

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ

ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής



ΒΟΛΟΣ 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Εισαγωγή	4
1.1 Η σπουδαιότητα των ιχθυοτροφών	4
1.2 Έννοιες και ορισμοί	10
1.3 Σκοπός παρασκευής ιχθυοτροφών	11
2. Θρεπτικές ουσίες ιχθυοτροφών	14
2.1 Πρωτεΐνες	14
2.2 Λιπίδια	16
2.3 Υδατάνθρακες	18
2.4 Βιταμίνες	19
2.5 Ανόργανα στοιχεία	20
3. Μη θρεπτικές ουσίες ιχθυοτροφών	22
3.1 Νερό	22
3.2 Συγκολλητικές ουσίες	23
3.3 Καροτενοειδή	24
3.4 Αντιοξειδωτικές ουσίες	27
3.5 Φάρμακα και αντιβιοτικά	28
3.6 Προβιοτικά	30
3.7 Ορμόνες	32
3.8 Αντιμικροβιακοί παράγοντες	33
3.9 Αρωματικές και ελκυστικές ουσίες	35
4. Πρώτες ύλες ιχθυοτροφών	36
4.1 Γενικά	36
4.2 Ονοματολογία και κατηγοριοποίηση πρώτων υλών ιχθυοτροφών	37
4.3 Διατροφική αξία των συστατικών των ιχθυοτροφών	38
4.4 Πρώτες ύλες ζωικής προέλευσης	39
4.4.1 Ιχθυάλευρα	41
4.4.2 Ιχθυέλαια	44
4.4.3 Άλευρα καρκινοειδών	48
4.4.4 Άλευρα χερσαίων ζώων	49
4.4.5 Εντομάλευρα	50
4.5 Πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης	52
4.5.1 Ελαιούχοι καρποί	56
4.5.2 Σιτηρά	64
4.5.3 Όσπρια	68
4.5.4 Άλευρα από φύκη	68
4.5.5 Άλλα φυτικά προϊόντα	69
4.6 Προμίγματα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων	71
5. Κατηγορίες ιχθυοτροφών	73
5.1 Ιχθυοτροφές γεννητόρων	73
5.2 Ιχθυοτροφές ιχθυονυμφών	73
5.3 Ιχθυοτροφές νεαρών ιχθυδίων	75
5.4 Ιχθυοτροφές κύριας ανάπτυξης	76

6. Κατάρτιση σιτηρεσίου	78
6.1 Εισαγωγικά	78
6.2 Στόχος της κατάρτισης	80
6.3 Επιλογή πρώτων υλών	82
6.4 Μέθοδοι κατάρτισης σιτηρεσίου	83
6.4.1 Τετράγωνα του Pearson	84
6.4.2 Μέθοδος των προσεγγίσεων	91
6.4.3 Γραμμικός προγραμματισμός	92
7. Τεχνολογία παρασκευής ιχθυοτροφών	93
7.1 Κατάρτιση σιτηρεσίου	93
7.2 Παραγγελία και λήψη πρώτων υλών	93
7.3 Άλεση πρώτων υλών	94
7.4 Ανάμιξη πρώτων υλών	96
7.5 Πελετοποίηση	99
7.5.1 Πελλετοποίηση απλής συμπύκνωσης	100
7.5.2 Πελλετοποίηση εξώθησης	102
7.6 Ψύξη και ξήρανση συμπήκτων	106
7.7 Επάλειψη με έλαιο	107
7.8 Διαλογή συμπήκτων – κοσκίνισμα	107
7.9 Συσκευασία και αποθήκευση	107
8. Ποιοτικός έλεγχος ιχθυοτροφών	109
8.1 Προσδιορισμός υγρασίας – ξηρής ουσίας	110
8.2 Προσδιορισμός ολικών πρωτεϊνών	110
8.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών	112
8.4 Προσδιορισμός τέφρας	112
Ενδεικτική Βιβλιογραφία	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σπουδαιότητα των ιχθυοτροφών

Με τον όρο «**τροφή**» νοείται κάθε ύλη φυτικής ή ζωικής προέλευσης που αποτελείται από θρεπτικές ουσίες και η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί από τον ζωικό οργανισμό για τις διάφορες μεταβολικές του λειτουργίες. Η τροφή που προορίζεται για τη διατροφή των ιχθύων καλείται «**ιχθυοτροφή (fish feed or aquafeed)**» και ανήκει στη γενικότερη κατηγορία των ζωοτροφών. Οι «**θρεπτικές ουσίες (nutrients)**» ή «**θρεπτικά στοιχεία**» ή «**θρεπτικά συστατικά**» είναι κάθε ουσία της τροφής (χημικό στοιχείο ή χημική ένωση ή ομάδα χημικών ενώσεων), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό για την υποστήριξη των φυσιολογικών λειτουργιών του. Οι ιχθύες, όπως όλοι οι ζωικοί οργανισμοί, έχουν καθημερινές ανάγκες σε θρεπτικές ουσίες για την επιβίωση, την ανάπλαση των ιστών, τη σωματική ανάπτυξη, την αναπαραγωγή τους και γενικά για την υποστήριξη όλων των φυσιολογικών λειτουργιών τους. Έτσι, οι διαιτητικές ανάγκες των ιχθύων πρέπει να ικανοποιούνται μέσω της καθημερινής διατροφής τους.

Οι ιχθύες στη φύση τρέφονται με μια ποικιλία υδρόβιων και μη, φυτικών και ζωικών οργανισμών. Στους υδρόβιους οργανισμούς που αποτελούν τροφή για τους ιχθύες ανήκουν τα διάφορα φυτοπλαγκτονικά και ζωοπλαγκτονικά είδη, διάφορα υδρόβια φυτά, μικρά ασπόνδυλα (π.χ. σκώληκες, μαλάκια, αρθρόποδα), διάφορα σπονδυλωτά (π.χ. αμφίβια, λάρβες ιχθύων, ψάρια), τα αυγά των ιχθύων, καθώς και διάφοροι σαπροφάγοι μικροοργανισμοί όπως π.χ. οι μύκητες και τα βακτήρια. Στους μη υδρόβιους οργανισμούς ανήκουν τα διάφορα έντομα και οι λάρβες αυτών που διαβιούν στην επιφάνεια του νερού, κάποια είδη σαλιγκαριών, αλλά και διάφορα χερσαία φυτά και φύλλα που καταλήγουν στο νερό.

Τα διάφορα είδη της φυσικής τροφής των ιχθύων που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι πλούσια σε θρεπτικές ουσίες, όπως πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα, λιπίδια και απαραίτητα λιπαρά οξέα, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία. Ωστόσο, η ποσότητα της φυσικής τροφής ενός υδάτινου όγκου είναι περιορισμένη και μεταβαλλόμενη, εξαρτώμενη από την φωτοσυνθετική ικανότητα των υδρόβιων φυτών αλλά και τον κύκλο του άνθρακα, του αζώτου και του φωσφόρου στο νερό. Έτσι, για παράδειγμα, σε ένα εκτατικό σύστημα ιχθυοκαλλιέργειας όπου οι ιχθύες περιορίζονται σε ένα χωμάτινο υδροστάσιο χωρίς να τους προσφέρεται εξωγενής τροφή, η φυσική τροφή της δεξαμενής μπορεί να υποστηρίξει μία ορισμένη ανάπτυξη των ιχθύων που δεν επαρκεί για περισσότερα και μεγαλύτερα ψάρια. Στα

συστήματα αυτά, υπάρχει μία μέγιστη ποσότητα βιομάζας ιχθύων που μπορεί να παραχθεί και η οποία μεταφράζεται είτε ως πολλά μικρά ψάρια (όταν η ιχθυοφόρτιση είναι μεγάλη), είτε ως λίγα μεγάλα ψάρια (όταν η ιχθυοφόρτιση είναι μικρή). Όταν, ωστόσο, απαιτείται από τον παραγωγό μεγαλύτερη ιχθυοπαραγωγή (βιομάζα & ιχθυοφόρτιση), τότε χρειάζεται να χορηγήσουμε στους ιχθύες περισσότερες θρεπτικές ουσίες μέσω εξωγενούς τροφής, ως συμπλήρωμα στη διατροφή τους. Έτσι, στα ημι-εντατικά συστήματα εκτροφής χορηγούνται διάφορες «**συμπληρωματικές**» **ιχθυοτροφές** (*supplementary or farm-made feeds*) που είναι είτε απλής μορφής όπως π.χ. ένα άλευρο σιταριού, είτε σύνθετες όπως π.χ. ομοιογενώς αναμεμιγμένα άλευρα δύο ή περισσότερων συστατικών (π.χ. άλευρα σιταριού, καλαμποκιού και σόγιας). Οι συμπληρωματικές ιχθυοτροφές μπορεί να χορηγούνται ως ξηρά άλευρα, ως ζύμες, ως πολτοί κ.λπ. Οι πρώτες ύλες που μπορεί να αποτελέσουν συστατικά αυτών των ιχθυοτροφών είναι φθηνά και άμεσα διαθέσιμα στην αγορά συστατικά από τα διάφορα άλευρα των δημητριακών καρπών ως τα διάφορα παραπροϊόντα της ζυθοποιίας. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτών των ιχθυοτροφών είναι ότι μπορεί να τις παρασκευάσει ο κάθε παραγωγός. Ωστόσο, οι συμπληρωματικές τροφές περιέχουν κατά κανόνα χαμηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών και απαραίτητων αμινοξέων από εκείνο που απαιτούν τα ψάρια, είναι ελλιπή σε διάφορα απαραίτητα λιπαρά οξέα, είναι φτωχά σε κάποιες βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία και πολλές φορές μπορεί να περιέχουν κάποιες αντι-διατροφικές ουσίες που όταν καταναλωθούν σε μεγάλες ποσότητες προκαλούν αναστολή της ανάπτυξης των ιχθύων.

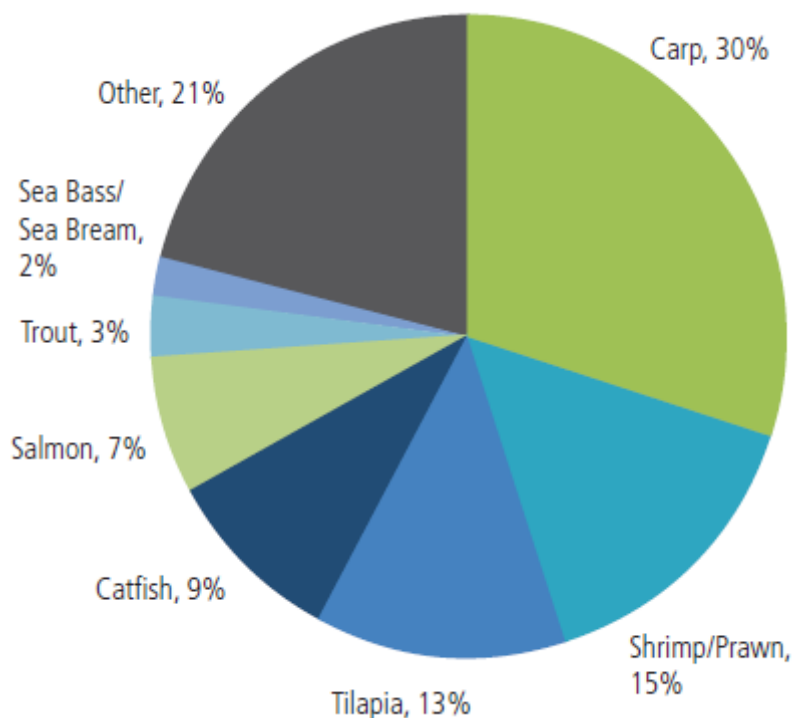
Έτσι, λοιπόν, στα ιχθυοκαλλιεργητικά εκείνα συστήματα όπου απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης των ιχθύων και εφαρμόζονται υψηλές ιχθυοφορτίσεις, η διατροφική αξία των συμπληρωματικών ιχθυοτροφών είναι περιοριστικός παράγοντας. Η ικανοποίηση των διαιτητικών αναγκών των ιχθύων που εκτρέφονται σε αυτά τα συστήματα καλύπτεται εξολοκλήρου από «**βιομηχανικά παρασκευασμένες ιχθυοτροφές** (*industrially compounded feeds*)», οι οποίες είναι πλήρεις περιέχοντας όλες τις θρεπτικές ουσίες και την ενέργεια που απαιτεί ο οργανισμός σε επαρκείς ποσότητες και αναλογίες. Οι ιχθυοτροφές αυτές παρασκευάζονται μέσω υψηλής τεχνολογίας μηχανημάτων και παραγωγικών διαδικασιών και χορηγούνται στους ιχθύες ως κόκκοι ή κυλινδρικοί συμπαγούς μορφής που καλούνται «**σύμπηκτα**» ή κοινώς «**πελλέτες**». Το κόστος αγοράς τους είναι σχετικά υψηλό και οι μεγάλες ποσότητες που απαιτούνται να χορηγηθούν στους εκτρεφόμενους ιχθύες ανεβάζουν το συνολικό κόστος παραγωγής της ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας (συνήθως το κόστος αγοράς τους αποτελεί το 40-70% του μεταβλητού κόστους παραγωγής μιας μονάδας). Η πλήρης τροφή που χορηγείται σε ορισμένη ποσότητα και σε συγκεκριμένο αριθμό ψαριών και

καλύπτει επακριβώς τις ημερήσιες διαιτητικές ανάγκες τους καλείται «**σιτηρέσιο**» ή «**δίαιτα** (*diet*)».

Λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη ζήτηση για ιχθυηρά και δεδομένης της στάσιμης αλιευτικής παραγωγής, οι υδατοκαλλιέργειες συνεχίζουν να αποτελούν τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο κλάδο ζωικής παραγωγής παγκοσμίως με την ετήσια υδατοκαλλιεργητική παραγωγή να έχει φτάσει τους 106 εκ. τόννους το 2016, εκ των οποίων οι 77 εκ. τόνοι αποτελούν ιχθύες, καρκινοειδή, δίθυρα και άλλους υδρόβιους ζωικούς οργανισμούς, ενώ άλλοι περίπου 30 εκ. τόνοι αποτελούν παραγόμενα μακρόφυτα και μικροφύκη (FAO 2018). Από την παραγόμενη ποσότητα εκτρεφόμενων ιχθυών, περίπου η μισή βασίζεται στη χορήγηση κάποιου είδους τροφής από τους παραγωγούς, είτε συμπληρωματικής είτε βιομηχανικά παρασκευασμένης. Με την ολοένα αυξανόμενη ιχθυοκαλλιεργητική παραγωγή παγκοσμίως, ωστόσο, υπάρχει ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για βιομηχανικά παρασκευασμένες ιχθυοτροφές. Η ζήτηση για τέτοιου τύπου ιχθυοτροφές αυξάνει παράλληλα λόγω της αυξανόμενης τάσης, που παρατηρείται σε πολλά μέρη του κόσμου, για μετατροπή των ιχθυοκαλλιεργητικών συστημάτων από εκτατικά-ημιεντατικά σε εντατικά (*εντατικοποίηση της υδατοκαλλιέργειας*), όπου η διατροφή των ιχθύων βασίζεται εξ ολοκλήρου στη χορήγηση βιομηχανικά παρασκευασμένων ιχθυοτροφών. Για παράδειγμα, η εντατικοποίηση της εκτροφής της τιλάπιας, ενός είδους που διατρέφεται επαρκώς με μικροπλακτονικούς οργανισμούς διηθώντας το νερό, και του κυπρίνου, ενός είδους που τρέφεται χαμηλά στην τροφική αλυσίδα, έχει πολλαπλασιάσει τη ζήτηση για βιομηχανικές ιχθυοτροφές τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Έτσι, η παγκόσμια παραγωγή βιομηχανικά παρασκευασμένων ιχθυοτροφών έχει αναπτυχθεί με γρήγορους ρυθμούς προσπαθώντας να αντισταθμίσει την αυξανόμενη ζήτηση για τέτοιου είδους τροφές. Σε αυτό συνετέλεσε και η ταχεία ανάπτυξη στην τεχνολογία παρασκευής ιχθυοτροφών.

Η εντατικοποίηση που παρατηρείται στις υδατοκαλλιέργειες είναι φαινόμενο που παρατηρείται γενικά σε όλο τον κλάδο της ζωικής παραγωγής: μια τάση για περισσότερο αποδοτικά συστήματα παραγωγής και προς τη συγκέντρωση της παραγωγής σε λιγότερες μονάδες. Ως εκ τούτου, η βιομηχανία γενικά όλων των ζωοτροφών αυξάνεται σταθερά ετησίως ξεπερνώντας μάλιστα τους 1 δις παραγόμενους τόνους το 2017 (Alltech 2017). Η παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών εκτιμάται ότι έχει ανέλθει στους 40 εκ. τόνους ετησίως, έχοντας σχεδόν εξαπλασιαστεί από το 1995 που ήταν περίπου 7 εκ. τόνοι, και αντιπροσωπεύοντας περίπου το 4% της συνολικής παραγόμενης ποσότητας ζωοτροφών. Η Κίνα αποτελεί την ηγέτιδα χώρα παρασκευάζοντας περίπου 17 εκ. τόνους ετησίως, ξεπερνώντας κατά πολύ τη δεύτερη πιο παραγωγική χώρα, το Βιετνάμ με 2,8 εκατομμύρια

τόνους. Οι περισσότερες ιχθυοτροφές διοχετεύονται στην εκτροφή του κυπρίνου, αλλά και στις εκτροφές ειδών γαρίδας και τιλάπιας (Σχ. 1.1). Σημαντικές ποσότητες ιχθυοτροφών παρασκευάζονται επίσης για τα διάφορα είδη γατόψαρου, σολομού και πέστροφας, αλλά και για τα διάφορα είδη σπαρίδων και λαβρακιού, συμπεριλαμβανομένων των *Sparus aurata* και *Dicentrarchus labrax*. Η Ελλάδα κατέχει μια αξιοπρόσεκτη θέση παγκοσμίως στην παραγωγή βιομηχανικών ιχθυοτροφών με την παραγωγή να εκτιμάται ότι έχει ανέλθει σε περίπου 250.000 τόνους ετησίως.



Σχήμα 1.1. Ποσοστιαία παραγωγή ιχθυοτροφών ανά είδος (Πηγή: Alltech 2018)

Σήμερα οι βιομηχανικές ιχθυοτροφές παρασκευάζονται κάνοντας χρήση μιας μεγάλης ποικιλίας πρώτων υλών - συστατικών ιχθυοτροφών (*feedstuffs - feed ingredients*). Η κάθε πρώτη ύλη έχει τη δική της θρεπτική σύσταση και φυσικές ιδιότητες. Κατά τη διάρκεια της παρασκευής των ιχθυοτροφών, τα φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές διακυμάνσεις στην ποιότητα των τελικών προϊόντων-ιχθυοτροφών. Έτσι, η τελική επιλογή και χρήση μιας πρώτης ύλης στις ιχθυοτροφές εξαρτάται από τη θρεπτική σύσταση και πεπτικότητα της, τη διαθεσιμότητα της στην αγορά και την τιμή της, καθώς και τις ιδιότητες της για επιτυχή πελλετοποίηση, ασφαλή αποθήκευση κ.λπ. Περαιτέρω, η αειφορία και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της

παραγωγικής διαδικασίας αυτών των πρώτων υλών διαδραματίζει ολοένα και μεγαλύτερο ρόλο στη χρήση αυτών στις ιχθυοτροφές. Στο πρόσφατο παρελθόν, τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια που παράγονται από αλιευόμενα ιχθυαποθέματα χρησιμοποιούνταν κατά κόρον και αφειδώς στις ιχθυοτροφές, αλλά τις τελευταίες δύο δεκαετίες η χρήση αυτών έχει περιοριστεί λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας και της αυξανόμενης τιμής τους, με αποτέλεσμα ο κλάδος να βρίσκεται σε μια διαρκή αναζήτηση νέων και κατάλληλων πηγών πρωτεϊνών και ελαίων. Έτσι, λοιπόν, η σύσταση των ιχθυοτροφών σε πρώτες ύλες, καθώς και ο καταρτισμός των σιτηρεσιών αυτών μεταβάλλεται και εξελίσσεται διαρκώς. Αυτό οφείλεται τόσο στη νέα γνώση που προκύπτει διαρκώς μέσω της έρευνας για τις διατροφικές απαιτήσεις των εκτρεφόμενων ιχθύων και καρκινοειδών και της ανάπτυξης της τεχνολογίας παρασκευής των ιχθυοτροφών, όσο και στη διαρκώς μεταβαλλόμενη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και των τάσεων στην εμπορία αυτών. Στο παράδειγμα του Πίνακα 1.1 δείχνονται οι σημαντικές αλλαγές στη σύσταση μιας τυπικής ιχθυοτροφής κύριας ανάπτυξης ιχθύων που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη.

Πίνακας 1.1. Αλλαγές στη σύσταση μιας τυπικής ιχθυοτροφής κύριας ανάπτυξης ιχθύων.

Χρονική περίοδος	1980-1990	1990-2001	2002-2010	2011-2013	2013-2018
Αναλογία Πρωτεϊνών / Λίπους	52 / 13	50 / 16	44 / 19	44 / 20	44 / 20
Ποσοστό Πρωτεϊνών από Ιχθυάλευρα	70 %	57 %	43 %	35 %	12 – 18%
Ποσοστό Πρωτεϊνών από φυτικά άλευρα	20 %	18 %	57 %	47 %	50 – 56 %
Ποσοστό Πρωτεϊνών από άλευρα χερσαίων ζώων	10 %	25 %	0 %	18 %	32 %

Πηγή: Υιοθετημένο και τροποποιημένο από Α. Φρέντος (Αλιευτικά Νέα 2014).

Κάποιες σημαντικές ημερομηνίες:

- 1965 – 1970:** Παρασκευάζονται οι πρώτες ιχθυοτροφές σε μορφή πελλέτας.
- 1980 – 1990:** η χρήση της τεχνολογίας εξώθησης (extrusion) δημιουργεί ιχθυοτροφές με βελτιωμένη πεπτικότητα, βελτιωμένη συνεκτικότητα πελλέτας, βελτιωμένη ανθεκτικότητα και πλευστότητα στο νερό κ.λπ.
- 1990 - 2000:** Νέες τεχνολογίες εξώθησης και εφαρμογές επάλειψης ελαιού υπό κενό επιτρέπουν την ενσωμάτωση μεγαλύτερου ποσοστού λίπους στις ιχθυοτροφές. Οι τροφές γίνονται πιο πλούσιες ενεργειακά με αποτέλεσμα το απαιτούμενο επίπεδο πρωτεϊνών στην τροφή για βέλτιστη απόδοση των ιχθύων να μειωθεί (*φαινόμενο εξοικονόμησης πρωτεϊνών - protein sparing effect*).
- 2001:** Λόγω της νόσου της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας των βοοειδών απαγορεύεται η χρησιμοποίηση υποπροϊόντων επεξεργασίας χερσαίων ζώων, τα οποία αποτελούσαν σημαντική πηγή διαιτητικών πρωτεϊνών στις ζωοτροφές γενικότερα.
- 2002 - 2010:** Στασιμότητα της διαθεσιμότητας των ιχθυαλεύρων και των ιχθυελαίων με δραματικές αυξήσεις των τιμών τους. Αυξανόμενη χρήση αλεύρων και ελαίων ελαιούχων καρπών (π.χ. σογιάλευρο, κραμβέλαιο κ.λπ.) στις ιχθυοτροφές
- 2005:** Επιτρέπεται η χρήση προϊόντων αίματος (αιματάλευρο, αιμογλοβίνη κ.λπ.). Η αγορά θα αργήσει να τα αποδεχτεί (όχι πριν το 2009).
- 2013:** Επιτρέπεται η χρήση Μεταποιημένων Ζωικών Πρωτεϊνών (MZΠ) μη μυρηκαστικών ζώων στις ιχθυοτροφές. Οι MZΠ πρέπει αυστηρά να προέρχονται από μονογαστρικά εκτρεφόμενα ζώα (χοιρινά, πουλερικά) και να αποτελούν υποπροϊόντα ζώων τα οποία προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και λαμβάνονται κατά τη στιγμή της σφαγής τους (Γνωστά ως ύλες Κατηγορίας 3).
- 2017:** Επιτρέπεται η χρήση «μεταποιημένων πρωτεϊνών εντόμων» στις ιχθυοτροφές.

Καθώς, λοιπόν, η υδατοκαλλιέργεια γίνεται ο σημαντικότερος προμηθευτής ιχθύων και ιχθυηρών για τον άνθρωπο, η ζήτηση για βιομηχανικά παρασκευασμένες ιχθυοτροφές αναμένεται να αυξηθεί ακόμα περαιτέρω στο εγγύτερο μέλλον με τις προβλέψεις να κάνουν

λόγο για μια ζήτηση από πλευράς ιχθυοκαλλιεργητών της τάξης των 80 εκ. τόνων το 2020 (Tacon & Metian 2015, Research & Markets 2018), που ίσως δύσκολα θα καλυφθεί. Σε αυτό το πλαίσιο, ο κλάδος παρασκευής ιχθυοτροφών αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις και θα πρέπει να παραγάγει:

- **Περισσότερες ιχθυοτροφές**, για να καλύψει την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση
- **Ιχθυοτροφές υψηλής διατροφικής αξίας**, που να ικανοποιούν πλήρως τις θρεπτικές απαιτήσεις των εκτρεφόμενων οργανισμών και παράλληλα να διασφαλίζουν την υψηλή διατροφική αξία αυτών για τον άνθρωπο-καταναλωτή
- **Βιώσιμες ιχθυοτροφές**, η παρασκευή των οποίων να μην εξαντλεί τα φυσικά ιχθυοαποθέματα
- **Περιβαλλοντικά φιλικές ιχθυοτροφές**, που να μειώνουν στο ελάχιστο τις όποιες αρνητικές επιδράσεις στο υδάτινο περιβάλλον
- **Ασφαλείς ιχθυοτροφές**, που να διασφαλίζουν την υγεία τόσο των εκτρεφόμενων οργανισμών όσο και του ίδιου του ανθρώπου ως τελικού καταναλωτή.

Το παρόν σύγγραμμα επικεντρώνεται στις βιομηχανικά παρασκευασμένες ιχθυοτροφές, στις θρεπτικές και μη θρεπτικές ουσίες που περιέχονται ή δύναται να περιέχονται σε αυτές, στα συστατικά – πρώτες ύλες που τις αποτελούν, στις διάφορες μεθόδους καταρτισμού σιτηρεσιών, καθώς και στις διαδικασίες και τεχνολογίες παρασκευής τους.

1.2 Έννοιες και ορισμοί

Με τον όρο τροφή εννοείται κάθε ύλη φυτικής ή ζωικής προέλευσης που αποτελείται από θρεπτικές ουσίες και η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί από το ζωικό οργανισμό για τις διάφορες λειτουργίες του. Οι τροφές των υδρόβιων ζωικών οργανισμών είναι δύο ειδών:

α) Φυσική τροφή

Περιλαμβάνονται οι διάφοροι υδρόβιοι και μη, φυτικοί & ζωικοί οργανισμοί

Υδρόβιοι

- Φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν
- Μικρά ασπόνδυλα (π.χ. σκώληκες, μαλάκια, αρθρόποδα)
- Σπονδυλωτά (π.χ. αμφίβια, λάρβες ψαριών, ψάρια)
- Αυγά ψαριών
- κ.λπ.

Μη υδρόβιοι

- Έντομα στην επιφάνεια του νερού – λάρβες εντόμων
- Χερσαία σαλιγκάρια, χερσαία φυτά κ.λπ.

β) Επεξεργασμένη τροφή

Στις ημιεντατικές και εντατικές ιχθυοκαλλιέργειες η διατροφή των ψαριών βασίζεται στην προσφορά επεξεργασμένων τροφών από τον καλλιεργητή – εκτροφέα. Οι τροφές αυτές μπορεί να είναι σύνθετες ή πλήρεις:

Σύνθετη τροφή

Κάθε τροφή που προέρχεται από ομοιογενή ανάμιξη δύο ή περισσότερων συστατικών, φυτικής ή ζωικής προέλευσης (π.χ. μία τροφή που περιέχει αλεύρι σιταριού, αλεύρι καλαμποκιού και αλεύρι σόγιας)

Πλήρης τροφή

Κάθε τροφή που προέρχεται από ομοιογενή ανάμιξη πολλών συστατικών και περιέχει όλες τις θρεπτικές ουσίες και την ενέργεια σε τέτοιες ποσότητες που ικανοποιούν πλήρως τις απαιτήσεις του ζωικού οργανισμού. Η πλήρης τροφή όταν χορηγείται σε ορισμένη ποσότητα για να καλύψει επακριβώς τις ημερήσιες διατροφικές ανάγκες ενός ζωικού οργανισμού συχνά καλείται «**σιτηρέσιο**» ή «**δίαιτα**». Οι πλήρεις ιχθυοτροφές χορηγούνται στα ψάρια ως «**σύμπληκτα (ή κοινώς πελλέτες)**», που ονομάζονται έτσι από τον τρόπο παρασκευής τους (σύμπληξη των σωματιδίων και συγκρότηση στερεάς και συμπαγής μορφής κόκκων ή κυλινδρικών).

1.3 Σκοπός παρασκευής ιχθυοτροφών

Βασική προϋπόθεση για την παρασκευή και χρησιμοποίησης μιας ιχθυοτροφής είναι η πλήρης γνώση των διαιτητικών αναγκών του εκτρεφόμενου είδους-στόχου σε όλες τις θρεπτικές ουσίες και την ενέργεια που απαιτεί στα διάφορα στάδια της ζωής του (ιχθυονύμφη, νεαρό ιχθύδιο, αναπτυσσόμενο ιχθύδιο, ενήλικο άτομο, γεννήτορας κ.λπ.). Σήμερα, οι γνώσεις μας για τις διαιτητικές ανάγκες των κυριότερων εκτρεφόμενων ειδών, όπως π.χ. η ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*), ο σολομός (*Salmo salar*), η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) είναι πολλές, αλλά όχι ακόμα πλήρεις, ενώ για άλλα εκτρεφόμενα είδη όπως το φαγκρί (*Pagrus pagrus*), το μυτάκι (*Puntazzo puntazzo*), το λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*) κ.λπ. οι γνώσεις μας είναι

περιορισμένες. Υπάρχουν, επομένως πολλά περιθώρια βελτίωσης των ήδη παραγόμενων εμπορικά ιχθυοτροφών και προοπτικές παραγωγής ιχθυοτροφών για τα νέα είδη.

Ως γενικός κανόνας, μια ιχθυοτροφή θα πρέπει να ανταποκρίνεται πλήρως στην κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των ψαριών για τη μεγιστοποίηση της σωματικής ανάπτυξης τους, να διασφαλίζει την καλή υγεία τους, να οδηγεί στην επιθυμητή ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων τους (υψηλής θρεπτικής αξίας εδώδιμη σάρκα, καλής ποιότητας αυγά και σπέρμα κ.λπ.), να είναι ελκυστική και εύπεπτη, και παράλληλα να παράγεται με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Η τήρηση όλων των παραπάνω κανόνων είναι μία περίπλοκη επίλυση προβλήματος που δεν έχει μια δυνατή λύση αλλά πολλές ικανοποιητικές και ως εκ τούτου αναφερόμαστε πολλές φορές στην έννοια του «ορθολογικού σιτηρεσίου», το οποίο επιτυγχάνει μια ορθολογική επίλυση. Στην ουσία, ο συνδυασμός όλων των παραπάνω επιθυμητών ιδιοτήτων μιας ιχθυοτροφής αποτελεί ένα «συμβιβασμό» ανάμεσα στην ιδανική κατάσταση, που είναι η ικανοποίηση όλων των διαιτητικών αναγκών των ψαριών σε θρεπτικές ουσίες, και στα διάφορα πρακτικά προβλήματα, όπως είναι η αποδεκτικότητα της ιχθυοτροφής από τα ψάρια, η μεγιστοποίηση της πεπτικότητας των θρεπτικών ουσιών και η ελαχιστοποίηση των αποβολών τους από τα εκτρεφόμενα ψάρια στο υδάτινο περιβάλλον, η ελαχιστοποίηση των αντιδιατροφικών παραγόντων που περιέχονται σε κάποια από τα συστατικά-πρώτες ύλες της ιχθυοτροφής, η τιμή των συστατικών, η διαθεσιμότητα αυτών στην αγορά, η δυνατότητα συμπήκνωσης-πελλετοποίησης των συστατικών, η δυνατότητα μακρόχρονης συντήρησης και αποθήκευσης των ιχθυοτροφών κ.λπ.

Οι ιχθυοτροφές μπορούν να κατηγοριοποιούνται ανάλογα π.χ.:

- του στοχευμένου εκτρεφόμενου είδους ιχθύος (π.χ. ιχθυοτροφές τσιπούρας, ιχθυοτροφές λαυρακιού κ.λπ.),
- του σταδίου ανάπτυξης του εκτρεφόμενου ιχθύος (π.χ. ιχθυοτροφές ιχθυδίων, αναπτυσσόμενων, ενήλικων ιχθύων κ.λπ.),
- της διατροφικής συμπεριφοράς του ιχθύος (π.χ. επιπλέουσες - αργά βυθιζόμενες ιχθυοτροφές (floating pellets) για τα είδη που προτιμούν να σιτίζονται στην επιφάνεια, ιχθυοτροφές οι οποίες καταβυθίζονται γρήγορα (sinking pellets) για τα είδη που προτιμούν να σιτίζονται στο βυθό κ.λπ.)

Ιδιαίτεροι τύποι ιχθυοτροφών αποτελούν οι τροφές που χορηγούνται στις προνύμφες των ψαριών, σε μορφή νιφάδας (flake) ή μικροκάψουλας (microdiet). Ο εγκλεισμός όλων των θρεπτικών ουσιών σε μικροκάψουλες παραμένει προς το παρόν μια πρακτικά δύσκολη, αλλά

συνάμα ελπιδοφόρα τεχνική για την παρασκευή τροφών για το προνυμφικό στάδιο των ιχθύων, όπου η καλλιέργεια «ζωντανών τροφών», όπως των *Brachionus plicatilis* και *Artemia salina*, αποτελεί μία παράλληλη χρονοβόρα και δαπανηρή εργασία κατά την εκτροφή των ιχθυδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ

Υπάρχουν πέντε ομάδες θρεπτικών ουσιών που απαιτούνται στη διατροφή των ιχθύων, όπως και όλων των ζωντανών οργανισμών:

- Πρωτεΐνες
- Λιπίδια
- Υδατάνθρακες
- Βιταμίνες
- Ανόργανα στοιχεία

Οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και οι υδατάνθρακες απαιτούνται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες από τον οργανισμό (συνήθως αναφέρονται ως μακροστοιχεία του σιτηρεσίου). Αντίθετα, οι βιταμίνες και τα ανόργανα στοιχεία απαιτούνται σε μικροποσότητες (μικροστοιχεία). Επίσης, οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και οι υδατάνθρακες αποτελούν δομικές ουσίες για τον οργανισμό, δηλαδή απαιτούνται για τη δόμηση των σωματικών κυττάρων, ιστών και οργάνων του. Αντίθετα, οι βιταμίνες και τα ανόργανα στοιχεία δεν έχουν δομικό ρόλο αλλά δυναμικό, δηλαδή απαιτούνται για να επιτελέσουν σημαντικότερες φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού. Η πέψη των πρωτεϊνών, λιπιδίων και υδατανθράκων παρέχει επίσης την απαραίτητη ενέργεια στον οργανισμό για τις διάφορες μεταβολικές του διεργασίες. Αντίθετα, οι βιταμίνες και τα ανόργανα στοιχεία δεν παρέχουν ενέργεια στον οργανισμό.

Το νερό δεν θεωρείται θρεπτική ουσία αλλά καταλύτης των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τον μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών εντός του οργανισμού. Η ενέργεια (ολική/πεπτή/μεταβολίσιμη κ.λπ.), επίσης, δεν θεωρείται θρεπτική ουσία, αλλά ως γνωστό αποδίδεται στον οργανισμό κατά τον καταβολισμό των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και των υδατανθράκων της τροφής.

2.1 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες αποτελούν πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, που υπάρχουν σε όλα τα ζωντανά κύτταρα (φυτικά και ζωικά) και είναι συστατικά των διαφόρων ιστών και των οργάνων. Αποτελούνται από C, H, O και N (12-19%), S, (συχνά και P). Διακρίνονται σε:

- Απλές πρωτεΐνες (αλβουμίνες, σφαιρίνες ή γλοβουλίνες, γλουτελίνες, προλαμίνες, ιστόνες, πρωταμίνες κ.α.)

- Σύνθετες πρωτεΐνες (νουκλεοπρωτεΐνες, φωσφοπρωτεΐνες, γλυκοπρωτεΐνες, λιποπρωτεΐνες)

Οι πρωτεΐνες θεωρούνται η πιο σημαντική ομάδα θρεπτικών ουσιών στις ιχθυοτροφές. Τα συστατικά των ιχθυοτροφών που περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών έχουν και υψηλότερη αγοραστική τιμή σε σύγκριση με άλλα που χαρακτηρίζονται από χαμηλό πρωτεϊνικό επίπεδο.

Τα ψάρια έχουν καθημερινές διατροφικές ανάγκες σε πρωτεΐνες για να επιτελέσουν τις διάφορες μεταβολικές τους διεργασίες, όπως:

- **Συντήρηση**

χρησιμοποίηση της πρωτεΐνης της τροφής για την κάλυψη των ενδοσωματικών απωλειών σε πρωτεΐνη που ήδη χρησιμοποιήθηκε ή καταστράφηκε μέσω της νέκρωσης των κυττάρων

- **Καταβολισμός**

χρησιμοποίηση της πρωτεΐνης της τροφής ως υπόστρωμα για παραγωγή ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί για τις διάφορες μεταβολικές λειτουργίες

- **Αναβολισμός**

χρησιμοποίηση της πρωτεΐνης της τροφής για σύνθεση νέας σωματικής πρωτεΐνης

Αυτές οι διατροφικές ανάγκες σε πρωτεΐνες είναι :

- **Ποσοτικές**, δηλ. ανάγκες των ψαριών σε συγκεκριμένα επίπεδα πρωτεΐνης που πρέπει να προσλαμβάνουν καθημερινά από την τροφή τους
- **Ποιοτικές**, δηλ. ανάγκες των ψαριών σε συγκεκριμένα αμινοξέα που πρέπει να περιέχονται στην τροφή τους

Οι ποιοτικές απαιτήσεις των ψαριών σε πρωτεΐνη αναφέρονται στις απαιτήσεις τους σε αμινοξέα, τα οποία αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών και διακρίνονται σε:

- απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία ο οργανισμός δε μπορεί να τα συνθέσει σε επαρκείς ποσότητες και έτσι αναγκαστικά θα πρέπει να τα προσλάβει από την τροφή του (Πιν. 2.1)
- Μη απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία συντίθενται από τον οργανισμό και άρα δεν υπάρχει «διατροφική απαίτηση» να τα προσλάβει από την τροφή του (Πιν. 2.1).

- Ημι-απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία συντίθενται από τον οργανισμό από άλλα απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα. Ωστόσο, αν αυτά δε συντίθενται σε επαρκείς ποσότητες τότε προκύπτει διατροφική απαίτηση.

Πίνακας 2.1. Απαραίτητα, μη απαραίτητα και ημι-απαραίτητα αμινοξέα στη διατροφή των ψαριών.

Απαραίτητα Αμινοξέα		Μη απαραίτητα & ημιαπαραίτητα	
Αργινίνη	(Arg)	Αλανίνη	(Ala)
Ιστιδίνη	(His)	Ασπαραγγίνη	(Asn)
Ισολευκίνη	(Ile)	Ασπार्टικό οξύ	(Asp)
Λευκίνη	(Leu)	Γλουταμίνη	(Gln)
Λυσίνη	(Lys)	Γλουταμινικό οξύ	(Glu)
Μεθειονίνη	(Met)	Γλυκίνη	(Gly)
Φαινυλαλανίνη	(Phe)	Προλίνη	(Pro)
Θρεονίνη	(Thr)	Σερίνη	(Ser)
Τρυπτοφάνη	(Trp)	Κυστεΐνη *	(Cys)
Βαλίνη	(Val)	Τυροσίνη **	(Tyr)

* Η κυστεΐνη (μη απαραίτητο αμινοξύ) συντίθεται από την μεθειονίνη και τη σερίνη.

** Η τυροσίνη (ημιαπαραίτητο αμινοξύ) συντίθεται από τη φαινυλαλανίνη.

2.2 Λιπίδια

Τα λιπίδια ή λίπη είναι μια μεγάλη ομάδα διαφορετικών ενώσεων, που είναι αδιάλυτες στο νερό και διαλυτές σε διάφορους οργανικούς διαλύτες (π.χ. χλωροφόρμιο, μεθανόλη, βενζόλιο). Υπάρχουν σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς (βακτήρια έως φυτά και ζώα). Με τον όρο «λίπη» εννοούνται οι ενώσεις που είναι στερεές σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ με τον όρο «έλαια» εκείνες που είναι ρευστές. Διακρίνονται σε:

- Απλά (ή ουδέτερα): Τριακυλογλυκερόλες, κηροί, στερόλες
- Σύνθετα (ή πολικά): Φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια κ.λπ.

Τα λιπίδια της ιχθυοτροφής αποτελούν τις πιο πλούσιες πηγές ενέργειας για τα ψάρια. Συγκριτικά, η κατανάλωση 1 g λίπους θα προσδώσει 38 KJ ενέργειας στο ψάρι, 1 g πρωτεΐνης θα προσδώσει 21 KJ, ενώ 1 g υδατανθράκων θα προσδώσει 15,2 KJ. Τα ψάρια επίσης έχουν ανάγκες σε λιπίδια διότι αυτά αποτελούν δομικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών (ελέγχουν τη διαπερατότητα, την ελαστικότητα και τη ρευστότητα των κυττάρων). Επίσης, τα λιπίδια όταν απορροφηθούν εντός του οργανισμού αποτελούν τους

μεταφορείς των λιποδιαλυτών βιταμινών & των καροτενοειδών. Περαιτέρω, τα λιπίδια απαιτούνται στη διατροφή των ψαριών διότι αποτελούν το υπόστρωμα για την παραγωγή ορμονών. Ένας από τους βασικότερους ρόλους των λιπιδίων της τροφής είναι η παροχή των απαραίτητων λιπαρών οξέων στον οργανισμό.

