

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ-ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΥΔΡΕΙΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Διατροφικές Απαιτήσεις Διακοσμητικών ψαριών»**

**Παρασκευή Ηλιοπούλου**

**Βασιλεία Τζώρτζη**

**Μεσολόγγι 2013**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Διατροφικές Απαιτήσεις Διακοσμητικών ψαριών»**

**Παρασκευή Ηλιοπούλου  
Βασιλεία Τζώρτζη**

**Επιβλέποντες**

**Κοσμάς Βιδάλης  
Καθηγητής**

**Νικόλαος Βλάχος  
Ιχθυολόγος Τ.Ε.-MSc**

**Μεσολόγγι 2013**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

- 1) **Κοσμάς Βιδάλης**, Καθηγητής, Δρ Βιολόγος-Ιχθυολόγος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Επιβλέπων**
- 2) **Μαρία Μακρή**, αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δρ Βιολόγος-Ιχθυολόγος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Μέλος**
- 3) **Κωνσταντίνος Πούλος**, Καθηγητής Εφαρμογών, Δρ Βιολόγος-Ιχθυολόγος, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Μέλος**
- 4) **Νικόλαος Βλάχος**, Ε.Τ.Π., Ιχθυολόγος Τ.Ε-MSc Περιβαλλοντικών Επιστημών, Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Τμήμα Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, **Συνεπιβλέπων**

*Στους γονείς μας*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρουμε εις πέρας την παρούσα πτυχιακή εργασία.

- Δρ Κοσμά Βιδάλη, Καθηγητή, και επιβλέπων της εργασίας, για τις χρήσιμες πληροφορίες και παρατηρήσεις του, κατά την εκπόνηση της εργασίας
- MSc Νικόλαο Βλάχο, συνεπιβλέπων της εργασίας, για την αμέριστη και διαρκεί συμπαράστασή του και υποστήριξή του, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.
- Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Δρ Μαρία Μακρή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια και Δρ Πούλο Κων/νο Καθηγητή Εφαρμογών, για τις χρήσιμες συμβουλές τους.

Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μας.

## Περίληψη

Τα διακοσμητικά ψάρια είναι παγκοίμως γνωστά περισσότερο από 3 αιώνες, η χορήγηση εμπορικών τροφών εδώ και 50 χρόνια συνεισφέρει στην ανάπτυξη του χόμπι. Η θρέψη των διακοσμητικών ψαριών στηρίζεται στα αποτελέσματα που πηγάζουν από τη διατροφή των ψαριών κάτω από εντατικές συνθήκες εκτροφής. Έρευνες στις διατροφικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών του γλυκού και θαλασσινού νερού διεξήχθησαν, στη Σιγκαπούρη, δίνοντας έμφαση στη διατροφή των ψαριών με ζωντανή τροφή κατά τη διάρκεια των πρώιμων σταδίων ανάπτυξης του ψαριού.

Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνη κυμαίνονται από 30% στο παμφάγο χρυσόψαρο έως 50% στον σαρκοφάγο δίσκο, ενώ οι τροφές που χορηγούνται στα guppy είναι εμπλουτισμένες με ιχνοστοιχεία και βιταμίνες. Οι απαιτήσεις διακοσμητικών ψαριών σε λιπαρά οξέα, συνιστούν την προσθήκη ω-3 λιπαρών οξέων στην τροφή.

Τα ψάρια που διατηρούνται σε ενυδρεία παρουσιάζουν το καθένα τις δικές του απαιτήσεις και ανάγκες ως προς τη τροφή. Τα επίπεδα ενέργειας στα διακοσμητικά ψάρια κυμαίνονται από 0,068kJ/ημέρα για τα μικρά neon tetras έως 0,51KJ/ημέρα για τα moonlight gouramis, τα οποία εκτρέφονται σε θερμοκρασία νερού 26°C. Ο προσδιορισμός των διατροφικών απαιτήσεων στα διακοσμητικά ψάρια γίνεται με σκοπό τη βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης, της επιβίωσης και του τύπου τροφής που θα χρησιμοποιηθεί με βάση την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, λίπη, υδατάνθρακες, αμινοξέα και βιταμίνες.

**Λέξεις κλειδιά:** Διατροφή, Θρεπτικές απαιτήσεις, Διακοσμητικά ψάρια.

## Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε στο εργαστήριο των ενυδρείων του τμήματος Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου υπό την επίβλεψη του εργαστηριακού Συνεργάτη και Ε.Τ.Π, Νικόλαου Βλάχου, MSc και αφορά τις «Διατροφικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών»

Οι λόγοι που αποτέλεσαν το έναυσμα για την επιλογή του παρόντος θέματος ήταν:

- 1) Το εμπορικό ενδιαφέρον που παρουσιάζουν τα διακοσμητικά ψάρια και από ερασιτέχνες και επαγγελματίες ενυδρειολόγους
- 2) οι διατροφικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών
- 3) η μελλοντική επαγγελματική ενασχόλησή μας με το συγκεκριμένο αντικείμενο

Η ενασχόληση με το εν λόγω θέμα, έγινε μετά από ανάθεση, σύμφωνα με την αριθμ. 5/9-12-2010, απόφαση Συνέλευσης του τομέα Β με εισηγητή τον Εργαστηριακό Συνεργάτη Νικόλαο Βλάχο. Σύμφωνα με την αριθμ. 9/22-11-2012 απόφαση Συνέλευσης του τομέα Β και επειδή δεν προσλήφθηκαν εργαστηριακοί συνεργάτες για τα Ακαδημαϊκά έτη 2011-2013, σύμφωνα με απόφαση του Υπουργείου Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης, ορίστηκε εκ νέου εισηγητής ο Δρ Κοσμάς Βιδάλης, προκειμένου να ολοκληρωθεί η παρουσίαση της εργασίας.

## Περιεχόμενα

|  |    |
|--|----|
| Περίληψη .....   | 6  |
| Πρόλογος .....   | 7  |
| Περιεχόμενα.....   | 7  |
| 1. Εισαγωγή.....   | 10 |
| 2. Εμπορική αξία.....  | 14 |
| 3. Ανάπτυξη διακοσμητικών ψαριών.....  | 17 |
| 4. Διατροφή διακοσμητικών ψαριών - Θρεπτικές απαιτήσεις.....                       | 20 |
| 4.1. Διατροφικές συνήθειες διακοσμητικών ψαριών .....                              | 20 |
| 4.2. Επίπεδο διατροφής.....  | 24 |
| 4.3. Συστατικά, Κατηγορίες θρεπτικών συστατικών .....                              | 25 |
| 4.3.1. Πρωτεΐνες.....  | 25 |
| 4.3.1.1. Πρωτεϊνικές απαιτήσεις των ψαριών .....                                   | 29 |
| 4.3.2. Λίπη-Λιπαρά Οξέα.....   | 31 |
| 4.3.3. Αμινοξέα .....  | 33 |
| 4.3.4. Υδατάνθρακες.....   | 39 |
| 4.3.5. Ιχνοστοιχεία-Βιταμίνες .....  | 41 |
| 4.3.6.Καροτενοειδή.....  | 44 |
| 4.4. Σχεδιασμός τροφών για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών .....           | 46 |
| 4.4.1. Διαιτητικές πηγές ενέργειας.....  | 46 |
| 4.4.2. Αναλογία των θρεπτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας ..... | 47 |
| 4.4.3. Υπολογισμός της ποσότητας της τροφής.....                                   | 47 |
| 4.4.4. Ενεργειακές απαιτήσεις και πηγές. ....                                      | 48 |
| 4.4.5. Απαιτήσεις .....  | 49 |
| 4.5. Πεπτικό σύστημα-πέψη-μορφολογία.....  | 50 |



|  |    |
|--|----|
| 4.5.1. Πεπτικό σύστημα .....                         | 50 |
| 4.5.2. Όργανα κατάποσης τροφής-φαρυγγικά δόντια..... | 50 |
| 4.5.3. Πεπτικά ένζυμα και πέψη .....                 | 52 |
| 5. Abstract .....                                    | 55 |
| 6. Βιβλιογραφία .....                                | 56 |

## 1. Εισαγωγή

Η συντήρηση διακοσμητικών ψαριών «αναφέρεται» στην κινέζικη παράδοση από τον 8<sup>ο</sup> αιώνα. Αργότερα, περίπου το 1860, ο Jeger ίδρυσε στην Βιέννη το "Aquarium salon", ενώ την ίδια περίοδο στην Πορτογαλία και στην Αγγλία ναυτικοί εισήγαγαν στην Ευρώπη τον κύριο εκπρόσωπο των διακοσμητικών ψαριών το χρυσόψαρο (*Carassius auratus*). Από τότε έγιναν πολλές προσπάθειες για την εκτροφή του, με αποτέλεσμα σήμερα το χρυσόψαρο να κατέχει παγκοσμίως την πρώτη θέση μεταξύ των διακοσμητικών ψαριών του κρύου νερού.

Η μικρή παράδοση της Κίνας, της Σιγκαπούρης της Ταϊλάνδης, της νοτίου Αμερικής, της Αυστραλίας και άλλων κρατών ανά τον κόσμο, προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την εκτροφή και τις αναπαραγωγικές συμπεριφορές των περισσότερων διακοσμητικών ψαριών με τη διαφορά ότι οι κλιματολογικές συνθήκες των περιοχών αυτών δεν συγκρίνονται με αυτές των Ευρωπαϊκών κρατών, διότι οι τρόποι και η μεθοδολογία που εφαρμόζεται εναρμονίζεται πλήρως με τις συνθήκες που ισχύουν σ' αυτές τις περιοχές.

Σήμερα, το οικονομικό ενδιαφέρον που παρουσιάζουν έχει αυξηθεί, με αποτέλεσμα να γίνονται ολοένα και περισσότερες προσπάθειες για την αναπαραγωγή των περισσότερων διακοσμητικών και τροπικών ψαριών τόσο του γλυκού, όσο και του αλμυρού νερού. Τα αγγελόψαρα (*Pterophyllum scalare*), η τιλάπια (*Oreochromis aureus*), οι δίσκοι (*Symphysodon aequifasciatus*), τα χρυσόψαρα (*Carassius auratus*), τα γκάπυ (*Poecilia reticulata*) και το Κλωουνόψαρο (*Amphiprion percula*) αποτελούν είδη ψαριών με αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον.

Θεωρούνται από τα δημοφιλέστερα και γνωστά σε όλους είδη για καλλωπιστικά ενυδρεία και πωλούνται σε όλα τα ειδικά καταστήματα με τιμές αρκετά προσοδοφόρες για τους εμπόρους. Πολλές φορές παρατηρείται έλλειψη των ειδών αυτών, με αποτέλεσμα οι έμποροι να αγοράζουν αποθέματα από εισαγωγείς, μιας και οι περισσότεροι από αυτούς καθαρά ερασιτέχνες- αδυνατούν να παράγουν, να εκθρέψουν και να διατηρούν τα ψάρια οι ίδιοι. Αξιόλογο είναι το ενδιαφέρον που παρουσιάζουν τα είδη αυτά από ιχθυολογική άποψη, λόγω της μεγάλης προσαρμοστικότητας και αντοχής τους. Επίσης τα είδη αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γενετικές μελέτες, λόγω των πολλών τύπων-χαρακτήρων που παρουσιάζουν και εκτιμώνται από τους "χομπίστες" ενυδρείων.

Είναι άξιον απορίας, πως τα τόσο ενδιαφέροντα αλλά και συνάμα πανέμορφα είδη, τα οποία βρίσκονται στην κορυφή του εμπορικού ενδιαφέροντος των καλλωπιστικών ψαριών για ενυδρεία, δεν έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής από τον επιστημονικό κλάδο. Γενικότερα ο κλάδος των διακοσμητικών ψαριών πάσχει από την έλλειψη επιστημονικής προσέγγισης και ανάλυσης, με εξαίρεση ελάχιστα είδη. Οι μόνες πηγές που υπάρχουν είναι εμπειρικά συγγράμματα και αναφορές, τα οποία όμως στερούνται θεωρητικής θεμελίωσης και αναφέρονται μόνο σε παρατηρήσεις.

Οι κιχλίδες της Νότιας Ασίας είναι μονοφυλετικές σε σχέση με τις κιχλίδες που προέρχονται από τη Μαδαγασκάρη καθώς δεν παρουσιάζουν γενεαλογικό δέντρο. Τα είδη της Μαδαγασκάρης, (Ptychochrominae), είναι μονοφυλετικά και θεωρείται ως η συγγενική ομάδα σε ένα σύνολο ειδών που περιλαμβάνει τις αφρικανικές και νεοτροπικές κιχλίδες (Sparks & Smith, 2004).

Τα διακοσμητικά ψάρια που διατηρούνται στην Άπω Ανατολή χρονολογούνται πάνω από 1000 χρόνια, στην Ευρώπη από το 17<sup>ο</sup> αιώνα μόνο λίγες εκατοντάδες από τα 4000-5000 είδη ψαριών που διατηρούνται σαν κατοικίδια ψάρια παγκοσμίως είναι πολύ δημοφιλή και διατηρούνται από μεγάλο αριθμό ανθρώπων που έχουν χόμπι τα ψάρια ενώ εξειδικευμένα άτομα και ζωολογικοί κήποι ασχολούνται με τα σπάνια είδη.

Η αναπαραγωγή και η εκτροφή των διακοσμητικών ψαριών βασίζεται στα ψάρια της θάλασσας μιας και οι άγριοι πληθυσμοί είναι η πλειοψηφία των διακοσμητικών ψαριών και προέρχονται από καλά οργανωμένες βιομηχανίες. Παρόλα αυτά, εξαιτίας των απαιτήσεων και των πιέσεων που ασκούνται για την αλιεία διακοσμητικών ψαριών από το περιβάλλον, η παραγωγή των διακοσμητικών ψαριών ειδικά των ωοζωοτόκων προέρχονται από χώρες όπως η Σιγκαπούρη. Τα είδη του Αμαζονίου, black pacu (*Colossoma macropomum*) και mayan (*Ciclasoma urophthalmus*), είναι υποψήφια είδη για εκτροφή σε ενυδρεία εξαιτίας του υψηλού ρυθμού ανάπτυξης που παρουσιάζουν. Για παράδειγμα το blackpacu (*Colossoma macropomum*) αυξάνεται σε μήκος μέχρι 1 m και σε βάρος μέχρι 30kg.

Τα διακοσμητικά ψάρια παραδοσιακά τρέφονται με ζωντανή τροφή η οποία είναι ελλιπής σε διατροφικά συστατικά και να λειτουργεί σαν μεταφορέας ασθενειών. Παρόλα αυτά οι παραγωγοί των ψαριών των ενυδρείων στη Σιγκαπούρη τονίζουν την ανάγκη συμπλήρωσης των τυποποιημένων τροφών με ζωντανή τροφή καθώς αυτή βελτιώνει την ανάπτυξη. Η καθημερινή χορήγηση με ζωντανή τροφή (artemia) στο

Ξιφοφόρο (swordtail, *Xiphophorus helleri*) οδήγησε στην αύξηση της γονιμότητας και στην ανάπτυξη των εμβρύων.

Το είδος, ruby barb (*Puntius nigrofasciatus*) προτιμάει την ζωντανή τροφή από την τεχνητή. Στην παραγωγή διακοσμητικών ψαριών στα γλυκά νερά η εμπλουτισμένη *Daphnia moina* είναι η πιο συνηθισμένη ζωντανή τροφή για τα διακοσμητικά είδη ψαριών. Η εκτροφή των νεαρών δίσκων (*Symphysodon aequifasciata*) στηρίζεται κυρίως στη ζωντανή τροφή όπως τα σκουλήκια *Tubifex* και ναύπλιοι *Artemia*. Τα rotifers χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη και την επιβίωση των gourami (*Colisa lalia*) και του καφέ δίσκου. Η απουσία έκκρισης της βλέννας από το σώμα των γονιών, αντικαθίσταται με την προσθήκη rotifer στο ενυδρείο, κατά τη διάρκεια των πρώτων εβδομάδων εκτροφής.

Τα όξινα σκούρα νερά του ποταμού Rio Negro δεν έχουν δεχτεί ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Παρόλα αυτά, τα ψάρια περιέχουν σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου. Η αύξηση της στάθμης των νερών (πλημμυρίδα) μεταβάλλεται στο υδάτινο περιβάλλον, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η τροφοληψία των ψαριών.

Οι Dorea et al.,(2006), μελέτησαν τη βιοσυσσώρευση του υδραργύρου στα εξής είδη : *Tucunarés* (*Cychna spp*, τα σαρκοφάγα), *Peixe-Cachorro* (*Hydrolycus scomberoides*, σαρκοφάγο), *Traíra* (*Hoplias malabaricus*, σαρκοφάγο), *Piranha-Branca* (*Serrasalmus eigenamanni*, σαρκοφάγο), *Piranha-Preta* (*Serrasalmus rhombeus*, σαρκοφάγο), *Acara* (*Acarichthys heckellii*, παμφάγα), *Aracú* (*Leporinus friderici*, παμφάγο), *Orana-Preta* (*Hemiodus unimaculatus*, παμφάγο), *Sardinha* (*Triporthus elongatus*, παμφάγο), *Branquinha* (*Potamorhina latior*, detritivorous), *Jaraqui-escama-FINA* (*Semaprochilodus taeniurus*, detritivorous ), και *pacu-Branco* (*Myleus torquatus*, φυτοφάγο).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, η συγκέντρωση του υδραργύρου είναι υψηλότερη στα σαρκοφάγα ψάρια απ' ότι στα παμφάγα, τα θρηματοφάγα και τα φυτοφάγα είδη. Είδη όπως: (*Traíra*, *Sardinha*, *Peixe-Cachorro*, *Piranha Branca*, *Piranha Preta*) παρουσίασαν αλλαγές στις διατροφικές τους απαιτήσεις και στα διατροφικά σχέδια, στα οποία σχετίζεται με την αντίστροφη τάση βιοσυσσώρευσης του Hg ανάλογα με την εποχή. Είδη με παρόμοιες τάσεις βιοσυσσώρευσης Hg εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις υδραργύρου κατά τη διάρκεια της περιόδου των πλημμυρών (*Aracú*, *pacu Branco* και *Orana Preta*) σε σχέση με τα είδη που

παρουσίασαν. Μερικά από αυτά είχαν συγκεντρώσεις χαμηλότερες του υδραργύρου Hg (*Acara, Branquinha* και *Tucunarés*) (Dorea et al., 2006).

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι, να μελετήσει τις διατροφικές και θρεπτικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών με εμπορική αξία σε ενυδρεία, προκειμένου να επιτευχθεί γρήγορη ανάπτυξη με αυξημένη επιβίωση, ωρίμανση και αναπαραγωγή.

