

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

«ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ»

**Η επίδραση διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων πρωτεΐνης στην
ανάπτυξη του εκτρεφόμενου μυτακίου (*Diplodus puntazzo*)**

Δρετάκη Στάμου Γεωργία

Βόλος 2013

**«Η επίδραση διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων πρωτεΐνης στην ανάπτυξη του
εκτρεφόμενου μυτακίου (*Diplodus puntazzo*)»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) **Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**,
- 2) **Έλενα Μεντέ**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**,
- 3) **Αθανάσιος Εξαδάκτυλος**, Επίκουρος Καθηγητής, Γενετική Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

Στην μητέρα μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά 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 κα Έλενα Μεντέ και κ. Αθανάσιο Εξαδάκτυλο.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νικόλαο Βλάχο για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά του, όσον αφορά την διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της παρούσας εργασίας και την υποστήριξη του καθ' όλη την διάρκεια της διαμονής μου στο Μεσολόγγι. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την μεταπτυχιακή συμφοιτήτρια μου Μαρία Χαμόγλου για την βοήθεια της στην στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την στήριξη της.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην μητέρα μου και στους δικούς μου ανθρώπους για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το μυτάκι είναι ένα βενθοπελαγικό είδος, που ανήκει στην οικογένεια των Sparidae. Ο διατροφικός τύπος του είδους είναι παμφάγος. Η γνώση, όμως για της θρεπτικές απαιτήσεις του είδους δεν είναι επακριβώς ορισμένη. Το μυτάκι ανήκει στα νέα είδη για τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, με πολύ καλές προοπτικές για την εντατική εκτροφή του.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και χημική σύσταση του είδους.

Ιχθύδια (300 στο σύνολο), με αρχικό μέσο βάρος $2,80 \pm 0,08\text{g}$, μεταφέρθηκαν σε 15 κωνικοκυλινδρικές δεξαμενές. Στο κλειστό σύστημα κυκλοφορίας θαλασσινού νερού η θερμοκρασία ήταν $26,6 \pm 1,6^\circ\text{C}$, το pH $8,03 \pm 4,4$ και η αλατότητα ήταν $33 \pm 0,16\%$. Τα ιχθύδια χωρίστηκαν σε 5 διατροφικές ομάδες (20 άτομα/δεξαμενή, 3 επαναλήψεις/διατροφική ομάδα), στις οποίες χορηγήθηκαν 5 διαφορετικά σιτηρέσια, 2 φορές καθημερινά για 101 ημέρες. Συγκεκριμένα, τα σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά ($20,6 \text{ Mj/kg}$) και διέφεραν ως προς το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης σε ποσοστό 30%, 35%, 40%, 45% και 50%, αντίστοιχα.

Η αύξηση βάρους των ψαριών ($11,65 - 21,29\text{g}$) και ο SGR ($1,71 - 2,19\%/ημέρα$) αυξάνονταν καθώς η πρωτεΐνη αυξανόταν από 30% μέχρι το ποσοστό του 40% και στην συνέχεια ακολούθησε μείωση των τιμών για τα ποσοστά περιεκτικότητας 45% και 50%. Για τον συντελεστή FCR ($3,10 - 1,63$) οι τιμές συνεχώς μειώνονταν για τα σιτηρέσια με ποσοστό από 30% μέχρι 45% και στην συνέχεια αυξήθηκε για το σιτηρέσιο με ποσοστό περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 50%. Και τέλος για τον συντελεστή PER ($1,05 - 1,39$) η βέλτιστες τιμές καταγράφηκαν για τα σιτηρέσια με ποσοστό περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 35-45%. Συνοψίζοντας τα

αποτελέσματα της παρούσης μελέτης έδειξαν ότι το επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης επηρεάζει την ανάπτυξη των ψαριών. Συγκεκριμένα, ένα σιτηρέσιο που περιέχει διαιτητική πρωτεΐνη της τάξης του 35-45% αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη στο μυτάκι υπό τις παρούσες πειραματικές συνθήκες.

Λέξεις – Κλειδιά: μυτάκι, *Diplodus puntazzo*, επίπεδο πρωτεΐνης, ανάπτυξη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	Βιολογικά χαρακτηριστικά του <i>Diplodus puntazzo</i>	1
1.2	Εκτροφή του <i>Diplodus puntazzo</i>	5
1.3	Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους.....	6
1.4	Σκοπός εργασίας.....	9
2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	10
2.1	Πειραματικός σχεδιασμός.....	10
2.2	Σιτηρέσια – Σίτιση.....	12
2.3	Δειγματοληψίες.....	14
2.4	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	15
2.4.1	Θνησιμότητα.....	15
2.4.2	Αύξηση ολικού βάρους ψαριών.....	15
2.4.3	Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους.....	15
2.4.4	Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης.....	16
2.4.5	Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής.....	16
2.4.6	Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεΐνης.....	16
2.4.7	Σωματομετρικοί δείκτες.....	16
2.5	Χημικές αναλύσεις.....	17
2.5.1	Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	17
2.5.2	Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	18
2.5.3	Προσδιορισμός τέφρας.....	19
2.5.4	Προσδιορισμός υγρασίας.....	20
2.6	Στατιστική ανάλυση.....	20

3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	21
3.1	Θνησιμότητα.....	21
3.2	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	23
3.2.1	Κατά την έναρξη του πειράματος.....	24
3.2.2	Κατά την 26 ^η ημέρα του πειράματος.....	24
3.2.3	Κατά την 49 ^η ημέρα του πειράματος.....	27
3.2.4	Κατά την 76 ^η ημέρα του πειράματος.....	29
3.2.5	Κατά την ολοκλήρωση του πειράματος.....	32
3.2.6	Σωματομετρικοί δείκτες.....	39
3.3	Χημικές αναλύσεις.....	40
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	45
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46
6.	ABSTRACT.....	54

1. Εισαγωγή

1.1 Βιολογικά χαρακτηριστικά του *Diplodus puntazzo*

Η ούγγαινα ή μυτάκι ή χιόνα (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) (Εικ. 1) ανήκει στη μεγάλη οικογένεια των Sparidae, η οποία περιλαμβάνει 33 γένη και 115 είδη ψαριών (Basurco *et al.* 2011). Πολύ γνωστά είδη ψαριών ανήκουν στην οικογένεια των σπαροειδών, ορισμένα κατέχουν μεγάλη εμπορική αξία όπως είναι τα *Dentex dentex* (συναγρίδα), *Diplodus sargus* (σαργός), *Boops boops* (γόπα), *Pagellus erythrinus* (λιθρίνι), *Pagrus pagrus* (φαγκρί) και *Sparus aurata* (τσιπούρα).



Εικόνα 1.1: Το μυτάκι (*Diplodus puntazzo*) (www.fishbase.org)

Η συστηματική κατάταξη του είδους είναι η εξής:

Ομοταξία: Osteichthyes

Υφομοταξία: Acanthopterygii

Υπέρταξη: Teleostei

Τάξη: Perciformes

Υπόταξη: Percoides

Οικογένεια: Sparidae

Γένος: *Diplodus*

Είδος: *D. puntazzo*

Το *P. puntazzo* έχει σώμα ωοειδές, πιεσμένο στα πλάγια. Το μήκος του φτάνει μέχρι 60cm, συνήθως 25-30cm (Basurco *et al.* 2010) και το μέγιστο βάρος που έχει καταγραφεί για το είδος είναι 1.680g (IGFA 2001). Το ρύγχος του είναι κωνικό και μυτερό που δικαιολογεί την κοινή ονομασία του. Οι βραγχιακές άκανθες είναι 12-18 (7-11 κάτω και 5-7 πάνω) στο πρώτο βραγχιακό τόξο. Το πτερύγιο της ουράς είναι διχαλωτό, και το ραχιαίο αποτελείται από δύο τμήματα, το μπροστινό με σκληρές ακτίνες (11) και το πίσω με μαλακές (12-15) (Παπαναστασίου 1980). Η πρώτη ακτίνα του ραχιαίου είναι πολύ κοντή. Τα πλευρικά πτερύγια είναι δρεπανόμορφα. Το εδρικό πτερύγιο αποτελείται και αυτό από δύο τμήματα, το μπροστινό με 3 σκληρές άκανθες και το πίσω μέρος με 11-13 μαλακές άκανθες (Fishbase 2012).

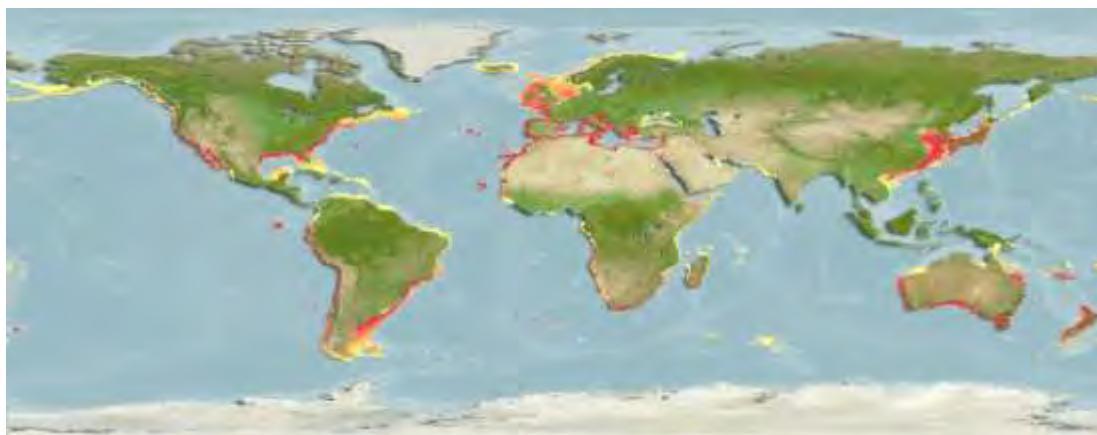
Είναι ένα από τα λίγα ετερόδοντα είδη ψαριών, έχουν δηλαδή διαφοροποιημένα δόντια (κοπτήρες, κυνόδοντες, τραπεζίτες) (Παπαναστασίου 1980). Έχει δόντια μακρύτερα, λεπτότερα και οι κοπτήρες προεξέχουν περισσότερο σε σχέση με τα άλλα είδη ψαριών που ανήκουν στην ίδια οικογένεια (Linde *et al.* 2004). Σε κάθε σιαγόνα υπάρχουν 8 κοπτήρες με κλίση προς τα εμπρός, χρώματος ανοιχτού καφέ. Επίσης υπάρχουν 1 ή 2 σειρές στοιχειωδών τραπεζιτών στο πίσω μέρος των σιαγόνων (Παπαναστασίου 1980). Το σχήμα των δοντιών (μακριά, λεπτά και κοπτήρες που προεξέχουν) και η έλλειψη γομφίων υποδηλώνουν ότι το είδος τρέφεται με μεγάλου μεγέθους θηράματα, χωρίς σκληρό σκελετό όπως φύκη και σπόγγους (Linde *et al.* 2004).

Το χρώμα του είναι γκρι-ασημένιο, με 6 κάθετες σκοτεινόχρωμες ταινίες, οι οποίες εναλλάσσονται με άλλες 6 πιο ανοιχτόχρωμες (Basurco *et al.* 2011). Οι ταινίες

αυτές είναι περισσότερο ή λιγότερο τονισμένες στα ενήλικα άτομα, ενώ εξαφανίζονται τελείως στα μεγάλα ψάρια. Υπάρχει ένας μαύρος δακτύλιος στον ουραίο μίσχο. Το ουραίο πτερύγιο καταλήγει σε μαύρες παρυφές (Παπαναστασίου 1980).

Παρ' όλο που τα σπαροειδή συναντώνται ευρέως στη Μεσόγειο και αποτελούν ένα σημαντικό αλιευτικό πόρο, δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα για τη βιολογία και την οικολογία του *P. puntazzo*, με εξαίρεση δημοσιεύσεις που αφορούν την ανάπτυξη, την ηλικία και την ποιότητα των αυγών τους (Palma & Andrade 2002, Atienza *et al.* 2004, Rondan *et al.* 2004, Marangos 2005, Kraljevic *et al.* 2007, Saavedra *et al.* 2007).

Το *D.puntazzo* είναι ένα βενθοπελαγικό είδος, που συναντάται σε κοπάδια σε αμμώδεις και βραχώδεις βυθούς αλλά και σε συστάδες φυκών, σε βάθη από 0 μέχρι 150m (με μεγαλύτερη αφθονία στα 60m) (Kraljevic *et al.* 2007). Είναι ευρύαλο είδος και συναντάται και σε λιμνοθάλασσες. Η βιολογική εξάπλωση (Εικ. 2) του είδους περιλαμβάνει υποτροπικά κυρίως νερά (42°B - 28°N, 26°Δ - 42°A). Συναντάται στις θαλάσσιες περιοχές του ανατολικού Ατλαντικού, από τον κόλπο του Biscay μέχρι την Σιέρρα Λεόνε, τα Κανάρια νησιά και το Πράσινο Ακρωτήριο και την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου (Γιβραλταρ και Μαύρη θάλασσα) (Basurco *et al.* 2010). Καθώς επίσης και σε περιοχές της νότιας Αφρικής, του Ειρηνικού ωκεανού, από την Αλάσκα μέχρι την Αργεντινή και την βόρεια Κορέα μέχρι τις Φιλιππίνες, της ευρύτερης θαλάσσιας περιοχής της Αυστραλίας και την Αδριατική θάλασσα (Fishbase 2012).



Εικόνα 1.2: Η γεωγραφική εξάπλωση του *D. puntazzo* (www.fishbase.org).

Το μυτάκι είναι ερμαφρόδιτο είδος με φαινόμενα πρωτανδρισμού, συμπεριφέρεται, δηλαδή, ως αρσενικό μετά την πρώτη αναπαραγωγική ωριμότητα του και στη συνέχεια αλλάζει φύλλο. Η σεξουαλική ωριμότητα του είδους λαμβάνει χώρα στο 2 έτος (Παπαδάκη και συν. 2008). Ο καθοριστικός παράγοντας για την έναρξη και την λήξη της αναπαραγωγικής περιόδου είναι η θερμοκρασία. Η ωοτοκία ξεκινάει στους 23°C και σταματάει όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 20°C (Marangos 1995). Σε έρευνα που έγινε στην Κύπρο η ωοτοκία πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες 19-21°C και διαρκεί για 14-20 ημέρες κάθε μήνα για 3 με 4 μήνες συνολικά ενώ ο αριθμός των αυγών κυμαίνεται από 2,5-5εκατ. αυγά ανά κιλό ενήλικου ψαριού (Παπαδάκη και συν. 2008).

