

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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



Κιχλιδοζέβρα (*Archocentrus nigrofasciatus*)

Γεροντής Θεωρής

Βόλος 2013

«Η επίδραση χαμηλών 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.

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 την προπτυχιακή συμφοιτήτρια κ.Κυριακή Αχτύπη για την συνεργασία και προσφορά στην επίτευξη του πειράματος.

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 την μεγάλη ζήτηση, 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 22% (P22), 35% (P35) και 40% (P40), αντίστοιχα. Η επιβίωση των ψαριών σε όλες τις διατροφικές ομάδες ήταν 100%. Συμπερασματικά, με την αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης υπήρξε τάση αναλογικής αύξησης του WG (%), FGR (%/ημέρα) και FE,

στα ψάρια και αναλογικής μείωσης του PER . Η αύξηση για όλες τις παραμέτρους ήταν σημαντική, που σημαίνει ότι το επίπεδο 40% διαιτητικής πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο της κιχλιδόζεβρας απέδωσε καλύτερα. Προκαταρκτικά αποτελέσματα του πειράματος ανακοινώθηκαν στο 34ο Επιστημονικό συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Βιολογικών Επιστημών, Τρίκαλα, 2012.

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

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Παραγωγή και εμπορικότητα διακοσμητικών ψαρι.....	1
1.2 Κιχλίδες.....	2
1.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά του <i>Archocentrus nigrofasciatus</i>	2
1.4 Διατροφή και θρεπτικές ανάγκες των διακοσμητικών ψαριών	4
1.4.1 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα	5
1.4.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα	5
1.4.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες	6
1.4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία	6
1.5 Σκοπός της έρευνας	7
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	8
2.1 Ιχθύδια-συνθήκες του πειράματος.....	8
2.2 Πειραματικά σιτηρέσια.....	10
2.3 Δειγματοληψίες.....	12
2.4 Χημικές αναλύσεις.....	13
2.4.1 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας.....	13
2.4.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	13
2.4.3 Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων.....	15
2.4.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	17
2.5 Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής	17
2.5.1 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών.....	17
2.5.2 Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους	17
2.5.3 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης	18
2.5.4 Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής	18

2.5.5 Αποδοτικότητα τροφής	18
2.5.6 Καθημερινή πρόσληψη πρωτεϊνών	19
2.5.7 Καθημερινή πρόσληψη ενέργειας	19
2.5.8 Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης	19
2.8 Στατιστική ανάλυση	19
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	20
3.1 Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής	20
3.1.1 1 ^η ημέρα του διατροφικού πειράματος.....	20
3.1.2 14η ημέρα του διατροφικού πειράματος.....	21
3.1.3 27η ημέρα του διατροφικού πειράματος	24
3.1.4 42η ημέρα του διατροφικού πειράματος	29
3.1.5 56η ημέρα του διατροφικού πειράματος	32
3.1.6 71 ^η ημέρα διατροφικού πειράματος.....	35
3.2 Χημική σύσταση σώματος	36
3.2.1 Ξηρή ουσία	36
3.2.2 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες	36
3.2.3 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες	37
3.3 Δείκτες	37
3.3.1 Ηπατοσωματικός δείκτης	37
3.3.2 Γοναδοσωματικός δείκτης	37
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	41

Ελληνική βιβλιογραφία 45

1.Εισαγωγή

1.1 Παραγωγή και εμπορικότητα διακοσμητικών ψαριών.

Ο όρος διακοσμητικά ψάρια, συχνά χρησιμοποιείται για την περιγραφή υδρόβιων ζώων που εκτρέφονται σε ενυδρείο για ερασιτεχνικούς λόγους (Livengood 2007). Η εκτροφή τους σε έγκλειστους χώρους, είναι από τις πιο δημοφιλείς ασχολίες με εκατομμύρια ενυδρείοφίλους οι Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ) είναι ο μεγαλύτερος εισαγωγέας διακοσμητικών ψαριών στον κόσμο (Charman 2000).

Το εμπόριο διακοσμητικών ψαριών μπορεί να ευαισθητοποιήσει το κοινό του και να διατηρήσει μια στενή συνεργασία με οργανώσεις που επιδιώκουν να επιβάλουν περαιτέρω περιορισμούς στο εμπόριο (Andrews 1990).

Ακριβή στοιχεία σχετικά με την αξία και το εμπόριο της βιομηχανίας διακοσμητικών ψαριών μπορεί να μην υπάρχουν, εντούτις η αξία των διακοσμητικών ψαριών που εισάγονται σε διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο είναι περίπου \$ 278 εκατομμύρια δολάρια (FAO 2005). Τις μεγαλύτερες εξαγωγές παγκοσμίως παρουσιάζει η Σιγκαπούρη με την αξία των ψαριών να φτάνει τα 80 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο, το οποίο αποτελεί το 20% την παγκόσμιας αγοράς. Σχετικά με τις εξαγωγές διακοσμητικών ψαριών στην Νοτιοανατολική Ασία, οι πωλήσεις φτάνουν τα 100-200 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο (Peter 1997).

Η αξία των διακοσμητικών ψαριών παρουσιάζει μια σημαντική αύξηση την τελευταία δεκαετία (2001-2010), με την μέγιστη τιμή στις παγκόσμιες εξαγωγές να εμφανίζετε το 2010 στα 5.718.263 δολάρια (Σχ. 1) (FAO 2012).



Σχήμα 1. Συνολική παγκόσμια χρηματική αξία (σε \$) των διακοσμητικών ψαριών για τα έτη 2001-2010 (FAO 2012).

1.2 Κιχλίδες

Η οικογένεια των κιχλίδων είναι από τις πιο γνωστές οικογένειες διακοσμητικών ψαριών, η οποία εξαπλώνεται από τη νότια Ασία και τη Μέση Ανατολή, σε όλη την Αφρική και τη Μαδαγασκάρη στην κεντρική και νότια Αμερική και στις δυτικές Ινδίες (Mills 1982). Ο αριθμός των ειδών κιχλίδας υπολογίζεται από 1300 έως 2000, ενώ τα γένη στα 105 (Allen 2002). Μερικές κιχλίδες είναι φυτοφάγες βόσκοντας άλγη από τους βράχους, ενώ άλλες αποτελούν θηρευτές μικρότερων ψαριών (Hill 2002). Πρόκειται για μία ομάδα με ιδιαίτερα σχήματα σώματος και έντονους χρωματισμούς, όπως το *Poecilia reticulata*, το *Paracheirodon innesi* και το *Archocentrus nigrofasciatus* (Chapman 2007).

1.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά του *Archocentrus nigrofasciatus*

Η κιχλιδόζεβρα *Archocentrus nigrofasciatus*, (Günther, 1867) (Εικ. 1.1) ανήκει στην οικογένεια των Cichlidae. Τα είδη αυτά διαβιούν στην τροπική ζώνη στους 20 °C - 36°C. Πρόκειται για βενθοπελαγικά είδη γλυκού νερού, με το εύρος

του pH να κυμαίνεται από 7.0-8.0. Οι περιοχές που εμφανίζεται η κυχλιδόζεβρα είναι σε ολόκληρη την Αφρική, στην κεντρική και βόρεια Αμερική, στην Ασία και στην Ωκεανία. (Bussing 1998).

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του *Archocentrus nigrofasciatus* είναι 17-19 ραχιαίες άκανθες, 7-9 μαλακές ραχιαίες ακτίνες, 8-10 εδρικές άκανθες, 6-7 μαλακές εδρικές ακτίνες και 27-28 σπόνδυλοι (Schmitter-Soto 2007). Όπως αναφέρει ο Kullander (2003), το μέγιστο μήκος για τις αρσενικές κυχλιδόζεβρες είναι τα 10,0 cm, ενώ για τις θηλυκές τα 8,5 (Hugg 1996). Διάφοροι χρωματισμοί παρουσιάζονται μεταξύ των ενήλικων ψαριών με τα θηλυκά να έχουν πιο έντονους χρωματισμούς από τα αρσενικά.



Εικόνα 1.1 Θηλυκό *Archocentrus nigrofasciatus* (Kullander 2006).