## 2. Εμπορική αξία

Τα υδρόβια ζώα (ψάρια) έχουν εξελιχθεί περισσότερο από 400 χρόνια στην πιο πολυπληθή και ποικιλόμορφη ομάδα σπονδυλωτών ζώων. Ζουν σε όλα τα νερά (γλυκά, θαλασσινά) τροπικών και μη περιοχών ανά την υφήλιο περιλαμβάνοντας μια πληθώρα γοητευτικών οργανισμών με πλούσια χρώματα και σχήματα. Το ενδιαφέρον των καταναλωτών καθορίζει την εμπορικότητα των ειδών.

Η εμπορικότητα των διακοσμητικών οργανισμών και η οικονομική τους αξία καθορίζεται από τα παρακάτω βασικά στοιχεία :

- ✓ Σχήμα
- ✓ Μέγεθος
- ✓ Χρώματα
- ✓ Ζήτηση-προσφορά
- ✓ Εμπορική αξία
- ✓ Προέλευση

Το εμπόριο των διακοσμητικών ειδών και προϊόντων ενυδρείων κωδικοποιείται για λόγους ταξινόμησης προκειμένου να συντεθούν οι βασικοί άξονες δράσης για την ανάπτυξη της βιομηχανίας του εμπορίου των διακοσμητικών ψαριών και ασπόνδυλων περιλαμβάνοντας (Βλάχος, 2010):

1. Ψάρια τροπικών – υποτροπικών περιοχών γλυκού και θαλασσινού νερού, με αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον και εμπορική αξία.
2. Ασπόνδυλα προερχόμενα κυρίως από κοραλλιογενείς υφάλους, με αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον και αυξημένη εμπορική αξία
3. Ψάρια εύκρατων περιοχών (κυρίως κρύου γλυκού νερού), με αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον και χαμηλή εμπορική αξία.
4. Ζωντανός βράχος-άμμος, με αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον και αυξημένη εμπορική αξία.
5. Προϊόντα ενυδρείων (φίλτρα, θερμαντικά σώματα, φωτισμός, είδη διατροφής), με αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον και αυξημένη εμπορική αξία ανά είδος.

Τα ψάρια κρύου γλυκού νερού (χρυσόψαρα) είναι τα παλιότερα διακοσμητικά ψάρια, το εμπόριο τους ξεκίνησε από την Κίνα τον τέταρτο αιώνα περίπου. Εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο πιστεύεται ότι διατηρούν ενυδρεία

θαλασσινού και γλυκού νερού. Το εμπόριο που παρέχει η προσφιλής ερασιτεχνική ενασχόληση, αποτελεί μια παγκόσμια βιομηχανία πολλών εκατομμυρίων δολαρίων αξίας 200-330.000.000 εκατομμύρια δολάρια ετησίως.

Τα διακοσμητικά θαλάσσια είδη (ψάρια, κοράλλια, βράχος) συλλέγονται και μεταφέρονται κυρίως από την Νοτιανατολική Ασία, αλλά και από κράτη που βρίσκονται στον Ινδικό, Ειρηνικό και Ατλαντικό Ωκεανό, με προορισμό τις κυριότερες καταναλωτικές αγορές όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Η.Π.Α), η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) και σε μικρότερο βαθμό η Ιαπωνία (Βλάχος, 2010).

Επίσης 16 χώρες που ανήκουν στη ζώνη του Δυτικού τροπικού Ατλαντικού ωκεανού συμπεριλαμβανομένου τις Η.Π.Α (Φλόριντα και Πουέρτο Ρίκο) εξάγουν ψάρια. Είδη ψαριών όπως, τα ψάρια ανεμόνης (anemonefish), τα Damsel fish και τα αγγελόψαρα (angelfish) συναποτελούν το 50% των αποθεμάτων που εισάγονται στις αγορές παγκοσμίως και βρίσκονται στις βασικές (πρώτες) προτιμήσεις των καταναλωτών.

Είδη ψαριών, όπως τα butterflyfish, τα wrasses, τα blennies, τα gobies, τα triggerfish, τα filefish, τα hawkfishes και τα basselets, καλύπτουν το 31% της παγκόσμιας αγοράς και έρχονται σε δεύτερη θέση στις προτιμήσεις των καταναλωτών (Βλάχος, 2010).

Υπολογίζεται ότι 3,5 έως 4 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως αρέσκονται στην ερασιτεχνική ενασχόληση διατηρώντας ένα ή και περισσότερα ενυδρεία. Οι τάξεις μεγέθους ταξινομούνται ως εξής: 1,5 έως 2 εκατομμύρια παγκοσμίως ασχολούνται με τα θαλάσσια ενυδρεία, 2 έως 3,5 ασχολούνται με ενυδρεία εσωτερικών υδάτων (γλυκού νερού) και οι υπόλοιποι 3,5 έως 4 εκατομμύρια ασχολούνται με εξωτερικές υπαίθριες λίμνες γλυκού νερού. Για παράδειγμα από τα 1,5 έως 2 εκατομμύρια που ασχολούνται με θαλάσσια ενυδρεία οι 600.000 οικογένειες βρίσκονται στις Η.Π.Α (Βλάχος, 2010).

Τα διακοσμητικά είδη, *Poecilia reticulata*, *Paracheirodon innesi*, *Betta splendens*, *Labeotropheus trewavasa*, *Pseudotropheus zebra*, *Julidochromis ornatus*, *Symphysodon aequifasciata*, *Batia macracantha*, *Rasbora heterom*, *Pterophyllum scalare*, *Xiphophorus helleri*, *Barbus nigrofasciatus*, *Corydoras aeneus*, *Carassius auratus*, *Macropodus opercularis*, *Amphiprion ocellaris*, *Amphiprion percula*, *Rhinecanthus aculeatus*, *Archocentrus nigrofasciatus*, *Etroplus maculatus*, *Symphysodon aequifasciatus*, *Boulengerochromis microlepis*, *Cichlasoma sajica*, *Cichlasoma septemfasciatum*, *Cichlasoma spilurum*, *Cichlasoma*

*spinosissimus*, *Cichlasoma citrinellus*, *Cichlasoma longimanus*, *Cichlasoma carpinte*, *Cichlasoma cyanoguttatum*, *Cichlasoma managuense*, *Nannodopsis octofaschiatum*, *Nandopsis salvini*, *Cichlasoma bifasciatum*, *Herotilapia multipinosa*, *Cyphotilapia frontosa*, *Astronomus ocelatus* και άλλα, αποτελούν τα σημαντικότερα διακοσμητικά είδη ψαριών τα οποία παρουσιάζουν αυξημένη εμπορική αξία.



### 3. Ανάπτυξη διακοσμητικών ψαριών

Με τον όρο ανάπτυξη αποδίδεται το σύνολο των βιοχημικών διεργασιών, από τις οποίες προκύπτουν οι βιολογικές μεταβολές που προβλέπονται από το γονότυπο κάθε είδους ιχθύων οι οποίες αποσκοπούν στην εξέλιξη της σωματικής τους διάπλασης και των βιολογικών τους φάσεων από την εμβρυογένεση μέχρι του φυσιολογικού τους θανάτου.

Η εξέλιξη της σωματικής διάπλασης συνίσταται στην ανάπτυξη του σκελετού και στην παράλληλη συσσώρευση μυϊκών μαζών, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη του μεγέθους των βραγχίων, των οργάνων της κοιλιακής κοιλότητας και πτερυγίων των ιχθύων. Κατά την εξέλιξη της σωματικής διάπλασης και σε ομαλές συνθήκες διαβίωσης παρατηρείται αύξηση του ζώντος βάρους, στην οποία μπορεί να μετέχει ανάλογα με το είδος και του επιπέδου εναπόθεσης λίπους καθώς και το βάρος των γονάδων.

Η ανάπτυξη των ιχθύων περιγράφεται από τις μεταβολές του σωματικού μεγέθους του ψαριού και τις βιοχημικές μεταβολές του ψαριού. Οι μεταβολές εκφράζονται είτε ενδογενώς είτε εξωγενώς. Τα αποτελέσματα μελετών, έδειξαν ότι η ανάπτυξη των ψαριών σε ελεγχόμενες συνθήκες καθορίζεται από εξωγενής και ενδογενής παράγοντες ή συνδυασμός των δυο.

Οι εξωγενείς παράγοντες είναι:

- θερμοκρασία νερού
- επίπεδα διαθέσιμου O<sub>2</sub>
- αλατότητα νερού
- φωτοπερίοδος
- χρώμα χώρων εκτροφής
- «αιωρούμενα σωματίδια»
- Λοιποί περιβαλλοντολογικοί παράγοντες
- διατροφή

Οι ενδογενείς παράγοντες είναι:

- «κοινωνική» συμπεριφορά η οποία διακρίνεται στην πυκνότητα εκτροφής και στην πολυκαλλιέργεια (συνεκτροφή)
- Μέγεθος/ηλικία ιχθύων
- Κολυμβητική

- Stress
- Ορμόνες
- Κληρονομικότητα

Τα μοντέλα ανάπτυξης στην πλειοψηφία τους περιγράφουν μια σχέση μεταξύ του ζώου, και της ηλικίας του, η οποία είναι ανεξάρτητη από παράγοντες που μεταβάλλονται με το χρόνο. Στα μοντέλα ανάπτυξης, η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα της τροφής επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός οργανισμού, ενώ μεταβάλλονται σε σχέση με το χρόνο.(Xiao & McShane, 2000). Τα μοντέλα που περιγράφουν την ανάπτυξη της γαρίδας *Penaeus latisulcatus* εξαρτώνται από την ηλικία και το χρόνο.

Η γαρίδα *Penaeus latisulcatus* παρουσιάζει εποχιακή ανάπτυξη με τον κύκλο ανάπτυξης των αρσενικών να ακολουθεί των θηλυκών κατά 2 εβδομάδες. Η αύξηση του μήκους της κεφαλής των αρσενικών αρχίζει 2 εβδομάδες πριν την έναρξη του Φθινοπώρου, ενώ συνεχίζει να αυξάνεται μέχρι την πλήρη παύση, δηλαδή 2 εβδομάδες πριν την έναρξη της άνοιξης και συρρικνώνεται μέχρι τα μέσα της άνοιξης. Η γαρίδα συνεχίζει να αναπτύσσεται για έναν ακόμη κύκλο, με τα θηλυκά να αναπτύσσονται συνεχώς καθ' όλη την διάρκεια του έτους, με μικρότερο ρυθμό και σε συγκεκριμένους μήνες. (Xiao & McShane, 2000).

Οι Newman et al.(1996), μελέτησαν την αύξηση, την ηλικία και τη θνησιμότητα των ειδών *Lutjanus adetii* και *L. quinquelineatus* με αναλύσεις στους ωτόλιθους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, η περίοδος σχηματισμού των δακτυλίων, στον ωτόλιθο για το είδος *L. adetii* γίνεται κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Τα αρσενικά αυξάνονται περισσότερο σε σχέση με τα θηλυκά λόγω της διαφοροποίησης που υπάρχει στο μήκος και στο βάρος και εξαρτάται από την ηλικία. Η επιβίωση που παρατηρήθηκε στα είδη *L.adetii* και *L.quinquelineatus* κυμαινόταν 79% και 86% αντίστοιχα.

Η αύξηση του χρόνου ζωής και τα μικρά ποσοστά θνησιμότητας, δείχνουν ότι τα είδη *L. adetii* και *L. quinquelineatus* είναι περισσότερο ευάλωτα στην υπεραλίευση. Ο ρυθμός ανάπτυξης, η ηλικία και η θνησιμότητα στην πέρκα *Lutjanus malabaricus* μελετήθηκαν από τον Newman (1996). Η ηλικία της πέρκας προσδιορίστηκε από τον αριθμό και την εναλλαγή των δακτυλίων που υπάρχουν στον ωτόλιθο. Η μέγιστη ηλικία για τα αρσενικά ήταν 31 έτη και αντιστοιχεί σε μήκος 802mm. Επίσης, παρατηρήθηκε μια σημαντική διαφοροποίηση στο φύλο σε σχέση

με την ηλικία και το μήκος με τα αρσενικά να αυξάνονται πιο γρήγορα από τα θηλυκά. Το βάρος του ωτόλιθου σχετίζεται με την ηλικία του ψαριού.

Στα κεφαλόποδα, η ανάπτυξη του είδους *L. Chinensis*, είναι μεγαλύτερη και πιο γρήγορη τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τα θηλυκά κεφαλόποδα τα οποία παρουσιάζουν μικρότερη ανάπτυξη. Η απότομη ανάπτυξη και η μικρή διάρκεια ζωής επηρεάζει περισσότερο τα πελαγίσια κεφαλόποδα, σε αντίθεση με τα τροπικά κεφαλόποδα τα οποία αναπτύσσονται πιο γρήγορα από τα αντίστοιχα της εύκρατης ζώνης (Jackson & Choat 2011).

Η μέτρηση της ηλικίας στα είδη *Lethrinus choerorhynchus*, *Lutjanus kasmira*, *Nemipterus furcosus* και *Scomberomorus brasiliensis*, γίνεται με μελέτη των δακτυλίων στους ωτόλιθους. Η παρουσία των ετήσιων δακτυλίων καθορίζει την ετήσια περιοδικότητά τους, και αποτελούνται από διαφορετικές ημερήσιες αυξήσεις, με διαφορετικό πάχος ανάλογα με την περιοχή που έγινε η μελέτη (Morales-Niz 1989).

Οι Gagliano & McCormic (2004), μελέτησαν το σχήμα του ωτόλιθου σε δυο τροπικά διακοσμητικά είδη ψαριών *Amphiprion akindynos* και *Pomacentrus amboinensis* σε σχέση με τη διατροφική τους συμπεριφορά. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, οι διαφορές στο σχήμα του ωτόλιθου επηρεάζονται από τη διατροφική συμπεριφορά, ενώ οι διαδικασίες οι οποίες επηρεάζουν το σχήμα του ωτόλιθου είναι πολύπλοκες και εξειδικεύονται για κάθε είδος.

Τα είδη των κιχλίδων που ενδημούν στις λίμνες της Ανατολικής Αφρικής παρουσιάζουν αυξημένη προσαρμοστική ικανότητα. Οι ομοιότητες ερμηνεύονται διαφορετικά αποτελώντας απόδειξη της μετανάστευσης των προγόνων. Τα αποτελέσματά της έρευνας δείχνουν διαφορετική προέλευση και στη μορφολογία των ειδών που προέρχονται από τις λίμνες, Μαλάουι και Βικτώρια (Kocher et al., 1993).

## 4. Διατροφή διακοσμητικών ψαριών - Θρεπτικές απαιτήσεις

### 4.1. Διατροφικές συνήθειες διακοσμητικών ψαριών

Το κόστος της τροφής είναι ένας από τους παράγοντες που ασκούν καταλυτική επιρροή στο κόστος της μονάδας εκτροφής. Η κατάλληλη διαχείριση του διατροφικού συστήματος του ψαριού και η επιλογή της κατάλληλης τροφής συντελούν σε σημαντικό βαθμό στην προσέγγιση του μέγιστου οικονομικού αποτελέσματος. Γίνεται προσπάθεια να καλυφθούν οι απαιτήσεις των ψαριών που λαμβάνουν την τροφή τους στην επιφάνεια (επιπλέουσες τροφές), στο νερό (αιωρούμενες τροφές) και στον πυθμένα (βυθιζόμενες τροφές), (Βλάχος, 2010).

Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ψαριών στη διατροφή. Για να είναι μια τροφή αποδοτική, θα πρέπει εκτός της διαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών να είναι ελκυστικά αποδεκτή από τα ψάρια έχοντας τα κατάλληλα στοιχεία στα εξής χαρακτηριστικά: εμφάνιση, οσμή, υφή και γεύση.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή τροφών στα ψάρια στηρίζονται σύμφωνα με μελέτες στην παραγωγή παραγώγων πρωτεϊνών από υδρόλυση χρησιμοποιώντας οξέα, βάσεις, ενδογενή ένζυμα, και βακτήρια ή πεπτικές πρωτεάσεις (Hordur et al., 2007).

Σύμφωνα με μελέτες, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της χημικής σύστασης του σώματος των ιχθύων και της προσλαμβανόμενης τροφής. Ο ρυθμός ανάπτυξής τους, η φυσιολογική κατάσταση τους και η υγεία τους, καθώς και η ποιότητα του τελικού προϊόντος εξαρτώνται από την τροφή που καταναλώνουν. Η ανάπτυξη του ψαριού συνδέεται ουσιαστικά με την κατανάλωση τροφής η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ακόμα και αν δεν μετριέται (Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Ο Pauly (1989), μελέτησε την κατανάλωση της τροφής σε 56 διαφορετικά είδη ψαριών που ζουν σε τροπικές και εύκρατες περιοχές, επαναδιατυπώνοντας το λόγο της ετήσιας κατανάλωσης τροφής (Q) ανά βιομάζα (B) του πληθυσμού. Η εκτίμηση του λόγου Q/B, προκύπτει από ετερογενείς πηγές που αυξάνονται με τη θερμοκρασία του νερού και μειώνονται με το βάρος του ψαριού.

Μετά την πρόσληψή της τροφής, το ζώο υφίσταται τη διαδικασία της πέψης, της απορρόφησης και της χρησιμοποίησης των θρεπτικών συστατικών (τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για τη θρέψη της). Τα βασικά θρεπτικά συστατικά είναι τα εξής (Μεντέ & Νέγκας, 2011):

- πρωτεΐνες και αμινοξέα
- λιπαρές ουσίες ( λύπη και λιπαρά οξέα)
- υδατάνθρακες
- βιταμίνες
- ιχνοστοιχεία.

Η ανάπτυξη των διακοσμητικών ψαριών με παρόμοιες διατροφικές συνήθειες και διατροφική συμπεριφορά, υπολογίζεται σε σχέση με το βάρος και την ηλικία του ψαριού. Τα εύκρατα βενθοπελαγικά είδη αυξάνουν γρηγορότερα σε σχέση με τα αντίστοιχα τροπικά είδη που ζουν σε τροπικές πελαγικές και μεσοπελαγικές περιοχές, τα οποία παρουσιάζουν περίπου την ίδια ανάπτυξη (Edwards, 2011).

Χαρακτηριστικό ρόλο στη διατροφή του ψαριού παίζει ο διατροφικός χαρακτήρας και οι διατροφικές συνήθειες του ψαριού δηλαδή αν είναι σαρκοφάγο, παμφάγο ή φυτοφάγο είδος. Οι Martinez-Palacios & Ross (1988), μελέτησαν τις διατροφικές συνήθειες της κιχλίδας *Cichlasoma urophthalmus* σε υφάλμυρο νερό και διαπίστωσαν ότι, η μορφολογία του στόματος (άνω και κάτω γνάθος, φαρυγγικοί οδόντες), καθώς επίσης και το μικρό σε μήκος έντερο υποδεικνύουν έντονα ότι η κιχλίδα *C. urophthalmus* είναι σαρκοφάγο ψάρι.

