

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

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2021

«ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»
**«SEA BREAM INTENSIVE FARMING: NEW TECHNOLOGIES AND
INNOVATIONS»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) Παναγιώτα Παναγιωτάκη,** Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπουσα.
- 2) Εξαδάκτυλος Αθανάσιος,** Καθηγητής, Γενετική Υδροβίων Ζωϊκών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
- 3) 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 Επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, Δρ. Παναγιώτα Παναγιωτάκη για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας παρά τις τυχόν απρόβλεπτες καθυστερήσεις, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τον Δρ. Αθανάσιο Εξαδάκτυλο και τη Δρ. Ελένη Γκολομάζου για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών αναπτύσσεται συνεχώς τις τελευταίες δεκαετίες εξαιτίας της αυξανόμενης ανάγκης για κατανάλωση ψαριών και καρκινοειδών μιας ανάγκης που δε γίνεται να καλυφθεί από την αλιεία πλέον. Η εκτροφή της τσιπούρας στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένη και η παραγωγή της εξαιρετικά υψηλή ενώ ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών προσφέρει πολλές θέσεις εργασίας και εξάγει σημαντικές ποσότητες σε ψάρια στο εξωτερικό. Αυτή η επιτυχία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ισορροπημένη διατροφή των ιχθύων που απαιτείται ώστε να πληρούνται όλες οι ανάγκες τους σε πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα, σε λίπη και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, σε υδατάνθρακες, σε βιταμίνες, σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία αλλά και σε ενέργεια. Οι ιχθυοτροφές περιλαμβάνουν υψηλά ποσοστά σε ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια τα οποία όμως προέρχονται από μικρά πελαγικά ψάρια των οποίων τα αποθέματα λιγοστεύουν καθιστώντας αναγκαία την αναζήτηση νέων εναλλακτικών πηγών πρωτεϊνών και λιπιδίων τα οποία καλούνται να αντικαταστήσουν μερικώς ή πλήρως τα ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια. Τέτοιες πηγές μπορεί να είναι ζωικά υποπροϊόντα ή υποπροϊόντα ψαριών ή να προέρχονται από φυτικούς οργανισμούς όπως η σόγια, η γλουτένη καλαμποκιού αλλά και τα θαλάσσια φύκη. Για να επιτευχθεί η βιωσιμότητα του κλάδου όμως πρέπει να υιοθετηθούν νέες μέθοδοι εκτροφής οργανισμών φιλικές προς το περιβάλλον και να αρχίσουν να εκτρέφονται περισσότερα είδη χαμηλότερου τροφικού επιπέδου. Απαιτείται επίσης καλύτερη πρόληψη και αντιμετώπιση των ασθενειών με φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους αλλά και περαιτέρω έρευνα

στον τομέα της γενετικής με σκοπό την καλύτερη επιλογή γεννητόρων με τα βέλτιστα χαρακτηριστικά αύξησης, ανοχής σε στρεσογόνες περιόδους και συνθήκες και αντίστασης σε ασθένειες.

Λέξεις κλειδιά: Τσιπούρα, διατροφή, βιωσιμότητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Υδατοκαλλιέργειες	9
1.2 Ορισμός	11
1.3 Στάδια εκτροφής	13
1.4 Ιστορική αναδρομή	16
1.5 Τσιπούρα – <i>Sparus aurata</i>	19
1.5.1. Συστηματική ταξινόμηση της τσιπούρας <i>Sparus aurata</i>	19
1.5.2 Περιγραφή	20
1.5.3 Βιότοπος	21
1.5.4 Γεωγραφική εξάπλωση	22
1.5.5 Διατροφή	23
1.5.6 Αναπαραγωγή	23
2. ΔΙΑΤΡΟΦΗ	25
2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διατροφή	25
2.1.1 Είδος νερού	25
2.1.2 Θερμοκρασία νερού	25
2.1.3 Οικογένεια και είδος ψαριού	26
2.2 Απαραίτητα Θρεπτικά Συστατικά	26
3. ΤΣΙΠΟΥΡΑ	47
3.1 Συνηθισμένη σύσταση τροφής	47
3.2 Εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης	49
4. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	55
4.1 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα	55

4.2 Προκλήσεις και προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κλάδος	57
4.3 Εφαρμογή νέων τεχνικών, συστημάτων και τεχνολογιών	59
Βιβλιογραφία	67
Abstract	92

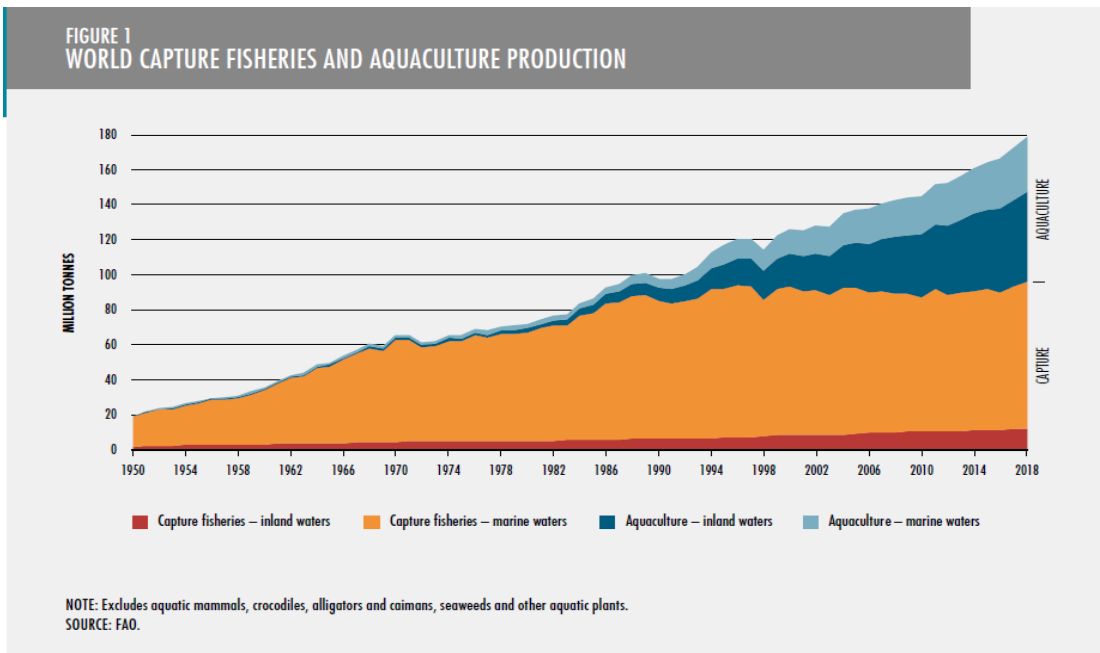
ΜΕΡΟΣ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

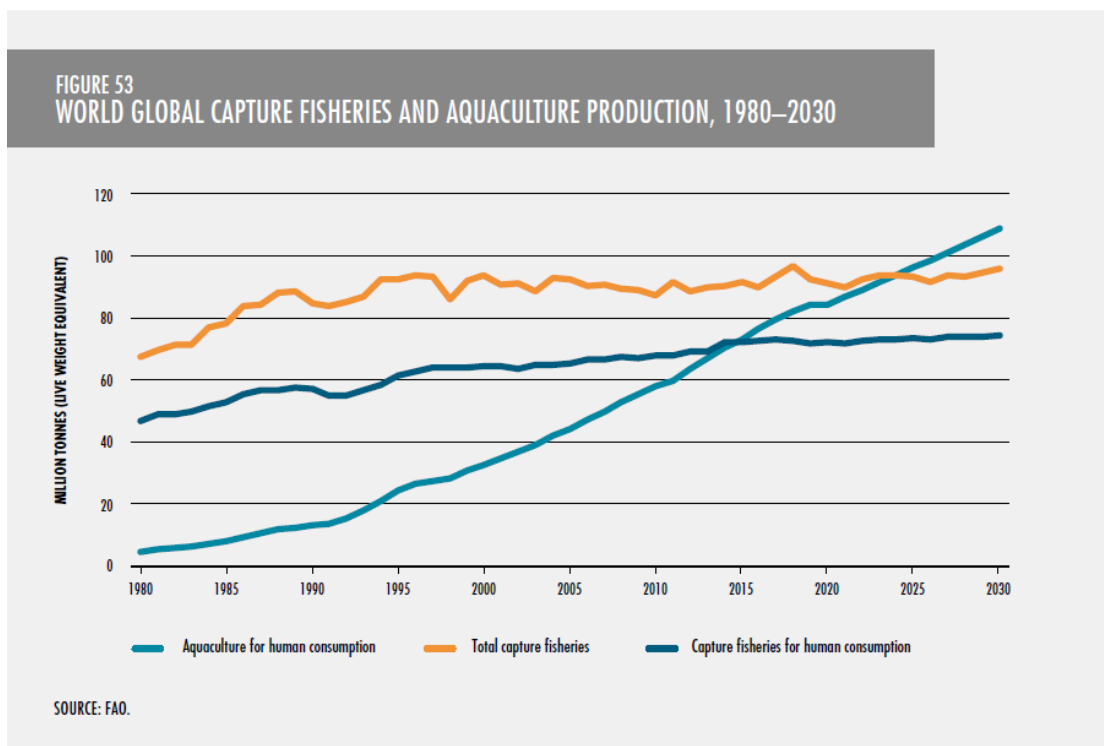
1.1 Υδατοκαλλιέργειες

Οι υδατοκαλλιέργειες είναι σύγχρονος ταχύτατα αναπτυσσόμενος κλάδος παραγωγής τροφίμων που ασχολείται με την καλλιέργεια φυτικών και την εκτροφή ζωικών οργανισμών γλυκού και αλμυρού νερού. Οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί συμπεριλαμβάνουν τους ιχθείς (τσιπούρα, λαβράκι, σολομό, πέστροφα), τα δίθυρα (μύδια, στρείδια), τα καρκινοειδή (γαρίδες, караβίδες), τα υδρόβια φυτά όπως τα πορί, (είδη *Porphyra yezoensis* και *Porphyra tenera*) καθώς και τα τεχνητά μαργαριτάρια. Οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης οφείλονται στη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση των προϊόντων υδατοκαλλιέργειας από το καταναλωτικό κοινό η οποία δεν μπορεί να καλυφθεί από τον κλάδο της αλιείας παρά την αυξημένη αλιευτική προσπάθεια. Ο ολόένα αυξανόμενος πληθυσμός του πλανήτη αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα που συνέβαλλε στην ανάπτυξη αυτή.

Στο Σχήμα 1 (δεδομένα από FAO 2020) απεικονίζεται η ραγδαία ανάπτυξη του κλάδου των Υδατοκαλλιεργειών καθώς και η σταθεροποίηση της παραγωγής του κλάδου της Αλιείας από το 1950 μέχρι το 2018 παρά την αυξημένη αλιευτική προσπάθεια τα τελευταία χρόνια ενώ στο Σχήμα 2 (FAO 2020) φαίνεται η παραγωγή των κλάδων της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών και πως προβλέπεται αυτή να εξελιχθεί μέχρι το 2030.



Σχήμα 1. Παγκόσμια αλιευτική παραγωγή και παραγωγή υδατοκαλλιεργειών την χρονική περίοδο 1950-2018 (FAO 2020).



Σχήμα 2. Πρόβλεψη της παραγωγής της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών μέχρι το 2030 (FAO 2020).

1.2 Ορισμός

Με τον όρο Υδατοκαλλιέργειες εννοούμε την *‘καλλιέργεια φυτικών και εκτροφή ζωικών οργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον που παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον για τον άνθρωπο’*. Ο όρος υδατοκαλλιέργειες προέρχεται από τον αγγλικό όρο Aquaculture. Παρόλα αυτά ο όρος υδατοκαλλιέργειες δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα καθώς οι ζωικοί οργανισμοί δεν καλλιεργούνται αλλά εκτρέφονται. Ο όρος υδατοκαλλιέργειες όμως είναι αυτός που έχει επικρατήσει και αναφέρεται συνήθως και στην εκτροφή ζωικών και στην καλλιέργεια φυτικών οργανισμών.

Οι κατηγορίες στις οποίες εντάσσονται οι υδατοκαλλιέργειες είναι ανάλογα με:

- Το υδάτινο περιβάλλον όπου πραγματοποιούνται οι αντίστοιχες καλλιέργειες/εκτροφές και διακρίνονται σε γλυκών, θαλασσινών ή υφάλμυρων νερών.
- Το χώρο που βρίσκονται οι εγκαταστάσεις και χωρίζονται σε χερσαίες, θαλάσσιες, ποτάμιες, λιμνοθαλάσσιες.
- Το είδος του εκτρεφόμενου/καλλιεργούμενου οργανισμού και κατηγοριοποιούνται σε καλλιέργειες φυκών, εκτροφές κεφαλόποδων, εκτροφές καρκινοειδών, εκτροφές οστρακοειδών και εκτροφές ιχθύων.
- Τον τρόπο χρήσης του νερού που τις διακρίνει σε καλλιέργειες/εκτροφές **ανοικτών, κλειστών ή ημίκλειστων** συστημάτων.
- Την μέθοδο διατροφής των εκτρεφόμενων οργανισμών (**εκτατικές, ημιεντατικές και εντατικές** εκτροφές).

1.3. Στάδια υδατοεκτροφής

1^ο Στάδιο-Ιχθυογεννητικός Σταθμός: Στον ιχθυογεννητικό σταθμό γίνεται η εκτροφή των γεννητόρων από τους οποίους λαμβάνονται τα αυγά τα οποία μεταφέρονται σε ειδικούς επωαστήρες ή στις δεξαμενές των νυμφών μέχρι να εκκολαφθούν. Η εκκόλαψη των αυγών τσιπούρας ξεκινάει στις επόμενες δύο μέρες σε θερμοκρασία 16-17°C. Αρχικά οι προνύμφες τρέφονται από τον λεκιθικό τους σάκο για 5 ημέρες περίπου (ενδογενής διατροφή) ενώ στη συνέχεια ξεκινάνε να τρέφονται με ζωντανή τροφή που τους παρέχεται (στάδιο νυμφών). Τα Τροχόζωα (*rotifers-Brachionus plicatilis*) είναι το πρώτο είδος ζωντανής τροφής καθώς είναι ο πλέον κατάλληλος οργανισμός για εκτροφή των νυμφών της τσιπούρας καθώς έχουν το κατάλληλο μέγεθος (100-350μ.), υψηλή θρεπτική αξία και είναι εύκολο να προσληφθούν από τις νύμφες εξαιτίας της αργής και ευθύγραμμης κίνησής τους. Επίσης η γρήγορη ανάπτυξη και η προσαρμοστικότητα των Τροχοζώων τα καθιστά οικονομικά και πρακτικά κατάλληλα για καλλιέργεια (Χώτος & Ρογδάκης 2005). Τα Τροχόζωα παρέχονται στις νύμφες για 10 ημέρες περίπου ενώ στη συνέχεια ως τροφή των νυμφών δίνονται ναύπλιοι και μεταναύπλιοι από το καρκινοειδές *Artemia* μέχρι την 40-45^η ημέρα από την εκκόλασή τους όπου και γίνεται η μεταμόρφωσή τους.



Εικόνα 1. Δεξαμενή εκτροφής των νυμφικών σταδίων των ιχθύων (FAO).

Σημειώνεται ότι η εναλλαγή από το ένα στο άλλο είδος διατροφής (rotifers σε Artemia) γίνεται σταδιακά μειώνοντας την ποσότητα των rotifers και αντικαθιστώντας τα με Artemia. Μετά την μεταμόρφωσή των νυμφών σταδιακά οι εκτροφείς αντικαθιστούν ποσότητα από ναύπλιους Artemia με τεχνητή, ξηρά τροφή με την μορφή σύμπηκτων-pellets (Χώτος και Ρογδάκης 2005).

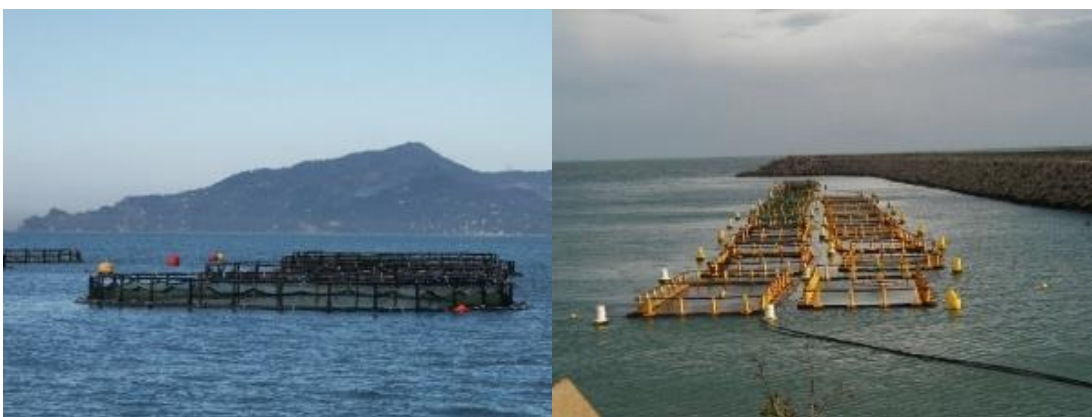
Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η τυπική δεξαμενή στην οποία πραγματοποιείται η εκτροφή ιχθύων μέχρι το στάδιο της μεταμόρφωσής τους.

