

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Περιγραφή θρεπτικής σύστασης πρώτων υλών και εμπορικών  
ιχθυοτροφών ελληνικής ιχθυοκαλλιέργειας»**

**ΜΗΤΣΟΥΛΑ ΣΟΦΙΑ**

**ΒΟΛΟΣ 2020**

«Περιγραφή θρεπτικής σύστασης πρώτων υλών και εμπορικών ιχθυοτροφών ελληνικής  
ιχθυοκαλλιέργειας»

Διμελής Εξεταστική Επιτροπή :

**Παναγιωτάκη Παναγιώτα**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**

**Καραπαναγιωτίδη Ιωάννης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**

**Γκολομάζου Ελένη**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Προστασία-Ευζωία Ιχθύων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κα. Παναγιώτα Παναγιωτάκη για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, αποτελούμενη από την κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη και την κα. Ελένη Γκολομάζου, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την βιομηχανία ιχθυοτροφών Ζωονομή ABEE, και συγκεκριμένα τις κα. Ειρήνη Βαρβατσούλη - Δημάκη και κα. Άννα Μουστόγιαννη για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά τους, όσον αφορά την προμήθεια των ιχθυοτροφών και των πρώτων υλών, καθώς επίσης τον κ. Πιέρ Ψωφάκη και κα. Μαντώ Ασημάκη για την αμέριστη συμπαράσταση τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προκειμένου να χορηγηθούν στους ιχθύες τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την κάλυψη των αναγκών τους είναι απαραίτητη η γνώση της διαιτητικής αξίας των χρησιμοποιούμενων ιχθυοτροφών καθώς και των πρώτων υλών, που συντελούν στον καταρτισμό του σιτηρεσίου. Η εκτίμηση της θρεπτικής αξίας των ιχθυοτροφών και των πρώτων υλών πραγματοποιείται με τη διεξαγωγή χημικών αναλύσεων, οι οποίες επιτρέπουν τον προσδιορισμό των ολικών αζωτούχων ενώσεων, των ολικών λιπαρών ουσιών, των υδαταθράκων, των ινών ουσιών, της τέφρας, της υγρασίας και της ενέργειας. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκαν σύμφωνα με τις Επίσημες Μεθόδους Ανάλυσης (Official Methods of Analysis) της Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), ως προς την περιεκτικότητά τους σε ολικές αζωτούχες ενώσεις, ολικά λιπαρές ουσίες, τέφρα, υγρασία και ενέργεια 14 σύνθετες εμπορικές ιχθυοτροφές και 7 πρώτες ύλες που παρήχθησαν από την βιομηχανία ιχθυοτροφών Ζωονομή ΑΒΕΕ. Στην συνέχεια, τα αποτελέσματα της αναλυτικής χημείας συγκρίθηκαν με τις περιεκτικότητες των αντίστοιχων θρεπτικών ουσιών που προσδιορίστηκαν με την χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου και του θερμοζυγού. Σε κάποιες ιχθυοτροφές εμφανίστηκαν υψηλές τιμές παραλλακτικότητας κατά τον προσδιορισμό των ολικών αζωτούχων ενώσεων, των ολικών λιπαρών ουσιών και της υγρασίας μεταξύ των 2 μεθόδων, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές παραλλακτικότητες κατά τον προσδιορισμό της τέφρας και της ενέργειας. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα ποσοστά υγρασίας των ιχθυοτροφών και πρώτων υλών που υπολογίστηκαν με τον θερμοζυγό και την αναλυτική χημεία.

Λέξεις κλειδιά: θρεπτικά συστατικά, ιχθυοτροφές, Επίσημες Μέθοδοι Ανάλυσης, φασματοσκοπία εγγύς υπερύθρου

## Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1.1	Ελληνική υδατοκαλλιέργεια και ιχθυοτροφές.....	8
1.2	Παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών.....	13
1.3	Νομοθεσία ζωοτροφών .....	14
1.3.1	Γενικές απαιτήσεις για την ασφάλεια των ζωοτροφών.....	15
1.3.2	Διασφάλιση της ασφαλούς διατροφής των ζώων.....	17
1.3.3	Υγιεινή των ζωοτροφών.....	19
1.3.4	Πρόσθετες ύλες ζωοτροφών.....	21
1.3.5	Εμπορία – Επισήμανση ζωοτροφών .....	23
1.3.5.1	Ασφάλεια και εμπορία .....	23
1.3.5.2	Επισήμανση.....	24
1.3.5.3	Συσκευασία .....	25
1.3.6	Διασφάλιση των κατάλληλων ελέγχων στις ζωοτροφές .....	25
1.4	Θρεπτικά συστατικά.....	26
1.4.1	Πρωτεΐνες.....	27
1.4.2	Λιπίδια.....	32
1.4.3	Υδατάνθρακες .....	34
1.4.4	Βιταμίνες.....	35
1.4.5	Ανόργανα στοιχεία.....	39
1.5	Πρώτες ύλες ιχθυοτροφών .....	41
1.5.1	Ιχθυάλευρο.....	42
1.5.2	Πτεράλευρο.....	45
1.5.3	Σογιάλευρο.....	46
1.5.4	Άλευρο ελαιοκράμβης .....	47
1.5.5	Σιτάρι - Γλουτένη σίτου .....	48
1.5.6	Ηλιάλευρο .....	50
1.5.7	Αιματάλευρο .....	51
1.6	Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου .....	52
1.7	Σκοπός.....	53
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	55
2.1	Πειραματικός σχεδιασμός .....	55
2.2	Χημικές αναλύσεις .....	55

2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας .....	55
2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ενώσεων .....	57
2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών .....	60
2.2.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	62
2.2.5 Προσδιορισμός θερμικής αξίας .....	62
2.2.6 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ενώσεων, ολικών λιπαρών ουσιών, υγρασίας και τέφρας με τη χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου (NIR) .....	63
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	65
3.1 Ιχθυοτροφές.....	65
3.2 Πρώτες ύλες .....	80
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	88
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	91
5.1 Ελληνόγλωσση.....	91
5.2 Ξενόγλωσση.....	93
5.3 Ηλεκτρονική.....	94
5.4 Τεχνικά έγγραφα - αναφορές - εκθέσεις αξιολόγησης.....	95
6. ABSTRACT .....	96

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Ελληνική υδατοκαλλιέργεια και ιχθυοτροφές

Η Ελλάδα, τα τελευταία 25 χρόνια, ανταποκρινόμενη έγκαιρα στις διαμορφώμενες προκλήσεις και προοπτικές στη παραγωγή προϊόντων υδατοκαλλιέργειας παρουσίασε μία εντυπωσιακή και πρωτόγνωρη σε παγκόσμιο επίπεδο ανάπτυξη στο τομέα αυτό. Αξιοποιώντας τα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα του Ελληνικού αρχιπελάγους, ο πλέον δυναμικός, παραγωγικός και αποδοτικός κλάδος της υδατοκαλλιέργειας, αυτός της Θαλάσσιας Ιχθυοκαλλιέργειας, αναπτύχθηκε με ρυθμούς που σύντομα κατέστησαν τη χώρα ως η από τις πρώτες σε παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου.

Η πιο παλιά μορφή υδατοκαλλιέργειας είναι εκτατικού τύπου καλλιέργεια σε διάφορες λιμνοθάλασσες της Ελλάδας (π.χ. Αμβρακικός Κόλπος, Πόρτο Λάγος, Κεραμωτή κ.ά.) με παραδοσιακού τύπου ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις, όπως τα διβάρια στη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου. Το 1951 ιδρύθηκε ο 1<sup>ος</sup> κρατικός ιχθυογενετικός σταθμός, στις πηγές του Λούρου, για την εκκόλαψη γονιμοποιημένων αβγών της πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) που εισάγονταν από το εξωτερικό. Ο γόνος αυτός προοριζόταν είτε για τον εμπλουτισμό ποταμών της βόρειας Ελλάδας και την ενίσχυση της αλιείας της πέστροφας είτε για τη δημιουργία μονάδων καλλιέργειας. Το 1965 ιδρύθηκε ο 2<sup>ος</sup> κρατικός ιχθυογενετικός σταθμός στην Έδεσσα, επίσης για την παραγωγή γόνου πέστροφας, ο οποίος στη συνέχεια χορηγούνταν δωρεάν στους καλλιεργητές. Τη δεκαετία του 1970 η πεστροφοκαλλιέργεια εξακολούθησε να αποτελεί την κύρια μορφή υδατοκαλλιέργειας, ενώ η εμφάνιση των πρώτων θαλασσοκαλλιεργειών έγινε μόλις στις αρχές της δεκαετίας του 1980 (Βουλτσιάδου κ.ά., 2015). Ακόμα, μέχρι το 1985 εκτός από τις ιχθυοκαλλιέργειες εκτατικής μορφής των λιμνοθαλασσών, τις εντατικές ιχθυοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων (κυρίως πέστροφα), υπήρχε και η μυδοκαλλιέργεια.

Κύρια αιτία αυτής της ανάπτυξης είναι η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση των προϊόντων λόγω της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου σε μεγάλες πληθυσμιακές ομάδες. Επίσης,



εκτός από τις ιδανικές γεωμορφολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες των Ελληνικών θαλασσών, η ανάπτυξη του κλάδου στηρίχθηκε σε σημαντικό βαθμό στις επιτυχείς επιχειρηματικές πρωτοβουλίες και το έντονο εγχώριο επενδυτικό ενδιαφέρον, στα ερευνητικά και τεχνολογικά επιτεύγματα της εγχώριας και της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας, καθώς και στην Ευρωπαϊκή και Εθνική πολιτική οικονομικών ενισχύσεων.

Ο συνδυασμός των παραπάνω είχε σαν αποτέλεσμα μία δυναμική πορεία αύξησης των μονάδων και των όγκων παραγωγής, τόσο υπό την μορφή ψαριού σε εμπορεύσιμο μέγεθος, όσο και του γόνου αυτών ως εμπορικό προϊόν.

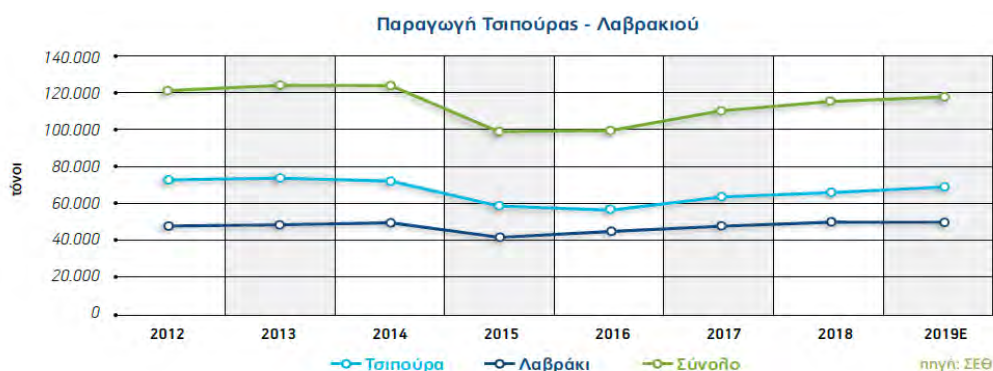
Συγκεκριμένα, το 1980 μόλις το 2% της εγχώριας προσφοράς αλιευτικών προϊόντων προερχόταν από την υδατοκαλλιέργεια (1.963 τόνοι) και το υπόλοιπο 98% από τη συλλεκτική αλιεία (105.651 τόνοι) (ΣΕΘ, 2019). Η αναλογία αυτή άρχισε σταδιακά να μεταβάλλεται. Με αποτέλεσμα το 2017 το 62% της εγχώριας παραγωγής αλιευτικών προϊόντων να αποτελείται από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 38% από την συλλεκτική αλιεία (Σχήμα 1), σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO). Από την παραγωγή αυτή, τα ψάρια που εκτρέφονται σε θαλάσσια ύδατα αντιπροσωπεύουν το 97% του όγκου των ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας, ενώ μόλις το 2% προέρχεται από την ιχθυοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων (ΣΕΘ, 2019).



Σχήμα 1: Προσφορά αλιευτικών προϊόντων στη Ελλάδα 1950-2017

Αναλυτικότερα, στην Ελλάδα εκτρέφονται κυρίως ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας και όστρακα. Το 2017 ο συνολικός όγκος παραγωγής ανήλθε σε 125.772 τόνους αξίας 534,95

εκ. ευρώ. Τα ψάρια αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραγωγής (85% του όγκου και 99% της αξίας) και ακολουθούν τα μύδια (12% του όγκου και μόλις το 1% της αξίας παραγωγής). Στις ελληνικές θάλασσες εκτρέφονται μεσογειακά είδη. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του ΣΕΘ (2019) η παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού το 2018 στην Ελλάδα ανήλθε σε 117.000 τόνους (Σχήμα 2), η τσιπούρα αντιστοιχεί στο 57% του όγκου παραγωγής και το λαβράκι στο 43%. Σε αυτούς του τόνους συμπεριλαμβάνονται 800 τόνοι βιολογικής τσιπούρας και λαβρακιού (ΣΕΘ, 2019).



Σχήμα 2: Παραγωγή τσιπούρας - λαβρακιού

Τα τελευταία χρόνια εκτρέφονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες και άλλα είδη μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας όπως ο κρانيός, το φαγκρί, το μυτάκι και η συναγρίδα. Αν και αντιπροσωπεύουν μόλις το 3% του όγκου παραγωγής θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας, η παραγωγή τους αυξάνεται ετησίως (Σχήμα 3). Από τα νέα είδη ο κρانيός και το φαγκρί κατέχουν τα μεγαλύτερα μερίδια παραγωγής με 46% και 50% αντίστοιχα, ενώ ακολουθεί το μυτάκι με 4% (ΣΕΘ, 2019).



Σχήμα 3: Παραγωγή νέων ειδών 2012-2018

Η 2<sup>η</sup> πιο σημαντική κατηγορία εκτροφής είναι η οστρακοκαλλιέργεια, όπου στην Ελλάδα εκτρέφεται σχεδόν αποκλειστικά το Μεσογειακό μύδι. Επιπλέον σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η καλλιέργεια εσωτερικών υδάτων και συγκεκριμένα η εκτροφή της ιριδίζουσας πέστροφας, του κυπρίνου και του ευρωπαϊκού χελιού (ΣΕΘ, 2019).

Ο εξαγωγικός προσανατολισμός της Ελληνικής θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας υπήρξε έντονος από τα πρώτα κιόλας χρόνια της ανάπτυξης της. Η συνέπεια των παραδόσεων και της κάλυψης της αγοραστικής ζήτησης με προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας, εγγυημένης φρεσκάδας και πιστοποιημένης ποιότητας κατέστησαν τα προϊόντα του κλάδου αναγνωρίσιμα σε απαιτητικές αγορές, τόσο των Ευρωπαϊκών όσο και τρίτων χωρών (ΥΠΕΞ, 2008). Αναλυτικότερα ο ΣΕΘ αναφέρει πως οι εξαγωγές του κλάδου το 2018 εκτιμώνται σε 87.155 τόνους εκ των οποίων το 72% διοχετεύτηκε σε αγορές της Ε.Ε. και 7% σε τρίτες χώρες.

Οι ιχθυοτροφές αποτελούν τη βασικότερη πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία καθώς αντιπροσωπεύουν το 57-59% του κόστους παραγωγής. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοτροφές είναι κυρίως ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια, δημητριακά, φυτικές πρωτεΐνες και προϊόντα ελαιούχων σπόρων, τα οποία εισάγονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους από τη Νότια Αμερική, τη Βόρεια Ευρώπη και την Αφρική. Στην Ελλάδα υπάρχουν 8 παρασκευαστές σύνθετων ιχθυοτροφών, τρεις εταιρείες ιχθυοκαλλιέργειας που κατέχουν ή συμμετέχουν σε εταιρείες παρασκευής ιχθυοτροφών, ενώ υπάρχει και μια εταιρεία που δραστηριοποιείται κυρίως στην παρασκευή ζωοτροφών και έχει στην ιδιοκτησία της μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας (ΣΕΘ, 2019).

Οι πωλήσεις τροφών το 2018 ανήλθαν περίπου σε 255.000 τόνους (Σχήμα 4). Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, εξ' αυτών το 95% των τροφών που καταναλώθηκαν παράχθηκε σε ελληνικά εργοστάσια, το υπόλοιπο 4,5% εισάχθηκε από εμπορικές επιχειρήσεις και ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως του 0,5% αφορούσε εισαγωγές από το εξωτερικό. Η αξία των πωλήσεων των ιχθυοτροφών το 2018 ανήλθε σχεδόν σε 265,2 εκ. ευρώ (ΣΕΘ, 2019).



Σχήμα 4: Πωλήσεις τροφών 2012-2018

Η ζήτηση των ιχθυοτροφών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πορεία του κλάδου της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας, δεδομένου ότι οι παραγόμενες ιχθυοτροφές προορίζονται σχεδόν αποκλειστικά για την κάλυψη των αναγκών των μονάδων του κλάδου. Η αυξημένη εγχώρια παραγωγή ιχθυοτροφών είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης του κλάδου της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας, αλλά και της απόκτησης εγχώριας τεχνογνωσίας στις τροφές που προορίζονται για την τσιπούρα και το λαβράκι. Σήμερα οι τροφές που παράγονται στην Ελλάδα καλύπτουν τα 80-85% των αναγκών.

Κατά το διάστημα 2010-2013, σημειώθηκε υψηλός ρυθμός αύξησης της παραγωγής και των πωλήσεων ιχθυοτροφών, οι οποίες από 237.100 τόνους περίπου το 2010 ανήλθαν σε 246.800 τόνους το έτος 2013. Το έτος 2014 σημειώθηκε μείωση στις ποσότητες πωλήσεων ιχθυοτροφών σε ποσοστό 6,5% (πωλήσεις ιχθυοτροφών το έτος 2014, 231.700 τόνους), η οποία συνεχίστηκε και το έτος 2015. Λόγω της ραγδαίας αύξησης του κόστους των πρώτων υλών παραγωγής ιχθυοτροφών, στο χρονικό αυτό διάστημα και σε μια προσπάθεια ορισμένων επιχειρήσεων για συγκράτησή των τιμών πώλησης, σημειώθηκε διαφοροποίηση της σύνθεσης των ιχθυοτροφών (όπως η περιεκτικότητα σε ιχθυέλαια και ιχθυάλευρα, με αντικατάσταση μέρους αυτών από άλευρα φυτικής προέλευσης). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το 2013 επετράπη η χρήση Μεταποιημένων Ζωικών Πρωτεϊνών (ΜΖΠ) από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία βοηθά στη μείωση του κόστους της τροφής (Κανονισμός ΕΕ 56/2013).

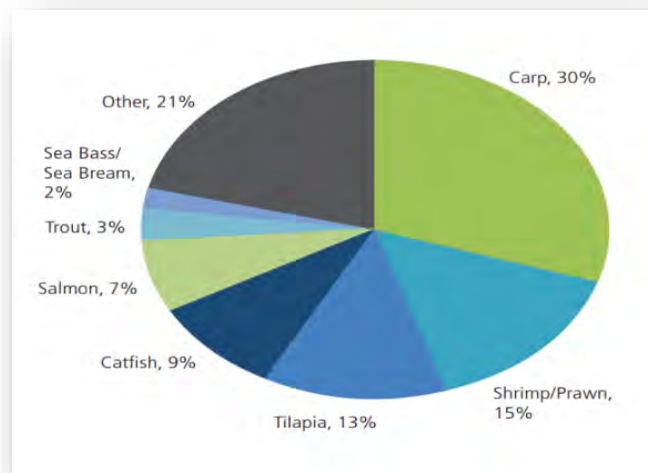
## 1.2 Παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών

Σύμφωνα με την 9<sup>η</sup> ετήσια έρευνα ζωοτροφών της εταιρείας Alltech που δημοσιεύτηκε το 2020, στην οποία συμμετέχουν 144 χώρες από όλον τον κόσμο, οι ποσότητες των ιχθυοτροφών που παρήχθησαν το έτος 2019 αυξήθηκαν κατά 4% σε σχέση με την παραγωγή του έτους 2018. Αναλυτικότερα, η έρευνα αναφέρει πως η ήπειρος της Ασίας αύξησε την παραγωγή της κατά 1,5 εκατομμύρια τόνους το 2019. Το ποσοστό συμμετοχής της Ασίας στην παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών ήταν 73,2% το έτος 2019, ενώ το 2017 ήταν 70%. Συγκεκριμένα, οι χώρες που συνέβαλαν περισσότερο στην αύξηση της παραγωγής ιχθυοτροφών είναι η Κίνα, το Μπαγκλαντές και το Βιετνάμ. Αντίθετα, η παραγωγή ιχθυοτροφών στη Ευρώπη μειώθηκε. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην πτώση του ποσοστού παραγωγής της Ρωσίας, η οποία το 2019 αύξησε τις ποσότητες ιχθυοτροφών που εισάγει. Το 2019 παράχθηκαν 41 εκατομμύρια τόνοι ιχθυοτροφών (Σχήμα 5).

<b>Africa</b>	<b>0.6</b>
<b>Asia-Pacific</b>	<b>30.0</b>
<b>Europe</b>	<b>3.8</b>
<b>Latin America</b>	<b>4.2</b>
<b>Middle East</b>	<b>0.5</b>
<b>North America</b>	<b>1.7</b>
<b>Oceania</b>	<b>0.2</b>
<b>Total</b>	<b>41.0</b>

Σχήμα 5: Παραγωγή ιχθυοτροφών σε εκατομμύρια τόνους για το έτος 2019

Το έτος 2017 στην Κίνα η παραγωγή ιχθυοτροφών μειώθηκε κατά 5%, γεγονός που οφείλεται στην εμφάνιση ασθενειών στους ιχθύες, στις αλλαγές που έγιναν στην κατανάλωση των ιχθυοτροφών, καθώς στην αναδιάρθρωση της βιομηχανίας. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο σε αυτή την πτώση διαδραμάτισαν οι κυβερνητικοί έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν στις πρακτικές του ταΐσματος των ιχθύων, στην ασφάλεια των ιχθυοτροφών και ιδιαίτερα στην χρήση των αντιβιοτικών. Ακόμα, το έτος 2017 το 30% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυοτροφών προοριζόταν να καταναλωθεί από εκτρεφόμενους κυπρίνους, ενώ το 15% από εκτροφές γαρίδες (Σχήμα 6) (Alltech, 2018).



