



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Η επίδραση υψηλών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη  
χημική σύσταση της κιχλιδοζέβρας *Archocentrus nigrofasciatus*»**



**Κιχλιδοζέβρα (*Archocentrus nigrofasciatus*)**

**Αχτόπη Κυριακή**

**Βόλος 2012**

**«Η επίδραση υψηλών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση της κιχλιδοζέβρας *Archocentrus nigrofasciatus*»**

**Τριμελής εξεταστική επιτροπή**

**Καραπαναγιωτίδης Ιωάννης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμός,  
Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών  
Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**,

**Μεντέ Έλενα**, Μόνιμη Επίκουρη Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών  
Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή  
Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**,

**Γκολομάζου Ελένη**, Λέκτορας, Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και  
Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,  
**Μέλος**.

*Στους γονείς μου Κωνσταντίνο, Μαρία  
και στην αδερφή μου Κωνσταντίνα*

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

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 τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους Έλενα Μεντέ και Ελένη Γκολομάζου, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νικόλαο Βλάχο για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά του, όσον αφορά την προμήθεια εργαστηριακού υλικού, καθώς επίσης την κ Στεριανή Ματσιώρη για τη βοήθειά της κατά τη διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προπτυχιακό συμφοιτητή κ. Θεόδωρο Γεροντή για την συνεργασία και προσφορά στην επίτευξη του πειράματος, καθώς και τις κ. Ζωή Σταμπουλή και Θεοδότη Παπαδημητρίου για την στήριξή τους.

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

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διατήρηση διακοσμητικών ψαριών σε ελεγχόμενες συνθήκες δε θεωρείται μόνο ως μια ευχάριστη ενασχόληση για τον άνθρωπο, αλλά και μία παγκόσμια αγορά που παράγει εκατομμύρια δολάρια ετησίως. Παρά τη μακρόχρονη εμπειρία που υπάρχει σήμερα στη διατήρηση των διακοσμητικών ψαριών, οι γνώσεις μας για τις διαιτητικές ανάγκες τους σε θρεπτικά συστατικά παραμένουν περιορισμένες και βασίζονται κυρίως σε συμπεράσματα σχετικών πειραμάτων με εντατικά εκτρεφόμενα ψάρια, τα οποία προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Η μέγιστη ανάπτυξη των περισσότερων ειδών διακοσμητικών ψαριών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα επιτυγχάνεται με ένα επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης της τάξης του 29-50% επί της νωπής ουσίας τροφής. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη ενός από τα δημοφιλέστερα είδη της οικογένειας των κιχλίδων, της κιχλιδοζέβρας (*Archocentrus nigrofasciatus*). Συνολικά 27 ιχθύδια μέσου σωματικού βάρους  $0,58 \pm 0,33$  g και ολικού μήκους  $3,1 \pm 0,6$  cm τοποθετήθηκαν σε ατομικούς διχτυωτούς κλωβούς ( $15 \times 15 \times 15$  cm) που ήταν εμποτισμένοι σε 3 γυάλινα ενυδρεία (125 L/ενυδρείο). Στο κλειστό σύστημα κυκλοφορίας γλυκού νερού η θερμοκρασία ήταν  $28 \pm 0,2^\circ$  C, το pH  $8,15 \pm 0,2$  και το διαλυμένο οξυγόνο διατηρήθηκε  $>6,5$  mg/L. Τα ιχθύδια διαχωρίστηκαν σε τέσσερις διατροφικές ομάδες (9 ιχθύδια/ατομικοί κλωβοί ανά ομάδα) οι οποίες λάμβαναν, δύο φορές καθημερινά και για συνολικό διάστημα 70 ημερών, διαφορετικό σιτηρέσιο σε ποσοστό 4% του ζώντος βάρους τους. Συγκεκριμένα, τα σιτηρέσια καταρτίστηκαν ως ισοενεργειακά (21,0 KJ/g) και διέφεραν ως προς το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης, το οποίο ήταν 35% (P35), 40% (P40) και 45% (P45), αντίστοιχα. Η επιβίωση των ψαριών σε όλες τις διατροφικές ομάδες ήταν 100%. Η αύξηση της

διαιτητικής πρωτεΐνης από 35% σε 45% οδήγησε σε αναλογικές αυξήσεις του σωματικού βάρους (WG, από 272,8 έως 384,9%), του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR, από 1,83 έως 2,20%/ημέρα), και του συντελεστή αποδοτικότητας της τροφής (FE, από 0,54 έως 0,68) και σε αναλογική μείωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR, από 1,95 έως 1,51) στα ιχθύδια της κιχλιδοζέβρας. Ωστόσο, οι παράμετροι SGR και FE ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότεροι ( $P<0,05$ ) μόνο για την ομάδα P45, ενώ ο FCR ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος ( $P<0,05$ ) μόνο για την ομάδα P35. Παράλληλα, η αύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο επηρέασε σημαντικά τη χημική σύσταση του σώματος των ιχθυδίων, με το σιτηρέσιο P45 να αποδίδει στατιστικά σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση πρωτεϊνών και στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση λιπαρών ουσιών στο σώμα της κιχλιδοζέβρας σε σύγκριση με τα σιτηρέσια P35 και P40. Από τα παραπάνω, υποδηλώνεται ότι ένα επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης της τάξης του 45% αποδίδει υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης και αποδοτικότερη αξιοποίηση της τροφής από το *A. nigrofasciatus* για το χρονικό διάστημα των 70 ημερών.

Προκαταρκτικά αποτελέσματα του πειράματος ανακοινώθηκαν στο 34<sup>ο</sup> Επιστημονικό συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Βιολογικών Επιστημών, Τρίκαλα, 2012.

**Λέξεις κλειδιά:** κιχλιδοζέβρα, *Archocentrus nigrofasciatus*, διακοσμητικά ψάρια, διατροφή, πρωτεΐνη

## Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Ρόλος, παραγωγή και εμπορικότητα διακοσμητικών ψαριών.....	1
1.2 Είδη διακοσμητικών ψαριών – Κιχλίδες .....	2
1.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά του <i>Archocentrus nigrofasciatus</i> .....	3
1.4 Διατροφή και θρεπτικές ανάγκες των διακοσμητικών ψαριών.....	6
1.4.1 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα .....	7
1.4.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα .....	9
1.4.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες.....	11
1.4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία.....	12
1.5 Σκοπός της έρευνας .....	14
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	15
2.1 Ιχθύδια .....	15
2.2 Συνθήκες πειράματος .....	15
2.3 Πειραματικά σιτηρέσια .....	19
2.4 Δειγματοληψίες .....	21
2.5 Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής .....	22
2.5.1 Αύξηση σωματικού βάρους.....	22
2.5.2 Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους.....	23
2.5.3 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης .....	23
2.5.4 Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής.....	23



2.5.5	Αποδοτικότητα τροφής.....	24
2.5.6	Καθημερινή πρόσληψη πρωτεϊνών .....	24
2.5.7	Καθημερινή πρόσληψη ενέργειας .....	24
2.5.8	Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης .....	24
2.6	Χημικές αναλύσεις .....	25
2.6.1	Προσδιορισμός ξηρής ουσίας.....	25
2.6.2	Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών (πρωτεϊνών) .....	25
2.6.3	Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	28
2.6.4	Προσδιορισμός τέφρας .....	30
2.7	Προσδιορισμός δεικτών .....	30
2.7.1	Ηπατοσωματικός δείκτης .....	30
2.7.2	Γοναδοσωματικός δείκτης.....	31
2.8	Στατιστική ανάλυση .....	31
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	32
3.1	Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής .....	32
3.1.1	Κατά την έναρξη του πειράματος.....	32
3.1.2	Κατά την 14 <sup>η</sup> ημέρα πειράματος .....	32
3.1.3	Κατά την 27 <sup>η</sup> ημέρα πειράματος .....	36
3.1.4	Κατά την 42 <sup>η</sup> ημέρα πειράματος .....	38
3.1.5	Κατά την 56 <sup>η</sup> ημέρα πειράματος .....	41
3.1.6	Κατά το τέλος του πειράματος .....	44

3.2 Χημική σύσταση σώματος .....	50
3.2.1 Ξηρή ουσία .....	50
3.2.2 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες .....	50
3.2.3 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες.....	51
3.3 Δείκτες.....	52
3.3.1 Ηπατοσωματικός δείκτης .....	52
3.3.2 Γοναδοσωματικός δείκτης.....	53
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	54
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	63
Ελληνική βιβλιογραφία .....	71
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	71

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

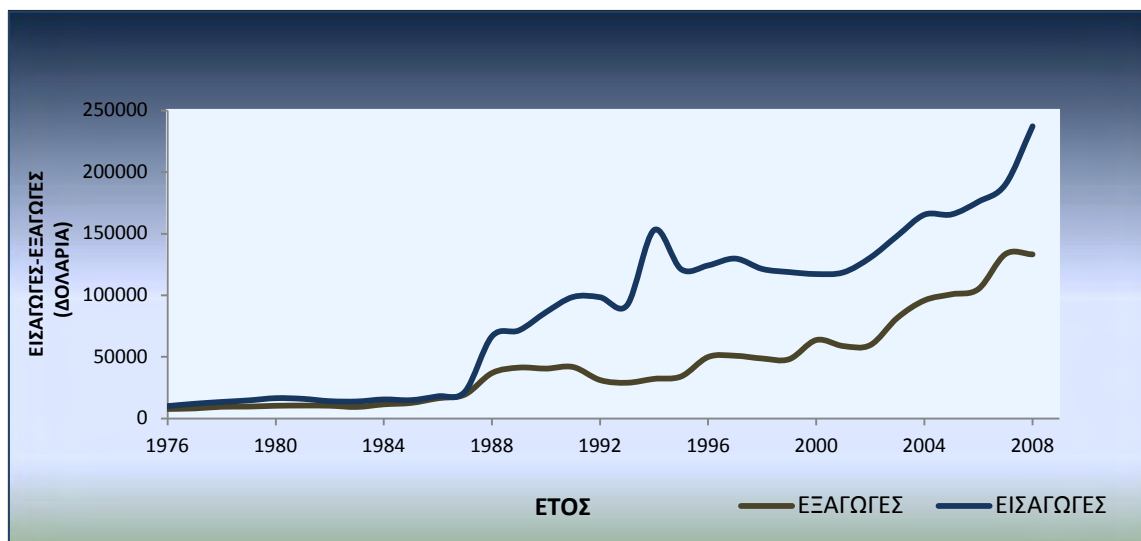
## 1.1 Ρόλος, παραγωγή και εμπορικότητα διακοσμητικών ψαριών

Η διατήρηση διακοσμητικών ψαριών σε έγκλειστους χώρους αποτελεί μία τεχνική με βαθιές ρίζες στην ιστορία, περισσότερο των χιλίων χρόνων (Pelicice & Agostinho 2005). Αρχικός σκοπός ήταν η ψυχαγωγία και η διακόσμηση. Αργότερα όμως, μπροστά στον κίνδυνο απώλειας των φυσικών πόρων του πλανήτη, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε την ενυδρειολογία για τη διατήρηση και αναπαραγωγή διαφόρων ειδών, ιδιαίτερα των υπό εξαφάνιση, για την διατήρηση της βιοποικιλότητας και τον εμπλουτισμό των φυσικών βιοτόπων τους (Tlusty 2002).

Σήμερα, τα διακοσμητικά ψάρια είναι τα πιο δημοφιλή κατοικίδια στον κόσμο και η διατήρηση διακοσμητικών ψαριών αποτελεί τη δεύτερη πιο δημοφιλή ερασιτεχνική ενασχόληση (χόμπι) παγκοσμίως (Lewbart 1998). Η ολοένα αυξανόμενη δημοτικότητά του, οδήγησε στη δημιουργία μιας παγκόσμιας βιομηχανίας εκτροφής και αναπαραγωγής διακοσμητικών ψαριών (Forteath 2001, Sales & Janssens 2003), που εμπορεύεται πάνω από 5500 είδη διακοσμητικών ψαριών και πάνω από 650 είδη κοραλλιών και άλλων θαλάσσιων ασπόνδυλων (Miller-Morgan 2010). Έτσι, η διατήρηση διακοσμητικών ψαριών δεν μπορεί πλέον να θεωρείται απλά ως μία ευχάριστη ενασχόληση, αλλά ένας γρήγορα αναπτυσσόμενος τομέας των υδατοκαλλιεργειών που παράγει εκατομμύρια δολάρια ετησίως (370 εκ.\$) (Pelicice & Agostinho 2005, Zuanon *et al.* 2009, FAO 2010).

Η ουσιαστική παραγωγή διακοσμητικών ψαριών άρχισε λίγο πριν το 1988, καθώς μέχρι το 1985, η αξία του διεθνούς εμπορίου σε εξαγωγές των διακοσμητικών ψαριών αυξανόταν κατά μέσο όρο 14% το χρόνο. Στη συνέχεια, παρατηρείται μια ανοδική πορεία με τις παγκόσμιες εξαγωγές να φτάνουν τη μέγιστη τιμή το έτος 2007

στα 133.395 δολάρια και τις παγκόσμιες εισαγωγές το έτος 2008 στα 237.111 δολάρια (Σχ. 1.1) (FAO 2010).



**Σχήμα 1.1** Παγκόσμια παραγωγή διακοσμητικών ψαριών για τα έτη 1976-2008 (FAO 2010).

Από εκείνη την χρονολογική περίοδο οι χώρες υπό ανάπτυξη υπολογίζεται ότι κατέχουν περίπου τα 2/3 της παγκόσμιας εξαγωγής και το μεγαλύτερο ποσοστό των διακοσμητικών ψαριών διοχετεύεται στην αγορά από τις χώρες της Ασίας (FAO 2011, FAO 2012). Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι κυριότερες κατά σειρά εξαγωγικές και εισαγωγικές χώρες διακοσμητικών ψαριών. Η Σιγκαπούρη κατέχει την πρώτη θέση στην εμπορία διακοσμητικών ψαριών με εξαγωγές που αγγίζουν τα 68.796 δολάρια (FAO 2011, Miller-Morgan 2010).

## 1.2 Είδη διακοσμητικών ψαριών – Κιχλίδες

Σήμερα, η παραγωγή διακοσμητικών ψαριών περιλαμβάνει 4500 είδη γλυκού νερού και 1450 είδη αλμυρού νερού (Wiley-Blackwell 2010). Οι κιχλίδες (Cichlidae) είναι η πιο δημοφιλής ομάδα διακοσμητικών ψαριών και αποτελεί περίπου το 95%

όλων των διακοσμητών ψαριών (Erdogan *et al.* 2012). Πρόκειται για μία ομάδα που περιλαμβάνει 1614 είδη γλυκού νερού (Froese & Pauly 2012) με ιδιαίτερα σχήματα σώματος και ελκυστικούς χρωματισμούς, όπως το αγγελόψαρο (*Pterophyllum scalare*), ο δίσκος (*Symphysodon aequifasciatus*), η τιλάπια (*Oreochromis niloticus*) και η κιχλιδοζέβρα (*Archocentrus nigrofasciatus*) (Gay 2005). Είναι ευρέως διαδεδομένες στη Νότια και Κεντρική Αμερική και στην Αφρική, και μερικά από τα είδη που περιλαμβάνει ζουν σε λίμνες ή χαμηλής ροής νερά της βόρειας Ασίας και ένα είδος νότια της Βόρειας Αμερικής (Mills & Vevers 1982).

**Πίνακας 1.1** Κυριότερες χώρες εξαγωγής και εισαγωγής διακοσμητικών ψαριών (FAO 2010).

Χώρες εξαγωγής	Χώρες εισαγωγής
Σιγκαπούρη	Ιταλία
Ισπανία	Ην. Π. Αμερικής
Μαλαισία	Αγγλία
Τσεχία	Ιαπωνία
Ιαπωνία	Γερμανία
Ταϊλάνδη	Σιγκαπούρη
Ισραήλ	Γαλλία
Ην. Π. Αμερικής	Ολλανδία
Κίνα	Μαλαισία
Σρι Λάνκα	Βέλγιο
	Κίνα
	Καναδάς

### 1.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά του *Archocentrus nigrofasciatus*

Η κιχλιδοζέβρα *A. nigrofasciatus* είναι ένα μικρόσωμο είδος της οικογένειας των κιχλίδων. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι οι 8 – 9 σκούρες κάθετες γραμμές που φέρει πλευρικά (Mills & Vevers 1982). Το σώμα του είναι μέτρια επιμηκυμένο και πλευρικά συμπίεσμένο. Το ραχιαίο πτερύγιο έχει 17 – 19 ακτίνες και στα αρσενικά είναι επιμηκυμένο και αιχμηρό προς το τέλος. Το ουραίο πτερύγιο είναι

στρογγυλεμένο. Στον ουραίο μίσχο και στο βραγχιακό επικάλυμμα φέρει ένα μεγάλο μαύρο στίγμα. Έχει ιδιαίτερους χρωματισμούς στα πτερύγια με το εδρικό, το ραχιαίο και το ουραίο να έχουν πράσινο ιριδίζων χρώμα, ενώ μόνο τα δύο τελευταία κόκκινα άκρα. Τα αρσενικά συνήθως είναι μεγαλύτερα και περιγράφονται με πιο ζωντανά χρώματα από τα θηλυκά (Εικ. 1.1 και 1.2) (Gay 2005, Schmitter-Soto 2007).



**Εικόνα 1.1** Αρσενικό άτομο



**Εικόνα 1.2** Θηλυκό άτομο

Η ταξινόμησή του (Πιν. 1.2), όπως και αρκετών άλλων ειδών κιχλίδων δεν έχει ξεκαθαρίσει ακόμα. Το συγκεκριμένο είδος περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1867 από τον Günther Albert, ο οποίος το κατάταξε στο γένος *Archocentrus* της οικογένειας Cichlidae, προσδίδοντάς του το επιστημονικό όνομα *Archocentrus nigrofasciatus* (Günther 1867). Το 2007, μετά από την παρέμβαση του Juan Schmitter-Soto, το είδος μετακινήθηκε από το γένος *Archocentrus* σε ένα νέο, *Amatitlania* (Schmitter-Soto 2007). Όμως ένα χρόνο αργότερα, ο Oldrich Rican πρότεινε και δεύτερη μετακίνησή του στο γένος *Hypsophrys* (Heijns 2009). Έτσι, σήμερα υπάρχει μία ποικιλία επιστημονικών ονομάτων που χαρακτηρίζουν το είδος, όπως: *Archocentrus nigrofasciatus*, *Ciclasoma nigrofasciatus*, *Cryptoheros nigrofasciatus* και *Heros*

*nigrofasciatus* (Froese & Pauly 2012) και κοινών ονομάτων όπως: convict cichlid (Coad 1995) και zebra cichlid (Rodins *et al.* 1991).

