



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Η ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΟΥ ΜΕ
ΣΟΓΙΑΛΕΥΡΟ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΣ**

Κορτέσης Γεώργιος

Βόλος 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	3
1.1. Γενικά	3
1.2. Η υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα	4
1.2.1. Υφιστάμενη κατάσταση	4
1.2.2. Όγκος και αξία παραγωγής ανά κατηγορία εκτροφής	5
1.3. Συνεισφορά αλιευτικών προϊόντων στο εμπορικό ισοζύγιο.	7
1.4. Η υδατοκαλλιέργεια σε διεθνές επίπεδο	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	11
2.1. Ο ρόλος της διατροφής στις ιχθυοκαλλιέργειες	11
2.2. Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα	13
2.3. Θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια	15
2.4. Θρεπτικές ανάγκες σε λιπίδια και λιπαρά οξέα	17
2.5. Παραγωγή ιχθυοτροφών	20
2.6. Με τι είδους τροφές τρέφονται τα ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΑ	23
3.1. Γενικά	23
3.2. Τα ιχθυάλευρα	23
3.3. Η παρασκευή του ιχθυάλεου	24
3.4. Η χρησιμοποίηση ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
Η ΑΝΤΙΚΑΤΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΟΥ ΜΕ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	30
4.1. Γενικά	30
4.2. Το σογιάλευρο	36

4.3. Μελέτες αντικατάστασης ιχθυάλευρου με σογιάλευρο	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων: Ι. Καραπαναγιωτίδης, Επικ. Καθηγητής - Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών

Μέλος: Ε. Μεντέ, Καθηγήτρια - Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών

Μέλος: Ν. Νεοφύτου, Επίκουρος Καθηγητής - Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με σογιάλευρο στις ιχθυοτροφές συμβάλλει στην αειφορία και στην οικονομική ευρωστία του κλάδου των υδατοκαλλιέργειών. Η διερεύνηση του ποσοστού αντικατάστασης είναι αναγκαία για την επίτευξη της βιωσιμότητας του κλάδου. Οι υδατοκαλλιέργειες συμβάλλουν σημαντικά στον πρωτογενή τομέα της χώρας μας. Από δεκαετίες παρατηρείται σημαντική ενασχόληση με την εκτροφή ψαριών και αυτό λόγω των καλών κλιματολογικών συνθηκών, της εκτεταμένης και προστατευόμενης ακτογραμμής, της τεχνολογικής ανάπτυξης σε τομείς όπως η διατροφή και η αναπαραγωγή των ψαριών, αλλά και λόγω των Διεθνών και Ευρωπαϊκών χρηματικών επενδύσεων στον τομέα αυτό.

Λέξεις κλειδιά: ιχθυάλευρα, σογιάλευρο, ιχθυοτροφές

SUMMARY

The replacement of fish meal with soybean meal in fish feed contributes to the sustainability and financial "health" of the aquaculture industry. The investigation of the replacement rate is necessary to achieve the viability of the industry. Aquaculture contributes significantly to the primary sector of our country. Since decades there is a significant preoccupation with fish farming due to good weather conditions, the extended and protected shoreline, the technological development in areas such as fish nutrition and breeding, but also because of the international and European financial investment in this area.

Keywords: fish meal, soybean meal, fish feed

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επακριβής γνώση των θρεπτικών αναγκών των ψαριών είναι απολύτως σημαντική στη εκτροφή τους. Οι διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών όπως και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, σχετίζονται με την επιβίωση, την ανάπτυξη, την αύξηση, την αναπαραγωγή, την υγεία και όλες τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού. Μία πιθανή έλλειψη ενός θρεπτικού συστατικού στη δίαιτα των εκτρεφόμενων ιχθύων θα προκαλέσει άμεσα τη μείωση της ανάπτυξης, μειωμένη αναπαραγωγική απόδοση, διάφορες παθολογικές καταστάσεις και πιθανόν το θάνατο.

Οι ποιοτικές θρεπτικές απαιτήσεις των ιχθύων, όπως και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, είναι παρόμοιες με αυτές των χερσαίων ζώων. Έτσι, τα ψάρια χρειάζονται πρωτεΐνες (και συγκεκριμένα απαραίτητα αμινοξέα), λιπίδια (και συγκεκριμένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα), ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες για να διατηρηθούν στη ζωή, να αναπτυχθούν και να επιτελέσουν όλες τις φυσιολογικές τους λειτουργίες. Αυτά τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται στους εκτρεφόμενους οργανισμούς είτε από την πρόσληψη της φυσικής τροφής (υδρόβια χλωρίδα και πανίδα) είτε από την κατανάλωση προπαρασκευασμένων τροφών. Σε εκείνα τα εκτροφικά συστήματα που τα ψάρια διατηρούνται σε τεχνητά υδατοκαλλιεργητικά μέσα και υπάρχει έλλειψη της φυσικής τροφής (εντατικά συστήματα εκτροφής), η δίαιτα που τους χορηγείται θα πρέπει να είναι επαρκής σε όλα τα θρεπτικά συστατικά, τόσο ποιοτικά όσο ποσοτικά.

Το ιχθυάλευρο παρέχει το μεγαλύτερο ποσοστό διαιτητικής πρωτεΐνης για τα ψάρια στις υδατοκαλλιέργειες. Η εύρεση εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης έχει μελετηθεί εντατικά της τελευταίες δεκαετίες λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας και του υψηλού

κόστους του ιχθυαλεύρου. Το σογιάλευρο αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες και διαδεδομένες εναλλακτικές πρωτεϊνικές πηγές για τα σιτηρέσια των ιχθύων, καθώς έχει υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης, υψηλή διαθεσιμότητα και ανταγωνιστική τιμή. Η εξάλειψη των αντιδιατροφικών παραγόντων του σογιάλευρου με κατάλληλες διεργασίες, η διατροφική αξία του σογιάλευρου έχει δείχθει ότι μπορεί να βελτιώσει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών του και να ελαχιστοποιήσει τις αρνητικές επιδράσεις του στην ανάπτυξη των ιχθύων.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η αντικατάσταση των ιχθυάλευρων με σογιάλευρο στην διατροφή των ψαριών σε υδατοκαλλιέργειες ώστε να διασφαλίζεται μια ισορροπημένη διατροφή για την ανάπτυξη των ψαριών, η επίδρασή του σογιάλευρου στην καλή ποιότητα του εδώδιμου φιλέτου τους, αλλά και η επιτυχία αντικατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. Γενικά

Ο αυξανόμενος πληθυσμός των ανθρώπων παγκοσμίως καταναλώνει ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες ψαριών (FAO 2016). Τα ψάρια παρέχουν σε περισσότερα από 3,1 δισεκατομμύρια ανθρώπους πάνω από το 20% των ζωικών πρωτεϊνών της διατροφής τους, αλλά κυρίως αποτελούν σημαντική πηγή λιπαρών οξέων και ιχνοστοιχείων (Thilstedt et al. 2016, FAO 2016, Bene et al. 2015). Από τα ψάρια προέρχεται σήμερα το 17% του συνόλου των πρωτεϊνών που καταναλώνονται στον κόσμο. Το ποσοστό αυτό θα συνεχίσει να αυξάνεται, καθώς η αύξηση του εισοδήματος των καταναλωτών συνοδεύεται από αύξηση της ζήτησης για ψάρια υψηλής ποιότητας (Παγκόσμια Τράπεζα 2013). Πέραν της σημασίας τους ως πηγής τροφής, τα ψάρια έχουν επίσης μεγάλη κοινωνικοοικονομική σημασία: περίπου 500 εκατομμύρια άτομα (επαγγελματίες στους τομείς αλιείας και υδατοκαλλιέργειας) σε ολόκληρο τον κόσμο εξασφαλίζουν το εισόδημά τους μέσω κάποιας δραστηριότητας στον τομέα της αλιείας (FAO 2014).

Ωστόσο, η κατάσταση των ιχθυοαποθεμάτων διεθνώς αποτελεί αιτία ανησυχίας. Από τις επιστημονικές εκτιμήσεις των ιχθυοαποθεμάτων προκύπτει ότι σε ποσοστό 31% είναι υπεραλιευμένα και σε 58% πλήρως αλιευμένα (FAO 2016, Costello et al. 2016). Μια περαιτέρω αύξηση των αλιευτικών πιέσεων θα μπορούσε σοβαρά να θέσει σε κίνδυνο την κατάσταση των πλήρως αλιευμένων αποθεμάτων (FAO 2016).

Σύμφωνα με το WWF, ο δημόσιος διάλογος για το ζήτημα της εξασφάλισης πρωτεΐνης υψηλής βιολογικής αξίας στον παγκόσμιο πληθυσμό παραβλέπει το γεγονός ότι και τα δύο συστήματα παραγωγής τροφής -η θάλασσα και η γη- συνδέονται στενά μεταξύ τους, και από πλευράς φυσικών ορίων και ικανότητας παραγωγής τροφής και ως εκ τούτου, πρέπει να θεωρηθούν ως ένα. Η πλούσια σε πρωτεΐνες σόγια χρησιμοποιείται σε ιχθυοτροφές. Οι ποσότητες των θαλάσσιων αλιευμάτων δεν μπορούν προφανώς να αυξηθούν, αντίθετα μάλιστα έχουν μείνει στάσιμες εδώ και σχεδόν 30 χρόνια (WWF 2017). Η τρέχουσα ζήτηση για ψάρια είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που μπορεί να καλύψει η θαλάσσια αλιεία και υδατοκαλλιέργεια, ενώ ήδη σήμερα το ήμισυ του συνόλου των ψαριών διεθνώς προέρχεται από υδατοκαλλιέργειες. Ο συγκεκριμένος κλάδος της βιομηχανίας τροφίμων, ο οποίος έχει αναπτυχθεί σημαντικά κατά τα τελευταία 40 χρόνια, απαιτεί συγχρόνως τη χρήση θάλασσας και γης (WWF 2017).

1.2. Η υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα

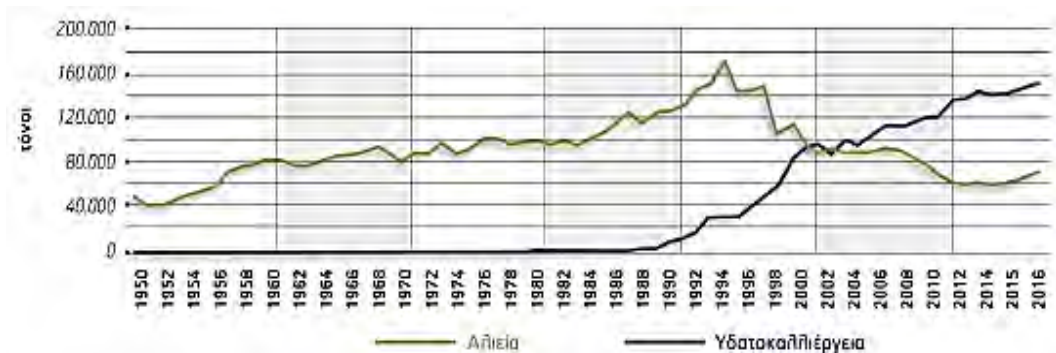
1.2.1. Υφιστάμενη κατάσταση

Η υδατοκαλλιέργεια και κυρίως η ιχθυοκαλλιέργεια στην Ελλάδα αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς κλάδους του πρωτογενούς τομέα ζωικής παραγωγής που έχει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της συμβολής του στην οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή της χώρας. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το 1980 μόλις το 2% της εγχώριας παραγωγής αλιευτικών προϊόντων προερχόταν από την υδατοκαλλιέργεια (2.000 τόνοι) και το υπόλοιπο 98% από την συλλεκτική αλιεία (105.651 τόνοι) (ΣΕΘ 2018). Η αναλογία αυτή άρχισε να μεταβάλλεται και σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του FAO, εκτιμάται πως το 62% της εγχώριας παραγωγής

αλιευτικών προϊόντων προήλθε από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 38% από τη συλλεκτική αλιεία (ΣΕΘ 2018).

Την τελευταία δεκαετία, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.1 υπήρξε μια επιβράδυνση στην ανάπτυξη και ελαφρά μείωση της παραγωγής. Το κλίμα όμως έχει ήδη αρχίσει να αντιστρέφεται και ο κλάδος να ανακάμπτει και να επανέρχεται σε τροχιά ανάπτυξης αφού η δραστηριότητα αυτή έχει αναδειχθεί σε μια από τις πλέον ανταγωνιστικές για την Ελλάδα, η οποία διατηρεί μια από τις ηγετικές θέσεις στην παραγωγή μεσογειακών ειδών σε ευρωπαϊκό, αλλά και διεθνές επίπεδο (ΣΕΘ 2018).

Αναλυτικότερα, στις ελληνικές θάλασσες εκτρέφονται μεσογειακά είδη (κυρίως τσιπούρα και λαβράκι) και σε ένα μικρότερο ποσοστό «νέα είδη» όπως μυτάκι, φαγκρί, κρانيός, συναγρίδα κ.ά. (ΣΕΘ 2018).



Διάγραμμα 1.1. Προσφορά αλιευτικών προϊόντων στην Ελλάδα (FAO, ΣΕΘ, ΥΠΑΑΤ) (ΣΕΘ 2018).

1.2.2. Όγκος και αξία παραγωγής ανά κατηγορία εκτροφής

Στην Ελλάδα εκτρέφονται κυρίως είδη μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας και όστρακα. Το 2016 ο συνολικός όγκος παραγωγής ανήλθε σε 134.065 τόνους αξίας 587,89 εκ. ευρώ. Σε σχέση με το 2015 καταγράφεται οριακή μείωση 0,5% ως προς τον όγκο και μείωση

6,5% ως προς την αξία παραγωγής. Αν συνυπολογίσουμε και την αξία των ιχθυιδίων που παρήχθησαν από τους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, τότε η συνολική αξία από όλες τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας ανέρχεται στα 682,59 εκ. ευρώ. Τα ψάρια αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραγωγής (86% του όγκου και 99% της αξίας) και ακολουθούν τα μύδια (14% του όγκου, μόλις το 1% της αξίας) (ΣΕΘ 2018).

