

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ-ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εξοπλισμός και λειτουργία εργαστηρίου  
παραγωγής ιχθυοτροφών για ιδία χρήση σε μονάδα  
πάχυνσης ιχθύων»

Παναγιώτης Γράτσιας-Ρούσσου

Εποπτεύων Καθηγητής  
Γρηγόριος Κανλής

Μεσολόγι 2015

*στους γονείς μου*

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους:

- Δρ Κανλή Γρηγόριο, Αναπληρωτή Καθηγητή και επιβλέπων της εργασίας, για τις χρήσιμες πληροφορίες και παρατηρήσεις του, κατά την εκπόνηση της παρούσης πτυχιακής εργασίας.
- Δρ Βλάχο Νικόλαο, συνεπιβλέπων της εργασίας, για την αμέριστη και διαρκεί συμπαράστασή και υποστήριξή του, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσης εργασίας.
- Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Δρ Λογοθέτη Παναγιώτη Επίκουρο Καθηγητή και Δρ Πούλο Κων/νο Καθηγητή Εφαρμογών, για τις χρήσιμες και εύστοχες παρατηρήσεις τους.
- Την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, συνεισφορά, κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου και συγγραφής της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διατροφή των ψαριών είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιτυχημένη πορεία μιας ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας. Στην παρούσα εργασία θα περιγραφεί η κατασκευή ενός εργαστηρίου παρασκευής ιχθυοτροφών σε μια μονάδα πάχυνσης ψαριών, δίνοντας έμφαση στον εξοπλισμό και στη διαδικασία που εφαρμόζεται για την παρασκευή μιας ιχθυοτροφής. Για να παρασκευασθεί μια ιχθυοτροφή χρησιμοποιούνται ιχθυάλευρα, φυτικές πρωτεΐνες, ζύμες, αμυλούχες ουσίες, ιχθυέλαια, φυτικά έλαια, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, συγκολλητικές ουσίες, αντιοξειδωτικές ουσίες και αμινοξέα. Η κατάρτιση των σιτηρεσίων είναι μια διαδικασία που προϋποθέτει τη συγκέντρωση ορισμένων στοιχείων καθοριστικών για τη τελική σύνθεση του.

Για την κατάρτιση του σιτηρεσίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες του ζώου, οι πρώτες ύλες και η σύσταση των υλών που χρησιμοποιούνται και τέλος το κόστος των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται. Η κατάρτιση κάθε σιτηρεσίου διενεργείται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο το σιτηρέσιο καταρτίζεται ως προς τα βασικά του χαρακτηριστικά κατά το δεύτερο εξισορροπείται ως προς τα ανόργανα στοιχεία και τις βιταμίνες. Τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας της τροφής είναι η πελλετοποίηση, η εξώθηση, ο θρυματισμός και το κοσκίνισμα της.

**Λέξεις κλειδιά:** Διατροφή, κατάρτιση σιτηρεσίου, στάδια παραγωγής ιχθυοτροφών, διατροφικές απαιτήσεις

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες .....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
1. Εισαγωγή .....	7
1.1.Σκοπός εργασίας.....	9
2.Διατροφικές απαιτήσεις ψαριών .....	10
2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	10
2.2. Απαιτήσεις .....	14
2.2.1. Πρωτεϊνικές απαιτήσεις των ψαριών.....	14
2.2.2. Λίπη-Λιπαρά Οξέα .....	15
2.2.3. Αμινοξέα.....	17
2.2.4. Υδατάνθρακες.....	21
2.2.5. Ιχνοστοιχεία-Βιταμίνες.....	22
2.2.6.Καροτενοειδή.....	24
3. Σχεδιασμός τροφών για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών .....	25
3.1. Διαιτητικές πηγές ενέργειας.....	25
3.2. Αναλογία των θρεπτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας .....	26
3.3. Υπολογισμός της ποσότητας της τροφής.....	26
3.4. Ενεργειακές απαιτήσεις και πηγές.....	27
3.5. Απαιτήσεις .....	28
4.Πρώτες Ύλες παραγωγής Ιχθυοτροφών-Κατάρτιση Σιτηρεσίων.....	30
4.1.Εξέλιξη των ιχθυοτροφών των ιχθύων .....	30
4.2.Κατάρτιση Σιτηρεσίων .....	31
5. Κανονισμοί λειτουργίας του εργαστηρίου παρασκευής τροφών.....	34
5.1. Επιλογή της τροφής .....	34
5.2. Διαχείριση της τροφής.....	35
5.3. Κανόνες ασφαλείας εργαστηρίου παρασκευής ιχθυοτροφών .....	36
5.3.1.Βασικοί Κανόνες Εργαστηριακής Ασφάλειας-Τρόποι αντιμετώπισης .....	36
6. Τεχνολογία και Μηχανολογικός εξοπλισμός εργαστηρίου παραγωγής .....	39

Ιχθυοτροφών .....	39
6.1. Σύγχρονη Τεχνολογία Παραγωγής Ιχθυοτροφών .....	39
6.2. Σύμπτυξη (πελλετοποίηση).....	41
6.3. Εξώθηση (extrusion).....	44
6.4. Διαφορές διαδικασίας παραγωγής σύμπτυξης-εξώθησης.....	54
7. Συμπεράσματα .....	57
8. Abstract .....	58
9. Βιβλιογραφία .....	59

## 1. Εισαγωγή

Οι υδατοκαλλιέργειες τα τελευταία χρόνια εξελίχθηκαν σε μεγάλο βαθμό και με πολύ γρήγορο ρυθμό. Σ' αυτό συνέβαλε καθοριστικά η πρόοδος της επιστήμης της διατροφής και η ανάπτυξη νέων εμπορικών ιχθυοτροφών που αποσκοπούν στο να καλύψουν τις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών και στη βελτιστοποίηση της παραγωγής με το καλύτερο δυνατό οικονομικό αποτέλεσμα (Καραπαναγιωτίδης & Μεντέ 2011).

Σ' όλα τα συστήματα ζωικής παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων των υδατοκαλλιεργειών, η σωστή διατροφή των ζωικών οργανισμών είναι απαραίτητη για την καλή ανάπτυξη, αναπαραγωγή και υγεία των ζώων καθώς και την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας με οικονομικό τρόπο. Στις υδατοκαλλιέργειες η Διατροφή αποτελεί περίπου το 50% του συνολικού κόστους παραγωγής. Η περαιτέρω εξέλιξη της ποιότητας των ιχθυοτροφών και η ανάπτυξη νέων σύνθετων ιχθυοτροφών ειδικά για κάθε είδος που εκτρέφετε θα βοηθήσουν τις υδατοκαλλιέργειες να συνεχίσουν την ανάπτυξή τους για να καλύψουν με το τρόπο αυτό την αυξανόμενη ζήτηση για ασφαλή και υψηλής ποιότητας προϊόντα σε λογικό κόστος αλλά και με μείωση του τελικού κόστους παραγωγής του προϊόντος. Ένας από τους παράγοντες που συνεκτιμάται ότι συνεισφέρει στη μείωση του κόστους παραγωγής είναι η μείωση των λειτουργικών εξόδων που δαπανώνται για την αγορά των ιχθυοτροφών (Μεντέ & Νέγκας 2011).

Τα ψάρια τρέφονται με μια ποικιλία υδρόβιων και μη φυσικών ζωικών οργανισμών, όπως για παράδειγμα οι υδρόβιοι οργανισμοί που αποτελούν τροφή για τα ψάρια (φυτοπλαγκτονικά και ζωοπλαγκτονικά είδη, υδρόβια φυτά, μικρά ασπόνδυλα, σπονδυλωτά), και τα έντομα και οι λάρβες εντόμων που διαβιούν στην επιφάνεια του νερού, διάφορα είδη σαλιγκαριών, αλλά και διάφορα χερσαία φυτά και φύλλα που καταλήγουν στο νερό (Καραλάζος 2008).

Η τροφή σήμερα δεν θεωρείται ως απλός φορέας θρεπτικών συστατικών αλλά ως δυναμικό στοιχείο στην διατροφή του ζώου, το οποίο προωθεί, μεταβάλλει ή και ανακόπτει τον ρυθμό ανάπτυξής του. Για αυτό η έρευνα και η βελτίωση της τεχνογνωσίας συμβάλλει σημαντικά στην όλη παραγωγική διαδικασία. Συνεπώς, η διατροφή των ζώων αποτελεί εκτεταμένη επιστήμη η οποία διαιρείται σε τρία σαφώς διακρινόμενα αντικείμενα, την φυσιολογία της θρέψης, τη τροφή (ως σύσταση) και

το κόστος της διατροφής. Για καλύτερη μελέτη και λειτουργία η διατροφή χωρίζεται σε τρεις τομείς: τη *Φυσιολογία θρέψης*, τη *Βρωματολογία* και την *Εφαρμοσμένη διατροφή* (Παπουτσόγλου 2008).

Βασική δραστηριότητα της Επιστήμης της διατροφής, είναι η ορθολογική κατάρτιση του σιτηρεσίου για κάθε εκτρεφόμενο ζώο, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες θρέψης για συντήρησή και ανάπτυξη. Άρα το «κατάλληλο» Σιτηρέσιο είναι η αρχή για την υγιή και οικονομικά αποδεκτή εκτροφή του ζώου. Όταν αναφερόμαστε με τον όρο Σιτηρέσιο εννοούμε το σύνολο των συστατικών, που χορηγούνται στο ζώο εντός του εικοσιτετραώρου, προς κάλυψη των αναγκών του σε ενέργεια και ύλη.

Με βάση τα παραπάνω, ένα σιτηρέσιο θα πρέπει να είναι Ισορροπημένο σε ενέργεια και σε απαραίτητα συστατικά για τη θρέψη του ζώου. Στο σχεδιασμό του σιτηρεσίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να πληρούνται οι απαιτήσεις σε υγρασία, και ξηρά ουσία δηλ. σε ανόργανη (τέφρα) και οργανική ουσία. Η οργανική ουσία η οποία αποτελείται από Αζωτούχες, Λιπαρές, Ινώδεις και μη αζωτούχες εκχυλισματικές ενώσεις πρέπει να κυμαίνεται στα απαραίτητα για το είδος επίπεδα π.χ., (ολικές αζωτούχες %, μη αζωτούχες ουσίες %). Όταν, ωστόσο απαιτείται από τον παραγωγό μεγαλύτερη ιχθυοπαραγωγή τότε χρειάζεται να χορηγήσουμε στα ψάρια περισσότερες θρεπτικές ουσίες μέσω της εξωγενούς τροφής, ως συμπλήρωμα στη διατροφή τους (Bostock et al. 2010).

Στα ημιεντατικά συστήματα εκτροφής χορηγούνται διάφορες «συμπληρωματικές» ιχθυοτρόφος που είναι είτε απλής μορφής όπως για παράδειγμα άλευρο σιταριού ή αναμεμιγμένα άλευρα δυο ή περισσότερων συστατικών. Οι πρώτες ύλες που μπορεί να αποτελέσουν συστατικά των ιχθυοτροφών είναι φθηνά και άμεσα διαθέσιμα στην αγορά συστατικά από τα διάφορα άλευρα των δημητριακών καρπών ως τα παραπροϊόντα της ζυθοποιίας. Οι συμπληρωματικές τροφές περιέχουν χαμηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών και απαραίτητων αμινοξέων από εκείνο που απαιτούν τα ψάρια και είναι ελλιπή σε διάφορα λιπαρά οξέα, φτωχά σε κάποιες βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία (Hardy 1989).

Η ικανοποίηση των διαιτητικών απαιτήσεων των ψαριών που εκτρέφονται στα συστήματα εκτροφής καλύπτεται πλήρως από παρασκευασμένες τροφές οι οποίες περιέχουν όλες τις θρεπτικές ουσίες και την ενέργεια που απαιτεί ο οργανισμός σε επαρκής ποσότητες και αναλογίες. Οι υδατοκαλλιέργειες συνεχίζουν να αποτελούν



τον ταχύτερο αναπτυσσόμενο κλάδο τροφίμων παγκοσμίως με την υδατοκαλλιεργητική παραγωγή να έχει φθάσει τα 55 εκ. τόννους. Με την αύξηση της παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών υπάρχει ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για προπαρασκευασμένες πλήρεις ιχθυοτροφές. Η Παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών έχει αναπτυχθεί με γρήγορους ρυθμούς προσπαθώντας να αντισταθμίσει την ανάγκη για έτοιμες και πλήρεις τροφές της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης. Σήμερα οι ιχθυοτροφές παράγονται για τα περισσότερα εκτρεφόμενα είδη ψαριών (Πιν.1). Σήμερα εκτιμάται πως η ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια ανήλθε στους 150.000 τόννους ετησίως, ενώ η ετήσια παραγωγή ιχθυοτροφών που παρασκευάζονται στη χώρα μας ανήλθε στους 250.000 τόννους, η οποία αντιστοιχεί στο 1% της παγκόσμιας ετήσιας παραγωγής ιχθυοτροφών. Η Ελλάδα εισάγει το 90% των πρώτων υλών για την Παρασκευή των ιχθυοτροφών (Bostock et al. 2010).

**Πίνακας 1.** Ποσοστιαία παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών ανά εκτρεφόμενο είδος το έτος 2008 (Bostock et al. 2010)

Είδος	Ποσοστό παγκόσμιας παραγωγής (%)
Κυπρινοειδή	31
Γαρίδες Θαλάσσιες	17
Σολομός	7
Τιλάπια	13
Γατόψαρο	10
Θαλάσσια είδη (τσιπούρα, λαβράκι κ.λ.π)	8
Πέστροφες	3
Χέλια	1
<i>Chanos chanos</i>	2
Καρκίνοειδή γλυκού νερού	4

### 1.1.Σκοπός εργασίας

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια αναφορά στη Διατροφή των ψαριών που λαμβάνει χώρα κυρίως ως εκτροφή σε πλωτές δεξαμενές (κλωβούς). Ειδικότερα θα αναφερθούμε στην περιγραφή ενός εργαστηρίου παρασκευής ιχθυοτροφών και στην τεχνολογία παραγωγής ιχθυοτροφών σε μια μονάδα πάχυνσης ψαριών.

## **2. Διατροφικές απαιτήσεις ψαριών**

### **2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

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

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

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή τροφών στα ψάρια στηρίζονται σύμφωνα με μελέτες στην παραγωγή παραγώγων πρωτεϊνών από υδρόλυση χρησιμοποιώντας οξέα, βάσεις, ενδογενή ένζυμα, και βακτήρια ή πεπτικές πρωτεάσεις (Μεντέ & Νέγκας 2011).