Οι αναλύσεις στο περιεχόμενο του εντέρου δείχνουν ότι το είδος τρέφεται κυρίως με ασπόνδυλα καθ' όλη τη διάρκεια της εκτροφής σε ενυδρεία. Στην ίδια έρευνα, οι Martinez-Palacios & Ross (1988), αναφέρουν ότι τα φύκια που βρέθηκαν στο στομάχι του *C. urophthalmus* είναι αποτέλεσμα της θήρευσης των ασπόνδυλων. Ο τύπος της τροφής, η διάρκεια τροφοληψίας και το μικρό έντερο, αποδεικνύουν ότι το είδος, *C. urophthalmus*, έχει καλύτερη πέψη στις φυτικές τροφές.

Ανάμεσα στις παμφάγες κιχλίδες καταγράφονται αξιοσημείωτες διαφορές στον τρόπο που αναζητούν την τροφή τους. Στα παμφάγα ψάρια, παρατηρούνται δύο διαφορετικές συμπεριφορές ως προς τη σύλληψη της τροφής, οι οποίες χαρακτηρίζονται από την ικανότητα αντίδρασης του ψαριού (κινητική κατάσταση), την πίεση, προκειμένου να συλλάβει τη λεία του.

Οι McKaye & Marsh (1983), Η μορφολογία των ψαριών που προέρχονται από τη λίμνη Μαλάουι, παρουσιάζει διαφοροποιήσεις όταν τρέφονται με ζωοπλαγκτόν, φυτοπλαγκτόν, υπολείμματα τροφών, ιχθύδια και αυγά. Οι

μορφολογικές ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν τα ψάρια είναι πολύ σημαντικές όταν η τροφοληπτική ικανότητα των ψαριών μειώνεται.

Η φυσική και η κινητική συμπεριφορά της λείας (ζωντανή τροφή) οπτικά αναλύεται από το αρπακτικό ζώο κατά τη διάρκεια της επίθεσης προκαθορίζοντας την πορεία δράσης του. Όσο μεγαλύτερη είναι η κίνηση και η ταχύτητα καταβρόχθισης τόσο μεγαλύτερη είναι και η λειτουργία των φαρυγγικών οδόντων. Η μάσηση επιτυγχάνεται μέσω της κίνησης τριών φάσεων και τη δράση των μυών της άνω και κάτω γνάθου του φάρυγγα, όταν το ψάρι κυνηγά την τροφή του ή όταν περιμένει με αγωνία την εμφάνισή της (ενέδρα- καμουφλάζ) (Piscivores, 1978).

Η προσθήκη ζωντανής τροφής (artemia) στην διατροφή, αυξάνει σημαντικά τον ρυθμό ανάπτυξης, ειδικά όταν χορηγούνται τροφές με μεγαλύτερα ποσοστά πρωτεϊνών. Η σύσταση του σώματος δεν παρουσιάζει μεταβολές κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, με τα θρεπτικά συστατικά να κυμαίνονται κατά μέσο όρο 64-68% σε πρωτεΐνη, 35-47% σε λίπος. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα από 1,15 έως 1,31 FCR, ενώ η συνολική παραγωγή αυξήθηκε από 4gr/m<sup>2</sup>/d (50 ψάρια) σε 13,7gr/m<sup>2</sup>/d του ψαριού σε διάστημα 60 ημερών (Degani, 1992).

Οι McKinnon et al.(2003), μελέτησαν την ανάπτυξη της σφυρίδας και του λυθρινιού χορηγώντας ως τροφή τρία είδη κωπήποδων *Bestiolina similis*, *Parvocalanus crassirostris* και *Acartia sinjiensis*, σε αναλογία DHA/EPA/ARA - 14:3:1, 20:9:1 και 25:6:1 αντίστοιχα. Οι προνύμφες του λυθρινιού και της σφυρίδας είχαν καλύτερη ανάπτυξη όταν τρέφονταν με το κωπήποδο, *Bestiolina similis*.

Οι Meekan et al., (2003), μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας και της τροφής στην ανάπτυξη των τροπικών προνυμφών του είδους *P.Coelestis* και βρήκαν ότι, η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει την ανάπτυξη του είδους, η οποία αυξήθηκε κατά μέσο όρο 0,3 mm/ημέρα, ενώ την επόμενη χρονιά η αύξηση ήταν 0,53 mm/ημέρα.

Η ανάπτυξη του αγγελόψαρου *Pterophyllum scalare* σε διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού και τροφής με διαφορετική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (37%,41% και 47%), έδειξαν μια αύξηση της πυκνότητας του πληθυσμού από 50 ψάρια/m<sup>2</sup> σε 200 ψάρια/m<sup>2</sup>, χωρίς να παρουσιάζονται σημαντικές στατιστικές διαφορές (P>0,05) (Degani,1993).

Οι Edwards et al.(1989), μελέτησαν την ανάπτυξη και το μεταβολισμό 5 ειδών *Cynoglossus* για διάστημα 90 ημερών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, η αύξηση τους

διακυμάνθηκε από 0,9mm έως 2,0mm/εβδομάδα, όταν τρέφονται με πολύχαιτους του είδους *Dioratra neopolitana*. Η ποσότητα πρόσληψης της τροφής ανέρχεται στο 25% του βάρους του και η μετατρεψιμότητα στο 11-12%, σε σχέση με τα είδη *Brachirus* και *Synaptura*. Το επίπεδο μεταβολισμού, σχετίζεται με την ημερήσια πρόσληψη της τροφής, όταν υπολογίζεται με βάση την ημερήσια πρόσληψη οξυγόνου.

Η κατανάλωση οξυγόνου υπολογίστηκε σε σχέση με το βάρος σε:  $Q=0,372*W^{0,734}$  για το είδος *Cynoglossus* και  $Q=0,362*W^{0,682}$  για τα είδη *Brachirus* και *Synaptura*. Η κατανάλωση οξυγόνου για το είδος *Cynoglossus* εξαρτάται από τη θερμοκρασία, όταν αυτή κυμαίνεται από 15°C έως 30°C και είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία όταν κυμαίνεται από 30°C έως 37,5°C (Edwards et al., 1989).

Ο χορτοφάγος κυπρίνος (*Ctenopharyngodon ideltus*) όταν τρέφεται φιάφορα είδη φυτών όπως για παράδειγμα με *Hydrilla*, *Napier grass* και φύλλα *tapioca* παρουσιάζουν διαφορετικό ρυθμό ανάπτυξης (Thong-Tan, 1970). Η χημική σύσταση των φυτικών τροφών ήταν:

- πρωτεΐνες 13,5% -30,48%,
- λίπος 1,89%-9,60%
- τέφρα 3,94%- 23,13%,
- φυτικές ίνες 5,42%- 26,70%
- υδατάνθρακες 24,87%- 46,27%

Η κιχλίδα, για παράδειγμα *C. minckleyi* διακρίνεται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της διατροφής και τη δομή της φαρυγγικής οδοντοστοιχίας. Η τροφή που χορηγείται καθώς και ο τύπος της τροφής αποτελεί σημαντική γενετική συνιστώσα για την ανάπτυξη. Τα ψάρια που εκτρέφονται σε ελεγχόμενες συνθήκες, δεν διαφοροποιούνται από εκείνα που αλιεύονται από το περιβάλλον, το οποίο οφείλεται καθαρά στη ζωντανή τροφή που καταναλώνουν τα ψάρια (π.χ. σαλιγκάρια), (Trapani, 2003).

## 4.2. Επίπεδο διατροφής

Παρόλο που υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για τον καθορισμό του ποσού της τροφής που θα δοθεί στα ψάρια, ουσιαστικά όλες βασίζονται στον ολικό μεταβολισμό και την επίδραση που έχουν οι διάφοροι παράγοντες στο μεταβολικό ρυθμό. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στον προσδιορισμό του επιπέδου διατροφής εξαρτάται από το βάρος, το μήκος του ψαριού και το ρυθμό ανάπτυξης του ψαριού (Παπουτσόγλου, 2008 ; Μεντέ,2011). Ο προσδιορισμός του ποσοστού ταΐσματος, στα διακοσμητικά είδη ψαριών υπολογίζεται από πίνακες σε σχέση με το μέγεθος και το βάρος του ψαριού.

Επίσης σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα (Μενούτης & Πλήθου, 2003) η εξίσωση για τον καθορισμό του επιπέδου σίτισης της πέστροφα, βασίζεται στο μήκος των ψαριών. Η αύξηση του μήκους για τα περισσότερα ψάρια γίνεται με σταθερό ρυθμό ενώ η μορφή του σώματος των περισσότερων προνυμφών παραμένει αμετάβλητη τους πρώτους μήνες της ζωής τους.

$$\text{Καθημερινό ποσοστό κέρδους σε βάρος} = \frac{3}{L} \times \Delta L \times 100$$

Όπου:

L = το μήκος (cm)

$\Delta L$  = Η καθημερινή αύξηση σε μήκος (cm)

3 = μια σταθερά που προέρχεται από τη σχέση μήκους-βάρους ( $W = KL^3$ ).

$$\text{Ποσοστό του σωματικού βάρους σε τροφή καθημερινά} = \frac{200 \times \text{Συντελεστή μετατρεψιμότητας} \times \text{Ποσοστό κέρδους σε βάρος}}{200 \times 1 \text{ ημέρα}}$$

Αυτό απλοποιεί το:

Ποσοστό του σωματικού βάρους σε τροφή καθημερινά =

= συντελεστής μετατρεψιμότητας x καθημερινό ποσοστό κέρδους σε βάρος

Ο συνδυασμός των παραπάνω σχέσεων δίνει :

$$\text{Ποσοστό του σωματικού βάρους σε τροφή καθημερινά} = \frac{3 \times \text{Συντελεστή μετατρεψιμότητας}}{L} \times \Delta L \times 100$$



Για να χρησιμοποιηθεί αυτή η εξίσωση είναι απαραίτητο να είναι γνωστό το ποσοστό μετατρεψιμότητας της τροφής σε σάρκα. Δεδομένου ότι η μέθοδος του στηρίζεται στη μετατρεψιμότητα της τροφής και στο ρυθμό ανάπτυξης (αύξηση μήκους), το μέγεθος των ψαριών και τα επίπεδα των θερμίδων στη τροφή προσδιορίζονται και λαμβάνονται αυτόματα υπόψη.

Όταν ο ρυθμός ανάπτυξης και η μετατρεψιμότητα της τροφής είναι γνωστά, το ποσοστό ταΐσματος καθορίζεται από τη σχέση:

$$\text{Ποσοστό ταΐσματος} = \frac{2 \times \text{Συντελεστή μετατρεψιμότητας} \times \text{Ποσοστό αύξησης} \times 100}{(200 + \text{Ποσοστό αύξησης}) \times \text{Αριθμό ημερών}}$$

στην οποία το ποσοστό αύξησης είναι εκφρασμένο σαν συνολικός αριθμός. Η εξίσωση ενσωματώνει το μέγεθος του ψαριού και το θερμιδικό περιεχόμενο της τροφής.

### **4.3. Συστατικά, Κατηγορίες θρεπτικών συστατικών**

#### **4.3.1. Πρωτεΐνες**

Οι πρωτεΐνες είναι μεγαλομοριακές σύνθετες οργανικές ενώσεις οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη δομή και λειτουργία του οργανισμού των ψαριών. Οι πρωτεΐνες είναι απαραίτητες και πιο σημαντικές από τα λίπη και τους υδατάνθρακες. Τα σαρκοφάγα ψάρια (αγγελόψαρο, πιράνχας, clownfish, δίσκος) καταναλώνουν τροφές που περιέχουν 50% πρωτεΐνη. Διάφορα είδη ψαριών έχουν ποικίλες απαιτήσεις σε πρωτεΐνες, οι οποίες δεν προσδιορίζονται εύκολα για την ακριβή ποσότητα (πρωτεϊνών) της τροφής. Αυτό οφείλεται σε πολλούς ενδογενείς παράγοντες, σε παράγοντες του περιβάλλοντος και στον μεταβολισμό των ψαριών.

Οι πρωτεΐνες περιέχουν άνθρακα (50-55%), υδρογόνο (6,5-7,5%), άζωτο (15,5-18%, μέση τιμή 16%), οξυγόνο (21,5-23,5%) και συχνά θείο (0,5-2,0%). Τα είδη των πρωτεϊνών που βρίσκονται στο σώμα των ψαριών βασίζονται γενικά στη λειτουργία ή τη διαλυτότητα. Οι ινώδεις πρωτεΐνες είναι ιδιαίτερα αδιάλυτες (δύσπεπτες) πρωτεΐνες και περιλαμβάνουν το κολλαγόνο, την ελαστίνη, και την κερατίνη. Το κολλαγόνο είναι το συστατικό του συνδετικού ιστού, των οστικών

δικτύων, του δέρματος, του επιδερμικού ιστού, των πτερυγίων, του βραγχιακού επικαλύμματος και των φλεβών.

Η ελαστίνη βρίσκεται στις αρτηρίες, τους τένοντες και άλλους ελαστικούς ιστούς. Η κερατίνη βρίσκεται στο τρίχωμα και στα πέλματα των χερσόβιων ζώων, αλλά μόνο σε μικρά ποσά στα ψάρια. Η συστατική πρωτεΐνη είναι η σύνθετη πρωτεΐνη των μυών. Τρεις πρωτεΐνες, η ακτίνη, η τροπομυοσίνη Β, και η μυοσίνη, συμμετέχουν στη συστολή των μυών. Η μυϊκή πρωτεΐνη είναι ιδιαίτερα εύπεπτη και έχει υψηλή θρεπτική αξία. Οι σφαιρικές πρωτεΐνες είναι πρωτεΐνες εκχυλίσσιμες από τον ιστό με νερό ή με αραιά αλατούχα διαλύματα. Αντιπροσωπεύουν τα ένζυμα, τις πρωτεϊνικές ορμόνες και τις πρωτεΐνες των διαλυτών ορών του αίματος (Μενούτης & Πλήθου, 2003 ; Alberts et al., 2006 ; Παπουτσόγλου, 2008 ; Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Ανεπαρκείς ποσότητα πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο έχει ως αποτέλεσμα την αναστολή της αύξησης και τη μείωση του σωματικού βάρους έτσι ώστε να μην επιτελούνται οι λειτουργίες των πιο ζωτικών ιστών.

Από την άλλη πλευρά όταν παρέχονται μεγάλες ποσότητες πρωτεΐνης μόνο ένα μέρος τους χρησιμοποιείται για την σύνθεση νέων πρωτεϊνών, ενώ το υπόλοιπο θα μετατρέπεται σε ενέργεια.

Οι απαιτήσεις των ψαριών σε πρωτεΐνες μειώνονται καθώς αυξάνονται το μέγεθος και η ηλικία, όμως οι ανάγκες τους για αυτά τα συστατικά ποικίλουν ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του ψαριού, τη θερμοκρασία του νερού, την αλατότητα του νερού, την ποιότητα της πρωτεΐνης, την ενέργεια των ελεύθερων αζώτου εκχυλισματικών ουσιών, την κατανάλωση της τροφής, την πυκνότητα εκτροφής και τη διαθεσιμότητα φυσικών τροφών (Παπουτσόγλου, 2008; Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Το ιχθυάλευρο είναι βασική πηγή πρωτεΐνης στις ιχθυοτροφίες λόγω της ισορροπημένης σύστασής του σε αμινοξέα και της καλής του πεπτικότητας. Συμπληρώματα ζωικής προέλευσης παρείχαν καλής ποιότητας πρωτεΐνες μέχρι πρόσφατα αντικαθιστώντας, μερικά, την πρωτεΐνη από το ιχθυάλευρο. Η χρήση όλων των υποπροϊόντων που προέρχονται από χερσαία ζώα απαγορεύτηκε και η εξάρτηση από ιχθυάλευρα αυξήθηκε. Επίσης, το ιχθυάλευρο είναι ακριβό προϊόν και η επιβάρυνση ορισμένων ιχθυάλεурων με διοξίνες έχει κάνει την επιλογή πρώτων υλών για την παρασκευή ιχθυοτροφών προβληματική (Spotte, 1991).

Η πρωτεΐνη είναι το πιο σημαντικό ενεργειακό συστατικό για την ανάπτυξη του ψαριού. Σε περίπτωση εκτροφής σαρκοφάγων ψαριών οι ελάχιστες απαιτήσεις σε

πρωτεΐνη κυμαίνονται από 40% έως 50% του περιεχομένου της ζωοτροφής (NCR, 1993).

Οι Vlachos et al.(2008), μελέτησαν τη διατροφή του αγγελόψαρου σε συνθήκες αιχμαλωσίας χρησιμοποιώντας σύμπηκτα και νιφάδες με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 40%, και βρήκαν ότι το αγγελόψαρο παρουσιάζει καλύτερη ανάπτυξη και επιβίωση όταν τρέφεται με σύμπηκτα σε σχέση με τις νιφάδες.

Τα διακοσμητικά ψάρια, όταν τρέφονται με τροφές υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες παρουσιάζουν καλύτερη ανάπτυξη (Degani, 1993). Οι Zuanon et al., (2006), αναφέρουν ότι τροφές με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 34% μπορούν να καλύψουν τις διατροφικές ανάγκες του νεαρού αγγελόψαρου.

Τα φυτικά προϊόντα υψηλής πρωτεϊνικής σύστασης είναι η εναλλακτική λύση στην χρήση των ζωικών προϊόντων καθώς έχουν μεγάλη διαθεσιμότητα ποσοτήτων και χαμηλό κόστος. Εντούτοις, παρουσιάζουν ορισμένα προβλήματα τα οποία περιορίζουν τη χρήση τους στις ιχθυοτροφές. Γενικά, τα φυτικά πρωτεϊνούχα φυτικά συμπληρώματα, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ζωικά, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα, ενέργεια και μέταλλα όπως παραδείγματος χάριν φώσφορος. Το βασικό πρόβλημα βρίσκεται στο γεγονός ότι περιέχουν έναν αριθμό από ενώσεις που περιορίζουν την ανάπτυξη και αναφέρονται στο σύνολο τους, ως αναστολείς ανάπτυξης (Spotte,1991).

Οι Bolugan & Ologhobo (1989), μελέτησαν την ανάπτυξη του είδους *Clarias gariepinus* όταν χορηγείται τροφή ωμή και βρασμένη σόγια για διάστημα 56 ημερών, με διαφορετικά επίπεδα πρωτεϊνών. Στην τροφή έγινε σταδιακή αντικατάσταση του ιχθυάλευρου κατά 25%, 50%, 75% και 100% από σόγια, ώστε η περιεκτικότητα της τροφής σε πρωτεΐνη να είναι της τάξης του 40%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, όταν χορηγείται ως τροφή βρασμένη σόγια, παρατηρείται καλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με την ωμή σόγια, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P<0,05$ ). Επίσης, υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας καταγράφηκαν στα ψάρια που έγινε αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με 50%, 75% και 100% με σόγια.