Τα λιπαρά οξέα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την απουσία ή την ύπαρξη διπλών δεσμών στην ανθρακική τους αλυσίδα:

- 1) Κορεσμένα** (η ανθρακική τους αλυσίδα δεν περιέχει διπλούς δεσμούς)
- 2) Μονοακόρεστα** (έχουν ένα διπλό δεσμό στην ανθρακική τους αλυσίδα)
- 3) Πολυακόρεστα** (έχουν 2 ή περισσότερους διπλούς δεσμούς στην αλυσίδα τους)

Τα ψάρια έχουν συγκεκριμένες διαιτητικές ανάγκες σε λιπίδια και λιπαρά οξέα (ΛΟ) που διακρίνονται σε:

- Ποιοτικές ανάγκες (δηλ. ανάγκες σε συγκεκριμένα λιπαρά οξέα)
- Ποσοτικές ανάγκες (δηλ. ανάγκες σε συγκεκριμένες ποσότητες)

Όλα τα ΛΟ (κορεσμένα – μόνο – πολυακόρεστα) απαιτούνται από τον οργανισμό για τις διάφορες φυσιολογικές του λειτουργίες. Ωστόσο, τα ψάρια, όπως όλοι οι σπονδυλωτοί ζωικοί οργανισμοί, ενώ έχουν την ικανότητα να συνθέσουν τα κορεσμένα και μονοακόρεστα ΛΟ, δεν μπορούν να συνθέσουν εντός του σώματος τους (*de novo* σύνθεση) τα ω-3 & ω-6 πολυακόρεστα ΛΟ. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνουν τα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ΠΛΟ) απευθείας από την τροφή τους. Τα ω-3 και ω-6 ΠΛΟ, και ειδικότερα τα 20:4ω-6, 20:5ω-3, 22:6 ω-3 είναι απαραίτητα για τη φυσιολογική ανάπτυξη, την υγεία και την αναπαραγωγή. Για παράδειγμα, το 22:6 ω-3 είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη ιστών του νευρικού συστήματος των οργανισμών, όπως ο εγκέφαλος και οι οφθαλμοί. Ιχθύδια που διατράφηκαν με τροφές που είχαν έλλειψη σε 22:6 ω-3 παρουσίασαν μειωμένη όραση, ικανότητα πρόσληψης τροφής και διαταραγμένη συμπεριφορά. Τα 20:4ω-6, 20:5ω-3, 22:6ω-3 είναι άφθονα στα αυγά των ψαριών και έχει δειχθεί πως σε αυτά οφείλεται η επιτυχία της εκκόλαψης, της επιβίωσης και της ανάπτυξης των λαρβών. Επίσης, τα 20:4ω-6, 20:5ω-3, 22:6ω-3 αποτελούν τις πρώτες ύλες για να παράξει ο οργανισμός μία ομάδα πολύ σημαντικών ορμονών, όπως οι προσταγλανδίνες και τα θρομβοξάνια, οι οποίες εμπλέκονται σε πάρα πολλές φυσιολογικές διεργασίες του οργανισμού. Είναι αποδεδειγμένο πως όταν υπάρχει ανεπάρκεια ή έλλειψη των ω-3 και ω-6 ΠΛΟ στην τροφή επέρχεται μειωμένη ανάπτυξη, παθολογικές καταστάσεις και θνησιμότητα των ψαριών. Για αυτό το λόγο τα ω-3 και ω-6 ΠΛΟ ονομάζονται «**απαραίτητα λιπαρά οξέα**».

Τα διάφορα είδη ψαριών έχουν διαφορετικές ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις σε ω-3 και ω-6 ΠΛΟ. Για παράδειγμα τα ψάρια της θάλασσας έχουν απαιτήσεις στα μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας ω-3 και ω-6 ΠΛΟ, όπως είναι τα 20:4ω-6, 20:5ω-3, 22:6ω-3 και μάλιστα οι απαιτήσεις τους σε ω-3 είναι μεγαλύτερες από τις απαιτήσεις τους σε ω-6. Από την άλλη, τα ψάρια του γλυκού νερού οι απαιτήσεις τους ικανοποιούνται από τα ω-3 και ω-6 μικρής ανθρακικής αλυσίδας, όπως τα 18:3ω-3 και 18:2ω-6. Αυτό συμβαίνει διότι τα ψάρια του γλυκού νερού είναι περισσότερο ικανά στο να μετατρέπουν ενδοσωματικά τα 18:3ω-3 και 18:2ω-6 της τροφής τους σε 20:4ω-6, 20:5ω-3, 22:6ω-3. Επίσης, η θερμοκρασία του νερού φαίνεται να επηρεάζει τις απαιτήσεις των ειδών σε απαραίτητα λιπαρά οξέα. Γενικά, τα ψυχρόφιλα είδη έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε ω-3 από ότι σε ω-6 συγκριτικά με τα είδη των εύκρατων και τροπικών περιοχών που έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε ω-6.

Στις ιχθυοτροφές, πηγές λιπιδίων αποτελούν τα διάφορα ιχθυέλαια (ρέγγας, σαρδέλας, μπακαλιάρου κ.λπ.), τα διάφορα φυτικά έλαια (π.χ. ηλιέλαιο, σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, φοινικέλαιο κ.λπ.), αλλά και όλα τα άλευρα που συμπεριλαμβάνονται στις ιχθυοτροφές ως πηγές πρωτεΐνης. Κάποια από αυτά μπορεί να περιέχουν μεγάλες ποσότητες λίπους (π.χ. το ιχθυάλευρο περιέχει λίπος 10% επί της ξηράς του ουσίας). Όπως με τα αμινοξέα, έτσι και με τα λιπαρά οξέα, υπάρχουν διαφορές στη σύσταση των λιπαρών οξέων στα διάφορα συστατικά και έλαια των ιχθυοτροφών. Για παράδειγμα, τα ιχθυέλαια είναι πλούσια σε ω-3 ΠΛΟ, ενώ τα φυτικά έλαια είναι φτωχά σε ω-3 αλλά πλούσια σε ω-6 ΠΛΟ.

2.3 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες είναι ενώσεις του C με H₂ και O και περιέχονται σε αφθονία (75% της ξηρής ουσίας) στα φυτικά προϊόντα. Ο ρόλος των υδατανθράκων στις ιχθυοτροφές είναι η προσφορά ενέργειας στα εκτρεφόμενα ψάρια, και μάλιστα φτηνής ενέργειας διότι γενικά τα φυτικά προϊόντα (π.χ. ρύζι, σιτάρι, σίκαλη κ.λπ) έχουν τη χαμηλότερη τιμή από τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται στις ιχθυοτροφές. Επίσης, στις ιχθυοτροφές κάποιοι συγκεκριμένοι σύνθετοι υδατάνθρακες, που ονομάζονται ινώδεις ουσίες (όπως π.χ. κυτταρίνη, λιγνίνη, πηκτίνες κ.λπ). χρησιμοποιούνται και ως συγκολλητικές ουσίες. Οι υδατάνθρακες επίσης αποτελούν δομικά συστατικά των ιστών του ζωικού οργανισμού.

Διαχωρίζονται σε:

- Μονοσακχαρίτες, όπως οι τριόζες, τετρόζες, πεντόζες, εξόζες (γλυκόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, φρουκτόζη κ.α)
- Ολιγοσακχαρίτες, μερικοί μονοσακχαρίτες ενωμένοι μεταξύ τους όπως δισακχαρίτες (μαλτόζη, σακχαρόζη, λακτόζη) και τρισακχαρίτες (ραφινόζη)

- Πολυσακχαρίτες, πολλοί μονοσακχαρίτες ενωμένοι μεταξύ τους, όπως το άμυλο, το γλυκογόνο, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η χητίνη (δομικό στοιχείο στον εξωσκελετό των καρκινοειδών) κ.λπ.

Τα ψάρια δεν μπορούν να πέσουν μεγάλα ποσά υδατανθράκων, αν και υπάρχουν τα κατάλληλα πεπτικά ένζυμα (π.χ. αμυλάση). Ειδικά, η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών είναι πολύ χαμηλή στα ψάρια. Τα φυτοφάγα ψάρια είναι περισσότερο ικανά στο να πέπτουν τους υδατάνθρακες σε σύγκριση με τα σαρκοφάγα ψάρια. Γενικά, πάντως, η πεπτικότητα των υδατανθράκων από τα ψάρια είναι χαμηλότερη από την πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Στην τεχνολογία των ιχθυοτροφών, με την κατάλληλη υδροθερμική επεξεργασία (θέρμανση, νιφαδοποίηση, εξώθηση κ.λπ.) των πρώτων υλών, βελτιώνεται η πεπτικότητα των υδατανθράκων. Έτσι τροφές πλούσιες σε υδατάνθρακες (όπως π.χ. δημητριακοί καρποί) με την κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά ως πηγές ενέργειας από τα ψάρια. Ωστόσο θα πρέπει να δίνεται προσοχή στο επίπεδο των υδατανθράκων στην ιχθυοτροφή των ψαριών ώστε να μην είναι πολύ υψηλό.

2.4 Βιταμίνες

Είναι οργανικές ενώσεις, απαραίτητες για τη διατήρηση της ζωής, την υγεία, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή των οργανισμών. Δρούν επίσης ως συνένζυμα, είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά πρωτονίων και ηλεκτρονίων, έχουν ορμονική δράση και προστατεύουν τις κυτταρικές μεμβράνες μεταξύ άλλων. Οι βιταμίνες δε συντίθενται από τον ζωικό οργανισμό ή συντίθεται ανεπαρκώς με αποτέλεσμα να υπάρχει διατροφική απαίτηση μέσω της τροφής. Υπάρχουν δύο κατηγορίες βιταμινών:

- Λιποδιαλυτές βιταμίνες (περιλαμβάνονται οι βιταμίνες A, D, E και K), οι οποίες απορροφούνται από τον οργανισμό μαζί με τα λιπίδια της τροφής. Η περίσσεια τους συσσωρεύεται στο ήπαρ (κίνδυνος υπερβιταμίνωσης)
- Υδατοδιαλυτές βιταμίνες (περιλαμβάνονται οι βιταμίνες C και η ομάδα B συμπλέγματος. Η περίσσεια τους αποβάλλεται εύκολα από τον οργανισμό.

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι κύριες πηγές βιταμινών στις ιχθυοτροφές.

Οι βιταμίνες απαιτούνται σε μικροποσότητες στις ιχθυοτροφές. Π.χ. ο κυπρίνος απαιτεί 2-3 mg βιταμίνης B1 / Kg τροφής, η τσιπούρα απαιτεί 1000-2000 IU βιταμίνης A / Kg τροφής. Μονάδα μέτρησης κάποιων βιταμινών (π.χ. βιτ. A) είναι οι διεθνείς μονάδες (International Units, IU)

$$\begin{aligned}
 1 \text{ IU} &= 0,34 \text{ } \mu\text{g} \text{ οξικού εστέρα βιταμίνης A} \\
 &= 0,55 \text{ } \mu\text{g} \text{ παλμιτικού εστέρα βιταμίνης A} \\
 &= 0,35 \text{ } \mu\text{g} \text{ προπιονικού εστέρα βιταμίνης A}
 \end{aligned}$$

Πίνακας 2.2. Η δράση και οι κύριες πηγές των βιταμινών στις ιχθυοτροφές (Halver, 2002).

Βιταμίνη	Δράση	Κύρια Πηγή στις ιχθυοτροφές
A (ρετινόλη)	όραση, συντήρηση επιθηλ. κυττάρων	ιχθυέλαια
D (καλσιφερόλη)	ρυθμίζει εναπόθεση Ca, P στα οστά	ιχθυέλαια
E (τοκοφερόλη)	αντιοξειδωτική ουσία	καρπούς σιτηρών
K	πηκτικότητα του αίματος	πράσινες φυλλ. τροφές
B ₁	νευρικού ιστούς, μεταβολισμό CH ₂ O	ιχθυάλ.,σιτηρά και χόρτα
B ₂	μεταβολικό πρωτ., λιπιδίων, CH ₂ O	ιχθυάλ., σόγια, δημητριακά
Νιασίνη	μεταφορά H ⁺ στα κύτταρα	ιχθυάλ., ζύμες, όσπρια
B ₆	μεταβολικό πρωτεϊνών	δημητριακά
Παντοθενικό οξύ	μεταβολισμό	σε όλες τις τροφές
Φολικό οξύ	παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων	ιχθυαλ., σιτηρά
Βιοτίνη	βιοσύνθεση λιπαρών ουσιών	σε όλες τις τροφές
B ₁₂	παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων	ιχθυάλευρα
C	μεταφορέας H ⁺ , OH ⁻ , οστά, ορμόνες	πράσινα λαχανικά
Χολίνη	μεταβολισμό λιπιδίων	ιχθυέλαιο, σογιάλευρο, σιτ.

Στις ιχθυοτροφές οι βιταμίνες προστίθενται ως τυποποιημένα προμείγματα σε ποσοστό 0,5-3 % επί της Ξ.Ο. της τροφής ώστε να αποφευχθούν τυχόν ελλείψεις στη διατροφή των ψαριών. Επίσης, όταν οι ιχθυοτροφές περιέχουν υψηλά επίπεδα λιπιδίων (ελαίων) και επομένως κίνδυνος οξείδωσης τους, προστίθενται επαρκείς ποσότητες βιταμίνης E λόγω της αντιοξειδωτικής της δράσης.

2.5 Ανόργανα στοιχεία

Τα ανόργανα στοιχεία είναι δομικά συστατικά των κυττάρων και των ιστών, συστατικά οργανικών ενώσεων (αμινοξέων, βιταμινών, ενζύμων κ.λπ.), διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον μεταβολισμό και στο σχηματισμό του σκελετού και των οστών.

- Διακρίνονται σε ιχνοστοιχεία (απαιτούνται σε μικροποσότητες) και μακροστοιχεία (απαιτούνται σε σχετικά μεγαλύτερες ποσότητες) από τους οργανισμούς.

Μακροστοιχεία

Ca
P
Mg
K
Na
Cl
S

Ιγνοστοιχεία

Fe F
Cu Cr
Zn Ni
Mn V
Se Mo
Co κ.λπ
I

Στις ιχθυοτροφές τα ανόργανα στοιχεία, όπως και οι βιταμίνες, προστίθενται ως τυποποιημένα προμίγματα σε ποσοστό 0,5-3 % επί της Ξ.Ο. της τροφής ώστε να αποφευχθούν τυχόν ελλείψεις στη διατροφή των ψαριών. Για τα θαλάσσια είδη, επειδή τα P και Ca είναι περιορισμένα στη θάλασσα, αυτά συχνά προστίθενται στις ιχθυοτροφές σε μεγαλύτερες ποσότητες από ότι τα άλλα ανόργανα στοιχεία με τη μορφή φωσφορικού ή διφωσφορικού διασβεστίου. Στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η δράση και οι κύριες πηγές των ανόργανων στοιχείων στις ιχθυοτροφές.

Πίνακας 2.3. Η δράση και οι κύριες πηγές των ανόργανων στοιχείων στις ιχθυοτροφές (Halver, 2002).

Αν. Στοιχείο	Δράση	Κύρια Πηγή στις ιχθυοτροφές
Ca	οστά, συστολή μυών, νευρικό, έκκριση ορμονών	ιχθυάλευρα, οστεάλευρα
P	οστά, μαλακούς ιστούς, μεταβολισμό ΘΟ	ιχθυάλευρα, σιτηρά, σόγια
Mg	ενζυμική δράση	φυτικές τροφές
K, Na, Cl	σωματικά υγρά, ηλεκτρολύτες, ωσμωτική πίεση	φυτικές τροφές, ιχθυάλ.
Fe	αίμα, μυοσφαιρίνη, μεταφορά O ₂ στα κύτταρα	ιχθυαλ., ψυχανθή
Cu	στοιχείο ενζύμων	σε πολλές τροφές
Zn	σε μεταλλοένζυμα, ρύθμιση ενεργότητας ενζύμων	ιχθυάλ., δίθυρα, δημητρ.
Mn	ένζυμα μεταβολισμού	ρύζι, σιτάρι
I	θυρεοειδή αδένα, ενδοκρινικό, νευρικό σύστημα	θαλάσσια ζώα & φυτά
Se	αντιοξειδωτική & αντιτοξική δράση	ιχθυάλευρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΗ ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ

Οι μη θρεπτικές ουσίες των ιχθυοτροφών είναι πρόσθετα που συμπεριλαμβάνονται στις ιχθυοτροφές για διάφορους λόγους που θα αναλυθούν παρακάτω. Ως επί το πλείστον, οι ενώσεις αυτές έχουν ελάχιστη ή και καμία θρεπτική αξία, ωστόσο αποτελούν σημαντικά συστατικά των ιχθυοτροφών, αυξάνοντας τη σταθερότητα των σύμπληκτων, την ασφάλεια αποθήκευσης τους, τη γεύση της τροφής, την απόδοση και υγεία των ψαριών κ.α. Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν:

- Νερό - υγρασία
- Συγκολλητικές ουσίες
- Καροτενοειδή
- Αντιοξειδωτικές ουσίες
- Φάρμακα & αντιβιοτικά
- Προβιοτικά
- Ορμόνες
- Αντιμικροβιακοί παράγοντες
- Αρωματικές ουσίες κ.λπ.

3.1 Νερό - υγρασία

Το νερό προστίθεται κατά την παρασκευή της ιχθυοτροφής για την ανάμιξη των συστατικών-πρώτων υλών. Μια μικρή έως σημαντική ποσότητα νερού (υγρασίας) υπάρχει, επίσης, και στα διάφορα συστατικά των ιχθυοτροφών. Π.χ. το σογιάλευρο έχει ξηρή ουσία 90% και 10% υγρασία, το άλευρο σιταριού περιέχει περίπου 5% υγρασία κ.λπ. Η (σχετική) υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα μπορεί επίσης να προσθέσει μια μικρή ποσότητα υγρασίας στο τελικό προϊόν (πελλέτα) όταν είναι εκτεθειμένη. Ανάλογα με την υγρασία τους, οι ιχθυοτροφές διακρίνονται σε:

- Ξηρές ιχθυοτροφές (8 - 12% υγρασία) σύμπληκτα (πελέτες)
- Ημίξηρες ιχθυοτροφές (12 - 65% υγρασία) σύμπληκτα, πολτοί αλεύρων
- Υγρές ιχθυοτροφές (65-75% υγρασία) υγρά σύμπληκτα.

Τα ξηρά σύμπληκτα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των υγρών συμπληκτων: α) δεν απαιτούν αποθήκευση υπό ψύξη, ενώ η αποθήκευση σε θερμοκρασία δωματίου αρκεί για

τουλάχιστον 90 ημέρες μετά την παραγωγή, β) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μηχανήματα αυτόματης διανομής ιχθυοτροφής, ενώ τα υγρά σύμπληκτα προκαλούν συμφόρηση σε τέτοιου είδους μηχανήματα και γ) είναι λιγότερο δαπανηρά από τα υγρά σύμπληκτα, ιδίως όταν το κόστος των υγρών συμπληκτων εκφράζεται σε βάση ξηρού βάρους.

Στις περισσότερες εντατικές εκτροφές ιχθύων χρησιμοποιούνται ξηρές ιχθυοτροφές (σύμπληκτα). Ημίξηρες ιχθυοτροφές χρησιμοποιούνται πολλές φορές για την πάχυνση των ιχθυδίων κάποιων ειδών όπως π.χ. του σολομού του Ειρηνικού. Η περιεκτικότητα των ιχθυοτροφών σε υγρασία πρέπει να ελέγχεται λόγω του κινδύνου μικροβιακής επιμόλυνσης σε τροφές με υψηλή υγρασία. Κατά την παρασκευή των ξηρών ιχθυοτροφών με τη διαδικασία της πελλετοποίησης, προστίθεται νερό στο μίγμα ως ατμός ώστε να επιτευχθεί η συμπύκνωση του μίγματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι να αυξάνεται η υγρασία του μίγματος της τροφής σε ένα υψηλό ποσοστό (συνήθως περίπου 15% αλλά ανάλογα το μίγμα μπορεί να φτάσει ως και 25-30%). Μετά το πέρας της πελετοποίησης και της παρασκευής των συμπλήκτων, αυτά αποξηραίνονται σε χαμηλές θερμοκρασίας (π.χ. 30-40 °C) με διοχέτευση θερμού αέρα και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ώστε η περιεχόμενη υγρασία τους να είναι μικρότερη του 12-13% και με αυτόν τον τρόπο να αποφευχθούν οι κίνδυνοι μικροβιακής επιμόλυνσης κατά την αποθήκευσή τους. Μία ποσότητα υγρασίας στην ιχθυοτροφή (> 8%) είναι επίσης αναγκαία, ώστε το σύμπληκτο να είναι εύκολα αποδεκτό από τα ψάρια συγκριτικά με μία εντελώς αποξηραμένη ιχθυοτροφή. Συχνά, για την αποφυγή απωλειών υγρασίας προστίθενται διάφορες πολύ-υδρικές αλκοόλες (π.χ. γλυκερόλη, σορβιτόλη κ.λπ.)

3.2 Συγκολλητικές ουσίες

Οι ιχθυοτροφές πρέπει να μετατρέπονται σε σύμπληκτα (πελλέτες) για να έχουν συνεκτικότητα ώστε να αντέχουν στη μεταχείριση (να μην θρυμματίζονται εύκολα) και στη διαλυτοποίηση στο νερό. Για το λόγο αυτό, είναι επιθυμητό οι ιχθυοτροφές να περιέχουν ένα μικρό ποσοστό σε ουσίες που προσδίδουν συγκόλληση σε αυτές. Πολλές από αυτές τις συγκολλητικές ουσίες υπάρχουν φυσικά διαθέσιμες στα ίδια τα άλευρα που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παρασκευή των τροφών. Π.χ. τα άλευρα φυτικής προέλευσης περιέχουν αρκετούς υδατάνθρακες, οι οποίοι προσδίδουν συγκολλητικές ιδιότητες στο μίγμα, ενώ αντίθετα τα άλευρα ζωικής προέλευσης έχουν χαμηλή συγκολλητική ικανότητα. Σε κάποιες περιπτώσεις, ωστόσο, προστίθενται στις ιχθυοτροφές πρόσθετες συγκολλητικές ουσίες. Υπάρχουν διάφορες φυσικές ή συνθετικές ουσίες που δρουν ως συγκολλητικές για τις ιχθυοτροφές:

- Οι ινώδεις ουσίες (κυτταρίνες, ημικυτταρίνες) των φυτών αποτελούν συγκολλητικές ουσίες
- Μπεντονίτες (πυριτικός άργιλος) με Na, Ca (διογκώνεται στο νερό)
- Θεϊϊκή λιγνίνη (προϊόν πολτοποίησης ξύλου)
- Ζελατίνη – Κολλαγόνο
- Άμυλο προζελατοποιημένο
- Ταπιόκα (*Manihot esculenta*)
- Καρβοξυ-μεθυλο-κυτταρίνη
- Άγαρ-άγαρ, Αλγινικό, Carageenan (εκχύλισμα φυκιών)

Οι συγκολλητικές ουσίες, ανάλογα το είδος τους, μπορεί να προστεθούν σε ποσοστά 0,1-4% επί της ξηρής ουσίας της τροφής, ώστε να επιτύχουν την επιθυμητή συγκόλληση. Μεγάλες ποσότητες συγκολλητικών ουσιών, ωστόσο, πρέπει να αποφεύγονται διότι μπορεί να μειώσουν την πεπτικότητα των πρωτεϊνών, να προκαλέσουν ηπατοπάθειες, νεφροπάθειες, αλλοιώσεις του χρωματισμού κ.λπ. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί πως η πρακτική χρησιμοποίησης συγκολλητικών ουσιών ήταν κοινή παλιότερα, όπου η πελλετοποίηση του μίγματος γίνονταν με απλουστευμένη τεχνολογία. Αντίθετα, η σύγχρονη τεχνολογία παρασκευής ιχθυοτροφών που εφαρμόζεται πλέον (τεχνολογία της εξώθησης) επιτυγχάνει ιδανική συγκόλληση των συμπύκτων και έτσι στις μέρες μας σπανίζει η προσθήκη συγκολλητικών ουσιών στις εμπορικές τροφές και περιορίζεται μόνο σε εκείνες που ακόμα παρασκευάζονται με τις παραδοσιακές τεχνικές απλής πελλετοποίησης ή σε πειραματικού τύπου ιχθυοτροφές.

3.3 Χρωστικές ουσίες

Πρόκειται για λιποδιαλυτές ουσίες (600 είναι ήδη γνωστές) που απαντώνται σε διάφορα φυτά και ζώα και αποδίδουν το χρωματισμό τους και ονομάζονται καροτενοειδή. Οι σημαντικότερες ομάδες καροτενοειδών που χρησιμοποιούνται σε κάποιες ιχθυοτροφές είναι:

- Ασταξανθίνη & κασταξανθίνη – αποδίδουν το κόκκινο χρώμα στη σάρκα, δέρμα, πτερύγια ψαριών
- Ξανθοφύλλες (αποδίδουν κίτρινο χρώμα)
- Β-καροτίνη (αποδίδουν πορτοκαλί – ανοιχτό κόκκινο)
- Λουτένη (αποδίδει κίτρινο, βρίσκεται στο καλαμπόκι)
- Ζεαξανθίνη (αποδίδει κίτρινο-πορτοκαλί, βρίσκεται στα θαλάσσια μακρο- & μικροφύκη)

Στη φύση, τα καροτενοειδή συνθέτονται από φύκια και βιοσυγκεντρώνονται στην τροφική αλυσίδα, καταλήγοντας τελικά στα ψάρια. Τα ψάρια χρησιμοποιούν αυτές τις χρωστικές για το χρωματισμό της σάρκας, του δέρματος και των αυγών τους. Ωστόσο, τα ψάρια δε μπορούν να συνθέσουν τα καροτενοειδή, και άρα θα πρέπει να τα λαμβάνουν από την τροφή τους. Αντίθετα, τα καρκινοειδή μπορούν και βιοσυνθέτουν πολλά καροτενοειδή. Η χρησιμοποίηση καροτενοειδών είναι κοινή στις ιχθυοτροφές των σολομοειδών, όπως ο σολομός και η πέστροφα, που έχουν ερυθρό κρέας και επομένως είναι απαραίτητη η προσθήκη καροτενοειδών στις τροφές τους. Επίσης, καροτενοειδή χρησιμοποιούνται και στις ιχθυοτροφές του φαγκριού ώστε να αποδώσουν τον εξωτερικό ερυθρό χρωματισμό στα ψάρια.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των καροτενοειδών στον χρωματισμό της σάρκας και του δέρματος των ψαριών είναι αρκετά πολύπλοκη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

- το καροτενοειδές και την πεπτικότητα του από το ψάρι

Πχ.. η πεπτικότητα της ασταξανθίνης από το σολομό ποικίλλει 10-60%, ενώ η πεπτικότητα της κασταξανθίνης 20-30%.

- Το είδος του εκτρεφόμενου ψαριού

Η απορρόφηση αυτών των ουσιών και ο χρωματισμός που προσδίδουν ποικίλλει με το γένος, είδος, ακόμα και υποείδος, ηλικία, στάδιο ανάπτυξης κ.λπ. Πχ. στο σολομό και την πέστροφα, η ασταξανθίνη απορροφάται περισσότερο από ότι η κασταξανθίνη, ενώ και οι δύο αυτές χρωστικές απορροφούνται περισσότερο από ότι η λουτένη και η ζεαξανθίνη. Αντίθετα, στο χρυσόψαρο ο βαθμός απορρόφησης των χρωστικών είναι ζεαξανθίνη > ασταξανθίνη > λουτένη. Αποτέλεσμα αυτών είναι οι πολλές αποτυχίες στον χρωματισμό ενός ιχθυοπληθυσμού (π.χ. 30% στις πέστροφες). Επίσης, η αποτελεσματικότητα της απορρόφησης ενός καροτενοειδούς από το ψάρι έχει να κάνει και με τη θερμοκρασία του νερού.

- Τη μεταβολική μετατροπή της χρωστικής σε άλλη χρωστική

Ορισμένα ψάρια και οστρακόδερμα διαθέτουν την ικανότητα να μετατρέπουν κάποιες ξανθοφύλλες χρωστικές σε άλλες καροτινοειδείς χρωστικές. Τα χρυσόψαρα και ο κοινός κυπρίνος μπορούν να μετατρέψουν τη ζεαξανθίνη (μία κίτρινη ξανθοφύλλη) στην ασταξανθίνη (μία ερυθρή καροτινοειδή χρωστική). Παρομοίως, η γαρίδα *Penaeus*

jaronicus, μπορεί να μετατρέψει την β-καροτίνη και τη ζεαξανθίνη σε ασταξανθίνη. Αντίθετα, τα σαλμονοειδή δε μπορούν να μετατρέψουν τα καροτενοειδή.

- Την προτίμηση που δείχνει ένα καροτενοειδές στο χρωματισμό συγκεκριμένων ιστών

Υπάρχουν χρωστικές που στοχεύουν στο χρωματισμό της σάρκας, άλλες στο δέρμα, άλλες στον εξωσκελετό, άλλες στις γονάδες κ.λπ.

Η προσθήκη καροτενοειδών στις ιχθυοτροφές επιτυγχάνεται με την προσθήκη συστατικών που περιέχουν τις επιθυμητές καροτενοειδείς χρωστικές, καροτενοειδή εκχυλίσματα φυσικών προϊόντων, ή συνθετικές χρωστικές. Συστατικά που περιέχουν καροτενοειδή είναι:

- Μαγιά (π.χ. *Phyaffia*)
- η θαλάσσια άλγη (πχ.*Haematococcus*) και η μικρή γαρίδια κριλλ (krill, ζωοπλαγκτόν)
- Άλευρα καβουριών και γαρίδων

Ωστόσο, κατά την επεξεργασία αυτών των συστατικών πολλά από τα καροτενοειδή καταστρέφονται (αποχρωματίζονται σε υψηλές θερμοκρασίες και φως). Για το λόγο αυτό, η πιο συνηθισμένη πρακτική είναι τα καροτενοειδή να απομονώνονται από τα συστατικά που τις περιέχουν (συνθετικά καροτενοειδή) και έπειτα να προστίθενται στις ιχθυοτροφές ως ζελατινοποιημένα μαζί με έλαια. Έτσι, συμπυκνωμένα καροτενοειδή αποστάγματα κόκκινου καβουριού, καραβίδας, πάπρικας, κασάνων κ.λπ. αποτελούν αποτελεσματικά συμπληρώματα διατροφής. Η ποσότητα που προστίθεται στην ιχθυοτροφή εξαρτάται από τη συγκέντρωση καροτενοειδών χρωστικών στο απόσταγμα, αλλά γενικά τα διατροφικά επίπεδα κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά ποσοστά. Για παράδειγμα, η συνθετική κασταξανθίνη ή ερυθρή λυκανθίνη είναι ένα εμπορικό προϊόν που περιέχει ένα ελάχιστο ποσοστό 10% κανθαξανθίνης και προστίθεται σε εμπορικές ιχθυοτροφές σε ποσοστό 0,05% για την παραγωγή ενός διατροφικού επιπέδου κανθαξανθίνης περίπου 50 mg/kg τροφής. Η συνθετική ασταξανθίνη προστίθεται σε ιχθυοτροφές σε ποσοστό περίπου 0,065% για την παραγωγή ενός διατροφικού επιπέδου ασταξανθίνης 45 mg/kg τροφής.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν και μειονεκτήματα από τη χρήση συνθετικών καροτενοειδών. Το κόστος μιας ιχθυοτροφής που περιλαμβάνει καροτενοειδή είναι αυξημένο κατά 15-30%. Επίσης, η προσθήκη αυτών των ουσιών στις ιχθυοτροφές υπόκειται σε αυστηρή νομοθεσία από την ΕΕ (π.χ. έχει ορισθεί η μέγιστη δόση 80 mg κασταξανθίνη και 100 mg ασταξανθίνη στο κιλό ιχθυοτροφής), διότι η κατανάλωση ψαριών που περιέχουν

αυξημένες συγκεντρώσεις καροτενοειδών προκαλεί καρκινοπάθειες και τοξικότητα στον άνθρωπο. Επίσης, κατά τη διαδικασία της πελλετοποίησης των ιχθυοτροφών πρέπει να έχουμε κατά νου πως μία σημαντική ποσότητα καροτενοειδών καταστρέφεται από τις υψηλές θερμοκρασίες. Στην παραγωγή, μόνο οι ιχθυοτροφές που προορίζονται για σολομό και πέστροφα περιέχουν διάφορα καροτενοειδή μιας και εκεί υπάρχει η επιθυμία της κόκκινης απόχρωσης της σάρκας. Αντίθετα, στις ιχθυοτροφές της τσιπούρας και του λαβρακιού δεν προστίθενται καροτενοειδή ούτε άλλη χρωστική ουσία.

Άλλες χρήσεις των καροτενοειδών

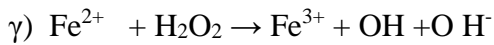
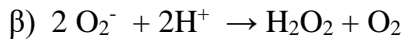
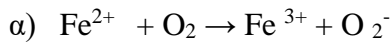
Τα καροτενοειδή είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή βιταμίνης Α (ειδικά στα καρκινοειδή) και ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα (αν και στα ψάρια δεν έχει ακόμα αποδειχθεί). Επίσης, φαίνεται να διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην αναπαραγωγή κάποιων ειδών ψαριών, ενώ επίσης έχει αποδειχθεί η αντικαρκινική και αντιοξειδωτική δράση ορισμένων από αυτά.

3.4 Αντιοξειδωτικές ουσίες

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες είναι χημικές ενώσεις οι οποίες προστίθενται στις ιχθυοτροφές για την προστασία της οξείδωσης των λιπιδίων και των καροτινοειδών τους. Οι αντιοξειδωτικές ουσίες που προστίθενται σε λιπίδια και ιχθυοτροφές για πρόληψη της οξείδωσης τους αντιδρώντας με τις ελεύθερες ρίζες είναι διάφορες φαινολικές ενώσεις, όπως το βουτυλοϋδροξυτολουόλιο (BHT) και η βουτυλοϋδροξυανισόλη (BHA), και οι αμίνες, όπως η αιθοξυκίνη. Τα BHA και BHT προστίθενται στις τροφές σε επίπεδο 0,1%, ενώ η αιθοξυκίνη προστίθεται σε χαμηλότερο ποσοστό (συνήθως 0,015%). Άλλοι χρησιμοποιούμενοι αντιοξειδωτικοί παράγοντες συμπεριλαμβάνουν το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), το φυτικό οξύ, το τρυγικό οξύ, το οξαλικό οξύ, και το αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA). Πολλές πηγές λιπιδίων περιέχουν φυσικά εμφανιζόμενους αντιοξειδωτικούς παράγοντες, κυρίως τοκοφερόλες (βιταμίνη E). Οι ενώσεις αυτές αναστέλλουν την αυτοοξείδωση των λιπιδίων μέχρι να εξαντληθούν, οπότε και ο ρυθμός αντιδράσεων οξείδωσης αυξάνεται ραγδαία.

Τα λιπίδια των ιχθυοτροφών, ιδιαίτερα όταν περιέχονται σε υψηλά ποσοστά, μπορεί να υποστούν αυτοοξείδωση, γνωστή και ως ατμοσφαιρική οξείδωση, και η οποία οδηγεί σε προϊόντα που παράγουν ανεπιθύμητα αρώματα και οσμές. Το ποσοστό αυτοοξείδωσης των λιπιδίων μπορεί να επιταχυνθεί όταν εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία, υψηλές θερμοκρασίες και σε ατμοσφαιρικό οξυγόνο.

Η αυτοοξειδωση λιπιδίων είναι μια διεργασία η οποία περιλαμβάνει τρία στάδια:



Αρχικά γίνεται ο σχηματισμός των ελεύθερων ριζών δηλαδή η έναρξη. Η έναρξη ενισχύεται με διάφορους παράγοντες, όπως είναι, μεταξύ άλλων, το φως, η θερμότητα, η υπεριώδης ακτινοβολία, και η παρουσία δισθενών κατιόντων, όπως χαλκού και σιδήρου, γνωστών ως προ-οξειδωτικών. Ακολουθεί η αυτοοξειδωση και περιλαμβάνει την αντίδραση των ελεύθερων ριζών που σχηματίστηκαν στο στάδιο της έναρξης με πιο πολλούς ελεύθερους διπλούς δεσμούς με λιπαρά οξέα, σχηματίζοντας έναν αριθμό δευτερευόντων προϊόντων και ριζών. Το τελικό στάδιο είναι ο τερματισμός, όπου η παραγωγή ελεύθερων ριζών επιβραδύνεται και, τελικά, σταματάει. Διάφορα δευτερεύοντα προϊόντα της οξείδωσης λιπαρών οξέων αντιδρούν με διάφορους τρόπους για το σχηματισμό σταθερών τελικών προϊόντων. Καθώς το βήμα της αναπαραγωγής αυτό καθαυτό σχηματίζει περισσότερες ελεύθερες ρίζες από αυτές που χρησιμοποιεί, οι αντιδράσεις αυτοοξειδωσης είναι αυτοκαταλυτικές, το οποίο σημαίνει ότι αφού αρχίσει η οξείδωση, συνεχίζεται με επιταχυνόμενο ρυθμό ως την εξάντληση των υποστρωμάτων (διπλών δεσμών). Ο αριθμός ελεύθερων ριζών που σχηματίζονται από την οξείδωση ξεχωριστών λιπαρών οξέων συνδέεται με τον αριθμό των διπλών δεσμών του, καθιστώντας την οξείδωση των λιπαρών οξέων σε ιχθυέλαια μια πολύ πιο γρήγορη διεργασία από ότι η οξείδωση λιγότερο ακόρεστων λιπιδίων. Όταν αντιδράσει ένα μόριο αντιοξειδωτικού παράγοντα, δε διαθέτει πλέον αντιοξειδωτικές ιδιότητες και έτσι «καταστρέφεται» κατά τη διαδικασία. Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις αντιοξειδωτικών παραγόντων μειώνονται κατά τη φάση έναρξης και, αφού εξαντληθούν, οι αντιδράσεις οξείδωσης προχωρούν πολύ γρήγορα.

3.5 Φάρμακα και αντιβιοτικά

Διάφορα φάρμακα και αντιβιοτικά μπορεί να προστεθούν σε ιχθυοτροφές για τη θεραπεία, μείωση ή πρόληψη ασθενειών. Τονίζεται ότι η χρήση φαρμακευτικών ουσιών στις ιχθυοτροφές επιτρέπεται μόνο έπειτα από συνταγογράφηση από ιχθυοπαθολόγο και οι τροφές χρησιμοποιούνται μόνο για την καταπολέμηση της ασθένειας-στόχου και όχι προληπτικά. Κάποια φάρμακα είναι αποτελεσματικά στην προστασία από τις ασθένειες των ψαριών, αν και στην Ελλάδα, τα μοναδικά που εγκρίνονται (από τον ΕΟΦ) για χρήση σε ιχθυοτροφές είναι η σουλφαμεθαζίνη, η τριμεθοπρίνη, η τερραμυκίνη (ή αλλιώς οξυτετρακυκλίνη), το

οξαλικό οξύ και η φλουμεκίνη. Η ερυθρομυκίνη και η αζιθρομυκίνη έχουν στο παρελθόν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία βακτηριδιακής νεφροπάθειας σε γεννήτορες σολομών, αλλά τελικώς δεν επιτράπηκαν στην παραγωγή. Στην Ευρώπη, το οξαλικό οξύ χρησιμοποιείται σε τροφές ως αντιμικροβιακό φάρμακο. Όπως και με τις ζωοτροφές, έτσι και οι φαρμακευτικές ιχθυοτροφές, έχουν ειδικές απαιτήσεις σήμανσης και καθοδηγίες χρησιμοποίησης.

Τα ανοσοδιεγερτικά, μία άλλη κατηγορία φαρμάκων, είναι επίσης πρόσθετα των ιχθυοτροφών, τα οποία προορίζονται για να ενισχύσουν την υγεία και την ευεξία των ζωικών οργανισμών και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη διατροφή των αγροτικών ζώων. Στα ψάρια, το ενδιαφέρον στα ανοσοδιεγερτικά έγκειται στο να καταστούν τα ψάρια λιγότερο ευαίσθητα σε λοιμώδεις νόσους. Τα συνηθέστερα συμπληρώματα είναι οι β-γλυκάνες, οι οποίες είναι υπολείμματα των κυτταρικών τοιχωμάτων της ζύμης και των μυκηλιακών μυκήτων. Υπάρχουν πολλές μορφές β-γλυκανών και άλλων ουσιών που διεγείρουν το ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών. Ο μηχανισμός δράσης τους δεν είναι πλήρως γνωστός. Οι β-γλυκάνες διαθέτουν τα ίδια χημικά σήματα με τους παράγοντες λοιμωδών νόσων, με αποτέλεσμα όταν έρχονται σε επαφή με τα λευκά αιμοσφαίρια στο εντερικό βλεννογόνο να τα ενεργοποιούν και να ενισχύεται έτσι το ανοσοποιητικό σύστημα του ψαριού. Επίσης, οι γλυκάνες μπορούν να προσκολληθούν σε παθογόνους μικροοργανισμούς και έτσι να τους αδρανοποιήσουν. Στην πραγματικότητα, αν και έχει αποδειχθεί ότι οι γλυκάνες μειώνουν τις ασθένειες των ψαριών, και επίσης διεγείρουν το ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών, εντούτοις δεν είναι ακριβώς γνωστό το πώς λειτουργούν. Και άλλες θεωρίες έχουν παρουσιαστεί για τον τρόπο δράσης τους, αλλά καμία, μέχρι τώρα, δεν έχει αποδειχθεί. Οι γλυκάνες είναι κάποιες φορές αποτελεσματικές, και άλλες όχι. Παραμένουν κάποια ερωτήματα όσον αφορά την αποτελεσματική δόση, τον τρόπο χορήγησης, και τη χημική μορφή.

