

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ – ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μερική αντικατάσταση ιχθυαλέυρου από
μυγάλευρο και επιδρασή του στην ανάπτυξη και
επιβίωση του αγγελόψαρου *Pterophyllum
scalare*»**

Αναστασία Πέτρου

Εισηγητής
Δρ Νικόλαος Βλάχος
ΕΔΙΠ

Μεσολόγγι 2016

στην οικογένειά μου

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα πειραματική πτυχιακή εργασία. Η πραγματοποίησή της δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την καθολική τους συμπαράσταση.

Ευχαριστώ τον Δρ Βλάχο Νικόλαο, ΕΔΙΠ, επιβλέπων της πτυχιακής εργασίας, για την εμπιστοσύνη, την απεριόριστη κατανόηση, την πνευματική και επιστημονική καθοδήγηση και την ηθική συμπαράσταση που έδειξε στο πρόσωπό μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσε να εργασθώ μαζί του όλα αυτά τα χρόνια.

Ευχαριστώ τον Δρ Κοσμά Ναθαναηλίδη, Καθηγητή, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής για τις συμβουλές και χρήσιμες υποδείξεις που μου έδωσε κατά τη συγγραφή της πτυχιακής εργασίας.

Ευχαριστώ τον Δρ Αλέξη Ράμφο, Επίκουρο Καθηγητή, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής για τις χρήσιμες υποδείξεις και συμβουλές που μου έδωσε κατά τη συγγραφή της πτυχιακής εργασίας.

Ευχαριστώ τη φίλη και συμφοιτήριά μου Αικατερίνη Ακριβούλη για τις ατελείωτες και αμέτρητες ώρες αγωνίας που περάσαμε στο εργαστήριο των Ενυδρείων κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, για την ανιδιοτελή βοήθεια, συμπαράσταση και εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, συνεισφορά, κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	76
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	76
1.1.Οικολογία του είδους <i>Pterophyllum scalare</i>	76
1.2.Αναπαραγωγή και κύκλος ζωής.....	87
1.3.Διατροφικές συνήθειες-ανάγκες	98
1.4.Θρεπτικές απαιτήσεις και διατροφή διακοσμητικών ψαριών.....	98
1.5.Σκοπός της πτυχιακής εργασίας.....	109
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	1140
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	1140
2.1.Προμήθεια ψαριών <i>P.scalare</i>	1140
2.2. Συνθήκες εκτροφής.....	1140
2.3.Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής.....	1412
2.4.Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων	1614
2.4.1.Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας – αζώτου (T.A.N).....	1615
2.4.2.Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων ($\text{NO}_2^- - \text{N}$)	1615
2.4.3.Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων ($\text{NO}_3^- - \text{N}$).....	1745
2.4.4.Προσδιορισμός ανθρακικής (KH) και γενικής (GH) σκληρότητας.....	1745
2.5.Μέτρηση μορφομετρικών χαρακτηριστικών	1746
2.6.Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής	1846
2.7.Δείκτες ανάπτυξης των ιχθύων και εκμετάλλευση της τροφής.....	2149
2.8.Στατιστική ανάλυση.....	2120
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	2321
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	2321
3.1.Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού	2321
3.2.Στοιχεία ανάπτυξης των αγγελόψαρων.....	2523
3.2.1.Επιβίωση	2523
3.2.2.Βάρος και μήκος σώματος	2523
3.2.3. Αύξηση βάρους (WG) και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/ημέρα)	
.....	2624
3.3.Κατανάλωση τροφής και παράμετροι αξιοποίησης της	2624

3.3.1. Κατανάλωση τροφής	2624
3.3.2. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής	2725
3.3.3. Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής	2725
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	2826
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	2826
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	3129
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	3129
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	3331

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αγγελόψαρο (*Pterophyllum scalare*) χρησιμοποιήθηκε στα διατροφικά πείραματά ανάπτυξης (πείραμα Α) και κατανάλωσης τροφής (πείραμα Β) όπου μελετήθηκε η αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από πρωτεΐνη αλεύρου μύγας του είδους *Hermetia illuscens* σε διαφορετικά διαιτητικά επίπεδα..

Στο πείραμα ανάπτυξης 120 ιχθύδια αγγελόψαρου μέσου βάρους $0,70 \pm 0,2$ gr και μέσου μήκους $3,29 \pm 0,38$ cm τοποθετήθηκαν σε 12 ενυδρεία όγκου 40 L γλυκού νερού και διαχωρίστηκαν σε τέσσερις διατροφικές ομάδες (10 άτομα/ ενυδρεία, 3 ενυδρεία/διατροφική ομάδα) σιτιζόμενες η κάθε μια με διαφορετικό σιτηρέσιο, τα οποία ήταν μεταξύ τους ισοενεργειακά (20,0 MJ/Kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά (42,5% της τροφής) για διάστημα 60 ημερών. Το σιτηρέσιο F2 (30% pm) περιείχε απολιπασμένο άλευρο *H. illuscens* σε ποσοστό συμμετοχής ίσο με 30% της τροφής, ενώ στα σιτηρέσια F (20% pm) και F4 (10% pm) ενσωματώθηκε απολιπασμένο άλευρο *H. illuscens* σε ποσοστά συμμετοχής 20 και 10%, αντίστοιχα, υποκαθιστώντας το ιχθυάλευρο. Το σιτηρέσιο F1 (FM –ιχθυάλευρο) περιείχε ιχθυάλευρο σε ποσοστό 100%.

Η κατανάλωση τροφής μελετήθηκε σε ξεχωριστό πείραμα, όπου χρησιμοποιήθηκαν 80 ιχθύδια αγγελόψαρου μέσου βάρους $1,10 \pm 0,02$ gr και μέσου μήκους $4,00 \pm 0,02$ cm τα οποία τοποθετήθηκαν σε 8 ενυδρεία (10 ιχθύδια/ενυδρείο, 2 ενυδρεία/διατροφική αγωγή) όγκου 40 L για χρονικό διάστημα 30 ημερών με τα ίδια σιτηρέσια. Τα αγγελόψαρα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα προήλθαν από ώριμους γεννήτορες που διατηρούνταν σε συνθήκες αιχμαλωσίας για περισσότερο από έξι μήνες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα αυξημένα επίπεδα συμμετοχής (30 %) του αλεύρου *H. illuscens* στο σιτηρέσιο (τροφή F2) οδηγούν σε μειωμένη κατανάλωση τροφής, σωματική ανάπτυξη και αποδοτικότητα της τροφής και αυξημένες θνησιμότητες ιχθύων συγκριτικά με τα χαμηλότερα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου (10%) στο σιτηρέσιο (τροφή F4). Μεγαλύτερη ανάπτυξη, κατανάλωση τροφής και επιβίωση παρουσίασε το σιτηρέσιο ιχθυαλεύρου (τροφή F1).

Λέξεις κλειδιά: *Pterophyllum scalare*, διατροφή, ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, επιβίωση, κατανάλωση τροφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.Οικολογία του είδους *Pterophyllum scalare*

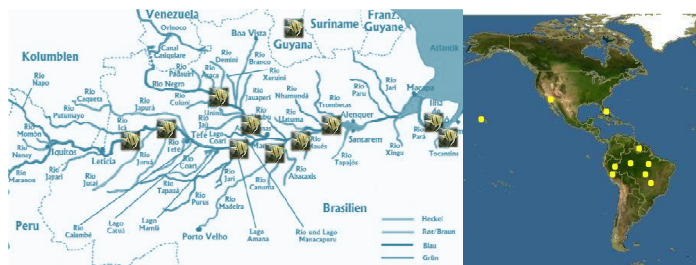
Το αγγελόψαρο (Εικ.1) ανήκει στα νεοτροπικά (James & Reis 2011) ενδημικά διακοσμητικά είδη της νοτίου Αμερικής (Helfman *et al.*2009). Γεωγραφικά απαντάται σε όλο το μήκος του Ανατολικού (Βραζιλία, Κολομβία) και Δυτικού τμήματος του Αμαζονίου ποταμού (Περού, Γουινέα, Γαλλική Γουινέα) συμπεριλαμβανομένων των παραποτάμων rio negro, rio Cururu, rio Icana, Orinoco και Nanay (Axelrod & Walker 2000, Perez *et al.* 2003, Sanna-Kaisa & Jukka 2004, Abdolbaghian *et al.* 2010). Οι Val & Almeida-Val (1995), αναφέρουν ότι τα νερά του ποταμού Αμαζονίου και των παραποτάμων του χαρακτηρίζονται ως «μαύρα» εξαιτίας των αυξημένων συγκεντρώσεων οργανικού υλικού, χουμικών οξέων, φυτικών πολυφαινόλων (τανίνες), με αποτέλεσμα το νερό να γίνεται όξινο (στα ανάντη του ποταμού το pH είναι 6,9 και στους παραποτάμους το pH είναι 3,8) και πλούσιο σε σίδηρο. Ζει σε τροπικές περιοχές με θερμοκρασία που κυμαίνεται από 26,7 έως 29,2°C (Perez *et al.*2003), το pH κυμαίνεται από 6,5 έως 7,25 (Kasiri *et al.*2011) και η σκληρότητα κυμαίνεται από 100-200 mg/L CaCO₃ (Korzelecka-Orkisz *et al.*2012).



Εικόνα 1: Αγγελόψαρο *P.scalare* (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Ανήκει στα μεγαλόσωμα είδη της οικογένειας, με το σώμα του να είναι πλευρικά πεπλατυσμένο, σχεδόν δισκοειδές με μεγάλο ύψος. Φέρει επιμηκυμένο ραχιαίο πτερύγιο μεγάλο σε μήκος και σχήματος τριγωνικό. Τα θωρακικά πτερύγια είναι λεπτά σε πάχος και φτάνουν σε μήκος το 1/3 του μεσουραίου μήκους του

ψαριού. Το εδρικό πτερύγιο αρχίζει από την έδρα και φέρει αρχικά κοντές σκληρές ακτίνες οι οποίες διαδοχικά αντικαθίστανται από μαλακές ακτίνες με την αύξηση του ύψους προς το τέλος της ουράς.



Εικόνα 2: Γεωγραφική κατανομή του Αγγελόψαρο *P. scalare* (Πηγή: <http://segelflosser.tumblr.com/page/2>)

1.2. Αναπαραγωγή και κύκλος ζωής

Η περίοδος αναπαραγωγής του αγγελόψαρου συμπίπτει με την περίοδο των βροχοπτώσεων (Munro *et al.* 1990) που έχει ως επακόλουθο την αύξηση της στάθμης του νερού και πραγματοποιείται με επιτυχία σε στάσιμα νερά, χωρίς την παρουσία ρευμάτων. Η αναπαραγωγή του χαρακτηρίζεται σύγχρονη ενώ αναπτύσσει διάφορες στρατηγικές (James & Reis 2011) που του προσδίδουν μια εκτεταμένη περίοδο ωοτοκίας (Alkins-Koo 2000).

