



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ανάλυση της σημαντικότητας στην
κατάρτιση σιτηρεσίων για τη βελτιστοποίηση
της παραγωγής και της ανάπτυξης στα ύστερα
στάδια ανάπτυξης των ψαριών»**

Φλώρα Γονίδη

Εισηγητής
Δρ Νικόλαος Βλάχος

ΕΔΙΠ

Μεσολόγγι 2017

Στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Μέσα από την παρούσα πτυχιακή εργασία θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα πτυχιακή εργασία, η πραγματοποίηση της οποίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την καθολική τους συμπαράσταση.

Ευχαριστώ τον Δρ Βλάχο Νικόλαο, ΕΔΙΠ, επιβλέπων της πτυχιακής εργασίας, για την επιστημονική καθοδήγηση, τις συμβουλές και εύστοχες παρατηρήσεις που μου υπέδειξε κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

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

Ευχαριστώ τον Δρ Κωνσταντίνο Πούλο Καθηγητή Εφαρμογών, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής για τις χρήσιμες υποδείξεις και συμβουλές που μου υπέδειξε κατά τη συγγραφή της πτυχιακής εργασίας.

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

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	6
Κεφάλαιο 1: Ανάλυση βιβλιογραφικών δεδομένων στη διατροφή.....	7
1.1. Εισαγωγικά στοιχεία.....	7
1.2. Σκοπός.....	8
Κεφάλαιο 2: Διατροφή Νυμφών.....	9
2.1. Απαραίτητες απαιτήσεις για τις θρεπτικές απαιτήσεις των νυμφών των ψαριών.....	9
2.2. Άμεσες μετρήσεις των απαιτήσεων των προνυμφών - δόση απόκρισης.....	11
2.2.1. Μικροθρεπτικά συστατικά.....	11
2.2.2. Πρωτεΐνες και Αμινοξέα.....	12
2.2.3. Λιπαρές ουσίες-Σύνθεση.....	13
2.2.4. Βασικά Λιπαρά οξέα.....	16
2.3. Βιταμίνες.....	19
2.4. Ανόργανα στοιχεία.....	22
Κεφάλαιο 3: Τροφική αξία υδρόβιων ζωικών οργανισμών.....	24
3.1. Τροφική αξία των κωπηπόδων.....	24
3.1.1. Σύσταση του σώματος των προνυμφών.....	26
3.2. Πεπτικότητα-Απορρόφηση.....	31
3.3. Εξαγωγή δεδομένων από νεαρά άτομα.....	33
Κεφάλαιο 4: Διαιτητικές απαιτήσεις και ανάπτυξη.....	36
4.1. Διατροφική συμπεριφορά.....	36
Κεφάλαιο 5: Σχεδιασμός τροφών για την ικανοποίηση των αναγκών των προνυμφών των ψαριών.....	40
5.1. Διαιτητικές πηγές ενέργειας.....	40
5.2. Αναλογία των θρεπτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας.....	41
5.3. Υπολογισμός της ποσότητας της τροφής.....	41
5.4. Ενεργειακές απαιτήσεις και πηγές.....	42
5.5. Απαιτήσεις.....	43
Κεφάλαιο 6: Κατάρτιση σιτηρεσίων.....	45
6.1. Περιγραφή-Ενοσιολογικό περιεχόμενο.....	45

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα.....	48
Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία.....	50
Abstract.....	55

Περίληψη

Παρά την αξιοσημείωτη πρόοδο τα τελευταία χρόνια, πολλά ερωτήματα σχετικά με τη διατροφή των προνυμφών των ψαριών παραμένουν σε μεγάλο βαθμό αναπάντητα με αποτέλεσμα να απαιτούνται περαιτέρω έρευνες. Η τροφή που θα επιλεγεί, θα σχεδιαστεί και θα καταρτηθεί εξαρτάται από τα θρεπτικά συστατικά που επιλέγονται προκειμένου να καλύπτονται οι διατροφικές απαιτήσεις των προνυμφών και θα οδηγούν στη βέλτιστη δυνατή ανάπτυξή τους. Η παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζει και αναλύει τα βιβλιογραφικά δεδομένα που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό και την κατάρτιση σιτηρεσίων που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας και της ανάπτυξης των προνυμφών των ψαριών στα ύστερα στάδια ανάπτυξης.

Λέξεις Κλειδιά: Διατροφή προνυμφών, σχεδιασμός τροφών, κατάρτιση σιτηρεσίων, θρεπτικές απαιτήσεις, ζωντανές τροφές

Κεφάλαιο 1: Ανάλυση βιβλιογραφικών δεδομένων στη διατροφή

1.1. Εισαγωγικά στοιχεία

Οι προνύμφες και οι νύμφες των ψαριών είναι πολύ ευάλωτες κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις προκειμένου να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν σωστά. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα που υπάρχουν αναφέρονται κυρίως στις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών (Holt 2011). Οι διαφορετικές συνθήκες που μπορεί να αντιμετωπίσει η αναπτυσσόμενη προνύμφη ψαριού στη φύση, η υπάρχουσα γνώση στη διατροφή των ψαριών ιδίως στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους στηρίζονται σε μεγάλο ποσοστό σε εργαστηριακές μελέτες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής.

Μια άλλη πτυχή που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η ποικιλομορφία που παρουσιάζεται στην οντογένεση, τη φυσιολογία διατροφής και τις διατροφικές απαιτήσεις μεταξύ των ειδών, ακόμη και εντός της ίδιας οικογένειας. Ως εκ τούτου δεν μπορούν να εξαχθούν άμεσα συμπεράσματα από τα ευρήματα που περιγράφονται στα διαφορετικά μοντέλα και απαιτούν περαιτέρω μελέτες.

Απαιτείται πολύ καλή γνώση των διατροφικών απαιτήσεων των προνυμφών των ψαριών ανεξάρτητα από το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκονται ώστε να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας παραγωγής των προνυμφών και των νεαρών ατόμων των ψαριών.

Ο σχεδιασμός μιας δίαιτας στηρίζεται στην κατανόηση των διαφόρων παραγόντων που αλληλεπιδρούν ώστε να καλύπτονται οι διατροφικές ανάγκες και να επιτυγχάνεται καλύτερη δυνατή ανάπτυξη. Η σωστά σχεδιασμένη δίαιτα αυξάνει την κατάποση, πέψη και απορρόφησή της τροφής από τις προνύμφες των ψαριών οδηγώντας στην βέλτιστη δυνατή ανάπτυξη.

Το κόστος της τροφής επίσης, είναι από τους παράγοντες που ασκούν καταλυτική επιρροή στο σχεδιασμό της κατάλληλης δίαιτας. Η κατάλληλη διαχείριση και η επιλογή του κατάλληλου σιτηρεσίου συντελούν σε σημαντικό βαθμό στην προσέγγιση του μέγιστου οικονομικού αποτελέσματος της μονάδας εκτροφής. Γίνεται προσπάθεια να καλυφθούν οι απαιτήσεις των προνυμφών των ψαριών ανάλογα με τον τύπο της τροφής επιπλέουσες τροφές, αιωρούμενες τροφές και βυθιζόμενες τροφές.

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 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 της τροφής η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ακόμα και αν δεν υπολογίζεται ποσοτικά (Μεντέ & Νέγκας 2011).

1.2.Σκοπός

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι η αξιοποίηση διαθέσιμων των βιβλιογραφικών δεδομένων και αναφέρονται στη διατροφή των νυμφών των ψαριών ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα κατά την εκτροφή των νυμφών των θαλασσινών ψαριών ώστε το τελικό παραγόμενο προϊόν να είναι καλύτερης ποιότητας.

Λαμβάνοντας υπόψη όλους αυτούς τους περιορισμούς και με βάση την ανάλυση των πληροφοριών που είναι διαθέσιμες και αφορούν τη διατροφή των ψαριών, επιδιώκεται να απαντηθούν τα περισσότερα ερωτήματα που σχετίζονται με την κατάρτιση σιτηρεσίων που θα οδηγήσουν στην παραγωγή προνυμφών ψαριών με καλή ποιότητα.

Κεφάλαιο 2: Διατροφή Νυμφών

2.1. Απαραίτητες απαιτήσεις για τις θρεπτικές απαιτήσεις των νυμφών των ψαριών

Ελάχιστες ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες για τις διατροφικές απαιτήσεις των προνυμφών των θαλασσινών ψαριών (Holt 2011). Οι διαφορές που υπάρχουν κατά τη διάρκεια της οντογένεσης ανάμεσα, στις νύμφες, τα νεαρά ή ενήλικα άτομα εστιάζονται κυρίως στις μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές, συμπεριλαμβανομένου του σταδίου της μεταμόρφωσης.

Επιπλέον, οι προνύμφες των ψαριών αναπτύσσονται εξαιρετικά γρήγορα, τρέφονται συνεχώς και ως εκ τούτου, η συνολική κατανάλωση των θρεπτικών συστατικών είναι αυξημένη. Οι προνύμφες του γάδου, για παράδειγμα, παρατηρούνται ρυθμοί ανάπτυξης μεγαλύτεροι από 30% ημερησίως (Otterlei *et al.* 1999), ενώ ορισμένα είδη όπως το γατόψαρο (*Clarias gariepinus*) αυξάνεται έως και 100% ημερησίως (Conceicza *et al.* 1998a).

Η απαίτηση για μια συγκεκριμένη θρεπτική ουσία μπορεί να οριστεί ως το θρεπτικό που προσλαμβάνει διαμέσου της τροφής προκειμένου το ψάρι να ολοκληρώσει μια φυσιολογική λειτουργία (Izquierdo & Koven 2011). Ωστόσο, ο σχεδιασμός και η κατάρτιση ενός διαιτολογίου απαιτεί τη γνώση των διατροφικών απαιτήσεων του ψαριού αλλά και την περιεκτικότητα ενός θρεπτικού συστατικού στην τροφή (Kolkovski *et al.* 2009).

Οι απαιτήσεις σε μικροθρεπτικά συστατικά, αλλά και οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνες-αμινοξέα, λιπαρά οξέα και ούτω καθ' εξής, δίνονται συνήθως ως συγκεντρώσεις ή κλάσματα συμμετοχής τους στην τροφή, και εκφράζονται με αυτόν τον τρόπο ως απαιτήσεις και δεν αυξάνονται πάντοτε κάτω από απαιτητικές συνθήκες, όπως οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης κατά το στάδιο της μεταμόρφωσης.

Ωστόσο, αν η πρόσληψη της τροφής αυξάνεται τότε αυξάνεται και η πρόσληψη κάθε μεμονωμένης θρεπτικής ουσίας σε σταθερές συνθήκες εκτροφής, ώστε να γίνει διάκριση μεταξύ της απαίτησης για την πρόσληψη συγκεκριμένης ποσότητας τροφής και την απαίτηση για μια ισορροπημένη διατροφή, όπου μπορεί να απαιτούνται διαφορετικά θρεπτικά συστατικά σε διαφορετικές συγκεντρώσεις μεταξύ

τους, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται αλλά και τον ρυθμό ανάπτυξης του ζώου.

Οι διατροφικές απαιτήσεις συχνά ορίζονται ως: «η απαίτηση για μέγιστη ανάπτυξη ή επιβίωση» όπου η σχέση της διατροφής του ψαριού με μια συγκεκριμένη δίαιτα να έχει σημαντικά αποτελέσματα. Ο προσδιορισμός των ποσοτικών αναγκών (Izquierdo & Koven 2011), ορίζεται ως η απαίτηση για τη διατήρηση του σώματος του ζώου και εκφράζεται ως το ελάχιστο ποσοστό των θρεπτικών συστατικών που περιέχονται στην τροφή για να διατηρηθεί το ζώο ζωντανό και να μειωθεί το κόστος παραγωγής του. Για παράδειγμα, η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ, Asc) και η E (Α-τοκοφερόλη, α-ΤΟΗ) για τα ψάρια απαιτούνται σε υψηλές συγκεντρώσεις και καθορίζονται με βάση οδηγίες και ενδεχομένως να συνεισφέρουν στην αύξηση της αντοχής των προνυμφών και των νεαρών ατόμων στο stress (Hamre 2011).

Οι μελέτες που υπάρχουν είναι ελάχιστες και συνεπώς απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων σε θρεπτικά συστατικά των προνυμφών και των ενήλικων ατόμων των ψαριών. Από την άλλη πλευρά, ορισμένα θρεπτικά συστατικά, ιδιαίτερα οι λιποδιαλυτές βιταμίνες, προκαλούν παθολογικές καταστάσεις όταν παρέχονται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Επομένως η υπερβιταμίνωση Α είναι γνωστό ότι προκαλεί σκελετικές παραμορφώσεις και άλλες δυσπλασίες (Fernandez & Gisbert 2010).