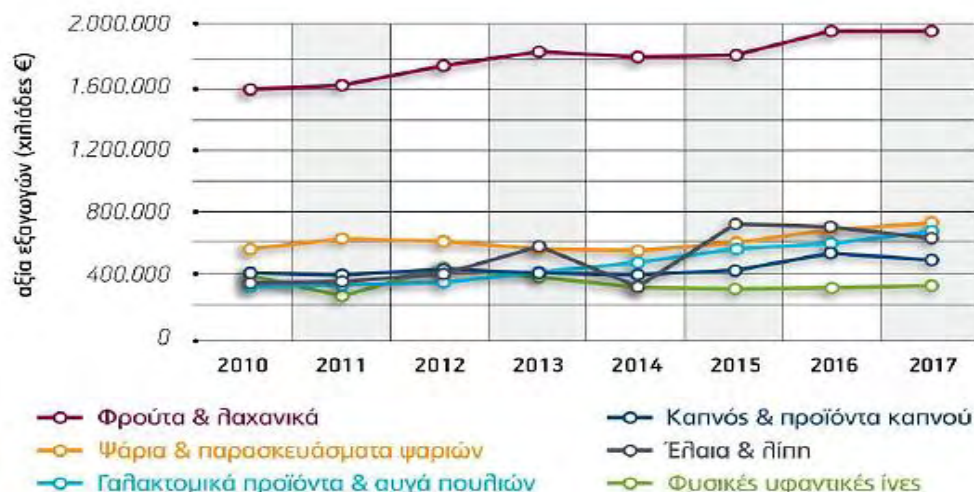
Η εκτροφή ψαριών σε θαλάσσια, εσωτερικά ύδατα, ανήλθε συνολικά σε 133.110 τόνους αξίας 584,51 εκ. ευρώ. Αξίζει να σημειωθεί πως τα ψάρια που εκτρέφονται στη θάλασσα αντιπροσωπεύουν το 98,5% του όγκου, αλλά και της αξίας των ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας και μόλις το 1,5% προέρχεται από την ιχθυοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων (ΣΕΘ 2018).

Πίνακας 1.1. Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2016 (ΥΠΑΑΤ, ΣΕΘ) (ΣΕΘ 2018).

	Αριθμ. Μονάδων	όγκος (τόνοι)	αξία (εκ. ευρώ)
Α. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΝΕΡΑ (ΕΚΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΧΕΡΣΙΑΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)			
Πέστροφα	60	1.645	5,07 €
Κυπρίνος	7	5	0,01 €
Σαπάρια	2	3	0,01 €
Χέλια	4	290	2,98 €
Γαρίδοκαλλιέργειες	1	0	0,00 €
Λοιπά είδη (κέφαλοι, τήλια κλπ)	11	75	1,12 €
Σύνολο Α	85	2.018	9,20 €
Β. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΝΕΡΑ (ΕΚΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)			
Τσιπούρα & λαβράκι	318	105.000	566,92 €
Λοιπά μεσογειακά είδη		2.800	
Οστρακοκαλλιέργειες (κυρκας μύδια)	590	23.292	8,39 €
Σύνολο Β	908	131.092	575,31 €
Σύνολο Α+Β	993	133.110	584,51 €
Γ. ΔΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ (ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΥΡΙΑΣ ΑΠΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΥΛΛΟΓΟΥΣ)			
Ευρύαπια είδη (τσιπούρα, λαβράκι, κέφαλοι κλπ)	72	880	3,08 €
Σύνολο Γ	72	880	3,08 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (Α+Β+Γ)	1.068	134.065	587,59 €
Δ. ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΙΧΘΥΩΝ (Θ.Μ.Ι.)			
	Αριθμ. Σταθμών	Παραγ. εκ. Ιχθυύδια	αξία (εκ. ευρώ)
Τσιπούρα & λαβράκι		448	
Λοιπά μεσογειακά είδη	29	9,6	95,00 €
Σύνολο Δ	29	457,6	95,00 €

1.3. Συνεισφορά αλιευτικών προϊόντων στο εμπορικό ισοζύγιο

Τα ψάρια και τα παρασκευάσματα αυτών αποτελούν έναν από τους πλέον εξωστρεφείς κλάδους της ελληνικής οικονομίας συμβάλλοντας θετικά στο εμπορικό ισοζύγιο της χώρας καθώς υπερβαίνουν τις αντίστοιχες εισαγωγές. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της ΕΛΣΤΑΤ, το 2017 η συνολική αξία των εξαγωγών αλιευτικών προϊόντων ανήλθε σε 653,5 εκ. ευρώ αντιπροσωπεύοντας το 11,4% των συνολικών εξαγωγών αγροτικών προϊόντων της χώρας (6,1 δισ. ευρώ). Εξ' αυτών το 94% προέρχεται από το ενδοκοινοτικό εμπόριο (615,22 εκ. ευρώ) και το υπόλοιπο 8% (59 εκ. ευρώ) από εξαγωγές σε τρίτες χώρες. Εκτιμάται πως τα ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας αντιπροσωπεύουν το 82% της αξίας των εξαγωγών αυτής κατηγορίας. Ως προς τον όγκο, το σύνολο των εξαγωγών αλιευτικών προϊόντων ανήλθε τους 130.620 τόνους και των εισαγωγών στους 102.445 τόνους (ΣΕΘ 2018).



Διάγραμμα 1.2. Κατάταξη εξαγωγικών κλάδων αγροτικών προϊόντων (ΕΛΣΤΑΤ, ΣΕΘ) (ΣΕΘ 2018).

1.4. Η υδατοκαλλιέργεια σε διεθνές επίπεδο

Σε διεθνές επίπεδο οι χώρες προωθούν μεταρρυθμίσεις για την αειφόρο διαχείριση της αλιείας, ενώ παράλληλα προωθούν την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας, που θεωρείται ως το μέλλον της παραγωγής ιχθύων. Ήδη η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας υπερβαίνει τον όγκο των αλιευμάτων από άγρια αλιεία. Συγκεκριμένα, και το 2016 ο όγκος παραγωγής προϊόντων υδατοκαλλιέργειας, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, ξεπέρασε τον αντίστοιχο από τη συλλεκτική αλιεία η οποία τα τελευταία δέκα χρόνια έχει σταθεροποιηθεί μεταξύ 90 - 93 εκ. τόνων (ΣΕΘ 2018).

Σύμφωνα με τον FAO, το 2016 η παραγωγή προϊόντων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας παγκοσμίως σημείωσε νέο ρεκόρ και ανήλθε σε περίπου 171 εκατομμύρια τόνους εκ των οποίων το 54,5% προήλθε από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 45,5% από την αλιεία. Από τους 171 εκατομμύρια τόνους, περίπου το 88% (άνω των 151 εκατομμυρίων τόνων) χρησιμοποιήθηκε για ανθρώπινη κατανάλωση καταγράφοντας για άλλο ένα έτος αυξημένη κατανάλωση αλιευτικών προϊόντων. Το υπόλοιπο 12% (περίπου 20 εκατομμύρια τόνοι) χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια (ΣΕΘ 2018).



Διάγραμμα 1.3. Εξέλιξη παραγωγής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας 1950-2016 (τόνοι) (FAO).

Μέχρι σήμερα έχει καταγραφεί ανά τον κόσμο τουλάχιστον από μια φορά η εκτροφή 580 διαφορετικών ειδών σε διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες εκτροφής, στη θάλασσα ή σε εσωτερικά ύδατα εκ των οποίων τα 360 είναι είδη ψαριών. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ταχύτατη τεχνολογική ανάπτυξη που έχει επιτευχθεί στον τομέα τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, στο πλαίσιο αυτών των εξελίξεων, οι κυριότερες προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπίσει ο κλάδος είναι:

- η παρασκευή ιχθυοτροφών από αειφόρες πρώτες ύλες
- η διαχείριση των υδάτινων οικοσυστημάτων
- η ευζωία των εκτρεφόμενων οργανισμών και
- η ανάπτυξη τεχνολογιών παραγωγής (ΣΕΘ 2018).

Όσον αφορά στα βασικά μεγέθη, το 2016 ο συνολικός όγκος παραγωγής ξεπέρασε τους 110 εκατομμύρια τόνους (+4,5%), ενώ η αξία πωλήσεων σημείωσε άνοδο κατά 49,4% και ανήλθε στα 194,78 δισ. ευρώ. Να σημειωθεί ότι η παραγωγή από την υδατοκαλλιέργεια ξεπέρασε την αλιεία κατά 18,2 εκ. τόνους. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση κυμάνθηκε στα 20,3 κιλά και αυτό χάρη στην προσφορά προϊόντων υδατοκαλλιέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο πως η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση κυμαίνεται ανάλογα με την οικονομική ανάπτυξη της κάθε περιοχής από 7 κιλά στις υπο ανάπτυξη περιοχές μέχρι 28 κιλά στις πλέον ανεπτυγμένες (ΣΕΘ 2018).

Είναι γεγονός πως μεταξύ 1961 και 2016, η μέση ετήσια αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ψαριών (3,2%) ξεπέρασε την αύξηση του πληθυσμού (1,6%) και ξεπέρασε εκείνη του κρέατος από όλα τα χερσαία ζώα μαζί (2,8%). Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ψαριών αυξήθηκε από 9 κιλά το 1961 σε 20,3 κιλά το 2016. Το 2016,

εκτιμάται πως τα ψάρια αντιπροσώπευαν περίπου το 17% της ζωικής πρωτεΐνης που καταναλώνεται από τον παγκόσμιο πληθυσμό. Η υψηλότερη κατά κεφαλήν κατανάλωση ψαριών, πάνω από 50 κιλά, βρίσκεται σε αρκετά μικρά νησιωτικά αναπτυσσόμενα κράτη (SIDS), ιδιαίτερα στην Ωκεανία, ενώ τα χαμηλότερα επίπεδα, λίγο πάνω από 2 κιλά, βρίσκονται στην Κεντρική Ασία και σε ορισμένες μεσογειακές χώρες (ΣΕΘ 2018).

Η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός ψαριών και από το 2002 είναι επίσης ο μεγαλύτερος εξαγωγέας ψαριών και αλιευτικών προϊόντων. Μετά την Κίνα, οι σημαντικότεροι εξαγωγείς το 2016 ήταν η Νορβηγία, το Βιετνάμ και η Ταϊλάνδη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αντιπροσώπευε τη μεγαλύτερη ενιαία αγορά για τα ψάρια και τα προϊόντα αλιείας, ακολουθούμενη από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και την Ιαπωνία. Το 2016, αυτές οι τρεις αγορές αντιπροσώπευαν μαζί το 64% περίπου της συνολικής αξίας των παγκόσμιων εισαγωγών ψαριών και αλιευτικών προϊόντων. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ψαριών που διατέθηκε για ανθρώπινη κατανάλωση ήταν νωπό ή διατηρημένο σε απλή ψύξη (45%) ακολουθούμενο από αυτό των διατηρημένων σε κατάψυξη (31 %) (ΣΕΘ 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

2.1. Ο ρόλος της διατροφής στις ιχθυοκαλλιέργειες

Την τελευταία δεκαετία παρατηρείται μια θεαματική ανάπτυξη στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών παγκοσμίως και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, η οποία αναμένεται να συνεχίσει την ανοδική της πορεία και στα επόμενα χρόνια (Hasan 2001). Στην αειφορική ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών πολύ σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η διατροφή. Η σωστή και ισορροπημένη σίτιση των οργανισμών στα ζωικά παραγωγικά συστήματα (μεταξύ των οποίων και οι ιχθυοκαλλιέργειες) είναι απαραίτητη για την παραγωγή τελικών προϊόντων υψηλής ποιότητας. Καθώς οι τροφές αντιπροσωπεύουν υψηλό ποσοστό του κόστους παραγωγής, η σίτιση των οργανισμών αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα για τη βιωσιμότητα της ιχθυοκαλλιέργειας (Βουλτσιάδου κ.ά. 2015).

Τα κυριότερα ζητήματα της διατροφής των εκτρεφόμενων υδρόβιων ζωϊκών οργανισμών που απασχολούν τον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών προκειμένου αυτός να παραμείνει βιώσιμος είναι τα εξής (Γιαννηκώτσιου 2010):

- Οι θρεπτικές απαιτήσεις των διαφόρων εκτρεφόμενων ειδών και η ικανοποίησή τους μέσω της εκτροφής και της εφαρμοσμένης διατροφής τους.
- Η διατροφή των ψαριών και των γεννητόρων των εκτρεφόμενων ειδών.
- Η διατροφική αξία του τελικού προϊόντος και η σημασία του στην διατροφή του ανθρώπου.

- Η ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος των εκτρεφόμενων ειδών μέσω της διατροφής τους.
- Η συντήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ικανότητας υποστήριξης των συστημάτων υδατοκαλλιέργειας.
- Η διαθεσιμότητα και η προσφορά των διαφόρων συστατικών των ιχθυοτροφών και η χρησιμοποίησή τους στις ιχθυοτροφές.
- Ο αυξανόμενος ανταγωνισμός για τα συστατικά ιχθυοτροφών με άλλους χρήστες των ίδιων πρώτων υλών.
- Η πρόβλεψη της προσφοράς της ζήτησης των ιχθυαλεύρων στην τοπική και παγκόσμια αγορά.
- Η εύρεση και αξιοποίηση εναλλακτικών πρωτεϊνικών πηγών και ελαίων για πιθανή υποκατάσταση ή και αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου.