Είναι γονοχωριστικό με αποτέλεσμα, ο διαχωρισμός του φύλου με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά (σχήμα, μέγεθος, χρώμα), τη συμπεριφορά (επιθετικότητα, προσέλκυση αντίθετου φύλου) και με βάση την προεκβολή της ουρογεννητικής οπής (Vlachos *et al.* 2008). Το θηλυκό αγγελόψαρο στη φύση εναποθέτει τα αυγά του σε φύλλα φυτών, ρίζες δέντρων και λείες επιφάνειες βράχων, ενώ σε συνθήκες αιχμαλωσίας στις λείες επιφάνειες πλαστικών ή κεραμικών κωνοειδούς σχήματος (Cacho *et al.* 2007). Οι Vlachos *et al.* (2008) και El Balaa (2009), αναφέρουν ότι, η ωρίμανση των αρσενικών ατόμων επιτυγχάνεται σε ηλικία 10-12 μήνες με το μήκος να κυμαίνεται από 15 έως 20 cm.

Ο μέσος κύκλος ωογένεσης διαρκεί 11 ημέρες, όπου το ωοκύτταρο, διέρχεται από το στάδιο των λεκιθικών κυστιδίων, σφαιριδίων και κοκκίων, την ωρίμανση και την ωοθυλακιορρηξία (Degani & Yesuda 1996). Η διάρκεια της ωοτοκίας και η εκκολαψιμότητα επηρεάζονται από την ηλικία του ψαριού και τις περιβαλλοντικές

συνθήκες. Η εκκολαψιμότητα του αγγελόψαρου αυξάνει, όταν τρέφεται με προνύμφες κουνουπιών και τυποποιημένες τροφές από μυϊκό ιστό γαλοπούλας ή βοδινού και μειώνεται όταν τρέφεται αποκλειστικά με σύμπηκτα (Degani & Yesuda 1996).

1.3. Διατροφικές συνήθειες-ανάγκες

Στη φύση το αγγελόψαρο τρέφεται με πλαγκτόν, προνύμφες κουνουπιών και εντόμων, σκουλήκι (*tufifex* ή μαύρο), κωπήποδα και φύλλα φυτών, ενώ σε συνθήκες αιχμαλωσίας με σύμπηκτα, νιφάδες και κατεψυγμένο σκουλήκι, καρκινοειδή και μυϊκό ιστό καρδιάς γαλοπούλας και βοδινού (Luna-Figuera *et al.*2000). Ο συνδυασμός τεχνητών σιτηρεσίων, ζωντανών και κατεψυγμένων τροφών επιφέρει καλύτερη ανάπτυξη, υψηλότερη επιβίωση (Ortega-Salas *et al.*2009) και αύξηση της συχνότητας ωοτοκίας.

Τα σιτηρέσια πρέπει να περιέχουν ποιοτικά και ποσοτικά όλα τα θρεπτικά συστατικά προκειμένου να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις του ψαριού. Πιθανή έλλειψη τους, προκαλεί μείωση της αναπαραγωγικής ικανότητας και της σωματικής του ανάπτυξης του ψαριού ενώ στην χειρότερη περίπτωση το ψάρι οδηγείται στο θάνατο (Sales & Janssens 2003). Η κατάλληλη διαίτα βελτιώνει την πεπτικότητα των θρεπτικών ενώ παράλληλα μειώνει το κόστος συντήρησης και ταυτόχρονα περιορίζει τη ρύπανση του νερού (Yousefian *et al.*2012). Στο φυσικό περιβάλλον, το ψάρια διατηρούν την ικανότητά να προσλαμβάνουν την τροφή τους καλύπτοντας τις διατροφικές τους απαιτήσεις ελαχιστοποιώντας με τον τρόπο αυτό την πιθανότητα να υποφέρουν από διατροφικές ελλείψεις (Velasco-Santamaria & Corredor-Santamaria 2011).

1.4. Θρεπτικές απαιτήσεις και διατροφή διακοσμητικών ψαριών

Στα διακοσμητικά ψάρια οι απαιτήσεις σε ενέργεια ποικίλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του ψαριού και τον τύπο της τροφής που χορηγείται. Οι Zuanon *et al.*(2009), αναφέρουν ότι στο αγγελόψαρο μέσου βάρους 2,33g οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι 12,97 kJ/g, σε αντίθεση με τη Readhead κιχλίδα (*Cichlasoma synspillum*), όπου οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι μικρότερες 1,55 kJ/g (Olevera-Novoa *et al.*1996). Επίσης το χρυσόψαρο μέσου βάρους 0,2 g οι ανάγκες σε ενέργεια είναι 11,72 kJ/g (Lochmann & Phillips 1994), ενώ για τα άτομα μέσου βάρους 0,008g

η απαίτηση σε ολική ενέργεια προσδιορίστηκαν 20,3 kJ/g (Fiogbé & Kestemont 1995).

Το επίπεδο της πρωτεΐνης προκαλεί αύξηση του βάρους (Ling *et al.*2006, Chong *et al.*2004) ή μείωση του βάρους όταν η διαιτητική πρωτεΐνη είναι υψηλή (50%) (Elangovan & Shim (1997). Η μείωση του βάρους οφείλεται στη περιορισμένη ικανότητα που έχει το ψάρι να αξιοποιήσει την πρωτεΐνη.

Η μέγιστη ανάπτυξη των περισσότερων ειδών διακοσμητικών ψαριών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα, πετυχαίνεται με ένα επίπεδο διαιτητικής πρωτεΐνης το οποίο κυμαίνεται από 25-30% για την ανάπτυξη του παμφάγου χρυσόψαρου (*Carassius auratus*) έως 50% για την ανάπτυξη του σαρκοφάγου δίσκου (*Symphysodon aequifasciata*) (Sales & Janssens 2003).

Η διατροφή των γεννητόρων καθορίζει την αναπαραγωγική συμπεριφορά του ψαριού. Συνεπώς σιτηρέσια που περιέχουν πρωτεΐνη 30% επιδρούν θετικά στην αναπαραγωγική δραστηριότητα των ψαριών αυξάνοντας κατά πολύ την παραγωγική διαδικασία. Επίσης, η μείωση της διαιτητικής πρωτεΐνης στο 20% επιφέρει μειωμένη περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο μυϊκό ιστό και στις ωοθήκες του *Xiphophorus helleri* (Ling *et al.*2006).

1.5.Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει την μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με άλευρο του είδους *H. illuscens* (μύγα) και η επίδρασή του στην ανάπτυξη, την κατανάλωση τροφής και επιβίωση του τροπικού αγγελόψαρου *Pterophyllum scalare* για χρονικό διάστημα 60 και 30 ημερών αντίστοιχα σε συνθήκες εργαστηρίου. Ουσιαστικά επιχειρείται να αξιολογηθεί η καταλληλότητα του μυγάλευρου ως συστατικό αντικατάστασης του ιχθυαλέυρου στο σιτηρέσιο του εκτρεφόμενου αγγελόψαρου (*Pterophyllum scalare*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1. Προμήθεια ψαριών *P. scalare*

Τα αγγελόψαρα, *P. scalare* που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα διατροφής, το οποίο διεξήχθη στο εργαστήριο ενυδρείων του Τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών του Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας, προήλθαν από αναπαραγωγή γεννητόρων οι οποίοι διατηρούνταν σε συνθήκες αιχμαλωσίας, στους 28° C στο εργαστήριο.

2.2. Συνθήκες εκτροφής

Για τη μελέτη της ανάπτυξης και κατανάλωσης της τροφής του αγγελόψαρου διεξήχθησαν δύο πειράματα διατροφής τα οποία είχαν διάρκεια 60 και 30 ημέρες αντίστοιχα, στα οποία έγινε μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με μυγάλευρο σε ποσοστά 30%, 20% και 10%.

Πριν την έναρξη των πειραμάτων τα αγγελόψαρα εγκλιματίστηκαν για διάστημα περίπου 30 ημερών και σιτίζονταν με θρυμματισμένα σύμπηκτα ή νιφάδες σε συνδυασμό με ζωντανή νωπή ή κατεψυγμένη artemia, Cyclops, daphnia ή discus formula. Ο συνδυασμός αυτός σύμφωνα με τους Luna-Figueroa (2000) οδηγεί σε καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης, σε σχέση με τις τροφές που αποτελούνταν εξ' ολοκλήρου από νιφάδες ή σύμπηκτα.

Για τις ανάγκες του πρώτου πειράματος (πείραμα ανάπτυξης) χρησιμοποιήθηκαν 120 νεαρά αγγελόψαρα μέσου βάρους $0,70 \pm 0,2$ gr και μέσου μήκους $3,29 \pm 0,03$ cm, τα οποία χωρίστηκαν σε τέσσερις διατροφικές ομάδες (FM, 30% PM, 20% PM και 10% PM) και τοποθετήθηκαν ανά 10 άτομα σε συνολικά 12 ενυδρεία διαστάσεων 40 X 25 X 34,5 cm, συνολικού όγκου 40 L και θερμοκρασίας 28° C (Εικ. 3).

Σε κάθε ενυδρείο τοποθετήθηκε ψευδοπυθμένας ο οποίος καλύφθηκε με 6,5 Kg πορώδες χαλαζιακό χαλίκι (λάβα) μέσου διαμετρήματος $0,92 \pm 0,28$ mm προκειμένου να δημιουργηθεί ένα βιολογικό φίλτρο πυθμένα, βάθους 10 cm. Η επιφάνεια του κάθε φίλτρου υπολογίστηκε 1476 cm^2 . Η ανακύκλωση του νερού ήταν

συνεχόμενη διαμέσου μιας αεραντλίας με παροχή νερού 5118 mL/min, δημιουργώντας μια ταχύτητα φιλτραρίσματος 1,53 cm/min.



Εικόνα 3. Πειραματικά ενυδρεία εκτροφής του αγγελόψαρου *P. scalare* (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Το πείραμα κατανάλωσης της τροφής (πείραμα 2) αφορούσε την συλλογή της ακατανάλωτης τροφής για διάστημα 30 ημερών. Διεξήχθη σε οκτώ (8) ενυδρεία χωρίς εσωτερικό φίλτρο βυθού, τα οποία πληρώθηκαν με 40 L γλυκό νερό. Για να διασφαλισθεί η εύρυθμη λειτουργία του ενυδρείου και να αποφευχθούν προβλήματα διαταραχής της ποιότητας του νερού (αύξηση ολικής αμμωνίας και νιτρικών ιόντων) σε κάθε ενυδρείο κατασκευάστηκε εσωτερικό μηχανικό φίλτρο, με ταχύτητα φιλτραρίσματος η οποία υπολογίστηκε στα 0,85 cm/min (Εικ. 4).