Προτιμά να διαβιεί σε μικρούς κολπίσκους, ρέματα και ποτάμια με βραχώδη υποστρώματα και τρέφεται με σκουλήκια, καρκινοειδή, έντομα και μικρά ψάρια. (Conkel 1993). Οι γονείς επωάζουν τα αυγά και προστατεύουν τα ιχθύδια από τους θηρευτές. Μεταφέρουν τα ιχθύδια αρκετές φορές σε λάκκους τους οποίους σκάβουν χρησιμοποιώντας το στόμα τους. Οι σκοτεινές κοιλότητες προτιμώνται ως φωλιές για να αποκρύψουν τους γόνους από τους θηρευτές. Είναι γνωστό ότι οι σπηλιές ευνοούν

την αναπαραγωγή διότι μειώνεται η πιθανότητα εισβολής και είναι πιο χρήσιμες για τα θηλυκά όσον αφορά την υπεράσπιση του γόνου τους. Στη συνέχεια γεννά τα αυγά του (περίπου 100-150) στις επιφάνειες των βράχων και φυλάσσονται σθεναρά τόσο από τα αρσενικά όσο και από τα θηλυκά (Lee 1980).

Είναι από τα ψάρια που ενθαρρύνουν πολλούς ενυδρείοφίλους να ασχοληθούν και με άλλα είδη, αφού η αναπαραγωγή τους είναι εύκολη και το αποτέλεσμα ενθουσιάζει τους νέους στα πρώτα βήματα τους σε αυτήν την ενασχόληση. Η βασική ευκολία είναι ότι δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε τροφή (όπως συμβαίνει και με άλλες κιχλίδες της Κεντρικής Αμερικής), σε αντίθεση με πολλές άλλες κιχλίδες που χρειάζονται μαλακό νερό με χαμηλές σκληρότητες και pH κάτω από 7 (Gutiérrez - Ibáñez 2011).

1.4 Διατροφικές ανάγκες των διακοσμητικών ψαριών

Οι διατροφικές ανάγκες των ιχθύων αφορούν τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την εξασφάλιση της αύξησης του βάρους και της παραγωγής γεννητικού υλικού (Παπουτσόγλου 2008). Το μέγεθος της διαίτας πρέπει να είναι μικρό για τα μικρότερα είδη και μεγάλο, για να εντοπίζετε και να καταναλώνεται, από τα μεγαλύτερα είδη. Τα ψάρια προσλαμβάνουν την τροφή είτε από τον πυθμένα της δεξαμενής είτε από την επιφάνεια. Τα μικρότερα είδη ψαριών έχουν υψηλό μεταβολικό ρυθμό και απαιτούν συχνή κατανάλωση τροφής για την αύξηση του σωματικού τους βάρους (Macartney 1996).

1.4.1 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

Στα διακοσμητικά ψάρια υπό αιχμαλωσία είναι απαραίτητο να τους παρέχεται μέσω της τροφής τους, το ποσοστό πρωτεΐνης με τη μέγιστη αποδοτικότητα (Sales 2003). Σε αντίθεση με το φυσικό τους περιβάλλον, τα διακοσμητικά ψαριά που βρίσκονται σε αιχμαλωσία πρέπει να αξιοποιούν την διατροφική πρωτεΐνη όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά, καθώς θα μολύνουν άμεσα το περιβάλλον διαβίωσής τους (Earle 1995). Η μέγιστη ανάπτυξη των περισσότερων ειδών διακοσμητικών ψαριών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα επιτυγχάνεται με ένα επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης της τάξης του 30-50% επί της νωπής ουσίας τροφής (Πίνακας 1.1 NRC 1993).

Πίνακας 1.1 Θρεπτικές απαιτήσεις διαφόρων ειδών διακοσμητικών ψαριών σε πρωτεΐνες.

Επιστημονικό όνομα	Βάρος (g)	Επίπεδο πρωτεΐνης (%)	Ενέργεια (kJ/g)	Πρωτεϊνική πηγή	Βιβλιογραφία
<i>P. reticulata</i>	0.10	30–40	13.10	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Shim and Chua(1986)
<i>C. auratus</i>	0.20	29	11.72	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Lochmann & Phillips(1994)
<i>Barbodes altus</i>	0.81	41.7	20.38	Καζεΐνη	Elangovan & Shim (1997)
<i>S. aequifasciata</i>	4.45–4.65	44.9–50.1	21.65	Ιχθυάλευρο Καζεΐνη	Chong <i>et al.</i> (2000)
<i>Cichlasoma synspilum</i>	0.28	40.81	1.55	Ιχθυάλευρο	Olvera-Novoa <i>et al.</i> (1996)

1.4.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα

Τα διακοσμητικά ψάρια έχουν χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και ως εκ τούτου θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε τα επίπεδα του λίπους να είναι λιγότερο από 15%, για να μην δημιουργηθεί κίνδυνος εναπόθεσης υπερβολικού λίπους (Earle 1995). Επιπρόσθετα λόγω της φυσιολογίας της θρέψης, τονίζεται η ανάγκη για διαιτητικά συμπληρώματα των ω-3 και ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Sales 2003).

Πίνακας 1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα του χρυσόψαρου (*C. auratus*) (Llames 1994).

	<i>C. auratus</i>
Αμινοξύ	
Αργινίνη	7.8
Ιστιδίνη	4.1
Ισολευκίνη	6.0
Λευκίνη	9.1
Λυσίνη	11.8
Μεθειονίνη	3.4
Φαινυλαλανίνη	5.6
Θρεονίνη	6.4
Τρυπτοφάνη	-
Βαλίνη	7.0

1.4.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες

Έχει αποδειχθεί ότι τα ψάρια δεν έχουν απαιτήσεις σε υδατάνθρακες, ωστόσο η παρουσία τους είναι σημαντική στις ιχθυοτροφές καθώς ενισχύουν τον καταβολισμό των πρωτεϊνών και των λιπών. Επίσης αποτελούν φθηνή πηγή ενέργειας για τα ψάρια (Pannevis 1993).

1.4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ενώσεις που είναι απαραίτητες σε μικρές ποσότητες στη λειτουργία των περισσότερων μορφών της ζωής, τις οποίες ορισμένοι οργανισμοί δεν είναι σε θέση να συνθέσουν (NRC 1983). Η βιταμίνη C, αποτελεί την πιο ευρέως μελετημένη βιταμίνη στα τροπικά ψάρια, και σε συνδυασμό με το ασκορβικό οξύ είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των ψαριών (Fracalossi 1998). Τα διακοσμητικά ψάρια απαιτούν ανόργανα στοιχεία για να έχουν φυσιολογικό μεταβολισμό, για τον σχηματισμό της αιμοσφαιρίνης και τη ρύθμιση του pH. Αποτελούν δομικά συστατικά των κυττάρων και των ιστών, είναι συστατικά διαφόρων οργανικών ενώσεων και ενζύμων και ελέγχουν την ανταλλαγή αερίων και ενέργειας στα διάφορα κυτταρικά συστήματα (Earle 1995).

1.5 Σκοπός του πειράματος

Σκοπός του παρόντος πειράματος ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη της κιχλιδόζεβρας (*Archocentrus nigrofasciatus*) σε ενυδρεία. Για το σκοπό αυτό, διενεργήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 70 ημερών στον πειραματικό σταθμό του τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, κατά το οποίο τα άτομα του είδους διατράφηκαν με τρεις διαφορετικές πειραματικές τροφές με τη μορφή συμπύκτων που περιείχαν κλιμακούμενα χαμηλά ποσοστά πρωτεΐνης (22%,35%,40% της ιχθυοτροφής, αντίστοιχα). Συγκεκριμένα τα ιχθύδια διαχωρίστηκαν σε τρεις διατροφικές ομάδες (9 ιχθύδια/ατομικοί κλωβοί ανά ομάδα), σιτίζονταν 2 φορές την ημέρα και προσδιορίστηκαν οι εξής παράμετροι: η αύξηση του βάρους των ατόμων, ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής και η ατομική κατανάλωση τροφής, ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης και η αποδοτικότητα της τροφής .