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 πρόσληψη 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 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 1984).

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

Οι αναλύσεις στο περιεχόμενο του εντέρου δείχνουν ότι το είδος τρέφεται κυρίως με ασπόνδυλα καθ' όλη τη διάρκεια της εκτροφής σε ενυδρεία. Στην ίδια έρευνα, οι Martinez-Palacios & Ross (1988), αναφέρουν ότι τα 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.

Οι McKaye & Marsh (1983), Η μορφολογία των ψαριών που προέρχονται από τη λίμνη Μαλάουι, παρουσιάζει διαφοροποιήσεις όταν τρέφονται με

ζωοπλαγκτόν, φυτοπλαγκτόν, υπολείμματα τροφών, ιχθύδια και αυγά. Οι μορφολογικές ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν τα ψάρια είναι πολύ σημαντικές όταν η τροφοληπτική ικανότητα των ψαριών μειώνεται.

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

Η προσθήκη ζωντανής τροφής (artemia) στην διατροφή, αυξάνει σημαντικά τον ρυθμό ανάπτυξης, ειδικά όταν χορηγούνται τροφές με μεγαλύτερα ποσοστά πρωτεϊνών. Η σύσταση του σώματος δεν παρουσιάζει μεταβολές κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, με τα θρεπτικά συστατικά να κυμαίνονται κατά μέσο όρο 64-68% σε πρωτεΐνη, 35-47% σε λίπος. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα από 1,15 έως 1,31 FCR, ενώ η συνολική παραγωγή αυξήθηκε από 4gr/m<sup>2</sup>/d (50 ψάρια) σε 13,7gr/m<sup>2</sup>/d του ψαριού σε διάστημα 60 ημερών (Degani 1993).

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

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

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

Οι Edwards et al. (1971), 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. 1971).

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

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

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

## 2.2. Απαιτήσεις

### 2.2.1. Πρωτεϊνικές απαιτήσεις των ψαριών

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

Σε όλες αυτές τις μελέτες οι ερευνητές δικαιολογήθηκαν για τη διατύπωση των συμπερασμάτων τους, διότι ένα συγκεκριμένο ποσοστό πρωτεΐνης ήταν βέλτιστο κάτω από συγκεκριμένες πειραματικές συνθήκες και επειδή διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη των ψαριών σε σχέση με τις τροφές που περιέχουν διαφορετικά επίπεδα πρωτεΐνης. Μερικοί από αυτούς είναι το μέγεθος του ψαριού, η θερμοκρασία του νερού, το ποσό της τροφής, το ποσό της μη-πρωτεϊνικής ενέργειας στην τροφή, η ποιότητα της πρωτεΐνης και η φυσική διαθεσιμότητα της τροφής (DaSilva & Anderson 1995, Παπουτσόγλου 2008).

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

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

Κατά συνέπεια, μια σημαντική διαιτητική συμβολή από αυτήν την πηγή, θα μείωνε την πρωτεϊνική απαίτηση της συμπληρωματικής τροφής. Για παράδειγμα, η τιλάπια και οι γαρίδες αυξάνονται τόσο καλά με σχετικά χαμηλές πρωτεϊνικές τροφές (25% ή λιγότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη) όπως και με υψηλότερες πρωτεϊνικές τροφές, όταν οι φυσικές πηγές τροφής των λιμνών αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της διατροφής τους, αλλά απαιτούν υψηλότερες πρωτεϊνικές τροφές σε ένα περιβάλλον με περιορισμένη φυσική τροφή (DaSilva & Anderson 1995, Μενούτης & Πλήθου 2003).

Όταν τα ψάρια υποσιτίζονται, απαιτούν συνήθως υψηλότερες ποσότητες πρωτεΐνης. Αυτό έχει δειχθεί σε μία σειρά πειραμάτων σίτισης σε λίμνες, με το γατόψαρο. Οι λόγοι της αλληλεπίδρασης μεταξύ του ποσοστού σίτισης και του διαιτητικού πρωτεϊνικού ποσοστού για τη μέγιστη αύξηση δεν είναι απολύτως σαφείς. Είναι λογικό ότι μια υψηλή πρωτεϊνική διατροφή θα καλύψει καλύτερα από μια χαμηλή πρωτεϊνική διατροφή, την πρωτεϊνική ανάγκη των ψαριών για την αύξηση κατά τη διάρκεια της ελεγχόμενης σίτισης. Επίσης, όταν υποσιτίζονται τα ψάρια, ένα υψηλότερο ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης θα χρησιμοποιηθεί για την ικανοποίηση των αναγκών της μεταβολικής ενέργειας των ψαριών, εκτός αν η αναλογία ενέργεια / πρωτεΐνη της διατροφής αυξηθεί (Spotte 199, Ζερβός & Κουράκου 2001).

### **2.2.2. Λίπη-Λιπαρά Οξέα**

Τα λίπη (Πιν. 2) είναι η κύρια μορφή αποθήκευσης ενέργειας των ζωικών οργανισμών, είναι δηλαδή εστέρες λιπαρών οξέων με γλυκερίνη. Χρησιμοποιούνται από τα ψάρια ως η κύρια πηγή ενέργειας και μεταβολιζόμενα αποδίδουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας ανά μονάδα βάρους από τα υπόλοιπα βιομόρια (1gr λίπους αποδίδει 9,45kcal, 1gr πρωτεΐνης 5,65kcal και 1gr υδατάνθρακα 4kcal), (Tan 1970; Παπουτσόγλου 2008, Μεντέ & Νέγκας 2011). Οι λιπαρές ουσίες συναντώνται στους ιστούς των φυτών και των ζώων (μη υδατοδιαλυτά μακρομόρια) και διακρίνονται σε :

- Λίπη
- Φωσφολιπίδια
- Σφιγκομυελίνες
- Κηρούς

- Στερόλες

Η διατροφή των ψαριών του γλυκού νερού με προνύμφες κουνουπιών επηρεάζει την περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων ( $\omega 3$ ) σε σύγκριση με τα ψάρια του θαλασσινού νερού όπου τα επίπεδα των λιπαρών οξέων είναι μικρότερα (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' ότι τα θηλαστικά. Τα λιπαρά οξέα με χαμηλό βαθμό απορρόφησης χρειάζονται στη χαμηλότερη θερμοκρασία σώματος για να υποστηρίξουν την ευκαμψία των μεμβρανών σε χαμηλή θερμοκρασία νερού. Τα ψάρια γλυκού νερού απαιτούν στην τροφή τους λινολεϊκό οξύ, ενώ τα θαλασσινά ψάρια απαιτούν εικοσιπεντανοϊκό οξύ.

Στον κυπρίνο η προσθήκη εικοσιπεντανοϊκού οξέος επηρεάζει την εκκόλαψη των αυγών. Συμπληρωματικά φωσφολιπίδια δεν είναι σημαντικά για την επιβίωση των νεαρών χρυσόψαρων. Περίπου 1% του 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  $\omega 3$  μη κορεσμένα λιπαρά οξέα.



**Πίνακας 2.** Προφίλ των βασικών λιπαρών οξέων που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των προνυμφών τροπικών διακοσμητικών ψαριών (DaSilva & Anderson 1995)

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

### 2.2.3. Αμινοξέα

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

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

Τα περισσότερα μονογαστρικά ζώα, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών, απαιτούν τα ίδια 10 απαραίτητα αμινοξέα: αργινίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, λυσίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, τρυπτοφάνη και βαλίνη. Στον αρουραίο, αρκετά από τα βασικά αμινοξέα, αργινίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, τρυπτοφάνη και βαλίνη, μπορούν να αντικατασταθούν με τα αντίστοιχα α - υδροξύ ή α- κέτο ανάλογα τους, δείχνοντας ότι ο σκελετός άνθρακα

είναι αυτό που το ζώο είναι ανίκανο να συνθέσει (Μενούτης & Πλήθου 2003, Alberts 2006).

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

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

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

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

Σε μερικές περιπτώσεις, τα ψάρια μπορούν μερικώς να αντικαταστήσουν ένα μη απαραίτητο με ένα απαραίτητο αμινοξύ. Το γατόψαρο αναπτύσσεται ικανοποιητικά όταν η μεθιονίνη είναι το μόνο αμινοξύ που περιέχει θείο στη τροφή, αλλά όχι όταν η κυστίνη είναι το μόνο αμινοξύ που περιέχει θείο, εντούτοις, η κυστίνη μπορεί να αντικαταστήσει περίπου το 60% της μεθειονίνης. Η τυροσίνη, ένα μη απαραίτητο αρωματικό αμινοξύ, μπορεί να αντικαταστήσει περίπου το ένα

δεύτερο της απαίτησης του γατόψαρου για τη φαινυλαλανίνη, ένα απαραίτητο αρωματικό αμινοξύ (Ronnestad et al. 1979).

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

**Πίνακας 4.** Απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα διάφορων ειδών ψαριών (Sales & Janssens 2003)

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

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

Η συμπλήρωση του εμπορικού σογιάλεου με μεθειονίνη βελτίωσε το ρυθμό αύξησης της ιριδίζουσας πέστροφας, αλλά η συμπλήρωση με μεθειοδόνη του θερμικά επεξεργασμένου σογιάλεου, δεν τη βελτίωσε. Δεν υπήρξε κανένα όφελος από τη συμπλήρωση του σογιάλεου στις τροφές γατόψαρων με μεθειονίνη ή λυσίνη, εντούτοις, η συμπλήρωση του σογιάλεου και με μεθειονίνη και με λυσίνη βελτίωσε τις τροφές των κυπρίνων. Η σίτιση με φυστικάλευρο εμπλουτισμένο με λυσίνη, που είναι ανεπαρκές σε λυσίνη για το γατόψαρο, βελτίωσε τον ρυθμό ανάπτυξης στα ψάρια (Μενούτης & Πλήθου 2003).

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

Τα αμινοξέα συνεισφέρουν μέχρι και 60% ή και περισσότερο στη διάσπαση της ενέργειας. Η ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από αύξηση σε μυϊκή μάζα μέσω της σύνθεσης των πρωτεϊνών. Οι προνύμφες των ψαριών παρουσιάζουν μεγάλο ρυθμό ανάπτυξης και αυξημένες διαιτητικές απαιτήσεις σε αμινοξέα. Οι προνύμφες οι οποίες σχηματίζουν το στομάχι τους, κατά την διάρκεια της ανάπτυξης έχουν αναπτυγμένα συστήματα πέψης με μικρές δυνατότητες απορρόφησης και διάσπασης των πρωτεϊνών κατά την διάρκεια της αρχικής τροφοληψίας (Ronnestada et al. 1999).

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

Η προσθήκη των απαραίτητων αμινοξέων στην τροφή γίνεται μόνο όταν τα αποθέματα της λεκίθου των προνυμφών μειώνονται, ενώ ο τύπος του αμινοξέος που προστίθεται στη τροφή εξαρτάται από το είδος του ψαριού. Η έλλειψη των απαραίτητων και μη απαραίτητων αμινοξέων στην τροφή οδηγεί σε αύξηση της θνησιμότητας οφείλεται στην έλλειψη κατάλληλης τροφής στο περιβάλλον. Η μαζική θνησιμότητα των θαλασσινών προνυμφών των ψαριών στο φυσικό περιβάλλον ή σε συνθήκες αιχμαλωσίας σχετίζεται με την ολική απορρόφηση του λεκιθικού σάκου, με αποτέλεσμα η προνύμφη αρχίζει να τρέφεται εξωγενώς.

#### 2.2.4. Υδατάνθρακες

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

- Δομικοί πολυσακχαρίτες, οι οποίοι μπορούν να καταναλωθούν και να αφομοιωθούν μόνο από φυτοφάγα είδη, όπως για παράδειγμα η κυτταρίνη, η λιγνίνη, το άγαρ και η χιτίνη.
- Διάφοροι πολυσακχαρίτες όπως άμυλο, που πέπτονται και αφομοιώνονται από όλους τους οργανισμούς.

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

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

### 2.2.5. Ιχνοστοιχεία-Βιταμίνες

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

- υδατοδιαλυτές
- λιποδιαλυτές

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

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

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

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

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

<b>Βιταμίνη</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Γατόψαρο</b>	<b>Κυπρίνος</b>	<b>Σολωμός</b>
A	I.U.	1,000-2,000	R	2,500
D	I.U.	500-1,000	-	2,400
E	I.U.	50	R	30
K	Mg	R <sup>3</sup>	-	10
Θιαμίνη	Mg	1	1	10
Ριβοφλαβίνη	Mg	9	8	20
Πυριδοξίνη	Mg	3	6	10
Παντοθενικό οξύ	Mg	20	30-50	40
Νιασίνη	Mg	14	28	150
Φολικό οξύ	Mg	R	N	5
B12	Mg	R	N	0.02
Βιοτίνη	Mg	R	R	0.1
Ινοσιτόλη	Mg	N <sup>3</sup>	10	400
Χολίνη	Mg	R	4,000	3,000
Βιταμίνη C	Mg	60	R	100

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

Η έλλειψη ασκορβικού οξέως στο όσκαρ (*Astronotus ocellatus*) εμφανίζονται μετά από διάστημα 25 εβδομάδων. Η απαίτηση στη διατροφή με 360mg ασκορβικό οξύ είναι ικανά να διατηρούν τον μηχανισμό αποθήκευσης ιστών της βιταμίνης στα νεαρά αγγελόψαρα. Το αντίστροφο το οποίο εκτιμήθηκε σαν αντίσταση στο οσμωτικό σοκ ήταν σημαντικά υψηλότερο στα guppy που τράφηκαν με ασκορβικό οξύ 1000 ή 2000mg σε σύγκριση με τα ψάρια που τράφηκαν χωρίς συμπληρώματα. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες είναι ευαίσθητες στην αφαίρεση θρεπτικών στοιχείων. Ένα μεγάλο ποσοστό βιταμίνης C, βιταμίνη B12 και παντοθενικού οξέως χάνονται στο νερό.

Τα ψάρια του γλυκού και του αλμυρού νερού περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες Νατρίου (Na), Καλίου (Ca), Φώσφορου (P), Μαγνήσιου (Mg), Σιδήρου (Fe), Χαλκού (Cu), Ψευδαργύρου (Zn), και Αρσενικού (As). Οι βιταμίνες B2 και B6

βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα σε όλα τα ψάρια. Τα επίπεδα της θειαμίνης στην σαρδέλα και στην τιλάπια βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της δράσης της θειαμινάσης (Asiedu et al. 1991).