Μελέτες των θρεπτικών απαιτήσεων χρησιμοποιώντας άμεσες ή έμμεσες μεθόδους μέτρησης αναλύονται παρακάτω. Κατά κύριο λόγο οι μελέτες που χρησιμοποιούν άμεσες μεθόδους παρουσιάζουν μια δυσκολία στο σχεδιασμό πειραμάτων με πλήρη έλεγχο της σύνθεσης των θρεπτικών συστατικών και των περιβαλλοντικών παραγόντων (όπως η πυκνότητα των ψαριών, η ποιότητα και η ανανέωση του νερού, το φως, κλπ) σε όλες τις πειραματικές δεξαμενές. Ο σχεδιασμός και η κατάρτιση σιτηρεσίων είναι δύσκολος διότι θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του το ρυθμό διαλυτοποίησης της τροφής, που είναι αποτέλεσμα της διαφοράς που παρουσιάζουν τα θρεπτικά συστατικά μεταξύ των τροφών (σύμπηκτα και ζωντανές τροφές). Κατά τη λήψη της τροφής, οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών απορροφώνται διαφορετικά εξαιτίας της πεπτικότητας που παρουσιάζουν οι τροφές και του μεταβολισμού του ζώου.

2.2. Άμεσες μετρήσεις των απαιτήσεων των προνυμφών - δόση απόκρισης

2.2.1. Μικροθρεπτικά συστατικά

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τη σύνθεση των μακροθρεπτικών συστατικών που καταναλώνουν οι προνύμφες των ψαριών είναι σύνθετες ιδίως όταν αυτές τρέφονται με ζωντανή τροφή εξαιτίας του μεταβολισμού που παρουσιάζει αλλά και της θρεπτικότητάς της. Οι Morais *et al* (2005a,b) συμπέραναν ότι η γλώσσα, *Solea senegalensis*, παρουσιάζει καλύτερη ανάπτυξη όταν τρέφονταν με μη εμπλουτισμένη *Artemia* σε ελαϊκό οξύ (OA) σε αντίθεση με τις γλώσσες που τράφηκαν με εμπλουτισμένη *Artemia* σε ελαϊκό οξύ. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στην υψηλή αναλογία πρωτεϊνών προς λιπιδίων στην μη εμπλουτισμένη *Artemia*, μιας και είναι απίθανο να μεταβάλλει τη σύσταση των λιπαρών οξέων.

Οι Yufera *et al.* (2005), σχεδίασαν τροφές με δυο διαφορετικά επίπεδα πρωτεΐνης (55% και 62%) για την εκτροφή προνυμφών της γλώσσας της Σενεγάλης και βρήκαν ότι οι νύμφες που τράφηκαν με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση και επιβίωση σε σχέση με εκείνες που τράφηκαν με την τροφή που περιείχε μικρότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Από την άλλη πλευρά οι πειραματικές δίαιτες προσφέρουν τη δυνατότητα ελέγχου των διαφόρων μικροθρεπτικών που περιέχονται στις τροφές ώστε να προσδιοριστούν οι προτιμήσεις των ψαριών στα θρεπτικά συστατικά.

Η επιλογή των θρεπτικών συστατικών δεν είναι ανεπτυγμένη κατά το στάδιο της προνύμφης. Τα νεαρά και ενήλικα άτομα είναι ικανά να επιλέγουν την κατάλληλη σύσταση τροφής από μια ποικιλία τροφών με κριτήριο επιλογής τις απαιτήσεις σε θρεπτικά (Rubio *et al.* 2003). Παρόλα αυτά πειράματα που διεξήχθησαν σε προνύμφες τσιπούρας (*Sparus aurata*) χρησιμοποιήθηκαν εμπορικές τροφές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ικανότητα επιλογής θρεπτικών περιορίζεται σημαντικά στο στάδιο αυτό. Τα συμπεράσματα αυτά σχετίζονται με τη διατροφική συμπεριφορά των ψαριών αλλά και την ανάπτυξη του εντέρου.

Η διαθεσιμότητα της τροφής επηρεάζει τη ανάπτυξη των προνυμφών της τσιπούρας ανεξάρτητα εάν οι προνύμφες τρέφονταν μέχρι κορεσμού. Μόνο όταν το στομάχι σχηματίζεται και λειτουργεί ως δεξαμενή τροφίμων και αναπτύσσεται μια πιο αποτελεσματική όξινη πρωτεόλυση, το έντερο του αρχίζει να ρυθμίζεται καλύτερα και

κατά συνέπεια η πέψη των θρεπτικών ουσιών και η απορρόφηση είναι περισσότερο αποτελεσματικές.

Όπως αποτυπώνεται παραπάνω, έχει γίνει πολύ λίγη δουλειά ώστε να προσδιοριστεί η βέλτιστη σύνθεση των μακροθρεπτικών για τις προνύμφες των θαλασσιών ψαριών. Η τάση που των προνυμφών των ψαριών να τρέφονται συνεχώς όταν διατίθεται τροφή επηρεάζει το έντερο καθώς και το χρόνο διέλευσης και συνεπώς τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών στην τροφή και ενδεχομένως τη βέλτιστη σύνθεση μακροθρεπτικών συστατικών. Η βέλτιστη σύνθεσή τους εξαρτάται από τη μορφή με την οποία τα θρεπτικά συστατικά χορηγούνται στις προνύμφες των ψαριών (Rubio *et al.* 2003).

2.2.2. Πρωτεΐνες και Αμινοξέα

Η ποιότητα της πρωτεΐνης στην τροφή είναι πρωταρχικής σημασίας, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών και μεσαίων επιπέδων υδρολυμένης πρωτεΐνης ειδικά σε τροφές που χορηγούνται κατά τη φάση απογαλακτισμού των προνυμφών. Οι προνύμφες του κυπρίνου (*Cyprinus carpio*) και του λαυρακιού (*Dicentrarchus labrax*), όταν τρέφονται με 60 και 250 g kg⁻¹ υδρολυμένης πρωτεΐνης επιτυγχάνεται βέλτιστη ανάπτυξη (Carvalho *et al.* 2004).

Οι προνύμφες του γάδου (*Gadus morhua*), όταν τρέφονται με υδρολυμένη πρωτεΐνη 400 g kg⁻¹ παρουσιάζουν σημαντικά καλύτερη επιβίωση σε σύγκριση με τα άτομα του γάδου που τρέφονταν με χαμηλότερα επίπεδα συμπληρωματικής πρωτεΐνης (Kvale *et al.* 2009). Τα επίπεδα πρωτεΐνης όταν ξεπερνούν τα 500g/kg είναι επιζήμια για τα περισσότερα είδη ψαριών όπως για παράδειγμα ο κοινός κυπρίνος (Kolkovski & Tandler 2000), η γλώσσα (Oliva-Teles *et al.* 1999) και το λαυράκι (Cahu *et al.* 1999). Οι διαφορές αυτές οφείλονται στην πεπτική ικανότητα αλλά και στον βαθμό διαλυτοποίησης της τροφής, στις διαφορές που παρουσιάζουν τα είδη αλλά και ο ρυθμός πρόσληψης της τροφής (Kvale *et al.* 2006).

Το αμινοσουλφονικό οξύ και η ταυρίνη, σχηματίζονται από τη μεθειονίνη ή κυστεΐνη μέσω αποκαρβοξυλίωσης της κυστεΐνης. Η ταυρίνη έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητο αμινοξύ για τις γάτες, και πιθανώς και για τα πρωτεύοντα κατά την πρόωμη ανάπτυξη (Sturman 1993).

Ο εμπλουτισμός των rotifer με ταυρίνη κατά την κατάρτιση ενός σιτηρεσίου βελτιώνει την ανάπτυξη στις προνύμφες των θαλασσινών ψαριών (Pinto *et al.* 2010). Στη γλώσσα της Σενεγάλης, η ταυρίνη οδήγησε σε αυξημένη κατακράτηση πρωτεΐνης στο σώμα της προνύμφης και αύξησε τη διαδικασία κατά το στάδιο της μεταμόρφωσης (Pinto *et al.* 2010). Οι Chen *et al.* (2005) στα πειράματα που διεξήγαγαν σε άτομα караβίδας (*Paralichthys olivaceus*) βρήκαν μεγαλύτερη ανάπτυξη όταν η ταυρίνη στην τροφή αυξήθηκε από 0,5 σε 1,7 g kg⁻¹ ξηρού βάρους των rotifers. Περαιτέρω αύξηση σε 3,0 g kg⁻¹ δεν παρατηρήθηκε περαιτέρω αύξηση της ανάπτυξης. Παρατηρήθηκε επίσης θετική επίδραση της ταυρίνης στην ανάπτυξη των προνυμφών.

2.2.3. Λιπαρές ουσίες-Σύνθεση

Υπάρχει ένα μεγάλο μέρος της έρευνας που εστιάζει στις απαιτήσεις των προνυμφών σε λιπίδια, συμπεριλαμβανομένων και των δύο βασικών λιπαρών οξέων και τον λόγο των φωσφολιπιδίων (PL) προς τα ουδέτερα λιπίδια (NL). Εντούτοις, δεν έχουν διεξαχθεί μελέτες που να αφορούν τον ποσοτικό προσδιορισμό των απαιτήσεων σε θρεπτικά συστατικά. Οι προνύμφες ψαριών που τρέφονται με σιτηρέσια στα οποία τα λιπίδια έχουν προστεθεί ως τρι-ακυλο γλυκερόλη (TAG), παρουσιάζουν φτωχή ανάπτυξη και επιβίωση και συσσωρεύουν λιπίδια στο ιστό του εντέρου και στο ήπαρ, το οποίο βελτιώνεται προσθέτοντας στην τροφή PL (Fontagne *et al.* 1998).

Τα φωσφολιπίδια (PL) βρέθηκαν ότι απαιτούνται στην ανάπτυξη και την επιβίωση ενός μεγάλου φάσματος ειδών ψαριών από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 (Izquierdo & Koven 2011). Τα φωσφολιπίδια είναι δομικά συστατικά των βιομεμβρανών και ως εκ τούτου είναι απαραίτητα στη διατροφή των νυμφών. Τα φωσφολιπίδια εμπλέκονται επίσης στην πέψη, την απορρόφηση και τη μεταφορά των λιπιδίων από το έντερο στο υπόλοιπο σώμα. Υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι οι λάρβες των ψαριών δεν είναι ικανές να συνθέσουν τα φωσφολιπίδια με γρήγορο ρυθμό προκειμένου να καλύψουν τις υψηλές απαιτήσεις τους και συνεπώς θα πρέπει τα φωσφολιπίδια να συμπεριλαμβάνονται στην τροφή (Izquierdo & Koven 2011).

Πράγματι, τα πρώτα κύτταρα του εντέρου της προνύμφης είναι ανεπαρκώς ανεπτυγμένα ενώ τα οργανίδια στα οποία η σύνθεση των φωσφολιπιδίων (PL)

λαμβάνει χώρα στα ψάρια, το τραχύ και ομαλό ενδοπλασματικό δίκτυο (Caballero *et al.* 2006b) είναι σπάνια.

Στην τσιπούρα η σύνθεση των φωσφολιπιδίων (PL) πραγματοποιείται κυρίως μέσω της 3-φωσφορικής γλυκερόλης και ρυθμίζεται μέσω των διατροφικών λιπιδίων Deplano *et al.* (1991) και Caballero *et al.* (2006a). Επιπρόσθετα η σύνθεση των λιποπρωτεϊνών περιορίζεται από τον ρυθμό σύνθεσης των φωσφολιπιδίων (Liu *et al.* 2002).

Επομένως η χορήγηση 20 g kg⁻¹ ξηρής ουσίας τροφής (DM) λεκιθίνης σόγιας σε τσιπούρες ηλικίας 15 ημερών μετά την εκκόλαψη (dph) περιείχε 220 g kg⁻¹ ξηρής ουσίας λιπιδίων αύξησε σημαντικά την εμφάνιση των λιποπρωτεϊνών στον ιστό, προωθώντας τη μεταφορά και τη χρησιμοποίηση των διαιτητικών λιπιδίων (Liu *et al.* 2002). Οι απαιτήσεις σε φωσφολιπίδια βρέθηκε ότι σχετίζονται με την προνύμφη, την ηλικία και τον βαθμό ανάπτυξης του πεπτικού συστήματος (Izquierdo & Koven 2011).

Διάφοροι ερευνητές σε πειράματα τα οποία διεξήχθησαν συμπέραναν ότι η ανάπτυξη της τσιπούρας σχετίζεται με τα χαμηλά επίπεδα φωσφολιπιδίων (PL) που περιέχονται στην τροφή (δηλ. PL 71 g/kg , ολικά λιπίδια 220 g/kg (Liu *et al.* 2002). ανακουφίζεται όταν οι προνύμφες έχουν σχεδόν ολοκληρώσει την ανάπτυξη του πεπτικού συστήματος (26-36 dph) (Koven *et al.* 1993, Liu *et al.* 2002).