Κεφάλαιο 2

Υλικά και μέθοδοι

2.1 Ιχθύδια-συνθήκες του πειράματος

Για τις ανάγκες του διατροφικού πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν 27 ιχθύδια, της κιχλιδοζέβρας (*Archocentrus nigrofasciatus*) τα οποία προήλθαν από την αναπαραγωγή γεννητόρων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, η οποία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών & Αλιευτικής Διαχείρισης του ΤΕΙ Μεσολογγίου. Τα ιχθύδια ήταν μέσου σωματικού βάρους $0,58 \pm 0,32$ g και ολικού μήκους $3,1 \pm 0,5$ cm και μεταφέρθηκαν στον πειραματικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια μεταφοράς, τα ιχθύδια ήταν τοποθετημένα μέσα σε ειδική πλαστική σακούλα μεταφοράς ιχθύων. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ατομικούς διχτυωτούς κλωβούς ($15 \times 15 \times 15$ cm) που ήταν ποντισμένοι σε 3 γυάλινα ενυδρεία (125 L/ενυδρείο). Για την διεξαγωγή του πειράματος, δημιουργήθηκε ένα κλειστό σύστημα κυκλοφορίας νερού. Στον εξοπλισμό του κλειστού συστήματος νερού, περιλαμβάνονταν:

- Τρία γυάλινα ενυδρεία χωρητικότητας 125 L
- Ένα φίλτρο καθαρισμού νερού
- Σύστημα παροχής οξυγόνου
- Σύστημα πλαστικών σωλήνων

Για τον καθαρισμό του νερού χρησιμοποιήθηκαν μία σειρά από φίλτρα. Το κατώτερο νερό των τεσσάρων ενυδρείων, με την βοήθεια σωλήνων διοχετεύονταν στο μηχανικό και έπειτα στο βιολογικό φίλτρο. Στο μηχανικό φίλτρο, γινόταν η συγκράτηση των στερεών προϊόντων του μεταβολισμού και των υπολειμμάτων τροφής. Στη συνέχεια το νερό διοχετεύονταν στο βιολογικό φίλτρο, το οποίο αποτελούνταν από ειδικές πέτρες αποτελούμενες από μικροπόρους για την ανάπτυξη

των απονιτροποιητικών βακτηρίων του γένους *Nitrosomonas* και *Nitrobacter*, ώστε να επιτυγχάνεται η μετατροπή της αμμωνίας, σε νιτρώδη και νιτρικά. Στο ίδιο φίλτρο είχε τοποθετηθεί και σύστημα παροχής οξυγόνου για τον εμπλουτισμό του ανακυκλούμενου νερού με διαλυμένο οξυγόνο. Για τη διατήρηση της θερμοκρασίας των ενυδρείων υπήρχαν θερμοστάτες. Το νερό που χρησιμοποιήθηκε για την εκτροφή προερχόταν από τα δίκτυο ύδρευσης της περιοχής, νέες ποσότητες του οποίου (έως 5%) προσθέτονταν σε καθημερινή βάση στο σύστημα εκτροφής

Στο κλειστό σύστημα κυκλοφορίας γλυκού νερού η θερμοκρασία ήταν $28 \pm 0,2^\circ \text{C}$, το pH $8,15 \pm 0,2$ και το διαλυμένο οξυγόνο διατηρήθηκε $>6,5 \text{ mg/L}$. Συγκεκριμένα τα ιχθύδια διαχωρίστηκαν σε τρεις διατροφικές ομάδες (9 ιχθύδια/ατομικοί κλωβοί ανά ομάδα), μετρήθηκε το αρχικό βάρος και το ολικό μήκος όλων των ατόμων, χρησιμοποιώντας ειδικό ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων, και ιχθυόμετρο σε ακρίβεια πρώτου δεκαδικού ψηφίου αντίστοιχα. Πριν την έναρξη του διατροφικού πειράματος ένας αριθμός 46 ιχθυδίων του ίδιου είδους θανατώθηκε με σκοπό να γίνουν αναλύσεις χημικής σύστασης του σώματός τους. Τα ψάρια αφέθηκαν να εγκλιματιστούν στις συνθήκες εκτροφής για 2 ημέρες.

2.2 Πειραματικά σιτηρέσια

Κατά την διάρκεια του πειράματος τα ψάρια διαχωρίστηκαν σε 3 διατροφικές ομάδες, η κάθε μία εκ των οποίων διατράφηκε με διαφορετικό σιτηρέσιο. Τα σιτηρέσια καταρτίστηκαν έτσι ώστε να είναι ισοενεργειακά και να διαφέρουν ως προς το ποσοστό περιεχόμενης πρωτεΐνης: το πρώτο σιτηρέσιο P22 (δηλαδή πρωτεΐνη 21,98%) το δεύτερο P35 (περιείχε ολικές πρωτεΐνες σε ποσοστό 34,57%) το τρίτο σιτηρέσιο P40 (περιείχε ολικές πρωτεΐνες σε ποσοστό 40,07%). . Αναλυτικότερα τα

συστατικά και η χημική σύσταση των πειραματικών σιτηρεσίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.

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

	P22	P35	P40
Σύσταση (%)			
Σιτάρι, άλευρο	55,0	46,5	40,0
Καλαμπόκι, άλευρο	5,0	0,0	0,0
Ιχθυάλευρο	18,0	34,5	42,5
Γλουτένη καλαμποκιού	5,0	5,0	5,0
Spirulina	4,0	4,0	4,0
Ιχθυέλαιο	11,0	8,0	6,5
Βιτ. & αν. στ.πρόμιγμα	1,0	1,0	1,0
Συγκολλητική ουσία	0,5	0,5	0,5
Φωσφορικό μονοασβέστιο	0,5	0,5	0,5
Χημική σύσταση (%)			
Ξηρή ουσία	90,38	89,68	90,74
Ολικές αζωτούχες ουσίες	21,98	34,57	40,07
Ολικές λιπαρές ουσίες	13,41	11,52	11,60
Τέφρα	3,81	5,69	6,16
Υδατάνθρακες ¹	60,8	48,22	42,17
Ινώδεις Ουσίες ²	1,20	1,00	0,95
Ενέργεια (KJ/g) ³	20,93	21,00	21,29

¹ Το ποσοστό των υδατανθράκων εκτιμήθηκε με αφαίρεση από το 100 του συνόλου των ποσοστών πρωτεΐνης, λιπιδίων και τέφρας.

² Οι ινώδεις ουσίες εκτιμήθηκαν βάσει των περιεκτικοτήτων των διαφόρων συστατικών σύμφωνα με γνωστές συγκεντρώσεις (NRC 1993)

³ 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.

Βασική πρωτεϊνική πηγή στα σιτηρέσια ήταν το ιχθυάλευρο, διότι θεωρείται εξαιρετική πηγή ζωϊκών πρωτεϊνών, πλούσια σε απαραίτητα αμινοξέα, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία. Ως δευτερεύοντα συστατικά, σε μικρότερο ποσοστό 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. Σταθερή συμμετοχή στη διαμόρφωση των

σιτηρεσίων είχε η Spirulina (4%). Το συστατικό αυτό είναι φυτικής προέλευσης και περιέχει αρκετά υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης και υδατανθράκων, λιπαρά οξέα, μέταλλα, ιχνοστοιχεία και χλωροφύλλη. Τέλος εμπεριέχει βιταμίνες και καροτενοειδή, τα οποία προσδίδουν τον απαραίτητο εξωτερικό χρωματισμό των εκτρεφόμενων ιχθυδίων και λειτουργούν ως αντιοξειδωτικές ουσίες. Το ιχθυέλαιο συμπεριλήφθηκε στα σιτηρέσια ως πηγή ενέργειας και για την κάλυψη των αναγκών των ιχθύων σε απαραίτητα ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Σε όλα τα πειραματικά σιτηρέσια προστέθηκε πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε ποσοστό 1% επί του σιτηρεσίου για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες των ιχθύων σε αυτά τα θρεπτικά συστατικά, 0,5% φωσφορικό μονοασβέστιο για να διασφαλιστεί η ικανοποίηση των αναγκών των ιχθυδίων σε ασβέστιο και φώσφορο. Κατά την περίοδο του πειράματος τα ψάρια σιτίστηκαν με τα σιτηρέσια P22,P35,P40, δύο φορές την ημέρα στις 10:00 π.μ και στις 16:00 μ.μ.