2^ο Στάδιο-Προπάχυνση σε raceways & κλωβούς: Σε αυτό το στάδιο τα ιχθύδια φτάνουν από μερικά mg που ζύγιζαν κατά την εισαγωγή τους σε 5-10 ή και περισσότερα γραμμάρια. Τα ιχθύδια τρέφονται με τεχνητή, ξηρά τροφή της μορφής συμπηκτων-pellets. Το στάδιο της προπάχυνσης μπορεί να γίνει είτε σε κλωβούς με πολύ μικρότερο μάτι διχτυού είτε σε ορθογώνιες επιμήκεις δεξαμενές τύπου raceways (Εικ. 2).



Εικόνα 2. Δεξαμενές τύπου raceways που χρησιμοποιούνται κατά την προπάχυνση μεσογειακών ιχθύων όπως η τσιπούρα και το λαβράκι (FAO).

3^ο Στάδιο-Πάχυνση σε κλωβούς: Με την ολοκλήρωση του σταδίου της προπάχυνσης τα ιχθύδια πλέον είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στις καιρικές συνθήκες και είναι έτοιμα να μεταφερθούν σε κλωβούς (Εικ. 3) όπου θα παραμείνουν έως ότου φτάσουν στο επιθυμητό εμπορικό μέγεθος των 350gr περίπου από όπου και θα εξαλειευθούν.



Εικόνα 3. Κλωβοί πάχυνσης ιχθύων (FAO).

1.4 Ιστορική αναδρομή

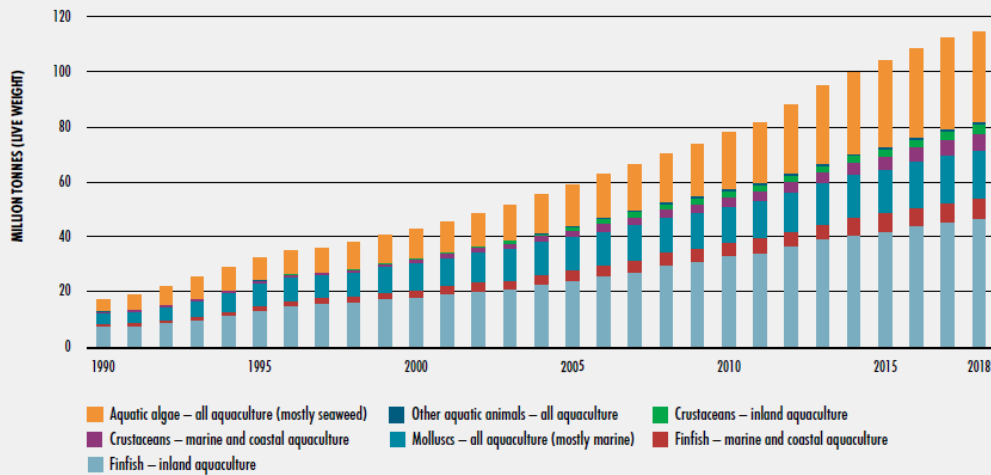
Οι πρώτες απόπειρες για εκτροφή υδρόβιων οργανισμών από τον άνθρωπο καταγράφεται γύρω στα 2500 π.Χ. στην Κίνα όπου σε σημεία που υπερχειλίζουν οι ποταμοί εγκλωβίζονταν σε τεχνητές λιμνούλες ψάρια όπως ο κυπρίνος. Εκεί διατηρούνταν ζωντανά μέχρι να αλιευθούν και να καταναλωθούν. Το 1400 μ.Χ. έχει καταγραφεί η εκτροφή γαλατόψαρου (*Chanos chanos*) σε υφάλμυρα νερά στην Ινδονησία ενώ το 1765 δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά η τεχνητή αναπαγωγή της πέστροφας. Στην Ολλανδία κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά συστήματα εκτροφής στρειδιών έναν αιώνα πριν. Κατά τη δεκαετία του 1940 Ιάπωνες κατάφεραν να αναπαράγουν τη γαρίδα *Marsupenaeus japonicus* ενώ δύο δεκαετίες αργότερα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής επετεύχθη η αναπαραγωγή του ποταμολάβρακου *Morone saxatilis*.

Το σημαντικότερο βήμα στον κλάδο επιτεύχθηκε το 1966 από τις ΗΠΑ που χρησιμοποίησαν ιχθυοκλωβούς στην εκτροφή του γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*) (Pillay 1979). Η χρήση κλωβών στην εκτροφή σολομού και πέστροφας το 1970 οδήγησε σε μία άνευ προηγουμένου αύξηση της παραγωγής της πέστροφας από 100 τόνους στους 6000 τόνους και από 540 στους 23000 τόνους παραγωγής σολομού.

Τα τελευταία 25 χρόνια ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών αναπτύσσεται ραγδαία καθώς η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει την εφαρμογή όλων των γνώσεων των προηγούμενων χρόνων. Έτσι πλέον είναι δυνατή η διατήρηση σε αιχμαλωσία ενήλικων ατόμων τα οποία απελευθερώνουν βιώσιμα αυγά, η παραγωγή φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού σε μεγάλες ποσότητες με τα οποία τρέφονται τα αρχικά στάδια των ιχθύων και η παρασκευή συμπλήκτων για την ικανοποίηση των διατροφικών απαιτήσεων των

εκτρεφόμενων οργανισμών. Πριν από την εκτροφή σε κλωβούς χρησιμοποιούνταν η εκτατική εκτροφή σε εγκαταστάσεις κοντά σε ακτές (ή ποτάμια). Αυτή η μορφή εκτροφής όμως αφορούσε κυρίως τον εγκλωβισμό και την εξαλίευση των ψαριών. Οι λιμνοθάλασσες της Ιταλίας αλλά και του Ιονίου χρησιμοποιούνταν για εκτατική εκτροφή με την μέθοδο «Valli di pesca» καθώς η ακτογραμμή ήταν αξιοποιήσιμη για τις εκτροφές, υπήρχαν πηγές γλυκού νερού και κατάλληλες παραθαλάσσιες εκτάσεις. Η συγκεκριμένη μορφή εκτροφής όμως μπορεί να αναπτυχθεί σε πολύ περιορισμένο βαθμό καθώς πρέπει να πληρούνται τα προαναφερθέντα κριτήρια για να αναπτυχθεί. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ένα από τα σημαντικότερα ίσως βήματα στον τόμα των υδατοκαλλιεργειών/υδατοεκτροφών ήταν η εισαγωγή και χρήση των ιχθυοκλωβών. Οι πλωτοί ιχθυοκλωβοί έδωσαν νέες προοπτικές στον κλάδο καθώς παρέχουν στον εκτροφέα τη δυνατότητα να τους τοποθετήσει σε όποια υδάτινη μάζα εκείνος θεωρεί καταλληλότερη. Στους κλωβούς μπορούν να εκτραφούν βιομάζες πολύ μεγαλύτερες από εκείνες που εκτρέφονταν στα υπόλοιπα συστήματα εκτροφής χωρίς να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω αντλίες ή άλλα συστήματα παροχής οξυγόνου. Με αυτό τον τρόπο μειώθηκε δραματικά το κόστος εκτροφής. Αργότερα οι τεχνολογικές εξελίξεις στους ιχθυοκλωβούς επέτρεψαν στις μονάδες να τους τοποθετούν μακριά από την ακτή όπου παλαιότερα αποφεύγονταν εξαιτίας των δυσμενών καιρικών συνθηκών. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η ταχύτατη ανάπτυξη του κλάδου των Υδατοκαλλιεργειών από το 1990 μέχρι και το 2018 σύμφωνα με στοιχεία του FAO 2020. Η ανάπτυξη ακολουθεί εκθετική πορεία.

FIGURE 8
WORLD AQUACULTURE PRODUCTION OF AQUATIC ANIMALS AND ALGAE, 1990–2018



SOURCE: FAO.

Σχήμα 3. Παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών από το 1990 μέχρι το 2018 (FAO 2020).

Ο κλάδος είναι μία βιομηχανία που συναντάται σε όλες τις ηπείρους αν και όχι ισομερώς. Η Ασία κατέχει τα πρωτεία στην εκτροφή και παραγωγή υδρόβιων οργανισμών με διαφορά με ποσοστό 89% της παγκόσμιας παραγωγής. Το μεγαλύτερο κομμάτι αυτού του ποσοστού το κατέχει η Κίνα (68,92% της ασιατικής παραγωγής) καθώς αποτελεί επίσης τη χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή παγκοσμίως. Το 2010 η Κίνα παρήγαγε σχεδόν 37 εκατομμύρια τόνους από υδρόβιους ζωικούς οργανισμούς με αποτέλεσμα να αποτελεί το 61,35% της παγκόσμιας παραγωγής. Στις επόμενες 5 θέσεις βρίσκονται άλλες ασιατικές χώρες όπως η Ινδία με παραγωγή πάνω από 4,5 εκ. τόνους, το Βιετνάμ με παραγωγή πάνω από 2,5 εκ. τόνους ενώ ακολουθούν η Ινδονησία το Μπανγκλαντές και η Ταϊλάνδη. Η Νορβηγία με παραγωγή 1 εκ. τόνου είναι ο έβδομος μεγαλύτερος παραγωγός σε εκτρεφόμενους οργανισμούς ενώ ακολουθεί η Αίγυπτος, η Μιανμάρ και οι Φιλιππίνες.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα ποσοστά παραγωγής υδρόβιων εκτρεφόμενων ζωικών οργανισμών κάθε ηπείρου και της Κίνας για το έτος 2010.



Σχήμα 4. Παγκόσμιο ποσοστό συμμετοχής ανά περιοχές του κόσμου για το έτος 2010 (FAO 2012).

Όπως φαίνεται μετά την Ασία ακολουθεί η Αμερική και η Ευρώπη, και οι δύο με παραγωγή λίγο περισσότερο των 2,5 εκατομμυρίων τόνων, έχουν ποσοστά συμμετοχής 4,3% και 4,2% αντίστοιχα ενώ η Αφρική με παραγωγή σχεδόν 1,3 εκατομμυρίων τόνων κατέχει το 2,2%. Η ήπειρος της Ωκεανίας με ποσοστό συμμετοχής στον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών μόλις 0,3% και παραγωγή λίγο περισσότερο από 180.000 τόνους βρίσκεται στην τελευταία θέση.

1.5 Τσιπούρα- *Sparus aurata*

1.5.1 Συστηματική ταξινόμηση της τσιπούρας *Sparus aurata*

Η τσιπούρα, *Sparus aurata* (L.) αποτελεί ένα από τα 112 είδη ψαριών που ανήκουν στην οικογένεια των Sparidae. Η οικογένεια των Sparidae ανήκει στην τάξη των Perciformes που αποτελεί την μεγαλύτερη τάξη ιχθύων και περιλαμβάνει 156 οικογένειες συνολικά. Παρακάτω φαίνεται η συστηματική ταξινόμηση της τσιπούρας κατά τον Linnaeus (1758):

1. Βασίλειο Animalia
2. Συνομοταξία/Φύλο Chordata
3. Ομοταξία Actinopterygii
4. Τάξη Perciformes
5. Οικογένεια Sparidae
6. Γένος *Sparus*
7. Είδος *aurata*

1.5.2 Περιγραφή

Η τσιπούρα έχει επίμηκες σχήμα, πλευρικά πρισμένο και πεπλατυσμένο. Διαθέτει κυρτή ράχη, κοντό ρύγχος, μικρά μάτια και χονδρά χείλη. Στις σιαγόνες της έχει 4-6 κυνόδοντες και πιο πίσω από αυτούς 2-4 σειρές στρογγυλεμένων δοντιών τα οποία με την πάροδο του χρόνου μετατρέπονται σε τραπεζίτες. Το ραχιαίο πτερύγιο αποτελείται από 11 σκληρές και 13-14 μαλακές ακτίνες (DXI/13-14) ενώ το εδρικό έχει 3 σκληρές και 11-12 μαλακές (AIII/11-12). Κατά μήκος της πλευρικής γραμμής, η οποία εκτείνεται μέχρι τη βάση του ουραίου πτερυγίου, υπάρχουν 73-85 λέπια. Το συνηθέστερο μήκος της τσιπούρας είναι 30-35cm ενώ το μέγιστο μήκος μπορεί να φθάσει τα 70cm. Μέγιστη ηλικία που έχει σημειωθεί είναι τα 11 χρόνια ενώ μέγιστο

βάρος τα 17,2kg. Το χρώμα του σώματός της είναι ασημί και γκρι με πιο σκούρες αποχρώσεις στη ράχη και με πιο ανοιχτόχρωμες στις πλευρές και την κοιλιά. Στην αρχή της πλευρικής της γραμμής υπάρχει μία μεγάλη μαύρη κηλίδα η οποία φτάνει μέχρι το βραγχιόκαλυμμα ενώ πιο κάτω διακρίνεται μια κόκκινη περιοχή. Επιπλέον φέρει στο μέτωπό της μια χαρακτηριστική χρυσή καμπυλοειδή ταινία σχήματος V από όπου πήρε και το όνομά της καθώς *sparus* στα λατινικά σημαίνει ‘το ψάρι με το χρυσό κεφάλι’. Επίσης παρατηρείται μία επιμήκης μαύρη γραμμή κατά μήκος του ραχιαίου πτερυγίου ενώ στο ουραίο πτερόγιο υπάρχει μαύρη παρυφή. Χαρακτηριστική εμφάνιση φαίνεται στην Εικόνα 4.



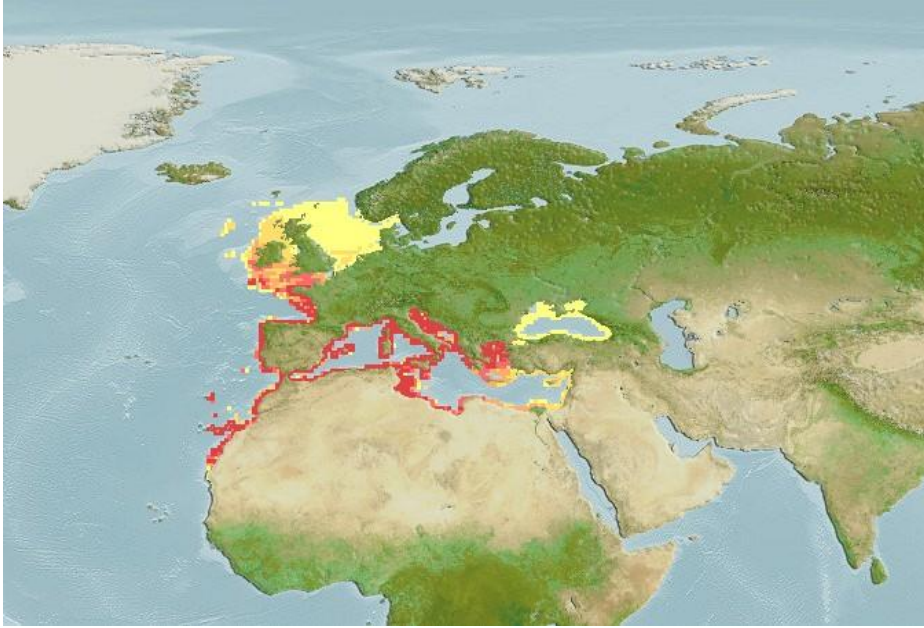
Εικόνα 4. Φωτογραφία της τσιπούρας με εμφανή τα χαρακτηριστικά της σημάδια (fishbase.org)

1.5.3 Βιότοπος

Η τσιπούρα είναι θαλάσσιο, βενθοπελαγικό είδος που αν και συνήθως προτιμά να βρίσκεται στα πρώτα 30 περίπου μέτρα βάθος τα ενήλικα φθάνουν έως και τα 150 μέτρα. Συνήθως ζει κοντά σε βυθό με άμμο και φύκη. Τα νεαρά ψάρια σχηματίζουν μικρά κοπάδια ενώ τα ενήλικα είναι λιγότερο κοινωνικά. Προτιμά τα υφάλμυρα νερά και συχνά εισέρχεται σε λιμνοθάλασσες και δέλτα ποταμών. Η τσιπούρα είναι πολύ ανθεκτικό ψάρι σε μεταβολές αλατότητας και θερμοκρασίας. Επιβιώνει σε θερμοκρασίες 5-27°C καθώς είναι ένα χαρακτηριστικό ευρύθερμο είδος και ενώ το άριστο εύρος αλατότητας είναι 25-40psu (practical salinity units) μπορεί να επιβιώσει και σε πιο ακραίες τιμές αλατότητας.

1.5.4 Γεωγραφική εξάπλωση

Η τσιπούρα συναντάται από τη Μεγάλη Βρετανία έως τη διώρυγα του Γιβραλτάρ και τη Σενεγάλη ενώ στη Μεσόγειο συναντάται συχνότερα στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της (Εικ. 5). Στις ανατολικές και νοτιοανατολικές ακτές της Μεσογείου είναι δυσεύρετη ενώ στις ακτές της Μαύρης Θάλασσας απαντάται ακόμη πιο σπάνια.



Εικόνα 5. Γεωγραφική εξάπλωση της τσιπούρας *Sparus aurata* (fishbase.org).

1.5.5 Διατροφή

Η διατροφή της τσιπούρας ποικίλει και εξαρτάται από το μέγεθός της και το στάδιο ζωής της. Αρχικά, τρέφεται κυρίως με μικρά καρκινοειδή (κωπήποδα), με πολύχαιτους, αυγά και προνύμφες ψαριών. Σε μεσαία μεγέθη αρχίζει να τρέφεται με μαλάκια όπως στρείδια και μύδια, τα κελύφη των οποίων μπορεί να σπάει, αλλά και με μεγαλύτερα καρκινοειδή (αμφίποδα, ισόποδα) και γαστερόποδα. Σε μεγαλύτερα μεγέθη συμπεριλαμβάνονται στη διατροφή της βενθικά καρκινοειδή μεγαλύτερου μεγέθους όπως καβούρια αλλά και μικρά ψάρια όπως είναι η σαρδέλα και ο γαύρος (Arias 1980, Χώτος και Ρογδάκης 2005).