Ο διατροφικός τύπος του είδους είναι παμφάγος με προτίμηση στα μακρόφυτα. Ευρήματα στα στομαχικά περιεχόμενα του είδους έδειξαν ότι τρέφεται με μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών όπως σπόγγους, υδρόζωα, ανθόζωα, πολύχαιτους, κοπήποδα, δεκάποδα, ισόποδα, δίθυρα μαλάκια, ασκίδια, αμφίποδα, βρυόζωα και οφιουροειδή (Sala & Ballesteros 1997). Έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε λιμνοθάλασσες της Ιταλίας έδωσε παρόμοια ευρήματα σχετικά με την διατροφή του (φανερόγαμα, βρυόζωα, πολύχαιτοι, φύκη, ανθόζωα, αμφίποδα, αυγά ασκίδια,

λάρβες) (Mariani *et al.* 2002) Με βάση τους Sala & Ballesteros (1997) η σύνθεση της διατροφής του μυτακιού επηρεάζεται από την εποχικότητα. Τα φύκη και τα δίθυρα μαλάκια κυριαρχούν στην διαίτα του είδους καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Τα αμφίποδα και τα οφιοθροειδή παρουσιάζουν μέγιστο αριθμό στα στομαχικά περιεχόμενα την άνοιξη ενώ οι σπόγγοι και τα υδρόζωα το καλοκαίρι. Τα ασκίδια, βρυόζωα και δεκάποδα αποτελούν μέρος της διατροφής του ψαριού όλο το χρόνο αλλά σε μικρές ποσότητες.

1.2 Εκτροφή του *Diplodus puntazzo*

Το μυτάκι είναι ένα νέο είδος στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, γι' αυτό τα δεδομένα που αφορούν την παραγωγή, την διαδικασία εκτροφής και τις μονάδες εκτροφείς του παγκοσμίως αλλά και σε εθνικό επίπεδο είναι ελλιπή και ασυνεχή.

Η Ιταλία, μία από τις χώρες εκτροφής του *P. puntazzo*, μεταξύ 1997 και 2003 παρήγαγε 200-400mtn ψαριών ετησίως. Σχετικά με τα έτη από το 2004 μέχρι το 2009 έχουμε δεδομένα μόνο για το έτος 2005 (παραγωγή 400tn) και 2009 (παραγωγή 159tn) (FAO-FishStatPlus 2008). Από την άλλη μεριά η Ευρωπαϊκή Κοινότητα αναφέρει ετήσια παραγωγή για το 2007 159mtn. Η Ελλάδα δεν εμφανίζεται ως παραγωγός χώρας στα δεδομένα του FAO ενώ ο FEAP δίνει ετήσια παραγωγή, δια την περίοδο 2006-2008, 4εκατ. ιχθύδια. Το 2000 στην χώρα μας λειτουργούσαν 282 μονάδες πάχυνσης και 36 ιχθυογεννητικοί σταθμοί (ένας εξ αυτών κρατικός). Η παραγωγή των μονάδων πάχυνσης σε νέα είδη (μυτάκι, φαγκρί, συναγρίδα, σαργό) έφτασε τους 1.232,7 τόνους και οι ιχθυογεννητικοί σταθμοί διέθεσαν στην αγορά 9.469.820 εκατ. ιχθύδια φαγκριού, συναγρίδας, μυτακιού και σαργού με βάση τα δεδομένα της Γενικής Διεύθυνσης Αλιείας. Το 2005 η παραγωγή των νέων ειδών αυξήθηκε στους 1.411 τόνους (311 μονάδες πάχυνσης) με μία αντίστοιχη άνοδο και

της διάθεσης ιχθυδίων σε 17.5 εκατ. ψάρια (39 ιχθυογεννητικοί σταθμοί) (ΕΠΑΛ 2007).

1.3 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους

Η γνώση για τις θρεπτικές απαιτήσεις του είδους είναι ακόμα ελλιπής. Είναι ένα είδος με καθαρή προτίμηση σε διατροφή πλούσια σε πρωτεΐνες όμοια με αυτή των σαρκοφάγων ειδών (Almáida-Pagan *et al.* 2008). Τα αμινοξέα είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τις λάρβες (Rønnestad *et al.* 1999) και είναι απαραίτητη η παροχή υψηλών επιπέδων αμινοξέων στη διατροφή των λαρβών για να επιτευχθεί αύξηση της βιομάζας (Rønnestad *et al.* 2003). Μη ισορροπημένη διατροφή όσον αφορά τα αμινοξέα αυξάνει την οξείδωση τους και προκαλεί μείωση του ρυθμού ανάπτυξης (Fauconneau *et al.* 1992). Σε έρευνες που έχουν γίνει το είδος έδωσε καλά αποτελέσματα ανάπτυξης σε ένα μεγάλο εύρος τιμών περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των τροφών, οι οποίες κυμαίνονται από 40% μέχρι 65% (Orban *et al.* 2000, Vivas *et al.* 2006, Piedecausa *et al.* 2007, Nogales-Merida *et al.* 2010, Almáida-Pagan *et al.* 2011, Garcia *et al.* 2011, Picolo *et al.* 2011). Έχει διαπιστωθεί ότι η αύξηση της βιομάζας σχετίζεται με το ποσοστό των πρωτεϊνών και όχι του λίπους (Atienza *et al.* 2004). Όσον αφορά τις απαιτήσεις του *P. puntazzo* σε λίπος θεωρείται ότι η περιεκτικότητα της τροφής πρέπει να είναι κάτω από 17g/100g τροφής (Pargoura *et al.* 1993). Η τιμή -όριο είναι αποτέλεσμα της παρατήρησης συσσώρευσης λίπους σε εκτρεφόμενα ψάρια που προσλάμβαναν τροφές με υψηλή περιεκτικότητα λίπους, μεταξύ 17-22g/100g τροφής (Pargoura *et al.* 1993). Μεταγενέστερη έρευνα έδειξε ότι η χαμηλή περιεκτικότητα της τροφής σε λίπος (10g/100g τροφής) αυξάνει τον ρυθμό μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), ενώ ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) δεν επηρεάζεται (Adamidou *et al.* 2011). Παρόμοια έρευνα παρουσιάζει βελτίωση του

FCR όταν τα επίπεδα του λίπους έφτασαν τα 14g/100g τροφής (Hernandez *et al.* 2001). Η περιεκτικότητα της τροφής σε λίπος σε χαμηλά επίπεδα δεν επηρεάζει την διατροφική συμπεριφορά του είδους (Almaida-Pagan *et al.* 2007).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το μυτάκι είναι ένα παμφάγο είδος ψαριού (Sala & Ballesteros 1997) με αποτέλεσμα η πρωτεΐνη φυτικής προέλευσης να αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της φυσικής διατροφής του (Mena & García-García 2002). Ποσοστά περιεκτικότητας σε σόγια πάνω από 60% σε πειραματικά σιτηρέσια δεν επηρέασαν σημαντικά την ανάπτυξη ή δεν οδήγησαν σε σημαντικές διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ψαριού (Hernández *et al.* 2007). Οι Atienza *et al.* (2004) ανέφεραν μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης σε αναλογίες πρωτεΐνης-λίπους 47/10 και παρόμοια αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν από την Adamidou *et al.* (2011) όπου βρήκε μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης σε αναλογία 45/10. Στη δεύτερη έρευνα παρατηρήθηκε ότι περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες πάνω από 5g/100g τροφής δεν παρουσιάζει μεταβολή στον ρυθμό ανάπτυξης. Όσον αφορά το ποσοστό των υδρογονανθράκων στα σιτηρέσια πρέπει να παραμένει σε χαμηλό επίπεδο (9%) για να επιτυγχάνεται ταχύτερη απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών (Bonaldo *et al.* 2004).

Με βάση το Σύλλογο Ελλήνων Θαλασσοκαλλιεργητών (ΣΕΘ), η εμπορική ιχθυοτροφή (σύμπηκτο) που χορηγείται στο είδος γενικά περιέχει πρωτεΐνες σε ποσοστό 55% (της τροφής), λίπη 11%, ινώδεις ουσίες 3%, ανόργανα στοιχεία 13% και υγρασία 10% (ΣΕΘ 2012). Η σύσταση της τροφής διαφοροποιείται σε σχέση με το μέγεθος των ψαριών και το ίδιο ισχύει για τη μορφή με την οποία χορηγείται. Μέχρι και το μέγεθος των 8g η τροφή χορηγείται στα ιχθύδια σε πολύ μικρής διαμέτρου κόκκους (*granules*), ενώ όσο τα ψάρια μεγαλώνουν έχει τη μορφή συμπήκτου (*πελλέτας*) διαφόρων μεγεθών που ξεκινούν από τα 1,5 mm και φθάνει τα

4,5 mm όταν τα ψάρια ξεπεράσουν το μέγεθος των 100 g. Τα υλικά από τα οποία παρασκευάζεται η τροφή τα ιχθυάλευρα (συνήθως σε ποσοστό 50%), τα ιχθυέλαια (συνήθως σε ποσοστό 7%), φυτικές πρωτεΐνες (κυρίως σόγια μέχρι 25%), το σιτάρι (μέχρι και 20%), και μικροοργανισμούς όπως σακχαρομύκητες με τη μορφή μαγιάς για την παροχή των απαραίτητων βιταμινών.

Οι τεχνικές «των πράσινων νερών» που χρησιμοποιούνται για την εκτροφή του μυτακίου, είναι κοινές με αυτές που χρησιμοποιούνται για την τσιπούρα, οι οποίες πρόσφατα περιγράφηκαν (Pastor 2000). Με βάση το Marangos (1995) η διατροφή των λαρβών περιγράφεται ως εξής: Τις πρώτες 30 ημέρες οι λάρβες τρέφονται με *Chlorella* sp. και Rotifers. Πιο αναλυτικά τις πρώτες 40 ημέρες στα ιχθύδια χορηγούνται *Brachionus plicatilis* εμπλουτισμένα με *Chlorella* ή βιομηχανικά εμπλουτιστικά πλούσια σε λιπαρά οξέα (Marangos 1995). Επιπλέον χορηγείται στα ιχθύδια από την 20^η μέχρι την 40^η ημέρα μετά την γέννηση ναύπλιοι *Artemias* και από την 30^η μέχρι την 60^η εμπλουτισμένοι μεταναύπλιοι *Artemias* (Marangos 1995). Αδρανή τροφή χορηγείται στα ψάρια μετά την 35^η μετά την γέννηση, ενώ από 40^η μέχρι την 60^η ημέρα χορηγείται μόνο ξηρή τροφή και εμπλουτισμένοι μεταναύπλιοι (Marangos 1995). Η επιβίωση στο τέλος της εκτροφής των ψαριών στη φάση της λάρβας είναι 30-35% την 70^η ημέρα (Basurco *et al.* 2010). Μετά την 127^η ημέρα τα ιχθύδια μεταφέρονται για πάχυνση (Marangos 1995). Οι φάσεις της προ-πάχυνσης και της πάχυνσης πραγματοποιούνται σε δεξαμενές ή πλωτούς θαλάσσιους κλωβούς κάτω από εντατική εκτροφή (Gatland 1995). Η προ-πάχυνση λαμβάνει χώρα σε δεξαμενές και η επιτυχία της διαδικασίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού. Τα νεαρά ιχθύδια βάρους 1 μέχρι 15 g μπορεί να χρειαστούν 71 μέρες στους 20 °C ή 46 μέρες στους 24 °C, με ιχθυοπυκνότητα 10-20 kg m⁻³ και με FCR σε αυτήν την περίοδο 1,24 και 1,1, αντίστοιχα (Basurco *et al.*

2010). Καλά αποτελέσματα όσον αφορά την εκτροφή έχουν παρατηρηθεί με τη χρήση εμπορικής τροφής. Η εκτροφή του είδους από τα 15 g μέχρι ένα εμπορεύσιμο μέγεθος της τάξης των 400g διαρκεί από 14 μέχρι 17 μήνες με FCR περίπου 1,6 (Basurco *et al.* 2010).

1.4 Σκοπός εργασίας

Πρωταρχικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού του *D. puntazzo*. Απώτερος σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των πρωτεϊνικών απαιτήσεων του είδους (με διατήρηση μικρού ποσοστού χορήγησης ιχθυαλεύρων) με σκοπό τη βελτίωση της διατροφής του μυτακιού, ως ένα πολλά υποσχόμενο εκτρεφόμενο είδος, η οποία θα συμβάλλει με τη σειρά της στην αύξηση των ρυθμών ανάπτυξης των ψαριών, στην επιτάχυνση και οικονομικότητα της εκτροφής, καθώς και στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο υδάτινο περιβάλλον.

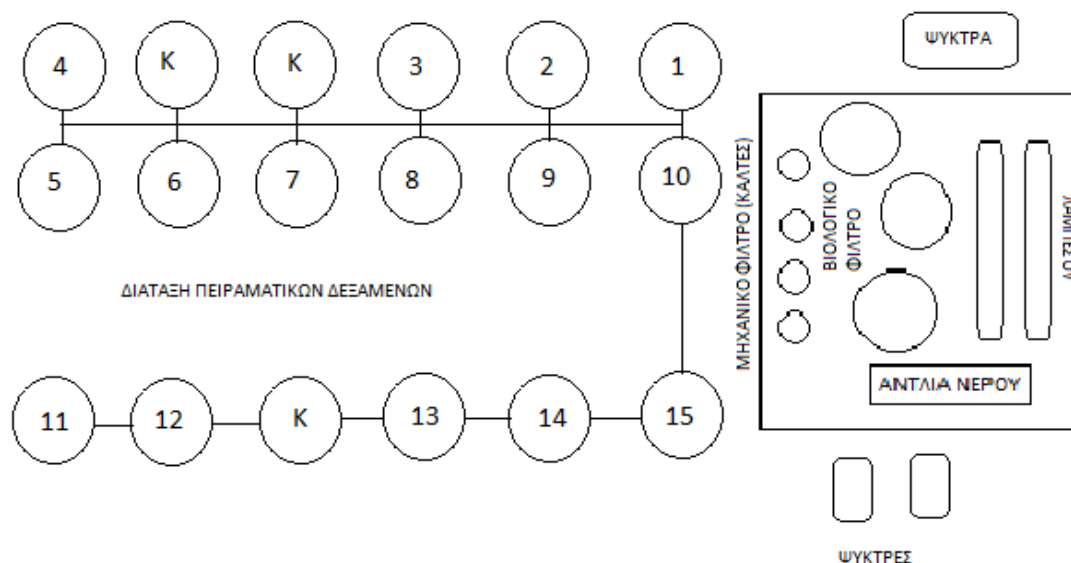
2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Ιχθύδια του είδους *Diplodus puntazzo*, με αρχικό βάρος $2,80 \pm 0,08g$, μεταφέρθηκαν στις 13 Αυγούστου 2012, σε ειδικές συσκευασίες, από τον ιχθυογεννητικό σταθμό Ανδρομέδα (Βόνιτσα) στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Υδατοκαλλιεργειών & Αλιευτικής Διαχείρισης του Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου, όπου και έλαβε χώρα το πείραμα. Από τον αρχικό αριθμό 300 ιχθύδια τοποθετήθηκαν σε πειραματικές δεξαμενές και αφέθηκαν να εγκλιματιστούν στις συνθήκες για συνολικά 9 ημέρες. Ενώ ένας αριθμός 50 ιχθυδίων θανατώθηκαν για την πραγματοποίηση χημικών αναλύσεων στο σώμα και στο ήπαρ αυτών (αρχικό δείγμα). Τα ιχθύδια μέχρι την έναρξη του πειράματος σιτίζονταν μία φορά την ημέρα. Το πείραμα διήρκεσε συνολικά 101 μέρες (23 Αύγουστου- 3 Δεκέμβριου).