Η χορήγηση ανεπαρκή επιπέδων φωσφολιπιδίων στην τροφή PL (PL 23,7 g/kg ξηρής ουσίας, διαιτητικά λιπίδια 178,5 g/ kg ξηρής ουσίας) αυξάνει τη συσσώρευση σταγονιδίων λιπιδίων στα κύτταρα του εντέρου των θαλάσσιων προνυμφών που τρέφονται με τροφές που δεν περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις σε φωσφολιπίδια (PL) (Morais *et al.* 2005b), ανάλογα με το τύπο και την περιεκτικότητα του φωσφολιπιδίου (PL) στην τροφή. Τα φωσφολιπίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και βελτιώνουν την αντοχή των προνυμφών στο στρες, την ανάπτυξη του σκελετού και επιταχύνουν το στάδιο της μεταμόρφωσης (Ebrahimnezhadarabi *et al.* 2011).

Η πλειοψηφία των μελετών που έχουν διεξαχθεί υποδηλώνουν και τη σημασία των φωσφολιπιδίων (PL) και καθορίζουν τις ποσοτικές απαιτήσεις σε φωσφολιπίδια (PL) Cahu *et al.* (2003b). Οι προνύμφες τσιπούρας που τρέφονται με αυξημένα ποσοστά φωσφολιπιδίων στην τροφή (PL, 27-116 g/kg ξηρή ουσία ολικά λιπίδια 256 g/kg ξηρής ουσίας αυξάνουν περισσότερο και παρουσιάζουν μικρότερα ποσοστά σκελετικής δυσμορφίας.

Σε παρόμοιο αποτέλεσμα κατέληξαν και οι Hamza *et al.* (2008) για τις προνύμφες του είδους *Sander lucioperca*, όπου παρουσίασαν καλύτερη ανάπτυξη όταν η περιεκτικότητα των φωσφολιπιδίων στην τροφή ήταν σε υψηλά επίπεδα (90 g/kg ξηρής ουσίας). Αντίθετα, αύξηση της φωσφατιδυλοχολίνης (PC) στην τροφή βρέθηκε να μειώνει την επιβίωση και να αυξάνει το ποσοστό δυσπλασίας στις προνύμφες του κυπρίνου. Η Φωσφατιδυλοχολίνη (PC), είναι το κύριο προϊόν σύνθεσης των φωσφολιπιδίων (PL) στα κύτταρα εντέρου των ψαριών. Επομένως η PC βρέθηκε ότι προάγει την ανάπτυξη των ψαριών σε σχέση με τα φωσφλιπίδια (PL) και ενισχύει την τροφική δραστηριότητα (Koven *et al.* 1998).

Οι απαιτήσεις σε φωσφολιπίδια (PL) εξαρτώνται από τον τύπο της τροφής (Tocher *et al.* 2008) όπως για παράδειγμα τα σύμπηκτα τα οποία δεν χρησιμοποιούνται από τις περισσότερες προνύμφες ψαριών. Η προσθήκη φωσφολιπιδίων στις περισσότερες ζωντανές τροφές είναι αναγκαία προκειμένου η τροφή να γίνει πιο αποδοτική. Η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται σήμερα με επιτυχία περιλαμβάνει μια σειρά από δράσεις όπου καταρτίζονται σιτηρέσια τα οποία μπορεί να αντικαθιστούν ένα λιπίδιο από ένα άλλο ή να χρησιμοποιούνται σιτηρέσια με απολιπασμένα άλευρα ζωικών οργανισμών όπως έντομα. Η μεταβολή της σύνθεσης των λιπαρών οξέων σε μια τροφή μπορεί εύκολα να ελεγχθεί πλήρως και να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη του ψαριού.

Συνεπώς, παρά τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί θα πρέπει να προσδιοριστούν για τα περισσότερα είδη ψαριών οι ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις σε φωσφολιπίδια αλλά και τη βέλτιστη αναλογία τους στην τροφή. Για τον προσδιορισμό αυτόν θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης του ψαριού και η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα.

Η επίδραση των φωσφολιπιδίων στην ανάπτυξη των προνυμφών δεν έχει κατανοηθεί πλήρως. Οι Sandel *et al.* (2010), μελέτησαν την επίδραση τεσσάρων διαιτολογίων με διαφορετικό λόγο PC/PI και μιας εμπορικής τροφής η οποία περιείχε 100% εμπλουτισμένη *Artemia* σε νύμφες τσιπούρας ηλικίας 20–34 dph. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν ξεκάθαρη επίδραση του λόγου PC / PI στην ανάπτυξη και επιβίωση των προνυμφών. Οι Cahu *et al.* (2003a) αναφέρουν ότι όταν οι προνύμφες του λαυρακιού τρέφονταν με τροφές που περιείχαν φωσφολιπίδια σε συγκέντρωση 16 mg/ kg ξηρής ουσίας τροφής παρουσιάζουν καλύτερη σκελετική ανάπτυξη.

2.2.4. Βασικά Λιπαρά οξέα

Η ζωτικής σημασίας λειτουργίες των ω3 και ω6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα των C₂₀ και C₂₂ πολυακόρεστων λιπαρών οξέων υποδεικνύουν την αναγκαιότητα των λιπαρών οξέων στη διατροφή των προνυμφών των ψαριών. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα και δεν συντίθενται ενδογενώς από τις προνύμφες των ψαριών και επομένως τα λαμβάνουν από την τροφή τους. Η βιοχημική σύνθεση τους εξαρτάται από το είδος και από το περιβάλλον το οποίο ζει (γλυκό ή θαλασσινό νερό). Συνεπώς το εκάστοτε είδος ψαριού συνθέτει με διαφορετικό τρόπο τα βιοχημικά πιο ενεργά C₂₀ και C₂₂ πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Sargent *et al.* 2002).

Τα ψάρια των γλυκών νερών δείχνουν ικανά να βιοσυνθέσουν τα C₂₀ και C₂₂ πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε σχέση με τα C₁₈ αποτελούν τα απαραίτητα λιπαρά οξέα για τη διατροφή τους, με τη διαφορά ότι τα τελευταία είναι περισσότερο αποτελεσματικά σε σχέση με τα C₁₈ ομόλογά τους.

Ο ακριβής προσδιορισμός των ποσοτικών αναγκών καθενός από τα απαραίτητα λιπαρά οξέα είναι πολύπλοκη και δύσκολη διαδικασία η οποία εστιάζεται κυρίως στην ανταγωνιστική αντίδραση που συμβαίνει κατά το μεταβολισμό των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Ο ακριβής ορισμός των ποιοτικών και ποσοτικών απαιτήσεων των διαφόρων ειδών σε απαραίτητα λιπαρά οξέα εξαρτάται από την ποσότητα καθώς και την μεταξύ τους αναλογία στην τροφή, καθώς και την ικανότητα του οργανισμού να μεταβολίζει τα λιπαρά οξέα, είτε αναβολικά είτε καταβολικά (Sargent *et al.* 2002).

Οι Bell *et al.* (1985 a,b) έδειξαν ότι τα ένζυμα που εκτελούν την παραπάνω μετατροπή έχουν μόνο μικρή δράση στο καλκάνι (*Pleuronectes platessa*) και ότι και τα δύο αυτά λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα. Το ίδιο έδειξαν και οι έρευνες που έχουν γίνει για την κόκκινη τσιπούρα (*Chrysophrys major*) και πιθανόν αυτό να χαρακτηρίζει όλα τα θαλασσινά σαρκοφάγα ψάρια.

Τα επίπεδα των πολυακόρεστων λιπαρών EPA και DHA κυμαίνονται από 0.88 έως 1.35% της διαίτας δεν διαφοροποιούν σημαντικά την ανάπτυξη και την εκμετάλλευση της τροφής, ούτε δημιουργούν αυξημένη θνησιμότητα ή έντονες αποκλίσεις στη σύσταση του σώματος, του συκωτιού και του αίματος σε ιχθύδια λαβρακιού, τα οποία αναπτύχθηκαν από βάρος 95gr μέχρι 200gr περίπου (Παρπούρα 1993).

Η ιστοπαθολογική εικόνα και η ανάλυση των ηπατικών λιπαρών οξέων μας επιτρέπουν να υποστηρίξουμε ότι το ποσοστό των EPA και DHA που απαιτείται για τη βέλτιστη και άνευ παθολογικών συμπτωμάτων ανάπτυξη του λαβρακιού είναι τουλάχιστον 1,35% της διαίτας. Χαμηλότερα ποσοστά, που μπορεί να μην εκφράζοντας για το μέγεθος αυτών των ψαριών και τη διάρκεια της εκτροφής, στο επίπεδο της ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής, εν τούτοις δημιουργούν προβλήματα σε βασικά όργανα του μεταβολισμού του ψαριού.

Οι διαιτητικές απαιτήσεις των ψαριών του θαλασσινού νερού σε λιπαρά οξέα ικανοποιούνται μέσω των C₂₀ και C₂₀ πολυακόρεστων λιπαρών οξέων της τροφής, δηλαδή των 20:5ω-3, 22:6ω-6, με τις απαιτήσεις σε ω-3 πολυακόρεστα να είναι υψηλότερες από εκείνες σε ω-6 λιπαρά οξέα.

Τα περισσότερα εκτρεφόμενα είδη ψαριών είναι σαρκοφάγα όπου η τροφή τους είναι άφθονοι σε 20:5ω-3 και 22:6ψ-3. Τα σαρκοφάγα θαλασσινά είδη ψαριών δεν έχουν την ανάγκη ούτε είναι αποτελεσματικά στο να βιομετατρέψουν το 18:3ω-3 της τροφής τους σε 20:5ω-3 και 22:6ω-3 και πιθανώς αυτή η φαινομενική ανικανότητα να έχει προέλθει μέσω της εξελικτικής πορείας τους.

Τα χορτοφάγα είδη ψαριών όπως για παράδειγμα το μυξινάρι, έχουν μια περιορισμένη ικανότητα στη μετατροπή των λιπαρών οξέων. Η αφθονία των 20:5ω-3 και 22:6ω-3 λιπαρών οξέων στο φυτοπλαγκτόν διασφαλίζει ότι ακόμα και τα χορτοφάγα θαλάσσια είδη προσλαμβάνουν ικανές ποσότητες αυτών των λιπαρών οξέων μέσω της τροφής τους και επομένως έχουν μικρή ή μηδαμινή ανάγκη να μετατρέψουν τα C₁₈ σε C₂₂ πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Συμπερασματικά για τα εκτρεφόμενα είδη του θαλασσινού νερού (τσιπούρα, λαυράκι) τα απαραίτητα λιπαρά οξέα στη διατροφή τους είναι τα 20:5ω-3, 22:6ω-3 και 20:4ω-6.

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 λιποδιαλύτες 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 μακρύτερης διάρκειας και υψηλότερο βαθμό κορεσμού απ' ό,τι 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 λινολενικού 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.

2.3. Βιταμίνες

Οι βιταμίνες είναι οργανικές χημικές ενώσεις, 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 μπορούμε να τις διακρίνουμε σε δυο μεγάλες κατηγορίες :

- υδατοδιαλυτές
- Λιποδιαλυτές

Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες περιλαμβάνουν το συμπλέγμα Β και το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C). 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 διατροφής, ακόμα και αν τα επίπεδα στους ιστούς μπορούν να διατηρηθούν για μήνες (ασκορβικό οξύ) ή ακόμα και για χρόνια (B12). Στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες ανήκουν : η θειαμίνη (B1), η ριβοφλαμίνη (B2), η πυριδοξίνη (B6), το παντεθονικό οξύ, το νικοτινικό οξύ, η βιοτίνη Η, το φολικό οξύ, η βιταμίνη Β12, το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), η ινοσιτόλη και η χολίνη (Πιν.1).

Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες περιλαμβάνουν τις εξής βιταμίνες : Α, D, Ε και Κ, οι οποίες 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 διαβίωσης επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων των υγρών του σώματος και των μαλακών μυών παρά άλλων ιστών (οστά) του σώματος (Παπουτσόγλου 2008). Όλες οι 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 1. Ελάχιστες απαιτήσεις βιταμινών για την αύξηση των νεαρών ψαριών (Ποσό ανά kg τροφής).