Βιταμίνη/Ανόργανο στοιχείο	Ποσότητα ανά Kg προμίγματος
Βιταμίνη	
Βιταμίνη E (90% α-τοκοφερόλη)	58,333 mg
Βιταμίνη K3	3,333 mg
Βιταμίνη B1	3,333 mg
Βιταμίνη B2	6,666 mg
Βιταμίνη B6	3,333 mg
Βιταμίνη B12	10 mg
Νικοτινικό οξύ	1 ,666 mg
Πανθοθενικό οξύ	13,333 mg
Φολικό οξύ	3,333 mg
Βιοτίνη	100 mg
Βιταμίνη C (μορφής Stay C)	33,333mg
Ανόργανα στοιχεία	
Μαγγάνιο(οξειδίο)	10mg
Ψευδάργυρος (οξειδίο)	33,333 mg
Ιωδιούχο σβέστιο (62% Ca)	400 mg
Σεληνιώδες νάτριο (% σελήνιο)	84 mg
Ανθρακικό κοβάλτιο (51% κοβάλτιο)	333 mg
Άλλες ουσίες	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333 mg
Άλευρο για μίξη	416,666 mg

2.3 Δειγματοληψίες

Η συνολική διάρκεια του διατροφικού πειράματος ήταν 70 ημέρες. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόταν έλεγχος των θνησιμοτήτων. Ανά 2 εβδομάδες τα ψάρια αναισθητοποιούνταν με σκοπό την μέτρηση του μήκους και του βάρους τους. Μετά το πέρας των 70 ημερών τα ψάρια θανατώθηκαν. Ατομικά για κάθε ψάρι, ζυγίστηκε το σωματικό βάρος και μετρήθηκε το ολικό μήκος σώματος. Στη συνέχεια έγινε προσεκτικός έλεγχος των γονάδων τους για προσδιορισμό και καταγραφή του φύλλου, 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 στιγμή των χημικών αναλύσεων, δείγματα αποθηκεύτηκαν στους 20°C.

2.4 Χημικές αναλύσεις

2.4.1 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 105⁰C (AOAC, 1995). Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν τα δισκία με το ξηρό πλέον δείγμα από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η ξηρή ουσία των τροφών και των ιστών υπολογίστηκε ως εξής:

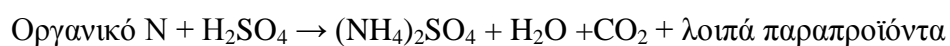
$$W_{\text{ξηρού δείγματος}} = W_{\text{ξηρού(τελικού)δείγματος \& δισκίου}} - W_{\text{δισκίου}}$$

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

2.4.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

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

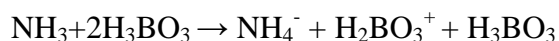
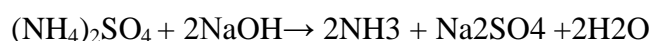
Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της πέψης των δειγμάτων. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμαίνονται παρουσία πυκνού θεικού οξέος (παράγοντας οξειδωσης με το οποίο πέπτεται το δείγμα) και πραγματοποιείται η διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθερώνεται το άζωτο (N) του δείγματος, το οποίο κατόπιν δεσμεύεται σε θεικό αμμώνιο, σύμφωνα με την παρακάτω χημική αντίδραση:



Σε κάθε φιάλη βρασμού προστέθηκαν, χρησιμοποιώντας τον ειδικό δοσομετρητή 15 ml πυκνού H_2SO_4 και δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl για να επιταχύνει την αντίδραση. Οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης που ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να βράσουν στους 150°C για 85 min. Έπειτα τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για περίπου 30 min, αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

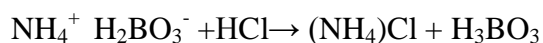
Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της απόσταξης κατά την οποία το θεικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου και αποδεσμεύεται αμμωνία(σε αέρια μορφή) και θεικό νάτριο. Η αμμωνία έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ και άζωτο του

δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Για τη διαδικασία της απόσταξης, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή απόσταξης. Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Συνολικός χρόνος της απόσταξης κάθε δείγματος ήταν 6 min. Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνονταν σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ενός δείκτη (δείκτης ερυθρού του μεθυλενίου) pH.

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



Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του άζωτου που περιέχει το δείγμα.

Έτσι, η κωνική φιάλη που περιείχε βορικό αμμώνιο τοποθετήθηκε σε θέση συνεχούς ανακίνησης και προσθέτονταν σε αυτήν με αργό ρυθμό καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1 N) HCl . Η αλλαγή του χρώματος του διαλύματος καταδείκνυε το τελικό σημείο της χημικής αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{N}\% = (\text{mlHCl} - \text{ml κενού}) \times \text{N} \delta/\text{τος HCl} \times 0,014007 \times 100/\text{Βάρος δείγματος(g)}$$

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

Κατόπιν, από την συγκέντρωση του αζώτου (N) στο δείγμα μπορεί να υπολογιστεί η περιεχόμενη πρωτεΐνη του σύμφωνα με τον τύπο:

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

Όπου ο συντελεστής 6,25 προκύπτει από την παραδοχή ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% N.

2.4.3 Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπιδίων των τροφών και ιστών έγινε με τη μέθοδο εκχύλισης ολικών λιπιδίων Soxhlet (AOAC 1995). Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα δοχεία εκχύλισης στα οποία προστέθηκαν 3-4 πέτρες βρασμού, το μικό βάρος των οποίων προζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Κατόπιν, σε κάθε γυάλινο δοχείο εκχύλισης τοποθετήθηκε ένα χάρτινο δοχείο ηθμού μέσα στο οποίο προστέθηκε 1 g δείγματος. Σε κάθε δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου και το χάρτινο δοχείο ηθμού σκεπάστηκε με βαμβάκι για την αποφυγή εκτίναξης του δείγματος κατά τη διάρκεια του βρασμού που θα ακολουθούσε. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150⁰C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5 ώρες, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15 λεπτά της ώρας με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Μετά το πέρας της εκχύλισης, τα δοχεία με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 75⁰C για 0,5 ώρες προκειμένου να εξατμιστεί

εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που τυχόν παρέμεινε στο δείγμα. Στη συνέχεια τα δοχεία εκχύλισης μεταφέρθηκαν στο ξηραντήρα για 1 ώρα περίπου ώστε να κρυσώσουν. Αφού απομακρύνθηκε το χάρτινο δοχείο ηθμού που περιείχε το απολιπασμένο δείγμα, ακολούθησε επαναζύγιση των γυάλινων δοχείων εκχύλισης (που περιείχαν και τις πέτρες βρασμού) και καταγράφηκε το βάρος τους. Με τη βοήθεια της παρακάτω σχέσης προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια: Ολικά λιπίδια = (τελικό βάρος εκχύλισης – αρχικό βάρος) * 100.

2.4.4 Προσδιορισμός τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία του δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας των πειραματικών σιτηρεσίων και των ιστών πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 1g δείγματος τροφής ή ξηρής ουσίας ιστού σε αποτεφρωτήρα για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600⁰C (AOAC 1990). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, στα οποία τοποθετήθηκαν τα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά την αποτέφρωση, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Ο προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής: W αποτεφρωμένου δείγματος = W μικτού αποτεφρωμένου δείγματος & δισκίου – W δισκίου:

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

2.5 Παράμετροι αύξησης και αξιοποίησης της τροφής

2.5.1 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

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

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

2.5.2 Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους

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

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

2.5.3 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

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

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

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

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

2.5.4 Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής

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

Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής(FCR) = τροφή που χορηγήθηκε(g)/ αύξηση βιομάζας των ζωντανών ιχθύων(g).