**Πίνακας 1.2** Συστηματική κατάταξη του *A. nigrofasciatus* (Froese & Pauly 2012)

Συστηματική κατάταξη	
Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Chordata
Κλάση	Actinopterygii
Τάξη	Perciformes
Οικογένεια	Cichlidae
Γένος	<i>Archocentrus</i>
Είδος	<i>Archocentrus nigrofasciatus</i>

Το *A. nigrofasciatus* είναι ένα βενθοπελαγικό είδος των γλυκών νερών. Ζει σε τροπικές περιοχές με θερμοκρασία 20 – 36 °C (Bussing 1998), αλλά αναπτύσσεται ιδανικά σε εύρος θερμοκρασιών 25.6 – 26.7 °C, ουδέτερο pH και σκληρότητα νερού (dH) περίπου 8 (Gay 2005). Το είδος είναι ευρέως διαδεδομένο στην Κεντρική Αμερική κατά μήκος του Ειρηνικού από το Rio Sucio και το El Salvador έως το Rio Suchiate και στην Γουατεμάλα κατά μήκος του Ατλαντικού από το Río Patuca, Honduras έως το Río Jutiara, καθώς και στις λίμνες Atitlan και Amatitlan (Εικ. 1.3) (Froese & Pauly 2012). Στο φυσικό του περιβάλλον τρέφεται με προνύμφες, οστρακόδερμα, έντομα, μικρά ψάρια και φυτά (Yamamoto & Tagawa 2000).

Ζει κοντά στον πυθμένα ήρεμων νερών, αλλά και σε ρηχά νερά μεγάλων και ορμητικών ποταμών. Προτιμά πυθμένες με σκληρά υποστρώματα, όπου βρίσκει καταφύγιο σε διάφορα ανοίγματα και ρίζες φυτών (Gonkel 1993). Η ωοαπόθεση γίνεται σε καθαρό σημείο μέσα σε ανοίγματα και τα αυγά φυλάσσονται και από τους δύο γονείς (Gay 2005). Αν και χαρακτηρίζονται από επιθετική συμπεριφορά σε ασυνήθιστο βαθμό (Kim & Grant 2007, Hamilton 2004, Robins *et al.* 1991), ως γεννήτορες είναι

πολύ στοργικοί με το γόνιο και συνεχίζουν να το φροντίζουν έως και 3 – 4 εβδομάδες μετά (Verhoef-Verhallen 2003).



**Εικόνα 1.3** Γεωγραφική κατανομή της κιχλιδοζέβρας ([www.discoverlife.org](http://www.discoverlife.org))

#### **1.4 Διατροφή και θρεπτικές ανάγκες των διακοσμητικών ψαριών**

Οι διατροφικές ανάγκες των ιχθύων, όπως και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, αφορούν στα επίπεδα του ενεργειακού περιεχομένου και των θρεπτικών συστατικών, τα οποία απαιτούνται καθημερινά από τον οργανισμό για την αναπλήρωση της συνεχούς απώλειας δομικών υλικών και την εξασφάλιση της αύξησης του βάρους τους και παραγωγής του γεννητικού τους υλικού (Παπουτσόγλου 2008). Έτσι, οι ιχθύες χρειάζονται πρωτεΐνες και συγκεκριμένα απαραίτητα αμινοξέα, λιπίδια και συγκεκριμένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες για να επιβιώσουν, να αναπτυχθούν, να αυξηθούν, να αναπαραχθούν και να εκτελέσουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού (Erdogan *et al.* 2012). Κατ' αυτόν τον τρόπο, η διαίτα που χορηγείται στα εκτρεφόμενα ψάρια θα πρέπει να είναι επαρκής σε όλα τα θρεπτικά συστατικά, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Μία πιθανή έλλειψη ενός θρεπτικού συστατικού στη διαίτα των εκτρεφόμενων οργανισμών είναι δυνατό να



προκαλέσει άμεσα μείωση της ανάπτυξης, μείωση της αναπαραγωγικής απόδοσης, διάφορες παθολογικές καταστάσεις και πιθανόν το θάνατο (Lall & Lewis-McCrea 2007).

Παρά τη μακρόχρονη εμπειρία που υπάρχει σήμερα στη διατήρηση των διακοσμητικών ψαριών, οι γνώσεις για τις διαιτητικές ανάγκες τους σε θρεπτικά συστατικά παραμένουν περιορισμένες και βασίζονται κυρίως σε συμπεράσματα σχετικών πειραμάτων με εντατικά εκτρεφόμενα ψάρια (Lovell 2000).

#### **1.4.1 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα**

Οι πρωτεΐνες είναι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, που δομούνται από ένα σύνολο 20 αμινοξέων και εξυπηρετούν βασικές λειτουργίες σε όλες σχεδόν τις βιολογικές διεργασίες των ζωντανών οργανισμών (Berg *et al.* 2007). Μέσω των πρωτεϊνών παρέχονται στο ζωικό οργανισμό τα μη απαραίτητα (αμινοξέα που είναι σε θέση να συνθέσει ο οργανισμός), τα απαραίτητα αμινοξέα (αμινοξέα που ο οργανισμός είτε δεν είναι ικανός να συνθέσει, είτε τα συνθέτει αλλά σε μη ικανοποιητικές ποσότητες), καθώς και επαρκές πρωτεϊνικό άζωτο ώστε να καθίσταται ικανή η σύνθεση ορισμένων (Sales & Janssens 2003). Οι σπονδυλωτοί ζωικοί οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων και των ιχθύων, δεν είναι ικανοί να συνθέσουν 10 συγκεκριμένα απαραίτητα αμινοξέα: αργινίνη (arg), ιστιδίνη (his), ισολευκίνη (ile), λευκίνη (leu), λυσίνη (lys), μεθειονίνη (met), φαινυλαλανίνη (phe), θρεονίνη (thr), τρυπτοφάνη (trp) και βαλίνη (val) (Ketola 1982).

Οι Webster & Lim (2002) υποστηρίζουν ότι τα ψάρια δεν έχουν ακριβείς πρωτεϊνικές απαιτήσεις, αλλά χρειάζονται ένα ισορροπημένο μίγμα απαραίτητων και μη απαραίτητων αμινοξέων. Σύμφωνα με τους Elangovan & Shim (1997) το άριστο

επίπεδο πρωτεΐνης εξαρτάται από το είδος, το μέγεθος και το φυσιολογικό στάδιο του ψαριού. Στα διακοσμητικά ψάρια υπό αιχμαλωσία είναι απαραίτητο να τους παρέχεται μέσω της τροφής τους, το ποσοστό πρωτεΐνης με τη μέγιστη αποδοτικότητα, καθώς τα προϊόντα του μεταβολισμού των πρωτεϊνών, και κυρίως η αμμωνία, ρυπαίνουν το περιβάλλον τους (Sales & Janssens 2003). Οι διαιτητικές ανάγκες σε πρωτεΐνες διαφόρων ειδών διακοσμητικών ψαριών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3. Φαίνεται πως οι πρωτεϊνικές ανάγκες των ιχθυδίων αυτών των παμφάγων (*Poecilia. Reticulata*, *Carassius. auratus*, *Barbodes altus*), σαρκοφάγων (*Symphysodon aequifasciata*) και χορτοφάγων (*Ciclasoma synspilum*) διακοσμητικών ψαριών είναι παρόμοιες με τις ανάγκες των ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας που προορίζονται προς βρώση (NRC 1993).

**Πίνακας 1.3** Θρεπτικές απαιτήσεις διαφόρων ειδών διακοσμητικών ψαριών σε πρωτεΐνες.

Επιστημονικό όνομα	Βάρος (g)	Επίπεδο πρωτεΐνης (%)	Ενέργεια (kJ/g)	Πρωτεϊνική πηγή	Βιβλιογραφία
<i>Symphysodon aequifasciata</i>	4.45 – 4.65	44.9 – 50.1	21.65 GE	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Chong <i>et al.</i> 2000
<i>Ciclasoma synspilum</i>	0.28	40.81	1.55 GE	Ιχθυάλευρο	Olvera-Novoa <i>et al.</i> 1996
<i>Pterophyllum scalare</i>	2.33 ± 0.26	26	12.97 DE	Αραβοσιτάλευρο Σογιάλευρο	Zuanon <i>et al.</i> 2009
<i>Oreochromis niloticus</i>	16.56	36	19.00 GE	Αραβοσιτάλευρο Ιχθυάλευρο	Ali <i>et al.</i> 2008
<i>Carassius auratus</i>	0.20	29	11.72 DE	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Lochmann & Phillips 1994
<i>Carassius auratus</i>	0.008	53	20.30 GE	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Fiogde & Kestemont 1995
<i>Poecilia. reticulata</i>	0.10	30 – 40	13.10 ME	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Shim & Chua 1986
<i>Barbodes altus</i>	0.81	41.7	20.38 GE	Καζεΐνη	Elangovan & Shim 1997

Οι Fiogde & Kestemont (1995) έδειξαν ότι οι λάρβες χρυσόψαρου απαιτούν υψηλότερα επίπεδα διαιτητικής πρωτεΐνης (53%) σε σύγκριση με τα νεαρά άτομα του είδους, που σύμφωνα με τους Lochmann & Phillips (1994) για την ανάπτυξή τους απαιτούν ένα ποσοστό πρωτεΐνης μόλις 29% (Πίν. 1.3). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι τα νεαρά ιχθύδια αναπτύσσονται γρηγορότερα απ' ό,τι τα ενήλικα ψάρια.

Επίσης, το συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο και η πρωτεϊνική πηγή της τροφής είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το επίπεδο και τη διαθεσιμότητα της πρωτεΐνης στην τροφή. Σύμφωνα με τους Sealey *et al.* (2009), οι ζωικής προέλευσης τροφές επιφέρουν αποτελεσματικότερη αύξηση του σώματος των εκτρεφόμενων ιχθύων σε σύγκριση με τις φυτικής προέλευσης.

Οι ποσοτικές ανάγκες του *A. nigrofasciatus* σε απαραίτητα αμινοξέα παραμένουν άγνωστες. Ωστόσο, μελέτες πάνω σε άλλα είδη διακοσμητικών ψαριών έχουν δείξει ότι οι διαιτητικές απαιτήσεις τους σε απαραίτητα αμινοξέα είναι αρκετά υψηλότερες από αυτές των εντατικά εκτρεφόμενων ψαριών (Velasco-Santamariá & Corredor-Santamariá 2011). Οι θρεπτικές απαιτήσεις του χρυσόψαρου (*C. auratus*) σε απαραίτητα αμινοξέα κυμαίνονται από 3.4% - 11.8% της διαιτητικής πρωτεΐνης (Fiogbé & Kestemont 1995), της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) από 1.1% - 3.8% της διαιτητικής πρωτεΐνης (Webster & Lim 2002) και της τιλάπιας (*Sarotherodon mosambicus*) από 1.0% - 5.1% της διαιτητικής πρωτεΐνης (Jauncey 1983) (Πίν. 1.4).

#### **1.4.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα**

Τα λιπίδια είναι οι πιο πλούσιες πηγές ενέργειας στη διατροφή των ψαριών και παρέχουν στον οργανισμό τα απαραίτητα λιπαρά οξέα που απαιτούνται για τη φυσιολογική ανάπτυξη και επιβίωσή τους (Cowey 1981, Earle 1995). Τα λιπίδια

πρωτίστως καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες των ιχθύων, είναι δομικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών, αποτελούν πρώτες ύλες για την παραγωγή ορμονών, είναι μεταφορείς λιποδιαλυτών βιταμινών και χρωστικών ουσιών και συμβάλλουν στη γεύση και την υφή των ιχθυοτροφών (NRC 1993).

**Πίνακας 1.4** Θρεπτικές απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα (% της διαιτητικής πρωτεΐνης) του χρυσόψαρου (*C. auratus*) (Fiogdé&Kestemont 1995), της τιλάπιας (*S.mosambicus*) (Jauncey 1983) και της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) (Webster&Lim 2002).

Αμινοξύ	<i>C. auratus</i>	<i>S. mosambicus</i>	<i>O. niloticus</i>
Αργινίνη	7.8	2.8	4.2
Ιστιδίνη	4.1	1.1	1.7
Ισολευκίνη	6.0	2.0	3.1
Λευκίνη	9.1	3.4	3.4
Λυσίνη	11.8	3.8	5.1
Μεθειονίνη	3.4	-	2.7
Φαινυλαλανίνη	5.6	2.5	3.8
Θρεονίνη	6.4	2.9	3.8
Τρυπτοφάνη	-	-	1.0
Βαλίνη	7.0	2.2	2.8

Οι ιχθύες, όπως όλοι οι σπονδυλωτοί ζωικοί οργανισμοί δεν είναι ικανοί να συνθέσουν ενδογενώς τα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, όπως το λινολεϊκό οξύ (18:2ω-6), το λινολενικό οξύ (18:3ω-3), το αραχιδονικό (20:4ω-6), το εικοσαπενταενοϊκό (20:5ω-3) και το δοκοσαεξαενοϊκό οξύ (22:6ω-3) (Dabrowski & Portella 2006).

Τα διάφορα είδη ψαριών έχουν διαφορετικές ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις στα απαραίτητα λιπαρά οξέα. Σύμφωνα με το NRC (1993), τα ψάρια του γλυκού νερού απαιτούν ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μικρής ανθρακικής αλυσίδας (18:2ω-6 και 18:3ω-3), σε σύγκριση με τα ψάρια αλμυρού νερού που έχουν απαιτήσεις στα μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (20:4ω-6, 20:5ω-3 και 22:6ω-3).

Επίσης, η θερμοκρασία του νερού φαίνεται να επηρεάζει τις απαιτήσεις των ειδών σε απαραίτητα λιπαρά οξέα. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι είδη που προτιμούν ψυχρά νερά έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε ω-3 από ότι σε ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, σε σύγκριση με τα είδη που προτιμούν πιο θερμά νερά και έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε ω-6 (Webster & Lim 2002).

Οι ανάγκες του *A. nigrofasciatus* σε λιπίδια και απαραίτητα λιπαρά οξέα παραμένουν άγνωστες. Ωστόσο, μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε κιχλίδες έχουν αποδείξει ότι η καλύτερη ανάπτυξη επιτυγχάνεται με τροφές που περιέχουν επιπλέον συμπλήρωμα 10% λιπιδίων (Chou & Shiau 1996). Επίσης, οι Lochmann & Phillips (2006) υποστηρίζουν ότι για το *Notemigonus crysoleucas*, η καλύτερη ανάπτυξη επιτυγχάνεται όταν το συνολικό περιεχόμενο λιπιδίων στην τροφή είναι 10%, ενώ για το χρυσόψαρο ότι η ανάπτυξή του ελαττώνεται καθώς το συνολικό λιπιδικό περιεχόμενο της τροφής αυξάνεται από 4,5% σε 13,3%. Σχετικά με τις ποσοτικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ιχθύων σε ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, οι γνώσεις μας είναι άγνωστες.

#### **1.4.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες**

Οι υδατάνθρακες αποτελούν τις πιο φτηνές πηγές ενέργειας στη διατροφή των ιχθύων και είναι δομικά συστατικά των ιστών τους. Αν και τα ψάρια δεν έχουν συγκεκριμένες διαιτητικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες, εντούτοις η παρουσία τους στις ιχθυοτροφές είναι επιτακτική καθώς ενισχύουν τον καταβολισμό των πρωτεϊνών και των λιπών (Sales & Janssens 2003).

Το ποσοστό των υδατανθράκων που περιέχεται στην τροφή εξαρτάται από το είδος του ψαριού και την ικανότητα πέψης αυτών. Πιο συγκεκριμένα, τα φυτοφάγα

ψάρια, όπως το χρυσόψαρο, χρησιμοποιώντας τη μικροχλωρίδα του εντέρου τους μπορούν να πέψουν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων από ότι τα σαρκοφάγα (NRC 1993).

Επίσης, η θερμοκρασία φαίνεται να επηρεάζει την πεπτικότητα των υδατανθράκων. Σύμφωνα με τον Wilson (1994), τα ψάρια που διαβιούν σε θερμά και γλυκά νερά απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων σε σύγκριση με τα ψάρια που διαβιούν σε ψυχρά και θαλασσινά νερά ( $\leq 20\%$  της τροφής). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι στα γλυκού και θερμού νερού ψάρια η δράση της αμυλάσης είναι πολύ πιο έντονη σε σχέση με τα αλμυρού και ψυχρού νερού ψάρια.

Δεν υπάρχουν πληροφορίες για το άριστο ποσοστό υδατανθράκων στις τροφές των ψαριών, τη λειτουργία και το μεταβολισμό τους σε πολλά είδη (Shiau 1997). Έτσι, οι ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες του *A. nigrofasciatus*, καθώς και των άλλων διακοσμητικών ψαριών, σε υδατάνθρακες παραμένουν άγνωστες (Valasco-Santamariá & Corredor-Santamariá 2011). Οι Williams (2009) και το NRC (1993) αναφέρουν ότι για τους τελεόστεους ιχθύες και τα τροπικά ψάρια δεν έχει καταγραφεί καμία διαιτητική απαίτηση υδατανθράκων. Ωστόσο, θα πρέπει να δίνεται προσοχή στο επίπεδο των υδατανθράκων που περιέχεται στο σιτηρέσιο των ψαριών, λόγω της πεπτικότητάς τους, η οποία κυμαίνεται από 70% για το *C. auratus* σε 50% για το *Trichopodus microlepis* (Pannevis 1993).