Σχήμα 6: Ποσοστά κατανάλωσης ιχθυοτροφών από διάφορα είδη υδρόβιων οργανισμών το έτος 2017

### 1.3 Νομοθεσία ζωοτροφών

Οι στόχοι της ευρωπαϊκής πολιτικής για την ασφάλεια των τροφίμων και των ζωοτροφών είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας και των συμφερόντων των καταναλωτών και η προώθηση της καλής λειτουργίας της ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς. Γι' αυτό τον λόγο, η Ευρωπαϊκή Ένωση μεριμνά για τη θέσπιση και την τήρηση προτύπων ελέγχου στους τομείς της υγιεινής των ζωοτροφών, της πρόληψης της μόλυνσης των ζωοτροφών από εξωτερικές ουσίες, της σήμανσης και της συσκευασίας τους.

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, μετά από μια σειρά κρίσεων στον τομέα των τροφίμων και των ζωοτροφών (π.χ. η εμφάνιση της Σπογγώδους Εγκεφαλοπάθειας και η ανησυχία για τις διοξίνες), πραγματοποιήθηκε μία ουσιαστική μεταρρύθμιση της πολιτικής της ΕΕ για την ασφάλεια των τροφίμων. Καθορίστηκε η προσέγγιση «από το αγρόκτημα στο τραπέζι», με την οποία εξασφαλίζεται υψηλό επίπεδο ασφάλειας σε όλα τα στάδια της διαδικασίας παραγωγής και διανομής για όλα τα τρόφιμα που τίθενται σε εμπορία εντός της ΕΕ, είτε παράγονται στην ΕΕ είτε εισάγονται από τρίτες χώρες. Οι επιχειρήσεις ζωοτροφών πρέπει να εξασφαλίζουν ότι όλα τα στάδια παραγωγής,

μεταποίησης και διανομής που βρίσκονται υπό τον έλεγχό τους, συνάδουν με τους κανόνες της ΕΕ για την υγιεινή των ζωοτροφών και πρέπει να διασφαλίζουν την πλήρη ιχνηλασιμότητα των προϊόντων τους. Το μέτρο αυτό περιλαμβάνει επίσης τις εισαγωγές και τις εξαγωγές ζωοτροφών από και προς τρίτες χώρες.

### 1.3.1 Γενικές απαιτήσεις για την ασφάλεια των ζωοτροφών

Οι ζωοτροφές θεωρούνται ως μη ασφαλείς, όσον αφορά τη χρήση για την οποία προορίζονται, όταν έχουν δυσμενή επίδραση στην υγεία των ανθρώπων ή των ζώων, ή/και όταν καθιστούν τα τρόφιμα που προέρχονται από τα παραγωγικά ζώα μη ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση. Αν μια μη ασφαλής ζωοτροφή αποτελεί μέρος μιας παρτίδας, θεωρείται ότι όλη η παρτίδα δεν είναι ασφαλής.

Η νομοθεσία για τις ζωοτροφές εφαρμόζεται σε όλα τα στάδια της παραγωγής, της μεταποίησης, της μεταφοράς και της διανομής των ζωοτροφών. Σύμφωνα με τον Καν. (ΕΚ) 178/2002 οι επιχειρήσεις ζωοτροφών πρέπει :

- να διασφαλίζουν την ανιχνευσιμότητα των ζωοτροφών σε όλα τα στάδια παραγωγής και διανομής.

Η διασφάλιση της ανιχνευσιμότητας τόσο των εισροών της κτηνοτροφικής μονάδας ή της επιχείρησης ζωοτροφών, όσο και των προϊόντων που διακινούνται από αυτές, αναγνωρίζεται α) με το όνομα και τη διεύθυνση του προμηθευτή ή της επιχείρησης/κτηνοτροφικής μονάδας που έχουν προμηθεύσει, β) με το είδος, την ημερομηνία και την ποσότητα των εισροών ή προϊόντων που έχουν προμηθευτεί ή που έχουν προμηθεύσει.

- να αποσύρουν άμεσα ζωοτροφές από την αγορά, ή να ανακαλούν προϊόντα που έχουν ήδη προμηθεύσει, εάν θεωρείται ότι αυτά είναι βλαβερά για την υγεία,
- να ενημερώνουν τις αρμόδιες αρχές και τους καταναλωτές όταν χρειάζεται.

Οι ζωοτροφές που διατίθενται ή ενδέχεται να διατεθούν στην αγορά της Κοινότητας ή/και εκτός Κοινότητας πρέπει να φέρουν κατάλληλη επισήμανση, ώστε να διευκολύνεται η ανιχνευσιμότητά τους, μέσω κατάλληλων εγγράφων ή πληροφοριών (EFSA, 2017).

## **Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές - RASFF**

Σύμφωνα με τον Καν. (ΕΚ) 178/2002 συστήνεται ως δίκτυο, ένα σύστημα ταχείας ειδοποίησης για τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές (Rapid Alert System for Food and Feed – RASFF), με σκοπό την ταχεία ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των αρχών στον τομέα της δημόσιας υγείας για κινδύνους που σχετίζονται με τρόφιμα και ζωοτροφές. Ο κανονισμός (ΕΕ) 16/2011 της Επιτροπής καθορίζει τα μέτρα εφαρμογής του RASFF. Όλα τα μέλη του RASFF διαθέτουν μια υπηρεσία που λειτουργεί σε εικοσιτετράωρη βάση και εξασφαλίζει την αποστολή, παραλαβή και διεκπεραίωση των επειγουσών κοινοποιήσεων σε όσο το δυνατό πιο σύντομο χρονικό διάστημα. Χάρη στο RASFF αποφεύχθηκαν πολλοί κίνδυνοι σχετικοί με την ασφάλεια των τροφίμων και των ζωοτροφών, προτού να είναι επιβλαβείς για τους καταναλωτές. Μέλη του δικτύου αυτού είναι όλα τα κράτη - μέλη της ΕΕ, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA). Επίσης, η Ελβετία και οι χώρες του ΕΟΧ Νορβηγία, Λιχτενστάιν και η Ισλανδία είναι μέλη του συστήματος RASFF.

Η διαδικασία αρχίζει με την κοινοποίηση από μέλος του δικτύου RASFF σχετικά με την ύπαρξη σοβαρού, άμεσου ή έμμεσου, κινδύνου για τη δημόσια υγεία που σχετίζεται με τα τρόφιμα ή τις ζωοτροφές. Οι πληροφορίες αυτές φτάνουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (διαχειριστής του συστήματος), η οποία, με τη σειρά της, επαληθεύει την κοινοποίηση και τη διαβιβάζει αμέσως στα άλλα μέλη του δικτύου. Χρησιμοποιείται ένα κοινό υπόδειγμα για την παροχή όλων των σχετικών και χρήσιμων πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων της ταυτοποίησης του προϊόντος, του/των διαπιστωθέντος/-ων κινδύνου/-ων, του/των ληφθέντος μέτρου/-ων, καθώς και των πληροφοριών σχετικά με τον εντοπισμό του προϊόντος. Οι άλλες χώρες-μέλη, όταν λάβουν τις πληροφορίες, ελέγχουν αν η περίπτωση τους αφορά. Αν το προϊόν βρίσκεται στην αγορά τους, τότε είναι σε θέση να το εντοπίσουν χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχονται στην κοινοποίηση. Κατόπιν υποβάλλουν έκθεση σχετικά με τις διαπιστώσεις τους και τα μέτρα που έλαβαν, με σκοπό τη διαφανή και αμοιβαία πληροφόρηση όλων των μελών του RASFF.

Στην περίπτωση προϊόντων από την ΕΕ, το κράτος μέλος καταγωγής του προϊόντος υποβάλλει επίσης έκθεση για το αποτέλεσμα των ερευνών του σχετικά με την καταγωγή, τη διανομή και την αιτία του διαπιστωθέντος προβλήματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο, δίνεται



στα άλλα κράτη μέλη η δυνατότητα να αναλάβουν ταχεία δράση, αν και όταν χρειαστεί. Επιπλέον, μετά από μια κοινοποίηση από μέλος του RASFF, το σύστημα επιτρέπει στις χώρες-μέλη να ζητήσουν διευκρινίσεις ως προς το χρόνο, το πεδίο εφαρμογής ή τη φύση της κοινοποίησης. Για παράδειγμα, όταν υπάρχουν στοιχεία από τα οποία προκύπτει ότι ένα περιστατικό θα μπορούσε να είχε αναφερθεί νωρίτερα, είναι δυνατόν να ζητήσουν από την κοινοποιούσα χώρα να δώσει εξηγήσεις (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017).

Οι κοινοποιήσεις RASFF προέρχονται από μια ποικιλία δεδομένων. Περίπου οι μισές από αυτές αφορούν σε ελέγχους στα εξωτερικά σύνορα της ΕΕ, στα σημεία εισόδου ή συνοριακών σταθμών ελέγχου, όταν ένα φορτίο δε γίνεται δεκτό για εισαγωγή [χαρακτηρισμός: «border control – consignment detained» («συνοριακός έλεγχος – δεσμευθέν φορτίο»)] ή όταν λαμβάνεται δείγμα προς ανάλυση στα σύνορα [χαρακτηρισμός: δειγματοληπτικός έλεγχος («screening»)] και το φορτίο αποδεσμεύεται [border control - consignment released («συνοριακός έλεγχος – αποδεσμευθέν φορτίο»)]. Ακολουθούν οι κοινοποιήσεις που προέρχονται από επίσημους ελέγχους στην εσωτερική αγορά. Τέλος, άλλες κοινοποιήσεις μπορούν να προκύψουν από καταγγελίες καταναλωτών, από εταιρείες που κοινοποιούν τα αποτελέσματα ελέγχων που διενεργήθηκαν με δική τους πρωτοβουλία ή από περιστατικά τροφικής δηλητηρίασης (European Commission, 2017).

### 1.3.2 Διασφάλιση της ασφαλούς διατροφής των ζώων

Το 2002 εκδόθηκε η Οδηγία 2002/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές, η οποία τέθηκε σε ισχύ στις 30 Μαΐου 2002.

*Ως ανεπιθύμητη ουσία ορίζεται κάθε ουσία ή προϊόν, εξαιρουμένων των παθογόνων παραγόντων, που βρίσκεται επάνω ή /και μέσα στον προϊόν που προορίζεται για ζωοτροφές και συνιστά δυνητικό κίνδυνο για την υγεία των ζώων ή του ανθρώπου ή για το περιβάλλον ή θα μπορούσε να έχει αρνητική επίδραση στη ζωική παραγωγή.*

Η εν λόγω Οδηγία εφαρμόζεται σε όλα τα προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών για ζωοτροφές, των πρόσθετων υλών και των συμπληρωματικών ζωοτροφών.

Κύριος σκοπός της είναι:

- να καθορίσει την ανώτατη περιεκτικότητα για ανεπιθύμητες ουσίες και προϊόντα (επιμολυντές) στις ζωοτροφές (συμπεριλαμβανομένων των εισαγωγών) που διατίθενται στην αγορά της ΕΕ, και
- να περιορίσει τους κινδύνους μόλυνσης των ζωοτροφών από τις ουσίες και τα προϊόντα που είναι τοξικά ή επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή.

Συγκεκριμένα, περιέχει έναν κατάλογο των ανεπιθύμητων ουσιών και προσδιορίζει τις οριακές τιμές, για τις οποίες απαγορεύεται η παρουσία αυτών των ουσιών σε ζωοτροφές.

Ο κατάλογος περιλαμβάνει τις κάτωθι κατηγορίες ανεπιθύμητων ουσιών :

- Ανόργανοι ρύποι και αζωτούχες ενώσεις, όπως αρσενικό, κάδμιο, φθόριο, μόλυβδος, υδράργυρος, νιτρώδη άλατα, μελαμίνη.
- Μυκοτοξίνες, όπως αφλατοξίνη Β1, εργοτίαση σιτηρών (*Claviceps purpurea*)
- Εγγενής φυτικές τοξίνες, όπως ελεύθερη γκοσσυπόλη, υδροκυανικό οξύ, θεοβρωμίνη, πτητικό σιναπέλαιο.
- Οργανοχλωριούχες ενώσεις (εκτός από διοξίνες και τα PCBs), όπως Aldrin, DDT κ.ά.
- Διοξίνες και PCBs (πολυχλωριωμένα διφαινύλια)
- Επιβλαβής βοτανικές προσμίξεις, όπως σπόροι ζιζανίων που περιέχουν αλκαλοειδή, γλυκοζίτες ή άλλες τοξικές ουσίες, κ.ά.

Ο κατάλογος αυτός ενημερώνεται τακτικά ανάλογα με την εξέλιξη των επιστημονικών και τεχνικών γνώσεων. Σε περίπτωση υπέρβασης της εν λόγω ανώτατης περιεκτικότητας, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε συνεργασία με τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις, διεξάγουν έρευνες για να εντοπίζουν τις πηγές των ουσιών. Ακόμα, σύμφωνα με την Οδηγία πρέπει να ενημερώνουν την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τα ευρήματά τους και για τυχόν μέτρα που λαμβάνονται με στόχο την εξάλειψη ή τη μείωση του επιπέδου των ουσιών.

Για την πρόληψη της απάτης, η Οδηγία απαγορεύει την ανάμειξη (με σκοπό την αραίωση) των προϊόντων που υπερβαίνουν τα ανώτατα όρια, με το ίδιο προϊόν ή με άλλα

που προορίζονται για ζωοτροφές (Διασφάλιση της ασφαλούς διατροφής των ζώων, 2016).

### 1.3.3 Υγιεινή των ζωοτροφών

Το 2005 θεσπίστηκε ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 183/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί καθορισμού των απαιτήσεων για την υγιεινή των ζωοτροφών, ο οποίος εφαρμόζεται από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2006. Ο κανονισμός αυτός περιλαμβάνει κανόνες σχετικά με την παραγωγή, τη μεταφορά, την αποθήκευση και το χειρισμό των ζωοτροφών, με σκοπό την εξασφάλιση ασφαλέστερων ζωοτροφών και, συνεπώς, ασφαλέστερων τροφίμων.

Οι πρωταρχικοί του στόχοι είναι οι εξής:

- η διασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας του καταναλωτή όσον αφορά την ασφάλεια των τροφίμων και των ζωοτροφών
- η ασφάλεια των ζωοτροφών σε όλη την τροφική αλυσίδα, από την πρωτογενή παραγωγή των ζωοτροφών έως και τη διατροφή των ζώων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων,
- η δημιουργία ενός συστήματος ευθύνης και απαιτήσεων, το οποίο εξασφαλίζει ότι οι ζωοτροφές είναι ασφαλείς και καλής ποιότητας, διασφαλίζοντας την ιχνηλασιμότητά τους σε όλη την αλυσίδα των ζωοτροφών.

Ο κανονισμός εφαρμόζεται στις δραστηριότητες των υπευθύνων επιχειρήσεων ζωοτροφών, από την πρωτογενή παραγωγή ζωοτροφών έως και τη διάθεσή τους στην αγορά, καθώς και τη σίτιση των ζώων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων και τις εισαγωγές και εξαγωγές ζωοτροφών από και προς χώρες εκτός της ΕΕ.

Τα βασικά στοιχεία του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 183/2005 για την υγιεινή των ζωοτροφών είναι:

1. η υποχρεωτική εγγραφή όλων των υπευθύνων επιχειρήσεων ζωοτροφών από την αρμόδια αρχή
2. η έγκριση των επιχειρήσεων του κλάδου ζωοτροφών που διεξάγουν διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται περισσότερο ευαίσθητες ουσίες, όπως ορισμένες πρόσθετες ύλες ζωοτροφών, προμείγματα και σύνθετες ζωοτροφές

3. η θέσπιση υποχρεωτικών απαιτήσεων για την παραγωγή ζωοτροφών στα αγροκτήματα
4. οι ενιαίες απαιτήσεις υγιεινής που πρέπει να πληρούνται από όλες τις επιχειρήσεις ζωοτροφών
5. η ορθή πρακτική στον τομέα της υγιεινής που πρέπει να εφαρμόζεται σε όλα τα επίπεδα της γεωργικής παραγωγής και στη χρήση των ζωοτροφών
6. η θέσπιση των αρχών του συστήματος ανάλυσης κινδύνου και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) για τους υπεύθυνους των επιχειρήσεων ζωοτροφών, πλην εκείνων που δραστηριοποιούνται στο επίπεδο της πρωτογενούς παραγωγής (Υγιεινή των ζωοτροφών, 2017).

Για την εφαρμογή του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 183/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, περί καθορισμού των απαιτήσεων για την υγιεινή των ζωοτροφών, οι Υπουργοί Οικονομίας και Οικονομικών & Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων εξέδωσαν την αριθ. 340668/2008 (ΦΕΚ 2422/Β'/28-11-2008) απόφαση.

#### **Σύστημα ανάλυσης κινδύνων και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP)**

Το πρόγραμμα HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) αποτελεί μία συστηματική προσέγγιση στην αναγνώριση, την εκτίμηση της επικινδυνότητας και της σοβαρότητας, καθώς και τον έλεγχο των μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που σχετίζονται με όλα τα στάδια παραγωγής μίας ζωοτροφής, από την ανάπτυξη και συγκομιδή των πρώτων υλών μέχρι την κατανάλωσή της από τα ζώα. Είναι ένα προληπτικό σύστημα διασφάλισης της ασφάλειας των ζωοτροφών, το οποίο προλαμβάνει τους παραπάνω κινδύνους και αναγνωρίζει τα κρίσιμα σημεία ελέγχου, στα οποία μπορούν να ελεγχθούν οι πιθανοί αυτοί κίνδυνοι. Οι διαδικασίες HACCP για κάθε ζωοτροφή αντικατοπτρίζουν τις ιδιαιτερότητες της κάθε ζωοτροφής, των μεθόδων παρασκευής της, καθώς και της εγκατάστασης στην οποία αυτή παράγεται και έχουν ως σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση των οικονομικών πόρων, αλλά και τη γρηγορότερη ανταπόκριση σε πιθανά προβλήματα (Αρβανιτογιάννης κ.ά., 2001).

Σύμφωνα με την νομοθεσία, οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων ζωοτροφών υποχρεούνται να σχεδιάζουν, να εφαρμόζουν και να διατηρούν μόνιμη γραπτή διαδικασία ή διαδικασίες οι οποίες βασίζονται στις αρχές του HACCP και είναι οι ακόλουθες:

α) ο εντοπισμός τυχόν κινδύνων, οι οποίοι πρέπει να προλαμβάνονται, να εξαλείφονται ή να μειώνονται σε αποδεκτά επίπεδα

β) ο εντοπισμός των κρίσιμων σημείων ελέγχου στο ή τα στάδια στα οποία ο έλεγχος είναι ουσιαστικής σημασίας για την πρόληψη ή την εξάλειψη ενός κινδύνου ή για τη μείωσή του σε αποδεκτά επίπεδα

γ) ο καθορισμός των κρίσιμων ορίων σε κρίσιμα σημεία ελέγχου με τα οποία χωρίζεται το αποδεκτό από το μη αποδεκτό όσον αφορά την πρόληψη, την εξάλειψη ή τη μείωση των εντοπιζόμενων κινδύνων

δ) ο καθορισμός και η εφαρμογή ουσιαστικών διαδικασιών παρακολούθησης στα κρίσιμα σημεία ελέγχου

ε) ο καθορισμός διορθωτικών μέτρων, όταν η παρακολούθηση υποδεικνύει ότι ένα κρίσιμο σημείο ελέγχου βρίσκεται εκτός ελέγχου

στ) η καθιέρωση διαδικασιών για να εξακριβώνεται ότι τα μέτρα που περιγράφονται στα σημεία α) έως ε) είναι πλήρη και λειτουργούν. Οι διαδικασίες εξακρίβωσης πρέπει να εκτελούνται τακτικά

ζ) η κατάρτιση εγγράφων και αρχείων ανάλογα με τη φύση και το μέγεθος των επιχειρήσεων ζωοτροφών για να αποδεικνύεται η πραγματική εφαρμογή των μέτρων που περιγράφονται στα στοιχεία α) έως στ).

Όταν πραγματοποιούνται τροποποιήσεις σε προϊόν, σε διαδικασία ή σε οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγής, της μεταποίησης, της αποθήκευσης και της διανομής, οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων ζωοτροφών πρέπει επανεξετάζουν τη διαδικασία και επιφέρουν τις απαιτούμενες αλλαγές. Επιπλέον, οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων ζωοτροφών μπορούν να χρησιμοποιούν οδηγούς ορθής πρακτικής σε συνδυασμό με οδηγούς για την εφαρμογή των αρχών του HACCP.

#### 1.3.4 Πρόσθετες ύλες ζωοτροφών

Το 2003 θεσπίστηκε και εφαρμόζεται από τις 22 Σεπτεμβρίου του 2003 ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1831/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις πρόσθετες ύλες που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων. Η βασική αρχή του είναι,

ότι μόνο εκείνες οι πρόσθετες ύλες που εγκρίνονται δυνάμει της διαδικασίας που προβλέπει ο κανονισμός μπορούν να διατίθενται στην αγορά, να χρησιμοποιούνται και να υφίστανται επεξεργασία στη διατροφή των ζώων, υπό τους όρους που προβλέπει η άδεια τους.

Ειδικότερα ο κανονισμός (ΕΚ) 1831/2003 καθορίζει τη διαδικασία για τη χορήγηση άδειας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη διάθεση στην αγορά και τη χρήση των πρόσθετων υλών ζωοτροφών. Θεσπίζει επίσης κανόνες για την εποπτεία και την επισήμανση των πρόσθετων υλών ζωοτροφών και των προμιγμάτων πρόσθετων υλών ζωοτροφών, ώστε να δημιουργηθεί η βάση για την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου προστασίας της ανθρώπινης υγείας, της υγείας και της καλής διαβίωσης των ζώων, του περιβάλλοντος και των συμφερόντων των χρηστών και των καταναλωτών, ενώ ταυτόχρονα θα εξασφαλίζεται η αποτελεσματική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς.