Τα ιχθύδια μετά τον εγκλιματισμό τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας θαλασσινού νερού. Οι πειραματικές εγκαταστάσεις αποτελούνταν από 15 κωνικοκυλινδρικές δεξαμενές χωρητικότητας 100L, καθώς επίσης και από ένα σύστημα μηχανικού και βιολογικού φιλτραρίσματος, αποστείρωσης και ψύξης του νερού. Η διάταξη των δεξαμενών και του συστήματος φιλτραρίσματος-αποστείρωσης απεικονίζεται στην Εικόνα 2.1. Επιγραμματικά, το σύστημα αποτελούνταν από 3 ψύκτρες νερού (με μηχανική ιπποδύναμη 0,5Hp) για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε σταθερά επίπεδα ($28^{\circ} \pm 0,02C$), 6 λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) για την αποστείρωση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς, μια σειρά 4 μηχανικών φίλτρων για την απομάκρυνση των περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής και ένα βιολογικό φίλτρο στο οποίο συντηρούνται αποικίες νιτροποιητικών βακτηρίων για την νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων. Τα ιχθύδια διαχωρίστηκαν σε 5 διατροφικές ομάδες, λαμβάνοντας η κάθε μία ένα διαφορετικό σιτηρέσιο. Η κάθε διατροφική ομάδα

αποτελούνταν από 60 ιχθύδια τα οποία κατανεμήθηκαν σε υποομάδες των 20 ατόμων σε 3 δεξαμενές (5 διατροφικές μεταχειρίσεις, 3 δεξαμενές-επαναλήψεις ανά μεταχείριση, 20 ιχθύδια ανά δεξαμενή).



Εικόνα 2.1: Διάταξη δεξαμενών και απεικόνιση του συστήματος φιλτραρίσματος-αποστείρωσης. Κ=κενή δεξαμενή. (προσωπικό αρχείο)

Οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού ελέγχονταν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Σε ημερήσια βάση καταγράφονταν μετρήσεις για την θερμοκρασία ($26,6 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$), το pH ($8,03 \pm 4,4$) και την αλατότητα ($33 \pm 0,16\%$) ενώ σε εβδομαδιαία βάση για τη συγκέντρωση της αμμωνίας, των νιτρικών και νιτρωδών. Η φωτοπερίοδος που εφαρμόστηκε ακολουθούσε την ημερήσια μεταβολή κατά τη διάρκεια του πειράματος (Αύγουστος-Δεκέμβριος).

2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση

Τα πειραματικά σιτηρέσια παράχθηκαν με την μέθοδο της εξώθησης στις εγκαταστάσεις του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

(Θεσσαλία, Βόλος) και ήταν στη μορφή βυθιζόμενου σύμπηκτου διαμέτρου 1,5 mm. Τα πέντε πειραματικά σιτηρέσια που χορηγήθηκαν στα ιχθύδια καταρτίστηκαν ώστε να είναι ισοενεργειακά (20,6 MJ/kg τροφής) και διέφεραν ως προς το ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης: P30 (30%), P35 (35%), P40 (40%), P45 (45%) και P50 (50%), της συνολικής ουσίας της τροφής αντίστοιχα). Ως πρωτεϊνική πηγή ζωικής προέλευσης χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας ιχθυάλευρο, τα επίπεδα συμμετοχής του οποίου παρέμειναν σταθερά στα πέντε σιτηρέσια και σε ποσοστό 17,5%. Στα σιτηρέσια, επίσης χρησιμοποιήθηκε σογιάλευρο, σε σταθερό ποσοστό (14,75%), ως πρωτεϊνική πηγή φυτικής προέλευσης και πηγή υδατανθράκων. Ως κύριες φυτικές πρωτεϊνικές πηγές για τη διαφοροποίηση της συνολικής διαιτητικής πρωτεΐνης των πέντε σιτηρεσίων χρησιμοποιήθηκαν γλουτένη καλαμποκιού και ηλιάλευρο σε διαφορετικές αναλογίες για κάθε σιτηρέσιο. Το άλευρο σίτου χρησιμοποιήθηκε ως ενεργειακή πηγή και ως ενεργειακό αντιστάθμισμα των πέντε ισοενεργειακών σιτηρεσίων. Ως κύρια πηγή ενέργειας, ω_3 και ω_6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων χρησιμοποιήθηκε το ιχθυέλαιο (Πιν. 2.1). Μικροσυστατικά που χρησιμοποιήθηκαν ως εμπλουτιστικά των τροφών και διατηρήθηκαν σε σταθερές ποσότητες στα πέντε σιτηρέσια ήταν ένα εμπορικό πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (για τσιπούρα και λαβράκι) με συμμετοχή 0,3% (Πιν. 2.2). Πρόσθετος φώσφορος και ασβέστιο, υπό τη μορφή φωσφορικού μονοασβεστίου, προστέθηκε σε ποσοστό 0,25% για να διασφαλίσει τυχόν ανεπάρκεια των ιχθυδίων σε αυτά τα μακροστοιχεία, ενώ προστέθηκε και αντιμυκητιακή ουσία κατά 0,2%, για την αποφυγή ενδεχόμενης ανάπτυξης μυκήτων στις τροφές.

Πίνακας 2.1: Συστατικά και χημική σύσταση των πειραματικών σιτηρεσίων.

Συστατικά (%)	P30	P35	P40	P45	P50
Ιχθυάλευρο	17,5	17,5	17,5	17,7	17,5
Σόγια, αλεύρι	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75

Γλουτένη καλαμποκιού	2	10,5	20	29	38,5
Ηλιάλευρο	14	16	17	18	18,5
Σιτάρι, αλεύρι	40	31	22	13,5	5
Ιχθυέλαιο	11	9,5	8	6,5	5
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Φωσφορικό μονοασβέστιο	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Αντιμυκητιακή ουσία	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Χημική σύσταση (%)					
Ξηρά ουσία	91,2	91,6	91,6	92,5	92,2
Ολικές αζωτούχες ουσίες	29,0	36,3	42,0	46,9	51,4
Ολικές λιπαρές ουσίες	10,1	8,1	7,5	6,5	5,7
Υδατάνθρακες ¹	55,8	50,2	45,1	41,1	37,4
Τέφρα	5,1	5,4	5,4	5,5	5,5
Ινώδεις ουσίες ²	4,7	4,8	4,8	4,9	4,8
Ενέργεια (MJ/Kg) ³	20,4	20,4	20,6	20,7	20,8
Πρωτεΐνη/Ενέργεια (g / MJ)	14,2	17,8	20,4	22,6	24,7

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

² Η περιεκτικότητα των σιτηρεσίων σε ινώδεις ουσίες εκτιμήθηκε από γνωστές περιεκτικότητες των επί μέρους συστατικών (NRC 1993).

³ Η ολική ενέργεια υπολογίστηκε ως άθροισμα των επιμέρους ολικών ενεργειών που προσφέρει κάθε θρεπτικό συστατικό λαμβάνοντας υπ' όψη τους συντελεστές 23,6, 38,9 και 16,7 για τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τους υδατάνθρακες, αντίστοιχα (Atienza *et al.* 2004).

Πίνακας 2.2: Η σύσταση του προμίγματος βιταμινών και μετάλλων.

Συστατικά	Ποσότητα / Kg προμίγματος (mg)
Βιταμίνες	
Βιταμίνη E (90% α-τοκοφερολη)	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 (μορφή Stay C)	33.333
<u>Ανόργανα στοιχεία</u>	
Μαγγάνιο (οξείδιο)	10.000
Ψευδάργυρος (οξείδιο)	33.333
Ιωδιούχο ασβέστιο (62% Ca)	400
Σεληνιώδες νάτριο (1% σελήνιο)	84
Ανθρακικό κοβάλτιο (51% κοβάλτιο)	333
<u>Άλλες ουσίες</u>	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333
Άλευρο για μίξη	416.666

Η χορήγηση της τροφής ήταν με το χέρι καθημερινή, 2 φορές την ημέρα και λάμβανε χώρα στις 10 π.μ. και στις 16 μ.μ. Η σίτιση ήταν μέχρι κορεσμού (*ad libitum*).

2.3 Δειγματοληψίες

Η εκτροφή των ιχθυδίων διήρκησε 101 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής τις περιόδου πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις βάρους-μήκους: στην έναρξη του πειράματος, την 25^η, την 48^η, την 75^η και μία τελική την 102^η ημέρα. Για την αναισθητοποίηση των ψαριών χρησιμοποιήθηκε φαινοξιθανόλη σε συγκέντρωση 0,10 ml/l. Στη συνέχεια, ζυγίζονταν ατομικά κάθε ιχθύδιο σε ζυγό ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων (0,01 g) και μετρούνταν το μήκος με ιχθυόμετρο (ακρίβεια 0,1 cm). Στην τελική μέτρηση (102^η ημέρα) τα ψάρια θανατώθηκαν παρατείνοντας την παραμονή τους στο αναισθητικό και αυξάνοντας τη δοσολογία. Πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις βάρους και μήκους και στη συνέχεια επιλέχθηκαν 3 ψάρια από κάθε δεξαμενή, αποθηκεύτηκαν και συντηρήθηκαν στους -20⁰C με σκοπό τη χημική ανάλυση τους (ολόκληρο σώμα).

Ακολούθησε τομή στην κοιλιακή χώρα 3 ατόμων από κάθε δεξαμενή (9 άτομα ανά σιτηρέσιο) με σκοπό την ζύγιση και συλλογή του ήπατος για πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων αυτού (αποθήκευση και ψύξη στους -20⁰C). Επίσης

πραγματοποιήθηκε φιλετοποίηση 3 ατόμων από κάθε δεξαμενή (9 ανά σιτηρέσιο) με σκοπό την χημική ανάλυση του μυϊκού ιστού.

2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

2.4.1 Θνησιμότητα

Η καταγραφή της θνησιμότητας πραγματοποιούνταν σε καθημερινή βάση για κάθε δεξαμενή ξεχωριστά. Ο τύπος υπολογισμού της είναι:

Θνησιμότητα % = $(\text{αρχικός αριθμός ψαριών} - \text{τελικός αριθμός ψαριών}) * 100 / 300$

2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

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

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

2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους

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

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

2.4.4 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

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

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

Όπου,

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

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

2.4.5 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

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

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

2.4.6 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών

Ο συντελεστής αποδοτικότητας των πρωτεϊνών (protein efficiency ratio, PER) εκφράζει την αναλογία μεταξύ της αύξησης βάρους των ψαριών και της πρωτεΐνης που καταναλώθηκε. Ο συντελεστής υπολογίζεται από την σχέση:

$$\text{PER} = \text{αύξηση βάρους (g)} / \text{πρωτεΐνη που καταναλώθηκε (g)}$$

2.4.7 Σωματομετρικοί δείκτες

Οι σωματομετρικοί δείκτες που υπολογίστηκαν ήταν: ο ηπατοσωματικός δείκτης (Hepatosomatic index, HSI), ο ενδοσπλαχνικός δείκτης (Viscerosomatic index, VSI) και ο δείκτης ευρωστίας (K):

$$\text{HSI} = \text{Βάρος ήπατος} \times 100 / \text{Βάρος σώματος (εκτός εντόσθιων, ήπατος)}$$

$$\text{VSI} = \text{Βάρος εντόσθιων} \times 100 / \text{Βάρος σώματος (εκτός εντόσθιων, ήπατος)}$$

$$\text{K} = \text{Ολικό βάρος σώματος} \times 100 / \text{Ολικό μήκος}^3$$

2.5 Χημικές αναλύσεις

2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

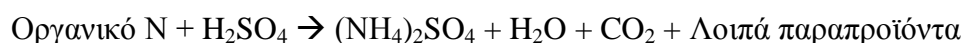
Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα πειραματικά σιτηρέσια και στον μυϊκό ιστό των ψαριών έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995) Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού, και της τροφής σε κάποιες περιπτώσεις, πρέπει να είναι ξηραμένη και αλεσμένη. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150ml πετρελαικού αιθέρα, στον οποίο εμβαπτίστηκαν τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους χάρτινους ηθμούς μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5h, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαικού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15min στους 105°C. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και πάρθηκαν οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

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

2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών των πειραματικών σιτηρεσιών και του μυϊκού ιστού των ψαριών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995) Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων έχει ως εξής:

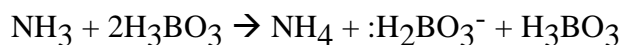
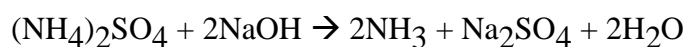
Σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα τροφών - μυϊκών ιστών βάρους 0,2g (3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα) και μεταφέρθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστέθηκαν 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5g Potassium Sulphate K_2SO_4 και 5g copper (II) Sulphate $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Στην συνέχεια, προστέθηκαν στα δείγματα 15ml πυκνού θεικού οξέως (H_2SO_4) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltec 2000. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους $150^\circ C$ για 85min. Με την συσκευή πέψης επιτυγχάνεται το βράσιμο των δειγμάτων και με την βοήθεια του πυκνού θεικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:



Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυσώσουν για 15min

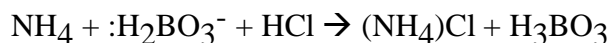
Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία διαρκεί 6min. Το θεικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θεικό νάτριο (Na_2SO_4). Η αμμωνία (NH_4) έπειτα

αντιδρά με το βορικό οξύ (H_3BO_4) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνεται σε κωνική φιάλη που περιέχει 4 σταγόνες ερυθρού του μεθυλενίου (δείκτη pH).