Βιταμίνη	Μονάδα	Γατόψαρο	Πέστροφα	Σολωμός
A	I.U./kg	1000-2000	5000-20000	2500
D	I.U./kg	500-1000	2000-3000	2400
E	I.U./kg	50	100-500	30
K	mg/kg	-	10-20	10
Θιαμίνη	mg/kg	1	10	10
Ριβοφλαβίνη	mg/kg	9	15	20
Πυριδοξίνη	mg/kg	3	10-20	10
Πανθοθενικό οξύ	mg/kg	20	50-100	40
Νιασίνη	mg/kg	14	50-100	150
Φολικό οξύ	mg/kg	-	5-10	5
B12	mg/kg	-	0.02-0.05	0.02
Βιοτίνη	mg/kg	1	1-2	0.1
Ινοσιτόλη	mg/kg	-	300-500	400
Χολίνη	mg/kg	-	500-1000	3000
Βιταμίνη C	mg/kg	20-200	200-400	100

Οι βιταμίνες 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.2) είναι οργανικά στοιχεία που απαιτούνται σε σχετικά μικρές ποσότητες για τη λειτουργία των περισσότερων μορφών ζωής, αλλά μερικοί οργανισμοί δεν μπορούν να συνθέσουν βιταμίνες. Έχει παρατηρηθεί ότι χαμηλότερα επίπεδα 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 νεαρά αγγελοψαρα. Το αντιστρέψ 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 (Μεντέ & Νέγκας 2011).

Πίνακας 2: Πίνακας ισορροπημένης διατροφής σε βιταμίνες

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

2.4. Ανόργανα στοιχεία

Οι προνύμφες των ψαριών του γλυκού και θαλασσινού νερού περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες Νατρίου (Na), Ασβεστίου (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 (Asiedu *et al.* 1991).

Τα ανόργανα στοιχεία είναι απαραίτητα στα ψάρια για το σχηματισμό των ιστών και για διάφορες λειτουργίες του μεταβολισμού τους. Οι προνύμφες των ψαριών απορροφούν μερικά υδροδιαλυτά ιχνοστοιχεία από το νερό. Ο φώσφορος για παράδειγμα είναι από τα πιο σημαντικά ιχνοστοιχεία, 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. Η έλλειψη φωσφόρου στο είδος *Poecilia reticulata* δημιουργεί προβλήματα στα οστά, ενώ το ασβέστιο βρέθηκε να μη σχετίζεται με την ανάπτυξη τους.

Οι προνύμφες των ψαριών που είναι πλούσιες σε ασβέστιο αυξάνουν την ανοχή τους στην θερμοκρασία και μειώνουν τις τοξικές επιδράσεις που προκύπτουν από την παρουσία τοξινών στο νερό. Η προσθήκη ασβεστίου με τη μορφή CaCl_2 σε μαλακό νερό, για μικρό χρονικό διάστημα, οδήγησε σε μείωση των τοξικών αλλοιώσεων των οργάνων στοιχείων παρουσιάζοντας αύξηση στα ποσοστά επιβίωσης του *Roccus spp.* (Gouillou-Coustans *et al.* (1998)).

Αυξημένες συγκεντρώσεις αλουμινίου (Al) στο νερό, μειώνουν την πρόσληψη ασβεστίου και την εναπόθεση του στους σκελετούς των νεαρών ιχθυδίων πέστροφας σε μαλακό νερό (Gouillou-Coustans *et al.* 1998). Η συγκέντρωση ασβεστίου στο νερό μειώνει την τοξικότητα του αλουμινίου (Al). Σε λίμνες με χαμηλό pH (όξινο), χαμηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου και υψηλά επίπεδα Al στο νερό, οι πιθανότητες επιβίωσης είναι κατά πολύ μειωμένες και όπου οι συγκεντρώσεις ασβεστίου είναι μικρότερες από 0,8mg/lit και το pH μειώνεται στο 4,5 παρατηρείτε ότι οι λίμνες συχνά στερούνται ψαριών.

Είναι σημαντικό για την ανάπτυξη των προνυμφών να υπάρχει ένα συγκεκριμένο επίπεδο ασβεστίου στην τροφή. Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα διάφορα είδη όσον αφορά την ποσοτική πρόσληψη ασβεστίου από το νερό.

Νεαρά ιχθύδια του *Oncorhynchus tshawytscha* παρουσίασαν φτωχή ανάπτυξη όταν η τροφή περιείχε υπερβολικές ποσότητες Ca και P (Gouillou-Coustans *et al.* 1998). Έτσι τα νεαρά ιχθύδια αρχικού βάρους 0,5 g έφτασαν τα 9,5 g σε 126 μέρες όταν το ξηρό βάρος της τροφής περιέχει 5,5 g Ca/kg και 7,3 g P/kg, ενώ όταν οι διαιτητικές συγκεντρώσεις ήταν 73 g Ca/kg και 51 g P/kg έφτασαν μόνο τα 5,6 g.

Κεφάλαιο 3: Τροφική αξία υδρόβιων ζωικών οργανισμών

3.1. Τροφική αξία των κωπηπόδων

Οι προνύμφες ψαριών στους ωκεανούς τρέφονται κυρίως με άλγη και διαφορετικούς πλαγκτονικούς οργανισμούς, τα κωπήποδα, αποτελούν την κύρια πηγή τροφής για τις προνύμφες των άγριων ψαριών η οποία καλύπτει τις απαιτήσεις των προνυμφών σε θρεπτικά συστατικά (Arthur 1976).

Τα κωπήποδα είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, ω-3 λιπαρά οξέα, πολικά λιπίδια, βιταμίνες και μικροστοιχεία (Πίν.3-5) (Van der Meeren *et al.* 2008), όταν συγκρίνονται με τις δεδομένες απαιτήσεις σε θρεπτικά για τα ψάρια (NRC 2011) μπορεί να θεωρηθεί ότι οι προνύμφες ψαριών έχουν προσαρμοστεί στην κατάποση και την πέψη αυτών των θηραμάτων κατά τη διάρκεια της εξέλιξης και συνεπώς καλύπτουν υψηλές απαιτήσεις.

Οι απαιτήσεις των προνυμφών πιθανόν να είναι μικρότερες ή ίσες ή πολύ χαμηλότερες από αυτές που λαμβάνουν μέσω του φυσικού τους κύκλου διατροφής. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών ουσιών στα κωπήποδα ποικίλουν ανάλογα με το είδος, την παροχή τροφής και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα κωπήποδα που καλλιεργούνται σε μια λίμνη με άφθονη παροχή τροφής έχουν υψηλότερα επίπεδα θρεπτικών συστατικών σε σχέση με τα κωπήποδα που αλιεύονται από την θάλασσα. Μπορεί επίσης να υπάρξει μεταβολή της αφθονίας των κωπηπόδων μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών ή γεωγραφικών πλατών, ενώ το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών έχουν πραγματοποιηθεί στο βόρειο ημισφαίριο, η οποία είναι η κύρια πηγή των πληροφοριών που παρουσιάζονται στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Οι Van der Meeren *et al.* (2008) μέτρησαν την πρωτεΐνη και τα ελεύθερα αμινοξέα σε κωπήποδα, τροχόζωα και *Artemia* και βρήκαν ότι κυμαίνονται μεταξύ 450-500 mg/g, 260 mg/ g και 320-350 mg/ g ολικών αμινοξέων, αντίστοιχα. Η ολική σύσταση των αμινοξέων στα τροχόζωα αντιπροσωπεύει πιθανώς μια εσφαλμένη εκτίμηση, δεδομένου ότι θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 380-450 mg/g (Helland *et al.* 2010). Ωστόσο, οι σχετικές διαφορές που προκύπτουν είναι αντιπροσωπευτικές, και σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν, τα κωπήποδα περιέχουν περίπου ολικά αμινοξέα της τάξης των 660-730 mg/g. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα

που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και είναι της τάξης των 634 ± 89 mg/g ξηρής ουσίας και είναι υψηλότερα από εκείνα που παρουσιάζονται στην εργασία των Perumal *et al.* (2009).

Οι συγγραφείς αυτοί ανέλυσαν δύο είδη κωπηπόδων, το *Acartia spinicauda* και το είδος *Oithona similis*, από τρεις σταθμούς κατά μήκος της Νοτιοανατολικής ακτής της Ινδίας. Τα επίπεδα της πρωτεΐνης που αναλύθηκαν εκφράστηκαν ως $N * 6,25$ και ήταν 590-700 mg/g για το είδος *O. Similis* και στα 670-750 mg/g για το είδος *A. Spinicauda*. Επαναυπολογίστηκαν εκ νέου χρησιμοποιώντας έναν παράγοντα πρωτεΐνης προς άζωτο 5.30 (Πίν. 5), τότε τα επίπεδα θα ήταν 500-594 και 568-636 mg/g, αντίστοιχα. Το σύνολο των αμινοξέων στο ίδιο στάδιο και στο ίδιο είδος κωπηπόδων δεν μεταβάλλεται αλλά πιθανόν να παρατηρούνται διαφορές μεταξύ διαφορετικών ειδών. Τα κωπήποδα περιέχουν μεγαλύτερο κλάσμα ελεύθερων αμινοξέων σε σχέση με τα τροχόζωα και την *Artemia* (Πίν. 3), (van derMeeren *et al.* 2008), ενώ η ζωντανή τροφή γενικά περιέχει μεγαλύτερη πρωτεΐνη διαλυτή στο κλάσμα (50-70%) (Tonheim *et al.* 2007).

Σύμφωνα με τους van der Meeren *et al.* (2008), τα λιπίδια στα διάφορα στάδια των κωπηπόδων (nauplii κωπηπόδων) που καταναλώνονται από προνύμφες θαλάσσιων ψαριών, είναι της τάξης 6-16%. Οι Perumal *et al.* (2009) διαπίστωσαν ότι τα συνολικά επίπεδα λιπιδίων στο είδος *A. spinicauda* είναι 120–180 mg/g και 99-180 mg/g στο είδος *O. Similis*. Τα λιπίδια στα κωπήποδα χαρακτηρίζονται από υψηλό επίπεδο ω -3 λιπαρών οξέων (20-56% ολικά λιπαρά οξέα). Οι Van der Meeren *et al.* (2008) (Πίν.4) αναφέρουν χαμηλό επίπεδο ARA (<1,6%) και μεγάλο κλάσμα ολικών λιπιδίων της τάξης 56-63% επί του συνόλου των λιπιδίων και 54-63 mg/g ξηρού βάρους.

Τα λιπίδια είναι παρόντα κυρίως στις βιολογικές μεμβράνες, έτσι ώστε το υπερβολικό λιπίδιο δεν μπορεί να αποθηκευτεί στο σώμα και το επίπεδο εκφράζεται σε mg/g ξηρής ουσίας και θα πρέπει να είναι σταθερό. Το γλυκογόνο στο είδος *O. similis* και στο είδος *A. Spinicauda* ποικίλει μεταξύ 34-66 και 40-80 mg/g ξηρής ουσίας, αντίστοιχα, και η τέφρα μεταξύ 30 και 48 mg/g και για τα δύο είδη ψαριών. Τα επίπεδα του γλυκογόνου ήταν περίπου 10 φορές υψηλότερα και τα επίπεδα της τέφρας ήταν χαμηλότερα από αυτά που μετρήθηκαν στα κωπήποδα που προέρχονταν από μια λίμνη θαλασσινού νερού στη δυτική Νορβηγία (Πίν. 3).

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει την ποικιλία των μικροθρεπτικών συστατικών που υπάρχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις στα κωπήποδα σε σχέση με το εύρος των απαιτήσεων που δίνονται για τα ψάρια από το NRC (2011). Τα κωπήποδα δεν περιέχουν βιταμίνη Α (Moren *et al.* 2005), αλλά οι προνύμφες των θαλάσσιων ψαριών πιθανότατα να μετατρέπουν την ασταξανθίνη σε Βιταμίνη Α, όπως παρατηρείται στο καλκάνι του Ατλαντικού (Moren *et al.* 2005).

Συνοπτικά, υπάρχουν πολλές πληροφορίες σχετικά με τα θρεπτικά συστατικά των κωπήποδων. Τα κωπήποδα που προέρχονται από την ανοιχτή θάλασσα και από άλλα γεωγραφικά πλάτη πιθανόν να έχουν διαφορετική σύνθεση από εκείνα που αναφέρονται στην παρούσα ανασκόπηση. Όπως υπογραμμίζεται στο κεφάλαιο της Εισαγωγής, τα επίπεδα των θρεπτικών συστατικών των κωπήποδων δεν είναι ισοδύναμα με τις εκείνα των προνυμφών, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο εκτίμησης της σύστασης της διατροφής των προνυμφών στη φύση.