Οι πρόσθετες ύλες ζωοτροφών:

- δεν πρέπει να επηρεάζουν αρνητικά την υγεία των ζώων, την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον·
- δεν πρέπει να παρουσιάζονται κατά τρόπον που ενδέχεται να παραπλανήσει το χρήστη·
- δεν πρέπει να είναι επιβλαβείς για τον καταναλωτή, αλλοιώνοντας τα διακριτικά γνωρίσματα των ζωικών προϊόντων ή να τον παραπλανούν όσον αφορά τα διακριτικά γνωρίσματα των ζωικών προϊόντων.

Το πρόμιγμα είναι μίγμα πρόσθετων υλών ή μίγμα μιας ή περισσότερων πρόσθετων υλών με πρώτες ύλες ζωοτροφών ή νερού, που χρησιμοποιούνται ως έκδοχα (φορέας) και που δεν προορίζονται, άμεσα, για τη διατροφή των ζώων. Σε ένα πρόμιγμα θα πρέπει να αναγράφεται ευκρινώς, εκτός των πρόσθετων υλών, πάντα και ο φορέας του.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καταρτίζει και τηρεί ενήμερο ένα κοινοτικό μητρώο των πρόσθετων υλών ζωοτροφών. Ο κοινοτικός αυτός κατάλογος των προσθέτων υλών δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το Νοέμβριο του 2005, ενημερώνεται συνεχώς και είναι διαθέσιμος στο κοινό (European Commission, 2020). Στον κατάλογο αυτό μπορεί κανείς να αναζητήσει όλες τις εγκεκριμένες πρόσθετες ύλες με βάση την κατηγορία και τη λειτουργική ομάδα, στην οποία ανήκουν. Για κάθε πρόσθετη ύλη υπάρχει αναφορά στην

νομοθετική πράξη με την οποία θεσπίζονται οι όροι έγκρισης χρήσης της, η ημερομηνία έγκρισης, η ημερομηνία λήξης της έγκρισης, καθώς και η ημερομηνία πρώτης εγγραφής στο μητρώο.

Ειδικότερα, όσον αφορά τους όρους έγκρισης ορισμένων ιχνοστοιχείων, που χρησιμοποιούνται στις ζωοτροφές, έχει εκδοθεί ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1334/2003 της Επιτροπής. Ο ανωτέρω κανονισμός αφορά στη μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε σίδηρο (Fe), κοβάλτιο (Co), χαλκό (Cu), μαγγάνιο (Mn) και ψευδάργυρο (Zn), ώστε να ικανοποιούνται οι διατροφικές ανάγκες των ζώων, να βελτιωθεί η ζωική παραγωγή και παράλληλα να μειωθούν οι επιβλαβείς συνέπειες από τα περιττώματα των ζώων και να ελαχιστοποιηθούν επίσης οι δυσμενείς συνέπειες από τα επίπεδα αυτών των ιχνοστοιχείων για την ανθρώπινη υγεία και για το περιβάλλον.

### 1.3.5 Εμπορία – Επισήμανση ζωοτροφών

Το 2009 θεσπίστηκε και εφαρμόζεται από τις 21 Σεπτεμβρίου του 2009 ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 767/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη διάθεση στην αγορά και τη χρήση των ζωοτροφών. Ο κανονισμός αυτός αναφέρει τις απαιτήσεις για την επισήμανση, τη συσκευασία και την παρουσίαση των ζωοτροφών

#### 1.3.5.1 Ασφάλεια και εμπορία

Οι ζωοτροφές που διατίθενται στη αγορά πρέπει να τηρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις ασφάλειας και εμπορίας. Αναλυτικότερα, πρέπει να:

- είναι ασφαλείς
- να μην έχουν άμεσες δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον ή στην ευζωία των ζώων
- να είναι υγιεινές, αυθεντικές, ανόθευτες, κατάλληλες για τη σκοπούμενη χρήση και εμπορεύσιμης ποιότητας
- να έχουν επισημανθεί, συσκευαστεί και παρουσιαστεί σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία

- να μην περιλαμβάνουν πρόσθετες ύλες που υπόκεινται σε περιορισμούς ή απαγόρευση όσον αφορά τη διάθεσή τους στην αγορά.

Ακόμα, πρέπει να είναι δυνατή η ανίχνευση της ζωοτροφής σε κάθε στάδιο παραγωγής, επεξεργασίας και διανομής.

#### 1.3.5.2 Επισήμανση

Για κάθε ζωοτροφή που κυκλοφορεί πρέπει να αναγράφονται με ανεξίτηλα, ευανάγνωστα και ευδιάκριτα γράμματα σε ειδικό χώρο κάθε συσκευασίας ή δοχείου ή σε ετικέτα που έχει επικολληθεί σε αυτές οι παρακάτω υποχρεωτικές ενδείξεις και να μην παραπλανούν τον χρήστη, όσο αναφορά τη σκοπούμενη χρήση ή τα χαρακτηριστικά των ζωοτροφών. Σε περίπτωση που οι ζωοτροφές διακινούνται χύμα, όλες οι πληροφορίες αναγράφονται στο συνοδευτικό έγγραφο. Για την ονομασία των πρώτων υλών των ζωοτροφών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κατάλογος πρώτων υλών ζωοτροφών που περιλαμβάνεται στο Καν. (ΕΕ) 2017/1017 της Επιτροπής. Εκτός των υποχρεωτικών ενδείξεων επιτρέπεται και η αναγραφή προαιρετικών ενδείξεων επισήμανσης.

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 767/2009 οι υποχρεωτικές ενδείξεις για την επισήμανση όλων των ζωοτροφών είναι:

- ο τύπος των ζωοτροφών
- η ονομασία και η διεύθυνση του υπεύθυνου της επιχείρησης ζωοτροφών
- ο αριθμός αναφοράς παρτίδας ή φορτίου
- η περιεκτικότητα σε υγρασία
- η καθαρή ποσότητα σε μονάδες μάζας ή όγκου
- ο κατάλογος των πρόσθετων υλών
- η γενετική τροποποίηση (σε ζωοτροφές που παράγονται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς (ΓΤΟ) ή περιέχουν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς)
- η ελάχιστη διάρκεια αποθήκευσης (μόνο για σύνθετες ζωοτροφές)
- τα αναλυτικά συστατικά (μόνο για σύνθετες ζωοτροφές)
- το είδος ή η κατηγορία ζώων για τα οποία προορίζονται (μόνο για σύνθετες ζωοτροφές)
- οι οδηγίες χρήσης (μόνο για σύνθετες ζωοτροφές)



- η ονομασία της πρώτης ύλης (μόνο για τις πρώτες ύλες ζωοτροφές)

#### 1.3.5.3 Συσκευασία

Οι πρώτες ύλες ζωοτροφών και οι σύνθετες ζωοτροφές πρέπει να διατίθενται στην αγορά μέσα σε σφραγισμένες συσκευασίες και περιέκτες. Οι συσκευασίες και οι περιέκτες πρέπει να σφραγίζονται ώστε όταν ανοιχτούν, η σφραγίδα να καταστραφεί και να μην μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, συγκεκριμένες ζωοτροφές μπορούν να διατίθενται στην αγορά χύμα ή σε μη σφραγισμένες συσκευασίες ή περιέκτες.

#### 1.3.6 Διασφάλιση των κατάλληλων ελέγχων στις ζωοτροφές

Τα τρόφιμα και οι ζωοτροφές θα πρέπει να είναι ασφαλή και υγιεινά. Για να διασφαλιστεί η τήρηση των υψηλών προτύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), διενεργούνται επίσημοι έλεγχοι ώστε να εξακριβωθεί η πλήρης εφαρμογή των διαφόρων νομοθετικών πράξεων. Το 2004 θεσπίστηκε και εφαρμόζεται από τις 20 Μαΐου 2004 ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 882/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη διενέργεια επίσημων ελέγχων συμμόρφωσης ως προς τη νομοθεσία ζωοτροφών και τροφίμων και ως προς τους κανόνες για την υγεία και την καλή διαβίωση των ζώων. Τα βασικά σημεία του εν λόγω κανονισμού είναι :

- Οι εθνικές αρχές οφείλουν να διενεργούν επίσημους ελέγχους στις επιχειρήσεις ζωοτροφών, τακτικά και αιφνιδιαστικά, με βάση τυχόν εντοπισθέντες κινδύνους, το αρχείο παρελθούσης συμμόρφωσης των ιδιοκτητών επιχειρήσεων και οποιεσδήποτε πληροφορίες για τυχόν μη συμμόρφωση.
- Οι έλεγχοι των ζωοτροφών μπορούν να διενεργούνται σε οποιοδήποτε από τα στάδια παραγωγής, μεταποίησης ή διανομής.
- Κάθε κυβέρνηση χώρας της ΕΕ πρέπει να ορίσει μια εθνική αρχή, η οποία να μεριμνά για την αποτελεσματικότητα και την ανεξαρτησία των ελέγχων, καθώς και συγκεκριμένα εργαστήρια για τις αναλύσεις των δειγμάτων που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια των ελέγχων.
- Οι κυβερνήσεις οφείλουν να εξασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα επαρκών οικονομικών πόρων για την παροχή του απαραίτητου προσωπικού και άλλων απαιτούμενων πόρων.
- Πρέπει επίσης να έχουν καταρτιστεί εθνικά σχέδια έκτακτης ανάγκης, που να μπορούν να τεθούν σε εφαρμογή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, και όταν

διαπιστώνεται ότι οι ζωοτροφές ή τα τρόφιμα θέτουν σε σοβαρό κίνδυνο ανθρώπους ή ζώα.

- Τα πολυετή εθνικά σχέδια ελέγχου πρέπει να περιλαμβάνουν λεπτομέρειες γενικώς για τη δομή και την οργάνωση των συστημάτων ελέγχου που έχουν θεσπιστεί. Τα εν λόγω σχέδια γνωστοποιούνται στην Επιτροπή μέσω ετήσιων εκθέσεων.
- Οι έλεγχοι εφαρμόζονται επίσης στις εισαγωγές τροφίμων και ζωοτροφών από Τρίτες Χώρες (Διασφάλιση των κατάλληλων ελέγχων στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές, 2015).

Για την εφαρμογή των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 178/2002 και αριθ. 882/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, όσον αφορά τις γενικές αρχές της ασφάλειας και τους επίσημους ελέγχους στις ζωοτροφές, οι Υπουργοί Οικονομίας και Οικονομικών & Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων εξέδωσαν την αριθ. 323306/2007 (ΦΕΚ 1881/Β'/14-9-2007) απόφαση.

#### 1.4 Θρεπτικά συστατικά

Τα θρεπτικά συστατικά (ή θρεπτικές ουσίες ή θρεπτικά στοιχεία) 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. Τα θρεπτικά συστατικά χωρίζονται στις κατηγορίες:

- A. Τις δομικές ουσίες (μακροστοιχεία) που αποτελούνται από τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τους υδατάνθρακες. Οι δομικές ουσίες παρέχουν ενέργεια και απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες από τον οργανισμό,
- B. Τις δυναμικές ουσίες (μικροστοιχεία) που αποτελούνται από τις βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία (Ca, Mg, K, Na, Cl, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Se, Co, I κ.ά.). Οι δυναμικές ουσίες δεν παρέχουν ενέργεια, απαιτούνται σε μικρές ποσότητες από τον οργανισμό και είναι απαραίτητες για διάφορες βιοχημικές διαδικασίες. Τα συστατικά αυτά περιέχονται στις ζωοτροφές, αλλά και στο σώμα των ζώων σε

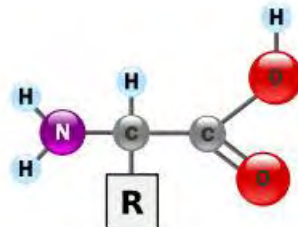
πολύ μικρές ποσότητες, η φυσιολογική τους δε δράση χαρακτηρίζεται από δυναμική παρέμβαση στον κυτταρικό μεταβολισμό (Ζέρβας κ.ά., 2004).

Επιπλέον διακρίνονται σε απαραίτητα και μη απαραίτητα για τον οργανισμό. Μια θρεπτική ουσία θεωρείται απαραίτητη για τον οργανισμό, όταν αυτός δεν είναι ικανός να τη συνθέσει ή αν η συνθετική του ικανότητα είναι ανεπαρκής για την κάλυψη των αναγκών του.

Οι ιχθύες όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, έχουν καθημερινές ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά για την επιβίωση, την ανάπτυξη των οστών, τη σωματική ανάπτυξη, την αναπαραγωγή τους και γενικά για την υποστήριξη όλων των φυσιολογικών λειτουργιών τους (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

#### 1.4.1 Πρωτεΐνες

Απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση της φύσης των πρωτεϊνών είναι η περιγραφή των δομικών τους λίθων, δηλαδή, των αμινοξέων. Τα αμινοξέα είναι μόρια αποτελούμενα από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα, που ονομάζεται α-άνθρακας, ενωμένο με μια αμινομάδα ή αμινική ομάδα (-NH<sub>2</sub>), μια καρβοξυλομάδα (-COOH) και μια πλευρική ομάδα, η οποία συνδέεται μέσω ομοιοπολικού δεσμού με αυτό (Σχήμα 7).



Σχήμα 7: Η γενική δομή ενός α-αμινοξέος, με την αμινομάδα στα αριστερά και την καρβοξυλομάδα στα δεξιά

Παρόλο που οι πρωτεΐνες είναι πολύπλοκα και ευέλικτα μόρια, αποτελούν πολυμερή μόνο των παρακάτω 20 αμινοξέων σε συγκεκριμένη σειρά (Πίνακας 1). Το μήκος των πρωτεϊνών κυμαίνεται από μικρές αλυσίδες (ribonuclease A), που αποτελούνται από 124 αμινοξέα, έως και μεγάλες αλυσίδες (apolipoprotein B), που αποτελούνται από 4.563 αμινοξέα. Αν και τα βασικά τους στοιχεία είναι μόνο 20 αμινοξέα, ο θεωρητικός αριθμός των διαφορετικών πρωτεϊνών είναι τεράστιος δεδομένου ότι για μία ακολουθία n

αμινοξέων υπάρχουν 20ν συνδυασμοί που οδηγούν σε διαφορετικές πρωτεΐνες (Αβραμίδου, 2009).

Πίνακας 1: Τα 20 αμινοξέα κατ' αλφαβητική σειρά που συνθέτουν τις πρωτεΐνες των ζωντανών οργανισμών. Τα φερόμενα με αστερίσκο (\*) είναι τα 10 βασικά αμινοξέα (Αβραμίδου 2009).

Ελληνική ονομασία	Διεθνής σύντμηση
Αλαλίνη	Ala
Αργινίνη*	Arg
Ασπαραγίνη	Asn
Ασπαραγινικό οξύ	Asp
Βαλίνη*	Val
Γλουταμινικό οξύ	Glu
Γλουταμίνη	Gln
Γλυκίνη	Gly
Θρεονίνη*	Thr
Ισολευκίνη*	Ile
Ιστιδίνη*	His
Κυστεΐνη	Cys
Λευκίνη*	Leu
Λυσίνη*	Lys
Μεθειονίνη*	Met
Προλίνη	Pro
Σερίνη	Ser
Τρυπτοφάνη*	Trp
Τυροσίνη	Tyr
Φαινυλαλανίνη*	Phe

Τα αμινοξέα που συνθέτουν μία πρωτεΐνη ενώνονται μεταξύ τους με δεσμούς πεπτιδίων, σχηματίζοντας μία αλυσίδα πολυπεπτιδίων (peptide chain). Ειδικότερα, η καρβοξυλομάδα του ενός αμινοξέος αντιδρά με την αμινομάδα του γειτονικού του,

απελευθερώνοντας ένα μόριο νερού, καθώς δημιουργείται ο πεπτιδικός δεσμός. Οι πεπτιδικοί δεσμοί και η αλληλουχία των αμινοξέων στο πολυπεπτιδικό μόριο συνιστούν την πρωτοταγή δομή των πρωτεϊνών, η πτύχωση του πολυπεπτιδίου τη δευτεροταγή, η παράπλευρη τοποθέτηση των πτυχωτών ή ελικοειδών πεπτιδικών αλυσίδων, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο τα μονομερή αυτά μόρια σχηματίζουν μορφές ανώτερης τάξης, συνιστούν την τριτοταγή δομή των πρωτεϊνών και το τελικό σχήμα που αποκτά το πρωτεϊνικό σύμπλοκο στο χώρο αποτελεί την τεταρτοταγή δομή(Werner, 1989).

Η επίδραση ορισμένων δυσμενών παραγόντων μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμη διαταραχή της τριτοταγούς δομής των πρωτεϊνών με αποτέλεσμα τη μετουσίωση τους που χαρακτηρίζεται από την εξαφάνιση της ειδικότητας και της μορφής του πρωτεϊνικού μορίου. Από τα αίτια που προκαλούν μετουσίωση ιδιαίτερη σημασία για τη διατροφή των ζώων έχει η θερμότητα. Γι' αυτό, ο βαθμός και ο τρόπος θερμικής κατεργασίας των ιχθυοτροφών κατά τη βιομηχανική τους παραγωγή αποτελεί χειρισμό που μπορεί να επηρεάσει (μέχρι και μηδενισμού) την πεπτικότητα των πρωτεϊνών των ιχθυοτροφών αυτών. Η υγρή και ήπια θέρμανση των πρωτεϊνών, όμως προκαλεί τέτοια μετουσίωση ώστε οι πρωτεΐνες να υδρολύονται πιο εύκολα.

Ορισμένα αμινοξέα ο ζωικός οργανισμός μπορεί να τα συνθέσει σε ικανοποιητικές ποσότητες, ώστε να καλύψει τις ανάγκες του, αυτά ονομάζονται «μη απαραίτητα αμινοξέα». Ωστόσο, οι ζωικοί οργανισμοί συμπεριλαμβανομένων των ιχθύων δεν έχουν τη δυνατότητα να συνθέσουν 10 συγκεκριμένα αμινοξέα, τα οποία όμως είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη, την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους. Τα 10 αυτά αμινοξέα καλούνται «απαραίτητα αμινοξέα» και ο ζωικός οργανισμός θα πρέπει να τα προμηθεύεται απευθείας από την τροφή του. Τα απαραίτητα αμινοξέα συντίθενται από μικροοργανισμούς, οι οποίοι μετατρέπουν το οργανικό άζωτο σε αμμωνία και έπειτα σε αμινοξύ. Τα αμινοξέα που ο οργανισμός μπορεί να συνθέσει από κάποια απαραίτητα και μη, όπως π.χ η κυστεΐνη και η τυροσίνη ονομάζονται «ημι-απαραίτητα αμινοξέα». Όμως, ορισμένες φορές δεν συντίθενται σε επαρκείς ποσότητες και συνεπάγεται η διατροφική τους απαίτηση. (Werner, 1989).

Ανάλογα με τη δομή τους οι πρωτεΐνες διακρίνονται σε

- i. Απλές: αποτελούνται μόνο από αμινοξέα, π.χ αλβουμίνες, σφαιρίνες, γλουτελίνες, προλαμίνες κ.τλ
- ii. Σύνθετες: αποτελούνται από μη πρωτεϊνικά μέρη, π.χ νουκλεοπρωτεΐνες, φωσφοροπρωτεΐνες, γλυκοπρωτεΐνες κ.τλ
- iii. Παράγωγα πρωτεϊνών: αποτελούνται από απλές και σύνθετες πρωτεΐνες π.χ πεπτίδια, πολυπεπτίδια

Ακόμα, ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε ινώδεις, σφαιρικές, κολλοειδείς και κρυσταλλώδεις. Επίσης, χωρίζονται με κριτήριο τη λειτουργία τους σε δομικές (όταν αποτελούν τα δομικά υλικά του κυττάρου) και λειτουργικές (όταν συμβάλλουν σε κάποιες λειτουργίες).

Σημασία πρωτεϊνών:

- Αποτελούν βασικό στοιχείο ανάπτυξης του οργανισμού. Τα ψάρια στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης τους έχουν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ποσοστά πρωτεΐνης. Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνες είναι αντιστρόφως ανάλογες με την ηλικία του ψαριού
- Αποτελούν θεμελιώδες συστατικό των κυττάρων, των ιστών και του αίματος
- Το κύριο συστατικό του μυϊκού ιστού είναι οι πρωτεΐνες. Τα μυοϊνίδια αποτελούνται κυρίως από χοντρές ίνες της πρωτεΐνης μυοσΐνης και λεπτές ίνες των πρωτεϊνών ακτίνης και τροπομυοσΐνης. Η μυϊκή συστολή ρυθμίζεται από τη συγκέντρωση ιόντων  $Ca^{++}$ , τα οποία αντιδρούν με μια άλλη σημαντική πρωτεΐνη του μυϊκού ιστού, την τροπονίνη. Επίσης, πρωτεΐνες όπως η ελαστίνη και το κολλαγόνο είναι συστατικά των συνδέσμων των οστών και του συνδετικού ιστού αντίστοιχα
- Έχουν μεταφορικό ρόλο. Παραδείγματος χάριν, η αιμοσφαιρίνη είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά οξυγόνου στο αίμα, ενώ η μυοσφαιρίνη είναι υπεύθυνη για την πρόσληψη οξυγόνου από τους μυς
- Αποτελούν αντισώματα, με τα οποία ο οργανισμός αμύνεται στην εισβολή ενός ξένου σώματος

- Στη μεμβράνη των κυττάρων υπάρχουν πρωτεΐνες – υποδοχείς (γλυκοπρωτεΐνες), ο ρόλος των οποίων είναι να αναγνωρίζουν και να συνδέονται με ουσίες, οι οποίες είναι σημαντικές για το μεταβολισμό των κυττάρων
- Βοηθούν στην ορθή αναπαραγωγική λειτουργία των ιχθύων
- Έχουν ορμονική δράση
- Αποτελούν συστατικό των διαφόρων ενζύμων (απένζυμα)
- Καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες του ζωικού οργανισμού
- Παρέχουν τα αμινοξέα που δεν μπορεί να συνθέσει ο οργανισμός αλλά του είναι απαραίτητα για τις φυσιολογικές λειτουργίες του (Κανδρέλης κ.ά, 2009).

Οι διαιτητικές απαιτήσεις των ιχθύων και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών σε πρωτεΐνες είναι:

- A. Ποιοτικές, δηλαδή απαιτήσεις σε συγκεκριμένα αμινοξέα που πρέπει να περιέχονται στην τροφή τους
- B. Ποσοτικές, δηλαδή απαιτήσεις σε συγκεκριμένα επίπεδα ολικής πρωτεΐνης και αμινοξέων που πρέπει να προσλαμβάνει καθημερινά ο οργανισμός από την τροφή του.