Τα ιχνοστοιχεία είναι στοιχεία που απαιτούνται από τα ψάρια για το σχηματισμό των ιστών και για διάφορες λειτουργίες στο μεταβολισμό. Τα διακοσμητικά ψάρια απορροφούν μερικά υδροδιαλυτά ιχνοστοιχεία από το νερό, περιπλέκοντας τις μελέτες για το καθορισμό των διατροφικών ιχνοστοιχείων. Ο φώσφορος είναι από τα πιο σημαντικά, επειδή είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη, το σχηματισμό των οστών, για το μεταβολισμό των λιπιδίων και υδατανθράκων, και χρειάζεται στη διατροφή εξαιτίας της χαμηλής περιεκτικότητας σε φυσικό νερό. Η ρύπανση του νερού από υπερβολικό φώσφορο παρουσιάζεται ίσως αρκετά σοβαρή επειδή οδηγεί σε ατροφία. Το ασβέστιο βρέθηκε να μη σχετίζεται με την ανάπτυξη στα guppy.

#### **2.2.6.Καροτενοειδή**

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

Τα ψάρια δεν μπορούν να συνθέσουν αυτές τις χρωστικές ουσίες βασίζονται στην πρόσληψη καροτενοειδών για να πετύχουν τη φυσική του δερματική χρωμάτωση ένα από τα πιο σημαντικά τους κριτήρια ενημερώνοντας την εμπορική αξία των διακοσμητικών ειδών όπως του Κοί carp (*Cyprinus carpio*) και του χρυσόψαρου. Ο κόκκινος χρωματισμός μεταδίδεται στο χρυσόψαρο και στον κυπρίνο με ασταξανθίνη ένα καροτενοειδή που μεταβολίζεται από την κίτρινη χρωστική ουσία ζωοξανθίνη. Το χρυσόψαρο μεταβολίζει το β-καροτένιο και ελάχιστα την ασταξανθίνη. Τα μικροφύκη *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis* and *Arthrospira maxima* (*Spirulina*) συσσωρεύουν υποδεέστερα καροτενοειδή τα οποία χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση συνθετικών χρωματισμών στα ψάρια (Μεντέ & Νέγκας 2011).



### 3. Σχεδιασμός τροφών για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών

#### 3.1. Διαιτητικές πηγές ενέργειας

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

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

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

Anderson 1995).

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

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

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

Αυτό το όριο είναι περίπου 2900 kcal της ΜΕ ανά χιλιόγραμμο της τροφής για την 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).

### **3.3. Υπολογισμός της ποσότητας της τροφής**

Μέχρι την πρόσφατη ανάπτυξη των ταϊστρων βούλησης ήταν αδύνατο να ταϊστούν τα ψάρια ως κορεσμού χωρίς την σπατάλη τροφής. Είναι δύσκολο να

καθοριστεί πότε τα ψάρια σταματούν να τρώνε. Τα ακατανάλωτα pellets αποσυντίθεται ή μεταφέρονται μακριά από τα ρεύματα του νερού, είναι μη διαθέσιμα για τα ψάρια. Διάφορες μέθοδοι έχουν επινοηθεί για τον υπολογισμό της ποσότητας της τροφής, βασισμένες στο μέγεθος των ψαριών, τη θερμοκρασία του νερού, και την ενεργειακή αξία της τροφής (Βλάχος 2010).

#### **3.4. Ενεργειακές απαιτήσεις και πηγές.**

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

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

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

### 3.5. Απαιτήσεις

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

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

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

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

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

## 4.Πρώτες Ύλες παραγωγής Ιχθυοτροφών-Κατάρτιση Σιτηρεσίων

### 4.1.Εξέλιξη των ιχθυοτροφών των ιχθύων

Μετά από αρκετά μεγάλο διάστημα πειραματισμών και διαχειριστικών συμπερασμάτων στον ελλαδικό χώρο, η Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια προχώρησε και στην εντατική καλλιέργεια θαλάσσιων ιχθύων. Το πρώτο είδος που μελετήθηκε ήταν η Τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στην συνέχεια το Λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*).

Τα πρώτα σιτηρέσια που δοκιμάστηκαν στην εντατική καλλιέργεια δεν ήταν άλλα από τα σιτηρέσια της πέστροφας, που τότε υπήρχαν και ήταν δοκιμασμένα. Γρήγορα όμως διαπιστώθηκε ότι οι απαιτήσεις που είχαν τα ευρύαλα ψάρια (τσιπούρα-λαβράκι), σε θρεπτικά συστατικά διέφεραν από των γλυκών υδάτων. Γνωρίζοντας πλέον τις διαιτητικές απαιτήσεις των ιχθύων, θα προσπαθήσουμε να δώσουμε ένα ενδεικτικό σιτηρέσιο και να αναφέρουμε τις πρώτες ύλες από τις οποίες είναι δυνατό να καταρτισθεί (DaSilva & Andreson 1995, Μεντέ & Νέγκας 2011).

Λόγω των ειδικών χαρακτηριστικών της πέψεως των ιχθύων οι απαιτήσεις ως προς την πεπτικότητα και ποσότητα των πρώτων υλών καθώς και την ενεργειακή πυκνότητα του σιτηρεσίου, είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Παράλληλα λόγω της περιορισμένης ικανότητας ρύθμισης της γλυκαιμίας, η μέγιστη αποδεκτή περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε μη αζωτούχες εκχυλισματικές ουσίες (Υδατάνθρακες) είναι 22-28% της ξηρής ουσίας (Ξ.Ο.), ενώ τα ανεκτά επίπεδα γλυκόζης είναι κατώτερα του 4-5% Ξ.Ο. Λόγω του περιορισμού αυτού, τα σιτηρέσια καταρτίζονται με υψηλή περιεκτικότητα σε Λιπαρές Ουσίες (Ο.Λ.) και πρωτεΐνες (Ο.Α.), μέρος των οποίων (πρωτεϊνών) χρησιμοποιούνται για ενεργειακούς σκοπούς. Έτσι η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (Αζωτούχες Ουσίες) είναι 40% Ξ.Ο. και μέγιστη 50-52% Ξ.Ο. αναλόγως της ηλικίας των ψαριών (DaSilva & Anderson 1995, Παπουτσόγλου 2008)).

Η περιεκτικότητα σε Λίπη κυμαίνεται από 9 έως 16% Ξ.Ο. Με βάση τα ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων θρεπτικών συστατικών, η Ενεργειακή πυκνότητα των σιτηρεσίων κυμαίνεται από 14 έως 17 Mj Μεταβολιστέας Ενέργειας ανά kg Ξ.Ο. Τέλος επειδή και τα δύο είδη (τσιπούρα-λαβράκι), λόγω ανεπαρκούς μικροχλωρίδας στο έντερό τους, δεν αξιοποιούν τις Ινώδεις Ουσίες (Ι.Ο.), με

συνέπεια η συμμετοχή των τελευταίων στα σιτηρέσια να μη μπορεί να υπερβεί το 3% Ξ.Ο (DaSilva & Anderson 1995).

Οι χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες για τη σύνθεση του σιτηρεσίου είναι:

- Ιχθυάλευρο (>25%)
- Φυτικές πρωτεΐνες (0-10%) π.χ. γλουτένη σόγιας, αραβόσιτου.
- Ζύμες (0-10%)
- Αμυλούχες ουσίες (10-30%) (Άλευρα δημητριακών)
- Ιχθυέλαια (>5%)
- Φυτικά έλαια (0-10%)
- Βιταμίνες
- Ιχνοστοιχεία
- Συγκολλητικές ουσίες
- Αντιοξειδωτικές ουσίες
- Αμινοξέα

#### 4.2. Κατάρτιση Σιτηρεσίων

Η κατάρτιση ενός σιτηρεσίου προϋποθέτει, κατ' αρχήν, την συγκέντρωση ορισμένων στοιχείων καθοριστικών για την τελική σύνθεση του.

Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής :

1. *Οι ανάγκες του ζώου ή οι προδιαγραφές του σιτηρεσίου ως προς τα διαφορετικά θρεπτικά συστατικά.* Τα δεδομένα αυτά αναζητούνται αναλόγως της περίπτωσης ή υπολογίζονται με μεθόδους που αναφέρονται στην Φυσιολογία της Θρέψης.
2. *Οι πρώτες ύλες* οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στο σιτηρέσιο. Η εκλογή περιλαμβάνει τόσο τις ιδιοπαραγόμενες όσο και τις διατιθέμενες στο εμπόριο και βασίζεται α) στην καταλληλότητα των πρώτων υλών για το είδος, την ηλικία και την παραγωγική κατεύθυνση του διατρεφόμενου ζώου, β) στην ελκυστικότητα, γ) στην επίδραση στην υγεία του ζώου ή στην ποιότητά του.
3. *Η σύσταση των χρησιμοποιούμενων υλών.* Η διαπίστωση της σύστασης διενεργείται με την βοήθεια ειδικών πινάκων. Εάν υπάρχουν ενδείξεις ότι η σύσταση της ουσίας που θα χρησιμοποιηθεί είναι διάφορος της αναγραφόμενης του πίνακα, επιβάλετε η χημική ανάλυση αυτής κατόπιν

επιμελούς δειγματοληψίας και ο προσδιορισμός της θρεπτικής αξίας βάση των μεθόδων που αναγράφονται στην Φυσιολογία της Θρέψης.

4. Το κόστος των υπό χρησιμοποίηση πρώτων υλών. Κανονικά το ποσοστό συμμετοχής μίας ουσίας στο σιτηρέσιο καθορίζεται από την διαθέσιμη ποσότητα και εφόσον η τελευταία δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, από την σύστασή της και τη σύσταση των άλλων ουσιών στις προδιαγραφές του σιτηρεσίου. Όταν όμως η οικονομική αξιολόγηση αποδείξει την οικονομικότητα μίας κατηγορίας ή ενός είδους ουσιών, το σιτηρέσιο πρέπει να καταρτίζεται με την μεγαλύτερη επιτρεπτή χρήση των ουσιών αυτών, διότι κατά αυτόν τον τρόπο γίνεται προσιτό.

Η κατάρτιση κάθε σιτηρεσίου διενεργείται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο το σιτηρέσιο καταρτίζεται ως προς τα βασικά του χαρακτηριστικά κατά το δεύτερο εξισορροπείται ως προς τα ανόργανα στοιχεία και τις βιταμίνες.

Προς κατάρτιση σιτηρεσίων χρησιμοποιούνται γενικώς τρεις μέθοδοι.

- Η μέθοδος του γραμμικού προγραμματισμού, η οποία είναι η τελειότερη αλλά και η πλέον δυσχερής όλων.
- Η μέθοδος του λογιστικού τετραγώνου.
- Η μέθοδος των προσεγγίσεων, η οποία είναι και η απλούστερη.

Ο βασικός στόχος του γραμμικού προγραμματισμού στην περίπτωση καταρτίσεως ενός σιτηρεσίου συνίσταται στην ελαχιστοποίηση της συνάρτησης:

$$Z = C^1X_1 + C^2X_2 + C^3X_3 + \dots + C^nX_n$$

Όπου

Z = προς ελαχιστοποίηση του τελικού κόστους του προϊόντος.

C = η χρηματική αξία 1 χγρ. κάθε στοιχείου 1-> n.

X = η τελική ποσότητα δια της οποίας κάθε ουσία 1 -> n μετέχει στο προϊόν.

Οι προδιαγραφές των χρησιμοποιούμενων βιομηχανικών ιχθυοτροφών για τους εκτρεφόμενους γεννήτορες των ειδών: *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax*, *Puntazzo putanzzo*, *Pagrus pagrus* (Φαγκρί), *Pagrus major* (Λιθρίνη) παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 (Μενούτης & Πλήθου 2003, Μεντέ & Νέγκας 2011):



**Πίνακας 6.** Προδιαγραφές χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών για την εκτροφή γεννητόρων.

Είδος (gr)	Προδιαγραφές			
	O.A (%)	O.Λ (%)	ME (Mj/Kg)	Πρώτες Ύλες
Γεννήτορες BROOD STOCK 400-600gr (extrusion)	50	13	16	Αφυδατωμένο άλευρο ιχθύων Δανίας τύπου LT& Aquamel, Νορβηγίας τύπος NORSE LT-94, Ιχθυέλαιο Δανίας red tobis, Λεκιθίνη Ζύμες, Άλευρο Σίτου, Φύκη, Γαριδάλευρο, Μεθειονίνης, β-Καροτένια, Ασταξανθίνη, Βεταΐνη, Ισορροπιστής Βιταμινών & Ιχνοστοιχείων. Αντιοξειδωτικός παράγοντας (BHA+BHT+ ETHOXYQUIN)
Γεννήτορες BROOD STOCK 600-1000gr (extrusion)	50	13	16	Αφυδατωμένο άλευρο ιχθύων Δανίας τύπου LT& Aquamel, Νορβηγίας τύπος NORSE LT-94, Ιχθυέλαιο Δανίας red tobis, Λεκιθίνη Ζύμες, Άλευρο Σίτου, Φύκη, Γαριδάλευρο, Μεθειονίνης, β-Καροτένια, Ασταξανθίνη, Βεταΐνη, Ισορροπιστής Βιταμινών & Ιχνοστοιχείων. Αντιοξειδωτικός παράγοντας (BHA+BHT+ ETHOXYQUIN)
Γεννήτορες BROOD STOCK >1000gr (extrusion)	50	13	16	Αφυδατωμένο άλευρο ιχθύων Δανίας τύπου LT& Aquamel, Νορβηγίας τύπος NORSE LT-94, Ιχθυέλαιο Δανίας red tobis, Λεκιθίνη Ζύμες, Άλευρο Σίτου, Φύκη, Γαριδάλευρο, Μεθειονίνης, β-Καροτένια, Ασταξανθίνη, Βεταΐνη, Ισορροπιστής Βιταμινών & Ιχνοστοιχείων. Αντιοξειδωτικός παράγοντας (BHA+BHT+ ETHOXYQUIN)

## **5. Κανονισμοί λειτουργίας του εργαστηρίου παρασκευής τροφών**

Η διαχείριση διατροφής παίζει πολυσύνθετο ρόλο στην ιχθυοκαλλιέργεια (θαλασσινών και γλυκών υδάτων) επηρεάζει την παραγωγή, την οικονομική προοπτική, την ευημερία του ιχθυοπληθυσμού, την υγεία και το θαλάσσιο περιβάλλον. Η ορθή πρακτική που απαιτείται για να εξασφαλιστούν ιδανικές επιδράσεις σε όλους αυτούς τους τομείς καθορίζεται από νομοθετικές διατάξεις. Η τροφή απαιτείται να διατηρεί την υγεία να προάγει την ανάπτυξη και να είναι φιλική προς το περιβάλλον.