#### **1.4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία**

Οι βιταμίνες και τα ανόργανα στοιχεία είναι δύο κατηγορίες θρεπτικών συστατικών, που περιλαμβάνονται σε μικροποσότητες τις τροφές. Δεν παρέχουν ενέργεια όπως οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και οι υδατάνθρακες, αλλά είναι απαραίτητα

στους οργανισμούς για την επιτέλεση των ζωτικών λειτουργιών τους (NRC 1983, Jauncey 1998). Οι βιταμίνες αποτελούν οργανικές ενώσεις, δρουν ως συνένζυμα για τη μεταφορά πρωτονίων και ηλεκτρονίων στα κυτταρικά συστήματα, έχουν ορμονική δράση και παρέχουν προστασία στις κυτταρικές μεμβράνες (Lovell 1998). Τα ανόργανα στοιχεία αποτελούν δομικά συστατικά των κυττάρων και των ιστών, είναι συστατικά διαφόρων οργανικών ενώσεων και ενζύμων, ελέγχουν το μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών, την ανταλλαγή αερίων και ενέργειας στα διάφορα κυτταρικά συστήματα, είναι ρυθμιστές του οξύ – βασικού ισοζυγίου, της ώσμωσης και του νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος (Watanabe *et al.* 1997).

Αν και τα δύο αυτά θρεπτικά συστατικά απαιτούνται από τους ιχθύες σε μικρές ποσότητες, η ανεπάρκεια ή, σε αντίθετη περίπτωση, η υπερβολική πρόσληψη βιταμινών και ιχνοστοιχείων μπορεί να προκαλέσει ποικίλα παθολογικά προβλήματα (Lovell 1998, Lall 2000).

Η βιταμίνη C, η οποία δε συντίθεται από τα ψάρια (Core 2006), αποτελεί την πιο ευρέως μελετημένη βιταμίνη στα τροπικά ψάρια, και όπως αναφέρεται από τους Fracalossi *et al.* (1998), το ασκορβικό οξύ είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του *Astronotus ocellatus*. Παρόμοιες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έδειξαν ότι το αγγελόψαρο απαιτεί 120 mg ασκορβικού οξέος/kg τροφής (Blom *et al.* 2000), η τιλάπια του Νείλου 420 mg/kg ξηρής τροφής (Dabrowski & Portella 2006), ενώ το *Ciclasoma urophthalmus* 40 mg/kg τροφής (Chávez de Martínez 1990).

Όσον αφορά τις θρεπτικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών σε ανόργανα στοιχεία υπάρχουν λίγες πληροφορίες. Ο φώσφορος αποτελεί το πιο εκτεταμένα μελετημένο ιχνοστοιχείο, λόγω της σημαντικότητάς του στην ανάπτυξη και στις φυσιολογικές λειτουργίες των ιχθύων και το ρόλο του στην επιβάρυνση του

περιβάλλοντος (Hua & Bureau 2010). Επίσης, σύμφωνα με τους Watanabe *et al.* (1997) σημαντικές είναι και οι απαιτήσεις των ψαριών σε σίδηρο (30 – 170 mg/kg ξηρής τροφής), χαλκό (1 – 5 mg/kg ξηρής τροφής), μαγγάνιο (2 – 20 mg/kg ξηρής τροφής), ψευδάργυρο (15 – 40 mg/kg ξηρής τροφής), κοβάλτιο (0,05 – 1 mg/kg ξηρής τροφής), σελήνιο (0,15 – 0,5 mg/kg ξηρής τροφής) και ιώδιο (1 – 4 mg/kg ξηρής τροφής).

### **1.5 Σκοπός της έρευνας**

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση του σώματος της κιχλιδοζέβρας (*Archocentrus nigrofasciatus*). Για το σκοπό αυτό διεξήχθη διατροφικό πείραμα 70 ημερών, όπου το είδος διατράφηκε με τρεις ισοενεργειακές πειραματικές τροφές που διέφεραν ως προς το περιεχόμενο της πρωτεΐνης (35%, 40% και 45% της τροφής).



## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1 Ιχθύδια**

Για τις ανάγκες του διατροφικού πειράματος, το οποίο υλοποιήθηκε από τις 29 Ιανουαρίου έως τις 8 Απριλίου 2012 χρησιμοποιήθηκαν 27 ιχθύδια *Archocentrus nigrofasciatus*, αρσενικού και θηλυκού φύλου. Αυτά προήλθαν από την αναπαραγωγή γεννητόρων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, η οποία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών & Αλιευτικής Διαχείρισης του ΤΕΙ Μεσολογγίου. Μετά από τρεις μήνες, τα ιχθύδια με μέσο βάρος  $0,58 \pm 0,33$  g και μέσο μήκος  $3,1 \pm 0,6$  cm μεταφέρθηκαν στον πειραματικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, τα ιχθύδια ήταν τοποθετημένα μέσα σε ειδική πλαστική σακούλα μεταφοράς ιχθύων, πληρωμένη με γλυκό, οξυγονωμένο και κατάλληλης θερμοκρασίας νερό.

Πριν την έναρξη του διατροφικού πειράματος, ένας αριθμός 46 ιχθυδίων του ίδιου είδους θανατώθηκε με σκοπό να γίνουν αναλύσεις χημικής σύστασης του σώματός τους.

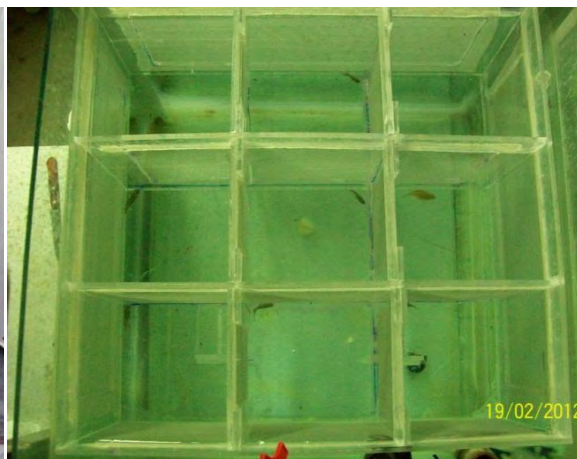
### **2.2 Συνθήκες πειράματος**

Αμέσως μετά την άφιξή τους στον πειραματικό σταθμό, τα ιχθύδια τοποθετήθηκαν σε τρία γυάλινα ενυδρεία κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας νερού και αφέθηκαν να εγκλιματιστούν για τέσσερις ημέρες, καταναλώνοντας εμπορική τροφή για ψάρια ενυδρείου σε νιφάδες (flakes). Την επόμενη ημέρα, αφού αναισθητοποιήθηκαν με αναισθητικό διάλυμα φαινοξυαιθανόλης, ζυγίστηκαν και μορφομετρήθηκαν ατομικά, τοποθετήθηκαν σε ατομικούς διχτυωτούς κλωβούς (15 x 15 x 15 cm), οι οποίοι ποντίστηκαν στα τρία ενυδρεία (Εικ. 2.1 και 2.2).

Για την κατασκευή των ατομικών κλωβών, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα κομμάτια από πλέξιγκλας, συγκεκριμένων διαστάσεων, τα οποία ενώθηκαν μεταξύ τους με ειδική, μη τοξική, σιλικόνη ενυδρείων. Έτσι, δημιουργήθηκαν εννέα ξεχωριστοί χώροι σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου ανά ενυδρείο, με τέσσερις από τις πέντε πλευρές από πλέξιγκλας. Περιμετρικά της κατασκευής, μέρος του πλέξιγκλας αφαιρέθηκε και στο ίδιο σημείο κολλήθηκε με την παραπάνω σιλικόνη, πλαστικό δίχτυ με μικρό άνοιγμα ματιού κατά τέτοιο τρόπο ώστε όλοι οι χώροι να έχουν μόνο την πάνω πλευρά ανοιχτή. Αυτό διευκόλυνε την παροχή τροφής και τον σιφωνισμό της. Η παραπάνω κατασκευή τοποθετήθηκε μέσα σε κάθε γυάλινο ενυδρείο τετράγωνου σχήματος (125L/ενυδρείο) και παρέμενε ποντισμένη στηριζόμενη σε τέσσερα κομμάτια πλέξιγκλας (πόδια), τα οποία ήταν κολλημένα στο κάτω μέρος της κατασκευής. Η πάνω πλευρά των ενυδρείων καλύφθηκε με καπάκι κατάλληλων διαστάσεων από φελιζόλ, ώστε να αποτρέπεται η εξάτμιση του νερού.



**Εικόνα 2.1** Γυάλινα ενυδρεία



**Εικόνα 2.2** Ατομικοί δικτυωτοί κλωβοί

Τα ιχθύδια χωρίστηκαν σε τρεις διατροφικές ομάδες. Εννέα άτομα (ενυδρείο Α) σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 (δηλαδή με πρωτεΐνη 34,57%), εννέα άτομα (ενυδρείο Β)

B) σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 (δηλαδή με πρωτεΐνη 40,07%) και τέλος εννέα άτομα (ενυδρείο Γ) σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45 (δηλαδή με πρωτεΐνη 43,76%). Όλες οι διατροφικές ομάδες λάμβαναν δύο φορές καθημερινά και για συνολικό διάστημα 70 ημερών, διαφορετικό σιτηρέσιο σε ποσοστό 4% του ζώντος βάρους τους.

Για την διεξαγωγή του πειράματος, δημιουργήθηκε ένα κλειστό σύστημα κυκλοφορίας νερού. Με τον όρο κλειστό σύστημα εννοείται το εντατικό σύστημα εκτροφής στο οποίο το νερό επαναχρησιμοποιείται, αφού καθαριστεί, αποβληθεί η περιεχόμενη αμμωνία, οξυγονωθεί, θερμανθεί ή ψυχθεί μέσω μιας σειράς φίλτρων και μηχανικών κατασκευών που παρεμβάλλονται, ανάμεσα στην απορροή και στην εκ νέου εισαγωγή του στις δεξαμενές εκτροφής (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Στον εξοπλισμό του κλειστού συστήματος επανακυκλοφορίας νερού περιλαμβάνονταν:

- \* τρία γυάλινα ενυδρεία χωρητικότητας 125 L,
- \* ένα φίλτρο καθαρισμού νερού,
- \* σύστημα παροχής οξυγόνου,
- \* σύστημα πλαστικών σωλήνων,
- \* αντλία,
- \* ειδικός θερμοστάτης.

Για τον καθαρισμό του νερού χρησιμοποιήθηκε μία σειρά από φίλτρα. Το κατώτερο νερό των τεσσάρων ενυδρείων διοχετευόταν, μέσω πλαστικών σωλήνων, με τη βοήθεια της βαρύτητας στο μηχανικό και έπειτα στο βιολογικό φίλτρο. Στο πρώτο κατά σειρά φίλτρο, το οποίο αποτελούταν από αρκετές στρώσεις σφουγγαριού και υαλοβάμβακα, γινόταν η κατακράτηση των στερεών αποβλήτων του μεταβολισμού και των υπολειμμάτων τροφής των εκτρεφόμενων ιχθύων. Αμέσως μετά, το νερό

εισερχόταν στο βιολογικό φίλτρο, το οποίο αποτελούταν από ειδικές πέτρες με μικροπόρους για την εδραίωση και ανάπτυξη των απονιτροποιητικών βακτηρίων του γένους *Nitrosomonas* και *Nitrobacter*, ώστε να επιτυγχάνεται η μετατροπή του πολύ τοξικού προϊόντος του μεταβολισμού των εκτρεφόμενων ιχθύων, της αμμωνίας, στα πολύ λιγότερο τοξικά νιτρώδη και νιτρικά ιόντα. Στο ίδιο φίλτρο είχε τοποθετηθεί και σύστημα παροχής οξυγόνου για τον εμπλουτισμό του ανακυκλούμενου νερού με διαλυμένο οξυγόνο. Στη συνέχεια, το φιλτραρισμένο νερό με τη βοήθεια αντλίας και ενός συστήματος πλαστικών σωλήνων παρεχόταν με συνεχή ροή στα τρία ενυδρεία. Εκεί, οι θερμοστάτες διατηρούσαν τη θερμοκρασία των ενυδρείων σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Με την παραπάνω διαδικασία το νερό συνεχώς ανανεωνόταν, κατευθυνόμενο από τα ενυδρεία στα φίλτρα και πίσω στα ενυδρεία με αποτέλεσμα να απομακρύνονται από το νερό εκτροφής τα αιωρούμενα οργανικά και ανόργανα στερεά, να αντικαθίστανται οι επιβλαβείς αζωτούχες οργανικές ενώσεις με μη επιβλαβείς νιτρικές, καθώς και να διατηρείται η στάθμη του νερού στα ενυδρεία σταθερή.

Το νερό που χρησιμοποιήθηκε για την εκτροφή προερχόταν από το δίκτυο ύδρευσης της περιοχής, νέες ποσότητες του οποίου (έως 5%) προσθέτονταν σε καθημερινή βάση στο σύστημα εκτροφής για την κάλυψη των απωλειών που οφείλονταν στην εξάτμιση και σε τυχόν διαρροές.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού στο κλειστό σύστημα κυκλοφορίας παρακολουθούνταν σε τακτική βάση και ήταν: θερμοκρασία  $28 \pm 0,2^\circ \text{C}$ , pH  $8,15 \pm 0,2$  και το διαλυμένο οξυγόνο διατηρήθηκε  $> 6,5 \text{ mg/L}$ .

### 2.3 Πειραματικά σιτηρέσια

Για τη διεξαγωγή του πειράματος καταρτίστηκαν τρία ισοενεργειακά σιτηρέσια που διέφεραν ως προς το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης. Ειδικότερα, τα πειραματικά σιτηρέσια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα P35, P40 και P45, τα οποία περιείχαν ολικές πρωτεΐνες σε ποσοστό 34,57%, 40,07%, 43,76% επί του σιτηρεσίου, αντίστοιχα. Επίσης, η ολική ενέργεια των σιτηρεσίων ήταν 21,11 MJ/Kg ξηρής ουσίας. Αναλυτικότερα τα συστατικά και η χημική σύσταση των πειραματικών σιτηρεσίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.

Για τη διαμόρφωση του ποσοστού της πρωτεΐνης ως βασικό συστατικό χρησιμοποιήθηκε το ιχθυάλευρο, διότι θεωρείται εξαιρετική πηγή ζωικών πρωτεϊνών, πλούσια σε απαραίτητα αμινοξέα, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία. Από την άλλη, ως δευτερεύοντα συστατικά, σε μικρότερα ποσοστά, συμμετείχαν το άλευρο σίτου, το άλευρο αραβόσιτου και η γλουτένη αραβόσιτου, εκ των οποίων τα δύο πρώτα λειτούργησαν κυρίως ως ενεργειακές πηγές, ενώ το τελευταίο ως δευτερεύουσα πρωτεϊνική πηγή. Επίσης, ως πηγή ενέργειας και παροχής των απαραίτητων ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων συμπεριλήφθηκε το ιχθυέλαιο.

Η σταδιακή αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης από το σιτηρέσιο P35 στα σιτηρέσια P40 και P45 επιτεύχθηκε με την προοδευτική αύξηση του ποσοστού συμμετοχής ιχθυάλευρου και τη σταδιακή μείωση του ποσοστού συμμετοχής του αλεύρου σίτου.

Κύριο χαρακτηριστικό όλων των σιτηρεσίων ήταν η παρουσία μικρού ποσοστού (4% επί του σιτηρεσίου) *spirulina*. Το συστατικό αυτό φυτικής προέλευσης συμπεριλήφθηκε διότι περιέχει αρκετά υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης και υδατανθράκων, λιπαρά οξέα, μέταλλα, ιχνοστοιχεία και χλωροφύλλη. Επιπροσθέτως, εμπεριέχει

βιταμίνες και καροτενοειδή, τα οποία προσδίδουν τον απαραίτητο εξωτερικό χρωματισμό των εκτρεφόμενων ιχθυδίων και λειτουργούν ως αντιοξειδωτικές ουσίες.

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

	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<i>Συστατικά (%)</i>			
Σιτάρι, άλευρο	46,5	40,0	33,0
Ιχθυάλευρο	34,5	42,5	51,0
Γλουτένη αραβόσιτου	5,0	5,0	5,0
Ιχθυέλαιο	8,0	6,5	5,0
Spirulina	4,0	4,0	4,0
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία (πρόμιγμα)	1,0	1,0	1,0
Φωσφορικό μονοασβέστιο	0,5	0,5	0,5
Συγκολλητική ουσία	0,5	0,5	0,5
<b>Σύνολο</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>Χημική σύσταση (%)</i>			
Ξηρά ουσία	89,68	90,74	90,14
Ολικές αζωτούχες ουσίες	34,57	40,07	43,76
Ολικές λιπαρές ουσίες	11,52	11,60	10,34
Τέφρα	5,69	6,16	7,30
Ινώδεις ουσίες <sup>1</sup>	1,00	0,95	0,90
Υδατάνθρακες <sup>2</sup>	48,22	42,17	38,60
<b>Ενέργεια (MJ/Kg)<sup>3</sup></b>	<b>21,00</b>	<b>21,29</b>	<b>21,05</b>

<sup>1</sup> Οι ινώδεις ουσίες εκτιμήθηκαν βάσει των περιεκτικοτήτων των διαφόρων συστατικών σύμφωνα με γνωστές συγκεντρώσεις (NRC 1993).

<sup>2</sup> Το ποσοστό των υδατανθράκων εκτιμήθηκε με αφαίρεση από το 100 του συνόλου των ποσοστών πρωτεΐνης, λιπιδίων και τέφρας.

<sup>3</sup> Η ολική ενέργεια υπολογίστηκε ως άθροισμα των επιμέρους ολικών ενεργειών που προσφέρει κάθε θρεπτικό συστατικό λαμβάνοντας υπ' όψη τους συντελεστές 5,64, 9,44 και 4,11 για τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τους υδατάνθρακες, αντίστοιχα.

