιογραφία εμφανίζεται ως «*growth compensation*».

Σύμφωνα με αυτήν την θεωρία, η επιστημονική κοινότητα ξεκίνησε να ερευνά τις επιδράσεις της ασιτίας-επανασίτισης στους ζωντανούς οργανισμούς. Αρχικά, μελέτες εφαρμόστηκαν σε χερσαία θηλαστικά, ενώ στη συνέχεια εφαρμόστηκε σε πειραματικό επίπεδο σε κατοικίδια ζώα (Wilson & Osbourn 1960). Στις δύο επόμενες δεκαετίες άρχισαν να πραγματοποιούνται έρευνες σε ιχθείς, οι οποίες όμως δεν είχαν τα επιθυμητά αποτελέσματα (Bilton & Robins 1973, Zivkon 1982). Έτσι, στις αρχές της δεκαετίας του '90 οι επιστήμονες δίνοντας έμφαση στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών ξεκίνησαν να εντείνουν τα πειράματα τους, ιδιαίτερα σε ψάρια της οικογένειας Salmonidae (Ali *et al.* 2003). Στις μέρες μας το συγκεκριμένο φαινόμενο έχει μελετηθεί σε διάφορα είδη εκτρεφόμενων ψαριών μέσα σε εργαστηριακούς χώρους.

Οι περισσότερες έρευνες που έχουν εφαρμοστεί στους ιχθείς επικεντρώνονται στη συχνότητα εναλλαγής ασιτίας-επανασίτισης (Rueda *et al.* 1998) ή στην ποσότητα τροφής που χορηγείται (Zhu *et al.* 2001) ή στην επίδραση που μπορεί να έχουν μη βέλτιστες θερμοκρασιακές μεταβολές (Van Dijk *et al.* 2002). Κοινό στοιχείο αυτών των πειραμάτων είναι ότι τα αποτελέσματα αξιολογούνται σχετικά με το τελικό βάρος και το τελικό μήκος που απέκτησαν τα ψάρια μετά από την επανασίτιση τους, σε σύγκριση με αυτά που σιτίζονταν κανονικά.

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).

1.4.1 Είδη αντιστάθμισης που προκύπτουν από ασιτία και επανασίτιση

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

- **Καμία αντιστάθμιση.**
- **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.
- **Πλήρη αντιστάθμιση:** σύμφωνα με την οποία τα άτομα που δεν σιτίζονται, καταφέρνουν τελικώς να φθάσουν στο ίδιο μέγεθος, όταν επανασιτιστούν, με αυτά που τους προσφέρονταν τροφή καθημερινώς.
- **Υπερ-αντιστάθμιση:** σε αυτή την περίπτωση το φαινόμενο είναι τόσο ισχυρό, σύμφωνα με το οποίο τα άτομα που πέρασαν μία περίοδο ασιτίας, όταν επανασιτιστούν, επιτυγχάνουν μεγαλύτερο μέγεθος σε κάποια χρονική στιγμή από τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς.

1.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αύξησης της αντιστάθμισης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αντιστάθμισης στους εκτρεφόμενους ιχθύες είναι:

1. Το πρωτόκολλο ταΐσματος που θα εφαρμοστεί (διάρκεια μερικής ή ολικής ασιτίας, διάρκεια επαναδιατροφής).

2. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, οι οποίοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκδήλωση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Οι κυριότεροι από αυτούς 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 στη σύνθεση των θρεπτικών συστατικών και τη θρεπτική σύσταση των οργάνων του σώματος.

Συγκεκριμένα, η αύξηση αντιστάθμισης μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά τα ζωτικά όργανα του σώματος όπως την καρδιά, το ήπαρ, τις γονάδες, το εντέρο και την περιεκτικότητα σε σπλαχνικό λίπος (Weatherley & Gill 1981) ή τη περιεκτικότητα σε υγρασία, λίπος, πρωτεΐνες και τέφρα (Quinton & Blake 1990).

4. Μείωση του ρυθμού μεταβολισμού 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. Συγκεκριμένα, σε πειράματα που εφαρμόστηκαν σε νεαρά ιχθύδια από τρία διαφορετικά είδη κυπρινοειδών (*Leuciscus cephalus*, *Chalcalburnus chalcoides mento*, *Scardinius erythrophthalmus*), οι Wieser *et al.* (1992) πρότειναν 4 φάσεις αντίδρασης του οργανισμού κατά τον περιορισμό της τροφής και της επακόλουθης επανασίτισης:

- Η φάση της καταπόνησης, που χαρακτηρίζεται από αυξημένο «stress» και ενεργητικότητα του ιχθύ από την έντονη αναζήτηση τροφής.
- Η φάση της αλλαγής, σύμφωνα με την οποία η συνεχιζόμενη στέρηση τροφής μειώνει το φυσιολογικό ρυθμό αναπνοής και κινητικότητας του ατόμου.
- Η φάση της προσαρμογής, στην οποία ο οργανισμός σταθεροποιεί το ρυθμό μεταβολισμού του, σε σχετικά χαμηλά επίπεδα.
- Τέλος, η φάση της αποκατάστασης, όπου πραγματοποιείται έντονη αύξηση των επιπέδων κατανάλωσης οξυγόνου και της σωματικής αύξησης σε σχέση με την περίοδο της ασιτίας.

5. Εποχική διακύμανση

Η εποχική διακύμανση σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό από την επικρατούσα θερμοκρασία. Έτσι, λοιπόν, ο σολομός του Ατλαντικού, *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).

1.5 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας ήταν να εξετασθεί η επίδραση του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου διαστημάτων διατροφής-ασιτίας στην ανάπτυξη αντιστάθμιση καθώς και η επίδραση του στη σύσταση του σώματος των ψαριών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το μεγαλύτερο μέρος του πειράματος της πτυχιακής εργασίας έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικ. 2) κατά τη χρονική περίοδο 25/5/2012 έως 12/7/2012.

Το πείραμα διήρκησε 48 ημέρες και χρησιμοποιήθηκαν άτομα τσιπούρας μέσου βάρους $2,55 \pm 0,01$ g (μέσο βάρος \pm τυπικό σφάλμα). Τα ψάρια προήλθαν από τον ιχθυογεννητικό σταθμό της εταιρείας ΔΙΑΣ Α.Β.Ε.Ε που εδρεύει στη περιοχή, Ντάπια Αχλαδίου (Νομός Φθιώτιδας). Τα ψάρια μεταφέρθηκαν σε ειδική πλαστική ισοθερμική δεξαμενή, όγκου 50 L, για να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία τους κατά τη μεταφορά. Τα ιχθύδια έμειναν χωρίς τροφή την προηγούμενη ημέρα της μεταφοράς και στη συνέχεια εγκλιματίστηκαν για 10 μέρες στις συνθήκες του εργαστηρίου σε οχτώ (6 μαύρου χρώματος και 2 γαλάζιου) κυλινδρικές δεξαμενές, τοποθετημένες σε συστο χίες ανά δύο. Η χωρητικότητα των μαύρων και των γαλάζιων δεξαμενών ήταν 400 L και 500 L, αντίστοιχα (Εικ. 2.1). Αρχικά, πριν τη διεξαγωγή του πειράματος, πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για να ανταποκριθεί το εργαστήριο στις απαιτήσεις των ιχθύων. Καθαρίστηκε το μηχανικό, βιολογικό και χημικό φίλτρο, οι δεξαμενές και οι συνδέσεις του συστήματος, καθώς και όλος ο χώρος του εργαστηρίου. Επιπλέον, καταγράφηκαν τα απαιτούμενα για τη διεξαγωγή του πειράματος, όργανα και αναλώσιμα.

Στη συνέχεια, αφού έγιναν οι απαραίτητες ενέργειες προμηθευτήκαμε θαλασσινό νερό (αλατότητας 25 psu) από την περιοχή των Αλυκών του Βόλου. Το θαλασσινό νερό αντλούνταν και μεταφέρονταν στο εργαστήριο με τη συνδρομή και την υποστήριξη του Δημοτικού Οργανισμού Καθαριότητας του Δήμου Βόλου και στη συνέχεια διοχετεύονταν στις δεξαμενές αποθήκευσης και στον υδατόπυργο, που

βρίσκεται εξωτερικά του εργαστηρίου. Ο σκοπός αυτής της διεργασίας ήταν να γεμίσουν οι δεξαμενές με θαλασσινό νερό και να τεθεί σε λειτουργία το κλειστό σύστημα και το φίλτρο, έτσι ώστε να αναπτυχθούν στο φίλτρο τα απαραίτητα βακτήρια, που θα δεσμεύουν το άζωτο από τις δεξαμενές και θα διατηρούν τη συγκέντρωση της αμμωνίας σε χαμηλά επίπεδα, καθώς και η πρόληψη τυχόν διαρροής νερού από το σύστημα. Το κλειστό αυτό σύστημα διαχείρισης νερού περιελάμβανε μηχανικό, χημικό και βιολογικό φίλτρο τύπου Tetra Pond PF 10.000 με λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας UV (Εικ. 2.2), η οποία είναι απαραίτητη για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών.



Εικόνα 2: Εξωτερική άποψη του Εργαστηρίου εκτροφής ψαριών (φωτογραφία συγγραφέα).



Εικόνα 2.1: Εσωτερική άποψη του Εργαστηρίου με τη συστοιχία των μαύρων δεξαμενών των 400 L (φωτογραφία συγγραφέα)..



Εικόνα 2.2: Το μηχανικό, χημικό και βιολογικό φίλτρο (φωτογραφία συγγραφέα).

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Μία ημέρα προτού ξεκινήσει το πείραμα (24/5/2012), 260 ιχθύδια ζυγίστηκαν με ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου και ο μέσος όρος του βάρους τους προέκυψε $2,55 \pm 0,01$ g και η συνολική τους βιομάζα 683g. Επιπλέον, μετρήθηκε

και το μήκος τους, ολικό και μεσουραίο, σε mm με ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου και ο μέσος όρος όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1.

Στη συνέχεια τα ιχθύδια χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες των 65 ατόμων και τοποθετήθηκαν τυχαία στις μαύρες δεξαμενές. Οι δύο από τις ομάδες σιτίζονταν καθημερινά και αποτελούσαν τις επαναλήψεις τους μάρτυρα (Μάρτυρας 1-Μάρτυρας 2), ενώ οι άλλες δύο ομάδες σιτίζονταν σύμφωνα με το προκαθορισμένο πρωτόκολλο (επαναλήψεις μεταχείρισης, Μεταχείριση 1-Μεταχείριση 2). Συγκεκριμένα, 6 ημέρες αρχικά τα άτομα που συμμετείχαν στις δύο επαναλήψεις της μεταχείρισης θα ταΐζονταν κανονικά, ενώ τις υπόλοιπες 6 ημέρες θα σιτίζονταν εναλλάξ (τάισμα-ασιτία). Αυτό θα πραγματοποιούνταν για 48 ημέρες συνολικά και οι 2 ομάδες θα έμεναν άσιτες συνολικά για 12 ημέρες.