1.5.6 Αναπαραγωγή

Η περίοδος αναπαραγωγής αρχίζει τον Οκτώβρη και τελειώνει το Δεκέμβρη. Οι τσιπούρες αφήνουν τις λιμνοθάλασσες στα μέσα φθινοπώρου όπου βρίσκονταν από την άνοιξη και κατευθύνονται στα ανοικτά για να αναπαραχθούν. Η τσιπούρα είναι ερμαφρόδιτο πρότανδρο είδος. Αυτό σημαίνει πως από τη γέννησή της έχει όρχεις ενώ μετά το δεύτερο έτος κάποια άτομα μετατρέπονται σε θηλυκά καθώς οι όρχεις μετατρέπονται σε ωοθήκες. Σύμφωνα με τον Ghislin (1969) η ηλικία και πιθανώς το βάρος και η διατροφή των ιχθύων επηρεάζει το φαινόμενο αυτό. Τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν σε μήκος 20-30cm περίπου σε ηλικία 2-3 ετών ενώ τα θηλυκά ωριμάζουν αργότερα στο 3-4 έτος της ηλικίας τους έχοντας μήκος 33-40cm (Ghislin 1969, Fishbase.org, Νεοφύτου 2007).

ΜΕΡΟΣ ΙΙ

ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Η διατροφή των ψαριών στις ιχθυοκαλλιέργειες είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στην εκτροφή τους και παίζει καθοριστικό ρόλο σε όλα τα στάδια αυτής. Οι τροφές που χρησιμοποιούνται πρέπει να καλύπτουν τις απαραίτητες ανάγκες του ψαριού σε θρεπτικά συστατικά όπως είναι οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, τα λιπαρά οξέα, οι βιταμίνες, τα ιχνοστοιχεία αλλά και να περιέχουν αυξητικούς παράγοντες και άλλες πηγές ενέργειας (Prabu et al. 2017). Οι τροφές που έχουν έλλειψη ή περίσσεια σε κάποιο θρεπτικό συστατικό επηρεάζουν αρνητικά την υγεία, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή των ψαριών με αποτέλεσμα να βλάπτουν τη βιωσιμότητα της μονάδας εκτροφής.

2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διατροφή

2.1.1 Είδος νερού: Η αλμυρότητα και η θερμοκρασία του νερού στο οποίο γίνεται η εκτροφή των ψαριών παίζει σημαντικό ρόλο στη διατροφή τους. Τα ψάρια που ζουν σε ψυχρά ή αλμυρά νερά όπως είναι ο τόνος δεν μπορούν να πέψουν τους υδατάνθρακες το ίδιο αποδοτικά όπως ψάρια που ζουν σε θερμά νερά σαν την τιλάπια, τον κυπρίνο και το γατόψαρο επομένως το ποσοστό των υδατανθράκων στην τροφή του τόνου είναι πάντα σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο των ψαριών που εκτρέφονται σε γλυκά και ζεστά νερά.

2.1.2 Θερμοκρασία νερού: Η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στο ρυθμό αύξησης των ψαριών. Οι Azevedo et al. 1998 κατέληξαν πως η αύξηση της

θερμοκρασίας αυξάνει την πεπτικότητα και τα επίπεδα ενέργειας στην πέστροφα *Oncorhynchus mykiss*. Οι Burel et al. 1996 παρατήρησαν μεγαλύτερη αύξηση και καλύτερο μεταβολισμό σε πείραμα με καλκάνια *Scophthalmus maximus* ενώ και οι Peres and Oliva-Teles 1999 βρήκαν πως το λαβράκι *Disentrarchus labrax* παρουσίασε σημαντική αύξηση στην απόδοση τροφής και στον ρυθμό αύξησης σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

2.1.3 Οικογένεια και είδος ψαριού: Κάθε είδος και οικογένεια ψαριού έχουν τις δικές τους προτιμήσεις και απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά όπως είναι οι πρωτεΐνες, τα απαραίτητα αμινοξέα, τα λιπαρά οξέα και οι βιταμίνες επομένως η σύσταση της κάθε τροφής πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να πληρεί όσο το δυνατόν καλύτερα αυτές τις ανάγκες του εκάστοτε εκτρεφόμενου είδους ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή παραγωγή, αύξηση και ανάπτυξη του ψαριού. Εκτός από διαφορετικές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά τα διάφορα είδη ψαριών τρέφονται και με διαφορετικά είδη τροφής και χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

-Σαρκοφάγα. Σαρκοφάγα είναι τα ψάρια που τρέφονται εξ' ολοκλήρου με άλλα ζώα.

-Φυτοφάγα. Αυτά τα ψάρια τρέφονται με οργανική ύλη που βρίσκεται στο περιβάλλον ή/και με θαλάσσια φύκη.

-Παμφάγα. Τα παμφάγα ψάρια μπορούν να τραφούν είτε με ζωικής είτε με φυτικής προέλευσης τροφή.

2.2 Απαραίτητα θρεπτικά συστατικά

Η τροφή των ψαριών πρέπει να αντικατοπτρίζει τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες τους σε θρεπτικά συστατικά με αποτέλεσμα τα ποσοστά του κάθε συστατικού της τροφής να παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση. Σε γενικές γραμμές όμως οι τροφές περιέχουν 18-50% πρωτεΐνες, 10-25% λίπη, 10-25% υδατάνθρακες, λιγότερο από 10% νερό, 1,5% φώσφορο (P), 0,5% βιταμίνες και 0,5% μέταλλα και ιχνοστοιχεία.

- **Πρωτεΐνες**

Οι πρωτεΐνες είναι το πιο ακριβό συστατικό στη διατροφή του ψαριού αλλά και το πιο σημαντικό (Deng et al 2011) καθώς αποτελούν μία σημαντική πηγή ενέργειας για τα ψάρια και τους παρέχουν τα απαραίτητα αμινοξέα. Τα ιχθυάλευρα αποτελούν την πιο συνηθισμένη πηγή πρωτεϊνών και ενέργειας για το ψάρι. Αρκετές μελέτες έχουν γίνει για να βρεθούν άλλες φθηνότερες ζωικές ή φυτικές τροφές κατάλληλες να αντικαταστήσουν τις ιχθυοτροφές (Kaushik 1990, Higgs et al. 1995). Οι πρωτεΐνες βοηθούν επίσης στο σχηματισμό ορισμένων ενζύμων και ορμονών αλλά χρησιμοποιούνται και ως δομικά συστατικά από το ψάρι.

Όταν τα ψάρια έχουν έλλειψη σε πρωτεΐνες ή σε κάποιο απαραίτητο αμινοξύ αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αύξησης του βάρους ή σε κάποιες περιπτώσεις την εκδήλωση ασθενειών. Έχει παρατηρηθεί σε ψάρια της οικογένειας των σολομοειδών που είχαν έλλειψη σε μεθειονίνη ή τρυπτοφάνη να εμφανίζουν συμπτώματα καταράκτη ενώ ο μεταβολισμός ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου στις πέστροφες εμποδίζεται από την έλλειψη τρυπτοφάνης.

- **Λίπη**

Τα λίπη αποτελούν απαραίτητη προσθήκη σε κάθε ιχθυοτροφή καθώς συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην υγεία, στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγική ικανότητα του ψαριού. Αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας καθώς προσφέρουν 2,5 φορές περισσότερη ενέργεια από ίση ποσότητα πρωτεϊνών ενώ παρέχουν ταυτόχρονα στο ψάρι τα απαραίτητα λιπαρά οξέα για την αύξηση και ανάπτυξή του τα οποία δε μπορεί να συνθέσει από μόνο του. Βοηθάει επίσης στην απορρόφηση των λιποδιαλυτών βιταμινών (βιταμίνες A, D, E, K) από τον οργανισμό του ψαριού.

Έλλειψη των λιπαρών οξέων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο δέρμα και την καρδιά, αυξημένο στρες ενώ μειώνει την ανάπτυξη και την αναπαραγωγική τους ικανότητα. Από την άλλη, υπερβολική ποσότητα λίπους στην τροφή οδηγεί στην συγκέντρωση μεγάλης ποσότητας λίπους στο σώμα του ψαριού και επηρεάζει την αναλογία της πέψιμης ενέργειας και των ακατέργαστων πρωτεϊνών (Endikeau & Kiew 1993). Οι πρωτεΐνες και η ενέργεια που περιέχει η τροφή των ψαριών πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία καθώς σε περίπτωση που η τροφή παρέχει περισσότερη ενέργεια από όση πρέπει τότε μειώνεται η πρόσληψη τροφής από τα ψάρια με αποτέλεσμα την μείωση της αύξησης βάρους του ψαριού. Στην αντίθετη περίπτωση όπου υπάρχει ελλειπής παροχή ενέργειας τότε το ψάρι χρησιμοποιεί για ενέργεια μέρος των πρωτεϊνών αντί να χρησιμοποιηθούν ως δομικά συστατικά των ιστών κάτι το οποίο οδηγεί επίσης σε μείωση της αύξησης του βάρους (Abonei & Ekubo 2011).

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα λίπη είναι η πεπτικότητα τους η οποία εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος λίπους, τη θερμοκρασία

του νερού, το βαθμό κορεσμού και το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας των λιπαρών οξέων. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι καταλληλότερα των κορεσμένων καθώς είναι πιο εύπεπτα από τα ψάρια αλλά πρέπει να προστίθενται και αντιοξειδωτικές ουσίες στην τροφή καθώς τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα οξειδώνονται εύκολα με αποτέλεσμα να κινδυνεύει να αλλοιωθεί η τροφή.

- **Υδατάνθρακες**

Οι υδατάνθρακες δεν είναι απολύτως απαραίτητοι στις τροφές αλλά συμπεριλαμβάνονται σε αυτές επειδή είναι αρκετά φθηνοί και συμβάλλουν στη δημιουργία πιο συμπαγούς μορφής τροφής λόγω των προσδετικών τους ικανοτήτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας από τα ψάρια αλλά τα λίπη και οι πρωτεΐνες προσφέρουν την περισσότερη ενέργεια που χρειάζονται. Η πεπτικότητα των υδατανθράκων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος ψαριού και από το μέγεθος και τη δομή του υδατάνθρακα. Τα ψάρια που ζουν σε ψυχρά ή αλμυρά νερά δεν μπορούν να πέψουν τους υδατάνθρακες όσο καλά όσο αυτά που ζουν σε θερμά νερά. Οι μεγάλοι και πιο πολύπλοκοι υδατάνθρακες επίσης είναι δυσκολότεροι στην πέψη από εκείνους που είναι πιο απλής μορφής.

- **Βιταμίνες**

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ενώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διεκπεραίωση ορισμένων λειτουργιών στο ψάρι και χωρίζονται σε υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες (A, D, E και K) απορροφούνται από τον οργανισμό κατευθείαν μετά την κατανάλωσή τους και αποθηκεύονται στο συκώτι και στο λιπώδη ιστό του ψαριού. Η αποθήκευση

υπερβολικής ποσότητας λιποδιαλυτών βιταμινών είναι τοξική για το ψάρι και μπορεί να οδηγήσει σε υπερβιταμίνωση του ψαριού. Η υπερβιταμίνωση προκαλεί προβλήματα στην ανάπτυξη των ψαριών και ηπατικές ασθένειες. Οι υδατοδιαλυτές (βιταμίνη C και το σύμπλεγμα των βιταμινών B) διαλύονται στο νερό επομένως δεν είναι δυνατό να αποθηκευτούν στον οργανισμό και περίσσεια αυτών αποβάλλεται με τα ούρα. Οι τροφές που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες πρέπει να πληρούν τις ανάγκες σε βιταμίνες που έχει το κάθε ψάρι οι οποίες εξαρτώνται από το είδος του ψαριού, την ικανότητα σύνθεσής τους, το ρυθμό αύξησής του και τη σύνθεση της τροφής (FAO).

Ο ρόλος των βιταμινών είναι ο εξής:

Βιταμίνη A (Ρετινόλη): Η ρετινόλη είναι απαραίτητη για την καλή όραση των ψαριών καθώς στον αμφιβληστροειδή χιτώνα σε συνδυασμό με μία πρωτεΐνη την οψίνη παίζουν καθοριστικό ρόλο στην λήψη φωτός και στη μετάδοση στον εγκέφαλο. Εξαιρετική σημασία έχει επίσης ο ρόλος της ρετινόλης στη συντήρηση των επιθηλιακών κυττάρων που είναι υπεύθυνα για την έκκριση βλέννας στην αναπαραγωγική οδό, στο δέρμα, στα κόκκαλα και στο πεπτικό σύστημα συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικά στην ανθεκτικότητα του ψαριού σε ασθένειες.

Τα ψάρια που έχουν έλλειψη σε ρετινόλη εμφανίζουν μειωμένη αύξηση βάρους και όρεξη, αποχρωματισμό δέρματος, αιμορραγία σε πτερύγια και δέρμα καθώς και στρεβλωμένα βράγχια. Η εκφύλιση του αμφιβληστροειδή, η μειωμένη διαύγεια στο επιθήλιο του κερατοειδούς και η εξοφθαλμία είναι χαρακτηριστικά συμπτώματα της έλλειψης ρετινόλης.

Βιταμίνη D3 (Χοληκαλσιφερόλη): Η χοληκαλσιφερόλη μέσω διαφόρων διεργασιών συνθέτει μια πρωτεΐνη η οποία βρίσκεται στο επιθήλιο του εντέρου και είναι υπεύθυνη για την απορρόφηση του ασβεστίου από την τροφή και την μετατροπή του οργανικού φωσφόρου σε ανόργανο στα οστά. Αυτή η πρωτεΐνη συμβάλλει επίσης και στην εναπόθεση και οξείδωση του κιτρικού άλατος στα οστά την απορρόφηση του φωσφορικού άλατος και των αμινοξέων από τα νεφρά. Τέλος, με τη βοήθειά της το ασβέστιο στο αίμα του ψαριού διατηρείται σε επιθυμητά επίπεδα.

Όταν τα ψάρια δεν παραλαμβάνουν επαρκή ποσότητα χοληκαλσιφερόλης με την τροφή τότε μειώνεται ο ρυθμός αύξησής τους, η όρεξη και η απόδοση της τροφής ενώ εμφανίζουν αυξημένα επίπεδα λιπιδίων στο συκώτι και τους μύες τους.

Βιταμίνη E (Τοκοφερόλη): Η τοκοφερόλη μαζί με το σελήνιο και τη βιταμίνη C προστατεύει τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα του οργανισμού από οξείδωση καθώς δρουν ως παγίδες των ελεύθερων ριζών. Σημαντικός είναι ο ρόλος της και στην κυτταρική αναπνοή, τη σύνθεση του DNA και του συνενζύμου Q.

Η έλλειψη σε βιταμίνη E μπορεί να προκαλέσει εξοφθαλμία, επικαρδίτιδα, αποχρωματισμό στα βράγχια, αναιμία, μειωμένη αύξηση βάρους, ζημιά στους μύες, αυξημένη θνησιμότητα, μειωμένη εκκολαψιμότητα των αυγών, εναπόθεση σεροϊδών στη σπλήνα και συσσώρευση υγρών στην κοιλιακή χώρα (ασκίτης).

Βιταμίνη K (Φυλοκινόνη): Η φυλοκινόνη είναι υπεύθυνη για την πήξη του αίματος και ρυθμίζει την αποβολή ή παραγωγή των πρωτεϊνών του πλάσματος του αίματος που είναι υπεύθυνες για την πήξη του. Παράλληλα συμβάλλει στην

μεταφορά ηλεκτρονίων και στην οξειδωτική φωσφορυλίωση των μικροοργανισμών.

Η έλλειψη σε φυλοκινόνη μπορεί να προκαλέσει στο ψάρι αναιμία, αιμορραγία στα βράγχια, στα μάτια και στο δέρμα όπως επίσης και αυξημένο χρόνο για την πήξη του αίματος.

Σύμπλεγμα των βιταμινών Β:

Θειαμίνη (B1): Σημαντικότερος ρόλος της θειαμίνης είναι ο μεταβολισμός υδατανθράκων και η οξείδωση της γλυκόζης ενώ συμβάλλει και στη γενική ανάπτυξη του ψαριού, στην πέψη, στη γονιμότητα και στην ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος.

Σημάδια της έλλειψης θειαμίνης είναι η ανορεξία, η μειωμένη αύξηση βάρους, δέρμα σκουρότερου χρώματος και αυξημένες θνησιμότητες.

Ριβοφλαβίνη (B2): Η ριβοφλαβίνη καθώς λειτουργεί ως συνένζυμο σε ενζυμικές οξειδώσεις και αναγωγάσεις συμβάλλει σημαντικά στον μεταβολισμό ενέργειας ενώ σε συνδυασμό με την πυριδοξίνη (B6) βοηθούν στην μετατροπή της τρυπτοφάνης σε νικοτινικό οξύ (B3) καθιστώντας την έτσι απαραίτητη στον μεταβολισμό πρωτεϊνών, λιπαρών οξέων και υδατανθράκων. Τέλος, με τη βοήθεια της ριβοφλαβίνης επιτυγχάνεται η κυτταρική αναπνοή σε ορισμένους ιστούς όπου το αγγειακό σύστημα είναι ασθενές όπως είναι ο κερατοειδής χιτώνας του ματιού.