Το τελικό στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η τιτλοδότησης του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχούς κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε φούξια, καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{N \%} = [(\text{ml HCl} - \text{ml τυφλού}) \times 0,8754] / W_{\text{δειγ/τος}}$$

2.5.3 Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία ζυγίζουμε δείγμα μυϊκού ιστού – τροφής βάρους 1,5g, σε ζυγαριά ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια τοποθετούνται τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα, η διαδικασία πραγματοποιείται στους 600°C για 24h. (AOAC 1990) Μετά το πέρας του εικοσιτετραώρου τα δείγματα μένουν για 1h ώστε να κρυώσουν. Στην συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις βάρους των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

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

2.5.4 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας στα πειραματικά σιτηρέσια και στον μυϊκό ιστό των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την συλλογή δειγμάτων, αντίστοιχα, βάρους 1,5g και ακολούθως την ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C. (AOAC 1995) Στην συνέχεια, αφού πέρασε ο χρόνος ξήρανσης, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίζεται ως εξής:

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

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

Όμοια,

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

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

2.6 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 $P < 0,05$. 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)

3. Αποτελέσματα – Συζήτηση

3.1 Θνησιμότητα

Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος σημειώθηκαν θνησιμότητες των ιχθυδίων όλων των διατροφικών ομάδων σε ποσοστό 13,3% (40 άτομα στο σύνολο των 300). Πιο αναλυτικά, για την P30 διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $35,0 \pm 8,7\%$ (Πιν. 3.1), για την P35 διατροφική ομάδα $8,3 \pm 13,2\%$, για την P40 διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $15,0 \pm 13,2\%$, για την P45 διατροφική ομάδα $1,7 \pm 2,9\%$ και τελειώνοντας για την P50 διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $6,7 \pm 7,6\%$. Η στατιστική επεξεργασία με την

μέθοδο one-way ANOVA έδειξε ότι η θνησιμότητα των ψαριών που διατράφηκαν με το P30 σιτηρέσιο είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από την θνησιμότητα των ψαριών που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35, P45 και P50, ενώ δε διέφερε στατιστικά από την τιμή της θνησιμότητας των ατόμων της P40 μεταχείρισης. Η θνησιμότητα των ψαριών που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35, P40, P45 και P50 δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ομάδων.

Πίνακας 3.1: Θνησιμότητες (N, αριθμός τελικών ατόμων) και ποσοστό (% του συνολικού αρχικού πληθυσμού).

Σιτηρέσια	N	%
P30	7,0 ± 1,7 ^a	35,0 ± 8,7
P35	1,7 ± 1,5 ^b	8,3 ± 7,6
P40	3,0 ± 2,6 ^{ab}	15,0 ± 13,2
P45	0,3 ± 0,6 ^b	1,7 ± 2,9
P50	1,3 ± 1,5 ^b	6,7 ± 7,6

Σημ.: Τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη δείχνουν στατιστικώς σημαντική διαφορά (P<0,05) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στα ψάρια που διατράφηκαν με το P30 σιτηρέσιο παρατηρήθηκαν φαινόμενα κανιβαλισμού, τα οποία μπορεί να προκάλεσαν τις αυξημένες θνησιμότητες που καταγράφηκαν για τη συγκεκριμένη ομάδα. Πιθανολογείται, ότι η αιτία της έξαρσης των περιστατικών κανιβαλισμού που οδήγησαν σε υψηλές θνησιμότητες στη συγκεκριμένη μεταχείριση θα μπορούσε να είναι η μερική κάλυψη των διαιτητικών αναγκών των ιχθυδίων σε πρωτεΐνη. Το μυτάκι, αν και παμφάγος οργανισμός (Dulcic *et al.* 2006), έχει υψηλές απαιτήσεις σε πρωτεΐνη, θεωρητικά άνω του επιπέδου 30% της τροφής (Hernandez *et al.* 2001, Vivas *et al.* 2006, Adamidou *et al.* 2011). Η μεταχείριση P30 είχε χαμηλό ποσοστό περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (29%) σε σχέση με τα υπόλοιπα σιτηρέσια, γεγονός που ίσως εξανάγκασε τα ψάρια να γίνουν επιθετικά και κανιβαλιστικά. Η επιθετική

συμπεριφορά του μυτακίου έχει παρατηρηθεί και σε άλλο πείραμα εκτροφής προκαλώντας 3-9% θνησιμότητα (ανεξαρτήτως σιτηρέσιου) (Karakatsouli *et al.* 2006). Η αιτία της επιθετικής συμπεριφοράς στην συγκεκριμένη περίπτωση ήταν ο ανταγωνισμός για το χώρο (πολυκαλλιέργεια). Παρόμοια κανιβαλιστική συμπεριφορά σε σιτηρέσια χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη έχει αναφερθεί για τον οξύρυγχο (Mohseni *et al.* 2013).

Αναφορικά με το επόμενο χαμηλής περιεκτικότητας σε διαιτητική πρωτεΐνη σιτηρέσιο (P35), οι θνησιμότητες που καταγράφηκαν ήταν σε σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό, ενώ και τα φαινόμενα κανιβαλισμού στις συγκεκριμένες δεξαμενές ήταν αισθητά λιγότερα. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει έμμεσα ότι μια τροφή περιεκτικότητας 35% σε πρωτεΐνη καλύπτει τις διαιτητικές ανάγκες του μυτακίου ώστε να μην οδηγούνται σε έξαρση κανιβαλισμού.

Ολοκληρώνοντας, μπορεί να αναφερθεί ότι το σιτηρέσιο (P30) με τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη οδήγησε σε μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμοτήτων.

3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το αρχικό μέσο βάρος και μήκος των ιχθυδίων κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τα άτομα που διατράφηκαν με το P30 σιτηρέσιο ήταν $2,69 \pm 0,47\text{g}$ και $5,75 \pm 0,34\text{cm}$ (Πιν. 3.1). Για αυτά που διατράφηκαν με το P35 σιτηρέσιο ήταν $2,76 \pm 0,55\text{g}$ και $5,81 \pm 0,38\text{cm}$ αντίστοιχα. Για τα άτομα που διατράφηκαν με το P40 σιτηρέσιο ήταν $2,83 \pm 0,59\text{g}$ και $5,83 \pm 0,45\text{cm}$ αντίστοιχα. Για τα ιχθύδια που διατράφηκαν με το P45 σιτηρέσιο ήταν $2,86 \pm 0,55\text{g}$ και $5,84 \pm 0,39\text{cm}$ αντίστοιχα. Τέλος, γι' αυτά που διατράφηκαν με το P50 ήταν $2,86 \pm 0,56\text{g}$

και $5,89 \pm 0,39\text{cm}$. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αρχικό βάρος των ατόμων ($P < 0,05$) κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος.

Πίνακας 3.1: Αρχικό μέσο βάρος (g) και αρχικό μέσο ολικό μήκος (cm) των ιχθύων κατά την έναρξη του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση ($n=3$).

	P30	P35	P40	P45	P50
Αρχ. Βάρος (g)	$2,69 \pm 0,47^a$	$2,76 \pm 0,55^a$	$2,83 \pm 0,59^a$	$2,86 \pm 0,55^a$	$2,86 \pm 0,56^a$
Αρχ. Μήκος (cm)	$5,75 \pm 0,34^a$	$5,81 \pm 0,38^a$	$5,83 \pm 0,45^a$	$5,84 \pm 0,39^a$	$5,89 \pm 0,39^a$

3.2.2 Κατά την 26^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 26^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.2) ήταν $6,31 \pm 0,31\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30, $7,22 \pm 0,13\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, $7,55 \pm 0,64\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40, $7,66 \pm 0,45\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 και $6,84 \pm 0,44\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P50.

Το μέσο ολικό μήκος (Πιν. 3.2) των ψαριών την 25^η ημέρα ήταν $6,96 \pm 0,48\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30, $7,23 \pm 0,54\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, $7,39 \pm 0,69\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P40 σιτηρέσιο, $7,43 \pm 0,55\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P45 σιτηρέσιο και $7,17 \pm 0,51\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P50 σιτηρέσιο.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 3.2) για την 25^η ημέρα του πειράματος ήταν $3,63 \pm 0,28\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P30, $4,46 \pm 0,13\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P35, $4,72 \pm 0,45\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P40, $4,80 \pm 0,37\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P45 και $3,98 \pm 0,24\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P50. Με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης η τιμή της

μεταχείρισης P30 είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τις τιμές των μεταχειρίσεων P40 και P45 ενώ δεν διαφέρει σημαντικά από τις μεταχειρίσεις P35 και P50.

Πίνακας 3.2: Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) των ιχθύων, αύξηση βάρους (g), SGR (%/ημ), FCR και PER κατά την 26^η ημέρα του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση (n=3).

	P30	P35	P40	P45	P50
M. Μήκος (cm)	6,96 \pm 0,48	7,23 \pm 0,54	7,39 \pm 0,69	7,43 \pm 0,55	7,17 \pm 0,51
M. Βάρος (g)	6,31 \pm 0,31	7,22 \pm 0,13	7,55 \pm 0,64	7,66 \pm 0,45	6,84 \pm 0,44
Αυξ. Βάρους (WG, g)	3,63 \pm 0,28 ^a	4,46 \pm 0,13 ^{ab}	4,72 \pm 0,45 ^b	4,80 \pm 0,37 ^b	3,98 \pm 0,24 ^{ab}
SGR (%/ημ.)	0,87 \pm 0,04 ^a	0,98 \pm 0,02 ^{bc}	1,00 \pm 0,03 ^c	1,01 \pm 0,06 ^c	0,89 \pm 0,03 ^{ab}
FCR	1,87 \pm 0,12 ^b	1,42 \pm 0,05 ^a	1,42 \pm 0,10 ^a	1,23 \pm 0,08 ^a	1,37 \pm 0,07 ^a
PER	1,85 \pm 0,11 ^a	2,43 \pm 0,08 ^b	2,44 \pm 0,18 ^b	2,81 \pm 0,19 ^b	2,52 \pm 0,13 ^b

Η μέση τιμή του ημερήσιου ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.2) ήταν 0,87 \pm 0,04%/ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P30, 0,98 \pm 0,02%/ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P35, 1,00 \pm 0,03%/ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P40, 1,01 \pm 0,06%/ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P45 και 0,89 \pm 0,03%/ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P50. Η τιμή του SGR για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τα σιτηρέσια P35, P40 και P45 ενώ δεν διαφέρει σημαντικά από την τιμή των ψαριών το σιτηρεσίου P50. Η τιμή για το σιτηρέσιο P40 ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη από τις τιμές των σιτηρεσίων P30 και P50 ενώ είχε παρόμοια τιμή με τα σιτηρέσια P35 και P45. Η μεγαλύτερη τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης καταγράφηκε για τα ψάρια της μεταχείρισης P45 αν και δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις τιμές των μεταχειρίσεων P35 και P40.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.2) εκτιμήθηκε 1,87 \pm 0,12 για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P30, 1,42 \pm 0,05

για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35, $1,42 \pm 0,10$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40, $1,23 \pm 0,08$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45 και $1,37 \pm 0,07$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P50. Η τιμή του FCR για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 ήταν η στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με τις τιμές για τα ψάρια που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35, P40, P45 και P50. Η μικρότερη τιμή του συντελεστή καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 αν και δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα σιτηρέσια P35, P40 και P50.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.2) υπολογίστηκε $1,85 \pm 0,11$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P30, $2,43 \pm 0,08$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35, $2,44 \pm 0,18$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40, $2,81 \pm 0,19$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45 και $2,52 \pm 0,13$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P50. Η τιμή του συντελεστή για τα ψάρια της μεταχείρισης P30 ήταν στατιστικά σημαντικά ο μικρότερος σε σχέση με τις τιμές των συντελεστών των μεταχειρίσεων P35, P40, P45 και P50. Η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή καταγράφηκε για τα ψάρια του σιτηρεσίου P45 αν και δεν διέφερε στατιστικά από τις τιμές των σιτηρεσίων P35, P40 και P50.

3.2.3 Κατά την 49^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 49^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.3) ήταν $9,46 \pm 0,23g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30, $12,00 \pm 0,22g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, $13,10 \pm 0,97g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40, $12,72 \pm 0,85g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 και $10,76 \pm 0,95g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P50.

Το μέσο ολικό μήκος (Πιν. 3.3) των ψαριών ήταν $7,74 \pm 0,58\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30, $8,40 \pm 0,70\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, $8,77 \pm 0,90\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P40 σιτηρέσιο, $8,64 \pm 0,61\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P45 σιτηρέσιο και $8,25 \pm 0,69\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P50 σιτηρέσιο.

Πίνακας 3.3: Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) των ιχθύων, αύξηση βάρους (g), SGR (%/ημ), FCR και PER κατά την 49^η ημέρα του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση (n=3).

	P30	P35	P40	P45	P50
M. Μήκος (cm)	7,74 \pm 0,58	8,40 \pm 0,70	8,77 \pm 0,90	8,64 \pm 0,61	8,25 \pm 0,69
M. Βάρος (g)	9,46 \pm 0,23	12,00 \pm 0,22	13,10 \pm 0,97	12,72 \pm 0,85	10,76 \pm 0,95
Αύξ. Βάρους (WG, g)	6,77 \pm 0,21 ^a	9,24 \pm 0,19 ^{bc}	10,27 \pm 0,77 ^c	9,86 \pm 0,90 ^c	7,90 \pm 0,74 ^{ab}
SGR (%/ημ.)	1,28 \pm 0,02 ^a	1,50 \pm 0,01 ^b	1,56 \pm 0,02 ^b	1,52 \pm 0,11 ^b	1,35 \pm 0,03 ^a
FCR	1,22 \pm 0,03 ^a	0,88 \pm 0,10 ^b	0,85 \pm 0,14 ^b	0,75 \pm 0,05 ^b	0,81 \pm 0,06 ^b
PER	2,83 \pm 0,08 ^a	3,96 \pm 0,47 ^{ab}	4,13 \pm 0,72 ^b	1,61 \pm 0,29 ^b	4,30 \pm 0,30 ^b

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 3.3) ήταν $6,77 \pm 0,21\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P30, $9,24 \pm 0,19\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P35, $10,27 \pm 0,77\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P40, $9,86 \pm 0,90\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P45 και $7,90 \pm 0,74\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης P50. Η στατιστικά σημαντικά μικρότερη μέση αύξηση βάρους καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές των σιτηρεσίων P35, P40 και P45 ενώ παρόμοιες τιμές καταγράφηκαν και για το σιτηρέσιο P50. Παρόμοιες τιμές με τα ψάρια της μεταχείρισης P50 καταγράφηκαν και για τα ψάρια της μεταχείρισης P35. Η μεγαλύτερη τιμή για την αύξηση του βάρους των ψαριών καταγράφηκε για την μεταχείριση P35, αν και δεν ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά.