### **5.1. Επιλογή της τροφής**

Όλα τα σιτηρέσια θα πρέπει να είναι εγκεκριμένα υψηλής ποιότητας, με σωστή διαιτητική σύσταση όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά και να καλύπτει όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις του ιχθυοπληθυσμού. Οι προδιαγραφές τους θα πρέπει να διασφαλίζονται προς τον παραγωγό με έγκυρα-νόμιμα πιστοποιητικά που παρέχει ο κατασκευαστής τους.

Η σύσταση των ιχθυοτροφών θα πρέπει να καλύπτεται από την Ελληνική και την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η φυσική τους δομή θα πρέπει να εγγυάται την ελάχιστη επίπτωση στο περιβάλλον, δεν θα πρέπει να περιέχει δηλαδή υψηλά ποσοστά σκόνης.

Η τροφή που χρησιμοποιείται θα πρέπει να είναι παρασκευασμένη για το είδος του ψαριού που θα χορηγηθεί και να συνοδεύεται από αναλυτικό τεχνικό φυλλάδιο που θα αναγράφονται: η σύσταση και σύνθεση της τροφής (όπως ορίζει η σχετική νομοθεσία), το ενεργειακό της περιεχόμενο, οι διαστάσεις των κόκκων και οι προτεινόμενες ποσότητες ανά μέγεθος ψαριού και θερμοκρασία (πίνακας διατροφής).

Σε κάθε συσκευασία θα πρέπει να αναγράφεται εκτός από τα επιβαλλόμενα από το νόμο (ονομασία προϊόντος, σύνθεση) η ημερομηνία λήξης της τροφής και ο αριθμός παρτίδας παραγωγής της. Οι ιχθυοτροφές δεν θα πρέπει να περιέχουν προϊόντα, υποπροϊόντα και παραπροϊόντα χερσαίων ζώων σύμφωνα με την Εθνική και Κοινοτική Νομοθεσία,

## 5.2. Διαχείριση της τροφής

Το μέγεθος του σύμπηκτου θα πρέπει να είναι κατάλληλο για το μέγεθος του εκτρεφόμενου ιχθυοπληθυσμού. ο ποσοστό διατροφής (ανά γεύμα ή ανά ημέρα) θα πρέπει να είναι κατάλληλο για τον αριθμό και την βιομάζα των ψαριών σε ένα κλωβό. Τα ψάρια θα πρέπει να τρέφονται σε τακτά διαστήματα ώστε να μην προκληθεί ή να αυξηθούν τα επίπεδα του stress. Το ποσοστό της τροφής θα πρέπει να παραδίδεται και να διασπείρεται στην επιφάνεια του νερού ώστε όλα τα ψάρια να έχουν ίση ευκαιρία να τραφούν και να καλύψουν τις ημερήσιες διατροφικές τους ανάγκες.

Στα μικρά συστήματα κλωβών συστήνεται διατροφή με το χέρι για να επιτευχθεί η καλύτερη στρατηγική διατροφής. Σε μεγαλύτερα συστήματα αυτόματες ταΐστρες απαιτούνται με στόχο την διανομή και τον ρυθμό διασποράς για εξασφάλιση ιδανικής διατροφής. Όπου χρησιμοποιείται αυτόματο σύστημα θα πρέπει να υπάρχει σύστημα αντιδραστικής αναφοράς έτσι ώστε να μειώνεται ή να εξαλείφεται η κατάχρηση τροφής. Η αναφορά μπορεί να γίνεται είτε από τον χειριστή είτε με ένα αυτόματο σύστημα ανάδρασης.

Το ποσοστό ταΐσματος θα πρέπει να αναπροσαρμόζεται λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη του ιχθυοπληθυσμού. Για την αποφυγή συγκέντρωσης μη αποδεκτών επιπέδων συσσωρευμένου λίπους στον ιχθυοπληθυσμό θα πρέπει να διορθώνεται η διαχείριση της τροφής (αναπροσαρμογή σιτηρεσίων, επαναμέτρηση της βιομάζας με δειγματοληψία, έλεγχος των πινάκων διατροφής) ώστε να αποφεύγεται στην τελική φάση ανάπτυξης εφαρμόζεται νηστεία για να διορθωθεί η κατάσταση καθώς αυτή αυξάνει τα επίπεδα του stress και περιορίζει την ευημερία του ιχθυοπληθυσμού.

Μείωση των επιπέδων του συσσωρευμένου λίπους θα πρέπει να επιτευχθεί με μείωση της παρεχόμενης ενέργειας ανά γεύμα, είτε μειώνοντας την ποσότητα της τροφής (δίαιτα, όχι νηστεία) είτε κρατώντας την ποσότητα σταθερή και μειώνοντας το ενεργειακό περιεχόμενο της τροφής. Αν η διατροφή θα πρέπει να περιοριστεί για οποιοδήποτε λόγο μειώστε τον αριθμό των γευμάτων παρά την ποσότητα της τροφής που ταΐζεται σε κάθε γεύμα.

Η παραγωγή και χρήση ιχθυοτροφών που περιέχουν φάρμακα, θα πρέπει να ακολουθεί την Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία με την εφαρμογή κτηνιατρικής συνταγής και τήρηση σχετικών περιόδων αναμονής. Όλες οι τροφές θα πρέπει να αποθηκεύονται σε καθαρούς, ξηρούς και υδατοστεγείς και καλά αεριζόμενους

χώρους ενώ σε αυτούς έχουν πρόσβαση μόνο οι εργαζόμενοι στη μονάδα. Οι χώροι αποθήκευσης ιχθυοτροφών δεν θα πρέπει να είναι προσβάσιμοι σε κατοικίδια ζώα, τρωκτικά ή έντομα.

Οι φαρμακούχες ιχθυοτροφές θα πρέπει να είναι κατάλληλα «σημασμένες» και θα πρέπει να αποθηκεύονται σε ξεχωριστούς χώρους από τις κανονικές ιχθυοτροφές για να αποφευχθεί όποια ανάμειξη. Αρχεία ιχθυοτροφών θα πρέπει να κρατούνται συνεχώς και θα πρέπει να περιλαμβάνουν λεπτομέρειες του προμηθευτή, ποσότητα, τύπος ιχθυοτροφής σε αποθήκευση, ποσότητες που ταΐστηκαν σε κάθε κλωβό, προβλήματα κτλ.

### **5.3. Κανόνες ασφαλείας εργαστηρίου παρασκευής ιχθυοτροφών**

Ένα σύγχρονο εργαστήριο παρασκευής, χημικής ανάλυσης και ελέγχου των ιχθυοτροφών, δύναται να αποτελέσει κομβικό σημείο στη προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων.

Ο κάθε εργαζόμενος σε χημικό εργαστήριο πρέπει να έχει εις γνώση του ότι εργάζεται σε ένα περιβάλλον, όπου ενδεχομένως ορισμένες αντιδράσεις ή οι συγκεκριμένες συνθήκες κατά την εκτέλεση μιας εργασίας να εμπεριέχουν κίνδυνο πρόκλησης σωματικής ή υλικής βλάβης. Επομένως, ορισμένες προφυλάξεις είναι πάντοτε απαραίτητες, η δε τήρηση ορισμένων βασικών κανόνων και μέτρων ασφαλείας είναι αναγκαίες προϋποθέσεις για την ομαλή λειτουργία του εργαστηρίου.

#### **5.3.1.Βασικοί Κανόνες Εργαστηριακής Ασφάλειας-Τρόποι αντιμετώπισης**

Η τήρηση των βασικών κανόνων ασφαλείας που δίνονται πιο κάτω αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του εργαστηρίου σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία. Επομένως:

1. Απαγορεύεται το κάπνισμα και η κατανάλωση τροφίμων και ποτών.
2. Πρέπει όλοι να γνωρίζουν τη θέση των πυροσβεστήρων, των πηγών νερού, του φαρμακείου και των εξόδων κινδύνου.
3. Επιβάλλεται η χρήση εργαστηριακής μπλούζας και συνιστάται η χρήση προστατευτικών γυαλιών, ειδικά για όσους φορούν φακούς επαφής. Επίσης, συνιστάται η χρήση κλειστών παπουτσιών και όχι σανδαλιών. Σε περίπτωση που κάποια χημική ουσία έρθει σε επαφή με τα μάτια ή το δέρμα, συνιστάται η πλύση τους με άφθονο νερό.

4. Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή τοξικών ή διαβρωτικών ουσιών με το δέρμα. Σε περίπτωση επαφής, απαιτείται η έκπλυση με άφθονο νερό. Σε περίπτωση που η διαβρωτική ουσία προσβάλλει το ρουχισμό, αυτός πρέπει να απομακρυνθεί.
5. Να αποφεύγεται η επαφή των χημικών αντιδραστηρίων με το δέρμα.
6. Δυνατή είναι και η χρήση κατάλληλων γαντιών. Όταν φεύγετε από το εργαστήριο, πλένετε τα χέρια σας με άφθονο νερό και σαπούνι.
7. Να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών οποιουδήποτε είδους.
8. Όλες οι εργασίες που περιλαμβάνουν ή απελευθερώνουν ισχυρά οξέα, τοξικές ή πτητικές ουσίες πρέπει να εκτελούνται σε απαγωγούς.
9. Η αραίωση πυκνών οξέων, και ιδιαίτερα του θειικού οξέως, γίνεται με προσθήκη του πυκνού οξέος στο νερό και όχι αντίστροφα.
10. Τα υγρά και στερεά απόβλητα θα πρέπει να συλλέγονται σε ειδικά δοχεία και να μην ρίχνονται στους κεντρικούς νεροχύτες έως ότου απομακρυνθούν από τη μονάδα από την εταιρεία ανακύκλωσης των απορριμμάτων και χημικών αντιδραστηρίων. Συνίσταται να γίνεται διαχωρισμός των αποβλήτων σε τοξικά και μη τοξικά απόβλητα. Τα μη τοξικά απόβλητα μπορούν να επεξεργάζονται και να διοχετεύονται στο περιβάλλον χωρίς να δημιουργούν επιπτώσεις.
11. Απαγορεύεται η θέρμανση γυάλινων σκευών μέτρησης (π.χ. σιφώνια, ογκομετρικές φιάλες).
12. Απαγορεύεται η παρουσία στο εργαστήριο, χωρίς ενημέρωση του υπεύθυνου εργαστηρίου και χωρίς την παρουσία του.
13. Σε περίπτωση οποιουδήποτε ατυχήματος πρέπει να ενημερώνεται αμέσως ο υπεύθυνος εργαστηρίου.

Σε ότι αφορά την αντιμετώπιση των ατυχημάτων συνίσταται να γίνεται με την εξής διαδικασία:

- Ένα από τα συνηθέστερα ατυχήματα είναι οι αμυχές ή τραυματισμοί που προκαλούνται από τη θραύση γυάλινων σκευών ή κατά την εισδοχή γυάλινων σωλήνων σε διάτρητα πώματα από ελαστικό. Για την αποφυγή τέτοιων ατυχημάτων συνιστάται η διαβροχή των σκευών με νερό ή λιπαντικό και η χρήση υφάσματος.

- Σε περίπτωση απλών εγκαυμάτων, απλά ξεπλύνετε με άφθονο τρεχούμενο νερό. Για εγκαύματα μεγαλύτερης έκτασης είναι απαραίτητη η συνδρομή του γιατρού.

- Ο κίνδυνος πυρκαγιάς λόγω εύφλεκτων και πτητικών ενώσεων είναι υπαρκτός, γι' αυτό είναι απαραίτητη η γνώση της τοποθεσίας και του χειρισμού των πυροσβεστήρων με ποικίλες γομώσεις. Η χρήση νερού για τον έλεγχο της πυρκαγιάς δεν ενδείκνυται, μια και πολλές χημικές ουσίες αναφλέγονται με την παρουσία νερού (π.χ. Na, K, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

- Στο εργαστήριο θα υπάρχουν ειδικά σήματα κινδύνου και ειδικών μέτρων προστασίας που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα αντίστοιχα σήματα και ενδείξεις που αναγράφονται στην ετικέτα συσκευασίας κάθε χημικής ουσίας που χρησιμοποιείται.

Για τις χημικές αντιδράσεις και διεργασίες που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο χρησιμοποιείται πάντοτε το χημικά καθαρό νερό. Το κοινό πόσιμο νερό περιέχει, εκτός από διαλυμένα σε αυτό αέρια, και αρκετές ενώσεις κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου στη μορφή όξινων ανθρακικών αλάτων καθώς και ιόντα νατρίου, χλωρίου, σιδήρου, θειικά, κ.ά. Τα παραπάνω προκαλούν ανεπιθύμητες παρεμβολές στην εκτέλεση των χημικών αντιδράσεων και διεργασιών. Το νερό που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο μπορεί να ληφθεί με:

1. απόσταξη, που επιτυγχάνεται με βρασμό και ψύξη των υδρατμών, και
2. απιονισμό (δηλαδή απομάκρυνση των αλάτων που περιέχονται στο νερό) που επιτυγχάνεται με τη δίοδο του νερού σε ειδικές ρητίνες (ιοντοεναλλακτικές) ή σε ειδικές μεμβράνες.

## 6. Τεχνολογία και Μηχανολογικός εξοπλισμός εργαστηρίου παραγωγής

### Ιχθυοτροφών

#### 6.1. Σύγχρονη Τεχνολογία Παραγωγής Ιχθυοτροφών

Οι διαδικασίες με τις οποίες παράγονται έως και σήμερα οι ιχθυοτροφές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη είναι με τεχνολογία Σύμπηξης (Pellet) και η δεύτερη και πλέον σημαντική με τεχνολογία Εξώθησης (Extrusion) με την οποία θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στο κεφάλαιο αυτό. Αν και ο τελικός στόχος και των δύο τεχνολογικών διαδικασιών είναι η παρασκευή ιχθυοτροφών, υπάρχουν σημαντικές διαφορές τόσο στην διαδικασία παραγωγής των τροφών όσο και στην σύσταση του τελικού προϊόντος. Για να κατανοηθούν εύκολα αυτές οι διαφορές θα πρέπει να γίνει πρώτα μία αναφορά στον τρόπο λειτουργίας της διαδικασίας σύμπηξης, (αναφορικά) Webster & Lim (2002).