Όταν το ψάρι έχει έλλειψη σε ριβοφλαβίνη παρουσιάζει μειωμένη όρεξη και αύξηση βάρους, παραμορφώσεις στη σπονδυλική στήλη, αιμορραγία στα πτερύγια, μυική ατονία, ανοιχτόχρωμα ή σκουρόχρωμα σημάδια, φωτοφοβία, αναιμία και ληθαργία. Η απότομη κολύμβηση, η αγγειοποίηση του

κερατοειδούς και η αυξημένη θολούρα στα μάτια των ψαριών επίσης αποτελούν σημάδια έλλειψης ριβοφλαβίνης.

Πυριδοξίνη (B6): Η πυριδοξίνη παίζει ζωτικής σημασίας ρόλο στον μεταβολισμό των πρωτεϊνών καθώς συμμετέχει σχεδόν σε όλες τις μη οξειδωτικές διαδικασίες διάσπασης αμινοξέων ενώ διευκολύνει την απελευθέρωση γλυκογόνου από τους μυς και το συκώτι συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στον μεταβολισμό των υδατανθράκων. Η πυριδοξίνη είναι επίσης απαραίτητη για τη σύνθεση της αιμογλοβίνης, του m-RNA και του ακετυλικού συνενζύμου A ενώ επίσης συμβάλλει και στην μετατροπή του αμινοξέος τρυπτοφάνη σε νικοτινικό οξύ.

Ψάρια που πάσχουν από έλλειψη πυριδοξίνης συχνά εμφανίζουν νευρικές διαταραχές, υπερευαισθησία σε εξωτερικά ερεθίσματα, γρήγορη και άτακτη κολύμβηση. Το δέρμα εμφανίζει πολλές φορές μπλε ή/και πράσινα σημάδια, ενώ τα ψάρια είναι ανορεξικά και αναπνέουν γρήγορα και με δυσκολία.

Παντοθενικό οξύ (B5): Το παντοθενικό οξύ συνδράμει στη σύνθεση του συνενζύμου A με αποτέλεσμα να παίζει σημαντικό ρόλο στον μεταβολισμό της ενέργειας καθώς όλες οι πηγές ενέργειας του ψαριού (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες) μετατρέπονται σε συνένζυμο A προτού οξειδωθούν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενέργεια από το ψάρι. Επιπλέον, το παντοθενικό οξύ συμβάλλει στη σύνθεση λιπατών οξέων, αιμογλοβίνης, χοληστερόλης, στεροϊδών και στην ακετυλίωση της χολίνης καθιστώντας το έτσι απαραίτητο στον μεταβολισμό πρωτεϊνών, υδατανθράκων και λίπους.

Η ανορεξία, η μειωμένη αύξηση βάρους, η αυξημένη θνησιμότητα και η ληθαργική συμπεριφορά αποτελούν σημάδια πιθανής έλλειψης παντοθενικού

οξέος όπως επίσης και η αναιμία. Όταν τα βράγχια είναι καλυμμένα με βλέννα, είναι χλωμά και παρατηρείται σε αυτά νέκρωση τότε είναι πολύ πιθανό το ψάρι να μην λαμβάνει την απαραίτητη ποσότητα σε παντοθενικό οξύ.

Νικοτινικό οξύ/Νιασίνη (B3): Το νικοτινικό οξύ συμβάλλει στον μηχανισμό της μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη διάρκεια διαφόρων μεταβολικών διαδικασιών ενώ παίζει σημαντικό ρόλο στην οξειδωση του λίπους, των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας. Συμμετέχει, τέλος, και στη σύνθεση χολεστερόλης και λιπαρών οξέων.

Όταν υπάρχει έλλειψη σε βιταμίνη B3 στη διατροφή του ψαριού παρατηρούνται συνήθως μειωμένη όρεξη και απόδοση τροφής αλλά και μειωμένη αύξηση βάρους των ψαριών. Μυικοί σπασμοί, ασταθής κολύμβηση και η εμφάνιση σκούρων κηλίδων στο δέρμα αποτελούν επίσης πιθανά συμπτώματα της έλλειψης νικοτινικού οξέος.

Βιοτίνη (B7): Η βιοτίνη συμμετέχει στη σύνθεση πρωτεϊνών και πουρίνης, σε ορισμένες αντιδράσεις απαμίνωσης και στον κύκλο της ουρίας (σειρά βιοχημικών αντιδράσεων με σκοπό την μετατροπή της αμμωνίας σε ουρία). Το πυρουβικό οξύ μετατρέπεται με τη βοήθεια της βιοτίνης σε οξαλοκετικό οξύ το οποίο είναι απαραίτητο για τη σύνθεση γλυκόζης κατά τη γλυκονεογένεση και για την απελευθέρωση ενέργειας από τις πρωτεΐνες, τα λίπη και τους υδατάνθρακες. Τέλος, η βιοτίνη παίζει σημαντικό ρόλο στην μετατροπή του συνενζύμου ακετυλίου Α σε συνένζυμο μηλονυλίου Α το οποίο είναι απαραίτητο στη σύνθεση ορισμένων λιπαρών οξέων.

Μειωμένη όρεξη, μειωμένη αύξησης βάρους, χαμηλή αποδοτικότητα τροφής, αυξημένη θνησιμότητα, εκδορές στο κόλον και αποχρωματισμένα βράγχια με πολύ παχιά ελάσματα μαρτυρούν την πιθανή έλλειψη βιοτίνης στο ψάρι.

Φολικό οξύ (B9): Το φολικό οξύ λειτουργεί ως συνένζυμο σε διαδικασίες που σχετίζονται με την μεταφορά μονοανθρακικών μονάδων από μία ένωση σε μία άλλη με αποτέλεσμα να εμπλέκεται στη σύνθεση αιμογλοβίνης, γλυκίνης, μεθειονίνης, χολίνης, θυμίνης, πουρινών και στον μεταβολισμό της φαινυλαλανίνης, της τυροσίνης και της ιστιδίνης.

Η εμφάνιση σκουρότερου του συνηθισμένου δέρματος, ληθαργία, μειωμένη όρεξη και μειωμένη αύξηση βάρους, αποχρωματισμένα βράγχια και συκώτι, εξοφθαλμία και φουσκωμένη κοιλιακή χώρα είναι πιθανά συμπτώματα έλλειψης του φολικού οξέος από το ψάρι.

Κυανοκοβαλαμίνη (B12): Η κυανοκοβαλαμίνη είναι απαραίτητη για το σχηματισμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων και τη συντήρηση του νευρικού ιστού του ψαριού. Συμβάλλει επίσης σε διάφορες λειτουργίες της φυσιολογίας του οργανισμού όπως είναι η σύνθεση νουκλεϊκού οξέος, η ανακύκλωση του τετραυδροφολικού οξέος ενώ συμμετέχει και στον μεταβολισμό υδατανθράκων, λίπους και αμινοξέων.

Ινοσιτόλη: Η ινοσιτόλη αποτελεί δομικό συστατικό στη δημιουργία σκελετικού, καρδιακού και εγκεφαλικού ιστού. Επιπλέον, έχει σημαντικό ρόλο στην ηπατική ανάπτυξη και στο σχηματισμό των κυττάρων του μυελού των οστών. Τέλος, συμμετέχει στην μεταφορά λιπιδίων από το συκώτι και στη σύνθεση του RNA.

Η έλλειψη επαρκούς ποσότητας ινοσιτόλης προκαλεί στα ψάρια μειωμένη αύξηση βάρους, σκούρο δέρμα, φουσκωμένη κοιλιακή χώρα, εκδορές και αιμορραγίες σε πτερύγια και δέρμα και μειωμένη βλέννα στο δέρμα.

Χολίνη: Η χολίνη παίζει ζωτικό ρόλο στη διατήρηση της κυτταρικής δομής και την μετάδοση των νευρικών ώσεων καθώς είναι βασικό συστατικό των φωσφολιπιδίων και της ακετυλχολίνης. Σε χημικές αντιδράσεις όπως η σύνθεση της μεθειονίνης η χολίνη δρα ως δότης μεθυλίου ενώ επίσης συμβάλλει και στην μεταφορά λιπιδίων στο ψάρι.

Τα ψάρια που δεν προσλαμβάνουν επαρκή ποσότητα χολίνης εμφανίζουν συμπτώματα όπως είναι η μειωμένη αύξηση βάρους και χαμηλή αποδοτικότητα της τροφής ενώ συσσωρεύεται περίσσεια λίπους στο συκώτι και συχνά παρατηρείται αιμορραγία στα νεφρά και στο έντερο.

Βιταμίνη C (Ασκορβικό οξύ): Το ασκορβικό οξύ συμμετέχει στο σχηματισμό του κολαγόνου. Το κολαγόνο είναι ένα είδος συνδετικού ιστού ο οποίος συμβάλλει στη συντήρηση των αιμοφόρων αγγείων, του επιθηλίου, των οστών και στην επούλωση των πληγών. Σε συνδυασμό με τη βιταμίνη E αποτρέπει την υπεροξειδωση των λιπαρών οξέων στους ιστούς ενώ ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα του ψαριού και ελαττώνει τις αρνητικές επιδράσεις που έχουν στο ψάρι οι τοξικές ουσίες και οι μεταβολές της θερμοκρασίας. Επιπλέον βοηθάει στη σύνθεση της καρνιτίνης, της αδρεναλίνης, της επινεφρίνης, της σεροτονίνης, της θυροξίνης, των στεροϊδών ορμονών και των χολικών οξέων ενώ επίσης συμβάλλει στην απορρόφηση του σιδήρου. Τέλος, στις γαρίδες βοηθάει στη γρήγορη δημιουργία του εξωσκελετού τους κατά την έκδυση.

Η έλλειψη της βιταμίνης C στα ψάρια μπορεί να προκαλέσει μείωση στην αύξηση βάρους και στην αποδοτικότητα της τροφής, μειωμένη ικανότητα επούλωσης πληγών αλλά και αιμορραγία είτε στα περύγια είτε στο εσωτερικό του ψαριού. Έχουν παρατηρηθεί επίσης μειωμένη εκκολαψιμότητα των αυγών και αυξημένη θνησιμότητα σε ψάρια με έλλειψη βιταμίνης C ενώ στις γαρίδες σκουραίνει ο εξωσκελετός τους (Black Death Syndrome).

- **Μέταλλα και Ιχνοστοιχεία**

Τα Μέταλλα και τα Ιχνοστοιχεία είναι ανόργανα χημικά στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα στα ψάρια και σε άλλα ζώα και ανάλογα τη συγκέντρωσή τους σε αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα Μέταλλα και τα Ιχνοστοιχεία με τα πρώτα είναι απαραίτητα σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Τα Μέταλλα πολλές φορές απορροφώνται από τα ψάρια μέσω του νερού με αποτέλεσμα η έλλειψη των ψαριών σε αυτά να μην είναι συχνή. Στην ομάδα των Μετάλλων συγκαταλλέγονται το ασβέστιο (Ca), το νάτριο (Na), το χλώριο (Cl), το κάλιο (K), το μαγνήσιο (Mg), ο φώσφορος (P) και το θείο (S) ενώ το ιώδιο (I), ο σίδηρος (Fe), το σελήνιο (Se), το μαγγάνιο (Mn), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), το κοβάλτιο (Co) και το χρώμιο (Cr) αποτελούν την ομάδα των Ιχνοστοιχείων.

Μέταλλα

Ασβέστιο (Ca): Το ασβέστιο αποτελεί βασικό συστατικό των οστών και χόνδρων των ψαριών και του εξωσκελετού των καρκινοειδών ενώ αποτρέπει τις θρομβώσεις στο αίμα καθώς ενεργοποιεί την απελευθέρωση της θρομβοπλαστίνης από τα αιμοπετάλια. Επιπλέον, σε συνεργασία με τα φωσφολιπίδια, ρυθμίζει τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών

επηρεάζοντας έτσι την ποσότητα των θρεπτικών που απορροφούνται από αυτά και θεωρείται πως συμβάλλει στην απορρόφηση της βιταμίνης B12 από το γαστρεντερικό σωλήνα. Τέλος, είναι απαραίτητο ώστε να ενεργοποιηθούν ορισμένα ένζυμα όπως είναι η παγκρεατική λιπάση και η χολινεστεράση και ρυθμίζει την μετάδοση νευρικών ώσεων καθώς ελέγχει την παραγωγή ακετυλχολίνης.

Φώσφορος (P): Ο φώσφορος όπως και το ασβέστιο είναι απαραίτητα συστατικά όλων των οστέινων και χόνδρινων κατασκευών στα ψάρια και των εξωσκελετών των καρκινοειδών. Ο φώσφορος συναντάται επίσης και στα φωσφολιπίδια, στα νουκλειικά οξέα, σε φωσφοπρωτεΐνες, σε υψηλής ενέργειας φωσφορικούς εστέρες αλλά και σε διάφορα ένζυμα με αποτέλεσμα να εμπλέκεται στον ενεργειακό και κυτταρικό μεταβολισμό του ζώου. Τέλος, στους ρόλους του φωσφόρου συγκαταλέγεται και η διατήρηση φυσιολογικής τιμής pH στα σωματικά υγρά του ψαριού η οποία επιτυγχάνεται εξαιτίας ανόργανων φωσφορικών αλάτων.

Μαγνήσιο (Mg): Το μαγνήσιο σε συνδυασμό με το ασβέστιο και το φώσφορο αποτελεί βασικό δομικό συστατικό του σκελετού των ψαριών και του εξωσκελετού των καρκινοειδών. Επιπλέον, συμβάλλει στην ενεργοποίηση πολλών ενζυμικών συστημάτων με αποτέλεσμα να έχει σημαντικό ρόλο στη φυσιολογική λειτουργία του μυϊκού και νευρικού συστήματος του ζώου, στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, λιπιδίων και πρωτεϊνών και τέλος βοηθάει στη ρύθμιση του pH.

Κάλιο (K): Τα κατιόντα καλίου βρίσκονται σε περίσσεια εντός των κυττάρων και είναι απαραίτητα για τη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης και του pH εντός

αυτών. Η σύνθεση γλυκόζης και πρωτεϊνών όπως επίσης και ο μεταβολισμός της γλυκόζης επιτυγχάνονται με την παρουσία του καλίου.

Νάτριο (Na): Ο κύριος ρόλος του νατρίου είναι η ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης και του pH αλλά και η απορρόφηση των υδατανθράκων από τον οργανισμό του ζώου ενώ συμβάλλει και στη φυσιολογική λειτουργία του μυικού συστήματος.

Χλώριο (Cl): Τα ιόντα χλωρίου αποτελούν τα δύο τρίτα του συνόλου των ανιόντων που βρίσκονται στο πλάσμα του αίματος και στα υπόλοιπα σωματικά υγρά του ζώου. Αυτό έχει άμεση συνέπεια το χλώριο να είναι υπεύθυνο για τη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης και για την ισορροπία του pH. Το χλώριο, τέλος, συμβάλλει στην μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα.

Θείο (S): Το θείο αποτελεί συστατικό των αμινοξέων μεθειονίνη και κυστίνη, των βιταμινών θειαμίνη και βιοτίνη, της ινσουλίνης, της ηπαρίνης, της χονδροϊτίνης, της ταυρίνης και του ινωδογόνου ενώ βρίσκεται επίσης και στον εξωσκελετό των καρκινοειδών. Ορισμένα ενζυμικά συστήματα όπως το συνένζυμο A και η γλουταθιόνη ενεργοποιούνται μόνο παρουσία ελεύθερων σουλφρυδλιακών ομάδων. Η αποτοξίνωση αρωματικών ενώσεων φαίνεται να επιτυγχάνεται από το θείο.

Ιγνοστοιχεία

Σίδηρος (Fe): Ο σίδηρος είναι απαραίτητο συστατικό των πρωτεϊνών αιμοσφαιρίνη και μυοσφαιρίνη οι οποίες εμπλέκονται στην μεταφορά και αποθήκευση του οξυγόνου. Ένζυμα όπως η ξανθίνη και ενζυμικά συστήματα όπως οι καταλάσες και περοξειδάσες περιέχουν ως συστατικό τους σίδηρο.

Ψευδάργυρος (Zn): Ο ψευδάργυρος βρίσκεται σε πολλά μεταλλοένζυμα μεταξύ των οποίων είναι και η ανθρακική ανυδράση η οποία είναι απαραίτητη για την μεταφορά του διοξειδίου του άνθρακα από το αίμα και για την έκκριση υδροχλωρικού οξέος στο στομάχι. Σημαντικό ρόλο έχει επίσης ο ψευδάργυρος στον μεταβολισμό λιπιδίων, υδατανθράκων και πρωτεϊνών αλλά και στη σύνθεση νουκλεϊκών οξέων και πρωτεϊνών καθώς είναι απαραίτητος για τη λειτουργία πολλών συνενζύμων. Πιστεύεται ακόμη, πως συνεισφέρει στην επούλωση πληγών και στη δράση ορισμένων ορμονών όπως η ινσουλίνη και η γλυκαγόνη.

Μαγγάνιο (Mn): Το μαγγάνιο είναι απαραίτητο για το σχηματισμό των οστών, την αναγέννηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων, τον μεταβολισμό των υδατανθράκων και τη φυσιολογική λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος καθώς αποτελεί συστατικό και ενεργοποιητή ορισμένων ενζύμων.

Χαλκός (Cu): Ο χαλκός αποτελεί βασικό συστατικό σε οξειδωτικά και αναγωγικά ενζυμικά συστήματα όπως είναι η οξειδάση κυτοχρώματος, η τυροσινάση και η καιρουλοπλασμίνη. Ως συστατικό της τελευταίας εμπλέκεται ενεργά στον μεταβολισμό του σιδήρου με αποτέλεσμα να συμβάλλει έμμεσα στη σύνθεση αιμοσφαιρίνης και στην παραγωγή και συντήρηση ερυθρών αιμοσφαιρίων στον οργανισμό. Ο χαλκός θεωρείται απαραίτητος επίσης στη σύνθεση μελανίνης, στο σχηματισμό των οστών και του συνδετικού ιστού ενώ συμβάλλει στη συντήρηση των νευρικών ινών.