Οι Hossain & Jauncey (1989), μελέτησαν την πεπτικότητα των πρωτεϊνών, την ενέργεια και τα αμινοξέα, στα ιχθυάλευρα, το άλευρο από έλαια μουστάρδας (μουσταρδέλαιο), και στα άλευρα από σουσάμι και σιναπόσπορο. Τα συστατικά ενσωματώθηκαν ως οι μοναδικές πηγές πρωτεϊνών σε τροφές περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 30%. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, τα ιχθυάλευρα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο συντελεστή πεπτικότητας των

θρεπτικών συστατικών ( $P < 0,05$ ). Το αλεύρι από σουσάμι, παρουσίασε στατιστικά τη μικρότερη σημαντική πεπτικότητα στις πρωτεΐνες και τα αμινοξέα σε σχέση με τα άλευρα μουσταρδέλαιου και σιναπόσπορου ( $P < 0,05$ ).

Επίσης, τα αποτελέσματα των πρωτεϊνών έδειξαν ότι, τα αδιάλυτα οξέα τέφρας σύμφωνα με μελέτη ένας αποτελεσματικός δείκτης πεπτικότητας στα ψάρια. Atkinson et al.,(1984).

Τα φυτά *Hydrilla verticillata*, *Lemna gibbs*, *Pistia stratiotes*, *Guinea grass* *Panicum maximum* Jacq., *Napier grass* *Pennisetum purpureum* Schum και *Ipomaea batatas*, χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή τροφής, στη διατροφή του φυτοφάγου κυπρίνου. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν διαφορετική ανάπτυξη στον κυπρίνο. Η περιεκτικότητα τροφής σε πρωτεΐνη κυμαινόταν από 13,5% έως 30,48%, σε λίπος από 1,89% έως 9,60%, σε τέφρα από 3,94% έως 23,13%, σε φυτικές ίνες από 5,42% έως 26,70% και σε υδατάνθρακες από 24,87 έως 46,27% (Thong-Tan, 1970).

Οι πρωτεϊνικές απαιτήσεις των παμφάγων, σαρκοφάγων και φυτοφάγων διακοσμητικών ειδών συσχετίζονται με τις απαιτήσεις της τροφής, οι οποίες εκφράζονται ως ποσοστιαία περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Ο πίνακας 1 προήλθε από μελέτες διάρκειας 8-12 εβδομάδων. Τα θηλυκά dwarf gouramis (*Colisa lalia*) που ταΐστηκαν με 25-45% πρωτεΐνη παρουσίασαν μεγαλύτερη γονιμότητα. Τα θηλυκά guppy που ταΐστηκαν με 15% πρωτεΐνη ζύγιζαν λιγότερο από εκείνα που λάμβαναν 31% ή 47% πρωτεΐνη, χωρίς να παρουσιάζουν καμία σημαντική στατιστική διαφορά στη γονιμότητα ανάμεσα στα επίπεδα πρωτεΐνης που χορηγήθηκε 15-47%. Το επίπεδο οντογένεσης του ψαριού επηρεάζει το επίπεδο πρωτεΐνης που χρειάζεται για να καλύψει τις διατροφικές του ανάγκες.

Στο χρυσόψαρο, (*Carassius auratus*) βρέθηκε υψηλό επίπεδο πρωτεΐνης σε σχέση με το 29% των νεαρών ιχθυδίων. Οι απαιτήσεις σε αμινοξέα των προνυμφών χρυσόψαρου σε σχέση με τις απαιτήσεις των νεαρών ψαριών οδηγεί σε σημαντική ανάπτυξη της προνύμφης σε διάστημα 20 ημερών.

Το ψάρι σιτίζεται για να ικανοποιήσει την απαίτηση σε ενέργεια, πρωτεΐνη στη διατροφή η οποία πρέπει να είναι ισορροπημένοι. Το ψάρι, χρησιμοποιεί την ενέργεια αποδοτικά. Η υπερβολική ενέργεια περιορίζει την κατανάλωση της πρωτεΐνης και την ανάπτυξη όταν τα επίπεδα πρωτεΐνης είναι 43% και των λιπών 6% για την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη των ξιφοφόρων (*Xiphophorus helleri*).

**Πίνακας 1.** Απαιτήσεις σε πρωτεΐνη των διακοσμητικών ψαριών (Πηγή:Sales & Janssens,2003)

| <b>Επιστημονική ονομασία</b>     | <b>Κοινή εμπορική ονομασία</b> | <b>Βάρος (g)</b> | <b>Ενέργεια (kJ/g)</b>         | <b>Απαιτήσεις σε πρωτεΐνη (%)</b> |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Arapaima gigas</i>            | Pirarucu                       | 120.7 ± 3.5      | 23.63 GE<br>(564.5 kcal/100 g) | 48.6 (FM - S)                     |
| <i>Barbodes altus</i>            | Tin foil barb                  | 0.812            | 20.38 GE                       | 41.7 (C)                          |
| <i>Carassius auratus</i>         | Goldfish                       | 0.2              | 11.72 DE                       | 29 (FM - C)                       |
| <i>Cichlasoma synspilum</i>      | Redhead cichlid                | 0.28             | 1.55 DE                        | 40.81 (FM)                        |
| <i>Cichla sp.</i>                | Tucunaré                       | 10 - 30          | 14.65 DE<br>(3500 kcal/kg)     | 37 - 41 (FM - FE - S)             |
| <i>Colisa lalia</i>              | Dwarf gourami                  | NR               | NR                             | 25                                |
| <i>Poecilia reticulata</i>       | Guppy                          | 0.1              | 13.10 ME                       | 30 - 40 (FM - C)                  |
| <i>Pterophyllum scalare</i>      | Angelfish                      | 2.33 ± 0.26      | 12.97 DE<br>(3100 kcal/kg)     | 26 (S - CM)                       |
| <i>Symphisodon aequifasciata</i> | Discus                         | 4.45 - 4.65      | 21.65 GE                       | 44.9 - 50.1 (FM - C)              |
| <i>Xiphophorus helleri</i>       | Swordtails, 6 - 8 weeks        | NR               | NR                             | 45% (FM - S)                      |

Στη διατροφή του ψαριού, για να επιτευχθεί κανονική ανάπτυξη, γίνεται αντικατάσταση της ζωικής πρωτεΐνης από φυτική (σόγια) μέχρι και 37%, ώστε η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στην τροφή να είναι 33%.

#### **4.3.1.1. Πρωτεϊνικές απαιτήσεις των ψαριών**

Οι υπεύθυνη διατροφής συστήνουν ένα κατώτατο επίπεδο πρωτεΐνης για μια ιχθυοτροφή, με την προϋπόθεση ότι η πρωτεΐνη είναι ισορροπημένη στα βασικά αμινοξέα. Επιστημονικές ανακοινώσεις έχουν δείξει ότι το βέλτιστο επίπεδο πρωτεΐνης στις ιχθυοτροφές για την αύξηση των ψαριών κυμαίνεται από 25% έως 50% (DaSilva & Anderson,1995).

Σε όλες αυτές τις μελέτες οι ερευνητές δικαιολογήθηκαν για τη διατύπωση των συμπερασμάτων τους, διότι ένα συγκεκριμένο ποσοστό πρωτεΐνης ήταν βέλτιστο

κάτω από συγκεκριμένες πειραματικές συνθήκες και επειδή διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη των ψαριών σε σχέση με τις τροφές που περιέχουν διαφορετικά επίπεδα πρωτεΐνης. Μερικοί από αυτούς είναι το μέγεθος του ψαριού, η θερμοκρασία του νερού, το ποσό της τροφής, το ποσό της μη-πρωτεϊνικής ενέργειας στην τροφή, η ποιότητα της πρωτεΐνης και η φυσική διαθεσιμότητα της τροφής (DaSilva & Anderson,1995 ; Παπουτσόγλου,2008).

Τα ψάρια έχουν υψηλότερες πρωτεϊνικές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της αρχικής τους ανάπτυξης, απ' ότι κατά τη διάρκεια των μετέπειτα φάσεων ανάπτυξης. Ο Pauly (1989), αναφέρει ότι, το γατόψαρο των 3gr απαιτήσε σχεδόν 4 φορές περισσότερη πρωτεΐνη ανά ημέρα από τα ψάρια των 250gr για τη μέγιστη ανάπτυξη, αλλά η αναλογία της πρωτεΐνης προς την ενέργεια στη τροφή δεν άλλαξε ιδιαίτερα. Έδειξε ότι το μικρότερο γατόψαρο θα μπορούσε να αυξηθεί το ίδιο καλά με μια 27% σε πρωτεΐνες τροφή και με μια 37% σε πρωτεΐνες τροφή όταν το ενεργειακό επίπεδο είναι χαμηλό. Αντίθετα όταν το ενεργειακό επίπεδο αυξάνεται, η κατανάλωση τροφής μειώνεται και η χαμηλή σε πρωτεΐνες τροφή δεν υποστηρίζει τη μέγιστη ανάπτυξη (Spotte,1991).

Τα ψυχρόφιλα και θερμόφιλα ψάρια έχει αποδειχθεί ότι ανταποκρίνονται στα πιο υψηλά πρωτεϊνικά επίπεδα στις υψηλότερες θερμοκρασίες νερού και στο εργαστήριο και στις τεχνητές συνθήκες εκτροφής. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή οι μη-πρωτεϊνικές πηγές ενέργειας δεν αφομοιώνονται ή δεν μεταβολίζονται τόσο αποτελεσματικά όσο οι πρωτεϊνικές σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και είναι έτσι λιγότερο αποδοτικές στην εξοικονόμηση της πρωτεΐνης (DaSilva & Anderson,1995).

Οι φυσικές πηγές τροφής των λιμνών που καταναλώνονται από τα ψάρια μπορούν να είναι μια σημαντική πρωτεϊνική πηγή. Αυτό επηρεάζεται από τη φυσική παραγωγικότητα των λιμνών, τη διατροφική συμπεριφορά των ψαριών και από την ιχθυοπυκνότητα της λίμνης. Οι πρωτεϊνικές πηγές των λιμνών είναι κυρίως ζωικής προέλευσης - υψηλής ποιότητας, με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη τουλάχιστον 50% σε ξηρό βάρος (Spotte,1991; DaSilva & Anderson,1995).

Κατά συνέπεια, μια σημαντική διαιτητική συμβολή από αυτήν την πηγή, θα μείωνε την πρωτεϊνική απαίτηση της συμπληρωματικής τροφής. Για παράδειγμα, η τιλάπια και οι γαρίδες αυξάνονται τόσο καλά με σχετικά χαμηλές πρωτεϊνικές τροφές (25% ή λιγότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη) όπως και με υψηλότερες πρωτεϊνικές τροφές, όταν οι φυσικές πηγές τροφής των λιμνών αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της διατροφής τους, αλλά απαιτούν υψηλότερες πρωτεϊνικές τροφές σε ένα

περιβάλλον με περιορισμένη φυσική τροφή (DaSilva & Anderson,1995 ; Μενούτης & Πλήθου, 2003).

Όταν τα ψάρια υποσιτίζονται, απαιτούν συνήθως υψηλότερες ποσότητες πρωτεΐνης. Αυτό έχει δειχθεί σε μία σειρά πειραμάτων σίτισης σε λίμνες, με το γατόψαρο. Οι λόγοι της αλληλεπίδρασης μεταξύ του ποσοστού σίτισης και του διαιτητικού πρωτεϊνικού ποσοστού για τη μέγιστη αύξηση δεν είναι απολύτως σαφείς. Είναι λογικό ότι μια υψηλή πρωτεϊνική διατροφή θα καλύψει καλύτερα από μια χαμηλή πρωτεϊνική διατροφή, την πρωτεϊνική ανάγκη των ψαριών για την αύξηση κατά τη διάρκεια της ελεγχόμενης σίτισης. Επίσης, όταν υποσιτίζονται τα ψάρια, ένα υψηλότερο ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης θα χρησιμοποιηθεί για την ικανοποίηση των αναγκών της μεταβολικής ενέργειας των ψαριών, εκτός αν η αναλογία ενέργεια / πρωτεΐνη της διατροφής αυξηθεί (Spotte,1991;Ζερβός & Κουράκου, 2001).

#### **4.3.2. Λίπη-Λιπαρά Οξέα**

Τα λίπη (Πιν.2) είναι η κύρια μορφή αποθήκευσης ενέργειας των ζωικών οργανισμών, είναι δηλαδή εστέρες λιπαρών οξέων με γλυκερίνη. Χρησιμοποιούνται από τα ψάρια ως η κύρια πηγή ενέργειας και μεταβολιζόμενα αποδίδουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας ανά μονάδα βάρους από τα υπόλοιπα βιομόρια (1gr λίπους αποδίδει 9,45kcal, 1gr πρωτεΐνης 5,65kcal και 1gr υδατάνθρακα 4kcal), (Thong-Tan,1970; Παπουτσόγλου,2008 ; Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Οι λιπαρές ουσίες συναντώνται στους ιστούς των φυτών και των ζώων (μη υδατοδιαλυτά μακρομόρια) και διακρίνονται σε :

- Λίπη
- Φωσφολιπίδια
- Σφιγκομυελίνες
- Κηρούς
- Στερόλες

Η διατροφή των ψαριών του γλυκού νερού με προνύμφες κουνουπιών επηρεάζει την περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων (ω6) σε σύγκριση με τα ψάρια του

θαλασσινού νερού όπου τα επίπεδα των λιπαρών οξέων είναι μικρότερα (Thong-Tan, 1970).

Τα λίπη όπως αναφέρθηκε είναι σημαντικές πηγές ενέργειας και λιπαρών οξέων τα οποία είναι σημαντικά για την ανάπτυξη και επιβίωση του ψαριού. Παρόλο που τα ψάρια έχουν χαμηλή απαίτηση σε ενέργεια και γι' αυτό είναι επιτρέπει στην αποθήκευση επιπρόσθετων λιπιδίων. Τα λιπίδια μεταφέρουν λιποδιαλυτές βιταμινών, συμμετέχουν στην κατασκευή βιολογικών μεμβρανών σε κυτταρικά και υποκυτταρικά επίπεδα. είναι σημαντικά στη γεύση και υφή της τροφής που καταναλώνει από ψάρι και συστατικά των ορμονών.

Γενικά, τα ψάρια απαιτούν λιπαρά οξέα μακρότερης διάρκειας και υψηλότερο βαθμό κορεσμού απ' ότι τα θηλαστικά. Τα λιπαρά οξέα με χαμηλό βαθμό απορρόφησης χρειάζονται στη χαμηλότερη θερμοκρασία σώματος για να υποστηρίξουν την ευκαμψία των μεμβρανών σε χαμηλή θερμοκρασία νερού. Τα ψάρια γλυκού νερού απαιτούν στην τροφή τους λινολεϊκό οξύ, ενώ τα θαλασσινά ψάρια απαιτούν εικοσιπεντανοϊκό οξύ.

Στον κυπρίνο η προσθήκη εικοσιπεντανοϊκού οξέος επηρεάζει την εκκόλαψη των αυγών. Συμπληρωματικά φωσφολιπίδια δεν είναι σημαντικά για την επιβίωση των νεαρών χρυσόψαρων. Περίπου 1% του λινολεϊκού οξέως απαιτείται στη διατροφή του κυπρίνου για να διατηρήσει τα ποσοστά λιπογένεσης χαμηλά εμποδίζοντας την παραγωγή ολεϊκού οξέως.

Τα επίπεδα του εικοσιεξαενικού οξέος πρέπει να είναι παρόν στη διατροφή γιατί συμβάλει στην αύξηση της επιβίωσης της προνύμφης του damselfish (*Acanthochromis polycanthus*).

Τα επίπεδα του εικοσιεξαενικού οξέος στην ανάπτυξη και επιβίωση του ιππόκαμπου *Hippocampus sp.*, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 9,3mg, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί και με εμπλουτισμένη *Artemia* με ω3 μη κορεσμένα λιπαρά οξέα.



**Πίνακας 2.** Προφίλ των βασικών λιπαρών οξέων που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των προνυμφών τροπικών διακοσμητικών ψαριών (Πηγή: Βλάχος,2010).

| Λιπαρά Οξέα              | Κωπήποδα     | Βλαραριδοφόρα | Βλαραριδοφόρα (εμπλουτιστικό Πρωτεΐνης) | Βλαραριδοφόρα (εμπλουτιστικό algamac 2000) | Βλαραριδοφόρα (εμπλουτιστικό Selco DCDHA) | Artemia (DC-DHA) | Rotifers (Algamac 2000) |
|--------------------------|--------------|---------------|---|--|---|------------------|-------------------------|
| 14:0                     | 2,32%        | 0,29%         | 0,53%                                   | 0,98%                                      | 0,42%                                     | 0,25%            | 1,39%                   |
| 16:1 w 7c                | 0,92%        | 1,63%         | 1,63%                                   | 1,24%                                      | 1,40%                                     | 0,79%            | 1,59%                   |
| 16:0                     | 2,33%        | 0,45%         | 1,08%                                   | 1,00%                                      | 0,80%                                     | 2,22%            | 1,42%                   |
| 18:2 w6c                 | 0,38%        | 0,11%         | 0,21%                                   | 0,05%                                      | 0,35%                                     | 1,28%            | 0,06%                   |
| 18:0                     | 0,11%        | 0,14%         | 0,16%                                   | 0,10%                                      | 0,15%                                     | 0,51%            | 0,11%                   |
| 18:3 w3c/18:1 w8c        | 2,09%        | 1,02%         | 1,05%                                   | 0,50%                                      | 1,03%                                     | 9,10%            | 0,59%                   |
| 20:5 w3c                 | 0,21%        | 0,17%         | 0,44%                                   | 0,19%                                      | 0,35%                                     | 0,69%            | 0,22%                   |
| 22:6 w3c                 | 1,32%        | 0,10%         | 0,64%                                   | 0,80%                                      | 0,47%                                     | 0,46%            | 1,05%                   |
| <b>Ολικά Λιπαρά οξέα</b> | <b>11,3%</b> | <b>5,60%</b>  | <b>7,40%</b>                            | <b>6,30%</b>                               | <b>6,70%</b>                              | <b>19,00%</b>    | <b>8,20%</b>            |

### 4.3.3. Αμινοξέα

Τα αμινοξέα είναι οι δομικές μονάδες των πρωτεϊνών που χρησιμοποιούνται συνεχώς είτε για τη σύνθεση νέων πρωτεϊνών (κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και της αναπαραγωγής), είτε για την αντικατάστασή τους (συντήρηση) και διακρίνονται σε απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα (Πιν. 3) (Μεντέ & Νέγκας, 2011). Υπάρχουν 18 αμινοξέα που μπορούν να βρεθούν στα περισσότερα φυτά ή στη ζωική πρωτεΐνη, αν και οι πρωτεΐνες περιέχουν συνήθως 22 έως 26 αμινοξέα.

Τα απαραίτητα αμινοξέα είναι εκείνα που το ζώο δεν μπορεί να συνθέσει ή δεν μπορεί να συνθέσει σε επαρκή ποσότητα για τη μέγιστη ανάπτυξη. Τα μη απαραίτητα αμινοξέα είναι εκείνα που μπορούν να συντεθούν από το ζώο σε αρκετές ποσότητες ώστε να υποστηρίξουν τη μέγιστη αύξηση.