Στα ιχθύδια προσφέρονταν τροφή 2 φορές την ημέρα, στις 10:00 και στις 17:00, με ποσότητα που αντιστοιχούσε στο 3 % του ζώντος βάρους τους. Η ιχθυοτροφή ήταν σύμπηκτα (pellets) διαμέτρου 0,8/1,1 mm. Η ιχθυοτροφή ήταν της εταιρείας Biomar, τύπου INICIO PLUS. Η θρεπτική σύσταση των ιχθυοτροφών ήταν 56% ολική πρωτεΐνη, 18% ολικά λίπη, 8,2% ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες (Eneo), 10,9% τέφρα, 0,2% ολική κυτταρίνη και 1,6% ολικός φώσφορος.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες μέτρησης βάρους και μήκους (ολικό και μεσουραίο), την 13^η, 25^η, 37^η και 49^η ημέρα. Η διαδικασία της δειγματοληψίας ήταν η ακόλουθη: αρχικά, τα ψάρια εξαλειούνταν από τις δεξαμενές με απόχη και στη συνέχεια τοποθετούνταν σε πλαστικές λεκάνες που περιείχαν θαλασσινό νερό και διάλυμα φαινοξαιθανόλης, για να αναισθητοποιηθούν. Μετά την αναισθητοποίηση τους, μετριούνταν το βάρος τους σε ζυγαριά ακριβείας και το μήκος τους με την βοήθεια ιχθυόμετρου (Εικ. 2.3, 2.4). Τέλος, τα ψάρια τοποθετούνταν σε πλαστικές λεκάνες με θαλασσινό νερό για

ανάληψη, πριν επανατοποθετηθούν στις δεξαμενές τους. Την τελευταία μέρα του πειράματος και αφού ελήφθησαν οι μετρήσεις βάρους και μήκους, τα ιχθύδια θανατώθηκαν χρησιμοποιώντας αυξημένη δόση αναισθητικού. Τα ιχθύδια μετά από κάθε μεταχείριση τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη στους $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, μέχρι τη χρονική στιγμή των χημικών αναλύσεων.

Στο χρονικό διάστημα του πειράματος, το θαλασσινό νερό ανακυκλώνονταν συνεχώς ($6,5\text{ m}^3/\text{h}$). Η μέση θερμοκρασία του νερού κατά τη χρονική διάρκεια του πειράματος ήταν $22 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Το διαλυμένο οξυγόνο μετρήθηκε με οξυγονόμετρο τύπου Hanna hi 9143 και οι τιμές του κυμαίνονταν στα επιθυμητά επίπεδα ($> 6\text{ mg/l}$). Σε κάθε δεξαμενή υπήρχε μία αερόπετρα, η οποία αποσκοπούσε στη διάχυση του παρεχόμενου αέρα από τον αεροσυμπιεστή. Η παροχή του αέρα γίνονταν με τη βοήθεια 2 αεραντλιών οι οποίες λειτουργούσαν εναλλάξ ανά 6 ώρες, μίας εσωτερικής αεραντλίας που βρίσκονταν μέσα στον εργαστηριακό χώρο και μίας εξωτερικής. Γενικά, οι τιμές της αλατότητας και του pH του θαλασσινού νερού μετριόνταν τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα και κυμαίνονταν σε επιθυμητά επίπεδα. Οι μετρήσεις της αλατότητας γίνονταν με το αλατόμετρο WTW LF 330 και οι μετρήσεις του pH με pH-όμετρο Metrohm. Η περιεκτικότητα της διαλυμένης στο νερό αμμωνίας προσδιορίζονταν μέσω εμπορικών τεστ τύπου NH_3/NH_4 TETRATEST

Πίνακας 2.1: Μέσοι όροι βάρους και μήκους ψαριών πριν την έναρξη του πειράματος. (M1 και M2 Μάρτυρες), (A2 και A6 μεταχειρίσεις), n=65 σε κάθε ομάδα, μέσοι όροι \pm τυπικό σφάλμα (s.e).

Ομάδες	Βάρος (g)	Μεσουραίο μήκος (mm)	Ολικό μήκος (mm)	Συνολική βιομάζα (g)
Μάρτυρας 1	2,51 \pm 0,83	52,49 \pm 0,73	56,32 \pm 0,75	163
Μάρτυρας 2	2,67 \pm 0,68	56,18 \pm 0,54	56,43 \pm 0,58	174
Μεταχείριση 1	2,54 \pm 0,74	53,42 \pm 0,54	56,31 \pm 0,62	165
Μεταχείριση 2	2,49 \pm 0,74	53,71 \pm 0,46	56,43 \pm 0,48	181



Εικόνα 2.3: Μέτρηση Μήκους
(φωτογραφίες συγγραφέα).



Εικόνα 2.4: Μέτρηση Βάρους

2.2 Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων

Για την αξιολόγηση μία εκτροφής χρησιμοποιούνται ορισμένα κριτήρια με στόχο τον έλεγχο του ρυθμού ανάπτυξης και της ποιότητας των εκτρεφόμενων ψαριών. Γενικά ο έλεγχος της απόδοσης μιας εκτροφής και εμμέσως των συνθηκών κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται η αξιολόγηση του, υπολογίζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

Του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (Food Conversion Ratio, F.C.R), ο οποίος δείχνει το ποσό της τροφής που χορηγήθηκε για κατανάλωση στους εκτρεφόμενους οργανισμούς και μετατράπηκε σε σωματικό βάρος και δίνεται από την σχέση:

$$F.C.R = \text{τροφή που χορηγήθηκε (g)} / \text{αύξηση βιομάζας ιχθύων (g)}$$

Τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (Specific Growth Rate, S.G.R), ο οποίος εκφράζει την ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους ενός εκτρεφόμενου πληθυσμού τις ημέρες που σιτίστηκε και δίνεται από τον τύπο:

$$S.G.R = 100 * (\ln W_2 - \ln W_1) / t_2 - t_1$$

όπου: W_1 το αρχικό βάρος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή t_1 και το W_2 το τελικό βάρος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή t_2 .

2.3 Χημικές αναλύσεις

2.3.1 Προσδιορισμός Υγρασίας - Ξηρής ουσίας

Για τον υπολογισμό της υγρασίας και της ξηράς ουσίας χρησιμοποιείται συνήθως η ξήρανση σε φούρνο. Κατά τη διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν δείγματα ολικού σώματος και μυϊκού ιστού ψαριών. Τα δείγματα προζυγίστηκαν μαζί με ειδικά δισκία και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν μέσα στο φούρνο στους 105 °C για 24 ώρες (AOAC, 1990). Μετά το πέρας των 24 ωρών αφαιρέθηκαν τα δισκία με το ξηρό πλέον δείγμα από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Τέλος, η υγρασία και η ξηρή ουσία των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής:

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

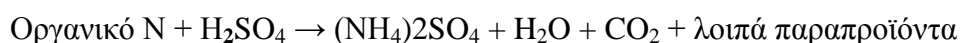
$$Y_{\text{υγρασία δείγματος (g)}} = W_{\text{αρχικού δείγματος (g)}} - W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου (g)}}$$

$$\text{Υγρασία (\%)} = [\text{Υγρασία δείγματος (g)} * 100] / \text{Μαρχικού δείγματος (g)}$$

$$\text{Ξηρά ουσία (\%)} = [100 - \text{Υγρασία (\%)}]$$

2.3.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

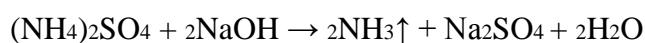
Για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών στο ολικό σώμα και στο μυϊκό ιστό των ψαριών εφαρμόστηκε η μέθοδος Kjeldahl. Η μέθοδος στηρίζεται στη μετατροπή οποιασδήποτε μορφής οργανικού αζώτου σε ανόργανο άζωτο. Αρχικά, ζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό 0,2 g δείγματος μέσα σε ειδικό αλουμινένιο υποδοχέα. Έπειτα, τοποθετείται το δείγμα με προσοχή στον πάτο της ειδικής φιάλης βρασμά 500 ml. Στη συνέχεια προστίθενται δύο (2) ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (περιείχε 5 g Potassium Sulphate K_2SO_4 και 5 g copper (II) Sulphate $CuSO_4, 5H_2O$) και 15 ml πυκνού H_2SO_4 . Οι φιάλες τοποθετούνται σε ειδική υποδοχή μέσα στη συσκευή βρασμού, η οποία βρίσκεται μέσα στον απαγωγό. Στη συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία της πέψης η οποία διαρκεί 85 λεπτά στους 150 °C. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η διάσπαση των αζωτούχων ουσιών. Το άζωτο που απελευθερώνεται από το δείγμα δεσμεύεται σε θεικό αμμώνιο και κατακρατείται μέσα στην ειδική φιάλη των 500ml. Η αντίδραση που πραγματοποιείται φαίνεται παρακάτω:



Μετά το πέρας της διαδικασίας της πέψης, τα δείγματα για να ψυθούν και για να παγιδευτεί το CO_2 και τα παραπροϊόντα, που βρίσκονταν σε αέρια μορφή, παραμένουν στον απαγωγό για περίπου 25 λεπτά. Ακολουθεί η διαδικασία της απόσταξης. Στο σημείο αυτό τοποθετείται στη φιάλη πέψεως με προσοχή ώστε να εφάπτεται κανονικά στην υποδοχή της συσκευής. Επιπλέον, τοποθετείται μια καθαρή κωνική φιάλη τύπου Erlenmeyer 300ml στη συσκευή, στην οποία προστίθενται 4 σταγόνες από ερυθρό του μεθυλίου. Κατόπιν, ρυθμίζουμε το κατάλληλο πρόγραμμα

στη συσκευή έτσι ώστε σε κάθε δείγμα να προστίθεται αυτόματα 100 ml αποσταγμένου νερού, 80 ml υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) και 50 ml βορικού οξέος (H₂BO₃) στην κωνική φιάλη. Τέλος, μετά από θέρμανση των δειγμάτων, το βορικό αμμώνιο συγκεντρώθηκε στη κωνική φιάλη.

Η χρονική διάρκεια της διαδικασίας της απόσταξης ήταν 6 λεπτών για κάθε δείγμα, κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) και σαν αποτέλεσμα αποδεσμεύεται αμμωνία (NH₃) σε αέρια μορφή και θειικό νάτριο (Na₂SO₄). Η ελεύθερη αμμωνία, στη συνέχεια, αντιδρά με βορικό οξύ (H₃BO₃) με αποτέλεσμα το άζωτο του δείγματος να δεσμεύεται υπό τη μορφή βορικού αμμωνίου (NH₄⁺, H₂BO₃⁻), σύμφωνα με τις ακόλουθες αντιδράσεις:



Στη συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία της τιτλοδότησης, όπου η κωνική φιάλη με το βορικό αμμώνιο, μαζί με ένα μαγνήτη, τοποθετήθηκε σε ειδική βάση περιστροφής για να ανακινείται συνεχώς την ώρα που προσθέτονταν δεκατοκανονικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (N/10). Στο σημείο που αλλάζει το χρώμα σημειώνεται η ένδειξη. Από τη διαφορά των ενδείξεων (τελική-αρχική) υπολογίζονται τα ml του HCl που καταναλώθηκαν. Έτσι, με τον παρακάτω τύπο είναι δυνατός ο υπολογισμός της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης μέσα στα δείγματα:

$$\text{Περιεκτικότητα Πρωτεΐνης \%} = (\text{ml HCL} - \text{ml Blank}) * 0,8754 / \text{Βάρος}$$

δείγματος, g

Όπου Blank : τα ml HCL τιτλοδότησης κενής φιάλης (χωρίς δείγμα), η οποία χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

2.3.3 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. Σύμφωνα με τη μέθοδο, ζυγίστηκε, σε ζυγό ακριβείας το βάρος κενών δοχείων μαζί με πέτρες βρασμού W1. 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 1g ξηράς ουσίας δείγματος W2. Τέλος, στα δείγματα πριν μεταφερθούν στη ειδική συσκευή εκχύλισης και απόσταξης του λίπους προστέθηκε μέσα στα δοχεία 150 ml διαλύματος πετρελαϊκού αιθέρα.