Εικόνα 4. Μηχανικό φίλτρο που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα προσδιορισμού της κατανάλωσης τροφής του αγγελόψαρου *P. scalare* (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Αντίστοιχα στο πείραμα κατανάλωσης τροφής, χρησιμοποιήθηκαν 80 αγγελόψαρα μέσου βάρους $1,10 \pm 0,02$ g και μέσου μήκους $4,00 \pm 0,02$ cm, τα οποία μεταφέρθηκαν στα πειραματικά ενυδρεία και διαχωρίστηκαν σε 4 ομάδες (FM, 30% PM, 20% PM, 10% PM) στους 28° C.

Κατά την έναρξη και των δύο πειραμάτων και μετά από μια περίοδο λειτουργίας 24 h επιτρέποντας κάθε ίχνος χλωρίου να εξατμιστεί, σε κάθε ενυδρείο προστέθηκαν 2-4 κόκκοι χαλκικού από ενυδρείο με φίλτρο βυθού που λειτουργούσε ικανοποιητικά, τα οποία χρησίμευσαν ως υλικό ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηρίων.

Η βιολογική ρύθμιση των ενυδρείων και στα δυο πειράματα επιτεύχθηκε διαμέσου της μεθοδολογίας που περιγράφεται από τους Vlahos *et al* (2004), Vlahos *et al.*(2013) και Vlahos *et al.* (2016).

Η παροχή αέρα καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων διατηρούνταν σταθερή σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία και γινόταν από το κεντρικό σύστημα παροχής του εργαστηρίου, ενώ χρησιμοποιήθηκαν πέτρες πωρόλιθου διαστάσεων 12 X 25 mm ώστε να εξασφαλίζεται καλύτερη διάχυση του αέρα στο νερό και να παρέχεται σταθερή ροή ανακυκλοφορίας του νερού. Τα επίπεδα κορεσμού του οξυγόνου διατηρούνταν σε σταθερά επίπεδα και κυμαίνονταν μεταξύ 60 και 85%.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας στους 28° C και στα δυο πειράματα επιτεύχθηκε διαμέσου θερμαντικών σωμάτων τιτανίου (TH300,100W), οι οποίοι ήταν βυθισμένοι

στο ενυδρείο και συνδεδεμένοι με ρυθμιστή θερμοκρασίας (T-controller, T2001 HC AQUAMEDIC), έτσι ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται σταθερή με απόκλιση $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

Οι πειραματικές συνθήκες εκτροφής και στα δυο πειράματα διατηρήθηκαν σε σταθερά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας με τη φωτοπερίοδο να είναι εκείνη του μηνός Μαΐου-Ιουνίου και το φωτισμό να είναι φυσικός. Για την καλύτερη λειτουργία των ενυδρείων γίνονταν αλλαγή νερού της τάξης του 5-10% κάθε τρεις έως τέσσερις ημέρες.

2.3.Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής

Η διάρκεια του προγράμματος διατροφής στο πείραμα ανάπτυξης ήταν 60 ημέρες, ενώ στο πείραμα κατανάλωσης τροφής ήταν 30 ημέρες.

Το επίπεδο διατροφής προσδιορίστηκε στο 5% του μέσου βάρους ζώντος ψαριού ενώ, η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι 3 φορές ημερησίως, 7 φορές την εβδομάδα κάθε 4 ώρες (8:00 πμ, 12:00 μμ και 16:00 μμ). Η τροφή προζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας (A&D Company, Limited FX-3000i WP) με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου και τοποθετούνταν σε ειδικά πλαστικά φιαλίδια στους 4°C .

Τα πειραματικά σιτηρέσια παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο Διατροφής του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου περιβάλλοντος με την μέθοδο της κοινής πελλετοποίησης με τη χρήση πελλετομηχανής τύπου California Pellet Mill και ήταν της μορφής βυθιζόμενου σύμπηκτου διαμέτρου 1,5 mm.

Τα σιτηρέσια καταρτίστηκαν ώστε να είναι ισοενεργειακά (20,0 MJ/Kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά (42,5% της τροφής) (Πίν. 1) ικανοποιώντας τις θρεπτικές απαιτήσεις του αγγελόψαρου (Sales & Janssens 2003, Zuanon *et al.*2009). Το σιτηρέσιο FM περιείχε 100% ιχθυάλευρο (ενυδρεία 1,2,3) σε αντίθεση με το σιτηρέσιο 30% PM (ενυδρεία 4,5,6) που περιείχε απολιπασμένο άλευρο *H. illuscens* σε ποσοστό συμμετοχής ίσο με 30% της τροφής ενώ στα σιτηρέσια 20%PM (ενυδρεία 7,8,9) και 10%PM (ενυδρεία 10,11,12) ενσωματώθηκε απολιπασμένο άλευρο *H. illuscens* σε ποσοστά συμμετοχής 20% και 10%, αντίστοιχα, υποκαθιστώντας το ιχθυάλευρο.

Κάθε 15 ημέρες γινόταν αναισθητοποίηση των ψαριών με φαινοξυαιθανόλη σε πυκνότητα 0,75 mL/L με σκοπό την καταμέτρηση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των αγγελόψαρων (Ολικό βάρος, Ολικό μήκος) προκειμένου να υπολογιστεί εκ νέου η ποσότητα της τροφής που θα χορηγηθεί στα πειραματικά

ενυδρεία. Το επίπεδο διατροφής παρέμεινε σταθερό στο 5% του μέσου ζώντος βάρους αγγελόψαρου καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Η ημερήσια ποσότητα τροφής που χορηγούταν υπολογίζονταν σύμφωνα με τον τύπο:

$$F = MB \times E.\Delta\% \times \text{Αριθ.Ατομ/Αρ.Γευμ.},$$

Όπου, F: Χορηγούμενη τροφή (g)

MB: Μέσο βάρος αγγελόψαρων (g)

E.Δ: Επίπεδο διατροφής (%)

Αριθ. Ατ.: Αριθμός ατόμων γαρίδας

Αρ.Γευμ.: Αριθμός γευμάτων (3 γεύματα)

Επίσης πριν τη χορήγηση του πρώτου γεύματος γινόταν σιφωνισμός σε κάθε κλουβί για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής σε ειδικούς πλαστικούς κωδικοποιημένους δειγματοληπτικούς συλλεκτήρες. Το πρόγραμμα χορήγησης της τροφής εφαρμόζονταν από Δευτέρα έως Κυριακή. Τα αγγελόψαρα δεν ταΐζονταν μια ημέρα πριν τη ζύγισή τους (ανά 15 ημέρες), προκειμένου να γίνει αναπροσαρμογή της ποσότητας του σιτηρεσίου και να προσδιορισθεί το τελικό βάρος και το ολικό μήκος του ζώου.

Πίνακας 1: Ποσοστιαία σύσταση τροφής που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία.

	FM (F1)	30% PM (F2)	20% PM (F3)	10% PM (F4)
Πρωτεΐνη (%)	42,52	42,55	42,51	42,53
Λίπη (%)	11,52	12,61	12,26	11,90
Τέφρα (%)	9,06	10,65	10,12	9,60
Ινώδεις ουσίες (%)	0,78	0,62	0,67	0,72
Υγρασία (%)	8,39	8,77	8,65	8,52
Υδατάνθρακες (%) ¹	28,13	25,09	26,12	27,09
Ενέργεια (KJ/gr) ²	20,00	20,00	20,00	20,00

Οι υδατάνθρακες και η ενέργεια εκτιμήθηκαν από τις σχέσεις:

¹ Υδατάνθρακες (%) = 100 - (Ολική Πρωτεΐνη + Ολικά λιπίδια + Τέφρα)

² Ενέργεια (%) = 5,64 * P (%) + 9,44 * L (%) + 4,11 * C (%)

Πίνακας 2: Ποσότητα τροφής (ποσότητα τροφής /γέυμα) που χορηγήθηκε σε κάθε γέυμα καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας για το πείραμα ανάπτυξης και κατανάλωσης τροφής.

	FM (F1)	30% PM (F2)	20% PM (F3)	10% PM (F4)
ΗΜΕΡΕΣ	Πείραμα ανάπτυξης			
0-15	0,3515	0,3497	0,3505	0,3543
15-30	0,5352	0,4852	0,4945	0,5373
30-45	0,8915	0,6433	0,7495	0,8573
45-60	1,5347	0,9532	1,1393	1,4285
	Πείραμα κατανάλωσης τροφής			
0-15	0,3753	0,3562	0,369	0,3708
15-30	0,5472	0,4285	0,477	0,5475

2.4.Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων (T, O₂, pH, ολική αμμωνία (T.A.N.), νιτρωδών (NO₂⁻), νιτρικών ιόντων (NO₃⁻), ανθρακική (KH) και γενική (GH) σκληρότητα γινόταν περίπου 2 φορές την εβδομάδα. Για τις μετρήσεις του pH και του οξυγόνου (O₂) χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρονικό φορητό πεχάμετρο και οξυγονόμετρο της HACH-LANGE, ενώ για τις μετρήσεις της αμμωνίας, των νιτρωδών και νιτρικών ιόντων, της ανθρακικής και γενικής σκληρότητας χρησιμοποιήθηκαν ειδικά test χρωματομετρίας (Test Kits Api). Τα αμμωνιακά άλατα στο ενυδρείο έγιναν με τη χρήση αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat *et al.* 1974)

2.4.1.Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας – αζώτου (T.A.N)

Η διαδικασία μέτρησης της ολικής αμμωνίας περιγράφεται ως εξής:

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml με νερό του ενυδρείου
- Προσθήκη 8 σταγόνων από αντιδραστήριο ammonia bottle #1
- Ανακίνηση για 5 sec
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο ammonia bottle #2
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα.

2.4.2.Προσδιορισμός νιτρωδών ιόντων (NO₂⁻ – N)

Η διαδικασία μέτρησης των νιτρωδών ιόντων περιγράφεται ως εξής:

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml με νερό του ενυδρείου
- Προσθήκη 5 σταγόνων από αντιδραστήριο Nitrite
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα.