Τα περισσότερα μονογαστρικά ζώα, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών, απαιτούν τα ίδια 10 απαραίτητα αμινοξέα: αργινίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, λυσίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, τρυπτοφάνη και βαλίνη. Στον αρουραίο, αρκετά από τα βασικά αμινοξέα, αργινίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, τρυπτοφάνη και βαλίνη, μπορούν να αντικατασταθούν με τα αντίστοιχα α - υδροξύ ή α- κέτο ανάλογα τους, δείχνοντας ότι ο σκελετός άνθρακα είναι αυτό που το ζώο είναι ανίκανο να συνθέσει (Μενούτης & Πλήθου 2003; Alberts 2006).

**Πίνακας 3.** Απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα.

| <b>Απαραίτητα αμινοξέα</b> | <b>Μη απαραίτητα αμινοξέα</b> |
|----------------------------|-------------------------------|
| Αργινίνη                   | Αλανίνη                       |
| Ιστιδίνη                   | Ασπαραγίνη                    |
| Ισολευκίνη                 | Ασπार्टικό οξύ                |
| Λευκίνη                    | Γλουταμινικό οξύ              |
| Θρεονίνη                   | Γλουταμίνη                    |
| Τρυπτοφάνη                 | Γλυκίνη                       |
| Βαλίνη                     | Προλίνη                       |
| Μεθιονίνη                  | Σερίνη                        |
| Λυσίνη                     | Κυστεΐνη                      |
| Φαινυλαλανίνη              | Τυροσίνη                      |

Οι ποιοτικές απαιτήσεις για τα αμινοξέα καθορίζονται στα ψάρια με τη σίτιση μιας ισορροπημένης διατροφής που αποτελείται από κρυσταλλικά αμινοξέα ως τροφή αναφοράς (control), και από τις πειραματικές τροφές που είναι παρόμοιες με της αναφοράς, εκτός από το ότι ένα αμινοξύ κάθε φορά έχει αφαιρεθεί. Οι πειραματικές τροφές που δεν επιφέρουν καμία αύξηση ή εμφανώς λιγότερη από της αναφοράς αντιπροσωπεύουν τα αμινοξέα τα οποία είναι απαραίτητα για τα ψάρια.

Οι ποσοτικές απαιτήσεις για τα απαραίτητα αμινοξέα καθορίζονται με τη σίτιση κλιμακωτών επιπέδων ενός αμινοξέος κάθε φορά σε μια πειραματική τροφή που περιέχει κρυσταλλικά αμινοξέα ή έναν συνδυασμό καθαρής πρωτεΐνης και κρυσταλλικών αμινοξέων. Η αμινοεική σύσταση της πειραματικής τροφής είναι συνήθως παρόμοια με αυτή του αυγού της κότας ή των ψαριών, ή του μυός των ψαριών. Τα αποτελέσματα ανάπτυξης από τα πειράματα διατροφής με αμινοξέα εξισώνονται στο ποσό του αμινοξέος στη τροφή και η απαίτηση υπολογίζεται από το σημείο κάμψης (break point) στην καμπύλη απόκρισης (response curve).

Στις μελέτες που αφορούν το σολομό, η απαίτηση υπολογίστηκε με οπτική παρατήρηση. Αργότερα, στις μελέτες με το γατόψαρο χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μέθοδος των Robbins et al.(1979), για το καθορισμό του σημείου καμπής στην καμπύλη απόκρισης της αύξησης. Ο Santiago (1985), καθόρισε δύο απαιτήσεις για τα ουσιαστικά αμινοξέα για την τιλάπια (*Oreochromis niloticus*), ένα για τη μέγιστη αύξηση ( $Y_{max}$ ) και ένα για ένα επίπεδο αύξησης μικρότερο από το μέγιστο ( $Y1$ ) αλλά μέσα στο όριο εμπιστοσύνης 95% του  $Y_{max}$ .

Σε μερικές περιπτώσεις, τα ψάρια μπορούν μερικώς να αντικαταστήσουν ένα μη απαραίτητο με ένα απαραίτητο αμινοξύ. Το γατόψαρο αναπτύσσεται ικανοποιητικά όταν η μεθιονίνη είναι το μόνο αμινοξύ που περιέχει θείο στη

τροφή, αλλά όχι όταν η κυστίνη είναι το μόνο αμινοξύ που περιέχει θείο, εντούτοις, η κυστίνη μπορεί να αντικαταστήσει περίπου το 60% της μεθειονίνης. Η τυροσίνη, ένα μη απαραίτητο αρωματικό αμινοξύ, μπορεί να αντικαταστήσει περίπου το ένα δεύτερο της απαίτησης του γατόψαρου για τη φαινυλαλανίνη, ένα απαραίτητο αρωματικό αμινοξύ (Robins et al.,1979).

Οι διαιτητική δυσαναλογία των αμινοξέων μπορεί να προκαλέσει μειωμένη απόδοση από τα ζώα εξαιτίας του αμινο-ανταγωνισμού ή της τοξικότητας. Όταν μερικά αμινοξέα ταΐζονται παραπάνω από τα απαιτούμενο επίπεδο, μπορούν να προκαλέσουν μια αύξηση στην απαίτηση για άλλα δομικά παρόμοια αμινοξέα, ή τον ανταγωνισμό των αμινοξέων. Σε μερικές περιπτώσεις, εντούτοις, οι διαιτητική περίσσεια ορισμένων αμινοξέων είναι άμεσα τοξική και τα αρνητικά της αποτελέσματα δεν μπορούν να βελτιωθούν με την προσθήκη άλλων αμινοξέων· αυτό είναι τοξικότητα του αμινοξέος. Οι ιχθυοτροφές που περιέχουν συστατικά, όπως υποπροϊόντα σιταριού, έλαια και ζωικά υποπροϊόντα, δεν είναι ιδιαίτερα δυσανάλογες, αλλά οι ειδικές τροφές θα μπορούσαν να είναι (Παπουτσόγλου,2008).

Οι ποσοτικές απαιτήσεις των αμινοξέων έξι ειδών ψαριών παρουσιάζονται στον πίνακα 4. Εκτός από την αργινίνη, οι απαιτήσεις των ψαριών σε αμινοξέα ακολουθούν μια σχετικά παρόμοια τάση όπως αυτή για τα άλλα ζώα. Με εξαίρεση την αργινίνη, τη μεθειονίνη και τη κυστίνη, οι απαιτήσεις του γατόψαρου σε αμινοξέα είναι παρόμοιες με εκείνες του σολομού. Εντούτοις, οι απαιτήσεις για διάφορα αμινοξέα είναι υψηλότερες για τον κοινό κυπρίνο και το ιαπωνικό χέλι.

Υπάρχει πιθανώς μικρότερη διακύμανση μεταξύ των ψαριών απ' ότι δείχνουν τα αρχικά στοιχεία. Πρέπει να επισημανθεί ότι οι απαιτήσεις που παρουσιάζονται στον πίνακα 2, αντιπροσωπεύουν συνήθως μια μελέτη για κάθε ψάρι. Παράγοντες όπως, το μέγεθος του ψαριού, η θερμοκρασία, η γενετική, το επίπεδο σίτισης, το ενεργειακό περιεχόμενο και άλλοι διατροφικοί παράγοντες, και η μέθοδος ανάλυσης των στοιχείων μπορούν να επηρεάσουν την αναφερόμενη απαίτηση σε αμινοξέα. Λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική σημασία των απαιτήσεων των αμινοξέων στην παραγωγή των εμπορικών τροφών, αυτές οι απαιτήσεις θα πρέπει να επαναπροσδιορισθούν.

**Πίνακας 4.** Απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα διάφορων ειδών ψαριών (Πηγή: Παπουτσόγλου, 2008; Sales & Janssens, 2003).

| Αμινοξύ       | Χέλι | Κυπρίνος | Γατόψαρο | Σολωμός | Γιλάπια | Χρυσόψαρο |
|---------------|------|----------|----------|---------|---------|-----------|
| Αργινίνη      | 4,2  | 4,2      | 4,3      | 6,0     | 2,8     | 7,8       |
| Ιστιδίνη      | 2,1  | 2,1      | 1,5      | 1,8     | 1,1     | 4,1       |
| Ισολευκίνη    | 4,1  | 2,3      | 2,6      | 2,2     | 2       | 6         |
| Λευκίνη       | 5,4  | 3,4      | 3,5      | 3,9     | 3,4     | 9,1       |
| Λυσίνη        | 5,3  | 5,7      | 5,1      | 5,0     | 3,8     | 11,8      |
| Μεθειονίνη    | 3,2  | -        | -        | -       | -       | 3,4       |
| Φαινυλαλανίνη | 5,6  | -        | -        | -       | 2,5     | 5,6       |
| Θρεονίνη      | 4,1  | 3,9      | 2,0      | 2,2     | 2,9     | 6,4       |
| Τρυπτοφάνη    | 1,0  | 0,8      | 0,5      | 0,5     | 1,0     | -         |
| Βαλίνη        | 4,1  | 3,6      | 3,0      | 3,2     | 2,2     | 7         |

Οι απαιτήσεις των ψαριών σε αμινοξέα παρουσιάζονται στον πίνακα 2 βάσει της ποσοστιαίας (100%) διαθεσιμότητάς τους, ενώ η αμινοξική σύνθεση των ιχθυοτροφών παρουσιάζεται συνήθως σε συνολική (μη διαθέσιμη) βάση. Κατά συνέπεια, στην παραγωγή των ιχθυοτροφών, για την κάλυψη των απαιτήσεων σε αμινοξέα, η συνολική περιεκτικότητα σε αμινοξέα των συστατικών των τροφών θα πρέπει να διορθωθεί για τη διαθεσιμότητα (πεπτικότητα) για να παρέχει τα βέλτιστα ποσά αμινοξέων στη διατροφή.

Οι συντελεστές πέψης για μεμονωμένα αμινοξέα σε διάφορες τροφές καθορίστηκαν για το γατόψαρο από τους Wilson et al.(1981). Η πεπτικότητα μερικών αμινοξέων ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων συστατικών των τροφών, παραδείγματος χάριν, η φαινόμενη πεπτικότητα της λυσίνης είναι 27% χαμηλότερη στο βαμβακάλευρο απ' ότι στο σογιάλευρο. Γενικά, η πεπτικότητα της πρωτεΐνης μπορεί να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό της διαθεσιμότητας των αμινοξέων στις τροφές όταν δεν είναι γνωστή η πεπτικότητα των μεμονωμένων αμινοξέων.

Η διαθέσιμη βιβλιογραφία είναι ασαφής ως προς την αποτελεσματικότητα της συμπλήρωσης των ιχθυοτροφών με μεμονωμένα αμινοξέα. Μεμονωμένη συμπλήρωση του σογιάλευρου με καθένα χωριστά τα λυσίνη, μεθειονίνη, ιστοιδίνη, ή λευκίνη δεν βελτίωσε το ρυθμό αύξησης της ιριδίζουσας πέστροφας, αλλά η συνολική συμπλήρωση αυτών, βελτίωσε το ποσοστό αύξησης.

Η συμπλήρωση του εμπορικού σογιάλευρου με μεθειονίνη βελτίωσε το ρυθμό αύξησης της ιριδίζουσας πέστροφας, αλλά η συμπλήρωση με μεθειοδόνη του θερμικά επεξεργασμένου σογιάλευρου, δεν τη βελτίωσε. Δεν υπήρξε κανένα όφελος από τη συμπλήρωση του σογιάλευρου στις τροφές γατόψαρων με μεθειονίνη ή λυσίνη,

εντούτοις, η συμπλήρωση του σογιάλευρου και με μεθειονίνη και με λυσίνη βελτίωσε τις τροφές των κυπρίνων. Η σίτιση με φυσικάλευρο εμπλουτισμένο με λυσίνη, που είναι ανεπαρκές σε λυσίνη για το γατόψαρο, βελτίωσε τον ρυθμό ανάπτυξης στα ψάρια (Μενούτης & Πλήθου, 2003).

Υπάρχει μια γενική πεποίθηση ότι τα ψάρια δεν αφομοιώνουν τα κρυσταλλικά αμινοξέα τόσο καλά όσο τα κοτόπουλα ή οι χοίροι, ή τουλάχιστον όχι με τις συμβατικές πρακτικές εκτροφής ψαριών με συχνότητα ταΐσματος μία φορά την ημέρα. Οι νεαροί κυπρίνοι που ταΐζονται μία φορά καθημερινά με μια τροφή που περιείχε υψηλό ποσοστό κρυσταλλικών αμινοξέων, απόβαλλαν μέχρι 40% των ελεύθερων αμινοξέων άθικτα μέσω των βραγχίων και των νεφρών (Murai, 1985). Αυξάνοντας τη συχνότητα σίτισης σε τέσσερις φορές καθημερινά, βελτιώθηκε η αφομοίωση των κρυσταλλικών αμινοξέων. Αυτό ενισχύει την άποψη ότι τα ψάρια, όπως και οι χοίροι, δεν χρησιμοποιούν τα συμπληρωματικά κρυσταλλικά αμινοξέα αποτελεσματικά όταν ταΐζονται μία φορά ανά ημέρα, επειδή τα κρυσταλλικά αμινοξέα δεν απορροφώνται από το έντερο ταυτόχρονα με τα αμινοξέα από τη συμπαγή προσλαμβανόμενη πρωτεΐνη.

Με την πέψη ή την υδρόλυσή τους, ελευθερώνουν αμινοξέα τα οποία απορροφώνται από το πεπτικό σύστημα και μεταφέρονται μέσω του αίματος στα διάφορα όργανα και τους ιστούς. Τα ελεύθερα αμινοξέα απελευθερώνονται στο πεπτικό σύστημα και απορροφώνται από το τοίχωμα της γαστρεντερικής οδού στο κυκλοφορικό σύστημα, όπου στη συνέχεια μετατρέπονται σε νέες πρωτεΐνες ιστών ή υφίστανται καταβολισμό για την παραγωγή ενέργειας ή διασπώνται για μεταβολισμό των ιστών.

Ορισμένα θαλασσινά πελαγικά είδη ψαριών από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές περιέχουν περισσότερο από το 50% των ολικών αμινοξέων ως ελεύθερα αμινοξέα. Τα ελεύθερα αμινοξέα δημιουργούνται στο τελικό στάδιο ωρίμανσης των ωοκυττάρων, και προέρχονται από την υδρόλυση της πρωτεΐνης (εύπεπτη) της λεκίθου. Κατά την διάρκεια απορρόφησης του λεκιθικού σάκου, οι συγκεντρώσεις των ελεύθερων αμινοξέων εξαντλούνται και φτάνουν σε χαμηλά επίπεδα κατά την διάρκεια του πρώτου σιτηρεσίου. Τα ελεύθερα αμινοξέα χρησιμοποιούνται ως μεταβολική ύλη, για τη σύνθεση των πρωτεϊνών.

Τα αμινοξέα συνεισφέρουν μέχρι και 60% ή και περισσότερο στη διάσπαση της ενέργειας. Η ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από αύξηση σε μυϊκή μάζα μέσω της σύνθεσης των πρωτεϊνών. Οι προνύμφες των ψαριών παρουσιάζουν μεγάλο ρυθμό

ανάπτυξης και αυξημένες διαιτητικές απαιτήσεις σε αμινοξέα. Οι προνύμφες οι οποίες σχηματίζουν το στομάχι τους, κατά την διάρκεια της ανάπτυξης έχουν αναπτυγμένα συστήματα πέψης με μικρές δυνατότητες απορρόφησης και διάσπασης των πρωτεϊνών κατά την διάρκεια της αρχικής τροφοληψίας (Ronnestada et al., 1999).

Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των θαλασσινών προνυμφών η απορρόφηση των ελεύθερων αμινοξέων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα πεπτίδια και τα αμινοξέα από το έντερο της προνύμφης. Στον ωκεανό, οι προνύμφες προσλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες ελεύθερων αμινοξέων από την κατανάλωση πλαγκτόν μετά την αρχική τροφοληψία. Η σύσταση των ελεύθερων αμινοξέων στη ζωντανή τροφή στην ιχθυοκαλλιέργεια ελέγχεται μέσω των συνθηκών εκτροφής, της επιλογής, της του είδους και της εκτροφής. Η διατροφή με μικροοργανισμούς είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για τη διατροφή των προνυμφών. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την προσθήκη, υψηλών ποσοτήτων ελεύθερων αμινοξέων στην τροφή είναι ελάχιστες και γίνεται μέσω των λιποσωμάτων (Ronnestada et al., 1999).

Η σύνθεση των αμινοξέων μέσα από την παραγωγή νωπών ζωοτροφών, σε ψάρια γλυκού και θαλασσινού νερού, γίνεται σε χυμώδη κατάσταση ώστε το ζώο να έχει περισσότερη ενέργεια. Η μέθοδος συνίσταται στην πέψη με οξύ (20 ml/kg μυρμηκικού οξέος και 20 ml/kg θεικού οξέος) και αναερόβια ζύμωση (50 g/kg *Plantarum lactobacillus*, 150 g/kg μελάσα ζαχαροκάλαμου). Τα περιττώματα των θαλασσινών ψαριών είχαν υψηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών (776,7 g/k) σε σχέση με τα περιττώματα των ψαριών του γλυκού νερού (496,2 g/k) και τα υπολείμματα των φιλέτων από τις τιλάπιες (429,9 g/k). Σε όλα τα προϊόντα της ζωντανής τροφής απουσίαζαν μέχρι και 3 αμινοξέα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, όλα τα προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατάλληλα για την παρασκευή τροφών από ψάρια. Η παρουσία των μη απαραίτητων αμινοξέων είναι το 30% των απαραίτητων αμινοξέων στα ψάρια, σε ικανοποιητικό βαθμό σε σχέση με τα απαραίτητα αμινοξέα (Vidotti et al., 2003).

Η προσθήκη των απαραίτητων αμινοξέων στην τροφή γίνεται μόνο όταν τα αποθέματα της λεκίθου των προνυμφών μειώνονταν, ενώ ο τύπος του αμινοξέος που προστίθεται στη τροφή εξαρτάται από το είδος του ψαριού (Fyhn, 1989). Η έλλειψη των απαραίτητων και μη απαραίτητων αμινοξέων στην τροφή οδηγεί σε αύξηση της θνησιμότητας οφείλεται στην έλλειψη κατάλληλης τροφής στο περιβάλλον. Μελέτες παραγωγής αυγών και προνυμφών καλκανιού και βακαλάου, προτείνουν ότι τα

ελεύθερα αμινοξέα είναι μια σημαντική πηγή ενέργειας κατά την διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης του ψαριού. Τα ελεύθερα αμινοξέα ιστών έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον σε σχέση με τη σύνθεση πρωτεϊνών.

Η μαζική θνησιμότητα των θαλασσινών προνυμφών των ψαριών στο φυσικό περιβάλλον ή σε συνθήκες αιχμαλωσίας σχετίζεται με την ολική απορρόφηση του λεκιθικού σάκου, με αποτέλεσμα η προνύμφη αρχίζει να τρέφεται εξωγενώς.