Οι θρεπτικές ανάγκες των ψαριών για ανάπτυξη, αναπαραγωγή, μετακίνηση και άλλες φυσιολογικές λειτουργίες είναι παρόμοιες με αυτές των χερσαίων οργανισμών. Ωστόσο, υπάρχουν αξιοσημείωτες θρεπτικές διαφορές μεταξύ των ψαριών και των άλλων ζωικών οργανισμών. Συγκεκριμένα, (α) οι ενεργειακές ανάγκες στα ψάρια είναι μικρότερες από αυτές των χερσαίων ομοιόθερμων ζώων, με συνέπεια τα ψάρια να παρουσιάζουν μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης ενέργειας προς την καταναλωθείσα ποσότητα πρωτεΐνης, (β) τα ψάρια χρειάζονται κάποια λιπαρά οξέα, όπως τα ωμέγα-3, τα οποία δεν είναι απαραίτητα στους χερσαίους ζωικούς οργανισμούς, (γ) η δυνατότητα που παρουσιάζουν τα ψάρια όσον αφορά την απορρόφηση ιχνοστοιχείων από το περιβάλλον τους μειώνει τις θρεπτικές τους απαιτήσεις από την παρεχόμενη τροφή, (δ) τα ψάρια παρουσιάζουν περιορισμένες δυνατότητες στη σύνθεση ασκορβικού οξέος και

επομένως εξαρτώνται από την παρουσία αυτού μέσα στην τροφή τους (Βουλτσιάδου κ.ά. 2015).

2.2. Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

Η παρουσία των πρωτεϊνών στα σιτηρέσια των εκτρεφόμενων ψαριών είναι απαραίτητη. Ο βιολογικός ρόλος των πρωτεϊνών στη δομή και τη λειτουργία του οργανισμού των ψαριών είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Οι πρωτεΐνες αποτελούν το 65-75% του ολικού ξηρού βάρους των ψαριών.

Οι πρωτεΐνες αποτελούν απαραίτητα συστατικά στη διατροφή των ψαριών, δεδομένου ότι οι οργανισμοί αυτοί δεν μπορούν να συνθέσουν όλα τα αμινοξέα, αλλά πρέπει να τα λάβουν από την τροφή. Επομένως τα αμινοξέα που εισέρχονται στο ψάρι, χρησιμοποιούνται είτε για τη σύνθεση νέων πρωτεϊνών, ιδιαίτερα σε περιόδους ανάπτυξης, αλλά και αναπαραγωγικής ωρίμανσης, ή για αντικατάσταση και συντήρηση των ήδη υπαρχόντων πρωτεϊνών (Βουλτσιάδου κ.ά. 2015). Η πρωτεΐνη είναι η πρώτη οριακή θρεπτική ουσία στις ελαχίστους κόστους δίαιτες λόγω του υψηλού κόστους αυτής στην αγορά (Matthews 2000).

Το ποσοστό της διαιτητικής πρωτεΐνης, το οποίο αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη του οργανισμού εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Γιαννηκότσιου 2010):

- Το ενεργειακό περιεχόμενο της τροφής
- Τη φυσιολογική κατάσταση του οργανισμού (ηλικία, βάρος, γονιμότητα)
- Τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία νερού, αλατότητα, διαλυμένο O₂)

- Την ποιότητα της πρωτεΐνης (ποσοστό και διαθεσιμότητα των απαραίτητων αμινοξέων)
- Την πρόσληψη τροφής.

Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνες ποικίλλουν στα διάφορα είδη ψαριών και μάλιστα μεταβάλλονται ανάλογα με την ηλικία των ψαριών, με τις απαιτήσεις να μειώνονται με την αύξηση της ηλικίας. Επίσης, περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η θερμοκρασία αλλά και η αλατότητα του νερού, επηρεάζουν τις απαιτήσεις του οργανισμού σε πρωτεΐνες, ακόμη και εντός της ίδιας ηλικιακής κλάσης, ενώ σημαντικό ρόλο έχουν και αρκετοί ενδογενείς παράγοντες. Ο προσδιορισμός της ακριβούς ποσότητας πρωτεϊνών που απαιτείται στα σιτηρέσια των διαφορετικών ψαριών δεν είναι εύκολη διαδικασία. Στη φύση, τα σαρκοφάγα ψάρια καταναλώνουν τροφές με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη μέχρι 50%. Ανεπαρκής ποσότητα πρωτεΐνης στην τροφή οδηγεί σε ελάττωση του σωματικού βάρους, αναστολή της αύξησης και διαταραχή της ομοιόστασης της φυσιολογικής λειτουργίας του οργανισμού. Αντίθετα, εάν η ποσότητα πρωτεΐνης στην τροφή είναι υψηλή, τότε ένα μέρος θα χρησιμοποιηθεί για τη σύνθεση νέων πρωτεϊνών, ενώ η περίσσια ποσότητα θα μετατραπεί σε ενέργεια (Βουλτσιάδου κ.ά. 2015).

Μερικοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει ημισυνθετικές και συνθετικές δίαιτες για να διερευνήσουν το ιδανικό επίπεδο των πρωτεϊνών στις τροφές για τα ψάρια. Οι περισσότερες από αυτές τις εκτιμήσεις προέρχονται από το αποτέλεσμα της καμπύλης της δόσης (αυξανόμενο ποσό πρωτεΐνης) με την αντίδραση (αύξηση σωματικού βάρους), η οποία οδηγεί στον καθορισμό της ελάχιστης απαιτούμενης ποσότητας πρωτεΐνης στην τροφή ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ανάπτυξη. Η ιδανική ποσότητα πρωτεΐνης στην δίαιτα των ιχθυοκαλλιεργιών φαίνεται να επηρεάζεται από το μέγεθος ή την ηλικία του ψαριού με διακυμάνσεις από 28% έως 50% επί της συνολικής ουσίας

της τροφής (El-Sayed and Teshima 1992). Για τα νεαρά άτομα (σωματικό βάρος περίπου 0,5 - 5 g), έχει καθοριστεί ότι ποσοστό πρωτεΐνης 29-40% αποδίδει την ιδανική ανάπτυξη (Shiau and Peng 1993).

Όσον αφορά τη διατροφή των γεννητόρων, είναι πολύ σημαντικό να προσδιορίσουμε τις διατροφικές τους απαιτήσεις καθώς σχετίζονται με την ωρίμανση των γονάδων, τη γονιμότητα των αυγών, την επιβίωση των λεκιθοφόρων ιχθυδίων και την ανάπτυξη των ατελών ιχθυδίων (Izquierdo et al. 2003). Η έλλειψη διαιτητικών πρωτεϊνών επηρεάζει σημαντικά τη σύσταση του σώματος των ψαριών σε πρωτεΐνη και αμινοξέα καθώς και λιπίδια και λιπαρά οξέα.

2.3. Θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια

Η χρησιμοποίηση της ενέργειας της τροφής είναι πολύ σημαντικό στοιχείο της διατροφής των εκτρεφόμενων ζωικών οργανισμών. Οι ζωϊκοί οργανισμοί χρησιμοποιούν την ενέργεια που προσλαμβάνουν από την τροφή τους για να καλύψουν τις ανάγκες τους για την επιβίωση, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους. Η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) είναι η άμεση πηγή ενέργειας στον κύκλο του μεταβολισμού, ενώ η διφωσφορική αδενοσίνη (ADP) δρα βασικά ως αποθεματική ενέργεια (Steffens 1989).

Μία από τις πιο εμφανείς διαφορές στη θρέψη μεταξύ των ιχθύων και των εκτρεφόμενων χερσαίων ζώων είναι ότι το ποσοστό της ενέργειας που απαιτείται για τη σύνθεση των πρωτεϊνών είναι αρκετό μικρότερο για τα ψάρια συγκριτικά με τα θερμόαιμα ζώα. Τα ψάρια εμφανίζουν χαμηλότερες θρεπτικές ανάγκες σε ενέργεια επειδή δεν έχουν την ανάγκη της συνεχούς διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματός

τους σε σταθερό επίπεδο (Lovell 1989). Ωστόσο, τα απαιτούμενα επίπεδα ενέργειας γενικά καθορίζονται από τον υδρόβιο και ποικιλόθερμο χαρακτήρα τους σε συνδυασμό με το είδος (θερμόφιλο, ψυχρόφιλο, ευρύθερμο) και άλλες παραμέτρους, όπως το βιολογικό στάδιο-ηλικία και τη θερμοκρασία νερού διαβιώσεώς τους (Παπουτσόγλου 2008).

Η ενέργεια των τροφών απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της μεταβολικής οξείδωσης των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπιδίων. Όπως η κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των ψαριών σε πρωτεΐνη αποτελεί προτεραιότητα στην παρασκευή ιχθυοτροφών, τόσο για την σημασία της στη διατροφή αλλά και λόγω του αυξημένου κόστους των πρωτεϊνικών συστατικών, έτσι και η ενέργεια θα πρέπει να εξετάζεται για την απαιτούμενη ποσότητα που πρέπει να περιέρχεται στην τροφή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού.

Στην εκτροφή ιχθύων πραγματοποιούνται πολλές έρευνες πεπτικότητας των τροφών οι οποίες αποβλέπουν στην κατανόηση της χρήσης θρεπτικών ενώσεων, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας των τροφών, αλλά και τη μείωση των απορριπτόμενων προϊόντων μεταβολισμού, καθώς και των τροφών που δεν πέπτονται. Έτσι, υπολογίζεται ο συντελεστής πεπτικότητας (ADC, apparent digestibility coefficient), σύμφωνα με τον τύπο: $ADC = [(ποσότητα \text{ καταναλωθείσας τροφής} - ποσότητα \text{ περιττωμάτων}) / ποσότητα \text{ καταναλωθείσας τροφής}] \times 100$. Γενικά, τα ψάρια αφομοιώνουν τις πρωτεΐνες με συντελεστή ADC μεγαλύτερο από 90%, με τις πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης να παρουσιάζουν μεγαλύτερη πεπτικότητα από τις φυτικές. Αντίθετα, τα λιπίδια με χαμηλά σημεία τήξης χρησιμοποιούνται από τα ψάρια με συντελεστή ADC μεγαλύτερο από 95%. Η πεπτικότητα των απλών σακχάρων αγγίζει το 100%. Ο συντελεστής ADC του αμύλου (που προστίθεται στις τροφές των ψαριών

σε ποσοστά άνω του 50%), ποικίλλει εντυπωσιακά ανάλογα με το είδος και τη θερμοκρασία του νερού, χωρίς να φτάνει ωστόσο σε τιμές ανώτερες του 50% (Βουλτσιάδου κ.ά. 2015).

Οι υδατάνθρακες αποτελούν την πιο άφθονη και φθηνότερη πηγή ενέργειας. Οι βιολογικής σημασίας υδατάνθρακες είναι τα σάκχαρα, εκ των οποίων τα πιο απλά μόρια είναι οι μονοσακχαρίτες (π.χ. γλυκόζη, φρουκτόζη) και τα πιο σύνθετα είναι οι πολυσακχαρίτες (π.χ. άμυλο, γλυκογόνο, κυτταρίνη). Στη σίτιση των ψαριών, αλλά και άλλων εκτρεφόμενων ζωικών οργανισμών, απαντούν οι δομικοί πολυσακχαρίτες, όπως είναι, μεταξύ άλλων, η κυτταρίνη, το άγαρ και η χιτίνη που μπορούν να καταναλωθούν αλλά είναι αφομοιώσιμοι μόνο από φυτοφάγα είδη, αλλά και άλλοι πολυσακχαρίτες, όπως το άμυλο, που πέπτονται και αφομοιώνονται από όλους τους οργανισμούς.

Ωστόσο, μία υπερβολική προσφορά διαιτητικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη εναπόθεση λίπους στο σώμα των ψαριών και παράλληλα να μειώσει την κατανάλωση της τροφής, με συνέπεια τη μείωση της συνολικής πρόσληψης πρωτεϊνών, και έτσι να περιορίσει τη βέλτιστη χρησιμοποίηση των άλλων συστατικών της ιχθυοτροφής (Webster and Lim 2002).

2.4. Θρεπτικές ανάγκες σε λιπίδια και λιπαρά οξέα

Τα λιπίδια, που κάποιες φορές ταυτίζονται με τα λίπη, αποτελούν τη βασική μορφή αποθήκευσης ενέργειας στους ζωικούς οργανισμούς και προέρχονται από την αντίδραση γλυκερόλης και λιπαρών οξέων. Οι σημαντικότερες κατηγορίες λιπιδίων είναι τα ουδέτερα λίπη που διακρίνονται σε κορεσμένα και ακόρεστα, τα φωσφολιπίδια που αποτελούν το κύριο συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών και τα στεροειδή. Τα

λιπίδια, επίσης, χρησιμεύουν ως πρόδρομα των στεροειδών ορμονών και των προσταγλανδινών, βελτιώνουν τη γεύση της τροφής και διαμορφώνουν την σύσταση των λιπαρών οξέων στους ιστούς των ψαριών (Cuillaume et al. 2001).

Με βάση τη διαλυτότητα, ως λιπίδια ορίζονται οργανικά μόρια, που απαντούν στη φύση και μπορούν να απομονωθούν κατά την εκχύλιση κυττάρων και ιστών με υδρόφοβους οργανισμούς διαλύτες (Murry 2005).

Τα λιπίδια ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Σε αυτά που περιέχουν εστερομάδες που μπορούν να υδρολυθούν (λίπη, κηροί)
2. Σε αυτά που δεν περιέχουν εστερομάδες και δεν υδρολύονται (χοληστερόλη, στεροειδή) (Murry 2005).