Σε όλα τα πειραματικά σιτηρέσια προστέθηκε πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε ποσοστό 1% επί του σιτηρεσίου, ώστε να διασφαλισθεί η κάλυψη των απαιτήσεων των ιχθυδίων σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ακριβείς απαιτήσεις του είδους σε συγκεκριμένες βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία δεν είναι ακόμα γνωστές και συνεπώς το πρόμιγμα που

συμπεριλήφθηκε στα σιτηρέσια ήταν κοινό εμπορικό πρόμιγμα για σιτηρέσια τσιπούρας και λαυρακιού. Επίσης, προστέθηκε φωσφορικό μονοασβέστιο (monocalcium phosphate, MCP) σε ποσοστό 0,5% επί του σιτηρεσίου, ώστε να διασφαλιστεί η ικανοποίηση των αναγκών των ιχθυδίων σε ασβέστιο και φώσφορο. Η σύσταση των προμιγμάτων βιταμινών και ανόργανων στοιχείων παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.2. Επιπλέον, σε ποσοστό 0,5% επί του σιτηρεσίου, προστέθηκε συγκολλητική ουσία για να προσδώσει συνεκτικότητα του κόκκου της τροφής κατά την πελετοποίηση.

**Πίνακας 2.2** Συστατικά βιταμινών και ανόργανων στοιχείων του προμίγματος.

	Ποσότητα (mg/kg προμίγματος)
<i>Βιταμίνες</i>	
Βιταμίνη E (90% α-τοκοφερόλη)	58.333
Βιταμίνη K3	3.333
Βιταμίνη B1	3.333
Βιταμίνη B2	6.666
Βιταμίνη B6	3.333
Βιταμίνη B12	10
Νικοτινικό οξύ	16.666
Παντοθενικό οξύ	13.333
Φολικό οξύ	3.333
Βιοτίνη	100
Βιταμίνη C (Stay C)	33.333
<i>Ανόργανα στοιχεία</i>	
Μαγγάνιο	10.000
Ψευδάργυρος	33.333
Ιωδιούχο ασβέστιο	400
Σεληνιώδες νάτριο	84
Ανθρακικό ασβέστιο	333
<i>Άλλες ουσίες</i>	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333
Άλευρο για μίξη	416.666

#### 2.4 Δειγματοληψίες

Το διατροφικό πείραμα διήρκησε συνολικά 70 ημέρες. Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ενδιάμεσες δειγματοληψίες μέτρησης βάρους

και μήκους (την 14<sup>η</sup>, 27<sup>η</sup>, 42<sup>η</sup> και 56<sup>η</sup> ημέρα πειράματος) πριν την τελική δειγματοληψία. Κάθε φορά, τα ψάρια αναισθητοποιούνταν με διάλυμα φαινοξυαιθανόλης και στη συνέχεια ζυγίζονταν και μορφομετρούνταν ατομικά με ακρίβεια 0,01 g και 0,1 cm, αντίστοιχα. Την 71<sup>η</sup> ημέρα πειράματος τα ιχθύδια θανατώθηκαν χρησιμοποιώντας υπερβολική δόση αναισθητικού. Για κάθε ιχθύδιο ζυγίστηκε το ολικό σωματικό βάρος, μετρήθηκε το ολικό σωματικό μήκος και πραγματοποιήθηκε τομή της κοιλιακής χώρας. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε το φύλο, ζυγίστηκαν οι γονάδες και το ήπαρ σε ζυγό ακριβείας, μετρήθηκε το μήκος του πεπτικού σωλήνα και καταγράφηκαν διάφορες παρατηρήσεις και εξωτερικά χαρακτηριστικά. Αμέσως μετά την επεξεργασία τους, τα ιχθύδια τοποθετούνταν ατομικά σε αεροστεγή πλαστική σακούλα και προσωρινά σε πάγο. Μέχρι τη χρονική στιγμή των χημικών αναλύσεων, τα σώματα των ιχθυδίων αποθηκεύτηκαν στους -20 °C.

## 2.5 Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής

### 2.5.1 Αύξηση σωματικού βάρους

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, υπολογίστηκε η αύξηση του σωματικού βάρους (weight gain, WG, g), μετά από κάθε δειγματοληψία, συγκρίνοντας το τελικό βάρος του σώματος των ιχθυδίων με το αρχικό και η οποία εκφράζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$WG_{(g)} = W_{t(g)} - W_{a(g)}$$

όπου  $W_t$  : τελικό βάρος

$W_a$  : αρχικό βάρος



### 2.5.2 Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους

Το ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους (WG, %) αντιστοιχεί στην εκατοστιαία αύξηση του ολικού βάρους σώματος και δίνεται από τη σχέση:

$$WG_{(\%)} = [(W_{t(g)} - W_{a(g)}) / W_{a(g)}] * 100$$

όπου  $W_t$  : τελικό βάρος

$W_a$  : αρχικό βάρος

### 2.5.3 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

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

$$SGR_{(\%/ημέρα)} = 100 * (\ln W_2 - \ln W_1) / \text{ημέρες σίτισης}$$

όπου  $\ln W_2$  : ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

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

### 2.5.4 Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (food conversion ratio, FCR) εκφράζει το βαθμό αξιοποίησης της τροφής και ορίζεται ως η ποσότητα της καταναλωθείσας τροφής που μετατράπηκε σε σωματικό βάρος από τους ιχθύες. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής υπολογίζεται ως εξής:

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

### 2.5.5 Αποδοτικότητα τροφής

Ο συντελεστής απόδοσης τροφής (feed efficiency, FE) λειτουργεί ως μέσο για την συσχέτιση της αύξησης του ολικού νεπού βάρους σώματος των ιχθύων με τη θρεπτική αξία της τροφής που καταναλώθηκε. Δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$FE = WG_{(g)} / \text{πρόσληψη τροφής}_{(g)}$$

όπου WG : αύξηση ολικού νεπού βάρους σώματος

### 2.5.6 Καθημερινή πρόσληψη πρωτεϊνών

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (daily protein intake, DPI) εκφράζει το ποσό των ολικών πρωτεϊνών που κατανάωναν τα ιχθύδια, μέσω της χορηγούμενης τροφής σε καθημερινή βάση και υπολογίζεται ως εξής:

$$DPI = \text{καθημερινή πρόσληψη τροφής}_{(g)} * \text{ολικές πρωτεΐνες στην τροφή}_{(\%)}$$

### 2.5.7 Καθημερινή πρόσληψη ενέργειας

Η καθημερινή πρόσληψη ενέργειας (daily energy intake, DEI) εκφράζει το καθημερινό ποσό ολικής ενέργειας, το οποίο χορηγούνταν στα ιχθύδια, μέσω της κατανάλωσης τροφής. Δίνεται από τη σχέση:

$$DEI = \text{καθημερινή πρόσληψη τροφής}_{(g)} * \text{ολική ενέργεια στην τροφή}_{(Kcal)}$$

### 2.5.8 Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (protein efficiency ratio, PER) εκτιμά τη θρεπτική αξία των πρωτεϊνών και πως αυτή συμβάλλει στην αύξηση του σωματικού βάρους των ιχθύων και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{PER} = \text{WG}_{(g)} / \text{πρωτεΐνη που καταναλώθηκε}_{(g)}$$

όπου WG : αύξηση ολικού νωπού βάρους σώματος

## 2.6 Χημικές αναλύσεις

### 2.6.1 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας – υγρασίας των πειραματικών σιτηρεσιών και των σωμάτων των ψαριών πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 2 g δείγματος τροφής ή ιστού σε πυραντήριο (φούρνο) για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105°C (AOAC, 1990). Στη συνέχεια, αφαιρέθηκαν τα δισκία με το ξηρό πλέον δείγμα από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η ξηρή ουσία - υγρασία των τροφών και των ιστών υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} W_{\text{ξηρού δείγματος}} (g) &= W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} (g) - W_{\text{δισκίου}} (g) \\ \text{Υγρασία δείγματος} (g) &= W_{\text{αρχικού δείγματος}} (g) - W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} (g) \\ \text{Υγρασία} (\%) &= [\text{Υγρασία δείγματος} (g) * 100] / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (g) \\ \text{Ξηρά ουσία} (\%) &= [100 - \text{Υγρασία} (\%)] \end{aligned}$$

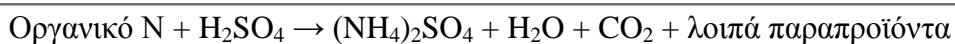
### 2.6.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών (πρωτεϊνών)

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των πρωτεϊνών παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες που οφείλονται αφενός μεν στο χαρακτήρα αυτών των μεγαλομορίων, αφετέρου δε στην αδυναμία πλήρους διαχωρισμού τους. Έτσι, στα σώματα των ιχθύων και στις πειραματικές τροφές, ο προσδιορισμός τους έγκειται στον υπολογισμό του συνολικού πρωτεϊνικού αζώτου κατά τη μέθοδο Kjeldahl. Η μέθοδος στηρίζεται στην ολική μετατροπή των μορφών αζώτου της πρωτεΐνης σε αμμωνιακά άλατα. Βέβαια, αναπόφευκτα συνυπολογίζεται και το άζωτο άλλων αζωτούχων ενώσεων των τροφών,

όπως νουκλεϊκών οξέων, αζωτούχων λιπιδίων και σακχάρων, καθώς και ελεύθερων αμινοξέων (μη πρωτεϊνικό άζωτο).

Αρχικά, ζυγίστηκαν 0,2 g δείγματος σε ζυγό ακριβείας, με τη βοήθεια ενός μικρού κομματιού από αλουμινόχαρτο που τοποθετήθηκε πάνω σε αυτόν και καταγράφηκαν τα βάρη τους. Κατόπιν, τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδικές φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl.

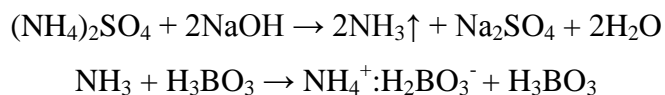
Στη συνέχεια, ακολούθησε η διαδικασία της πέψης των δειγμάτων, η οποία διήρκησε 85 λεπτά. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμαίνονται παρουσία πυκνού θεικού οξέως ( $H_2SO_4$ , παράγοντας οξειδωσης με τον οποίο πέπτεται το δείγμα). Έτσι, πραγματοποιείται η διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθερώνοντας το άζωτο (N) του δείγματος, το οποίο αμέσως μετά δεσμεύεται σε θειικό αμμώνιο ( $(NH_4)_2SO_4$ ), σύμφωνα με την ακόλουθη χημική αντίδραση:



Σε κάθε φιάλη προστέθηκαν 15 ml πυκνού θεικού οξέως και δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (περιείχε 5 g Potassium Sulphate  $K_2SO_4$  και 5 g copper (II) Sulphate  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) για να επιταχύνει την αντίδραση. Κατόπιν, οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης, στη θέση βρασμού, η οποία ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να χωνευτούν στους 150 °C. Με το τέλος της πέψης των δειγμάτων, αυτά αφέθηκαν να κρυώσουν για περίπου 30 λεπτά, αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

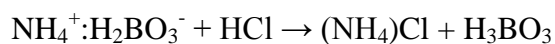
Έπειτα, ακολούθησε η διαδικασία της απόσταξης, διάρκειας 6 λεπτών για κάθε δείγμα, κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και σαν αποτέλεσμα αποδεσμεύεται αμμωνία ( $NH_3$ ) σε αέρια μορφή και θειικό νάτριο

(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Η ελεύθερη αμμωνία, στη συνέχεια, αντιδρά με βορικό οξύ (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) με συνέπεια το άζωτο του δείγματος να δεσμεύεται υπό τη μορφή βορικού αμμωνίου (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>), σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



Για την πραγματοποίηση της απόσταξης, τα δείγματα τοποθετήθηκαν στην ειδική θέση της συσκευής απόσταξης. Ακόμα, στην ειδική θέση της συσκευής για την υποδοχή της αμμωνίας στο διάλυμα του βορικού οξέως τοποθετήθηκε μία κωνική φιάλη των 300 ml, στην οποία είχαν προστεθεί προηγουμένως τέσσερις σταγόνες ενός δείκτη pH (δείκτης ερυθρού του μεθυλενίου). Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν αυτόματα από τη συσκευή, 100 ml αποσταγμένου νερού, 80 ml υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) και 50 ml βορικού οξέος (H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub>) στην κωνική φιάλη. Κατόπιν, τα δείγματα θερμαίνονταν και στο τέλος της διαδικασίας το βορικό αμμώνιο συγκεντρωνόταν στην κωνική φιάλη.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης, κατά την οποία το βορικό αμμώνιο τιτλοδοτείται με υδροχλωρικό οξύ (HCl), όπως παρουσιάζεται στην ακόλουθη χημική αντίδραση:



Για την πραγματοποίηση της τιτλοδότησης, η κωνική φιάλη που περιέχει το βορικό αμμώνιο τοποθετήθηκε σε ειδική βάση περιστροφής, ώστε το διάλυμα να ανακινείται με τη βοήθεια ενός μαγνήτη. Έτσι, στο διάλυμα αυτό προσθέτονταν με αργό ρυθμό καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1N)

υδροχλωρικού οξέως. Η αλλαγή του χρώματος του διαλύματος καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης.

Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτείται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Κατ' αυτό τον τρόπο, η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N%) υπολογίστηκε από την παρακάτω σχέση:

$$N (\%) = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml Blank}) * N_{\delta} \cdot \tau_{\text{οςHCl}} * 0,014007}{\text{Βάρος δείγματος, g}} * 100$$

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

Τέλος, από την παραπάνω σχέση και αποδεχόμενοι ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% N, είναι δυνατό να υπολογιστεί η περιεχόμενη πρωτεΐνη του κάθε δείγματος, σύμφωνα με τον τύπο:

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

### 2.6.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Οι ολικές λιπαρές ουσίες των σωμάτων και των πειραματικών τροφών προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο εκχύλισης ολικών λιπιδίων κατά Soxhlet. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, προζυγισμένη ποσότητα 1 g ξηράς ουσίας δείγματος μεταφέρθηκε σε ειδικό χάρτινο ηθμό, ο οποίος τοποθετήθηκε μέσα σε μία προζυγισμένη γυάλινη φιάλη που περιείχε 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα. Σημειώνεται ότι η γυάλινη φιάλη εμπεριείχε ακόμα 3-4 πέτρες βρασμού, το βάρος των οποίων συνυπολογίστηκε στο καθαρό βάρος της φιάλης (μικτό βάρος). Έπειτα, κάθε φιάλη μεταφέρθηκε σε ειδική συσκευή εκχύλισης και απόσταξης του λίπους, αφού πρώτα κάθε χάρτινο δοχείο ηθμού

σκεπάστηκε με βαμβάκι για την αποφυγή εκτίναξης του δείγματος κατά την διάρκεια του βρασμού που θα ακολουθούσε.

Η διαδικασία εκχύλισης και απόσταξης του λίπους έλαβε χώρα σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο τα δείγματα υπέστησαν βρασμό, αφού θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη για τουλάχιστον 25 λεπτά. Κατά το στάδιο αυτό, εκχυλίστηκε μία σημαντική ποσότητα λίπους. Ωστόσο, τα δείγματα περιείχαν ποσότητα λίπους που ήταν δυνατό να εκχυλιστεί μόνο με βρασμό. Γι' αυτό στο δεύτερο στάδιο, τα δείγματα υπέστησαν συνεχή εκχύλιση για 1½ ώρες. Κατά το στάδιο αυτό, ο πετρελαϊκός αιθέρας διερχόμενος από κάθε ηθμό που περιείχε το δείγμα, εκχύλιζε μία ποσότητα λίπους και κατέληγε στη γυάλινη φιάλη. Εκεί, εξατμιζόταν, υγροποιούταν και επαναδιερχόταν από κάθε ηθμό εκχυλίζοντας εκ νέου μία ποσότητα λίπους. Με τη διαδικασία αυτή, εξασφαλίστηκε η εκχύλιση όλων των λιπαρών ουσιών των δειγμάτων. Κατόπιν, ακολούθησε το τρίτο στάδιο, κατά το οποίο ο οργανικός διαλύτης εξατμίστηκε με αποτέλεσμα οι ολικές λιπαρές ουσίες να παραμείνουν στον πάτο της γυάλινης φιάλης. Μετά το τέλος της εκχύλισης οι φιάλες με τα δείγματα εισήχθησαν σε πυραντήριο στους 75 °C για ½ ώρες, προκειμένου να εξατμιστεί εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που πιθανόν παρέμεινε στο δείγμα. Στη συνέχεια, οι ίδιες φιάλες μεταφέρθηκαν σε αφυγραντήρα για 1 ώρα, ώστε να ψυχθούν. Ακολούθησε επαναζύγιση των φιαλών, που περιείχαν και τις πέτρες βρασμού, αφού πρώτα απομακρύνθηκε ο ηθμός που περιείχε το απολιπασμένο λίπος. Η διαφορά του βάρους μεταξύ της άδειας αρχικά φιάλης και της φιάλης με το λίπος έδωσε την ποσότητα του λίπους στο δείγμα. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια προσδιορίστηκε σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Ολικά λιπίδια (\%)} = [W_t (\text{g}) - W_a (\text{g})] * 100$$

όπου  $W_a$  : αρχικό βάρος φιάλης (βάρος κενής φιάλης + βάρος πετρών βρασμού)

$W_t$  : τελικό βάρος φιάλης (βάρος φιάλης με λίπος + βάρος πετρών βρασμού)

#### 2.6.4 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:

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

όπου  $W_a$  : αρχικό βάρος κενού δισκίου

$W_t$  : τελικό βάρος δισκίου με το αποτεφρωμένο δείγμα

#### 2.7 Προσδιορισμός δεικτών

##### 2.7.1 Ηπατοσωματικός δείκτης

Ο ηπατοσωματικός δείκτης (hepatosomatic index, HSI) εκφράζει την αναλογία του βάρους ήπατος προς το ολικό βάρος σώματος και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{HSI} = 100 * (\text{HW} / \text{TW})$$



όπου HW: βάρος ήπατος (g)

TW: ολικό βάρος σώματος (g)

### 2.7.2 Γοναδοσωματικός δείκτης

Ο γοναδοσωματικός δείκτης (gonadosomatic index, GSI) εκφράζει την αναλογία του βάρους της γονάδας προς το ολικό βάρος σώματος και δίνεται από τον τύπο:

$$GSI = 100 * (GW / TW)$$

όπου GW: βάρος γονάδας (g)

TW: ολικό βάρος σώματος (g)

### 2.8 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών, αξιοποίησης της τροφής και των αναλύσεων της χημικής σύστασης του σώματος επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one – way ANOVA). Οι διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές  $P < 0,05$ . Στις περιπτώσεις όπου η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Zar 1999). Στις περιπτώσεις όπου υπήρξαν μη παρόμοιες παραλλακτικότητες των μέσων όρων των διαφορετικών διατροφικών ομάδων (δηλαδή όταν στο Levene's test:  $P < 0,05$ ), τα δεδομένα τροποποιήθηκαν με διάφορες αριθμητικές μεθόδους (π.χ. λογαρίθμηση, εκθετοποίηση κ.λπ.).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής

##### 3.1.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το μέσο αρχικό βάρος των ψαριών κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος ήταν  $0,68 \pm 0,33$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $0,72 \pm 0,39$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $0,40 \pm 0,15$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των αρχικών βαρών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ). Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.