Σε μερικές περιπτώσεις, τα ψάρια μπορούν μερικώς να αντικαταστήσουν ένα μη απαραίτητο με ένα απαραίτητο αμινοξύ. Το γατόψαρο αναπτύσσεται ικανοποιητικά όταν η μεθειονίνη είναι το μόνο αμινοξύ που περιέχει θείο στη τροφή, αλλά όχι όταν η κυστίνη είναι το μόνο αμινοξύ που περιέχει θείο, εντούτοις, η κυστίνη μπορεί να αντικαταστήσει περίπου το 60% της μεθειονίνης. Η τυροσίνη, ένα μη απαραίτητο αρωματικό αμινοξύ, μπορεί να αντικαταστήσει περίπου το ένα δεύτερο της απαίτησης του γατόψαρου για τη φαινυλαλανίνη, ένα απαραίτητο αρωματικό αμινοξύ (Μενούτης & Πλήθου, 2003).

Οι διαιτητική δυσαναλογία των αμινοξέων μπορεί να προκαλέσει μειωμένη απόδοση από τα ζώα εξαιτίας του αμινο-ανταγωνισμού ή της τοξικότητας. Όταν μερικά αμινοξέα ταΐζονται παραπάνω από τα απαιτούμενο επίπεδο, μπορούν να προκαλέσουν μια αύξηση στην απαίτηση για άλλα δομικά παρόμοια αμινοξέα, ή τον ανταγωνισμό των αμινοξέων. Σε μερικές περιπτώσεις, εντούτοις, οι διαιτητική περίσσεια ορισμένων αμινοξέων είναι άμεσα τοξική και τα αρνητικά της αποτελέσματα δεν μπορούν να βελτιωθούν με την προσθήκη άλλων αμινοξέων· αυτό είναι τοξικότητα του αμινοξέος. Οι ιχθυοτροφές που περιέχουν συστατικά, όπως υποπροϊόντα σιταριού, έλαια και ζωικά υποπροϊόντα, δεν είναι ιδιαίτερα δυσανάλογες, αλλά οι ειδικές τροφές θα μπορούσαν να είναι (Vidotti et al., 2003).

#### **4.3.4. Υδατάνθρακες**

Οι υδατάνθρακες είναι η αφθονότερη πηγή ενέργειας για όλα τα ζώα. Αποτελούνται από εύπεπτα απλά σάκχαρα, άμυλο και πολύπλοκα μόρια κυτταρίνης που είναι σχεδόν άπεπτα. Οι απλοί υδατάνθρακες είναι τα σάκχαρα και οι σύνθετοι είναι οι πολυσακχαρίτες. Στη διατροφή των ζώων και των ψαριών υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες υδατανθράκων :

Δομικοί πολυσακχαρίτες, οι οποίοι μπορούν να καταναλωθούν και να αφομοιωθούν μόνο από φυτοφάγα είδη, όπως για παράδειγμα η κυτταρίνη, η λιγνίνη, το άγαρ και η χιτίνη.

Διάφοροι πολυσακχαρίτες όπως άμυλο, που πέπτονται και αφομοιώνονται από όλους τους οργανισμούς.

Στα φυτοφάγα είδη ψαριών η δραστηριότητα της α-αμυλάσης είναι μεγαλύτερη. Στα σαρκοφάγα ψάρια η αξιοποίηση τους, φτάνει μέχρι και 60% για την παραγωγή ενέργειας μόνο όταν πρόκειται για απλές μορφές (γλυκόζη, σακχαρόζη, λακτόζη). Η αμυλάση εκκρίνεται από το πάγκρεας στα σαρκοφάγα ενώ στα φυτοφάγα το ένζυμο εκκρίνεται από όλο σχεδόν το πεπτικό τους σύστημα. Η πέψη επομένως και η αξιοποίηση των υδατανθράκων από τα ψάρια εξαρτάται από το είδος των υδατανθράκων (Παπουτσόγλου, 2008; Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Οι απαιτήσεις σε υδατάνθρακες για τα διακοσμητικά είδη ψαριών δεν είναι γνωστές. Παρόλα αυτά, οι υδατάνθρακες παρουσιάζουν μια φτωχή πηγή ενέργειας η οποία θα γλιτώσει τον καταβολισμό άλλων στοιχείων όπως οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Τα ψάρια του ζεστού νερού χρησιμοποιούν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων απ' ό,τι τα ψάρια του κρύου νερού. Τα φυτοφάγα ψάρια, όπως το χρυσόψαρο και τα *koï carp (Cyprinus carpio)* χρησιμοποιούν τη μικροχλωρίδα του εντέρου για να χωνέψουν τους πολύπλοκους υδατάνθρακες. Η πέψη των υδατανθράκων ποικίλει από 70% στα χρυσόψαρα (*Carassius auratus*) μέχρι 50% moonlight gouramis (*Trichogaster microlepis*).



#### 4.3.5. Ιχνοστοιχεία-Βιταμίνες

Οι βιταμίνες είναι οργανικές χημικές ενώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την αύξηση και την αναπαραγωγή των ψαριών, καθώς και για το σωστό μεταβολισμό τους. Ανάλογα με τη διαλυτότητα τους στο νερό ή σε λίπη και διαλύτες των λιπών διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες :

- υδατοδιαλυτές
- λιποδιαλυτές

Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες περιλαμβάνουν το συμπλέγμα Β και το ασκορβικό οξύ. Επειδή είναι διαλυτές στο νερό, σχετίζονται γενικά με το υγρό μέρος του σώματος και αποβάλλονται με τα ούρα. Έτσι οι βιταμίνες αυτές πρέπει να παρέχονται συνεχώς στον οργανισμό μέσω της τροφής, ακόμα και αν τα επίπεδα στους ιστούς μπορούν να διατηρηθούν για μήνες (ασκορβικό οξύ) ή ακόμα και για χρόνια (Β12). Στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες ανήκουν : η θειαμίνη (Β1), η ριβοφλαμίνη (Β2), η πυριδοξίνη (Β6), το παντεθονικό οξύ, το νικοτινικό οξύ, η βιοτίνη Η, το φολικό οξύ, η βιταμίνη Β12, το ασκορβικό οξύ C, η ινοσιτόλη και η χολίνη (Πιν.5). Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες περιλαμβάνουν τις εξής βιταμίνες : Α, D, Ε και Κ. Αυτές βρίσκονται στα λίπη των τροφών και γενικά μεταβολίζονται μαζί με αυτά στο σώμα, πέπτονται και μεταφέρονται με τα λιπαρά, χρειάζονται λιπαρά για την απορρόφησή τους, αποθηκεύονται στο ήπαρ ή σε λιπώδης ιστούς, όπου και συσσωρεύονται σε τοξικά επίπεδα (Παπουτσόγλου, 2008;Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Η χημική σύσταση της τροφής και του νερού διαβίωσής τους επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων των υγρών του σώματος και των μαλακών μυών παρά άλλων ιστών (οστά) του σώματος (Παπουτσόγλου, 2008).

Όλες μορφές των υδρόβιων οργανισμών απαιτούν ανόργανα στοιχεία ή ιχνοστοιχεία για τις φυσιολογικές ζωτικές τους λειτουργίες. Τα ψάρια διαφέρουν από τα χερσαία ζώα καθώς έχουν την ικανότητα να απορροφούν κάποια ανόργανα στοιχεία όχι μόνο από την τροφή αλλά και από το εξωτερικό περιβάλλον, στο θαλασσινό και στο γλυκό νερό. Το μεγαλύτερο μέρος της ζωντανής ύλης αποτελείται από 6 βασικά δομικά στοιχεία : άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, οξυγόνο, φώσφορο και θείο. Δεκαπέντε ιχνοστοιχεία θεωρούνται ότι είναι απαραίτητα στους ζωικούς οργανισμούς. Πολλά από αυτά έχουν ανιχνευθεί στους ιστούς των ψαριών.

**Πίνακας 5.** Ελάχιστες απαιτήσεις βιταμινών για την αύξηση των νεαρών ψαριών (Ποσό ανά kg τροφής).

| <b>Βιταμίνη</b> | <b>Μονάδα</b> | <b>Γατόψαρο</b> | <b>Κυπρίνος</b> | <b>Σολωμός</b> |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| A               | I.U.          | 1,000-2,000     | R               | 2,500          |
| D               | I.U.          | 500-1,000       | -               | 2,400          |
| E               | I.U.          | 50              | R               | 30             |
| K               | Mg            | R <sup>3</sup>  | -               | 10             |
| Θιαμίνη         | Mg            | 1               | 1               | 10             |
| Ριβοφλαβίνη     | Mg            | 9               | 8               | 20             |
| Πυριδοξίνη      | Mg            | 3               | 6               | 10             |
| Παντοθενικό οξύ | Mg            | 20              | 30-50           | 40             |
| Νιασίνη         | Mg            | 14              | 28              | 150            |
| Φολικό οξύ      | Mg            | R               | N               | 5              |
| Β12             | Mg            | R               | N               | 0.02           |
| Βιοτίνη         | Mg            | R               | R               | 0.1            |
| Ινοσιτόλη       | Mg            | N <sup>3</sup>  | 10              | 400            |
| Χολίνη          | Mg            | R               | 4,000           | 3,000          |
| Βιταμίνη C      | Mg            | 60              | R               | 100            |

Οι βασικές λειτουργίες των απαραίτητων στοιχείων στο σώμα περιλαμβάνουν την δημιουργία του σκελετού, τη διατήρηση κολλοειδών συστημάτων ( ωσμωτική πίεση, διάχυση, ιξώδες) και τη ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας.

Αποτελούν σημαντικά συστατικά ορμονών, ενζύμων αλλά και ενεργοποιητές ενζύμων. Το ασβέστιο και ο φώσφορος απαιτούνται για τη δημιουργία του σκελετού. Το νάτριο, το κάλλιο και το χλώριο μαζί με φωσφορικά και διτανθρακικά διατηρούν την ομοιόσταση και την οξεοβασική ισορροπία. Κάποια στοιχεία όπως το ασβέστιο, μαγνήσιο και μαγγάνιο έχουν εξαιρετική σημασία ως ενεργοποιητές ενζύμων (Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Οι βιταμίνες (Πιν.6) είναι οργανικά στοιχεία που απαιτούνται σε σχετικά μικρές ποσότητες για τη λειτουργία των περισσότερων μορφών ζωής, αλλά μερικοί οργανισμοί δεν μπορούν να συνθέσουν βιταμίνες.

Αναφέρθηκε χαμηλότερα επίπεδο ασκορβικού οξέως ήταν αρκετό να εμποδίσει τη μείωση της ανάπτυξης και την έλλειψη ασκορβικού οξέως, στα νεαρά διακοσμητικών ιχθύων του Αμαζονίου.

Η έλλειψη ασκορβικού οξέως στο όσκαρ (*Astronotus ocellatus*) εμφανίζονται μετά από διάστημα 25 εβδομάδων. Η απαίτηση στη διατροφή με 360mg ασκορβικό

οξύ είναι ικανά να διατηρούν τον μηχανισμό αποθήκευσης ιστών της βιταμίνης στα νερά αγγελοψαρα. Το αντίστροφο το οποίο εκτιμήθηκε σαν αντίσταση στο οσμωτικό σοκ ήταν σημαντικά υψηλότερο στα guppy που τράφηκαν με ασκορβικό οξύ 1000 ή 2000mg σε σύγκριση με τα ψάρια που τράφηκαν χωρίς συμπληρώματα. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες είναι ευαίσθητες στην αφαίρεση θρεπτικών στοιχείων. Ένα μεγάλο ποσοστό βιταμίνης C, βιταμίνη B12 και παντοθενικού οξέος χάνονται στο νερό.

**Πίνακας 6.** Πίνακας ισορροπημένης διατροφής σε βιταμίνες

| <b>ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ</b>       | <b>ΤΥΠΙΚΕΣ ΠΛΟΥΣΙΕΣ ΤΡΟΦΕΣ</b>   |
|------------------------|--|
| <b>A</b>               | Καρκινοειδή, λέκιθος αυγών, πράσινες τροφές  |
| <b>B1, B2, B6, B12</b> | Άλλη, πράσινες τροφές, κρέας ψαριού, βοδινό κρέας και συκώτι, αυγά, μαγιά          |
| <b>C</b>               | Πράσινες τροφές, άλγες, βοδινό συκώτι, αυγά ψαριών                                 |
| <b>D</b>               | Γαιοσκώληκες, άλλοι σκώληκες, άλγες, θαλασσινά φύκη, σαλιγκάρια, γαρίδες, δαφνίδες |
| <b>E</b>               | Άλγες, πράσινες τροφές, λέκιθος αυγών  |
| <b>K</b>               | Βοδινό συκώτι, πράσινες τροφές, δαφνίδες   |
| <b>H</b>               | Λέκιθος αυγών, συκώτι, μαγιές  |

Τα ψάρια του γλυκού και του αλμυρού νερού περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες Νατρίου (Na), Καλίου (Ca), Φώσφορου (P), Μαγνήσιου (Mg), Σιδήρου (Fe), Χαλκού (Cu), Ψευδαργύρου (Zn), και Αρσενικού (As). Οι βιταμίνες B2 και B6 βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα σε όλα τα ψάρια. Τα επίπεδα της θειαμίνης στην σαρδέλα και στην τιλάπια βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της δράσης της θειαμινάσης (Steiner-Asiedu et al.,1991).

Τα ιχνοστοιχεία είναι στοιχεία που απαιτούνται από τα ψάρια για το σχηματισμό των ιστών και για διάφορες λειτουργίες στο μεταβολισμό. Τα διακοσμητικά ψάρια απορροφούν μερικά υδροδιαλυτά ιχνοστοιχεία από το νερό, περιπλέκοντας τις μελέτες για το καθορισμό των διατροφικών ιχνοστοιχείων.

Ο φώσφορος είναι από τα πιο σημαντικά, επειδή είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη, το σχηματισμό των οστών, για το μεταβολισμό των λιπιδίων και υδατανθράκων, και χρειάζεται στη διατροφή εξαιτίας της χαμηλής περιεκτικότητας σε φυσικό νερό. Η ρύπανση του νερού από υπερβολικό φώσφορο παρουσιάζεται ίσως αρκετά σοβαρή επειδή οδηγεί σε ατροφία. Το ασβέστιο βρέθηκε να μη σχετίζεται με την ανάπτυξη στα guppy. Οι απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών σε μέταλλα παρουσιάζεται στον πίνακα 7. Η έλλειψη φωσφόρου στα guppy, δημιουργεί προβλήματα στα οστά.

**Πίνακας 7.** Απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών σε ιχνοστοιχεία (Πηγή: Sales & Janssens,2003)

| Ιχνοστοιχεία | Κοινή εμπορική ονομασία | Επιστημονική ονομασία   | Αρχικό μέγεθος (g) | Παράμετροι | Διατροφικές απαιτήσεις (%) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|------------|----------------------------|
| Φώσφορος     | Tiger barb              | <i>Barbus tetrazona</i> | 0,33               | WG         | 0,52 <sup>a</sup>          |
| Φώσφορος     | Guppy                   | <i>P. reticulata</i>    | 0,24               | WG         | 0,53-1,23                  |
| Σίδηρος      | Guppy                   | <i>P. reticulata</i>    | 4 εβδομάδες        | POH,MA     | 0,008                      |
| Μαγνήσιο     | Guppy                   | <i>P. reticulata</i>    | 0,17               | WG         | 0,054                      |
| Ψευδάργυρος  | Guppy                   | <i>P. reticulata</i>    | 0,25               | WG,FC      | 0,01                       |

#### 4.3.6.Καροτενοειδή

Τα ψάρια χρησιμοποιούν τα καροτενοειδή μια από τις πιο σημαντικές ομάδες φυσικής χρωστικής ουσίας για το χρωματισμό του δέρματος και της σάρκας. Τα καροτενοειδή συνήθως παρουσιάζονται στα γλυκά νερά περιλαμβάνουν β- καροτένιο, γλουτεΐνη, ταραξανθίνη, ασταξανθίνη, α-τουναξανθίνη, και ζωοξανθίνη.

Τα ψάρια δεν μπορούν να συνθέσουν αυτές τις χρωστικές ουσίες βασίζονται στην πρόσληψη καροτενοειδών για να πετύχουν τη φυσική του δερματική χρωμάτωση ένα από τα πιο σημαντικά τους κριτήρια ενημερώνοντας την εμπορική αξία των διακοσμητικών ειδών όπως του Κοι carp (*Cyprinus carpio*) και του χρυσόψαρου.

Ο κόκκινος χρωματισμός μεταδίδεται στο χρυσόψαρο και στον κυπρίνο με ασταξανθίνη ένα καροτενοειδή που μεταβολίζεται από την κίτρινη χρωστική ουσία ζωοξανθίνη. Το χρυσόψαρο μεταβολίζει το β-καροτένιο και ελάχιστα την ασταξανθίνη. Τα μικροφύκη *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis* and *Arthrospira maxima* (*Spirulina*) συσσωρεύουν υποδεέστερα καροτενοειδή τα οποία χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση συνθετικών χρωματισμών στα ψάρια.

#### **4.4. Σχεδιασμός τροφών για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών**

##### **4.4.1. Διαιτητικές πηγές ενέργειας**

Τα λίπη, οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ψάρια ως πηγή ενέργειας. Η πρωτεΐνη είναι συνήθως η ακριβότερη και οι μη πρωτεϊνικές πηγές ενέργειας θα πρέπει να καλύπτουν τις περισσότερες από τις ενεργειακές ανάγκες. Ο καταβολισμός της πρωτεΐνης για ενέργεια περιλαμβάνει την απαμίνωση των αμινοξέων και την έκκριση αμμωνίας. Η έκκριση περίσσειας αμμωνίας δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα στα ψάρια λόγω της αποδοτικής ικανότητας έκκρισης αζώτου που συζητήθηκε νωρίτερα. Το ερώτημα του εάν θα παρέχεται η ενέργεια από πηγή πρωτεϊνική ή μη πρωτεϊνική είναι αυστηρά οικονομικό και είναι μερικές φορές λιγότερο ακριβό να προστεθεί επιπλέον πρωτεΐνη για να ληφθούν τα βασικά αμινοξέα και η ενέργεια, από το να εμπλουτισθούν οι τροφές με αυτά τα αμινοξέα. Η περίσσεια πρωτεΐνης χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για ενέργεια (Spotte,1991).

Τα λίπη περιέχουν περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα βάρους από οποιαδήποτε άλλη βιολογική ένωση. Τα λίπη χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά για να παρέχουν ενέργεια. Η διατροφή των σαρκοφάγων ψαριών σε φυσικές συνθήκες σε ξηρά βάση είναι περίπου 50% πρωτεΐνη και 50% λίπος. Το λίπος αυξάνει την ελκυστικότητα των τροφών. Επίσης, αυξάνει τη συνεκτικότητα της τροφής και προστίθεται κατά την πελετοποίηση σε ποσοστό άνω του 11% της τροφής. Εάν επιδιώκεται περισσότερη από αυτήν την ποσότητα λίπους, εφαρμόζεται στην τροφή μετά την πελετοποίηση. Η οξείδωση των λιπών και η τάγγιση είναι προβλήματα που οφείλονται στο λίπος (Da Silva & Anderson,1995).