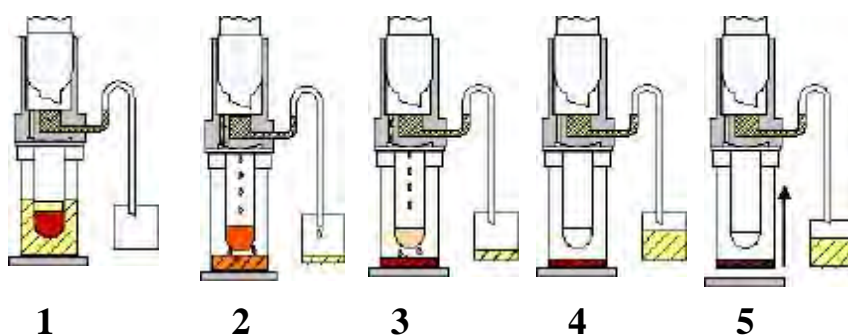
Η διαδικασία απόσταξης του λίπους, στη συσκευή Soxhtherm, έλαβε χώρα σε πέντε στάδια. Το πρώτο στάδιο αποτελείται από τη θερμή εκχύλιση, όπου το δείγμα βυθίζεται στον υπό βρασμό διαλύτη στους 150° C για 25 λεπτά και μία σημαντική ποσότητα λίπους αρχίζει να απελευθερώνεται από το δείγμα. Στο δεύτερο στάδιο, 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. Στο πέμπτο στάδιο αφού εξατμιστεί ο διαλύτης, οι ολικές λιπαρές ουσίες βρίσκονται στον πυθμένα του δοχείου, το οποίο ανυψώνεται από τις εστίες θέρμανσης αυτόματα (Εικόνα 2.4).

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 W3. Η περιεκτικότητα του κάθε δείγματος σε ολικά λιπίδια υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ολικά λιπίδια (\%)} = [(W_3 - W_1) / W_2] * 100$$

Όπου $W_3 - W_1$ = Βάρος του λίπους σε g και W_2 = Καθαρό βάρος του δείγματος σε g



Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση διαδικασίας απόσταξης στη συσκευή Soxhlet (Κανδρέλης 2009).

2.3.4 Προσδιορισμός Τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία ενός δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας των πειραματικών τροφών πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας ποσότητα 1 g ξηρής ουσίας δείγματος σε αποτεφρωτήρα για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C (AOAC, 1995). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, στα οποία τοποθετήθηκαν τα προζυγισμένα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά το τέλος της αποτέφρωσης, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η διαφορά του βάρους μεταξύ του άδειου αρχικά δισκίου και του δισκίου με το αποτεφρωμένο δείγμα έδωσε την ποσότητα της συνολικής ανόργανης ουσίας κάθε δείγματος. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολική ανόργανη ουσία υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = [\text{Wt (g)} / \text{Wa (g)}] * 100$$

Όπου, Wa : αρχικό βάρος κενού δισκίου

Wt : τελικό βάρος δισκίου με το αποτεφρωμένο δείγμα

2.4 Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών, αξιοποίησης της τροφής και των αναλύσεων της χημικής σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 15, η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο independent samples T-Test. Επιπλέον, για την παράμετρο ανάπτυξης του βάρους μεταξύ των ατόμων του μάρτυρα και της μεταχείρισης χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA). Ως επίπεδο σημαντικότητας επελέγη το $\alpha=0,05$ ($P<0,05$).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων

Στην παρούσα εργασία οι παράμετροι που μελετήθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί το φαινόμενο της αντιστάθμισης ήταν το σωματικό βάρος και το μήκος, ολικό και μεσουραίο. Στη διάρκεια του πειράματος το βάρος και το μήκος των ατόμων που ήταν σε ασιτία και επανασίτιση, κυμάνθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα από τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς.

3.1.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το μέσο αρχικό βάρος των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος για τους μάρτυρες 1 και 2 ήταν $2,51 \pm 0,83$ g και $2,67 \pm 0,68$ g, αντίστοιχα, ενώ για τις μεταχειρίσεις 1 και 2 ήταν $2,54 \pm 0,74$ g και $2,49 \pm 0,74$ g, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τις στατιστικές αναλύσεις που έγιναν σε επίπεδο σημαντικότητας ($P > 0,05$), οι δύο ομάδες των μαρτύρων μεταξύ τους, καθώς και οι δύο ομάδες της μεταχείρισης δεν παρουσίασαν στατιστικές διαφορές καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον, η σύγκριση στα αρχικά βάρη ανάμεσα στις δύο ομάδες της μεταχειρίσεις και ανάμεσα στις δύο ομάδες τους μάρτυρες έδωσε παρόμοια αποτελέσματα ($P > 0,05$). Εφόσον, οι μάρτυρες 1 και 2, καθώς και οι μεταχειρίσεις 1 και 2, του πειράματος δε διέφεραν στατιστικά ($P > 0,05$) σε όλες τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τα δεδομένα ομογενοποιήθηκαν (Πίν. 3.1).

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1. Το μέσο αρχικό μεσουραίο μήκος, των ψαριών κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τους μάρτυρες 1 και 2 ήταν $52,49 \pm 0,73$ mm και $56,18 \pm 0,54$ mm, αντίστοιχα, ενώ για τις μεταχειρίσεις 1 και 2 ήταν $53,42 \pm 0,54$ mm και $53,71 \pm 0,46$ mm, αντίστοιχα. Επιπλέον, το μέσο αρχικό ολικό

μήκος, των ψαριών κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τους μάρτυρες 1 και 2 ήταν $56,32 \pm 0,75$ mm και $56,43 \pm 0,58$ mm, αντίστοιχα, ενώ για τις μεταχειρίσεις 1 και 2 ήταν $56,31 \pm 0,62$ mm και $56,43 \pm 0,48$ mm, αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση των αρχικών μηκών, μεσουραίο και ολικό, μεταξύ των μαρτύρων καθώς και μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$). Ακόμη, στατιστική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας ($P > 0,05$) δεν παρουσιάστηκε ανάμεσα στους μάρτυρες και τις μεταχειρίσεις. Τα μέσα μήκη των ψαριών, μεσουραίο και ολικό, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1, αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1: Ανάπτυξη (μέσο βάρος, μέσο μεσουραίο και μέσο ολικό μήκος) όλων των ομάδων ψαριών κατά τη διάρκεια του πειράματος (μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπικό σφάλμα (s.e.)), n:ο αριθμός των ατόμων.

Ημέρες	1		13		25		37		49	
	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n
Βάρος (g)										
Μάρτυρας 1	2,51 \pm 0,83 ^a	65	4,90 \pm 0,32 ^a	16	8,44 \pm 0,51 ^a	16	10,60 \pm 0,57 ^a	16	12,61 \pm 0,35 ^a	52
Μάρτυρας 2	2,67 \pm 0,68 ^a	65	5,17 \pm 0,22 ^a	16	8,55 \pm 0,32 ^a	16	10,94 \pm 0,54 ^a	16	12,24 \pm 0,33 ^a	52
Μεταχείριση 1	2,54 \pm 0,74 ^b	65	4,61 \pm 0,22 ^b	16	7,24 \pm 0,39 ^b	16	9,26 \pm 0,32 ^b	16	9,76 \pm 0,27 ^b	55
Μεταχείριση 2	2,49 \pm 0,74 ^b	65	4,49 \pm 0,27 ^b	16	7,10 \pm 0,36 ^b	16	8,45 \pm 0,3 ^b	16	9,71 \pm 0,22 ^b	55
Μεσουραίο Μήκος(mm)										
Μάρτυρας 1	52,49 \pm 0,73 ^a	65	66,23 \pm 1,41 ^a	16	77,64 \pm 1,41 ^a	16	84,45 \pm 1,37 ^a	16	89,02 \pm 83 ^a	52
Μάρτυρας 2	56,18 \pm 0,54 ^a	65	68,34 \pm 1,13 ^a	16	80,64 \pm 1,02 ^a	16	85,64 \pm 1,58 ^a	16	89,29 \pm 0,78 ^a	52
Μεταχείριση 1	53,42 \pm 0,54 ^b	65	64,98 \pm 1,15 ^b	16	75,52 \pm 1,44 ^b	16	81,38 \pm 1,12 ^b	16	83,57 \pm 0,82 ^b	55
Μεταχείριση 2	53,71 \pm 0,46 ^b	65	66,86 \pm 0,96 ^b	16	75,59 \pm 1,24 ^b	16	80,10 \pm 0,96 ^b	16	84,65 \pm 0,59 ^b	55
Ολικό Μήκος(mm)										
Μάρτυρας 1	56,32 \pm 0,75 ^a	65	70,16 \pm 1,54 ^a	16	82,51 \pm 1,53 ^a	16	89,28 \pm 1,46 ^a	16	94,52 \pm 0,93 ^a	52
Μάρτυρας 2	56,43 \pm 0,58 ^a	65	71,84 \pm 1,16 ^a	16	84,24 \pm 1 ^a	16	90,33 \pm 1,59 ^a	16	94,10 \pm 0,87 ^a	52
Μεταχείριση 1	56,31 \pm 0,62 ^b	65	68,72 \pm 1,17 ^b	16	79,48 \pm 1,54 ^b	16	86,46 \pm 1,06 ^b	16	88,74 \pm 0,89 ^b	55
Μεταχείριση 2	56,43 \pm 0,48 ^b	65	70,17 \pm 1,06 ^b	16	79,16 \pm 1,36 ^b	16	84,16 \pm 1,02 ^b	16	90,08 \pm 0,64 ^b	55

Σημείωση: τα διαφορετικά γράμματα a, b στις τιμές ανά στήλη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

3.1.2 Πρώτη δειγματοληψία (13^η ημέρα πειράματος)

Το μέσο βάρος της ομάδας των μαρτύρων κατά τη 13^η ημέρα πειράματος (Πίν 3.2) ήταν $5,03 \pm 0,19$ g, ενώ για την ομάδα της μεταχείρισης ήταν $4,55 \pm 0,17$ g. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των βαρών δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $P > 0,05$. Επιπλέον, το μεσουραίο και το ολικό μήκος για το α μάρτυρες ήταν $67,28 \pm 0,91$ mm και $71 \pm 0,96$ mm, αντίστοιχα, ενώ για τους ιχθύες που υποβλήθηκαν σε κάποιες ημέρες ασιτία ήταν $65,92 \pm 0,75$ mm και $69,44 \pm 0,79$ mm, αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση των μηκών έδειξε ότι οι μέσοι όροι ήταν παρόμοιοι ($P > 0,05$).

3.1.3 Δεύτερη δειγματοληψία (25^η ημέρα πειράματος)

Το μέσο βάρος για τον μάρτυρα κατά τη 25^η ημέρα πειράματος (Πίν.3.2) ήταν $8,49 \pm 0,3$ g, αντίθετα το μέσο βάρος των ατόμων της μεταχείρισης ήταν $7,17 \pm 0,26$ g. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι το μέσο βάρος διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$). Ακόμη, στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) παρατηρήθηκαν και στο μέσο όρο των μηκών μεταξύ των μαρτύρων και των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, για την ομάδα των μαρτύρων ο μέσος όρος, του μεσουραίου και του ολικού μήκους, ήταν $79,14 \pm 0,09$ mm και $83,38 \pm 0,91$ mm, αντίστοιχα. Ενώ, το μήκος της μεταχείρισης ήταν $75,55 \pm 0,94$ mm για το μεσουραίο και $79,32 \pm 1,01$ mm για το ολικό μήκος.

3.1.4 Τρίτη δειγματοληψία (37^η ημέρα πειράματος)

Κατά τη 37^η ημέρα πειράματος (Πίν.3.2) το μέσο βάρος από τους μάρτυρες ήταν μεγαλύτερο από τα άτομα που υποβλήθηκαν σε συγκεκριμένες ημέρες ασιτία και επανασιτίστηκαν. Συγκεκριμένα, το μέσο βάρος από τα άτομα

που αποτελούσαν τους μάρτυρες ήταν $10,77 \pm 0,39$ g, ενώ για τα άτομα που αποτελούσαν την ομάδα της μεταχείρισης ήταν $8,85 \pm 0,23$ g. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$). Γεγονός που σημαίνει ότι οι ιχθείς που υποβλήθηκαν σε ασιτία, εναποθέτουν λιγότερο σωματικό βάρος από τους ιχθείς που σιτίζονταν καθημερινά. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζει και το μήκος, ολικό και μεσουραίο, των ατόμων ανάμεσα στο μάρτυρα και στη μεταχείριση.