Κοβάλτιο (Co): Το κοβάλτιο αποτελεί σημαντικό συστατικό της κυανοκοβαλαμίνης (βιταμίνη B12) με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητο στο

σχηματισμό ερυθρών αιμοσφαιρίων και στη διατήρηση του νευρικού ιστού. Επιπλέον θεωρείται πως δρα και ως ενεργοποιητής ορισμένων ενζυμικών συστημάτων.

Ιώδιο (I): Το ιώδιο καθότι αναπόσπαστο συστατικό των ορμονών θυροξίνη και τρι-ιωδο-θυρονίνη εμπλέκεται σε μεγάλο βαθμό στη ρύθμιση όλων των μεταβολικών διεργασιών του ζώου.

Σελήνιο (Se): Το σελήνιο προστατεύει, μαζί με τη βιταμίνη E, κυτταρικούς ιστούς και μεμβράνες από την οξειδωση. Τέλος, ρυθμίζει την αποθήκευση της βιταμίνης E και συμμετέχει επίσης στη σύνθεση του συνενζύμου Q το οποίο εμπλέκεται στην μεταφορά ηλεκτρονίων στα κύτταρα.

Χρόμιο (Cr): Το χρώμιο έχει ζωτικής σημασία ρόλο στον μεταβολισμό των υδατανθράκων καθώς η βιολογικά ενεργή μορφή του (συντελεστής ανοχής γλυκόζης) ενισχύει τη δράση της ινσουλίνης. Το χρώμιο συμβάλλει επίσης στον μεταβολισμό της χοληστερίνης και των αμινοξέων.

- **Πρόσθετα**: Τα πρόσθετα είναι ουσίες οι οποίες προστίθενται στην τροφή των ψαριών με σκοπό τη διατήρηση των διατροφικών χαρακτηριστικών της τροφής μέχρι την κατανάλωσή της (αντιοξειδωτικά), τη καλύτερη διασπορά των συστατικών και την καλύτερη πελλετοποίηση της τροφής (σταθεροποιητές και συνδετικές ουσίες), την ενίσχυση της ανάπτυξης και αύξησης βάρους των ψαριών (ορμόνες, αντιβιοτικά), τη βελτίωση της πρόσληψης από τα ψάρια και αποδοχής του τελικού προϊόντος από τον καταναλωτή (διεγερτικά τροφής, χρωστικές) καθώς και την προσθήκη ορισμένων

απαραίτητων συστατικών σε καθαρή μορφή όπως είναι τα αμινοξέα, οι βιταμίνες, τα μέταλλα και τα ιχνοστοιχεία.

Αντιβιοτικά: Τα αντιβιοτικά είναι ουσίες σχεδιασμένες με σκοπό την αναστολή της ανάπτυξης και τη θανάτωση ορισμένων παθογόνων βακτηρίων. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατάλυση των κυτταρικών μεμβρανών των βακτηρίων ή με την παρεμπόδιση της σύνθεσης DNA και συγκεκριμένων απαραίτητων για τα βακτήρια πρωτεϊνών ή αναστέλλοντας τη δραστηριότητα ορισμένων ενζύμων. Η χορήγηση αντιβιοτικών στα ψάρια γίνεται μόνο από αδειοδοτημένες επιχειρήσεις και μόνο σε προκαθορισμένη χρονική περίοδο, ποσότητα και συχνότητα σίτισης ενώ απαγορεύεται να γίνει η εξαλίευσή τους προτού συμπληρωθεί το επιτρεπόμενο χρονικό διάστημα ώστε να είναι ασφαλή για κατανάλωση.

Αντιοξειδωτικά: Τα αντιοξειδωτικά αποτρέπουν την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που υπάρχουν σε αφθονία στις τροφές των ψαριών καθώς η οξείδωση είναι πολύ πιθανό να αλλοιώσει τέτοιας σύστασης τρόφιμα (Medina et al. 2009) και να τους προσδώσει ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά όπως είναι η αλλοιωμένη γεύση και μυρωδιά ενώ πιθανή είναι και η ανάπτυξη ουσιών με δυσμενή επίδραση στην υγεία των καταναλωτών (Ames et al. 1993). Η οξείδωση μειώνει σημαντικά τη διάρκεια αποθήκευσης των τροφίμων γεγονός που κάνει εμφανή την σημασία που έχουν τα αντιοξειδωτικά στη διαχείριση, επεξεργασία και διανομή τους (Gray et al. 1996).

Κατά τη διαδικασία της οξείδωσης συνήθως παράγονται αλδεΐδες οι οποίες αντιδρούν με ορισμένα αμινοξέα με αποτέλεσμα την περαιτέρω αλλοίωση της

διατροφικής αξίας των τροφίμων (Buttkus 1966, Uchida et al. 1993). Σε ορισμένα τρόφιμα όπως είναι ο σολομός η οξειδωση καθιστά το ψάρι ανεπιθύμητο καθώς αλλοιώνει το χρώμα της σάρκας του ψαριού (Scaife et al. 2000). Η Βιταμίνη E έχει αντιοξειδωτική δράση αλλά συνήθως προτιμώνται τα συνθετικά αντιοξειδωτικά όπως ηθοξυκίνη, BHT, BHA και propyl gallate (Wang et al. 2016) ενώ και ορισμένα βότανα, φρούτα και μπαχαρικά έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την αντιοξειδωτική τους δράση (Bhale et al. 2007, Sampels et al. 2010).

Φυτικές Ίνες: Ο όρος ‘φυτικές ίνες’, αν και παλαιότερα περιελάμβανε μόνο ουσίες φυτικής προέλευσης οι οποίες δεν πέπτονταν ή απορροφώνταν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της πέψης και αποβάλλονταν από το ζώο, πλέον περιλαμβάνει και ουσίες ζωικής προέλευσης όπως είναι η χιτοζάνη που προέρχεται από τη χυτίνη που βρίσκεται στον εξωσκελετό των καρκινοειδών και στο ‘στυλό’ των καλαμαριών. Οι φυτικές ίνες καθότι άπεπτες από τα ψάρια δε συμβάλλουν στη διατροφή του ζώου αλλά παρόλα αυτά είναι πολύ σημαντικές εξαιτίας ορισμένων ιδιοτήτων που έχουν. Οι φυτικές ίνες έχουν την ικανότητα να συγκρατούν σημαντικές ποσότητες νερού ανάλογα το μέγεθος και το πάχος της ίνας και ανάλογα το pH του περιβάλλοντος. Επιπλέον, ανάλογα με το πόσο πορώδες είναι η ίνα, μπορεί να προσδεθεί με λιπίδια καθιστώντας τα με αυτόν τον τρόπο μη απορροφήσιμα από το ζώο για αυτό και σύμφωνα με τους Borderias et al. (2005) είναι προτιμότερο πρώτα να βυθίζονται οι φυτικές ίνες σε νερό ώστε να γεμίσουν οι πόροι τους. Ο σχηματισμός πυκνών διαλυμάτων με αρκετά υψηλό ιξώδες είναι επιθυμητός σε κάποια τρόφιμα όπου συνήθως χρησιμοποιούνται πολυσακχαρίτες φυτικής προέλευσης όπως είναι και η

ικανότητα ζελατινοποίησης κάποιων ινών. Κάποιες ίνες επίσης συμβάλλουν στις διαδικασίες της χείλωσης και της ζύμωσης επηρεάζουν ενώ άλλες επηρεάζουν την υφή του τελικού προϊόντος, ρυθμίζουν την κρυστάλλωση των σακχάρων, βοηθούν στη σταθεροποίηση των κατεψυγμένων προϊόντων. Τέλος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα σε προϊόντα σε ψύξη ή κατάψυξη εξαιτίας της αντιοξειδωτικής τους δράσης και για να προσδώσουν όγκο και μορφή σε ορισμένα τρόφιμα ακόμα και μετά το μαγείρεμα. Γίνονται προσπάθειες να βρεθούν πέψιμες/πιο εύπεπτες ουσίες που θα μπορέσουν να τις αντικαταστήσουν (Krontveit et al. 2014).

Ορμόνες: Οι ορμόνες είναι χημικές ενώσεις που εκκρίνονται από μία ομάδα οργάνων που ονομάζονται ενδοκρινείς αδένες και μεταφέρονται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος σε προκαθορισμένα όργανα όπου ρυθμίζουν την λειτουργία τους. Η χρήση τους στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών έγκειται στην τεχνητή αναπαραγωγή και στην αλλαγή του φύλου των ψαριών. Η τεχνητή αναπαραγωγή παρέχει στην παραγωγική αλυσίδα συνεχή προμήθεια γόνου καθιστώντας βιώσιμο τον κλάδο ενώ η δημιουργία ομόφυλου συνόλου ψαριών αυξάνει σημαντικά την παραγωγή όταν ο ρυθμός αύξησης και ανάπτυξης είναι διαφορετικός ανάμεσα στα δύο φύλα, κάτι το οποίο είναι αρκετά συχνό στους οστεϊχθύες (Taranger et al. 2010). Σύμφωνα με τους Prins et al. (2016) αυτή η τακτική βελτιώνει το ρυθμό αύξησης, αποτρέπει τη σεξουαλική ωρίμανση αλλά μειώνει την ποιότητα κρέατος.

Χρωστικές: Ο χρωματισμός του δέρματος και της σάρκας ορισμένων ψαριών οφείλεται στην κατανάλωση καροτενοειδών που είναι φυσικές χρωστικές. Τα καροτενοειδή όμως δεν μπορούν να συντεθούν από κανένα ζώο στη φύση παρά

μόνο από φυτά, φύκη, μύκητες και βακτήρια (Huyghebaert 1993) επομένως ο μόνος τρόπος πρόσληψης αυτών των χρωστικών είναι μέσω της τροφής τους. Στην εκτροφή ορισμένων ειδών όπως οι σολομοί που έχουν χαρακτηριστικό πορτοκαλί χρώμα στη σάρκα τα καροτενοειδή ασταξανθίνη και κανθαξανθίνη είναι πρόσθετα στις τροφές.

‘Προσομοιωτές’ γεύσης και οσμής/διεγερτικά τροφής (feeding stimulants):

Οι ουσίες αυτές έχουν σκοπό να μεγιστοποιήσουν το πόσο ελκυστική είναι η τροφή για τα ψάρια προσομοιάζοντας τη γεύση, την όσφρηση, το μέγεθος, το χρώμα, την υφή και την πυκνότητα/επιπλευσιμότητα αυτής έτσι ώστε να ταιριάζει με τα χαρακτηριστικά αυτής που γνωρίζουμε βάσει της διατροφικής συμπεριφοράς του εκάστοτε είδους. Με αυτόν τον τρόπο σπαταλάται λιγότερη τροφή, ο ρυθμός αύξησης των ψαριών αυξάνεται και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον μειώνονται. Τα διεγερτικά τροφής μπορούν να προέρχονται είτε από φυσικές πηγές οι οποίες παρουσιάζουν τις προαναφερθείσες ιδιότητες είτε να είναι συνθετικά παράγωγα αυτών των ουσιών τα οποία προσδίδουν αυτές τις ιδιότητες στις τροφές.

Προσδετικοί παράγοντες: Αυτές οι ουσίες χρησιμοποιούνται στις ιχθυοτροφές με σκοπό τη βελτίωση της διαδικασίας παρασκευής τους, την μείωση των απωλειών και την παρασκευή τροφής που δε διαλύεται στο νερό. Οι προσδετικοί παράγοντες συνεισφέρουν σημαντικά στην παρασκευή πιο συμπαγούς και σταθερής τροφής με αποτέλεσμα να γίνεται πιο εύκολη η χρήση, η διαχείριση και η αποθήκευσή της. Προσδετικοί παράγοντες όπως οι μπετονίτες και η ημικυτταρίνη που συμπεριλαμβάνονται στην τροφή χρησιμοποιούνται κυριώς για να μειωθεί η τριβή των συστατικών στις πελλέτες

εξασφαλίζοντας πως θα μείνει ακέραια η δομή της τροφής με αποτέλεσμα την καλύτερη προσληψιμότητα από τα ψάρια και την μείωση των απωλειών. Μία ακόμη ομάδα προσδετικών παραγόντων, που χρησιμοποιούνται όμως κυρίως σε υγρές ή ημιυγρές τροφές, είναι τα άλατα του αλγινικού οξέος με τη συμβολή των οποίων παράγονται τροφές που είναι ανθεκτικές στη διάσπασή τους από το νερό. Τέλος, το αλάτι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικός και οικονομικός προσδετικός παράγοντας για ωμά ψάρια και υγρές τροφές. Το αλάτι περιλαμβάνεται στην τροφή σε ποσοστό περίπου 1%, τα άλατα του αλγινικού οξέος από 0,5-5% ενώ οι μπετονίτες και η ημικυτταρίνη από 1-2%.

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ

ΤΣΙΠΟΥΡΑ

3.1 Σύσταση τροφής

Η τσιπούρα όπως και κάθε είδος ψαριού έχει ορισμένες απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά ώστε να καλύψει τις ανάγκες της. Για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του κλάδου το ψάρι πρέπει να αναπτυχθεί όσο το δυνατόν ταχύτερα ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι υγιές ώστε να αποφευχθεί η αύξηση της θνησιμότητας κατά την παραγωγή αλλά και να είναι το τελικό προϊόν ασφαλές για κατανάλωση.

Για την τσιπούρα που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εκτρεφόμενα είδη της Μεσογείου έχει γίνει εκτενής έρευνα με αποτέλεσμα οι τροφές που χρησιμοποιούνται συνήθως να περιέχουν περίπου 44-48% πρωτεΐνες (Dias et al. 2009, Monge Ortiz et al. 2016, Moutinho et al. 2017) και σπάνια να υπερβαίνουν το 50% (Yigit et al. 2012). Σε τσιπούρες μεγαλύτερου μεγέθους το ιδανικό ποσοστό πρωτεϊνών είναι χαμηλότερο (40-42%) καθώς η αναλογία της απορροφήσιμης ενέργειας και πρωτεϊνών από την τροφή μειώνεται επειδή μεγαλώνει το μέγεθος του ψαριού (FAO). Σύμφωνα με τους Kaushik et al. (1998) οι απαιτήσεις της τσιπούρας σε απαραίτητα αμινοξέα αντικατοπτρίζονται από τα παρακάτω ποσοστά του πρωτεϊνικού περιεχομένου της τροφής: Αργυνίνη 4,6%, Λυσίνη 4,8%, Ιστιδίνη 1,6%, Ισολευκίνη 2,6%, Λευκίνη 4,3%, Βαλίνη 2,9%, Θρεονίνη 2,7% και Τρυπτοφάνη 0,6% ενώ το άθροισμα της Μεθειονίνης και της Κυστίνης και το άθροισμα της Φαινυλαλανίνης και της

Τυροσίνης πρέπει να είναι 2,3% και 2,6% αντίστοιχα. Όσον αφορά τα ποσοστά σε λίπος, αυτά έχουν μεγαλύτερο εύρος από 10-11% (Pereira & Oliva-Teles 2002) έως 20-23% (Kissil & Lupatsch 2004, Lozano et al. 2007) ενώ το πιο κοινό ποσοστό σε υδατάθρακες (άμυλο) είναι γύρω στο 15% χωρίς όμως να υπερβαίνει το 20% (FAO). Η ενέργεια που εμπεριέχεται στις εμπορικές τροφές για τσιπούρες κυμαίνεται από 18 kJ/g (Pereira & Oliva-Teles 2002) έως 23 kJ/g (Dias et al. 2009, Martinez-Llorens et al. 2009) και είναι ικανή να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες του ψαριού. Η υγρασία δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% και συνήθως παίρνει τιμές της τάξεως 6-8% (Robaina et al. 1997, Pereira & Oliva-Teles 2003) ενώ το ποσοστό της τέφρας τις περισσότερες φορές είναι 8,5-12% (Pereira & Oliva-Teles 2004, Monge Ortiz et al. 2016). Για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών της τσιπούρας σε βιταμίνες η τροφή πρέπει να περιέχει βιταμίνη E (50 mg/kg), βιταμίνη K (10 mg/kg), βιταμίνη A (2500IU/kg ή 7,5mg/kg), βιταμίνη D (2400IU/kg ή 0,6mg/kg) Θειαμίνη (1 mg/kg), Ριβοφλαβίνη (4 mg/kg), Πυριδοξίνη (3 mg/kg), Παντοθενικό οξύ (20 mg/kg), Νιασίνη (10 mg/kg), Φολικό οξύ (1 mg/kg), βιταμίνη B12 (0.01 mg/kg), Χωλίνη (1000 mg/kg), Ινοσιτόλη (300 mg/kg), Βιοτίνη (0,15 mg/kg) και Ασκορβικό οξύ (50 mg/kg) (Peres and Oliva-Teles 2009). Όσον αφορά τα μέταλλα και ιχνοστοιχεία δεν υπάρχει επαρκή βιβλιογραφία για την απαραίτητη δοσολογία εκτός από του φώσφορου που υπολογίζεται στο 0,75% (Pimentel-Rodrigues and Oliva-Teles 2001) για τα μικρά ψάρια (fingerlings) ενώ σε μεταγενέστερο στάδιο το ποσοστό αυτό μειώνεται και φτάνει το 0,65% (Güthler 2005).