2.4.3.Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)

Η διαδικασία μέτρησης των νιτρικών ιόντων περιγράφεται ως εξής:

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml με νερό του ενυδρείου
- Προσθήκη 10 σταγόνων από αντιδραστήριο nitrate bottle #1
- Ανακίνηση για 5 sec
- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο nitrate bottle #2
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα

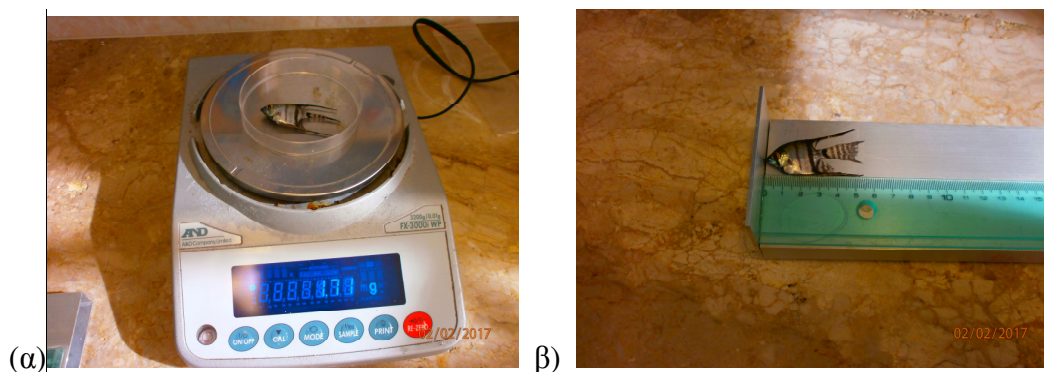
2.4.4.Προσδιορισμός ανθρακικής (KH) και γενικής (GH) σκληρότητας

Η διαδικασία της μέτρησης της γενικής και ανθρακικής σκληρότητας περιγράφεται ως εξής:

- προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 mL δείγματος νερού
- σταδιακή προσθήκη σταγόνας (μία σταγόνα τη φορά) από το αντιδραστήριο GH μέχρι το χρώμα του δείγματος να γίνει λαμπερό πράσινο
- σταδιακή προσθήκη σταγόνας (μία σταγόνα τη φορά) σταγόνα από το αντιδραστήριο KH μέχρι το χρώμα του δείγματος να γίνει λαμπερό κίτρινο

2.5.Μέτρηση μορφομετρικών χαρακτηριστικών

Το ολικό βάρος (g) μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας (A&D Company, Limited FX-3000i WP) με ακρίβεια δευτέρου δεκαδικού ψηφίου και το ολικό μήκος (cm) έγινε με τη βοήθεια ιχθυόμετρου. Η μέτρηση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών γίνονταν έπειτα από αναισθητοποίηση των ψαριών με φαινοξαιθανόλη σε πυκνότητα 0,75 mL/L (Εικ.5).



Εικόνα 5. Μετρήσεις (α) ολικού μήκους και (β) ολικού βάρους του αγγελόψαρου *P. scalare*.

2.6.Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής

Το πείραμα κατανάλωσης τροφής διήρκησε 30 ημέρες το οποίο πραγματοποιήθηκε σε ξεχωριστή διάταξη ενυδρείων μετά το πέρας του πειράματος ανάπτυξης. Η μη καταναλωθείσα εναπομείνασα τροφή συλλέγονταν με σιφωνισμό των ενυδρείων, πριν από το πρώτο τάισμα της επόμενης ημέρας, μέσα σε ειδικούς κωδικοποιημένους δειγματοληπτικούς συλλεκτήρες.

Οι συλλεκτήρες κωδικοποιήθηκαν με σκοπό την αποφυγή λάθους. Στη συνέχεια με πιπέτα τύπου paster και πριν τα δείγματα των υπολειμμάτων της τροφής τοποθετηθούν σε ειδικές πορσελάνινες κάψες, απομακρύνονταν τυχόν περιττώματα είχαν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια του σιφωνισμού της τροφής.

Ο διαχωρισμός των περιττωμάτων από τα υπολείμματα της τροφής έγινε μακροσκοπικά με βάση το σχήμα και το χρωματισμό τους. Στη συνέχεια οι κάψες (οι οποίες είχαν προζυγιστεί με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου) που περιείχαν τη μη καταναλωθείσα τροφή, τοποθετούνταν σε φούρνο ξήρανσης στους 105°C για 24 ώρες και στη συνέχεια επαναζυγίζονταν.

Η διαδικασία αυτή βοήθησε στον υπολογισμό της ξηρής ουσίας (Ξ.Ο) της εναπομείνασας τροφής για κάθε είδος τροφής ξεχωριστά. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης της τροφής χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$K.T(g) = \Xi O_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - \Xi O_{\text{εναπομείνασας τροφής}}$$

όπου:

K.T: κατανάλωση τροφής (g)

$\Xi.O_{\text{χορηγούμενης τροφής}}$ = χορηγούμενη ποσότητα τροφής σε ξηρή ουσία αφαιρούμενου του ποσοστού υγρασίας (g).

$\Xi.O_{\text{εναπομείνουσας τροφής}} = \text{εναπομείνουσα ποσότητα τροφής σε ξηρή ουσία μετά από ξήρανση (g)}$

Η σχέση μεταξύ ξηρής ουσίας ($\Xi.O$) και υγρής ουσίας ($Y.O$) συμπήκτου καθορίστηκε μέσω μαθηματικών σχέσεων όπου:

$$\Xi.O_{FM} = 0,9645 \times Y.O_{\text{συμπήκτου}} - 0,0033 \quad (R^2 = 0,9942, n=15)$$

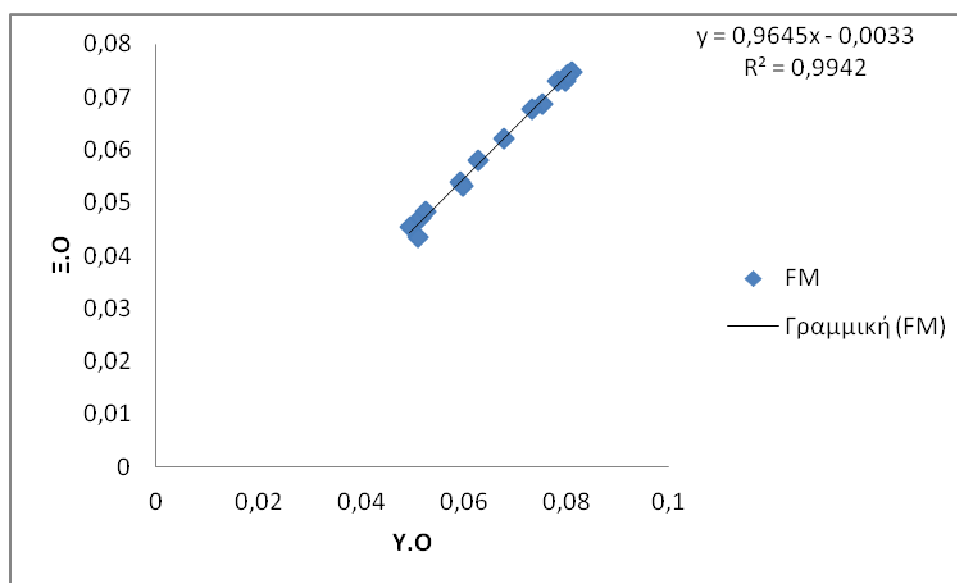
$$\Xi.O_{F2_30\%PM} = 0,8263 \times Y.O_{\text{συμπήκτου}} + 0,0019 \quad (R^2 = 0,8701, n=15)$$

$$\Xi.O_{F3_20\%PM} = 0,9532 \times Y.O_{\text{συμπήκτου}} - 0,0018 \quad (R^2 = 0,9169, n=15)$$

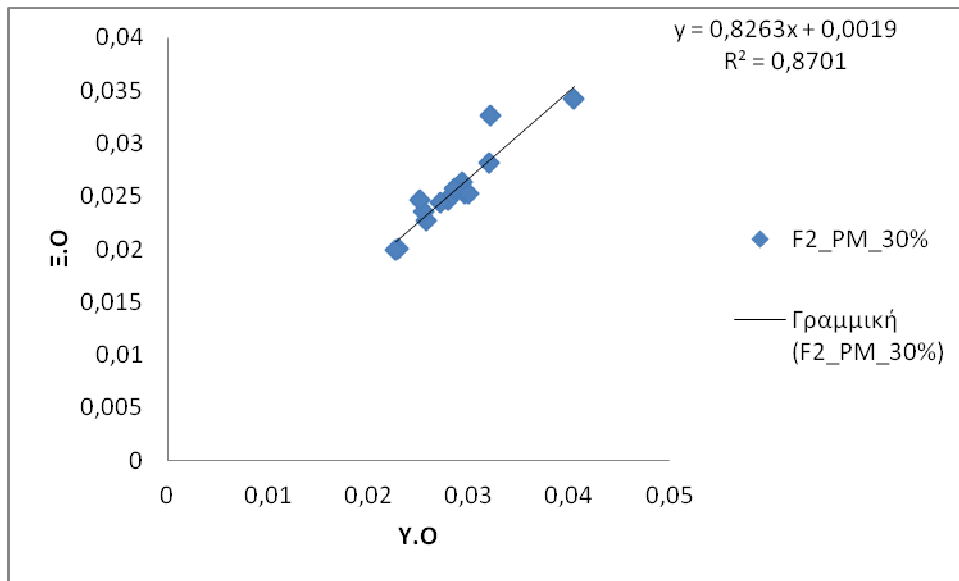
$$\Xi.O_{F4_10\%PM} = 0,9373 \times Y.O_{\text{συμπήκτου}} - 0,0005 \quad (R^2 = 0,9956, n=15)$$

Η μαθηματική σχέση μεταξύ της ξηράς και υγρής ουσίας συμπήκτου υπολογίστηκε από προζυγισμένες ποσότητες 15 συμπήκτων ανά τροφή οι οποίες τοποθετήθηκαν σε φούρνο ξήρανσης στους 105°C για 24 ώρες και επαναζυγίστηκαν.