Μεγάλες δόσεις φαρμάκων μπορεί να καταστούν τοξικές για τα ίδια τα ψάρια. Επίσης παρατεταμένη χρήση αντιβιοτικών μπορεί να οδηγήσει σε παθολογικές καταστάσεις (π.χ. νεφροπάθειες, δερματοπάθειες κ.λπ.). Οι δόσεις λοιπόν θα πρέπει να είναι προσεγμένες ώστε να μη διοχετεύεται περίσσεια φαρμάκων στο νερό, ούτε να αποθηκεύεται περίσσεια φαρμακευτικών ουσιών στη σάρκα των ψαριών. Μερικά από τα μειονεκτήματα της χρήσης των φαρμακευτικών ουσιών είναι ότι υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τη μακρόχρονη ανθεκτικότητα των παθογόνων οργανισμών τα οποία τελικώς μέσω της τροφικής αλυσίδας καταναλώνονται και από τον άνθρωπο. Επίσης, τα διάφορα φάρμακα μπορεί να ξεπλυθούν στο νερό και να καταστρέψουν τη φυσική μικροχλωρίδα του υδάτινου περιβάλλοντος. Είναι αυτονόητο ότι η χρήση τους αυξάνει το κόστος των ιχθυοτροφών και εξάλλου

υπάρχουν αποδείξεις πως δεν είναι τόσο δραστικά κατά των ασθενειών. Για το λόγο αυτόν ο κλάδος των ιχθυοκαλλιεργειών τα τελευταία χρόνια έχει στραφεί προς τα προβιοτικά.

Σε τροφές πουλερικών και χοίρων, τα αντιβιοτικά χρησιμοποιούνται επίσης και για τη διέγερση της σωματικής ανάπτυξης του ζώου. Αυτό οφείλεται στο ότι τα αντιβιοτικά έλεγχουν την εντερική μικροχλωρίδα, εμποδίζοντας έτσι τους μικροοργανισμούς παραγωγής τοξινών, όπως είναι ο *Chlostridium perfringens*, να εγκατασταθούν σε μεγάλους αριθμούς στο έντερο και να μειώσουν το ποσοστό ανάπτυξης του ζώου. Η πρακτική αυτή δεν έχει εφαρμοστεί ποτέ στην ιχθυοκαλλιέργεια, εν μέρει επειδή δεν είναι αποτελεσματική, λόγω διαφορών μεταξύ των υδρόβιων και των χερσαίων ζώων όσον αφορά την εντερική μικροχλωρίδα. Δεδομένων των σοβαρών ανησυχιών για την ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά και την ανθρώπινη υγεία, είναι πιθανόν ότι η ενίσχυση των αντιβιοτικών στην παραγωγή χερσαίων ζώων για προώθηση της ανάπτυξης θα περιοριστεί ή πιθανώς θα εξαφανιστεί στο μέλλον. Εξάλλου από 1/1/2006, στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) έχει απαγορευτεί η ενσωμάτωση αντιβιοτικών ουσιών στις ζωοτροφές, αλλά και γενικότερα η οποιαδήποτε χορήγηση τέτοιων ουσιών, με σκοπό τη διέγερση της ανάπτυξης των εκτρεφόμενων ζώων. Αυτό, ωστόσο, δεν ισχύει για χώρες εκτός Ε.Ε., όπου ο διάλογος για το αν θα πρέπει να επιτραπούν/απαγορευτούν συνεχίζεται με αμείωτο ενδιαφέρον.

Οι διάφορες φαρμακευτικές ουσίες είναι ανθεκτικές κατά τη διαδικασία της πελλετοποίησης και αποθήκευσης των ιχθυοτροφών. Ωστόσο, όταν οι ιχθυοτροφές παρασκευάζονται με την τεχνολογία της εξώθησης, όπου δρουν υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, οι φαρμακευτικές ουσίες αδρανοποιούνται ελαφρώς. Όσον αφορά τις δόσεις των φαρμακευτικών ουσιών μερικές ενδεικτικές τιμές είναι οι εξής:

- Οξυτετρακυκλίνη 5,5 – 8,0 mg/100 g ψαριού (τάισμα για λιγότερο από 10 ημέρες)
- σουλφαμεθαζίνη 22 mg/100 g για 14 ημέρες

3.6 Προβιοτικά και πρεβιοτικά

Τα **προβιοτικά** είναι ζωντανοί μικροβιακοί και βακτηριακοί οργανισμοί, οι οποίοι θεωρείται ότι ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα του ζωικού οργανισμού.

- ανταγωνισμός με παθογόνα βακτήρια (*Salmonella*, *E. coli*, *Listeria*)
- Προσφέρουν προφύλαξη, θεραπεία και ανάπτυξη

Τα προβιοτικά μπορεί να είναι ένα μοναδικό είδος μικροοργανισμών ή ένα μίγμα ειδών τα οποία χορηγούνται στα ψάρια ως συμπλήρωμα διατροφής. Η λειτουργία τους είναι ότι το

είδος των μικροοργανισμών που υπάρχει στο συμπλήρωμα αποικίζει τα έντερα και ανταγωνίζεται τα παθογόνα είδη των μικροοργανισμών (όπως π.χ. *Salmonella*, *E. coli*, *Listeria*), προσφέροντας προφύλαξη, αποφυγή σπατάλης μεταβολικής ενέργειας για την καταπολέμηση των επιπτώσεων των καταστρεπτικών μικροοργανισμών, θεραπεία αλλά και ανάπτυξη προσφέροντας ωφέλιμη βακτηριακή πρωτεΐνη. Τα προβιοτικά δρουν με διάφορους τρόπους ενάντια στους παθογόνους μικροοργανισμούς, είτε ανταγωνίζοντας τους παράγοντας ουσίες που τους καταστρέφουν, είτε ανταγωνίζοντας τους πληθυσμιακά στην αποίκιση του εντέρου του ψαριού, είτε ανταγωνίζοντας τους στη χρησιμοποίηση των θρεπτικών ουσιών, είτε διαφοροποιούν την ενζυματική δράση των παθογόνων, είτε τέλος βελτιώνοντας την πέψη των τροφών.

Κοινοί προβιοτικοί οργανισμοί είναι:

- Βακτήρια του γαλακτικού οξέος – π.χ. λακτοβάκιλλος (υπάρχουν στο έντερο των ψαριών), οι οποίοι μετατρέπουν τη λακτόζη σε γαλακτικό οξύ μειώνοντας έτσι το pH του γαστρεντερικού σωλήνα και αποκλείει έτσι την αποίκιση του από παθογόνους μικροοργανισμούς
- Βακτήρια του *Bacillus* spp. – π.χ. *Saccharomyces cerevisiae* τα οποία παράγουν αντιμικροβιακά πεπτίδια και ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα.

Στην πράξη, η χρήση προβιοτικών στις ιχθυοτροφές είναι ακόμα σε ερευνητικό στάδιο. Προς το παρόν, υπάρχουν δυσχέρειες στο να χρησιμοποιηθούν στις ιχθυοτροφές λόγω της ευπάθειας των προβιοτικών κατά την πελετοποίηση, το υψηλό κόστος αλλά και της περιορισμένης γνώσης μας σχετικά με τη φυσική μικροχλωρίδα των ψαριών και καρκινοειδών.

Τα **πρεβιοτικά** αποτελούν ουσίες που ενισχύουν την ανάπτυξη ή/και την ενεργότητα των ωφέλιμων βακτηρίων του πεπτικού σωλήνα με αποτέλεσμα την καλύτερη υγεία των ψαριών. Τα πρεβιοτικά, όπως και τα προβιοτικά, γενικά ανήκουν σε μια κατηγορία τροφών που συχνά αποκαλούνται «Λειτουργικές τροφές - functional Foods» μία έννοια που συνδυάζει τις έννοιες «τρόφιμο» και «φάρμακο». Τα πρηβιοτικά στην ουσία αποτελούν άπεπτους υδατάνθρακες με τους οποίους τρέφονται τα προβιοτικά και συνήθως είναι:

- trans-γαλακτο-ολισακχαρίτες
- Ινουλίνη (πολυσακχαρίτης φυτών)
- Φρουκτο-ολισακχαρίτης (FOS)
- Λακτουλόζη (δισακχαρίτης)

- Mannan Oligosaccharides (MOS)- από κυτταρικά τοιχώματα του *Saccharomyces cerevisiae*

3.7 Ορμόνες

Οι ορμόνες εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες: (1) εκείνες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του ψαριού και την αποτελεσματικότητα των ιχθυοτροφών, (2) εκείνες που επηρεάζουν τη αναπαραγωγή, και (3) εκείνες που επηρεάζουν την οσμωρύθμιση. Υπάρχουν διάφορες φυσικές και συνθετικές ορμόνες:

- Αυξητικές ορμόνες
- Θυρεοειδικές ορμόνες
- Γοναδοτροπίνη
- Προλακτίνη
- Ινσουλίνη
- Στεροειδή (ανδρογόνα – 17α μεθυλ-τεστοστερόνη, οιστρογόνα – 17β οιστραδιόλη)

Τονίζεται ότι η προσθήκη των ορμονών σε ιχθυοτροφές και ζωοτροφές απαγορεύεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τις ΗΠΑ μιας και υπάρχει ανησυχία για τα υπολείμματα αυτών που παραμένουν στα εκτρεφόμενα ζώα και πιθανώς μεταφέρονται στον καταναλωτή. Ωστόσο, κάποιες ορμόνες επιτρέπονται μόνο για να προκαλέσουν έναρξη της τεχνητής αναπαραγωγής, όπως π.χ. η γοναδοτροπίνη GnRH ως ενέσιμο διάλυμα στους γεννήτορες που προκαλεί έναρξη της ωογένεσης και της σπερματογένεσης. Απαγορεύεται, ωστόσο, η κατανάλωση των ψαριών που δέχθηκαν την ουσία. Επίσης, επιτρέπεται η χρήση ορμονών για περιπτώσεις όπου είναι επιθυμητή η αλλαγή του φύλου των ιχθυδίων όπως π.χ. η αλλαγή φύλου του είδους τιλάπια, κυπρινοειδών και πέστροφας. Στις περιπτώσεις αυτές η ορμόνη προσφέρεται μέσω της ιχθυοτροφής στις λάρβες (π.χ. τιλάπια).

Πειράματα σε πάνω από 20 είδη ψαριών έδειξαν ότι η προσθήκη αναβολικών στεροειδών και θυρεοειδικών ορμονών οδήγησε σε ανάπτυξη των ψαριών, αυξάνοντας την πρόσληψη των τροφών και την απορρόφηση θρεπτικών ουσιών. Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η χρήση τεστοστερόνης στις ιχθυοτροφές. Οι αυξητικές ορμόνες και η ινσουλίνη επίσης οδηγούν σε καλύτερη ανάπτυξη των ψαριών. Από την άλλη, υπάρχουν άλλα είδη, όπως ο σολομός του Ειρηνικού και το γατόψαρο, που είτε δεν ανταποκρίνονται τόσο στη διατροφική ενίσχυση με ορμόνες είτε είχαν αρνητική ανάπτυξη. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι παρατεταμένη χρήση στεροειδών για ανάπτυξη είχε διάφορες παρενέργειες όπως πρώιμη

ανάπτυξη των γονάδων, σκελετικές δυσμορφίες, ευπάθεια των ψαριών σε ασθένειες, παθολογίες στο ήπαρ κ.λπ.

Υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις υδατοκαλλιέργειας στις οποίες η προσθήκη ορμονών σε ιχθυοτροφές για μικρό χρονικό διάστημα της εκτροφής μπορεί να μη θέσει σε κανένα κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη για τους ιχθυοκαλλιεργητές. Για παράδειγμα, η χορήγηση ενέσιμης σωματοτροπίνης βοοειδών επιτάχυνε σημαντικά το ρυθμό ανάπτυξης του οξύρυγχου. Η αναπαραγωγική ωρίμανση στον οξύρυγχο συνδέεται με το μέγεθος του και μπορεί να χρειαστεί μέχρι και 15 χρόνια ώστε να φτάσει σε αναπαραγωγική ωρίμανση. Αν οι ενέσεις σε μικρούς οξύρυγχους μπορούν να επιταχύνουν την ανάπτυξή τους ως 4 με 5 φορές, τότε γίνεται αντιληπτό ότι τα ψάρια θα μπορούσαν να ωριμάσουν σε 6 ως 8 χρόνια με χορήγηση ενέσιμων ορμονών. Αυτό θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη πρακτική για την αποκατάσταση ιχθυαποθεμάτων του οξύρυγχου που απειλούνται με εξαφάνιση, μέσω της επιτάχυνσης της αναπαραγωγικής ωρίμανσης τους και τον φυσικό εμπλουτισμό των υδάτων.

Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις, που εφαρμόζονται και στην εκτροφή ορισμένων ειδών ψαριών, όπου η χορήγηση ορμονών μέσω των ιχθυοτροφών μπορεί να προκαλέσει τη στειρότητα ή την αντιστροφή του φύλου στα ψάρια. Η χρήση στειρών ψαριών στην υδατοκαλλιέργεια είναι επωφελής επειδή εξαφανίζει την πρόωρη αναπαραγωγική ανάπτυξη και τη διακοπή της σωματικής ανάπτυξης που συνοδεύει την αναπαραγωγή. Η αντιστροφή φύλου εφαρμόζεται σήμερα σε είδη ψαριών, όπως είναι η τιλάπια, ένα είδος που αναπαράγεται σχεδόν κάθε μήνα, και όπου η επιθυμία είναι η εκτροφή μόνο αρσενικών ψαριών ώστε να ελεγχθεί η αναπαραγωγή τους. Η χρήση αναβολικών στεροειδών στις ζωοτροφές των αγροτικών ζώων δεν επιτρέπεται πλέον σε πολλά μέρη του κόσμου, συμπεριλαμβανομένων και των ευρωπαϊκών χωρών, λόγω της ανησυχίας για τα υπολείμματα ορμονών που παραμένουν στα ζωικά προϊόντα. Οι ίδιες ανησυχίες υπάρχουν και για τα εκτρεφόμενα ψάρια, και είναι σχεδόν σίγουρο ότι η προσθήκη στεροειδών και άλλων ορμονών στις ιχθυοτροφές δεν θα εγκριθεί ποτέ. Βέβαια, υπάρχουν περιπτώσεις όπου έχουν ανιχνευθεί κάποια επίπεδα τεστοστερόνης σε τροφές σολομών που κυκλοφορούν στο εμπόριο, γεγονός το οποίο δεν προκαλεί έκπληξη, καθώς οι ιχθυοτροφές περιέχουν ιχθυάλευρα παρασκευασμένα από ψάρια που ωοτοκούν, όπως είναι η ρέγκα.

3.8 Αντιμικροβιακοί παράγοντες

Οι μικροοργανισμοί απαιτούν άφθονο νερό για να αναπτυχθούν πάνω στα τρόφιμα και στις ιχθυοτροφές. Ιχθυοτροφές που περιέχουν πάνω από 12% υγρασία μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη βακτηριδίων, μούχλας, και ζύμης εκτός αν ψυχθούν. Για να μην

αλλοιωθεί η ιχθυοτροφή πρέπει να γίνει έλεγχος της δραστηριότητας του νερού για αποφυγή μικροβιακής ανάπτυξης. Η μικροβιακή ανάπτυξη επέρχεται πολύ γρήγορα σε σχετικά υγρές τροφές, και πολλές μούχλες παράγουν ενώσεις που είναι τοξικές στα ψάρια. Σε σχετικά υγρές τροφές σε θερμοκρασία δωματίου (22°C), η ανάπτυξη μούχλας είναι ορατή εντός 3 ημερών, ενώ σε θερμοκρασίες ψύξης (1–3°C), μπορεί να μην είναι ορατή για 10–20 ημέρες. Πάνω από 20 ενώσεις χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ιχθυοτροφών για την αναστολή της ανάπτυξης μυκήτων ή μικροβίων (Πίνακας 6). Η επιλογή του κατάλληλου αντιμικροβιακού παράγοντα που θα χρησιμοποιηθεί στις ιχθυοτροφές δεν είναι η απλή επιλογή του λιγότερο δαπανηρού. Μια έξυπνη επιλογή περιλαμβάνει μια πλήρη έρευνα του συγκεκριμένου μικροβιακού προβλήματος, της διαλυτότητας και της ευκολίας εφαρμογής του παράγοντα, των απαιτήσεων του pH, των εμπειρικών πληροφοριών, και της επίδρασης του αντιμικροβιακού παράγοντα στο εύγευστο της τροφής.

Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης υπό ψύξη, η μικροβιακή ανάπτυξη σταματάει πλήρως. Έτσι, αν χορηγούνται σχετικά υγρές ιχθυοτροφές άμεσα στα ψάρια, δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης αντιμικροβιακών πρόσθετων στις τροφές. Αν απαιτείται παρατεταμένη, όμως, αποθήκευση, τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται πρόσθετα και άλλες στρατηγικές για αποφυγή της αλλοίωσης των ιχθυοτροφών. Τα άλατα βενζοϊκού οξέος είναι αντιμικροβιακά ευρέως φάσματος, τα οποία είναι αποτελεσματικά κατά των βακτηριδίων, των μυκήτων και της μαγιάς. Τα προπιονικά άλατα χρησιμοποιούνται κυρίως για την αναστολή ζύμης και μούχλας, αλλά είναι εξίσου αποτελεσματικά κατά των βακτηριδίων, των μυκήτων και της ζύμης.

Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός προσεγγίσεων για τον έλεγχο της αλλοίωσης σε ιχθυοτροφές ενδιάμεσης υγρασίας (18–36% υγρασία), όπως και σε σχετικά υγρές ιχθυοτροφές και όχι μόνο προσθήκη αντιμικροβιακών ενώσεων στην ιχθυοτροφή. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να μειωθεί η ένταση οξυγόνου στη συσκευασία της τροφής κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και έτσι να περιοριστεί η ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών. Είναι απαραίτητο η τροφή να έχει μικρό αριθμό αποικιών στην αρχή (μικροβιακό φορτίο της ιχθυοτροφής) με όχι πάνω από 500.000 μονάδες σχηματισμού αποικιών ανά γραμμάριο ουσίας. Αν το μικροβιακό φορτίο της αρχικής ουσίας είναι υψηλότερο, τότε είναι δύσκολο να ελεγχθεί η φθορά μόνο με αντιμικροβιακές ενώσεις. Ένα δεύτερο μέσο ελέγχου της μικροβιακής αλλοίωσης στις τροφές είναι με τη χρήση ειδικής συσκευασίας, η οποία επιτρέπει τη διατήρηση μιας ελεγχόμενης ατμόσφαιρας μετά την παραγωγή και ως τη χρήση της τροφής. Οι τροφές αποθηκεύονται σε ερμητικά κλεισμένες σακούλες οι οποίες είναι στεγανές από την ατμοσφαιρική υγρασία. Ένα αδρανές αέριο, όπως το N₂ ή το CO₂, εισάγεται στην σακούλα πριν αυτή σφραγιστεί.

3.9 Αρωματικές και ελκυστικές ουσίες

Τα ψάρια είναι πολύ ευεραίσθητα σε κάποιες γεύσεις στην τροφή τους, χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να είναι τόσο επιβλαβές όσο και ωφέλιμο στην κατάρτιση σιτηρεσίων και παραγωγή ιχθυοτροφών. Αποστάγματα καρκινοειδών, όπως ευφασεωδών, και κάποια αμινοξέα μπορεί να αυξήσουν την όρεξη σε μικρά ψάρια και καρκινοειδή, αντίστοιχα. Ωστόσο, οι μικροί σολομοί του Ειρηνικού δεν αποδέχονται εύκολα την γεύση του σογιέλαιου και μειώνουν την πρόσληψή της ιχθυοτροφής που το περιέχει. Οι αρωματικές ουσίες είναι κοινά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία των ζωοτροφών των κατοικίδιων ζώων, αλλά η χρήση τους σε ιχθυοτροφές μόλις τώρα αρχίζει να διερευνάται. Κατά κανόνα, η αποδοχή της ιχθυοτροφής δεν αποτελεί μεγάλο πρόβλημα στο σύνολο των εκτρεφόμενων ειδών ψαριών, με εξαίρεση τα μικρά ψάρια και κάποια είδη ψαριών του ψυχρού νερού.

Πίνακας 3.1. Αντιμικροβιακοί παράγοντες στις ιχθυοτροφές (Hardy and Barrows, 2002).

Είδος	Ανώτερα όρια προσθήκης στις ιχθυοτροφές
Βενζοϊκό οξύ	0,1%
Ασβέστιο	Κανένα
Μυρμηκικό οξύ	2,5%
Καλίου	Κανένα
Προπιονικό οξύ	Κανένα
Νατρίου	0,1%
Νιτρώδες άλας νατρίου	0,002%
Σορβικό οξύ	Κανένα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ

4.1 Γενικά

Οι πρώτες ύλες των ιχθυοτροφών είναι, ως επί το πλείστον, παραπροϊόντα επεξεργασίας διαφόρων τροφών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και δευτερευόντως για την κτηνοτροφία. Π.χ. το άλευρο σόγιας προέρχεται από την άλεση καρπών σόγιας που έπειτα από την εξαγωγή του ελαίου τους ή που δεν προορίζονται για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπο λόγω της χαμηλής εμπορικής τους αξίας (π.χ. σπασμένοι καρποί κ.λπ.). Το αλεύρι από τα σπέρματα του μαλακού σιταριού *Triticum aestivum* χρησιμοποιείται στην αρτοποιία και δευτερευόντως στην κτηνοτροφία-ζωοτροφές-ιχθυοτροφές. Η σίκαλη καλλιεργείται κυρίως για το καλάμι της, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή δεμάτων κατά το θερισμό των άλλων σιτηρών, για συσκευασία γυάλινων ειδών, κατασκευή ψαθών, καλαθιών, καπέλων, κοινού χαρτιού καθώς επίσης και για την παρασκευή ψωμιού, οινοπνευματωδών ποτών και δευτερευόντως ως ζωοτροφή-ιχθυοτροφή.

Υπάρχουν, επίσης, συστατικά που δεν είναι υποπροϊόντα τροφών που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Παραδείγματα αυτών συμπεριλαμβάνουν τα διάφορα ιχθυάλευρα που παρασκευάζονται από αλιευμένα ψάρια που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα ολόκληρα ψάρια ή και τα υπολείμματα τους υποβάλλονται σε αφυδάτωση αφού έχει προηγηθεί αποστείρωση με άτμιση ή με απλή θέρμανση και κατόπιν συμπύεση και άλεση.

Οι πρώτες ύλες των ιχθυοτροφών είναι συνήθως διαθέσιμες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με τιμές οι οποίες εξαρτώνται από την εποχιακή προσφορά και ζήτηση τους. Τα προϊόντα που θα αποτελέσουν τις πρώτες ύλες μιας ιχθυοτροφής επιλέγονται βάση της θρεπτικής τους σύστασης, το κόστος τους, τη διαθεσιμότητα τους στην αγορά, και τις φυσικές ιδιότητες τους μεταξύ άλλων.

Η χρήση πρώτων υλών στις ζωοτροφές γενικά διέπεται από νομοθεσία διότι η παραγωγή της θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές και θα πρέπει πρωτίστως να έχουν εγκριθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Ασφάλειας Τροφίμων (EFSA, European Food Safety Authority). Για παράδειγμα, στην ΕΕ υπάρχει, μεταξύ άλλων, ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός 68/2013 περί Καταλόγου Πρώτων Υλών Ζωοτροφών που συνεχώς επικαιροποιείται.

4.2 Ονοματολογία και κατηγοριοποίηση πρώτων υλών ιχθυοτροφών

Προκειμένου να μην υπάρχει, διεθνώς, σύγχυση διάκρισης μεταξύ των συστατικών που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες στις ιχθυοτροφές και ζωοτροφές, έχει αποδοθεί σε αυτά μία διεθνής ονοματολογία και ταξινόμηση η οποία στηρίζεται σε ένα Διεθνή Αριθμό Τροφής (International Feed Number, της μορφής X-XX-XXX, π.χ. 5-02-000) και σε ένα Διεθνές Λεξιλόγιο Τροφών (International Feed Vocabulary, IFV). Ο πρώτος αριθμός είναι ένας κωδικός που αναφέρεται στην κατηγορία του συστατικού, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1 (συνολικά οκτώ κατηγορίες συστατικών), ενώ οι πέντε τελευταίοι αριθμοί του Διεθνή Αριθμού Τροφής είναι ο μοναδικός κωδικός ενός συστατικού. Ο Διεθνής Αριθμός Τροφής έχει αποδοθεί σε πάνω από 18.000 συστατικά τροφών.

Πίνακας 4.1. Κατηγορίες πρώτων υλών ζωοτροφών (Hardy and Barrows, 2002)

1	Αποξηραμένες χονδροειδείς τροφές. Συστατικά που περιέχουν > 18% ινώδεις ουσίες, χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου όπως σανό, άχυρο, χαρτονομή, υποπροϊόντα θεριζοαλώνισμου, γογγυλόριζες και κόνδυλοι κ.λπ.
2	Φυλλώδης χλωρή νομή. Χονδροειδείς τροφές οι οποίες χορηγούνται φρέσκες-χλωρές
3	Ενσιρωμένες χαρτονομές, όπως καλαμποκιού, τριφυλλιού κ.λπ. Στην κατηγορία αυτή δεν ανήκουν ενσίρωμα ιχθύων και κονδύλων.
4	Ενεργειακές πηγές. Τροφές που περιέχουν λιγότερο από 20% πρωτεΐνη (επί της ξηράς ουσίας) και λιγότερο από 18% ινώδεις ουσίες (επί της ξ.ο.), όπως δημητριακοί και δασικοί καρποί και υποπροϊόντας αμυλοποιίας.
5	Πρωτεϊνικές πηγές. Τροφές, ζωικής ή φυτικής προέλευσης, που περιέχουν περισσότερο από 20% πρωτεΐνη (επί της ξηράς ουσίας) όπως π.χ. ιχθυάλευρα και άλευρα ελαιούχων καρπών.
6	Συμπληρώματα ανόργανων στοιχείων
7	Συμπληρώματα βιταμινών
8	Διάφορες πρόσθετες ουσίες, όπως π.χ. αντιβιοτικά και φαρμακευτικές ουσίες, χρωστικές, αρωματικές ουσίες, ορμόνες

Πέραν του Διεθνή Αριθμού Τροφών, δίνεται και μία πρόσθετη περιγραφή των συστατικών των ιχθυοτροφών. Η περιγραφή αφορά χαρακτηριστικά των συστατικών όπως:

(1) Προέλευση, η οποία συμπεριλαμβάνει για συγκεκριμένα φυτά και ζώα, ψάρια, δημητριακά, χόρτα, μέταλλα, χημικά προϊόντα, και φάρμακα ή άλλα ονόματα για μη ειδικές ύλες, την επιστημονική και κοινή ονομασία τους (π.χ. το ρεγγάλευρο αναφέρεται ως άλευρο *Clupea herengus*, το σιτάρι ως *Triticum aestivum* κ.λπ.)

- (2) Τύπος-μορφή του συστατικού, (π.χ. άλευρο, πίτουρο, σπασπένος καρπός κ.λπ.)
- (3) Μέθοδος επεξεργασίας στην οποία υποβλήθηκε το συστατικό της τροφής, (π.χ. χημική επεξεργασία, μηχανική επεξεργασία (πρεσσάρισμα) κ.λπ.
- (4) Θρεπτική σύσταση, (π.χ. ρεγγάλευρο 72% περιεχόμενης πρωτεΐνης, ρεγγάλευρο 68% περιεχόμενης πρωτεΐνης κ.λπ.)
- (5) συγκομιδή (για φυτά), πολλές φυτικές καλλιέργειες συγκομίζονται σε διάφορες εποχές του έτους. Η εποχιακή συγκομιδή επηρεάζει τη σύσταση του φυτού σε θρεπτικές ουσίες.
- (6) Ποιότητα. Πολλά συστατικά κατηγοριοποιούνται ανάλογα την ποιότητα τους, η οποία στηρίζεται στην περιεκτικότητα τους σε συγκεκριμένες θρεπτικές και άλλες ουσίες, όπως π.χ. η Α' ποιότητα του σογιάλευρου είναι εκείνο που περιέχει ελάχιστο επίπεδο πρωτεΐνης 44%, για τον βαμβακόσπορο εκείνος που περιέχει χαμηλή γκοσσυπόλη κ.λπ.

Το ρεγγάλευρο που αλιεύεται στο Β. Ατλαντικό περιγράφεται ως ιχθυάλευρο ρέγκας, *Clupea harengus*, που εξάγεται μηχανικά, με Διεθνή Αριθμό Τροφής 5-02-000. Το αλεύρι σίτου περιγράφεται ως *Triticum aestivum*, υποπροϊόν αλευριού σίτου, με περιεκτικότητα σε ίνες κάτω από 9,5%, με Διεθνή Αριθμό Τροφής 4-05-205.

Γενικά, η χρήση της παραπάνω ονοματολογίας έχει κάπως ξεπεραστεί. Σε διατροφική βάση, έχει επικρατήσει να κατηγοριοποιούμε τις διάφορες πρώτες ύλες σε 3 κύριες κατηγορίες:

- Συστατικά ζωικής προέλευσης
- Συστατικά φυτικής προέλευσης
- Πρόσθετες ουσίες

4.3 Διατροφική αξία πρώτων υλών ιχθυοτροφών

Ως διατροφική αξία μιας τροφής εννοείται η περιεκτικότητα της σε θρεπτικές ουσίες και η συνολική αξιοποίηση της από τα εκτρεφόμενα ψάρια που θα την καταναλώσουν. Η συνολική περιεκτικότητα σε θρεπτικές ουσίες των τροφών καθορίζεται με χημική ανάλυση. Στοιχεία για την περιεκτικότητα όλων των κοινών πρώτων υλών των ιχθυοτροφών σε θρεπτικές ουσίες είναι διαθέσιμα σε διάφορους πίνακες στη διεθνή βιβλιογραφία. Μία καλή βάση δεδομένων με ελεύθερη πρόσβαση είναι η “Feedipedia” (<http://www.feedipedia.org/>) που δημιουργήθηκε πρόσφατα από διάφορους ερευνητικούς οργανισμούς και τον FAO. Αξίζει να σημειωθεί πως η θρεπτική σύσταση κάθε πρώτης ύλης εμφανίζει μια παραλλακτικότητα που οφείλεται σε διάφορους παράγοντες (είδος, εποχή συγκομιδής, στάδιο ωρίμανσης, μέθοδος επεξεργασίας κ.λπ.), οπότε είναι προτιμότερο όλες οι πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή μιας ιχθυοτροφής να αναλυθούν προτίστως ως προς

την θρεπτική τους σύσταση. Επίσης, το επίπεδο του κάθε θρεπτικού συστατικού μιας πρώτης ύλης δεν σημαίνει ότι η ποσότητα αυτή πέπτει εξολοκλήρου από τα εκτρεφόμενα ψάρια, αν και τα διαθέσιμα στοιχεία της πεπτικότητας διαφόρων πρώτων υλών και για συγκεκριμένα είδη εκτρεφόμενων ψαριών είναι λιγοστά.

4.4 Πρώτες ύλες ζωικής προέλευσης

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται:

A) Άλευρα και έλαια υδρόβιας ζωικής προέλευσης

- Άλευρα και έλαια ιχθύων και μαλακίων από αλιευμένα αποθέματα (π.χ. ιχθυάλευρα, ιχθυέλαια).
- Άλευρα και έλαια από υπο-προϊόντα ιχθύων και μαλακίων της διαδικασίας μεταποίησης-φιλετοποίησης και μπορεί να προέρχονται είτε από αλιευόμενα αποθέματα είτε από εκτρεφόμενους οργανισμούς (π.χ. ιχθυάλευρο εκτρεφόμενου σολομού)
- Άλευρα και έλαια ζωοπλαγκτονικών ειδών (από αλιευόμενα θαλάσσια ασπόνδυλα, π.χ. άλευρο ευφασιωδών – krill meal)
- Προϊόντα υδρόλυσης και ενσίρωσης ιχθύων και μαλακίων (από ενζυμική υδρόλυση παραπροϊόντων ιχθύων)
- Άλευρα θαλάσσιων πολύχαιτων (από αλιευμένους ή/και εκτρεφόμενους δακτυλιοσκώληκες της συνομοταξίας Annelidae)

B) Άλευρα και έλαια χερσαίας ζωικής προέλευσης

Στις ιχθυοτροφές που παρασκευάζονται στην Ευρώπη επιτρέπονται μόνο άλευρα που προέρχονται από μονογαστρικά ζώα, και έχει επικρατήσει να λέγονται «Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μηρυκαστικών ζώων».

- κρεατάλευρα, οστεο-κρεατάλευρα και λίπη από υποπροϊόντα σφαγείων χερσαίων αγροτικών ζώων (π.χ. χοίρων, αιγοπροβάτων, βοοειδών κ.λπ.). Τα άλευρα που προέρχονται από μη μηρυκαστικά ζώα (αιγοπροβάτων, βοοειδών κ.λπ.) απαγορεύονται προς χρήση στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Άλευρα και έλαια από υποπροϊόντα σφαγείων πουλερικών (π.χ. πτηνάλευρα, πτεράλευρα κ.λπ.)
- Άλευρα υποπροϊόντων αίματος αγροτικών ζώων (π.χ. αιματάλευρα, άλευρα αιμογλοβίνης, άλευρο αποξηραμένου πλάσμα αίματος). Τα προϊόντα από μηρυκαστικά ζώα απαγορεύονται προς χρήση στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

- Διάφορα άλευρα χερσαίων ασπόνδυλων (π.χ. άγριων ή/και εκτρεφόμενων σκουληκιών, άλευρα εντόμων και προνυμφών τους, άλευρα σαλιγκαριών κ.λπ.)

Πλεονεκτήματα της χρήσης των πρώτων υλών ζωικής προέλευσης στις ιχθυοτροφές

- Περιέχουν πολύ υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών (40-85 % της ουσία τους)
- Υψηλή πεπτικότητα & γευστικότητα (ιδιαίτερα για τα ιχθυάλευρα-ιχθυέλαια)
- Περιέχουν υψηλά επίπεδα απαραίτητων αμινοξέων (ιδιαίτερα πλούσιες πηγές μεθειονίνης, λυσίνης). Τα ιχθυάλευρα έχουν ταιριαστά επίπεδα απαραίτητων αμινοξέων με εκείνα των απαιτήσεων των ιχθύων. Τα άλευρα χερσαίων ζώων έχουν μεν υψηλά επίπεδα αμινοξέων, αλλά συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα είναι φτωχότερα στα περισσότερα απαραίτητα αμινοξέα και ιδιαίτερα σε λυσίνη, μεθειονίνη.
- Πλούσια σε βιταμίνη Α και σε φώσφορο Ρ
- Τα ιχθυέλαια και δευτερευόντως τα ιχθυάλευρα είναι πλούσιες πηγές ω-3 ΠΛΟ, και ιδιαίτερα των EPA και DHA. Κάποια άλευρα χερσαίων ζώων έχουν μια μηδαμινή ποσότητα EPA αλλά είναι ελλιπή σε DHA
- Απουσία άπεπτων υδατανθράκων (ινωδών ουσιών)
- Απουσία αντι-διατροφικών παραγόντων (πολλοί υπάρχουν στις φυτικές τροφές)
- Γενικά, προσδίδουν καλύτερη ανάπτυξη στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (ειδικά των σαρκοφάγων)
- Το κόστος αγοράς των αλεύρων χερσαίων ζώων είναι χαμηλότερο από του ιχθυαλεύρου – μείωση κόστους τροφής όταν χορηγούνται σε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου

Μειονεκτήματα της χρήσης των πρώτων υλών ζωικής προέλευσης στις ιχθυοτροφές

- Για τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια βασικό μειονέκτημα τους αποτελεί το πολύ υψηλό κόστος τους. Το ίδιο ισχύει και για τα εντομάλευρα επί της παρούσης. Τα άλευρα των χερσαίων ζώων αν και φθηνότερα από τα ιχθυάλευρα, είναι εν τούτοις ακριβότερα συγκριτικά από κάποια φυτικά άλευρα ελαιούχων καρπών και σαφώς ακριβότερα από τα άλευρα σιτηρών.
- Για τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια υπάρχει έντονος προβληματισμός για τη βιωσιμότητα των φυσικών ιχθυαποθεμάτων από τα οποία προέρχονται.
- Το λίπος των χερσαίων ζωικών αλεύρων περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα και πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε ω-3 ΠΛΟ, όπως τα EPA και DHA. Το λίπος των εντομαλεύρων επίσης περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και

είναι ελλιπή σε EPA και DHA. Ως εκ τούτου, η χρήση αυτών δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις των ιχθύων σε ω-3, ενώ παράλληλα μειώνουν την θρεπτική αξία τους.

- Η χρησιμοποίηση ορισμένων χερσαίων ζωικών αλεύρων (π.χ. αιματάλευρα) κατά την πελλετοποίηση είναι δυσχερής (π.χ. κολλοειδής υφή)
- Η θρεπτική αξία των χερσαίων ζωικών αλεύρων μπορεί να είναι αρκετά μεταβλητή ανάλογα τον τύπο εκτροφής και τη διατροφή των ζώων προέλευσης.
- Η γευστικότητα κάποιων χερσαίων ζωικών αλεύρων (π.χ. πτεράλευρο) και εντομάλευρων είναι χαμηλή όταν αυτά χορηγούνται στην τροφή σε υψηλά επίπεδα.
- Πολλά εντομάλευρα περιέχουν χητίνη (πολυσακχαρίτης) που είναι δύσπεπτη από τα ψάρια.
- Η διαθεσιμότητα των εντομάλευρων στην αγορά είναι περιορισμένη.

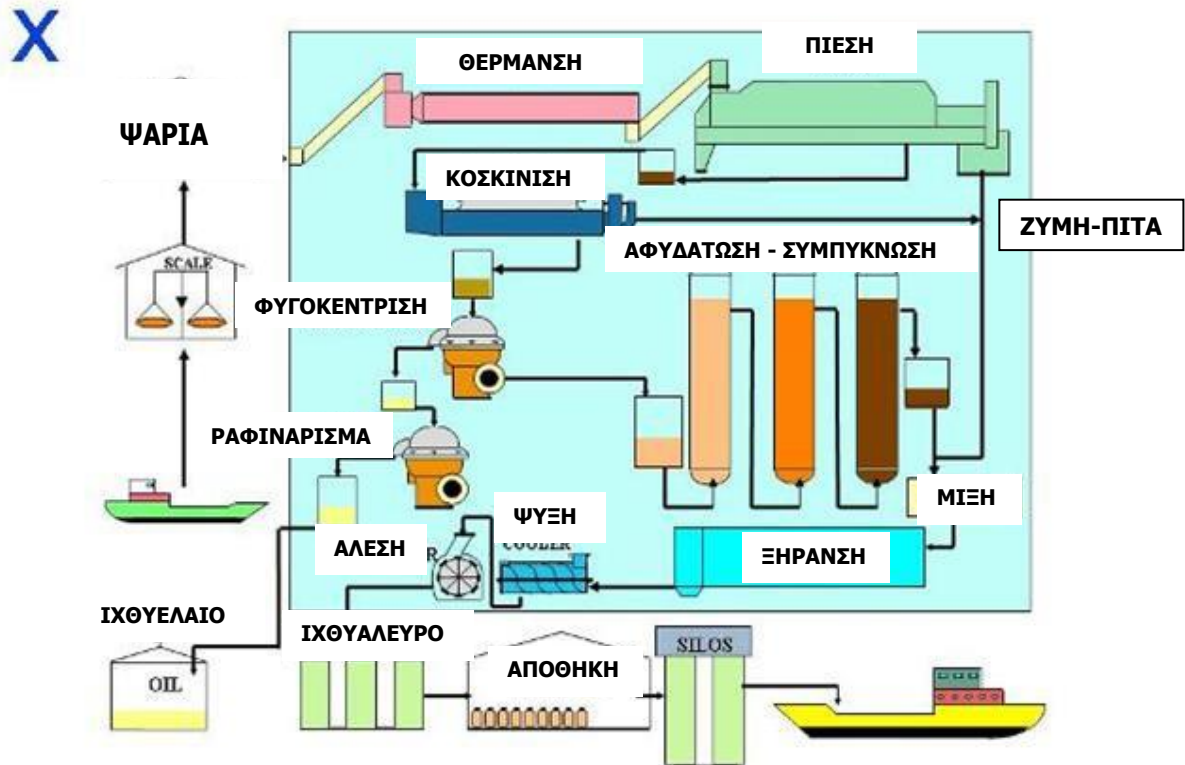
4.4.1 Ιχθυάλευρα

Πρόκειται για άλευρα που παρασκευάζονται από την επεξεργασία διαφόρων ειδών ψαριών, κυρίως πελαγικών όπως γαύρος, ρέγγα, καπελάνος, φρίσσα κ.λπ. Τα ιχθυάλευρα παρασκευάζονται είτε από ολόκληρα ψάρια, όπως π.χ. άλευρα από γαύρο, καπελάνο, φρίσσα του Ατλαντικού κ.λπ., είτε από τα υπολείμματα της φιλλετοποίησης και μεταποίησης των ψαριών, όπως π.χ. άλευρα από μπακαλιάρο του Ατλαντικού, κίτρινο μπακαλιάρο, ρέγκα, και σολομό. Κατά την παρασκευή των ιχθυαλεύρων τα ψάρια ή/και τα υπολείμματα τους υποβάλλονται πρώτα σε αποστείρωση με άτμιση (υγρή μέθοδος κατεργασίας) ή με απλό βρασμό (ξηρή μέθοδος κατεργασίας). Κατά την υγρή μέθοδο χρησιμοποιούνται υδρατμοί με πίεση, ενώ κατά την ξηρή διενεργείται βρασμός με πίεση ή και χωρίς πίεση (απουσία νερού). Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται όταν τα ψάρια ή τα υπολείμματα τους είναι πλούσια σε λίπος, ενώ η δεύτερη όταν είναι φτωχά σε λίπος. Μετά την αποστείρωση ακολουθούν διαδοχικά η συμπίεση ή συμπύκνωση, η αφυδάτωση και η άλεση.