Η πολύ γρήγορη ανάπτυξη της συστηματικής ιχθυοκαλλιέργειας στην Μεσόγειο την τελευταία εικοσαετία αποτέλεσε κύριο ερέθισμα στην δημιουργία εργοστασίων ιχθυοτροφών και στον Ελλαδικό χώρο. Σήμερα στα σύγχρονα συστήματα διατροφής, περιλαμβάνονται μόνο ξηρές τροφές με περιεχόμενο υγρασίας 8 –12%, σταθερής σύνθεσης και μορφοποιημένες σε σχήμα και μέγεθος, ώστε να καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις του είδους και του σταδίου ανάπτυξης των ψαριών από τα οποία πρόκειται να καταναλωθούν. Για παράδειγμα ψάρια που λαμβάνουν την τροφή τους στην επιφάνεια (επιπλέουσες τροφές), στο νερό (αιωρούμενες στο νερό τροφές), στον πυθμένα (βυθιζόμενες τροφές). Επίσης η σύνθεση των θρεπτικών ουσιών θα πρέπει να είναι ανάλογη ώστε να καλύπτει τις ειδικές ανάγκες των ψαριών και να προσελκύουν αυτά Webster & Lim (2002).

Υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την συμπεριφορά των ψαριών κατά την διατροφή. Για να είναι αποδοτική μια ιχθυοτροφή θα πρέπει πέρα από την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων της να είναι ελκυστικά αποδεκτή από τα ψάρια, έχοντας τα κατάλληλα στοιχεία στα παρακάτω χαρακτηριστικά.

- Εμφάνιση
- Οσμή
- Υφή
- Γεύση

Το υδάτινο περιβάλλον μέσα στο οποίο λαμβάνονται από τα ψάρια οι τροφές, δίνει μια ιδιαιτερότητα σε αυτές και απαιτεί να είναι σταθερές μέσα σε αυτό μέχρι να παραληφθούν από τα ψάρια, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες και αφετέρου να μην επιβαρύνουν το νερό και επηρεάζουν αρνητικά την υγιεινή κατάσταση των εκτρεφόμενων ιχθύων. Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού παρασκευής – επεξεργασίας των ιχθυοτροφών και η διάταξη του είναι ένα σημαντικό μέρος της απόφασης για οποιαδήποτε εταιρία σχεδιάζει να ασχοληθεί με την παραγωγή ιχθυοτροφών. Γενικά ο εξοπλισμός που απαιτεί ένα εργοστάσιο ιχθυοτροφών στα περισσότερα στάδια είναι παραπλήσιος εκείνου που απαιτείται σε ένα σύγχρονο εργοστάσιο ζωοτροφών, με κάποιες όμως εξαιρετικά μεγάλης σημασίας διαφορές που πρέπει να προσεχθούν όσον αφορά τον σχεδιασμό και τα ειδικά χαρακτηριστικά των επί μέρους μηχανημάτων (Webster & Lim 2002).

Οι κύριες λειτουργίες επεξεργασίας είναι:

- Δοσομέτρηση – ζύγιση
- Λεπτή άλεση (MICRONIZING)
- Ανάμιξη
- Πελλετοποίηση ή εξώθηση
- Τρίψιμο
- Κοσκίνισμα / κοκκομετρία
- Προσθήκη λίπους / Ελαίου
- Συσκευασία-(big bag)
- Αποθήκευση

Τα σημαντικότερα στάδια επεξεργασίας τα οποία προσδίδουν και την ιδιαιτερότητα στις εγκαταστάσεις παραγωγής ιχθυοτροφών είναι η λεπτή και ομοιόμορφη (μέγεθος κόκκων) άλεση, ο βαθμός της θερμικής επεξεργασίας (πελλετοποίηση ή εξώθηση) για την μορφοποίηση και βελτίωση της πεπτικότητας, καθώς επίσης η δυνατότητα ενσωμάτωσης υψηλού ποσοστού ειδικής σύνθεσης λίπους / ελαίου. Τα τελευταία χρόνια αρκετές αξιόλογες και αποτελεσματικές μέθοδοι επεξεργασίας συστατικών και υλών στην βιομηχανία ιχθυοτροφών έχουν αναπτυχθεί και στηρίζονται στο συνδυασμό της θερμότητας και της πίεσης. Βασικά μηχανήματα όλων αυτών είναι η Πρέσα στην πελλετοποίηση και ο EXTRUDER στην συνολική εξώθηση οπότε ανάλογα και χαρακτηρίζονται ως πελλετοποίηση και εξώθηση (Webster & Lim 2002).



## 6.2. Σύμπτυξη (πελλετοποίηση)

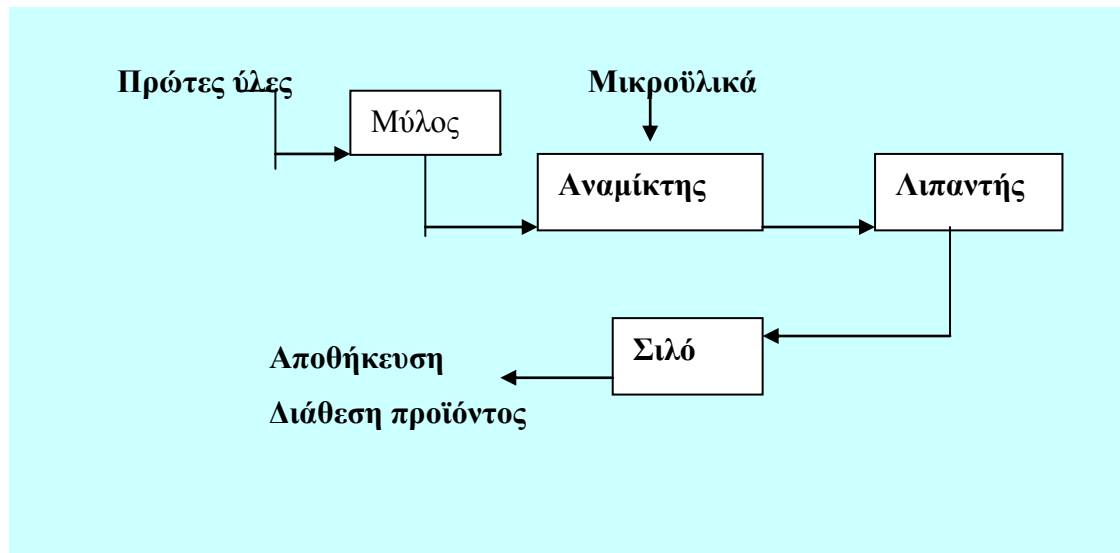
Για την κάλυψη των αναγκών σε αποδοτικές και υγιεινές τροφές, για τους οργανισμούς των ζώων, αλλά και ειδικότερα των ιχθύων που μας αφορούν, δημιουργήθηκε η διαδικασία της σύμπτυξης. Δηλαδή η δημιουργία ξηρής τροφής σε σχήμα κόκκων συγκεκριμένου μεγέθους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ζώων (Πιν.7).

### Διαδικασία

Οι πρώτες ύλες που αποτελούν το σιτηρέσιο (δηλ. ιχθυάλευρο, σόγια κ.τ.λ.) συγκεντρώνονται και περνούν από τον μύλο. Έπειτα υπάρχει το στάδιο της ανάμιξης όπου γίνεται η ομογενοποίηση του μίγματος. Το ιχθυάλευρο μέσα σε ένα οριζόντιο ταχυαναμίκτη (CONDITIONER) αναμιγνύεται με ατμό για περίπου 20 δευτερόλεπτα και αποκτά θερμοκρασία 70-75°C και υγρασία 15-17%. Το μίγμα είναι προετοιμασμένο να περάσει στην πρέσα για πελλετοποίηση η οποία πραγματοποιείται με πίεση διαμέσου ανάλογου μεγέθους οπών της μήτρας. Η διαδικασία αυτή ανεβάζει την θερμοκρασία κατά περίπου 10°C για 2-3 δευτερόλεπτα ακόμη. Κατά την έξοδο των PELLETS από την μήτρα υπάρχει διάταξη κοπής αυτών στο επιθυμητό μήκος. Στη συνέχεια τα PELLETS ψύχονται και αποκτούν την ανάλογη σκληρότητα, στον συντομότερο δυνατό χρόνο.

Το τελικό στάδιο είναι η λίπανση της τροφής από τον λιπαντήρα που γίνεται με επικάλυψη και η αποθήκευση της για χρονικό διάστημα σε σιλό μέχρι την απορρόφηση του λαδιού από την τροφή (Σχ. 1). Αυτή είναι η βασική διαδικασία της τεχνολογίας παρασκευής κόκκων με την πελλετοποίηση κατά την οποία επιδιώκεται η μορφοποίηση των ιχθυοτροφών και η βελτίωση της μετατρεψιμότητας και της σταθερότητας των κόκκων μέσα στο νερό.

Πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει ότι με την παραδοσιακή αυτή μέθοδο επεξεργασίας παράγονται εξ ίσου υψηλής ποιότητας ιχθυοτροφές, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται προσεκτικά επιλεγμένες συγκολλητικές ουσίες. Το αρνητικό της μεθόδου είναι ότι δεν μπορεί να αξιοποιήσει σοβαρή συμμετοχή αυτούσιων (ακατέργαστων) φυτικών υλών (αμυλούχων, κυτταρινούχων) και περιορίζεται σε ζωτικής προέλευσης μόνο εξευγενισμένες ύλες, που συνήθως διαμορφώνουν υψηλό κόστος σύνθεσης. Αυτές όμως από την φύση τους είναι εύπεπτες και δεν απαιτούν ιδιαίτερη θερμική επεξεργασία.

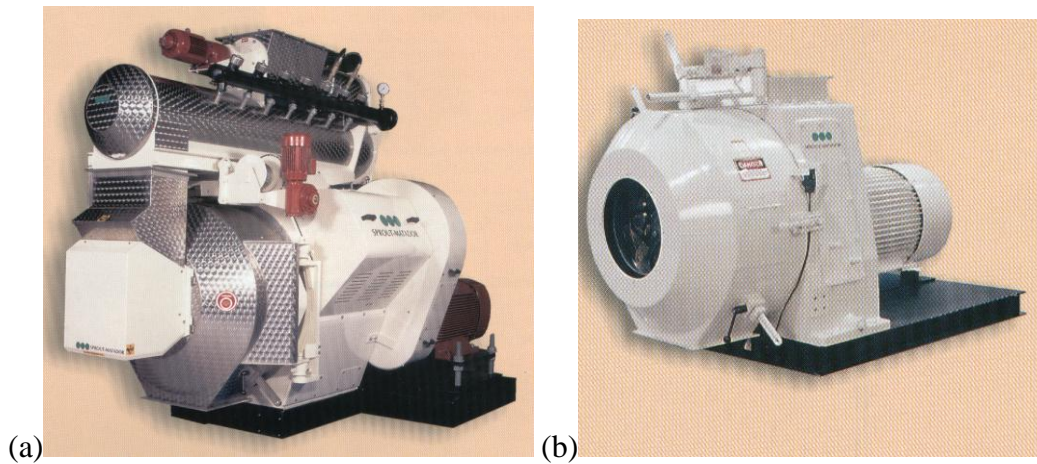


Σχήμα 1. Διαδικασία διάθεσης προϊόντος για την Παρασκευή ιχθυοτροφών

Άλλοι τρόποι και τεχνικές πιο αποτελεσματικής εφαρμογής της θερμότητας που συμπληρώνουν την βασική αυτή μέθοδο επεξεργασίας είναι η προσθήκη μεταξύ του CONDITIONER και της πρέσας:

1. Ενός ωριμαντή (RIPENER BIN) όπου η ιχθυοτροφή παραμένει κάτω από την δράση του ατμού και της θερμοκρασίας για 15- 20 λεπτά της ώρας (μακράς διάρκειας ωρίμανση).
2. Μια δεύτερη πρέσα (διπλή πελλετοποίηση)
3. Τέλος ενός συστήματος προσυμπύκνωσης - μερικής εξώθησης (PRE – COMPRESSION – EXPANSION SYSTEM) , στο οποίο έχουμε επίδραση θερμοκρασίας (έως 110°C) και πίεσης (έως 80 BAR ) συγχρόνως για διάστημα 30 – 45 δευτερόλεπτα. Από τον EXPANDER διέρχεται συνολικά η ιχθυοτροφή υφιστάμενη την επεξεργασία και στην συνέχεια οδηγείται για πελλετοποίηση στην πρέσα.

Η επεξεργασία μερικής εξώθησης όπως και οι άλλες μέθοδοι σε μικρότερο βαθμό έχουν σημαντική επίδραση στο σπάσιμο των κυτταρικών μεμβρανών και την ζελατινοποίηση του αμύλου. Η διαβάθμιση της επίδρασης αυτής μπορεί να φτάσει μέχρι το πλήρες σπάσιμο των άπεπτων κυτταρικών μεμβρανών και την πλήρη διάσπαση των αμυλοκόκκων, οπότε με την ολοκλήρωση έχουμε την πλήρη εξώθηση (EXTRUSION). Ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας με την πελλετοποίηση επιτρέπει την διεύρυνση του καταλόγου των υλών που χρησιμοποιούνται στην σύνθεση των ιχθυοτροφών (Εικ. 1 και Εικ. 2).



Εικόνα 1. (a) Τύπος πρέσας με conditioner (b) Πρέσα



Εικόνα 2. Τύπος πρέσας μερικής εξώθησης

Πίνακας 7. Σύσταση της τροφής (extruder και pelleted) με την οποία διατρέφθηκαν γατόψαρα σε διαφορετικές αναλογίες.

Υλεις	(%)
Αλεσμένος αραβόσιτος	33,20
Σογιάλευρο	25,00
Φυστικάλευρο	25,00
Ιχθυάλευρο	12,00
Σίτος	4,00
Φ.Δ	0,70
Πρόμιγμα Βιταμινών	0,05
Ιχνοστοιχεία	0,05

Οι πιο ευρέως αναγνωρισμένοι λόγοι για τους οποίους εφαρμόζεται η διαδικασία πελλετοποίησης (Pelleting) αναφέρονται στην συνέχεια.

**Αποτελέσματα πελλετοποίησης:**

Με την διαδικασία της πελλετοποίησης έχουμε την επιθυμητή πυκνότητα (bulk). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διευκολύνει την μεταφορά και την αποθήκευση της τροφής. Ακόμα μειώνει το κόστος μεταφοράς και το πιο σημαντικό βελτιώνει την πλευστότητα των κόκκων και τον υγιεινό της χαρακτήρα. Σαν συνέπεια αυτών των δεδομένων είναι το αυξημένο κέρδος για τον παρασκευαστή της τροφής, αφού η τροφή είναι οικονομικά αποδοτικότερη.

Προλαμβάνει την "αποομογενοποίηση" των συστατικών. Μας επιτρέπει την προσθήκη φαρμάκων χωρίς πιθανότητες ανακρίβειας στην δοσολογία και επίσης οι καλλιεργούμενοι ιχθείς δεν "μπορούν" να "επιλέξουν" συστατικά από την τροφή.