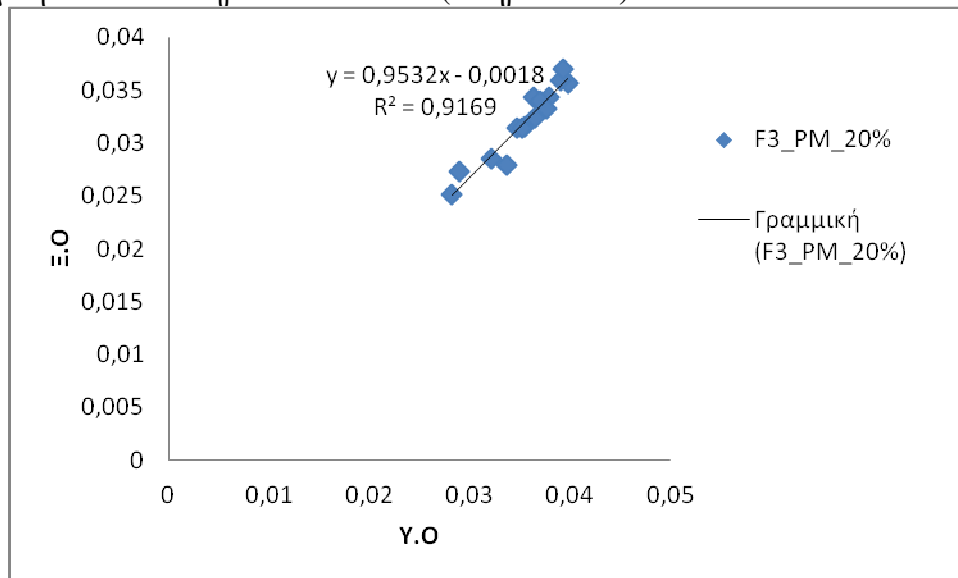
Στα σχήματα 1, 2, 3 και 4 δίνεται η γραμμική συσχέτιση της ξηράς και της υγρής ουσίας του συμπήκτου για όλα τα σιτηρέσια που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.



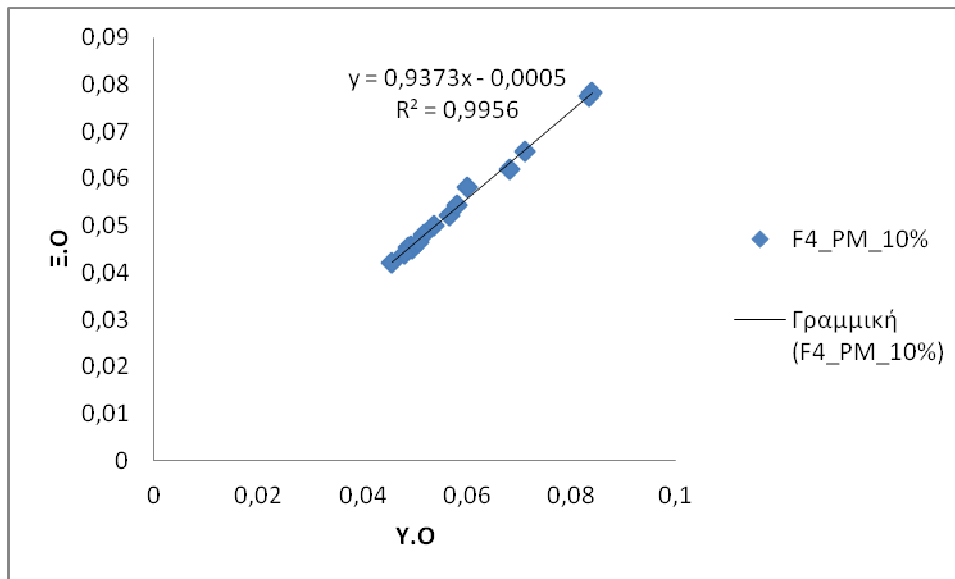
Σχήμα 1: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας ($\Xi.O$) και υγρής ουσίας ($Y.O$) του συμπήκτου του σιτηρέσιου FM (σιτηρέσιο F1).



Σχήμα 2: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) του συμπήκτου του σιτηρέσιου 30% PM (σιτηρέσιο F2).



Σχήμα 3: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) του συμπήκτου του σιτηρέσιου 20% PM (σιτηρέσιο F3).



Σχήμα 4: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) του συμπήκτου του σιτηρεσίου 10% PM (σιτηρέσιο F3).

2.7. Δείκτες ανάπτυξης των ιχθύων και εκμετάλλευση της τροφής

Ο υπολογισμός της ανάπτυξης των αγγελοψαρων και του ρυθμού κατανάλωσης της τροφής έγινε εφαρμόζοντας τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις:

- **Αύξηση βάρους (g)**
 $WG(g) = \text{τελικό βάρος (g)} - \text{αρχικό βάρος (g)}$
- **Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών**
 $PER = WG(g) / \text{προσφερόμενη πρωτεΐνη (g)}$
- **Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής**
 $FCR = FC(g) / WG(g)$
- **Επιβίωση (%)**
 $S = (\text{τελικός αριθμός ψαριών} / \text{αρχικός αριθμός ψαριών}) * 100$
- **Κατανάλωση τροφής**
 $FC(g) = \Xi.O_{\text{χορηγούμενης τροφής (g)}} - \Xi.O_{\text{ακατανάλωτης τροφής (g)}}$

2.8. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών και αξιοποίησης της τροφής επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού προγράμματος SPSS 17, κάνοντας χρήση της μεθόδου της Ανάλυσης Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA). Οι διαφορές μεταξύ των πειραματικών ομάδων κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές $P < 0,05$. Στις περιπτώσεις όπου η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για

τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Zar 1999). Ο έλεγχος της ομοιογένειας της παραλλακτικότητας των μέσων όρων έγινε με τον έλεγχο του Levene's test. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή $M.O \pm SEM$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1.Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού

Οι μετρήσεις των παραμέτρων του νερού (TAN, NO_2^- , NO_3^- , pH, O_2) σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία εκτροφής σε όλες τις διατροφικές ομάδες δεν παρουσίασαν σημαντικές διακυμάνσεις (Πιν 3).

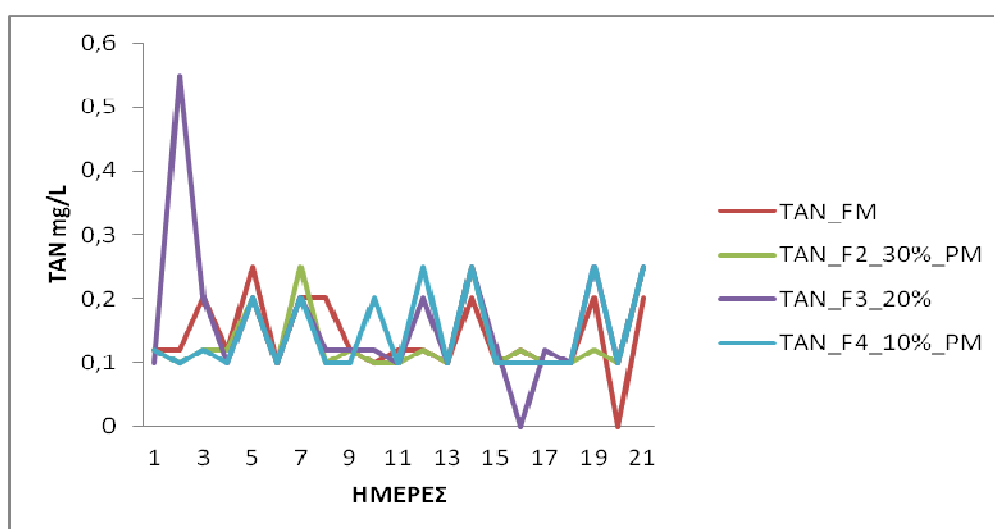
Τα νιτρώδη ιόντα (Σχ.6) σε όλες τις διατροφικές ομάδες διατηρήθηκαν σε μηδενικά επίπεδα ενώ τα νιτρικά ιόντα (Σχ. 7) κυμάνθηκαν από 1,19 έως 8,57 mg/L, αντίστοιχα. Η ολική αμμωνία (TAN) (Σχ.5) σε όλα τα ενυδρεία που διατράφηκαν με τα πειραματικά σιτηρέσια ήταν 4,3 mg/L

Πίνακας 3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού στα πειραματικά ενυδρεία εκτροφής

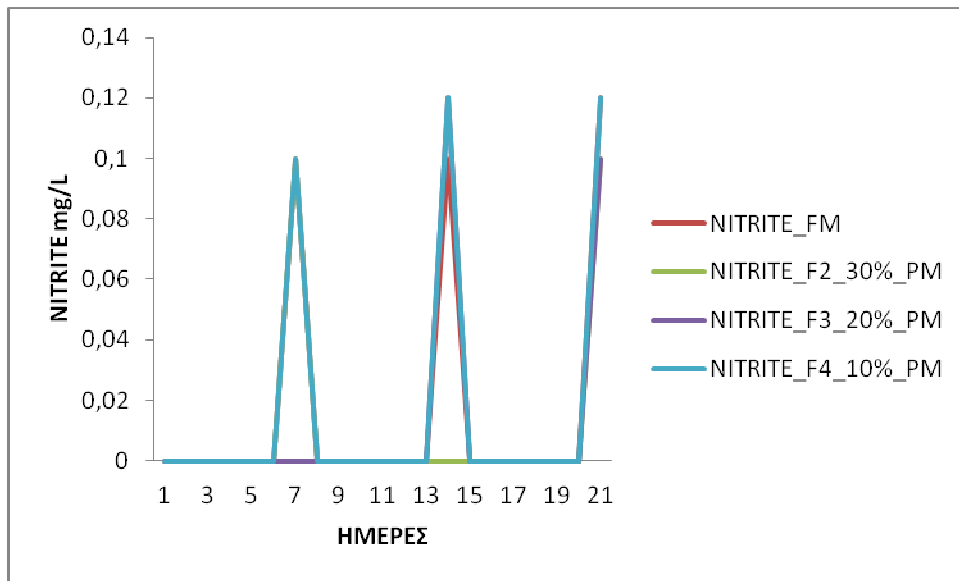
	FM (F1)	30% PM (F2)	20% PM (F3)	10% PM (F4)
T.A.N.	0,14±0,06	0,13±0,05	0,16±0,11	0,14±0,06
pH	8,0±0,3	8,0±0,3	8,0±0,3	8,1±0,3
Μη ιονισμένη αμμωνία ¹ ($\text{NH}_3\text{-N}$)	0,010	0,009	0,012	0,014
Ιονισμένη αμμωνία ² ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)	0,13	0,12	0,14	0,13
Νιτρώδη Ιόντα ($\text{NO}_2^-\text{-N}$)	0,02±0,04	0,01±0,03	0,01±0,03	0,02±0,04
Νιτρικά ιόντα ($\text{NO}_3^-\text{-N}$)	1,19±0,03	4,93±0,01	4,40±0,72	8,57±0,51
GH	6,95±1,4	7±1,2	6,76±1,0	6,90±0,9
KH	4,3±0,8	4,2±0,5	4,4±0,6	4,2±0,4

¹Η μη ιονισμένη αμμωνία υπολογίστηκε από την σχέση: Μη Ιονισμένη αμμωνία=T.A.N-Ιονισμένη αμμωνία.