3.1.1. Σύσταση του σώματος των προνυμφών

Το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων (IAA) των προνυμφών των ψαριών χρησιμοποιείται ως δείκτης προσδιορισμού των απαιτήσεων σε απαραίτητα αμινοξέα (Conceicza *et al.* 2003b). Προκειμένου να επαληθευτεί σε ποιο βαθμό οι απαιτήσεις σε αμινοξέα (AA) πληρούνται από τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των προνυμφών των ψαριών, μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να είναι η σύγκριση μεταξύ του προφίλ της τροφής και της προνύμφης. Τα τροχόζωα (Rotifers) φαίνεται να έχουν ένα μη ισορροπημένο προφίλ αμινοξέων για τις Θαλάσσιες προνύμφες ψαριών και φαίνονται να είναι ανεπαρκείς στην ιστιδίνη, στην αργινίνη και στη λυσίνη για τη τσιπούρα, το λαυράκι και το μυτάκι.

Η ιστιδίνη είναι πιθανώς ο πρώτος περιορισμός των αμινοξέων όταν τα τροχόζωα χρησιμοποιούνται ως τροφή στα *Sparidae*. Το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων στα τροχόζωα φαίνεται να είναι ανεπαρκής σε λευκίνη, αργινίνη και μεθειονίνη όταν χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη προνυμφών καλκανιού ηλικίας 6 ημερών και σε λευκίνη, θρεονίνη όταν χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη προνυμφών καλκανιού ηλικίας 11 ημερών (Conceicza *et al.* 2003b). Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι το προφίλ των αμινοξέων στην *Artemia* φαίνεται να είναι ανεπαρκής

σε λευκίνη και μεθειονίνη όταν χρησιμοποιούνται στη διατροφή προνυμφών καλκανιού ηλικίας 23 ημερών.

Παραλλαγές στο προφίλ AA κατά την ανάπτυξη των προνυμφών μπορεί να υποδεικνύουν αλλαγές στις απαιτήσεις των προνυμφών σε διαφορετικές ηλικίες (Conceicza *et al.* 2003b). Οι οντογενετικές αλλαγές στο προφίλ των αμινοξέων οφείλονται στην αλλομετρική ανάπτυξη των προνυμφών, σύμφωνα με την οποία παρατηρείται διαφορετική ανάπτυξη μεταξύ οργάνων και ιστών και γίνεται με ποικίλους ρυθμούς. Το μέγεθος αυτών των αναπτυξιακών αλλαγών στο προφίλ των αμινοξέων ποικίλλει ανάμεσα στα είδη, ανάλογα με την ανάπτυξή τους αλλά και το πρότυπο μοντέλο που ακολουθούν. Είδη ψαριών που παρουσιάζουν σημαντική μεταμόρφωση, όπως το πλατύψαρο Σενεγάλης, παρουσιάζουν αλλαγές στο προφίλ των αμινοξέων.

Πολλοί παράγοντες μπορεί να μειώσουν (ή να ενισχύσουν) τον αντίκτυπο των διατροφικών ανισορροπιών. τα αμινοξέα είναι μια σημαντική πηγή ενέργειας για τις προνύμφες των ψαριών, τα απαραίτητα αμινοξέα είναι υποχρεωτικά και είναι ανεξάρτητα από τη διατροφή που ακολουθούν τα ψάρια. Κάποια αμινοξέα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας ακόμη όταν υπάρχει τέλεια αντιστοιχία μεταξύ της διατροφής και του προφίλ των αμινοξέων της προνύμφης.

Ωστόσο, τουλάχιστον στις ταχέως αναπτυσσόμενες προνύμφες ψαριών αυτές οι απώλειες σε αμινοξέα είναι κατά πάσα πιθανότητα πολύ μικρότερες (% των απορροφημένων αμινοξέων) από ό,τι στα βραδυαυξή ψάρια (Conceicza *et al.* 2003b). Επιπλέον, διαφορετικά επίπεδα απορρόφησης και επιλεκτικού καταβολισμού των αμινοξέων μπορεί να μειώνουν (ή να ενισχύουν) τις επιπτώσεις των διατροφικών ανισορροπιών στις απώλειες των αμινοξέων.

Επομένως, το προφίλ των αμινοξέων των προνυμφών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης προσδιορισμού των απαιτήσεων των αμινοξέων στις προνύμφες των ψαριών. Μέθοδοι ιχνηλαθέρτησης έχουν χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί η σχετική βιοδιαθεσιμότητα των αμινοξέων στις προνύμφες των ψαριών (Saavedra *et al.* 2007).

Πίνακας 3.Βασικά συστατικά για διάφορους τύπους ζωντανής τροφής (τροχόζωα, artemia σε καλλιέργεια, artemia και κωπήποδα.

	Rotifers	Artemia	Ongrown Artemia	Copepods	NRC (2011)
Macronutrients (g kg ⁻¹ DM)					
Total amino acids (TAA)	396±12	471-503	596±59	634±89	-
Nitrogen	89±2	85-102	101±10	119±5	-
Protein/Nitrogen factor	4.46	4.95-5.57	5.79±0.85	5.30±0.44	-
Soluble AA (% of TAA)	44-61(*)	54±4*	Na	na	-
FAA (% of TAA)	5-7	9-10	Na	12-13	-
Lipid (TL)	95-110	102	178±34	156±31	-
PL(% TL)	34	31	33±2	50±12	-
NL(% TL)	66	69	67±2	50±12	-
Total fatty acids	90±21	119	84±8	na	-
Glycogen	na	74-96	21±1	5±2	-
Ash	78±20l	90	197±12	73-170l	-
Vitamins (mg kg ⁻¹ DM)					
Vitamin C	117-190	798	400-1000	500	50
Riboflavin	22-44	37	27-60	14-27	4-7
Thiamine (B1)	2.0-57	4.2	3-12	13-23	1
Folic acid	4.0-57	14	6-11	3-5	1
Pyridoxine (B6)	20-25	28	2-33	2-6	3-6
Biotin	1.6-1.8	4.5	2-5	0.6-0.9	0.15-1
Cobalamin (B12)	23-43	0.00	2-5	1-2	0.02
Niacin	191-249	159	160-250	100-150	10-28
Vitamin E	85-294	70	64-500	110	50
Carotenoids	24	630-750	650-750	630-750	
Vitamin A	0.00	0.00	0.00	0	0.75
Minerals (g kg⁻¹ DM)					
Phosphorus	9.4±0.7	12-19	Na	12.4-15.0	3-8
Calcium	1.9±0.2	1.9-2.0	Na	1.1-2.4	Not determined
Magnesium	4.8±0.5	2.0-5.0	Na	2.4-3.1	0.4-0.6
(mg kg⁻¹ DM)					
Iodine	3.2-7.9	0.5-4.6	2.2±0.4	50-350	0.6-1.1
Manganese	3.9-5.1	4-30	Na	8-25	2-12
Copper	2.7-3.1	7-40	Ns	12-38	3-5
Zinc	62-64	120-310	Na	340-570	15-37
Selenium	0.08-0.09	2.2	Na	3-5	0.15-0.25

Πίνακας 4. Σύσταση των αμινοξέων (% της πρωτεΐνης) σε τρεις διαφορετικές τροφές (ζωντανές) που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη των προνυμφών των ψαριών από δεξαμενή με θαλασσινό νερό.

	Rotifers	<i>Artemia</i>	Copepods
Leu*	8.2±0.1	8.1±0.1	7.6±0.1
Lys*	7.4±0.2	8.3±0.1	7.4±0.2
Arg*	6.0±0.0	7.4±0.1	7.5±0.3
Val*	5.6±0.0	5.4±0.0	5.3±0.1
Ile*	5.2±0.1	5.0±0.0	4.4±0.1
Phe*	5.2±0.0	4.7±0.0	4.1±0.2
Tyr*	4.5±0.1	4.6±0.0	4.6±0.3
Thr*	4.4±0.1	4.9±0.0	4.9±0.1
Cys*	2.4±0.3	na	na
His*	2.1±0.1	1.9±0.1	2.2±0.4
Met*	1.9±0.1	2.1±0.1	2.3±0.1
Trp*	1.4±0.1	na	na
Glu	13.4±0.1	13.9±0.1	13.6±0.3
Asp	10.4±0.1	9.3±0.1	9.6±0.1
Ser	6.3±0.2	5.2±0.0	5.3±0.2
Ala	5.6±0.1	6.8±0.0	7.1±0.1
Pro	5.6±0.1	5.2±0.1	5.3±0.3
Gly	4.3±0.1	5.2±0.0	7.5±0.3
Tau	0.08±0.04	2.1±0.1	1.5±0.2
EAA*	47.3	42.4±0.1	40.2±0.5

EAA, απαραίτητα αμινοξέα; NEAA, Μη απαραίτητα αμινοξέα τα δεδομένα προέρχονται (Srivastava *et al.*2006).

Πίνακας 5. Σύσταση των αμινοξέων (% της πρωτεΐνης) σε τρεις διαφορετικές τροφές που χρησιμοποιούνται ζωντανές τροφές που καλλιεργούνται σε δεξαμενές για την ανάπτυξη των προνυμφών των ψαριών.

	Rotifers	<i>Artemia</i>	Copepods
Arg*	8.3±0.3	9.8±0.2	11.9±0.5
Lys*	7.8±0.2	9.2±0.1	8.7±0.3
Leu*	7.7±0.3	6.3±0.3	7.5±0.2
Phe*	5.7±0.2	3.8±0.1	3.7±0.3
Tyr*	5.4±0.2	4.4±0.1	3.9±0.8
Val*	4.9±0.0	4.7±0.1	5.2±0.2
Ile*	4.9±0.0	2.4±0.1	3.1±0.5
Thr*	4.1±0.0	3.4±0.1	3.6±0.1
His*	2.0±0.1	2.2±0.1	2.0±0.1
Met*	1.9±0.2	2.6±0.1	3.1±0.1
Trp*	1.4±0.1	1.0±0.1	1.1±0.3
Orn	Nd	0.5±0.1	0.1±0.0
Glu	14.1±0.6	7.2±0.3	5.9±1.4
Asp	10.5±1.0	1.4±0.1	2.1±0.4
Ala	8.6±0.4	11.2±0.2	8.2±0.4
Ser	6.2±0.4	5.3±0.1	4.4±0.2
Pro	3.5±0.3	6.8±0.6	7.3±0.7
Gly	2.8±0.5	3.5±0.2	10.6±1.2
Tau	1.4±0.7	7.9±0.4	4.4±0.4
Gln	Nd	6.4±0.3	3.2±0.5

3.2. Πεπτικότητα-Απορρόφηση

Η λιπολυτική δραστηριότητα στους περισσότερους ιχθύες λαμβάνει χώρα κυρίως στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου και στα πυλωρικά τυφλά, αλλά μπορεί να επεκταθεί και στα τελευταία τμήματα του εντέρου με μειωμένη δραστηριότητα. Στο καλκάνι για παράδειγμα, η λιπολυτική δραστηριότητα είναι περισσότερο έντονη στα τελευταία τμήματα του εντέρου, κάτι που πιθανόν να οφείλεται στο περιορισμένο μήκος εντέρου του είδους. Στο στομάχι κάποιων ειδών ψαριών μπορεί να αναπτυχθεί σε περιορισμένο επίπεδο λιπολυτική δραστηριότητα (Olsen & Ringo 1997).

Τα συκώτια των ψαριών παράγουν χολή η οποία αποθηκεύεται στη χοληδόχο κύστη και οδηγείται μέσω του χολαγωγού στο εμπρόσθιο τμήμα του εντέρου ή στα πυλωρικά τυφλά. Η χολή των θαλασσινών ψαριών είναι αλκαλική, μπορεί να περιέχει πεπτικά ένζυμα και έχει την ίδια λειτουργία στη γαλακτοματοποίηση των λιπιδίων όπως σε όλα τα σπονδυλωτά. Ένα από τα πεπτικά ένζυμα που σχετίζονται με την πέψη των λιπών είναι η υδρολάση των τριγλυκεριδίων, ή λιπάση. Οι λιπάσες μπορεί επίσης να εκκρίνονται από το βλεννογόνο χιτώνα του εντέρου.

Οι Patton *et al.* (1975) βρήκαν ότι τα εντερικά υγρά από γαύρο και ροζ σολωμό ήταν ικανά να υδρολύσουν τους μεθυλεστέρες των 20:4ω6 και 20:5ω3, οι οποίοι είναι σχετικά ανθεκτικοί στην υδρολύση από παγκρεατική λιπάση θηλαστικών. Τα προϊόντα της πέψης για τα τριγλυκερίδια είναι ελεύθερα λιπαρά οξέα και 2-μονοακυλογλυκερόλες οι οποίες μπορούν να υδρολυθούν περαιτέρω σε γλυκερόλη και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Τα φωσφολιπίδια πιθανότατα υδρολύονται σε λυσοφωσφολιπίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα τα οποία απορροφώνται όπως στα θηλαστικά.