Τα ψάρια χρειάζονται τα λιπίδια σαν πηγή διαθέσιμης ενέργειας, σαν δομικά στοιχεία των μεμβρανών, σαν φορείς των λιποδιαλυτών βιταμινών, σαν πρόδρομα των εικοσανοειδών, των ορμονών και της βιταμίνης D και σαν ενζυμικοί συμπαράγοντες (Higgs and Dong 2000, Turchini et al. 2009). Στα ψάρια, τα λιπίδια αποτελούν καλή πηγή απαραίτητων λιπαρών οξέων με σκοπό τη διατήρηση της καλής υγείας, της σωστής ανάπτυξης του σώματος, της αναπαραγωγής και των λοιπών λειτουργιών του σώματος. Όλοι οι σπονδυλωτοί οργανισμοί (και τα ψάρια) έχουν υψηλές απαιτήσεις σε n-3 και σε n-6 PUFA. Τα τελευταία, ο ρόλος των λιπιδίων στη διατροφή των ψαριών έχει γίνει πιο σημαντικός λόγω της παραγωγής και της εφαρμογής σιτηρεσίων υψηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια (Turchini et al. 2009). Αυτό ωφελεί όχι μόνο τον εκτροφέα, καθώς μειώνεται η περίοδος εκτροφής, αλλά ταυτόχρονα και το περιβάλλον (Sargent et al. 2002). Με την πρόσληψη λιπιδίων, τα ψάρια ικανοποιούν τις διατροφικές απαιτήσεις τους σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), τα οποία είναι απαραίτητα για

την ανάπτυξη, αναπαραγωγή, υγεία και την καλή διαβίωση τους. Τα ψάρια όμως, όπως και όλα τα σπονδυλωτά, δεν μπορούν να συνθέσουν τα PUFA, τα οποία θα πρέπει να λάβουν μέσω της τροφής.

Ο φυσιολογικός ρόλος των λιπαρών οξέων συγκεντρωτικά είναι:

- Είναι δομικοί λίθοι φωσφολιπιδίων και γλυκολιπιδίων
- Πολλές πρωτεΐνες τροποποιούνται με την ομοιοπολική δέσμευση λιπαρών οξέων, τα οποία τις καθοδηγούν στις θέσεις τους στις μεμβράνες
- Είναι καύσιμα μόρια, τα οποία αποθηκεύονται ως τριακυλογλυκερόλες (ουδέτερα λίπη ή τριγλυκερίδια), οι οποίες είναι μη φορτισμένοι εστέρες της γλυκερόλης με λιπαρά οξέα. Οι τριακυλογλυκερόλες κινητοποιούν λιπαρά οξέα, τα οποία οξειδώνονται, για να καλύψουν ενεργειακές ανάγκες του κυττάρου ή του οργανισμού.
- Παράγωγα των λιπαρών οξέων χρησιμεύουν ως ορμόνες και ως ενδοκυτταρικοί αγγελιαφόροι (Berg et al. 2001).

Τα λιπαρά οξέα που χορηγούνται με την τροφή στα εκτρεφόμενα ψάρια και κατ'επέκταση στον άνθρωπο περιλαμβάνουν τα πολυακόρεστα ω -3 και ω -6 λιπαρά οξέα και αποτελούν δομικές ομάδες των φωσφολιπιδίων της κυτταρικής μεμβράνης (Fountoulaki et al. 2003). Τα υπόλοιπα οξέα ως συστατικό των φωσφολιπιδίων, προσδίδουν στο μόριο τις υδρόφοβες ιδιότητες, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά τις υδρόφιλες, οι οποίες επιτρέπουν την επικοινωνία με το περιβάλλον (Berg et al. 2001). Επιπλέον, τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα συμβάλλουν και στη φυσιολογική λειτουργία πολλών νευροορμονικών μηχανισμών (Bathena, 2000, Tanskanen et al. 2001).

Η αφθονία ενός λιπαρού οξέος στην τροφή (π.χ. του αραχιδονικού) θα μεταβάλλει την διαιτητική ανάγκη για κάποιο άλλο απαραίτητο λιπαρό οξύ (όπως το EPA). Επιπλέον, το τελικό επίπεδο του EPA επηρεάζεται από τις ικανότητες του οργανισμού (γενετικά προκαθορισμένες) να βιοσυνθέτει το συγκεκριμένο λιπαρό οξύ από πρόδρομες ενώσεις, μικρότερης αλυσίδας και να καταβολίζει τόσο την πρόδρομη ένωση όσο και το προϊόν. Αυτές οι προτεραιότητες καθιστούν αναγκαία την πλήρη κατανόηση της θρέψης των λιπιδίων, γεγονός που πιθανώς να εξηγεί την αυξημένη ενασχόληση των επιστημόνων με αυτή (Sargent et al. 2002).

2.5. Παραγωγή ιχθυοτροφών

Η παρασκευή ιχθυοτροφών είναι η βιομηχανική παραγωγική διαδικασία η οποία έχει σαν σκοπό:

- Να ικανοποιήσει μέσω των χορηγούμενων τεχνητών ιχθυοτροφών τις θρεπτικές απαιτήσεις των εκτρεφόμενων ψαριών αποδίδοντας το μέγιστο δυνατό ρυθμό ανάπτυξης τους συμβάλλοντας παράλληλα στην ενίσχυση της υγείας τους και τη διατήρηση της υψηλής θρεπτικής αξίας τους
- Να επεξεργαστεί πρώτες ύλες που συμμετέχουν στο σιτηρέσιο, και να τις κάνει κατάλληλες για την ιδιομορφία πέψης του εκτρεφόμενου ψαριού.
- Να περιορίσει τη σπατάλη σε θρεπτικά συστατικά και τροφές
- Να βελτιώσει την ελκυστικότητα της ιχθυοτροφής ώστε να ταιριάζει στις διατροφικές συνήθειες των εκτρεφόμενων ψαριών.
- Να συμβάλλει στη βελτίωση της γεύσης, του χρώματος και τη εν γένει ποιότητας των ψαριών και των παραγόμενων προϊόντων

- Να διατηρήσει καθαρό και ακέραιο το υδάτινο περιβάλλον της εκτροφής.

Αποτελείται από μια σειρά επιμέρους εργασίες:

α) την άλεση των πρώτων υλών που συμμετέχουν στο σιτηρέσιο β) την ζύγιση και την ανάμιξη των πρώτων υλών (ιχθυάλευρο, ιχθυέλαιο, λεκιθίνη κλπ) σε απόλυτα καθορισμένες αναλογίες

γ) την υγροθερμική κατεργασία του τελικού μίγματος και την περαιτέρω μορφοποίησή του σε σύμπηκτα με κατάλληλο σχήμα.

δ) την ξήρανση, την ψύξη και την συσκευασία του τελικού προϊόντος.

2.6. Με τι είδους τροφές τρέφονται τα ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας

Τα ψάρια της ιχθυοκαλλιέργειας τρέφονται με τεχνητές πλήρεις ιχθυοτροφές που έχουν σύσταση ανάλογη των διατροφικών απαιτήσεων που έχει κάθε είδος ψαριού για επίτευξη μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης τεχνητών ιχθυοτροφών είναι τα εξής:

- Παράγονται σε εξειδικευμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με χρήση πιστοποιημένων πρώτων υλών, με αποτελέσματα να είναι υγειονομικά ασφαλείς.
- Διαθέτουν ελεγχόμενα φυσικά χαρακτηριστικά (σχήμα, μέγεθος, πυκνότητα, χρώμα), η σύνθεσή τους είναι ελεγχόμενη και άρα έχουν σταθερή διατροφική αξία και οργανοληπτικές ιδιότητες.

Επειδή οι τεχνητές ιχθυοτροφές έχουν ως κύρια πρώτη ύλη το ιχθυάλευρο, το οποίο προέρχεται από επεξεργασία ψαριών με αντίστοιχο προφίλ θρεπτικών ουσιών, πρωτεϊνών και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, διατηρούν τις πολύτιμες ιδιότητες που έχει το ψάρι ως τρόφιμο, οι οποίες με τη σειρά τους και με βάση την αρχή του «είσαι ό,τι τρως» μεταφέρονται αυτούσιες στο ψάρι ιχθυοκαλλιέργειας.

Η σύγχρονη μάλιστα τεχνολογία και τεχνογνωσία στους τομείς παρασκευής ιχθυοτροφών και εκτροφής ψαριών, εξασφαλίζει σταθερότητα στην ύπαρξη αυτών των θετικών ιδιοτήτων στα ψάρια της ιχθυοκαλλιέργειας και πολλές φορές εξασφαλίζουν ακόμη και την βελτίωσή τους, για ακόμα μεγαλύτερο όφελος στον άνθρωπο, όταν καταναλώνει ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΑ

3.1. Γενικά

Οι ιχθυοτροφές πρέπει να προσδίδουν στο εκτρεφόμενο ψάρι τις απαραίτητες για την ανάπτυξή του πρωτεΐνες και λίπη, συστατικά τα οποία παίρνει από μόνο του όταν βρίσκεται στο φυσικό του περιβάλλον. Ως πηγή πρωτεϊνών και λιπών χρησιμοποιούνται τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια, αντίστοιχα.

Τα ιχθυάλευρα προκύπτουν από την επεξεργασία (άλεσμα) ορισμένων ειδών πελαγικών ψαριών (ρέγγες, γαύρους, σαρδέλες, μενάχεν - *Brevoortia tyrannus*, *B. aurea* και *B. pectinata*), τα οποία αλιεύονται κυρίως στον νότιο Ειρηνικό και βόρειο Ατλαντικό. Τα είδη αυτά των πελαγικών ψαριών, σχηματίζουν τεράστιους πληθυσμούς, πολλαπλασιάζονται πολύ γρήγορα και σε μεγάλους αριθμούς, μεγαλώνουν ταχύτατα και έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Αλιεύονται σε μεγάλες ποσότητες και αποτελούν σπουδαιότατη πηγή άριστης ποιότητας πρωτεϊνών όχι μόνο για τις ανάγκες της παγκόσμιας ιχθυοκαλλιέργειας αλλά και της ζωικής παραγωγής (κτηνοτροφία, πτηνοτροφία) (Καραπαναγιωτίδης 2015).

3.2. Τα ιχθυάλευρα

Η ανάπτυξη των εμπορικών ιχθυοτροφών βασίζεται παραδοσιακά στο ιχθυάλευρο, την κυριότερη πηγή πρωτεΐνης. Από όλες τις πρωτεΐνες, οι ζωικές αποτελούν την κύρια πηγή πρωτεΐνης στα ψάρια (προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας με περιεκτικότητα 32-82%, πλούσια σε λυσίνη). Το ιχθυάλευρο αποτελεί τη σημαντικότερη πρωτεϊνική πηγή

των ιχθυοτροφών. Περιέχει από 56 έως 76% πρωτεΐνη, ανάλογα την ποιότητα, ενώ είναι πλούσιο σε ενέργεια (κατά μέσο όρο 4941 kcal/kg ιχθυάλευρου), σε απαραίτητα λιπαρά οξέα, ιχνοστοιχεία (π.χ. 3% ασβέστιο και 2% ολικός φώσφορος) και είναι ιδιαίτερα εύγευστο για τα ψάρια (Βουλτσιάδου κ.ά. 2015). Γενικά, θεωρείται το πιο επιθυμητό ζωικό συστατικό στις ιχθυοτροφές λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη, της υψηλής πεπτικότητάς του, της ωραίας γεύσης που προσδίδει στην ιχθυοτροφή καθώς και για το ότι αποτελεί πηγή των απαραίτητων ω-3 λιπαρών οξέων.

3.3. Η παρασκευή του ιχθυάλευρου

Το ιχθυάλευρο πρόκειται για άλευρο που παρασκευάζεται από την επεξεργασία διαφόρων ειδών ψαριών, κυρίως πελαγικών όπως γαύρος, ρέγγα, καπελάνος, φρίσσα κλπ. Τα ιχθυάλευρα παρασκευάζονται είτε από ολόκληρα ψάρια, όπως π.χ. από άλευρα από γαύρο, καπελάνο, φρίσσα του Ατλαντικού κλπ. είτε από τα υπολείμματα της φιλλετοποίησης και μεταποίησης των ψαριών, όπως π.χ. άλευρα από μπακαλιάρo του Ατλαντικού, κίτρινο μπακαλιάρo, ρέγκα, και υποβάλλονται πρώτα σε αποστείρωση με άτμιση (υγρή μέθοδος κατεργασίας) ή με απλό βρασμό (ξηρή μέθοδος κατεργασίας).



Εικόνα 3.1. Ιχθυάλευρο.



Εικόνα 3.2. Αλιευμένα ψάρια.

Κατά την υγρή μέθοδο χρησιμοποιούνται υδρατμοί με πίεση, ενώ κατά την ξηρή διενεργείται βρασμός με πίεση ή και χωρίς πίεση (απουσία νερού).

Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται όταν τα ψάρια ή τα υπολείμματά τους είναι πλούσια σε λίπος, ενώ η δεύτερη όταν είναι φτωχά σε λίπος. Μετά την αποστείρωση ακολουθούν διαδοχικά η συμπίεση ή συμπύκνωση, η αφυδάτωση και η άλεση.

Τα ιχθυάλευρα περιέχουν υψηλά επίπεδα που κυμαίνονται από 60-72% με τα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων σε ισορροπία. Η περιεκτικότητα σε λιπίδια κυμαίνεται από 4 έως 20%.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Βιομηχανιών Ιχθυαλεύρων και Ιχθυελαίων (IFFO), τα διάφορα ιχθυάλευρα βάση της σύστασής τους σε πρωτεΐνες και λιπίδια ταξινομούνται ως εξής:

- Ιχθυάλευρα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (>68%) και μικρής σε έλαια (<9%).
- Τα περισσότερα ρεγγάλευρα εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία
- Ιχθυάλευρα κανονικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (64-68%). Τέτοια ιχθυάλευρα μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται ιχθυάλευρα Ν. Αμερικής, πρέπει να περιέχουν το πολύ 13% ελαίου.
- Ιχθυάλευρα με κανονική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (64-68%) και περιεκτικότητας σε έλαιο μικρότερης από 6%.
- Ιχθυάλευρα με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 60-64%.