Τα ιχθυάλευρα περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης που κυμαίνονται από 60-72% με τα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων σε ισορροπία. Η περιεκτικότητά τους σε λιπίδια κυμαίνεται από 4 ως 20%. Σύμφωνα με τη Διεθνή Εταιρία Βιομηχανιών Ιχθυαλεύρων, τα διάφορα ιχθυάλευρα βάση της σύστασής τους σε πρωτεΐνες και λιπίδια ταξινομούνται ως εξής:

- 1) Ιχθυάλευρα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (>68%) και μικρής σε έλαια (<9%). Τα περισσότερα ρεγγάλευρα εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία.

- 2) Ιχθυάλευρα κανονικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (64-68%). Τέτοια ιχθυάλευρα μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται ιχθυάλευρα Ν. Αμερικής, πρέπει να περιέχουν το πολύ 13% ελαίου.
- 3) Ιχθυάλευρα με κανονική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (64-68%) και περιεκτικότητας σε έλαιο μικρότερης από 6%.
- 4) Ιχθυάλευρα με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 60-64%.



Σχήμα 4.1. Σχηματική απεικόνιση της παρασκευής ιχθυαλεύρων και ιχθυελείων (Πηγή: IFFO)

Τα πιο κοινά ιχθυάλευρα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- Άλευρο ρέγγας, *Clupea havengus* που αλιεύεται στον Β. Ατλαντικό κυρίως από Νορβηγία, Δανία. Επίσης ένα άλλο είδος που ανήκει στην οικογένεια *Clupeidae* και χρησιμοποιείται για την παρασκευή ιχθυαλεύρου είναι το *Breenvortia tyrannus* (αγγ. menhaden), το οποίο αλιεύεται κυρίως στις Ατλαντικές ακτές της Β. και Ν. Αμερικής.
- Άλευρο γαύρου, *Engraulis rigens* αλιεύομενος σε Περού και Χιλή.
- Άλευρο σαρδέλας, *Clupea spp.* και *Sardinops spp.*
- Άλευρο σκουμπριού, *Scomber scombrous* (σκουμπρί) και σαυρίδι, *Trachurus trachurus* που αλιεύονται στην Αγκόλα και την Ν. Αφρική.

Για την παραγωγή ιχθυαλεύρων (και ιχθυελαίων) χρησιμοποιούνται επίσης τα είδη *Sebastes marinus*, *Thunnus thynnus*, *Thunnus albacares*, *Sarda ehilensis*, *Gadus callarias*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Merlangius merlangus*, *Polachius virens*, *Thenagra chalcogramma*, *Gadus macrocephalus*, *Merluccius merluccius*, *Merluccius capensis*, *Merluccius gayi* που αλιεύονται στον Ατλαντικό και στις ακτές της Ν. Αμερικής. Για την παγκόσμια παραγωγή ιχθυαλεύρων χρησιμοποιείται ρεγγάλευρο, αντσουγιάλευρο, σαρδελάλευρο και σκουμπράλευρο κατά 90%, υπολείματα από ψάρι λιγότερο από 10% και 1% από ασπόνδυλα και φαλαινάλευρο.

Εκτός από τα ιχθυάλευρα υπάρχουν και άλλα προϊόντα επεξεργασίας νωπών ψαριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά των ιχθυοτροφών. Τέτοια είναι το ενσίρωμα ψαριών (fish silage) και η υδροληθείσα πρωτεΐνη ψαριών (fish protein hydrolysates). Το ενσίρωμα των ψαριών παρασκευάζεται από υπολείματα φιλλετοποίησης των ψαριών που διατηρούνται σε όξινο περιβάλλον ($\text{pH} < 4$), ενώ όταν τα υπολείματα πρώτα υδρολυθούν και μετά οξινιστούν το προϊόν ονομάζεται υδροληθείσα πρωτεΐνη ψαριών. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα που υπάρχουν στα υπολείματα φιλλετοποίησης των ψαριών όταν γίνει συντήρηση σε οξύ, υδρολύουν την πρωτεΐνη του ψαριού, απελευθερώνοντας νερό από πεπτιδικούς δεσμούς και δημιουργούν ένα υγρό προϊόν. Η σύντομη έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία μετουσιώνει τα ένζυμα και σταματά την υδρόλυση. Το ενσίρωμα ή το υδρόλυμα ψαριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει, συμπυκνωμένο, ή να ξηραθεί μαζί με άλλα συστατικά. Το νωπό αλείυμα μπορεί επίσης να παστεριωθεί με θέρμανση σε $> 85^{\circ}\text{C}$ για 15 λεπτά και να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως συστατικό σε ιχθυοτροφές.

Μια σημαντική, και ολοένα αυξανόμενη, ποσότητα ιχθυαλεύρων προέρχεται από την επεξεργασία φιλλετοποίησης των ψαριών. Πρόκειται για ιχθυάλευρα όπου η πρώτη ύλη τους είναι τα διάφορα υπολείματα και υποπροϊόντα της φιλλετοποίησης και κονσερβοποίησης τόσο αλιευόμενων ιχθύων, όπως γαύρος, σαρδέλα, σκουμπρί κ.λπ., όσο και εκτρεφόμενων ιχθύων όπως σολομός, πέστροφα, τιλάπια, γατόψαρα κ.λπ. Η περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνη είναι χαμηλότερη (55- 64 %) από εκείνη των συμβατικών ιχθυαλεύρων, ενώ και η περιεκτικότητα τους σε τέφρα είναι υψηλότερη (22- 24 %). Στα μειονεκτήματα τους επίσης είναι και η αρκετά μεταβλητή τους θρεπτική σύσταση μιας και μεταβάλλεται ανάλογα τα είδη που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία, την εποχή αλίευσης, τη διατροφή τους όταν αυτά προέρχονται από εκτροφή κ.λπ. Στην κατηγορία αυτή των ιχθυαλεύρων ανήκουν και εκείνα τα άλευρα τα οποία προέρχονται από παρεμπύπτοντα αλιεύματα. Πρόκειται δηλαδή για αλιεύματα που δεν αποτέλεσαν είδη-στόχους της αλιευτικής προσπάθειας και δεν έχουν

εμπορική αξία. Η παραγωγή των παραπάνω ιχθυαλεύρων είναι σε μια δυναμική αύξηση την τελευταία δεκαετία και έχουν φτάσει να αποτελούν περίπου το 25% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυαλεύρων, καθώς η συνεισφορά τους τόσο στη μείωση του κόστους παρασκευής των ιχθυοτροφών, και κατ' επέκταση του κόστους παραγωγής της ιχθυοκαλλιέργειας, όσο και στη μείωση της αλιευτικής πίεσης στα φυσικά αποθέματα είναι διόλου ευκαταφρόνητη.

4.4.2 Ιχθυέλαια

Τα ιχθυέλαια αποτελούν τα έλαια που παράγονται κατά την επεξεργασία ιχθύων έπειτα από συμπίεση, χημική επεξεργασία και διύληση (Σχ. 4.1). Τα ιχθυέλαια προστίθενται στις ιχθυοτροφές για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, για να αυξήσουν το ενεργειακό περιεχόμενο της ιχθυοτροφής, αρκεί να σκεφτεί κανείς πως τα έλαια και τα λίπη αποτελούν τις πιο πλούσιες ενεργειακά θρεπτικές ουσίες. Δεύτερον, και κυριότερο, για να ικανοποιήσουν τις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ΠΛΟ) και κυρίως στα ω-3 ΠΛΟ. Τα κυριότερα ιχθυέλαια που χρησιμοποιούνται είναι τα εκείνα τα οποία παρασκευάζονται από τα ίδια είδη ψαριών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των ιχθυαλεύρων. Αξίζει να σημειωθεί πως τα ιχθυέλαια διαφορετικών ειδών ψαριών περιέχουν και διαφορετικά επίπεδα των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Για παράδειγμα, το έλαιο της σαρδέλας έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε ω-3 ΠΛΟ από εκείνο που προέρχεται από εκτρεφόμενο σολομό, ιδιαίτερα δε αν ο σολομός έχει διατραφεί με σιτηρέσια που περιείχαν σημαντικά ποσά φυτικών ελαίων.

Τα έλαια που θα χρησιμοποιηθούν στις ιχθυοτροφές επιλέγονται με τα ίδια κριτήρια με εκείνα που χρησιμοποιούνται για άλλα συστατικά: τιμή, διαθεσιμότητα, θρεπτική αξία, και ποιότητα, που καθορίζονται με χημικούς ελέγχους. Καθώς τα έλαια είναι ευαίσθητα σε οξειδωτική και υδρολυτική αποικοδόμηση, υπάρχουν προδιαγραφές για το ποσοστό των ελεύθερων λιπαρών οξέων και άλλων προϊόντων της οξείδωσης, όπως είναι η μαλοναλδεΐδη και τα υπεροξειδία. Επίσης, συχνά καθορίζονται όρια για την περιεκτικότητά τους σε νερό, την περιεκτικότητά σε μη σαπωνοποιήσιμες και αδιάλυτες ουσίες. Τα έλαια διυλίζονται για την αφαίρεση των ελεύθερων λιπαρών οξέων, των μη λιπαρών ουσιών και των ανεπιθύμητων προσμίξεων που μπορεί να περιέχουν. Με τη διαδικασία αυτή, ωστόσο, μειώνεται η περιεκτικότητά τους σε φυσικά παρουσιαζόμενους αντιοξειδωτικούς παράγοντες. Αυτό μπορεί να αποτραπεί με την προσθήκη διαφόρων αντιοξειδωτικών παραγόντων, οι οποίοι προστίθενται κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους. Η αιθοξυκίνη είναι ο συνηθέστερος αντιοξειδωτικός παράγοντας που χρησιμοποιείται σε ιχθυέλαια.

Η χρησιμοποίηση ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων στις ιχθυοτροφές

Η ραγδαία αύξηση των ιχθυοκαλλιέργειών παγκοσμίως υποδηλώνει πως και η ζήτηση για ιχθυοτροφές-σύμπληκτα έχει αυξηθεί με ανάλογο ρυθμό. Οι ιχθυοκαλλιέργειες στην Ευρώπη χρησιμοποιούν σαρκοφάγα είδη, κυρίως σολομό του Ατλαντικού (*S. salar*), ιριδίζουσα πέστροφα (*O. mykiss*), τσιπούρα (*S. aurata*) και λαβράκι (*D. labrax*), με τις ιχθυοτροφές που καταναλώνονται για την παραγωγή αυτών των ειδών να εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων. Μέχρι πρόσφατα, αυτή η πρακτική θεωρούνταν ορθή, καθώς το ιχθυάλευρο είναι πλούσιο στα απαραίτητα αμινοξέα, ελκυστικό και εύπεπτο από τους εκτρεφόμενους ιχθύες, αλλά και άμεσα διαθέσιμο και φτηνό για τους παραγωγούς. Επιπρόσθετα, το ιχθυέλαιο ικανοποιεί τις υψηλές απαιτήσεις των ιχθύων για ω-3 λιπαρά οξέα, και ιδιαίτερα των 20:5ω-3 και 22:6ω-3, τα οποία είναι δυσεύρετα σε άλλα συστατικά-πρώτες ύλες για ιχθυοτροφές.

Τα ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια παράγονται από συγκεκριμένα αλιευμένα ιχθυαποθέματα, τα οποία πλέον έχουν φτάσει στα όρια της βιωσιμότητάς τους, με αποτέλεσμα η παγκόσμια παραγωγή ιχθυαλεύρων (περίπου 6 εκ. τόνοι ετησίως) και ιχθυελαίων (περίπου 1 εκ. τόνοι ετησίως) να παραμένει στάσιμη τα τελευταία 20-25 χρόνια. Υπολογίζεται πως το 2010 περισσότερο από το 85% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυελαίου και περίπου το 50% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυαλεύρου χρησιμοποιήθηκε στις ιχθυοκαλλιέργειες. Πέρα, όμως, από την πιθανή μελλοντική μείωση στην προσφορά των ιχθυελαίων και ιχθυαλεύρων, επιπλέον έχουν διεγερθεί ηθολογικές αντιδράσεις σχετικά με τη χρησιμοποίηση αλιευμένων ιχθύων με σκοπό την παραγωγή ζωοτροφών και όχι για την απ' ευθείας κατανάλωση τους από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα όταν ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού υποσιτίζεται από πρωτεΐνη ζωικής προέλευσης. Επιπρόσθετα, διάφοροι οικολογικοί και μη κυβερνητικοί οργανισμοί ολοένα και περισσότερο εκφράζουν την ανησυχία τους για τη βιώσιμη εκμετάλλευση των ιχθυαποθεμάτων που προορίζονται για την παραγωγή ιχθυελαίων και ιχθυαλεύρων και τις αρνητικές επιδράσεις που έχουν υποστεί τα θαλάσσια υδάτινα οικοσυστήματα μέσω της υποβάθμισης της τροφικής αλυσίδας των θαλάσσιων θηλαστικών και πουλιών.

Μια άλλη ανησυχία με τα ιχθυέλαια που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοτροφές είναι η πιθανή παρουσία οργανικών μολυσματικών παραγόντων, όπως τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και το 1,1-διχλωρο-2, 2-δις (π-χλωροφαινυλ)αιθυλένιο (DDE), διοξίνες κ.α και οι οποίοι σε υψηλά επίπεδα γίνονται τοξικοί τόσο για τα εκτρεφόμενα ψάρια όσο και για τον άνθρωπο-καταναλωτή. Οι ουσίες αυτές είναι υποπροϊόντα διαφόρων βιομηχανιών

που καταλήγουν στα υδάτινα οικοσυστήματα και λόγω του ότι είναι συνήθως λιπόφιλες συσσωρεύονται στους διάφορους υδρόβιους οργανισμούς και μέσω της τροφικής αλυσίδας περνούν και στα ψάρια και στα έλαια αυτών. Είναι γενικά αποδεκτό πως, τα χαμηλότερα επίπεδα αυτών των χημικών επιμολυντών βρίσκονται σε πελαγικούς ιχθύς από τη Νότια Αμερική, ενώ τα υψηλότερα σε είδη που αλιεύονται στη Βόρεια Ευρώπη. Αυξανόμενες ανησυχίες για την καθαρότητα και την ασφάλεια των τροφών σε συνδυασμό με τις βελτιώσεις στους αναλυτικούς ελέγχους για οργανικούς μολυσματικούς παράγοντες των ιχθυοτροφών και των συστατικών τους θα οδηγήσουν μελλοντικά σε αυστηρότερους ελέγχους. Οι αρμόδιες υπηρεσίες της ΕΕ θέτουν συνεχώς νέα μειωμένα μέγιστα όρια αυτών των ουσιών που επιτρέπεται να περιέχονται στα ιχθυέλαια αλλά και σε άλλα συστατικά των ζωοτροφών.

Τέλος, όσον αφορά τις ανάγκες των εκτρεφόμενων ιχθύων σε απαραίτητα λιπαρά οξέα, αυτές μπορούν να ικανοποιούνται από χαμηλότερα επίπεδα προσθήκης από ότι κοινώς χορηγούνται στην παραγωγή, με αποτέλεσμα τα πολύτιμα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα να «ξοδεύονται» αλόγιστα. Τα σαρκοφάγα είδη που εκτρέφονται χρησιμοποιούν τα υψηλά επίπεδα ιχθυελαίων των τροφών τους περισσότερο ως καύσιμη ύλη, για την παραγωγή ενέργειας για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή τους, εφόσον βέβαια ικανοποιήσουν πρώτα τις ανάγκες τους στα απαραίτητα λιπαρά οξέα. Με αυτόν τον τρόπο, η περίσσεια των ω-3 λιπαρών οξέων αποθηκεύεται στους ιστούς και κάποια στιγμή μεταβολίζεται για την παραγωγή ενέργειας. Είναι, λοιπόν, ορθότερο να χρησιμοποιήσουμε στις ιχθυοτροφές κάποια φυτικά έλαια σε ένα ποσοστό, ως υποκατάστατα των ιχθυελαίων, για την παραγωγή μεταβολικής ενέργειας και να εξοικονομήσουμε τα πολύτιμα ω-3 των ιχθυελαίων αποκλειστικά για την ικανοποίηση των αναγκών του οργανισμού σε αυτά.

Διαφαίνεται, λοιπόν, πως είναι ζωτικής σημασίας πλέον ο κλάδος να μειώσει την εξάρτηση του στα ιχθυέλαια και ιχθυάλευρα και να παρασκευάσει βιώσιμες ιχθυοτροφές χρησιμοποιώντας φυτικής προέλευσης πρώτες ύλες. Κοινά έλαια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα του ιχθυελαίου είναι το λινέλαιο, το κραμβέλαιο, το φοινικέλαιο, το σογιέλαιο και το ελαιόλαδο μεταξύ άλλων, μιας και αυτά τα έλαια περιέχουν, συγκριτικά με άλλα φυτικά έλαια, χαμηλότερα ποσοστά των ω-6 λιπαρών οξέων και αυξημένα ποσοστά του 18:3ω-3. Το χορηγούμενο 18:3ω-3 των συγκεκριμένων φυτικών ελαίων μπορεί, κατόπιν, να χρησιμοποιηθεί από τον ιχθύ ως υπόστρωμα για τις ενδογενείς βιομετατροπές, παράγοντας ως ένα βαθμό, τα μακράς αλυσίδας ω-3 ΠΛΟ στους ιστούς του. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί πως όλα τα έλαια και άλευρα φυτικής προέλευσης δεν περιέχουν C20 και C22 λιπαρά οξέα. Όσον αφορά τα υποψήφια άλευρα φυτικής προέλευσης που

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα του ιχθυάλευρου, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς και συνεχώς εξετάζεται η καταλληλότητα πολλών τέτοιων, με κύριο γνώμονα την ανάπτυξη που προσδίδουν στους εκτρεφόμενους ιχθύς σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμή διάθεσης τους στο εμπόριο. Γενικά, πάντως, τα άλευρα φυτικής προέλευσης, συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης και ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων, αλλά και διάφορες αντιδιατροφικές ουσίες, οι οποίες αν δεν αδρανοποιηθούν, μέσω της κατάλληλης επεξεργασίας τους, μπορεί να προκαλέσουν μείωση της ανάπτυξης, τοξικά φαινόμενα και προβλήματα υγείας στους διατρεφόμενους ιχθύς.

Την τελευταία δεκαετία, έχουν διενεργηθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνών δοκιμάζοντας την μερική υποκατάσταση ή/και την πλήρη αντικατάσταση των ιχθυελαίων και ιχθυαλεύρων σε διάφορα εκτρεφόμενα είδη. Πολλά σημαντικά αποτελέσματα εξήχθησαν και από τα ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα RAFOA, PEPPA και AQUAMAX, όπου συμμετείχαν διάφορες ερευνητικές ομάδες, και από οποία δείχθηκε πως τα σαλμονοειδή μπορούν να διατραφούν με σιτηρέσια στα οποία το 100% του ιχθυελαίου έχει αντικατασταθεί από ένα φυτικό έλαιο ή μίξη φυτικών ελαίων, και πως η υποκατάσταση έως και 60% του ιχθυελαίου στο σιτηρέσιο της τσιπούρας και του λαβρακιού δεν οδηγεί σε μείωση της ανάπτυξης τους. Όσον αφορά το ιχθυάλευρο, η υποκατάσταση του μπορεί να επιτευχθεί έως και 75% από φυτικά άλευρα, χωρίς να επιφέρει μείωση στην ανάπτυξη της πέστροφας και της τσιπούρας, ενώ για το λαβράκι υπάρχουν μελέτες όπου η επιτυχία υποκατάστασης έφτασε έως και 98%. Ο σολομός, από την άλλη, δείχνει να μην είναι τόσο ικανός στο να χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τα άλευρα φυτικής προέλευσης για την ανάπτυξη του. Ωστόσο, τα παραπάνω υψηλά ποσοστά υποκατάστασης του ιχθυελαίου επιτεύχθηκαν με την παράλληλη προσθήκη σημαντικών ποσοτήτων ιχθυαλεύρων στα σιτηρέσια, και παρόμοια, η υψηλού ποσοστού υποκατάσταση του ιχθυάλευρου επιτεύχθηκε με παράλληλη χρησιμοποίηση σημαντικών ποσοτήτων ιχθυελαίων στις δοκιμαζόμενες ιχθυοτροφές. Οπότε, η ταυτόχρονη υποκατάσταση τόσο του ιχθυελαίου όσο και του ιχθυάλευρου στις ιχθυοτροφές των διαφόρων ειδών εξακολουθεί να αποτελεί ένα μελλοντικό στοίχημα της έρευνας.

Οι υποκαταστάσεις των ιχθυελαίων και ιχθυαλεύρων μπορεί να μην επιφέρουν πάντοτε αρνητικές επιδράσεις στο ρυθμό ανάπτυξης των εκτρεφόμενων ιχθύων, αναπόφευκτα όμως οδηγούν σε μείωση των συγκεντρώσεων των 20:5ω-3 και 22:6ω-3 στο σώμα των ιχθύων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως τα φυτικά προϊόντα είναι ελλιπή σε 20:5ω-3 και 22:6ω-3, ενώ και στις περιπτώσεις που περιέχουν σημαντικά ποσά του 18:3ω-3, οι εκτρεφόμενοι ιχθύες βιοσυνθέτουν ενδογενώς τα παράγωγα του, δηλαδή τα 20:5ω-3 και 22:6ω-3, σε ποσά που είναι χαμηλότερα από εκείνα που θα υπήρχαν στους ιστούς τους αν

διατρέφονταν με ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια. Για παράδειγμα, η υποκατάσταση ιχθυελαίου με 60% φυτικά έλαια επιφέρει μείωση έως και 50% στις συγκεντρώσεις των δύο παραπάνω λιπαρών οξέων στη σάρκα της τσιπούρας. Όμως, δεν είναι μόνο τα ω-3 λιπαρά οξέα των οποίων οι συγκεντρώσεις μειώνονται μέσω των υποκαταστάσεων. Η βιοδιαθεσιμότητα και η πεπτικότητα όλων των θρεπτικών συστατικών μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά λόγω κάποιων αντιδιατροφικών ουσιών που περιέχονται στα φυτικά προϊόντα. Έτσι, οι υποκαταστάσεις ελλοχεύουν τον κίνδυνο μείωσης πολύτιμων ιχνοστοιχείων και βιταμινών που έχουν συνδεθεί με την υψηλή διατροφική αξία των ιχθύων, όπως οι βιταμίνες B12, D και E, τα καροτενοειδή, το ιώδιο και το σελήνιο.

Για τη διατήρηση των ω-3 ΠΛΟ στη σάρκα των εκτρεφόμενων ιχθύων και ταυτόχρονα τη μείωση του κόστους διατροφής και την ταυτόχρονη μείωση της αλιευτικής πίεσης στα φυσικά αποθέματα, έχει υιοθετηθεί μια πρακτική τα τελευταία χρόνια που είναι πολλά υποσχόμενη. Η πρακτική αυτή έγκειται στο γεγονός πως αν διαθρέψουμε τα ψάρια με φυτικά έλαια για την πλειονότητα της περιόδου εκτροφής τους και κατόπιν τους χορηγήσουμε ιχθυέλαια κάποιους μήνες πριν τη συγκομιδή τους, τότε έχειδειχθεί πως τα ω-3 ΠΛΟ στη σάρκα των ψαριών επανέρχονται σε τέτοια επίπεδα ως αν είχαν διατραφεί από την αρχή της εκτροφής με ιχθυέλαια.

4.4.3 Άλευρα καρκινοειδών

Πρόκειται για άλευρα από την επεξεργασία κυρίως γαρίδων, καβουριών και καλαμαριών. Τα υπολείμματα της επεξεργασίας γαρίδας, καβουριού, καλαμαριών (ψίχα ή/και κελύφη ή/και διάφορα τμήματα εξωσκελετού κ.λπ.) υπόκεινται σε ξήρανση για την παραγωγή αλεύρων με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες πάνω από 40% που στην περίπτωση των αλεύρων καλαμαριών μπορεί να φτάσουν έως και 78%. Τα άλευρα αυτά πέραν της υψηλής περιεκτικότητας τους σε πρωτεΐνες αποτελούν πλούσια πηγή διαφόρων ανοργάνων στοιχείων, κυρίως Ca, πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, καροτινοειδών χρωστικών και είναι αρκετά ελκυστικά/εύγεστα στα εκτρεφόμενα ψάρια. Η περιεκτικότητα σε τέφρα των αλεύρων γαρίδας και καβουριών είναι υψηλότερη από ότι στα ιχθυάλευρα λόγω της αυξημένης ποσότητας εξωσκελετών κατά την παρασκευή τους. Στην κατηγορία των αλεύρων θαλάσσιας προέλευσης επίσης ανήκουν τα άλευρα από κριλλ, τα οποία είναι μικρά καρκινοειδή (ευφασιώδη) που μοιάζουν με γαρίδες και αλιεύονται κυρίως στην Ανταρκτική.

4.4.4 Άλευρα γερσαίων ζώων – Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μυρηκαστικών ζώων

Οι Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μυρηκαστικών ζώων είναι άλευρα που παρασκευάζονται από ζωικά υποπροϊόντα, δηλαδή από προϊόντα της επεξεργασίας (σφαγή, μεταποίηση) διαφόρων μονογαστρικών αγροτικών ζώων (χοιρινά, πουλερικά). Τα άλευρα ζωικών υποπροϊόντων χρησιμοποιούνταν παλαιότερα κατά κόρον ως πρώτες ύλες των ιχθυοτροφών. Ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία αυτών των αλεύρων είχε απαγορευθεί στην ΕΕ από το 2001 έως και το 2013 (όχι όμως σε άλλες περιοχές του κόσμου), κατόπιν των έντονων ανησυχιών που προέκυψαν μετά την εμφάνιση της νόσου της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας στα βοοειδή, που διατρέφονταν με άλευρα αυτού του τύπου. Όπως αποδείχτηκε, η νόσος δεν οφείλονταν στα άλευρα αυτά καθ' αυτά, αλλά στην μη κατάλληλη επεξεργασία κατά την παρασκευή τους. Πλέον, από 1/6/2013 η Ε.Ε. έχει άρει την απαγόρευση της χρησιμοποίησης των προϊόντων αυτών στις ιχθυοτροφές θέτοντας παράλληλα αυστηρότερα κριτήρια για την παρασκευή και τη χρησιμοποίησή τους. Συγκεκριμένα, τα προϊόντα αυτά ονομάζονται Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μυρηκαστικών ζώων (ΜΖΠ) (non ruminant Processed Animal Proteins) που αυστηρά προέρχονται από μονογαστρικά εκτρεφόμενα ζώα (χοιρινά, πουλερικά) και όχι μηρυκαστικά (όπως π.χ. βοοειδή). Οι ΜΖΠ αποτελούν υποπροϊόντα ζώων τα οποία προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και λαμβάνονται κατά τη στιγμή της σφαγής τους (γνωστά ως ύλες Κατηγορίας 3). Για την παρασκευή ΜΖΠ δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση υλών από άρρωστα ή υποπτευόμενα ως άρρωστα ζώα, υπολείμματα ζωικών τροφίμων για άνθρωπο, εντόσθια, κοπριές, και απορριπτόμενα προϊόντα για ανθρώπινη κατανάλωση.

Στο εμπόριο είναι διαθέσιμες διάφορες ΜΖΠ ανάλογα το είδος του ζώου από το οποίο προέρχονται όπως π.χ. άλευρα κρέατος πουλερικών άλευρο κρέατος χοιρινών, άλευρο κρέατος και οστών πουλερικών, πτεράλευρα, αιματάλευρα κ.λπ. Η συλλογή των ζωικών υποπροϊόντων και η μεταποίησή τους διέπεται από κανονισμούς και παρακολουθείται από τις αρμόδιες αρχές κάθε Ευρωπαϊκής χώρας (π.χ. τα σφαγεία χοίρων ή πουλερικών πρέπει να τηρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές). Αξίζει να σημειωθεί πως οι ΜΖΠ μέχρι πρότινος χρησιμοποιούνταν ως ένα υψηλής διατροφικής αξίας και πλήρως ιχθυοατίσιμο συστατικό των ζωοτροφών για κατοικίδια ζώα.

Γενικά, η περιεκτικότητα αυτών των αλεύρων σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 50 ως πάνω από 85%, και αποτελούν ικανοποιητικές πηγές λυσίνης, αλλά πτωχές πηγές μεθειονίνης και κυστίνης. Η περιεκτικότητά τους σε λιπίδια είναι 5–10%, είναι πλούσιες πηγές φωσφόρου και ασβεστίου, αλλά περιέχουν και υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα (27-31%). Το αιματάλευρο είναι ένα αποξηραμένο προϊόν που παρασκευάζεται από καθαρό, νωπό ζωικό αίμα, χωρίς καμία ξένη ουσία. Η ελάχιστη περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες 85% και περιεκτικότητά σε

λυσίνη 9–11%. Το υδρολυμένο πτεράλευρο παρασκευάζεται από την υδρόλυση της πρωτεΐνης των φτερών των πουλερικών, υπό πίεση με την παρουσία $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και ξήρανση. Έχει περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 80–85% αλλά η πεπτικότητα του από τα ψάρια είναι χαμηλή (50–70%), ενώ και το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων του δεν είναι το πλέον κατάλληλο. Το άλευρο υποπροϊόντων πουλερικών παρασκευάζεται από υπολείμματα επεξεργασίας των πουλερικών, και δεν συμπεριλαμβάνει φτερά ή περιεχόμενα του στομάχου και των εντέρων. Η περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνες είναι περίπου 58% πρωτεΐνες και 13% λιπίδια. Διάφορα υποπροϊόντα γάλακτος είναι χρήσιμα στην κατάρτιση ιχθυοτροφών, όπως είναι, μεταξύ άλλων, ο ορός γάλακτος σε σκόνη, η καζεΐνη και το αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη. Το ορός γάλακτος σε σκόνη είναι το υπόλειμμα που αποκτάται όταν αφαιρεθεί ένα μέρος της λακτόζης και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες είναι σχετικά χαμηλή (13–17%). Ωστόσο η καζεΐνη, που είναι το υπόλειμμα που αποκτάται μετά την πήξη του αποβουτυρωμένου γάλακτος με οξέα ή πυτία, περιέχει τουλάχιστον 80% πρωτεΐνες. Η ζελατίνη είναι μια κολλώδης ουσία που αποκτάται με τη μερική υδρόλυση κολλαγόνου από το δέρμα, τους τένοντες και τους συνδέσμους διαφόρων ζώων. Είναι σκληρή και εύθραπτη όταν ξηραίνεται αλλά διαλύεται σε ζεστό νερό και σχηματίζει ένα κολλοειδές πήγμα όταν ψύχεται. Έχει 88-92% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, αλλά δεν περιέχει σχεδόν καθόλου τρυπτοφάνη. Χρησιμοποιείται στις ιχθυοτροφές τόσο ως πηγή πρωτεΐνης όσο και ως συνδετικό μέσο.

4.4.5 Εντομάλευρα

Η πρόσφατη απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης που επιτρέπει τη χρήση των εντομάλευρων στις ιχθυοτροφές (Ευρωπαϊκός Κανονισμός 893/2017) έχει διεγείρει τόσο το ερευνητικό όσο και το επιχειρηματικό ενδιαφέρον για τη χρήση αυτών των πρώτων υλών στις ιχθυοτροφές. Ωστόσο, η βιομηχανία ιχθυοτροφών και ο κλάδος της ιχθυοκαλλιέργειας παραμένουν διστακτικοί ως προς τη χρήση αυτών. Τα έντομα θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση για την κάλυψη ενός μέρους των διατροφικών αναγκών των εκτρεφόμενων ιχθύων δεδομένου ότι η χρήση τους παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Καταρχάς, τα έντομα, αναλόγως του είδους και του σταδίου ανάπτυξης τους, περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών (έως και 70% της θρεπτικής τους σύστασης) και λίπους (έως και 55%), γεγονός που θα μπορούσε να παρέχει κατάλληλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών στη διατροφή των ιχθύων. Παράλληλα, είναι πλούσιες πηγές των απαραίτητων αμινοξέων, πολλών βιταμινών και ανόργανων στοιχείων. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι τα έντομα αποτελούν τη φυσική τροφή πολλών ειδών ιχθύων, τόσο του γλυκού

όσο και του θαλασσινού νερού. Πολλά είδη εντόμων (Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Trichoptera, Hemiptera, Odonata) έχουν επίσης αντι-μυκητιακές και αντι-βακτηριακές δράσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να αυξήσουν τον χρόνο ζωής των ιχθυοτροφών που τα περιέχουν.

Πέραν της θρεπτικής αξίας τους, η εκτροφή των εντόμων φαίνεται να έχει ένα χαμηλό οικολογικό αποτύπωμα σε σχέση με άλλου είδους εκτροφές. Πολλά είδη εντόμων μπορούν να διατραφούν με διάφορα υπο-προϊόντα τροφίμων (όπως π.χ. υπολείμματα σφαγίων και δημητριακών), η εξάλειψη των οποίων έχει οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Με τον τρόπο αυτό η εκτροφή των εντόμων προσφέρει στην ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών παράγοντας μια υψηλής περιεκτικότητας ζωική πρωτεΐνη. Παράλληλα, η εκτροφή των εντόμων πραγματοποιείται σε μικρούς και κλειστούς χώρους, χωρίς την απαίτηση αρόσιμων εκτάσεων γης και κατανάλωσης νερού, αλλά με χαμηλής τεχνολογίας μέσα και χαμηλής επένδυσης εγκαταστάσεις και πρώτες ύλες. Περαιτέρω, λόγω του γεγονότος ότι είναι εξώθερμοι οργανισμοί, τα έντομα αποτελούν πολύ αποτελεσματικούς μετατροπείς τροφής, καθώς δεν ξοδεύουν μεταβολική ενέργεια για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος τους. Ωστόσο, τα κύρια μειονεκτήματα της χρήσης των εντόμων στις ιχθυοτροφές είναι ότι ενδέχεται να αποτελούν βιοσυσσωρευτές εντομοκτόνων, βαρέων μετάλλων και φυσικών τοξινών, καθώς και ότι ενδεχομένως να αποτελούν φορείς παθογόνων μικροβίων. Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) έχει επιτρέψει τη χρήση μόνο 7 συγκεκριμένων ειδών εντόμων στις ιχθυοτροφές έπειτα από ασφαλή δεδομένα σχετικά με την ασφάλεια τους ως τρόφιμα. Ένα επιπλέον μειονέκτημα που αφορά τη διατροφή των ιχθύων με άλευρα εντόμων είναι η παρουσία της δύσπεπτης χιτίνης σε αυτά, αν και πολλά είδη ιχθύων διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα για τη μεταβολική αξιοποίησή της. Τα επιπλέον προβλήματα που εμφανίζει η χρησιμοποίηση των εντόμων ως πρώτων υλών των ιχθυοτροφών είναι επί της παρούσης η περιορισμένη διαθεσιμότητά τους στις ποσότητες που απαιτούνται και η υψηλή τιμή τους. Σήμερα, η γνώση μας για την καταλληλότητα διαφόρων ειδών εντόμων ως πρώτες ύλες ιχθυοτροφών παραμένει περιορισμένη. Ωστόσο, η πλειοψηφία των μελετών δείχνει ότι τα εντομάλευρα μπορούν κάλλιστα να υποκαταστήσουν ένα ποσοστό των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές των περισσότερων ιχθύων συμπεριλαμβανομένων της τσιπούρας και του λαβρακιού.

4.5 Πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν:

- Άλευρα και έλαια ελαιούχων δημητριακών καρπών, που είναι είτε πλήρεις λιπαρών είτε άπαχα (εγκύλιση λιπών μέσω διαλύτη). Εδώ ανήκουν για παράδειγμα το σογιάλευρο, το κραμβάλευρο, το φυστικάλευρο, το άλευρο καρύδας κ.λπ., καθώς και τα αντίστοιχα έλαια αυτών. Επίσης, εδώ ανήκουν διάφορα υποπροϊόντα αυτών όπως άλευρα συμπυκνωμένης πρωτεΐνης σόγιας, ελαιοκράμβης κ.λπ.
- Άλευρα οσπρίων και υποπροϊόντα αυτών, όπως π.χ. άλευρα κουκιών, λούπινου και τα αντίστοιχα άλευρα συμπυκνωμένης πρωτεΐνης αυτών
- Άλευρα και έλαια σιτηρών, όπως καλαμπόκι, σιτάρι, ρύζι, κριθάρι, σόργος και διάφορα υποπροϊόντα αυτών όπως γλουτένη καλαμποκιού, γλουτένη σίτου κ.λπ., καθώς και έλαια αυτών π.χ. αραβοσιτέλαιο.
- Μικροάλγη & υδρόβια μακρόφυτα

Πλεονεκτήματα της χρήσης των πρώτων υλών φυτικής προέλευσης στις ιχθυοτροφές

- Είναι γενικά φθηνότερα από τα ζωικά άλευρα, ιδιαίτερα τα σιτηρά.
- Τα περισσότερα από αυτά είναι άμεσα διαθέσιμα στην αγορά και σε μεγάλες ποσότητες
- Πλούσια σε βιταμίνες Β και διάφορα ανόργανα στοιχεία. Οι ελαιούχοι καρποί επίσης είναι πλούσιοι σε Ρ, αλλά φτωχοί σε Ca και βιταμίνη Ε.
- Αποτελούν καλές πηγές ενέργειας
- Περιέχουν αυξημένα επίπεδα ινωδών ουσιών παρέχοντας τους συγκολλητικές ιδιότητες κατά την παρασκευή των ιχθυοτροφών.

Μειονεκτήματα της χρήσης των πρώτων υλών φυτικής προέλευσης στις ιχθυοτροφές

- Η περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνες είναι χαμηλότερη από ότι των ζωικών αλεύρων και ως επί πλείστον χαμηλότερη από τις πρωτεϊνικές ανάγκες των ψαριών. Ιδιαίτερα τα σιτηρά είναι φτωχά σε πρωτεΐνες (<20% της ουσίας τους). Ωστόσο, τα άλευρα ελαιούχων καρπών περιέχουν ικανοποιητικά επίπεδα πρωτεϊνών (30-50%) και ως εκ τούτου μπορούν να υποκαταστήσουν μερικώς τα ιχθυάλευρα στις ιχθυοτροφές.
- Τα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων τους είναι χαμηλότερα συγκριτικά με εκείνα των ζωικών αλεύρων και μη ταιριαστά στις απαιτήσεις των εκτρεφόμενων οργανισμών. Ιδιαίτερα τα σιτηρά είναι φτωχά σε απαραίτητα αμινοξέα.
- Τα φυτικά έλαια δεν περιέχουν 20:5ω-3 (EPA) και 22:6ω-3 (DHA), ενώ έχουν αυξημένα επίπεδα 18:2ω-6 (λινολαϊκού οξέος) με αποτέλεσμα να μην ικανοποιούν τις απαιτήσεις των οργανισμών σε απαραίτητα λιπαρά οξέα. Κάποια φυτικά έλαια, ωστόσο, όπως το

σογιέλαιο, λινέλαιο, κραμβέλαιο κ.α. είναι πλούσια σε 18:3ω-3 (α-λινολενικό οξύ) και μπορούν να υποκαταστήσουν μερικώς τα ιχθυέλαια στις ιχθυοτροφές.

- Είναι λιγότερο εύγεστα από ότι τα ζωικά άλευρα και έλαια.
- Είναι λιγότερο εύπεπτα από ότι τα ζωικά άλευρα και έλαια. Το υψηλό ποσοστό υδατανθράκων και ινωδών ουσιών τους μειώνει την πεπτικότητα τους.
- Περιέχουν διάφορους αντι-διατροφικούς παράγοντες.

Αντιδιατροφικοί παράγοντες φυτικών προϊόντων

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα χρησιμοποίησης των φυτικών πρώτων υλών ως συστατικά των ιχθυοτροφών είναι και η περιεκτικότητά τους σε αντι-διατροφικούς παράγοντες. Οι **αντιδιατροφικοί παράγοντες** αποτελούν ενώσεις που παρεμποδίζουν την πέψη και το μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών των τροφών και συμπεριλαμβάνουν παρεμποδιστές πρωτεασών, τοξικές ουσίες, αντιβιταμινικές ουσίες, αιμοσυγκολλητικές ουσίες κ.λπ. Οι παράγοντες αυτοί περιέχονται σε πάρα πολλά φυτικά προϊόντα, ενώ αντίθετα είτε σπανίζουν είτε απουσιάζουν στα ζωικά προϊόντα. Όταν καταναλωθούν σε μεγάλες ποσότητες μειώνουν την πεπτικότητα της τροφής και την ανάπτυξη του ψαριού. Παρακάτω αναλύονται μερικοί από τους αντιδιατροφικούς παράγοντες, η αντιδιατροφική τους δράση όταν καταναλωθούν και οι κοινές πηγές τους.

▪ *Φυτικό οξύ*

Εξα-φωσφορικός εστέρας της ινοσιτόλης,

Ενώνεται και δεσμεύει τον φώσφορο της τροφής με αποτέλεσμα να τον κάνει λιγότερο διαθέσιμο για τα ψάρια διότι δε διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα για την υδρόλυση του,

Επίσης δεσμεύει Mg, Ca, Mn, Cu, Fe, Mo,

Περιέχεται σε πολλές φυτικές τροφές (στον φλοιό των καρπών, αλλά και στο ενδοκάρπιο), όπως σόγια, λινάρι, καλαμπόκι, φυστίκια, σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, φασόλια κ.λπ.

Προκαλεί μείωση της βιοδιαθεσιμότητας των ανόργανων στοιχείων (διατροφική έλλειψη) και μείωση της πεπτικότητας της πρωτεΐνης της τροφής που την περιέχει,

Η θερμική επεξεργασία της τροφής που το περιέχει δεν το υδρολύει (καταστρέφει) αρκετά, αλλά η επεξεργασία με οξέα είναι περισσότερο αποτελεσματική (π.χ. σογιάλευρο εξαχθέν με διαλύτες περιέχει λιγότερο φυτικό οξύ από το σογιάλευρο που έχει εξαχθεί με μηχανικά μέσα).