Η μέση τιμή του ημερήσιου ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.3) ήταν $1,28 \pm 0,02\%/ημέρα$ για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P30, $1,50 \pm 0,01\%/ημέρα$

για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P35, $1,56 \pm 0,02\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P40, $1,52 \pm 0,11\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P45 και $1,35 \pm 0,03\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P50. Η στατιστικά σημαντικά μικρότερη μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές των σιτηρεσίων P35, P40 και P45 ενώ παρόμοιες τιμές καταγράφηκαν για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P50. Η μεγαλύτερη τιμή, αν και δεν ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά, ήταν για τα ψάρια της μεταχείρισης P35.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.3) εκτιμήθηκε $1,22 \pm 0,03$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P30, $0,88 \pm 0,10$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35, $0,85 \pm 0,14$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40, $0,75 \pm 0,05$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45 και $0,81 \pm 0,06$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P50. Η τιμή του συντελεστή ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τις τιμές των συντελεστών των άλλων μεταχειρίσεων. Η μικρότερη τιμή καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το P40 σιτηρέσιο αλλά δεν ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά της από τα σιτηρέσια P35, P45 και P50.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.3) υπολογίστηκε $2,83 \pm 0,08$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P30, $3,96 \pm 0,47$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35, $4,13 \pm 0,72$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40, $1,61 \pm 0,29$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45 και $4,30 \pm 0,30$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P50. Η στατιστικά μικρότερη τιμή του συντελεστή απόδοσης της πρωτεΐνης καταγράφηκε για τα ψάρια της μεταχείρισης P30 σε σύγκριση με τις τιμές των σιτηρεσίων P40, P45 και P50 ενώ

παρόμοια τιμή καταγράφηκε για τα ψάρια της μεταχείρισης P35. Η μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 αν και δεν διαφέρει στατιστικά από τις τιμές των σιτηρεσίων P35, P45 και P50.

3.2.4 Κατά την 76^η ημέρα

Το μέσο βάρος των ψαριών την 76^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.4) ήταν $11,32 \pm 0,55\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30, $15,51 \pm 0,93\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, $17,74 \pm 0,33\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40, $17,60 \pm 0,85\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P45 και $14,04 \pm 1,44\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P50.

Το μέσο ολικό μήκος (Πιν. 3.4) των ψαριών ήταν $8,36 \pm 0,76\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30, $9,23 \pm 0,92\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P35, $9,77 \pm 1,02\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P40 σιτηρέσιο, $9,78 \pm 0,69\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P45 σιτηρέσιο και $9,04 \pm 0,86\text{cm}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το P50 σιτηρέσιο.

Πίνακας 3.4: Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) των ιχθύων, αύξηση βάρους (g), SGR (%/ημ), FCR και PER κατά την 76^η ημέρα του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση (n=3).

	P30	P35	P40	P45	P50
M. Μήκος (cm)	$8,36 \pm 0,76$	$9,23 \pm 0,92$	$9,77 \pm 1,02$	$9,78 \pm 0,69$	$9,04 \pm 0,86$
M. Βάρος (g)	$11,32 \pm 0,55$	$15,51 \pm 0,93$	$17,74 \pm 0,33$	$17,60 \pm 0,85$	$14,04 \pm 1,44$
Αυξ. Βάρους (WG, g)	$8,64 \pm 0,51^a$	$12,75 \pm 0,90^{bc}$	$14,91 \pm 0,17^c$	$14,74 \pm 0,86^c$	$11,18 \pm 1,23^b$
SGR (%/ημ.)	$1,47 \pm 0,03^a$	$1,76 \pm 0,07^{bc}$	$1,87 \pm 0,06^c$	$1,86 \pm 0,08^c$	$1,62 \pm 0,04^b$
FCR	$1,13 \pm 0,04^a$	$0,73 \pm 0,07^b$	$0,66 \pm 0,04^b$	$0,64 \pm 0,06^b$	$0,70 \pm 0,04^b$
PER	$3,06 \pm 0,12^a$	$4,72 \pm 0,45^b$	$5,26 \pm 0,32^b$	$5,46 \pm 0,54^b$	$4,95 \pm 0,30^b$

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 3.4) ήταν $8,64 \pm 0,51$ g για τα άτομα της μεταχείρισης P30, $12,75 \pm 0,94$ g για τα άτομα της μεταχείρισης P35, $14,91 \pm 0,17$ g για τα άτομα της μεταχείρισης P40, $14,74 \pm 0,86$ g για τα άτομα της μεταχείρισης P45 και $11,18 \pm 1,23$ g για τα άτομα της μεταχείρισης P50. Η στατιστικά σημαντικά μικρότερη μέση αύξηση βάρους ήταν για τα ψάρια του σιτηρεσίου P30 σε σχέση με όλα τα άλλα σιτηρέσια. Και η μεγαλύτερη αύξηση των ψαριών καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 η οποία διέφερε σημαντικά με τις τιμές των ψαριών που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P30 και P50.

Η μέση τιμή του ημερήσιου ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.4) ήταν $1,47 \pm 0,03\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P30, $1,76 \pm 0,07\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P35, $1,87 \pm 0,06\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P40, $1,86 \pm 0,08\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P45 και $1,62 \pm 0,04\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας P50. Η σημαντικά μικρότερη τιμή για τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης καταγράφηκε για τα ψάρια της μεταχείρισης P30 η οποία διαφέρει με τις τιμές όλων των άλλων σιτηρεσίων (P35, P40, P45, P50). Η σημαντικά μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε για τα ψάρια της μεταχείρισης P40 σε σχέση με τις τιμές των μεταχειρίσεων P30 και P50 ενώ δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις τιμές των μεταχειρίσεων P35 και P50.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.4) εκτιμήθηκε $1,87 \pm 0,12$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P30, $1,42 \pm 0,05$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P35, $1,42 \pm 0,10$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P40, $1,23 \pm 0,08$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P45 και $1,37 \pm 0,07$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας P50. Η σημαντικά μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή ήταν για τα ψάρια που διατράφηκαν με το P30 σιτηρέσιο σε σχέση με όλες τις άλλες τιμές των σιτηρεσίων P35, P40, P45 και P50. Η μικρότερη τιμή του

συντελεστή καταγράφηκε για τα ψάρια της μεταχείρισης P45, όμως, δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές των σιτηρέσιων P35, P40 και P50.

Ο συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER) (Πιν. 3.4) υπολογίστηκε $3,06 \pm 0,12$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P30, $4,72 \pm 0,45$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P35, $5,26 \pm 0,32$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P40, $5,46 \pm 0,54$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P45 και $4,95 \pm 0,30$ για τα άτομα που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο P50. Η στατιστικά σημαντικά μικρότερη τιμή του συντελεστή καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σιτηρέσια P35, P40, P45 και P50. Η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή ήταν για τα ψάρια της μεταχείρισης P45 αλλά δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τις τιμές των συντελεστών των μεταχειρίσεων P35, P40 και P50.

3.2.5 Κατά την ολοκλήρωση του πειράματος

Στο τέλος του πειράματος, το μέσο βάρος και μήκος των ψαριών ήταν $14,34 \pm 6,66\text{g}$ και $9,00 \pm 1,09\text{cm}$, αντίστοιχα για τα άτομα που διατράφηκαν με το P30 σιτηρέσιο, $20,05 \pm 8,73\text{g}$ και $10,01 \pm 1,34\text{cm}$, αντίστοιχα με το P35 σιτηρέσιο, $24,12 \pm 10,05\text{g}$ και $10,69 \pm 1,38\text{cm}$, αντίστοιχα με το P40, $22,76 \pm 6,40\text{g}$ και $10,62 \pm 0,95\text{cm}$, αντίστοιχα με το P45 και τέλος $18,03 \pm 8,01\text{g}$ και $9,86 \pm 1,13\text{cm}$, αντίστοιχα για το P50. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με την μέθοδο one-way ANOVA έδειξε ότι τα ψάρια που διατράφηκαν με το χαμηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης (σιτηρέσιο P30) απέκτησαν το μικρότερο μήκος με στατιστικά σημαντική διαφορά από τα ψάρια των άλλων τεσσάρων μεταχειρίσεων (Πιν. 3.1). Το τελικός μήκος των ψαριών των μεταχειρίσεων P35, P40 και P45 δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική

διαφορά μεταξύ τους ($P>0,05$), αλλά θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40 έφτασαν σε μεγαλύτερο τελικό μήκος ($P>0,05$).

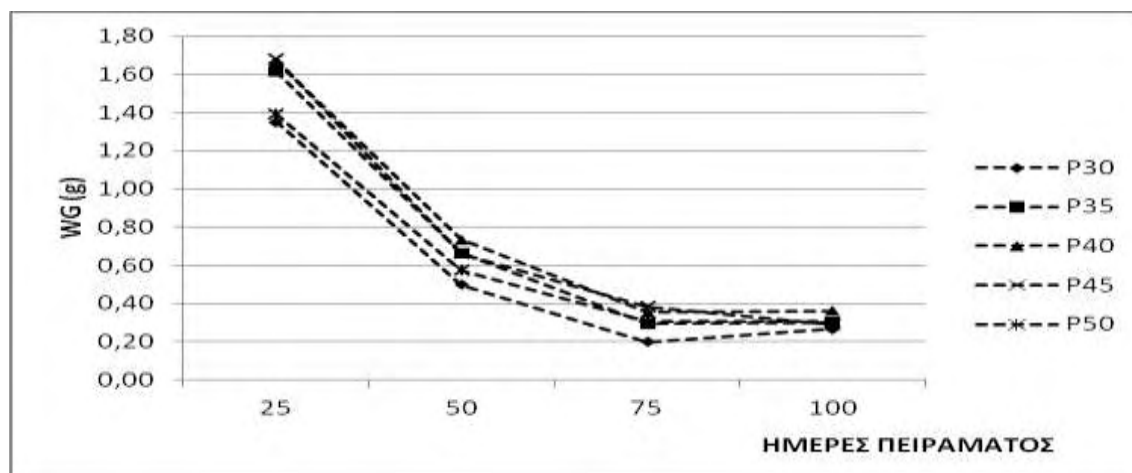
Το τελικό βάρος των ψαριών των δεξαμενών που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 ήταν το σημαντικά ($P<0,05$) μικρότερο από το τελικό βάρος των ψαριών που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35, P40 και P45, αλλά παρόμοιο με εκείνων της P50 ομάδας. Το μεγαλύτερο τελικό βάρος μεταξύ των ομάδων αποκτήθηκε από την P40 ομάδα, που ωστόσο δε διέφερε σημαντικά από τα τελικά βάρη των ψαριών της P35 και P45 ομάδων.

Πίνακας 3.5: Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθυδίων ανά διατροφικό σιτηρέσιο μεταχείριση. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση ($n=3$). Τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P<0,05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

	P30	P35	P40	P45	P50
Τελ. Μήκος (cm)	9,03 \pm 1,09 ^a	10,01 \pm 1,34 ^{bc}	10,69 \pm 1,38 ^c	10,62 \pm 0,95 ^c	9,86 \pm 1,13 ^b
Τελ. Βάρος (g)	14,34 \pm 6,66 ^a	20,05 \pm 8,73 ^{bc}	24,12 \pm 10,05 ^c	22,76 \pm 6,40 ^c	18,03 \pm 8,01 ^{ab}
Αυξ. Βάρους (WG, g)	11,65 \pm 0,12 ^a	17,29 \pm 0,75 ^{bc}	21,29 \pm 0,95 ^c	19,90 \pm 0,79 ^{bc}	15,17 \pm 0,43 ^{ab}
Ημ. Κατανάλωση (g/ημ.)	17,60 \pm 0,3 ^{ab}	20,30 \pm 0,4 ^a	19,80 \pm 0,9 ^a	19,00 \pm 0,2 ^a	15,20 \pm 0,1 ^b
SGR (%/ημ.)	1,71 \pm 0,02 ^a	2,02 \pm 0,11 ^{bc}	2,19 \pm 0,12 ^c	2,12 \pm 0,10 ^{bc}	1,88 \pm 0,07 ^{ab}
FCR	3,10 \pm 0,16 ^a	2,06 \pm 0,30 ^b	1,72 \pm 0,07 ^b	1,63 \pm 0,10 ^b	1,85 \pm 0,15 ^b
PER	1,11 \pm 0,05 ^{ab}	1,36 \pm 0,19 ^b	1,39 \pm 0,05 ^b	1,31 \pm 0,09 ^b	1,05 \pm 0,09 ^a

Η αύξηση βάρους των ψαριών του διατροφικού σιτηρεσίου P30 ήταν σημαντικά μικρότερο ($P<0,05$) από τα ψάρια που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια P35, P40 και P45, ενώ δεν διέφεραν οι τιμές των ψαριών τις μεταχείρισης αυτής από τις τιμές της P50 μεταχείρισης. Η διαφοροποίηση των τιμών της αύξησης βάρους για τα ψάρια της μεταχείρισης P30, με βάση το επίπεδο της πρωτεΐνης στην τροφή, παρατηρήθηκε από τις πρώτες 25 ημέρες (Σχ. 3.1). Την μεγαλύτερη αύξηση βάρους σημείωσαν τα ψάρια που διατράφηκαν με το P40 διατροφικό σιτηρέσιο, που όμως

δεν διέφερε σημαντικά από τις αυξήσεις βάρους των ψαριών των διατροφικών σιτηρέσιων P35 και P45.