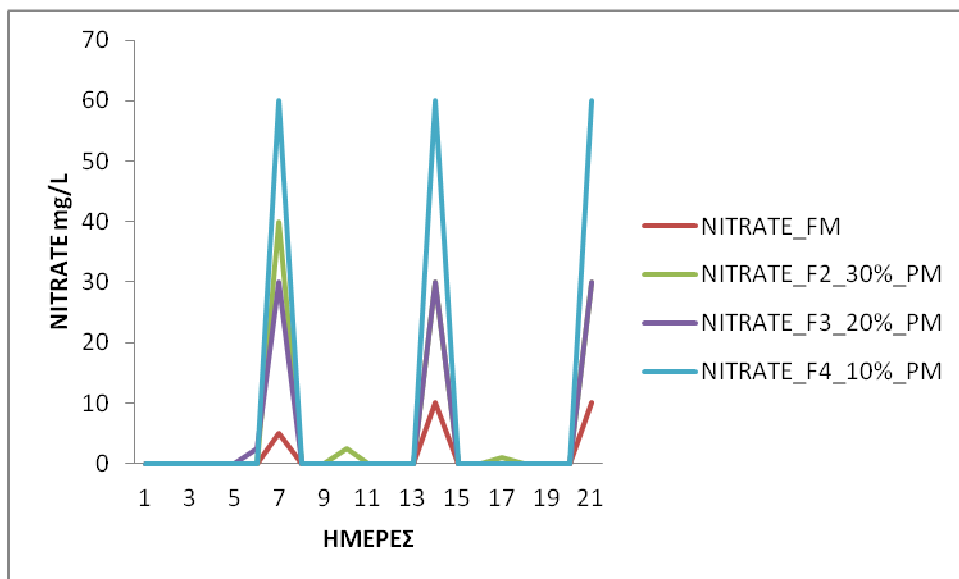
² Η Ιονισμένη αμμωνία υπολογίστηκε από τη σχέση: Ιονισμένη αμμωνία=α*T.A.N όπου α: γραμμομοριακό κλάσμα διάσπασης της αμμωνίας και υπολογίζεται από πίνακες σε συνάρτηση με το pH και τη θερμοκρασία.Οι τιμές δίνονται Μ.Ο±Τυπική απόκλιση.



Σχήμα 5: Μεταβολή της ολικής αμμωνίας (TAN) στα πειραματικά ενυδρεία εκτροφής.



Σχήμα 6: Μεταβολή νιτρωδών ιόντων (NO_2^- -N) στα πειραματικά ενδρεία εκτροφής.



Σχήμα 7: Μεταβολή νιτρικών ιόντων (NO_3^- -N) στα πειραματικά ενδρεία εκτροφής.

3.2.Στοιχεία ανάπτυξης των αγγελόψαρων

3.2.1.Επιβίωση

Στα πειράματα ανάπτυξης και κατανάλωσης τροφής σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία σε όλες τις διατροφικές αγωγές τα αγγελόψαρα παρουσίασαν αυξημένη επιβίωση για όλο το διάστημα εκτροφής 60 και 30 ημέρες, αντίστοιχα. Τα αγγελόψαρα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο F4 (10% PM) παρουσίασαν τη μεγαλύτερη επιβίωση 100% σε αντίθεση με τα αγγελόψαρα που διατράφηκαν με την τροφή F2 (30% PM) όπου η επιβίωση ήταν 86,6% (Πιν.4).

3.2.2.Βάρος και μήκος σώματος

Κατά την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας οι μέσοι όροι του ζώντος βάρους και μήκους αγγελόψαρου δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (ANOVA, $p>0,05$) (Πιν.4). Τα αγγελόψαρα τα οποία διατράφηκαν με τη τροφή F1 (FM, ιχθυάλευρο) έδειξαν στατιστικά μεγαλύτερο μέσο τελικό βάρος ($5,42 \pm 0,36$ gr) και μέσο τελικό μήκος ($5,88 \pm 0,19$ cm) σε σχέση με τα πειραματικά σιτηρέσια. F4 (10%PM, αντικατάσταση 10% με μυγάλευρο -τελικό βάρος: $4,39 \pm 0,39$ gr και τελικό μήκος $5,54 \pm 0,16$) και F3 (20% αντικατάσταση με μυγάλευρο-τελικό βάρος $3,44 \pm 0,30$ gr και $5,27 \pm 0,16$ cm). Το μικρότερο τελικό βάρος και μήκος παρουσίασε το σιτηρέσιο F2 όπου αντίστοιχα ήταν $2,95 \pm 0,20$ gr και $5,15 \pm 0,11$ cm.

Πίνακας 4. Αρχικό μέσο βάρος (g), τελικό βάρος (g), αρχικό μήκος (cm) τελικό μήκος (cm), αύξηση βάρους (g), ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, %/ημέρα) του αγγελόψαρου *P. scalare* όταν τρέφεται με τις τέσσερις πειραματικές δίαιτες σε θερμοκρασία 28°C

Δείκτες ανάπτυξης	F1 (FM)	F2 (30% PM)	F3 (20% PM)	F4 (10% PM)
Αρχικό μέσο βάρος (gr)	$0,70 \pm 0,03^a$	$0,69 \pm 0,03^a$	$0,70 \pm 0,04^a$	$0,70 \pm 0,04^a$
Τελικό μέσο βάρος (gr)	$5,42 \pm 0,36^a$	$2,95 \pm 0,20^c$	$3,44 \pm 0,30^b$	$4,39 \pm 0,39^a$
Αύξηση βάρους (WG, gr)	$4,72 \pm 0,36^a$	$2,22 \pm 0,21^c$	$2,71 \pm 0,31^b$	$3,68 \pm 0,42^a$
Επιβίωση (S, %)	96,6	86,6	90	100
Ειδικός αυξητικός ρυθμός (SGR, %/d)	$3,37 \pm 0,13^a$	$2,31 \pm 0,16^b$	$2,48 \pm 0,22^b$	$2,92 \pm 0,26^a$
Αρχικό μήκος (cm)	$3,24 \pm 0,06^a$	$3,26 \pm 0,07^a$	$3,32 \pm 0,07^a$	$3,34 \pm 0,08^a$
Τελικό μήκος (cm)	$5,88 \pm 0,19^a$	$5,15 \pm 0,11^b$	$5,27 \pm 0,16^b$	$5,54 \pm 0,16^a$

3.2.3. Αύξηση βάρους (WG) και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/ημέρα)

Στην αρχή του πειράματος δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του αρχικού μήκους και βάρους σε καμία από τις διατροφικές ομάδες (ANOVA, $p>0,05$), (Πιν. 4). Τα μέσα τελικά μήκη και βάρη των αγγελοψαρων που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια F1 (FM, ιχθυάλευρο) και F4 (10%PM, αντικατάσταση 10% με μυγάλευρο) ήταν σημαντικά υψηλότερα, σε σχέση με εκείνα που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια F2 (30%PM, αντικατάσταση 30% με μυγάλευρο) και F3 (20%PM, αντικατάσταση 20% με μυγάλευρο). Τα αγγελοψαρα που διατράφηκαν με τις τροφές F1 (FM) και F4(10%PM) παρουσιάζουν στατιστικά υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης σε αντίθεση με τα αγγελοψαρα που σιτήστικαν με τις δίαιτες F2 (30%PM) και F3 (20%PM), όπου παρατηρείται στατιστικά μικρότερη αύξηση (ANOVA, $p<0,05$), (Πιν 4).

3.3.Κατανάλωση τροφής και παράμετροι αξιοποίησης της

3.3.1. Κατανάλωση τροφής

Η κατανάλωση της τροφής (FC) παρουσιάζεται στον Πίνακα 5. Τα αγγελοψαρα παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη κατανάλωση της τροφής $1,31\pm 0,04$ g και $1,27\pm 0,04$ g αντίστοιχα (Πιν 5), όταν σιτίζονται με τις τροφές F1 (FM-ιχθυάλευρο) και F4 (10%PM, αντικατάσταση 10% μυγάλευρο) σε σχέση με την ομάδα ψαριού που διατρέφονταν με την τροφή F2 (30% PM αντικατάσταση 30% μυγάλευρο) όπου παρουσίασαν τη μικρότερη κατανάλωση, $0,76\pm 0,02$ g παρουσιάζοντας σημαντικές στατιστικές διαφορές (ANOVA, $p<0.05$).

Πίνακας 5. Δείκτες κατανάλωσης τροφής (κατανάλωση τροφής, μετατρεψιμότητα τροφής, συντελεστής απόδοσης πρωτεϊνών) του αγγελοψαρου όταν τρέφεται με τα πειραματικά σύμπηκτα καθ' όλη τη διάρκεια εκτροφής (30 ημέρες)

	F1 (FM)	F2 (30% PM)	F3 (20% PM)	F4 (10% PM)
Αρχικό βάρος (gr)	$1,12\pm 0,04^a$	$1,06\pm 0,02^a$	$1,10\pm 0,02^a$	$1,11\pm 0,04^a$
Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, %/ημέρα)	$3,57\pm 0,26^a$	$2,01\pm 0,22^b$	$2,45\pm 0,15^b$	$2,72\pm 0,21^b$
Κατανάλωση τροφής (FC gr)	$1,31\pm 0,04^a$	$0,76\pm 0,02^c$	$1,11\pm 0,03^b$	$1,27\pm 0,04^a$
Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR)	$0,75\pm 0,13^a$	$1,60\pm 0,52^a$	$1,05\pm 0,12^a$	$1,13\pm 0,15^a$
Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER)	$0,053\pm 0,005^a$	$0,022\pm 0,002^b$	$0,029\pm 0,002^b$	$0,034\pm 0,003^b$

3.3.2. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) δεν εμφάνισε σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (ANOVA, $p > 0,05$). Ο μεγαλύτερος συντελεστής μετατρεψιμότητας παρουσιάστηκε στα αγγελόψαρα που σιτίζονται με την τροφή στην οποία η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με μυγάλευρο ήταν 30% (F2, 30%PM) και ο μικρότερος στα αγγελόψαρα που σιτίζονταν με την τροφή F1(FM, ιχθυάλευρο) χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικές διαφορές (Πιν. 5).