Οι πρωτεΐνες στους ιχθύες αποτελούν το κύριο οργανικό υλικό των ιστών και αντιστοιχούν περίπου στο 65–75% του συνολικού ξηρού βάρους τους. Οι ιχθύες καταναλώνουν πρωτεΐνες για να προμηθευτούν αμινοξέα. Όταν οι πρωτεΐνες πέπτονται ή υδρολύονται, απελευθερώνονται ελεύθερα αμινοξέα τα οποία απορροφώνται από το πεπτικό σωλήνα και διανέμονται μέσω του αίματος στους ιστούς και στα όργανα του σώματος. Αξίζει να σημειωθεί πως οι πρωτεΐνες αποτελούν τη σημαντικότερη ομάδα θρεπτικών συστατικών σε μια ιχθυοτροφή. Τα συστατικά των ιχθυοτροφών που περιέχουν υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών έχουν υψηλότερη αγοραστική τιμή σε σύγκριση με άλλα που χαρακτηρίζονται από χαμηλό πρωτεϊνικό επίπεδο, καθώς διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των ιχθύων αλλά και στην επίτευξη των καθημερινών τους μεταβολικών διεργασιών. Αναλυτικότερα, οι μεταβολικές διεργασίες ταξινομούνται ως:

- Συντήρηση: όπου τα ψάρια χρησιμοποιούν την πρωτεΐνη που περιέχεται στην τροφή τους ώστε να καλύψουν τις καθημερινές τους απώλειες. Αυτές μπορούν να

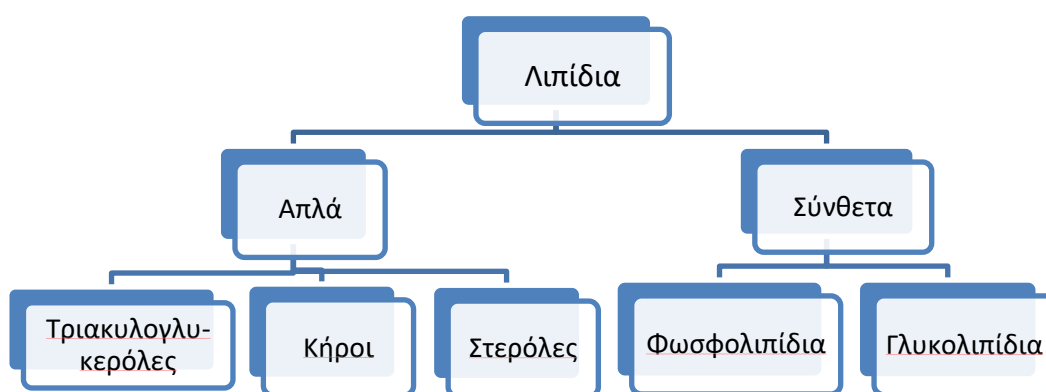
προκληθούν είτε από νέκρωση των κυττάρων είτε από την ενδοσωματική κατανάλωση.

- Καταβολισμός: όπου τα ψάρια μετατρέπουν την πρωτεΐνη ως βάση για την παραγωγή ενέργειας με σκοπό να τη χρησιμοποιήσουν για διάφορες μεταβολικές ενέργειες
- Αναβολισμό: όπου η πρωτεΐνη αποτελεί βάση για την παραγωγή ενδοσωματικής πρωτεΐνης (Παπουτσόγλου, 2008).

#### 1.4.2 Λιπίδια

Τα λιπίδια αποτελούν μια ομάδα οργανικών ενώσεων που βρίσκονται στους ιστούς των φυτών και των ζώων, και έχουν την ιδιότητα να είναι αδιάλυτα στο νερό και διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες όπως ο αιθέρας, το χλωροφόρμιο, η μεθανόλη κτλ. Τα λιπίδια διακρίνονται σε απλά (ουδέτερα) και σύνθετα (πολικά) (Σχήμα 8). Ακόμα, τα λιπίδια κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την απουσία ή την ύπαρξη διπλών δεσμών στην ανθρακική τους αλυσίδα σε:

- Κορεσμένα: στην ανθρακική αλυσίδα δεν υπάρχει διπλός δεσμός
- Μονοακόρεστα: στην ανθρακική αλυσίδα υπάρχει ένας διπλός δεσμός
- Πολυακόρεστα: στην ανθρακική αλυσίδα υπάρχουν δύο ή περισσότεροι διπλοί δεσμοί



Σχήμα 8: Κατηγορίες λιπιδίων

Σημασία λιπιδίων:

- Αποτελούν πηγή ενέργειας για τον οργανισμό. Περιέχουν περισσότερη ενέργεια από τους υδατάνθρακες (κατά  $2^{1/4}$ ) και από τις πρωτεΐνες. Όσο υψηλότερο είναι



το ποσοστό των λιπαρών ουσιών στην ιχθυοτροφή, τόσο υψηλότερο θα είναι το ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους της τροφής

- Αποτελούν θεμελιώδη συστατικό των κυττάρων μεμβρανών (ελέγχουν τη διαπερατότητα, την ελαστικότητα και τη ρευστότητα των κυττάρων) και του αίματος
- Στο στάδιο της ανάπτυξης των ιχθύων συμμετέχουν στον σχηματισμό νέων ιστών του σώματος
- Αποτελούν φορείς των λιποδιαλυτών βιταμινών και χρωστικών ουσιών
- Συμβάλλουν με την παρουσία τους στην απορρόφηση ανόργανων ουσιών (Ca, P) και βιταμινών (A, D, E, K καροτένια)
- Παρέχουν τα απαραίτητα λιπαρά οξέα για τη θρέψη του οργανισμού
- Αυξάνουν τον βαθμό αξιοποίησης (μετατρεψιμότητας) της ιχθυοτροφής
- Αποτελούν πρώτες ύλες για την παραγωγή ορμονών (προσταγλανδίνες, θρομβοξάνια)
- Λόγω της μικρής τους θερμοαγωγιμότητας προστατεύουν τον οργανισμό από την αρνητική επίδραση υψηλών ή χαμηλών θερμοκρασιών μειώνοντας το βαθμό που στρεσάρεται το ψάρι (Κανδρέλης κ.ά, 2009).

Οι διατροφικές απαιτήσεις των ιχθύων και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών σε λιπίδια και λιπαρά οξέα διακρίνονται σε:

- A. Ποιοτικές, δηλαδή απαιτήσεις σε συγκεκριμένα λιπαρά οξέα που πρέπει να περιέχονται στην τροφή τους
- B. Ποσοτικές, δηλαδή απαιτήσεις σε συγκεκριμένες ποσότητες λιπαρών οξέων και ολικών λιπών που πρέπει να προσλαμβάνει καθημερινά ο οργανισμός από την τροφή του.

Όλα τα λιπαρά οξέα απαιτούνται από τον οργανισμό για τις διάφορες φυσιολογικές του λειτουργίες. Ωστόσο, τα ψάρια έχουν την ικανότητα να συνθέσουν τα κορεσμένα και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, αλλά δεν μπορούν να συνθέσουν εντός του σώματος τους τα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, συνεπώς πρέπει να λαμβάνονται απευθείας από την τροφή τους. Για αυτό τον λόγο το α-λινολενικό οξύ (18:3ω-3), το λινολαϊκό οξύ (18:2ω-6), το αραχιδονικό οξύ (20:4ω-6), το εικοσαπενταενοϊκό οξύ (20:5ω-3), το εικοσιδιεξαενοϊκό (22:6ω-3 ή DHA) κ.λπ ονομάζονται απαραίτητα λιπαρά οξέα. Έχει

αποδειχθεί πως όταν υπάρχει ανεπάρκεια ή έλλειψη των ω-3 και ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στην τροφή επέρχεται μειωμένη ανάπτυξη, παθολογικές καταστάσεις και θνησιμότητα των ψαριών (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

Στις ιχθυοτροφές πηγές λιπιδίων αποτελούν τα ιχθυέλαια (ρέγγας, σαρδέλας, μπακαλίου), τα φυτικά έλαια (σογιάλευρο, ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, φοινικέλαιο), τα ελαιούχα σπέρματα, τα έμβρυα των δημητριακών καρπών, τα ηπατάλευρα και όλα τα άλευρα που συμπεριλαμβάνονται στις ιχθυοτροφές ως πηγές πρωτεΐνης. Τα έλαια είναι πλούσια σε λινελαϊκό και ελαϊκό οξύ και φτωχά σε κεκορεσμένα λιπαρά οξέα, ενώ τα λίπη που περιέχονται σε κρεατάλευρα ή στους καρπούς ορισμένων φοινικοειδών έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα ψάρια της θάλασσας και τα ψυχρόφιλα είδη έχουν υψηλότερες ποσοτικές απαιτήσεις σε ω-3 από ότι σε ω-6.

#### 1.4.3 Υδατάνθρακες

Υδατάνθρακες ορίζονται ως ουσίες που περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, με τα τελευταία δύο στοιχεία να είναι παρόντα στην ίδια αναλογία όπως το νερό. Οι υδατάνθρακες συνιστούν τη μεγαλύτερη κατηγορία οργανικών θρεπτικών ενώσεων μέσα στους ιστούς των φυτών (75% της ξηρής ουσίας) και αποτελούν δομικά συστατικά των ιστών των ζωικών οργανισμών. Επιπλέον κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τον αριθμό των μονοσακχαριτών, από τους οποίους αποτελούνται σε χαμηλού μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες) και σε μεγάλου μοριακού βάρους (πολυσακχαρίτες).

Σημασία υδατανθράκων

- Άμεση πηγή ενέργειας
- Αποθηκευμένη πηγή ενέργειας με μορφή γλυκογόνου
- Φθινή πρώτη ύλη
- Υλικό σύνθεσης άλλων ενώσεων όπως μη απαραίτητων αμινοξέων
- Υλικό με συγκολλητικές ιδιότητες απαραίτητο για την τελική μορφή μιας ιχθυοτροφής τύπου πελλέτας (Κανδρέλης κ.ά, 2009).

Ορισμένοι σύνθετοι υδατάνθρακες ονομάζονται ινώδεις ουσίες και θεωρούνται από τους πιο δύσπεπτους υδατάνθρακες. Η πεπτικότητα των ινώδων ουσιών μιας ιχθυοτροφής εξαρτάται από την περιεκτικότητα της τροφής σε ληγνίνη καθώς και από την επίδραση της στο ρυθμό εισόδου του σιτηρεσίου μέσω του πεπτικού σωλήνα.

Οι ιχθύες δεν έχουν «ξεκάθαρες» απαιτήσεις σε υδατάνθρακες στην τροφή τους. Είναι γνωστό πως αδυνατούν να πέψουν μεγάλα ποσά υδατανθράκων, παρότι διαθέτουν τα κατάλληλα πεπτικά ένζυμα (π.χ αμυλάση). Ωστόσο δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο επίπεδο των ολικών υδατανθράκων και στο επίπεδο των κυτταρινών στο σιτηρέσιο των σαρκοφάγων ιχθύων ώστε να μην είναι υψηλά. Αντίθετα, στα σιτηρέσια των φυτοφάγων και παμφάγων ιχθύων το επίπεδο των ολικών υδατανθράκων είναι πιο υψηλό, διότι έχουν τη δυνατότητα να πέπτουν μεγαλύτερες ποσότητες. Γενικά όμως οι υδατάνθρακες δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από τους ιχθύες στον ίδιο βαθμό με τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Παρόλα αυτά, τα ποσοστά πέψης των υδατανθράκων αυξάνονται με την ορθή υδροθερμική επεξεργασία (θέρμανση, νιφάδοποίηση, εξώθηση) (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

#### 1.4.4 Βιταμίνες

Οι βιταμίνες αποτελούν οργανικές ενώσεις που υπάρχουν σε μικροποσότητες στις τροφές. Η λήψη τους μέσω της διατροφής είναι απαραίτητη λόγω του ότι ο οργανισμός δεν μπορεί να τις συνθέσει ή τις συνθέτει σε ανεπαρκείς ποσότητες, που δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του. Οι βιταμίνες χωρίζονται στις κατηγορίες:

- A. Λιποδιαλυτές: είναι διαλυτές στα λιπίδια και απορροφούνται από τον οργανισμό κατά τη παρουσία λίπους. Μπορούν να αποθηκευτούν μέσα στο λίπος του σώματος οποτεδήποτε η διαιτητική πρόληψη υπερβαίνει τις μεταβολικές απαιτήσεις. Η αποθήκευση αυξάνει με τη διαιτητική πρόληψη σε βαθμό που μπορεί να προκύψει τοξική κατάσταση (υπερβιταμίνωση) (Χώτος & Ρογδάκης, 2001).
- B. Υδατοδιαλυτές: είναι διαλυτές στο νερό και έχουν την ικανότητα να αποβάλλονται από τον οργανισμό εύκολα όταν υπάρχουν σε περίσσεια (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Κατηγορίες βιταμινών (Χώτος & Ρογδάκης, 2001).

Υδατοδιαλυτές	Λιποδιαλυτές
B <sub>1</sub> (θειαμίνη)	A (ρετινόλη)
B <sub>2</sub> (ριβοφλαβίνη)	D
B <sub>6</sub> (πυριδοξίνη)	E (τοκοφερόλη)
Παντοθενικό οξύ	K (φυλλοκινόνη)
Νιασίνη	
Βιοτίνη	
Φολικό οξύ	
B <sub>12</sub> (κυανοκοβαλαμίνη)	
Ινοσιτόλη	
Χολίνη	
C (ασκορβικό οξύ)	

Σημασία βιταμινών:

- Συντήρηση επιθηλιακών κυττάρων των ιστών
- Απαραίτητες για την ορθή λειτουργία της όρασης
- Αντικαρκινική και αντιγυραντική δράση
- Ρυθμιστές μεταβολισμού
- Καθοριστική δράση για την υγεία των οστών
- Αντιοξειδωτική δράση
- Απαραίτητες για ενδοκυτταρικές λειτουργίες
- Απαραίτητες για την πήξη του αίματος
- Λειτουργούν ως μεταφορείς των ηλεκτρονίων στις χημικές αντιδράσεις στα κύτταρα και τους ιστούς
- Βασικό συστατικό συνενζύμων
- Επιρροή στην όρεξη, την πέψη, την ανάπτυξη, τη γονιμότητα και το νευρικό σύστημα
- Ενίσχυση αναπαραγωγικού συστήματος
- Ενίσχυση ανοσοποιητικού συστήματος

- Μείωση στρες
- Ενίσχυση του κλεισίματος των πλεγμών
- Λειτουργία ως αναλγητικού πόνου
- Συντελούν στη δημιουργία ερυθρών αιμοσφαιρίων
- Συντελούν στον μεταβολισμό λιπιδίων (Καραπαναγιωτίδης, 2017).

Οι βιταμίνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ιχθυοτροφών και προστίθενται σε αυτές ως τυποποιημένα προμίγματα σε ποσοστό, 0,5–3 % επί της ξηρής ουσίας (Ξ.Ο) της τροφής. Κάθε βιταμίνη έχει διαφορετική δράση στον οργανισμό (Πίνακας 3) και για να καλύπτει μια ιχθυοτροφή το σύνολο των απαιτήσεων των ψαριών θα πρέπει να περιέχει όλες εκείνες τις απαραίτητες βιταμίνες. Αξίζει να σημειωθεί πως οι ιχθυοτροφές περιέχουν επαρκείς ποσότητες βιταμίνης E λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης της. Τα ιχθυάλευρα αποτελούν την κυριότερη ίσως πηγή βιταμινών στην παραγωγή ιχθυοτροφών, ενώ στη συνέχεια ακολουθούν οι πρώτες ύλες φυτικής προελεύσεως, καθώς τα φυτά έχουν την ικανότητα να συνθέτουν όλες τις βιταμίνες και τα ιχθυέλαια (Κανδρέλης κ.ά, 2009). Ακόμα, η χρήση των τροφικών αντιβιοτικών για τη θεραπεία νοσηρών ξεσπασμάτων μπορεί να καταστρέψει τη βιταμινική συνθετική ικανότητα της εντερικής μικροχλωρίδας των ψαριών, που στα παμφάγα και τα φυτοφάγα είδη μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο ως προς τις βιταμινικές απαιτήσεις του ζώου (Χώτος & Ρογδάκης, 2001).

Πίνακας 3: Η δράση και οι κύριες πηγές των βιταμινών στις ιχθυοτροφές (Halver, 2002).

Βιταμίνη	Δράση	Κύρια πηγή στις ιχθυοτροφές
A (ρετινόλη)	Όραση, συντήρηση επιθηλιακών κυττάρων	Ιχθυέλαια
D (καλσιφερόλη)	Ρυθμίζει εναπόθεση Ca, P στα οστά	Ιχθυέλαια
E (τοκοφερόλη)	Αντιοξειδωτική ουσία	Καρπούς σιτηρών
K	Πηκτικότητα του αίματος	Πράσινες φυλλώδεις τροφές
B <sub>1</sub>	Μεταβολισμός CH <sub>2</sub> O, νευρικός ιστός	Ιχθυάλευρα, σιτηρά, χόρτα
B <sub>2</sub>	Μεταβολισμός πρωτεϊνών, λιπιδίων, CH <sub>2</sub> O	Ιχθυάλευρα, σόγια, δημητριακά
Νιασίνη	Μεταφορά H <sup>+</sup> στα κύτταρα	Ιχθυάλευρα, ζύμες, όσπρια
B <sub>6</sub>	Μεταβολισμός πρωτεϊνών	Δημητριακά
Παντοθενικό οξύ	Μεταβολισμός	Σε όλες τις τροφές
Φολικό οξύ	Παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων	Ιχθυάλευρα, σιτηρά
Βιοτίνη	Βιοσύνθεση λιπαρών ουσιών	Σε όλες τις τροφές
B <sub>12</sub>	Παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων	Ιχθυάλευρα
C	Μεταφορέας H <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> , οστά, ορμόνες	Πράσινα λαχανικά
Χολίνη	Μεταβολισμός λιπιδίων	Ιχθυέλαιο, σογιάλευρο, κτλ

Οι μονάδες μετρήσεις των βιταμινών είναι :

- mg/Kg όπου μετριέται το βάρος της ποσότητας

- International Unit (IU) / Kg όπου μετριέται η επίδραση της ποσότητας και βασίζεται στη βιολογική δράση μιας ουσίας στο σώμα. Η μονάδα αυτή ορίστηκε αυθαίρετα από μια επιτροπή ερευνητών της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας και στόχος της ήταν να παρέχει ένα μέτρο της επίδρασης στον οργανισμό μιας ουσίας ανεξάρτητα από τη μάζα της. (Βάρβογλη & Αλεξάνδρου, 1971).

#### 1.4.5 Ανόργανα στοιχεία

Ως ανόργανα συστατικά χαρακτηρίζονται τα χημικά στοιχεία που βρίσκονται στην τέφρα των θρεπτικών συστατικών ή σε μικροποσότητες στους ιστούς των ζωικών οργανισμών. Τα ανόργανα στοιχεία αποτελούν συστατικά διαφορών οργανικών ενώσεων και ενζύμων, με αποτέλεσμα να ελέγχουν την ανταλλαγή αερίων και ενέργειας στα διάφορα κυτταρικά συστήματα και τον μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών. Ακόμα, ως ιόντα των σωματικών υγρών ρυθμίζουν το οξύ βασικό ισοζύγιο και την ωσμωτική ρύθμιση στο νερό, ενώ αποτελούν ρυθμιστές και του νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος (Πίνακας 4) (Καραπαναγιωτίδης, 2017). Ορισμένα ανόργανα στοιχεία μπορεί να γίνουν τοξικά αν ξεπεράσουν κάποια όρια συγκέντρωσης τους στη τροφή, για αυτό πρέπει να ακολουθείται η συνιστάμενη ημερήσια πρόσληψη. Η έλλειψη ανόργανων στοιχείων μπορεί να προκαλέσει βαριές διαταραχές, ιδιαίτερα σε περιόδους ανάπτυξης. Η επάρκεια τους εξαρτάται από τη βιοδιαθεσιμότητα τους, τον ρυθμό ανάπτυξης του ψαριού, το είδος, την περιεκτικότητα των τροφών, τις πιθανές λοιμώξεις και την παράλληλη χρήση φαρμάκων (Παπανικολάου, 1989). Τα ανόργανα στοιχεία ανάλογα με τις ποσότητες που απαιτείται να λαμβάνονται από την διατροφή, χωρίζονται σε μακροστοιχεία (macromineral) και μικροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία (micromineral, trace elements). (Ζερφυρίδης, 1998).

Τα μακροστοιχεία απαιτούνται σε ποσότητες που κυμαίνονται από λίγα δέκατα του γραμμαρίου, μέχρι ένα ή περισσότερα γραμμάρια την ημέρα, απαιτούνται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τα ιχνοστοιχεία και εμπλέκονται σε περισσότερους του ενός ρόλο στον οργανισμό (Μπόσκου, 1997). Μακροστοιχεία είναι τα Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S.

Τα ιχνοστοιχεία απαιτούνται στον οργανισμό σε ελάχιστες ποσότητες και εμφανίζονται σε δύο μορφές: ως ιόντα συνδεδεμένα με πρωτεΐνες ή σύμπλοκα με άλλα μόρια σχηματίζοντας μεταλλοένζυμα. Ο ρόλος τους είναι διπλός καθώς ένα μέρος τους

χρησιμοποιείται σαν δομικό υλικό, ενώ ένα άλλο ρυθμίζει και συμμετέχει σε εσωτερικές λειτουργίες. Ιχνοστοιχεία είναι τα Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Co, I, F, Cr, Ni, V, M βρίσκονται άφθονα σε όλες τις τροφές και εφόσον εφαρμόζεται ισορροπημένη διατροφή δεν παρουσιάζονται ελλείψεις (Μηνούδης, 2000).

Πινάκας 4: Η δράση και οι κύριες πηγές των ανόργανων στοιχείων στις ιχθυοτροφές (Halver, 2002).