3.2 Εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης

Οι πρωτεΐνες αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι της διατροφής της τσιπούρας και αναπόσπαστα το μεγαλύτερο ποσοστό στη διατροφή της. Τα ιχθυάλευρα όμως τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την ικανοποίηση των πρωτεϊνικών αναγκών της τσιπούρας δεν αποτελούν βιώσιμη λύση καθώς προέρχονται κυρίως από μικρά πελαγικά ψάρια με αποτέλεσμα την περαιτέρω πίεση στο απόθεμα αυτών των ψαριών (Naylor et al. 2009, Froehlich et al. 2018). Με την παραγωγή του κλάδου της αλιείας να παραμένει σταθερή (FAO 2020) και με την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για πηγές πρωτεϊνών προερχόμενες από ψάρια και θαλασσινά είναι απαραίτητο να βρεθούν εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών για την παρασκευή των τροφών που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες.

Έχουν γίνει μέχρι τώρα πληθώρα ερευνών για την εύρεση των καταλληλότερων πηγών πρωτεϊνών για να αντικαταστήσουν μερικώς ή πλήρως τα ιχθυάλευρα και έχει μελετηθεί μεγάλη ποικιλία από διάφορους φυτικούς οργανισμούς ή παράγωγα αυτών όπως είναι η σόγια (Martinez-Lorenz et al. 2007 & 2009, Kokou et al. 2012 & 2015), η γλουτένη καλαμποκιού (Pereira & Oliva-Teles 2003, Yigit et al. 2012), το ηλιοτρόπιο (Lozano et al. 2007), τα φουντούκια (Emre et al. 2018), η ελαιοκράμβη (Kissil et al. 2000, Dias et al. 2009), οι σπόροι λούπινου (Robaina et al. 1995, Pereira & Oliva-Teles 2004), οι σπόροι μπιζελιού (Gouveia & Davies 1998, Pereira & Oliva-Teles 2002), η γλουτένη σιταριού (Kissil & Lupatsch 2004), το συμπύκνωμα ρυζιού (Sanchez-Lozano et al. 2009) αλλά και μίγμα διαφόρων φυτικών οργανισμών (De Francesco et al.

2007, Monge Ortiz et al. 2016). Αντικείμενο ερευνών είναι και αρκετές ζωικής προέλευσης πηγές πρωτεϊνών όπως τα κρεατάλευρα και οστεάλευρα (Robaina et al. 1997, Moutinho et al. 2017), τα υποπροϊόντα πουλερικών (Shapawi et al. 2007, Karapanagiotidis et al. 2018, Sabbagh et al. 2019, Fontinha et al. 2021) και τα αιματάλευρα (Martinez-Llorens et al. 2008). Άλλες εναλλακτικές των ιχθυαλεύρων αποτελούν τα θαλάσσια φύκη (Valente et al. 2006, Marinho et al. 2013, Shapawi et al. 2015, Younis et al. 2018), διάφορα είδη εντόμων ή οι προνύμφες τους (Makkar et al. 2014, Barroso et al. 2014, Henry et al. 2015) και ορισμένοι μικροοργανισμοί και τα παράγωγά τους (Matassa et al. 2016, Gamboa-Delgado & Márquez-Reyes 2018, Deboutteville et al. 2019).

Οι Kokou et al. 2015 συμπέραναν πως η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με πρωτεΐνη προερχόμενη από φασόλια σόγιας σε μεγάλο ποσοστό έχει αρνητικό αντίκτυπο στην αύξηση του βάρους των ψαριών. Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα ήταν και οι Martinez-Llorens et al. 2009 οι οποίοι εξέτασαν έξι διαφορετικά ποσοστά αντικατάστασης ιχθυάλευρου και κατέληξαν πως οι δύο τροφές με περισσότερη ποσότητα σόγιας είχαν το χειρότερο δείκτη ανάπτυξης και τον υψηλότερο δείκτη μετατροπής τροφής σε βιομάζα ψαριού. Οι Kokou et al. 2012 βρήκαν πως ούτε επεξεργασμένη σόγια μπορεί να αντικαταστήσει τα ιχθυάλευρα σε μεγάλα ποσοστά (40%) χωρίς σημαντική μείωση της αύξησης των ψαριών, του συντελεστή απόδοσης της τροφής και συντελεστή απόδοσης των πρωτεϊνών. Οι Robaina et al. 1995 βρήκαν πως πρωτεΐνη σόγιας είχε 10% χαμηλότερη πεπτικότητα από την τροφή με σπόρους λούπινου και από την εμπορική τροφή με ιχθυάλευρο αλλά δεν είχε επιπτώσεις στις παραμέτρους αύξησης, στην κατανάλωση τροφής και στην μετατροπή πρωτεϊνών αν και το

τελικό προϊόν είχε υψηλότερα ποσοστά λιπιδίων και χαμηλότερα ποσοστά γλυκογόνου στο συκώτι. Η αντικατάσταση με πρωτεΐνη σόγιας οδήγησε σε σημαντική μείωση της αύξησης βάρους και στην μείωση της κατανάλωσης τροφής από τα ψάρια σύμφωνα με τους Kissil et al. 2000 ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης καθώς επίσης και σε χαμηλότερα ποσοστά λίπους και ενέργειας στα ψάρια. Είναι εμφανές λοιπόν πως η σόγια δεν αποτελεί κατάλληλη πηγή πρωτεϊνών για την επιτυχή αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων παρά μόνο σε χαμηλά ποσοστά της τάξης του 20-30%. Οι Monge-Ortiz et al. 2016 όμως βρήκαν πως φασόλια σόγιας σε μίγμα με γλουτένη σιταριού και ελαιοκράμβη όχι μόνο δεν είχαν αρνητικά αποτελέσματα αλλά πέτυχαν καλύτερη αύξηση βάρους χωρίς να επηρεαστούν άλλοι παράμετροι όπως είναι η κατανάλωση και η πεπτικότητα της τροφής ενώ η σύσταση του τελικού προϊόντος έμεινε αμετάβλητη.

Οι Kissil & Lupatsch 2004 βρήκαν αντίστοιχα πως πρωτεΐνη προερχόμενη από φασόλια σόγιας αν και είχε χαμηλότερες τιμές στις παραμέτρους αύξησης του ψαριού ως μοναδικό συστατικό αντικατάστασης του ιχθυάλευρου όταν χρησιμοποιήθηκε σε μίγμα ίσης συγκέντρωσης με γλουτένη προερχόμενη από σιτάρι και καλαμπόκι μπόρεσε να αντικαταστήσει το ιχθυάλευρο μέχρι και 100% επιτυγχάνοντας μάλιστα μεγαλύτερη αύξηση βάρους και χαμηλότερο συντελεστή μετατροπής τροφής.

Οι Pereira & Oliva-Teles 2003 μελέτησαν την επίδραση της γλουτένης καλαμποκιού ως υποκατάστατο του ιχθυάλευρου (20-80%) και συμπέραναν πως μέχρι και 60% αντικατάσταση είναι δυνατή και δεν επηρεάζει αρνητικά την αύξηση των ψαριών, τη σύσταση του τελικού προϊόντος και την πεπτικότητα

της τροφής. Οι Robaina et al. 1997 που επίσης δοκίμασαν την γλουτένη καλαμποκιού κατέληξαν πως μέχρι και 30% αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου δεν είχε αρνητικές επιπτώσεις στην αύξηση των ψαριών, την αποδοτικότητα της τροφής, στο συντελεστή απόδοσης των πρωτεϊνών, στην πεπτικότητα της τροφής ενώ ούτε η σύσταση του τελικού προϊόντος είχε σημαντικές διαφορές. Σε αντίθεση των παραπάνω οι Yigit et al. 2012 βρήκαν αρνητική συσχέτιση της γλουτένης καλαμποκιού σε ποσοστά αντικατάστασης 20% και άνω με τις παραμέτρους αύξησης και της αποδοτικότητας των πρωτεϊνών αλλά λαμβάνοντας υπόψιν τη χαμηλότερη τιμή της γλουτένης συμπέραναν πως το μεγαλύτερο οικονομικό όφελος προκύπτει από την αντικατάσταση ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 10%.

Οι σπόροι λούπινου αποτελούν μία ακόμη πηγή πρωτεΐνης που έχουν μελετηθεί ως πιθανό υποκατάστατο των ιχθυαλεύρων. Οι Pereira & Oliva-Teles 2004 χρησιμοποίησαν ωμούς και επεξεργασμένους σπόρους λούπινου αντικαθιστώντας 10, 20 και 30% του ιχθυαλεύρου. Οι τροφές με επεξεργασμένους σπόρους λούπινου είχαν την μεγαλύτερη αύξηση βάρους σε ποσοστά αντικατάστασης 20%, αν και σε μεγαλύτερο ποσοστό παρουσίαζε αρνητική τάση, ενώ η σύσταση του τελικού προϊόντος και οι υπόλοιποι παράμετροι χρηστικότητας της τροφής παρέμειναν αμετάβλητοι. Οι Robaina et al. 1995 δε βρήκαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση των ψαριών, στην αποδοτικότητα των πρωτεϊνών ή στην πεπτικότητα της τροφής με αποτέλεσμα να καταλήγουν πως οι σπόροι λούπινου μπορούν να αντικαταστήσουν το ιχθυάλευρο σε ποσοστό μέχρι 30%.

Οι Pereira & Oliva-Teles 2002 δοκίμασαν την αποτελεσματικότητα σπόρων μπιζελιού ως υποκατάστατο του ιχθυάλευρου σε ποσοστά 10% και 20% και δε βρήκαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση των ψαριών, στην πεπτικότητα των πρωτεϊνών και στην τελική σύσταση του τελικού προϊόντος ενώ οι μόνες διαφορές ήταν η χαμηλότερη ενέργεια και τέφρα σε ποσοστά αντικατάστασης 10% με αποτέλεσμα να καταλήξουν στο συμπέρασμα πως οι σπόροι μπιζελιού είναι κατάλληλος αντικαταστάτης ιχθυάλευρου μέχρι και σε ποσοστό 20%. Οι Sanchez-Lozano et al. 2009 μελέτησαν πρωτεϊνικό συμπύκνωμα σπόρων μπιζελιού και πρωτεϊνικό συμπύκνωμα ρυζιού και συμπέραναν πως μόνο σε πολύ υψηλά ποσοστά αντικατάστασης ιχθυάλευρου (90%) παρατηρείται σημαντικά αρνητική συσχέτιση μεταξύ τροφής και παραμέτρων αύξησης και κατέληξαν πως μέχρι και 60% αντικατάσταση είναι εφικτή.

Οι Emre et al. 2008 δεν παρατήρησαν σημαντική διαφορά στις παραμέτρους αύξησης, στη σύσταση του τελικού προϊόντος και στην αναλογία της απόδοσης τροφής και πρωτεϊνών όταν δοκίμασαν φουντούκια ως πηγή πρωτεϊνών σε ποσοστά μέχρι 40% ενώ οι Lozano et al. 2007 βρήκαν πως αντικατάσταση ιχθυάλευρου με ηλιοτρόπιο σε ποσοστό 12% βελτίωσε σημαντικά την αύξηση βάρους των ψαριών ενώ μέχρι και ποσοστό αντικατάστασης 24% δεν είχε κανένα αρνητικό αντίκτυπο με αποτέλεσμα να καθιστά το ηλιοτρόπιο ως πιθανό αντικαταστάτη του ιχθυάλευρου σε αυτά τα ποσοστά.

Όσον αφορά πιθανά υποκατάστατα του ιχθυάλευρου ζωικής προέλευσης η έρευνα πάνω σε κρεατάλευρα και οστεάλευρα από τους Moutinho et al. 2017 κατέληξε πως μέχρι 50% αντικατάσταση είναι εφικτή χωρίς να παρεμποδιστεί η αύξηση των ψαριών, η πρόσληψη τροφής ή το τελικό προϊόν ενώ αυτό ήταν και

το πιο επωφελές ποσοστό από οικονομικής άποψης καθώς η τροφή με 75% κρεατάλευρα και οστεάλευρα είχε σημαντικά λιγότερη ενέργεια και λιγότερα λιπίδια. Οι Robaina et al. 1997 βρήκαν πως μέχρι και 20% αντικατάσταση ιχθυάλευρου με κρεατάλευρα και οστεάλευρα ήταν εφικτή χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά η πεπτικότητα της τροφής. Σε τροφή για πολύ μικρές τσιπούρες (βάρους 5g) οι Davies et al. 1991 αντικατέστησαν ιχθυάλευρο με διάφορα κρεατάλευρα και βρήκαν πως μέχρι και 38% αντικατάσταση δεν προκαλούσε διαφορά στις παραμέτρους αύξησης και χρησιμότητας της τροφής. Οι Karapanagiotidis et al. 2018 αντικατέστησαν κατά 25, 50 και 100% τα ιχθυάλευρα της τροφής με υποπροϊόντα πουλερικών. Η πλήρης αντικατάσταση του ιχθυάλευρου είχε αρνητικές επιπτώσεις στο τελικό προϊόν (σημαντικά χαμηλότερη ενέργεια και λίπος) ενώ μόνο η 50% αντικατάσταση δεν είχε αρνητικές επιπτώσεις στην αύξηση και υγεία των ψαριών μετά την προσθήκη ποσότητας λυσίνης και μεθειονίνης ώστε να πληρεί η τροφή τις ανάγκες σε απαραίτητα αμινοξέα. Οι Piccolo et al. 2017 δοκίμασαν να αντικαταστήσουν 25% και 50% του ιχθυάλευρου με προνύμφες σκαθαριού (*Tenebrio molitor*) και κατέληξαν πως η τροφή με 25% προνύμφες αποτελεί κατάλληλο υποκατάστατο καθώς συνέβαλλε στη σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση βάρους στα ψάρια, στην καλύτερη αποδοτικότητα πρωτεϊνών και στο χαμηλότερο συντελεστή μετατροπής τροφής ενώ αυτή με 50% είχε χαμηλότερη πεπτικότητα.

ΜΕΡΟΣ IV

ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

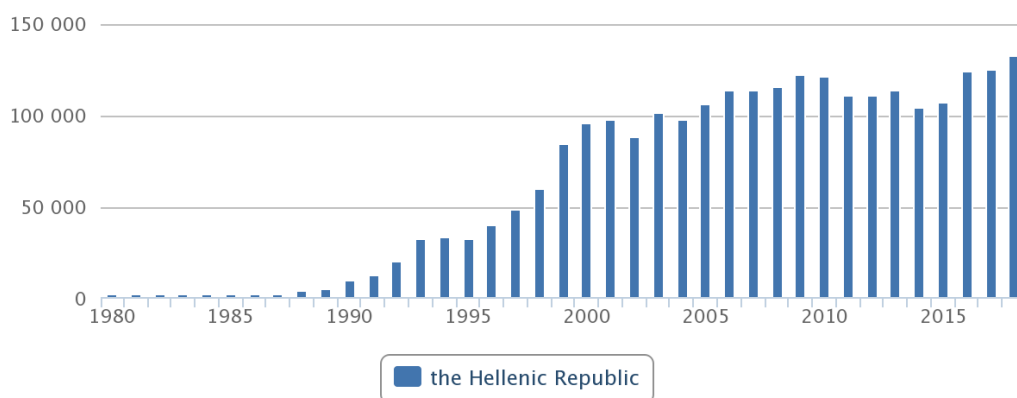
4.1 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Ο κλάδος των υδατοκαλλιιεργειών στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά σημαντικός για την οικονομία της χώρας και βρίσκεται σε συνεχή αύξηση της παραγωγής τις τελευταίες δεκαετίες (Σχ. 5). Ασχολείται κατά κύριο λόγο με την εκτροφή ψαριών αλμυρού νερού τα οποία εκτρέφονται σε μεγάλα κλουβιά στη θάλασσα. Τα κυριότερα είδη εκτροφής είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Disentrarchus labrax*). Τα τελευταία χρόνια οι εκτροφείς έχουν αρχίσει να εκτρέφουν και νέα είδη ψαριών αλμυρού νερού όπως είναι το το μυλοκόπι (*Argyrosomus regius*), η συναγρίδα (*Dentex dentex*), το φαγκρί (*Pagrus pagrus*), το μυτάκι (*Diplodus puntazzo*) και το λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*). Η παραγωγή αυτών των ειδών αν και είναι περιορισμένη καθότι βρίσκεται στα αρχικά στάδια έχει βρει θετική απόκριση από το καταναλωτικό κοινό. Όσον αφορά την εκτροφή ψαριών γλυκού νερού αυτή περιλαμβάνει την πέστροφα (*Onchorhynchus mykiss*), τον κέφαλο (*Mugil cephalus*) και το χέλι (*Anguilla anguilla*). Η εκτροφή διθύρων είναι αναπτυγμένη επίσης στην Ελλάδα με κύριο εκτρεφόμενο οργανισμό το μύδι (*Mytillus galloprovincialis*). Τέλος, η καλλιέργεια του μικροφύκου *Spirulina*, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως συμπλήρωμα διατροφής, είναι πολλά υποσχόμενη για περαιτέρω αύξηση της παραγωγής.