Το μέσο ολικό αρχικό μήκος των ιχθύων κατά την έναρξη του πειράματος ήταν  $3,3 \pm 0,6$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $3,3 \pm 0,6$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $2,8 \pm 0,4$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των μηκών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ). Το μέσο ολικό μήκος των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1** Μέσο βάρος (g) και μέσο ολικό μήκος (cm) των ιχθύων που διατράφηκαν με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια κατά την έναρξη του πειράματος.

	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<b>Αρχικό βάρος (g)</b>	$0,64 \pm 0,33$	$0,72 \pm 0,39$	$0,40 \pm 0,15$
<b>Αρχικό μήκος (cm)</b>	$3,3 \pm 0,6$	$3,3 \pm 0,6$	$2,8 \pm 0,4$

##### 3.1.2 Κατά την 14<sup>η</sup> ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 14<sup>η</sup> ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.2) ήταν  $0,91 \pm 0,46$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $1,04 \pm$

0,59 g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $0,53 \pm 0,21$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των αρχικών βαρών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Το μέσο ολικό μήκος των ιχθύων την 14<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος (Πιν. 3.2) ήταν  $3,5 \pm 0,7$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $3,6 \pm 0,9$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $2,9 \pm 0,6$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των μηκών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών (Πιν. 3.2) διακυμάνθηκε από 0,05 έως 0,41 g με μέση τιμή  $0,27 \pm 0,19$  g για τη διατροφική ομάδα P35, από 0,10 έως 0,69 g με μέση τιμή  $0,32 \pm 0,20$  g για τη διατροφική ομάδα P40 και από 0,04 έως 0,22 g με μέση τιμή  $0,13 \pm 0,65$  g για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 είχαν σημαντικά υψηλότερη ( $P < 0,05$ ) αύξηση βάρους από τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P35.

Η αύξηση του ολικού μήκους των ψαριών (Πιν. 3.2) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 διακυμάνθηκε από 0 έως 0,9 cm με μέση τιμή  $0,3 \pm 0,3$  cm, για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 διακυμάνθηκε από 0 έως 0,8 cm με μέση τιμή  $0,3 \pm 0,3$  cm και για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 διακυμάνθηκε από 0 έως 0,5 cm με μέση τιμή  $0,2 \pm 0,3$  cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.2) εκτιμήθηκε  $43,22 \pm 27,14$  % για τη διατροφική ομάδα P35,  $43,75 \pm 7,60$  % για τη διατροφική ομάδα P40 και  $32,40 \pm 7,40$  % για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.2) κυμάνθηκε από 1,22 έως 4,86 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,46 \pm 1,25$  %/ημέρα για την ομάδα P35, από 2,10 έως 3,16 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,59 \pm 0,38$  %/ημέρα για την ομάδα P40 και από 1,41 έως 2,55 %/ημέρα με μέση τιμή  $1,99 \pm 0,40$  %/ημέρα για την ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) SGR από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P45. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P > 0,05$ ) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P45.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.2) εκτιμήθηκε  $1,51 \pm 0,72$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35,  $1,17 \pm 0,21$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40 και  $1,75 \pm 0,59$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.2) υπολογίστηκε  $0,87 \pm 0,55$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $0,88 \pm 0,16$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $0,62 \pm 0,18$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.2) ήταν  $0,79 \pm 0,41$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ  $1,02 \pm 0,55$  για τα άτομα

που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $0,66 \pm 0,21$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.2) εκτιμήθηκε  $2,69 \pm 1,68$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $2,37 \pm 0,42$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $1,49 \pm 0,44$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P < 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) PER από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P45. Καμία στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P45.

**Πίνακας 3.2** Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά την 14<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος.

	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<b>Βάρος (g)</b>	$0,91 \pm 0,46$	$1,04 \pm 0,59$	$0,53 \pm 0,21$
<b>Μήκος (cm)</b>	$3,5 \pm 0,7$	$3,6 \pm 0,9$	$2,9 \pm 0,6$
<b>Αύξηση βάρους (g)</b>	$0,27 \pm 0,19^{a,b}$	$0,32 \pm 0,20^b$	$0,13 \pm 0,65^a$
<b>Αύξηση μήκους (cm)</b>	$0,3 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,3$	$0,2 \pm 0,3$
<b>WG (%)</b>	$43,22 \pm 27,14$	$43,75 \pm 7,60$	$32,40 \pm 7,40$
<b>SGR (%/ημέρα)</b>	$2,46 \pm 1,25^a$	$2,59 \pm 0,38^b$	$1,99 \pm 0,40^a$
<b>FCR</b>	$1,51 \pm 0,72$	$1,17 \pm 0,21$	$1,75 \pm 0,59$
<b>FE</b>	$0,87 \pm 0,55$	$0,88 \pm 0,16$	$0,62 \pm 0,18$
<b>DPI</b>	$0,79 \pm 0,41$	$1,02 \pm 0,55$	$0,66 \pm 0,21$
<b>DEI</b>	$1,22 \pm 0,63$	$1,39 \pm 0,42$	$0,80 \pm 0,25$
<b>PER</b>	$2,69 \pm 1,68^a$	$2,37 \pm 0,42^b$	$1,49 \pm 0,44^a$

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

### 3.1.3 Κατά την 27<sup>η</sup> ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 27<sup>η</sup> ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.3) ήταν  $0,91 \pm 0,46$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $1,04 \pm 0,59$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $0,53 \pm 0,21$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των βαρών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Το μέσο ολικό μήκος των ιχθύων (Πιν. 3.2) ήταν  $3,5 \pm 0,7$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $3,6 \pm 0,9$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $2,9 \pm 0,6$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των μηκών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών (Πιν. 3.3) διακυμάνθηκε από 0,11 έως 1,36 g με μέση τιμή  $0,55 \pm 0,40$  g για τη διατροφική ομάδα P35, από 0,24 έως 1,96 g με μέση τιμή  $0,80 \pm 0,56$  g για τη διατροφική ομάδα P40 και από 0,10 έως 0,66 g με μέση τιμή  $0,37 \pm 0,20$  g για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Η αύξηση του ολικού μήκους των ψαριών (Πιν. 3.3) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 διακυμάνθηκε από 0,2 έως 1,4 cm με μέση τιμή  $0,8 \pm 0,4$  cm, για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 διακυμάνθηκε από 0,7 έως 1,6 cm με μέση τιμή  $1,0 \pm 0,3$  cm και για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 διακυμάνθηκε από 0,3 έως 1,0 cm με μέση τιμή  $0,7 \pm 0,3$  cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.3) εκτιμήθηκε  $79,96 \pm 34,88$  % για τη διατροφική ομάδα P35,  $105,80 \pm 22,13$  % για τη διατροφική ομάδα P40 και  $87,06 \pm 20,57$  % για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.3) κυμάνθηκε από 1,44 έως 3,56 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,12 \pm 0,65$  %/ημέρα για την ομάδα P35, από 1,93 έως 3,10 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,65 \pm 0,41$  %/ημέρα για την ομάδα P40 και από 1,65 έως 3,03 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,30 \pm 0,40$  %/ημέρα για την ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.3) εκτιμήθηκε  $1,55 \pm 0,44$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35,  $1,11 \pm 0,24$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40 και  $1,34 \pm 0,31$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) FCR από τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P45.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.3) υπολογίστηκε  $0,70 \pm 0,25$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $0,94 \pm 0,19$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $0,78 \pm 0,19$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.3) ήταν  $0,97 \pm 0,49$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ  $1,27 \pm 0,70$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $0,77 \pm 0,28$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.3) εκτιμήθηκε  $2,17 \pm 0,77$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $2,52 \pm 0,51$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $1,87 \pm 0,45$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.3** Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά την 27<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος.

	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<b>Βάρος (g)</b>	$1,18 \pm 0,69$	$1,52 \pm 0,940$	$0,77 \pm 0,34$
<b>Μήκος (cm)</b>	$3,9 \pm 0,9$	$4,3 \pm 0,8$	$3,4 \pm 0,6$
<b>Αύξηση βάρους (g)</b>	$0,55 \pm 0,40$	$0,80 \pm 0,56$	$0,37 \pm 0,20$
<b>Αύξηση μήκους (cm)</b>	$0,8 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$
<b>WG (%)</b>	$79,96 \pm 34,88$	$105,80 \pm 22,13$	$87,06 \pm 20,57$
<b>SGR (%/ημέρα)</b>	$2,12 \pm 0,65$	$2,65 \pm 0,41$	$2,30 \pm 0,40$
<b>FCR</b>	$1,55 \pm 0,44^a$	$1,11 \pm 0,24^b$	$1,34 \pm 0,31^{a,b}$
<b>FE</b>	$0,70 \pm 0,25$	$0,94 \pm 0,19$	$0,78 \pm 0,19$
<b>DPI</b>	$0,97 \pm 0,49$	$1,27 \pm 0,70$	$0,77 \pm 0,28$
<b>DEI</b>	$1,50 \pm 0,76$	$1,73 \pm 0,96$	$0,93 \pm 0,33$
<b>PER</b>	$2,17 \pm 0,77$	$2,52 \pm 0,51$	$1,87 \pm 0,45$

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

### 3.1.4 Κατά την 42<sup>η</sup> ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 42<sup>η</sup> ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.4) ήταν  $1,56 \pm 0,90$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $2,09 \pm$



1,18 g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $1,12 \pm 0,56$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των βαρών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Το μέσο ολικό μήκος των ιχθύων (Πιν. 3.4) ήταν  $4,1 \pm 0,8$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $4,4 \pm 0,9$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $3,7 \pm 0,7$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των μηκών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών (Πιν. 3.4) διακυμάνθηκε από 0,19 έως 2,15 g με μέση τιμή  $0,93 \pm 0,62$  g για τη διατροφική ομάδα P35, από 0,44 έως 2,78 g με μέση τιμή  $1,37 \pm 0,81$  g για τη διατροφική ομάδα P40 και από 0,22 έως 1,36 g με μέση τιμή  $0,72 \pm 0,41$  g για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Η αύξηση του ολικού μήκους των ψαριών (Πιν. 3.4) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 διακυμάνθηκε από 0,5 έως 1,6 cm με μέση τιμή  $0,9 \pm 0,4$  cm, για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 διακυμάνθηκε από 0,8 έως 1,7 cm με μέση τιμή  $1,2 \pm 0,4$  cm και για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 διακυμάνθηκε από 0,7 έως 1,4 cm με μέση τιμή  $0,9 \pm 0,3$  cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.4) εκτιμήθηκε  $139,58 \pm 49,03$  % για τη διατροφική ομάδα P35,  $189,16 \pm 41,39$  % για τη διατροφική ομάδα P40 και  $169,42 \pm 42,08$  % για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.4) κυμάνθηκε από 1,62 έως 3,01 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,04 \pm 0,44$  %/ημέρα για την ομάδα P35, από 1,95 έως 3,04 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,51 \pm 0,33$  %/ημέρα για την ομάδα P40 και από 1,85 έως 2,87 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,33 \pm 0,36$  %/ημέρα για την ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) SGR από τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P45.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.4) εκτιμήθηκε  $1,60 \pm 0,31$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35,  $1,23 \pm 0,21$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40 και  $1,32 \pm 0,27$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) FCR από τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P45.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.4) υπολογίστηκε  $0,65 \pm 0,14$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $0,83 \pm 0,15$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $0,79 \pm 0,16$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) FCR από τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P45.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.4) ήταν  $1,16 \pm 0,62$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ  $1,61 \pm 0,94$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $0,94 \pm 0,37$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.4) εκτιμήθηκε  $2,00 \pm 0,42$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $2,24 \pm 0,41$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $1,89 \pm 0,40$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.4** Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά την 42<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος.

	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<b>Βάρος (g)</b>	$1,56 \pm 0,90$	$2,09 \pm 1,18$	$1,12 \pm 0,56$
<b>Μήκος (cm)</b>	$4,1 \pm 0,8$	$4,4 \pm 0,9$	$3,7 \pm 0,7$
<b>Αύξηση βάρους (g)</b>	$0,93 \pm 0,62$	$1,37 \pm 0,81$	$0,72 \pm 0,41$
<b>Αύξηση μήκους (cm)</b>	$0,9 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,3$
<b>WG (%)</b>	$139,58 \pm 49,03$	$189,16 \pm 41,39$	$169,42 \pm 42,08$
<b>SGR (%/ημέρα)</b>	$2,04 \pm 0,44^a$	$2,51 \pm 0,33^b$	$2,33 \pm 0,36^{a,b}$
<b>FCR</b>	$1,60 \pm 0,31^a$	$1,23 \pm 0,21^b$	$1,32 \pm 0,27^{a,b}$
<b>FE</b>	$0,65 \pm 0,14^a$	$0,83 \pm 0,15^b$	$0,79 \pm 0,16^{a,b}$
<b>DPI</b>	$1,16 \pm 0,62$	$1,61 \pm 0,94$	$0,94 \pm 0,37$
<b>DEI</b>	$1,80 \pm 0,96$	$2,20 \pm 1,28$	$1,14 \pm 0,45$
<b>PER</b>	$2,00 \pm 0,42$	$2,24 \pm 0,41$	$1,89 \pm 0,40$

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

### 3.1.5 Κατά την 56<sup>η</sup> ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 56<sup>η</sup> ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.5) ήταν  $1,92 \pm 1,03$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $2,50 \pm$

1,46 g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $1,50 \pm 0,82$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των βαρών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Το μέσο ολικό μήκος των ιχθύων (Πιν. 3.5) ήταν  $4,5 \pm 0,8$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35,  $4,9 \pm 1,0$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $4,3 \pm 0,7$  cm για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι μέσοι όροι των μηκών ήταν παρόμοιοι ( $P > 0,05$ ).

Η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών (Πιν. 3.5) διακυμάνθηκε από 0,30 έως 2,50 g με μέση τιμή  $1,28 \pm 0,74$  g για τη διατροφική ομάδα P35, από 0,53 έως 3,57 g με μέση τιμή  $1,79 \pm 1,11$  g για τη διατροφική ομάδα P40 και από 0,35 έως 2,08 g με μέση τιμή  $1,10 \pm 0,68$  g για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Η αύξηση του ολικού μήκους των ψαριών (Πιν. 3.5) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 διακυμάνθηκε από 0,8 έως 1,9 cm με μέση τιμή  $1,2 \pm 0,4$  cm, για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 διακυμάνθηκε από 1,2 έως 2,4 cm με μέση τιμή  $1,7 \pm 0,4$  cm και για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 διακυμάνθηκε από 1,2 έως 2,1 cm με μέση τιμή  $1,5 \pm 0,4$  cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.5) εκτιμήθηκε  $201,59 \pm 53,44$  % για τη διατροφική ομάδα P35,  $245,10 \pm 71,77$  % για τη διατροφική ομάδα P40 και  $253,77 \pm 75,73$  % για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.5) κυμάνθηκε από 1,38 έως 2,46 %/ημέρα με μέση τιμή  $1,95 \pm 0,32$  %/ημέρα για την ομάδα P35, από 1,69 έως 2,91 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,18 \pm 0,34$  %/ημέρα για την ομάδα P40 και από 1,70 έως 2,75 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,22 \pm 0,38$  %/ημέρα για την ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.5) εκτιμήθηκε  $1,77 \pm 0,40$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35,  $1,63 \pm 0,31$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40 και  $1,51 \pm 0,39$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.5) υπολογίστηκε  $0,59 \pm 0,11$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $0,63 \pm 0,14$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $0,70 \pm 0,16$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.5) ήταν  $1,38 \pm 0,76$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ  $1,98 \pm 1,14$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $1,18 \pm 0,51$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.5) εκτιμήθηκε  $1,81 \pm 0,34$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $1,70 \pm 0,38$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $1,67 \pm 0,39$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το

σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.5** Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά την 56<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος.

	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<b>Βάρος (g)</b>	1,92 ± 1,03	2,50 ± 1,46	1,50 ± 0,82
<b>Μήκος (cm)</b>	4,5 ± 0,8	4,9 ± 1,0	4,3 ± 0,7
<b>Αύξηση βάρους (g)</b>	1,28 ± 0,74	1,79 ± 1,11	1,10 ± 0,68
<b>Αύξηση μήκους (cm)</b>	1,2 ± 0,4	1,7 ± 0,4	1,5 ± 0,4
<b>WG (%)</b>	201,59 ± 53,44	245,10 ± 71,77	253,77 ± 75,73
<b>SGR (%/ημέρα)</b>	1,95 ± 0,32	2,18 ± 0,34	2,22 ± 0,38
<b>FCR</b>	1,77 ± 0,40	1,63 ± 0,31	1,51 ± 0,39
<b>FE</b>	0,59 ± 0,11	0,63 ± 0,14	0,70 ± 0,16
<b>DPI</b>	1,38 ± 0,76	1,98 ± 1,14	1,18 ± 0,51
<b>DEI</b>	2,14 ± 1,17	2,71 ± 1,56	1,42 ± 0,62
<b>PER</b>	1,81 ± 0,34	1,70 ± 0,38	1,67 ± 0,39

### 3.1.6 Κατά το τέλος του πειράματος

Το μέσο τελικό βάρος των ατόμων (Πιν. 3.6) που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν  $2,28 \pm 1,08$  g, το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν  $3,11 \pm 1,80$  g και το μέσο τελικό βάρος των ατόμων που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 ήταν  $2,04 \pm 1,11$  g. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των τριών διατροφικών ομάδων για τελικά βάρη.

Το μέσο ολικό τελικό μήκος (Πιν. 3.6) των ατόμων που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν  $4,8 \pm 0,7$  cm, το μέσο ολικό τελικό μήκος των ατόμων που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν  $5,3 \pm 1,1$  cm και το μέσο ολικό τελικό μήκος των ατόμων που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45 ήταν  $4,6 \pm 0,9$  cm. Η στατιστική

επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των τριών διατροφικών ομάδων για τελικά ολικά μήκη.