▪ *Παρεμποδιστές πρωτεασών*

Ενώσεις που αναστέλλουν την ενεργότητα των πρωτεασών (ένζυμα που καταβολίζουν τις πρωτεΐνες),

Π.χ. αντιθρυψίνη – παρεμποδιστής της θρυψίνης, αντιχυμοθρυψίνη – παρεμποδιστής της χυμοθρυψίνης,

Περιέχεται σε πολλές φυτικές τροφές όπως σόγια, ηλίανθος, κριθάρι, ρύζι, σιτάρι, καλαμπόκι, τριφύλλι κ.λπ.,

Προκαλεί τη μείωση της πεπτικότητας της συνολικής πρωτεΐνης της τροφής

Καταστρέφονται με τη θερμική επεξεργασία, πίεση ή υδρόλυση των τροφών,

Υπάρχουν και παρεμποδιστές των ενζύμων που καταβολίζουν τους υδατάνθρακες, π.χ. αντι-αμυλάση – μειώνει την πεπτικότητα του αμύλου

- *Γλυκοζίτες*

Κυρίως κυανιο-γόνοι γλυκοζίτες και θειο-γλυκοζίτες (σαπωνίνες),

κυανιο-γόνοι γλυκοζίτες, ενώσεις που όταν πέπτονται προκύπτει κυάνιο

περιέχονται κυρίως στα ζαχαρότευτλα, πατάτες, λινάρι, μπιζέλια, ελαιοκράμβη κ.α.

Οι σαπωνίνες προκαλούν τη δυσλειτουργία του θυρεοειδούς αδένος και δυσπεψίες

περιέχονται κυρίως στα φασόλια, φακή, μπιζέλια, τριφύλλι, σόγια κ.α

Καταστρέφονται μερικώς με τη θερμική επεξεργασία των τροφών

Έχουν δημιουργηθεί γενετικά τροποποιημένα υβρίδια τροφών που περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα γλυκοζιτών π.χ. η «κάνολα» (υβρίδιο ελαιοκράμβης)

- *Αντι-βιταμινικές ουσίες*

Ανταγωνιστική ή ανασταλτική δράση ενάντια στις βιταμίνες

Π.χ. ανταγωνιστική στην βιτ. Ε (σόγια, βαμβακόσπορος, μπιζέλια, φασόλια)

ανταγωνιστική της Β1 (λιναρόσπορος)

ανταγωνιστική της Α, D, Β12 (σόγια)

ανταγωνιστική της Β6 (λιναρόσπορος)

- *Γκοσσυπόλη*

Πολύ-φαινολική ένωση, τοξική σε μεγάλες ποσότητες

Περιέχεται κυρίως στον βαμβακόσπορο

Προκαλεί απότομη ανορεξία στα ψάρια, αλλοίωση ιστών, καρκίνο ήπατος, νεφρών κ.α.

Καταστρέφεται με τη θερμική επεξεργασία των τροφών

Υβρίδια βαμβακόσπορου χωρίς γκοσσυπόλη

- *Ταννίνες*

Πολύ-φαινολικές ενώσεις

Προκαλεί την αναστολή της έκκρισης των πεπτικών ενζύμων

Περιέχεται κυρίως στους φλοιούς των ζαχαρότευτλα, φάβα, φασόλια, γογγύλια, ηλίανθο, σόργο

Επιφέρει δυσλειτουργία των κυττάρων του βλεννογόνου του εντέρου, αναστολή της απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών, δυσπεψία κ.α.

Καταστρέφονται εύκολα με τη θερμική επεξεργασία των τροφών, αποφλοιώση των καρπών επίσης αποτελεσματική, γενετικά τροποποιημένα όσπρια με λιγοστές ταννίνες

- *Αλκαλοειδή*

Πολύπλοκες αζωτούχες ενώσεις όπως π.χ. καφεΐνη, νικοτίνη, μορφίνη, στρυχνίνη κ.α.

Δημιουργούνται από διάφορα αμινοξέα π.χ. λυσίνη, τρυπτοφάνη, φαινυλαλανίνη, ορνιθίνη

Βρίσκονται κυρίως σε ανώτερα φυτά – δέντρα, τα οποία όμως δεν αποτελούν κοινά συστατικά των ιχθυοτροφών

Προκαλεί διαταραχές της λειτουργίας του νευρικού συστήματος, νέκρωση κυττάρων ήπατος

Κάποια αλκαλοειδή είναι δηλητηριώδη και άλλα έχουν φαρμακευτική δράση

- *Αιμοσυγκολλητίνες*

αζωτούχες ενώσεις

Περιέχεται στη σόγια

Προκαλεί πήξη του αίματος

Καταστρέφεται με τη θερμική επεξεργασία των τροφών

Ωστόσο αδρανοποιείται ούτως ή άλλως από την πεψίνη του στομάχου των ψαριών, αποτελεί πρόβλημα μόνο σε ψάρια που δε διαθέτουν στόμαχο

- *Κυκλο-προπενοϊκά λιπαρά οξέα*

Λιπαρά οξέα μικρής και κυκλικής ανθρακικής αλυσίδας

Περιέχεται στον βαμβακόσπορο

Προκαλεί δυσλειτουργία του ήπατος, αναστολή της δεσатуράσης των λιπαρών οξέων κ.α.

4.5.1 Ελαιούχοι καρποί

Οι σημαντικότερες πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης είναι τα άλευρα από ελαιούχους καρπούς, όπως π.χ. της σόγιας, τον βαμβακόσπορο, τον σπόρο ελαιοκράμβης, τις αραχίδες, τους ηλιόσπορους, τις καρύδες κ.α.. Τα άλευρα αυτά παράγονται από την άλεση και αποξήρανση του υπολείμματος (τρίμμα) που παραμένει μετά την εξαγωγή του λαδιού (ελαίου) από τους ελαιούχους καρπούς. Τα έλαια μπορεί να αφαιρεθούν-εξαχθούν είτε μηχανικά (με πρεσάρισμα) είτε με επεξεργασία των καρπών με διαλύτες και αποτελούν και αυτά (φυτικά έλαια) συστατικά που χρησιμοποιούνται στις ιχθυο- και ζωοτροφές.

Η περιεκτικότητα των αλεύρων αυτών σε πρωτεΐνες είναι υψηλή (30-50%) σε σχέση με άλλα φυτικά προϊόντα, αλλά αρκετά χαμηλότερη από αυτήν των αλεύρων ζωικής προέλευσης. Τα πλεονεκτήματα χρησιμοποίησής τους στις ιχθυοτροφές, ως συμπληρώματα πρωτεΐνης, έχουν να κάνουν με τη χαμηλότερη τιμή διάθεσης τους στην αγορά, συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, αν και η τιμή τους πολλές φορές είναι απρόβλεπτη επηρεαζόμενες κατά πολύ από τις δυνάμεις της προσφοράς και ζήτησης. Επίσης, τα φυτικά αυτά προϊόντα έχουν αυξημένα επίπεδα ινωδών ουσιών παρέχοντας τους έτσι συγκολλητικές ιδιότητες κατά την παρασκευή ιχθυοτροφών. Περαιτέρω, όπως όλες οι φυτικές τροφές τα άλευρα από ελαιούχους καρπούς αποτελούν πλούσιες πηγές των βιταμινών του συμπλέγματος Β. Οι ελαιούχοι καρποί επίσης είναι πλούσιοι σε Ρ, αλλά φτωχοί σε Ca και βιταμίνη Ε.

Τα μειονεκτήματα από τη χρησιμοποίησής τους έχουν να κάνουν με την σύστασή τους στα απαραίτητα αμινοξέα, η οποία δεν ταιριάζει με τις απαιτήσεις σε απαραίτητα αμινοξέα των ψαριών και κυρίως είναι φτωχά σε μεθειονίνη, λυσίνη και θρεονίνη. Πάντως, συγκριτικά με άλλα φυτικά προϊόντα, οι ελαιούχοι καρποί περιέχουν υψηλότερα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων. Επίσης, όπως όλα τα φυτικά προϊόντα, δε διαθέτουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα με 20 και άνω άτομα άνθρακα, όπως τα 20:5ω-3, 22:6ω-3 και 20:4ω-6, και τα οποία είναι διατροφικά απαραίτητα για όλους τους ζωικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών και των ανθρώπων. Περαιτέρω, τα φυτικά προϊόντα είναι λιγότερο εύγευστα-αποδεκτά από τα ψάρια συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα και τα ζωικά άλευρα. Αυτό δε σημαίνει ότι τα ψάρια δεν τα αποδέχονται, αλλά ότι η αποδεκτικότητα της τροφής είναι χαμηλότερη όταν αυτά περιέχονται σε υψηλά ποσοστά στο σιτηρέσιο, συγκριτικά με τροφές που περιέχουν υψηλά ποσοστά ζωικών πρωτεϊνών. Παράλληλα, αν και η πεπτικότητα των αλεύρων και ελαίων των ελαιούχων καρπών είναι αρκετά υψηλότερη από εκείνη άλλων φυτικών προϊόντων, όπως π.χ. των σιτηρών, εν τούτοις η πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών τους είναι χαμηλότερη από εκείνη των ζωικών αλεύρων και ελαίων. Αυτό εν μέρει οφείλεται τόσο στο γεγονός ότι τα φυτικά προϊόντα έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και ινώδεις ουσίες, όσο και στο ότι και η πεπτικότητα των

άλλων θρεπτικών συστατικών τους (π.χ. πρωτεΐνες, αμινοξέα, λιπαρά οξέα κ.λπ.) είναι χαμηλότερη από εκείνη των θρεπτικών συστατικών των ζωικών αλεύρων-ελαίων.

Κοινά άλευρα ελαιούχων καρπών

- Σογιάλευρο ή σόγια (*Glycine max*)



Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του και τα προτεινόμενα επίπεδα σογιαλεύρου στις ιχθυοτροφές παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υγρής ουσίας τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985)

	Ξηρά ουσία	Πρωτεΐνη	Λιπίδια	Ινώδεις ουσίες	Υδατανθ.	Τέφρα
Καρπός με φλοιό	91	26	11	19	36	7
Άλευρο, με φλοιό μηχανική εξαγωγή	84–91	44 – 47	6 – 8	5 – 8	32 – 34	6 – 7
Άλευρο, χωρίς φλοιό μηχανική εξαγωγή	90,0	47	5	6		6
Άλευρο, με φλοιό Εξαγωγή με διαλύτη	88–90	49 – 56	0,5 – 1,5	5 – 7	32 – 46	6 – 7
Άλευρο, χωρίς φλοιό Εξαγωγή με διαλύτη	89–90	54 – 56	1	3 – 4	33 – 34	6 – 6
Πεπτικότητα	64	91	73		6	68

Προτεινόμενα επίπεδα σογιαλεύρου στις ιχθυοτροφές

Σόγια, καρπός σπασμένος	< 10 % του σιτηρεσίου
Άλευρο χωρίς λίπος	< 30 % της πρωτεΐνης
Άλευρο, με λίπος, θερμικά επεξεργασμένο	Ή < 75% της πρωτεΐνης αν προστεθεί μεθειονίνη < 40% του σιτηρεσίου

- ενδημικό στην Αν. Ασία, παράγεται επίσης στην Β. Και Ν. Αμερική
- Διαθέσιμο σε όλο τον κόσμο όλο το χρόνο (220 εκ. τον. ετησίως) και σχετικά φτηνό

- Καλλιεργείται κυρίως για το λάδι του (σογιέλαιο), καρπός προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, η λεκιθίνη σόγιας χρησιμοποιείται ως γαλακτωματοποιητής στην τεχνολογία τροφίμων
- Το σογιάλευρο είναι το πιο κοινό συστατικό φυτικής προέλευσης στις ιχθυοτροφές
- Αρκετά καλή διατροφική αξία για τα ψάρια
- Πρωτεΐνη 44-49 % (με καλό προφίλ σε απαραίτητα αμινοξέα (AA), φτωχό σε μεθειονίνη)
- Περιέχει σημαντικά ποσά του 18:3ω-3
- Περιέχει αντιθρυψινικούς παράγοντες, που όμως καταστρέφονται έπειτα από θερμική επεξεργασία
- Περιέχει χαμηλά επίπεδα ινωσών ουσιών (άπεπτοι υδατάνθρακες)

▪ **Φοινικάλευρο (*Elaeis guineensis*)**



- Το 2^ο σε παγκόσμια παραγωγή ελαιοπαραγωγό φυτό, ενδημικό στη Δ. Αφρική
- Επίσης το φοινικάλευρο από το *Elaeis oleifera* που ενδημεί στην Κ. και Ν. Αμερική
- Τα δέντρα του φτάνουν 20 m, τα φύλλα 3-5 m
- οι καρποί σε δέσμη, 5-6 μήνες να ωριμάσουν (περικόρπιο, ενδοκάρπιο (kernel))
- 1 δέσμη καρπών ζυγίζει 10-40 kg
- Ως βιοκαύσιμο, 1 στρ. - 1 τον. καρπών – 300 Kg λαδιού, 75 Kg ενδοκάρπιο
- Σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα πρωτεΐνης, αλλά υψηλής βιολογικής αξίας (εκτός MET)
- Καλή πηγή Ca, P συγκριτικά με άλλους ελαιούχους καρπούς
- Δεν περιέχει τοξικές ουσίες και αντιδιατροφικούς παράγοντες
- Πολύ φτωχή γεύση, πολλές ινώδεις ουσίες, υψηλά κορεσμένα λιπαρά οξέα
- Προτεινόμενα επίπεδα προσθήκης στο σιτηρέσιο < 15 % σιτηρεσίου

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υγρής ουσίας της τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Άλευρο, μηχανική εξαγωγή	89	20	11	17	49	4
Άλευρο, Εξαγωγή με διαλύτες	90	18	3,5	22	50	5

▪ **Άλευρο ελαιοκράμβης (*Brassica sp.*)**



- Από τα σημαντικότερα ελαιοπαραγωγά φυτά
- καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή ελαίου (30-50% του καρπού)
- σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά τη εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα – άλευρο για ζωοτροφές
- Στην ΕΕ ως το κύριο βιοκαύσιμο λόγω της υψηλότερης απόδοσης σε λάδι / στρ.
- Π.χ. 1 στρ. ελαιοκράμβης - 120-250 Kg σπόρος - 43-90 λίτρα βιοντίζελ.
- Η διαθεσιμότητα του στην παγκόσμια αγορά ολοένα και αυξάνει (46 εκ. τον. το 2006)
- Κύριες παραγωγικές χώρες ΕΕ, Καναδάς, ΗΠΑ, Αυστραλία, Κίνα, Ινδία
- Στην Ελλάδα υπάρχουν κατάλληλες εδαφοκλιματικές συνθήκες για την καλλιέργεια του
- Πολύ πλούσιο σε πρωτεΐνη 38 %
- ισορροπημένα ΑΑ, πλούσια σε CYS. μέτρια σε LYS, φτωχή σε MET
- Σχετικά μεγάλο ποσοστό ινωδών ουσιών
- Η πεπτικότητα, η ενεργειακή αξία & γενικά η διατροφική αξία του για τα ψάρια δεν έχει μελετηθεί αρκετά
- Περιέχει πολύ σημαντικά ποσά 18:3ω-3 (σπάνιο για φυτά)
- φαρμακευτικές ιδιότητες, λόγω του υψηλού 18:3ω-3
- Πειρέχει ταννίνες, θειογλυκοζίτες
- Το έλαιο του πλούσιο (50%) σε ερουκικό οξύ 22:1ω-9 (ελαφρώς τοξικό)

- “Canola” (CANadian Oil – Low Acid) - Γενετικά τροποποιημένο περιέχει τους μισούς θειογλυκοζίτες και 22:1ω-9
- Προτεινόμενα επίπεδα προσθήκης στο σιτηρέσιο < 50 % σιτηρεσίου, καλύτερα < 15 % λόγω των θειογλυκοζιτών
- αν και δεν έχει μελετηθεί η πεπτικότητα του σε πολλά είδη δείχνει ότι δεν είναι τόσο υψηλή όπως στη σόγια

Άλευρο βαμβακόσπορου (*Gossypium sp.*)



- Καλλιεργείται κυρίως για τις ίνες του και λάδι από το ενδοκάρπιο του
- Άλευρο πλούσιο σε πρωτεΐνη (44-54%), φτωχό σε Lys, Met, Cys, Ca
- Περιέχει γκοσσυπόλη, δεσμεύει Lys κατά την επεξεργασία
- Προτεινόμενα επίπεδα προσθήκης στο σιτηρέσιο < 30% του σιτηρεσίου

■ Φυσιτάλευρο (*Arachis hypogaea*)



- Φυτό της Ν και Κ. Αμερική, Μεξικό
- Κύριες χώρες παραγωγής Κίνα, Ινδία, ΗΠΑ, Νιγηρία, Βιετνάμ
- Προϊόντα φυστικά, βούτυρο, καραμελωμένο, σάλτσα
- Λάδι (μαγειρικό, τροφές, χρώματα, βερνίκι, εκρηκτική ύλη κ.λπ.)
- Φυσιτάλευρο με ή χωρίς φλοιό, μηχανικά εξαχθέν ή με διαλύτη
- Από καρπούς χαμηλής ποιότητας

- Πρωτεΐνη 33 - 57 % (φτωχό σε LYS, MET, CYS)
- Φτωχό σε Ca, B12 - καλή πηγή νικοτινικού οξέος
- Αντιοξειδωτικές ουσίες (κουμαρικό οξύ)
- Κατά την αποθήκευση του ευαίσθητο σε μυκητιάσεις, το *Aspergillus flavus* εναποθέτει τοξίνες (αφλατοξίνες)
- < 25 % του σιτηρεσίου

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Σπεσμένος καρπός, με φλοιό	93	22	39	21	15	2,5
Άλευρο, χωρίς φλοιό	90	55	1,3	8	38	7
Εξαγωγή με διαλύτες						

▪ **Ηλιόλευρο (*Helianthus annuus*)**



Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5 .

Πίνακας 4.5. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Άλευρο, με φλοιό μηχανική εξαγωγή	92	34	9-14	13-26	23-32	6,5
Άλευρο, χωρίς φλοιό	92	43-50	2-4	12-16	29	7,5
Εξαγωγή με διαλύτες						

- Ενδημικό της Αμερικής
- Βλαστός μέχρι 3 μ ύψος, το λουλούδι μέχρι 30 cm πλάτος
- ηλιοτροπισμός
- ανθρ. κατανάλωση, λάδι, τροφή πουλιών, άλευρο για ζωοτροφές
- Υψηλή πρωτεΐνη, καλά επίπεδα MET, CYS, φτωχό σε LYS

- Το πλουσιότερο σε βιτ. Ε φυτικό έλαιο
- Χαμηλά επίπεδα αντιδιατροφικών παραγόντων
- Όχι καλή γεύση, επίπεδα ΙΟ μπορεί να είναι υψηλά
- < 25 % του σιτηρεσίου

▪ **Σουσαμάλευρο (*Sesamum indicum*)**



- Ενδημικό βότανο σε Αφρική & Ασία
- 0,5 – 1 μ ύψος
- Καλλιεργείται για καρπό και λάδι
- Διάφορες φαρμακευτικές ιδιότητες, αντιοξειδωτικό, πονόδοντο, ζαλάδες, άσθμα, βήχα, θηλάζουσες μητέρες, φαλάκρα, προστάτης
- Χρησιμοποιείται κυρίως για λάδι, αλλά και ο καρπός (ψωμί, παστέλι κ.λπ)
- Πλούσιο σε Ca, Cu, Mn, φυτοστερόλες (μειώνουν τη χοληστερόλη)
- Σε αντίθεση με άλλα φυτικά άλευρα είναι πλούσιο σε MET, ARG, LEU, PHE
- Όμως φτωχό σε LYS (μπορεί να συνδυαστεί με άλευρο πλούσιο σε LYS π.χ. Σόγια)
- Περιέχει φυτικό οξύ - δέσμευση P, Ca κ.α.
- Προσθήκη στο σιτηρέσιο < 25%
- Απαιτείται προσθήκη προμίγματος P, Ca

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Άλευρο, μηχανική εξαγωγή	83-94	32-44	1-17	5-20	22-32	11-18
Άλευρο, Εξαγωγή με διαλύτες	94	44	1,4	8,2	31,5	14,9

Άλευρο καρύδας (*Cocos nucifera*)



- Ενδημικό της Ν. Ασίας, Βραζιλία
- Αμμώδης εκτάσεις, απαιτούν ήλιο & υγρασία
- 30 μ ύψος (75 καρπούς το έτος)
- Όλα τα μέρη του δέντρου χρησιμοποιούνται
- καρπός για μαγειρική, ρόφημα (γάλα, χυμός, κρασί), εξωκάρπιο για ζωοτροφές
- Λάδι, βιοκαύσιμο, ξυλεία, καύσιμη ύλη, φάρμακα, καλλυντικά κ.λπ.
- Περιέχει λιγότερη ζάχαρη αλλά περισσότερη πρωτεΐνη από ότι η μπανάνα, μήλο, πορτοκάλι
- Καρπός περιέχει 13% φαγώσιμο, 62% λάδι, 25% φλοιός
- Σχετικά χαμηλά επίπεδα πρωτεΐνης, φτωχή σε LYS, MET, HIS
- Πλούσια πηγή P, Zn, Fe, φτωχό σε Ca
- Δεν περιέχει τοξίνες αν αποφλοιωθεί (φλοιός περιέχει 19% ταννίνες & αντιτρυψίνη)
- Χαμηλή τιμή στην αγορά
- Υψηλά επίπεδα ινωδών ουσιών
- Το λίπος του είναι κατά 90% κορεσμένο (περισσότερα κορεσμένα από το βούτυρο)
- Ως άλευρο ευπάθεια κατά την αποθήκευση του
- Όχι καλή γευστικότητα
- Κυρίως για χορτοφάγα-παμφάγα είδη , < 15% στο σιτηρέσιο

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Άλευρο, μηχανική εξαγωγή	88-93	18-25	5-18	8-16	48-54	5-6
Άλευρο, Εξαγωγή με διαλύτες	91-93	20-24	0,5-4	15-26	46-54	6,5-7

▪ Άλλα άλευρα ελαιούχων καρπών

- Χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες ανάλογα τη διαθεσιμότητα τους
- Άλευρο κακάο (26% πρωτ., 6% λιπ., 10% ΙΟ, 50% υδατ.)
- πλούσιο σε LYS, φτωχό σε MET, ARG, περιέχει αλκαλοειδή, φτωχή γεύση
- Άλευρο μουστάρδας (40% πρωτ., περιέχει τοξίνες)
- Άλευρο από Ρίκινο (καστορέλαιο, ρητινέλαιο, ρετσινόλαδο)
- λιπαντικά, σαπούνια, χρωστικές, ναίλον κ.λπ.
- Άλευρο ως παραπροϊόν (38% πρωτ., 32% ΙΟ)
- περιέχει ριτσίνι – τοξική
- Γενικά τα άλευρα αυτά πρέπει να προστίθενται < 5- 10% στο σιτηρέσιο

4.5.2 Σιτηρά

- Αποτελούν φτηνά φυτικά προϊόντα
- Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 10 – 20 %
- χαμηλά επίπεδα των ΑΑ
- Χρησιμοποιούνται κυρίως για προσφορά Ενέργειας στο σιτηρέσιο και λιγότερο ως συμπληρώματα πρωτεΐνης
- Φτωχά σε πολλά ανόργανα στοιχεία
- Ωστόσο σημαντικά ποσά σε Ρ
- Πλούσιες πηγές σε βιτ. Β και Ε
- Πλούσια σε άμυλο (60-70 %), άπεπτο για σαρκοφάγα ψάρια
- Ωστόσο με θερμική επεξεργασία το άμυλο γίνεται πιο εύπεπτο
- Το άμυλο των σιτηρών χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ουσία κατά την πελλετοποίηση
- Περιέχουν αντι-διατροφικούς παράγοντες

- **Καλαμπόκι (*Zea mays*)**



- Ενδημικό στην Κ. Αμερική
- Τη μεγαλύτερη παραγωγή παγκοσμίως ανάμεσα στα σιτηρά
- Καρπός, άλευρο (κορνφλαουερ), λάδι, γλουτένη καλαμποκιού, άμυλο
- Το 30% για ανθρώπινη κατανάλωση, 70% ζωοτροφές
- Ο καρπός του καλαμποκιού αποθηκεύεται χωρίς προβλήματα
- ωστόσο, το καλαμποκάλευρο ευπαθές κατά την αποθήκευση του
- Φτωχό σε πρωτεΐνη (φτωχό σε LYS, MET υβρίδια καλαμποκιού με υψηλότερη LYS opaque-2)
- Αρκετά εύγεστο – η κύρια φυτική τροφή σε αγροτικά ζώα
- Φτωχό σε ανόργανα στοιχεία
- Χαμηλά επίπεδα ινωδών ουσιών
- Περιέχει ξανθοφύλλη, καροτένη, Πλούσιο σε βιτ. Α
- Πολύ καλή συγκολλητική ουσία

Άλλα προϊόντα καλαμποκιού

- Άμυλο καλαμποκιού (καθαρός πολυσακχαρίτης χωρίς πρωτεΐνες, ΙΟ, και άλλες ουσίες. Στις ιχθυοτροφές ως συμπλήρωμα Ενέργειας)
- Γλουτένη καλαμποκιού (από την υγρή άλεση του καρπού, συμπυκνωμένη πρωτεΐνη 60%)
- Άλευρο από ενδοκάρπιο (περισσότερη πρωτεΐνη 20%, λάδι, βιτ. Ε)
- Πίτουρο καλαμποκιού (θρύμματα και αλεύρι)
- Δεξτρίνη (αντικαθιστά τη ζάχαρη, από υδρόλυση αμύλου – καθαρός υδατάνθρακας – χρήση σε πειραματικές ιχθυοτροφές)

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Καρπός σπασμένος	87-91	9-12,5	4-5,5	1,5-4,5	77-84	1-2
Άλευρο, μηχανική εξαγωγή	91-96	19	8,5-15,5	8,5-13	45-61	1,5-3,5

- **Σιτάρι (*Triticum sp.*)**



- Το 2ο σε παραγωγή σιτηρό
- Ως τρόφιμο (ψωμί, μακαρόνια, αλεύρι κλπ.), και με ζύμωση (μπύρα, αλκοόλ, βιοκαύσιμο)
- Σπασμένος καρπός, αλεύρι, πίτουρο
- Φτωχό σε Ca, πλούσιο σε P (ωστόσο μόνο 30% βιοδιαθέσιμο)
- Καλή πηγή βιτ. Β, φτωχό σε βιτ. Α και D
- Στις ιχθυοτροφές ως πηγή Ενέργειας
- Πολύ καλή συγκολλητική ουσία
- Σε τροφές γαρίδας (20-30% στο σιτηρέσιο)
- < 20 % στο σιτηρέσιο (λόγω χαμηλής πρωτ., το πίτουρο σε μικρότερες ποσότητες λόγω ΙΟ)

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.9.

Πίνακας 4.9. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Άλευρο	89	12-13	1,5	1	84	0,5
πίτουρο	88-90	14-19	4-8,5	10-13	60-62	4,5-6,5

- **Ρύζι (*Oryza sativa*)**



- Το κυριότερο σιτηρό σε Ασία, Λ. Αμερική, Καρπός, σπασμένος καρπός, άλευρο
- παγκόσμια παραγωγή – 500 εκ. τον. ετησίως
- Απαιτεί πολύ νερό και εργασία

Προϊόντα ρυζιού

- Φλοιός ρυζιού, τρίμματα ρυζιού, καφέ ρύζι (1η αποφλοιώση), άσπρο ρύζι (χωρίς εξωκάρπιο), Πίτουρο (εξωκάρπιο και ψίχα), ριζάλευρο
- Πλούσιο σε βιτ. Β. , Fe, Mn
- Καλή συγκολλητική ουσία
- Φτηνό
- Το λίπος του πλούσιο σε ω-6, αρκετά ευπαθές κατά τη συντήρηση
- Άλευρο εξαγωγή με διαλύτη, λιγότερο λίπος, καλύτερο στην αποθήκευση
- Πολύ υψηλά επίπεδα Ινωδών Ουσιών
- Φυτικό οξύ & παρεμποδιστές πρωτεασών
- < 15 % στο σιτηρέσιο για σαρκοφάγα είδη, έως και 50% για χορτοφάγα είδη

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Καρπός σπασμένος	88	8,5	0,5	0,3	90	1
Άλευρο, μηχανική εξαγωγή	89-95	7,5	4,5-7,5	28-36	37-45	11-15

Άλλα σιτηρά

- **Κριθάρι (*Hordeum sp.*)**
- Αποδίδει λιγότερη Ενέργεια από ότι το καλαμπόκι, σιτάρι, ρύζι
- Πρωτ. < 12 %, φτωχό σε LYS, Ca, P, Fe, I, βιτ. Α , D

- Όχι τόσο εύγεστο για τα ψάρια
- **Βρώμη (*Avena sativa*)**
- Όπως κριθάρι, αλλά ακόμα χαμηλότερη Ε λόγω Ινωδών ουσιών (11%)
- **Σόργο (*Sorghum sp.*)**
- Πρωτ. 9-16 %

4.5.3 Όσπρια



- Κουκιά (*Vicia faba*)
 - Αρακάς (*Pisum sativum*)
 - Λούπινος (*Lupinus sp.*)
- Πλούσια σε πρωτεΐνη 25 – 45 %
 - Μέτρια επίπεδα LYS, φτωχά σε MET, CYS
 - Πλούσια σε βιτ. Β & ανόργανα στοιχεία, φτωχά σε βιτ. C
 - Λούπινος πλούσιος σε λάδι, φτωχός σε άμυλο
 - Κουκιά, αρακάς πλούσια σε άμυλο, λιγότερη πρωτεΐνη
 - Καλές συγκολλητικές ουσίες

4.5.4 Άλευρα από φύκη

Διάφορα είδη

Μέτριες έως πλούσιες πηγές πρωτεΐνης

Πλούσια σε καροτενοειδή

Κάποια είδη μπορεί να είναι τοξικά (π.χ. *Microcystis sp.*), τα περισσότερα όχι

Ξήρανση στον ήλιο ή σε φούρνο

Μικρή διαθεσιμότητα στην αγορά, η ξήρανση και η παραγωγή αλεύρου είναι ακριβή

Κάποια είδη αποδίδουν καλή ανάπτυξη στα ψάρια

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.11.

Πίνακας 4.11. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
<i>Chlorella vulgaris</i>	95	45-53	8	9	24	13
<i>Cladophora glomerata</i>	99	32	5	1	28	23
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	95	28	2	15	23	32
<i>Scenedesmus sp.</i>	93	46-56	12	6,5	15-26	8
<i>Spirulina maxima</i>	92	63-69	2,5-6,5	0,5	15-24	8

4.5.5 Άλλα φυτικά προϊόντα

Άλευρο παραπροϊόντων ζυθοποιίας

- Παραπροϊόν ζυθοποιίας (κριθάρι/σιτάρι, μαγιά, βύνη, λυκίσκος, νερό)
- Ότι απομένει από την αφαίρεση του υγρού που προορίζεται για μύρα
- αποτελείται από ζαχαρομύκητες - 25% ξηράς ουσίας – 75% υγρασία
- Το παραπροϊόν βράζεται (καταστροφή μυκήτων) & αποξεραίνεται για να μην αποσυντεθεί
- Μέτρια πηγή πρωτεΐνης (οριακά MET, LYS, CYS)
- Πλούσια σε βιτ. Β
- < 15 % στο σιτηρέσιο (πικρίζει, κακή γεύση για ψάρια)

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.12.

Πίνακας 4.12. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
Μαγιά μύρας	93	26	7	15	44	4

Άλευρο από μύκητες και βακτήρια

- Μύκητες *Candida*, *Saccharomyces*, *Torula*, *Kluyveromyces*
- Βακτήρια *Methanobacter*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*
- Πλούσιες πηγές πρωτεΐνης & βιταμινών Β και Ε

- Η καλλιέργεια τους καλή προοπτική μελλοντικά
- Αναπτύσσονται εύκολα σε διάφορα φτηνά υποστρώματα - παραπροϊόντα
- Αναπαράγονται ταχύτατα
- Ωστόσο, η καλλιέργεια είναι ακριβή λόγω του ακριβού εξοπλισμού
- Δυσκολία – η επιμόλυνση με παθογόνους οργανισμούς
- Σήμερα στην αγορά βρίσκουμε μόνο μαγιά μύρας

Τα χαρακτηριστικά της θρεπτικής σύστασης του παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υ.ο. τροφής) της θρεπτικής σύστασης (Jauncey 1985).

	Ξ.Ο.	Πρωτ.	Λιπ.	ΙΟ	Υδατ.	Τέφρα
βακτήρια	90	75	6	0,5	3	8
Σακχαρομύκητας	90	48	3	4	30	7

4.6 Προμίγματα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων

Προμίγματα βιταμινών

Τα τυποποιημένα μίγματα (προμίγματα-premixes) βιταμινών είναι συμπυκνώματα στα οποία σταθερές μορφές απαραίτητων βιταμινών αναμειγνύονται με ένα συστατικό όπως π.χ. άλευρο σιταριού. Η χολίνη προστίθεται ξεχωριστά στις ιχθυοτροφές γιατί δε συμπεριλαμβάνεται στα τυποποιημένα μίγματα βιταμινών, αν και είναι ένα σταθερό προϊόν, επειδή έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τη σταθερότητα των άλλων βιταμινών. Για τον ίδιο λόγο, και το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) πολλές φορές προστίθεται ξεχωριστά, και συγκεκριμένα χρησιμοποιείται μία πιο σταθερή μορφή της βιταμίνης C, που ονομάζεται stay-C. Στο παρελθόν, η συμπύκνωση βιταμινών στο τυποποιημένο μίγμα ήταν αρκετά υψηλή ώστε η έτοιμη τροφή υπερέβαινε τα συνιστώμενα επίπεδα βιταμινών. Τα τελευταία χρόνια, το επίπεδο ενίσχυσης με βιταμίνες έχει μειωθεί για να πλησιάσει περισσότερο τα συνιστώμενα απαιτούμενα επίπεδα. Τα τυποποιημένα μίγματα βιταμινών προστίθενται στις ιχθυοτροφές σε επίπεδα που κυμαίνονται από 0,5 ως 3% της ξηράς ουσίας της τροφής, ανάλογα με την κατάρτιση του σιτηρεσίου σε μίγμα βιταμινών. Οι προδιαγραφές για διάφορα τυποποιημένα μίγματα βιταμινών που χρησιμοποιούνται σε ιχθυοτροφές τιλάπιας δίνονται στον Πίνακα 4.14.

Πίνακας 4.14. Παράδειγμα προδιαγραφών προμίγματος βιταμινών για ιχθυοτροφές τιλάπιας (αρχείο συγγραφέων).

Βιταμίνη	g / Kg προμίγματος
Βιταμίνη B ₁	2,6
Βιταμίνη B ₂	3,1
Βιταμίνη B ₆	1,0
Βιταμίνη B ₁₂	2,4
Βιταμίνη C	28,6
Βιοτίνη	5,0
Χολίνη	66,7
Φολικό οξύ	2,6
Νικοτινικό οξύ – Νιασίνη	25,1
Ινοσιτόλη	5,0
Παντοθενικό οξύ	1,0
Βιταμίνη A	2,0
Βιταμίνη D	1,0
Βιταμίνη E	10,0
Βιταμίνη K	5,9
Σιτάρι, άλευρο	838,0
Συνολική πρόσμιξη	1000

Προμίγματα Ανόργανων Στοιχείων:

Τα τυποποιημένα μίγματα (προμίγματα-premixes) ανόργανων στοιχείων είναι συμπυκνώματα απαραίτητων ανόργανων στοιχείων, τα οποία προστίθενται στις ιχθυοτροφές για να ενισχύσουν τα χαμηλά επίπεδα που υπάρχουν ή μπορεί να δημιουργηθούν κατά την κατάρτιση. Αν και ακόμα δεν είναι πλήρως γνωστές οι διατροφικές ανάγκες σε ανόργανα στοιχεία για τα περισσότερα εκτρεφόμενα είδη ψαριών, εντούτοις η ενίσχυση των ιχθυοτροφών με αυτά τα προμίγματα είναι μια ορθολογική στρατηγική, ιδιαίτερα όταν οι ιχθυοτροφές περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών φυτικής προέλευσης, τα οποία έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε κάποια ανόργανα στοιχεία και τα οποία μπορεί επίσης να περιέχουν φυτικό οξύ, το οποίο μειώνει την βιοδιαθεσιμότητα αυτών για τα ψάρια. Οι προδιαγραφές για διάφορα τυποποιημένα μίγματα ανόργανων στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε ιχθυοτροφές τιλάπιας δίνονται στον Πίνακα 4.15.

Πίνακας 4.15. Παράδειγμα προδιαγραφών προμίγματος ανόργανων στοιχείων για ιχθυοτροφές τιλάπιας (αρχείο συγγραφέων).

Ανόργανο στοιχείο	Τύπος	g / Kg προμίγματος
Μαγνήσιο	MgSO ₄ .7H ₂ O	100
Κάλιο	KCl	66.7
Σίδηρος	FeSO ₄ .7H ₂ O	9.4
Μαγγάνιο	MnSO ₄ .4H ₂ O	4
Χαλκός	CuSO ₄ .5H ₂ O	2
Σελήνιο		1
Χρώμιο	CrCl ₃ .6H ₂ O	1
Ψευδάργυρος	ZnSO ₄ .7H ₂ O	66
Σιτάρι, άλευρο	-	749.9
Συνολική πρόσμιξη		1000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Κατηγορίες ιχθυοτροφών

5.1 Ιχθυοτροφές γεννητόρων

Η διαδικασία της αναπαραγωγικής ωρίμανσης στα ψάρια ποικίλει χρονικά, από εβδομάδες έως μήνες, ανάλογα με το είδος. Η διατροφή των γεννητόρων κατά το στάδιο αυτό είναι πολύ σημαντική μιας και επηρεάζει άμεσα την ποιότητα των αναπαραγωγικών προϊόντων (αυγά, σπέρμα) που με τη σειρά τους θα επηρεάσουν άμεσα μια σειρά από ποιοτικές παράμετρους του παραγόμενου γόνου, όπως π.χ. ο αριθμός των παραγόμενων αυγών και σπερματοζωαρίων, τα ποσοστά γονιμοποίησης και εκκολαψιμότητας των αυγών, την επιβίωση και την κανονική ανάπτυξη των ιχθυονυμφών κ.α. Επομένως, οι ιχθυοτροφές που χορηγούνται στους γεννήτορες κατά το στάδιο της αναπαραγωγικής περιόδου θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα υψηλής ποιότητας και θρεπτικής αξίας.

Κατά κανόνα, οι ιχθυοτροφές που χορηγούνται σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να περιέχουν ενισχυμένη περιεκτικότητα, συγκριτικά με εκείνες της κύριας εκτροφής, σε ενέργεια, σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ιδιαίτερα σε 20:5ω-3, 22:6ω-3, 20:4ω-6), σε βιταμίνες, σε ορισμένα αμινοξέα (π.χ. μεθειονίνη, τρυπτοφάνη), σε φωσφολιπίδια (π.χ. λεκιθίνη) και ορισμένα ανόργανα στοιχεία μεταξύ άλλων. Η χορήγηση των ιχθυοτροφών στους γεννήτορες ορισμένων ειδών, όπως της τσιπούρας και του λαυρακιού, συνήθως ξεκινάει 4-5 μήνες πριν από την αναμενόμενη ωρίμανση του γεννητικού τους υλικού και, εφόσον επιθυμείται η διατήρηση των γεννητόρων για επόμενη αναπαραγωγική περίοδο, συνεχίζεται για τους επόμενους 1,5-2 μήνες μετά την ωοτοκία-σπερμοαπόθεση.

5.2 Ιχθυοτροφές ιχθυονυμφών

Οι συγκεκριμένες ιχθυοτροφές χορηγούνται στις νύμφες των ιχθύων (ή ατελή ιχθύδια) στο στάδιο εκείνο που έχουν εξαντλήσει τα θρεπτικά αποθέματα του λεκιθικού τους σάκου και είναι αναγκαίο να σιτιστούν με εξωγενείς τροφές προκειμένου να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν. Βασικός παράγοντας στη διατροφή των ιχθυονυμφών αποτελεί η αποδεκτικότητα της εξωγενούς ιχθυοτροφής μιας και σε περίπτωση αποτυχίας σίτισης οι θνησιμότητες είναι υψηλές. Τα σιτηρέσια που χορηγούνται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου συνήθως καλούνται «εναρκτήρια σιτηρέσια».

Οι ιχθυονύμφες, κατά κανόνα, έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, σε αμινοξέα, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία συγκριτικά με τα μεταγενέστερα στάδια της ζωής τους. Ιδιαίτερα η χορήγηση επισφαλών ποσοτήτων ω-3 πολυακόρεστων

λιπαρών οξέων στη διατροφή των ιχθυονυμφών είναι ύψιστης σημασίας επηρεάζοντας όχι μόνο την επιβίωση, την υγεία και την ανάπτυξη των ιστών τους αλλά και άλλα χαρακτηριστικά όπως η φυσιολογική συμπεριφορά, ο χρωματισμός κ.α. Πέραν των απαιτήσεων σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, πρόσφατες μελέτες έχουν αναδείξει τη σημασία, και ίσως και την αναγκαιότητα, του 20:4ω-6 στην ανάπτυξη και επιβίωση των θαλάσσιων ιχθυονυμφών.