Τα πιο κοινά ιχθυάλευρα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- Άλευρο ρέγγας, *Clupea Havengus*, που αλιεύεται στον Β. Ατλαντικό κυρίως από Νορβηγία, Δανία. Επίσης, ένα άλλο είδος που ανήκει στην οικογένεια *Clupeidae* και χρησιμοποιείται για την παρασκευή ιχθυαλεύρου είναι το *Brevoortia tyrannus* (αγγ. Menhaden), το οποίο αλιεύεται κυρίως στις Ατλαντικές ακτές της Β. και Ν. Αμερικής.
- Άλευρο γαύρου, *Engraulis rigens* αλιευόμενος σε Περού και Χιλή
- Άλευρο σαρδέλας, *Clupea spp.* και *Sardinops spp.*
- Άλευρο σκουμπριού, *Scomber scombrous* (σκουμπρί) και σαυρίδι, *Trachurus trachurus* που αλιεύονται στην Αγκόλα και την Ν. Αφρική.
- Για την παραγωγή ιχθυαλεύρων (και ιχθυελαίων) χρησιμοποιούνται επίσης τα είδη *Sebastes marinus*, *Thunnus thynnus*, *Thunnus albacares*, *Sarda ehilensis*, *Gadus callarias*, *Melanogrammas aeglifinus*, *Merlangius merlangus*, *Polachius virens*, *Thenagra chalcogramma*, *Gadus macrocephalus*, *Merluccius merluccius*, *Merluccius capensis*, *Merluccius gayi* που αλιεύονται στον Ατλαντικό και στις ακτές της Ν. Αμερικής. Για την παγκόσμια παραγωγή ιχθυαλεύρων χρησιμοποιείται ρεγγάλευρο, αντσουγιάλευρο, σαρδελάλευρο και σκουμπράλευρο κατά 90% υπολείμματα από ψάρι λιγότερο από 10% και 1% από ασπόνδυλα και φαλαινάλευρο.

Εκτός από τα ιχθυάλευρα υπάρχουν και άλλα προϊόντα επεξεργασίας νωπών ψαριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά των ιχθυοτροφών. Τέτοια είναι τα ενσίρωμα ψαριών (fish silage) και η υδροληθείσα πρωτεΐνη ψαριών (fish protein hydrolyates). Το ενσίρωμα των ψαριών παρασκευάζεται από υπολείμματα φιλλετοποίησης των ψαριών που διατηρούνται σε όξινο περιβάλλον (pH<4), ενώ όταν τα υπολείμματα πρώτα υδρολυθούν και μετά οξινιστούν το προϊόν ονομάζεται

υδροληθείσα πρωτεΐνη ψαριών. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα που υπάρχουν στα υπολείμματα φιλετοποίησης των ψαριών όταν γίνει συντήρηση σε οξύ, υδρολύουν την πρωτεΐνη του ψαριού, απελευθερώνοντας νερό από πεπτιδικούς δεσμούς και δημιουργούν ένα υγρό προϊόν. Η σύντομη έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία μετουσιώνει τα ένζυμα και σταματά την υδρόλυση. Το ενσίρωμα ή το υδρόλυμα ψαριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει, συμπυκνωμένο, ή να ξηρανθεί μαζί με άλλα συστατικά. Το νωπό αλεύμα μπορεί επίσης να παστεριωθεί με θέρμανση σε $>85^{\circ}\text{C}$ για 15 λεπτά και να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως συστατικό σε ιχθυοτροφές (Καραπαναγιωτίδης 2015).

Μια σημαντική, και ολοένα αυξανόμενη, ποσότητα ιχθυαλεύρων προέρχεται από την επεξεργασία φιλετοποίησης των ψαριών. Πρόκειται για ιχθυάλευρα όπου η πρώτη ύλη τους είναι τα διάφορα υπολείμματα και υποπροϊόντα της φιλετοποίησης και κονσερβοποίησης τόσο αλιευόμενων ιχθύων, όπως γάυρος, σαρδέλα, σκουμπρί κλπ., όσο και εκτρεφόμενων ιχθύων όπως σολομός, πέστροφα, τιλάπια, γατόψαρα κλπ. Η περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη είναι χαμηλότερη (55-64%) από εκείνη των συμβατικών ιχθυαλεύρων, ενώ και η περιεκτικότητά τους σε τέφρα είναι υψηλότερη (22-24%).

Στα μειονεκτήματά τους επίσης είναι η αρκετά μεταβλητή τους θρεπτική σύσταση μιας και μεταβάλλεται ανάλογα τα είδη που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία, την εποχή αλίευσης, τη διατροφή τους όταν αυτά προέρχονται από εκτροφή κλπ. Στην κατηγορία αυτή των ιχθυαλεύρων ανήκουν και εκείνα τα άλευρα τα οποία προέρχονται από παρεμπύπτοντα αλιεύματα. Πρόκειται δηλαδή για αλιεύματα που δεν αποτέλεσαν είδη - στόχους της αλιευτικής προσπάθειας και δεν έχουν εμπορική αξία.

Η παραγωγή των παραπάνω ιχθυαλεύρων είναι μία δυναμική αύξηση της τελευταίας δεκαετίας και έχουν φτάσει να αποτελούν περίπου το 25% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυαλεύρων, καθώς η συνεισφορά τους τόσο στην μείωση του κόστους παρασκευής των ιχθυοτροφών, και κατ'επέκταση του κόστους παραγωγής της ιχθυοκαλλιέργειας, όσο και στη μείωση της αλιευτικής πίεσης στα φυσικά αποθέματα είναι διόλου ευκαταφρόνητη (Jauncey 1998).

3.4. Η χρησιμοποίηση ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές

Η ραγδαία αύξηση των ιχθυοκαλλιεργειών παγκοσμίως υποδηλώνει πως η ζήτηση για ιχθυοτροφές - σύμπληκτα έχει αυξηθεί με ανάλογο ρυθμό. Οι ιχθυοκαλλιέργειες στην Ευρώπη χρησιμοποιούν σαρκοφάγα είδη, κυρίως σολομό του Ατλαντικού, ιριδίζουσα πέστροφα, τσιπούρα και λαβράκι, με τις ιχθυοτροφές που καταναλώνονται για την παραγωγή αυτών των ειδών να εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων. Μέχρι πρόσφατα, αυτή η πρακτική θεωρούνταν ορθή, καθώς το ιχθυάλευρο είναι πλούσιο στα απαραίτητα αμινοξέα, ελκυστικό και εύπεπτο από τους εκτρεφόμενους ιχθύες, αλλά και άμεσα διαθέσιμο και φτηνό για τους παραγωγούς.

Τα ιχθυάλευρα παράγονται από συγκεκριμένα αλιευμένα ιχθυαποθέματα, τα οποία πλέον έχουν φτάσει στα όρια της βιωσιμότητάς τους, με αποτέλεσμα η παγκόσμια παραγωγή ιχθυαλεύρων (περίπου 1 εκ. τόνοι ετησίως) να παραμένει στάσιμη τα τελευταία 20-25 χρόνια. Πέρα, όμως, από την μελλοντική μείωση στην προσφορά των ιχθυαλεύρων, έχουν διεγερθεί ηθολογικές αντιδράσεις σχετικά με τη χρησιμοποίηση αλιευμένων ιχθύων με σκοπό την παραγωγή ζωοτροφών και όχι για την απευθείας κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο (Καραπαναγιωτίδης 2015).

Επιπρόσθετα, διάφοροι οικολογικοί και μη κυβερνητικοί οργανισμοί ολοένα και περισσότερο εκφράζουν την ανησυχία τους για την βιώσιμη εκμετάλλευση των ιχθυαποθεμάτων που προορίζονται για την παραγωγή ιχθυαλεύρων και τις αρνητικές επιδράσεις που έχουν υποστεί τα θαλάσσια υδάτινα οικοσυστήματα μέσω της υποβάθμισης της τροφικής αλυσίδας των θαλάσσιων θηλαστικών και πουλιών (Jauncey 1998).

Είναι ζωτικής σημασίας πλέον ο κλάδος να μειώσει την εξάρτησή του στα ιχθυάλευρα και να παρασκευάσει βιώσιμες ιχθυοτροφές χρησιμοποιώντας φυτικής προέλευσης πρώτες ύλες. Γενικά, πάντως, τα άλευρα φυτικής προέλευσης, συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης και ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων, αλλά και διάφορες αντιδιατροφικές ουσίες, οι οποίες αν δεν αδρανοποιηθούν, μέσω της κατάλληλης επεξεργασίας τους, μπορεί να προκαλέσουν μείωση της ανάπτυξης, τοξικά φαινόμενα και προβλήματα υγείας στους διατρεφόμενους ιχθύς (Jauncey 1998).

Την τελευταία δεκαετία, έχουν διενεργηθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνών δοκιμάζοντας την μερική υποκατάσταση ή/και την πλήρη αντικατάσταση ιχθυαλεύρων σε διάφορα εκτρεφόμενα είδη. Από τα ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα RAFOA, PEPPA και AQUAMAX, όπου συμμετείχαν διάφορες ερευνητικές ομάδες, πολλά σημαντικά αποτελέσματα εξήχθησαν όπως όσον αφορά το ιχθυάλευρο, η υποκατάστασή του μπορεί να επιτευχθεί έως και 75% από φυτικά άλευρα, χωρίς να επιφέρει μείωση στην ανάπτυξη της πέστροφας και της τσιπούρας, ενώ για το λαβράκι υπάρχουν μελέτες όπου η επιτυχία υποκατάστασης έφτασε έως και 98%. Ο σολομός, από την άλλη, δείχνει να μην είναι τόσο ικανός στο να χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τα άλευρα φυτικής προέλευσης για την ανάπτυξή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΑΝΤΙΚΑΤΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΟΥ ΜΕ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

4.1. Γενικά

Οι σημαντικότερες πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης είναι τα άλευρα από ελαιούχους καρπούς, όπως πχ. της σόγιας, τον βαμβακόσπορο, την σπόρο ελαιοκράμβης, τις αραχίδες, τους ηλιόσπορους, τις καρύδες κ.α. Τα άλευρα αυτά παράγονται από την άλεση και αποξήρανση του υπολείμματος (τρίμμα) που παραμένει μετά την εξαγωγή του λαδιού (ελαίου) από τους ελαιούχους καρπούς. Τα έλαια μπορεί να αφαιρεθούν-εξαχθούν είτε μηχανικά (με πρεσσάρισμα) είτε με επεξεργασία των καρπών με διαλύτες και αποτελούν και αυτά (φυτικά έλαια) συστατικά που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοτροφές και ζωοτροφές. Η περιεκτικότητα των αλεύρων αυτών σε πρωτεΐνες είναι υψηλή 30-50%, αλλά αρκετά χαμηλότερη από την αλεύρων ζωικής προέλευσης (Καραπαναγιωτίδης 2015).

Ως συμπληρώματα πρωτεΐνης έχουν να κάνουν με τη χαμηλότερη τιμή διάθεσής τους στην αγορά, συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, αν και η τιμή τους πολλές φορές είναι απρόβλεπτη επηρεαζόμενες κατά πολύ από τις δυνάμεις της προσφοράς και ζήτησης

- Έχουν αυξημένα επίπεδα ινωδών ουσιών παρέχοντας έτσι συγκολλητικές ιδιότητες κατά την παρασκευή ιχθυοτροφών.
- Αποτελούν πλούσιες πηγές των βιταμινών του συμπλέγματος Β.
- Είναι πλούσια σε Ρ, αλλά φτωχοί σε Ca και βιταμίνη Ε.

- Είναι φτωχά σε μεθειονίνη, λυσίνη και θρεονίνη
- Έχουν υψηλότερα επίπεδα αμινοξέων
- Δεν διαθέτουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα με 20 και πάνω άτομα άνθρακες, όπως τα 20:5ω-3, 22:6ω-3 και 20:4ω-6 και τα οποία είναι διατροφικά απαραίτητα για όλους τους ζωικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών και των ανθρώπων.
- Είναι λιγότερα εύγεστα-αποδεκτά και εύπεπτα από τα ψάρια συγκριτικά με ιχθυάλευρα εξαιτίας της υψηλότερης περιεκτικότητάς τους σε υδατάνθρακες και ινώδεις ουσίες.
- Είναι η περιεκτικότητά τους σε αντι-διατροφικούς παράγοντες (Jauncey 1998).

Οι αντι-διατροφικοί παράγοντες αποτελούν ενώσεις που παρεμποδίζουν τη πέψη και το μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών των τροφών και συμπεριλαμβάνουν περιμποδιστές πρωτεασών, τοξικές ουσίες, αντιβιταμινικές ουσίες, αιμοσυγκολλητικές ουσίες κλπ. Οι παράγοντες αυτοί περιέχονται σε πάρα πολλά φυτικά προϊόντα, ενώ αντίθετα είτε σπανίζουν είτε απουσιάζουν στα ζωικά προϊόντα.

Όταν καταναλωθούν σε μεγάλες ποσότητες μειώνουν την πεπτικότητα της τροφής και την ανάπτυξη του ψαριού.

Οι αντιδιατροφικοί παράγοντες είναι:

Φυτικό οξύ

- Εξα-φωσφορικός εστέρας της ινοσιτόλης.
- Ενώνεται και δεσμεύει τον φώσφορο της τροφής με αποτέλεσμα να τον κάνει λιγότερο διαθέσιμο για τα ψάρια διότι δε διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα για την υδρόλυσή του.