3.1.5 Τελική δειγματοληψία

Στη τελευταία δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε, τα άτομα που αποτελούσαν τους μάρτυρες, δηλαδή τα ιχθύδια που σιτίζονταν καθημερινά, είχαν εναποθέσει περισσότερο σωματικό βάρος από τα άτομα της μεταχείρισης. Συγκεκριμένα, το μέσο βάρος από τον μάρτυρα ήταν $12,43 \pm 0,24$ g, ενώ για τη μεταχείριση ήταν $9,66 \pm 0,18$ g (Πίν 3.2). Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$). Όμοια αποτελέσματα έδειξε και η στατιστική ανάλυση των μηκών. Για το μάρτυρα και τη μεταχείριση, το μεσουραίο μήκος, ήταν $89,15 \pm 0,57$ mm και $83,89 \pm 0,52$ mm, αντίστοιχα. Ενώ το ολικό μήκος ήταν $94,31 \pm 0,63$ mm για το μάρτυρα και $89,24 \pm 0,57$ mm για τη μεταχείριση.

Πίνακας 3.2: Ανάπτυξη (μέσο βάρος, μέσο μεσουραίο και μέσο ολικό μήκος) των ατόμων του μάρτυρα και της μεταχείρισης του πειράματος (μέσος όρος

(x) ± τυπικό σφάλμα (s.e.), n:ο αριθμός των ατόμων.

Ημέρες	1		13		25		37		49	
	x ± s.e.	n	x ± s.e.	n	x ± s.e.	n	x ± s.e.	n	x ± s.e.	n
Βάρος (g)										
Μάρτυρας	2,59±0,05 ^a	130	5,03±0,19 ^a	32	8,49±0,3 ^a	32	10,77±0,39 ^a	32	12,43±0,24 ^a	104
Μεταχείριση	2,51±0,05 ^a	130	4,55±0,17 ^a	32	7,17±0,26 ^b	32	8,85±0,23 ^b	32	9,66±0,18 ^b	110
Μεσουραίο Μήκος (mm)										
Μάρτυρας	54,34±0,48 ^a	130	67,28±0,91 ^a	32	79,14±0,89 ^a	32	85,04±1,03 ^a	32	89,15±0,57 ^a	104
Μεταχείριση	53,57±0,35 ^a	130	65,92±0,75 ^a	32	75,55±0,94 ^b	32	80,74±0,74 ^b	32	83,90±0,52 ^b	110
Ολικό Μήκος (mm)										
Μάρτυρας	57,48±0,48 ^a	130	71,00±0,96 ^a	32	83,38±0,91 ^a	32	89,81±1,07 ^a	32	94,31±0,63 ^a	104
Μεταχείριση	56,37±0,39 ^a	130	69,44±0,79 ^a	32	79,32±1,01 ^b	32	85,31±0,75 ^b	32	89,24±0,57 ^b	110

Σημείωση: τα διαφορετικά γράμματα a,b σε κάθετη διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

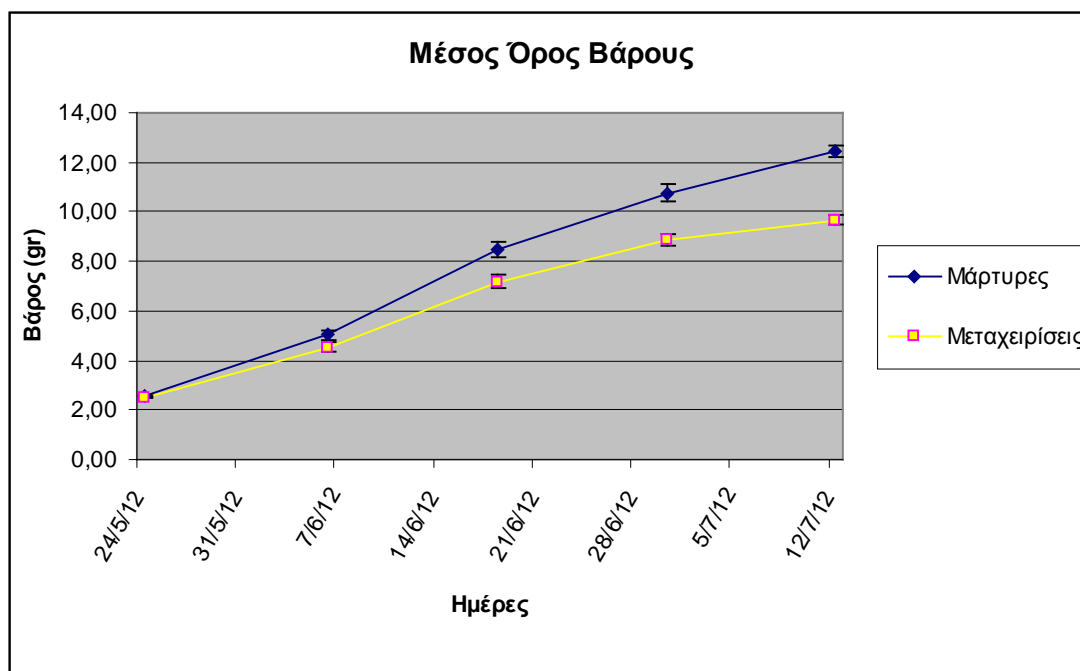
Μετά το πέρας του διατροφικού πειράματος υπολογίστηκε ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (F.C.R) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (S.G.R) των ιχθύων, για το χρονικό διάστημα των 48 ημερών. Τα αποτελέσματα των παραμέτρων αναφέρονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων, μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπική απόκλιση (s.d.)

	Μάρτυρας	Μεταχείριση
F.C.R	1,17 \pm 0,04 ^a	1,29 \pm 0,06 ^b
S.G.R (%/ημέρα)	2,74 \pm 0,14 ^a	2,31 \pm 0,14 ^b

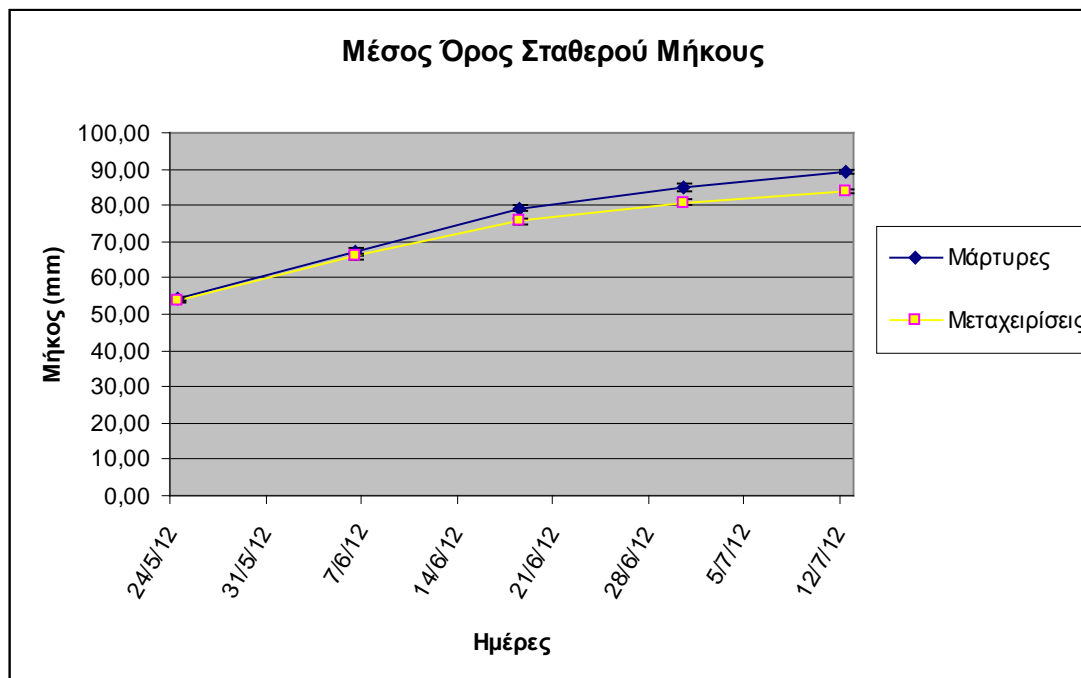
Σημείωση: τα διαφορετικά γράμματα a,b σε οριζόντια διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

Επιπλέον, στο Σχήμα 3.1 δίνεται γραφικά την εξέλιξη του μέσου βάρους των ομάδων σε όλη την πειραματική διαδικασία. Στην ομάδα του μάρτυρα παρατηρείται έντονη διαφορά κοντά στην 25^η ημέρα του πειράματος.

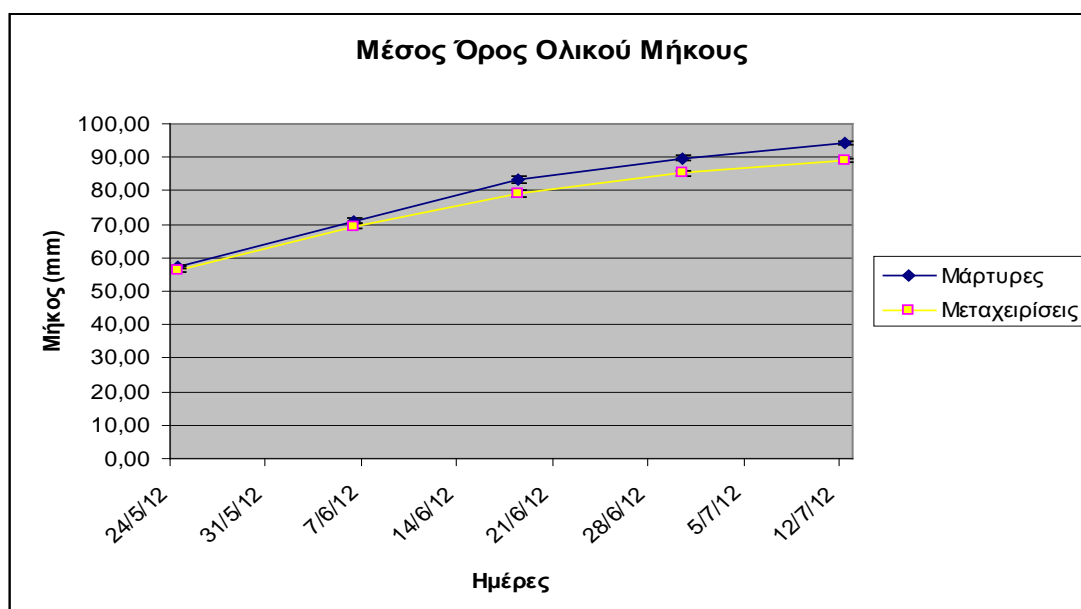


Σχήμα 3.1: Εξέλιξη της ανάπτυξης του μέσου βάρους όλων των πειραματικών ομάδων των ιχθύων. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα.

Στα Σχήματα 3.2 και 3.3 παρουσιάζουν την εξέλιξη του μέσου ολικού και μεσουραίου μήκους καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αξιοσημείωτο είναι ότι σχηματικά το μήκος δεν παρουσιάζει τόσο έντονη διαφορά όσο το βάρος.