2.5.5 Αποδοτικότητα τροφής

Ο συντελεστής απόδοσης τροφής (FE,g) λειτουργεί ως μέσο για την συσχέτιση της αύξησης του ολικού νεπού βάρους σώματος των ιχθύων με την 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(g)

2.5.6 Καθημερινή πρόσληψη πρωτεϊνών

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI,%) εκφράζει το ποσό των ολικών πρωτεϊνών που αφομοίωσαν τα ιχθύδια, μέσω της χορηγούμενης τροφής σε καθημερινή βάση και υπολογίζεται:

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

2.5.7 Καθημερινή πρόσληψη ενέργειας

Η καθημερινή πρόσληψη ενέργειας (DEI) εκφράζει το καθημερινό ποσό ενέργειας, το οποίο γίνεται διαθέσιμο στα ιχθύδια, μέσω της κατανάλωσης τροφής.

Δίνεται από την σχέση:

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

2.5.8 Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER,g) εκτιμά τη θρεπτική αξία των πρωτεϊνών και πως αυτή συμβάλει στην αύξηση του ολικού βάρους σώματος των ιχθύων και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

PER=WG (g)/πρωτεΐνη που καταναλώθηκε (g)

2.6 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών, αξιοποίησης της τροφής καθώς και των μεταβολών στη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές $P < 0,05$. Ο έλεγχος των διαφορετικών διατροφικών μεταχειρήσεων έγινε με το Tukey's test. 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 1^η ημέρα του διατροφικού πειράματος

Την 1^η ημέρα του διατροφικού πειράματος για το σιτηρέσιο P22 το ολικό βάρος των ιχθυδίων ήταν $0,79 \pm 0,40$ g ,για τα ιχθύδια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν $0,64 \pm 0,33$ g και για τα ιχθύδια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν $0,72 \pm 0,40$ g. 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.

Όσον αφορά το μέσο ολικό μήκος των ιχθυδίων κατά την έναρξη του πειράματος για το σιτηρέσιο P22 ήταν $3,40 \pm 0,60$ cm, για τα ιχθύδια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 $3,30 \pm 0,60$ cm και για τα ιχθύδια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και $3,30 \pm 0,60$ cm. 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

	P22	P35	P40
Αρχικό βάρος (g)	$0,79 \pm 0,40$	$0,64 \pm 0,33$	$0,72 \pm 0,40$
Αρχικό μήκος (cm)	$3,40 \pm 0,60$	$3,30 \pm 0,60$	$3,30 \pm 0,60$

3.1.2 14^η ημέρα του διατροφικού πειράματος

Την 14^η ημέρα του διατροφικού πειράματος για το σιτηρέσιο P22 το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $1,00 \pm 0,50$ g ,για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν $0,91 \pm 0,46$ g και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν

1,04 ± 0,59 g. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

Όσον αφορά το μέσο μήκος των ψαριών την 14^η ημέρα του πειράματος για το σιτηρέσιο P22 ήταν 3,80 ± 0,54 cm, για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 3,53 ± 0,74 cm και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και 3,63 ± 0,88 cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Το μέσο ολικό μήκος των ψαριών κατά την έναρξη του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

Το σωματικό βάρος των ψαριών (Πιν. 3.2) αυξήθηκε με μέση τιμή 0,14 ± 0,13 g για τη διατροφική ομάδα P22, 0,27 ± 0,19 g για τη διατροφική ομάδα P35, και 0,32 ± 0,20 g για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ολικό μήκος των ψαριών (Πιν. 3.2) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο με το σιτηρέσιο P22 αυξήθηκε με μέση τιμή 0,2 ± 0,18 cm, 0,30 ± 0,34 cm για την διατροφική ομάδα P35, και 0,34 ± 0,34 cm και για την διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.2) ήταν 14,40 ± 8,47 % για τη διατροφική ομάδα P22, 43,22 ± 27,14 % για τη διατροφική ομάδα P35, και 43,75 ± 7,60 % για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.2) διακυμάνθηκε με μέση τιμή 0,94±0,53%/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P22, 2,46 ± 1,25 %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P35, 2,59 ± 0,38 %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P40. Η

στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.2) ήταν $6,21\pm 7,03$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $1,51 \pm 0,72$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $1,17 \pm 0,21$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. 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) ήταν $0,29 \pm 0,17$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $0,87 \pm 0,55$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $0,88 \pm 0,16$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. 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 $0,67 \pm 0,28$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $0,79 \pm 0,41$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $1,02 \pm 0,55$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.2) ήταν $1,42 \pm 0,83$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $2,69 \pm 1,68$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $2,37 \pm 0,42$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P<0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

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

	P22	P35	P40
Βάρος (g)	1,00 ± 0,50 g	0,91 ± 0,46 g	1,04 ± 0,59
Μήκος (cm)	3,80 ± 0,54 cm	3,5 ± 0,7	3,6 ± 0,9
Αύξηση βάρους (g)	0,14 ± 0,13	0,27 ± 0,19	0,32 ± 0,20
Αύξηση μήκους(cm)	0,2 ± 0,18 cm	0,3 ± 0,3	0,3 ± 0,3
WG(%)	14,40 ± 8,47	43,22 ± 27,14	43,75 ± 7,60
SGR (%/ημέρα)	0,94±0,53	2,46 ± 1,25	2,59 ± 0,38
FCR	6,21±7,03	1,51 ± 0,72	1,17 ± 0,21
FE	0,87 ± 0,55	0,87 ± 0,55	0,88 ± 0,16
DPI	0,67 ± 0,28	0,79 ± 0,41	1,02 ± 0,55
PER	1,42 ± 0,83	2,69 ± 1,68	2,37 ± 0,42

3.1.3 27η ημέρα διατροφικού πειράματος

Την 27^η ημέρα του διατροφικού πειράματος για το σιτηρέσιο P22 το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $1,20 \pm 0,62$ g ,για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν $0,91 \pm 0,46$ g και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν $0,53 \pm 0,21$ g. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Όσον αφορά το μέσο μήκος των ψαριών την 27^η ημέρα του πειράματος για το σιτηρέσιο P22 ήταν $4,23 \pm 0,77$ cm, για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35

3,60 ± 0,90 cm και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και 2,90 ± 0,60 cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το σωματικό βάρος των ψαριών (Πιν. 3.3) αυξήθηκε με μέση τιμή 0,34 ± 0,31 g για τη διατροφική ομάδα P25, 0,55 ± 0,40 g για τη διατροφική ομάδα P35, και 0,80 ± 0,55 g για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ολικό μήκος των ψαριών (Πιν. 3.3) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο με το σιτηρέσιο P22 αυξήθηκε με μέση τιμή 0,70 ± 0,50 cm, 0,8 ± 0,4 cm για την διατροφική ομάδα P35, και 1,0 ± 0,3 cm για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.3) ήταν 36,89 ± 22,78 % για τη διατροφική ομάδα P22, 79,96 ± 34,88 % για τη διατροφική ομάδα P35, και 87,06 ± 20,57 % για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P<0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P>0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.3) διακυμάνθηκε με μέση τιμή 2,16±1,18%/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P22, 2,12 ± 0,65 %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P35, 2,65 ± 0,41 % για τη διατροφική ομάδα P40. 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) ήταν $4,62 \pm 4,82$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $1,55 \pm 0,44$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $1,11 \pm 0,24$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.3) ήταν $0,36 \pm 0,20$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $0,70 \pm 0,25$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $0,94 \pm 0,19$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατρέφθηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.3) ήταν $0,74 \pm 0,33$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $0,97 \pm 0,49$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $1,27 \pm 0,70$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατρέφθηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.3) ήταν $1,77 \pm 1,05$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $2,17 \pm 0,77$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $2,52 \pm 0,51$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων έδειξε σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$)

μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Η στατιστική επεξεργασία 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 14η ημέρα του πειράματος.