- Επίσης δεσμεύει Mg, Ca, Mn, Cu, Fe, Mo
- Περιέχεται σε πολλές φυτικές τροφές (στον φλοιό των καρπών, αλλά και στο ενδοκάρπιο), όπως σόγια, λινάρι, καλαμπόκι, φυστίκια, σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, φασόλια κλπ.
- Προκαλεί μείωση των βιοδιαθεσιμότητας των ανόργανων στοιχείων (διατροφική έλλειψη) και μείωση της πεπτικότητας της πρωτεΐνης της τροφής που την περιέχει
- Η θερμική επεξεργασία της τροφής που το περιέχει δεν το υδρολύει (καταστρέφει) αρκετά, αλλά η επεξεργασία με οξέα είναι περισσότερο αποτελεσματική (π.χ. σογιάλευρο, εξαχθέν με διαλύτες περιέχει λιγότερο φυτικό οξύ από το σογιάλευρο που έχει εξαχθεί με μηχανικά μέσα) (Jauncey 1998).

Παρεμποδιστές πρωτεασών

- Ενώσεις που αναστέλλουν την ενεργότητα των πρωτεασών (ένζυμα και καταβολίζουν τις πρωτεΐνες)
- Π.χ. αντιθρυψίνη-παρεμποδιστής της θρυψίνης, αντιχυμοθρυψίνη-παρεμποδιστής της χυμοθρυψίνης
- Περιέχεται σε πολλές φυτικές τροφές όπως σόγια, ηλίανθος, κριθάρι, ρύζι, σιτάρι, καλαμπόκι, τριφύλλι κλπ.
- Προκαλεί τη μείωση της πεπτικότητας της συνολικής πρωτεΐνης της τροφής
- Καταστρέφονται με τη θερμική επεξεργασία, πίεση ή υδρόλυση των τροφών
- Υπάρχουν και παρεμποδιστές των ενζύμων που καταβολίζουν τους υδατάνθρακες π.χ. αντι-αμυλάση που μειώνει την πεπτικότητα του αμύλου (Jauncey 1998).

Γλυκοζίτες

- Κυρίως κυανιο-γόνοι γλυκοζίτες και θειο-γλυκοζίτες (σαπωνίνες), κυανιο-γόνοι γλυκοζίτες, ενώσεις που όταν πέπτονται προκύπτει κυάνιο περιέχονται κυρίως στα ζαχαρότευτλα, πατάτες, λινάρι, μπιζέλια, ελαιοκράμβη κ.α.
- Οι σαπωνίνες προκαλούν τη δυσλειτουργία του θυρεοειδούς αδένος και δυσπεψίες περιέχονται κυρίως στα φασόλια, φακή, μπιζέλια, τριφύλλι, σόγια κ.α.
- Καταστρέφονται μερικώς με τη θερμική επεξεργασία των τροφών
- Έχουν δημιουργηθεί γενετικά τροποποιημένα υβρίδια τροφών που περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα γλυκοζιτών π.χ. η «κάνολα» (υβρίδιο ελαιοκράμβης) (Jauncey 1998).

Αντι-βιταμινικές ουσίες

- Ανταγωνιστική ή ανασταλτική δράση ενάντια στις βιταμίνες
- Π.χ. ανταγωνιστική στην βιταμίνη E (σόγια, βαμβακόσπορος, μπιζέλια,
- φασόλια)
- Ανταγωνιστική της B1 (λιναρόσπορος)
- Ανταγωνιστική της A, D, B12 (σόγια)
- Ανταγωνιστική της B6 (λιναρόσπορος) (Jauncey 1998).

Γκοσσυπόλη

- Πολύ-φαινολική ένωση
- Τοξική σε μεγάλες ποσότητες
- Περιέχεται κυρίως στον βαμβακόσπορο

- Προκαλεί απότομη ανορεξία στα ψάρια, αλλοίωση ιστών, καρκίνο ήπατος, νεφρών κα.
- Καταστρέφεται με τη θερμική επεξεργασία των τροφών
- Υβρίδια βαμβακόσπορου χωρίς γκοσσυπόλη (Jauncey 1998).

Ταννίνες

- Πολύ-φαινολικές ενώσεις
- Προκαλεί την αναστολή της έκκρισης των πεπτικών ενζύμων
- Περιέχεται κυρίως στους φλοιούς των ζαχαρότευτλα, φάβα, φασόλια, γογγύλια, ηλίανθο, σόργο
- Επιφέρει δυσλειτουργία των κυττάρων του βλεννογόνου του εντέρου, αναστολή της απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών, δυσπεψία κ.α.
- Καταστρέφονται εύκολα με τη θερμική επεξεργασία των τροφών, αποφλοιώση των καρπών επίσης αποτελεσματική, γενετικά τροποποιημένα όσπρια με λιγιστές ταννίνες (Jauncey 1998).

Αλκαλοειδή

- Πολύπλοκες αζωτούχες ενώσεις όπως π.χ. καφεΐνη, νικοτίνη, μορφίνη, στρυχνίνη κ.α.
- Δημιουργούνται από διάφορα αμινοξέα π.χ. λυσίνη, τρυπτοφάνη, φαινυλαλανίνη, ορνιθίνη
- Βρίσκονται κυρίως σε ανώτερα φυτά - δέντρα, τα οποία όμως δεν αποτελούν κοινά συστατικά των ιχθυοτροφών
- Προκαλεί διαταραχές της λειτουργίας του νευρικού συστήματος, νέκρωση κυττάρων ήπατος

- Κάποια αλκαλοειδή είναι δηλητηριώδη και άλλα έχουν φαρμακευτική δράση (Jauncey 1998).

Αιμοσυγκολλητίνες

- Αζωτούχες ενώσεις
- Περιέχεται στη σόγια και στον βαμβακόσπορο
- Προκαλεί πήξη του αίματος
- Καταστρέφεται με τη θερμική επεξεργασία των τροφών
- Ωστόσο αδρανοποιείται ούτως ή άλλως από την πεψίνη του στομάχου των ψαριών, αποτελεί πρόβλημα μόνο σε ψάρια που δε διαθέτουν στομάχο
- Κυκλο-προπυνοϊκά λιπαρά οξέα
- Λιπαρά οξέα μικρής και κυκλικής ανθρακικής αλυσίδας
- Προκαλεί δυσλειτουργία του ήπατος, αναστολή της δεσатуράσης των λιπαρών οξέων κ.α. (Jauncey 1998).

Η μεγάλη ποικιλία των διαθέσιμων φυτικών υλών για την παρασκευή τροφών για τα ψάρια περιλαμβάνει τις ακόλουθες ομάδες: ελαιόσποροι και έλαια καρπών (όπως η σόγια, ο βαμβακόσπορος, το φυσιτάλευρο και ο ηλίανθος), τα δημητριακά (όπως το σιτάρι, το καλαμπόκι, το ρύζι, και το σόργο), όσπρια, ρίζες και βολβοί (όπως ταπιόκα), άλγη και υδρόβια φυτά (π.χ. υάκινθος του νερού).

Οι πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης διαφέρουν πολύ σημαντικά στις τιμές των θρεπτικών τους συστατικών με τα περισσότερα να είναι ελλιπή σε τουλάχιστον ένα απαραίτητο αμινοξύ και μερικά να έχουν υψηλά ποσοστά ινωδών ουσιών. Επίσης, μερικά φυτικά συστατικά περιέχουν αντιδιατροφικούς παράγοντες και τοξίνες που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ανάπτυξη των ψαριών. Ωστόσο, κάποιοι

παράγοντες μπορούν να αδρανοποιούν ή να καταστρέφονται με κατάλληλες μεθόδους επεξεργασίας όπως π.χ την ενυδάτωση ή τη θερμική επεξεργασία (Jauncey 1998).

4.2. Το σογιάλευρο

Το σογιάλευρο (Εικ.4.1) παράγεται από το φυτό σόγια (Εικ.4.2) του οποίου το επιστημονικό όνομα είναι *Glycine soja* ή *Soja hispida*.



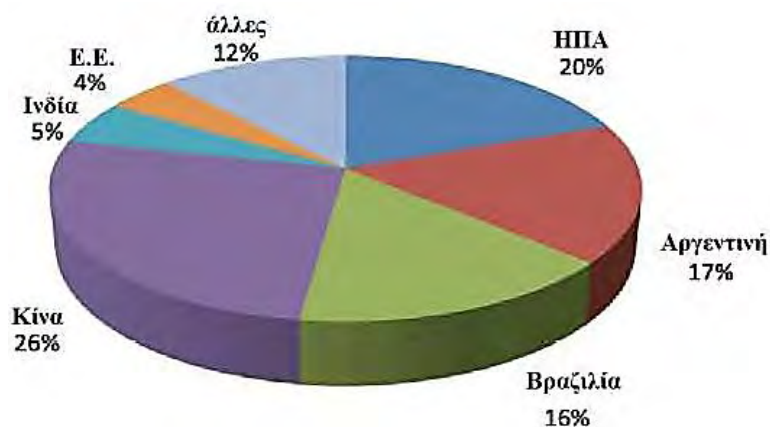
Εικόνα 4.1. Σογιάλευρο.



Εικόνα 4.2. Σόγια.

Στην Ελλάδα η παραγωγή της σόγιας είναι περιορισμένη. Η Ε.Ο.Κ από το 1981, λόγω των μεγάλων ετήσιων εισαγωγών της σε σόγια, αποφάσισε να επιδοτήσει την καλλιέργεια σόγιας. Έτσι, το 1986 παρά τη σημαντική αύξηση της παραγωγής της στις χώρες της Ε.Ο.Κ, αυτή κάλυψε μόνο το 5% των αναγκών. Οι χώρες των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων που έχουν κάποια παραγωγή σόγιας είναι κυρίως η Ιταλία και η Ισπανία. Η Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο όσον αφορά την καλλιέργεια σόγιας. Προς το παρόν εξετάζεται κατά πόσον οι καλλιέργειες σόγιας είναι συμφέρουσες για τον παραγωγό σε σχέση με άλλες καλλιέργειες όπως του καλαμποκιού, των ζαχαρότευτλων

κ.α., τις οποίες ο Έλληνας παραγωγός μπορεί να πραγματοποιήσει στην ίδια και πάντοτε περιορισμένη γη που έχει στη διάθεση του (Σπάης κ.ά. 2002).



Σχήμα 4.1. Παγκόσμια παραγωγή σογιάλευρου (<http://www.soymeal.org/graphs.html>).

Η πίτα σόγιας είναι προϊόν εκχύλισης των σπόρων της σόγιας για την παρασκευή σογιέλαιου. Η πρωτεΐνη της είναι από τις πλέον ισορροπημένες σε αμινοξέα, ανάμεσα σε αυτές των φυτικών υποπροϊόντων με μόνο οριακό αμινοξύ την μεθειονίνη. Για το λόγο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σε ζωοτροφές. Η απόδοση της όμως σε τροφές ψαριών είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αναμενόμενη, λόγω της σύστασης της πρωτεΐνης της σε αμινοξέα. Σημαντική βελτίωση των θρεπτικών της ιδιοτήτων επιτυγχάνεται με θέρμανση (Μεντέ και Νέγκας 2011).

Η καλλιέργεια σόγιας είναι ιδιαίτερα διαδομένη στην Αμερική και το σογιάλευρο είναι από τις πιο συνηθισμένες φυτικές πρωτεϊνικές πηγές παγκοσμίως, καθώς εξάγεται από τις παραγωγούς χώρες. Το αποφλοιωμένο σογιάλευρο περιέχει 48% πρωτεΐνη ενώ η αποφλοιωμένη σόγια περιέχει 44% πρωτεΐνη (Πίνακας 4.1), η οποία είναι υψηλής βιολογικής αξίας με πρώτα περιοριστικά αμινοξέα τη μεθειονίνη και την κυστίνη, ενώ

υπερέχει σε αργινίνη και φαινυλαλανίνη. Παρά τα θετικά στοιχεία της η σόγια περιέχει και αρκετούς αντιδιατροφικούς παράγοντες, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη διατροφή των ψαριών. Κάποιοι από αυτούς, όπως είναι η αναστολείς της τρυψίνης, καταστρέφονται σε μεγάλο ποσοστό με τη θερμική επεξεργασία. η σόγια περιέχει και άλλους αντιδιατροφικούς παράγοντες όπως λακτίνες, τανίνες, αλκαλοειδή, φυτικά οιστρογόνα και ουρεάση (Μεντέ και Νέγκας 2011).

Πίνακας 4.1. Θρεπτική σύσταση του σογιάλεουρο (<http://www.feedipedia.org/>).

Θρεπτική σύσταση	Σογιάλεουρο
Ενέργεια (KJ/g)	19700
Πρωτεΐνη (%)	51,8
Λίπος (%)	2,0
Τέφρα (%)	7,1
Υδατάνθρακες (%)	39,2

Οι μειωμένες συγκεντρώσεις σε ορισμένα απαραίτητα αμινοξέα καθώς και η παρουσία διάφορων παρεμποδιστών πρεωτεασών, καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή τους σε μεγαλύτερης κλίμακας παραγωγής ιχθυοτροφών. Οι συγκεντρώσεις των 10 απαραίτητων αμινοξέων και της τυροσίνης είναι κατά κανόνα χαμηλότερες στο σογιάλεουρο σε σχέση με το ιχθυάλεουρο με μοναδική διαφοροποίηση την συγκέντρωση της κυστίνης που εμφανίζεται να είναι υψηλότερη (Gatlin et al. 2007).

Ανάλογη εικόνα παρουσιάζουν οι ολικές λιπαρές ουσίες καθώς και η τέφρα. Η συγκέντρωση των υδατανθράκων είναι υψηλότερη στο σογιάλεουρο σε σχέση με το

ιχθυάλευρο. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με την προσθήκη συμπληρωμάτων όπως για παράδειγμα είναι τα προμίγματα μετάλλων και λιπιδίων (Gatlin et al. 2007).