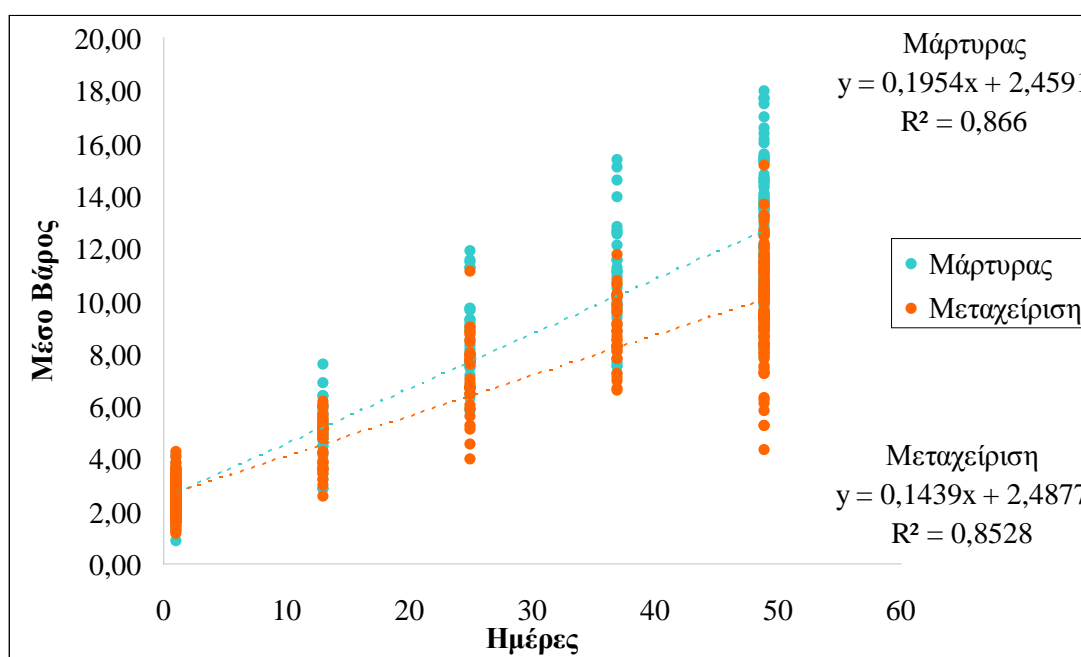


Σχήμα 3.2: Εξέλιξη της ανάπτυξης του μέσου σταθερού μήκους όλων των πειραματικών ομάδων των ιχθύων. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα.



Σχήμα 3.3: Εξέλιξη της ανάπτυξης του μέσου ολικού μήκους όλων των πειραματικών ομάδων των ιχθύων. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα.

Τέλος, στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση ANCOVA, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4, για την συνεπίδραση των ομάδων (συνεχόμενη σίτιση – ασιτία και επαναδιατροφή) και του χρόνου (ημέρες στο βάρος των ψαριών). Σύμφωνα με την οποία, οι κλίσεις των ευθειών ανάμεσα στο μάρτυρα και στη μεταχείριση παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για ($P < 0,05$). Ακόμη, η αύξηση του βάρους των ψαριών για το μάρτυρα και τη μεταχείριση σε σχέση με το χρόνο και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος αποδίδεται με γραμμικές εξισώσεις, οι οποίες εμφανίζονται στο Σχήμα 3.4. Η κλίση των δύο ευθειών (ρυθμός ανάπτυξης) φανερώνει ότι η ανάπτυξη του βάρους των μαρτύρων (συνεχόμενη σίτιση) είναι μεγαλύτερη από τα ψάρια της μεταχείρισης (ασιτία-επαναδιατροφή), για όλες τις ημέρες της πειραματικής διαδικασίας.



Σχήμα 3.4: Συσχέτιση της κλίσης του μέσου βάρους μεταξύ όλων των πειραματικών ομάδων των ιχθύων. Γραμμικές εξισώσεις που περιγράφουν τις μεταβλητές βάρους (Y σε g) με το χρόνο (X σε ημέρες) για κάθε ομάδα.

3.2 Χημική σύσταση

3.2.1 Ολικό σώμα

Η περιεκτικότητα σε υγρασία (%) για ολόκληρο το σώμα των ιχθυδίων υπολογίστηκε στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας (Πίν. 3.4). Συγκεκριμένα, για τα άτομα που αποτελούσαν τους μάρτυρες η υγρασία ήταν $68,51 \pm 0,69$ (%) και για τα άτομα της μεταχείρισης ήταν $69,53 \pm 0,81$ (%). Η στατιστική επεξεργασία δεν έδειξε καμία σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) μεταξύ των ομάδων. Επιπλέον, στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες στο σώμα των ιχθύων στο τέλος του πειράματος. Τα άτομα που διατράφηκαν λιγότερες ημέρες από τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς περιείχαν στατιστικά παρόμοια ($P > 0,05$) περιεκτικότητα σωματικής πρωτεΐνης. Για τον μάρτυρα, ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ουσιών επί νοπού βάρους δείγματος ήταν $16,78 \pm 1,47$ (%), ενώ για την μεταχείριση ήταν $16,51 \pm 0,62$ (%).

Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες του σώματος (Πίν. 3.4) είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) μεταξύ των ιχθυδίων του μάρτυρα και της μεταχείρισης. Ειδικότερα, ο μέσος όρος των ολικών λιπαρών ουσιών επί νοπού βάρους δείγματος για τα άτομα του μάρτυρα ήταν $4,13 \pm 0,1$ (%), ενώ για τα άτομα της μεταχείρισης ήταν $4,61 \pm 0,25$ (%).

Η συνολική ανόργανη ουσία που εκτιμήθηκε στο τέλος του πειράματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4. Ο μέσος όρος της τέφρας επί νοπού βάρους σώματος για τα ιχθύδια του μάρτυρα ήταν $3,82 \pm 0,37$ (%) και για τα ιχθύδια της μεταχείρισης ήταν $3,83 \pm 0,35$ (%). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε ότι τα άτομα του μάρτυρα με αυτά της μεταχείρισης είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$).

Πίνακας 3.4: Χημική σύσταση ολικού σώματος των ομάδων ψαριών στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας.

Χημική σύσταση (%)	Μάρτυρας	Μεταχείριση
Υγρασία	68,51±0,69 ^a	69,53±0,81 ^a
Πρωτεΐνη	16,78±1,47 ^a	16,51±0,62 ^a
Λίπος	4,13±0,1 ^a	4,61±0,25 ^b
Τέφρα	3,82±0,37 ^a	3,83±0,35 ^a

Σημείωση: μέσος όρος (x) ± τυπική απόκλιση (s.d.), (n=6, το κάθε n αποτελείται από 3 ομογενοποιημένα ψάρια).

τα διαφορετικά γράμματα a,b σε οριζόντια διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (P<0,05).

3.2.2 Μυϊκός ιστός

Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας, εκτός από τον υπολογισμό της χημικής σύστασης στο ολικό σώμα, πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση και στο μυϊκό ιστό των ψαριών.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία (%) για το μυϊκό ιστό των ιχθυδίων του μάρτυρα κατά μέσο όρο ήταν 74,49±0,71 (%), ενώ για τα ιχθύδια της μεταχείρισης ήταν 75,12±1,06 (%). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία στο μυϊκό ιστό, μεταξύ του μάρτυρα και της μεταχείρισης ήταν παρόμοια (P>0,05).

Ακόμη, στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες στο μυϊκό ιστό των ιχθυδίων. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί νωπού βάρους δείγματος μυϊκού ιστού των ατόμων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα ιχθύδια της μεταχείρισης και του μάρτυρα είχαν στατιστικά παρόμοια (P>0,05) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Συγκεκριμένα, μέσο

πρωτεϊνικό περιεχόμενο για τα άτομα του μάρτυρα ήταν $16,91 \pm 1,71$ (%), ενώ για τα άτομα της μεταχείρισης ήταν $16,56 \pm 2,19$ (%).

Η περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες στο μυϊκό ιστό των ιχθυδίων που εκτιμήθηκε στο τέλος του πειράματος (Πιν. 3.5). Για τα άτομα του μάρτυρα η περιεκτικότητα ολικών λιπιδίων στο μυϊκό ιστό ήταν $2,83 \pm 0,14$ (%), ενώ για τα άτομα της μεταχείρισης ήταν $3,45 \pm 0,18$ (%). Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της υγρασίας του μυϊκού ιστού των ατόμων. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι τα ιχθύδια που δεν σιτίζονταν καθημερινώς είχαν σημαντικά περισσότερη ($P < 0,05$) περιεκτικότητα ολικών λιπαρών ουσιών στο μυϊκό ιστό από τα ιχθύδια του μάρτυρα.

Τέλος, η συνολική ανόργανη ουσία στο μυϊκού ιστού παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5. Οι τιμές των μέσων όρων της τέφρας, επί της υγρασίας του μυϊκού ιστού για τα άτομα της μεταχείρισης ήταν $1,38 \pm 0,05$ (%), ενώ για τα άτομα του μάρτυρα ήταν $1,39 \pm 0,03$ (%). Καμία στατιστική διαφορά ($P > 0,05$) στην ποσότητα της συνολικής ανόργανη ουσία στο μυϊκού ιστού δεν εμφανίστηκε μεταξύ των ιχθυδίων του μάρτυρα και της μεταχείρισης.

Πίνακας 3.5: Χημική σύσταση μυϊκού ιστού των ομάδων ψαριών στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας.

Χημική σύσταση (%)	Μάρτυρας	Μεταχείριση
Υγρασία	$74,49 \pm 0,71^a$	$75,12 \pm 1,06^a$
Πρωτεΐνη	$16,91 \pm 1,71^a$	$16,56 \pm 2,19^a$
Λίπος	$2,83 \pm 0,14^a$	$3,45 \pm 0,18^b$
Τέφρα	$1,39 \pm 0,03^a$	$1,38 \pm 0,05^a$

Σημείωση: μέσος όρος (x) \pm τυπική απόκλιση (s.d.), (n=6, το κάθε n αποτελείται 8 ομογενοποιημένα ψάρια).

τα διαφορετικά γράμματα a,b σε οριζόντια διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι πειραματικές εργασίες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία πάνω στην αύξηση αντιστάθμισης με στέρηση τροφής, έχουν πραγματοποιηθεί σε ομάδες ιχθύων ή σε μεμονωμένα ιχθύδια. Η στέρηση της τροφής είναι είτε μερική, είτε ολική. Υπάρχει μια ή και περισσότερες περιόδους στέρησης τροφής και η επανασίτιση εναλλάσσεται σε κύκλους (Ali *et al.* 2003). Αυτή η ποικιλότητα που εμφανίζεται στις διάφορες πειραματικές μεθόδους των ερευνητών έχει οδηγήσει σε πολλά αποτελέσματα.

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε μια προσέγγιση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στην εντατική εκτροφή της τσιπούρας σε κλειστό κύκλωμα επανακυκλοφορίας νερού. Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε ομαδοποιημένα ιχθύδια και όχι σε μεμονωμένα, είχε διάρκεια 48 ημερών και οι παράμετροι που μελετήθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί το φαινόμενο της αντιστάθμισης ήταν το βάρος και το μήκος, μεσουραίο και ολικό.

Τις πρώτες 13 ημέρες του πειράματος τα άτομα τσιπούρας που σιτίστηκαν για 10 ημέρες δεν εναπόθεσαν λιγότερο βάρος από τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινά. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική μεταβολή στο μήκος των ιχθύων. Μετά το πέρας των δεκατριών ημερών τα άτομα που λάμβαναν συνεχώς τροφή, δηλαδή οι ομάδες που αποτελούσαν τους μάρτυρες, παρουσίασαν μεγαλύτερη ανάπτυξη στο βάρος και στο μήκος από την ομάδα της μεταχείρισης. Η υπεροχή των μαρτύρων εμφανίζεται μεγαλύτερη από την 25^η ημέρα και μετά.