Σε ότι αφορά τα φωσφολιπίδια, υπάρχουν ελάχιστες μελέτες για την πέψη τους, που ταυτίζεται με εκείνο των θηλαστικών. Τα φωσφολιπίδια της τροφής πέπτονται από παγκρεατικές ή εντερικές φωσφολιπάσες παράγοντας 1-ακυλο-λυσοφωσφογλυκερίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Σε μελέτες που έχουν γίνει στο φαγκρί, η φωσφολιπάση A₂ είναι η κύρια λιπάση που υδρολύει τα φωσφολιπίδια της τροφής τους.

Η απορρόφηση των λιπιδίων έχει μελετηθεί ότι γίνεται αρχικά στο πρόσθιο τμήμα του παχέος εντέρου συμπεριλαμβανομένου και των πυλωρικών τυφλών. Τα

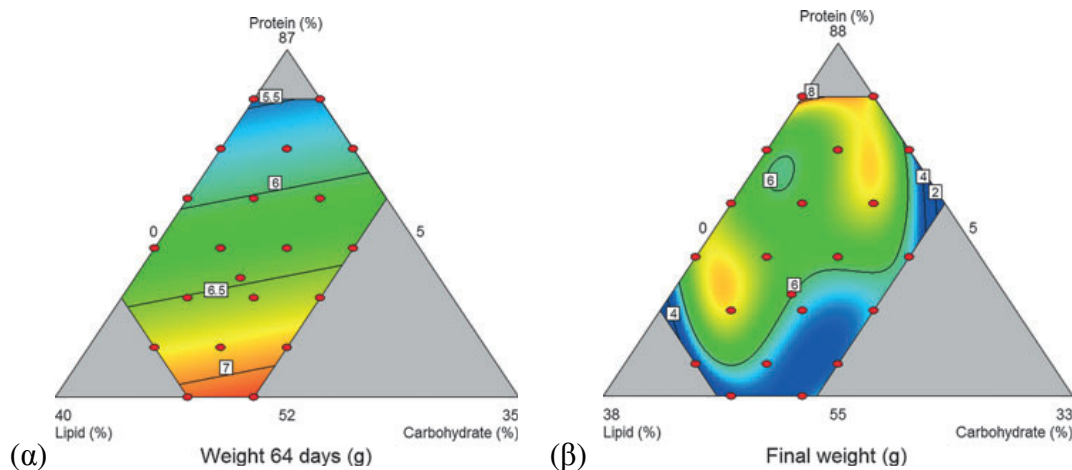
προϊόντα της πέψης των λιπιδίων και τα συσχετιζόμενα χολικά άλατα απορροφώνται αργά (μέχρι 10 ώρες και περισσότερο) με διάχυση στο επιθήλιο του εντέρου.

Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα επανεστεροποιούνται στα εντερικά βλεννογόνα κύτταρα με γλυκερόλη, μονοακυλογλυκερόλες και λυσοφωσφολιπίδια για να σχηματίσουν τριγλυκερίδια και φωσφολιπίδια αντίστοιχα. Οι στερόλες επίσης επανεστεροποιούνται μερικώς με ελεύθερα λιπαρά οξέα για να σχηματίσουν εστέρες.

Η απορρόφηση των προϊόντων της λιπόλυσης στα ψάρια πραγματοποιείται με αργό ρυθμό συγκριτικά με εκείνη των θηλαστικών λόγω χαμηλότερης θερμοκρασίας στο σώμα τους, η οποία επηρεάζει άμεσα το ρυθμό της πέψης όλων των θρεπτικών στοιχείων. Επίσης η απορρόφηση των λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας, όπως τα 20:4 ω -6, 20:5 ω -3 και 22:6 ω -3 πραγματοποιείται με πιο αργό ρυθμό από την απορρόφηση των 16:0, 18:1 ω -9, 18:2 ω -6 και 18:3 ω -3.

3.3. Εξαγωγή δεδομένων από νεαρά άτομα

Χρησιμοποιώντας πολυπαραγωγικά σχεδιασμό, οι Hamre *et al.* (2003) και οι Hamre & Mangor-Jensen (2006), μέτρησαν τη βέλτιστη σύνθεση των μακροθρεπτικών συστατικών σε σιτηρέσια στη γλώσσα και τον Γάδο του Ατλαντικού, με αρχικά βάρη 0,2 και 0,5 g, αντίστοιχα (Εικ. 1). Η γλώσσα του Ατλαντικού παρουσίασε χαμηλά επίπεδα ανοχής στους υδατάνθρακες, δεδομένου ότι τα παραπάνω επίπεδα διατροφής 50 g/kg οδήγησαν σε συσσώρευση γλυκογόνου στο συκώτι και τελικά σε μειωμένη ανάπτυξη. Η ανταλλαγή των πρωτεϊνών με λιπίδια σε χαμηλά επίπεδα υδατανθράκων είχαν μικρή επίδραση στην ανάπτυξη, αλλά οδήγησαν στη συσσώρευση λιπιδίων στο συκώτι.



Εικόνα 1. Τελικά βάρη νεαρών ατόμων (α) γάδος (5,2-7,3 g), (β) γλώσσα (4,5-8,5 g) σε πειράματα ανάπτυξης χρονικής διάρκειας 2 μηνών όταν τρέφονταν με δίαιτες οι οποίες διαφοροποιούνταν στα μικροθρεπτικά συστατικά. Τα τρίγωνα αντιπροσωπεύουν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των τριών θρεπτικών ενώ οι κόκκινες κουκίδες περιγράφουν τη σύνθεση των διαφορετικών διαιτολογίων (Πηγή: Hamre *et al.* 2013).

Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνη για να επιφέρουν μέγιστη ανάπτυξη στη γλώσσα είναι της τάξης των 580 g/kg ξηρής ουσίας τροφής, σε αντίθεση με τον γάδο όπου παρουσιάζει μεγαλύτερη ανάπτυξη όταν αυξάνεται η συγκέντρωση των λιπιδίων και των υδατανθράκων στην τροφή (μεγαλύτερα από 300 και 150 g/kg ξηρής ουσίας τροφής, αντίστοιχα), και παρουσιάζει μείωση στην ανάπτυξη όταν τρέφεται με επίπεδα πρωτεΐνης 600 g/kg ξηρής ουσίας τροφής (Hamre & Mangor-Jensen 2006). Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνη για μέγιστη δυνατή ανάπτυξη στον γάδο φαίνεται να είναι της τάξης των 400 g/kg ξηρής ουσίας τροφής.

Οι Moren *et al.* (2004) μελέτησαν έξι δίαιτες με διαφορετικά επίπεδα Βιταμίνης Α που κυμαίνονταν από 0 έως 250 mg /kg ξηρής ουσίας τροφής, σε νεαρά άτομα καλκανιού, που είχαν αρχικό βάρος 0,4 g. Τα ψάρια που διατράφηκαν με <0,75 mg/ kg παρουσίασαν ισοδύναμα επίπεδα ρετινόλης στο αίμα, αιμορραγίες στο δέρμα και μειωμένη αύξηση στο μήκος.

Το διατροφικό επίπεδο των 2,5 mg/ kg ήταν απαραίτητο για τη μέγιστη δραστηριότητα των ενζύμων του εντέρου και τον ελάχιστο πολλαπλασιασμό τους. Και τα δύο χρησιμοποιούνται ως δείκτες διαφοροποίησης του επιθηλίου του εντέρου. Υπό την προϋπόθεση ότι ο πολλαπλασιασμός και η διαφοροποίηση των κυττάρων ρυθμίζεται από τη ρετινόλη. Τα δεδομένα της δράσης των ενζύμων έδειξαν επίσης ότι η συγκέντρωση των 25 mg/kg είναι υπερβολικά υψηλά. Οι ελάχιστες απαιτήσεις που προτάθηκαν από τη μελέτη των Moren *et al.* (2004) συμφωνούν με εκείνα που προτείνονται από το NRC (2011) και είναι της τάξης των 0,75 mg/ kg, ενώ το βέλτιστο επίπεδο φαίνεται να είναι ελαφρώς υψηλότερο.

Επίσης, οι Lewis-McCrea & Lall (2010) στη μελέτη τους έδειξαν ότι όταν το καλκάνι μέσου αρχικού βάρους 4,6 g τρέφονταν με τις πειραματικές δίαιτες για 14 εβδομάδες σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 5 g/ kg, σε σύγκριση με τις μεγαλύτερες 12 g/kg (στην τροφή μάρτυρας) παρατηρήθηκαν υψηλότερες σκελετικές παραμορφώσεις, χαμηλός αιματοκρίτη, χαμηλά επίπεδα τέφρας και επίπεδα φωσφόρου.

Το ερώτημα που τίθεται σχετίζεται με το βαθμό με τον οποίο εξάγονται δεδομένα για τις απαιτήσεις ψαριών που προέρχονται από νεαρά άτομα ή προνύμφες ψαριών του ίδιου είδους. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας ενδεικτικά τη βιταμίνη Α, αναδεικνύονται οι δυσκολίες που πηγάζουν από την εξαγωγή των δεδομένων. Το γεγονός ότι τα καροτενοειδή είναι η κύρια πηγή της βιταμίνη Α στις ζωντανές τροφές περιπλέκεται η εξαγωγή δεδομένων. Ωστόσο, παρόμοια επίπεδα βιταμίνης Α βρέθηκαν σε προνύμφες που τράφηκαν με *Artemia* ή *Zωοπλαγκτόν* όπως και σε νεογνά που τράφηκαν με δίαιτες με 0,75 και 2,4 mg/ kg που περιείχαν ισοδύναμα επίπεδα ρετινόλης, υποδεικνύοντας ότι και οι δύο τροφές κάλυπταν τις απαιτήσεις των ψαριών.

Άλλες μελέτες έδειξαν ότι οι ελάχιστες απαιτήσεις σε βιταμίνη Α στα τροχόζωα (0,77 mg/ kg), που περιέχουν ελάχιστα επίπεδα καροτενοειδών, παράγουν προνύμφες χωρίς ορατά συμπτώματα ανεπάρκειας σε βιταμίνη Α και παρόμοια

επίπεδα βιταμίνης Α σε νεαρά ιχθύδια που τρέφονται με 0,75-2,4 mg/ kg ρετινόλης (Moren *et al.* 2004).

Επιπλέον, όταν πρόκειται για τη βελτιστοποίηση της διατροφικής αξίας για τις προνύμφες ψαριών, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι οι προνύμφες και τα νεαρά άτομα έχουν τελείως διαφορετική διατροφική συμπεριφορά, εν μέρει λόγω της διαφοράς που παρουσιάζουν στην ανάπτυξη του στομάχου. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως προνύμφες των ψαριών τρώνε όταν οι τροφές είναι διαθέσιμες με ελάχιστα σημάδια κορεσμού, και ο χρόνος διέλευσης του θρεπτικού στο έντερο μειώνει την απόδοση πρόσληψης και αυξάνει τη διαθεσιμότητα της τροφής.

Τα νεαρά ψάρια τρώνε μέχρι το στομάχι να γεμίσει και στη συνέχεια σταματάνε. Αυτό πιθανά να επηρεάζει την πέψη και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών με διαφορετικό τρόπο, έτσι ώστε η βέλτιστη διαιτητική σύνθεση να γίνεται διαφορετική στις προνύμφες και τα νεαρά άτομα. Η γρήγορη διέλευση της τροφής στο έντερο εμποδίζει πέψη και την μη αποτελεσματική απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών (Harboe *et al.* 2009).

Κεφάλαιο 4: Διαιτητικές απαιτήσεις και ανάπτυξη

4.1. Διατροφική συμπεριφορά

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 πρωτεάσες (Hamrer *et al.* 2003).

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 προνυμφών των 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 είδος.

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 φύκη 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.

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 φυσικής ζωντανής τροφής 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/m²/d (50 ψάρια) σε 13,7gr/m²/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 τροπικού *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/m² σε 200 ψάρια/m², χωρίς να παρουσιάζονται σημαντικές στατιστικές διαφορές (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 *Diopatra 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 idellus*) 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, *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).

Κεφάλαιο 5: Σχεδιασμός τροφών για την ικανοποίηση των αναγκών

των προνυμφών των ψαριών

5.1. 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 μεγάλων ποσοστών αμμωνίας δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα στα ψάρια λόγω της αποδοτικής ικανότητας έκκρισης αζώτου. 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 παροχή ενέργειας. 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, αλλά αυξάνει επίσης και 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).

Στις φυσικές τροφές των σαρκοφάγων ειδών υπάρχει πολύ μικρή ποσότητα υδατανθράκων, ενώ 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, επομένως είναι συμφέροντα από οικονομικής άποψης, να μπορεί χρησιμοποιηθεί όσο το δυνατόν

περισσότερος υδατάνθρακας στη διατροφή των ψαριών (Da Silva & Anderson 1995).