Οι ιχθυονύμφες των περισσότερων εκτρεφόμενων ειδών των εσωτερικών υδάτων, όπως η πέστροφα (*O. mykiss*), ο σολομός (*S. salar*) και το γατόψαρο (*C. batrachus*), είναι σχετικά μεγάλου μεγέθους, με αντίστοιχα μεγάλο στοματικό άνοιγμα, και έτσι εύκολα αποδέχονται μικρού μεγέθους σύμπληκτα. Αντίθετα, η διατροφή των θαλάσσιων ιχθύων στα στάδια της ιχθυονύμφης (fish larvae) αποτελεί έναν «βραχνά» για τις υδατοεκτροφές εξαιτίας του μικρού στοματικού μεγέθους τους και του όχι καλά ανεπτυγμένου πεπτικού τους συστήματος. Είναι πρακτικά δύσκολο στην τεχνολογία των ιχθυοτροφών να παρασκευασθούν πλήρως ισορροπημένες τεχνητές τροφές (σύμπληκτα) που να έχουν μέγεθος μικρότερο (περίπου < 400 μm) από το άνοιγμα του στόματος των ιχθύων στα συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης τους. Ακόμη και σήμερα, η έρευνα για την παρασκευή «μικροδιαίτων», όπως συχνά αποκαλούνται, για τη διατροφή των ιχθύων στα στάδια αυτά είναι περιορισμένη. Όμως, και στις περιπτώσεις που έχει επιλυθεί το πρόβλημα παραγωγής μικροδιαίτων για κάποια εκτρεφόμενα είδη, οι ιχθυονύμφες δεν τις αποδέχονται εύκολα κυρίως διότι προτιμούν να συλλαμβάνουν τη λεία τους κινούμενη.

Μία επιπρόσθετη δυσχέρεια είναι ότι οι ιχθυονύμφες κολυμπούν και τρέφονται επιφανειακά, ενώ τα μικρού μεγέθους σύμπληκτα (μικροδιαίτες) καταβυθίζονται γρήγορα με αποτέλεσμα την απώλεια τους στον πάτο της δεξαμενής, τη διαλυτοποίηση του και την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού εκτροφής. Ως εκ τούτου, η διατροφή των ιχθυονυμφών στις υδατοεκτροφές βασίζεται στην πρόσληψη «ζωντανής τροφής (ζωοπλαγκτονικά είδη)» ωστόσο τα ιχθύδια να μεγαλώσουν τόσο ώστε να αποδέχονται τα σύμπληκτα. Σήμερα στις υδατοεκτροφές χρησιμοποιούνται διάφοροι θαλάσσιοι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί στη διατροφή των ιχθυονυμφών. Οι πιο κοινοί είναι οι διάφορες ποικιλίες του τροχόζωου είδους *Brachionus* και η μικροσκοπική γαρίδα των υπεράλμυρων νερών *Artemia salina*, με τα τροχόζωα να χορηγούνται, λόγω του μικρότερου μεγέθους τους, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των ιχθυονυμφών και την *Artemia* στα μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξης τους.

Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί είναι διατροφικά «φτωχές» τροφές για τα θαλάσσια είδη ιχθύων, διότι γενικά είναι ελλιπείς στα υψηλώς πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (20:5ω-3 και 22:6ω-3), τα οποία έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητα σε αυτό το

στάδιο ζωής των ιχθύων. Έτσι, η κοινή πρακτική που εφαρμόζεται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, είναι ο εμπλουτισμός της *Artemia* με 20:5ω-3 και 22:6ω-3 πριν τη χορήγηση αυτής για τάισμα στις ιχθυονύμφες. Μία μέθοδος εμπλουτισμού της *Artemia* και του *Brachionus* sp. είναι η εκτροφή αυτών με κατάλληλα φυτοπλαγκτονικά είδη πλούσια σε 20:5ω-3 ή 22:6ω-3. Για παράδειγμα, η διατροφή με θαλάσσια *Chlorella* ή διάτομα του είδους *Tetraselmis* που είναι πλούσια σε 20:5ω-3, ή κάποια *Prymnesiophyta* όπως το *Nannochloropsis* sp. και το *Isochrysis galbana* που είναι πλούσια σε 22:6ω-3, έχει δείξει ότι αυξάνει τα επίπεδα αυτών των λιπαρών οξέων στα τροχόζωα. Πάντως, αυτοί οι εμπλουτισμοί είναι λιγότερο αποτελεσματικοί στην αύξηση του 22:6ω-3 των προνυμφών (ναυπλίων) της *Artemia*. Ούτως ή άλλως, η κοινή πρακτική στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς είναι η εκτροφή των ιχθυονυμφών σε δεξαμενές που περιέχουν ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα είδη φυτοπλαγκτού μαζί με *Brachionus* sp., αρχικώς, και ναύπλιους *Artemia*, μετέπειτα. Με αυτόν τον τρόπο, ωστόσο, η ικανοποίηση των αναγκών σε απαραίτητα λιπαρά οξέα των ιχθυονυμφών παραμένει εμπειρική, μιας και είναι δύσκολο να ελέγξει κανείς τα επίπεδα αυτών στο φυτοπλαγκτόν και στη ζωντανή τροφή, καθώς αυτά μεταβάλλονται με το χρόνο και τον κύκλο ζωής τους.

Την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές απ' ευθείας εμπλουτισμού της *Artemia* και του *Brachionus* sp. με χρησιμοποίηση ελαίων πλούσιων σε 20:5ω-3 και 22:6ω-3. Αυτές οι τεχνικές βασίζονται στην επώαση, για ένα μικρό χρονικό διάστημα (συνήθως μία ημέρα) των ναυπλίων *Artemia* και του *Brachionus* sp. σε καλλιεργητικό μέσο που περιέχει αυτά τα έλαια με αποτέλεσμα ο εμπλουτισμός τους με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα να γίνεται ενδοσωματικά (βιοεγκλεισμός, *bio-encapsulation*). Διάφορα τέτοια «μίγματα εμπλουτισμού» χρησιμοποιούνται σε διατροφικά πειράματα και στην παραγωγή σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς, όπως π.χ. μίγματα τριακυλογλυκερολών θαλάσσιων ιχθυελαίων, μίγματα τριακυλογλυκερολών με λεκιθίνη σόγιας, συμπυκνώματα αιθυλικού και μεθυλικού 20:5ω-3 και 22:6ω-3, συνθετικές μικροκάψουλες και αποξηραμένοι θαλάσσιοι μύκητες μεταξύ άλλων.

5.3 Ιχθυοτροφές νεαρών ιχθυδίων

Μόλις οι ιχθυονύμφες/ατελή ιχθύδια αρχίσουν να σιτίζονται δραστήρια και ολοκληρώνουν τη μορφοποίηση τους (τέλεια ιχθύδια, συνήθως σωματικού βάρους άνω των 0,2 g για την τσιπούρα και το λαυράκι), μπορεί να γίνει η σταδιακή αντικατάσταση ενός εναρκτήριου σιτηρεσίου (είτε αυτό ήταν της μορφής ζωντανής τροφής είτε μικροδίαιτας) με μια ιχθυοτροφή μεγαλύτερου μεγέθους κόκκων. Οι ιχθυοτροφές των νεαρών ιχθυδίων των

περισσότερων ειδών χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλά επίπεδα υδρολυόμενων πρωτεϊνών (κυρίως, αν όχι αποκλειστικά από ιχθυάλευρα), κατάλληλων επιπέδων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, φωσφολιπιδίων, βιταμινών και ανόργανων στοιχείων, ελκυστικών ουσιών (π.χ. αμινοξέων), καθώς και από ικανοποιητικού επιπέδου πεπτικότητα τόσο των θρεπτικών τους ουσιών όσο και της ενέργειας τους.

Σε αυτό το στάδιο μπορεί να επιτευχθεί ο υψηλότερος ρυθμός σωματικής ανάπτυξης σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα (χαμηλός συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής) και επομένως τα οφέλη που επιτυγχάνονται αυξάνουν τη μεταγενέστερη παραγωγή. Επομένως, οι ιχθυοτροφές των νεαρών ιχθυδίων δε θα πρέπει να καταρτίζονται με βάση το κόστος παρασκευής τους, αλλά με γνώμονα την υψηλή θρεπτική τους αξία. Επίσης, οι εξοικονομήσεις κόστους σε αυτό το στάδιο διατροφής των ιχθύων δεν αποτελεί ορθολογική πρακτική μιας και οι ιχθυοτροφές των νεαρών ιχθυδίων, όπως και εκείνες των μικροδιαίτων, αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής ποσότητας των ιχθυοτροφών που απαιτούνται κατά τη διάρκεια ενός κύκλου παραγωγής ψαριών. Συχνά, οι ιχθυοτροφές των νεαρών ιχθυδίων, ιδιαίτερα για ιχθύδια μικρότερα από 0,5 g (για την τσιπούρα και το λαυράκι), παρασκευάζονται έπειτα από θρυμματοποίηση και κοσκίνισμα μεγαλύτερων κόκκων σε μικρότερα μεγέθη (συνήθως 0,4 mm, τα οποία καλούνται τρίμματα). Ωστόσο, για μεγαλύτερα ιχθύδια (από 0,5 g έως 20 g), το μέγεθος των κόκκων είναι μεγαλύτερο και συνήθως ποικίλλει από 0,5 έως 1,9 mm.

5.4 Ιχθυοτροφές κύριας ανάπτυξης

Όταν τα ψάρια αποκτήσουν ένα σωματικό βάρος περίπου 15-20 g (για την τσιπούρα και το λαυράκι) πραγματοποιείται η σταδιακή αντικατάσταση των ιχθυοτροφών τους με άλλες μεγαλύτερου μεγέθους κόκκων μέχρι να αποκτήσουν το εμπορεύσιμο μέγεθος τους. Οι ιχθυοτροφές για τα αναπτυσσόμενα ψάρια καταρτίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποδώσουν το μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης με το ελάχιστο δυνατό κόστος, μιας και η συντριπτική πλειονότητα της απαιτούμενης ποσότητας ιχθυοτροφών χορηγείται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου ανάπτυξης. Το κόστος, λοιπόν, της ιχθυοτροφής και ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της (FCR) είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες που θα πρέπει να εξετάζονται κατά την κατάρτιση αυτών των τροφών.

Ως γενικός κανόνας, όσο αναπτύσσονται τα ψάρια σε μέγεθος τόσο μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης τους και επομένως θα πρέπει ολοένα και να μειώνεται το διαιτητικό επίπεδο της πρωτεΐνης, η οποία αποτελεί και την ακριβότερη θρεπτική ουσία της τροφής, και να αυξάνεται το επίπεδο της ολικής διαιτητικής ενέργειας, ιδιαίτερα της παραγόμενης από τα

λιπίδια και τους υδατάνθρακες της τροφής. Καθώς η πρωτεΐνη αποτελεί το θρεπτικό συστατικό που αποδίδει περισσότερο σε σωματική ανάπτυξη, η επιθυμία στον καταρτισμό των ιχθυοτροφών αυτών είναι να παρέχεται στους εκτρεφόμενους ιχθύες το ελάχιστο αναγκαίο επίπεδο πρωτεϊνών, για την ικανοποίηση των αναγκών τους σε αμινοξέα και την άριστη σωματική τους ανάπτυξη, ενώ παράλληλα οι ενεργειακές ανάγκες τους να ικανοποιούνται μέσω των άλλων θρεπτικών συστατικών και κυρίως μέσω των πλούσιων ενεργειακά λιπιδίων. Κάποια ποσότητα πρωτεΐνης αναπόφευκτα θα χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό για παραγωγή μεταβολικής ενέργειας μέσω της απ' ευθείας πρωτεϊνόλυσης ή κατόπιν της μετατροπής των αμινοξέων σε γλυκόζη μέσω της γλυκονεογένεσης. Ωστόσο αυτές οι διεργασίες μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τη χρησιμοποίηση υψηλών επιπέδων λιπιδίων (ή και υδατανθράκων όταν πρόκειται για χορτοφάγα είδη) στις ιχθυοτροφές, με σκοπό την παραγωγή πεπτής ενέργειας αποκλειστικά από αυτά και τη διατήρηση, κατά αυτόν τον τρόπο, του επιπέδου της πεπτής πρωτεΐνης αποκλειστικά για ανάπτυξη. Η επίδραση αυτή των λιπιδίων (και των υδατανθράκων) στη διατήρηση της πεπτής πρωτεΐνης για ανάπτυξη και όχι για ενέργεια αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως «*protein sparing effect*».

Είναι γενικά αποδεκτό πως ένα διαιτητικό επίπεδο λιπιδίων της τάξης του 10-20% (επί της ξηρής ουσίας του σιτηρεσίου) είναι αρκετό στο να επιτρέψει στη διαιτητική πρωτεΐνη να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικότερα για την ανάπτυξη των περισσότερων σαρκοφάγων ειδών ιχθύων που εκτρέφονται στην Ευρώπη, και παράλληλα να αποφευχθεί η εναπόθεση υπερβολικής ποσότητας λιπιδίων στους ιστούς τους. Στις μέρες μας, χρησιμοποιούνται ολοένα και υψηλότερα επίπεδα λιπιδίων στις ιχθυοτροφές, που στις περισσότερες περιπτώσεις αποδίδουν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης των ιχθύων. Στις ιχθυοτροφές που χρησιμοποιούνται για την εκτροφή των σαλμονοειδών, το επίπεδο των λιπιδίων έχει φτάσει να αποτελεί το 30% της ξηρής ουσίας της ιχθυοτροφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Κατάρτιση σιτηρεσίου

6.1 Εισαγωγικά

Πριν καταρτίσουμε και παρασκευάσουμε μία ιχθυοτροφή θα πρέπει να διερωτηθούμε μια σειρά ερωτημάτων που θα μας βοηθήσουν να φτάσουμε στο καλύτερο αποτέλεσμα:

- *Αν η αγοραστική αξία του εκτρεφόμενου είδους δικαιολογεί το κόστος παρασκευής της τροφής.*

Το κόστος της προμήθειας των ιχθυοτροφών αποτελεί το κυριότερο κόστος της ιχθυοκαλλιεργητικής παραγωγής που μπορεί να φτάσει ως και το 70% αυτής. Ως ένας απλοποιημένος κανόνας της οικονομικότητας του σιτηρεσίου, θα πρέπει το κόστος 1 Kg τροφής να είναι μικρότερο του 25% της τιμής χονδρικής πώλησης 1 Kg ψαριού. Για παράδειγμα αν η τσιπούρα πωλείται 5 €/Kg από την μονάδα τότε η τιμή της τροφής της δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 1,25 €/Kg.

- *Ποια είναι η διατροφική συμπεριφορά και τί πεπτικό σύστημα έχει το εκτρεφόμενο είδος;*
Για παράδειγμα, τα σαρκοφάγα ψάρια έχουν πολύ υψηλότερες απαιτήσεις σε διαιτητικές πρωτεΐνες από ότι τα παμφάγα/χορτοφάγα είδη. Τα σαπροφάγα είδη όπως η γαρίδα προσανατολίζονται στην τροφή περισσότερο με την όσφρηση παρά με την όραση, οπότε η προσθήκη ελκυστικών ουσιών είναι απαραίτητη. Επίσης, η καταβύθιση της τροφής θα πρέπει να είναι ανάλογη με το στοχευμένο είδος ιχθύος/καρκινοειδούς. Για παράδειγμα, υπάρχουν είδη που προτιμούν να τρέφεται στην επιφάνεια του νερού, άλλα στην ενδιάμεση στήλη, και άλλα (όπως π.χ. οι γαρίδες) στο βυθό, οπότε η πελλέτες θα πρέπει να παρασκευαστούν με την κατάλληλη πλευστότητα/καταβύθιση.

- *Τι είδος ιχθυοκαλλιεργητικού συστήματος χρησιμοποιείται;*

Αν για παράδειγμα χρησιμοποιούνται τσιμεντένιες δεξαμενές και τα ψάρια είναι ικανά στο να λαμβάνουν την τροφή τους από τον πυθμένα, τότε δεν είναι αναγκαία η επίτευξη μιας καλής πλευστότητας της τροφής. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιούνται ιχθυοκλωβοί, η περίσσεια της τροφής καταλήγει εκτός του κλωβού με αποτέλεσμα την σπατάλη της τροφής και την περιβαλλοντική επιβάρυνση.

- *Ποιες είναι οι διατροφικές απαιτήσεις του ψαριού;*

Προκειμένου να ικανοποιήσουμε πλήρως τις ανάγκες των εκτρεφόμενων ιχθύων στα θρεπτικά συστατικά, θα πρέπει εκ των προτέρων να γνωρίζουμε τις ακριβείς ανάγκες τους τόσο ανά στάδιο φυσιολογίας (πρώτη σίτιση, προπάχυνση, πάχυνση, αναπαραγωγή) όσο και ανάλογα την ηλικία/μέγεθος τους (ιχθύδιο, νεαρό ενήλικο, ενήλικο).

Οι γνώσεις αυτές θα πρέπει να υπάρχουν σε όσο το δυνατόν περισσότερα θρεπτικά συστατικά όπως π.χ.

Ποιό το επίπεδο πρωτεΐνης- (ανώτατο – κατώτατο όριο) π.χ. 40 - 45%

Ποιά τα επίπεδα των Απαραίτητων Αμινοξέων - (κατώτερα όρια) π.χ. LYS 1,3 %

Ποιό το επίπεδο λίπους (ανώτατο – κατώτατο όριο) π.χ. 12-14 %

Ποιά τα επίπεδα των Απαραίτητων Λιπαρών οξέων (κατώτερα όρια) π.χ. 22:6ω-3 1%

Ποιά τα επίπεδα των βιταμινών (κατώτερα όρια) π.χ. Βιτ. C 10 g / t

Ποιά τα επίπεδα των ανόργανων στοιχείων (κατώτερα όρια) π.χ. P 10 g / t

Ποιό το επίπεδο της Ολικής Ενέργειας και της Πεπτής Ενέργειας της τροφής (αναλογία Πρωτεΐνης-Ενέργειας) π.χ. 19 KJ/Kg

Ποιά τα ανώτερα επίπεδα υδατανθράκων (ανώτατο όριο) π.χ. < 30%

Ποιά τα επίπεδα των Ινωδών Ουσιών (ανώτατο όριο) π.χ. < 8 %

- *Ποιές είναι οι κατάλληλες πρώτες ύλες για να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή της ιχθυοτροφής;*

Επιλογή βάση των παρακάτω:

Σε τί ποσοστά περιέχει η πρώτη ύλη τα διάφορα θρεπτικά συστατικά

Αντιδιατροφικούς παράγοντες που τυχόν περιέχει

Γευστικότητα – προτίμηση από το ψάρι

Χαρακτηριστικά πελλετοποίησης της

Χαρακτηριστικά κατά την αποθήκευση του

Σε τι ανώτατα επίπεδα μπορεί να προστεθεί στην τροφή ?

Διαθεσιμότητα στην αγορά

Τιμή - οικονομικότητα

6.2 Στόχος της κατάρτισης

Στόχος της κατάρτισης ενός σιτηρεσίου είναι η ικανοποίηση των διατροφικών απαιτήσεων των ψαριών με παράλληλη ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής του («ισόρροπο σιτηρέσιο»). Ταυτόχρονα, ένα σιτηρέσιο θα πρέπει να προάγει την απόδοση (ανάπτυξη, αναπαραγωγή, θρεπτική αξία σάρκας) των ψαριών στο μέγιστο βαθμό και να είναι «φιλική» προς το υδάτινο περιβάλλον (ελάχιστες αποβολές θρεπτικών συστατικών).

Η διαδικασία κατάρτισης ενός σιτηρεσίου περιλαμβάνει μια δύσκολη επιλογή μεταξύ δύο προσεγγίσεων που μπορούν να αναπαρασταθούν μεταξύ του κόστους και της θρεπτικής αξίας της τροφής. Εάν η κατάρτιση βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στη θρεπτική αξία, παράγεται μια πιο ακριβή τροφή, η οποία όμως είναι και η πιο αποδοτική. Η κατάρτιση δε θα πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στο συνολικό κόστος της τροφής και στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης αυτού. Η κατάρτιση ενός σιτηρεσίου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία κατά την οποία επιλέγονται διάφορα συστατικά θέτοντας ανώτατα και κατώτατα όρια για το καθένα από αυτά, προκειμένου να δημιουργήσουν ένα μίγμα, το οποίο έπειτα μπορεί να πάρει τη μορφή σύμπηκτου, να είναι εύγευστο, θρεπτικό, οικονομικό, να έχει την απαιτούμενη πλευστότητα και να μην είναι ευπαθές κατά την αποθήκευση του.

Ανεξαρτήτως του τύπου τροφής που τυποποιείται, η κατάρτιση περιλαμβάνει την επιλογή ενός συνδυασμού πρώτων υλών με βάση τη χημική σύσταση τους σε θρεπτικές ουσίες σε ποσότητες τουλάχιστον ίσες με τις ελάχιστες απαιτήσεις των ψαριών, την θρεπτική του αξία, την ευγεστότητα και πεπτικότητα τους από τα ψάρια, το κόστος και τη διαθεσιμότητα τους στην αγορά, αλλά και τις ιδιαίτερες ιδιότητες που μπορεί να προσδώσουν στο τελικό σύμπηκτο (π.χ. συγκολλητικές ιδιότητες). Για να γίνει αυτό, πρέπει κανείς να γνωρίζει τις ανάγκες των ψαριών σε θρεπτικές ουσίες και τη διαθέσιμη περιεκτικότητα των συστατικών σε θρεπτικές ουσίες. Τα συστατικά που χρησιμοποιούνται ως πρωτεϊνικές πηγές στην ιχθυοτροφή επιλέγονται συχνά με βάση την τιμή τους ανά μονάδα πρωτεΐνης.

Η επιλογή μιας κατάρτισης με βάση περισσότερο τη θρεπτική αξία παρά το κόστος της τροφής είναι η ορθολογική στρατηγική που ακολουθείται στις ιχθυοτροφές για νύμφες/ατελή ιχθύδια και νεαρά ιχθύδια. Η συνολική ποσότητα των ιχθυοτροφών αυτών που θα χορηγηθεί στα νεαρά ιχθύδια αποτελεί ένα μικρό ποσοστό της συνολικής τροφής που θα χορηγηθεί σε ένα κύκλο παραγωγής της ιχθυοκαλλιέργειας. Αντιθέτως, οι τροφές που δίνονται στα ενήλικα ψάρια αποτελούν σχεδόν το 90% της συνολικής τροφής που θα χορηγηθεί σε έναν κύκλο παραγωγής, οπότε μικρές διαφορές στο κόστος αυτών των ιχθυοτροφών μπορεί να έχουν θετική επίδραση στο συνολικό κόστος παραγωγής και, συνεπώς, στα κέρδη και τις ζημιές μιας ιχθυοκαλλιέργειας. Έτσι, οι καταρτίσεις των ιχθυοτροφών για ενήλικα ψάρια

καταρτίζονται λαμβάνοντας υπόψη το κόστος των τροφών ως σημαντικό καθοριστικό παράγοντα. Αυτό βέβαια δε σημαίνει ότι η θρεπτική αξία των τροφών αυτών υποεκτιμάται, αφού εξακολουθεί να αποδίδει αρκετά γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, όχι όμως και τους μέγιστους. Συμπερασματικά, η κατάρτιση των ιχθυοτροφών είναι μια εξισορρόπηση μεταξύ των επιπέδων θρεπτικών ουσιών και του κόστους και ο γενικότερος στόχος είναι η υποστήριξη της υψηλότερης απόδοσης στο χαμηλότερο κόστος.

Η ακριβής χημική σύσταση σε θρεπτικές ουσίες των συστατικών που θα χρησιμοποιηθούν για να καταρτιστεί ένα σιτηρέσιο είναι μια άλλη παράμετρος που θα πρέπει να εξεταστεί πριν την κατάρτιση. Στο εμπόριο είναι διαθέσιμοι διάφοροι τύποι ενός συστατικού ανάλογα τον τύπο επεξεργασίας για την παραγωγή του. Για παράδειγμα, μπορεί κανείς να βρεί στην αγορά σογιάλευρο που προήλθε από σπόρους σόγιας που δεν αποφλοιώθηκαν ή σογιάλευρο από αποφλοιωμένους σπόρους. Επίσης, σογιάλευρο το οποίο παράχθηκε έπειτα από άλεση των σπόρων, θρυμματοποίηση και μηχανική πίεση ή σογιάλευρο που παράχθηκε έπειτα από επεξεργασία σε ειδικούς διαλύτες. Ο κάθε παραπάνω τύπος σογιάλεου περιέχει διαφορετική σύσταση σε θρεπτικές ουσίες. Έτσι, το σογιάλευρο που παρήχθηκε από σπόρους με φλοιό και έπειτα από μηχανική πίεση περιέχει περίπου 6,5-7,5% λίπη και 44-47% πρωτεΐνες, ενώ το σογιάλευρο που παρήχθηκε από αποφλοιωμένους σπόρους και έπειτα από επεξεργασία με διαλύτες περιέχει περίπου 0,7-1,4% λίπος και 49-57% πρωτεΐνες.

Επίσης, θα πρέπει να έχει υπόψη του κανείς πως η χημική σύσταση σε θρεπτικές ουσίες ενός συστατικού ή και της τελικής παραγόμενης ιχθυοτροφής δεν γίνονται εξ ολοκλήρου διαθέσιμες για τα εκτρεφόμενα ψάρια, μιας και ένα ποσοστό αυτών θα καταστεί μη πέψιμο, και άρα μη διαθέσιμο, για αυτά. Επιπρόσθετα, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών των συστατικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα σιτηρέσιο μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις αλληλεπιδράσεις του συγκεκριμένου συστατικού με άλλα διαιτητικά συστατικά. Για παράδειγμα η διαθεσιμότητα του διαιτητικού ψευδαργύρου είναι χαμηλότερη όταν η ιχθυοτροφή περιέχει άλευρα με υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα, αυξημένα επίπεδα ασβεστίου και φωσφόρου, ή αυξημένα επίπεδα ασβεστίου, φωσφόρου και φυτικού οξέος. Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών μιας ιχθυοτροφής μπορεί να εκτιμηθεί με τη μέτρηση παραμέτρων όπως είναι η πεπτικότητα, η ενζυμική δραστηριότητα, και ο κορεσμός θρεπτικών ουσιών των ιστών. Είναι απαραίτητο να εξετάζονται οι τιμές της διαθεσιμότητας θρεπτικών ουσιών κατά τη διαδικασία κατάρτισης των σιτηρεσίων. Για θρεπτικές ουσίες για τις οποίες μπορεί να ποικίλει η διαθεσιμότητα και για τις οποίες δεν υπάρχουν αξιόπιστες

τιμές διαθεσιμότητας, πρέπει να χρησιμοποιούνται επίπεδα πολύ υψηλότερα από τις ελάχιστες απαιτήσεις των ψαριών.

Η κατάρτιση ενός σιτηρεσίου ανήκει στην κατηγορία των γραμμικών προβλημάτων που επιδέχονται πολλές λύσεις. π.χ. αν οι καθημερινές απαιτήσεις σε πρωτεΐνη ενός πληθυσμού τσιπούρας είναι 8.000-9000 g πρωτεΐνης και οι απαιτήσεις τους σε λίπος είναι 1.000 – 1.500 g, τότε είναι δυνατή η κατάρτιση $(9.000-8.000) \times (1.500-1.000) = 1000 \times 500 = 500.000$ σιτηρεσίων τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους κατά 1 g πρωτεΐνης ή κατά 1 g λίπους ή και τα δύο. Στόχος κατά την κατάρτιση των ιχθυοτροφών είναι να επιλέξουμε εκείνα τα συστατικά και να ορίσουμε τα ποσοστά συμμετοχής τους στο σιτηρέσιο ώστε να έχουμε την επιθυμητή θρεπτική σύσταση του σιτηρεσίου. Ένας επιπλέον στόχος στην κατάρτιση είναι να βρούμε το οικονομικότερο σιτηρέσιο.

6.3 Επιλογή πρώτων υλών

Τα συστατικά σε μια κατάρτιση ιχθυοτροφής πρέπει να επιλέγονται με βάση τη διατροφική τους αξία. Αν τα άλευρα διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ή τη διαθεσιμότητα πρωτεΐνης και την τιμή, τότε απαιτούνται υπολογισμοί για να καθοριστεί ποια είναι η καλύτερη αξία. Αν όμως, υπάρχουν διάφορα διαθέσιμα ιχθυάλευρα, και περιέχουν ίση περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και ίση διαθεσιμότητα πρωτεΐνης και είναι κατάλληλα για χρήση σε μια κατάρτιση, τότε η απόφαση για το ποιο πρέπει να επιλεγεί είναι το λιγότερο δαπανηρό. Έστω ότι έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ ενός ιχθυαλεύρου από γαύρο με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 64% και κόστος 425 € ανά τόνο και ενός ιχθυαλεύρου από ρέγγα με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 69% και κόστος 450 €/t. Το πρώτο είναι φθηνότερο, το δεύτερο όμως περιέχει περισσότερη πρωτεΐνη. Ποιό ιχθυάλευρο είναι το καταλληλότερο τόσο από θρεπτική αξία όσο και από οικονομικότητα;

Υπολογίζουμε για τα δύο άλευρα το κόστος ανά χιλιόγραμμο πρωτεΐνης.

κόστος ανά μονάδα πρωτεΐνης:

- Άλευρο γαύρου 425 €/ 0,64 πρωτ. = 664 € ανά κιλό πρωτεΐνης
- Άλευρο ρέγγας 450 €/ 0,69 πρωτ.= 652 € ανά κιλό πρωτεΐνης

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το άλευρο της ρέγγας θα χορηγήσει περισσότερη ποσότητα πρωτεΐνης ανά χρηματική μονάδα συγκριτικά με το άλευρο του γαύρου, ή θα χρειαστεί να αγοράσουμε λιγότερα κιλά άλευρου ρέγγας από ότι άλευρο γαύρου για να χορηγήσουμε την ίδια ποσότητα πρωτεΐνης στα ψάρια. Αν διαθέταμε 5 συστατικά με τη

σύσταση και τιμή όπως στον παρακάτω πίνακα, τότε το αλεύρο της ελαιοκράμβης θα ήταν η καλύτερη δυνατή αγορά, ενώ το καλαμποκάλευρο η πιο ακριβή αγορά πρωτεΐνης.

	Πρωτ. Λίπη		Υδατανθ.	I.O.	Τιμή (€/t)	Τιμή Πρωτεΐνης (€ / t)
Ιχθυάλευρο	55	6	3,2	2,4	600	109,1
Άλευρο ελαιοκράμβης	34,5	13,7	26	10,7	350	101,4
Σογιάλευρο	46,8	1,3	28	5,9	490	104,7
Πίτουρο ρυζιού	13,3	2,4	56,4	9,4	150	112,8
Καλαμποκάλευρο	9,8	4,5	70,1	2,6	180	183,7

Η σύγκριση των συστατικών με αυτόν τον τρόπο είναι πολύτιμη, αλλά δεν λαμβάνει υπόψη την ποιότητα της πρωτεΐνης, δηλ. τη σύσταση της σε απαραίτητα αμινοξέα και την πεπτικότητα της. Αυτή η διαδικασία σύγκρισης των συστατικών των τροφών βάσει του κόστους ανά μονάδα θρεπτικής ουσίας μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε θρεπτική ουσία καθώς και στην περιεκτικότητα σε ενέργεια, π.χ.

	Πεπτή Ενέργεια (MJ/Kg)	Τιμή (€/t)	Τιμή Πεπτής Ενέργειας (€ / 1000 MJ)
Ιχθυάλευρο	12,18	600	0,04926
Άλευρο ελαιοκράμβης	12,50	350	0,02800
Σογιάλευρο	10,21	490	0,04799
Πίτουρο ρυζιού	9,99	150	0,01502
Καλαμποκάλευρο	11,85	180	0,01519

Τα σιτηρά (ρύζι, καλαμπόκι) αποτελούν τις φθηνότερες ενεργειακές τροφές από ότι οι πλούσιοι σε πρωτεΐνη ελαιούχοι καρποί.

6.4 Μέθοδοι κατάρτισης σιτηρεσίου

Η κατάρτιση ενός σιτηρεσίου μπορεί να γίνει με 3 μεθόδους:

- α) με την μέθοδο του λογιστικού τετραγώνου “Τετράγωνο του Pearson”,
- β) με την μέθοδο των προσεγγίσεων και
- γ) με την μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού.

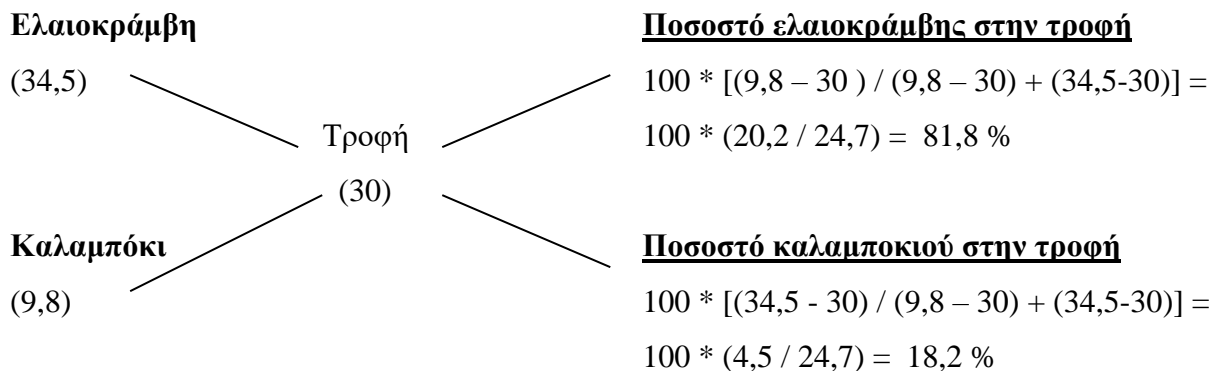
6.4.1 Εξισώσεις επίλυσης της μεθόδου του λογιστικού τετραγώνου - “Τετράγωνα του Pearson”

- Απλή στην επίλυση αλλά και απλοϊκή μέθοδος κατάρτισης ιχθυοτροφών
- Η μέθοδος χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό τρικ

Παράδειγμα 1:

- Θέλουμε να τυποποιήσουμε μία τροφή που να περιέχει 30 % πρωτεΐνη
- Έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ 2 πρώτων υλών :
άλευρο ελαιοκράμβης που περιέχει 34,5 % πρωτεΐνη
καλαμπόκι που περιέχει 9,8 % πρωτεΐνη
- Σε τι ποσοστά θα πρέπει να αναμιξούμε τα δύο αυτά άλευρα για να φτιάξουμε μία ιχθυοτροφή που να περιέχει 30% πρωτεΐνη ;

Φτιάχνουμε ένα “τετράγωνο του Pearson” ως εξής: «Αγνοήστε τα αρνητικά πρόσημα»



Άρα για να φτιάξουμε μία τροφή που θα περιέχει 30% πρωτεΐνη θα πρέπει να αναμιξούμε 81,8% ελαιοκράμβης και 18,2% καλαμποκιού.

Παράδειγμα 2:

- Αν είχαμε περισσότερες από 2 πρώτες ύλες, π.χ. άλευρο ελαιοκράμβης, σογιάλευρο, καλαμποκάλευρο και πίτουρο ρυζιού.
- Θα πρέπει να τις ομαδοποιήσουμε βάση της περιεχόμενης πρωτεΐνης τους:

Πρώτες ύλες με πρωτεΐνη > 30 % «πρωτεϊνικές πηγές»
Πρώτες ύλες με πρωτεΐνη ≤ 30 % «βασικές πρώτες ύλες»

Έτσι,

Άλευρο ελαιοκράμβης 34,5 % πρωτεΐνη «πρωτεϊνικές πηγές»

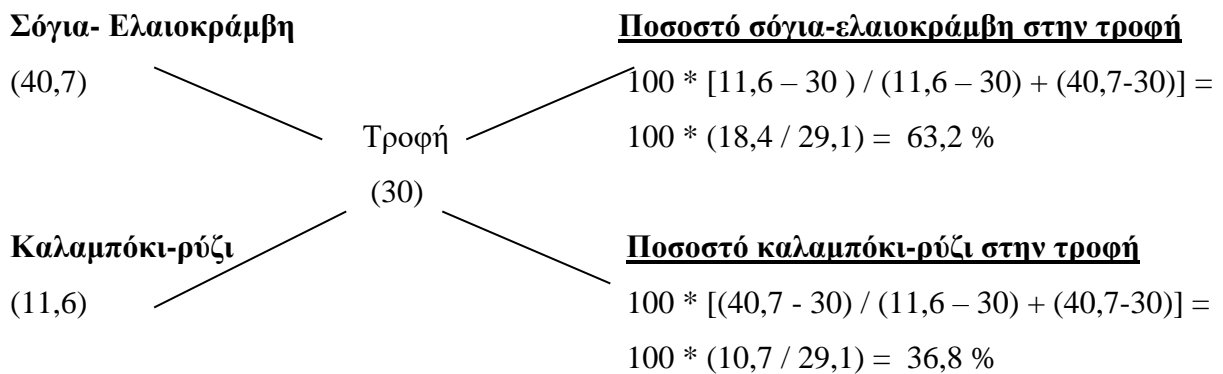
Σογιάλευρο	46,8 % πρωτεΐνη	
Καλαμποκάλευρο	9,8 % πρωτεΐνη	«βασικές πρώτες ύλες»
Πίτουρο ρυζιού	13,3 % πρωτεΐνη	

Οι πρώτες ύλες κάθε ομάδας παραδεχόμαστε ότι θα πρέπει να αναμιχθούν σε αναλογία 50 : 50 ώστε στο τετράγωνο να έχουμε 2 μόνο συστατικά.

Μίγμα Ελαιοκράμβη – Σόγια (50:50) = $(34,5 + 46,8) / 2 = 40,7$ % πρωτεΐνη

Μίγμα Καλαμπόκι – Ρύζι (50:50) = $(9,8 + 13,3) / 2 = 11,6$ % πρωτεΐνη

Οπότε φτιάχνουμε ένα “τετράγωνο του Pearson” με τα δύο μίγματα ως εξής:



Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα 2 μίγματα ήταν σε αναλογία 50:50, η τροφή θα περιέχει τα άλευρα στα εξής ποσοστά:

- Άλευρο ελαιοκράμβης 31,6 %
- Σογιάλευρο 31,6 %
- Καλαμποκάλευρο 18,4 %
- Πίτουρο ρυζιού 18,4 %

Παράδειγμα 3:

- Θέλουμε να καταρτίσουμε ιχθυοτροφή τσιπούρας με 40 % πρωτεΐνη
- Χρησιμοποιώντας τις εξής πρώτες ύλες :

Ιχθυάλευρο	72,0 % πρωτεΐνη
Σογιάλευρο	46,8 % πρωτεΐνη
Σιτάρι	13,3 % πρωτεΐνη
Καλαμποκάλευρο	9,8 % πρωτεΐνη

Θέτοντας το μίγμα Ιχθυάλευρο – Σόγια σε αναλογία 70 : 30

Θέτοντας το μίγμα Σιτάρι - Καλαμπόκι σε αναλογία 60 : 40

Βρείτε τα ποσοστά συμμετοχής των παραπάνω πρώτων υλών στο σιτηρέσιο της τσιπούρας.

Λύση:

Το πρωτεϊνικό μίγμα Ιχθυάλευρο – Σόγια σε αναλογία 70 : 30 θα έχει πρωτεΐνη:

$$(70 \% * 72 \text{ g πρωτεΐνης}) + (30 \% * 46,8 \text{ g πρωτεΐνης}) = 64,4 \text{ g πρωτεΐνης σε } 100 \text{ g μίγματος}$$

Το βασικό μίγμα Σιτάρι – Καλαμπόκι σε αναλογία 60 : 40 θα έχει πρωτεΐνη:

$$(60 \% * 13,3 \text{ g πρωτεΐνης}) + (40 \% * 9,8 \text{ g πρωτεΐνης}) = 11,9 \text{ g πρωτεΐνης σε } 100 \text{ g μίγματος}$$

Άρα το τετράγωνο που πρέπει να φτιάξουμε είναι:

Ιχθυάλευρο -Σόγια

(64,4)

Τροφή

(30)

Ποσοστό ιχθυάλευρο-σόγια στην τροφή

$$100 * [(11,9 - 40) / (11,9 - 40) + (64,4 - 40)] = 53,5 \%$$

Καλαμπόκι-ρύζι

(11,9)

Ποσοστό καλαμπόκι-ρύζι στην τροφή

$$100 * [(64,4 - 40) / (11,9 - 40) + (64,4 - 40)] = 46,5 \%$$

Άρα,

Μίγμα Ιχθυάλευρο (70%) – Σόγια (30%) σε ποσοστό 53,5 % στην τροφή

Μίγμα Σιτάρι (60%) – Καλαμπόκι (40%) σε ποσοστό 46,5 % στην τροφή

Άρα το ποσοστό κάθε αλεύρου στην τροφή θα πρέπει να είναι:

Ιχθυάλευρο : $53,5 \% * 70 \% = 37,45 \%$

Σόγια : $53,5 \% * 30 \% = 16,05 \%$

Σιτάρι : $46,5 \% * 60 \% = 27,9 \%$

Καλαμπόκι : $46,5 \% * 40\% = 18,6 \%$

Παράδειγμα 4:

- Θέλουμε να καταρτίσουμε ιχθυοτροφή τσιπούρας με 45 % πρωτεΐνη

- Χρησιμοποιώντας τις εξής πρώτες ύλες :

Ιχθυάλευρο	72,0 % πρωτεΐνη
Σογιάλευρο	46,8 % πρωτεΐνη
Γλουτένη καλαμποκιού	60,0 % πρωτεΐνη
Σιτάρι	13,3 % πρωτεΐνη
Καλαμποκάλευρο	9,8 % πρωτεΐνη
Ρύζι	10,0 % πρωτεΐνη

Με την προϋπόθεση να χρησιμοποιηθούν οι εξής αναλογίες:

Ιχθυάλευρο – Σόγια - Γλουτένη σε αναλογία 50 : 25 : 25

Σιτάρι – Καλαμπόκι – Ρύζι σε αναλογία 40 : 40 : 20

- Ποιά τα ποσοστά συμμετοχής των παραπάνω πρώτων υλών στο σιτηρέσιο της τσιπούρας

Λύση:

Το πρόμιγμα Ιχθυάλευρο – Σόγια – Γλουτένη σε αναλογία 50 : 25 : 25 θα έχει πρωτεΐνη:

$$(50 \% * 72 \text{ g πρωτεΐνης}) + (25 \% * 46,8 \text{ g πρωτεΐνης}) + (25 \% * 60,0 \text{ g πρωτεΐνης}) \\ = 62,7 \text{ g πρωτεΐνης σε } 100 \text{ g προμίγματος}$$

Το πρόμιγμα Σιτάρι – Καλαμπόκι – Ρύζι σε αναλογία 40 : 40 : 20 θα έχει πρωτεΐνη:

$$(40 \% * 13,3 \text{ g πρωτεΐνης}) + (40 \% * 9,8 \text{ g πρωτεΐνης}) + (20 \% * 10,0 \text{ g πρωτεΐνης}) \\ = 9,44 \text{ g πρωτεΐνης σε } 100 \text{ g προμίγματος}$$

Πρόμιγμα 1

(62,7)

Ποσοστό προμίγματος 1 στην τροφή

= 66,8%

Τροφή
(45)

Πρόμιγμα 2

(9,44)

Ποσοστό προμίγματος 2 στην τροφή

= 33,2%

Άρα το πρόμειγμα Ιχθυάλευρο- Σόγια-Γλουτένη θα πρέπει να ενσωματωθεί σε ποσοστό 66,7 % στην τροφή, και το πρόμειγμα Σιτάρι – Καλαμπόκι-Ρύζι σε ποσοστό 33,2 % στην τροφή.