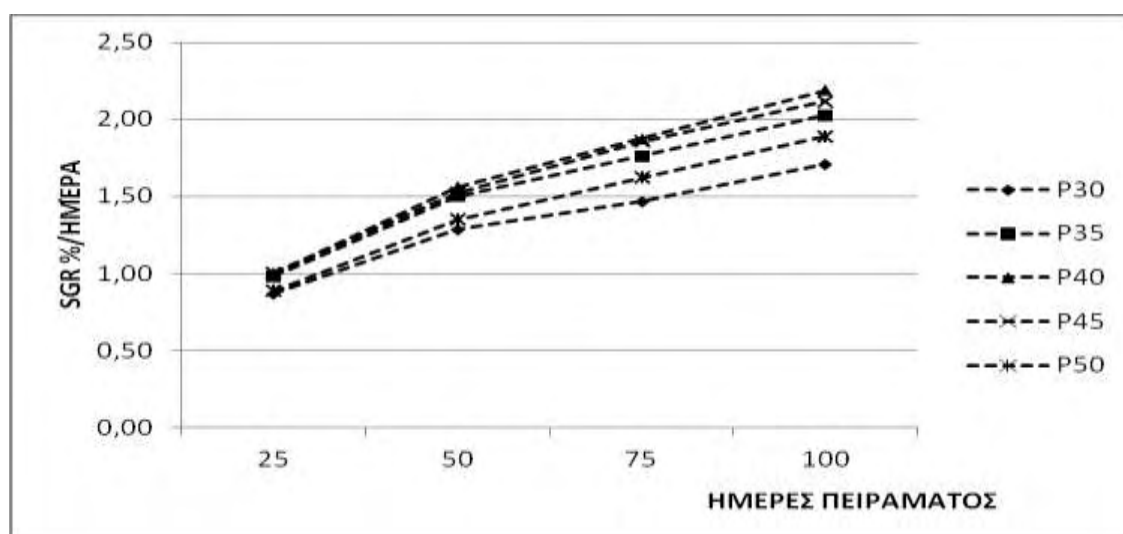


Σχήμα 3.1: Αύξηση βάρους (g) ανά σιτηρέσιο καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR%/ημέρα) για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 ήταν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0,05$) ο μικρότερος. Η μεγαλύτερη τιμή του SGR καταγράφηκε για τα ψάρια της P40 μεταχείρισης, το οποίο επιβεβαιώνεται και από την στατιστική επεξεργασία ($P > 0,05$). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι για τα πέντε πειραματικά σιτηρέσια οι τιμές του SGR των ψαριών είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Και στην περίπτωση του SGR, όπως και στην WG, η τάση των τιμών των ψαριών για το πειραματικό σιτηρέσιο τείνουν να διαφοροποιηθούν από τις πρώτες 25 ημέρες του πειράματος (Σχ. 3.2).

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης αποδείχθηκε ότι το επίπεδο της διαιτητικής πρωτεΐνης επηρεάζει την ανάπτυξη των ψαριών. Συγκεκριμένα, ένα σιτηρέσιο που περιέχει διαιτητική πρωτεΐνη της τάξης του 35-45% αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη στο μυτάκι, συγκριτικά με σιτηρέσια που περιέχουν είτε χαμηλότερη (P30%) είτε υψηλότερη (P50%) πρωτεΐνη. Το γεγονός ότι η διαιτητική πρωτεΐνη επηρεάζει την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων είναι γνωστό

σε πολλές παρόμοιες μελέτες για το *Diplodus vulgaris* (Ozorio *et al.* 2009), το *Dentex dentex* (Ait Ali *et al.* 2011), το *Huso huso* (Mohsemi *et al.* 2013), το *Oreochromis niloticus* (El-Dahhar *et al.* 2000) το *Heteropneustes fossilis* (Siddique & Khan 2009) το οποίο μπορεί να οφείλεται είτε σε βελτίωση της αποδοτικότητας της τροφής, είτε σε καλύτερη αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών της τροφής.



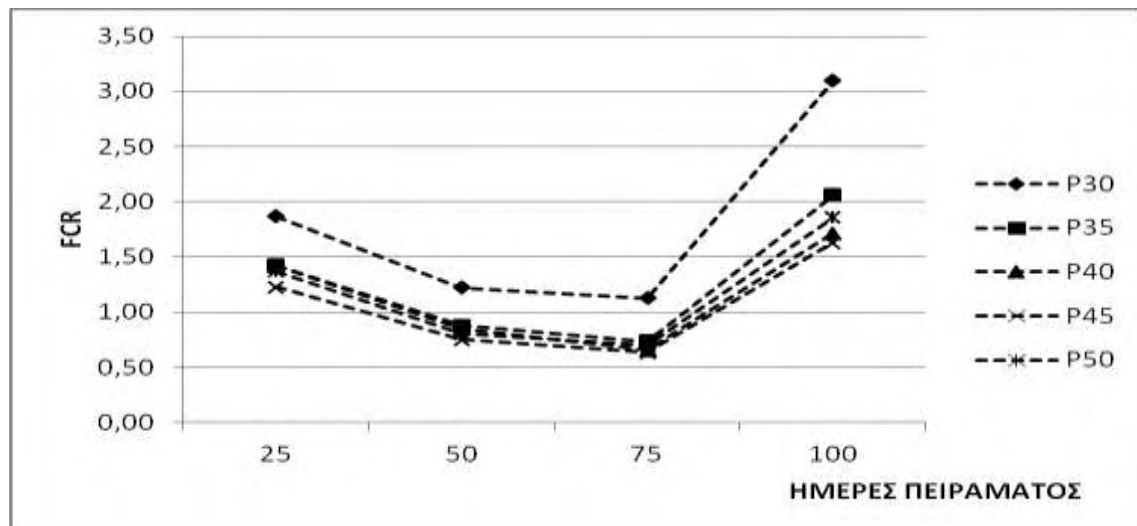
Σχήμα 3.2: Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (%/ημέρα) ανα σιτηρέσιο καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος

Στη παρούσα μελέτη βρέθηκε ότι όταν το σιτηρέσιο περιέχει πρωτεΐνη άνω του 45% (P50) αυτό μειώνει την ανάπτυξη των ψαριών. Γενικά, η περίσσεια πρωτεΐνης στην τροφή των ψαριών χρησιμοποιείται για τον μεταβολισμό των αμινοξέων (Jauncey 1982), έχοντας ως αποτέλεσμα ο οργανισμός να καταναλώνει μικρότερα ποσά ενέργειας για την ανάπτυξη του (Tacon & Cowey 1985).

Οι διαιτητικές ανάγκες του μυτακίου σε πρωτεΐνη δεν είναι επακριβώς καθορισμένες. Ο El-Ebiary (2005) χορήγησε σε μυτάκια αρχικού βάρους 4,4g τέσσερα πειραματικά σιτηρέσια με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 35,41%, 40,64%, 45,54% και 50,05%. Καλύτερα αποτελέσματα ανάπτυξης έδωσε το σιτηρέσιο με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (50,05%). Σε άλλα διατροφικά πειράματα,

που πραγματοποιήθηκαν στο μυτάκι, τα ποσοστά πρωτεΐνης που χορηγήθηκαν στα ψάρια ποικίλουν από 42,16% (Nogales-Merida *et al.* 2010), 46,7% (Bonaldo *et al.* 2004), 48,30% (Garcia *et al.* 2011), 49,2% (Piedecausa *et al.* 2007) μέχρι και 64,5% (Vivas *et al.* 2006) και καταγράφηκαν πολύ καλά αποτελέσματα ανάπτυξης.

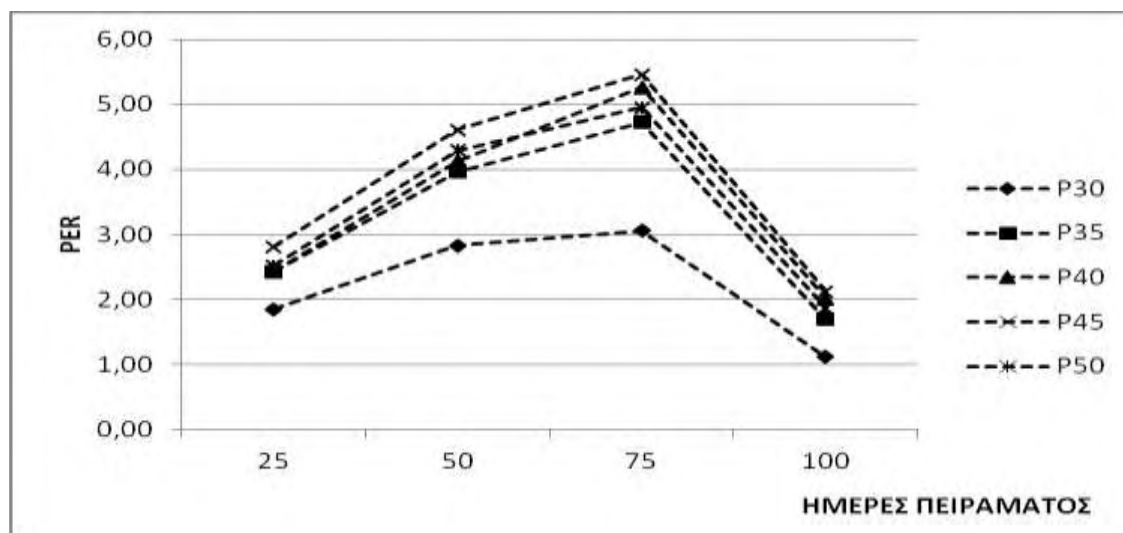
Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στα ψάρια που διατράφηκαν με το P30 σιτηρέσιο (Σχ. 3.3) ενώ η μικρότερη τιμή του συντελεστή καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το P45 σιτηρέσιο. Η τιμή του FCR για τη μεταχείριση P45 δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις P35, P40 και P50. Η αύξηση της πρωτεΐνης στα πειραματικά σιτηρέσια (μέχρι το ποσοστό του 45%) μειώνει το FCR. Περαιτέρω αύξηση του επιπέδου διαιτητικής πρωτεΐνης (50%) στα σιτηρέσια δεν επέφερε και περαιτέρω μείωση του FCR, αντίθετα προκλήθηκε αύξηση. Αυτή η μείωση του FCR μπορεί να οφείλεται σε κακή χρήση των πρωτεϊνών λόγω της ανισορροπίας του λόγου P/E (Mohanta *et al.* 2008). Παρόμοια ευρήματα έχουν καταγραφεί σε μελέτες για άλλα είδη ψαριών όπως για τον οξύρυγχο (*Huso huso*) (Mohsemi *et al.* 2013) και τη συναγρίδα (*Dentex dentex*) (Ait Ali *et al.* 2011) στις οποίες το FCR μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το επίπεδο της πρωτεΐνης στα σιτηρέσια, μέχρι ένα ποσοστό και στη συνέχεια η τιμή του συντελεστή αυξάνεται πάλι.



Σχήμα 3.3: Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής ανά διατροφική ομάδα καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

Ο συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) καταγράφηκε για τα ψάρια της P50 μεταχείρισης σημαντικά μικρότερος από τις άλλες μεταχειρίσεις P30, P35 και P45 ενώ είχε παρόμοια τιμή με αυτή των ψαριών του σιτηρεσίου P30. Η μέγιστη τιμή του συντελεστή PER καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P40, αν και δεν ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τις τιμές των μεταχειρίσεων P30, P35 και P45. Από τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι ο συντελεστής PER επηρεάζεται θετικά από την αύξηση της πρωτεΐνης στα σιτηρέσια μέχρι το ποσοστό του 40% (Σχ.3.4). Πιθανότατα, η βελτίωση της τιμής του PER καθώς μεγαλώνει το ποσοστό της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο να οφείλεται όχι άμεσα στην αύξηση αυτή αλλά στην έμμεση μείωση των υδατανθράκων. Σύμφωνα με τους Bonaldo *et al.* (2004) το χαμηλό επίπεδο των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο επιταχύνει την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων. Οι García *et al.* (2001) εξασφάλισαν αποδεκτά αποτελέσματα ανάπτυξης στο μυτάκι με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη $40\text{g } 100\text{g}^{-1}$ και σε υδατάνθρακες $36\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Αντίθετα με τα αποτελέσματα τις παρούσας εργασίας, οι Atienza *et al.* (2004) για το μυτάκι κατέγραψαν υψηλότερες τιμές του συντελεστή στα σιτηρέσια που περιείχαν μικρότερο ποσοστό

διαιτητικής πρωτεΐνης. Αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) παρατηρήθηκε, επίσης, ότι η μείωση του ποσοστού της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο αύξησε την τιμή του PER (Vergara *et al.* 1996).



Σχήμα 3.4: Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης ανά διατροφική ομάδα καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος

Η ημερήσια κατανάλωση της τροφής διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των πέντε διατροφικών ομάδων (Πιν. 3.5). Συγκεκριμένα, η ομάδα P50 είχε την χαμηλότερη κατανάλωση τροφής ακολουθούμενη από την ομάδα P30, ενώ τις υψηλότερες καταναλώσεις έδειξαν οι ομάδες P35, P40 και P45, που ήταν μεταξύ τους παρόμοιες στατιστικά. Η χαμηλή κατανάλωση τροφής ενός σιτηρεσίου είτε με πολύ υψηλή αναλογία πρωτεΐνης/ενέργειας (σιτηρέσιο P50, 24,7 g/MJ) είτε με πολύ χαμηλή αναλογία (σιτηρέσιο P30, 14,2 g/MJ) υποδεικνύει εμμέσως ότι μπορούν να δράσουν παρεμποδιστικά στην πρόσληψη της τροφής. Για την περίπτωση του σιτηρεσίου P50 η μικρή ποσότητα κατανάλωσης της τροφής μπορεί να οφείλεται στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του ψαριού με μικρότερη ποσότητα από τα σιτηρέσια P35, P40, P45 (Siddique & Khan 2009). Μία πιθανή εξήγηση της πολύ χαμηλής ημερήσιας κατανάλωσης του σιτηρεσίου P30 θα μπορούσε να είναι η υψηλή περιεκτικότητα υδατανθράκων ($55,8\text{g } 100\text{g}^{-1}$). Τα παμφάγα είδη ψαριών μπορούν να

χρησιμοποιήσουν τους υδατάνθρακες ως πηγή ενέργειας (Hernandez *et al.* 2001) εξισορροπώντας με αυτό τον τρόπο την μικρή περιεκτικότητα του σιτηρέσιου σε πρωτεΐνη.