Επιπλέον, το σχετικά μικρό αρχικό μέσο βάρος των ψαριών, η δυσκολία προσαρμογής, λόγω του νεαρού της ηλικίας τους, η καταπόνηση τους λόγω χειρισμών που πραγματοποιήθηκαν (δειγματοληψίες: σύλληψη ατόμων με απόχη και βραχεία αναισθητοποίηση) καθώς και οι ημέρες ασιτίας που υποβλήθηκαν, ίσως

επηρέασε αρνητικά στην εκδήλωση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Κάβουρας και συν. (2009) σε εκτρεφόμενα άτομα τσιπούρας *Sparus aurata*, μήκους 12-16 cm και βάρους 60-90 g, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο σε συνθήκες καταπόνησης χειρισμών (ομάδα που αποτελούσε τους μάρτυρες του πειράματος) όσο και σε μία, δύο, τρεις και έξι εβδομάδες ασιτίας (ομάδες που αποτελούσαν τις μεταχειρίσεις του πειράματος), οι ιχθείς παρουσιάζουν έντονο «stress» το οποίο με τη σειρά του προκαλούσε βλάβη στο DNA των ηπατοκυττάρων. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν ότι η καταπόνηση χειρισμών είναι περισσότερο «στρεσογόνος» παράγοντας σε σχέση με την ασιτία.

Ακόμη, η ιχθυοφόρτιση είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την εκδήλωση της ανάπτυξης αντιστάθμισης. Για παράδειγμα, σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε ιχθύδια τιλάπιας *Oreochromis niloticus*, όταν βρίσκονταν σε μεγάλες ιχθυοφορτίσεις παρατηρήθηκε μια μείωση της ανάπτυξης. Στη συνέχεια, η μείωση αυτή εξαφανίστηκε με το που επέστρεψαν τα ψάρια σε κανονικές ιχθυοφορτίσεις (Jobling & Koskela 1996). Αυτός ο παράγοντας πιθανόν συνετέλεσε ώστε να μην εκδηλωθεί το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης στις παραμέτρους αύξησης.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αποτελέσματα πειραματισμών όπου δεν παρατηρήθηκε το φαινόμενο ή υπάρχουν εικασίες για μερική αύξηση αντιστάθμισης. Επιπλέον, το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης ερευνάται πολύ τα τελευταία χρόνια στα είδη *Sparus aurata* και *Dicentrarchus labrax*, τα οποία αποτελούν τα κύρια εκτρεφόμενα είδη της Μεσογείου (FEAP 2012).

Στην παρούσα έρευνα, δεν παρατηρήθηκε απώλεια βάρους στα άτομα της μεταχείρισης που υποβλήθηκαν σε κάποιες ημέρες ασιτίας και στη συνέχεια

επανασιτίστικαν. Συγκεκριμένα, τα ιχθύδια λόγω του μικρού τους μεγέθους και του νεαρού της ηλικίας τους παρουσίασαν μικρότερους ειδικούς ρυθμούς ανάπτυξης από τους μάρτυρες.

Ωστόσο, στην έρευνα παρατηρήθηκε ότι, η ομάδα ασιτία-επαναδιατροφής σε σχέση με τους μάρτυρες, είχε πολύ μικρή διαφορά στην τιμή του F.C.R. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αύξηση της πεπτικότητας της τροφής από το έντερο, που πιθανόν συμβαίνει σε περιόδους περιορισμένης σίτισης (Jobling 1994). Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι σε περιόδους έλλειψης τροφής, σε διαφορετικά τμήματα του εντέρου μπορεί να υπάρξει αυξημένη ενζυμική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα την γρήγορη διάσπαση της τροφής (Harraz *et al.* 2005, Krogdahl & Bakke-McKeller 2005).

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με τα αποτελέσματα της εργασίας των Eroldogan *et al.* (2008), οι οποίοι πραγματοποίησαν παρόμοιο πείραμα σε ιχθύδια τσιπούρας *Sparus aurata*, αρχικού μέσου βάρους $6,35 \pm 0,05$ g σε 48 ημέρες. Οι ομάδες του πειράματος ασιτίας επαναδιατροφής ήταν η S1, όπου στα ψάρια δεν χορηγούνταν τροφή για μία ημέρα και στη συνέχεια σιτίζονταν για δύο μέρες μέχρι κορεσμό. Η ομάδα R2, στην οποία τα άτομα τρέφονταν με τη μισή ποσότητα από τους μάρτυρες για δύο ημέρες και στη συνέχεια σιτίζονταν για δύο ημέρες μέχρι κορεσμό. Τέλος η ομάδα R6 στην οποία τα άτομα σιτίζονταν με την μισή τροφή από τους μάρτυρες για έξι ημέρες και στη συνέχεια τρέφονταν μέχρι κορεσμό για έξι ημέρες. Στα άτομα το μέσο τελικό σωματικό βάρος και ο ειδικός ρυθμός αύξησης S.G.R από όλες τις πειραματικές ομάδες δεν ξεπερνούσε αυτό των μαρτύρων. Παρόλα αυτά στο πείραμα τους, ο δείκτης μετατρεψιμότητας τροφής για την μία ομάδα του πειράματος S1 ήταν παρόμοιος με του μάρτυρα, ενώ οι ομάδες R2 και R6 είχαν μικρότερο F.C.R. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει την εμφάνιση μερικής αντιστάθμισης για την ομάδα S1 (στέρηση τροφής για 16 ημέρες).

Ακόμη, σε πείραμα που πραγματοποίησε ο Μακρυβέλιος (2007), σχετικά με τη διερεύνηση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στην εκτροφή της τσιπούρας σε συνάρτηση με συμμετρικά διαστήματα ασιτίας και επαναδιατροφής, χρησιμοποιήθηκαν άτομα τσιπούρας, μέσου βάρους 68,88 g, που υποβλήθηκαν σε τρεις μεταχειρίσεις με τρεις επαναλήψεις η κάθε μία. Στη ομάδα του μάρτυρα χορηγούνταν τροφή καθημερινώς, ενώ στις άλλες δύο ομάδες A και B, χορηγούνταν τροφή εναλλάξ. Στην ομάδα A τα άτομα στερούνταν τροφή για μία εβδομάδα και επανασιτιζόνταν την επόμενη. Σε αντίθεση με τα άτομα της ομάδας B, τα οποία στερούνταν τροφή για δύο εβδομάδες και επανασιτιζόνταν τις άλλες δύο εβδομάδες. Η πειραματική του διαδικασία διήρκησε για 16 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα άτομα που αποτελούσαν τους μάρτυρες είχαν ελάχιστα μικρότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας τροφής, σε σχέση με τις ομάδες που υποβάλλονταν σε διαφορετικό καθεστώς ασιτίας-επαναδιατροφής.

Τέλος, έχοντας υπόψη την ανάγκη συμπίεσης του κόστους παραγωγής στις εντατικές μορφές ιχθυοκαλλιέργειας, μια μείωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας (F.C.R.) σε εντατική εκτροφή τσιπούρας μπορεί να προκύψει από την αύξηση της πεπτικότητας του εντέρου, όταν τα ψάρια υπόκεινται σε σύντομους εναλλασόμενους κύκλους ασιτίας-επαναδιατροφής, για μικρά χρονικά διαστήματα. Με αυτόν τον τρόπο ενδεχομένως θα έχουμε καλύτερη αξιοποίηση της προσφερόμενης τροφής. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο πρωτόκολλο (τάισμα-ασιτία) σε αυτό το μικρό χρονικό διάστημα δεν έδειξε, ότι τα άτομα της μεταχείριση έχουν παρόμοιο συντελεστή μετατρεψιμότητα τροφής με τους μάρτυρες. Δείχνοντας ότι είναι αρκετά δύσκολο να εφαρμοστεί σε εντατικές συνθήκες παραγωγής.

Επιπλέον, σε πείραμα ασιτίας-επανασίτισης που πραγματοποιήθηκε από τους Eroldogan *et al.* (2006b), σε νεαρά άτομα τσιπούρας *Sparus aurata* μέσου

αρχικού βάρους περίπου 14 g καθορίστηκαν περίοδοι στέρησης τροφής για δύο, τέσσερις και επτά ημέρες (S2, S4 και S7, αντίστοιχα) και στη συνέχεια σιτίζονταν ίδιο αριθμό ημερών στέρησης που στερήθηκαν τροφή, αλλά με 20 % λιγότερη ποσότητα τροφής από τον μάρτυρα (καθημερινή σίτιση). Το σύνολο ημερών ασιτίας για τις ομάδες S2, S4 και S7, ήταν 18, 24 και 33 ημέρες αντίστοιχα. Ακόμη, υπήρχε μία ομάδα (S7/Rf14) που στερούνταν τροφή για μία εβδομάδα και ταΐζονταν μέχρι το επίπεδο κορεσμού για τις υπόλοιπες δύο εβδομάδες. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο εφαρμόστηκε για επτά εβδομάδες και έπειτα ταΐστηκαν μέχρι κορεσμού για τρεις εβδομάδες. Τα αποτελέσματα για τις ομάδες της μεταχείρισης S2, S4 και S7, όσον αφορά τις παραμέτρους αύξησης ήταν πως καμία δεν κατάφερε να εμφανίσει το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Παρόλα αυτά, η ομάδα S7/Rf14, σύμφωνα με τους ερευνητές, κατάφερε να παρουσιάσει μερική αντιστάθμιση. Επειδή κατάφερε να αποκτήσει μεγαλύτερο μέσο βάρος σώματος 52.35 g σε σχέση με τους μάρτυρες 48,89 g, στο ίδιο χρονικό διάστημα σίτισης (40 ημερών).

Ακόμη, οι Sahin *et al.* (2000), προσπάθησαν να κατανοήσουν την επίδραση της ασιτίας και της επανασίτισης, σε θαλάσσιους κλωβούς, στα είδη *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* και *Oncorhynchus mykiss*, σε διαφορετικές θερμοκρασιακές περιόδους σε ενήλικα ψάρια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τσιπούρα και το λαβράκι μπορούν να αυξήσουν το μέσο σωματικό τους βάρος περισσότερο όταν υπόκεινται αρχικά σε τρεις εβδομάδες ασιτία και μετά επανασιτιστούν, σε θερμοκρασία 14,5-23,5 °C, συγκριτικά με τα άτομα που ταΐζονταν αρχικά για τρεις εβδομάδες και στη συνέχεια επανασιτίστηκαν, μετά από πλήρη στέρηση τροφής τριών εβδομάδων. Το αντίθετο συνέβη για την ιριδίζουσα πέστροφα, αλλά σε

θερμοκρασίες 9,0-15 °C. Παρόλα αυτά, το σύνολο των αποτελεσμάτων απέτυχαν να εμφανίσουν αύξηση αντιστάθμισης.

Επίσης, πολλές έρευνες αναφέρονται σε πειράματα τα οποία προσπαθούν να εντοπίσουν την αύξηση αντιστάθμισης με βάση την σύσταση του σώματος. Στην παρούσα εργασία, έγινε μία προσπάθεια να εξεταστεί η θρεπτική σύσταση των ψαριών σε συνδυασμό με την αύξηση αντιστάθμισης.

Οι Power *et al.* (2000) διέκριναν τα ψάρια σε δύο κατηγορίες σχετικά με το πώς αυτά χρησιμοποιούν την μεταβολική ενέργεια σε περιόδους στέρησης τροφής. Στην πρώτη κατηγορία είναι αυτά που χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο τα αποθέματα πρωτεϊνών του σώματος, όπως το *Anguilla Anguilla* (Dave *et al.* 1975, Renaud & Moon 1980), το *Carassius auratus* (Storer 1967) και το *Pleuronectes platessa*. (Moon & Johnston 1980), ενώ στη δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιούν τα αποθέματα λίπους, όπως το *Esox lucius* L (Ince & Thorpe 1976), το *Rutilus rutilus* (Mendez & Wieser 1993) και το golden perch, *Macquaria ambigua* (Collins & Anderson 1995). Ωστόσο, διάφοροι ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν το μεταβολικό απόθεμα, πρωτεΐνη ή λίπος, που θα χρησιμοποιηθεί ακόμα και σε άτομα του ίδιου είδους.