<u>Άρα το ποσοστό κάθε αλεύρου στην τροφή:</u>	<u>Τιμές Πρώτων υλών</u>
Ιχθυάλευρο : $66,7 \% * 50 \% = 33,4 \%$	600 € / t
Σόγια : $66,7 \% * 25 \% = 16,7 \%$	490 € / t
Γλουτένη : $66,7 \% * 25 \% = 16,7 \%$	510 € / t
Σιτάρι : $33,2\% * 40\% = 13,3 \%$	200 € / t
Καλαμπόκι : $33,2 \% * 40\% = 13,3 \%$	180 € / t
Ρύζι : $33,2 \% * 20\% = 6,6 \%$	150 € / t

Αν ισχύουν οι παραπάνω τιμές των πρώτων υλών, ποια η τιμή 1 τόνου της ιχθυοτροφής που καταρτίστηκε παραπάνω ;

Παράδειγμα 5

- Θέλουμε να φτιάξουμε την πιο φτηνή ιχθυοτροφή που να περιέχει 32 % πρωτεΐνη
- Στην αγορά υπάρχουν οι παρακάτω πρώτες ύλες
- Από την εμπειρία μας ξέρουμε ότι τα ψάρια μας απαιτούν ένα ελάχιστο όριο 10% ιχθυαλεύρου στην τροφή
- Ποιές πρώτες ύλες να διαλέξουμε και σε τι ποσοστά ;

	Λίπη	Πρωτεΐνη	Τιμή (€ / t)
Ιχθυάλευρο	6	55	600
Άλευρο ελαιοκράμβης	13,7	34,5	350
Σογιάλευρο	1,3	46,8	490
Πίτουρο ρυζιού	2,4	13,3	150
Καλαμποκάλευρο	4,5	9,8	180

Λύση:

Το 10% συμμετοχής του ιχθυαλεύρου στην τροφή θα δώσει τα εξής:

Συστατικό	Ποσοστό Ξ.Ο. στην τροφή %	Συμμετοχή στην τιμή €	Δίνει στην τροφή Πρωτεΐνη %	Δίνει στην τροφή Λίπη %
Ιχθυάλευρο	10	60	5,5	0,6
Απομένουν	90	???	$32 - 5,5 = 26,5$	

Πρέπει να βρούμε ένα φτηνό πρόμειγμα από τις υπόλοιπες πρώτες ύλες που όταν προστεθεί κατά 90% στην τελική τροφή να προσθέτει 26,5 % πρωτεΐνη

Στο 100% της Ξηράς Ουσίας της τροφής το πρόμειγμα που θα πρέπει να καταρτίσουμε θα πρέπει να έχει πρωτεΐνη = $26,5 * (100/90) = 29,44 \%$

Κάνουμε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των πρώτων υλών (ανά δυάδες) επιλέγοντας μία πρωτεϊνική πηγή (π.χ. Σόγια ή ελαιοκράμβη) και μία ενεργειακή πηγή (π.χ. ρύζι ή καλαμπόκι)

A. Πρόμειγμα

Ελαιοκράμβη

(34,5)

Τροφή
(29,44)

Ποσοστό ελαιοκράμβης στην τροφή

= 76,1%

Ρύζι

(13,3)

Ποσοστό ρυζιού στην τροφή

= 23,9%

B. Πρόμειγμα

Ελαιοκράμβη

(34,5)

Τροφή
(29,44)

Ποσοστό ελαιοκράμβης στην τροφή

= 79,5%

Καλαμπόκι

(9,8)

Ποσοστό καλαμποκιού στην τροφή

= 20,5%

Γ. Πρόμειγμα

Σόγια

(46,8)

Τροφή
(29,44)

Ποσοστό ελαιοκράμβης στην τροφή

= 48,2%

Ρύζι

(13,3)

Ποσοστό ρυζιού στην τροφή

= 51,8%

Δ. Πρόμιγμα

Σόγια

(46,8)

Ποσοστό ελαιοκράμβης στην τροφή

= 53,1%

Τροφή

(29,44)

Καλαμπόκι

(9,8)

Ποσοστό καλαμποκιού στην τροφή

= 46,9%

Τα προηγούμενα ποσοστά πολλαπλασιάζονται με το ποσοστό συμμετοχής τους στην τροφή (90%) θα δώσουν :

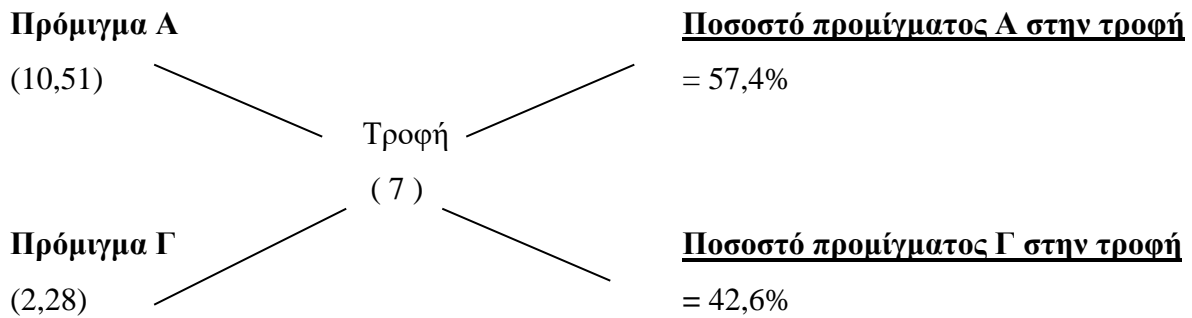
	Συστατικό	Ποσοστό Ξ.Ο. Στην τροφή %	Δίνει στην τροφή Πρωτεΐνη %	Δίνει στην τροφή Λίπη %	Συμμετοχή στην τιμή €
A	Ιχθυάλευρο	10	5,50	0,60	60
	Ελαιοκράμβη	68,5	23,63	9,39	239,75
	Ρύζι	21,5	2,86	0,52	32,25
	Σύνολο	100	31,99	10,51	332
B	Ιχθυάλευρο	10	5,50	0,60	60
	Ελαιοκράμβη	71,5	24,67	12,99	250,25
	Καλαμπόκι	18,5	1,81	0,83	33,3
	Σύνολο	100	31,98	14,42	343,55
Γ	Ιχθυάλευρο	10	5,50	0,60	60
	Σόγια	43,4	20,31	0,56	212,66
	Ρύζι	46,6	6,20	1,12	69,9
	Σύνολο	100	32,01	2,28	342,56
Δ	Ιχθυάλευρο	10	5,50	0,60	60
	Σόγια	47,8	22,37	0,62	234,22
	Καλαμπόκι	42,2	4,14	1,90	75,96
	Σύνολο	100	32,01	3,12	370,18

Άρα η φθηνότερη ιχθυοτροφή είναι ο συνδυασμός Α.

- Αν εκτός από το 32% πρωτεΐνη και τη φθηνότερη τιμή, επιζητούσαμε επί πλέον το επίπεδο λίπους της ιχθυοτροφής να είναι 7 % τότε θα μπορούσαμε να πράξουμε ως εξής:

Θα μπορούσαμε να αναμιξουμε 2 από τα παραπάνω προμείγματα, ένα χαμηλής περιεκτικότητας λίπους (πρόμιγμα Γ ή Δ) και ένα ένα υψηλής περιεκτικότητας (πρόμιγμα Α ή Β). Μπορούμε να κατασκευάσουμε λοιπόν ένα νέο τετράγωνο με τα προμείγματα και να επιλύσουμε ως προς 7% επίπεδο λιπιδίων. Το τελικό μίγμα αυτό θα έχει ούτως ή άλλως 32% πρωτεΐνη αφού και τα 2 προμείγματα περιέχουν 32% πρωτεΐνη. Ωστόσο, για να είναι το τελικό μίγμα και τη φθηνότερη τιμή, μπορούμε να επιλέξουμε το φθηνότερο μίγμα χαμηλής

περιεκτικότητας λίπους (πρόμιγμα Γ) και το φθηνότερο μίγμα υψηλής περιεκτικότητας λίπους (πρόμιγμα Α):



Άρα:

Ιχθυάλευρο	5,74 % (από Α) + 4,26% (από Γ)	= 10 %
Ρύζι	12,3% (από Α) + 19,9 % (από Γ)	= 32,2 %
Σόγια	(από Γ)	= 18,5 %
Ελαιοκράμβη	(από Α)	= 39,3 %

Η τροφή αυτή έχει 32 % πρωτεΐνη, 7 % λίπος, και είναι ο πιο φτηνός συνδυασμός από τα διαθέσιμα υλικά.

Η μέθοδος του λογιστικού τετραγώνου είναι απλοϊκή αλλά και χρονοβόρα διαδικασία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν πρέπει να γίνει επιλογή μεταξύ περιορισμένου αριθμού συστατικών. Αντί αυτής εύκολα μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ένα λογιστικό φύλλο σε Η/Υ και να ακολουθήσει τη «μέθοδο των προσεγγίσεων» επιλύοντας τις παραπάνω εξισώσεις. Στην παραγωγή η επίλυση των καταρτίσεων των ιχθυοτροφών βασίζεται στον γραμμικό προγραμματισμός που χρησιμοποιείται στην κατάρτιση ζωοτροφών γενικότερα εδώ και 40 και πλέον χρόνια.

6.4.2 Μέθοδος των προσεγγίσεων

Η μέθοδος του λογιστικού τετραγώνου είναι χρονοβόρα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν έχει κανείς να επιλέξει ανάμεσα σε λίγα υλικά και αποτελούσε την κοινή μέθοδο κατάρτισης σιτηρεσιών στο παρελθόν. Αντί αυτής εύκολα μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ένα λογιστικό φύλλο Η/Υ και να ακολουθήσει τη «μέθοδο των προσεγγίσεων». Κατά την μέθοδο αυτήν πρωταρχικά κατασκευάζεται μια βάση δεδομένων αναφορικά με τη θρεπτική σύσταση όλων των υποψήφιων προς επιλογή πρώτων υλών, θέτοντας παράλληλα τους

στόχους που πρέπει να επιτύχουμε για κάθε θρεπτικό συστατικό του σιτηρεσίου. Κατόπιν σχεδιάζεται ένας πίνακας με τα ποσοστά συμμετοχής της κάθε πρώτης ύλης στο σιτηρέσιο θέτοντας ανώτερα-κατώτερα όρια. Σχεδιάζοντας τις κατάλληλες εξισώσεις και δίνοντας προσεγγιστικές τιμές στα ποσοστά συμμετοχής των πρώτων υλών ελέγχουμε κατά πόσο επιτυγχάνουμε τον στόχο για κάθε θρεπτικό συστατικό του σιτηρεσίου. Αναλυτική επεξήγηση και πρακτική αυτής της μεθόδου έγινε κατά τη διάρκεια των εργαστηρίων του μαθήματος.

6.4.3. Γραμμικός Προγραμματισμός

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ιχθυοτροφών για τον υπολογισμό των καταρτίσεων ελαχίστου κόστους μέσω του γραμμικού προγραμματισμού. Ο γραμμικός προγραμματισμός περιλαμβάνει την ταυτόχρονη επίλυση μιας σειράς γραμμικών εξισώσεων και χρησιμοποιείται στην κατάρτιση ζωοτροφών εδώ και 40 και πλέον χρόνια. Στο παρελθόν, ο γραμμικός προγραμματισμός απαιτούσε πρόσβαση σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μεγάλης ισχύος και ικανότητες προγραμματισμού και ο χρόνος που απαιτούνταν για εισαγωγή δεδομένων και εγκατάσταση ήταν χρονοβόρος. Σήμερα, οι προσωπικοί υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καταρτίσεις ιχθυοτροφών «ελαχίστου κόστους». Στο εμπόριο διατίθενται διάφορα σχετικά λογισμικά προγράμματα (softwares), ενώ κανείς μπορεί να κατασκευάσει ένα απλοποιημένο λογιστικό φύλλο μέσω του προγράμματος Excel-Microsoft Office.

Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συνδυασμού και των ποσοστών συμμετοχής των πρώτων υλών των ιχθυοτροφών στο σιτηρέσιο ώστε να παρέχουν την επιθυμητή σύσταση σε θρεπτικές ουσίες με το ελάχιστο κόστος. Για να γίνει αυτό χρειάζονται δεδομένα σχετικά με την περιεκτικότητα κάθε πιθανού συστατικού της τροφής σε θρεπτικές ουσίες, τα οποία αποκτώνται από σχετικούς πίνακες θρεπτικής σύστασης ή από εργαστηριακές αναλύσεις στην ίδια την μονάδα παρασκευής ιχθυοτροφών. Συνήθως πρέπει να: α) παρέχεται το κόστος κάθε συστατικού, μαζί με τις προδιαγραφές θρεπτικών ουσιών της επιθυμητής κατάρτισης και β) να υπάρχουν όρια στα συστατικά, δηλαδή, μέγιστα και ελάχιστα επιτρεπόμενα επίπεδα στην κατάρτιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Τεχνολογία παρασκευής ιχθυοτροφών

Τα βασικά στάδια που περιλαμβάνονται στην παραγωγή ιχθυοτροφών είναι η κατάρτιση του σιτηρεσίου, η λήψη των πρώτων υλών, η άλεση τους, η ανάμειξη τους, η πελλετοποίηση, η ψύξη - ξήρανση, η επάλειψη με έλαιο, η συσκευασία σε σάκους, η αποθήκευση και η μεταφορά και αποστολή τους.

7.1. Κατάρτιση σιτηρεσίου

Αποτελεί το πρωταρχικό στάδιο της παρασκευής μιας ιχθυοτροφής. Όπως αναφέρθηκε, στόχος της κατάρτισης ενός σιτηρεσίου είναι η ικανοποίηση των διατροφικών απαιτήσεων των ψαριών με παράλληλη ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής του («ισόρροπο σιτηρέσιο»). Για το σκοπό αυτό απαιτείται να εκτιμήσουμε ποιές πρώτες ύλες θα χρησιμοποιηθούν και να υπολογίσουμε τα ποσοστά συμμετοχής τους στο σιτηρέσιο.

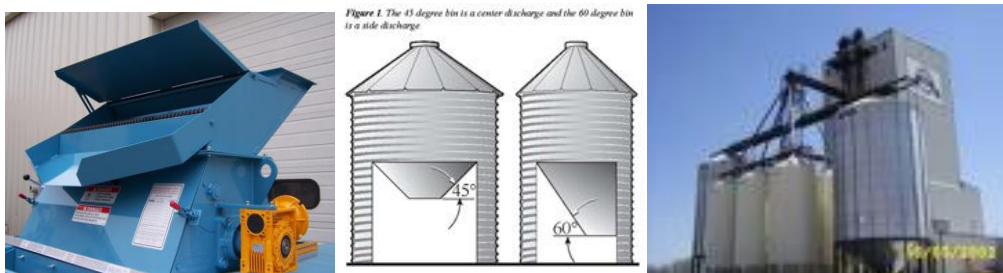
7.2 Παραγγελία και λήψη πρώτων υλών

Εφόσον είναι γνωστή η σύσταση μιας ιχθυοτροφής, κατόπιν γίνεται η παραγγελία των πρώτων υλών. Χώρες προέλευσης των πρώτων υλών μπορεί να αποτελέσει οποιοδήποτε μέρος του κόσμου μιας και πλέον το δίκτυο διανομής και εμπορίας των πρώτων υλών είναι αρκετά αναπτυγμένο και ακολουθεί τους κανόνες της προσφοράς και της ζήτησης. Κατόπιν της παραγγελίας, οι πρώτες ύλες φτάνουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και παραγωγής ιχθυοτροφών είτε σε σάκους, είτε χύμα, και σε χονδροειδή ξηρή ή υγρή μορφή ανά παρτίδα. Τα έλαια μεταφέρονται συνήθως σε μεγάλα μεταλλικά δοχεία λόγω της ευπάθειας τους σε υψηλές θερμοκρασίες και έντονο φωτισμό.



Οι προμηθευτές των πρώτων υλών υποχρεούνται να παραδίδουν και τα όποια πιστοποιητικά ασφάλειας των πρώτων υλών (π.χ. ελεύθερα γενετικά τροποποιημένων προϊόντων, ελεύθερα μυκοτοξινών, βαρέων μετάλλων κ.λπ.), καθώς επίσης και την πιστοποιημένη θρεπτική τους σύσταση. Τα συστατικά αυτά αφού χρονολογηθούν, θα πρέπει να εξετάζονται για ταυτοποίηση της παραγγελίας (τύπος και ποσότητα) και ως προς την γενικότερη κατάστασή τους κατά την άφιξη (τυχόν αλλοίωση). Επίσης, κατά την άφιξη τους λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα για χημική ανάλυση της θρεπτικής τους σύστασης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα πρέπει να πιστοποιούν τη θρεπτική σύσταση των υλών κατά την παραγγελία μιας και η οποιαδήποτε σημαντική διαφοροποίηση μπορεί να επιφέρει είτε κυρώσεις είτε απώλεια της εμπιστοσύνης με τους προμηθευτές.

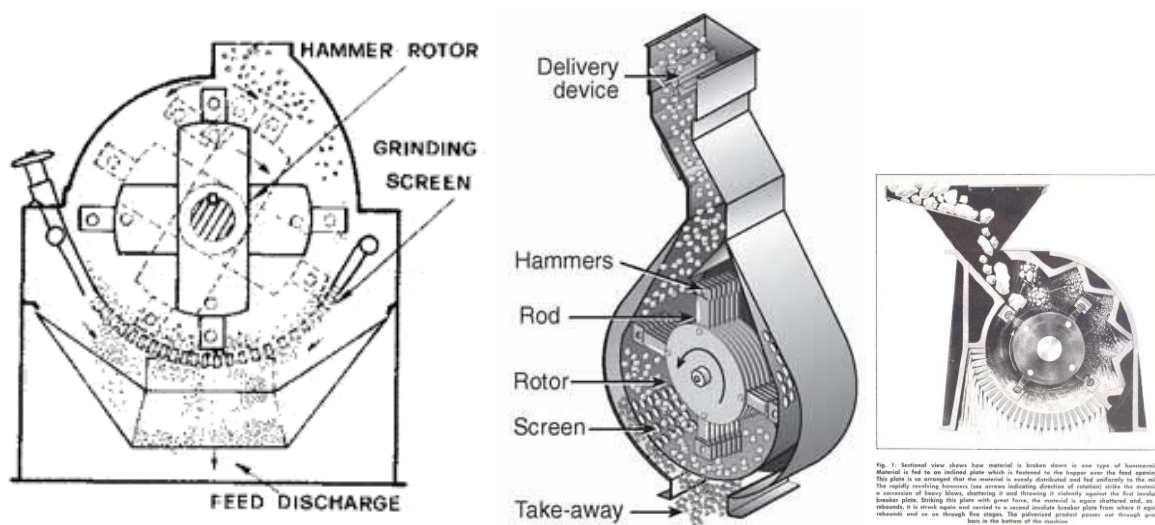
Έπειτα από τη λήψη, οι πρώτες ύλες θα πρέπει να αποθηκευτούν στους ειδικούς χώρους της μονάδας παρασκευής ιχθυοτροφών. Τα συστατικά πρέπει να αποθηκεύονται για προστασία από τη μόλυνση, την υγρασία, και την καταστροφή λόγω παρασίτων. Οι αποθήκες της μονάδας θα πρέπει να τηρούν τους κανόνες αποθήκευσης τροφίμων κάνοντας συχνές αποπαρασιτώσεις, μυοκτονίες, απεντομώσεις κ.λπ. Επίσης, πολύ σημαντικό είναι η θερμοκρασία αποθήκευσης να διατηρείται χαμηλή. Τα φάρμακα πρέπει να διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα συστατικά για αποφυγή προσμίξεων. Κάθε συστατικό πρέπει να χρησιμοποιείται σύμφωνα με τη σειρά παράδοσης της παρτίδας για την αποφυγή επιδείνωσης που συνδέεται με την παρατεταμένη αποθήκευση. Στις περισσότερες σύγχρονες εγκαταστάσεις, υπάρχουν 2-3 σιλό αποθήκευσης στα οποία αποθηκεύονται πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται κατά κόρον όπως π.χ. ιχθυάλευρα, ιχθυέλαια, φυτικά αλεύρα κ.α. Συχνά, τα χύμα συστατικά καθαρίζονται για τυχόν προσμίξεις μέσω κυλινδρικού κόσκινου πριν μεταφερθούν σε κιβώτια αποθήκευσης.



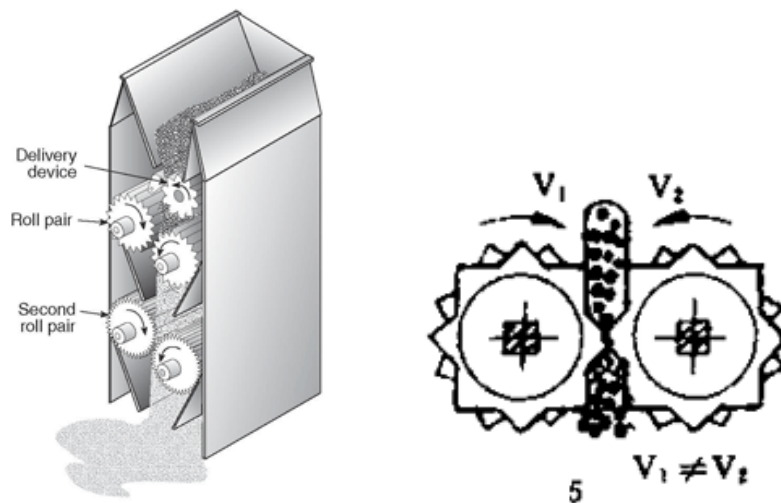
7.3 Άλεση πρώτων υλών

Ακολουθεί η άλεση των πρώτων υλών που είναι ένα δαπανηρό μέρος της διαδικασίας παραγωγής ιχθυοτροφών. Σκοπός της άλεσης είναι η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων των πρώτων υλών. Αυτό είναι απαραίτητο όταν πολλά από τα συστατικά φτάνουν σε

χονδροειδή μορφή (σπόροι ή κόκκοι διαφόρων διαμέτρων ή και συσσωματώματα). Επίσης, όταν το μέγεθος των κόκκων κάποιων συστατικών δεν είναι ομοιόμορφο και αρκετά μικρό, μπορεί να παρουσιάσουν ανομοιογένεια κατά την μετέπειτα ανάμειξη τους με άλλα συστατικά ή/και φράξιμο των καλουπιών της μήτρας κατά την πελλετοποίηση, οπότε πρέπει να αλεστούν πριν χρησιμοποιηθούν. Η άλεση γενικά όλων των συστατικών προσφέρει ευκολότερη ανάμειξη των διαφόρων συστατικών μεταξύ τους μιας και αυξάνει την επιφανειακή περιοχή των κόκκων των συστατικών. Επίσης, η άλεση προσφέρει αερισμό της πρώτης ύλης και απομάκρυνση της υγρασίας, βελτίωση της πεπτικότητας και αποδοχής των πρώτων υλών από τα ψάρια.



Εικ. 7.1. Διάφοροι τύποι και οπτική λειτουργίας σφυρόμυλων (Πηγή: FAO 1978)



Εικ. 7.2. Διάφοροι τύποι και οπτική λειτουργίας κυλινδρόμυλων (Πηγή: FAO 1978)

Γενικά, τα συστατικά αλέθονται σε μια κοκκομετρία ίση με το 1/3 ή 1/4 της επιθυμητής διαμέτρου της πελλέτας. Π.χ. αν η πελλέτα είναι 3 mm τότε οι κόκκοι των πρώτων υλών θα

πρέπει να αλεστούν σε τουλάχιστον 1 mm κοκκομετρία. Στο εμπόριο διατίθενται διάφοροι τύποι αλεστικών μηχανών όπως σφυρόμυλος, μηχανές κονιοποίησης και μύλοι τριβής που μειώνουν μέγεθος των κόκκων με πρόσκρουση και περιστρεφόμενοι κόπτες, κυλινδρικοί μύλοι, και μύλοι τριβής που μειώνουν το μέγεθος των κόκκων με κοπή, ενώ υπάρχουν και κυλινδρόμυλοι που στην ουσία συνθλίβουν τις πρώτες ύλες με μικρότερα σωματίδια. Μετά την άλεση οι κόκκοι θα περάσουν μέσα από ένα κόσκινο ανάλογα την επιθυμητή κοκκομετρία. Συστατικά με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια είναι πιο δύσκολο να αλεστούν διότι φράζουν τα κόσκινα από ότι τα συστατικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια. Κατά κανόνα, τα συστατικά φυτικής προέλευσης των τροφών, όπως είναι το άλευρο σόγιας, το άλευρο από γλουτένη αραβοσίτου, και τα υποπροϊόντα σίτου, είναι συστατικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια τα οποία αλέθονται σχετικά εύκολα. Το ιχθυάλευρο και τα άλλα άλευρα από ζωικές πρωτεΐνες περιέχουν συνήθως 8–12% λιπίδια και, έτσι, έχουν τάση να φράζουν τα κόσκινα των σφυρόμυλων. Για την άλεση συστατικών με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια χρησιμοποιούνται μηχανές κονιοποίησης σάρωσης αέρα, οι οποίες χρησιμοποιούν αέρα για τον έλεγχο της άλεσης, παρά ένα κόσκινο. Οι μηχανές κονιοποίησης σάρωσης αέρα αναγνωρίζονται από την έλλειψη κόσκινων συγκράτησης και τον μεγάλο όγκο αέρα που περνάει μέσα από το θάλαμο άλεσης. Συστατικά με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια μπορούν να συνδυαστούν με συστατικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια και να αλεστούν μαζί. Αξίζει να σημειωθεί πως η υπερβολική άλεση για την παραγωγή πολύ μικρών κόκκων αυξάνει σημαντικά το ενεργειακό κόστος των παρασκευαζόμενων τροφών.

7.4 Ανάμιξη πρώτων υλών

Το επόμενο στάδιο στην παρασκευή ιχθυοτροφών είναι η ανάμιξη των συστατικών για την παραγωγή ενός ομοιογενούς μίγματος. Η διαδικασία πρέπει να οδηγεί σε ένα μίγμα, το οποίο κατά την επόμενη φάση της πελλετοποίησης να οδηγήσει σε παραγωγή συμπήκτων που να περιέχουν την ίδια αναλογία συστατικών με την κατάρτιση. Η καλή ανάμιξη είναι αποτέλεσμα εμπειρίας παρά επιστήμης. Κάθε πρώτη ύλη έχει τις δικές της φυσικές ιδιότητες: μέγεθος και σχήμα αλεσμένου κόκκου, διαφορετική υγρασία, πυκνότητα, ηλεκτροστατικό φορτίο, συντελεστή συγκόλλησης, ελαστικότητα, χρώμα, άρωμα, γεύση, ιξώδες και πυκνότητα (για έλαια). Όλοι αυτοί είναι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάμιξη. Αν οι πρώτες ύλες δεν αναμιχθούν για επαρκές χρονικό διάστημα, ή αν αναμιχθούν για υπερβολικό χρόνο, τότε μπορεί να εμφανιστεί διαχωρισμός των κόκκων, οδηγώντας σε ένα ανομοιογενές μίγμα. Κατά την αρχική περίοδο ανάμιξης, οι κόκκοι ενώνονται, αλλά με πρόσθετη ανάμιξη διαχωρίζονται. Αν η ανάμιξη συνεχιστεί, οι κόκκοι ενώνονται ξανά. Συνεπώς, είναι

σημαντικό να γνωρίζει κανείς τον κατάλληλο χρόνο για την ανάμιξη με κάθε τύπο συσκευής ανάμιξης και σύστασης του σιτηρεσίου.

Τα συστατικά προστίθενται στον αναμίκτη σε μια προκαθορισμένη σειρά, έτσι ώστε να διασφαλίζεται επαρκής ανάμιξη. Συνήθως αυτό γίνεται σε 3 στάδια:

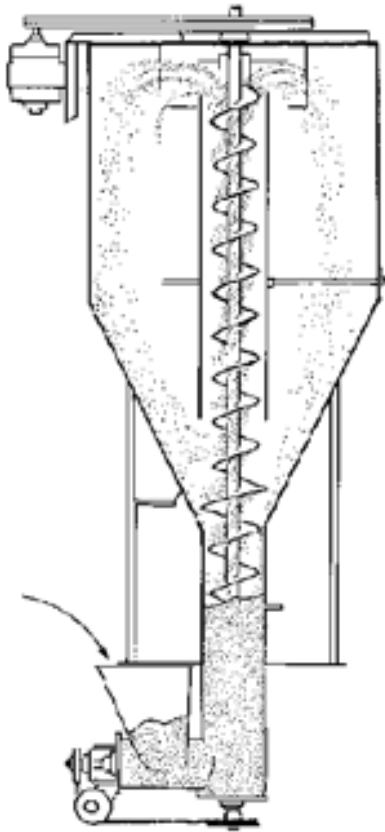
- α) Ανάμιξη μικροσυστατικών (πρόμιξη - πρόμιγμα)
- β) Ανάμιξη προμίγματος με τα υπόλοιπα στερεά συστατικά
- γ) Ανάμιξη υγρών συστατικών με τα στερεά συστατικά

Τα μικροσυστατικά όπως οι βιταμίνες, τα ανόργανα στοιχεία, πιθανόν τα φάρμακα, πιθανόν τα καροτενοειδή κ.λπ. αναμιγνύονται με ένα από τα υπόλοιπα συστατικά όπως π.χ. αλεύρο σιταριού και κατόπιν το μίγμα αυτό αναμιγνύεται με τα υπόλοιπα στερεά συστατικά. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται περισσότερο η καλή ανάμιξη των μικροσυστατικών σε όλο το μίγμα. Μετά από επαρκή ανάμιξη των ξηρών συστατικών, προστίθενται τα υγρά συστατικά όπως το λάδι ή η λεκιθίνη σόγιας και συνεχίζεται η ανάμιξη. Εναλλακτικά, δύναται τα μικροσυστατικά να προστίθενται εν τω μέσω της σειράς.

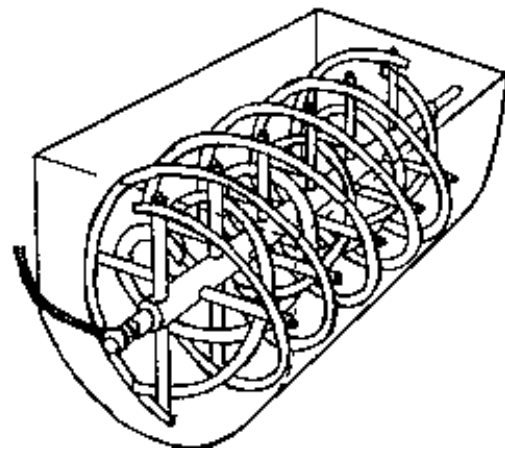
Αν το μέγεθος των κόκκων είναι περίπου το ίδιο για κάθε συστατικό, τότε ελαχιστοποιείται ο διαχωρισμός των κόκκων και εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη των συστατικών. Μπορούμε να εξετάσουμε την επάρκεια την ανάμιξης διενεργώντας δειγματοληπτικούς ελέγχους του μίγματος από τον αναμίκτη σε διάφορους χρόνους. Για το σκοπό αυτό προστίθενται κάποιοι αδρναείς δείκτες στο μίγμα όπως π.χ. Cr_2O_3 ή SiO_2 που κατόπιν αναλύονται εργαστηριακά ως προς την αναμενόμενη συγκέντρωσή τους στο μίγμα.

Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της ανάμιξης γίνεται μηχανικά με αναμίκτες ανά παρτίδα ή συνεχείς αναμίκτες, οι οποίοι είναι κύλινδροι ή κώνοι όπου αναμιγνύουν τα συστατικά των τροφών με κινητούς αναδευτήρες, τρυπάνια ή ταινίες. Οι διάφοροι τύποι συσκευών ανάμιξης περιλαμβάνουν κάθετους ή οριζόντιους αναμίκτες ή και αναμίκτες με στροβίλους. Οι κάθετοι αναμίκτες αποτελούνται από έναν μεταλλικό κωνικό εξοπλισμό όπου η εισροή των συστατικών γίνεται από κάτω. Ένας ή δύο κάθετοι κοχλίες στο κέντρο του μεταλλικού εξοπλισμού ανασηκώνουν σπειροειδώς τα συστατικά συνήθως με έναν στροβιλισμό της τάξης των 100-200 rpm. Τα συστατικά διασπείρονται στην κορυφή και πέφτουν λόγω βαρύτητας. Η συνεχής επανάληψη της διαδικασίας γίνεται μέχρις ότου την ομογενοποίηση του μίγματος που συνήθως διαρκεί 10-45 λεπτά ανάλογα τη σύσταση του μίγματος. Τα μειονεκτήματα των κάθετων αναμικτών είναι ότι δεν αναμιγνύουν επαρκώς τα υγρά με τα στερεά συστατικά, δεν αναμιγνύουν επαρκώς συστατικά με διαφορετική κοκκομετρία και πυκνότητα, ενώ και ο καθαρισμός τους μετά το τέλος της διαδικασίας είναι δύσκολος με

κίνδυνο να απομείνει ποσότητα μίγματος εντός του εξοπλισμού, κάτι το οποίο ελοχεύει πιθανή πρόσμιξη με άλλα μίγματα που θα χρησιμοποιηθούν στο μέλλον.



Εικ. 7.3 Κάθετος αναμίκτης



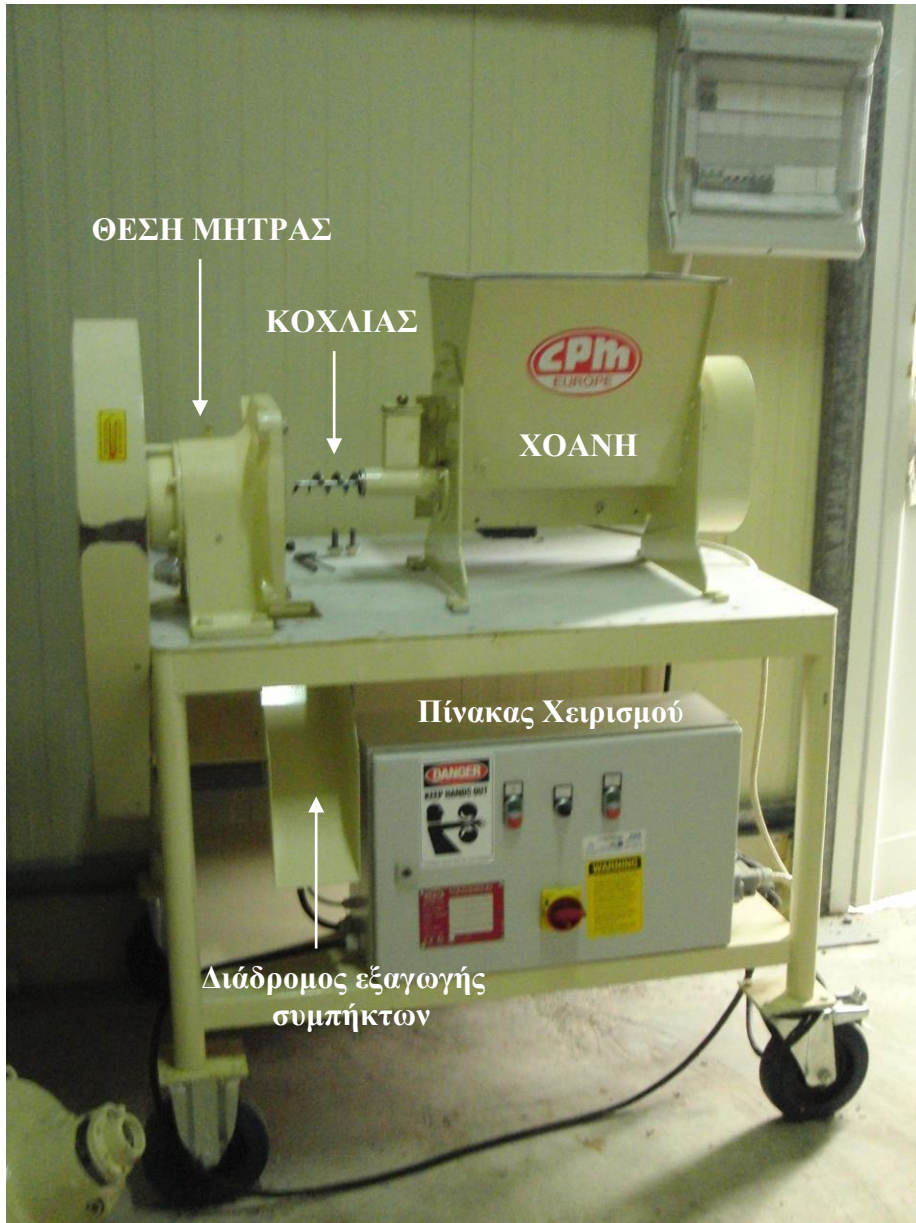
Εικ.7.4 Οριζόντιος αναμίκτης (Πηγή: FAO 1978)

7.5 Πελλετοποίηση

Ο στόχος της πελλετοποίησης είναι η μετατροπή του ομοιογενούς μίγματος πρώτων υλών σε ανθεκτικούς κόκκους (πελλέτες ή σύμπηκτα) με φυσικά χαρακτηριστικά που τους καθιστούν κατάλληλους για σίτιση από τα ψάρια. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συμπίεσης του μίγματος, της συγκόλλησης του και της εγawaγής του από κατάλληλης διαμέτρου οπές μέσω ειδικών μηχανημάτων που ονομάζονται πελλετομηχανές (Εικ. 7.5).

Συγκεκριμένα, το μίγμα προωθείται σε ένα θάλαμο επεξεργασίας του μηχανήματος, όπου στη συνέχεια του προστίθεται νερό (συνήθως ως ατμός 4-6% του μίγματος). Η άτμιση διαβρέχει και μαλακώνει τους κόκκους των συστατικών και προσφέρει «λίπανση» για καλύτερη συμπίεση και εξώθηση. Κατά τη διαδικασία της πελλετοποίησης, το μίγμα θερμαίνεται με αποτέλεσμα το περιεχόμενο άμυλο (υδατάνθρακες) του μίγματος να ζελατινοποιείται, κάτι που βοηθάει στη συγκόλληση των πρώτων υλών του μίγματος. Η ποσότητα του νερού που θα προστεθεί στο μίγμα είναι πολύ σημαντική. Μικρότερη από την

απαιτούμενη ποσότητα νερού-ατμού οδηγεί σε μη επιτυχημένη συγκόλληση του μίγματος και αποτυχία της πελλετοποίησης, ενώ και η άφθονη ποσότητα νερού-ατμού δημιουργεί ένα αρκετά μαλακό μίγμα με λασπώδη υφή το οποίο προσκολλάται και φράσσει τα διάφορα εξαρτήματα της πελλετομηχανής.



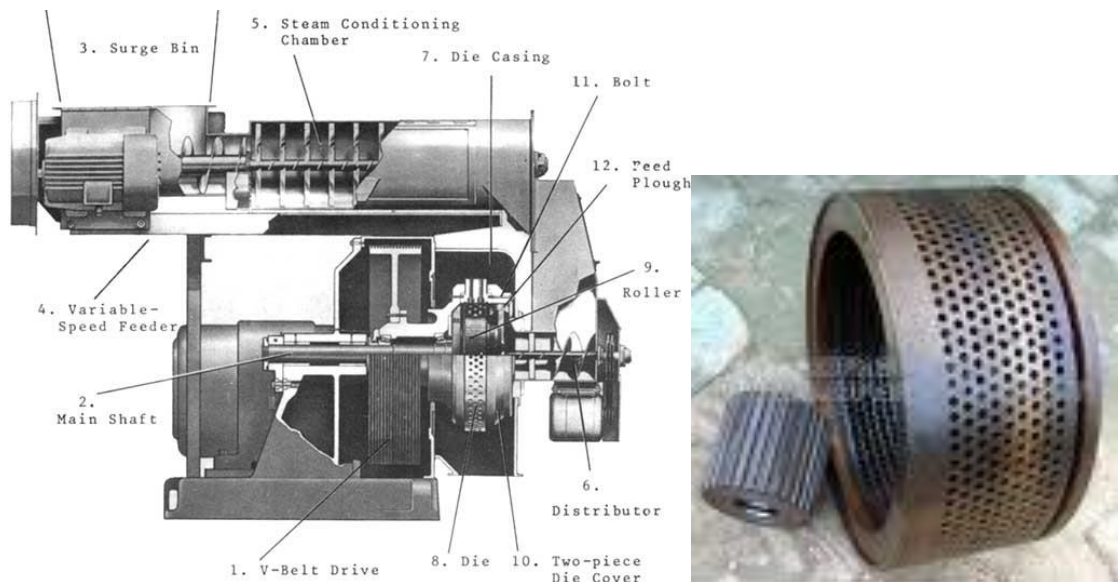
Εικ.7.5 Πελλετομηχανή εργαστηριακού τύπου (Πηγή: προσωπικό αρχείο).