Υπάρχει φυσικά 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. Συστήνεται λιγότερο από 12% πεπτού υδατάνθρακα στη τροφή της. Οι DaSilva & Anderson (1995), ανέφεραν ότι η κατεργασία τους έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μεταβολίσιμης ενέργειας 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, διασπούν μερικώς το άμυλο έως ότου να είναι μια καλή πηγή ενέργειας για τα περισσότερα είδη ψαριών.

5.2. Αναλογία των θρεπτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας.

Τα ψάρια, όπως και τα περισσότερα ζώα, από τα πρώτα στάδια της ζωής τους, 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 τους 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 ιριδίζουσα 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).

5.3. Υπολογισμός της ποσότητας της τροφής

Μέχρι την πρόσφατη ανάπτυξη των ταϊστρών βούλησης ήταν αδύνατο να

ταΐστουν τα ψάρια μέχρι 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.

5.4. 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 ό,τι 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.

5.5. 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 g) 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 σε ποσοστό 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 / g 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 / g 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.

Ο ρυθμός ανάπτυξης και οι ανάγκες σε πεπτή ενέργεια για το γατόψαρο μέσου βάρους 1 g, όταν ταΐζεται μέχρι κορεσμού, με τροφές διαφορετικές σε ενέργεια και πρωτεΐνη, προσδιορίζεται από την περιεκτικότητα της τροφής σε πρωτεΐνη. Η καθημερινή ανάγκη σε πεπτή ενέργεια για τη μέγιστη αύξηση είναι 16,8 kcal/100 g όταν τα ψάρια κυμαίνονται από 1 ως 3 g. Όταν το βάρος του ψαριού υπερβαίνει τα 100 g, η ανάγκη σε πεπτή ενέργεια μειώνεται σε 5 kcal/100 g. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, 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 g (DaSilva & Anderson 1995).

Τα μικρά ψάρια (νύμφες έως νεαρά και αναπτυσσόμενα άτομα) έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια και πρωτεΐνες, λόγω του υψηλού μεταβολικού τους ρυθμού, χρειάζεται να τους χορηγούνται μικρές ποσότητες, συνήθως σε κορεσμό και ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, τα ιχθύδια τσιπούρας αυξήθηκαν πολύ γρηγορότερα όταν σιτίζονταν συνεχώς σε σχέση με την χορήγηση της ίδιας ποσότητας τροφής σε τέσσερα γεύματα (DaSilva & Anderson 1995).

Κεφάλαιο 6: Κατάρτιση σιτηρεσίων

6.1. Περιγραφή-Εννοιολογικό περιεχόμενο

Η κατάρτιση ενός σιτηρεσίου (Πίν.6) εμπεριέχει την επιλογή των πρώτων υλών, ενώ παράλληλα λαμβάνει υπόψη αρκετές παραμέτρους για την παρασκευή ενός μείγματος που με κατάλληλη επεξεργασία θα δώσει ένα τελικό προϊόν υγιεινό, ασφαλές και οικονομικό, που θα μπορεί να προσληφθεί από το ψάρι και να ικανοποιήσει τις διατροφικές του ανάγκες. Για το σκοπό αυτό, λαμβάνονται υπόψη οι διατροφικές απαιτήσεις και συμπεριφορά του εκτρεφόμενου ψαριού σε κάθε στάδιο ανάπτυξής του. Θα πρέπει να είναι γνωστή η σύσταση, η διαθεσιμότητα και το κόστος των πρώτων υλών.

Σημαντικό ρόλο παίζει η διατροφική αξία των συστατικών των πρώτων υλών για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς, αλλά και οι τυχόν αλληλεπιδράσεις αυτών. Επίσης, ο τύπος επεξεργασίας και παρασκευής του σιτηρεσίου, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (οσμή, γεύση κ.ά.), αλλά και η ένταση της εκτροφής (εκτατική ή εντατική) για την οποία προορίζεται.

Η παρασκευή της τροφής είναι μια βιομηχανική παραγωγική διαδικασία η οποία θα πρέπει να τηρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές που αναφέρονται στην συνέχεια:

- Έλεγχος πρώτων υλών
- Αξιοποίηση πρώτων υλών, περιορίζοντας τη σπατάλη σε θρεπτικά συστατικά και τροφές
- Έλεγχος δοσολογίας του κάθε συστατικού που περιέχεται στην τροφή σύμφωνα με τις διατροφικές ανάγκες των προνυμφών του ψαριού
- Να παρασκευάζονται τροφές ελκυστικές σύμφωνα με τις διατροφικές συνήθειες των προνυμφών του ψαριού
- Έλεγχος ποιότητας του τελικού προϊόντος σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας (ISO)
- Άρτιος τεχνολογικά εξοπλισμός για την Παρασκευή των τροφών

Πίνακας 6. Τύποι ιχθυοτροφών που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες-ανάλυση συστατικών.

Table 1 - Analytical results of formulated feed.				
Raw material				
Parameters	Soybean	De-oiled groundnut cake	Earthworm	Blood
Protein (%)	32.9	24.5	28.7	31.8
Carbohydrates (%)	45.1	57.5	54.5	52.3
Fat (%)	9.8	7.7	8.1	4.0
Energy (Kcal/gm)	400	397	405	328
Crude Fibre (%)	0.15	0.15	0.18	0.06
Total ash (%)	4.6	4.7	4.8	6.1
Moisture (%)	7.4	5.5	4.8	5.6
Processed feed product				

Οι βιομηχανίες ιχθυοτροφών διαθέτουν πληθώρα τροφών για τα εκτρεφόμενα είδη ψαριών (Εικ.2) και παράλληλα αναπτύσσουν νέες σειρές προϊόντων για τα περισσότερα είδη ψαριών. Οι ιχθυοτροφές που προκύπτουν είναι αποτέλεσμα μακροχρόνιας έρευνας και ανάπτυξης σε μονάδες παραγωγής και ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής, που αποσκοπούν στην προσέγγιση των διαιτητικών απαιτήσεων των προνυμφών των ψαριών σε διάφορα στάδια ανάπτυξης και στοχεύουν στον σχεδιασμό τροφών που θα ικανοποιούν τις θρεπτικές απαιτήσεις των ψαριών.



Εικόνα 2. Τύποι ιχθυοτροφών που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες (Πηγή: www.gcmec.com/small-feed-mill/motor-driven-feed-mill).

Η απόδοσή ενός σιτηρεσίου, αναμένεται να βελτιώνει το οικονομικό αποτέλεσμα της εκτροφής λόγω της εκμετάλλευσης αλλά και της αύξησης που θα έχει το ψάρι. Ο σχεδιασμός των ιχθυοτροφών λαμβάνει υπόψη την ανάγκη για προϊόντα χαμηλής και υψηλής ενέργειας που ταιριάζουν σε ένα μεγάλο εύρος συνθηκών παραγωγής, οικονομικής τακτικής, αλλά και ποιότητας του τελικού προϊόντος. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά προσφέρουν τη δυνατότητα να προσαρμογής του προγράμματος διατροφής σύμφωνα με τις απαιτήσεις και ανάγκες της εκάστοτε ιχθυοτροφικής μονάδας.

Η παραγωγή μια τροφής θα πρέπει να γίνεται με συγκεκριμένο πρόγραμμα, με σύμφωνα με το οποίο θα συνεκτιμούνται οι απαιτήσεις των ψαριών σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης τους. αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή διαφόρων τύπων αλλά μεγεθών ιχθυοτροφών οι οποίες είναι κατάλληλες για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του ψαριού. Σήμερα γίνονται προσπάθειες προκειμένου να γίνει βελτίωση των προϊόντων των τροφών και κυρίως με αντικατάσταση των πρωτεϊνών ζωικής προέλευσης με πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης ή άλλων ζωικών οργανισμών, όπως για παράδειγμα είναι οι πρωτεΐνες από έντομα, τα μικροφύκη.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Το πιο μελετημένο θέμα της διατροφής των προνυμφών των γλυκού και θαλασσινού νερού είναι ο μεταβολισμός και οι απαιτήσεις σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Ουσιαστική απαίτηση αποτελεί η διερεύνηση και ο καθορισμός των ποσοτικών απαιτήσεων των προνυμφών των κύριων εμπορικών ψαριών που εκτρέφονται σήμερα στην Ευρώπη.

Η μελέτη προσδιορισμού των θρεπτικών συστατικών απαιτεί καλό σχεδιασμό αλλά παράλληλα και γνώση των διατροφικών συνηθειών των προνυμφών των ψαριών. Επίσης, οι ελάχιστες μελέτες έχουν τυπικά εκτελεστεί στα στάδια ανάπτυξης των ψαριών καθώς οι απαιτήσεις στα στάδια αυτά πιθανό να διαφοροποιούνται.

Ο κύριος λόγος είναι η έλλειψη κατάλληλων διατροφών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή μελετών για τον προσδιορισμό των αναγκών. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών ουσιών στις ζωντανές ζωοτροφές μπορεί να είναι δύσκολο να ελεγχθούν, εξαιτίας του μεταβολισμού των ίδιων των οργανισμών και οι τυποποιημένες ζωοτροφές διαθέτουν τεχνικούς περιορισμούς, όπως τα υψηλά ποσοστά έκπλυσης και η χαμηλή πεπτικότητα.

Τον τελευταίο καιρό, υπήρξε μια βελτίωση στις διατροφικές συνταγές και αυξήθηκαν οι γνώσεις σχετικά με τον τρόπο ελέγχου της θρεπτικής σύνθεσης των ζωοτροφών. Ως εκ τούτου, σήμερα βρισκόμαστε σε καλύτερη θέση ώστε να διεξαχθούν οι μελέτες προσδιορισμού των θρεπτικών απαιτήσεων των ψαριών. Ωστόσο, οι γνώσεις σχετικά με τις δίαιτες των προνυμφών και νυμφών πρέπει να βελτιωθούν περαιτέρω, προκειμένου να αυξηθεί η ποιότητα των ερευνών σχετικά με τον προσδιορισμό των αναγκών σε θρεπτικά συστατικά.

Επίσης, δεν γνωρίζουμε αρκετά σχετικά με τη συμπεριφορά των προνυμφών των θαλάσσιων ψαριών σε σχέση με την πρόσληψη τροφής και τις συνέπειες που μπορεί να έχει στην πέψη και απορρόφηση θρεπτικών ουσιών, όπως για παράδειγμα η βιοδιαθεσιμότητα των διαφόρων θρεπτικών ουσιών.

Ο προσδιορισμός των θρεπτικών αναγκών της τροφής επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο ρυθμός χορήγησης της τροφής, ο ημερησίως ρυθμός ανάπτυξης, ο χρόνος διέλευσης της τροφής από το έντερο και η βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, τα οποία αποτελούν το βασικό εργαλείο προκειμένου να φτιαχτεί ένα πλαίσιο που θα επιτρέπει τον άρτιο σχεδιασμό των απαιτήσεων των ψαριών.

Ωστόσο, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής έχουν δώσει κατά προσέγγιση απαντήσεις στα θέματα των απαιτήσεων, οι οποίες είναι απαραίτητες όταν δεν μπορούν να ληφθούν ακριβής απαντήσεις. Επίσης, συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με τις βιολογικές απαιτήσεις των προνυμφών των θαλασσινών ψαριών ανάλογα με τα θρεπτικά που περιέχει η εκάστοτε τροφή.

Για τη μελέτη των θρεπτικών απαιτήσεων σε μελλοντικές έρευνες, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη τα βιολογικά χαρακτηριστικά των προνυμφών όπως η εκδήλωση του χρώματος, η ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος, η μυϊκή ανάπτυξη, αλλά και η ανάπτυξη του σκελετού και νευρικού συστήματος. Μια άλλη πτυχή που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η αλληλεπίδραση των θρεπτικών ουσιών με άλλα θρεπτικά συστατικά και με τις περιβαλλοντικές συνθήκες εκτροφής.

Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία

A) Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- Arthur DK (1976) Food and feeding of larvae of 3 fishes occurring in California current, *Sardinops-sagax*, *Engraulis-mordax*, and *Trachurus-symmetricus*. *Fishery Bulletin*, **74**, 517-530.
- 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.](#)
- Bell *et al.* (1985a,b) Peptide Growth Factors and Their Receptors I: Part 1 and 2. Sporn & Roberts Editors. Springer-Verlag. pp.37-60.
- Caballero MJ, Gallardo G, Robaina L, Montero D, Fernandez A, Izquierdo M (2006b) Vegetable lipid sources affect in vitro biosynthesis of triacylglycerols and phospholipids in the intestine of sea bream (*Sparus aurata*). *British Journal of Nutrition*, **95**, 448-454.
- Caballero MJ, Gallardo G, Robaina L, Montero D, Fernandez A, Izquierdo M (2006a) Vegetable lipid sources affect in vitro biosynthesis of triacylglycerols and phospholipids in the intestine of sea bream (*Sparus aurata*). *British Journal of Nutrition*, **95**, 448-454.
- Cahu CL, Infante JLZ, Barbosa V (2003b) Effect of dietary phospholipid level and phospholipid : neutral lipid value on the development of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae fed a compound diet. *British Journal of Nutrition*, **90**, 21-28.
- Cahu CL, Zambonino Infante, J.L., Quazuguel, P., Le Gall, M.M. (1999) Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. *Aquaculture*, **171**, 109-119.
- Carvalho AP, Sa R, Oliva-Teles A, Bergot P (2004) Solubility and peptide profile affect the utilization of dietary protein by common carp (*Cyprinus carpio*) during early larval stages. *Aquaculture*, **234**, 319-333.
- Chen JN, Takeuchi T, Takahashi T, Tomoda T, Koisi M, Kuwada H (2005) Effect of rotifers enriched with taurine on growth in larvae of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **71**, 342-347.
- Conceicao LEC, Grasdalen H, Rønnestad I (2003b) Amino acid requirements of fish larvae and post-larvae: new tools and recent findings. *Aquaculture*, **227**, 221-232.
- Conceicao LEC, Ozorio ROA, Suurd EA, Verreth JAJ (1998b) Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): effects of ontogeny and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, **19**, 43-57.
- DaSilva, S., S., & T., A., Anderson. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Published by Chapman & Hall, pp.319.
- Degani, G. 1992. 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.](#)

- Ebrahimnezhadarabi M, Saad CR, Harmin SA, Kamal M, Satar A, AbedianKenari A. (2011) Effects of phospholipids in the diet on biochemical factors of sturgeon fish (*Huso huso*) juveniles. *African Journal of Biotechnology* **10**, 8511-8516.
- 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.
- Fernandez I, Gisbert E (2010) Senegalese sole bone tissue originated from chondral ossification is more sensitive than dermal bone to high vitamin A content in enriched *Artemia*. *J Appl Ichthyol*, **26**, 344-349.
- Fontagné S, Geurden, I., Escaffre, A.M., Bergot, P. (1998) Histological changes induced by dietary phospholipids in intestine and liver of common carp larvae. *Aquaculture*, **161**, 213-223.
- Gouillou-Coustans MF, Bergot P, Kaushik SJ (1998) Dietary ascorbic acid needs of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture*, **161**, 453-461.
- Hamre K, Lukram IM, Rønnestad I, Nordgreen A, Sæle O (2011) Pre-digestion of dietary lipids has only minor effects on absorption, retention and metabolism in larval stages of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *British Journal of Nutrition* **105**: 846–856.
- Hamre K, Mangor-Jensen A (2006) A multivariate approach to optimization of macronutrient composition in weaning diets for cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture Nutrition*, **12**, 15-24.
- Hamre K, Øfsti A, Næss T, Nortvedt R, Holm JC (2003) Macronutrient composition in formulated diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*, L.) juveniles - A multivariate approach. *Aquaculture*, **227**, 233-244.
- Hamza N, Mhetli M, Ben Khemis I, Cahu C, Kestemont P (2008) Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture*, **275**, 274-282.
- Harboe T, Mangor-Jensen A, Moren M, Hamre K, Rønnestad I (2009) Control of light condition affects the feeding regime and enables successful eye migration in Atlantic halibut juveniles. *Aquaculture*, **290**, 250-255.
- Helland S, Oehme M, Ibieta P, Hamre K, Lein I, Barr. Y (2010) Effects of enriching rotifers *Brachionus* (Cayman) with protein, taurine, arginine, or phospholipids – start feed for cod larvae *Gadus morhua* L. . In: *Aquaculture Europe 2010, October 6-10*. European Aquaculture Society, Porto.
- Holt J (2011) Larval Fish Nutrition, pp. 435. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Izquierdo MS, Koven W (2011) Lipids. In: *Larval Fish Nutrition* (ed by Holt J). Wiley-Blackwell, John Wiley and Sons Publisher, Chichester, UK, pp. 47-84.
- Kolkovski S, Lazzo J, Leclercq D, Izquierdo M (2009) Fish larvae nutrition and diet: new developments. In: *New technologies in aquaculture. Improving production efficiency, quality and environmental management*. (ed. by Burnell G, Allan G). CRC Woodhead Pub., Cambridge, UK, pp. 315-369.
- Kolkovski S, Tandler, A. (2000) The use of squid protein hydrolysate as a protein source in microdiets for gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture Nutrition*, **6**, 11-15.

- Koven WM, Kolkovski S, Tandler A, Kissil GW, Sklan D (1993) The effect of dietary lecithin and lipase, as a function of age, on n-9 fatty-acid incorporation in the tissue-lipids of *Sparus-aurata* larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, **10**, 357-364.
- Koven WM, Parra G, Kolkovski S, Tandler A (1998) The effect of dietary phosphatidylcholine and its constituent fatty acids on microdiet ingestion and fatty acid absorption rate in gilthead sea bream, *Sparus aurata*, larvae. *Aquaculture Nutrition*, **4**, 39-45.
- Kvale A, Harboe T, Mangor-Jensen A, Hamre K (2009) Effects of protein hydrolysate in weaning diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture Nutrition*, **15**, 218-227.
- Kvale A, Yufera M, Nygard E, Aursland K, Harboe T, Hamre K (2006) Leaching properties of three different microparticulate diets and preference of the diets in cod (*Gadus morhua* L.) larvae. *Aquaculture*, **251**, 402-415.
- Lewis-McCrea LM, Lall SP (2010) Effects of phosphorus and vitamin C deficiency, vitamin A toxicity, and lipid peroxidation on skeletal abnormalities in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *J Appl Ichthyol*, **26**, 334-343.
- Liu J, Caballero MJ, Izquierdo M, Ali TES, Hernandez-Cruz CM, Valencia A, Fernandez-Palacios H (2002) Necessity of dietary lecithin and eicosapentaenoic acid for growth, survival, stress resistance and lipoprotein formation in gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Fisheries Science*, **68**, 1165-1172.
- 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.
- 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.
- Morais S, Koven W, Rønnestad I, Dinis MT, Conceicao LEC (2005a) Dietary protein/lipid ratio affects growth and amino acid and fatty acid absorption and metabolism in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) larvae. *Aquaculture*, **246**, 347-357.
- Morais S, Koven W, Rønnestad I, Dinis MT, Conceicao LEC (2005a) Dietary protein/lipid ratio affects growth and amino acid and fatty acid absorption and metabolism in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) larvae. *Aquaculture*, **246**, 347-357.
- Morais S, Koven W, Rønnestad I, Dinis MT, Conceicao LEC (2005b) Dietary protein: lipid ratio and lipid nature affects fatty acid absorption and metabolism in a teleost larva. *British Journal of Nutrition*, **93**, 813-820.
- Moren M, Gundersen TE, Hamre K (2005) Quantitative and qualitative analysis of retinoids in *Artemia* and copepods by HPLC and diode array detection. *Aquaculture*, **246**, 359-365.
- Moren M, Opstad I, Berntssen MHG, Infante JLZ, Hamre K (2004) An optimum level of vitamin A supplements for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) juveniles. *Aquaculture*, **235**, 587-599.
- NRC (2011) *Nutrient requirements of fish and shrimp*, The National Academic Press, Washington D.C.
- Oliva-Teles A, Cerqueira AL, Goncalves P (1999) The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. *Aquaculture*, **179**, 195-201.

- Olsen & Ringo (1997). Lipid digestibility in fish: a review. *Recent Res. Dev. Lipid Res.*, 1:199-265.
- Otterlei E, Nyhammer G, Folkvord A, Stefansson SO (1999) Temperature- and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*): a comparative study of Norwegian coastal cod and northeast Arctic cod. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **56**, 2099-2111.
- Patton *et al.* (1975). Nutritive value of crab meal for young ruminating calves. *J. Dairy Sci.*, 58: 404-409.
- Pauly,D. 1989. Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. *Journal of Fish Biology* 35:11-20.
- Perumal P, Rajkumar M, Santhanam P (2009) Biochemical composition of wild copepods, *Acartia spinicauda* and *Oithona similis*, from Parangipettai coastal waters in relation to environmental parameters. *Journal of Environmental Biology*, **30**, 995-1005.
- Pinto W, Figueira L, Ribeiro L, Yufera M, Dinis MT, Aragao C (2010) Dietary taurine supplementation enhances metamorphosis and growth potential of *Solea senegalensis* larvae. *Aquaculture*, **309**, 159-164.
- Piscivores,I. 1978. Modulatory Multiplicity in the Functional Repertoire of the Feeding Mechanism in Cichlid Fishes. *Journal of Morphology* [158\(3\)](#): 323–360.
- Rubio VC, Sanchez-Vazquez FJ, Madrid JA (2003) Macronutrient selection through postingestive signals in sea bass fed on gelatine capsules. *Physiology & Behavior*, **78**, 795-803.
- Saavedra M, Beltran M, Pousao-Ferreira P, Dinis MT, Blasco J, Conceicao LEC (2007) Evaluation of bioavailability of individual amino acids in *Diplodus puntazzo* larvae: Towards the ideal dietary amino acid profile. *Aquaculture*, **263**, 192-198.
- Sandel E, Nixon O, Lutzky S, Ginsbourg B, Tandler A, Uni Z, Koven W (2010) The effect of dietary phosphatidylcholine/phosphatidylinositol ratio on malformation in larvae and juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, **304**, 42-48.
- Sarget *et al.* (2002) Tuna Nutrition and Feeds: Current Status and Future Perspectives. [Reviews in Fisheries Science](#) 17(3): 275-291.
- Spotte,S. 1991. Captive seawater fishes science and technology. Published by John Wiley & Sons, Inc.
- Srivastava A, Hamre K, Stoss J, Chakrabarti R, Tonheim SK (2006) Protein content and amino acid composition of the live feed rotifer (*Brachionus plicatilis*): With emphasis on the water soluble fraction. *Aquaculture*, **254**, 534-543.
- Sturman JA (1993) Taurine in development. *Physiological Reviews*, **73**, 119-147.
- Thong-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.
- Tocher DR, Bendiksen EA, Campbell PJ, Bell JG (2008) The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. *Aquaculture*, **280**, 21-34.
- Tonheim SK, Nordgreen A, Hogoy I, Hamre K, Rønnestad I (2007) In vitro digestibility of water-soluble and water-insoluble protein fractions of some common fish larval feeds and feed ingredients. *Aquaculture*, **262**, 426-435.

- Trapani, J. 2003. Morphological variability in the Cuatro Ciénegas cichlid, *Cichlasoma minckleyi*. *Journal of Fish Biology* **Volume 62(2)**: 276–298.
- van der Meeren T, Olsen RE, Hamre K, Fyhn HJ (2008) Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. *Aquaculture*, **274**, 375-397.
- Yufero M, Fernandez-Diaz C, Pascual E (2005) Food microparticles for larval fish prepared by internal gelation. *Aquaculture*, **248**, 253-262.

B) Ελληνική βιβλιογραφία

- Βλάχος Ν. 2010. Καλλιέργειες διακοσμητικών ψαριών. ΕΚΔΟΣΕΙΣ Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, εκπαιδευτικές σημειώσεις σελ.253.
- Μενούτης, Σ., & Πλήθου, Σ. 2003. Στρατηγική Ταΐσματος και Ανάπτυξης, Πτυχιακή εργασία. Σελ.195.
- Μεντέ Ε., και Νέγκας Γ. 2011. Στοιχεία φυσιολογίας θρέψης και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ. σελ.1-809.
- Παπουτσόγλου Σ. 2008. Διατροφή ιχθύων. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΤΑΜΟΥΛΗ.σελ.1-976.
- Παρπούρα (1993). Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών λιπών στη διατροφή του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*). Διπλωματική εργασία Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Γ) Διαδικτυακή βιβλιογραφία

<http://www.gcmec.com/small-feed-mill/motor-driven-feed-mill>

Abstract

Despite considerable progress in recent years, many questions regarding fish larval nutrition remain largely unanswered, and several research avenues remain open. A holistic understanding of the supply line of nutrients is important to develop diets for use in larval culture and for adaptation of rearing conditions that meet the larval requirements for optimal presentations of food organisms and/or microdiets. The aim of the present review is to revise the state of the art and pinpoint the gaps in knowledge regarding larval nutritional requirements, the nutritional value of live feeds and challenges and opportunities in development of formulated larval diets.

Key Words: Enrichment, fish larvae, formulated diets, nutrient requirements, live feed