	P22	P35	P40
Βάρος (g)	1,20 ± 0,62 g	1,18 ± 0,69	1,52 ± 0,940
Μήκος (cm)	4,23 ± 0,77	3,9 ± 0,9	4,3 ± 0,8
Αύξηση βάρους (g)	0,34 ± 0,31	0,55 ± 0,40	0,80 ± 0,56
Αύξηση μήκους(cm)	0,70 ± 0,50	0,8 ± 04	1,0 ± 0,3
WG(%)	36,89 ± 22,78 ^a	79,96 ± 34,88 ^b	105,80 ± 22,13 ^b
SGR (%/ημέρα)	2,16±1,18	2,12 ± 0,65	2,65 ± 0,41
FCR	4,62±4,82	1,55 ± 0,44	1,11 ± 0,24
FE	0,36 ± 0,20 ^a	0,70 ± 0,25 ^b	0,94 ± 0,19 ^b
DPI	0,74 ± 0,33 ^a	0,97 ± 0,49 ^b	1,27 ± 0,70 ^b
PER	1,77 ± 1,05	2,17 ± 0,77	2,52 ± 0,51

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

3.1.4 42^η ημέρα διατροφικού πειράματος

Την 42^η ημέρα του διατροφικού πειράματος για το σιτηρέσιο P22 το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $1,40 \pm 0,80$ g, για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν $1,56 \pm 0,90$ g και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν $2,09 \pm 1,18$ g. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Όσον αφορά το μέσο μήκος των ψαριών την 42^η ημέρα του πειράματος για το σιτηρέσιο P22 ήταν $4,15 \pm 0,83$ cm, για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 $4,12 \pm 0,77$ cm και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και $4,44 \pm 0,91$ cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το σωματικό βάρος των ψαριών (Πιν. 3.4) αυξήθηκε με μέση τιμή $0,53 \pm 0,49$ g για τη διατροφική ομάδα P22, $0,93 \pm 0,62$ g για τη διατροφική ομάδα P35, και $1,37 \pm 0,81$ g για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ολικό μήκος των ψαριών (Πιν. 3.4) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο με το σιτηρέσιο P22 αυξήθηκε με μέση τιμή $0,6 \pm 0,6$ cm, $0,9 \pm 0,4$ cm για την διατροφική ομάδα P35, και $1,2 \pm 0,4$ cm για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.4) ήταν $57,10 \pm 35,70$ % για τη διατροφική ομάδα P22, $139,58 \pm 49,03$ % για τη διατροφική ομάδα P35, και $189,16 \pm 41,39$ % για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία

στατιστικά σημαντική διαφορά ($P>0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Πίνακας 3.4 Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά την 14η ημέρα του πειράματος.

	P22	P35	P40
Βάρος (g)	1,40 ± 0,80 g	1,56 ± 0,90	2,09 ± 1,18
Μήκος (cm)	4,15 ± 0,83 cm	4,1 ± 0,8	4,4 ± 0,9
Αύξηση βάρους (g)	0,53 ± 0,49	0,93 ± 0,62	1,37 ± 0,81
Αύξηση μήκους(cm)	0,6 ± 0,6 cm	0,9 ± 0,4	1,2 ± 0,4
WG(%)	57,10 ± 35,70 ^a	139,58 ± 49,03 ^b	189,16 ± 41,39 ^b
SGR (%/ημέρα)	3,07±1,58	2,04 ± 0,44	2,51 ± 0,33
FCR	4,62±4,08	1,60 ± 0,31	1,23 ± 0,21
FE	0,36 ± 0,26 ^a	0,65 ± 0,14 ^b	0,83 ± 0,15 ^b
DPI	1,36 ± 0,45	1,16 ± 0,62	1,61 ± 0,94
PER	0,96 ± 0,70 ^a	2,00 ± 0,42 ^b	2,24 ± 0,41 ^b

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

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.4) διακυμάνθηκε με μέση τιμή 3,07±1,58%/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P22, 2,04 ± 0,44 %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P35, 2,51 ± 0,33 % για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική

επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.4) ήταν $4,62\pm 4,08$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $1,60 \pm 0,31$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $1,23 \pm 0,21$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.4) ήταν $0,36 \pm 0,26$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $0,65 \pm 0,14$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $0,83 \pm 0,15$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P<0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P>0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.4) ήταν $1,36 \pm 0,45$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $1,16 \pm 0,62$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $1,61 \pm 0,94$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.4) ήταν $0,96 \pm 0,70$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $2,00 \pm 0,42$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $2,24 \pm 0,41$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. 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 P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο

($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

3.1.5 56^η ημέρα διατροφικού πειράματος

Την 56^η ημέρα του διατροφικού πειράματος για το σιτηρέσιο P22 το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $1,70 \pm 1,13$ g ,για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν $1,92 \pm 1,03$ g και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν $2,50 \pm 1,46$ g . Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Όσον αφορά το μέσο μήκος των ψαριών την 56^η ημέρα του πειράματος για το σιτηρέσιο P22 ήταν $4,30 \pm 0,70$ cm, για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 $4,5 \pm 0,8$ cm και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και $4,3 \pm 0,7$ cm. 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 3.5.

Το σωματικό βάρος των ψαριών (Πιν. 3.5) αυξήθηκε με μέση τιμή $0,84 \pm 0,81$ g για τη διατροφική ομάδα P22, $0,93 \pm 0,62$ g για τη διατροφική ομάδα P35, και $1,79 \pm 1,11$ g για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ολικό μήκος των ψαριών (Πιν. 3.5) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο με το σιτηρέσιο P22 αυξήθηκε με μέση τιμή $0,70 \pm 0,40$ cm, $1,2 \pm 0,4$ για την διατροφική ομάδα P35, και $1,7 \pm 0,4$ cm για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.5) ήταν $85,55 \pm 61,40$ % για τη διατροφική ομάδα P22, $201,59 \pm 53,44$ % για τη διατροφική ομάδα P35, και $245,10 \pm 71,77$ % για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.5) διακυμάνθηκε με μέση τιμή $4,08 \pm 2,31$ %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P22, $1,95 \pm 0,32$ %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P35, $2,18 \pm 0,34$ %/ημέρα για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.5) ήταν $5,20 \pm 4,90$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $1,77 \pm 0,40$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $1,63 \pm 0,31$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. 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) ήταν $0,33 \pm 0,22$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $0,59 \pm 0,11$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $0,63 \pm 0,14$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Πίνακας 3.5 Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθύων ανά διατροφική μεταχείριση κατά την 14η ημέρα του πειράματος.

	P22	P35	P40
Βάρος (g)	1,70 ± 1,13 g	1,92 ± 1,03	2,50 ± 1,46
Μήκος (cm)	4,30 ± 0,70 cm	4,5 ± 0,8	4,9 ± 1,0
Αύξηση βάρους (g)	0,53 ± 0,49	1,28 ± 0,74	1,79 ± 1,11
Αύξηση μήκους(cm)	0,70 ± 0,40 cm	1,2 ± 0,4	1,7 ± 0,4
WG (%)	85,55 ± 61,40 ^a	201,59 ± 53,44 ^b	245,10 ± 71,77 ^b
SGR (%/ημέρα)	4,08±2,31	1,95 ± 0,32	2,18 ± 0,34
FCR	5,20±4,90	1,77 ± 0,40	1,63 ± 0,31
FE	0,33 ± 0,22 ^a	0,59 ± 0,11 ^b	0,63 ± 0,14 ^b
DPI	1,34 ± 0,52	1,38 ± 0,76	1,98 ± 1,14
PER	1,01 ± 0,67	1,81 ± 0,34	1,70 ± 0,38

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

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.5) ήταν $1,34 \pm 0,52$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $1,38 \pm 0,75$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $1,98 \pm 1,14$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.5) ήταν $1,01 \pm 0,67$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $1,80 \pm 0,34$ για τα άτομα που σιτίστηκαν

με το σιτηρέσιο P35 και $1,70 \pm 0,38$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων έδειξε σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

3.1.6 71^η ημέρα διατροφικού πειράματος

Την 71^η ημέρα του διατροφικού πειράματος για το σιτηρέσιο P22 το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $1,77 \pm 1,13$ g ,για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35 ήταν $2,28 \pm 1,08$ g και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν $3,11 \pm 1,80$ g . Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Όσον αφορά το μέσο μήκος των ψαριών την 71^η ημέρα του πειράματος για το σιτηρέσιο P22 ήταν $4,50 \pm 0,80$ cm, για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 $4,8 \pm 0,7$ cm και για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40 και $5,3 \pm 1,1$ cm. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το σωματικό βάρος των ψαριών (Πιν. 3.6) αυξήθηκε με μέση τιμή $0,91 \pm 0,85$ g για τη διατροφική ομάδα P22, $1,65 \pm 0,79$ g για τη διατροφική ομάδα P35, και $2,39 \pm 1,48$ g για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Το ολικό μήκος των ψαριών (Πιν. 3.6) για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο με το σιτηρέσιο P22 αυξήθηκε με μέση τιμή $0,91 \pm 0,48$ cm, $1,50 \pm 0,31$ για την διατροφική ομάδα P35, και $1,99 \pm 0,60$ cm για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική επεξεργασία 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 την 14η ημέρα του πειράματος.