Ανόργανο 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	σωματική υγρά, ηλεκτρολύτες, οσμωτική πίεση	φυτικές τροφές, ιχθυάλευρα
Fe	αίμα, μυοσφαιρίνη, μεταφορά O <sub>2</sub> στα κύτταρα	ιχθυάλευρα, ψυχανθή
Cu	στοιχείο ενζύμων	σε πολλές τροφές
Zn	μεταλλοένζυμα, ρύθμιση ενεργότητας ενζύμων	ιχθυάλευρα, δίθυρα, δημητριακά
Mn	ένζυμα μεταβολισμού	ρύζι, σιτάρι
I	θυρεοειδή αδένες, ενδοκρινικό, νευρικό σύστημα	θαλάσσια ζώα & φυτά
Se	αντιοξειδωτική & αντιτοξική δράση	ιχθυάλευρα

Στις ιχθυοτροφές τα ανόργανα στοιχεία προστίθενται ως τυποποιημένα προμείγματα σε ποσοστό 0,5-3% επί της Ξ.Ο της τροφής, ώστε να αποφευχθούν τυχόν ελλείψεις στη διατροφή των ιχθύων. Για τα θαλάσσια είδη, επειδή τα P και Ca είναι περιορισμένα στη θάλασσα προστίθενται στις ιχθυοτροφές σε μεγαλύτερες ποσότητες από ότι τα άλλα ανόργανα στοιχεία με τη μορφή φωσφορικού ή διφωσφορικού διασβεστίου (Καραπαναγιωτίδης, 2017). Ακόμα πρέπει να αναφερθεί πως, τα ψάρια έχουν την



ικανότητα να απορροφούν κάποια ανόργανα στοιχεία όχι μόνο από την τροφή αλλά και από το εξωτερικό περιβάλλον, και στο θαλασσινό και στο γλυκό νερό (Μεντέ & Νέγκας, 2011).

### 1.5 Πρώτες ύλες ιχθυοτροφών

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία των ζωοτροφών και ειδικότερα των ιχθυοτροφών είναι πρωτίστως υποπροϊόντα της τεχνολογίας ανθρώπινων τροφίμων και δευτερευόντως προϊόντα που παράγονται και προορίζονται αποκλειστικά για ιχθυοτροφές. Παραδείγματος χάριν το αλεύρι από τα σπέρματα του μαλακού σιταριού *Triticum aestivum* κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται στην αρτοποιία και κάποιες φορές στην κτηνοτροφία.

Τα περισσότερα εκτρεφόμενα υδρόβια είδη έχουν υψηλές απαιτήσεις σε διατροφικές πρωτεΐνες. Επίσης, έχουν μειωμένη ικανότητα χρησιμοποίησης των υδατανθράκων και σχεδόν μηδενική ικανότητα χρησιμοποίησης των κυτταρινών, με εξαίρεση ορισμένα φυτοφάγα είδη. Συνεπώς, ο αριθμός των υποπροϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση των τροφών τους είναι περιορισμένος και συνιστάται, κυρίως, σε προϊόντα με μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και χαμηλή περιεκτικότητα υδατανθράκων και ινωδών ουσιών. Μια πρόσθετη δυσκολία στη χρησιμοποίηση φυτικών υλών είναι οι αντιδιατροφικοί παράγοντες που αυτές περιέχουν και στους οποίους οι ιχθύες φαίνονται ιδιαίτερα ευαίσθητα. Ωστόσο, η προσθήκη φυτικών υλών είναι απαραίτητη, λόγω της σταθερότητας που μπορούν να προσδώσουν στα σύμπηκτα, καθώς και της δυνατότητας τους να μειώνουν το κόστος του σιτηρεσίου. Η διατροφική αξία επηρεάζεται από την κατεργασία στην οποία έχουν υποβληθεί τα υποπροϊόντα πριν φθάσουν στην τελική τους μορφή. (Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Τα συστατικά των ιχθυοτροφών είναι συνήθως διαθέσιμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με τιμές οι οποίες εξαρτώνται από την εποχιακή προσφορά και ζήτηση τους. Οι πρώτες ύλες μπορούν να ταξινομηθούν σε πρωτεϊνικές πηγές, στα λίπη και έλαια, στους υδατάνθρακες, στις βιταμίνες και στα ιχνοστοιχεία. Ακόμα, παρότι η ενέργεια δεν

αποτελεί θρεπτικό συστατικό, είναι σημαντικό να ικανοποιούνται πάντα οι ενεργειακές ανάγκες των ψαριών.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σημαντικότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ιχθυοτροφών στην Ελλάδα και παραθέτονται πίνακες με τη διατροφική αξία των υλών.

### 1.5.1 Ιχθυάλευρο

Τα ιχθυάλευρα προέρχονται είτε από ένα μόνο είδος ψαριού (το οποίο περιλαμβάνεται σε ποσοστό τουλάχιστον 50% (Μεντέ & Νέγκας, 2011)) είτε από μείγμα διαφόρων ψαριών, κυρίως πελαγικών (ρέγγες, γάυρους, σαρδέλες, μενάχεν), μέλη των οικογενειών *Engrailidae*, *Clupeidae*, *Gadidae*, *Osmeridae*, *Scombridae*. Επιπλέον, παρασκευάζονται από ολόκληρα ψάρια ή από τα υπολείμματα φιλετοποίησης και μεταποίησης των ψαριών. Για την παραγωγή των ιχθυαλεύρων τα ψάρια ή τα υπολείμματα τους υποβάλλονται 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 δημιουργείται βρασμός με πίεση ή και χωρίς πίεση (απουσία νερού). Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται όταν τα ψάρια ή τα υπολείμματα τους είναι πλούσια σε λίπους, ενώ η δεύτερη όταν είναι φτωχά σε λίπος. Κατόπιν συμπιέζονται ή συμπυκνώνονται, αφυδατώνονται και αλέθονται (Καραπαναγιωτίδης, 2018).



Εικόνα 1: Ιχθυάλευρα από άγρια αλιευόμενα πελαγικά ψάρια

Το ιχθυάλευρο περιέχει πρωτεΐνη πολύ υψηλής βιολογικής αξίας και είναι εξαιρετική πηγή λυσίνης και απαραίτητων αμινοξέων. Η χημική σύσταση και το ποσοστό των πρωτεϊνών που περιέχουν, κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος (60-72%), καθώς επηρεάζονται από την ποιότητα του ιχθυαλεύρου. Η κατεργασία και ιδιαίτερα ο βαθμός και η διάρκεια

θέρμανσης, είναι πιθανόν οι κύριοι παράγοντες αλλοίωσης της ποιότητας της πρωτεΐνης. Ιχθυάλευρα που παράχθηκαν με καλές συνθήκες έχουν μια πεπτικότητα πρωτεΐνης ανάμεσα στο 0,93 και 0,95, ενώ η πεπτικότητα πρωτεΐνης των ιχθυαλεύρων που υπερθερμάθηκαν είναι ίσως μικρότερη του 0,6 (Ντότας κ.ά, 2016). Επιπλέον, αποτελεί πολύτιμη πηγή μετάλλων ασβεστίου, φωσφόρου, μαγνησίου, καλίου, βιταμινών B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> και ιχνοστοιχείων, όπως ο ψευδάργυρος, το ιώδιο, ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο και το φθόριο. Το ιχθυάλευρο είναι πλούσιο σε ενέργεια και εύγεστο για τα ψάρια. Στα πλεονεκτήματα του ακόμα συγκαταλέγονται η περιεκτικότητα του σε λιπίδια και τα υψηλά επίπεδα απαραίτητων λιπαρών οξέων. Ωστόσο, τα ιχθυάλευρα που παρασκευάζονται από τα υποπροϊόντα της φιλετοποίησης και της κονσερβοποίησης αλιεύμενων ή εκτρεφόμενων ιχθύων έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και υψηλότερη σε τέφρα σε σύγκριση με τα συμβατικά (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

Τα ιχθυάλευρα που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για την παραγωγή ιχθυοτροφών διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ολική σύσταση (Πίνακας 5) και είναι τα εξής:

- Άλευρο γαύρου, *Engraulis rigens*, που αλιεύεται στο Περού και στη Χιλή
- Άλευρο σαρδέλας, *Clupea spp.* και *Sardinops spp.*
- Άλευρο ρέγγας, *Clupea harengus*, που αλιεύεται στο Βόρειο Ατλαντικό ή *Breenvortia tyrannus* που αλιεύεται στις Ατλαντικές ακτές της Βόρειας και Νότιας Αμερικής
- Άλευρο σκουμπριού, *Scomber scombrous* που αλιεύεται στην Αγκόλα
- Άλευρο σαυριδιού, *Trachurus trachurus* που αλιεύεται στη Νότια Αφρική
- Άλευρο φάλαινας, παράγεται από θηλαστικά των γενών *Balaena* και *Physeter* που αλιεύονται στην Ανταρκτική (Σπάης et al. 2002).

Πίνακας 5: Ολική σύσταση ιχθυαλεύρων (Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Ιχθυάλευρο	Ξηρή ουσία	Πρωτεΐνη	Λίπη	Τέφρα	Ινώδεις ουσίες	Ελεύθερες αζώτου εκχυλισμένες ουσίες
Γάυρος (Anchovy)	92,0	70,7	5,3	16,9	-	7,1
Σπαρίδες (Bream)	93,0	63,2	10,3	25,2	-	1,3
Capelin	91,1	72,6	9,3	10,6	4,7	2,8
Μπακαλιάρος Χιλής (Chilean hake)	81,6	83,3	2,4	14,3	-	-
Γάδος (Cod)	89,7	68,6	3,8	26,0	-	1,6
Crokaer	94,0	63,1	10,9	20,2	0,9	4,9
Μπακαλιάρος (Haddock)	93,4	65,9	4,7	26,5	-	2,9
Halibut	-	53,2	13,1	32,8	-	0,9
Ρέγγα (Herring)	90,0	74,4	9,0	15,0	-	1,6
Σαφρίδι (Horse Mackerel)	95,4	70,9	13,7	-	-	-
Σκουμπρί (Mackerel)	92,0	66,4	10,3	21,1	-	2,2
Μενάχεν (Menhaden)	92,6	66,6	11,1	20,9	-	1,4
Σαρδέλα (Pilchard)	91,8	66,5	7,6	20,4	-	5,5
Pollack	94,8	65,5	17,7	14,1	-	2,7
Χέλι (Sand eel)	91,8	72,6	8,3	10,6	-	8,5
Σαρδέλα (Sardine)	93,0	65,2	5,0	19,8	1,0	9,0
Καρχαρίας (Shark)	92,0	72,3	17,9	-	-	-
Τόνος (Tuna)	-	64,0	10,1	23,6	-	2,3

### 1.5.2 Πτεράλευρο

Το πτεράλευρο είναι υποπροϊόν των φτερών των πουλερικών, που λαμβάνονται κατά την αποπτέρωση των διάφορων πτηνών. Τα φτερά των πουλερικών αποτελούνται περίπου από 80-90% κερατίνη, πρωτεΐνη η οποία αν επεξεργαστεί υπό πίεση και θερμαινόμενο ατμό μπορεί να μετατραπεί σε πέψιμη από δύσπεπτη. Τα φτερά υποβάλλονται σε ειδική κατεργασία, χρησιμοποιώντας φυσικές ή φυσικοχημικές μεθόδους, όπου η περιεχόμενη πρωτεΐνη υδρολύεται υπό πίεση με την παρουσία  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  και ξηραίνεται. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένα πτεράλευρο που οι πρωτεΐνες του δεν έχουν τουλάχιστον 65% περιεκτικότητα in vitro δε γίνεται δεκτό στο εμπόριο για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας.



Εικόνα 2: Υδρολυμένο πτεράλευρο

Το πτεράλευρο είναι μία ζωοτροφή πολύ πλούσια σε πρωτεΐνες, οι οποίες είναι πολύ ανεπαρκής σε ορισμένα απαραίτητα αμινοξέα (ιστιδίνη 0,4%, λυσίνη 1,7%, τρυπτοφάνη 0,6% και μεθειονίνη 0,6%) με εξαίρεση την κυστίνη 2,5%. (Πίνακας 6). Ακόμα, είναι μία ζωοτροφή που η θρεπτική αξία της μπορεί να διαφέρει από εργοστάσιο σε εργοστάσιο και από παρτίδα σε παρτίδα, γιατί εξαρτάται από το πόσο επιτυχημένα γίνεται κάθε φορά η υδρόλυση της κερατίνης των χρησιμοποιούμενων φτερών.

Πίνακας 6: Θρεπτική σύσταση πτεράλευρου (<https://www.feedipedia.org/node/213>)

Ενέργεια (MJ/kg)	23,5
Πρωτεΐνη (%)	85,7
Λίπος (%)	6,7
Τέφρα (%)	5,5
Υδατάνθρακες (%)	0,3

### 1.5.3 Σογιάλευρο

Το σογιάλευρο παράγεται από το φυτό σόγια του οποίου το επιστημονικό όνομα είναι *Glycine soja* ή *Soja hispida*. Η πίτα σόγιας είναι προϊόν εκχύλισης των σπόρων της σόγιας για την παρασκευή σογιέλαιου. Η μεγαλύτερη ποσότητα σόγιας παράγεται από γενετικά τροποποιημένα φυτά, γεγονός που παρεμποδίζει την εισαγωγή του προϊόντος σε κράτη που δεν επιτρέπουν τη χρήση γενετικά τροποποιημένων τροφών.



Εικόνα 3: Σογιάλευρο

Η πρωτεΐνη της σόγιας είναι από τις πλέον ισορροπημένες σε αμινοξέα, ανάμεσα σε αυτές των φυτικών υποπροϊόντων με μόνο οριακό αμινοξύ την μεθειονίνη. Η σόγια είναι πλούσια σε α-λινολενικό οξύ (18:3ω-3), για το λόγο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σε ζωοτροφές. Παρά τα θετικά στοιχεία της η σόγια περιέχει αντιθρυψινικούς παράγοντες, κάποιιοι από αυτούς, όπως είναι οι αναστολείς της τρυψίνης, καταστρέφονται σε μεγάλο ποσοστό με τη θερμική επεξεργασία, ενώ κάποιιοι άλλοι, όπως το φυτικό οξύ, παραμένουν αναλλοίωτοι από τη θερμική επεξεργασία. Η σόγια περιέχει και άλλους αντιδιατροφικούς παράγοντες όπως λακτίνες, τανίνες, αλκαλοειδή, φυτικά οιστρογόνα και ουρεάση (Μεντέ & Νέγκας 2011).

Το σογιάλευρο είναι το πιο κοινό συστατικό φυτικής προέλευσης στις ιχθυοτροφές και αποτελεί καλή διατροφική αξία για τα ψάρια (Πίνακας 7). Η απόδοση του όμως σε τροφές ψαριών είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αναμενόμενη, λόγω της σύστασης της πρωτεΐνης της σε αμινοξέα. Ακόμα μπορεί να αντικαταστήσει τις ζωικής προέλευσης πρωτεΐνες μέχρι κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό, πάνω από το οποίο οι αποδόσεις της σωματικής αύξησης των ιχθύων μειώνονται και χρειάζεται να προστεθεί μεθειονίνη. Τα χορτοφάγα ψάρια μπορούν να ανεχθούν υψηλότερα ποσοστά στις τροφές τους σε σύγκριση με τα σαρκοφάγα. (Μεντέ & Νέγκας, 2011).

Πίνακας 7: Θρεπτική σύσταση σογιάλευρου (<https://www.feedipedia.org/node/674>)

Ενέργεια (MJ/kg)	19,7
Πρωτεΐνη (%)	55,2
Λίπος (%)	1,7
Τέφρα (%)	7,3
Υδατάνθρακες (%)	10,8

#### 1.5.4 Άλευρο ελαιοκράμβης

Είναι υποπροϊόν της βιομηχανίας παραγωγής ελαίου από ελαιοκράμβη. Οι πιο δημοφιλείς ποικιλίες είναι η ελαιοκράμβη της Αργεντινής (*Brassica napus*) που είναι πιο όψιμη και πιο παραγωγική από την ελαιοκράμβη της Πολωνίας (*Brassica campestris*). Ο καρπός περιέχει 35% έλαιο, ενώ το 16% είναι το περίβλημά, το άλευρο ελαιοκράμβης είναι πλούσιο σε α-λινολενικό οξύ (18:3ω-3). Κατά συνέπεια το άλευρο περιέχει πολλές ινώδεις ουσίες και περίπου 35-39% πρωτεΐνη (Πίνακας 8). Τα περιοριστικά αμινοξέα της πρωτεΐνης είναι η λυσίνη και τα θειούχα αμινοξέα. Είναι πλούσια πηγή φωσφόρου και καλίου, αλλά εξαιτίας του φυτικού οξέος που δεσμεύει το φώσφορο και ινώδεις ουσίες, η διαθεσιμότητά του φωσφόρου περιορίζεται. Επίσης η παρουσία αντιδιατροφικών παραγόντων, κυρίως γλυκοζιτών, περιορίζουν τη χρήση του. Επιπλέον, το έλαιο των σπόρων ελαιοκράμβης είναι πλούσιο σε βιταμίνες B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, νικοτινικό οξύ και παντοθενικό οξύ (Μεντέ & Νέγκας, 2011).



Εικόνα 4: Άλευρο ελαιοκράμβης

Η διαδικασία εκχύλισης ελαίου από τους σπόρους ελαιοκράμβης περιλαμβάνει την ξήρανση, τον καθαρισμό των σπερμάτων, την προετοιμασία, την εκχύλιση και την επεξεργασία του ελαίου. Η εκχύλιση ελαίου από σπόρους ελαιοκράμβης μπορεί να γίνει με δύο τρόπους είτε με τη χρήση διαλύτη εκχύλισης είτε χωρίς. Αν δεν χρησιμοποιείται διαλύτης εκχύλισης, το έλαιο μπορεί να αποβληθεί από τους πόρους χρησιμοποιώντας πίεση εν ψυχρώ ή με διπλή πίεση (Tanawong, 2014).

Η πεπτικότητα, η ενεργειακή αξία και γενικά η διατροφική αξία του αλεύρου της ελαιοκράμβης για τους ιχθύες δεν έχει μελετηθεί αρκετά. Το προτεινόμενο επίπεδο προσθήκης του αλεύρου ελαιοκράμβης στο σιτηρέσιο ιχθύων είναι χαμηλότερο του 50% του σιτηρεσίου, ενώ συνιστάται να μην ξεπερνά το 15% του σιτηρεσίου λόγω των θειογλυκοζιτών. (Καραπαναγιωτίδης, 2018). Σήμερα, χρησιμοποιείται κυρίως για τη διατροφή ειδών, όπως το γατόψαρο, ο κυπρίνος, η τιλάπια, το μπάσο, η πέρκα, η τσιπούρα, το καλκάνι και οι γαρίδες (Newkirk, 2009).

Πίνακας 8: Θρεπτική σύσταση αλεύρου ελαιοκράμβης

<https://www.feedipedia.org/node/52>

Ενέργεια (MJ/kg)	19,3
Πρωτεΐνη (%)	38,1
Λίπος (%)	2,4
Τέφρα (%)	7,6
Υδατάνθρακες (%)	10,5

#### 1.5.5 Σιτάρι - Γλουτένη σίτου

Ο σπόρος σίτου (*Triticum aestivum*) ποικίλλει σημαντικά ως προς τη χημική του σύνθεση, μπορεί να περιέχει 60-220 kg ξηρής ουσίας. Το κλίμα και η γονιμότητα του εδάφους καθώς επίσης και η ποικιλία επηρεάζουν την περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνη. Οι σπουδαιότερες πρωτεΐνες είναι η προλακτίνη και η γλουτελίνη γνωστές από κοινού ως γλουτένη (Ντότας κ.ά, 2016). Το σιτάρι είναι φτωχό σε ασβέστιο και πλούσιο σε



φώσφορο. Επίσης, αποτελεί καλή πηγή βιταμινών του συμπλέγματος Β, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για τις βιταμίνες Α και D (Καραπαναγιωτίδης, 2018).



Εικόνα 5: Σιτάρι

Η πρωτεΐνη του σιταριού ποικίλλει ανάλογα με την εποχή που καλλιεργείται και την ποικιλία (μαλακό ή σκληρό) και κυμαίνεται μεταξύ τους 10-16% (Πίνακας 9). Το προϊόν που προκύπτει από τον διαχωρισμό του αμύλου περιέχει περίπου 80% πρωτεΐνη, η οποία είναι χαμηλής βιολογικής αξίας καθώς είναι ελλειμματική σε λυσίνη, θρεονίνη και βαλίνη. (Μεντέ & Νέγκας, 2011). Ακόμα, η γλουτένη του σίτου έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε μη απαραίτητα αμινοξέα (Ντότας κ.ά, 2016).



Εικόνα 6: Γλουτένη σίτου

Το σιτάρι χρησιμοποιείται στις ιχθυοτροφές ως πηγή ενέργειας και λόγω των συγκολλητικών του ιδιοτήτων. Το προτεινόμενο επίπεδο προσθήκης του σιταριού στο σιτηρέσιο ιχθύων είναι χαμηλότερο του 20% του σιτηρεσίου λόγω της χαμηλής του περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, ενώ σε τροφές για γαρίδες δύναται να αποτελεί το 20-30% του σιτηρεσίου (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

Πίνακας 9: Θρεπτική σύσταση σιταριού (<https://www.feedipedia.org/node/223>)

Ενέργεια (MJ/kg)	18,2
Πρωτεΐνη (%)	12,6
Λίπος (%)	1,7
Τέφρα (%)	1,8

#### 1.5.6 Ηλιάλευρο

Το ηλιάλευρο (*Helianthus annuus*) είναι το υποπροϊόν της βιομηχανίας παραγωγής ηλιελαίου από το σπόρο του ηλιάνθου, φυτού που καλλιεργείται στην εύκρατη ζώνη, ύστερα από υδραυλική πίεση ή εκχύλιση με διαλύτες. Οι φλοιοί συνήθως συμμετέχουν μερικώς στο τελικό υποπροϊόν και δεν απομακρύνονται πλήρως (Ντότας κ.ά, 2016). Ο ηλιόσπορος περιέχει 30% έλαιο. Το ηλιάλευρο που προκύπτει περιέχει 25-50% πρωτεΐνη, ανάλογα με την επεξεργασία (Πίνακας 10). Χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη έχει το ηλιάλευρο που δεν του έχουν αφαιρεθεί οι ινώδεις ουσίες του φλοιού, και αυτή αλλάζει όσο το ποσοστό των ινωδών ουσιών που αφαιρούνται αυξάνει. Το πρώτο περιοριστικό αμινοξύ είναι η λυσίνη, αλλά είναι πλούσιο σε μεθειονίνη και αργινίνη. Το ηλιάλευρο έχει τα υψηλότερα επίπεδα της βιταμίνης E σε σύγκριση με άλλα φυτικά έλαια (Μεντέ & Νέγκας, 2011).