Η αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών μετά το πέρας του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.6) διακυμάνθηκε από 0,49 έως 3,01 g με μέση τιμή  $1,65 \pm 0,79$  g για τη διατροφική ομάδα P35, από 0,96 έως 5,10 g με μέση τιμή  $2,39 \pm 1,48$  g για τη διατροφική ομάδα P40 και από 0,53 έως 3,16 g με μέση τιμή  $1,64 \pm 0,97$  g για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Η αύξηση του ολικού μήκους των ψαριών μετά από 70 ημέρες πειράματος (Πιν. 3.6) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 διακυμάνθηκε από 1,2 έως 1,9 cm με μέση τιμή  $1,5 \pm 0,3$  cm, για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 διακυμάνθηκε από 1,5 έως 3,1 cm με μέση τιμή  $2,0 \pm 0,6$  cm και για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 διακυμάνθηκε από 1,3 έως 2,6 cm με μέση τιμή  $1,9 \pm 0,5$  cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) μετά το τέλος του πειράματος (Πιν. 3.6) υπολογίστηκε  $273,83 \pm 70,93$  % για τη διατροφική ομάδα P35,  $335,23 \pm 111,16$  % για τη διατροφική ομάδα P40 και  $384,94 \pm 103,63$  % για τη διατροφική ομάδα P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) μετά το πέρας του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.6) κυμάνθηκε από 1,30 έως 2,22 %/ημέρα με μέση τιμή  $1,83 \pm 0,27$  %/ημέρα για την ομάδα P35, από 1,55 έως 2,71 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,03 \pm 0,33$  %/ημέρα για την ομάδα P40 και από 1,82 έως 2,62 %/ημέρα με μέση τιμή  $2,20 \pm 0,30$  %/ημέρα για

την ομάδα P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) SGR από τα άτομα που διατρέφθηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P40.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.6) εκτιμήθηκε  $1,95 \pm 0,45$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35,  $1,81 \pm 0,36$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40 και  $1,51 \pm 0,28$  για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 είχαν σημαντικά υψηλότερο ( $P < 0,05$ ) FCR από τα άτομα που διατρέφθηκαν με το σιτηρέσιο P45, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P40.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.6) υπολογίστηκε  $0,54 \pm 0,18$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $0,57 \pm 0,12$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $0,68 \pm 0,12$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ( $P < 0,05$ ) FE από τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45, ενώ καμία από τις ομάδες αυτές δεν έδειξε σημαντική στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) από την διατροφική ομάδα P40.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.6) μετά από 70 ημέρες ήταν  $1,63 \pm 0,88$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35, ενώ  $2,38 \pm 1,36$  για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και  $1,47 \pm 0,70$  για τα άτομα



που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

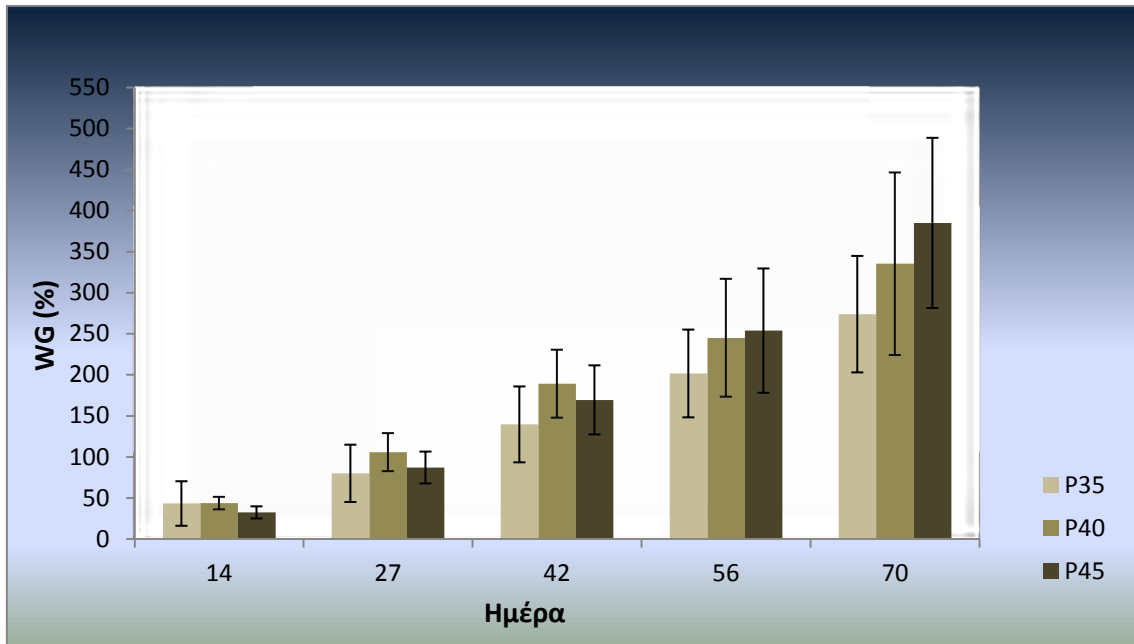
Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν 3.6) μετά το τέλος του πειράματος εκτιμήθηκε  $1,65 \pm 0,36$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35,  $1,53 \pm 0,32$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 και  $1,64 \pm 0,28$  για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.6** Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά το πέρας (70<sup>η</sup> ημέρα) του πειράματος.

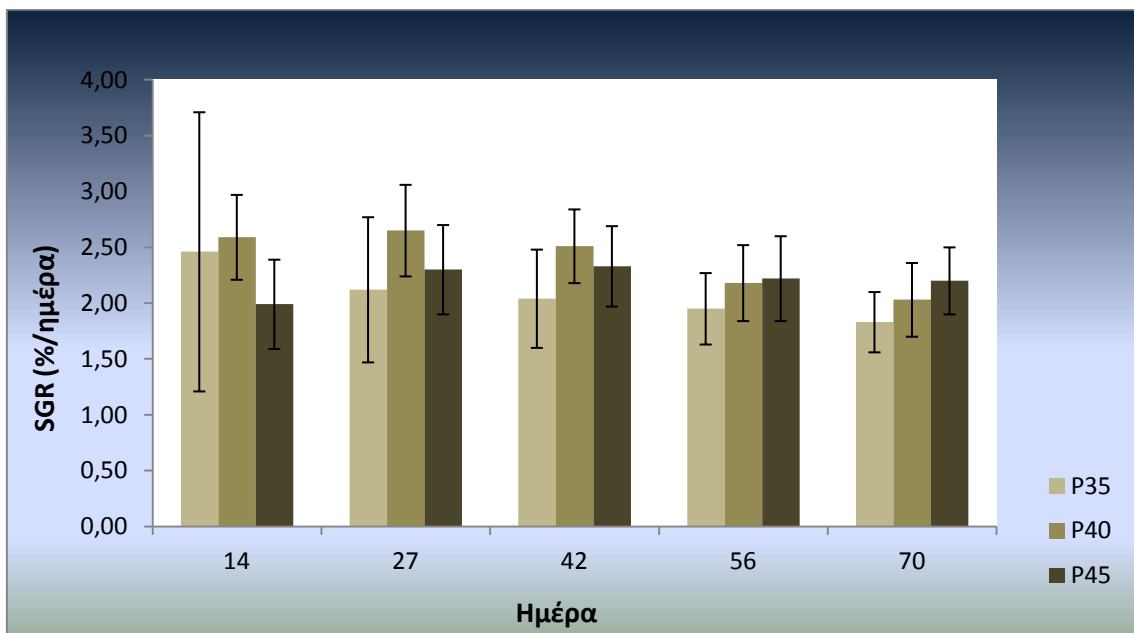
	<b>P35</b>	<b>P40</b>	<b>P45</b>
<b>Τελικό βάρος (g)</b>	$2,28 \pm 1,08$	$3,11 \pm 1,80$	$2,04 \pm 1,11$
<b>Τελικό μήκος (cm)</b>	$4,8 \pm 0,7$	$5,3 \pm 1,1$	$4,6 \pm 0,9$
<b>Αύξηση βάρους (g)</b>	$1,65 \pm 0,79$	$2,39 \pm 1,48$	$1,64 \pm 0,97$
<b>Αύξηση μήκους (cm)</b>	$1,5 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,6$	$1,9 \pm 0,5$
<b>WG (%)</b>	$273,83 \pm 70,93$	$335,23 \pm 111,16$	$384,94 \pm 103,63$
<b>SGR (%/ημέρα)</b>	$1,83 \pm 0,27^a$	$2,03 \pm 0,33^{a,b}$	$2,20 \pm 0,30^b$
<b>FCR</b>	$1,95 \pm 0,45^a$	$1,81 \pm 0,36^{a,b}$	$1,51 \pm 0,28^b$
<b>FE</b>	$0,54 \pm 0,12^a$	$0,57 \pm 0,12^{a,b}$	$0,68 \pm 0,12^b$
<b>DPI</b>	$1,63 \pm 0,88$	$2,38 \pm 1,36$	$1,47 \pm 0,70$
<b>DEI</b>	$2,52 \pm 1,36$	$3,24 \pm 1,86$	$1,77 \pm 0,85$
<b>PER</b>	$1,65 \pm 0,36$	$1,53 \pm 0,32$	$1,64 \pm 0,28$

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

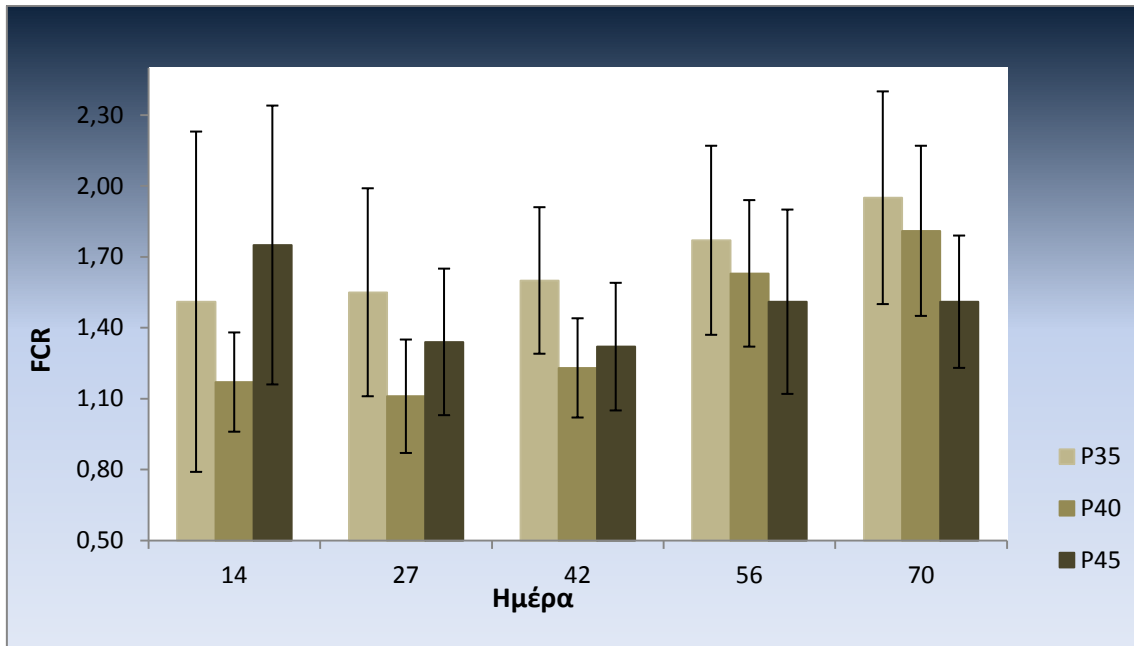
Επιπλέον το Σχήμα 3.1 συγκρίνει την ποσοστιαία αύξηση του βάρους (WG, %) ανά δειγματοληψία, το Σχήμα 3.2 τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (%/ημέρα), το Σχήμα 3.3 τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και το Σχήμα 3.4 το συντελεστή απόδοσης τροφής (FE) ανά δειγματοληψία για το συνολικό διάστημα των 70 ημερών.



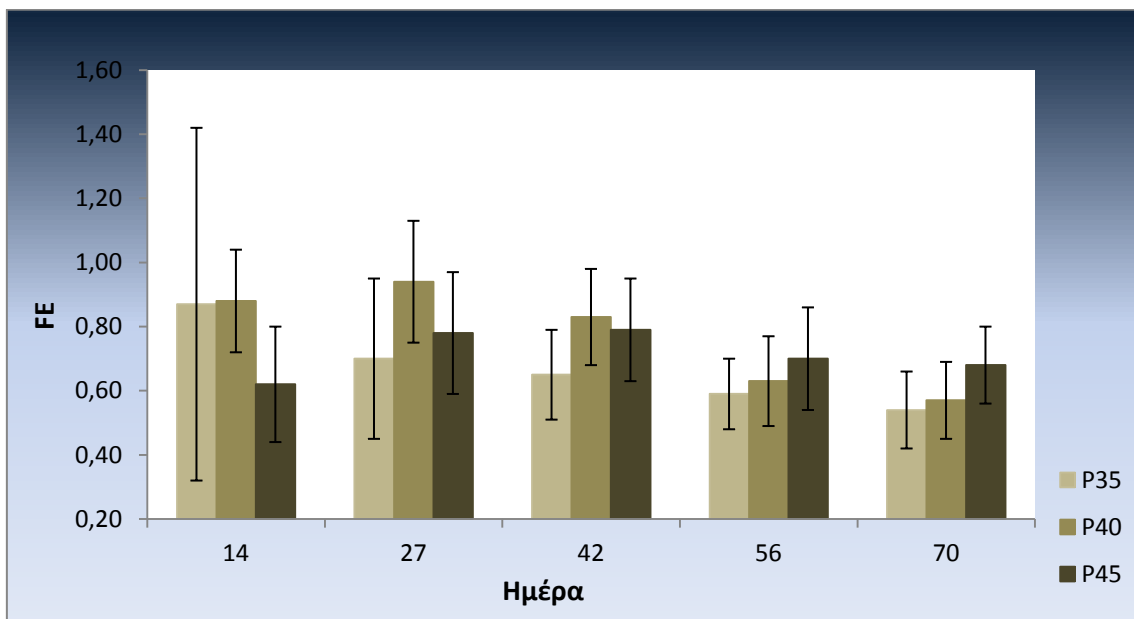
**Σχήμα 3.1** Διακύμανση της ποσοστιαίας αύξησης του βάρους (WG, %) ανά δειγματοληψία για το διάστημα των 70 ημερών.



**Σχήμα 3.2** Διακύμανση του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR, %/ημέρα) ανά δειγματοληψία για το διάστημα των 70 ημερών.



**Σχήμα 3.3** Διακύμανση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) ανά δειγματοληψία για το διάστημα των 70 ημερών.



**Σχήμα 3.4** Διακύμανση του συντελεστή απόδοσης τροφής (FE) ανά δειγματοληψία για το συνολικό διάστημα των 70 ημερών

## 3.2 Χημική σύσταση σώματος

### 3.2.1 Ξηρή ουσία

Η περιεκτικότητα του σώματος των ιχθυδίων σε ξηρή ουσία (%) στην αρχή και στο τέλος του διατροφικού πειράματος ήταν  $25,89 \pm 2,18\%$  (Πίν. 3.7). Για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35 η περιεκτικότητα του σώματός τους σε ξηρή ουσία ήταν κατά μέσο όρο  $33,72 \pm 3,46\%$ , για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40 ήταν  $31,90 \pm 2,32\%$  και για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45 ήταν  $31,12 \pm 2,04\%$ . Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία του σώματος των ιχθυδίων που προέκυψε και από τις τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ( $P < 0,05$ ) από την περιεκτικότητα του σώματος του αρχικού πληθυσμού. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δε βρέθηκε ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

### 3.2.2 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες

Στον Πίνακα 3.7 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες του σώματος των ιχθυδίων στο τέλος του διατροφικού πειράματος. Στα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 βρέθηκε ότι το μέσο πρωτεϊνικό περιεχόμενο στο σώμα τους ήταν  $57,40 \pm 1,72\%$ , ενώ στα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 ο μέσος όρος των πρωτεϊνών ήταν  $58,38 \pm 1,52\%$ . Στα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ουσιών ήταν  $59,80 \pm 1,57\%$ , ενώ η αντίστοιχη τιμή στα άτομα του αρχικού πληθυσμού ήταν  $52,60 \pm 1,21\%$ . Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της ξηρής ουσίας του σώματος των ιχθυδίων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα ιχθύδια του αρχικού πληθυσμού είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη ( $P < 0,05$ ) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε σύγκριση

με τα ιχθύδια που σιτίστηκαν με τα πειραματικά σιτηρέσια. Επίσης, στατιστικές διαφορές ( $P < 0,05$ ) βρέθηκαν και μεταξύ των σιτηρεσίων P35 και P45, με το τελευταίο να προσδίδει στατιστικά σημαντικά περισσότερη πρωτεΐνη στο σώμα των σχετιζόμενων ιχθυδίων. Η διατροφική ομάδα P40 παρουσίασε παρόμοια περιεκτικότητα σωματικής πρωτεΐνης με τις ομάδες P34 και P43.