3.2.6 Σωματομετρικοί δείκτες

Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI) υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων (Πιν. 3.6). Στην διατροφική ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο P30 ο ηπατοσωματικός δείκτης ήταν $2,50 \pm 1,31$. Για την διατροφική ομάδα P35 ο δείκτης ήταν $2,23 \pm 0,93$, για την διατροφική ομάδα P40 η τιμή του δείκτη ήταν $2,11 \pm 0,71$, για την διατροφική ομάδα P45 ο δείκτης ήταν $1,76 \pm 0,68$ και για την διατροφική ομάδα P50 ήταν $1,35 \pm 0,68$. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι η τιμή του δείκτη για την μεταχείριση P50 είναι στατιστικά μικρότερη ($P < 0,05$) σε σχέση με τις τιμές των μεταχειρίσεων P30, P35 και P40 ενώ παρόμοια τιμή καταγράφηκε και για την μεταχείριση P45 ($P > 0,05$). Ο ηπατοσωματικός δείκτης μειώνεται καθώς αυξάνει η περιεκτικότητα διαιτητικής πρωτεΐνης στα σιτηρέσια.

Πίνακας 3.6: Ηπατοσωματικός δείκτης (HSI), ενδοπλαχνικός δείκτης (VSI) και δείκτης ευρωστίας (K) του *D. puntazzo* διατρεφόμενο με σιτηρέσια διαφορετικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη.

	P30	P35	P40	P45	P50
HSI	$2,50 \pm 1,31^a$	$2,23 \pm 0,93^a$	$2,11 \pm 0,71^a$	$1,76 \pm 0,68^{ab}$	$1,35 \pm 0,68^b$
VSI	$9,83 \pm 2,47^a$	$8,55 \pm 1,41^{ab}$	$7,95 \pm 1,19^b$	$7,79 \pm 1,70^b$	$7,87 \pm 1,12^b$
K	$1,81 \pm 0,04$	$1,88 \pm 0,03$	$1,83 \pm 0,12$	$1,86 \pm 0,03$	$1,78 \pm 0,04$

Σημ.: Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση ($n=30$). Τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο ενδοπλαχνικός δείκτης υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων (Πιν. 3.6). Η τιμή του δείκτη για τα ψάρια

που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 ήταν $9,83 \pm 2,47$, για το σιτηρέσιο P35 ήταν $8,55 \pm 1,41$, για το σιτηρέσιο P40 ήταν $7,95 \pm 1,19$, για το σιτηρέσιο P45 ήταν $7,79 \pm 1,70$ και για το σιτηρέσιο P50 ήταν $7,87 \pm 1,12$. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι η τιμή του δείκτη για το σιτηρέσιο P50 είναι η στατιστικά μικρότερη ($P < 0,05$) σε σχέση με τις τιμές των σιτηρεσίων P30 ενώ παρόμοιες τιμές καταγράφηκαν για τα σιτηρέσια P35, P40 και P45 ($P > 0,05$). Ο ενδοπλαγχικός δείκτης μειώνεται καθώς αυξάνει η περιεκτικότητα διαιτητικής πρωτεΐνης για τα ποσοστά 30% μέχρι 45% ενώ για το σιτηρέσιο με ποσοστό 50% αυξάνεται.

Η τιμή για τον δείκτη ευρωστίας των ψαριών που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 ήταν $1,81 \pm 0,04$, για το σιτηρέσιο P35 ήταν $1,88 \pm 0,03$, για το σιτηρέσιο P40 ήταν $1,83 \pm 0,12$, για το σιτηρέσιο P45 ήταν $1,86 \pm 0,03$ και για το σιτηρέσιο P50 ήταν $1,78 \pm 0,04$. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών των διαφορετικών επιπέδων διαιτητικής πρωτεΐνης στα σιτηρέσια ($P > 0,05$).

3.3 Χημικές αναλύσεις σώματος

Η περιεκτικότητα των σωμάτων του μυτακίου σε υγρασία (Πιν. 3.7) στο τέλος του διατροφικού πειράματος ήταν για τα ψάρια της μεταχείρισης P30 $65,38 \pm 0,36\%$, για την μεταχείριση P35 ήταν $67,13 \pm 2,97\%$, για την P40 ήταν $65,87 \pm 2,50$, για την μεταχείριση P45 ήταν $65,86 \pm 1,41\%$ και τέλος για την μεταχείριση P50 ήταν $66,71 \pm 1,03\%$. Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο σώμα του μυτακίου δεν επηρεάζεται σημαντικά από την βαθμιαία αύξηση της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης στα σιτηρέσια. Το μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας σε υγρασία καταγράφηκε για τα ψάρια της P35 μεταχείρισης και το μικρότερο ποσοστό για την μεταχείριση P30. Τα συγκεκριμένα επίπεδα υγρασίας που βρέθηκαν στο σώμα των ιχθύων στην παρούσα

μελέτη συμφωνούν με τα επίπεδα υγρασία του είδους που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Hernandez *et al.* 2001, Adamidou *et al.* 2011, Nogales-Merida *et al.* 2011) αλλά και με εργασίες που έγιναν για άλλα είδη ψαριών όπως στο κακαρέλο (*Diplodus vulgaris*) (Ozorio *et al.* 2009) δεν υπήρχε σημαντική διαφορά της υγρασίας μεταξύ των σιτηρεσιών περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 25 - 35 - 45% και στον οξύρυγχο (*Huso huso*) μεταξύ των σιτηρεσιών με περιεκτικότητα 40 - 45 - 50 - 55% (Mohseni *et al.* 2013). Η υγρασία δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της πρωτεΐνης. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τους Hernandez *et al.* (2001) χορηγώντας σιτηρέσια με λόγο πρωτεΐνης/ενεργείας αντίστοιχο με των πειραματικών σιτηρεσιών της παρούσης μελέτης. Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι συγγραφείς ανέφεραν ότι όταν ο λόγος αυτός είναι υψηλότερος (24-25 g/MJ) επηρεάζει την υγρασία του σώματος αυξάνοντας την.

Πίνακας 3.7: Χημική σύσταση των ολικών σωμάτων του μυτακίου στο τέλος του διατροφικού πειράματος που διήρκησε 101 ημέρες.

%	Αρχ. μετρήσεις	P30	P35	P40	P45	P50
Υγρασία	-	65,38±0,36	67,13±2,97	65,87±2,50	65,86±1,41	66,71±1,03
Πρωτεΐνη	51,87±3,94 ^{ab}	46,28±0,95 ^a	48,42±1,15 ^{ab}	50,40±3,16 ^{ab}	52,93±1,91 ^b	52,15±0,95 ^b
Λίπος	15,71±2,37 ^a	36,73±1,87 ^b	37,35±0,73 ^b	35,45±3,73 ^b	34,44±1,60 ^b	35,17±2,11 ^b
Τέφρα	24,02±1,42 ^a	13,33±0,64 ^b	12,90±1,04 ^b	12,66±1,50 ^b	12,33±1,33 ^b	12,18±0,85 ^b

Σημ.: Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ±τυπική απόκλιση (n=3). Τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Ο μέσος όρος περιεκτικότητας σε αζωτούχες ενώσεις των σωμάτων του μυτακίου στο τέλος του διατροφικού πειράματος ήταν για το P30 σιτηρέσιο 46,28 ± 0,95% (Πιν. 3.2), για το P35 σιτηρέσιο 48,42 ± 1,15%, για το P40 σιτηρέσιο 50,40 ± 3,16%, για το P45 σιτηρέσιο 52,93 ± 1,91% και για το P50 σιτηρέσιο 52,15 ± 0,95%. Αύξηση στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στο σώμα του μυτακίου μετά το

διατροφικό πείραμα, παρατηρήθηκε για τα σιτηρέσια P45 και P50, ενώ για τα πειραματικά σιτηρέσια P30, P35 και P40 παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού της πρωτεΐνης στην σωματική σύσταση σε σχέση με τις μετρήσεις στον αρχικό πληθυσμό ($P < 0,05$). Με βάση την στατιστική επεξεργασία οι διαφορές των μετρήσεων μεταξύ αρχικού πληθυσμού και των διατροφικών ομάδων μετά την ολοκλήρωση του πειράματος δεν παρουσιάζουν διαφορές. Παρατηρούμε, δηλαδή, ότι η αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης στα σιτηρέσια δεν επηρεάζει αντίστοιχα και την περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στο σώμα του μυτακίου. Όσον αφορά τις τιμές της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης στο σώμα των ψαριών μεταξύ των διατροφικών ομάδων, καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων P30 και P45-P50. Τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν για την πρωτεϊνική σύσταση του σώματος του τελικού πληθυσμού συμφωνούν με άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για το ίδιο είδος (Adamidou *et al.* 2011) αλλά και για ψάρια διαφορετικού είδους όπως η τιλάπια (*Oreochromis niloticus*) (El-Dahhar *et al.* 2000). Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην τιλάπια του Νείλου, το ποσοστό της πρωτεΐνης στο σώμα του τελικού πληθυσμού αυξανόταν καθώς αυξανόταν η πρωτεΐνη για τα σιτηρέσια με περιεκτικότητα 0 - 24%, ενώ αυτή η αύξηση δεν συνεχίστηκε για τα σιτηρέσια περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 24-56% παραμένοντας στα ίδια επίπεδα ($P > 0,05$) (Jauncey 1982).

Ένα επίπεδο 30% διαιτητικής πρωτεΐνης οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σώμα των ιχθύων συγκριτικά με υψηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης στην τροφή (35%, 40%, 45, 50%). Αυτό υποδεικνύει ότι ένα επίπεδο πρωτεΐνης στην τροφή της τάξης του 30% οδηγεί σε χαμηλότερη θρεπτική αξία του εκτρεφόμενου ιχθύος. Ωστόσο, σταδιακές αυξήσεις της διαιτητικής πρωτεΐνης από 35% έως 50% δεν αποφέρουν αυξήσεις στην περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σώμα

των ιχθύων. Αυτό υποδεικνύει ότι η πλεονάζουσα πρωτεΐνη της τροφής αποδόθηκε στην αύξηση του βάρους ως ένα επίπεδο, όπως δείχθηκε στον Πίνακα 3.1, και όχι στην εναπόθεση στους σωματικούς ιστούς. Ωστόσο, όταν το επίπεδο πρωτεΐνης της τροφής ήταν 50%, η πλεονάζουσα πρωτεΐνη δε χρησιμοποιήθηκε για περαιτέρω σωματική ανάπτυξη των ιχθύων (Πιν .3.1), αλλά ούτε και εναποτέθηκε στο σώμα, υποδεικνύοντας την απώλεια της μέσω του μεταβολισμού της πλεονάζουσας ποσότητας των αμινοξέων (Jauncey 1982).

Η μέση περιεκτικότητα λίπους στο σώμα του μυτακίου στο τέλος του διατροφικού πειράματος για τη μεταχείριση P30 ήταν $36,73 \pm 1,87\%$, για τα ψάρια της μεταχείρισης P35 ήταν $37,35 \pm 0,73\%$, για την μεταχείριση P40 ήταν $35,45 \pm 3,73\%$, για την P45 ήταν $34,44 \pm 1,60$ και για την μεταχείριση P50 το ποσοστό καταγράφηκε $35,17 \pm 2,11\%$. Αξίζει να αναφερθεί πως η περιεκτικότητα σε λίπος των σωμάτων των ιχθύων όλων των διατροφικών ομάδων ήταν σημαντικά υψηλότερη από εκείνη του αρχικού πληθυσμού, υποδεικνύοντας ότι τα πειραματικά σιτηρέσια ήταν πιο πλούσια ενεργειακά από την εμπορική τροφή που χορηγούνταν στον αρχικό πληθυσμό και το οποίο οδήγησε σε γενικότερη εναπόθεση λίπους στο σώμα όλων των διατροφικών ομάδων. Οι τιμές του λίπους για τα σώματα του τελικού πληθυσμού δεν παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων. Αυτό σημαίνει ότι τα διαφορετικά επίπεδα της πρωτεΐνης, για τις συνθήκες της συγκεκριμένης έρευνας, δεν επιφέρουν σημαντικές διαφορές στην σωματική σύσταση του μυτακίου. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται κι από άλλη έρευνα για το είδος, στην οποία οι τιμές της περιεκτικότητας του λίπους στα σιτηρέσια κυμάνθηκαν από 2,17% μέχρι 21,53%, χωρίς να επιφέρουν σημαντικές διαφορές στην σύσταση του σώματος του μυτακίου (Nogales-Merida *et al.* 2011). Αντίθετα για το γατόψαρο *Heteropneustes fossilis* η σωματική περιεκτικότητα του λίπους αυξάνονταν με την

αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης (Siddique & Khan 2009). Πρέπει να αναφερθεί, όμως ότι είναι σημαντικά μεγαλύτερες από την τιμή του λίπους για τον αρχικό πληθυσμό.

Η σταδιακή αύξηση της διαιτητικής πρωτεΐνης από 30 έως 50% δεν επέφερε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα του λίπους των ολικών σωμάτων των ιχθύων. Αυτό υποδεικνύει ότι η πλεονάζουσα πρωτεΐνη δεν χρησιμοποιήθηκε μεταβολικά στη βιοσύνθεση λίπους στο σώμα των ιχθύων (νεολιπογένεση). Επιπλέον, η σταδιακή μείωση του λίπους στην τροφή (Πιν. 2.1) δεν επέφερε ανάλογες μειώσεις στο σώμα των ιχθύων. Αυτό υποδεικνύει ότι, η υψηλή περιεκτικότητα λίπους στα χαμηλής περιεκτικότητας πρωτεΐνης σιτηρέσια δεν χρησιμοποιήθηκε μεταβολικά για την ανάπτυξη των ιχθύων, τη στιγμή που όλα τα σιτηρέσια είναι ισοενεργειακά, υποδεικνύοντας με τη σειρά του ότι η πρωτεΐνη είναι το κυρίαρχο θρεπτικό συστατικό των σιτηρεσίων (Atienza *et al.* 2004), όπως και η αναλογία πρωτεΐνης/ενέργειας που επηρεάζει την ανάπτυξη του μυτακίου.