Εικόνα 7: Ηλιάλευρο

Το προτεινόμενο επίπεδο προσθήκης του ηλιάλευρο στο σιτηρέσιο ιχθύων είναι χαμηλότερο του 25% του σιτηρεσίου, καθώς δεν είναι εύγεστο (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

Πίνακας 10: Θρεπτική σύσταση ηλιάλευρου (<https://www.feedipedia.org/node/732>)

Ενέργεια (MJ/kg)	19,4
Πρωτεΐνη (%)	32,4
Λίπος (%)	2,2
Τέφρα (%)	7,1
Υδατάνθρακες (%)	6,1

#### 1.5.7 Αιματάλευρο

Το αιματάλευρο παράγεται από το καθαρό νωπό αίμα των ζώων, που συλλέγονται στα σφαγεία, μετά από ξήρανση και χωρίς καμία ξένη ουσία . Υπάρχουν διάφοροι τύποι ξήρανσης, αλλά ο πλέον κατάλληλος είναι με σπρέι. Τα αιματάλευρα που παράγονται με αυτήν την κατεργασία έχουν πεπτικότητα πρωτεΐνης περίπου 90%, ενώ πιο δραστικοί τρόποι ξήρανσης μπορούν να περιορίσουν την πεπτικότητα του και σε 20%. Ακόμα, περιέχουν 85% πρωτεΐνη με τη λυσίνη να αποτελεί το 9-11% και διαθεσιμότητα 80% (Πίνακας 11) (Μεντέ & Νέγκας, 2011).



Εικόνα 8: Αιματάλευρο

Πίνακας 11: Θρεπτική σύσταση αιματάλευρου (<https://www.feedipedia.org/node/221>)

Ενέργεια (MJ/kg)	24,1
Πρωτεΐνη (%)	94,1
Λίπος (%)	0,8–1,8
Τέφρα (%)	3,0

## 1.6 Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου

Ο όρος φασματοσκοπία αναφέρεται στη μελέτη της αλληλεπίδρασης της ύλης κατά την πρόσπτωση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ΗΜΑ). Οι τεχνικές οπτικής φασματοσκοπίας βασίζονται στη μέτρηση της εκπομπής, της απορρόφησης, της σκέδασης, του φθορισμού και της περίθλασης της ΗΜΑ. Η φασματοσκοπία μπορεί να είναι ατομική ή μοριακή και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος. Η τεχνική περίθλασης ακτίνων-Χ είναι μία τεχνική ατομικής φασματοσκοπίας ενώ στις τεχνικές μοριακής φασματοσκοπίας συμπεριλαμβάνονται οι φασματοσκοπίες, ορατού/υπεριώδους (UV/VIS), υπερύθρου (IR), Raman, και η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) (Ταπεινός, 2013).

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι βοηθούν εδώ και πολλά χρόνια στη διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας των τροφίμων και των ζωοτροφών. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των συστατικών των τροφίμων και των ζωοτροφών, επειδή συχνά απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου προετοιμασία του δείγματος, δεν χρησιμοποιούν τοξικά αντιδραστήρια και διαλύτες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γραμμή παραγωγής, δεν είναι καταστροφικές και κάποιες από αυτές μπορούν να ανιχνεύσουν αρκετές ενώσεις ταυτόχρονα (Dufour, 2011).

Η τεχνική της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου χρησιμοποιείται συνήθως για να προσδιοριστούν και να αναλυθούν τα συστατικά των τροφίμων και των ζωοτροφών, είτε κατά το ενδιάμεσο στάδιο παραγωγής τους είτε στα τελικά προϊόντα (McGorin, 2006). Συγκεκριμένα υπολογίζουν την περιεκτικότητα της υγρασίας, του λίπους, των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Αυτό συμβαίνει, καθώς η ακτινοβολία (750 έως 2500nm) που εκπέμπεται, αλληλοεπιδρά με την οργανική ύλη και το φάσμα απορρόφησης είναι πλούσιο σε χημικές και φυσικές πληροφορίες οργανικών μορίων. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου είναι η ικανότητά της να μετράει συγχρόνως διάφορα συστατικά του δείγματος σε πραγματικό χρόνο. Η ακρίβεια της ανάλυσης NIR για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών είναι συγκρίσιμη ή και καλύτερη από εκείνη των χημικών τεχνικών. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημά της τεχνικής είναι πως προκειμένου να εξαχθούν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις χημικές ιδιότητες των δειγμάτων, είναι απαραίτητη η μαθηματική επεξεργασία

φασματικών δεδομένων με χημειομετρικά εργαλεία. Για αυτόν τον λόγο απαιτείται η χρήση δειγμάτων γνωστής σύνθεσης, ώστε να δημιουργηθεί από εκπαιδευμένο προσωπικό ένα μοντέλο πρόβλεψης που ονομάζεται βαθμονόμηση (Berzaghi & Rionanto, 2009). Οι Aureli, et al. (2017) δημιούργησαν ένα μοντέλο πρόβλεψης της συγκέντρωσης του φωσφόρου (P) και των πρωτεϊνών για τα συστατικά των ζωοτροφών που χρησιμοποιούνται σε μονογαστρικές ζωοτροφές, το οποίο έχει μεγάλη ακρίβεια λόγω της μεγάλης ποικιλίας και της ετερογένειας των συστατικών. Μερικά ακόμα μειονεκτήματα της ανάλυσης NIR είναι η ανάγκη για φασματοσκοπικά μέσα υψηλής ακρίβειας, η πολυπλοκότητα επεξεργασίας των δεδομένων, η χαμηλή ικανότητα προσδιορισμού ενώσεων με χαμηλή συγκέντρωση (<0,1%) καθώς και η έλλειψη ευαισθησίας για δευτερεύοντα συστατικά (Li-Chan 1991).

Η χρήση της τεχνολογίας NIR για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης και της υγρασία τόσο στο σιτάρι όσο και στο αλεύρι είναι πλέον συνήθης πρακτική σε αλευρόμυλους σε όλο τον κόσμο (Osborne 2000). Επιπλέον, έχει χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση των ποικιλιών σιταριού (Miralbes 2008), για τη μελέτη των μεταβολών του αμύλου κατά την επεξεργασία και αποθήκευση και για τη μέτρηση της σκληρότητας του σιταριού σε πλιγούρι και σε δημητριακά ολικής αλέσεως (Norris 1989). Στη βιομηχανία ζωοτροφών χρησιμοποιείται για την σύνθεση των ζωοτροφών, τον υπολογισμό της πεπτικότητας και την αξιολόγηση της ιχνηλασιμότητας (Berzaghi & Rionanto, 2009).

### 1.7 Σκοπός

Η Βρωματολογία ασχολείται με την κατάταξη και τη διαιτητική εκτίμηση των απλών ζωοτροφών, που χρησιμοποιούνται στην εφαρμοσμένη διατροφή των ζώων. Η ορθή διατροφή από φυσιολογικής, οικονομικής και φιλικής προς το περιβάλλον άποψης, καθορίζει κατά κύριο λόγο τη βέλτιστη παραγωγικότητα των ζώων. Προκειμένου να χορηγηθούν στα ζώα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την κάλυψη των αναγκών τους (συντήρηση, ανάπτυξη, παραγωγή προϊόντων), τη διασφάλιση της υγείας τους, τη βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, πρέπει να είναι γνωστή με ακρίβεια η διαιτητική

αξία των χρησιμοποιούμενων ζωοτροφών. Οι περισσότερες ζωοτροφές, όπως οι χονδροειδείς, χαρακτηρίζονται από ευρεία παραλλακτικότητα στη σύστασή τους, γεγονός που καθιστά απαραίτητες τις χημικές αναλύσεις. Καθώς οι ανάγκες των ζώων σε θρεπτικά συστατικά προκύπτουν από τυποποιημένες πειραματικές μεθόδους, είναι εξαιρετικά σημαντικό η περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε θρεπτικά συστατικά να προκύπτει από ανάλογες πρότυπες μεθόδους χημικών αναλύσεων, ώστε να γίνεται κατάρτιση των πλέον ορθολογιστικών σιτηρεσίων για κάθε κατηγορία ή παραγωγικό στάδιο (Παπαδόπουλος, 1998).

Τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στις ιχθυοτροφές είναι πολυάριθμα και ο προσδιορισμός όλων, αν και εφικτός με ειδικές αναλυτικές τεχνικές, δεν κρίνεται πάντα σκόπιμος και αναγκαίος. Συχνά οι μονάδες παρασκευής ιχθυοτροφών διεξάγουν περαιτέρω αναλύσεις από τις βασικές, όπως τη σύσταση των αμινοξέων, των λιπαρών οξέων, των βιταμινών, της πεπτής πρωτεΐνης και άλλων για την απόκτηση λεπτομερούς γνώσης σχετικά με τη θρεπτική σύσταση και διατροφική αξία του τελικού προϊόντος καθώς και τις πιθανές απώλειες θρεπτικών ουσιών κατά τη διάρκεια της πελλετοποίησης.

Η εκτίμηση όμως της θρεπτικής αξίας των ιχθυοτροφών, που χρησιμοποιείται πάντα κατά την κατάρτιση των σιτηρεσίων των εκτρεφόμενων ιχθύων, επιδιώκεται να γίνει με τη διεξαγωγή περιορισμένου αριθμού χημικών αναλύσεων που αφορούν κυρίως τον προσδιορισμό των ολικών πρωτεϊνών, ολικών λιπιδίων, ολική τέφρα, υγρασίας και ολικής ενέργειας. Για το σκοπό αυτό έχουν επινοηθεί διάφορα συστήματα ανάλυσης των ιχθυοτροφών και των πρώτων υλών, εκ των οποίων θα περιγραφούν με λεπτομέρεια στη παρούσα διπλωματική εργασία οι εργαστηριακές μέθοδοι που πραγματοποιούνται στο Εργαστήριο Φυσιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και περιλαμβάνουν τις Επίσημες Μεθόδους Ανάλυσης (Official Methods of Analysis) της Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). Στη συνέχεια θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών των μεθόδων και της τεχνικής ανάλυσης θρεπτικών συστατικών των ιχθυοτροφών με χρήση της εγγύς υπερύθρου φασματοσκοπίας (NIR – Near Infrared Reflectance) και του θερμοζυγού.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

#### **Προετοιμασία δειγμάτων και άλεση για ανάλυση ιχθυοτροφών**

Όλες οι εργασίες που πραγματοποιηθήκαν έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφευχθεί η μόλυνση του δείγματος ή αλλαγή της σύστασής του. Πριν λάβει χώρα η ανάλυση των ιχθυοτροφών, τα προς εξέταση δείγματα αλέστηκαν. Η άλεση συνέβαλλε στην μείωση του μεγέθους των τεμαχίων και στην αύξηση της επιφάνειας έκθεσης των ιχθυοτροφών στις χημικές ουσίες καθώς και στην ομογενοποίηση του προς εξέταση δείγματος της ιχθυοτροφής.

Υπάρχουν διαφόρων τύπων μύλοι άλεσης, που περιλαμβάνουν μια σειρά από χειρωνακτικούς ή μηχανικούς χειρισμούς. Στο παρών πείραμα τα δείγματα που αναλύθηκαν στο Εργαστήριο Φυσιολογίας αλέστηκαν με μηχανικούς χειρισμούς, ενώ εκείνα που αναλύθηκαν στην βιομηχανία ιχθυοτροφών με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου αλέστηκαν με χειρωνακτικό τρόπο .

Συνολικά αναλύθηκαν 14 εμπορικές ιχθυοτροφές, οι οποίες πάρθηκαν από την βιομηχανία ιχθυοτροφών Ζωονομή ABEE και 7 πρώτες ύλες, οι οποίες ήταν:

1. Αιματάλευρο από κοτόπουλο
2. Πτεράλευρο
3. Πτηνάλευρο
4. Γλουτένη σίτου
5. Ιχθυάλευρο (70-72%)
6. Ιχθυάλευρο (68%)
7. Ηλιάλευρο

### 2.2 Χημικές αναλύσεις

#### 2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Η σημασία του προσδιορισμού της ξηρής ουσίας έγκειται στο ότι:

α) στην ξηρή ουσία περιέχονται όλα τα θρεπτικά συστατικά των ιχθυοτροφών που μας ενδιαφέρουν (αζωτούχες, λιπαρές και ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες, ανόργανα στοιχεία κλπ.). Άρα υψηλή τιμή ξηρής ουσίας (συνεπώς χαμηλή υγρασία) σε μία ιχθυοτροφή, συνεπάγεται κατά κανόνα υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και υψηλή θρεπτική αξία, σε σύγκριση με μία όμοια ιχθυοτροφή χαμηλότερης ξηρής ουσίας. Πέραν της θρεπτικής αξίας, το γεγονός αυτό έχει και οικονομικές προεκτάσεις.

β) χαμηλές τιμές ξηρής ουσίας σημαίνουν υψηλή περιεκτικότητα μίας ιχθυοτροφής σε υγρασία, γεγονός που υπό συνθήκες συνεπάγεται δυσκολίες στην αποθήκευσή τους

γ) η ξηρή ουσία αποτελεί μέτρο σύγκρισης μεταξύ ιχθυοτροφών της ίδιας κατηγορίας, ως προς την περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά συστατικά (Παπαδομιχελάκης, 2013).

#### 1<sup>η</sup> Μέθοδος:

Για τον προσδιορισμό της ξηρής ουσίας - υγρασίας ζυγίστηκε 1g δείγματος (3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα) σε προζυγισμένο δισκίο αλουμινόχαρτου σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων και τοποθετήθηκε σε αεριζόμενο ισοθερμικό κλίβανο αποξήρανσης (φούρνος) προθερμασμένο, στους 105° C για 24 ώρες και μέχρι την απόκτηση σταθερού βάρους (AOAC, 1995). Κατά την ξήρανση του δείγματος το μηχανικά παγιδευμένο νερό (ελεύθερο νερό) εξατμίστηκε, αφήνοντας εντός του δείγματος μόνο το χημικά δεσμευμένο νερό (νερό που βρίσκεται στις χημικές ενώσεις). Μόλις τελείωσε η διαδικασία τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για 1 ώρα προκειμένου να ψυχθούν και ύστερα ζυγίστηκε το μικτό βάρος του δισκίου και του ξηρού δείγματος. Η απώλεια του βάρους, μετά τη ξήρανση, εκφράζει την περιεκτικότητα του δείγματος σε υγρασία, ενώ το αποκτηθέν βάρος εκφράζει τη ξηρή ουσία του δείγματος. Η ξηρή ουσία – υγρασία των ιχθυοτροφών και πρώτων υλών υπολογίστηκε από τους παρακάτω τύπους:

$$W_{\text{ξηρής ουσίας}} (\text{g}) = W_{\text{δείγματος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο}} (\text{g}) - W_{\text{δισκίου}} (\text{g})$$

$$\text{Ξηρή ουσία} (\%) = (W_{\text{ξηρής ουσίας δείγματος}} (\text{g}) * 100) / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g})$$



$$W_{\text{υγρασίας}} (\text{g}) = W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g}) - (W_{\text{δείγματος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}}) (\text{g})$$

$$\text{Υγρασία} (\%) = (W_{\text{υγρασίας δείγματος}} (\text{g}) * 100) / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g})$$

ή

$$\text{Ξηρή ουσία} (\%) = 100 - \text{Υγρασία} (\%)$$

## 2<sup>η</sup> Μέθοδος:

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας ζυγίστηκε 3,5g δείγματος σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων και τοποθετήθηκε σε θερμοζυγό, οποίος καταγράψε αυτόματα, ενώ θερμαίνονταν, τη μεταβολή στο βάρος του δείγματος, συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου.



Εικόνα 9: Θερμοζυγός Kern

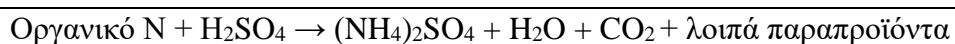
### 2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ενώσεων

Το αζωτούχο κλάσμα των ιχθυοτροφών περιλαμβάνει τις πρωτεΐνες και τις μη πρωτεϊνικής φύσης αζωτούχες ουσίες. Η αναλογία του αζώτου (N) των πρωτεϊνών προς υπόλοιπο άζωτο εξαρτάται από το είδος της ιχθυοτροφής και την κατηγορία στην οποία ανήκει (χονδροειδής ή συμπυκνωμένη, φυτικής ή ζωικής προέλευσης). Οι διαφορές οφείλονται στη διαφορετική αναλογία συμμετοχής των αμινοξέων στο μόριο της πρωτεΐνης, τα οποία διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα του μορίου τους σε άζωτο.



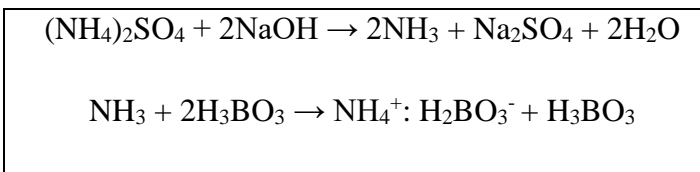
Εικόνα 10: Πλήρες σύστημα μέτρησης αζώτου με την μέθοδο Kjeldahl το οποίο περιλαμβάνει: 1. Μονάδα εξουδετέρωσης ατμών καύσης 2. Μονάδα πέψης 3. Μονάδα απόσταξης

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ενώσεων των ιχθυοτροφών και των πρώτων υλών έγινε με την χρήση της μεθόδου προσδιορισμού αζωτούχων ενώσεων Kjeldahl (AOAC 1995). Αρχικά ζυγίστηκε 0,2g δείγματος (2 επαναλήψεις για κάθε δείγμα), το οποίο τοποθετήθηκε σε μικρό κομμάτι αλουμινόχαρτου και καταγράφηκε το βάρος του σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Έπειτα, το δείγμα μεταφέρθηκε σε καθαρό σωλήνα της συσκευής Kjeldahl των 250 ml (υπήρχε ένας σωλήνας που δεν είχε δείγμα, το τυφλό, προκειμένου να υπολογιστούν τυχόν σφάλματα) και προστέθηκαν 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5g Potassium Sulphate  $K_2SO_4$  και 5g Copper (II) Sulphate  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ), ώστε να επιτευχθεί η αντίδραση της πέψης. Προστέθηκαν 15ml πυκνού θεικού οξέος ( $H_2SO_4$ ) (καθαρότητας 96%) με τη χρήση δοσομετρικής αντλίας και ο σωλήνας τοποθετήθηκε στη συσκευή πέψης στη θέση βρασμού. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιήθηκε στους  $150^\circ C$  για 85 λεπτά. Με τη συσκευή πέψης επετεύχθη ο βρασμός του δείγματος και με τη βοήθεια του πυκνού θεικού οξέως πραγματοποιήθηκε η διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύτηκε με τη μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:

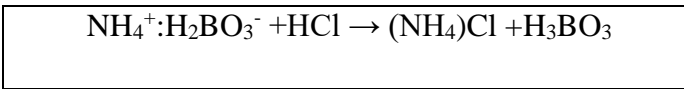


Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της πέψης, οι σωλήνες απομακρύνθηκαν από την εστία και ψύχθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (με τον απαγωγό, για περίπου 30-45

min). Κατόπιν, το δείγμα τοποθετήθηκε σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστέθηκαν 100ml αποσταγμένου H<sub>2</sub>O, 80ml NaOH και 50ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Η διαδικασία της απόσταξης διήρκησε 6 λεπτά. Το θειικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά τη διαδικασία της πέψης, αντέδρασε με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύτηκε αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Η αμμωνία (NH<sub>4</sub>) αντέδρασε με το βορικό οξύ (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) και το άζωτο του δείγματος που δεσμεύθηκε σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



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



Με τη μέθοδο αναπόφευκτα συνυπολογίζεται και το άζωτο άλλων αζωτούχων ενώσεων, όπως νουκλεϊκών οξέων, αζωτούχων λιπιδίων, σακχάρων και ελεύθερων αμινοξέων. Για αυτό το λόγο γίνονται οι παραδοχές:

1. Όλο το άζωτο του δείγματος απαντάται υπό πρωτεϊνική μορφή
2. Οι πρωτεΐνες του δείγματος περιέχουν κατά μέσο όρο 16% άζωτο.

Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτήθηκαν για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιείχε το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη κατέδειξε το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$N \% = \left\{ \frac{[(ml \text{ HCl} - ml \text{ τυφλού}) * 0,0014007]}{W_{\text{δείγματος}} (g)} \right\} * 100$$

Η περιεχόμενη πρωτεΐνη για κάθε δείγμα δόθηκε από τη σχέση:

$$\text{Πρωτεΐνη (\%)} = N (\%) * 6,25$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει εφόσον αποδεχτούμε ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% άζωτο, συνεπώς η περιεκτικότητα σε άζωτο πολλαπλασιάζεται με το 6,25 (100/16).

### 2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Τα ουδέτερα λίπη αποτελούν το κύριο συστατικό του αιθερικού εκχυλίσματος για το σύνολο των ιχθυοτροφών και είναι από τα κυριότερα κλάσματα για τη θρέψη των ιχθύων. Έχουν υψηλή θερμότητα καύσης και μεγάλη πεπτικότητα. Για το λόγο αυτό η μεγαλύτερη περιεκτικότητα μίας ιχθυοτροφής σε ουδέτερα λίπη αυξάνει την ενεργειακή της αξία. Τα υπόλοιπα συστατικά του αιθερικού εκχυλίσματος απαντώνται σε μικρή αναλογία και με εξαίρεση τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τις λιποδιαλυτές βιταμίνες (A, D, E, K) δεν κατατάσσονται στα θρεπτικά συστατικά. Αν μάλιστα περιέχονται σε μεγάλα ποσοστά, υποβιβάζεται η θρεπτική αξία της ιχθυοτροφής. Με τη μέθοδο Soxhlet γίνεται διαιτητικός διαχωρισμός των ουσιών του αιθερικού εκχυλίσματος και για αυτό τους αποδίδεται η ονομασία ολικές λιπαρές ουσίες.