Οι υδατάνθρακες στην σόγια εμφανίζονται σε μεγάλο ποσοστό ως ολιγοσακχαρίτες όπως για παράδειγμα είναι η σακχαρόζη, η ραφινόζη και η αμυλόζη. Η σακχαρόζη είναι στην διάθεση των υδρόβιων οργανισμών σε αντίθεση με την ραφινόζη και την αμυλόζη που δεν είναι εύπεπτες λόγω της έλλειψης της α-γαλακτοσιδάσης, η οποία είναι αναγκαία για τον μεταβολισμό των σακχάρων αυτών (Gatlin et al. 2007).

Ένα πρόσθετο πρόβλημα είναι η χαμηλή διαθεσιμότητα των κατιόντων μετάλλων και του φωσφόρου, που οφείλεται στο ότι δεσμεύονται σε ή από το φυτικό οξύ. Η προσθήκη του ενζύμου φυτάση στις τροφές έχει δείξει ότι βελτιώνει την διαθεσιμότητα του φωσφόρου (Gatlin et al. 2007).

Η διαθεσιμότητα των βιταμινών είναι σπάνια στο σογιάλευρο σε σχέση με το ιχθυάλευρο και για αυτό τον λόγο στις ιχθυοτροφές που παράγονται από σογιάλευρο προστίθεντο βιταμίνες (Gatlin et al. 2007).

Η μεγαλύτερη ποσότητα σόγιας παράγεται από γενετικά τροποποιημένα φυτά και αυτό το γεγονός δημιουργεί πρόβλημα στην εισαγωγή του προϊόντος σε κράτη όπου η νομοθεσία περιορίζει τη χρήση γενετικά τροποποιημένων τροφών, είτε πρόκειται για ζωοτροφές είτε για ανθρώπινη κατανάλωση (Μεντέ και Νέγκας 2011).

Το σογιάλευρο μπορεί να αντικαταστήσει της ζωικής προέλευσης πρωτεΐνες μέχρι κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό, πάνω από το οποίο οι αποδόσεις της σωματικής αύξησης πέφτουν. Τα χορτοφάγα ψάρια μπορούν να ανεχθούν υψηλότερα ποσοστά στις τροφές τους σε σχέση με τα σαρκοφάγα ψάρια (Μεντέ και Νέγκας 2011).

Φαίνεται επίσης ότι σογιάλευρο πλήρες ελαίου είναι καλύτερα αξιοποιήσιμο από τα ψάρια ψυχρών υδάτων παρά από τα ψάρια θερμών υδάτων, αλλά μεγάλη ποσότητα από αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ψάρια με μεγάλο ποσοστό λίπους στο σώμα τους. Παράλληλα το γεγονός ότι το προφίλ λιπαρών οξέων της τροφής αντικατοπτρίζεται στο παραγόμενο προφίλ λιπαρών οξέων του ψαριού δημιουργεί επιπλέον πρόβλημα στη ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (Μεντέ και Νέγκας 2011).

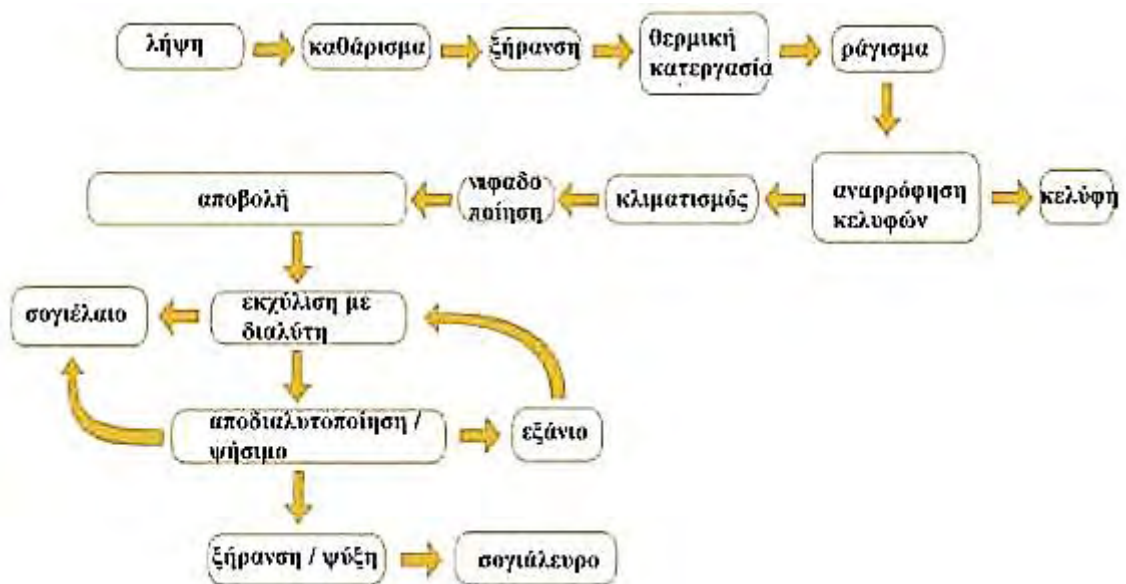
Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η σύγκριση των απαιτήσεων σολομού σε αμινοξέα σε σχέση με την περιεκτικότητα της σόγιας σε αμινοξέα:

Πίνακας 4.2. Σύγκριση απαιτήσεων σολομού με την περιεκτικότητα της σόγιας σε αμινοξέων (% πρωτεΐνης) (Μεντέ και Νέγκας 2011).

Αμινοξύ	Σόγια	Απαιτήσεις σολομού
Αργινίνη	7,23	6
Ιστιδίνη	2,52	1,75
Ισολευκίνη	4,93	2,25
Λευκίνη	7,70	4
Λυσίνη	6,20	5
Μεθειονίνη+	2,86	3,75
Φαινυλαλανίνη+	8,68	5,25
Θρεονίνη	3,91	2,25
Τρυπτοφάνη	1,34	0,4-0,6
Βαλίνη	5,09	3,25

Σήμερα, η πλειονότητα της σόγιας υποβάλλονται σε επεξεργασία με τη χρήση εκχύλισης με διαλύτη, ο οποίος αφαιρεί το σύνολο σχεδόν του ελαίου από τη σόγια. Η διαδικασία εκχύλισης με διαλύτη περιλαμβάνει (Σχήμα 4.2):

- ξήρανση
- καθαρισμό
- ράγισμα
- απορρόφηση κελυφών
- κλιματισμό
- νυφαδοποίηση
- εκχύλιση διαλύτη
- αποδιαλυτοποίηση-ψήσιμο
- ξήρανση και ψύξη άλεση (Newkirk 2010).



Σχήμα 4.2. Διαδικασία παραγωγής σογιάλευρου (Newrick 2010).

Γενικότερα το σογιάλευρο περιέχει:

- Πρωτεΐνη 44-49% (με καλό προφίλ σε απαραίτητα αμινοξέα (AA), φτωχό σε μεθειονίνη)
- Σημαντικά ποσά του 18:3ω-3
- Αντιθρυπνικούς παράγοντες που όμως καταστρέφονται έπειτα από θερμική επεξεργασία
- Χαμηλά επίπεδα ινωσών ουσιών (άπεπτοι υδατάνθρακες) (Jauncey 1985)

Αποτελεί το κατεξοχήν συστατικό αντικατάστασης της πρωτεΐνης του ιχθυάλευρου στις ιχθυοτροφές πολλών εκτρεφόμενων ειδών και η συνεισφορά του στη μερική ή ολική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου έχει μελετηθεί εκτενώς με διάφορους βαθμούς επιτυχίας (Webster and Lim 2002) (Πίνακας 4.3). Επίσης, το σογιάλευρο είναι πολύ φτωχό σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β και σε μερικά ανόργανα στοιχεία (Jauncey 1998) (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.3. Προτεινόμενα επίπεδα σογιάλευρου στις ιχθυοτροφές

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

Πίνακας 4.4. Χαρακτηριστικά ποσοστά (% της υγρής ουσίας τροφής) της θρεπτικής σύστασης σογιάλευρου.

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

4.3. Μελέτες αντικατάστασης ιχθυάλευρου με σογιάλευρο

Οι Lanari και D' Aquaro (2005) εξέτασαν την διαφοροποίηση που είχε το σιτηρέσιο διαφορετικών φυτικών πρωτεϊνών (σογιάλευρο SM₂₅ - SM₅₀, ελαιοκράμβη RM, πατάτα PPC, μίγμα λαχανικών M) με το σιτηρέσιο που αποτελούνταν από ιχθυάλευρο στην ανάπτυξη του λαβρακιού. Τα ψάρια που ταΐστηκαν με σιτηρέσιο που είχε αντικατασταθεί το 25% της συνολικής πρωτεΐνης από σογιάλευρο παρουσίασαν παρόμοιες επιδόσεις με αυτές της ομάδας ελέγχου (ψάρια που τους χορηγήθηκε σιτηρέσιο από ιχθυάλευρο). Αντίθετα στα λαβράκια που ταΐστηκαν με τροφές SM₅₀

(αντικατάσταση της τάξεως του 50 %), RM, PPC και M παρουσιάστηκαν χαμηλότερα ποσοστά ανάπτυξης σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Ειδικότερα, όσον αφορά την πατάτα τα ποσοστά ανάπτυξης ήταν κάκιστα, λόγω της χαμηλής γευστικότητας.

Οι Nengas et al. (1996) σε πείραμα όπου διεξήγαγαν, διαπίστωσαν ότι η χρησιμοποίηση 20-30% πρωτεΐνης από σογιάλευρο στο σιτηρέσιο νεαρών ατόμων τσιπούρας (με αρχικό βάρος δοκιμών 6g) δεν προκάλεσε αρνητικές επιδράσεις στην ανάπτυξη. Σημαντικές μειώσεις στην ανάπτυξη ήταν εμφανείς σε επίπεδο αντικατάστασης άνω του 30%.

Οι Aoki et al. (1996) διαπίστωσαν ότι η χορήγηση ή μη ιχθυάλευρου ως διαιτητική πηγή πρωτεΐνης δεν προκάλεσε αλλαγές στην ποιότητα της σάρκας ατόμων φαγκριού. Η δοκιμαστική δίαιτα περιείχε ένα συνδυασμό 40% συμπύκνωμα πρωτεΐνης σόγιας, 10% άλευρο σόγιας, 3% γεύμα γλουτένης αραβοσίτου και 12% κρεατάλευρου ως συνολική υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου και η εμπορική τροφή περιείχε 67% ιχθυάλευρο ως διαιτητική πρωτεΐνη πηγή. Το ενήλικο άτομο ζύγιζε 730g. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις φυσικές ιδιότητες και στα πρότυπα κατανομής των χημικών συστατικών τόσο στη δοκιμαστική όσο και στην ελεγχόμενη διαιτητική θεραπεία, αν και υπήρχαν διαφορές σε ορισμένα ελεύθερα περιεχόμενα αμινοξέων. Επιπλέον, υπήρχαν λίγες διαφορές στις εκτιμήσεις της σάρκας, όπως το χρώμα, η οσμή, η υφή και η γεύση μεταξύ αυτών των δύο θεραπειών.

Οι Boonyaratpalin et al. (1998) μελέτησαν την επίδραση της μερικής αντικατάστασης του ιχθυάλευρου με τροφές αποτελούμενες από διαφορετική συγκέντρωση σογιάλευρου σε άτομα του είδους *Lates sp.*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αν βελτιωθεί η γευστικότητα της τροφής, το 37,5% των πρωτεϊνών από τα ιχθυάλευρα ή το 15% του

ιχθυάλευρου στην τροφή μπορεί να αντικατασταθεί με τα διάφορα προϊόντα του σογιαλέυρου, χωρίς να μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών.

Οι Deng et al. (2006) ερεύνησαν τις επιπτώσεις της μερικής ή ολικής αντικατάστασης του ιχθυάλευρου με πρωτεΐνη σόγιας στην πρόσληψη της τροφής και στην αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών σε δίαιτες ιαπωνικής χωματίδας (*Platichthys flesus*). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πρωτεΐνη του ιχθυάλευρου δεν μπορεί να αντικατασταθεί από την αντίστοιχη της σόγιας λόγω των χαμηλότερων ποσοστών της πρόσληψη της τροφής, και της κακής χρήσης των θρεπτικών ουσιών. Εντούτοις, η συμπλήρωση με μίγμα κρυσταλλικού αμινοξέος (CAA) ή φθαλικής οξικής κυτταρίνης (CAP-AA) βελτίωσε την πρόσληψη της τροφής καθώς και την ανάπτυξη των ψαριών. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής με δίαιτες σε συμπύκνωμα πρωτεΐνης σόγιας (SPC) 0% και 25% ήταν σημαντικά υψηλότερος από τις δίαιτες σε SPC 87,5% και 100%.

Οι Hernández et al. (2007) μελέτησαν την πιθανή χρήση αλεύρου σόγιας στην ούγγαινα (χιόνα ή μυτάκι, *Diplodus puntazzo*) με προοδευτική αύξηση του ποσοστού συμμετοχής (0%, 20%, 40% και 60%) σε ισο-αζωτούχα σιτηρέσια που περιείχαν ιχθυάλευρο (45%). Η κατανάλωση τροφής αυξήθηκε παράλληλα με την αύξηση της διαιτητικής περιεκτικότητας σε άλευρο σόγιας, με τις διαφορές να γίνονται στατιστικά σημαντικές στο επίπεδο 40% στα μικρότερα ψάρια. Σε μεγαλύτερα ψάρια, η δίαιτα που περιείχε το υψηλότερο επίπεδο αλεύρου σόγιας παρήγαγε το χαμηλότερο τελικό βάρος. Καθώς αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε άλευρο σόγιας, μειώθηκε η αποτελεσματικότητα της τροφοληψίας και η αποδοτικότητα της πρωτεΐνης στη δίαιτα, αποτέλεσμα που πιθανώς οφείλεται στον μικρότερο συντελεστή πεπτικότητας που παρατηρήθηκε για αυτές τις δίαιτες. Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής, η ποιότητα της σάρκας επηρεάστηκε

ελάχιστα, αν και το φιλέτο ψαριών που τρέφονταν με δίαιτες με μερική αντικατάσταση ιχθυαλεύρων έτειναν να είναι κάπως πιο μαλακά σε υφή. Παρά την παράταση της περιόδου πάχυνσης που απαιτείται για την επίτευξη του ίδιου τελικού βάρους, η οικονομική ανάλυση δείχνει ότι η συμπερίληψη αλεύρου σόγιας στη διατροφή μειώνει το κόστος διατροφής.