Αυξημένη πρόσληψη τροφής. Υπάρχει ευκολότερη μετατροπή της τροφής χωρίς απώλειες λόγω αποβολής άπεπτης τροφής. Άρα έχουμε βελτιωμένη διατροφική ποιότητα του σιτηρεσίου και αυξημένο κέρδος για τον εκτροφέα.

### **6.3. Εξώθηση (extrusion)**

Η διαδικασία μέσω της οποίας το υλικό ομογενοποιείται, μεταφέρεται, θερμαίνεται, πιέζεται, υποβάλλεται σε τεμαχισμό και αποκόπτεται πριν εξωθηθεί, ονομάζεται εξώθηση, η οποία βασίζεται στον εξαναγκασμό της διέλευσης μιας προθερμανθείσας πάστας τροφής, δια μέσου μιας μήτρας η οποία την μορφοποιεί. Το κύριο εξάρτημα του EXTRUDER είναι ένας ή δύο κοχλίες, οι οποίοι περιστρέφονται με υψηλή σχετικά ταχύτητα, μέσα σε ένα κυλινδρικό βαρέλι κατάλληλης διαμέτρου ώστε να εφαρμόζει ο κοχλίας.

Η αρχή λειτουργίας του είναι η επεξεργασία μαγειρέματος σε υψηλή θερμοκρασία και η πίεση για περιορισμένο χρόνο. Το πλήρες μίγμα της ιχθυοτροφής με την προσθήκη ατμού μέσα στον κύλινδρο υφίσταται την επίδραση, της προοδευτικά αυξανόμενης θερμοκρασίας (έως 180°C) και πίεσης (έως 140 BAR) για 40-60 δευτερόλεπτα. Η εξώθηση (EXTRUSION), απαιτεί υψηλότερα επίπεδα υγρασίας, θερμοκρασίας και πίεσης από ότι οι λοιπές μέθοδοι επεξεργασίας. Συνήθως το μίγμα (ιχθυάλευρο) το οποίο πρέπει να είναι πολύ λεπτοαλεσμένο έχει ωριμάσει με ατμό ή νερό και έχει μετατραπεί σε μάζα (πάστα) πριν εισέλθει στον EXTRUDER. Η πάστα αυτή η οποία περιέχει 18-25% υγρασία ανάλογα με την σύνθεσή της εκθλίβεται δια μέσου των οπών της μήτρας στο τέλος του κυλίνδρου πίεσης. Μέρος του υπερθερμαθέντος νερού που περιέχεται στην πάστα αμέσως μετά την οπή

εξαερίζεται καθώς η πίεση επανέρχεται πίσω στα επίπεδα της ατμοσφαιρικής και προκαλεί την ΕΞΩΘΗΣΗ.

Ο βαθμός της εξώθησης που είναι συνάρτηση της πίεσης και της θερμοκρασίας δημιουργεί προϊόν με μικρό ειδικό βάρος (0,28-0,38 TNS/M<sup>3</sup>) και περιέχει υψηλό ποσοστό υγρασίας το οποίο θα πρέπει σιγά-σιγά να αφαιρεθεί. Στην περίπτωση της συνολικής εξώθησης του προϊόντος συνήθως οι ευαίσθητες στην θερμότητα βιταμίνες, προστίθενται μετά την επεξεργασία και ξήρανση μαζί με το έλαιο/ λίπος . Μερικές δε εταιρίες παρασκευής ιχθυοτροφών, επεξεργάζονται μεμονωμένα τις φυτικές ύλες και στην συνέχεια τις ενσωματώνουν στο μίγμα και τις πελλετοποιούν.

Οι φυσικές συγκολλητικές ουσίες κάτω από αυτές τις συνθήκες ενεργοποιούνται και συντελούν στην συγκόλληση και μορφοποίηση του προϊόντος. Οι άπεπτες κυτταρικές μεμβράνες οι οποίες περιβάλλουν τα φυτικά κύτταρα και τους αμυλόκοκκους σπάνε και απελευθερώνουν το θρεπτικό περιεχόμενό τους, το οποίο όπως το άμυλο διασπάται σε απλά σάκχαρα και γίνεται πιο εύπεπτο. Επίσης η θερμική επεξεργασία αδρανοποιεί ή καταστρέφει διάφορους ενδογενείς αντιθρεπτικούς παράγοντες που είναι συνδεδεμένοι με τις φυτικές πρωτεΐνες και κάποιους εξωγενείς παράγοντες που επιμολύνουν τα ζωικά υποπροϊόντα (Σαλμονέλα).

Εντούτοις ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας ώστε να διασφαλισθούν οι κατάλληλες και σταθερές συνθήκες (υγρασία, πίεση, θερμοκρασία,) οι οποίες δεν θα επιδράσουν αρνητικά στην ιχθυοτροφή, καταστρέφοντας τις πρωτεΐνες και μειώνοντας την διαθεσιμότητά τους, είτε με την μετουσίωση τους ή την δημιουργία συμπλόκων με άλλα συστατικά όπως τα σάκχαρα. Επίσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η καταστροφική επίδραση που μπορεί να έχει η θερμοκρασία σε ορισμένα προσθετικά (βιταμίνες) (Webster & Lim 2002).

### **Διαδικασία εξώθησης (ανά στάδιο)**

#### **Ζύγιση & επιλογή πρώτων υλών**

Σύμφωνα με την ζωοτροφή που μας ενδιαφέρει να παράγουμε μέσω της εξώθησης, γίνεται η επιλογή του σιτηρεσίου. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με

την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος με το υπάρχον σύστημα. Ο υπολογιστής “διαβάζοντας” το επιλεγμένο σιτηρέσιο στο οποίο αναγράφονται όχι μόνο οι πρώτες ύλες (μάκρο – μικρο), αλλά και οι ποσότητες αυτών, εκφρασμένες σε κιλά, δίνει την εντολή για αυτόματο ζύγισμα του κάθε υλικού ξεχωριστά ανά παρτίδα. (Η συνολική ποσότητα σε κιλά που περιέχει κάθε παρτίδα διαμορφώνεται από πρόγραμμα που υπάρχει στον υπολογιστή που διαχειρίζεται τον αυτοματισμό της γραμμής παραγωγής ). Στην διαδικασία αυτή χρεώνεται και η ποσότητα του ελαίου (σε συνδυασμό με την λεκιθίνη) που αναλογεί σε κάθε παρτίδα.

### **Μύλος**

Από την στιγμή που έχει πραγματοποιηθεί η ζύγιση των κύριων υλικών στον ζυγό, μεταφέρονται αυτόματα στον μύλο. Όταν οι πρώτες ύλες φτάσουν στον μύλο αρχίζει η διαδικασία της άλεσης έτσι ώστε η κοκκομετρία του μίγματος να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη πεπτικότητα της τροφής αλλά και η καλύτερη ανάμιξη των υλικών, όταν αυτά περάσουν στο στάδιο της ανάμιξης. Ο χρόνος που διαρκεί η άλεση των συστατικών δίνεται από τον κατασκευαστή της τροφής και τις προδιαγραφές τόσο του μύλου όσο και των πρώτων υλών (Εικ. 3).



Εικόνα.3 Μύλος

### **Ανάμιξη των ζωοτροφών (αναμίκτης)**

Μετά το μύλο το μίγμα των συστατικών μεταφέρεται στον “αναμικτήρα”, όπου γίνεται η ομογενοποίηση του μίγματος έτσι ώστε να εξασφαλίζουμε την ομοιογένεια των φυσικών και θρεπτικών ιδιοτήτων του μίγματος. Ένα μίγμα ζωοτροφών θεωρείται ομοιογενοποιημένο, όταν σε ορισμένη ποσότητα περιέχει όλα τα συστατικά στο ποσό που έχει αρχικά καθοριστεί. Η ποσότητα του μίγματος στην

οποία γίνεται η ομοιογένεια , πρέπει να είναι το πολύ ίση προς εκείνη που θα καταναλωθεί από το ψάρι στο γεύμα του.

Σε αυτή την φάση γίνεται και η προσθήκη των μικροϋλικών (βοηθητικών υλών), όπως βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, αμινοξέα, αντιμυκητιακά, αντιβακτηριακά, συγκολλητικά, χρωστικές ουσίες. Μικροϋλικά, τα οποία πιθανόν να αποδομούνται αν περάσουν από τον μύλο (πχ. Ιχνοστοιχεία). Τα μικροϋλικά που έχουν πρόβλημα στην υψηλή θερμοκρασία διοχετεύονται σε μορφή θερμοάντοχη (πχ Βιταμίνη C-stay form). Η ανάμιξη των ζωοτροφών προς την παρασκευή μίγματος απαιτεί προσοχή και γνώση διότι πρέπει να εξασφαλίζει την ομοιογένεια του μίγματος (Webster & Lim 2002).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ομοιογένεια ενός μίγματος ζωοτροφών είναι:

- Η ακρίβεια ζύγισης
- Η επιμέλεια και ο χρόνος ανάμιξης
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υπό ανάμιξη συστατικών

Η ζύγιση πρέπει να γίνεται με ανώτερο όριο ανοχής  $\pm 1\%$ , για αυτό απαιτούνται κατάλληλοι ζυγοί και προσεκτική εκτέλεση της ζύγισης. Η ανάμιξη εκτελείται με την βοήθεια ειδικών αναμικτήρων, οι οποίοι εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη κατανομή των διάφορων συστατικών εντός της μάζας του μίγματος. Η απαιτούμενη διάρκεια ανάμιξης δίδεται από τον κατασκευαστή της τροφής και σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του αναμικτήρα και συνήθως ανέρχεται σε 3-10' ανάλογα του τύπου του αναμικτήρα και είναι μεγαλύτερη στους κατακόρυφους και μικρότερη στους οριζόντιους (Webster & Lim 2002).

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των συστατικών του μίγματος, τα οποία έχουν σημασία για την ομοιογένεια είναι κυρίως:

- Το σχήμα των σωματιδίων: Οι σφαιρικοί κόκκοι αναμιγνύονται ευκολότερα και καλύτερα γιατί έχουν μικρό συντελεστή τριβής και επομένως καλύτερη διεισδυτικότητα.
- Το ειδικό βάρος: Σωματίδια μικρότερου ή μεγαλύτερου ειδικού βάρους τείνουν να διαχωριστούν των υπόλοιπων στο μίγμα, τα πρώτα μέσω επιπλεύσεως και τα δεύτερα μέσω καθιζήσεως (π.χ. ιχνοστοιχεία).

- Η υγροσκοπικότητα: Υγροσκοπικά συστατικά σχηματίζουν συσσωματώματα με τα άλλα συστατικά του μίγματος ή μεταξύ τους και δεν διασπείρονται ομοιόμορφα στην μάζα του μίγματος.
- Το μέγεθος των σωματιδίων: Είναι ο σημαντικότερος παράγοντας της ομοιογένειας και μάλιστα για συστατικά τα οποία μετέχουν στο μίγμα σε πολύ μικρό ποσοστό, γιατί επηρεάζει αφενός μεν τον αριθμό των σωματιδίων του συστατικού και συνεπώς την δυνατότητα επαρκούς διασποράς στην μάζα του μίγματος, αφετέρου δε άλλες ιδιότητες των σωματιδίων, όπως το φαινομενικό ειδικό βάρος (Εικ. 4).

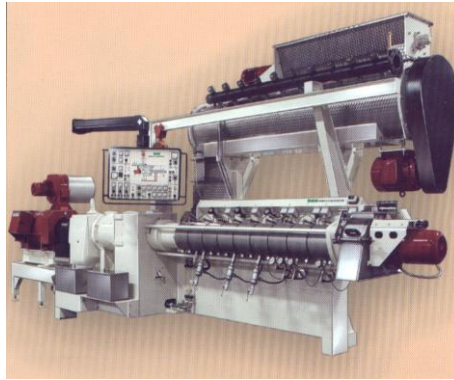


Εικόνα 4. Συσκευή ανάμιξης (Αναμκτήρας)

### **Ρύθμιση υγρασίας (Conditioning)**

Σε αυτό το στάδιο γίνεται και ο διαχωρισμός της διαδικασίας σύμπτυξης από την διαδικασία της εξώθησης. Όταν το μίγμα έχει περάσει από τον αναμκτήρα όπου έχει γίνει και η ανάμιξη των κύριων υλικών και των μικροϋλικών, το μίγμα περνάει από το Conditioner που στην κυριολεξία γίνεται το Μαγείρεμα του μίγματος και η ρύθμιση της υγρασίας του. Με την προσθήκη νερού σε υψηλή θερμοκρασία, το μίγμα διοχετεύεται μέσα στην συσκευή στην οποία υπάρχει ένας συνδυασμός πτερυγίων τα οποία "χτυπούν" το μίγμα και το προωθούν προς τον κοχλία εξώθησης (Εικ. 5) (Webster & Lim 2002).

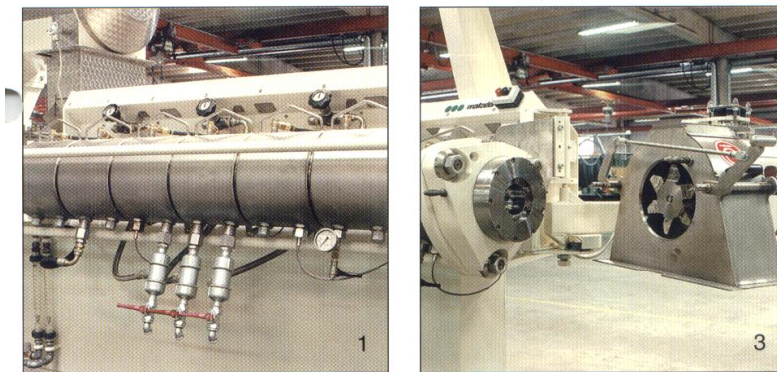




Εικόνα 5. Conditioner-κοχλίας εξώθησης

### **Κοχλίας εξώθησης:**

Ο κοχλίας εξώθησης περιλαμβάνεται από τους θαλάμους ψύξης (για λόγους προστασίας από την λειτουργία και την συνεχή καταπόνηση). Ο ρόλος του κοχλίας εξώθησης δεν περιορίζεται μόνο στην μεταφορά του μίγματος (σε μορφή πάστας πλέον ) προς την "μήτρα", αλλά και στην συμπίεση και διόγκωση αυτού. Αυτό επιτυγχάνεται με την ειδική μορφή και διάταξη που έχουν τα πτερύγια του (διάμετρος και μεταξύ τους απόσταση) (Εικ. 6). Με την χορήγηση λαδιού βελτιώνεται η ροϊκή ικανότητα του μίγματος ενώ με τον ατμό παρατείνεται η διαδικασία μαγειρέματος (Webster & Lim 2002).