Για τον προσδιορισμό των ολικών λιπαρών ουσιών των ιχθυοτροφών και των πρώτων υλών έγινε χρήση της μεθόδου εκχύλισης ολικών λιπαρών ουσιών κατά Soxhlet (AOAC 1995). Αρχικά καταγράφηκε το βάρος του γυάλινου δοχείου εκχύλισης όπου είχαν προστεθεί 3 πέτρες βρασμού, σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Κατόπιν 1g δείγματος (2 επαναλήψεις για κάθε δείγμα) μεταφέρθηκε σε ειδικό χάρτινο ηθμό (φυσίγγιο) στο προζυγισμένο γυάλινο δοχείο εκχύλισης. Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκε οργανικός διαλύτης, συγκεκριμένα 150ml πετρελαϊκού αιθέρα, στον οποίον εμβαπτίστηκε ο χάρτινος ηθμός με το δείγμα. Στη συνέχεια τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης

(στο σύνολο 6 κάθε φορά, ένα δεν περιείχε δείγμα, το τυφλό, προκειμένου να υπολογιστούν τυχόν σφάλματα) τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λίπους (συσκευή Soxhlet).



Εικόνα 11: Σύστημα Soxhlet Soxtherm Rapid

Η διαδικασία εκχύλισης και απόσταξης του λίπους πραγματοποιείται σε 3 στάδια. Κατά το 1<sup>ο</sup> στάδιο τα δείγματα υπόκεινται σε βρασμό, αφού θερμαίνονται στους 150°C για 30 λεπτά με την παρουσία οργανικού διαλύτη. Κατά το 2<sup>ο</sup> στάδιο τα δείγματα υπόκεινται σε συνεχή εκχύλιση για 1,5 ώρες. Σε αυτή τη φάση ο πετρελαϊκός αιθέρας διέρχεται από όλους τους χάρτινους ηθμούς που περιέχουν δείγμα και εκχυλίζει μια ποσότητα λίπους, το οποίο καταλήγει στις γυάλινες φιάλες. Αρχικά εξατμίζεται, στη συνέχεια υγροποιείται και τέλος επαναδιέρχεται από κάθε χάρτινο ηθμό και εκχυλίζει ξανά κάποια ποσότητα λίπους. Έπειτα, κατά το 3<sup>ο</sup> στάδιο ο οργανικός διαλύτης εξατμίζεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι ολικές λιπαρές ουσίες να μείνουν στο κάτω μέρος των γυάλινων δοχείων. Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας είναι αναγκαίο να εξατμιστεί εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που παρέμεινε στο δείγμα. Αυτό επιταχύνεται με τη χρήση αεριζόμενου ισοθερμικού κλίβανου αποξηήρανσης (φούρνου), στον οποίο τοποθετούνται τα γυάλινα δοχεία για 15 λεπτά στους 50°C. Κατόπιν, τα γυάλινα δοχεία με τα δείγματα μεταφέρονται στον ξηραντήρα για 1 ώρα, ώστε να ψυχθούν. Τα γυάλινα δοχεία (μαζί με τους πέτρες βρασμού και το λίπος), ζυγίζονται αφού αφαιρεθούν οι χάρτινοι ηθμοί. Η διαφορά του βάρους των δοχείων με το λίπος με του βάρους των δοχείων που ζυγίστηκαν

αρχικά δίνει την ποσότητα λίπους που υπάρχει στο δείγμα. Συνεπώς, ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στο δείγμα δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$W_{\text{ολικών λιπαρών ουσιών}} (\%) = W_{\text{τελικού δοχείου εκχύλισης}} (\text{g}) - W_{\text{αρχικού δοχείου εκχύλισης}} (\text{g})$$

$$\text{Ολικές λιπαρές ουσίες} (\%) = (W_{\text{ολικών λιπαρών ουσιών}} (\text{g}) * 100) / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g})$$

#### 2.2.4 Προσδιορισμός τέφρας

Ως τέφρα ορίζεται το υπόλειμμα από ανόργανα συστατικά που παραμένει στο τρόφιμο μετά την καύση του δείγματος στους 600°C και την απομάκρυνση των οργανικών συστατικών. Για τον προσδιορισμό της τέφρας ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων κάψες πορσελάνης και τοποθετήθηκε σε αυτές 1g δείγματος (3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα). Κατόπιν τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο αποτέφρωσης στους 600°C και πυρακτώθηκαν για τουλάχιστον 3 ώρες (AOAC 1995). Μόλις τελείωσε η παραπάνω διαδικασία και εφόσον η τέφρα είχε προσλάβει λευκό ή ανοιχτό σταχτί χρώμα (οπτικός έλεγχος), οι κάψες με τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για 1 ώρα προκειμένου να ψυχθούν μέχρι την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και να ζυγιστούν. Η διαφορά του βάρους του δισκίου που περιέχει το αποτεφρωμένο δείγμα από το βάρος του δισκίου δίνει την ποσότητα συνολικής οργανικής ουσίας. Ο προσδιορισμός της τέφρας δίνεται από την σχέση:

$$W_{\text{αποτεφρωμένου δείγματος}} (\text{g}) = W_{\text{μικτού αποτεφρωμένου δείγματος \& δισκίου}} (\text{g}) - W_{\text{δισκίου}} (\text{g})$$

$$\text{Τέφρα} (\%) = W_{\text{αποτεφρωμένου δείγματος}} (\text{g}) * 100 / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g})$$

#### 2.2.5 Προσδιορισμός θερμικής αξίας

Η ενέργεια καταμετρά τις θερμίδες που πρέπει να έχει η ιχθυοτροφή, ώστε οι ιχθύες να λαμβάνουν με την κατανάλωση της την σωστή ποσότητα (για συντήρηση και παραγωγή). Η θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) είναι η ποσότητα θερμότητας (διακριτή από τη «θερμοκρασία» που εκλύεται από ένα δείγμα κατά τη πλήρη καύση του με τελικά προϊόντα της καύσης τα CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Η καύση γίνεται εντός κλειστού δοχείου («θερμιδόμετρο τύπου οβίδας») και η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει ένα εξωτερικό

δοχείο εγνωσμένης θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφεται με θερμόμετρο και μέσω αυτής υπολογίζεται το θερμικό περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε.



Εικόνα 12: Σύστημα θερμιδόμετρου (IKA Werke C5000)

Ο προσδιορισμός της ολικής ενέργειας των ιχθυοτροφών και των πρώτων υλών έγινε μέσω του αυτόματου αδιαβατικού θερμιδόμετρου (IKA Werke C5000). Προζυγισμένο δείγμα 0,4g (2 επαναλήψεις για κάθε δείγμα) τοποθετήθηκε εντός της ειδικής κυψελίδας, η οποία τοποθετήθηκε στον υποδοχέα της θερμιδομετρικής οβίδας. Το δείγμα ήταν συνδεδεμένο με ένα από βαμβάκι, η οποία είχε επαφή με το ηλεκτρόδιο και αναφλέχθηκε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η οβίδα πληρώθηκε με οξυγόνο (99,5 %) υπό πίεση 30 bar. Κατόπιν η οβίδα τοποθετήθηκε σε ειδικό μεταλλικό δοχείο του αδιαβατικού θερμιδόμετρου, το οποίο πληρώθηκε με νερό θερμοκρασίας 21 – 24°C. Το θερμιδόμετρο τέθηκε σε λειτουργία και αφέθηκε να σταθεροποιηθεί ως προς την εσωτερική του θερμοκρασία. Πριν την ανάφλεξη, καταγράφηκε από το θερμιδόμετρο η αρχική θερμοκρασία του περιβάλλοντος νερού της οβίδας και μετά το πέρας της ανάφλεξης επαναμετρήθηκε η θερμοκρασία του νερού. Η συνολική ενέργεια του δείγματος μετρήθηκε αυτόματα σε Kj/g από τη σχέση:

$$\text{Ολική ενέργεια (Kj/g)} = [(\theta_{\text{τελική}} - \theta_{\text{αρχική}}) * 10,82] - 0,0896 / W_{\text{δείγματος}} \text{ (g)}$$

2.2.6 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ενώσεων, ολικών λιπαρών ουσιών, υγρασίας και τέφρας με τη χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου (NIR)

Για τον προσδιορισμό των ολικών αζωτούχων ενώσεων, των ολικών λιπαρών ουσιών και της τέφρας με τη χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων 30g μη αλεσμένου δείγματος και τοποθετήθηκε σε ειδική κυψελίδα γνωστού βάρους. Στην συνέχεια, η κυψελίδα τοποθετήθηκε στην ειδική υποδοχή του φασματοφωτόμετρου για την λήψη της μέτρησης. Ανάλογα με το μέγεθος των συμπύκτων πραγματοποιήθηκαν 2 ή 3 επαναλήψεις.



### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Ιχθυοτροφές

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα της θρεπτικής σύστασης των ιχθυοτροφών, η οποία αναλύθηκε με τις μεθόδους της αναλυτικής χημείας για τον προσδιορισμό της υγρασίας, της τέφρας, της ενέργειας, των ολικών αζωτούχων ενώσεων, των ολικών λιπαρών ουσιών, του θερμοζυγού για τον προσδιορισμό της υγρασίας και της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου για τον προσδιορισμό της τέφρας, της ενέργειας, της υγρασίας, των ολικών αζωτούχων ενώσεων και των ολικών λιπαρών ουσιών.

00.7.16.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,2mm Lot:1128

Πίνακας 12: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.16.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,2mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	7,32	7,32	0,15
	7,46		
	7,16		
Τέφρα (%)	6,84	8,65	1,57
	9,63		
	9,47		
Ενέργεια (Kj/gr)	21,074	20,98	0,14
	20,876		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	54,64	56,15	2,14
	57,66		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	13,07	12,18	1,26
	11,28		

Πίνακας 13: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.16.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,2mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	7,32	8,65	20,98	56,15	12,18
NIR / Θερμοζυγός	4,43/7,51	8,97	21,10	56,97	13,79
Τυπική απόκλιση	2,04/0,14	0,23	0,09	0,58	1,14

**00.7.17.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,5mm Lot:1193**

Πίνακας 14: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.17.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,5mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	5,07	5,12	0,04
	5,12		
	5,16		
Τέφρα (%)	10,26	9,70	0,49
	9,35		
	9,49		
Ενέργεια (Kj/gr)	21,107	21,09	0,02
	21,078		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	57,77	58,63	1,21
	59,49		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	8,87	10,61	2,45
	12,34		

Πίνακας 15: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.17.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,5mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	5,12	9,7	21,09	58,63	10,61
NIR / Θερμοζυγός	1,18/5,61	10,28	21,48	57,27	13,82
Τυπική απόκλιση	2,78/0,35	0,41	0,28	0,96	2,27

00.7.13.067 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,7mm Lot:9938

Πίνακας 16: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.13.067 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,7mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	6,83	6,68	0,13
	6,61		
	6,59		
Τέφρα (%)	9,55	9,58	0,09
	9,68		
	9,50		
Ενέργεια (Kj/gr)	21,019	21,02	0,01
	21,029		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	51,91	49,75	3,06
	47,59		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	13,76	13,71	0,08
	13,65		

Πίνακας 17: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.13.067 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,7mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	6,68	9,58	21,02	49,75	13,71
NIR / Θερμοζυγός	4,06/6,46	9,07	21,08	48,82	15,26
Τυπική απόκλιση	1,85/0,15	0,36	0,04	0,66	1,10

**00.7.23.081 ΚΥΒΕΛΗ CT 2,2mm Lot:1188**

Πίνακας 18: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.23.081 ΚΥΒΕΛΗ CT 2,2mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	9,87	8,91	1,15
	9,21		
	7,64		
Τέφρα (%)	8,57	8,85	0,24
	9,01		
	8,96		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,601	20,59	0,01
	20,583		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	45,68	47,95	3,21
	50,22		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	12,08	12,62	0,77
	13,17		

Πίνακας 19: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.23.081 ΚΥΒΕΛΗ CT 2,2mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	8,91	8,85	20,59	47,95	12,62
NIR / Θερμοζυγός	6,78/8,71	7,81	20,72	47,06	14,92
Τυπική απόκλιση	1,50/0,14	0,73	0,09	0,63	1,62

**00.7.36.008 ΑΙΓΛΗ 3mm Lot:1173**

Πίνακας 20: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.36.008 ΑΙΓΛΗ σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	9,42	9,62	0,18
	9,71		
	9,74		
Τέφρα (%)	7,93	7,99	0,07
	8,06		
	7,98		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,709	20,73	0,04
	20,759		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	47,40	47,65	0,36
	47,91		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	15,25	15,42	0,24
	15,59		

Πίνακας 21: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.36.008 ΑΙΓΛΗ 3mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	9,62	7,99	20,73	47,65	15,42
NIR / Θερμοζυγός	7,51/8,94	7,47	20,86	45,66	15,86
Τυπική απόκλιση	1,50/0,48	0,36	0,09	1,41	0,31

### 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm Lot:1184

Πίνακας 22: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	8,80	8,90	0,09
	8,91		
	8,98		
Τέφρα (%)	6,82	6,85	0,03
	6,86		
	6,87		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,985	21,02	0,05
	21,059		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	47,61	47,46	0,21
	47,32		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	14,87	14,95	0,12
	15,04		

Πίνακας 23: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	8,90	6,85	21,02	47,46	14,95
NIR / Θερμοζυγός	6,74/8,37	6,57	21,40	44,53	17,47
Τυπική απόκλιση	1,53/0,37	0,20	0,27	2,07	1,78

**07.7.40.440 ΘΕΤΙΣ S 4,5mm Lot:1177**

Πίνακας 24: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 07.7.40.440 ΘΕΤΙΣ S 4,5mm, σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	9,38	9,47	0,12
	9,60		
	9,42		
Τέφρα (%)	6,71	6,68	0,06
	6,62		
	6,71		
Ενέργεια (Kj/gr)	21,494	21,46	0,04
	21,431		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	45,11	44,79	0,46
	44,47		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	17,38	17,46	0,12
	17,55		

Πίνακας 25: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 07.7.40.440 ΘΕΤΙΣ S 4,5mm,

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	9,47	6,68	21,46	44,79	17,46
NIR / Θερμοζυγός	7,20/8,92	6,55	21,49	44,43	18,31
Τυπική απόκλιση	1,60/0,39	0,09	0,02	0,25	0,60



**00.7.74.316 ΓΟΡΓΩ 8mm Lot:1204**

Πίνακας 26: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.74.316 ΓΟΡΓΩ 8mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	8,95	8,77	0,25
	8,87		
	8,48		
Τέφρα (%)	9,07	8,95	0,11
	8,86		
	8,93		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,690	20,67	0,03
	20,644		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	47,19	46,73	0,66
	46,26		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	15,00	14,98	0,03
	14,95		

Πίνακας 27: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.74.316 ΓΟΡΓΩ 8mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	8,77	8,95	20,67	46,73	14,98
NIR / Θερμοζυγός	7,50/8,77	8,98	20,87	46,29	16,79
Τυπική απόκλιση	0,90/0,00	0,02	0,15	0,31	1,28

### 12.7.60.041 ΑΤΛΑΣ 10mm Lot:1151

Πίνακας 28: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 12.7.60.041 ΑΤΛΑΣ 10mm σε υγρασία(%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	8,96	9,21	0,21
	9,30		
	9,36		
Τέφρα (%)	9,53	9,34	0,17
	9,21		
	9,30		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,632	20,58	0,07
	20,535		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	48,15	47,90	0,35
	47,65		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	13,24	14,03	1,12
	14,83		

Πίνακας 29: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 12.7.60.041 ΑΤΛΑΣ 10mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	9,21	9,34	20,58	47,90	14,03
NIR / Θερμοζυγός	7,06/8,57	7,26	21,18	44,98	17,03
Τυπική απόκλιση	1,52/0,45	1,47	0,42	2,06	2,12

**05.5.52.082 ΑΥΡΑ 6mm Lot:1195**

Πίνακας 30: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 05.5.52.082 ΑΥΡΑ 6mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	9,40	9,27	0,26
	8,97		
	9,43		
Τέφρα (%)	9,51	9,53	0,02
	9,54		
	9,54		
Ενέργεια (Kj/gr)	19,948	19,95	0,00
	19,948		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	53,23	51,37	2,63
	49,52		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	11,90	12,08	0,25
	12,25		

Πίνακας 31: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 05.5.52.082 ΑΥΡΑ 6mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	9,27	9,53	19,95	51,37	12,08
NIR / Θερμοζυγός	7,64/8,86	6,92	20,38	45,79	13,17
Τυπική απόκλιση	1,15/0,29	1,85	0,30	3,95	0,77

**07.7.54.072 ΚΑΛΥΨΩ 6mm Lot:1452**

Πίνακας 32: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 07.7.54.072 ΚΑΛΥΨΩ 6mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	9,10	9,07	0,07
	9,11		
	8,99		
Τέφρα (%)	6,61	6,55	0,13
	6,63		
	6,39		
Ενέργεια (Kj/gr)	21,359	21,38	0,03
	21,404		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	49,68	47,14	3,60
	44,60		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	16,11	16,80	0,97
	17,48		

Πίνακας 33: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 07.7.54.072 ΚΑΛΥΨΩ 6mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	9,07	6,55	21,38	47,14	16,80
NIR / Θερμοζυγός	7,23/8,49	6,97	21,37	44,14	17,85
Τυπική απόκλιση	1,30/0,41	0,30	0,01	2,12	0,74

**05.7.55.058 TRUITA 6mm Lot:1443**

Πίνακας 34: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 05.7.55.058 TRUITA 6mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	9,14	9,20	0,32
	9,54		
	8,91		
Τέφρα (%)	7,19	7,09	0,09
	7,09		
	7,01		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,890	21,23	0,47
	21,561		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	45,74	45,53	0,30
	45,32		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	17,07	16,15	1,30
	15,23		

Πίνακας 35: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 05.7.55.058 TRUITA 6mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	9,20	7,09	21,23	45,53	16,15
NIR / Θερμοζυγός	7,35/8,25	8,10	21,58	44,68	19,36
Τυπική απόκλιση	1,31/0,67	0,71	0,25	0,60	2,27

### 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm Lot:1223

Πίνακας 36: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	8,71	8,86	0,16
	9,02		
	8,85		
Τέφρα (%)	7,13	7,03	0,11
	6,92		
	7,05		
Ενέργεια (Kj/gr)	21,404	21,50	0,13
	21,586		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	47,78	47,35	0,61
	46,91		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	15,47	15,31	0,23
	15,14		

Πίνακας 37: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	8,86	7,03	21,50	47,35	15,31
NIR / Θερμοζυγός	7,20/8,74	6,86	21,33	44,68	17,62
Τυπική απόκλιση	1,17/0,08	0,12	0,12	1,88	1,64

**00.7.60.044 ΜΑΓΙΑΤΙΚΟ 10mm Lot:1260**

Πίνακας 38: Περιεκτικότητα της ιχθυοτροφής 00.7.60.044 ΜΑΓΙΑΤΙΚΟ 10mm σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	10,64	10,50	0,16
	10,32		
	10,54		
Τέφρα (%)	9,10	9,18	0,08
	9,20		
	9,25		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,289	20,30	0,01
	20,301		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	55,29	54,15	1,60
	53,02		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	17,02	15,30	2,43
	13,58		

Πίνακας 39: Σύγκριση αποτελεσμάτων της ιχθυοτροφής 00.7.60.044 ΜΑΓΙΑΤΙΚΟ 10mm

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ενέργεια (Kj/gr)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	10,50	9,18	20,30	54,15	15,30
NIR / Θερμοζυγός	7,41/9,35	10,56	21,36	54,00	15,99
Τυπική απόκλιση	2,19/0,81	0,97	0,75	0,10	0,49

### 3.2 Πρώτες ύλες

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα της θρεπτικής σύστασης των πρώτων υλών, η οποία αναλύθηκε με τις μεθόδους της αναλυτικής χημείας για τον προσδιορισμό της υγρασίας, της τέφρας, της ενέργειας, των ολικών αζωτούχων ενώσεων, των ολικών λιπαρών ουσιών, του θερμοζυγού για τον προσδιορισμό της υγρασίας και βάσει των πιστοποιητικών ανάλυσης της τέφρας, των ολικών αζωτούχων ενώσεων και των ολικών λιπαρών ουσιών που παρέχουν οι προμηθευτές.