Το ποσοστό της τέφρας των σωμάτων για τα ψάρια των διαφορετικών πειραματικών σιτηρεσίων υπολογίστηκαν για την P30 μεταχείριση $13,33 \pm 0,64\%$, για την μεταχείριση P35 $12,90 \pm 1,04\%$, για την P40 $12,66 \pm 1,50\%$, για την μεταχείριση P45 $12,33 \pm 1,33$ και τελειώνοντας για την P50 $12,18 \pm 0,85\%$. Το μεγαλύτερο ποσοστό τέφρας καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο P30 ενώ αντίστοιχα το μικρότερο ποσοστό για το σιτηρέσιο P50. Από τα αποτελέσματα μπορούμε να δούμε ότι το ποσοστό της τέφρας ακολουθεί φθίνουσα πορεία σε σχέση με την αύξηση της περιεκτικότητας των σιτηρεσίων σε πρωτεΐνη χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών. Η διαφοροποίηση του επιπέδου της διαιτητικής πρωτεΐνης δεν επηρεάζει σημαντικά το ποσοστό της τέφρας

του τελικού πληθυσμού, βέβαια οι τιμές αυτές ήταν σημαντικά χαμηλότερες από την τιμή του αρχικού πληθυσμού.

4. Συμπεράσματα

- Σιτηρέσιο με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της τάξης του 30% οδήγησε σε μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμοτήτων.
- Οι τιμές των παραμέτρων ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής για το μυτάκι έδειξαν ότι το καταλληλότερο ποσοστό πρωτεΐνης, για τη σύσταση των σιτηρεσίων της παρούσας εργασίας, είναι μεταξύ 35 – 45%.
- Τα διαφορετικά επίπεδα της διαιτητικής πρωτεΐνης (35 -50%) με τα οποία διατράφηκε το μυτάκι στην παρούσα εργασία δεν επέφεραν σημαντικές αλλαγές στην χημική σύσταση των ψαριών.
- Ένα επίπεδο πρωτεΐνης στην τροφή της τάξης του 30% οδηγεί σε χαμηλότερη θρεπτική αξία του εκτρεφόμενου ιχθύος.
- Η πρωτεΐνη και όχι το λίπος είναι η κύρια πηγή ανάπτυξης για το μυτάκι.

5. Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

- Adamidou S., Rigos G., Mente E., Fountoulaki, E. (2011) The effects of dietary lipid and fibre levels on digestibility of diet and on the growth performance of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Mediterranean Marine Science*, 12:401-412
- Ali Ait A., Abrehouch A., Chebbaki K. (2011) Effects of protein and lipid content of three artificial foods on survival and growth of common dentex during the on-growing phase (*Dentex dentex* Linneaus, 1758). *Journal of Research in Biology*, 4:246-252
- Almaida-Pagán P.F., Hernández M.D., De Costa J., Mediola P. (2011) Effect of masking organoleptic properties of fat on diet self-selection by the sparid *Diplodus puntazzo*. *Aquaculture Nutrition*, 17:48-55
- Almaida-Pagán P.F., Seco-Rovira V., Hernández M.D., Madrid J.A., De Costa J., Mediola P. (2008) Energy intake and macronutrient selection in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) challenged with fat dilution and fat deprivation using encapsulated diets. *Physiology & Behaviour*, 93:474-480
- Almaida-Pagán P.F., Hernández M.D., García García B., Madrid J.A., De Costa J., Mediola P. (2007) Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes. *Aquaculture*, 272:589-598
- AOAC (1995) Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, (16th edition) AOAC, Arlington, VA, USA

- AOAC (1990) Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (15th edition) (ed. By K. Herlich). AOAC, Arlington, VA, USA
- Atienza M.T., Chatzifotis S., Divanach P. (2004) Macronutrient selection by sharp snout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture*, 232:481-491
- Basurco B., Lovatelli A., García, B. (2010) Current status of Sparidae aquaculture. In: Pavlidis, M., A. & Mulonas, C., C. (2011) Sparidae Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species. Wiley-Blackwell, Oxford, Chapter 1, pp. 21-28
- Bonaldo A., Rizzi L., Badiani A., Testi S., Gatta P.P. (2004) Growth response and body composition of sharp snout sea bream (*Diplodus puntazzo*) fed a high energy diet with different protein levels. *Italian Journal of Animal Science*, 3:235-242
- Dulčić J., Lipej L., Glamuzina B., Bartulovi V. (2006) Diet of *Spondyliosoma cantharus* and *Diplodus puntazzo* (Sparidae) in the Eastern Central Adriatic. *Cybium*, 3:115-122
- El-Biary E-S.H. (2005) Rearing sharp snout seabream (*Diplodus puntazzo*) fingerlings at varying dietary protein and lipid levels. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 31:443-452
- El-Dahhar A., Zeweil H., El-Tawil N. (2000) Effect of protein and energy levels in commercial diets on growth performance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 2:267-285
- Fauconneau B., Basseres A., Kaushik, S.J. (1992) Oxidation of phenylalanine and threonine in response to dietary arginine supply in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 101A:395-401
- García García B., Valverde J.C., Aguado-Giménez F., García García J., Hernández M.D. (2011) Effect of the interaction between body weight and temperature on

- growth and maximum daily food intake in sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture International*, 19:131–141
- Hernández M.D., Martínez F.J., Jover M., García García B. (2007). Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. *Aquaculture*, 263:159-167
- Hernández M.D., Egea M.A., Rueda F.M., Aguado F., Martínez F.J., García B. (2001) Effects of commercial diets with different *P/E* ratios on sharpsnout seabream *Diplodus puntazzo*/growth and nutrient utilization. *Aquaculture* 195:321–329
- Jauncey K. (1982) The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27:43-54
- Karakatsouli N., Papafotiou P., Papoutsoglou S.E. (2006) Mono- and duoculture of juvenile sharpsnout seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti) and gilthead seabream *Sparus aurata* L. in a recirculated water system. *Aquaculture Research*, 37:1654-1661
- Kraljević M., Matic-Skoko S., Ducić J., Pallaoro A., Jardas I., Glamuzina B. (2007) Age and growth of sharpsnout seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777) in the eastern Adriatic Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 48:145-154
- Linde M., Palmer M., Gómez-Zurita J. (2004) Differential correlates of diets and phylogeny of the shape of the premaxilla and the anterior tooth in sparid fishes (Perciformes: Sparidae). *Journal of Evolution Biology*, 17:941-952
- Marangos C. (1995) Larviculture of the sheepshead bream, *Puntazzo puntazzo* (Gmelin 1789) (Pisces Sparidae). In: *Cahiers Options Méditerranéennes, Marine Aquaculture Finfish Species Diversification*, C.I.H.E.A.M., Zaragoza, pp:41-46

- Mariani S., Maccaroni A., Massa F., Rampacci M., Tancioni L. (2002) Lack of consistency between the trophic interrelationships of five sparid species in two adjacent central Mediterranean coastal lagoons. *Journal of Fish Biology*, 61:138–147
- Mohseni M., Pourali H.R., Kazemi R., Bai S.C. (2013) Evaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile beluga (*Huso huso* L.1758). *Aquaculture Research*, 1–10
- Nogales-Mérida S., Martínez-Llorens S., Jover-Cerdá M., Tomás-Vidal A. (2011) A study of partial replacement of fish meal with sunflower meal on growth, amino acid retention, and body composition of sharpsnout seabream, *Diplodus puntazzo* (Actinopterygii: Perciformes: Sparidae). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41:47-54
- Nogales-Mérida S., Tomás-Vidal A., Martínez-Llorens S., Jover-Cerdá M. (2010) Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology. *Aquaculture*, 298:275–281
- Orban E., Di Lena G., Ricelli A., Paoletti F., Casini I., Gambelli L., Caproni R. (2000) Quality characteristics of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) from different intensive rearing systems. *Food Chemistry*, 70:27-32
- Ozório R.O.A., Valente L.M.P., Correia S., Pousão-Ferreira P., Damasceno-Oliveira A., Escórcio C., Oliva-Teles A. (2009) Protein requirement for maintenance and maximum growth of two-banded seabream (*Diplodus vulgaris*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 15:85–93

- Palma J., Andrade J.P. (2002) Morphological study of *Diplodus sargus*, *Diplodus puntazzo*, and *Lithognathus mormyrus* (Sparidae) in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 57:1–8
- Parpoura A., Alexis M., Apostolopoulou M., (1993) Nutritional requirements in protein-energy rations of the fish *Puntazzo puntazzo* (Sparidae). p.430-433. In: Proceedings of the 4th Hellenic Symposium in Oceanography & Fisheries, 26-29 April, Rhodes island, Greece
- Pastor E., Grau A., Riera F., et al. (2000) Experiences in the culture of new species in the “estación de Acuicultura” of the Balearic government (1980–1998). In: Recent Advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Species Diversification. Cahiers options méditerranéennes, vol. 47, (ed C. Zaragoza), pp. 371–379
- Piccolo G., Centoducati G., Marono S., Bovera F., Tudisco R., Nizza A. (2011) Effects of the partial substitution of fish meal by soy bean meal with or without mannanoligosaccharide and fructooligosaccharide on the growth and feed utilization of sharpsnout seabream, *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777): preliminary results. *Italian Journal of Animal Science*, 10:195-199
- Piedecausa M.A., Mazón M.J., García García B., Hernández M.D. (2007) Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture*, 263:211–219
- Rondan M., Hernandez M.D., Egea M.A., García B., Jover M., Rueda F.M., Martínez F.J. (2004) Effects of fishmeal replacement with soybean meal as protein source, and protein replacement with carbohydrates as an alternative energy source on sharpsnout sea bream, *Diplodus puntazzo*, fatty acid profile. *Aquaculture Research*, 35:1220-1227

- Rønnestad I., Thorsen A., Finn R.N. (1999) Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture*, 177:201–216
- Rønnestad I., Tonheim S.K., Fyhn H.J., Rojas-García C.R., Kamisaka Y., Koven W., Finn R.N., Terjesen B.F., Conceição L.E.C. (2003) The supply of amino acids during early feeding stages of marine fish larvae: a review of recent findings. *Aquaculture*, 227:147–164
- Saavedra M., Beltran M., Pousão-Ferreira P., Dinis M.T., Blasco J., Conceição L.E.C. (2007) Evaluation of bioavailability of individual amino acids in *Diplodus puntazzo* larvae: Towards the ideal dietary amino acid profile. *Aquaculture*, 263:192–198
- Sala, E., Ballesteros, E. (1997) Partitioning of space and food resources by three fish of the genus *Diplodus* (Sparidae) in a Mediterranean rocky infralittoral ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 152:273-283
- Siddiqui T.Q., Khan M.A. (2009) Effects of dietary protein levels on growth, feed utilization, protein retention efficiency and body composition of young *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Fish Physiology and Biochemistry*, 35:479–488
- Tacon G.J., Cowey C.B. (1985) Protein and amino acid requirements. *In* : Fish energetics : new perspectives, P. Titler, P. Calow (Eds.), Croom Helm, London, pp:155-183
- Vergara, J.M., Fernandez-Palacios, H., Robaina, L., Jauncey, K., De La Higuera, M., Izquierdo, M., (1996) The effects of varying dietary protein level on the growth, feed efficiency, protein utilization and body composition of gilthead sea bream fry. *Fisheries Science*, 62:620-623

- Vivas M., Rubio V.C., Sánchez-Vázquez F.J., Mena C., García García B., Madrid J.A. (2006) Dietary self-selection in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) fed paired macronutrient feeds and challenged with protein dilution. *Aquaculture*, 251:430– 437
- Zar J.H. (1999) *Biostatistical analysis*, 4th edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs. pp 663

Ελληνική βιβλιογραφία

- Παπαδάκη, Μ., Παπαδοπούλου, Μ., Συγγελάκη, Ε., Μυλωνάς, Κ. (2008) Εκτίμηση ποιότητας αυγών και σπέρματος στο μυτάκι (*Diplodus puntazzo*) σε συνθήκες καλλιέργειας. Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας. Θεσ/νικη, σελ. 1073-1075
- Παπαναστασίου, Π.Δ. (1980) Αλιεύματα. ΙΩΝ, Αθήνα, τόμος Α, σελ. 423, 436-437

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- FAO-FishStatPlus (2012) FAO's Fisheries and Aquaculture Department. Statistical Collections. :<http://www.fao.org/fishery/statistics/en> (21 Μαΐου 2012).
- Fishbase 2012 :<http://www.fishbase.org> (30 Μαΐου 2012)
- Gatland, P. (1995) Growth of *Puntazzo puntazzo* in cages in Selonda bay, Corinthos, Greece. In: *Marine Aquaculture Finfish Species Diversification*, Vol. 16 (ed. C. Zaragoza), pp. 51–55. Cahiers options méditerranéennes, FAO. :<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c16/96605565.pdf> (21 Μαΐου 2012)
- IGFA 2001 International Fancy Guppy Association Database of IGFA angling records until 2001. IGFA, Fort Lauderdale, USA.

:<http://www.fishbase.org/references/FBRefSummary.php?ID=40637> (30 Μαΐου 2012)

www.fao.org/statistics (15-Μαΐου)

Ε.Π.ΑΛ 2007 Τεχνική έκθεση : Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας 2007-2013.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων Ειδική Γραμματεία Προγραμματισμού & Εφαρμογών Γ ΚΠΣ, Αθήνα, Νοέμβριος 2007

www.alieia.gr/4pp/docs/per_epal_2007_2013.pdf (8 Μαΐου 2012)

ΣΕΘ 2012 Σύνδεσμος Ελλήνων Θαλασσοκαλλιεργητών Ελλάδος :<http://www.fgm.gr>

(20-Απριλίου)

6. ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effects of various dietary protein levels on growth and chemical composition of juveniles sharpsnout seabreams (*Diplodus puntazzo*). A total number of 300 juveniles of 2.80 ± 0.08 g initial mean weight were transferred to 15 saltwater tanks (100L) within a closed recirculation system. Temperature was maintained at 26.6 ± 1.6 °C, pH 8.03 ± 4.4 and salinity at 33 ± 0.16 ‰. Juveniles were divided into 5 dietary treatments in triplicates (60 fishes per treatment). They were fed 2 times a day *at libitum* for 101 days in total. The experimental diets were isonitrogenous (20.6 Mj / kg) and varied on their protein percentage (30%, 35%, 40%, 45% and 50%). At the end of the feeding trial, weight gain (21.29 g) and SGR (2.19% / day) were significantly higher in fish fed the P40% diet compared to fish fed the P30% and fish fed the P50% diet. The lowest FCR (1.63) was found in fish fed the P45% diet followed by that of P40% diet. The highest protein efficiency ratio (PER 1.39) was found in fish fed the P40%. It is concluded that a dietary protein level at the range of 35-45% results in higher growth rates and feed utilization for juveniles sharpsnout seabreams compared to a dietary protein level of a lower or higher range.

Key-words: *Diplodus puntazzo*, protein, growth, proximate composition