Εικόνα 6. Κοχλίας - μαχαίρι 3

Αποτέλεσμα του χειρισμού αυτού είναι η απόδοση, στον κόκκο, των επιθυμητών φυσικών ιδιοτήτων:

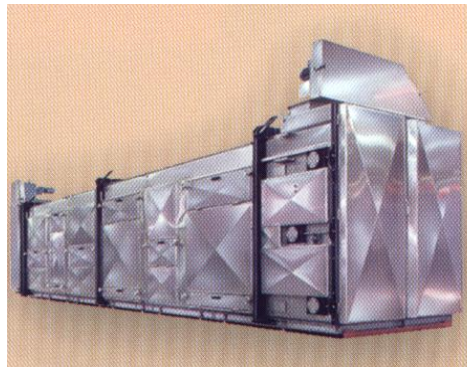
- Πλευστότητα
- Χαμηλό ειδικό βάρος
- Σκληρότητα
- Λεία επιφάνεια

- Απορροφητικότητα (ώστε να είναι δυνατή η απορρόφηση των υψηλών ποσοτήτων ελαίων που απαιτούνται από το σιτηρέσιο).

Στην συνέχεια το μίγμα εξωθείται μέσω της μήτρας, της οποίας οι οπές έχουν διάμετρο ανάλογα με το είδος της τροφής (π.χ. 1,2 1,6 2,6 mm) και κόβεται με την βοήθεια περιστροφικού  $\vec{m}$ αχαιριού. Το μίγμα εξέρχεται από τον κοχλία με 20% υγρασία, περίπου. Έπειτα υπάρχει η προαιρετική ύπαρξη (συστήματος) διόγκωσης του μίγματος, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη διόγκωση του κόκκου, (Βύθιση της τροφής πλευστότητα) (Webster & Lim 2002).

### Ξήρανση – ξηραντής

Το μίγμα από την στιγμή που έχει περάσει το στάδιο της μήτρας και έχει δημιουργηθεί ως κόκκος μπαίνει στο στάδιο της ξήρανσης. Στον ξηραντή γίνεται η ρύθμιση της εναπομείναντος στον κόκκο υγρασίας, στο επιθυμητό όριο (Εικ.7).



Εικόνα 7. Ξηραντής

### Λιπαντής

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας παραγωγής είναι της λίπανσης των κόκκων. Η προσθήκη υγρών στοιχείων λιπαρών π.χ. ιχθυέλαιο και γαλακτοματοποιητών όπως λεκιθίνης. Βασικό πλεονέκτημα του εξωθούμενου pellet είναι ότι έχει υψηλή απορροφητικότητα λιπαρών ουσιών από το πρεσαριστό pellet η οποία υποβοηθείται συνήθως από την ύπαρξη υποπίεσης στον λιπαντήρα (800 mbar-80 atm) (Webster & Lim 2002).

### Ψύκτης

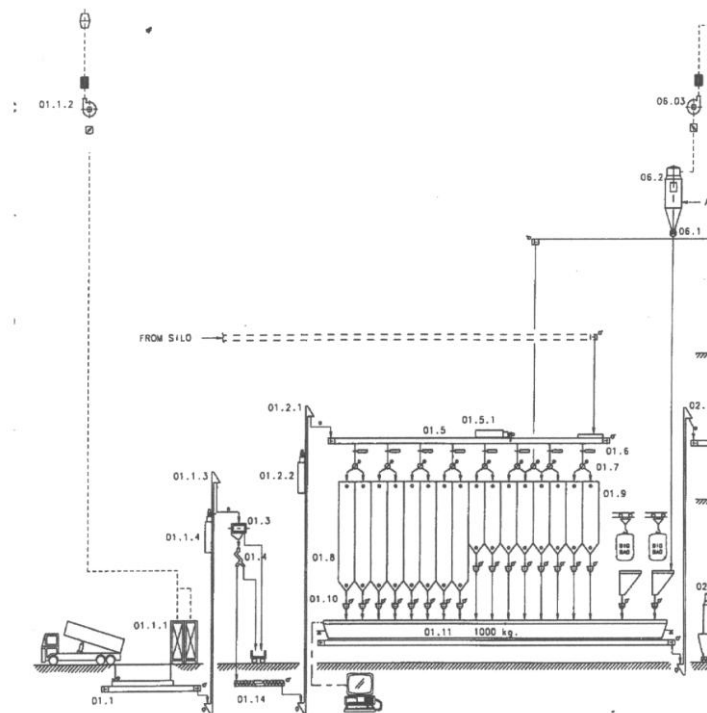
Το τελευταίο και σημαντικό στάδιο της παραγωγής είναι ο ψύκτης. Ακολουθεί η παραμονή για χρονικό διάστημα που έχουμε ορίσει σε δοχείο ψύξης το οποίο εξαρτάται από την θερμοκρασία του pellet και του περιβάλλοντος. Πριν τον ψύκτη παρεμβάλλεται ένα κόσκινο το οποίο κατακρατεί την σκόνη και τους σπασμένους κόκκους. Το κόσκινο αλλάζει ανάλογα του μεγέθους του κόκκου που

παράγεται. Κόσκινα ειδικών διαστάσεων υπάρχουν και ενδιάμεσα των σταδίων παραγωγής (Εικ.8)(Webster & Lim 2002).

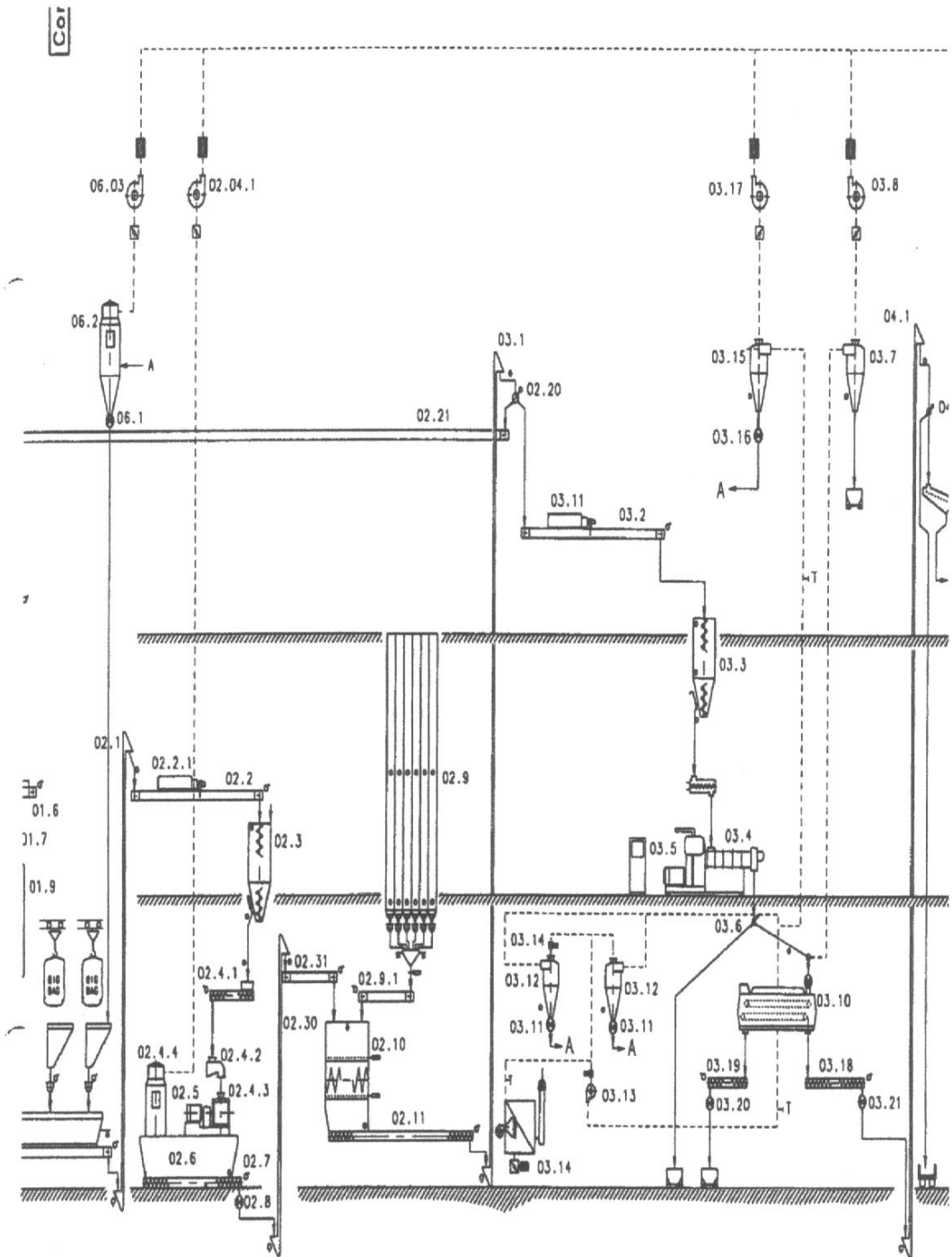


Εικόνα 8. Ψύκτης

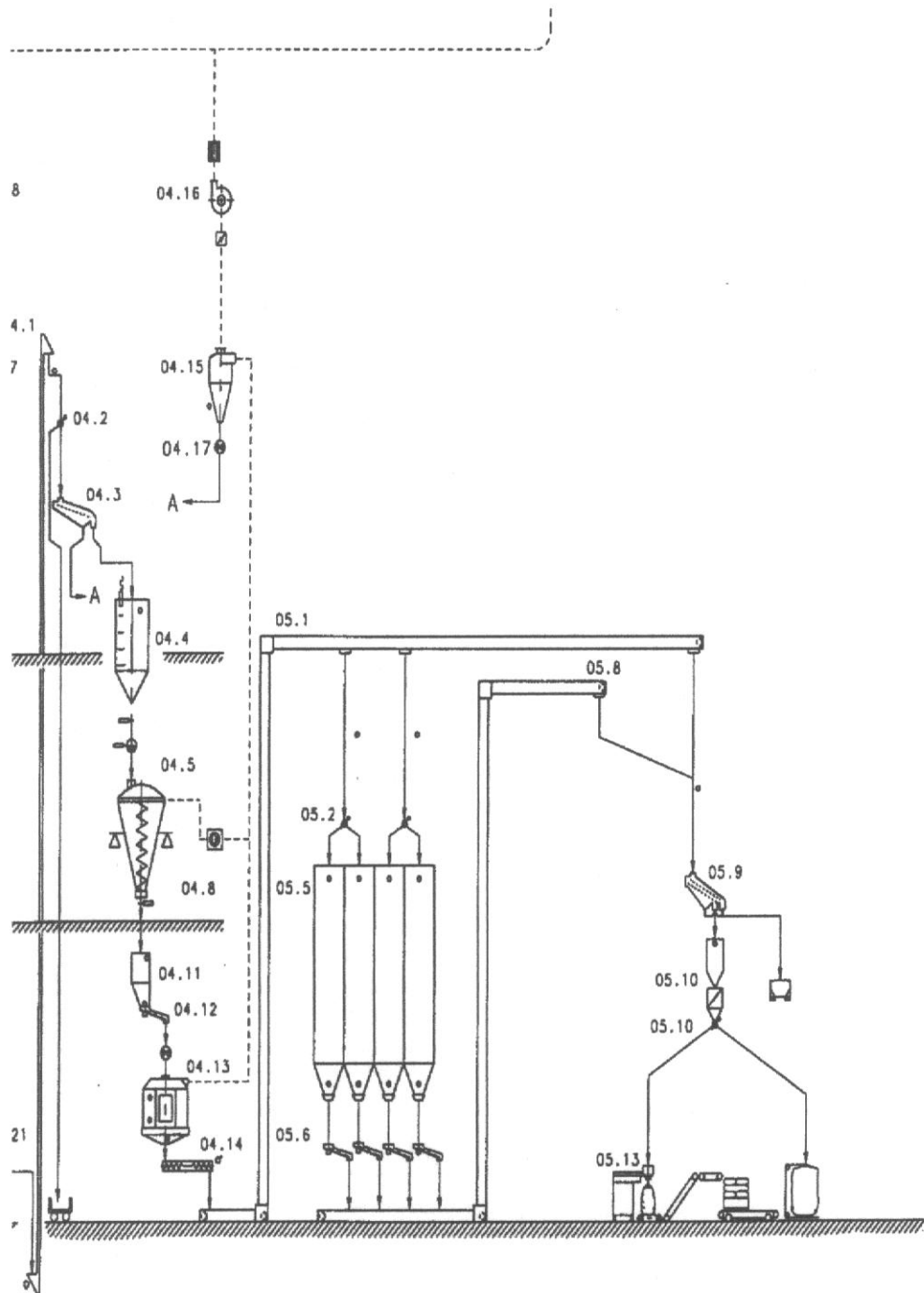
Στο Σχήμα 2α, 2β και 2γ παρουσιάζεται η διάταξη της γραμμής παραγωγής ενός εργοστασίου παραγωγής ιχθυοτροφών.



Σχήμα 2α. Διάταξη γραμμής παραγωγής εργοστασίου ιχθυοτροφών εξώθησης (Σκάφη υποδοχής πρώτων υλών, σιλό υλικών, αναβατήριο, ζυγαριά ακριβείας, αναβατήριο).



Σχήμα 2β. Διάταξη γραμμής παραγωγής εργοστασίου ιχθυοτροφών εξώθησης (Αναμονή μύλου, μύλος, αναμίκτης, σιλό μικρουλικών, αναμονή extruder, conditioner, κοχλίας εξώθησης, ξηραντής, κόσκινα)



Σχήμα 2γ. Διάταξη γραμμής παραγωγής εργοστασίου ιχθυοτροφών εξώθησης (Αναβατήριο, λιπαντής, (υποπίεση), ψύκτης, σιλό ετοιμών προϊόντων, ενσάκιαση σάκων ή big- bag).