	P22	P35	P40
Βάρος (g)	1,77 ± 1,13 g	2,28 ± 1,08	3,11 ± 1,80
Μήκος (cm)	4,50 ± 0,80 cm	4,8 ± 0,7	5,3 ± 1,1
Αύξηση βάρους (g)	0,91 ± 0,85	1,65 ± 0,79	2,39 ± 1,48
Αύξηση μήκους(cm)	0,91 ± 0,48 cm	1,5 ± 0,3	2,0 ± 0,6
WG(%)	97,74 ± 71,04 ^a	273,83 ± 70,93 ^b	335,23 ± 111,16 ^b
SGR (%/ημέρα)	4,53±2,26	1,83 ± 0,27	2,03 ± 0,33
FCR	4,87±2,25 ^a	1,95 ± 0,45 ^b	1,81 ± 0,36 ^b
FE	0,26 ± 0,15 ^a	0,54 ± 0,12 ^b	0,57 ± 0,12 ^b
DPI	1,53 ± 0,73	1,63 ± 0,88	2,38 ± 1,36
PER	0,80 ± 0,46 ^a	1,65 ± 0,36 ^b	1,53 ± 0,32 ^b

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

Το ποσοστό αύξησης βάρους (WG) (Πιν. 3.6) ήταν $97,74 \pm 71,04$ % για τη διατροφική ομάδα P22, $273,83 \pm 70,93$ % για τη διατροφική ομάδα P35, και $335,23 \pm 111,16$ % για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.6) διακυμάνθηκε με μέση τιμή $4,53 \pm 2,26\%$ /ημέρα για τη διατροφική ομάδα P22, $1,83 \pm 0,28\%$ /ημέρα για τη διατροφική ομάδα P35, $2,04 \pm 0,33\%$ /ημέρα για τη διατροφική ομάδα P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.6) ήταν $4,87 \pm 2,25$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $1,81 \pm 0,36$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $1,95 \pm 0,45$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) (Πιν. 3.6) ήταν $0,26 \pm 0,15$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P22, $0,54 \pm 0,11$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35 και $0,57 \pm 0,12$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

Ο συντελεστής καθημερινής πρόσληψης πρωτεϊνών (DPI) (Πιν. 3.6) ήταν $1,53 \pm 0,73$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $1,63 \pm 0,88$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $2,39 \pm 1,36$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.6) ήταν $0,80 \pm 0,46$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22, $1,65 \pm 0,36$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P35 και $1,53 \pm 0,32$ για τα άτομα που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P40. 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 P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερο ($P < 0,05$) WG από τα άτομα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35 και P40. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) δεν εντοπίστηκε μεταξύ των διατροφικών ομάδων P35 και P40.

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 $25,89 \pm 2,18\%$. Για τα ψάρια που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο P22 η περιεκτικότητα του σώματός τους σε ξηρή ουσία ήταν $31,39 \pm 3,11\%$, $31,72 \pm 3,46\%$ με το σιτηρέσιο P35 και για τα ψάρια που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40, $31,90 \pm 2,32\%$. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δε βρέθηκε ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

3.2.2 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες

Στα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P22 ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ουσιών ήταν $53,93 \pm 2,08\%$, με το σιτηρέσιο P35 ήταν $57,40 \pm 1,72\%$, ενώ στα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 ήταν $58,38 \pm 1,52\%$. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της ξηρής ουσίας του σώματος των ιχθυδίων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα που σιτίστηκαν με το

σιτηρέσιο P22 είχαν σημαντικά χαμηλότερη ($P < 0,05$) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη από τα άτομα που διατρέφονταν με τα σιτηρέσια P35 και P40.

3.2.3 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες

Στο σιτηρέσιο P22 η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια ήταν $23,20 \pm 0,50$ %, στο σιτηρέσιο P35 ήταν $22,11 \pm 0,59$ %, ενώ για το σιτηρέσιο P40 ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων ήταν $21,84 \pm 1,19$ %,.Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους επί της ξηρής ουσίας του σώματος των ιχθυδίων.

3.3 Δείκτες

3.3.1 Ηπατοσωματικός δείκτης

Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI) υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων. Στο σιτηρέσιο P22 ο ηπατοσωματικός δείκτης είχε μέση τιμή $1,40 \pm 0,34$, στο P35 είχε μέση τιμή $5,13 \pm 7,41$ και για το P40 ήταν $2,54 \pm 0,81$. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

3.3.2 Γοναδοσωματικός δείκτης

Ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI) υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων. Στο σιτηρέσιο P22 ο γοναδοσωματικός δείκτης είχε μέση τιμή $3,84 \pm 3,44$, στο P35 είχε μέση τιμή $3,48 \pm 4,19$ και για το P40 ήταν $3,03 \pm 2,74$. Η στατιστική ανάλυση των δειγμάτων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αξία των διακοσμητικών ψαριών αυξάνει ραγδαία τα τελευταία χρόνια, όμως οι γνώσεις που έχουμε για τις διαιτητικές ανάγκες τους παραμένουν περιορισμένες καθώς υπάρχουν λιγιστές μελέτες διατροφικών πειραμάτων με τα είδη της οικογένειας Cichlidae (Arnott 2009).

Κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος, το μέσο βάρος και το μέσο μήκος των ιχθύων των τριών πειραματικών ομάδων ήταν παρόμοιο, με μέση τιμή $0,73 \pm 0,37\text{g}$ και $3,3 \pm 0,58\text{ cm}$ αντίστοιχα. Μετά από 70 ημέρες τα ψάρια και των 3 διατροφικών σιτηρεσίων αύξησαν το βάρος του σώματός του από 97,74% έως 335,23% και το μήκος από 19,05% έως 85,1%. Έτσι, φαίνεται ότι η ανάπτυξη των ιχθυδίων ήταν καλή ανεξαρτήτως διατροφικής μεταχείρισης.

Η αύξηση του βάρους (WG %) ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα P40 από ότι στην ομάδα P25. Συνεπώς, η αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης από 25% σε 35% και 40% στο σιτηρέσιο επέφερε σημαντική αύξηση, στην αύξηση του βάρους (WG %). Μεταβολικά αυτό σημαίνει ότι το είδος αξιοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις πρωτεΐνες και τα αμινοξέα της τροφής για σωματική ανάπτυξη. Οι Gullu *et al.* (2008) στην έρευνα τους παρατήρησαν ότι η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης επέφερε αναλογικές αυξήσεις στην ποσοστιαία αύξηση του βάρους για το είδος *Sciaenochromis fryeri* και διαπίστωσαν ότι σημαντικά μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου επιτεύχθηκε όταν το ποσοστό της πρωτεΐνης στη διαίτα ήταν της τάξης του 40%. Σε παρόμοιες μελέτες για τα είδη (*Carassius auratus*) και (*Colisa lalia*) το ποσοστό της πρωτεΐνης στη διαίτα ήταν της τάξης του 29% και 25% αντίστοιχα (Lochmann 1994, Shim 1989).

Επίσης, στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από 25% σε 35% και 40% επέφερε αναλογική αύξηση στο συντελεστή

μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR). Τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο που περιείχε το χαμηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης (P25) παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερη τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής, σε σύγκριση με τις άλλες δύο διατροφικές ομάδες (P35 και P40). Άρα, η αύξηση του διαιτητικού επιπέδου πρωτεΐνης από το 25% σε 35% και 40%, παράλληλα με τη βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης, οδήγησε και σε καλύτερη αξιοποίηση της τροφής. Παρόμοια τάση αύξησης του FCR με την αύξηση του επιπέδου της διαιτητικής πρωτεΐνης παρατηρήθηκε και από τον (Ogunji 1999). Στο πείραμα του για το είδος *O. niloticus* κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η δίαιτα που περιείχε 33,32% πρωτεΐνη απέδωσε το υψηλότερο FCR, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στην έρευνα του (Siddiqui 1988) ήταν 40%.