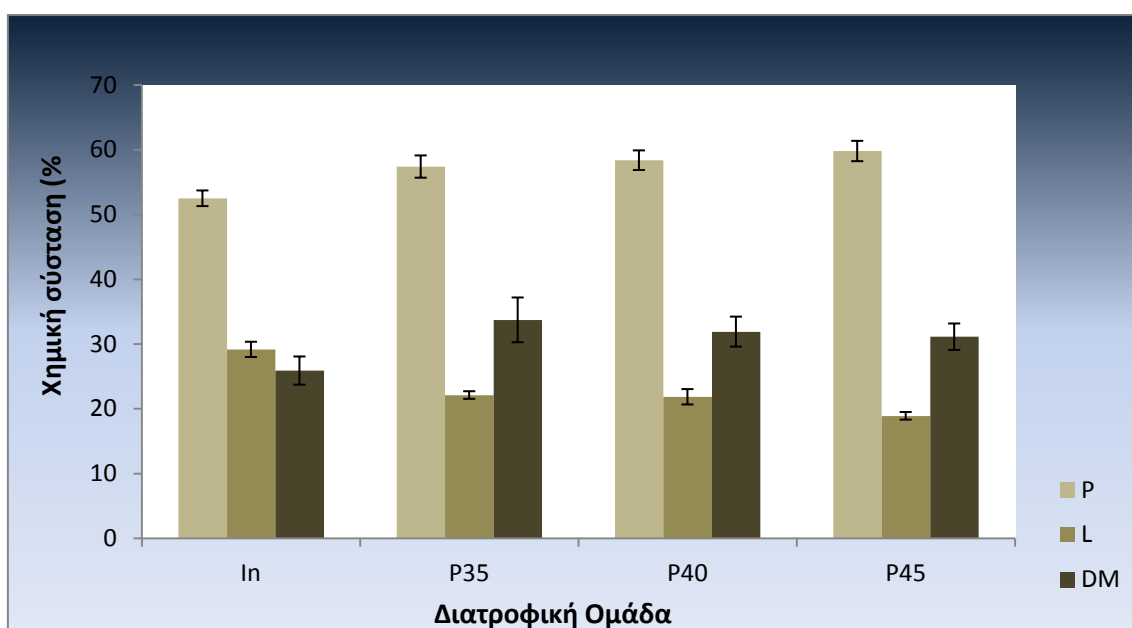
### 3.2.3 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες

Η περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες του σώματος των ιχθυδίων εκτιμήθηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.7 και Σχ. 3.5). Στην ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P35 η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια ήταν  $22,11 \pm 0,59$  %, για την ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P40 ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων ήταν  $21,84 \pm 1,19$  %, στην ομάδα που διατράφηκε με το σιτηρέσιο P45 η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια ήταν  $18,90 \pm 0,59$  %, ενώ, στον αρχικό πληθυσμό η αντίστοιχη τιμή ήταν  $29,16 \pm 1,18$  %. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της ξηρής ουσίας του σώματος των ιχθυδίων. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι τα ιχθύδια του αρχικού πληθυσμού είχαν σημαντικά περισσότερη ( $P < 0,05$ ) περιεκτικότητα ολικών λιπαρών ουσιών στο σώμα τους σε σύγκριση με τα ιχθύδια που διατράφηκαν με τα τρία πειραματικά σιτηρέσια. Σημαντικές διαφορές ( $P < 0,05$ ) εντοπίστηκαν και μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Πιο συγκεκριμένα, τα ιχθύδια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45 είχαν στατιστικά σημαντικά λιγότερη περιεκτικότητα λίπους στο σώμα τους από τα ιχθύδια που διατράφηκαν στατιστικά με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστική διαφορά ( $P > 0,05$ ) στο ποσοστό των ολικών λιπαρών ουσιών δεν βρέθηκε μεταξύ των ιχθυδίων που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40.

**Πίνακας 3.7** Χημική σύσταση σώματος αρχικού και τελικού πληθυσμού ανά διατροφική μεταχείριση.

Χημική σύσταση (%)	Αρχικός πληθυσμός	P35	P40	P45
Ξηρή ουσία	25,89 ± 2,18 <sup>a</sup>	33,72 ± 3,46 <sup>b</sup>	31,90 ± 2,32 <sup>b</sup>	31,12 ± 2,04 <sup>b</sup>
Πρωτεΐνη	52,60 ± 1,21 <sup>a</sup>	57,40 ± 1,72 <sup>b</sup>	58,38 ± 1,52 <sup>b,c</sup>	59,80 ± 1,57 <sup>c</sup>
Λίπος	29,16 ± 1,18 <sup>a</sup>	22,11 ± 0,59 <sup>b</sup>	21,84 ± 1,19 <sup>b</sup>	18,90 ± 0,59 <sup>c</sup>

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



**Σχήμα 3.5** Χημική σύσταση του σώματος αρχικού και τελικού πληθυσμού ανά διατροφική μεταχείριση.

### 3.3 Δείκτες

#### 3.3.1 Ηπατοσωματικός δείκτης

Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI) υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων (Πιν. 3.8). Στην ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P35 ο ηπατοσωματικός δείκτης κυμάνθηκε από 1,33 έως 23,34 με μέση τιμή  $5,13 \pm 7,41$ . Για την διατροφική ομάδα P40 ο ίδιος δείκτης κυμάνθηκε από 1,05 έως 3,66 με μέση τιμή  $2,54 \pm 0,81$ , ενώ για την ομάδα P45 από 1,49 έως 2,59 με μέση τιμή

1,82 ± 0,34. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

### 3.3.2 Γοναδοσωματικός δείκτης

Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζεται ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI), όπως αυτός υπολογίστηκε μετά από 70 ημέρες διατροφικής μεταχείρισης. Στα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο που περιείχε 35% πρωτεΐνη, βρέθηκε ότι ο δείκτης πήρε τιμές από 0,93 έως 12,14 με μέση τιμή  $3,48 \pm 4,19$ . Για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 ο δείκτης κυμάνθηκε από 0,76 έως 7,78 με μέση τιμή  $3,03 \pm 2,74$ , ενώ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P45 ο ίδιος δείκτης πήρε τιμές από 0,73 έως 9,83 και μέση τιμή  $2,43 \pm 2,98$ . Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.7** Χημική σύσταση σώματος αρχικού (N=46) και τελικού πληθυσμού (N=26) ανά διατροφική μεταχείριση.

Δείκτες	P35	P40	P45
HSI	5,13 ± 7,41	2,54 ± 0,81	1,82 ± 0,34
GSI	3,48 ± 4,19	3,03 ± 2,74	2,43 ± 2,98

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρά τη μακρόχρονη εμπειρία που υπάρχει σήμερα στη διατήρηση των διακοσμητικών ψαριών, οι γνώσεις μας για τις διαιτητικές τους ανάγκες παραμένουν περιορισμένες και βασίζονται κυρίως σε συμπεράσματα σχετικών πειραμάτων με εμπορικά διακοσμητικά ψάρια και με εντατικά εκτρεφόμενα ψάρια που προορίζονται για βρώση. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν λιγοστές μελέτες διατροφικών πειραμάτων με τα είδη της οικογένειας Cichlidae. Περιορισμένες μελέτες υπάρχουν για τα είδη *Cichlasoma synspilum*, *Pterophyllum scalare*, *Symphysodon aequifasciata* και *Oreochromis niloticus*, ενώ για την κιχλιδοζέβρα (*A. nigrofasciatus*) οι επιστημονικές γνώσεις είναι μηδαμινές και σχετίζονται με την επιθετική συμπεριφορά της (Arnott & Elwood 2009, Noel *et al.* 2005, Grant *et al.* 2002, Grand & Grant 1994). Έτσι το παρόν πείραμα αποτελεί τη μοναδική μελέτη που έχει βρεθεί σχετικά με τη διατροφή και τις θρεπτικές απαιτήσεις της κιχλιδοζέβρας (*A. nigrofasciatus*) και οδήγησε σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος, το μέσο βάρος και το μέσο μήκος των ιχθύων των τριών πειραματικών ομάδων ήταν παρόμοιο, με μέση τιμή  $0,59 \pm 0,17$  g και  $3,1 \pm 0,3$  cm αντίστοιχα. Μετά από 70 ημέρες διατροφής με τα πειραματικά σιτηρέσια τα ψάρια όλων των διατροφικών ομάδων αύξησαν το βάρος του σώματός του από 150,84% έως 584,29% και το μήκος από 26,3% έως 86,1%. Έτσι, φαίνεται ότι η ανάπτυξη των ιχθυδίων ήταν καλή ανεξαρτήτως διατροφικής μεταχείρισης.

Η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από 35% σε 40% και 45% επέφερε αναλογικές αυξήσεις στην ποσοστιαία αύξηση του βάρους (WG, %) των ψαριών, αν και η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι οι παραπάνω διαφορές δεν



ήταν σημαντικές. Άρα η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης από 35% σε 40% ή 45% στο σιτηρέσιο δεν επηρέασε σημαντικά την ποσοστιαία αύξηση του βάρους των ιχθυδίων. Αντίθετα, οι Royes *et al.* (2005) ερευνώντας το βέλτιστο επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης για την ανάπτυξη του *Pseudotropheus socolofi*, βρήκαν ότι η ποσοστιαία αύξηση του βάρους του αυξήθηκε σημαντικά, καθώς το επίπεδο της πρωτεΐνης στην τροφή αυξανόταν από 32,5% σε 42,5%. Επίσης, οι Chong *et al.* (2000) παρατήρησαν ότι η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης επέφερε αναλογικές αυξήσεις στην ποσοστιαία αύξηση του βάρους για τα είδη του γένους *Symphysodon* spp και διαπίστωσαν ότι σημαντικά μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου επιτεύχθηκε όταν το ποσοστό της πρωτεΐνης στη δίαιτα ήταν της τάξης του 45%.

Η αναλογική αύξηση του βάρους με την αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης αντικατοπτρίστηκε και στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR, %/ημέρα) που ήταν σημαντικά υψηλότερος στην ομάδα P45 από ότι στην ομάδα P35. Συνεπώς, η αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης από 35% σε 40% και 45% στο σιτηρέσιο επέφερε σημαντική αύξηση στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης. Μεταβολικά αυτό σημαίνει ότι το είδος αξιοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις πρωτεΐνες και τα αμινοξέα της τροφής για σωματική ανάπτυξη. Δυστυχώς στο πείραμα δεν εξετάστηκαν μεγαλύτερα ποσά διαιτητικής πρωτεΐνης, ώστε να αποφανθεί ποιο ποσοστό δίνει τη μέγιστη ανάπτυξη. Η τάση αυτή της αύξησης του SGR με την αύξηση του διαιτητικού επιπέδου δεν ήταν εμφανής κατά τη χρονική διάρκεια του πειράματος. Συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται ότι έως τη 42<sup>η</sup> ημέρα πειράματος ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης ήταν μεγαλύτερος, αν και όχι στατιστικά σημαντικός, στη διατροφική ομάδα P40, ενώ στην τετάρτη και στην τελευταία δειγματοληψία η ίδια παράμετρος ήταν μεγαλύτερη, αλλά και πάλι όχι στατιστικά σημαντική, στη διατροφική ομάδα P45.

Συνεπώς, η αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης από 35% σε 40% και 45% στο σιτηρέσιο επέφερε σημαντική αύξηση στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης. Φαίνεται τελικά πως η ομάδα P45 διατήρησε υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης προς το τέλος του πειράματος συγκριτικά με τις άλλες δύο διατροφικές μεταχειρίσεις των οποίων ο ρυθμός ανάπτυξης, αν και υψηλός τις πρώτες ημέρες, κατόπιν έφθινε περισσότερο από ότι στην ομάδα P45. Παρόμοια αποτελέσματα αύξησης του SGR με την αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης βρέθηκαν και από τους Martínez-Palacio *et al.* (1996) που μελέτησαν την ανάπτυξη του *Cichlasoma urophthalmus*. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το είδος είναι σε θέση να αξιοποιεί τις πρωτεΐνες και τα αμινοξέα της τροφής για σωματική αύξηση, καθώς ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης παρουσίασε σημαντική αύξηση με την αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης στη δίαιτά του, λαμβάνοντας την μέγιστη τιμή στην δίαιτα που περιείχε 50% διαιτητική πρωτεΐνη. Επίσης, οι Chong *et al.* (2000) ερευνώντας τις θρεπτικές απαιτήσεις των ειδών του γένους *Symphysodon* spp, παρατήρησαν την αναλογική αύξηση του συντελεστή, καθώς το επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης αυξανόταν από 35% σε 55%.

Επίσης, στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από 35% σε 40% και 45% επέφερε αναλογική μείωση στο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR). Τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο που περιείχε το χαμηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης (P35) παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής σε σύγκριση με τις άλλες δύο διατροφικές ομάδες (P40 και P45). Η στατιστική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων για αυτή την παράμετρο αξιοποίησης της τροφής ήταν εμφανής στην τέταρτη δειγματοληψία, αν και από την αρχή σχεδόν του πειράματος υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση της ομάδας P35. Άρα, η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης

από το 35% ή 40% σε 45%, παράλληλα με τη βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης, οδήγησε και σε καλύτερη αξιοποίηση της τροφής. Παρόμοια τάση μείωσης του FCR με την αύξηση του επιπέδου της διαιτητικής πρωτεΐνης παρατηρήθηκε και από τους Zuanon *et al.* (2009) για το *Pterophyllum scalare*. Σύμφωνα με την παραπάνω εργασία η δίαιτα που περιείχε 34% πρωτεΐνη απέδωσε χαμηλότερο FCR σε σύγκριση με τις δίαιτες που περιείχαν 26% και 30%. Επίσης, οι Martínez-Palacio *et al.* (1996) παρατήρησαν σημαντική μείωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής με την αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης από 35% σε 56% στο σιτηρέσιο του *Cichlasoma urophthalmus*.

Ομοίως και για το συντελεστή απόδοσης της τροφής (FE), όπου παρατηρήθηκε μία αναλογική αύξηση του με την αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο, με τη διατροφική ομάδα P45 να παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή σε σχέση με τη διατροφική ομάδα P35. Έτσι, η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από το 35% σε 40% και 45% στο σιτηρέσιο αύξησε σημαντικά την αποδοτικότητα της τροφής. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί από τους Lochmann & Phillips (1994), μετά από έρευνα αναφορικά με τις θρεπτικές απαιτήσεις των *Notemigonus crysoleucas* και *Caraccius auratus*. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η αύξηση της πρωτεΐνης από 20% σε 34.5% στο σιτηρέσιο και των δύο ειδών είχε σαν αποτέλεσμα την αναλογική αύξηση του συντελεστή απόδοσης της τροφής. Αντίθετα αποτελέσματα βρέθηκαν από τους Royes *et al.* (2005), οι οποίοι έδειξαν ότι για το *Pseudotropheus socolofi* η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης επέφερε αναλογική μείωση του συντελεστή απόδοσης της τροφής, όταν το είδος σιτίστηκε με σιτηρέσια που περιείχαν 32.5%, 36.9%, 42.5%, 48.4%, 52.0% και 58.9% διαιτητική πρωτεΐνη.

Ακόμα, στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι τα ιχθύδια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο που περιείχε το χαμηλότερο διαιτητικό επίπεδο πρωτεΐνης (P35) παρουσίασαν υψηλότερο συντελεστή απόδοσης πρωτεΐνης. Βέβαια, έως και την τρίτη κατά σειρά δειγματοληψία, υψηλότερη τιμή του συντελεστή είχε η ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P40. Όμως, οι παραπάνω διαφορές δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές και έτσι η αύξηση του ποσοστού της διαιτητικής πρωτεΐνης από 35% σε 40 και 45% δεν οδήγησε σε σημαντική μείωση του συντελεστή απόδοσης πρωτεΐνης. Παρόμοια αποτελέσματα μείωσης του PER με την αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης βρέθηκαν και από τους Zuanon *et al.* (2006), οι οποίοι μελετώντας την ανάπτυξη του *Pterophyllum scalare* συμπέραναν ότι το σιτηρέσιο που περιείχε 46% πρωτεΐνη απέδωσε σημαντικά μικρότερο συντελεστή απόδοσης πρωτεΐνης σε σύγκριση με τα σιτηρέσια που περιείχαν 34% και 38% πρωτεΐνη. Επίσης, οι Olvera-Novoa *et al.* (1996), μελετώντας τις θρεπτικές απαιτήσεις του *Cichlasoma synspilum* παρατήρησαν ότι η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης επέφερε αναλογικές μειώσεις στον συντελεστή απόδοσης πρωτεΐνης και διαπίστωσαν ότι σημαντικά μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου επιτεύχθηκε όταν το επίπεδο της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο ήταν της τάξης του 30%, 35% ή 40% σε σχέση με τα σιτηρέσια που περιείχαν 45%, 50% και 55% διαιτητική πρωτεΐνη.

Όσον αφορά τη χημική σύσταση του σώματος της κιχλιδιζέβρας βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης κυμάνθηκε από 55,32% έως 62,47% (επί της ξηρής ουσίας δείγματος), με σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Πιο συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φαίνεται ότι αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης επέφερε αναλογικές αυξήσεις στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο σώμα του είδους και ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο που

περιείχε 45% διαιτητική πρωτεΐνη, είχαν σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις. Αυτό υποδηλώνει ότι το αυξανόμενο ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης από 35% σε 45% οδήγησε σε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο σώμα της κιχλιδοζέβρας. Παρόμοια αναλογική αύξηση της περιεκτικότητας του σώματος σε πρωτεΐνες βρέθηκε τους Siddiqui *et al.* (1988) για το είδος της οικογένειας των κιχλίδων, *Oreochromis niloticus*, καθώς η διαιτητική πρωτεΐνη αυξανόταν από 20% σε 30%, 40% και 50%. Επίσης, οι Lochmann & Phillips (1994) έδειξαν την αυξητική τάση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών στο σώμα του *C. auratus*, καθώς το επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης αυξανόταν από 21.2% σε 34.5%.

Το ποσοστό λίπους στο σώμα της κιχλιδοζέβρας κυμάνθηκε από 18,44% έως 22,75% (επί της ξηρής ουσίας). Η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης από 35% σε 40 και 45% στο σιτηρέσιο επέφερε αναλογικά σημαντικές μειώσεις στη συγκέντρωση των λιπιδίων του σώματος. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι τα ιχθύδια που διατρέφθηκαν με το σιτηρέσιο P45 είχαν το μικρότερο ποσοστό λίπους στο σώμα τους. Παρόμοια τάση μείωσης έχει βρεθεί για το *Oreochromis niloticus* από τους Ogunji & Wirth (1999) όταν το επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης αυξανόταν από 31% σε 44%. Επίσης, οι Rojas & Verdegem (1994) στο διατροφικό πείραμα που πραγματοποίησαν για το *Cichlasoma managuense* διαπίστωσαν σημαντική μείωση του σωματικού λίπους με την αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο του είδους από 29.47% σε 47.65%.