3.3.3. Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 5, προκύπτει ότι ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης παρουσιάζει σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών τροφών (ANOVA, $p < 0,05$). Η υψηλότερη τιμή του συντελεστή αποδοτικότητας των πρωτεϊνών σημειώθηκε όταν τα αγγελόψαρα τρέφονταν με τις τροφές F1 (FM, ιχθυάλευρο) και F4 (10% PM, αντικατάσταση 10% με ιχθυάλευρο) σε σχέση με τα αγγελόψαρα που τρέφονταν με την τροφή F2 (30%PM, αντικατάσταση 30% με μυγάλευρο) που παρουσίασε την μικρότερη τιμή PER ($0,022 \pm 0,002$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυάλευρου στα διακοσμητικά είδη ψαριών δεν έχει μελετηθεί εκτενώς. Διατροφικά πειράματα που έχουν διεξαχθεί αφορούσαν την αντικατάσταση του σιτηρεσίου της τροφής με άλευρα φυτικής προέλευσης όπως για παράδειγμα άλευρο σόγιας και την επίδραση του στην ανάπτυξη και επιβίωση διακοσμητικών ψαριών (Δίσκος) (Chong *et al.* 2003). Οι σύγχρονοι μέθοδοι εκτροφής και αναπαραγωγής των διακοσμητικών ψαριών, παρόλο που βελτιώθηκαν απαιτούν τη συνεχή παροχή μιας ισορροπημένης και οικονομικά αποδοτικής διατροφής (Mandal *et al.* 2010). Οι περισσότερες έρευνες εστιάζονται στις πρακτικές τεχνικές που εφαρμόζονται και αποσκοπούν στην ολοκληρωμένη διαχείριση της τροφής εξαιτίας του υψηλού κόστους της.

Δίαιτες οι οποίες είναι εύγευστες, θρεπτικές, δυσδιάλυτες, ικανές να επιπλέουν, ανθεκτικές, και ενισχυμένες με χρωστικές, όπως τα σύμπληκτα και οι νιφάδες, χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως για τα ψάρια ενυδρείου. Στη βιομηχανία των διακοσμητικών ψαριών, υπάρχουν άμεσες προσπάθειες για τη δημιουργία οδηγών διατροφής για τα ψάρια ενυδρείου, προκειμένου να βελτιωθεί ο τύπος της τροφής, ούτως ώστε τα ψάρια ενυδρείου να μπορούν να αναπτυχθούν σε ένα υγιές περιβάλλον, μειώνοντας παράλληλα τον κίνδυνο υπερκατανάλωσης της τροφής και την επιβάρυνση του ενυδρείου.

Τα διακοσμητικά ψάρια σε συνθήκες αιχμαλωσίας θα πρέπει να χρησιμοποιούν τη διαιτητική πρωτεΐνη τους όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά ώστε να ελαχιστοποιούνται τα προϊόντα διάσπασης του μεταβολισμού των πρωτεϊνών (κυρίως αμμωνία), τα οποία μολύνουν άμεσα το περιβάλλον διαβίωσής τους (Earle 1995). Οι Sales & Janssens (2003) αναφέρουν ότι τα διαιτητικά επίπεδα της πρωτεΐνης για διάφορα διακοσμητικά είδη κυμαίνονται από 30 έως 50% για την καλύτερη απόδοση της ανάπτυξης τους. Ωστόσο, οι πληροφορίες σχετικά με τις απαιτήσεις σε πρωτεΐνη στα αγγελόψαρα είναι περιορισμένη.

Οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί για τις απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών είναι ελάχιστες ενώ στηρίζονται κυρίως σε συμπεράσματα που προέρχονται από τα εκτρεφόμενα εδώδιμα είδη (Lovell 2000, Chong *et al.* 2003). Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου από άλευρο μύγας του

είδους *Hermetia illuscens* σε ποσοστά 30%, 20% και 10% αντίστοιχα και η επίδραση του στην ανάπτυξη, κατανάλωση τροφής και επιβίωση του αγγελόψαρου, *P. scalare*.

Έρευνες έδειξαν ότι η αντικατάσταση του σιτηρέσιου έως 25,5% (Ridwanudin *et al.* 2013) επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη του ψαριού. Οι Emadi *et al.* (2014) έδειξαν ως η καταλληλότερη αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με σουσάμι είναι της τάξης του 20%

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το αγγελόψαρο αναπτύσσεται ικανοποιητικά καταναλώνοντας μεγαλύτερα ποσά τροφής όταν διατρέφεται με ιχθυάλευρο (τροφή F1) ή την τροφή στην οποία το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε κατά 10% με άλευρο μύγας του είδους *H. illuscens* (ANOVA, $p < 0,05$).

Τα αποτελέσματα επίσης έδειξαν ότι αυξημένα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου *H. illuscens* στο σιτηρέσιο της τάξης του 30% (F2-30% PM) και 20% (F3-20% PM) οδηγούν σε μειωμένη κατανάλωση τροφής και ανάπτυξη του αγγελόψαρου *P. scalare* (ANOVA, $p < 0,05$). Η μικρότερη αντικατάσταση στο σιτηρέσιο με άλευρο *H. illuscens* στατιστικά οδηγεί στην ίδια ανάπτυξη με το σιτηρέσιο από ιχθυάλευρο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με εκείνα των Νεοφύτου και συν. (2016) οι οποίοι βρήκαν ότι ιχθύδια τσιπούρας μέσου βάρους 2 gr σιτίστηκαν με σιτηρέσιο που περιείχε αυξημένα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου *H. illuscens* (17,4 %) στην τροφή οδήγησαν σε μειωμένη κατανάλωση τροφής, σωματική ανάπτυξη και αποδοτικότητα της τροφής συγκριτικά με τα χαμηλότερα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου στο σιτηρέσιο. Αυτό φανερώνει ότι υψηλά επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου *H. illuscens* στο σιτηρέσιο αποφέρουν μειωμένη γευστικότητα στην τροφή.

Επίσης οι Karapanagiotidis *et al.* (2015), αναφέρουν ότι άτομα τσιπούρας που διατράφηκαν με πλήρες σε λιπαρά άλευρο *H. illuscens* σε ποσοστό 9,5% παρουσίασαν μικρότερη ανάπτυξη λόγω της μειωμένης γευστικότητας που παρουσιάζει η τροφή.

Οι Kroeckel *et al.* (2012) μελέτησαν το καλκάνι (*Psetta maxima*), και βρήκαν ότι η κατανάλωση τροφής μειώθηκε από τα ψάρια όταν το σιτηρέσιο περιείχε 33% άλευρο *H. illuscens*. Επίσης οι ίδιοι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η γευστικότητα της τροφής έμεινε ανεπηρέαστη.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι αυξημένα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου *H. illuscens* στο σιτηρέσιο της τάξης του 30 % (F2, 30% PM) και 20 % (F3, 20% PM) οδηγούν, σε μειωμένη επιβίωση του αγγελόψαρου

συγκριτικά με τα χαμηλότερα επίπεδα συμμετοχής 10% (F4,10% PM) του αλεύρου στο σιτηρέσιο. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με εκείνα των Νεοφύτου και συν.(2016) οι οποίοι παρατήρησαν αυξημένη θνησιμότητα στα ιχθύδια τσιπούρας μέσου βάρους 2 g όταν το ποσοστό συμμετοχής του απολιπασμένου αλεύρου *H. illuscens* στο σιτηρέσιο της τάξης του 17% συγκριτικά με τα χαμηλότερα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου στο σιτηρέσιο (5% και 11%).

Αυξημένες θνησιμότητες παρατηρήθηκαν και σε μελέτες με το γατόψαρο (*Ictalurus punctatus*) και την μπλε τιλάπια (*Oreochromis aureus*) όταν διατράφθηκαν με σιτηρέσια όπου η πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου υποκαταστάθηκε κατά 10% και 100% από πλήρες σε λιπαρά άλευρο *H. illuscens* (Bondari & Sheppard 1987).

Οι Makkar *et al.* (2014) και Henry *et al.* (2015) αναφέρουν ότι το άλευρο *H. illuscens* μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό σε τροφές σε ποσοστό έως και 36% χωρίς να επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των ψαριών όπως για παράδειγμα του είδους *Oncorhynchus mykiss* καθώς και στην αποδοτικότητα της τροφής, παρόλο που επίπεδα συμμετοχής μεγαλύτερα από 12% οδηγούν ανεπιτυχή αποτελέσματα (St-Hilaire *et al.* 2007, Kroeckel *et al.* 2012).

Περαιτέρω έρευνες με τη χρήση πρωτεϊνών εντόμων, τόσο του είδους *H. illuscens* όσο και άλλων ειδών εντόμων, στα σιτηρέσια των διακοσμητικών ψαριών είναι αναγκαίες ώστε να διαφανεί η καταλληλότητα και τα μέγιστα επίπεδα συμμετοχής τους στις ιχθυοτροφές.

Τα έντομα εξαιτίας της υψηλής διατροφικής αξίας που παρουσιάζουν δύναται να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά σε ιχθυοτροφές χαρακτηρίζοντας τα ως μια αρκετά υποσχόμενη προοπτική για την συστηματική εκτροφή των διακοσμητικών ψαριών, τόσο στη χώρα μας όσο και παγκοσμίως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετήσει την ανάπτυξη, την κατανάλωση της τροφής και την επιβίωση του αγγελόψαρου (*Pterophyllum scalare*) όταν σιτίζεται με σιτηρέσια στα οποία έγινε μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με άλευρο του είδους *H. illuscens* (μύγα).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

- Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη μελέτη που αναδεικνύει τις απαραίτητες πληροφορίες για την μελλοντική κατάρτιση σιτηρεσίων υποκαθιστώντας το ιχθυάλευρο της πρωτεΐνης με άλευρο του είδους *H. illuscens* (μύγα) και ιδιαίτερα για το πώς η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη του αγγελόψαρου, καθώς και το οικονομικό αποτέλεσμα της εκτροφής.
- Το αγγελόψαρο παρουσιάζει καλύτερη ανάπτυξη (SGR) όταν τρέφεται με τροφές που περιέχουν 100% ιχθυάλευρο ή γίνει μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου κατά 10% με άλευρο μύγας παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- Αυξημένα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου *H. illuscens* (30%) στην τροφή οδηγούν σε μειωμένη κατανάλωση τροφής, σωματική ανάπτυξη και αποδοτικότητα της τροφής συγκριτικά με τα χαμηλότερα επίπεδα συμμετοχής του αλεύρου στο σιτηρέσιο (10%).
- Μεγαλύτερη αύξηση βάρους παρουσιάζουν τα αγγελόψαρα που σιτίζονται με σιτηρέσια στα οποία το ιχθυάλευρο αντικαθίσταται κατά 10% με άλευρο μύγας ή όταν η αντικατάσταση είναι μηδενική.
- Μεγαλύτερη επιβίωση παρουσιάζουν τα αγγελόψαρα που σιτίζονται με την τροφή όπου γίνεται μερική αντικατάσταση του ιχθυαλέυρου της τροφής με άλευρο μύγας σε ποσοστό 10%.
- Το αγγελόψαρο καταναλώνει με μεγαλύτερη προθυμία τα σύμπηκτα που υποκατέστησαν το ιχθυάλευρο κατά 10% με άλευρο μύγας του είδους *H. illuscens* ή με σύμπηκτα που δεν υποκατέστησαν το ιχθυάλευρο.

- Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής παρουσιάζει μεγαλύτερη αριθμητική του τιμή στην τροφή με τη μεγαλύτερη ποσοτικά αντικατάσταση ιχθυάλευρου με άλευρο μύγας (30%).
- Το αγγελόψαρο παρουσιάζει στατιστικά μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης της πρωτεΐνης όταν σιτίζεται με τις τροφές που υποκατέστησαν το ιχθυάλευρο κατά 10% με άλευρο μύγας του είδους *H. illuscens* ή με σύμπηκτα που δεν υποκατέστησαν το ιχθυάλευρο.
- Χρήση πρωτεϊνών εντόμων, τόσο του είδους *H. illuscens* όσο και άλλων ειδών εντόμων, στα σιτηρέσια των διακοσμητικών ψαριών είναι αναγκαίες ώστε να διαφανεί η καταλληλότητα και τα μέγιστα επίπεδα συμμετοχής τους στις ιχθυοτροφές.
- Τα έντομα εξαιτίας της υψηλής διατροφικής αξίας που παρουσιάζουν δύναται να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά σε ιχθυοτροφές χαρακτηρίζοντας τα ως μια αρκετά υποσχόμενη προοπτική για την συστηματική εκτροφή των διακοσμητικών ψαριών σε Πανελλαδικό και Παγκόσμιο επίπεδο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdolbaghian, S., S. Jamili & A. Matinfar. 2010. The effect of temperature and diet on the degrees of specific growth rate percentage (SGR %) and weight growth (WG %) of angel fish fry *Pterophyllum scalare*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 5: 311-315
- Alkins-Koo, M., (2000). Reproductive timing of fishes in a tropical intermittent stream. *Env. Biol. Fishes* 57:49–66.
- Axelrod, H. & B. Walker. (2000) *The guide to owning angelfish*. New Jersey, TFH Publication, Inc., 64p.
- Bondari K., Sheppard D.C. (1987). Soldier fly *Hermetia illucens* L., as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture and Fisheries Management* 18, 209-220.
- Cacho, MSRF., Yamamoto, M.E., and Chellapa., (2007). Mating system of the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* *Braz. J. Biol.*, 67(1): 161-165
- Chong ASC, Ishak SD, Osman Z, Hashim R.(2004). Effect of dietary protein level on the reproductive performance of female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). *Aquaculture*, 234(1-4): 381-392.
- Chong A, Hashim, R & A, Bin Ali (2003). Assessment of soybean meal in diets for discus (*Symphysodon aequifasciata* HECKEL) farming through a fishmeal replacement study, *aquaculture research*, (34), 913-922
- Lovell RT. (2000). Nutrition of ornamental fish. En: Bonagura J (Ed.), *Kirk's Current Veterinary Therapy XIII-Small Animal Practice*. W.B. Saunders, Philadelphia, USA, p.1191-1196.
- Helfman S.G., Collette B.B., Facey E.D., Bowen W.B.(2009). *The Diversity of Fishes Biology, Evolution, and Ecology*. (2nd ed) In: Wiley-Blackwell pp329-355.
- Degani, G., and Yehuda, Y., (1996). Effects of diets on reproduction of angelfish, *Pterophyllum scalare* (Cichlidae) *Indian J. Fish.*, 43(2) : 121-126.

- Earle K.E. (1995) The nutritional requirement of ornamental fish. *Veterinary Quarterly*, 17(1):S53-S55
- El Ballaa, R., (2009). Anti-predatory behavior of wild vs captive freshwater Angelfish, *Pterophyllum scalare*. Honours project Thesis (EVS4009). University Ottawa Canada.
- Elangovan A. & Shim, K.F. (1997). Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. *Aquaculture*, 158(3-4): 321-329.
- Fiogbé E.D. & Kestemont, P. (1995). An assessment of the protein and amino acid requirement in goldfish (*Carassius auratus*) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 11(3-4): 282-289.
- Henry M., Gasco L., Piccolo G., Fountoulaki E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology* 203, 1- 22.
- James , S.A., and Reis, R.E., (2011). *Historical Biogeography of Neotropical freshwater Fishes*. University of California Press. p. 308. Retrieved 28 June 2011.
- Karapanagiotidis I.T., Daskalopoulou E., Vogiatzis I., Rumbos C., Mente E., Athanassiou C.G. (2015). Substitution of fishmeal by fly *Hermetia illucens* prepupae meal in the diet of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *European Aquaculture Society, Rotterdam, The Netherlands, 20-23 October*.
- Kasiri, M., Farahi, A., Sudagar, M. (2011). Effects of feeding frequency on growth performance and survival rate of angelfish *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae). *Veterinary Research Forum.*, 2(2):97-102.
- Korzelecka-Orkisz, A., Zuzanna Szalast; Dorota Pawlos; Izabella Smaruj; Adam Tański; Joanna Szulc; Krzysztof Formicki. Early ontogenesis of the angelfish, *Pterophyllum scalare* Schultze, 1823 (Cichlidae). *Neotropical ichthyology*. 10 (3):567-576
- Kroeckel S., Harjes A.G.E., Roth I., Katz H., Wuertz S., Susenbeth A., Schulz C. (2012). When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fishmeal substitute – growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364-365, 345–352.
- Ling S, Hashim R, Kolkovski S, Chong Shu-Chien A. (2006). Effect of varying dietary lipid and protein levels on growth and reproductive performance of

- female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). *Aquaculture Research* 37(13): 1267-1275.
- Lochmann R.T. & Phillips, H (1994). Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria. *Aquaculture*, 128(3-4): 277-285.
- Luna-Figuerora, J., Figuerora –Torres., J.Y., Hernandez de la Rosa, L.P., (2000). Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproduccion del pez angel, *Pterophyllum scalare* variedad perlada (Pisces:Cichlidae). *Ciencia Y Mar*.4:3-9
- Makkar H.P.S., Tran G., Heuze V., Ankers P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197, 1–33.
- Mandal B., Mukherjee A., Banerjee S. (2010) Growth and pigmentation development efficiencies in fantail guppy, *Poecilia reticulata* fed with commercially available feeds. *Biology Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(6):1264-1267
- Munro, A.D., Scott, A.P., Lam, T.J., (1990). Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 254.
- Neofytou M.C., Karapanagiotidis I.T., Psoufakis P., Egglezos G., Karvouni I, Savva E, Tziokas G, Rumbos C., Athanasiou C.G. (2016). The use of De-Fatted *Hermetia illucens* meal in the diet of Gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Proceeding of the 2nd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment*. 10-12 November 2016 Messolonghi –Greece pp:59-63. ISBN 978-618-80242-3-6
- Olevera-Novoa MA, Gasca-Leyva E, Martinez-Palacios CA. (1996). The dietary protein requirements of *Cichlasoma synspilum* Hubbs, 1935 (Pisces: Cichlidae) fry. *Aquaculture Research*, 27(3):167-173.
- Ortega-Salas, A.A., Cortez, I., and Bustamante, H.R., (2009). Fecundity, growth and survival of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions. *Rev. Biol. Trop.*, 57:741-747.
- Pérez, E., F. Díaz & S. Espinac. 2003. Thermoregulatory behaviour and critical thermal limits of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae). *Journal of Thermal Biology*, 28: 531-537

- Ridwanudin, A., Chih-Yang H., Shyn-Shin, S. (2013). Fish meal replacement by soybean meal in the diets for hybrid red snaper (*Lutjanus argentimaculatus* x *Lutjanus aebae*). *Journal of Fisheries Society Taiwan*, 40 (3):193-203.
- Sales J. and G.P.J Janssens 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. *Aquatic Living Research*16(6):533-540.
- Sanna-Kaisa J.,Jukka S. (2004) Sustainable use of ornamental fish populations in Peruvian Amazonia. *Yonia*, 7(2):53-59.
- St-Hilaire S., Sheppard C., Tomberlin J.K., Irving S., Newton L., McGuire M.A., Mosley E.E., Hardy R., Sealey W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 59–67.
- Velasco-Santamaria,Y., W.Corredor-Santamaria,(2011). Nutritional requirements of fresh water ornamental fish a review.*Revista MVZ Cordoba* 16(2):1258-2469.
- Vlachos, N., Mente, E., Hotos, G.N., Kormas, K., Tzoganis,C., Psofakis, P., and Neofitou, C. (2008). Comercial production of *Pterophyllum scalare* (Cn: angelfish, Pisces Cichlidae) in aquarium. 4th International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Enviromental Management Athens, Greece, November 21-22,2008.
- Yousefian,M.,A.Gharaati.,M.Hadian, S.F Hashemi, A.Navazandeh.,Abbas esmaeili molla (2012). Food requirements and Dietary in aquarium fish (Review). *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2(3):112-20.
- Zuanon JAS, Salaro AL, Silveira-Moraes SS, de Oliveira-Alves LM, Balbino EM, Siqueira Araújo E. (2009). Dietary protein and energy requirements of juvenile freshwater angelfish. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, 38(6):989-993.
- Zar (1999).*Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. International Editions, London, UK.
- Val, A. & V. M. F. Almeida-Val. 1995. *Fishes of the Amazon and their environments. Physiological and biochemical features*.Heidelberg, Springer Verlag, 224p
- Stefania Marono, Giovanni Piccolo, Rosa Loponte, Carmelo Di Meo, Youssef A. Attia, Antonino Nizza & Fulvia Bovera (2016). *In Vitro Crude Protein Digestibility of Tenebrio Molitor and Hermetia Illucens Insect Meals and its*

Correlation with Chemical Composition Traits, Italian journal of animal science,(14),338-343

Pucher J, , Tuan Nguyen Ngoc², Trinh ThiHanhYen², Richard Mayrhofer³, Mansour El-Matbouli³, Ulfert Focken (2014). Earthworm Meal as Fishmeal Replacement in Plant based Feeds for Common Carp in Semi-intensive Aquaculture in Rural Northern Vietnam, Turkish journal of fisheries and aquatic sciences, (14),557-565

TRI N. NGUYEN¹ AND D. ALLEN DAVIS² I. PATRICK SAOUD (2009). Evaluation of Alternative Protein Sources to Replace Fish Meal in Practical Diets for Juvenile Tilapia, Oreochromis spp, journal of the world aquaculture society, (40), 113-121

Emadi H., Mokhayer B., Faal M., (2014), alternative role of sesame seed replacing fish meal in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings, Iranian journal of fisheries sciences, (3), 608-620

B. Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

<http://segelflosser.tumblr.com/page/2>