Υπάρχουν 2 κύριοι τύποι πελλετοποίησης :

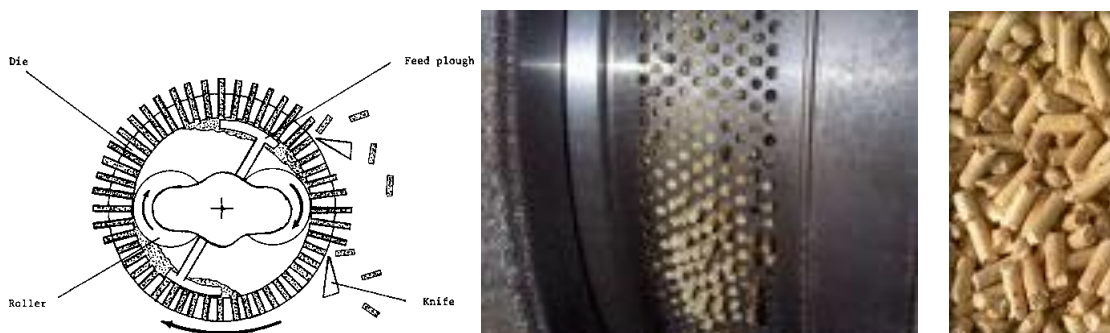
- Πελλετοποίηση απλής συμπύκνωσης
- Πελλετοποίηση εξώθησης (έχει επικρατήσει ο όρος «extrusion»)

7.5.1 Πελλετοποίηση απλής συμπίκνωσης

Κατά την πελλετοποίηση απλής συμπίκνωσης το μίγμα της τροφής τοποθετείται στην ειδική χοάνη της πελλετομηχανής, όπου με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου μεταλλικού κοχλία προωθείται προς την μεταλλική μήτρα εξαγωγής (Εικ. 7.6). Εκεί το μίγμα συμπιέζεται, συγκολλάται και κατόπιν εξωθείται ως «μακαρόνι» από τις κυκλικές οπές που διαθέτει η μήτρα. Έξω από την μήτρα υπάρχει μεταλλικό μαχαίρι, του οποίου η θέση ρυθμίζεται ανάλογα, το οποίο κόβει το εξωθούμενο μίγμα σε κυλινδρικούς κόκκους (πελλέτες) του επιθυμητού μήκους (Εικ. 7.7). Έπειτα, οι πελλέτες πέφτουν σε έναν διάδρομο, συνήθως κυλιόμενο ώστε να μην προσκολούνται και τροφοδοτούνται προς τη μονάδα ψύξης-ξήρανσης.



Εικ. 7.6. Μηχανή πελλετοποίησης και μήτρα (Εικόνες από το διαδίκτυο).



Εικ. 7.7. Σχηματική απεικόνιση της εξαγωγής του μίγματος από τη μήτρα και κοπής συμπηκτων.

Η διαδικασία της πελλετοποίησης, από τη στιγμή που θα εισέλθει το μίγμα εντός του μηχανήματος έως ότου πελλετοποιηθεί διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα έως λίγα λεπτά, ανάλογα το μηχάνημα και το μίγμα. Η προσθήκη ατμού στο μίγμα γίνεται σε σημείο πριν αυτό εισάλλθει στη μήτρα προσθέτοντας υγρασία (συνήθως 4-6% του μίγματος) στην ήδη υπάρχουσα περιεκτικότητα (συνήθως 10-12%) που διαθέτει το μίγμα με αποτέλεσμα οι εξερχόμενες πελλέτες να έχουν μια υγρασία συνήθως 15-16%. Η ποσότητα του ατμού που θα προστεθεί, βέβαια, εξαρτάται και από τη σύσταση του μίγματος και σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται μεγαλύτερη της συνιθισμένης ποσότητας ατμού ώστε το μίγμα να «μαλακώσει» και να εξέλθει ομαλά από την μήτρα. Η θερμοκρασία εντός της πελλετομηχανής καλό είναι να διατηρείται στους 80 – 90 °C διότι η θερμική επεξεργασία του μίγματος βοηθάει στην πελλετοποίηση μέσω της ζελατινοποίησης των υδατανθράκων του μίγματος που προσφέρει συγκολλητικές ιδιότητες. Κατά τη διάρκεια της πελλετοποίησης απλής συμπίκνωσης, η θερμοκρασία του μηχανήματος ενδέχεται να ανέβει υπερβολικά με αποτέλεσμα την υπερβολική υγροποίηση του μίγματος, κάτι το οποίο δυσχαιρένει την πελλετοποίηση.

Στο τέλος της διαδικασίας, η πελλέτα θα πρέπει να περιέχει όλες τις θρεπτικές ουσίες όπως καταρτίστηκε το σιτηρέσιο. Κάποιες απώλειες συνήθως υπάρχουν στις βιταμίνες (ειδικά στην βιταμίνη C) οι οποίες είναι ευπαθείς στην υψηλή θερμοκρασία. Η συνήθης πρακτική είναι η προσθήκη αρκετής ποσότητας βιταμινών πριν την πελλετοποίηση ή έναλλακτικά η προσθήκη του προμίγματος βιταμινών σε στάδιο μετά την πελλετοποίηση κατά τη διάρκεια της επάλειψης των συμπήκτων με έλαιο.

Η ποιότητα των παραγόμενων συμπήκτων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες:

α) το επίπεδο λίπους του μίγματος, το οποίο δεν πρέπει να είναι κάτω από 2–3% για λίπανση των οπών στο καλούπι και μείωση της σκόνης και όχι πάνω από 8–10% για την αποφυγή υπερβολικής λίπανσης του καλουπιού, η οποία προκαλεί ανεπαρκή συμύκνωση του μίγματος,

β) το επίπεδο υγρασίας του μίγματος. Τόσο η ανεπαρκής όσο και η υπερβολική υγρασία στο μίγμα μειώνει τη συνεκτικότητα των συμπήκτων. Τα σύμπηκτα που παρασκευάζονται με ανεπαρκή υγρασία είναι ξηρά και εύθρυπτα, ενώ η υπερβολική υγρασία οδηγεί σε μαλακά σύμπηκτα λόγω της ανεπαρκούς συμύκνωσης,

γ) οι αλλαγές στην ατμοσφαιρική υγρασία μπορεί να είναι ικανές να αλλάξουν την ποιότητα των συμπήκτων. Θα πρέπει να γίνονται προσαρμογές στην ποσότητα ατμού που προστίθεται στο μίγμα και/ή στην ταχύτητα με την οποία το μίγμα ωθείται στον θάλαμο ατμού για να

αντισταθμίσει τις αλλαγές στην ατμοσφαιρική υγρασία. Ο χειριστής του μηχανήματος που κάνει τέτοιου είδους προσαρμογές θα πρέπει να έχει μια σχετική εμπειρία και γνώση των διαφόρων συνθηκών ανάλογα το μίγμα.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι λιπαντικές επιπτώσεις τόσο του λίπους όσο και της υγρασίας μειώνουν την ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται για τη λειτουργία ενός μηχανήματος πελλετοποίησης και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του καλουπιού για τη δημιουργία σύμπηκτων υψηλής ποιότητας.

Η πελλετοποίηση απλής συμπίκνωσης απαιτεί έναν εξοπλισμό που είναι σχετικά χαμηλότερου πάγιου κόστους από εκείνον που απαιτείται για την πελλετοποίηση εξώθησης. Ωστόσο, ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι παράγονται σύμπηκτα που δεν επιπλέουν στο νερό, οπότε η γρήγορη καταβύθιση τους συχνά καταλήγει σε αυξημένες απώλειες τροφής στην ιχθυοκαλλιεργητική μονάδα. Η παραγωγή συμπηκτων που επιπλέουν απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις από ότι η παραγωγή απλών συμπηκτων (ατμού). Για την παραγωγή συμπηκτων που επιπλέουν απαιτείται άλλη μέθοδος πελλετοποίησης (εξώθηση), η οποία έχει υψηλότερο κόστος (πάγιο και λειτουργικό). Ωστόσο, τα οφέλη της χρησιμοποίησης συμπηκτων που επιπλέουν είναι αρκετά αφού επιτρέπουν την ευκολότερη αποδοχή τους από τα εκτρεφόμενα ψάρια, μειώνουν τις απώλειες της τροφής λόγω πιο αργής καταβύθισης, ενώ παράλληλα επιτρέπουν την παρατήρηση της δραστηριότητας σίτισης των ψαριών από τον παραγωγό.

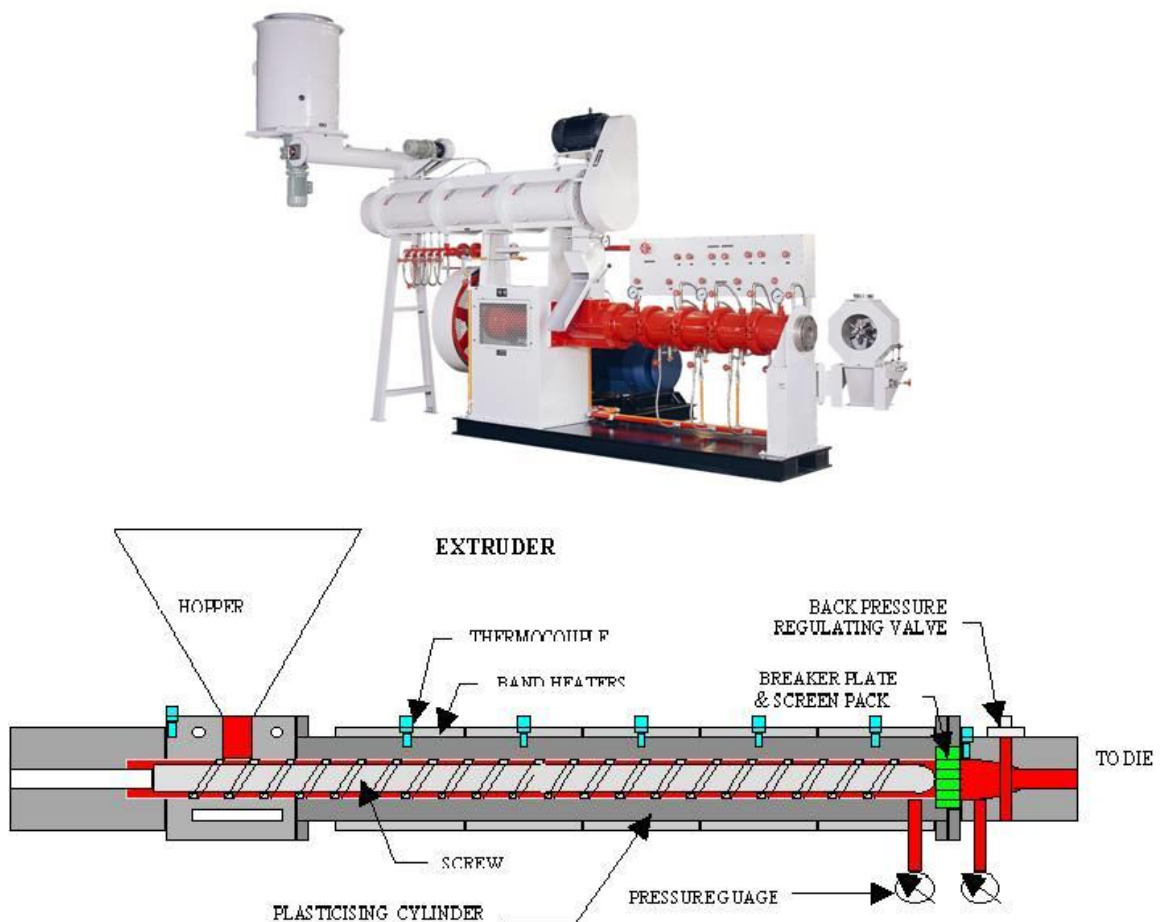
Ένα επιπλέον μειονέκτημα της απλής συμπίκνωσης είναι ότι υπάρχει ένα ανώτατο όριο στην ποσότητα του λίπους που μπορεί να συμπεριληφθεί στο σιτηρέσιο που πρόκειται να πελλετοποιηθεί (συνήθως όχι μεγαλύτερο του 10%). Αυτό συμβαίνει διότι είναι τεχνικά ανέφικτο να συμπεριληφθούν μεγαλύτερα ποσοστά λίπους στο μίγμα με αυτήν την διαδικασία μιας και η επιπλέον ποσότητα λίπους δεν μπορεί να απορροφηθεί εντός του συμπηκτου. Σήμερα, ωστόσο, η σύγχρονη τάση απαιτεί υψηλά ποσοστά λίπους στις ιχθυοτροφές ως κύρια πηγή διαιτητικής ενέργειας. Το παραπάνω, ωστόσο, μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω του ψεκασμού των συμπηκτων με έλαιο μετά την πελλετοποίηση (επιφανειακή διασπορά), ώστε το τελικό προϊόν να περιέχει την επιθυμητή ποσότητα λίπους (π.χ. 16–20%).

7.5.2 Πελλετοποίηση εξώθησης

Η πελλετοποίηση εξώθησης αποτελεί την τεχνολογία που εφαρμόζεται εδώ και τουλάχιστον 2 δεκαετίες για την παρασκευή ιχθυοτροφών, ενώ έχει επικρατήσει και στην τεχνολογία παρασκευής άλλων ζωοτροφών όπως π.χ. τροφές ζώων συντροφιάς, αλλά και

στην τεχνολογία παρασκευής τροφίμων όπως μακαρόνια, σνακς, μπισκότων, νιφάδων δημητριακών κ.λπ.. Η εν λόγω διαδικασία είναι πιο πολύπλοκη μιας και κάνει χρήση διαφορετικών φυσικών συνθηκών και αυτοματοποιημένη από ότι η πελλετοποίηση συμπύκνωσης, επιτρέποντας έτσι τον έλεγχο της πυκνότητας των σύμπηκτων, που επηρεάζει την πλευστότητα τους στο νερό, ενώ επίσης επιτρέπει την προσθήκη πολύ υψηλών επιπέδων λιπιδίων (>10%) στην πελλέτα. Ωστόσο, η αυτοματοποίηση της διαδικασίας εξώθησης την καθιστά και πιο δαπανηρή από την πελλετοποίηση με ατμό.

Η πελλετομηχανή που χρησιμοποιείται ονομάζεται εξωθητής (*extruder*, Εικ. 7.8). Όπως και στην απλή πελλετομηχανή, έτσι και εδώ υπάρχει μία χοάνη όπου υποδέχεται το μίγμα των πρώτων υλών προς πελλετοποίηση και κεντρικά ένας μεταλλικός περιστρεφόμενος κοχλίας που προωθεί το μίγμα στους την μήτρα. Στο εμπόριο διατίθενται και εξωθητές με διπλό κοχλία για καλύτερη προώθηση και συμπήκνωση του μίγματος με αυξημένο, ωστόσο, κόστος αγοράς.



Εικ. 7.8. Πελλετομηχανή εξώθησης (Εικόνες διαδικτύου).

Ο εξωθητής αποτελείται κατά μήκος του κοχλίου από διάφορους θαλάμους, όπου στον καθέ ένα δύναται ο χειριστής να θέτει τις επιθυμητές συνθήκες πίεσης, θερμοκρασίας και εισαγωγής ατμού στο μίγμα. Στον πρώτο θάλαμο συνήθως γίνεται η προετοιμασία του μίγματος όπου το μίγμα θερμαίνεται αρχικά σε μια θερμοκρασία 50-60 °C, ώστε να αρχίζει η ζελατινοποίηση των υδατανθράκων του μίγματος, και προστίθεται ατμός ώστε η συνολική υγρασία του μίγματος να φτάνει περίπου 20-30%. Εντός του ζελατινοποιημένου αμύλου σχηματίζονται δεσμοί, οι οποίοι οδηγούν σε ένα αρκετά συνεκτικό σύμπηκτο. Κατόπιν, το μίγμα προωθείται μέσω του κοχλίου σε 2^ο θάλαμο όπου σταδιακά αυξάνει η θερμοκρασία στους 80-120 °C και η πίεση εντός του θαλάμου ώστε να αρχίσει η συμπίκνωση του. Στις περιπτώσεις όπου ο εξωθητής διαθέτει περισσότερους θαλάμους, η αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης γίνεται σταδιακά και πιο ομαλά καθώς το μίγμα μεταφέρεται από θάλαμο σε θάλαμο. Η θερμοκρασία εντός των θαλάμων δύναται να φτάσει και ως 150 °C σε περιπτώσεις που η συμπίκνωση δεν επιτυγχάνεται εύκολα σε χαμηλότερους βαθμούς. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως η όλη διαδικασία της εξώθησης γίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (κάποια δευτερόλεπτα έως ελάχιστα λεπτά) με αποτέλεσμα η θερμική επεξεργασία του μίγματος σε τόσο υψηλούς βαθμούς να μην προλαβαίνει να καταστρέψει τη θερμική αξία της τροφής. Η εισροή του ατμού είναι και αυτή εμπειρική και γίνεται σε όποιο στάδιο (θάλαμο) κρίνεται αυτό αναγκαίο για τη μείωση της τριβής του μίγματος μέσα στο θάλαμο και για αύξηση της ζελατινοποίησης του αμύλου. Στο τελικό στάδιο, το μίγμα προωθείται σε έναν κωνικό υποδοχέα (μήτρα) που διαθέτει κεντρικά λιγοστές οπές (συνήθως 1, 2 ή 4), εξωτερικού του οποίου βρίσκεται ρυθμιζόμενο μαχαίρι για την κοπή των κυλινδρικών συμπηκτων στο επιθυμητό μήκος.

Η πίεση εντός των θαλάμων είναι αρκετά υψηλότερη από την ατμοσφαιρική και καθώς το μίγμα διαπερνά τις οπές της μήτρας γίνεται μια ταχεία εξώθηση του ως «εκτίναξη» λόγω της διαφοράς από υψηλή σε χαμηλή πίεση. Επίσης, καθώς το μίγμα απομακρύνεται από τη μήτρα, η μείωση της πίεσης και η χαμηλή θερμοκρασία της ατμόσφαιρας οδηγούν σε ξαφνική εκτόνωση του ατμού εντός του μίγματος (σύμπηκτου) προκαλώντας σχηματισμό ενός κενού αέρος μέσα στο σύμπηκτο. Τα εξωθημένα σύμπηκτα μετά την ψύξη και ξήρανση τους έχουν μια πυκνότητα συνήθως 0,25–0,3 g/cm³, ενώ εκείνα της απλής συμπύκνωσης 0,5–0,6 g/cm³. Στο τέλος της διαδικασίας, ο αυτοποιημένος καθαρισμός του κοχλίου και των θαλάμων μέσω των υδραυλικών συστημάτων του επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στην παραγωγή ιχθυοτροφών διαφορετικών συστάσεων.

Τα πλεονεκτήματα της εξώθησης, όπως προαναφέρθηκαν, είναι πολλαπλά:

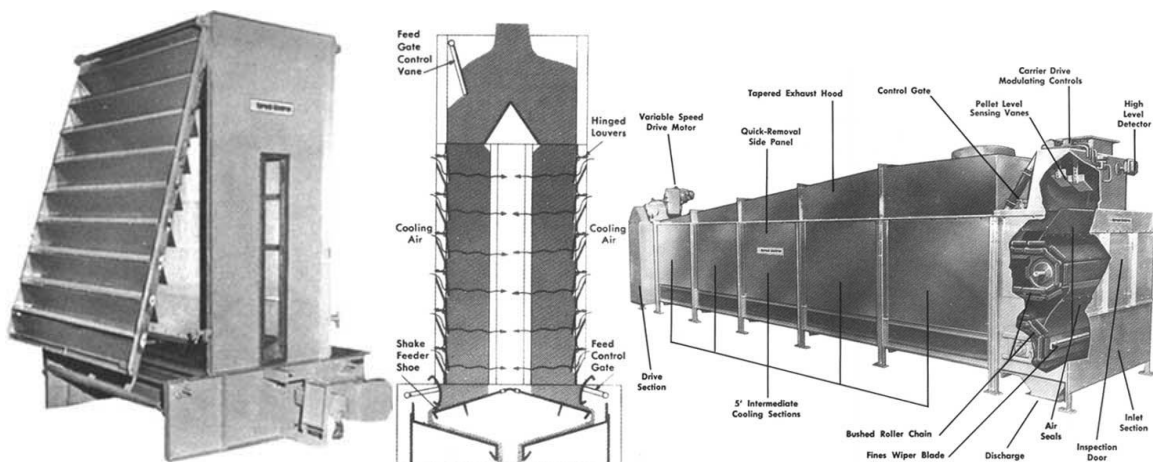
- Καταρχήν, με τη διαδικασία αυτή παρασκευάζονται σύμπηκτα με επιθυμητή πλευστότητα. Έτσι δύνανται να παρασκευαστούν σύμπηκτα ώστε να επιπλέουν στο νερό ή να καταβυθίζονται αργά ή να καταβυθίζονται γρήγορα, ανάλογα με τα εκτρεφόμενα είδη-στόχους.
- Επίσης, λόγω της αυξημένης πίεσης που επιδέχεται το μίγμα δύναται να παρασκευαστούν σύμπηκτα με αυξημένα επίπεδα λιπιδίων, καθώς το έλαιο του σιτηρεσίου συμπίεζεται εντός του συμπήκτου. Παράλληλα, τα εξωθημένα σύμπηκτα είναι σχετικά πορώδη και μπορούν να απορροφήσουν πρόσθετη ποσότητα ελαίου έπειτα από την πελλετοποίηση τους μέσω της διαδικασίας ψακεσμού-επάλειψης-επιφανειακής διασποράς που θα περιγραφεί παρακάτω. Έτσι, τα επίπεδα λιπιδίων των συμπήκτων δύναται να φτάσουν ως και 35% της τροφής, μια πρακτική που εφαρμόζεται στις ιχθυοτροφές του εκτρεφόμενου σολομού.
- Η αυξημένη ζελατινοποίηση των υδατάνθρακων του μίγματος λειτουργεί ως μια πιο ισχυρή συνδετική ουσία στα εξωθημένα σύμπηκτα, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη χορήγησης άπεπτων συγκολλητικών ουσιών που συνήθως προστίθεται στην κατάρτιση των σιτηρεσίων που προορίζονται για πελλετοποίηση απλής συμπήκνωσης. Το ζελατινοποιημένο άμυλο αντιστέκεται στην αποσύνθεση στο νερό, συνεπώς τα εξωθημένα σύμπηκτα είναι πιο σταθερά στο νερό από ότι τα απλά σύμπηκτα. Επίσης, τα εξωθημένα σύμπηκτα ως πιο συνεκτικά, σε αντίθεση με τα απλά σύμπηκτα, έχουν μικρότερες απώλειες μικροσωματιδίων στο νερό με αποτέλεσμα την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Η ισχυρότερη συνεκτικότητα τους, επίσης, πλεονεκτεί και στον χειρισμό της τροφής (μείωση της σκόνης) κατά τη διαδικασία συσκευασίας και αποστολής της τροφής.
- Ένα επίσης σημαντικό πλεονέκτημα της εξώθησης είναι ότι αυξάνει και την, κατά βάση χαμηλή, πεπτικότητα των υδατανθράκων στο μίγμα ως αποτέλεσμα της έκθεσης του μίγματος σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι αυξάνεται η πεπτική ενέργεια της τροφής που θα είναι διαθέσιμη για τα εκτρεφόμενα ψάρια. Με τον τρόπο αυτό δύναται η κατάρτιση ενός σιτηρεσίου να περιέχει υψηλότερα επίπεδα υδατανθράκων από ότι αν τα σύμπηκτα παρασκευάζονταν μέσω της απλής πελλετοποίησης. Αυτό με τη σειρά του μειώνει το κόστος του σιτηρεσίου, ενώ παράλληλα δίνει τη δυνατότητα στα εκτρεφόμενα ψάρια να χρησιμοποιήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη μεταβολική ενέργεια των διαιτητικών υδατανθράκων και να αναβολίσουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις διαιτητικές πρωτεΐνες (*protein sparing effect*).

- Το κόστος παραγωγής των εξωθημένων συμπήκτων είναι ελαφρά υψηλότερο, αλλά λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων τους πλέον έχουν επικρατήσει καθολικά στη βιομηχανία παρασκευής ιχθυοτροφών.

7.6 Ψύξη και ξήρανση των συμπήκτων

Τα σύμπηκτα μετά την πελλετοποίηση τους έχουν αυξημένη θερμοκρασία (περίπου 90-150 °C) και υγρασία (20-30%) και για αυτό και θα πρέπει άμεσα να ψυχθούν και να ξηραθούν. Ειδικότερα, λίγα λεπτά μετά την πελλετοποίηση, τα σύμπηκτα αφήνονται να ψυχθούν στον ατμοσφαιρικό αέρα απλώνοντας τα ως ένα απλό στρώμα πάνω σε μια καθαρή επιφάνεια, όπου τους διοχετεύεται αέρας. Τα σύμπηκτα ξηραίνονται έως ότου η περιεκτικότητά τους σε υγρασία μειωθεί στο 8-12%. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να λαμβάνει χώρα σε κάποιο δροσερό και καλά αεριζόμενο χώρο, κάτι ωστόσο που μπορεί να διαρκέσει αρκετό χρόνο.

Εναλλακτικά, ως κοινή πρακτική της βιομηχανίας, η ψύξη και ξήρανση γίνεται μέσω ειδικού εξοπλισμού-ξηραντήρα, όπου τα σύμπηκτα τοποθετούνται μέσα σε έναν θάλαμο κάθετης ή οριζόντιας διάταξης (Εικ. 7.9), τέτοιας σχεδίασης ώστε να διοχετεύεται ατμοσφαιρικός αέρας σε άμεση επαφή με την εξωτερική επιφάνεια των συμπήκτων. Δύναται να διοχετευτεί και θερμός αέρας (30-40 °C) για την επιτάχυνση της διαδικασίας, αλλά αυτό αυξάνει το συνολικό λειτουργικό κόστος. Η ροή (κάθετη ή οριζόντια) διοχέτευσης των συμπήκτων εντός του ξηραντήρα είναι εμπειρική, αλλά θα πρέπει να διασφαλίζεται η ομοιόμορφη ψύξη και ξήρανση όλων των συμπήκτων που διέρχονται. Η διέλευση μέσω ξηραντήρα συνήθως διαρκεί 10 – 30 λεπτά της ώρας, ανάλογα τη θερμοκρασία του αέρα και την αρχική υγρασία των συμπήκτων.



Εικ. 7.9. Κάθετος και οριζόντιος ξηραντήρας (Πηγή: FAO 1978)

7.7 Επάλειψη με έλαιο

Τα μίγματα πρώτων υλών που έχουν υψηλά επίπεδα λιπιδίων (> 15%) τις περισσότερες φορές δεν μπορούν να πάρουν τη μορφή συμπήκτων, εκτός από την περίπτωση της εξώθησης με διπλοκόχλιο εξωθητή, γιατί τα λιπίδια λιπαίνουν το μίγμα περιορίζοντας έτσι τη συμπύκνωση του. Ως κοινή πρακτική, αρχικά στο μίγμα προστίθεται μια ποσότητα ελαίου ώστε να είναι ικανή η πελλετοποίηση του και η υπόλοιπη ποσότητα ελαίου προστίθεται κατόπιν της πελλετοποίησης, της ψύξης και ξήρανσης των συμπήκτων. Αυτό γίνεται μέσω μεταφοράς των συμπήκτων εντός ειδικού θαλάμου συνεχούς ψεκασμού με έλαια. Ο ψεκασμός (ή αλλιώς επιφανειακή διασπορά) των ελαίων στα σύμπηκτα δίνει τη δυνατότητα επίτευξης πολύ υψηλών επιπέδων λιπιδίων στην ιχθυοτροφή. Επίσης, ουσίες ευαίσθητες στη θερμότητα, όπως ένζυμα, χρωστικές, βιταμίνες, ελκυστικές ουσίες κ.λπ. μπορούν να προστεθούν στο ψεκαζόμενο έλαιο και έτσι να συμπεριληφθούν στο σύμπηκτο μετά την πελλετοποίηση χωρίς τη μερική καταστροφή τους.

7.8 Διαλογή συμπήκτων - κοσκίνισμα

Κατά τη διαδικασία της πελλετοποίησης, ταυτόχρονα με τα σύμπηκτα, παράγονται πολλά μικρά σωματίδια μίγματος τα οποία δεν πελλετοποιήθηκαν (θρύμματα). Για τον λόγο αυτόν, πριν την συσκευασία τα σύμπηκτα θα πρέπει να κοσκινίζονται ώστε να γίνει διαλογή αυτών από τα θρύμματα. Η διαλογή γίνεται συνήθως μέσω ενός παλλόμενου, δονούμενου κόσκινου, ενώ τα θρύμματα δύναται να επιστρέψουν πίσω στο αρχικό μίγμα για πελλετοποίηση. Ακόμη και όταν οι συνθήκες είναι βελτιστοποιημένες, ένα σημαντικό ποσοστό του αρχικού μίγματος ανάγεται σε λεπτόκοκκα σωματίδια (θρύμματα).

7.9 Συσκευασία και αποθήκευση

Τελευταίο στάδιο χειρισμού μιας ιχθυοτροφής σε μια μονάδα παρασκευής αποτελεί η τοποθέτηση των συμπήκτων σε σάκους και η αποθήκευσή τους σε κατάλληλες συνθήκες. Η διαδικασία αυτή είναι αυτοματοποιημένη με τα σύμπηκτα να κατευθύνονται μέσω κυλιόμενων διαδρόμων προς ένα μηχάνημα συσκευασίας. Η συνηθισμένη συσκευασία είναι σε σάκο των 25 Kg, και οι σάκοι στιβάζονται σε ‘παλέτες’ συνήθως του 1 τόνου, τυλιγμένοι με πλαστική ταινία που διευκολύνει τη μεταφορά τους και αποτρέπει την θραύση των συμπήκτων και το σκίσιμο των σάκων. Ο κάθε σάκος φέρει ετικέτα με την κωδικοποίηση της τροφής και πληροφορίες σχετικά με τη θρεπτική σύσταση της τροφής, τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν κ.λπ. Οι ιχθυοτροφές θα πρέπει να αποθηκεύονται σε σκιαζόμενους ή κλειστούς χώρους όπου η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 20–22°C και η σχετική υγρασία

παραμένει κάτω του 75%. Ο μέγιστος χρόνος αποθήκευσης για τροφές υπό μορφή σύμπηκτων μετά την παραγωγή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι, μεταξύ άλλων, ο τύπος παραγωγής, η κατάρτιση, η χρήση αντιμικροβιακών ενώσεων, οι συνθήκες αποθήκευσης, και η ποσότητα και πηγή του διαιτητικού λίπους. Ο χρόνος αποθήκευσης μιας ξηρής τροφής (<12% υγρασία) δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 3 μήνες, ενώ μιας υγρής τροφής (>20% υγρασία) τους 2 μήνες. Μεγαλύτεροι χρόνοι αποθήκευσης μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια θρεπτικών ουσιών και/ή προβλήματα οξείδωσης των λιπών. Αν η τροφή έχει διατηρηθεί πέρα από το συνιστούμενο χρόνο αποθήκευσής της, πρέπει να απορριφθεί. Οποιαδήποτε ένδειξη μούχλας ή κακοσμίας σε έναν σάκο τροφής είναι λόγος για απόρριψη ολόκληρου του σάκου.



Εικ. 7.10. Σάκοι και παλέτες ιχθυοτροφών (Εικόνες διαδικτύου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Ποιοτικός έλεγχος ιχθυοτροφών

Ο ποιοτικός έλεγχος μιας ιχθυοτροφής γίνεται για την αξιολόγηση της σχετικά με την επιθυμητή θρεπτική σύσταση, τον υπολογισμό δηλαδή πιθανών απωλειών θρεπτικών ουσιών κατά τη διάρκεια της πελλετοποίησης και για την ανίχνευση τυχόν ανεπιθύμητων και απαγορευμένων ουσιών (π.χ. μυκοτοξίνες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, βαρέα μέταλλα, γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς κ.λπ.). Για το σκοπό αυτόν, στις μονάδες παρασκευής ιχθυοτροφών γίνεται δειγματοληψία συμπήκτων σε κάθε τακτά διαστήματα με σκοπό τον εργαστηριακό τους έλεγχο. Βάσει της ισχύουσας ελληνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας, ο ποιοτικός έλεγχος των ιχθυοτροφών αναφορικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες θα πρέπει να γίνεται παράλληλα και από δύο πιστοποιημένα εξωτερικά εργαστήρια και για το σκοπό αυτό κάθε μονάδα παρασκευής ιχθυοτροφών υποχρεούται να στέλνει δείγματα.

Για να είναι ασφαλή τα αποτελέσματα του ελέγχου, το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του συνόλου και επαρκούς ποσότητας. Το δείγμα καθίσταται αντιπροσωπευτικό αν είναι τυχαίο. Βάσει νομοθεσίας, το κάθε δείγμα φέρει σήμανση με την ονομασία της τροφής, την ακριβή ώρα και ημερομηνία δειγματοληψίας κ.λπ. και συντάσσεται πρακτικό δειγματοληψίας. Από το δείγμα αυτό ένα μέρος του θα αναλυθεί εργαστηριακά και το υπόλοιπο θα πρέπει να αποθηκευτεί για πιθανό απαιτούμενο έλεγχο από αρμόδιο εξωτερικό φορέα.

Η χημική ανάλυση των ιχθυοτροφών περιλαμβάνει μια σειρά εργαστηριακών πρωτοκόλλων που είναι ευρέως αποδεκτά όπως π.χ. Official Methods of Analysis (Επίσημες Μέθοδοι Ανάλυσης) της Ένωσης Αναγνωρισμένων Αναλυτικών Χημικών (AOAC). Η εκτίμηση της θρεπτικής σύστασης μιας ιχθυοτροφής γίνεται εργαστηριακά με τον ποσοτικό προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών που περιέχει και πολλές φορές ερευνάται η συμβολή καθενός από αυτά ή όλων μαζί στο φαινόμενο της θρέψης των ψαριών, μέσω πειραμάτων πεπτικότητας και ισολογισμού της πρωτεΐνης και της ενέργειας. Ο προσδιορισμός όλων των θρεπτικών συστατικών μιας ιχθυοτροφής, αν και είναι δυνατός με ειδικές αναλυτικές τεχνικές, δεν είναι πάντα σκόπιμος και αναγκαίος. Ο βασικός έλεγχος επί μιας ιχθυοτροφής απαιτεί το προσδιορισμό κυρίως των ολικών πρωτεϊνών, ολικών λιπιδίων, ολικές τέφρας (ανόργανης ουσίας), υγρασίας και ολικής ενέργειας, αν και σε πολλές περιπτώσεις οι μονάδες παρασκευής ιχθυοτροφών προχωρούν σε περαιτέρω αναλύσεις όπως, σύσταση αμινοξέων, λιπαρών οξέων, βιταμινών, ανοργάνων στοιχείων πεπτής ενέργειας, πεπτής πρωτεΐνης κ.λπ. για την απόκτηση λεπτομερούς γνώσης σχετικά με τη θρεπτική

σύσταση και διατροφική αξία του τελικού τους προϊόντος. Αξίζει να αναφερθεί πως η τελική αξιολόγηση μιας ιχθυοτροφής ως προς τη διατροφική της αξία θα πρέπει να γίνεται μέσω διεξαγωγής διατροφικών πειραμάτων και δοκιμών είτε σε εργαστηριακή κλίμακα είτε σε κλίμακα ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας.

Υπάρχουν αρκετά εργαστηριακά πρωτόκολλα και μηχανήματα προσδιορισμού της θρεπτικής σύστασης μιας ιχθυοτροφής. Παρακάτω παρατίθενται τα πρωτόκολλα και οι εργαστηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο Εργαστήριο Φυσιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

8.1 Προσδιορισμός υγρασίας – ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός της υγρασίας/ ξηρής ουσίας μιας ιχθυοτροφής μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δείγμα 1-5 g μέσω της ξήρανσης του σε φούρνο στους 105°C για 24 ώρες και μέχρι απόκτηση σταθερού βάρους. Το ποσοστό της ξηρής ουσίας/υγρασίας υπολογίζεται ως εξής:

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

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

Όμοια,

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

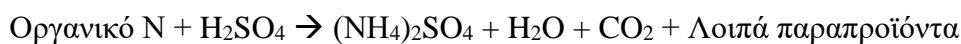
$$\text{Υγρασία \%} = (W_{\text{υγρασία}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

8.2 Προσδιορισμός ολικών πρωτεϊνών

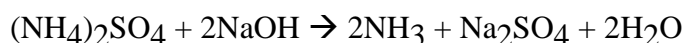
Ο προσδιορισμός των ολικών πρωτεϊνών μιας ιχθυοτροφής γίνεται μέσω του προσδιορισμού των ολικών αζωτούχων ουσιών της και υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την περιεκτικότητα σε άζωτο με έναν παράγοντα μετατροπής. Κατά μέσο όρο, οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% άζωτο, έτσι η περιεκτικότητα σε άζωτο πολλαπλασιάζεται με το 6,25 (100/16). Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο Kjeldahl. Εναλλακτικά, το άζωτο μπορεί να μετρηθεί απευθείας με χρήση ενός αναλυτή αζώτου. Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων με τη μέθοδο Kjeldahl έχει ως εξής:

Δείγμα τροφής βάρους 0,2g μεταφέρεται σε δοκιμαστικό σωλήνα πέψης και προστίθενται 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5g Potassium Sulphate K_2SO_4 και 5g copper (II) Sulphate $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Στην συνέχεια, προστίθεται 15ml πυκνού θειικού οξέως (H_2SO_4) και ο σωλήνας τοποθετείται στην συσκευή πέψης. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους 150°C για 85min. Με την συσκευή

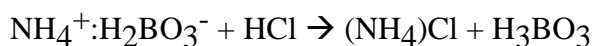
πέψης επιτυγχάνεται ο βρασμός του δείγματος και με την βοήθεια του πυκνού θεικού οξέως πραγματοποιείται η διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:



Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης, το δείγμα κατόπιν τοποθετείται σε συσκευή απόσταξης (Εικόνα 8.1), στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία της απόσταξης διαρκεί 6 min. Το θεικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θεικό νάτριο (Na_2SO_4). Η αμμωνία (NH_4) έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ (H_3BO_4) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνεται σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ερυθρού του μεθυλενίου (δείκτη pH). Το τελικό στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η τιτλοδότηση του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχούς ανακίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίζεται από τη σχέση:
$$\text{N \%} = [(\text{ml HCl} - \text{ml τυφλού}) \times 0,8754] / W_{\text{δειγ/τος}}$$



Εικόνα 8.1: Συσκευή απόσταξης και τιτλοδότησης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

8.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών μιας ιχθυοτροφής δύναται να γίνει με τη μέθοδο εκχύλισης Soxhlet. Προζυγισμένο δείγμα τροφής 1-3 g τοποθετείται σε χάρτινο ηθμό, οποίος εν συνεχεία τοποθετείται σε προζυγισμένο γυάλινο δοχείο εκχύλισης. Στο δείγμα προστίθεται ένας οργανικός διαλύτης (π.χ. 150ml πετρελαϊκού αιθέρα) και το δοχείο εν συνεχεία τοποθετείται σε μια συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet Εικ. 8.2). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, το δείγμα θερμένεται στους 150 °C για 30 min υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου λαμβάνει χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφάται και εκπλύνεται στο δείγμα για 1,5h, όπου λαμβάνει χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφάται ο διαλύτης με αποτέλεσμα το ολικό λίπος του δείγματος να παραμένει στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων του οργανισμού διαλύτη ενδέχεται το δοχείο να μεταφερθεί σε φούρνο για 15min στους 50°C. Στη συνέχεια το δοχείο τοποθετείται σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και κατόπιν επαναζυγίζεται. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

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



Εικόνα 8.2. Συσκευή εκχύλισης λίπους (Soxhlet) (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

8.4 Προσδιορισμός τέφρας

Σε προζυγισμένο πυρίμαχο δοχείο ζυγίζεται δείγμα τροφής (1-5 g) και στη συνέχεια τοποθετείται σε αποτεφρωτήρα. Η διαδικασία πραγματοποιείται στους 600°C για τουλάχιστον 3h. Μετά το πέρας της διαδικασίας το δοχείο με το αποτεφρωμένο δείγμα επαναζυγίζεται εφόσον αποκτήσει θερμοκρασία δωματίου. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

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

Ενδεικτική βιβλιογραφία

- Alltech (2017) και (2018). 7th and 8th annual global feed survey. <https://go.alltech.com/alltech-feed-survey>
- De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1995. Fish nutrition in aquaculture. Chapman & Hall, London.
- FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture. <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>
- Folch, T., Lee, M. and Sloane-Stanley, G.H. 1957. *J. Biol. Chem.* 266, 436-509.
- Halver, J.E. 1989. Fish Nutrition, 2nd ed. Academic Press. New York.
- Hardy R.W 1989. In “Fish Nutrition” (J.E. Halver, ed), pp. 475-548. Academic Press. New York.
- Hardy R.W. and Barrows, F.T. 2002. In “Fish Nutrition” (J.E. Halver and R.W. Hardy, eds), pp. 505-600. Academic Press. New York.
- Harris, L.E. 1980. In “Fish Feed Technology” (K.W.Chow and T.V.R.Pillay, eds), pp. 113-168. UNDP, FAO, ADCP, Rome.
- Jauncey K. (1985). Tilapia feeds and feeding. Pisces Press, pp. 515.
- Langdon, C.J. 2000. In “Encyclopedia of Aquaculture” (R.R. Stickney, ed), pp. 529-530. John Wiley & Sons, New York.
- Lovell, R.T. 1998. Nutrition and Feeding of Fish, 2nd ed.. Kluwer Academic, Boston.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington D.C.
- Pigott, G.M. and Tucker, B.W. 2002. In “Fish Nutrition” (J.E. Halver and R.W.Hardy eds), pp. 651-669. Academic Press. New York.
- Webster, C.D. and Lim, C.E. 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI publishing, UK.
- Ζέρβας, Γ.Π. 2007. Κατάρτιση σιτηρεσιών παραγωγικών ζώων, Σταμούλης, Α. Αθήνα.
- Σπαής Α.Β., Φλώρου-Πανέρη, Π. Και Χρηστάκη, Ε. 2002. Ζωοτροφές και σιτηρέσια. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Ιστοσελίδες

- FAO (1978). ADCP/REP/80/11 - Fish Feed Technology. <http://www.fao.org/docrep/x5738e/x5738e00.htm>