Συμπερασματικά, με την αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης υπήρξε τάση αναλογικής αύξησης του WG (%) και SGR (%/ημέρα) στα ψάρια και αναλογικής μείωσης του FCR. Ειδικά για τις δύο τελευταίες παραμέτρους υπήρξε σημαντική,

γεγονός που σημαίνει ότι το επίπεδο 45% πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο της κιχλιδοζέβρας απέδωσε καλύτερα. Το παραπάνω συμπέρασμα βρίσκεται σε συμφωνία με τους Sales & Janssens (2003), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η μέγιστη ανάπτυξη των περισσότερων ειδών διακοσμητικών ψαριών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα επιτυγχάνεται με πρωτεΐνη 29-50%.

Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η παράμετρος φύλο (αρσενικό – θηλυκό) επηρέασε τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας παρατηρήθηκαν εναποθέσεις αυγών από ορισμένα θηλυκά άτομα όλων των διατροφικών ομάδων. Αυτό σημαίνει πως τα συγκεκριμένα θηλυκά ψάρια αντί να βάζουν σωματικό βάρος, διοχέτευαν ενέργεια για να αναπτύξουν τις γονάδες και τα προϊόντα αυτών.

Η γνώση για τις θρεπτικές ανάγκες των διακοσμητικών ψαριών θα οδηγήσει στον καταρτισμό κατάλληλων ισορροπημένων τροφών για αυτά. Σήμερα, η διατροφή των διακοσμητικών ψαριών βασίζεται σε συμπεράσματα θρεπτικών απαιτήσεων και πρακτικών που προέρχονται από έρευνες, που έχουν διεξαχθεί από τον κλάδο της υδατοκαλλιέργειας για τα βρώσιμα ψάρια κάτω από εντατικές συνθήκες εκτροφής με σκοπό τη μέγιστη ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα (Lovell 2000). Η πρακτική αυτή μπορεί να είναι χρήσιμη για την καλλιέργεια διακοσμητικών ειδών, αλλά ακατάλληλη για τα διακοσμητικά είδη που παραμένουν σε ενυδρεία. Επιπλέον, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη, το φαινότυπο και τη φυσιολογία ορισμένων ειδών (Velasco-Santamaria & Corredo-Santamaria 2011).

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα είναι η ποικιλία των ειδών που διατηρούνται σε ένα ενυδρείο και πως είναι δυνατό να τους παρέχονται επαρκείς σε θρεπτικά συστατικά δίαιτες. Τα διακοσμητικά ψάρια σπάνια διατηρούνται σε μονο-ειδικά

περιβάλλοντα (Macartney 1996). Έτσι, καθίσταται δύσκολο να ικανοποιούνται οι θρεπτικές απαιτήσεις κάθε είδους ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψη τα φυσιολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά και τις διατροφικές συνήθειες κάθε είδους, αλλά και την πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών της δίαιτας που εξαρτάται από τη φύση της ίδιας της δίαιτας και τη μορφολογία του εντέρου των ειδών (Gordon & Hecht 2002). Γι' αυτό το λόγο, τις περισσότερες φορές δεν είναι πρακτικό να παρέχονται πολύ ειδικές τροφές σε διακοσμητικά ψάρια που διαβιούν σε ενυδρεία και κατά συνέπεια αποκλείεται η προσέγγιση που θέλει να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις μεμονομένων ειδών. Η σύγχρονη προσέγγιση έχει στόχο να βρεθεί η χρυσή τομή, η ενδιάμεση τροφή που θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις όλων των ειδών (Sales & Janssens 2003).

Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη, τονίζεται η ανάγκη για τη διεξαγωγή μελετών σε διακοσμητικά είδη προκειμένου να προσδιοριστούν οι θρεπτικές απαιτήσεις τους, να προωθηθεί η βέλτιστη ανάπτυξη και η αποδοτικότερη μεταβολική αξιοποίηση της τροφής, να μειωθεί το κόστος και τα απόβλητα των τροφών και να ελαχιστοποιηθεί η επιβάρυνση των υδάτων με οργανικό φορτίο και μεταβολίτες αζώτου.

## **ABSTRACT**

The aim of the present study was to assess the effect of varied dietary protein levels on growth of one of the most popular cichlid species, the convict cichlid (*Archocentrus nigrofasciatus*). A total number of 36 juveniles of  $0.58\pm 0.33$  g mean body weight and  $3.1\pm 0.6$  cm mean body length were distributed individually in plexiglass-net compartments ( $15\times 15\times 15$  cm) immersed in 4 glass aquaria (125 L). Water in the recirculation system was maintained at  $28\pm 0.2^\circ\text{C}$ , pH  $8.15\pm 0.2$  and D.O. $>6.5$  mg/L. Juveniles were divided into three dietary groups (9 fish/compartments per group) that were fed on three isoenergetic (21.0 KJ/g) diets that varied on their protein level: 35% (P35), 40% (P40) and 45% (P45). Diets were offered twice daily at 4% of fish body weight for 70 days. The following performance parameters were evaluated: final weight, final length, weight gain, feed conversion ratio, specific growth rate, protein efficiency ratio, feed efficiency, daily energy intake, daily protein intake, hepatosomatic index, gonadosomatic index and body chemical analyses. The survival was 100% in all groups. Fish fed diets with 45% CP showed significantly higher growth rates and better feed utilization in convict cichlid during a growth period of 70 days.

**Keywords:** *Archocentrus nigrofasciatus*, convict cichlid, ornamental fish, nutrition, protein



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Ali A., Al-Ogaily S.M., Al-Asgah N.A., Goddard J.S., Ahmed S.I (2008) Effect of feeding different protein to energy (P/E) rations on the growth performance and body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *J. Appl. Ichthyol.*, 24: 31-37
- AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16<sup>th</sup> edn. Association of analytical Chemists, Arlington, VA, USA
- Arnott G., Elwood R.W. (2009) Gender differences in aggressive behaviour in convict cichlids. *Animal Behaviour*, 78: 1221-1227
- Berg J.M., Tymoczko J.L., Stryer L. (2007) Βιοχημεία. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο, Τόμος 1, pp 745
- Blom J.H, Dabrowski K., Ebeling J. (2000) Vitamin C requirement of the angelfish *Pterophyllum scalare*. *J. World Aquacult. Soc.*, 32: 115-118
- Bussing W.A., (1998) Peces de las aguas continentales de Costa Rica (Freshwater fishes of Costa Rica). 2nd Ed. San José Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica., pp 468
- Chávez de Martínez M.C. (1990) Vitamin C requirement of the Mexican native cichlid *Ciclasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture*, 86(4): 409-416
- Chong A.S.C., Hashim R., Ali A.B. (2000) Dietary protein requirements for discus (*Symphysodon* spp.). *Aquacult Nutr*, 6(4): 275-278
- Chou B.S., Shiau S.Y. (1996) Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 143: 185-195

- Coad, B.W. (1995) Encyclopedia of Canadian fishes. Canadian Museum of Nature and Canadian Sport fishing Productions Inc. Singapore.
- Conkel D. (1993) Cichlids of North and Central America. T.F.H. Publications, Inc., USA
- Core S.R. (2006) Nutritional support of fish. Journal of Exotic Pet Medicine, 15(4): 264-268
- Cowey C.B. (1981) The food and feeding of captive fish. In: Hawkins A.D. (ed) Aquarium systems. Academic Press, London, p 223-231
- Dabrowski K., Portella M.C. (2006) Feeding plasticity and nutritional physiology in tropical fishes. In: Val A.L., de Almeida-Val V.M.F., Randall D.J. (eds) The physiology of tropical fishes. Academic Press, USA, p 155-224
- Earle K.E. (1995) The nutritional requirement of ornamental fish. Vet. Q., 17(1): S53-S55
- Elangovan A., Shim K.F. (1997) Growth response of juvenile *Bardode saltus* fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture, 158: 321-329
- Erdogan F., Erdogan M., Gümüs E. (2012) Effects of dietary protein and lipid levels on growth performances of two African Cichlids (*Pseudotropheus socolofi* and *Haplochromis ahli*). Turkish Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences, 12: 453-458
- Fiogbé E.D., Kestemont P. (1995) An assessment of the protein and amino acid requirement in goldfish (*Carassius auratus*) larvae. J. Appl. Ichthyol., 11: 282-289
- Food and agriculture organization of the United nations (FAO) (2010) FAO yearbook 2008. Fishery and aquaculture statistics., pp 241

- Food and agriculture organization of the United nations (FAO) (2012) Fisheries and aquaculture departement. Ornamental fish (<http://www.fao.org/fishery/topic/13611/3n>)
- Forteach N. (2001) Mariculture of aquarium fishes. Encyclopedia of Ocean Sciences p.1560-1567
- Fracalossi D.M., Allen M.E., Nichols D.K., Oftedal O.T. (1998) Oscar, *Astronotus ocellatus*, have a dietary requirement for Vitamin C. The Journal of Nutrition, 128: 1745-1751
- Froese R., Pauly D. (2012) FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (08/2012).
- Gay J. (2005) The perfect aquarium. Hamlyn, Octopus Publishing Group Ltd., pp 256
- Gordon A.K., Hecht T. (2002) Histological studies on the development of the digestive systems of the clownfish *Amphiprion percula* and the time of weaning. J. Appl. Ichthyol., 18(2): 113-117
- Grand T.C., Grant J.W.A. (1994) Spatial predictability of food influences its monopolization and defence by juvenile convict cichlids. Animal Behaviour, 47: 91-100
- Grant J.W.A., Girard I.L., Breau C., Weir L.K. (2002) Influence of food abundance on competitive aggression in juvenile convict cichlids. Animal Behaviour, 63: 323-330
- Günther A. (1867) On the fishes of the states of Central America, founded upon specimens collected in fresh and marine waters of various parts of that country by Messrs. Salvin and Godman and Capt. J. M. Dow. Proceedings of the

- General Meetings for Scientific Business of the Zoological Society of London, 1866 (3): 600-604
- Hamilton L.M. (2004) Distance to neighbours influences the trade-off between hiding after disturbance and defending food patches in convict cichlids (*Archocentrus nigrofasciatus*). *Behav.Ecol. Sociobiol.*, 56: 530-538
- Heijns W. (2009) Central American heroine cichlids, a phylogenetic approach. *Cichlid News*: p 14-22
- Hua K., Bureau D.P. (2010) Quantification of differences in digestibility of phosphorus among cyprinids, cichlids and salmonids through a mathematical modeling approach. *Aquaculture*, 308: 152-158
- Jauncey K. (1983) The effect of varying protein levels on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherondon mosambicus*). *Aquaculture*, 27: 43-54
- Jauncey K. (1998) Tilapia feeds and feeding. Pisces Press LTD, Stirling Scotland, pp 235
- Ketola H.G. (1982) Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B(1): 17-24
- Kim J., Grant J.W.A. (2007) Effects of patch shape and groups size on the effectiveness of defence by juvenile convict cichlids. *Animal Behaviour*, 73: 275-280
- Lall S.P. (2000) Nutrition and health of fish. In: Cruz-Suarez L.E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Olvera-Novoa M.A., y Civera-Cerecedo R. (eds) *Advances en Nutricion Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutricion Acuicola*, Mexico, p 19-22

- Lall S.P., Lewis-McCrea L.M. (2007) Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish – an overview. *Aquaculture*, 267: 3-19
- Lewbart G.A. (1998) Clinical nutrition of ornamental fish. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 7(3): 154-158
- Lochmann R.T., Phillips H. (1994) Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria. *Aquaculture*, 128: 277-285
- Lochmann R., Phillips H. (2006) Bait and ornamental fish nutrition. In: Cruz Suárez L.E., Rique Marie D., Tapia Salazar M., Nieto López M.G., Villarreal Cavazos D.A., Puello Cruz y Armando García Ortega A.C. (eds) *Avances en nutrición acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, Mexico, p 545-567
- Lovell T. (1998) *Nutrition and feeding of fish*. Kluwer Academic Publishers, USA, p 271
- Lovell R.T. (2000) Nutrition of ornamental fish. In: Bonagura J (Ed.) *Kirk's Current Veterinary Therapy XIII-Small Animal Practice*. W.B. Saunders, Philadelphia, USA, p 1191-1196
- Macartney A. (1996) Ornamental fish nutrition and feeding. In: Kelly N.C., Wills J.M. (Eds) *Manual of companion animal nutrition and feeding*. British Small Animal Veterinary Association, Gloucestershire, UK, p 244-251
- Martínez-Palacios C.A., Harfush-Melendez M., Chánez-Sánchez C., Ross L.G. (1996) The optimum dietary protein level for the Mexican cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther): a comparison of estimates derived from experiments using fixed-rate feeding and satiation feeding. *Aquaculture Nutrition*, 2: 11-20

- Miller-Morgan T. (2010) A brief overview of ornamental fish industry and hobby. In: Roberts H.E. (Ed) Fundamentals of ornamental fish health. Wiley-Blackwell, p 25-32
- Mills D., Vevers G. (1982) The cichlids. In: The practical encyclopedia of freshwater. Tropical aquarium fishes. Salamander books, London, p 160-169
- Noel M.V., Grant J.W.A., Carrigan J.G. (2005) Effects of competitor-to-resource ratio on aggression and size variation within groups of convict cichlids. *Animal Behaviour*, 69: 1157-1163
- NRC (National Research Council).(1983) Nutrient Requirement of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, DC, USA, pp 102
- NRC (National Research Council).(1993) Nutrient Requirement of Fish. National Academy Press, Washington, DC, USA, pp 128
- 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
- Olvera-Novoa M.A., Gasca-Leyva E., Martinez-Palacios C.A. (1996) The dietary protein requirement of *Ciclasoma synspilum* Hubbs, 1935 (Pisces: Cichlidae) fry. *Aquaculture Res*, 27: 167-173
- Pannevis M.C. (1993) Nutrition of ornamental fish. In: Burger I.H. (ed) The Waltham book of companion animal nutrition. Pergamon Press, Oxford, p 85-96
- Pelicice F.M., Agostinho A.A. (2005) Perspectives on ornamental fisheries in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Fisheries Research*, 71: 109-119

- Robins C.R., Bailey R.M., Bond C.E., Brooker J.R., Lachner E.A., Lea R.N., Scott W.B. (1991) World fishes important to North Americans. Exclusive of species from the continental waters of the United States and Canada. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.*, (21): p 243
- Rojas J.B.U., Verdegem M.C.J. (1994) Effects of the protein : energy ratio in isocaloric diets on the growth of *Cichlasoma managuense* (Günther 1869). *Aquaculture and Fisheries Management*, 25: 631-637
- Royes J.A.B., Murie D.J., Francis-Floyd R. (2005) Optimum dietary protein level for growth and protein efficiency without hepatocyte changes in juvenile African Cichlids *Pseudotropheus socolofi*, *North American Journal of Aquaculture*, 67(2): 102-110
- Sales J., Janssens G.P.J. (2003) Nutrient requirement of ornamental fish. *Aquat. Living Resour.*, 16: 533-540
- Schmitter-Soto J.J. (2007) A systematic revision of the genus *Archocentrus* (Perciformes: Cichlidae), with the description of two new genera and six new species. *Zootaxa* 1603: 1-78
- Sealey W.M., Barrows F.T., Casten M., Hardy R.W. (2009) Dietary protein source and level affects growth in neon tetras. *N. Am. J. Aquac.*, 71(4): 320-324
- Shiau S.Y. (1997) Utilization of carbohydrates in warmwater fish – with particular reference to tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, 151: 79-96
- Shim K.F., Chua Y.L. (1986) Some studies on the protein requirement of the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), *J. Aquar. Aquat. Sci.*, 4: 79-84

- Siddiqui A.Q., Howlader M.S., Adam A.A. (1988) Effects of dietary protein levels on growth, feed conversion and protein utilization in fry and young Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 70: 63-73
- Strange R. (2010) Nutrition in fish. In: Roberts H.E. (eds) *Fundamentals of ornamental fish health*. Wiley-Blackwell, p 89-101
- Thusty M. (2002) The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. *Aquaculture*, 205(3-4): 203-219
- Valasco-Santamariá Y., Corredor-Santamariá W. (2011) Nutritional requirement of freshwater ornamental fish: a review. *Rev. MVZ Córdoba*, 16(2): 2458-2469
- Verhoef-Verhallen E. (2003) Τα ψάρια του ενυδρείου. In: *Εγκυκλοπαίδεια του ενυδρείου*. Εκδόσεις Καρακωτσόγλου, Αθήνα, p 87-88
- Watanabe T., Kiron V., Satoh S. (1997) Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151: 185-207
- Webster C.D., Lim C.E. (2002) Nutrient requirement and feeding of finfish for aquaculture. CABI publishing, p 421
- Williams K.C. (2009) A review of feeding practices and nutritional requirement of postlarval groupers. *Aquaculture*, 292: 141-152
- Wilson R.P. (1994) Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124: 67-80
- Yamamoto M.N., Tagawa A.W.(2000) *Hawaii's native and exotic freshwater animals*. Mutual Publishing, Honolulu, Hawaii, pp 200
- Zar J.H. (1999) *Biostatistical analysis*, 4th edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs. pp 663



Zuanon J.A.S., Salaro A.L., Balbino E.M., Saraiva A., Quadros M., Fontanari R.L.  
(2006) Níveis de protein bruta em dietas para alevinos de acará-bandeira.  
Revista Brasileira de Zootecnia, 35(5): 1893-1896

Zuanon J.A.S., Salaro A.L., Silveira-Moraes S.S., de Oliveira-Alves L.M., Balbino  
E.M., SiqueiraAraújo E. (2009) Dietary protein and energy requirements of  
juvenile freshwater angelfish. Rev. Bras. Zootecn., 38(6): 989-993

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ. (2010) Συστήματα καλλιέργειας φυτικών και εκτροφής  
ζωικών οργανισμών Σε: Κατασκευές υδατοκαλλιεργητικών συστημάτων.  
Θαλάσσιες – Λιμνοθαλάσσιες – Χερσαίες. Εκδόσεις Προπομπός, Αθήνα, σελ  
86-222

Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008) Διατροφή ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, σελ 976

### **Ηλεκτρονική βιβλιογραφία**

[http://www.discoverlife.org/mp/20o?search=Archocentrus+nigrofasciatus&mobile=iPh  
one](http://www.discoverlife.org/mp/20o?search=Archocentrus+nigrofasciatus&mobile=iPhone)