#### 6.4. Διαφορές διαδικασίας παραγωγής σύμπηξης-εξώθησης

Υπάρχουν αρκετές και σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας και μορφοποίησης των ιχθυοτροφών, όσο αφορά την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, το κόστος και φυσικά το επιτυγχανόμενο αποτέλεσμα. Οι σημαντικότεροι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αξιολογούνται κατά την επιλογή της μίας ή της άλλης μεθόδου είναι (Σχ.3):

- Είδη ιχθύων που θα διατραφούν
- Είδη πρώτων υλών που θα επεξεργασθούν
- Τελικό κόστος παραγωγής

##### **Πελετοποιημένη τροφή:**

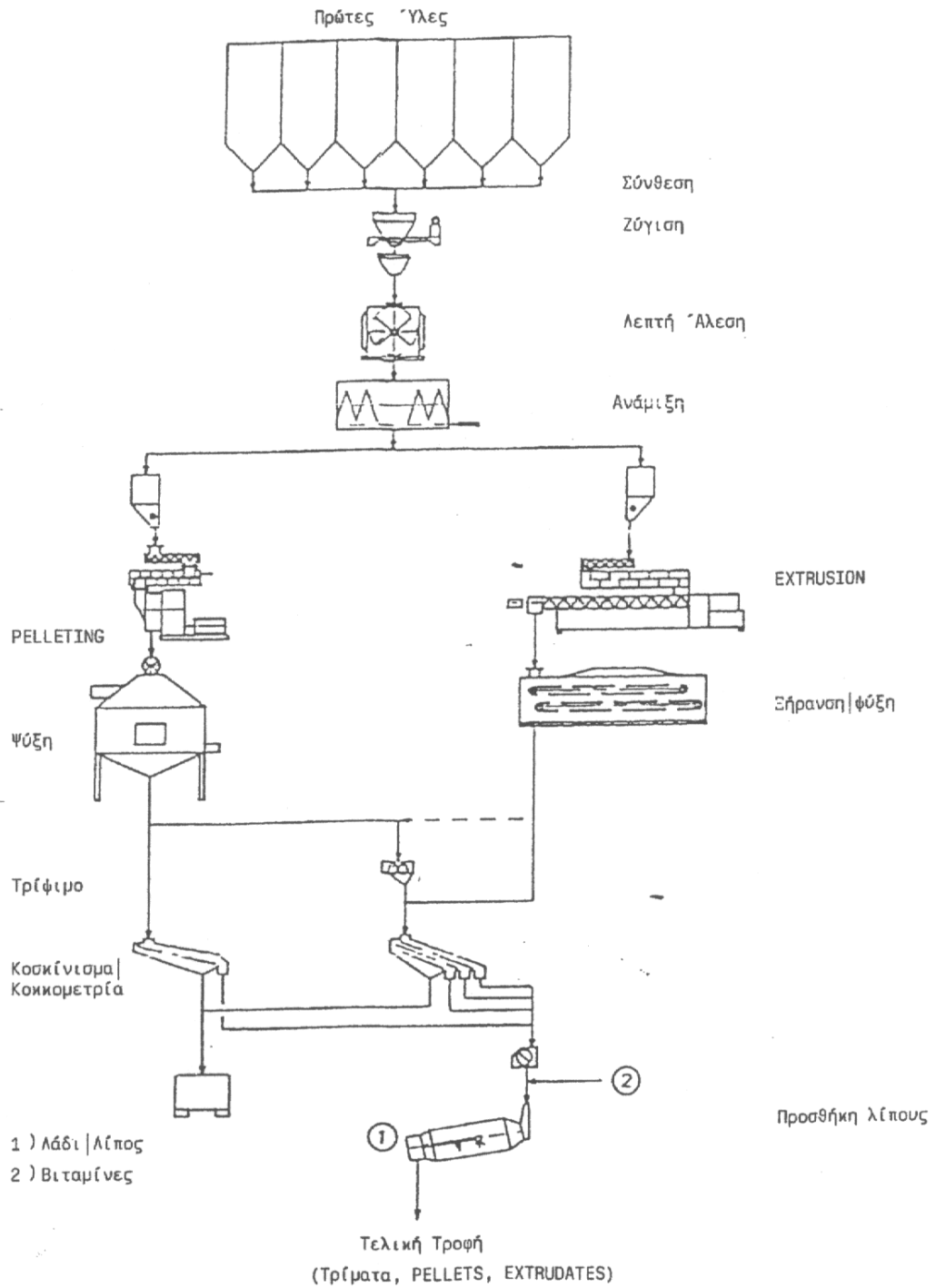
- Το μέγεθος των κόκκων όπου παράγονται με την διαδικασία τεχνολογίας της σύμπηξης είναι διαμορφούμενο από 1,3-10mm.
- Στην τεχνολογία σύμπηξης είναι δύσκολη η παραγωγή επιπλέουσας τροφής ή αργή ρύθμιση. Ο χειριστής του συστήματος θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός καθ' όλη την διαδικασία, πέρα από το γεγονός ότι θα πρέπει να επιλέγονται οι κατάλληλες πρώτες ύλες.
- Η σταθερότητα των κόκκων στο νερό επιτυγχάνεται μόνο με προσθήκη καλών συγκολλητικών και προσοχή στην παραγωγική διαδικασία.
- Η παρεχόμενη υγρασία δε μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα. Το μέγιστο επίπεδο κυμαίνεται από 16-17%.
- Οι παραγόμενοι κόκκοι δεν είναι πάντοτε ομοιόμορφου μεγέθους και αυτό εξαρτάται από το κόσκινο που παρεμβάλλεται μετά την προσθήκη λίπους.
- Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα είναι ότι η θερμοκρασία επεξεργασίας του μίγματος (πάστα), δεν ξεπερνά τους 60-90°C.
- Αν και στην τροφή που παράγεται για τον σκοπό της ιχθυοκαλλιέργειας δεν παίζει σημαντικό ρόλο παρ' όλα αυτά ένα αρνητικό της παραγωγικής διαδικασίας είναι ότι το σχήμα των PELLEΤ μπορεί να είναι μόνο κυλινδρικό.
- Ίσως το πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι, το περιεχόμενο λίπους-λαδιού στην τελική τροφή δεν ξεπερνά το 10-15%. Το μέγιστο που μπορεί να απορροφήσει ο κόκκος είναι το 15%.

- Έπειτα πρέπει να γίνεται ορθή επιλογή εξευγενισμένων πρώτων υλών, με αποτέλεσμα να προσδίδει ένα υψηλό κόστος αγοράς υλών που οδηγεί σε ακριβή φόρμουλα (ζωικές πρώτες ύλες).
- Με την τεχνολογία όμως της σύμπτυξης δεχόμαστε ότι υπάρχει κόστος παραγωγής χαμηλότερο κατά 10-15%.
- Το επενδύσιμο κεφάλαιο είναι χαμηλότερο.

### **Τροφές από Εξώθηση:**

- Το μέγεθος του παραγόμενου κόκκου από την διαδικασία της εξώθησης, ξεπερνάει τα 20 mm. Τα ανεκτά όρια κυμαίνονται από 1,3-25mm.
- Στην εξώθηση έχουμε την δυνατότητα παραγωγής με ελεγχόμενο ειδικό βάρος (επιπλέουσες, αιωρούμενες κ.τ.λ.).
- Με την εξώθηση παρατηρείται ότι εύκολα επιτυγχάνεται σταθερότητα των κόκκων στο νερό.
- Εφαρμοζόμενη σε προϊόντα μέχρι 55% περιεχόμενη υγρασία.
- Σε αντίθεση με την σύμπτυξη επιτυγχάνεται ευκολότερα ομοιομορφία στο μέγεθος των κόκκων.
- Ένα από τα προβλήματα που επέλυσε η εξώθηση είναι η θερμοκρασία που γίνεται η επεξεργασία φτάνοντας στους 70-160°C, η οποία πρέπει να είναι ελεγχόμενη. Επιτυγχάνεται έτσι και η θανάτωση βλαβερών μικροοργανισμών για τους ιχθείς.
- Έχουμε απεριόριστη δυνατότητα σχημάτων στους κόκκους.
- Αυτό που αξίζει να τονισθεί είναι η ικανότητα της διαδικασίας εξώθησης να μπορεί να ανεβάσει τα ποσοστά λιπαρών μέχρι και 30% ανάλογα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή της τροφής, κάτι που δεν μπορεί να γίνει με την διαδικασία της σύμπτυξης.
- Είναι δυνατή η συμμετοχή φυτικών υλών, με μορφή του γραμμικού προγραμματισμού για ελάχιστο κόστος.
- Το κόστος παραγωγής είναι υψηλότερο.
- Το επενδύσιμο κεφάλαιο είναι υψηλότερό.
- Βασικό όμως πλεονέκτημα είναι ότι η τροφή έχει καλύτερη πεπτικότητα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ



Σχήμα 3. Διάγραμμα παραγωγής Ιχθυοτροφών



## 7. Συμπεράσματα

Η παραγωγή ιχθυοτροφών είναι η βιομηχανική παραγωγική διαδικασία η οποία έχει ως σκοπό:

1. να επεξεργαστεί τις πρώτες ύλες που συμμετέχουν στο σιτηρέσιο και τις κάνει κατάλληλες για την ιδιομορφία της πέψης του υπό διατροφή ψαριού.
2. να βελτιώσει την ελκυστικότητα της ιχθυοτροφής ώστε να ταιριάζει στις διατροφικές συνήθειες του ψαριού.
3. να περιορίσει τη σπατάλη σε θρεπτικά συστατικά και τροφές.
4. να συμβάλλει στη βελτίωση της γεύσης του χρώματος, και της ποιότητας των προϊόντων.
5. να διατηρεί καθαρό και ακέραιο το περιβάλλον της εκτροφής

Επίσης η παραγωγή ιχθυοτροφών αποτελείται από μια σειρά επιμέρους εργασίες:

1. άλεση των αδρομερών πρώτων υλών (ιχθυάλευρο, σογιάλευρο)
2. ζύγιση και ανάμιξη των πρώτων υλών σε απόλυτα καθορισμένες αναλογίες
3. την υγροθερμική κατεργασία και την μορφοποίηση του σε σύμπηκτα με κατάλληλο σχήμα.
4. Ξήρανση, ψύξη και ενσάκκιση του τελικού προϊόντος.

## **8. Abstract**

Fish nutrition is one of the most important factors for the success of an aquaculture unit. This work aims to describe the construction of a laboratory for preparing fish food in an aquaculture unit, focusing on the equipment and procedure applicable to the manufacture of fish feed. To prepare a fish food the materials that are used are fish meal, vegetable proteins, yeast, amylaceous substances, fish oils, vegetable oils, vitamins, minerals, antioxidants and amino acids. The food formulation is a process that requires the availability of certain determinants of the final composition.

Food formulation should take into consideration the needs of the animal, raw materials and composition of materials used and finally the cost of raw materials that they used. The food formulation is conducted in two stages. In the first stage the food is formulated in its essential characteristics and the second stage describes a balanced diet in terms of minerals and vitamins. The stages of the production process of food are pelleting, extrusion, crushing and sifting.

**KeyWords:** *Nutrition, Food Formulation, Food production, Nutrition requirements*

## 9. Βιβλιογραφία

### A. Ξερόγλωσση Βιβλιογραφία

- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K & Walter, W. 2006. Βασικές Αρχές Κυτταρικής Βιολογίας, Εκδόσεις Πασχαλίδης, σελ. 143-196.
- 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.
- Bostock, J. Mc Andrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Rorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handisyde, N., Gatward, I and Corner, R. (2010). *Phil. Trans R. Soc. B.* **365**, 2897-2912.
- DaSilva, S., S., & T., A., Anderson. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Published by Chapman & Hall, pp319.
- Degani, G. 1993. Growth and body composition of juveniles of *Pterophyllun scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae) at different densities and diets. [Aquaculture and fisheries management](#) **24(6)**:725-730.
- Hardy, R.W. (1989). In “Fish Nutrition” (J.E. Halver, ed), pp. 475-548 Press. New York.
- 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**.
- Martinez-Palacios, C., A., and L., G., Ross. 1988. The feeding ecology of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Journal of Fish Biology* **33(5)**: 665–670.
- McKaye, K., R., and A., Marsh. 1983. Food switching by two specialized algae-scraping cichlid fishes in Lake Malawi, Africa. [Oecologia](#) **56(2-3)**:245-248.
- McKinnon, A., D., S., Duggan, P., D., Nichols, M., A., Rimmer, G., Semmens, and B., Robino. 2003. *The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture*. *Aquaculture* **223**:89-106.
- Meekan, M., G., J., H., Carleton, A., D., McKinnon, K., Flynn, and M., Furnas . 2003. What determines the growth of tropical reef fish larvae in the plankton: food or temperature. *Marine Ecology Progress Series* **256**:193–204.
- Pauly, D. (1989). Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. *Journal of Fish Biology* **35**:11-20.
- Piscivores, I. 1978. Modulatory Multiplicity in the Functional Repertoire of the Feeding Mechanism in Cichlid Fishes. *Journal of Morphology* **158(3)**: 323–360.
- Rønnestad, I., A., Thorsen, and R., N., Finn. 1996. Fish larval nutrition : a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture* **177**:201–216.
- Sales, J., and G., D. Jansses. 2003. Nutrition requirements of ornamental fish, *Aquatic Living Resources* **16**:533-540.
- Spotte, S. 1991. *Captive seawater fishes science and technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc.

- Tan, Y., T. 1970. Composition and nutritive value of some grasses, plants and aquatic weeds tested as diet. *Journal of Fish Biology* [2\(3\)](#): 253–257.
- Trapani, J. 2003. Morphological variability in the Cuatro Ciénegas cichlid, *Cichlasoma minckleyi*. *Journal of Fish Biology* [Volume 62\(2\)](#): 276–298.
- Webster C.D., & Lim C.E (2002). *Nutrient Requirements and Feeding of finfish for Aquaculture*, CABI Publishing, New York, USA, pp 411.

**B. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία**

- Βλάχος Ν. 2010. Καλλιέργειες διακοσμητικών ψαριών. ΕΚΔΟΣΕΙΣ Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, εκπαιδευτικές σημειώσεις σελ.253.
- Ζερβός, Α., & Κουράκου, Σ., 2001. Αρχές Μεταβολισμού και Διαιτητικές απαιτήσεις ιχθύων, Πτυχιακή Εργασία. σελ.331.
- Καραπαναγιωτίδης, Γ & Μεντέ, Ε. (2011). Τεχνολογία Ιχθυοτροφών, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ.105.
- Καραλάζος, Β (2008). Διατροφή Ιχθύων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, εκδόσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ.126.
- Μεντέ Ε., και Νέγκας Γ. 2011. Στοιχεία φυσιολογίας θρέψης και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ. σελ.1-809.
- Μενούτης, Σ., & Πλήθου, Σ. 2003. Στρατηγική Ταΐσματος και Ανάπτυξης, Πτυχιακή εργασία. Σελ.195.
- Παπουτσόγλου Σ. (2008). Διατροφή Ιχθύων, Εκδόσεις Σταμούλη, σελ.976.