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 P40 να παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή σε σχέση με τη διατροφική ομάδα P25. Έτσι, η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από το 25% σε 35% και 40% στο σιτηρέσιο αύξησε σημαντικά την αποδοτικότητα της τροφής. Αντίθετα αποτελέσματα βρέθηκαν στην έρευνα του (Royes 2005), ο οποίος έδειξε 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.

Για τον συντελεστή απόδοσης πρωτεΐνης (PER) παρατηρήθηκε μία αναλογική αύξηση του με την αύξηση του επιπέδου της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο, με τη διατροφική ομάδα P40 να παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη τιμή του συντελεστή σε σχέση με τη διατροφική ομάδα P25. Έτσι, η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από το 25% σε 35% και 40% στο σιτηρέσιο αύξησε σημαντικά την αποδοτικότητα της τροφής. Αντιθέτως, στις έρευνες των (Dabrowski 1979) και (De-Silva 1989) η αύξηση

της διαιτητικής πρωτεΐνης επέφερε αναλογική μείωση του συντελεστή απόδοσης της πρωτεΐνης.

Όσον αφορά τη χημική σύσταση του σώματος της κιχλιδιζέβρας 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 40% διαιτητική πρωτεΐνη, είχαν σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις. Αυτό υποδηλώνει ότι το αυξανόμενο ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης από 22% σε 40% οδήγησε σε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο σώμα της κιχλιδοζέβρας. Παρόμοια αναλογική αύξηση της περιεκτικότητας του σώματος σε πρωτεΐνες βρέθηκε από τον (Phillips 1994) με αύξηση από 21.2% σε 34.5%.

Συμπερασματικά, με την αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης υπήρξε τάση αναλογικής αύξησης του WG (%), FGR (%/ημέρα) και FE, στα ψάρια και αναλογικής μείωσης του PER. Η αύξηση για όλες τις παραμέτρους ήταν σημαντική, που σημαίνει ότι το επίπεδο 40% διαιτητικής πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο της κιχλιδοζέβρας απέδωσε καλύτερα. Το παραπάνω συμπέρασμα βρίσκεται σε συμφωνία με τον (Wilson 2002), ο οποίος υποστηρίζει ότι η μέγιστη ανάπτυξη των περισσότερων ειδών διακοσμητικών ψαριών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα επιτυγχάνεται με πρωτεΐνη 39-40%.

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 ± 0.33 g mean body weight and 3.1 ± 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 ± 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: 22% (P22), 35% (P35) and 40% (P40). 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 40% 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.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Allen, G.R., Midgley S.H., Allen M., 2002, Field guide to the freshwater fishes of Australia. Western Australian Museum, Perth, Western Australia, 394

Andrews, C. (1990). The ornamental fish trade and fish conservation . Journal of Fish Biology, 37 (Supplement A), 53 - 59.

AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16th 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

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, 468

Chapman, F.A., 2000. Ornamental fish culture, freshwater. In: R.R. Stickney (ed), Encyclopedia of Aquaculture, pp. 602-610. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

Chapman F. A., Fitz C., Sharon A., 2007, Aquaculture, Fisheries & Fish Science Journal of the World Aquaculture Society, United States of America, 28(1)

Chong A.S.C., Hashim R., Ali A.B. (2000) Dietary protein requirements for discus (*Symphysodon* spp.). Aquacult Nutr, 6(4), 275-278

Conkel, D., 1993. Cichlids of North and Central America. T.F.H. Publications, Inc., USA.

Dabrowski, K. 1979. Feeding requirements of fish with particular attention to common carp, a review. Polish Arch. Hydrobiol., 26, 135-158

De Silva S.S., Gunasekera R.M. and Atapattu, D., 1989, The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost of dietary protein levels. Aquaculture, 80, 271-284

Earle K.E., 1995, The nutritional requirements of ornamental fish Waltham Centre for Pet Nutrition, Freeby Lane, Waltham-on-the Wolds, Melton Mowbray, Leicestershire, United Kingdom, 17:sup1, 53-55

Elangovan A., Shim K.F. (1997) Growth response of juvenile *Bardode saltus* fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture, 158: 321-329

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996-2005. The numbers represent the average unit value of imports for 1994-2003. FAO Yearbooks 1996 to 2005, Fishery Statistics, Commodities Volumes 83-97. FAO: Rome, Italy

Fisheries and Aquaculture Department FAO United States (2012) Fisheries and aquaculture department, Ornamental fish (<ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary/b-1.pdf>)

Fracalossi D.M., Allen M.E., Nichols D.K., Oftedal, O.T., 1998. Oscars, *Astronotus ocellatus*, have a dietary requirement for Vitamin C. *J. Nutr.* 128, 1745–1751.

Gullu K., Guroy D., Celik I., Tekinay A., A., 2008, Optimal Dietary Protein Levels in Juvenile Electric Blue Cichlid (*Sciaenochromis fryeri*), Turkey, *The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh*, 60(4), 261-267

Gutiérrez I.C., Adam R., Kreuzer B., 2011, Variation in asymmetry of the habenular nucleus correlates with behavioural asymmetry in a cichlid fish, *Department of Psychology, University of Alberta, Edmonton Canada, Behavioural Brain Research* 221, 189–196

Hugg, D.O., 1996. MAPFISH georeferenced mapping database. Freshwater and estuarine fishes of North America. Life Science Software. Dennis O. and Steven Hugg, 1278 Turkey Point Road, Edgewater, Maryland, USA.

Jeffrey E., Hill, R., Yanong P.E., 2002, Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Circular 54

Kullander, S.O., 2003, Cichlidae (Cichlids). p. 605-654. In R.E. Reis, S.O. Kullander and C.J. Ferraris, Jr. (eds.) *Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS, Brasil.

Lee D.S., Gilbert C.R., Hocutt C.H, Jenkins R.E., 1980

Livengood, Chapman, 2007. *The Ornamental Fish Trade: An Introduction with Perspectives for Responsible Aquarium Fish* Department of Fisheries and Aquatic Sciences, University of Florida.

Llames C.R., Fontaine, J., 1994. Determination of amino acid in feeds: collaborative study. *J. AOAC Int.* 77, 1362 – 1402.

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.T. and H. Phillips, 1994. Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria. *Aquaculture*, 128, 277-285

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

Mills D., Vevers G.,1982,The cichlids. In: The practical encyclopedia of freshwater. Tropical aquarium fishes. Salamander books, London,160-169

(National Research Council), N.R.C., 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, DC, USA revised ed.

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 Protein Content and Sources, on Growth, Food Conversion and Body Composition of Tilapia *Oreochromis niloticus* Fingerlings, Deutscher Tropentag in Berlin Session: Sustainable Technology Development in Animal Agriculture

Olivera-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, pp. 85–96.

Pannevis M. C.,Earle E.,1994, Nutrition of Ornamental Fish: Water Soluble Vitamin Leaching and Growth of *Paracheirodon innesi*, American Institute of Nutrition. J. Nutr. 124

Peter K.L., Tan H.H.,1997, Freshwater fishes of Southeast Asia: potential for the aquarium fish trade and conservation issues, Aquarium Sciences and Conservation, Volume 1, Issue 2, pp 79-90

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

Siddiqui A.Q., Howlader M. S., Adam A. A., (1988). Effect of dietary protein levels on growth, feed conversion utilisation in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture(70) 63 -73

Schmitter 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

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

Shim K.F., Landesman L., Lam T.J., 1989, Effect of dietary protein on growth, ovarian development and fecundity in the dwarf gourami, *Colisa lalia* (Hamilton). *J. Aquac. Trop.*, 4,111-123

Wilson R.P., 2002, Amino acids and protein. Fish Nutrition, 3rd ed. Academic Press, San Diego, CA., 143-179

Ελληνική βιβλιογραφία

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