Η παραγωγή της τσιπούρας και του λαβρακιού το έτος 2015 έφτασε τους 110.000 τόνους ενώ μαζί με την παραγωγή μυδιού (35.000-40.000 τόνους) το ίδιο έτος

αποτελούσε το 97% του όγκου παραγωγής του κλάδου. Η εκτροφή των νέων ειδών αν και περιορισμένη είναι αρκετά σημαντική και έφτασε το 2014 τους 1150 τόνους φαγκρί, 1050 τόνους μυλοκόπι και 280 τόνους μυτάκι ενώ η παραγωγή πέστροφας, γελιού και κέφαλου απέδωσε 1630, 285 και 264 τόνους αντίστοιχα. Η καλλιέργεια Spirulina απέφερε 12,6 τόνους. (FAO)

Total aquaculture production for the Hellenic Republic (tonnes)
Source: FAO FishStat



Σχήμα 5. Συνολική παραγωγή (σε τόνους) του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών στην Ελλάδα από το 1980 μέχρι το 2018. Πηγή: FAO Fishstat

Στις υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα απασχολούνται 12.000 άτομα στις μονάδες εκτροφής ενώ ακόμα 5.000 άτομα εργάζονται περιφερειακά του κλάδου σε θέσεις διανομής ή επεξεργασίας των προϊόντων που παράγονται. Το 85% των θέσεων εργασίας αυτών απασχολείται στην εκτροφή θαλάσσιων ψαριών και διθύρων ενώ το υπόλοιπο 15% εργάζεται στην εκτροφή ψαριών γλυκού νερού σε ποτάμια, λίμνες και λιμνοθάλασσες. Αν υπολογισουμε και τις έμμεσες θέσεις απασχόλησης που δημιουργούνται από τις συνοδευτικές – υποστηρικτικές υπηρεσίες του κλάδου

(παρασκευαστήρια ιχθυοτροφών, εξοπλισμός, ιχθυοκιβώτια, μεταφορές κλπ) τότε εκτιμάται πως συνολικά απασχολούνται άμεσα και έμμεσα περίπου 12.000 εργαζόμενοι διαφόρων ειδικοτήτων (ΣΕΘ, 2019).

Η εξαγωγή ψαριού είναι η μεγαλύτερη εξαγωγή ζωικών προϊόντων στην Ελλάδα. Το 78% της παραγωγής σε τσιπούρα και λαβράκι (επεξεργασμένο και μη) αποτελεί εξαγόμενο προϊόν και εξάγεται κατά κύριο λόγο (93%) σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, τα αλιεύματα παρέμειναν στην κορυφή των εξαγωγικών κλάδων του πρωτογενούς τομέα της χώρας συμβάλλοντας θετικά στο εμπορικό ισοζύγιο της χώρας και στην εθνική οικονομία. Συγκεκριμένα κατατάσσονται στην 2η θέση ως προς την αξία και στην 10η θέση ως προς τον όγκο των συνολικών εξαγωγών αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας. Αναλυτικότερα και σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της ΕΛΣΤΑΤ και του ΥΠΑΑΤ για ψάρια και τα παρασκευάσματα αυτών:

ο συνολικός όγκος εξαγωγών ανήλθε σε 145.304 τόνους αξίας 688,9 εκ. ευρώ. Εξ αυτών, σχεδόν το 92% (του όγκου) ήταν αποστολές στην Ε.Ε. και το υπόλοιπο 8% εξαγωγές σε τρίτες χώρες.

- Ο συνολικός όγκος εισαγωγών ανήλθε σε 109.060 τόνους αξίας 520,5 εκ. ευρώ εκ των οποίων το 40% (του όγκου) προήλθε από χώρες της Ε.Ε. και το 60% από τρίτες χώρες.

- Η καθαρή συμμετοχή της κατηγορίας αυτής στο ΑΕΠ το 2018 ήταν 168,4 εκ. ευρώ. Αξίζει να σημειωθεί πως από τις 20 γενικές κατηγορίες που περιλαμβάνονται στο εμπορικό ισοζύγιο αγροτικών προϊόντων και τροφίμων της χώρας μόνο 5 συμβάλλουν θετικά (φρούτα/λαχανικά, βαμβάκι, έλαια, καπνός, ψάρια), (ΣΕΘ, 2019).

4.2 Προκλήσεις και προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κλάδος

Παρά την ταχύτατη ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών υπάρχουν ακόμα πολλές προκλήσεις και προβλήματα τα οποία επιβραδύνουν την περαιτέρω εξέλιξή του. Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για ψάρια και γαρίδες αλλά και η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού καθιστά αδύνατη τη βιωσιμότητα του κλάδου εάν δεν αυξηθεί με ανάλογο ρυθμό και η παραγωγή αυτού με τρόπους φιλικούς προς το περιβάλλον, ασφαλείς για τους καταναλωτές και οικονομικά αποδοτικούς για τους εκτροφείς.

Οι νέες εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών και λιπαρών οξέων οι οποίες δύναται να αντικαταστήσουν τα ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια όμως παρουσιάζουν ορισμένα προβλήματα. Σύμφωνα με τους Malcorps et al. 2019 οι πρωτεΐνες προερχόμενες από φυτικούς οργανισμούς όπως η σόγια περιέχουν αντι-διατροφικούς παράγοντες ενώ η παραγωγή αυτών περιορίζεται λόγω των απαιτήσεών τους σε έκταση καλλιέργειας, του νερού και των υψηλών αναγκών τους για πηγές φωσφόρου. Τροφές με σημαντικά ποσοστά σε φυτικά συστατικά περιέχουν υδατάνθρακες οι οποίοι είναι δύσπεπτοι για τα σαρκοφάγα ζώα ενώ πολλές φορές επηρεάζουν αρνητικά την πρόσληψη και απόδοση τροφής, τον μεταβολισμό και την υγεία των ψαριών (Glencross et al. 2007, Gatlin III et al. 2007). Οι Hardy et al. 2010 βρήκαν πως οι φυτικές πρωτεΐνες επηρεάζουν αρνητικά την αύξηση, την πρόσληψη τροφής και την υγεία και λειτουργία των εντέρων των ψαριών ενώ και οι Krogdahl et al. 2010 συμπέραναν πως οι φυτικής προέλευσης τροφές περιέχουν σημαντικές ποσότητες αντι-διατροφικών ουσιών. Η χρήση θαλάσσιων φυκών σε ποσοστό άνω του 10% δεν είναι βιώσιμη καθώς περιέχουν σημαντικές ποσότητες εδωδιμών ινών

με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά η ανάπτυξη του ψαριού και ο ρυθμός μετατροπής της τροφής (Marinho et al. 2013, Shapawi et al. 2015, Valente et al. 2016, Younis et al. 2018). Τα υποπροϊόντα ψαριών σύμφωνα με τους Kim et al. (2018) δε μπορούν να αντικαταστήσουν πλήρως τα ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια που προέρχονται από ολόκληρα ψάρια καθώς δεν έχουν το κατάλληλο διατροφικό προφίλ που απαιτείται από τα ψάρια. Η πλήρης αντικατάσταση ιχθυάλευρου δεν ήταν αποδοτική ούτε όταν προέρχονταν από υποπροϊόντα ζώων χερσαίας εκτροφής (Davies et al. 1991, Robaina et al. 1997, Moutinho et al. 2017, Karapanagiotidis et al. 2018).

Ένα ακόμη πρόβλημα που προκύπτει από την ραγδαία αύξηση της παραγωγής του κλάδου είναι ότι οι ολοένα αυξανόμενες ιχθυοπυκνότητες στους κλωβούς εκτροφής προκαλούν συνωστισμό με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες για εξάρσεις ασθενειών οι οποίες μπορούν να είναι καταστροφικές για τις μονάδες εκτροφής.

Ένα από τα πιο γνωστά παθογόνα μικρόβια αποτελεί ο ιός Nodavirus της οικογένειας Nodaviridae που προκαλεί την ασθένεια Viral Nervous Necrosis (VNN) και έχουν ανιχνευθεί σε μονάδες εκτροφής σε όλο τον κόσμο με εξαίρεση τις χώρες της Λατινικής Αμερικής (Doan et al. 2017). Τα ψάρια παρουσιάζουν σημάδια ανορεξίας, ληθάργου και διαφορές στο χρωματισμό του δέρματος ενώ κολυμπούν νευρικά (Costa & Thompson 2016). Προς το παρόν δεν υπάρχει θεραπεία για την καταπολέμησή του ενώ γίνονται έρευνες για την παρασκευή εμβολίου (Nunez-Ortiz 2016). Οι Toffran et al. (2017) που μελέτησαν δύο περιπτώσεις έξαρσης αυτού του παθογόνου σε δύο διαφορετικές μονάδες τσιπούρας από το 2014 μέχρι το 2016 τονίζουν πως είναι εξαιρετικά επικίνδυνο για τις μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες και απειλεί τη βιωσιμότητα και εξέλιξή τους. Οι Munday et al. (2002) διαπίστωσαν

πως οι ιοί αυτής της ομάδας μεταδίδονται οριζόντια και κάθετα ενώ σε ορισμένα είδη υπάρχουν αναφορές για μετάδοση του ιού από τους γεννήτορες στις προνύμφες ή στα αυγά μετάδοση (Mushiake et al. 1994, Nishizawa et al. 1996, Mori et al. 1998, Watanabe et al. 2000, Dalla Valle et al. 2000, Breuil et al. 2002).

Οι Schmidt et al. (2018) μελέτησαν τρεις παθήσεις του δέρματος των ψαριών στη Μεσόγειο στην πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*), την τσιπούρα και το λαβράκι (*Disentrarchus labrax*) και κατέληξαν πως το red mark syndrome (RMS) και το puffy skin disease (PSD) (στην πέστροφα) και το petechial rash (PR) (τσιπούρα και λαβράκι) ενέχουν πολύ μεγάλο κίνδυνο στις μονάδες εκτροφής καθώς έχουν χαμηλά ποσοστά θνησιμότητας και μεγάλη περίοδο επώασης κάτι που καθιστά πολύ δύσκολη τη διαδικασία της εύρεσης της πηγή της έξαρσης με αποτέλεσμα η διασπορά της ασθένειας να είναι πολύ μεγάλη.

4.3 Εφαρμογή νέων τεχνικών, συστημάτων και τεχνολογιών

Παρά την αξιόλογη ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών η πορεία του δε θα είναι επωφελής εάν δεν βρεθούν τρόποι ώστε να επιτευχθεί η βιωσιμότητά του. Για να γίνει αυτό πρέπει να αναπτυχθούν νέα συστήματα και νέες μέθοδοι εκτροφής που δεν θα είναι τόσο επιζήμιοι στο περιβάλλον και θα χρησιμοποιούν τους εκάστοτε πόρους με πιο αποδοτικούς τρόπους ώστε να επιτευχθεί ταυτόχρονα και αύξηση της παραγωγής. Οι Joffre et al. (2019) που μελέτησαν τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης μονάδων εκτροφής γαρίδας σε μικρές λίμνες στο Βιετνάμ κατέληξαν πως αυτή η μέθοδος είχε θετικά αποτελέσματα καθώς βοήθησε στην υιοθέτηση πρακτικών που αντιμετώπισαν καλύτερα θέματα με τον έλεγχο της ποιότητας του νερού, την επάρκεια του ταΐσματος και την αντιμετώπιση ασθενειών εξαιτίας της

ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των εκτροφέων-μελών. Οι Jena et al. (2017) προτείνουν μια σειρά νέων συστημάτων εκτροφής όπως είναι τα κλειστά κυκλώματα κυκλοφορίας νερού (Recirculation Aquaculture System, RAS) όπου το νερό επανακυκλοφορεί εντός του κλειστού αυτού συστήματος από τη δεξαμενή όπου εκτρέφονται τα ψάρια μέσω σειράς άλλων δεξαμενών όπου αφαιρούνται στερεά υπολείμματα τροφής και περιττώματα, γίνεται διάσπαση της τοξικής αμμωνίας από τα βιολογικά φίλτρα ενώ τέλος ακολουθεί προσθήκη οξυγόνου, αφαίρεση διοξειδίου του άνθρακα, έλεγχος του pH και της θερμοκρασίας προτού γίνει απολύμανση με UV και όζον. Προτείνουν επίσης την εφαρμογή υδροπονικών τεχνικών όπου το νερό θα εξέρχεται από τις δεξαμενές των εκτρεφόμενων οργανισμών και θα φιλτράρεται από φυτά τα οποία θα έχουν τον ρόλο των βιολογικών φίλτρων καθώς μετατρέπουν με τη βοήθεια βακτηρίων την τοξική αμμωνία και τα νιτρώδη σε νιτρικά άλατα τα οποία και απορροφάνε με αποτέλεσμα το νερό αφού παρέλθει από τα υδροπονικά υποστρώματα να είναι καθαρό και έτοιμο να εισέλθει στις δεξαμενές των ψαριών. Άλλη μέθοδος εκτροφής αποτελεί η εκτροφή monosex ιχθυοπληθυσμών όπου αν το αρσενικό ή θηλυκό φύλο εμφανίζει καλύτερο ρυθμό αύξησης και ρυθμό μετατρεψιμότητας της τροφής τότε οι εκτροφείς παράγουν μόνο το εκάστοτε φύλο του ψαριού για να πετύχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη παραγωγή. Στην περίπτωση των σολομών και των κυπρίνων οι εκτροφείς εκτρέφουν μόνο θηλυκά ενώ στις τιλάπιες και στις караβίδες του γλυκού νερού μόνο αρσενικά. Οι Jena et al. (2017) τέλος προτείνουν την εφαρμογή ενιαίων συστημάτων εκτροφής με χερσαίους εκτρεφόμενους οργανισμούς των οποίων τα υποπροϊόντα θα καταλήγουν στις δεξαμενές των υδρόβιων οργανισμών μετά από επεξεργασία και θα χρησιμοποιούνται ως τροφή για τα ψάρια ενώ ταυτόχρονα και

τα υποπροϊόντα των ψαριών θα χρησιμοποιούνται είτε ως λίπασμα για καλλιέργειες φυτικών οργανισμών είτε ως τροφή για τα χερσαία ζώα μετά από την επεξεργασία τους. Ανάλογα συστήματα εκτροφής μπορούν να γίνουν και μεταξύ διαφόρων υδρόβιων οργανισμών διαφορετικών τροφικών επιπέδων. Σε αυτά τα συστήματα εκτρέφονται ψάρια σε ιχθυοκλωβούς τα περιττώματα και τα υποπροϊόντα των οποίων καταναλώνονται από εκτρεφόμενα δίθυρα ή/και από θαλάσσια αγγούρια ενώ θαλάσσια φύκη τρέφονται με ανόργανα ενώσεις αζώτου και φωσφόρου. Η εναλλαγή φάσεων ταΐσματος και μη ταΐσματος των ψαριών αποτελεί ακόμη μία μέθοδο για να αυξηθεί η παραγωγικότητα καθώς όταν τα ψάρια παραμένουν άσιτα για κάποιο χρονικό διάστημα μόλις επαναταϊστούν όχι μόνο αναπληρώνουν το χαμένο βάρος της περιόδου νηστείας αλλά αυξάνονται ακόμα περισσότερο (Biswas et al., 2016). Οι Føre et al. (2018) ανέπτυξαν το σύστημα ακριβείας στην εκτροφή, *Precise Fish Farming (PFF)* ώστε να παρακολουθούνται και να ελέγχονται καλύτερα οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί και οι παραγωγικές διαδικασίες μέσω της εφαρμογής νέων τεχνολογιών και αυτοματοποιημένων συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός τους ήταν η παρακολούθηση της εκτρεφόμενης βιομάζας, ο έλεγχος ταΐσματος, η καλύτερη διαχείριση των ιχθυοπληθυσμών και ο έλεγχος παρασίτων με αποτέλεσμα τη βελτίωση της υγείας των ψαριών, την αύξηση της παραγωγής και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Οι Mendes (2018) δεδομένης της τάσης του καταναλωτικού κοινού να προτιμάει φρέσκια τσιπούρα από κατεψυγμένη έκαναν ανασκόπηση των τρόπων επεξεργασίας και συντήρησης της τσιπούρας και νέων τεχνολογιών επεξεργασίας τροφίμων όπως οι συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας *MAP (Modified Atmosphere Packaging)*, οι απορροφητές οξυγόνου και κάποια φυσικά εκχυλίσματα. Κατέληξαν

λοιπόν πως τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των φιλέτων τσιπούρας χωρίς να αλλοιωθεί η ποιότητα του φιλέτου προήλθαν από τη συνδυαστική χρήση πολτού πάγου με MAP (60% CO₂ + 30% N₂ + 10% O₂), στους 0°C και από τη χρήση εκχυλίσματος δενδρολίβανου με MAP (50% CO₂ + 50% N₂) και χρήση λάμπας υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι Mendes (2018) τονίζουν πως στο μέλλον είναι απαραίτητο να εντατικοποιηθούν οι προσπάθειες για εύρεση των ιδανικών συνθηκών και των ιδανικών τρόπων συντήρησης των θαλασσιών και να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες.

Ένας ακόμη πολλά υποσχόμενος τομέας που μπορεί να συνδράμει σημαντικά στην ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών είναι η γενετική. Οι Abdelrahman et al. (2017) τονίζουν πόσο σημαντική είναι η κατανόηση της γονιδιακής δομής και οργάνωσης των ψαριών, των γονιδιακών και φαινοτυπικών ποικιλιών τους ώστε να είναι εφικτή η ανάπτυξη νέων εφαρμογών ώστε να μπορεί να γίνει η κατάλληλη επιλογή γονιδιακών χαρακτηριστικών που θα περάσουν στις επόμενες γενιές ψαριών μέσω της επιλεκτικής αναπαραγωγής. Σύμφωνα με τους Lhorente et al. (2019) επιθυμητά χαρακτηριστικά του γονιδιώματος των ψαριών είναι όσα έχουν οικονομικό αντίκτυπο στην μονάδα όπως ταχύτερη ανάπτυξη και αύξηση βάρους, υψηλότερη αντίσταση σε ορισμένες ασθένειες και μεγαλύτερη ανοχή σε συνθήκες αυξημένου στρες (χαμηλότερη περιεκτικότητα οξυγόνου και έντονες διακυμάνσεις σε θερμοκρασία και αλατότητα). Ορισμένα ακόμα χαρακτηριστικά που μπορούν να επιτευχθούν με τη βοήθεια της γενετικής και της επιλεκτικής αναπαραγωγής είναι το επιθυμητό χρώμα της σάρκας και του δέρματος αλλά και η βέλτιστη σύσταση σε λιπίδια και πρωτεΐνες στο τελικό προϊόν. Η επιλογή κατάλληλων γεννητόρων βάσει των επιθυμητών χαρακτηριστικών για τους εκτροφείς είναι πολύ σημαντική καθώς

μπορεί να δημιουργήσει μόνιμη αντίσταση του ιχθυοπληθυσμού σε ασθένειες κάτι το οποίο είναι εφικτό για τις περισσότερες γνωστές ασθένειες σύμφωνα με τους Gjerdem (2015) ενώ ταυτόχρονα θα μειώνει σημαντικά τις πιθανότητες εμφάνισης εξάρσεων ασθενειών επομένως θα μειώνει δραστικά το κόστος της παραγωγής (Odegard et al. 2011, Yanez et al. 2014a).