Η μελέτη των Lin και Luo (2011) αξιολόγησε τα αποτελέσματα της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου (FM) με διαφορετικά επίπεδα αλεύρου σόγιας (SBM), στην ανάπτυξη, τα πεπτικά ένζυμα και τις δραστηριότητες ηπατικής τρανσαμινάσης στην δίαιτα της *tilapia Oreochromis niloticus x O. aureus*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πρωτεΐνη από το SBM θα μπορούσε να υποκαταστήσει λιγότερη από το 75% της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου χωρίς να επηρεάσει την ανάπτυξη της τιλάπιας. Τα υψηλότερα επίπεδα υποκατάστασης SBM προκάλεσαν αρνητικές επιδράσεις στην ανάπτυξη, τη χρήση τροφής και τη λυσοζύμη ορού της τιλάπιας.

Σκοπός της μελέτης των Wang et al. (2017) ήταν να προσδιοριστεί ο αντίκτυπος της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου (FM) με το αλεύρι σόγιας (SBM) στη διατροφή του *Erinerephelus coioides* στην δομή ανάπτυξης και του εντερικού ιστού. Το FM αντικαταστάθηκε από 0%, 50% ή 100% SBM. Ο ρυθμός αύξησης βάρους, η πρόσληψη τροφής και η απόδοση της τροφής μειώθηκαν σημαντικά καθώς αυξήθηκε η αναλογία του SBM. Συμπερασματικά, η αύξηση της ποσότητας αλεύρου σόγιας στις δίαιτες των *Erinerephelus coioides* οδηγεί σε μείωση των επιδόσεων ανάπτυξης και αύξησης της εντερικής βλάβης.

Σε μια έρευνα των Liang et al. (2017) μελετήθηκαν τα αποτελέσματα της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου (FM) με αλεύρι σόγιας που έχει υποστεί ζύμωση

(FSM) σε ιαπωνικό λαβράκι (*Lateolabrax japonicus*). Ένας εμπορικός τύπος που περιείχε 36% FM ανατέθηκε ως διατροφή ελέγχου. Στις άλλες 3 δίαιτες, 25%, 50% ή 75% του FM αντικαταστάθηκε με FSM, όπου η λυσίνη (Lys), η μεθειονίνη (Met) και η θρεονίνη (Thr) ήταν ισορροπημένες όπως στη διατροφή ελέγχου χρησιμοποιώντας κρυσταλλωμένα αμινοξέα. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι ο ρυθμός τροφοληψίας, ο ρυθμός ειδικής ανάπτυξης, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής, η παραγωγική αξία της πρωτεΐνης, η διατήρηση της ενέργειας και η σύνθεση του σώματος σε θρεπτικά δεν διέφεραν μεταξύ των ομάδων FM και FSM25. Ωστόσο, και οι δύο ομάδες παρουσίασαν σημαντικά καλύτερες διαφορές από τις άλλες ομάδες. Το ιαπωνικό λαυράκι προσαρμόστηκε στη δίαιτα FSM50 μετά από 8 εβδομάδες σίτισης και η αντισταθμιστική διατροφή και ανάπτυξη συνέβαλαν στην αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης αυτής της ομάδας. Ωστόσο, η ποιότητα της σάρκας ήταν φτωχότερη από εκείνη των ομάδων FM και FSM25.

Οι Ye et al. (2019) αξιολόγησαν την απόδοση ανάπτυξης του *Takifugu obscurus*. Έγινε αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με διάφορα επίπεδα αποφλοιωμένης και απολιπασμένης σόγιας (0%, 15%, 30%, 45%, 60% και 75%). Οι ερευνητές, δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση βάρους και τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών όταν το επίπεδο αντικατάστασης ήταν μικρότερο από 30% έως και 40% πρωτεΐνη με συμπληρωματική λυσίνη, μεθειονίνη και ταυρίνη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αρκετά ψάρια απαιτούν συνήθως υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης στη διατροφή τους, αντανακλώντας την υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της φυσικής τους διατροφής. Η συνήθης πηγή αυτής της πρωτεΐνης στη διατροφή τους είναι το ιχθυάλευρο. Λόγω της υψηλής τιμής των ιχθυαλεύρων και της μείωση της αλιευτικής πίεσης επί των ειδών της βιομηχανικής αλιείας, οι διατροφολόγοι των ψαριών και οι υδατοκαλλιεργητές σε όλο τον κόσμο προσπαθούν να αντικαταστήσουν τα ιχθυάλευρα με δίαιτες βασισμένες σε πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης. Το σογιάλευρο είναι η πιο κοινή πηγή αντικατάστασης, σε σχέση με άλλες πηγές φυτικής πρωτεΐνης έχει το καλύτερο προφίλ αμινοξέων, αλλά παράλληλα περιέχει κάποιες αντιθρεπτικές ενώσεις, όπως το φυτικό οξύ (Hien et al. 2015).

Παρ' όλα αυτά, η χρήση υψηλών επιπέδων πρωτεΐνης σόγιας μπορεί να μεταβάλλουν την ανάπτυξη των υδρόβιων ζώων, το μεταβολισμό και την κατάσταση της υγείας τους, λόγω των αντιθρεπτικών παραγόντων που εμπεριέχονται στο σογιάλευρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της σόγιας ως πηγή πρωτεΐνης σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο εκάστοτε σιτηρέσιο. Έχει προταθεί ότι οι αντιθρεπτικοί παράγοντες του σογιάλευρου μπορούν να αφαιρεθούν ή μερικώς αδρανοποιηθούν με ζύμωση. Έχει αποδειχθεί ότι η χρήση αλεύρων σόγιας που έχουν υποστεί ζύμωση ως πηγή πρωτεΐνης στη διαμόρφωση διαιτών χερσαίων ζώων ενισχύουν την αύξηση βάρους και την ανοσολογική κατάσταση. Επιπλέον, τα άλευρα

σόγιας που έχουν υποστεί ζύμωση έχουν χρησιμοποιηθεί στη θέση ιχθυάλευρων σε δίαιτες μερικών ειδών ψαριών (Ding et al. 2015).

Η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με φυτικές πρωτεΐνες μεταβάλλει τη σύνθεση αμινοξέων η οποία απαιτεί η διαίτα των ψαριών. Έτσι, μεμονωμένα απαραίτητα αμινοξέα προστίθενται συχνά στις δίαιτες για να καταστεί η σύνθεση αμινοξέων της φυτικής διαίτας ισοδύναμη με εκείνη της διαίτας η οποία έχει ως βάση το ιχθυάλευρο (Hien et al. 2015).

Η αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων για ιχθυάλευρα είναι μια διεθνής ερευνητική προτεραιότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βουλτσιάδου, Ε., Αμπατζόπουλος, Θ., Αντωνοπούλου, Ε., Γκάνιας, Κ., Γκέλης, Σ., Στάικου, Α., Τριανταφυλλίδης, Α., (2015). Υδατοκαλλιέργειες. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Γιαννηκώτσιου Ν, 2010. Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά της τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758). Προπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.

Ελληνική Στατιστική Αρχή www.statistics.gr

Καραπαναγιωτίδης Ι. (2015), Τεχνολογία Ιχθυοτροφών. ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Βόλος.

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

Παγκόσμια Τράπεζα (2013). www.worldbank.org

Παπουτσόγλου Σ. (2008), Διατροφή Ιχθύων, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

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

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών www.g=fgm.com.gr

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων www.minagric.gr/index.php/el/

Aoki, H., Shimazu, H., Fukushige, T., Akano, H., Yamagata, Y., Watanabe, T. 1996. Flesh quality in red sea bream fed with diet containing a combination of different protein sources as total substitution for fish meal. *Bull. Fish. Res. Inst. Mie*, 6: 47-54.

Bathena S.J (2000), Relationship between fatty acids and the endocrine system, *Bio Factors* 13 (1-4):35-39

Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrip-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.-I., Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – putting fish back on the menu. *Food Secur.* 7, 261–274.

Berg J.M., Tymoczko L and Stryer L (2001), Βιοχημεία, Ηράκλειο Κρήτης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης

Boonyaratpalin M., Suraneiranat P. and Tunpibal, T. (1998). Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 161:67-78

Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C., Branch, T.A., Gaines, S.D.), S/.u-walski, C.S., Cabral, R.B., Rader, D.N., and Leland, A. (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 5125-5129.

Cuillaume, J., Kaushik S., Bergot R. and Metailler R. (2001). *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. Springer Verlag. P. 404-405.

Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W. and Liufu, Z. (2006). Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 258, 503-513.

Ding Z., Zhang Y., Ye J., Du Z., Kong Y. (2015). An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diet of *Macrobrachium nipponense*: Growth, nonspecific immunity, and resistance to *Aeromonas hydrophila*, *Fish & Shellfish Immunology*, 44(1): 295-301

El-Sayed. A.- F.M. (1999) Alternative dietary protein sources for farmed tilapia. *Oreochromis spp.* *Aquaculture* 179, 149-168

FAO (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, FAO

FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, FAO

FAO (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, FAO

Fountoulaki E.M. Alexis, Nengas I. and Venou B (2003), Effects of dietary arachidonic acid (20:4n-6), on growth, body composition, and tissue fatty acid profile of gilthead bream fingerling (*Sparus aurata* L), *Aquaculture* 225:309-323

Gatlin D. M., Barrows F. T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T., Hardy R., Herman E., Hu G., Krogh S., Nelson R., Overturf K. , Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E. J., Stone D., Wilson R. & Wurtele E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 2007, 38, pp. 551 – 579.

Hasan, M.R. (2001). *Nutrition and Feeding for Sustainable Aquaculture Development in the Third Millennium*. FAQ CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. Pp 193-219.

Higgs D. and Dong F (2000). Lipids and fatty acids. *Encyclopedia of Aquaculture*, 475-496.

Hernández M.D., Martínez F.J., Jover M, García García B. (2007). Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. *Aquaculture* 263(1–4):159-167.

Hien T., Be T., Lee C., Bengtson D. (2015). Development of formulated diets for snakehead (*Channa striata* and *Channa micropeltes*): Can phytase and taurine supplementation increase use of soybean meal to replace fish meal?, *Aquaculture*, 448: 334-340.

Izquierdo MS, Obach A, Arantzamendi L, Montero D, Robaina L, Rosenlund G. (2003). Dietary lipid sources for sea bream and sea bass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition* 9: 397-407.

Jauncey K. (1998), *Tilapia Feeds and Feeding*. 2nd Edition. Pisces Press LTD, Stirling Scotland p. 235.

Lanari D. and D'Agaro E. (2005). Alternative plant protein sources in sea bass diets. *ITAL. J. ANIM.SCI. VOL. 4*, pp. 365-374.

Liang, X., Hu, L., Dong, Y., Wu, X., Qin, Y., Zheng, Y., Shi, D., & Xue, M. (2017). Substitution of fish meal by fermented soybean meal affects the growth performance and flesh quality of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Animal feed science and technology*, 229, 1-12.

Lin, S., & Luo, L. (2011). Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Animal feed science and technology*, 168, 80-87.

Lovell. T, (1989), Nutrition and Feeding of fish. Van Nostrad Reinhold pp 4-5.

Matthews, J.C. (2000) Amino acid and peptide transport systems. In: Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition* (14): 396-404.

Murry Mc J (2005), Βιομόρια: Λιπίδια, Οργανική Χημεία, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης 2:1345-1379.

Nengas I., Alexis M.N. and Davies S.J. (1996). Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream *Sparus aurata* (L.). *Aquaculture Research*, 27: 147-156.

Newkirk R. (2010). Soybean: Feed industry guide, 1st edition, Canadian International Grains Institute, Canada.

Sargent J, Tocher and Bell J (2002), The lipids. Fish nutrition. J.Halver and R. Hardy, San Diego, USA, Academic Press, 181-257.

Shiau, S-Y. and Peng, C-Y (1993) Protein - sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture* (117): 327-334.

Steffens W, (1989), Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood Limited, London, 384 p..

Tanskanen A, Hibbeln J.R., Hintikka J., Haatainen K., Honkalampi K. and Viinamaki H. (2001), Fish consumption depression, and suicidality in a general population, *Archives of General Psychiatry* 58 (5): 512-513.

Thilstedt, S.H., Thorne-Lyman A., Webb P., Bogard J.R., Subasinghe R., Philips M.J., Allison E.H. (2016). Sustaining healthy diets: The role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, Vol 61, 126–131.

Turchini G.M., Torstensen B.E. and W.K.Kg (2009), Fish oil replacement in finfish nutrition, *Reviews in Aquaculture*, 10-57.

Wang, Y., Wang, L., Zhang, C., & Song, K. (2017). Effects of substituting fishmeal with soybean meal on growth performance and intestinal morphology in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Aquaculture reports*, 5, 52-57.

Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002). *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI publishing. 273-292.

Ye, H., Xu, M., Liu, Q., Sun, Z., Zou, C., Chen, L., Su, N., & Ye, C. (2019). Effects of replacing fish meal with soybean meal on growth performance, feed utilization and physiological status of juvenile obscure puffer, *Takifugu obscurus*. *Comparative biochemistry and physiology*, 216, 75-81.

<http://www.feedipedia.org/>

<http://www.soymeal.org/graphs.html>