Υπάρχει πολύ μικρή ποσότητα υδατάνθρακα στις φυσικές τροφές των σαρκοφάγων ειδών. Τα χορτοφάγα είδη καταναλώνουν πολύ μεγάλη ποσότητα φυτικής ύλης με ένα υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακα. Τα μόρια των υδατανθράκων ποικίλουν από απλά σάκχαρα που είναι τα πιο εύπεπτα, έως σύνθετους υδατάνθρακες, την κυτταρίνη και τη λιγνίνη που μπορούν να αφομοιωθούν μόνο από τα βακτηρίδια. Οι υδατάνθρακες είναι η λιγότερο ακριβή πηγή ενέργειας. Είναι επομένως οικονομικά συμφέρον να χρησιμοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερος υδατάνθρακας στη διατροφή των ψαριών (Da Silva & Anderson,1995).

Υπάρχει διαμάχη στο κατά πόσο οι υδατάνθρακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ικανοποιητικά από τα ψάρια. Μελέτες, έδειξαν ότι η πέστροφα

μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο πολύ μικρά ποσά υδατάνθρακα. Σύστησε λιγότερο από 12% πεπτού υδατάνθρακα στη τροφή. Ο DaSilva & Anderson (1995), ανέφερε ότι η κατεργασία αύξησε τη μεταβολίσιμη ενέργεια του αμύλου. Ο υδατάνθρακας που χρησιμοποιείται συνήθως στις τροφές των ψαριών είναι από δημητριακά, κυρίως από υποπροϊόντα της άλεσης σίτου. Στην ακατέργαστη μορφή αυτό το προϊόν έχει λίγη ενεργειακή αξία για τα ψάρια. Η θερμότητα και η υγρασία που συνδέονται με την πελετοποίηση, διασπών μερικώς το άμυλο έως ότου να είναι μια καλή πηγή ενέργειας για τα περισσότερα είδη ψαριών.

#### **4.4.2. Αναλογία των θρεπτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας.**

Τα ψάρια, όπως και τα περισσότερα ζώα, τρώνε για να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Οι τροφές πρέπει να είναι ισορροπημένες έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των ψαριών σε βασικές θρεπτικές ουσίες για τη βέλτιστη ανάπτυξη όταν οι ενεργειακές ανάγκες ικανοποιούνται. Τα ψάρια μπορούν να αντισταθμίσουν το χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο των τροφών με αυξημένη κατανάλωση τροφής εφόσον αυτή είναι διαθέσιμη (Παπουτσόγλου, 2008).

Αυτό το όριο είναι περίπου 2900 kcal της ΜΕ ανά χιλιόγραμμο της τροφής για την ιριδιζουσα πέστροφα. Στα ζωικά συστήματα δεν υπάρχει καμία διαδικασία για την αποβολή της περίσσειας ενέργειας. Εάν οποιαδήποτε από τις βασικές θρεπτικές ουσίες είναι σε ανεπάρκεια, η σύνθεση νέου πρωτεϊνικού ιστού αναστέλλεται και η περίσσεια ενέργειας αποθηκεύεται ως λίπος. Η αύξηση του λίπους στο σώμα είναι ένα φυσικό φαινόμενο καθώς τα ζώα ωριμάζουν. Εντούτοις, με την κατάλληλη ισορροπία ανάμεσα στις θρεπτικές ουσίες και την ενέργεια, η εναπόθεση λίπους μπορεί να περιοριστεί στο ελάχιστο (Παπουτσόγλου, 2008).

#### **4.4.3. Υπολογισμός της ποσότητας της τροφής**

Μέχρι την πρόσφατη ανάπτυξη των ταΐστρον βούλησης ήταν αδύνατο να ταΐστούν τα ψάρια ως κορεσμού χωρίς την σπατάλη τροφής. Είναι δύσκολο να καθοριστεί τότε τα ψάρια σταματούν να τρώνε. Τα ακατανάλωτα pellets αποσυντίθεται ή μεταφέρονται μακριά από τα ρεύματα του νερού, είναι μη διαθέσιμα για τα ψάρια. Διάφορες μέθοδοι έχουν επινοηθεί για τον υπολογισμό της

ποσότητας της τροφής, βασισμένες στο μέγεθος των ψαριών, τη θερμοκρασία του νερού, και την ενεργειακή αξία της τροφής (Βλάχος,2010).

#### **4.4.4. Ενεργειακές απαιτήσεις και πηγές.**

Μια από τις πιο εντυπωσιακές διαφορές στη διατροφή μεταξύ των ψαριών και των υπολοίπων εκτρεφόμενων ζώων είναι ότι το ποσό ενέργειας που απαιτείται για την πρωτεϊνική σύνθεση είναι πολύ μικρότερο για τα ψάρια απ' ό τι για τα θερμόαιμα ζώα. Τα ψάρια έχουν μια χαμηλότερη διαιτητική ενεργειακή ανάγκη επειδή δεν είναι απαραίτητο να διατηρήσουν σταθερή σωματική θερμοκρασία. Χρησιμοποιούν σχετικά λιγότερη ενέργεια για να διατηρήσουν τη θέση τους και να κινηθούν στο νερό από ότι τα θηλαστικά και τα πουλιά στο έδαφος και χάνουν λιγότερη ενέργεια για τον καταβολισμό των πρωτεϊνών και την έκκριση των αζωτούχων αποβλήτων από τα χερσόβια ζώα επειδή εκκρίνουν τα περισσότερα από τα αζωτούχα απόβλητά τους ως αμμωνία μέσω των βραγχίων (Spotte, 1991).

Διαιτητική περίσσεια ή ανεπάρκεια της χρήσιμης ενέργειας μπορεί να μειώσει το ρυθμό αύξησης. Επειδή οι ενεργειακές ανάγκες για τη συντήρηση και την εθελοντική δραστηριότητα πρέπει να ικανοποιηθούν προτού η ενέργεια να είναι διαθέσιμη για την αύξηση, η διαιτητική πρωτεΐνη χρησιμοποιείται για ενέργεια όταν η διατροφή είναι ανεπαρκής σε ενέργεια σε σχέση με την πρωτεΐνη (DaSilva & Anderson, 1995).

Αφ' ετέρου, μια διατροφή που περιέχει περίσσεια ενέργειας μπορεί να προκαλέσει τον περιορισμό της κατανάλωσης τροφής και να εμποδίσει έτσι τη λήψη των απαραίτητων ποσοτήτων πρωτεΐνης και άλλων θρεπτικών ουσιών για τη μέγιστη ανάπτυξη. Υπερβολικά υψηλές αναλογίες ενέργειας / θρεπτικά συστατικά μπορεί επίσης να οδηγούν στην απόθεση μεγάλων ποσοτήτων λίπους στο σώμα. Αυτό μπορεί να είναι ανεπιθύμητο στην παραγωγή τροφίμων από ψάρια εάν μειώνει την παραγωγή και τη ζωή του επεξεργασμένου προϊόντος. Εντούτοις, μπορεί να είναι επιθυμητό στα ψάρια που εκτρέφονται για απελευθέρωση (Βλάχος,2010).



#### 4.4.5. Απαιτήσεις

Οι πληροφορίες για τις ενεργειακές ανάγκες των ψαριών είναι λίγες. Στην πράξη και την έρευνα, οι διατροφολόγοι έχουν δώσει προτεραιότητα στην κάλυψη των απαιτήσεων για πρωτεΐνες, μεταλλικά στοιχεία, και βιταμίνες. Ανεπάρκεια ή περίσσεια σε ενέργεια δεν έχει μεγάλη επίδραση στην υγεία των ψαριών. Επίσης, οι τροφές για τα περισσότερα είδη που φτιάχνονται με συνηθισμένα διαθέσιμα συστατικά είναι απίθανο να είναι εξαιρετικά υψηλές ή χαμηλές σε ενέργεια όταν καλύπτεται η πρωτεϊνική απαίτηση (Μενούτης & Πλήθου, 2003).

Για παράδειγμα μια τροφή γατόψαρων με περιεκτικότητα 32% σε πρωτεΐνη που περιέχει σογιάλευρο (50%), σιτάρι (40%), ζωικό υποπροϊόν (8%), βιταμίνη και συμπληρώματα ανόργανων αλάτων (2%), περιέχει περίπου 2,8 kcal πεπτής ενέργειας ανά γραμμάριο. Αυτό παρέχει μια αναλογία ενέργειας (kcal) / πρωτεΐνης (σε gr) 8 ή 9 προς 1, η οποία πλησιάζει το βέλτιστο.

Πραγματοποιήθηκαν πειράματα διατροφής για να υπολογιστούν οι ενεργειακές ανάγκες για το γατόψαρο και τον κοινό κυπρίνο. Τα ψάρια ταΐστηκαν με τροφές που περιείχαν πρωτεΐνη 24% ως 35% και υπολογίστηκαν τα επίπεδα πεπτής ενέργειας. Το κέρδος βάρους ήταν το κριτήριο για τη βελτιστοποίηση της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών. Οι διαιτητικές συγκεντρώσεις της πεπτής ενέργειας ανά γραμμάριο διαιτητικής πρωτεΐνης που επέφεραν το μεγαλύτερο κέρδος βάρους για το γατόψαρο, κυμάνθηκαν από 8,7 kcal έως 9,7 kcal / gr πρωτεΐνης (Μενούτης & Πλήθου, 2003). Στα ομοίως σχεδιασμένα πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκαν τροφές με πρωτεΐνη 32%, η βέλτιστη αναλογία ενέργειας / πρωτεΐνη για αύξηση βάρους για τον κοινό κυπρίνο ήταν 8,3 kcal / gr πρωτεΐνης (DaSilva & Anderson, 1995; Μενούτης & Πλήθου, 2003). Κατά την πραγματοποίηση των πειραμάτων διατροφής για τον καθορισμό των ενεργειακών αναγκών των ψαριών, είναι σημαντικό να είναι γνωστά:

- Η διαθεσιμότητα της ενέργειας στις τροφές που χορηγούνται
- Τα ψάρια ταΐζονται έως κορεσμού
- Οι διάφορες τροφές στο πείραμα είναι ισάξιες προς τη γευστικότητα
- Η σύσταση του βάρους που κερδίστηκε μπορεί να προσδιοριστεί.

Η ανάγκη της πεπτής ενέργειας για το γατόψαρο τριών μεγεθών (1 gr, 20 gr και 100gr) ταΐζοντας το ψάρι έως κορεσμού, με τροφές που ποίκιλαν σε ενέργεια και πρωτεϊνική συγκέντρωση και χρησιμοποίησε το πρωτεϊνικό κέρδος ως ένα τρόπο μέτρησης του ρυθμού ανάπτυξης. Η καθημερινή ανάγκη σε πεπτή ενέργεια για τη μέγιστη αύξηση ήταν 16,8 kcal/100 gr βάρους για τα ψάρια από 1 ως 3 gr, που μειώθηκε σε 5 kcal/100 gr βάρους για τα ψάρια από 100 ως 250 gr. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1.2, η πρωτεϊνική απαίτηση άλλαξε σχεδόν στο ίδιο ποσοστό με την ενεργειακή απαίτηση, με αύξηση στο μέγεθος των ψαριών, έτσι ώστε η βέλτιστη αναλογία πεπτή ενέργεια / πρωτεΐνη άλλαξε λίγο για ψάρια από 3 ως 266 gr (DaSilva & Anderson, 1995).

#### **4.5. Πεπτικό σύστημα-πέψη-μορφολογία**

##### **4.5.1. Πεπτικό σύστημα**

Τα κύρια όργανα του πεπτικού συστήματος είναι : 1) στόμα το οποίο είναι το όργανο μέσο του οποίου το νερό και η τροφή μπαίνουν στον οργανισμό του ψαριού. 2) οισοφάγος οποίος είναι ευδιάκριτος λόγω των μυών του και συσπάται εθελούσια. 3) το στομάχι είναι όργανο για την προσωρινή αποθήκευση, ανάμειξη και πρωτογενή πέψη της τροφής. 4) έντερο στο ολοκληρώνεται η πέψη των τροφών και γίνεται η απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών. 5) το ήπαρ είναι πάντα ανεπτυγμένο καλά στα ψάρια και το 6) πάγκρεας οποίο δεν διαμορφώνεται ως ένα ιδιαίτερο όργανο στα ψάρια.(Μεντέ & Νέγκας, 2011).

##### **4.5.2.Όργανα κατάποσης τροφής-φαρυγγικά δόντια**

Οι φαρυγγικοί οδόντες εντοπίζονται στο πίσω μέρος των οστών των βραγχιακών τόξων, κυρίως των 3<sup>ου</sup>, 4<sup>ου</sup> ζευγών, και ειδικότερα του 5<sup>ου</sup> το οποίο, λόγω ελλιπούς ανάπτυξης δεν φέρει βραγχιακά ελάσματα και βρίσκεται στην περιοχή του φάρυγγα. Τα οστά των υποπλασμένων βραγχιακών τόξων ταυτίζονται με τα φαρυγγικά οστά τα οποία είναι ευρύτερα γνωστά ως φαρυγγικοί οδόντες, των οποίων η μορφολογία-κατασκευή ταυτίζονται με εκείνες των οδόντων των γνάθων.

Σε ορισμένους τελεόστεους ιχθύες παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση από την άποψη της μορφής, του μεγέθους και της διάταξης τους, ενώ η παρουσία τους συνδέεται με την σύνθλιψη και τον τεμαχισμό της τροφής τους. Σε άλλους, οι

φαρυγγικοί οδόντες είναι οι μόνοι που υπάρχουν και συνήθως βρίσκονται σε σειρές (1-3) του ενός ή και περισσότερων οδόντων.

Η παρουσία των φαρυγγικών οδόντων συνδέεται με τον διατροφικό τύπο των ιχθύων και αυξάνεται από τους σαρκοφάγους προς τους φυτοφάγους και αφορά περισσότερο στο είδος της τροφής παρά στη χημική της σύσταση.

Όταν οι φαρυγγικοί οδόντες είναι επίπεδοι ή αποστρογγυλλοποιημένοι, τότε το διαιτολόγιο του ψαριού είναι πλούσιο σε φυτικούς ιστούς και βενθικούς ή ζωικούς οργανισμούς (οστρακοειδή). Αντίθετα στα σαρκοφάγα ψάρια, οι φαρυγγικοί οδόντες είναι μεγαλύτεροι, αιχμηροί και κωνικοί τότε το ψάρι τρέφεται με καρκινοειδή ή προνύμφες εντόμων.

Οι κιχλίδες της δυτικής Αφρικής αντιπροσωπεύουν ένα από τα πιο εντυπωσιακά παραδείγματα εξέλιξης, μεταξύ των σπονδυλωτών. Τα μοντέλα της οικολογικής ειδογένεσης δείχνουν, ότι οι διαφορές στη διατροφή συμβάλουν στην έναρξη και στη συντήρηση της ποικιλότητας των ειδών στις κιχλίδες. (Albertson et al., 2003). Ο προσδιορισμός του γονιδιώματος στις κιχλίδες, είναι υπεύθυνο για τις διαφορές που δημιουργούνται στη κατασκευή του σχήματος της γνάθου και του στόματος. Το ύψος και το μήκος της κάτω γνάθου, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και καθορίζονται γονιδιακά.

Σύμφωνα με τους Hulsey & Garcia De Leon (2005), η λειτουργία των φαρυγγικών οδόντων κατά τη διαδικασία προσέλκυσης της τροφής από τα ψάρια στηρίζεται στον εξής μηχανισμό: Διερευνήθηκε η χρησιμότητα της πρόσθιας σιαγόνας στην κιχλίδα του γένους *Heroina* και μελετήθηκαν οι σχέσεις που συνδέονται με την κατάσταση που παρατηρείται μεταξύ της άνω και κάτω γνάθου, κατά τη διαδικασία της τροφοληψίας. Η κινητική κατάσταση (KT) της άνω και κάτω γνάθου παρατηρείται μέγιστη προεξοχή όταν το ψάρι τρέφεται με εξειδικευμένες διατροφές .

Τα άτομα της οικογένειας *Cichlidae* και *Labridae* αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα προσαρμογής στις διατροφικές μεταβολές. Η δομή της γνάθου και των φαρυγγικών δοντιών εξαρτώνται από την φυλογένεση. Οι Mabuchi et al.,(2007), μελέτησαν 78 γονιδιώματα μιτοχονδρίων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη φυλογένεση δείχνουν ότι τα περκόμορφα αποτελούνται από ένα φύλο. Επίσης στην ίδια μελέτη αναφέρεται ότι η φυλογένεση που προκύπτει για την γνάθο είναι ανεξάρτητη από την διατροφική συμπεριφορά του ψαριού, σε αντίθεση με τα φαρυγγικά δόντια που επηρεάζονται από τον τύπο της τροφής (Mabuchi et al., 2007).

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την λειτουργία της άνω και κάτω γνάθου είναι : η μυϊκή δύναμη, η ροπή, η ταχύτητα της γνάθου, το διαρκές μάσημα, το δυνατό δάγκωμα και η ισχύς. Τα χαρακτηριστικά αυτά παραμετροποιήθηκαν και μελετήθηκαν ως προς την κλίμακα του χρόνου και της κίνησης, με πραγματικές συνθήκες διατροφής των ψαριών. Η μέγιστη ισχύς εκδηλώνεται στο τέλος του κλεισίματος της σιαγόνας και υπολογίζεται ως η μέγιστη δύναμη η οποία εκδηλώνεται στο 25% του κύκλου μέχρι να ολοκληρωθεί η λειτουργία του. (Westneat, 2003).

Οι Albertson et al., (2005), αναφέρουν ότι οι κιχλίδες της Αφρικής προσαρμόζουν κατάλληλα τη σιαγόνα ανάλογα με τον τύπο τροφής που χορηγείται. Εξελίσσονται με εξειδικευμένους τρόπους διατροφής με προσαρμογές στη σιαγόνα του στόματος τους. Το σχήμα και η λειτουργία των σιαγόνων εξαρτάται από τις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών.

Τα ενδημικά είδη του γένους *Chiclasoma* διαφέρουν στη δομή των οδόντων, στο σχήμα του σώματος, στη διατροφή τους και χαρακτηρίζονται από 27 αλληλόμορφα γονίδια που είναι υπεύθυνα για τις μορφολογικές διαφοροποιήσεις (Sage & Selander, 1975).

Τα φαρυγγικά δόντια στις κιχλίδες είναι χαρακτηριστικά και μορφολογικά κατάλληλα ώστε να διευκολύνουν την τροφική συμπεριφορά των ψαριών κατά την κατάποση (Hulsey, 2006).

Τα φαρυγγικά δόντια στις κιχλίδες αντιπροσωπεύουν μια βασική καινοτομία που ταξινομεί τα είδη με βάση την διατροφική διαφοροποίηση τους. Η «σύντηξη» της κάτω φαρυγγικής γνάθου είναι αποτέλεσμα των δύο βραγχιακών τόξων (Hulsey, 2006).