### Αιματάλευρο από κοτόπουλο Lot:365-132003

Πίνακας 40: Περιεκτικότητα του αιματάλευρου από κοτόπουλο σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	5,35	5,09	0,29
	4,78		
	5,14		
Τέφρα (%)	2,02	1,65	0,33
	1,38		
	1,56		
Ενέργεια (Kj/gr)	23,430	23,39	0,06
	23,343		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	91,83	91,68	0,21
	91,53		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	0,27	0,19	0,11
	0,11		

Πίνακας 41: Σύγκριση αποτελεσμάτων του αιματάλευρου από κοτόπουλο

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	5,09	1,65	91,68	0,19
Πιστοποιητικά/Θερμοζυγός	5,65	4,6	94	2,5
Τυπική απόκλιση	0,4	2,08	1,64	1,64

## Πτεράλευρο Lot:1028

Πίνακας 42: Περιεκτικότητα του πτεράλευρου σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	5,47	5,60	0,12
	5,62		
	5,71		
Τέφρα (%)	1,47	1,29	0,21
	1,34		
	1,06		
Ενέργεια (Kj/gr)	23,318	23,30	0,03
	23,278		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	89,23	88,13	1,55
	87,04		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	3,40	3,13	0,38
	2,86		

Πίνακας 43: Σύγκριση αποτελεσμάτων του πτεράλευρου

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	5,60	1,29	88,13	3,13
Πιστοποιητικά/Θερμοζυγός	4,84	3,40	84,20	10,10
Τυπική απόκλιση	0,54	1,49	2,78	4,93

## Πτηνάλευρο Lot:2009552M

Πίνακας 44: Περιεκτικότητα του πτηνάλευρου σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	2,00	2,18	0,22
	2,13		
	2,42		
Τέφρα (%)	15,27	15,57	0,38
	16,00		
	15,44		
Ενέργεια (Kj/gr)	20,658	20,73	0,10
	20,797		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	69,23	68,86	0,53
	68,48		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	10,58	10,26	0,46
	9,93		

Πίνακας 45: Σύγκριση αποτελεσμάτων του πτηνάλευρου

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	2,18	15,57	68,86	10,26
Πιστοποιητικά/Θερμοζυγός	2,40	14,80	70,84	9,70
Τυπική απόκλιση	0,16	0,55	1,40	0,39

## Γλουτένη αραβοσίτου Lot:68

Πίνακας 46: Περιεκτικότητα της γλουτένης αραβοσίτου σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	6,53	6,63	0,10
	6,63		
	6,72		
Τέφρα (%)	1,74	1,60	0,20
	1,38		
	1,69		
Ενέργεια (Kj/gr)	23,045	22,97	0,11
	22,895		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	69,85	67,25	3,68
	64,64		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	3,81	3,65	0,23
	3,49		

Πίνακας 47: Σύγκριση αποτελεσμάτων της γλουτένης σίτου

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	6,63	1,60	67,25	3,65
Πιστοποιητικά/ Θερμοζυγός	6,48	1,60	67,70	2,90
Τυπική απόκλιση	0,10	0,00	0,32	0,53

**Ιχθυάλευρο (70-72%) Lot: 90015253**

Πίνακας 48: Περιεκτικότητα του ιχθυαλεύρου (70-72%) σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	8,07	7,92	0,13
	7,89		
	7,82		
Τέφρα (%)	13,58	13,68	0,20
	13,90		
	13,54		
Ενέργεια (Kj/gr)	19,504	19,56	0,08
	19,617		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	72,00	71,79	0,29
	71,59		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	6,71	7,00	0,41
	7,29		

Πίνακας 49: Σύγκριση αποτελεσμάτων του ιχθυαλεύρου (70-72%)

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	7,92	13,68	71,79	7,00
Πιστοποιητικά/Θερμοζυγός	6,78	13,30	70,90	6,50
Τυπική απόκλιση	0,86	0,26	0,62	0,35

**Ιχθυάλευρο (68%) Lot: 9001489**

Πίνακας 50: Περιεκτικότητα του ιχθυάλευρο (68%) σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	10,68	10,14	0,77
	9,25		
	10,49		
Τέφρα (%)	13,32	13,17	0,13
	13,13		
	13,06		
Ενέργεια (Kj/gr)	19,997	19,99	0,02
	19,975		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	69,57	67,04	3,58
	64,51		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	10,16	8,01	3,04
	5,85		

Πίνακας 51: Σύγκριση αποτελεσμάτων του ιχθυαλεύρου (68%)

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	10,14	13,17	67,04	8,01
Πιστοποιητικά/Θερμοζυγός	7,51	12,10	68,40	11,20
Τυπική απόκλιση	1,86	0,75	0,96	2,26

## Ηλιάλευρο Lot:1002802<sup>H</sup>

Πίνακας 52: Περιεκτικότητα του ηλιαλεύρου σε υγρασία (%), τέφρα (%), ενέργεια (Kj/gr), ολικές αζωτούχες ενώσεις (%) και ολικές λιπαρές ουσίες (%)

	Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Υγρασία (%)	6,64	6,86	0,22
	6,87		
	7,07		
Τέφρα (%)	8,13	8,12	0,11
	8,01		
	8,22		
Ενέργεια (Kj/gr)	17,984	18,05	0,10
	18,119		
Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	44,28	43,90	0,54
	43,52		
Ολικές λιπαρές ουσίες (%)	1,14	1,58	0,63
	2,02		

Πίνακας 53: Σύγκριση αποτελεσμάτων του ηλιάλευρου

	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Ολικές αζωτούχες ενώσεις (%)	Ολικές λιπαρές ουσίες (%)
Αναλυτική χημεία	6,86	8,12	43,90	1,58
Πιστοποιητικά/Θερμοζυγός	9,19	7,90	45,30	1,70
Τυπική απόκλιση	1,65	0,15	0,99	0,09

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι παραλλακτικότητες που εμφανίζονται κατά την σύγκριση των μεθόδων στις περιεκτικότητες των ολικών λιπαρών ουσιών των εξής ιχθυοτροφών:

- 00.7.17.044 ΚΥΒΕΛΗ CT 1,5mm Lot:1193
- 00.7.23.081 ΚΥΒΕΛΗ CT 2,2mm Lot:1188
- 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm Lot:1184
- 00.7.74.316 ΓΟΡΓΩ 8mm Lot:1204
- 12.7.60.041 ΑΤΛΑΣ 10mm Lot:1151
- 05.7.55.058 TRUITA 6mm Lot:1443
- 13.7.46.00 PRAXIS PRIME 4,5mm Lot:1223

οφείλονται στο ότι πριν την μέθοδο εκχύλισης ολικών λιπαρών ουσιών κατά Soxhlet δεν πραγματοποιήθηκε όξινη υδρόλυση των δειγμάτων. Οι ολικές λιπαρές ουσίες μπορούν να προσδιοριστούν με ή χωρίς προηγούμενη υδρόλυση των δειγμάτων με υδροχλωρικό οξύ. Ωστόσο, η εφαρμογή της υδρόλυσης οδηγεί κατά κανόνα σε υψηλότερες τιμές ολικών λιπαρών ουσιών, ειδικά κατά την ανάλυση ζωοτροφών που έχουν υποστεί θερμική κατεργασία ή ζωοτροφών ζωικής προέλευσης (Παπαδομιχελάκης, 2013). Συνεπώς, τα ποσοστά των ολικών λιπαρών ουσιών που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Soxhlet είναι αναμενόμενο να είναι μικρότερα από τα ποσοστά των ολικών λιπαρών ουσιών που προσδιορίστηκαν με τη χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερέυθρου.

Ακόμα, κατά την σύγκριση των μεθόδων υψηλές παραλλακτικότητες εμφανίζονται στις περιεκτικότητες των ολικών αζωτούχων ενώσεων των εξής ιχθυοτροφών:

- 00.7.36.008 ΑΙΓΛΗ 3mm Lot:1173
- 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm Lot:1184
- 12.7.60.041 ΑΤΛΑΣ 10mm Lot:1151
- 05.5.52.082 ΑΥΡΑ 6mm Lot:1195
- 07.7.54.072 ΚΑΛΥΨΩ 6mm Lot:1452
- 13.7.46.006 PRAXIS PRIME 4,5mm Lot:1223.



Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως τα ποσοστά των ολικών αζωτούχων ενώσεων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Kjeldahl είναι μεγαλύτερα από τα ποσοστά των ολικών αζωτούχων ενώσεων που προσδιορίστηκαν με τη χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου. Οι Mihaljev et al. (2015) αναφέρουν ότι η μέθοδος ανάλυσης Kjeldahl αποτελεί τη βασική μέθοδο εκτίμησης των πρωτεϊνών στα τρόφιμα, λόγω της μεγάλης ακρίβειας και των μικρών τιμών στις διακυμάνσεις, ενώ η φασματοσκοπία εγγύς υπερύθρου παρουσιάζει υψηλές τιμές τυπικής απόκλισης και είναι χρήσιμη για ταχεία online ανάλυση των πρωτεϊνών.

Επίσης, ο Maskhairiam (2010) αναφέρει πως ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ενώσεων, των ολικών λιπαρών ουσιών, της τέφρας και των ινών ουσιών σύμφωνα με τις Επίσημες Μεθόδους Ανάλυσης (Official Methods of Analysis) των προϊόντων σόγιας είναι πιο ακριβής σε σχέση με την φασματοσκοπία εγγύς υπερύθρου, η οποία είναι ταχύτερη αλλά παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις. Αντίθετα, οι Vogt et al. (2001) εκτιμούν πως ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στους μυς της ρέγγας (*Clupea harengus*) με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου είχε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τη μέθοδο των μικροκυμάτων και τη μέθοδο Torry Fatmeter και πως ο μέσος όρος της περιεκτικότητας των ολικών λιπαρών ουσιών ήταν ίδιος με αυτόν της ανάλυσης κατά Soxhlet. Επιπλέον, οι Khodabux et al. (2006) υπολόγισαν το ποσοστό της υγρασίας, των ολικών αζωτούχων ουσιών και των ολικών λιπαρών ουσιών της παλαμίδας (*Katsuwonus pelamis*) και του κιτρινόπτερου τόνου (*Thunnus albacares*) με τη χρήση θερμοζυγού, τη μέθοδο Kjeldahl και Soxhlet αντίστοιχα, και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με αυτά της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου συμπέραναν πως το NIR μπορεί να χρησιμεύσει ως μια ακριβής και γρήγορη μέθοδος ποσοτικοποίησης των συστατικών των ιχθύων.

Ακόμα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές παραλλακτικότητες στην περιεκτικότητα της τέφρας και της ενέργειας των ιχθυοτροφών. Ωστόσο, στην πλειοψηφία των ιχθυοτροφών εμφανίζονται υψηλές τιμές παραλλακτικότητας στα ποσοστά της υγρασίας που υπολογίστηκαν με τη χρήση της φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρου συγκριτικά με τα αντίστοιχα της αναλυτικής χημείας, ενώ παραλλακτικότητα στα ποσοστά της υγρασίας που υπολογίστηκαν με τη χρήση θερμοζυγού παρατηρείται μόνο στις πρώτες ύλες, ιχθυάλευρο (68%) και ηλιάλευρο. Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι ο θερμοζυγός

προσδιορίζει το ποσοστό της υγρασίας με ακρίβεια, σε αντίθεση με τη φασματοσκοπία εγγύς υπερύθρου.

Τέλος, δεν μπορούμε αιτιολογήσουμε τις παραλλακτικότητες που εμφανίζονται στις θρεπτικές ουσίες των πρώτων υλών, καθώς τα πιστοποιητικά που δόθηκαν από τους προμηθευτές δεν αφορούν την συγκεκριμένη παρτίδα, αλλά αναφέρουν τον μέσο όρο των θρεπτικών συστατικών της πρώτης ύλης, ούτε υπάρχει μνεία στη μέθοδο ανάλυσης τους.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 5.1 Ελληνόγλωσση

Αβραμίδου, Ι. (2009). Εντοπισμός πεπτιδικού σήματος σε διαμεμβρανικές πρωτεΐνες με εφαρμογή του συνεχούς μετασχηματισμού κυματιδίων, Θεσσαλονίκη

Αρβανιτογιάννης, Ι., Σάνδρου, Δ., Κούρτης, Λ. (2001). Ασφάλεια Τροφίμων - Εφαρμογή της ανάλυσης επικινδυνότητας και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Βάρβογλη, Α., Αλεξάνδρου Ε. (1971). Οργανική Χημεία, Έκδοση Έ, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Βουλτσιάδου, Ε., Αμπατζόπουλος, Θ., Αντωνοπούλου, Ε., Γκάνιας, Κ., Γκέλης, Σ., Στάικου, Α., Τριανταφυλλίδης, Α. (2015). Υδατοκαλλιέργειες: Οργανισμοί, συστήματα παραγωγής, προοπτικές, ΣΕΑΒ

ΕΚ. (2002α). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 178/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 28ης Ιανουαρίου 2002, για τον καθορισμό των γενικών αρχών και απαιτήσεων της νομοθεσίας για τα τρόφιμα, για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων και τον καθορισμό διαδικασιών σε θέματα ασφάλειας των τροφίμων, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L 31/1

ΕΚ. (2002β). Οδηγία 2002/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 7ης Μαΐου 2002, σχετικά με τις ανεπιθύμητες ουσίες στις ζωοτροφές, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L 140/10

ΕΚ. (2003). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1831/2003 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Σεπτεμβρίου 2003, για τις πρόσθετες ύλες που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 268/29

ΕΚ. (2004). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 882/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004, για τη διενέργεια επισήμων ελέγχων της συμμόρφωσης προς τη νομοθεσία περί ζωοτροφών και τροφίμων και προς τους κανόνες για την υγεία και την καλή διαβίωση των ζώων, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 191/

ΕΚ. (2005). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 183/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Ιανουαρίου 2005, περί καθορισμού των απαιτήσεων για την υγιεινή των ζωοτροφών, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 35/1

ΕΚ. (2009). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 767/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Ιουλίου 2009, για τη διάθεση στην αγορά και τη χρήση των ζωοτροφών, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 229/1

ΕΚ (2011). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 16/2011 της Επιτροπής της 10ης Ιανουαρίου 2011 για τον καθορισμό μέτρων εφαρμογής του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για τρόφιμα και ζωοτροφές, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 6/7

ΕΚ. (2017). Κανονισμός (ΕΕ) 2017/1017 της Επιτροπής της 15ης Ιουνίου 2017 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 68/2013 για τον κατάλογο πρώτων υλών ζωοτροφών, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 159/48

Ζέρβας, Γ., Καλιτσάκης, Π., Φεγγερός, Κ. (2004). Διατροφή Αγροτικών Ζώων, Αθ. Σταμούλης, Αθήνα

Ζερφυρίδης, Γρ. (1998). Διατροφή του ανθρώπου, Εκδόσεις Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη

Κανδρέλης, Σ., Κουτσούκης, Ρούκος, Χ. (2009). Σημειώσεις εργαστηρίου βασικής διατροφής ζώων, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι) Ηπείρου, Άρτα.

Καραπαναγιωτίδης, Ι. (2017). Διατροφή υδρόβιων ζωικών οργανισμών, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος

Καραπαναγιωτίδης, Ι. (2018). Τεχνολογία ιχθυοτροφών, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος

Καστορίνη, Γ. (2018). Διαχείριση ποιότητας στο χώρο των ζωοτροφών – Νομοθετικό πλαίσιο & Τεχνικές ελέγχου, Στοιχεία επίσημων ελέγχων, Αθήνα

ΚΥΑ 323306 (ΦΕΚ 1881/Β'/14-9-2007) περί καθορισμού των αναγκαίων συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή των Καν.(ΕΚ) 178/2002 και Καν. 882/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, όσον αφορά τις γενικές αρχές της ασφάλειας και τους επίσημους ελέγχους στις ζωοτροφές

ΚΥΑ 340668 (ΦΕΚ 2422/Β'/28-11-2008) περί συμπληρωματικών μέτρων εφαρμογής των Καν. (ΕΚ) 183/2005 και Καν. 141/2007 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, περί καθορισμού των απαιτήσεων για την υγιεινή των ζωοτροφών

Μεντέ, Ε., Νέγκας, Ι. (επιμ.). (2011). Στοιχεία φυσιολογίας θρέψεως και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα

Μηνούδης, Γ. (2000). Διατροφολογία, η Ιατρική του 21<sup>ου</sup> αιώνα, Εκδόσεις ANADRASIS, Αθήνα.

Μπόσκου, Δ. (1997). Χημεία τροφίμων, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη

Ντότας, Δ., Καραλάζος, Α., Ντότας, Β. (2016). Περιγραφή και τεχνολογία ζωοτροφών, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη

Παπαδομιχελάκης, Γ. (2013). Εργαστηριακές ασκήσεις βρωματολογίας - Χημικές αναλύσεις ζωοτροφών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

Παπαδόπουλος, Γ. (1998). Τεχνολογία ζωοτροφών, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα

Παπανικολάου, Γ. (1989). Σύγχρονη διατροφή και διαιτολογία, Εκδόσεις Θυμάρι, Αθήνα

Παπουτσόγλου, Σ. (2008). Διατροφή ιχθύων, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα

Σπάης, Α., Φλώρου-Πανέλη, Π., Χρηστάκη, Ε. (2002). Ζωοτροφές και Σιτηρέσια, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη

Ταπεινός, Χ. (2013). Σύνθεση και χαρακτηρισμός τροποποιημένων πολυλειτουργικών νανοπεριεκτών, Πάτρα

Χώτος, Γ., Ρογδάκης, Ι. (2010). Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα

## 5.2 Ξενόγλωσση

Association of Official Agricultural Chemists (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16<sup>th</sup> edn. Association of analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A.

Aureli, R., Ueberschlag, Q., Klein, F., Noel, C., Guggenbuhl, P. (2017). Use of near infrared reflectance spectroscopy to predict phytate phosphorus, total phosphorus, and crude protein of common poultry feed ingredients, *Poultry Science*, 96, 160–168

Berzaghi, P., Riovanto, R. (2009) Near infrared spectroscopy in animal science production: principles and applications, *Italian Journal of Animal Science*, 8, 39-62

Dufour, E. (2011). Recent advances in the analysis of dairy product quality using methods based on the interactions of light with matter, *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 153-165

Glencrossi, B., Booth, M., Allan, G. (2007). A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds, *Aquaculture Nutrition*, 13, 17–34

Khodabux, K., L’Omelette, M., Jhaumeer-Laulloo, S., Ramasami, P., Rondeau, P. (2007). Chemical and near-infrared determination of moisture, fat and protein in tuna fishes, *Food Chemistry*, 102, 669–675

Li-Chan, E., Shuryo, N. (1991). Raman spectroscopic study of thermally and/or dithiothreitol induced gelation of lysozyme, *Journal of agricultural and food chemistry*, 39, 1238-1245

Martínez, J., Rosas, J., Pérez, J., Saavedra, Z., Vladimir, C., Alonso, P. (2018). Green approach to the extraction of major capsaicinoids from habanero pepper using nearinfrared, microwave, ultrasound and Soxhlet methods, a comparative study, *Natural Product Research*, 33 (3), 447-45

Maskhairiah, B. (2010). Comparison the nutrients contents in soybean products between primary analysis and NIR analysis, *University Malaysia Pahang*

McGorin, J. (2006). Food analysis techniques: Introduction, *Encyclopedia of Analytical Chemistry*

Mihaljev, Z., Jakšić, S., Prica1, N., Čupić, Z., Živkov-Baloš, M. (2015). Comparison of the Kjeldahl method, Dumas method and NIR method for total nitrogen determination in meat and meat products, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 21(4), 365-370

Miralbés, C. (2008). Discrimination of European wheat varieties using near infrared reflectance spectroscopy, *Food chemistry*, 106(1), 386-389

Newkirk, R. (2009). Canola meal: feed industry guide. In: Newkirk, R. (Ed.), 4th Ed., Canadian Int. Grains Inst., Canola Council, Winnipeg, Manitoba, Canada

Nielsen, D., Hyldig, G., Nielsen, J., Nielsen, H. (2005). Lipid content in herring (*Clupea harengus* L.)—influence of biological factors and comparison of different methods of analyses: solvent extraction, Fatmeter, NIR and NMR, Elsevier, 38, 537-548

Norris, H., Hruschka, R., Bean, M., Slaughter, C. (1989). A definition of wheat hardness using near infrared reflectance spectroscopy. Cereal foods world, USA

Osborne, G. (2000). Near-infrared spectroscopy in food analysis, Encyclopedia of analytical Chemistry

Tanawong, M. (2013). Evaluation of the nutritional value of canola meal, 00-rapeseed meal, and 00-rapeseed expellers fed to pigs, University of Illinois, Urbana

Vogt, A., Ronan Gormley, T., Downey, G., Somers, J. (2002). A Comparison of Selected Rapid Methods for Fat Measurement in Fresh Herring (*Clupea harengus*), Journal of food composition and analysis, 15, 205–215

Watanabe, T. (2002). Strategies for further development of aquatic feeds, Fisheries science, 68, 242-252

Werner, S. (1989). Principles of fish nutrition, Halsted Press 66-171

### 5.3 Ηλεκτρονική

Διασφάλιση της ασφαλούς διατροφής των ζώων (2016). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l12069&from=EL> (τελευταία πρόσβαση 22/06/2020)

European Commission (2020). Register of Feed Additives pursuant to regulation (EC) No 1831/2003 [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/animal-feed-eu-reg-comm\\_register\\_feed\\_additives\\_1831-03.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/animal-feed-eu-reg-comm_register_feed_additives_1831-03.pdf) (τελευταία πρόσβαση 22/06/2020)

FAO (2020). Fish Meal <http://www.fao.org/3/x5926e/x5926e01.htm> (τελευταία πρόσβαση 24/02/2020)

Feedipedia (2011). Feather meal <https://www.feedipedia.org/node/213> (τελευταία πρόσβαση 24/02/2020)

Feedipedia (2015). Wheat grain <https://www.feedipedia.org/node/223> (τελευταία πρόσβαση 01/03/2020)

Feedipedia (2016). Blood meal <https://www.feedipedia.org/node/221> (τελευταία πρόσβαση 29/06/2020)

Feedipedia (2019). Sunflower meal <https://www.feedipedia.org/node/732> (τελευταία πρόσβαση 01/03/2020)

Feedipedia (2020). Soybean meal <https://www.feedipedia.org/node/674> (τελευταία πρόσβαση 24/02/2020)

Feedipedia (2020). Rapeseed meal <https://www.feedipedia.org/node/52> (τελευταία πρόσβαση 24/02/2020)

#### 5.4 Τεχνικά έγγραφα - αναφορές - εκθέσεις αξιολόγησης

Υπουργείο Εξωτερικών - Γενική Γραμματεία Διεθνών Οικονομικών Σχέσεων και Αναπτυξιακής Συνεργασίας, Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών, (2008). Η Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια και τα προϊόντα της στην παγκόσμια αγορά

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών (Σ.Ε.Θ.) (2019). Ετήσια Έκθεση Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια

APC advanced planning-consulting, Σύμβουλοι επιχειρήσεων Α.Ε. (2016). Έκθεση εμπορίας των ειδών υδατοκαλλιέργειας που παράγονται στην Ελλάδα

Alltech (2018). 7<sup>th</sup> Annual global feed survey

Alltech (2019). 8<sup>th</sup> Annual global feed survey

Alltech (2020). 9<sup>th</sup> Annual global feed survey

## 6. ABSTRACT

In order to provide the fish with the necessary nutrients, which cover their needs, it is essential to know the dietary value of the fish feeds and raw materials. The assessment of the nutritional value of fish feed and raw materials is carried out by conducting chemical analyses, which allow the determination of crude protein, crude lipid, ash, moisture, total sugars, fiber, and energy. In this present bachelor's thesis 14 commercial fish feeds and 7 raw materials, which were obtained from fish feeds industry, Zoonomi S.A, were analyzed according the Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) in the terms of their content of crude protein, crude fat, ash, moisture and energy. Afterwards, the results of the analytical chemistry were compared with the contents of the corresponding nutrients determined using the near-infrared spectroscopy and the thermocouple. In some fish feeds, high variability values were observed in the determination of crude protein, crude fat and moisture between the 2 methods, while no significant variability was observed in the determination of ash and energy. No differences were observed in the moisture percentages of fish feeds and raw materials calculated with the thermocouple and the analytical chemistry.

Keywords: nutrient, fish feeds, Official Methods of Analysis, Near Infrared Reflectance