Όσον αφορά τη χημική σύσταση του σώματος στα νεαρά άτομα τσιπούρας του πειράματος, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, τόσο σε ολόκληρο το σώμα όσο και στο μυϊκό ιστό, δεν είχε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στα άτομα του μάρτυρα και της μεταχείρισης. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στα ψάρια της μεταχείρισης, η διαιτητική πρωτεΐνη που λαμβάνουν κατά τις ημέρες σίτισης αναβολίζεται στο σώμα και το μυϊκό ιστό, ώστε να διατηρήσουν τις δομικές πρωτεΐνες του σώματος τους, με αποτέλεσμα μικρότερες ποσότητες διαιτητικής πρωτεΐνης να καταβολίζονται για αύξηση του σωματικού τους βάρους τους.

Επιπλέον, σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην τσιπούρα *Sparus aurata* και στο λαβράκι *Dicentrarchus labrax*, δεν έχει εντοπιστεί στατιστικώς σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο σώμα των ιχθύων σε διατροφικά πειράματα, που είχαν ως στόχο τον εντοπισμό της αύξησης αντιστάθμισης. Συγκεκριμένα, οι Erolodogan *et al.* (2008), δεν εντόπισαν στατιστικές διαφορές στην πρωτεϊνική σύσταση του σώματος σε δύο διαφορετικές ομάδες μεταχείρισης, που αποτελούνταν από νεαρά άτομα τσιπούρας, οι οποίες διένυαν περιόδους μερικής (R6 ομάδα) ή ολικής (S1) στέρησης τροφής και επαναδιατροφής σε διαφορετικούς εναλλασσόμενους κύκλους. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων τους δεν έδειξε διαφορές ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις και στον μάρτυρα. Αν και κατά μέσο όρο ο μάρτυρας είχε περισσότερη πρωτεΐνη. Για την εξαγωγή των συμπερασμάτων τους χρησιμοποίησαν τον δείκτη PER (Protein Efficiency Ratio, συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεΐνης) και PPV (Protein Productive Value, συντελεστής παραγόμενης πρωτεΐνης). Σύμφωνα με τους δείκτες, οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι τα ιχθύδια τσιπούρας σε περιόδους στέρησης τροφής χρησιμοποιούν τον καταβολισμό της πρωτεΐνης του σώματος, για να επιτελέσουν διάφορες άλλες λειτουργίες όπως η εύρεση τροφής και όχι για να αυξήσουν το σωματικό τους βάρος.

Παρόμοια αποτελέσματα είχαν βρεθεί και σε πειράματα που εφαρμόστηκαν σε έξι διατροφικές ομάδες από νεαρά λαβράκια, οι οποίες ταΐζονταν για 60 ημέρες με τροφή που αποτελούσε το 2, 2,5, 3, 3,5, και 4 % του ζώντος βάρους τους, αντίστοιχα (Erolodogan *et al.* 2004).

Παρόλα αυτά, στο παρόν πείραμα υπήρχε διαφορά στο λίπος ανάμεσα στα άτομα του μάρτυρα και της μεταχείρισης, καθώς υπήρχε σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα λίπους, τόσο σε ολόκληρο το σώμα όσο και στον μυϊκό ιστό, στα

άτομα της μεταχείρισης. Η αύξηση αυτή του λίπους πιθανώς οφείλεται σε αυξημένη μεταβολική ενέργεια η οποία αποθηκεύεται στο σώμα και το μυϊκό ιστό των ψαριών αυτών σε μορφή λίπους. Η αυξημένη αυτή μεταβολική ενέργεια πιθανώς προέρχεται από τον καταβολισμό της διαιτητικής πρωτεΐνης κατά τις ημέρες σίτισης, με αποτέλεσμα τα ψάρια αυτά να μην αυξάνουν το σωματικό τους βάρος σε τέτοιο βαθμό όσο τα ψάρια-μάρτυρες. Η τάση αυτή αύξησης του σωματικού και μυϊκού λίπους πιθανώς να εξηγείται από την προσπάθεια των ψαριών να αποθηκεύσουν μεταβολική ενέργεια για σκοπούς συντήρησης των μεταβολικών διεργασιών τους σε περιόδους ασιτίας.

Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τους Erolodogan *et al.* (2008), που βρήκαν ότι το ενδοπεριτοναϊκό λίπος (IPF: intraperitoneal fat ratio), από άτομα τσιπούρας διατροφικής μεταχείρισης, μία ημέρα ασιτία και δύο ημέρες επαναδιατροφή για 48 ημέρες, ήταν μεγαλύτερο από άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς.

Η κύρια τοποθεσία εναπόθεσης γλυκογόνου στα ψάρια είναι το ήπαρ, όπου σε περιόδους στέρησης τροφής έχουν αναφερθεί περιπτώσεις διόγκωσης του ήπατος, ως αποτέλεσμα της εκτεταμένης εναπόθεσης γλυκογόνου. Για αυτό το λόγο, συχνά λαμβάνονται αποκλίνουσες τιμές, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με τη ύπαρξη του γλυκογόνου ως απόθεμα ενέργειας (Ojaveer *et al.* 1996, Hemre *et al.* 2002).

Επιπλέον, αρκετά είδη ψαριών παρουσιάζουν ταχεία αποκατάσταση στα αποθέματα του λίπους του σώματος τους, μέσου του ήπατος που τροφοδοτεί τα όργανα των ψαριών με γλυκογόνο, κατά τη διάρκεια πειραμάτων ασιτίας-επαναδιατροφής (Miglav & Jobling 1989, Ali & Jauncey 2004). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε άτομα *Gadus morhua* που βρίσκονταν σε ασιτία για μικρό χρονικό διάστημα όταν επανατροφοδοτήθηκαν, έδειξαν αυξημένες τιμές γλυκογόνου

στο μυϊκό ιστό των ψαριών, μεγαλύτερες ακόμα και από τα άτομα που τρέφονταν καθημερινά. Οι ερευνητές πρότειναν πως οι ασυνήθιστες υψηλές τιμές του γλυκογόνου ήταν ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την αποκατάσταση των μυών (Black & Love 1986). Επιπλέον, στο λαβράκι σε ασιτία εννιά ημερών βρέθηκε ότι η τιμή της γλυκόζης στο πλάσμα του αίματος ναι, μεν, είχε μειωθεί όχι όμως σε μεγάλο βαθμό ώστε να την καθιστούν επικίνδυνη για την υγεία του ψαριού. Αυτή η διατήρηση οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην κινητοποίηση του γλυκογόνου του ήπατος. Ακόμη κατά την διάρκεια της επανασίτισης τα επίπεδα της γλυκόζης, των τριγλυκεριδίων, τα ολικά λιπίδια και η χοληστερόλη, επανήλθαν στα προ ασιτίας επίπεδα σε 24 ώρες (Perez-Jimenez *et al.* 2007).

Στην παρούσα έρευνα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι τα ψάρια που αποτελούσαν την ομάδα του μάρτυρα (καθημερινή σίτιση) χρησιμοποίησαν την πρωτεΐνη της τροφής κατά κύριο λόγο για να αναπτυχθούν, ενώ το λίπος για να επιτελέσουν τις διάφορες μεταβολικές τους λειτουργίες. Αντίθετα, τα άτομα που αποτελούσαν την ομάδα της μεταχείρισης (ασιτία-επανασίτιση), χρησιμοποίησαν ένα μέρος της πρωτεΐνης της τροφής για ανάπτυξη και ένα σημαντικό μέρος για τη συντήρηση των σωματικών τους αναγκών. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τα άτομα της μεταχείρισης να έχουν μικρότερο σωματικό βάρος από τα άτομα που σιτίζονταν καθημερινώς. Τέλος, τα άτομα της μεταχείρισης εναπόθεσαν περισσότερο λίπος τόσο στο σώμα όσο και στον μυϊκό ιστό, φανερόνοντας ότι τα ψάρια ναι μεν χρησιμοποίησαν το λίπος της τροφής ως πηγή ενέργειας για κάποιες μεταβολικές τους δραστηριότητες, αλλά αποθήκευσαν περισσότερο στο σώμα τους από τους μάρτυρες για να μπορέσουν να συντηρηθούν τις ημέρες που δεν σιτίστηκαν.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αποτελέσματα σε είδη ιχθύων που έχουν παρουσιάσει μερική, πλήρη ή υπερ-αντιστάθμιση. Από τα πρώτα παραδείγματα

εκδήλωσης του φαινομένου φαίνεται να παρουσιάστηκε το 1973. Ο κόκκινος σολομός *Oncorhynchus nerka* παρουσίασε αύξηση αντιστάθμισης έπειτα από μία έως τρεις εβδομάδες ασιτίας και έφτασε σε παρόμοια βάρη με τους μάρτυρες μετά από οκτώ εβδομάδες ταΐσματος (Bilton & Robins 1973). Σε μία άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε άτομα ιριδιζουσας πέστροφας, αρχικού μέσου βάρους περίπου 10 g, παρουσιάστηκε μερική αύξηση αντιστάθμιση. Το φαινόμενο προέκυψε μετά από μια περίοδο δεκατριών εβδομάδων ασιτίας (Weatherley & Gill 1981). Στη συνέχεια, οι Dombson & Holmes (1984) ανέφεραν πλήρη αύξηση αντιστάθμισης στην ιριδιζουσα πέστροφα μετά από τρεις εβδομάδες πλήρους ασιτίας ακολουθούμενες από τρεις εβδομάδες ταΐσματος. Οι Nicieza & Metcalfe (1997) προκάλεσαν την αύξηση αντιστάθμιση σε ομαδοποιημένα άτομα σολομών του Ατλαντικού, *Salmon salar*. Τα άτομα σολωμού χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, η μία ομάδα αποτελούσε τους μάρτυρες του πειράματος (τάϊσμα μέχρι κορεσμό) και οι άλλες δύο ομάδες αποτελούσαν τις μεταχειρίσεις του πειράματος. Στην πρώτη περίπτωση περιόρισαν την ποσότητα τροφής (>3% ζώντος βάρους), ενώ στη δεύτερη προκάλεσαν μείωση της προσλαμβανόμενης τροφής από τα άτομα, με τη μείωση της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες ήταν ασυνήθιστα μικρές για την εποχή και έτσι μειώθηκε η κατανάλωση τροφής από τα ψάρια. Όταν τα άτομα επαναδιατράφηκαν και σε κανονικές τιμές θερμοκρασίας, τα ψάρια που βρίσκονταν σε χαμηλές θερμοκρασίες ανέπτυξαν μικρότερο βάρος από αυτό των ψαριών στα οποία είχε μειωθεί η τροφή. Τα ψάρια της πρώτης ομάδας μεταχείρισης εμφάνισαν πλήρη αντιστάθμιση μέσα σε τριανταμία εβδομάδες, ενώ τα ψάρια της δεύτερης ομάδας μεταχείρισης εμφάνισαν μερική αντιστάθμιση μία εβδομάδα αργότερα από αυτά της πρώτης ομάδας.

Επιπλέον, σε νεαρά άτομα σολομού του Ατλαντικού, *Salmo salar*, σε μία περίοδο τριών εβδομάδων ασυνήθιστων για την εποχή χαμηλών θερμοκρασιών στις αρχές του καλοκαιριού, προκλήθηκε πλήρης αντιστάθμιση των ατόμων (Maclean & Metcalfe 2001).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε νεαρά άτομα, του υβριδίου *Lepomis cyanellus x L. macrochirus*, καθορίστηκαν περίοδοι στέρησης τροφής δύο, τεσσάρων, έξι, δέκα ή δεκατεσσάρων ημερών, αλλά οι μετέπειτα περίοδοι στέρησης καθορίζονταν από τη διάρκεια της υπερφαγικής αντίδρασης που ακολουθούσε κάθε περίοδο στέρησης. Με αυτό το πρωτόκολλο κάποιες ομάδες ψαριών που εκτέθηκαν σε εναλλασσόμενες περιόδους τροφής-ασιτίας αναπτύχθηκαν περισσότερο, απ' ό,τι οι μάρτυρες που ταΐζονταν καθημερινά σε χρονικό διάστημα 105 ημερών. Η υπέρ-αντιστάθμιση παρατηρήθηκε ειδικά στα ψάρια της ομάδας με τη διήμερη στέρηση τροφής και είναι η πρώτη ισχυρή απόδειξη ύπαρξης της (Hayward *et al.* (1997).