#### **4.5.3. Πεπτικά ένζυμα και πέψη**

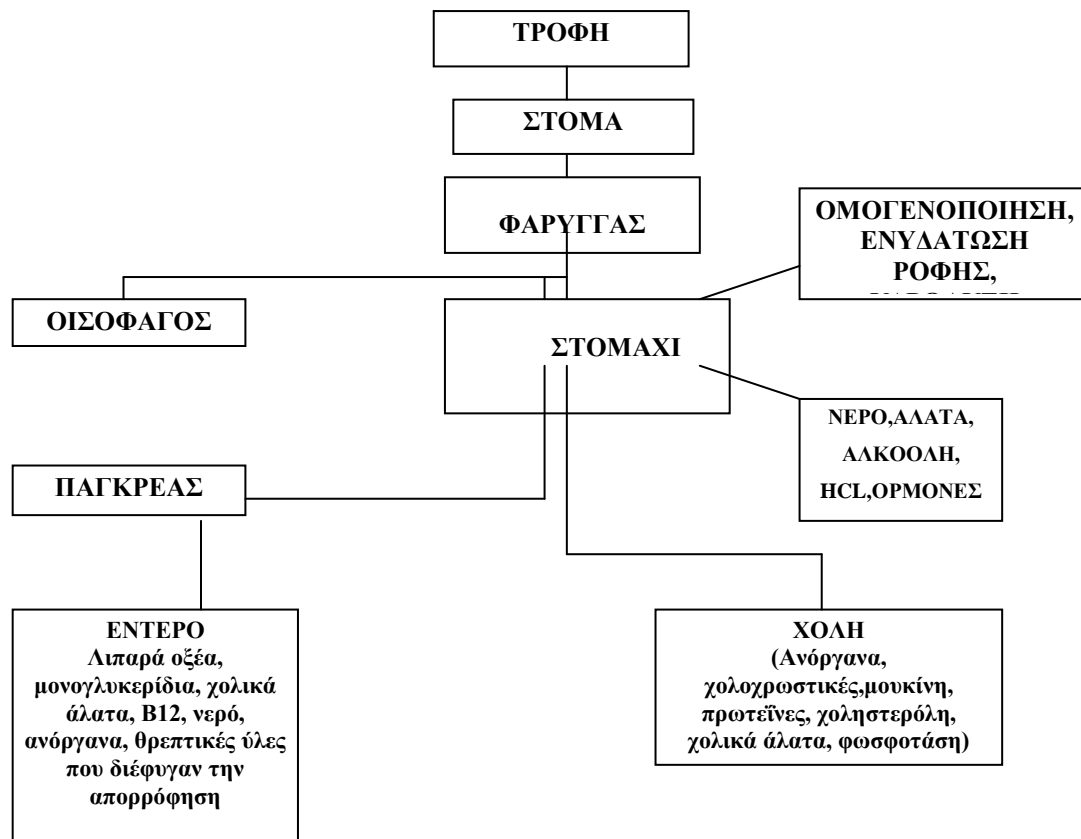
Η διαδικασία της πέψης διαφέρει ανάμεσα στα ψάρια με ή χωρίς στομάχι. Το στομάχι εκκρίνει υδροχλωρικό οξύ και πεψινογόνο για την πέψη των πρωτεϊνών. Όταν δεν υπάρχει στομάχι, τέτοιες ουσίες δεν εκκρίνονται και η διάσπαση και πέψη των πρωτεϊνών πραγματοποιείται μόνο μέσω των ενζύμων. Τα πεπτικά ένζυμα αποτελούνται από υδρολάσες οι οποίες χωρίζονται σε υδατοδιαλυτές και πρωτεϊνικής φύσης. Ανάλογα με τη φυσιολογική τους δράση διακρίνονται σε:

- πρωτεάσες (ένζυμα πρωτεόλυσης)
- εστεράσες (ένζυμα λιπόλυσης)
- καρβοϋδράσες (αμυλολυτικά ένζυμα)

Τα πεπτικά ένζυμα παράγονται στο στομάχι, το έντερο και το πάγκρεας, στο ήπαρ, στη σπλήνα και στα νεφρά. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες : 1) ένζυμα που εκκρίνονται από το πάγκρεας και σε μικρότερο βαθμό στο στομάχι. 2) συνδεδεμένα ένζυμα που βρίσκονται σε μικρή έκταση στο πεπτικό χυμό. 3) κυτταρικά ένζυμα της πεπτικής οδού. Τα πεπτικά ένζυμα είναι αμυλάση, κυτταρινάση, χιτινάση και δισακχαριτάση. Η δράση της αμυλάσης είναι υψηλότερη σε φυτοφάγα και παμφάγα είδη και η δράση της χιτινάσης είναι ευρέως διαδεδομένη στα ψάρια. Τα ενδογενή πεπτικά ένζυμα παράγονται από το ίδιο ψάρι και είναι η χιτινάση και η κυτταρινάση. Η γλωρίδα του εντέρου και της πέψης, είναι πηγή πολυσακχαριδασών στα ψάρια που τρέφονται με αμυλούχα πολυζακχαρίδια. Η μεταφορά των μονοζαχαρίδιων στο παχύ έντερο των ψαριών, όπως προκύπτει από μελέτες της εξωτερικής μεμβράνης των κυστιδίων, είναι ανεστραμμένες σε περιοχές του εντέρου των ψαριών.

Η γλυκόζη της εξωτερικής μεμβράνης του εντέρου, εμφανίζει χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά που απαντώνται στα θηλαστικά (Krodgal et al., 2005). Τα ενδογενή πεπτικά ένζυμα εκκρίνονται στον εντερικό αυλό και μπορεί να είναι εξοκυττάρια, συνδεδεμένα με μεμβράνη ή ενδοκυττάρια (εντός των εντεροκυττάρων), (Μέντες & Νέγκας, 2011).

Η πέψη και η αξιοποίησή της εξαρτώνται από το είδος των υδατανθράκων. Στα σαρκοφάγα ψάρια η αξιοποίησή τους, φτάνει μέχρι και 60% για την παραγωγή ενέργειας ιδίως όταν πρόκειται για απλές μορφές (γλυκόζη, ζακχαρόζη, λακτόζη). Στα σαρκοφάγα ψάρια (αγγελόψαρα, δίσκοι, πιράνχας, clownfish) η αμυλάση εκκρίνεται από το πάγκρεας, ενώ στα φυτοφάγα (χρυσόψαρα και αφρικάνες), το ένζυμο εκκρίνεται σχεδόν από όλο το πεπτικό τους σύστημα (Krodgal et al., 2005). Ως εξωγενή πεπτικά ένζυμα ορίζουμε τα ένζυμα εκείνα που παράγονται από γαστρεντερικούς συμβιωτικούς μικροοργανισμούς.



Σχήμα 1. Συνοπτικό διάγραμμα πέψης (Πηγή: Μεντέ & Νεγκας, 2011)

## 5. Abstract

Although fish have been kept for more than three centuries as ornamentals, and the development of manufactured feed since 50 years ago has contributed to the tremendous growth of this hobby, nutrition of ornamental fish is based on extrapolation of results derived from food fishes under intensive farming conditions. Some research on nutrient (protein, minerals) requirements of growing freshwater ornamental species (live-bearers) in a production environment has been conducted, mainly in Singapore, with emphasis on the provision of live feed during the early stages of the life cycle. Protein requirements varied from around 30% dietary protein for growing omnivorous goldfish (*Carassius auratus*) to 50% for the carnivorous discus (*Symphysodon aequifasciata*).

Whereas mineral (phosphorus, iron, magnesium, zinc) requirements have received some attention in the guppy (*Poecilia reticulata*), few researches have concentrated on vitamin requirements of ornamental species. Requirements for fatty acids have been conducted mainly on marine ornamentals (damsel fish, seahorses), and accentuated the need for dietary supplementation of *n*-3 highly unsaturated fatty acids. Fish kept in public and home aquaria presents the problem of diversity of species in the same enclosure, each with its own specific requirements and needs. Maintenance energy levels of ornamental fish varied from 0.068 kJ per day for small neon tetras (*Paracheirodon innesi*) to 0.51 kJ per day for moonlight gouramis (*Trichogaster microlepis*) kept at a water temperature of 26 °C. Research on nutrient requirements of ornamental fish urges for suitable measurements other than only growth rate in order to determine optimal dietary inclusion levels.

## 6. Βιβλιογραφία

### A) Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K & Walter, W. 2006. Βασικές Αρχές Κυτταρικής Βιολογίας, Εκδόσεις Πασχαλίδης, σελ. 143-196.
- Albertson, C., J.T., Streelman, T., D., Kocher, & P., C., Yelick. 2005. Integration and evolution of the cichlid mandible: The molecular basis of alternate feeding strategies. *Evolution of cichlid feeding architecture* 45:16121-16530.
- Albertson, R., C., J., T., Streelman, & T., D., Kocher. 2003. Directional selection has shaped the oral jaws of lake Malawi cichlid fishes. Hubbard Center for Genome Studies, University of New Hampshire.
- Asiedu, M., S., K., Julshamn, & O., Lie. 1991. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: Part I. Proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins. *Food Chemistry* 40(3):309–321.
- Atkinson, J., L., J., W., Hilton, & S., J., Slinger. 1984. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as an Indicator of Feed Digestibility in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(9):1384-1386.
- Balogun, A., M., & A., D., Ologhobo. 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerling *Clarias gariepinus* (Burchell) fed raw and cooked soybean diets. *Aquaculture* 76(1-2):119–126.
- Bianchini, I., Jr., and M., B., Da Cunha Santino. 2011. Model parameterization for aerobic decomposition of plant resources drowned during man-made lakes formation. *Ecological Modelling* 222(7):1263–1271.
- Crampton, W., G., R. 2008. Ecology and life history of an Amazon floodplain cichlid: the discus fish *Symphysodon* (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical ichthyology* vol.6 no.4 Porto Alegre.
- DaSilva, S., S., & T., A., Anderson. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Published by Chapman & Hall, pp319.
- Degani, G. 1993. Growth and body composition of juveniles of *Pterophyllun scalare* (Lichtenstein) (Pisces:Cichlidae) at different densities and diets. *Aquaculture and fisheries management* 24(6):725-730.
- Dorea, J., G., A., C., Barbosa, and G., S., Silva. 2006. Fish mercury bioaccumulation as a function of feeding behavior and hydrological cycles of the Rio Negro, amazon. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 142(3–4):275–283.
- Edwards, R., R., C. 1984. Comparisons of Growth in Weight of Temperate and Tropical Marine Fish Counterparts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(9):1381-1384.
- Edwards, R., R., C., J., H., S., Blaxter, U., K., Gopalan, and C., V., Mathew. 1971. Feeding, metabolism, and growth of tropical flatfish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 279–300.
- Fyhn, H. 1989. First feeding of marine fish larvae: Are free amino acids the source of energy. *Aquaculture* 80(1–2):111–120.
- Gagliano, M., M., I., McCormick. 2004. Feeding history influences otolith shape in tropical fish. *Marine ecology progress series* 278:291-296.
- Galis, F., and E., G., Drucker. 1996. Pharyngeal biting mechanics in centrarchid and cichlid fishes: insights into a key evolutionary innovation. *Journal of Evolutionary Biology* 9(5): 641–670.



- Hossain, M., A., and K., Jauncey. 1989. Studies on the protein, energy and amino acid digestibility of fishmeal, mustard oil cake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Aquaculture* 83(1-2):59-72.
- Hulsey, C., D. 2006. Function of a key morphological innovation: fusion of the cichlid pharyngeal jaw. *Department of Biology* 273:669-675
- Hulsey, C., D., 2006. Function of a key morphological innovation: fusion of the cichlid pharyngeal jaw. *Department of Biology* 273:669-675.
- Hulsey, C., D., 2006. Function of a key morphological innovation: fusion of the cichlid pharyngeal jaw. *Department of Biology*, 273:669-675.
- Hulsey, C., D., and F., J. Garcia de Leon. 2005. Cichlid jaw mechanics: linking morphology to feeding specialization. *Functional Ecology* 19(3): 487–494.
- Jackson, G., D., J., Howard Choat. 1992. Growth in Tropical Cephalopods: An Analysis Based on Statolith Microstructure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(2): 218-228.
- Kocher, T., D., J., A., Conroy, K., R., McKaye, and J., R., Stauffer. 1993. Similar morphologies of cichlid fish in Lakes Tanganyika and Malawi are due to convergence. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2(2):158–165.
- Kristinsson, H., G., and B., A., Rasco. 2000. Fish Protei Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40:43-81.
- Krogh, A., G., I., Hemre, T., P., Mommsen. 2005. Carbohydrates in fish nutrition : digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition* 11(2):103–122.
- Mabuchi, K., M., Miya, Y., Azuma, and M., Nishida. 2006. Independent evolution of the specialized pharyngeal jaw apparatus in cichlid and labrid fishes. *BMC Evolutionary Biology* 7:10.
- Mabuchi, K., M., Miya, Y., Azuma, and M., Nishida. 2007. Independent evolution of the specialized pharyngeal jaw apparatus in cichlid and labrid fishes. *Evolutionary Biology*.
- Magnuson, J., J. 1969. "Digestion and food consumption by skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*." *Trans. Am. Fish. Soc.* 98, 379.
- Martinez-Palacios, C., A., and L., G., Ross. 1988. The feeding ecology of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Journal of Fish Biology* 33(5): 665–670.
- McKaye, K., R., and A., Marsh. 1983. Food switching by two specialized algae-scraping cichlid fishes in Lake Malawi, Africa. *Oecologia* 56(2-3)245-248.
- McKinnon, A., D., S., Duggan, P., D., Nichols, M., A., Rimmer, G., Semmens, and B., Robino. 2003. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture* 223:89-106.
- Meekan, M., G., J., H., Carleton, A., D., McKinnon, K., Flynn, and M., Furnas . 2003. What determines the growth of tropical reef fish larvae in the plankton: food or temperature. *Marine Ecology Progress Series* 256:193–204.
- Morales-Nin, B. 1989. Growth determination of tropical marine fishes by means of otolith interpretation and length frequency analysis. *Aquatic Living Resources* 2:241-253.
- National Research Council (1993). Nutrient requirements of fish. National Research Council of the United States, Committee on Animal Nutrition, Publ. National Academy Press, Washington, D.C.
- Newman, S., J., D., M., Williams and G., R., Russ. 1996. Age validation, growth and mortality rates of the tropical snappers (Pisces: Lutjanidae) *Lutjanus adetii* (Castelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) from the central Great Barrier Reef, Australia. *Marine and Freshwater Research* 47(4):575 – 584.

- Pauly,D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 39(2):175-192.
- Pauly,D. 1989. Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. *Journal of Fish Biology* 35:11-20.
- Piscivores,I. 1978. Modulatory Multiplicity in the Functional Repertoire of the Feeding Mechanism in Cichlid Fishes. *Journal of Morphology* 158(3): 323–360.
- Rawdkuen, S., and S.,Benjakul. 2008. Whey protein concentrate : Autolysis inhibition and effects on the gel properties of prepared from tropical fish. *Food Chemistry* 106(3):1077–1084.
- Ronnestad,I., A.,Thorsen, and R.,N.,Finn. 1996. Fish larval nutrition : a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture* 177:201–216.
- Sage,D.,R., and R.,K.,Selander. 1975. Trophic radiation through polymorphism in cichlid fishes. *PNAS* , 72:4669-4673.
- Sales,J., and G.,D.,J.,Jansseus. 2003. Nutrition requirements of ornamental fish, *Aquatic Living Resources* 16:533-540.
- Sparks,J.,S., and W.,L.,Smith. 2004. Phylogeny and biogeography of cichlid fishes (Teleostei: Perciformes: Cichlidae). *Cladistics* 20(6): 501–517.
- Spotte,S. 1991. *Captive seawater fishes science and technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc.
- Tan,Y.,T. 1970. Composition and nutritive value of some grasses, plants and aquatic weeds tested as diet. *Journal of Fish Biology* 2(3): 253–257.
- Trapani,J. 2003. Morphological variability in the Cuatro Ciénegas cichlid, *Cichlasoma minckleyi*. *Journal of Fish Biology* Volume 62(2): 276–298.
- Vidotti,R.,M., E.,M.,Viegas, and D.,J.,Carneiro. 2003. Amino and composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology* 105(1-4):199-204.
- Vlachos, N., Mente, E., Hotos, G.N., Kormas, K., Tzoganis,C., Psafakis, P., and Neofitou, C. (2008). Effect of food supply on the growth rate of angelfish, *Pterophyllum scalare* (Pisces Cichlidae) in aquarium. 4<sup>th</sup> International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management Athens, Grece, November 21-22,2008.
- Westneat,M.,W. 2003. A biomechanical model for analysis of muscle force, power output and lowe jaw motion in fishes. *Journal of Theoretical Biology* 223(3):269–281.
- Xiao,Y., and P., Mcshane. 2000. Use of age- and time-dependent seasonal growth models in analysis of tag/recapture data on the western king prawn *Penaeus latisulcatus* in the Gulf St. Vincent, Australia. *Fisheries Research* 85-92.
- Zilberg,D., R.,Ofir, T.,Rabinski, and A.,Diamant. 2004. Morphological and genetic characterization of swimbladder non- inflation in angelfish *Pterophyllum scalare* (Cichlidae). *Aquaculture* 230(1–4):13–27.
- Zuanon,J., A.,S.,Salaro, A.,L.,Balbino, E.,M.,Saaiva, A.,Quadros, M.,Fontanari, R.M.,(2006). De protein bruta em dietas para alevinos de acara bandeira. *R. Bras.Zootec.*, 35(5):1893-1896.

## **B) Ελληνική βιβλιογραφία**

- Αλέξη Μ., και Νέγκας Ι. 2001. Χρησιμοποίηση προϊόντων σόγιας στη διατροφή τσιπούρας και λαβρακιού. Σημερινό επίπεδο γνώσης και ανάγκες για περετέρω μελέτη. American Association & United Soybean Board σελ 32.
- Βλάχος Ν. 2010. Καλλιέργειες διακοσμητικών ψαριών. ΕΚΔΟΣΕΙΣ Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, εκπαιδευτικές σημειώσεις σελ.253.
- Ζερβός, Α., & Κουράκου, Σ., 2001. Αρχές Μεταβολισμού και Διαιτητικές απαιτήσεις ιχθύων, Πτυχιακή Εργασία. Σελ.331.
- Μεντέ Ε., και Νέγκας Γ. 2011. Στοιχεία φυσιολογίας θρέψης και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ. σελ.1-809.
- Μενούτης, Σ., & Πλήθου, Σ. 2003. Στρατηγική Τάϊσματος και Ανάπτυξης, Πτυχιακή εργασία. Σελ.195.
- Παπουτσόγλου Σ. 2008. Διατροφή ιχθύων. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΤΑΜΟΥΛΗ.σελ.1-976.