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).

Συμπερασματικά, οι αντισταθμιστικές αλλαγές στην όρεξη και στην αύξηση των ιχθύων 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. 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 ξεκάθαρο το πρωτόκολλο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε επίπεδο παραγωγής για το κάθε εκτρεφόμενο είδος. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει τα ερευνητικά πειράματα να δώσουν απάντηση σε μια σειρά ερωτημάτων.

Παραδείγματος χάρη, να προκαθοριστεί μέχρι ποιο σημείο πρέπει να μειωθεί το βάρος του σώματος (στην περίοδο του περιορισμού της τροφής), μέχρι να αρχίσει η επαναδιατροφή. 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) .

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Αβράμπου Α.Β. (2009) Χρηματοοικονομική ανάλυση των εισηγμένων των Χ.Χ.Α εταιριών του κλάδου Ιχθυοκαλλιέργειας. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων. Πανεπιστήμιο Πειραιώς, σελ. 160.
- Κάβουρας Μ., Κασιμάτης Δ., Μαλανδράκης Ε.Ε., Νταϊλιάνης Σ., Ντανταλή Ο., Χατζηπλή Κ., Γκολομάζου Ε., Καλογιάννη Μ., Εξαδάκτυλος Α., Παναγιωτάκη Π., Νεοφύτου Χ. (2009) Ανίχνευση βλάβης του DNA με comet ανάλυση σε εντατικά εκτρεφόμενους ιχθείς σε συνθήκες stress. Πρακτικά 9^ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας 2009. Τόμος II, Πάτρα, σελ. 1-6.
- Κλαυδάτος Σ.Δ, Κλαυδάτος Δ.Σ (2012) Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Εκδόσεις Προπομπός, σελ. 227-231 .
- Κλαυδάτος Σπ., Αποστολόπουλος Ι. (1984) Μελέτη της βιολογίας και της αλιείας των σημαντικότερων ψαριών της λιμνοθάλασσας Μεσσολογίου-Αιτωλικού. Πρακτικά 1 Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Τόμος II, Αθήνα σελ. 621-634.
- Κανδρέλης Σ, Ρούκος Χ., Κουτσούκης Χ. (2009) Σημειώσεις εργαστηρίου βασικής διατροφής αγροτικών ζώων. Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα (Τ.Ε.Ι) Ηπείρου. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Ζωϊκής Παραγωγής. Έκδοση 2^η, σελ. 134.
- Μακρυβέλιος Κ. (2007) Η αύξηση αντιστάθμισης σε άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata*). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Βόλος, σελ.86.

Μυλωνάς Π. (2010) Ιχθυοκαλλιέργειες: Ευνοϊκές προοπτικές, υπό την σκιά βραχυπρόθεσμων δυσχερειών. Εθνική Τράπεζα Ελλάδος. Κλαδική Μελέτη, σελ. 1-31.

Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008) Διατροφή Ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, σελ. 846-859.

Στεργίου Κ.Ι, Καραχλέ Π.Κ, Τσίκληρας Α., Μαμαλάκης Η. (2011) Κραυγή ιχθύος: Ψάρια των ελληνικών θαλασσών Βιολογία – Αλιεία - Διαχείριση. Εκδόσεις Πατάκη, σελ. 58-80.

Ξενόγλωσση

Ali M. Z., K. Jauncey. (2004) Evaluation of mixed feeding schedules with respect to compensatory growth and body composition in African catfish *Clarias gariepinus*. Aquaculture Nutrition, 10: 39-45.

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) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

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

Bauchot M.L., Hureau J.C., Miguel J.C. (1981) Sparidae. In W. Fischer, G. Bianchi and W.B. Scott (eds.) FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic. (Fishing Areas 34, 47 (in part 2). volume 4. [var. pag.] FAO, Rome.

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 (eds.) Check-list of the fishes of the

eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris, Vol. 2.

Bélangier F., Blier P.U., Dutil J.D. (2002) Digestive capacity and compensatory growth in Atlantic cod (*Gadus morrhua*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 26, 121-128.

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.

Black D., Love R. M. (1986) The sequential mobilization and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology*, 156: 469-479.

Chatakondi N.G., Yant R.D. (2001) Application of compensatory growth to enhance production in channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of World Aquaculture Society*, 32: 278-285.

Collins A. L., Anderson T. A. (1995), The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissue of the golden perch. *Journal of Fish Biology*, 47: 1004-1015.

Dave G., Johansson-Sjoberg M. L., Larsson A., Lewander K., Lidman U. (1975) Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel (*Anguilla anguilla* L.) I. Carbohydrate, lipid, protein and inorganic ion metabolism. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 52: 423-433.

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.

- Dobson S.H., Holmes R.M. (1984) Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 25: 649-656.
- van Dijk P.L.M., Staaks G., Hardewig I. (2002) The effect of fasting and refeeding on temperature preference, activity and growth of roach, *Rutilus rutilus*. *Oecologia*, 130: 496-504.
- Eroldoğan O. T., Kumlu M, M. Aktas (2004) Optimum feeding rate for European sea bass *Dicentrarchus labrax* reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, 231 (1-4): 501-515.
- Eroldoğan O.T., Kumlu M., Sezer B. (2006)a Effects of starvation and re-alimentation periods on growth performance and hyperphagic response of *Sparus aurata*. *Aquaculture Research*, 37(5): 535-537.
- 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.
- 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*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(2): 267-274.
- FEAP (2013) European Aquaculture Production Report, P 46-47.
- Foss A., Imslund A.K. (2002) Compensatory growth in the spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen) after a period of limited oxygen supply. *Aquaculture Research*, 33: 1097-1101.
- Harpaz S., Hakim Y., Slosman T., Barki A., Karplus I., Eroldoğan O.T. (2005) Effects of different feeding levels during day and/or night on growth and brush border enzyme activity in juvenile *Lates calcarifer* fish reared in freshwater re-circulating tanks. *Aquaculture*, 248: 325-335.

- 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. *Journal of Fish Biology*, 59: 126-140.
- Hemre G. I., Mommsen T. P., Krogdahl A. (2002) Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, 8: 175–194.
- Hung S.S.O., Conte F.S., Hallen E.K., (1993) Effects of feeding rates on growth, body composition and nutrient metabolism in striped bass (*Morone saxatilis*) fingerlings. *Aquaculture*, 112: 349-361.
- Ince, B. W, Thorpe A. (1976) The effects of starvation and force-feeding on the metabolism of the Northern pike, *Esox lucius* L. *Journal of Fish Biology*, 8: 79-88.
- Jobling M. (1994) *Fish bioenergetics*. Chapman and Hall, London. UK
- 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.
- Krogdahl A., Bakke-McKellep A.M. (2005) Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 141: 450-460

- Larsson A., Lewander K. (1973) Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A*, 44: 367-374.
- Maclean A., Metcalfe N.B. (2001) Social status, access to food and compensatory growth in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 58: 1331-1346.
- McLeese J.M., Moon T.W. (1989) Seasonal changes in the intestinal mucosa for winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum), from Passamaquoddy Bay, New Brunswick. *Journal of Fish Biology*, 35: 381-393.
- Mendez G., Wieser W. (1993) Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei: Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes*, 36: 73-81.
- Miglav I., Jobling M. (1989) Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular reference to compensatory growth. *Journal of Fish Biology*, 34: 947-957.
- Moon T. W., Johnston I. A. (1980) Starvation and the activities of glycolytic and gluconeogenic enzymes in skeletal muscles and liver of the plaice, *Pleuronectes platessa*. *Journal of Comparative Physiology*, B36: 31-38.
- Navarro I., Gutiérrez J. (1995) Fasting and starvation. In: Hochachka, P.W., Mommsen, T.P. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, pp 393-434
- Nicieza A.G. Metcalfe N.B. (1997) Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: Responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78: 2385-2400.

- Ojaveer H., Morries P. C., Davies S. J., Russell P.. (1996) The response of thick-lipped grey mullet, *Chelon labrosus* (Risso). to diets of varied protein to energy ratio. *Aquaculture Research*, 27: 603-612.
- Olivereau M., Olivereau J.M., (1997) Long-term starvation in the European eel: general effects and responses of pituitary growth hormone-(GH) and somatostatin-(SL) secreting cells. *Fish Physiology Biochemistry*, 17: 261-269.
- Ogunji J.O, Wirth M. (1999) Effect of dietary content and sources, on growth, food conversion and body composition of Tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Deutscher Tropentag, Sustainable Technology Development in Animal Agriculture*, Berlin, p 1-8.
- Pérez-Jiménez A., Guedes M. J., Morales A. E., A. Oliva-Teles A. (2007) Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture*, 265: 325-335.
- Power D.M., Melo J., Santos C.R.A, (2000) The effect of food deprivation and refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. *Journal of Fish Biology*, 56: 374-387.
- 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.
- 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.

- Renaud J. M., Moon T. W. (1980) Starvation and the activities of glycolytic and gluconeogenic enzymes in skeletal muscles and liver of the plaice *Pleuronectes platessa*. *Journal of Comparative Physiology*, B36: 31–38.
- Riska B., Atchley W.R., Rutledge J.J. (1984) A genetic-analysis of targeted growth in mice. *Genetics*, 107: 79-101.
- Rueda F.M., Martinez F.J., Zamora S., Kentouri M., Divanach P. (1998) Effects of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture Research*, 29: 447-452
- Sahin T., Akbulut B., Aksungur M. (2000). Compensatory Growth in Sea bass (*Dicentrarchus labrax*), Sea bream (*Sparus aurata*) and Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal Zoology*, 24: 81-86.
- 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.
- Storer J. H. (1967) Starvation and the effects of cortisol in the goldfish (*Carassius auratus* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 20: 939–948.
- 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.

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.

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

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

<http://www.aquamedia.org/Default.asp?SHORTCUT=582> (5/9/2013)

FAO (2005) Aquaculture production, 2003. Year book of Fishery Statistics, Vol.96/2. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy.
http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_greece/en (6/9/2013)

FAO (2012) The state of world fisheries and aquaculture. World review of fisheries and aquaculture, Part 1: 3-100. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy.

FEAP (2013) European Aquaculture Production Report, P 46-47.

ΦΕΚ 2505 Β / 04.11.2011. Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις υδατοκαλλιέργειες και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού, Τεύχος Δεύτερο, σελ. 4

6. ABSTRACT

Many animal organisms have faster growth during the recovery after a period of total or partial starvation than in periods of continuous feeding. The mechanism that tends to restore the growth of the organisms in normal trajectory called «*growth compensation*». The effect of restricted feeding on growth and body composition was studied in juveniles of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. Juveniles 2.55 ± 0.01 g mean weight were stocked into 4 tanks at a density of 65 fish per tank. Two different feeding schedules were tested on duplicates groups of juvenile fish: (1) control fed for 48 days without deprivation, (2) treatment fed for 6 days and then fed for 1 day and starvation for 1 day. The following performance parameters were evaluated: final weight, final length, feed conversion ratio and specific growth rate. The average weight and length was the highest in the control group than treatment groups ($P < 0.05$). The body and red muscle protein content of the treatment group was similar to that of the control. However, the body and red muscle lipid content was higher in the treatment group than the control ($P < 0.05$).

Keywords: growth compensation, juveniles, sea bream, *Sparus aurata*, cycling feeding, re-feeding, body composition.