Ένα κομμάτι του κλάδου που είναι πολλά υποσχόμενο είναι η καλλιέργεια θαλάσσιων φυκών η παραγωγή των οποίων γίνεται κατά 90% από την Κίνα και την Ινδονησία (FAO 2018). Τα φύκη αποτελούν όχι μόνο τροφή για τον άνθρωπο αλλά περιλαμβάνονται στις τροφές διάφορων ζώων, στην παραγωγή χημικών ουσιών, χαρτιού, βιοκαυσίμων και λιπάσματος ενώ αποτελούν και δείκτες τοξικότητας για την υγεία ανθρώπων και κατάσταση περιβάλλοντος (Han et al. 2011, Johnson et al. 2014, Hafting et al. 2015, Kerrison et al. 2015, Park et al. 2016, Wells et al. 2016). Σύμφωνα με τους Kim et al. (2017) πρέπει να αναπτυχθούν στελέχη φυκών με ανοχή σε μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών, αντοχή σε ορισμένες ασθένειες, ταχύτερη ανάπτυξη και υψηλότερες συγκεντρώσεις σε ορισμένα επιθυμητά συστατικά. Η μείωση οργανισμών που προσκολλώνται στα φύκη και η ανάπτυξη ενός πιο γερού και πιο αποδοτικού συστήματος καλλιέργειών που θα είναι σε θέση να αντέξει τις καταιγίδες στα παραλιακά συστήματα καλλιέργειας αποτελούν στόχους των καλλιεργητών. Η επίτευξη της βιωσιμότητας του κλάδου σχετίζεται άμεσα με τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ανάπτυξη συστημάτων όπου εκτρέφονται είδη που απαιτούν τάισμα (ψάρια, γαρίδες) σε συνδυασμό με οργανισμούς που τρέφονται φιλτράροντας το νερό (δίθυρα μαλάκια) ή απορροφούν τα απαραίτητα θρεπτικά από το νερό (φύκη) ώστε να υπάρχει ισορροπία και να μην επιβαρύνεται το περιβάλλον με εξάρσεις από βλαβερά για το οικοσύστημα

μικροφύκη (algal blooms). Αυτές οι εξάρσεις είναι συχνές σε παράκτια οικοσυστήματα και δημιουργούν σημαντικά οικονομικά προβλήματα (Neori et al. 2004, Buschamann et al. 2008a, Chopin et al. 2008, Pereira & Yarish 2008, Abreu et al. 2009, 2011b, Kim et al. 2015a) αλλά η παρουσία φυκοκαλλιεργείων αποτρέπει την εμφάνιση τέτοιων φαινομένων.

Έντονη είναι η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά την πρόληψη και αντιμετώπιση των ασθενειών οι οποίες αποτελούν μάλιστα για τον κλάδο καθώς μπορεί να αποβούν καταστρεπτικές. Η συστηματική χρήση αντιβιοτικών δεν είναι βιώσιμη στρατηγική διότι με τον καιρό δημιουργούνται ανθεκτικά στελέχη στα αντιβιοτικά και δεν είναι φιλική προς το περιβάλλον. Οι έρευνες πλέον έχουν στραφεί στην εύρεση τρόπων ενίσχυσης του ανοσοποιητικού συστήματος των εκτρεφόμενων οργανισμών είτε μέσω της γενετικής επιλέγοντας τους κατάλληλους γεννήτορες όπως είπαμε παραπάνω είτε μέσω της προσθήκης προβιοτικών στην τροφή τους.

Τα προβιοτικά είναι ζωντανοί ωφέλιμοι μικροοργανισμοί οι οποίοι αποτελούν φυσική μικροχλωρίδα του εντέρου των ψαριών ή καρκινοειδών. Η προσθήκη προβιοτικών έχει πολλά οφέλη για τα ψάρια καθώς ενισχύει σημαντικά το ανοσοποιητικό τους σύστημα. Ταυτόχρονα παράγουν αντιβακτηριακές ουσίες και ανταγωνίζονται με τα παθογόνα μικρόβια για τα θρεπτικά (Ringo et al. 2016) και για χώρο προσκόλλησης (Hoseinifar et al. 2018). Οι Cheng et al. (2014) θεωρούν πως τα προβιοτικά μπορούν να αποτελέσουν υποκατάστατο των αντιβιοτικών και των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται σήμερα εξαιτίας της δυνατότητάς τους να αποτρέπουν την προσκόλληση παθογόνων στο πεπτικό σύστημα. Έντονη αντιβακτηριακή δραστηριότητα παρατηρήθηκε από τους βάκιλλους *Bacillus*

licheniformis και *Bacillus pumilus* σύμφωνα με τους Ramesh et al. (2015) και Ferreira et al. (2015) ενώ βακτήρια του γένους *Lactobacillus* spp., τα οποία χρησιμοποιούνται πολύ συχνά ως προβιοτικά, ενίσχυσαν σημαντικά το ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών και την αντοχή τους σε ασθένειες (Raa 1996, Gram et al. 1999) εξαιτίας της παραγωγής μικρών αλυσίδων λιπαρών οξέων, υπεροξειδίου του υδρογόνου και βακτηριοκτόνων πρωτεϊνών (Rengripat et al. 1998, Verschuere et al. 2000, Faramarzi et al. 2011). Οι Azimirad et al. (2016) και οι Modanloo et al. (2017) πιστεύουν πως εκτός του ρόλου των προβιοτικών στην πρόληψη των ασθενειών συμβάλλουν σημαντικά και στη θεραπεία φλεγμονών του πεπτικού συστήματος ενώ οι Zokaiefar et al. (2012) παρατήρησαν πως η χρήση προβιοτικών ουσιών αύξησε την πεπτικότητα της τροφής εξαιτίας πεπτικών ενζύμων που παράγουν όπως είναι οι αμυλάσες και πρωτεάσες. Γενικά οφέλη στην υγεία διαφόρων εκτρεφόμενων οργανισμών έχουν παρατηρηθεί σε έρευνες για πλατύψαρα (Heo et al. 2013) και για διάφορα είδη καρκινοειδών (Rengripat et al. 1998, Chin et al. 2007, Hai et al. 2010). Οι Jamal et al. (2019) πιστεύουν πως η χρήση των προβιοτικών είναι πολύ σημαντική και στην εκτροφή γαρίδας καθώς βελτιώνουν την αντοχή σε στρεσογόνους παράγοντες/συνθήκες, αυξάνουν την αποδοτικότητα και πεπτικότητα της τροφής ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν προληπτικά και να αποτρέψουν εξάρσεις ασθενειών καθώς στο παρελθόν αυτές έχουν αποβεί καταστροφικές και από οικονομική άποψη και λόγω της δραματικής μείωσης της παραγωγής (Israngkura & Sae-Hae 2002, Seibert & Pinto 2012, Karunasagar & Ababouch 2012,).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Κλαουδάτος Δ. & Κλαουδάτος Σ. 2010. Κατασκευές υδατοκαλλιεργητικών συστημάτων, Θαλάσσιες, λιμνοθαλάσσιες, χερσαίες. Εκδόσεις Proobos.
2. Νεοφύτου, Χ. 2007. Σημειώσεις μαθήματος Βιολογίας Υδρόβιων Σπονδυλωτών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος), σελ. 5-7.
3. ΣΕΘ. 2019. Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2019. Ετήσια Έκδοση του Συνδέσμου Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών.
4. Χώτος, Ν. Γ. & Ρογδάκης, Ι. 2005. Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών – Λαβράκι & Τσιπούρα Τεχνικές. εκδότης ΙΩΝ.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

5. Abdelrahman, H., El Hady, M., Alcivar-Warren, A., Allen, S., Al-Tobasei, R., Bao, L. (2017). Aquaculture genomics, genetics and breeding in the United States: current status, challenges, and priorities for future research. *BMC Genom.* 18:191. doi: 10.1186/s12864-017-3557-1

6. Abonei, J. F. N., Ekubo, A. T. (2011). A Review of Conventional and Unconventional Feeds in Fish Nutrition. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*. Volume 2, Issue 4. P:179-191.
7. Abreu, M. H., Varela, D. A., Henríquez, L., Villarroel, A., Yarish, C., Sousa-Pinto, I., Buschmann, A. H. (2009). Traditional vs. integrated multi-trophic aquaculture of *Gracilaria chilensis* C. J. Bird, J. McLachlan & E. C. Oliveira: productivity and physiological performance. *Aquaculture* 293:211-220.
8. Abreu, M. H., Pereira, R., Yarish, C., Buschmann, A. H., Sousa-Pinto, I. (2011b). IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system. *Aquaculture* 312:77-87.
9. Ames, B. N., Shigenage, M. K., Hagen, T. M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*. 90 (17): p.7915-7922.
10. Arias, A., (1980). Growth, food and reproductive habits of sea bream (*Sparus aurata* L.) and sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) in the esteros (fishponds) of Cadiz. *Investigacion Pesquera* 44, 59–83.
11. Azevedo P.A., Cho C.Y. & Bureau D.P. (1998) Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs

- of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources* 11, 227-238.
12. Azimirad, M., Meshkini, S., Ahmadifard, N., Hoseinifar, S. H. (2016). The effects of feeding with synbiotic (*Pediococcus acidilactici* and fructooligosaccharide) enriched adult Artemia on skin mucus immune responses, stress resistance, intestinal microbiota and performance of angelfish (*Pterophyllum scalare*). *Fish Shellfish Immun.* 54, 516–522. doi: 10.1016/j.fsi.2016.05.001
 13. Barroso, F. G., De Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, Vol. 422, pp. 193-201.
 14. Bhale, S. D., Xu, Z., Prinyawiwatkul, W., King, J. M., Godber, J. S (2007). Oregano and Rosemary Extracts Inhibit Oxidation of Long-Chain n-3 Fatty Acids in Menhaden Oil. *Journal of Food Science.* 72 (9): p. C504-C508.
 15. Biswas, P., Datta, M. K., Saha, H., Mandal, S. C. (2016). Stunted Fingerlings-replacement of conventional fish seed. In: *Vocational training manual on aquaculture production and its management*. College of Fisheries press, Lembucherra, Central Agricultural University, Imphal, pp. 59-61.

16. Borderias, A. J, Sanchez-Alonso, I., Perez-Mateos, M. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science & technology*. 16 (10): p 458-465.
17. Breuil, G., Pepin, J. F. P., Boscher, S., Thiery, R. (2002). Experimental vertical transmission of nodavirus from broodfish to eggs and larvae of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Journal of Fish Diseases* 25, 697-702
18. Burel, C., Person-Le Ruyet, J., Gaumet, F., Le Roux, A., Severe, A., Boeuf, G., (1996). Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot. *J. Fish Biol.* 49, 678–692.
19. Buschmann, A. H., Hernández-González, M. C., Varela, D. A. (2008a). Seaweed future cultivation in Chile: perspectives and challenges. *Int. J. Environ. Pollut.* 33:432-456.
20. Buttkus, H. (1966). Preparation and properties of trout myosin. *Journal of the Fisheries research Board of Canada*. 23 (4): p. 563-573.
21. Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L. (2014). Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? *Front. Microbiol.* 5:217. doi: 10.3389/fmicb.2014. 00217

22. Chiu, C. H., Guu, Y. K., Liu, C. H., Pan, T. M., Cheng, W. (2007). Immune responses and gene expression in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, induced by *Lactobacillus plantarum*. *Fish Shellfish Immun.* 23, 364–377. doi: 10.1016/j.fsi.2006.11.010
23. Chopin, T., Robinson, S. M. C., Troell, M., Neori, A., Buschmann, A. H. & Fang, J. (2008). Multitrophic integration for sustainable marine aquaculture. In Jørgensen, S. E. & Fath, B. D. (Eds.) *Encyclopedia of Ecolog.* Vol. 3. *Ecological Engineering*. Elsevier, Oxford, pp. 2463-2475.
24. Costa, J. Z., Thompson, K. D. (2016) Understanding the interaction between Betanodavirus and its host for the development of prophylactic measures for viral encephalopathy and retinopathy. *Fish Shellfish Immunol.* 53, 35–49.
25. Dalla Valle L., Zanella L., Patarnello P., Paolucci L., Belvedere P., Colombo L. (2000). Development of a sensitive diagnostic assay for fish nervous necrosis virus based on RT-PCR plus nested PCR. *Journal of Fish Diseases* 23, 321–327
26. De Francesco M., Parisi G., Perez-Sanchez J., Gomez-Requeni P., Medale F., Kaushik S. J., Mecatti M. and Poli B.M. (2007). Effect of high level fish meal replacement by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on growth and body/fillets quality traits. *Aquacult Nutr* 13, 361–372.

27. Deboutteville, D.J. Batstone, M. Kawasaki, S. Stegman, M. Salini, S. Tabrett, R. Smullen, A.C. Barnes, T. Hülsen. (2019). Mixed culture purple phototrophic bacteria is an effective fishmeal replacement in aquaculture. *Water Res.*, 4, p. 100031.
28. Deng, J., Zhang, X., Bi, B., Kong, L., Kang, B. (2011). Dietary protein requirement of juvenile Asian red-tailed catfish *Hemibagrus wyckioides*, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 170, Issues 3–4, Pages 231-238.
29. Dias, J., Conceição, L.E.C., Ribeiro, A.R., Borges, P., Valente, L.M.P., Dinis, M.T. (2009). Practical diet with low fish-derived protein is able to sustain growth performance in gilthead seabream (*Sparus aurata*) during the grow-out phase. *Aquaculture* 293, 255–262.
30. Doan Q.K., Vandeputte M., Chatain B., Morin T., Allal F. (2017). Viral encephalopathy and retinopathy in aquaculture: a review. *J Fish Dis.*40:717–42.
31. Emre, Y., Sevgili, H., Sanli, M., (2008). Partial replacement of fishmeal with hazelnut meal in diets for juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Isr. J. Aquacult. - Bamid.* 60, 198-204.
32. Endinkeau K., Kiew T.K. (1993). Profile of fatty acids contents in Malaysian freshwater fishes. *Pertanika J Trop Agric Sci* 16(3): 215- 223.

33. FAO. The Global Status of Seaweed Production, Trade and Utilization, Vol. 124, Globefish Research Programme (2018), p. 120
34. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018—Meeting the Sustainable Development Goals.
35. Faramarzi, M., Kiaalvandi, S., and Iranshahi, F. (2011). The effect of probiotics on growth performance and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*). *J. Anim. Vet. Adv.* 10, 2408–2413. doi: 10.3923/javaa.2011.2408.2413
36. Ferreira, G. S., Bolívar, N. C., Pereira, S. A., Guertler, C., do Nascimento Vieira, F., Mouriño, J. L. P. (2015). Microbial biofloc as source of probiotic bacteria for the culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 448, 273–279. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.06.006
37. Fontinha, F., Magalhaes, R., Moutinho, S., Santos, R., Campos, P., Serra, C. R., Aires, T., Oliva-Teles, A., Peres, H. (2021). Effect of poultry meal and oil on growth, digestive capacity, and gut microbiota of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*. Vol. 530.

38. Froehlich, H. E., Jacobsen, N. S., Essington, T. E., Clavelle, T., Halpern B. S. (2018). Avoiding the ecological limits of forage fish for fed aquaculture. *Nat. Sustain.*, Vol. 1, pp. 298-303.
39. Gamboa-Delgado, J., Márquez-Reyes, J. M. (2018). Potential of microbial-derived nutrients for aquaculture development. *Rev. Aquacult.*, Vol. 10, pp. 224-246.
40. Ghislin, M.T. (1969). The evolution of hermaphroditism among animals. *Quarterly Review of Biology* 44: 189-208.
41. Gjedrem T. (2015) Disease resistant fish and shellfish are within reach: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering* 3, 146–153.
42. Gouveia, A., Davies, S.J. (1998). Preliminary nutritional evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 166, 311–320.
43. Gram, L., Melchiorson, J., Spanggaard, B., Huber, I., Nielsen, T. F. (1999). Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* AH2, a possible probiotic treatment of fish. *Appl. Environ. Microb.* 65, 969–973.

44. Gray, J. I., Gomma, E. A., Buckley, D. J. (1996). Oxidative Quality and shelf life of meats. *Meat Science*. 43 (1): p.S111-S123.
45. Güthler, K., (2005). Studies of phosphorus requirements in gilthead seabream (*Sparus aurata*) and of potential use of supplementary phytase in gilthead seabream and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, 85pp.
46. Hafting, J. T., Craigie, J. S., Stengel, D. B., Loureiro, R. R., Buschmann, A. H., Yarish, C., Edwards, M. D., Critchley, A. T. (2015). Prospects and challenges for industrial production of seaweed bioactives. *J. Phycol.* 51:821-837.
47. Hai, N. V., Buller, N., Fotadar, R. (2010). Effect of customized probiotics on the physiological and immunological responses of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896) challenged with *Vibrio harveyi*. *J. Appl. Aquac.* 22, 321–336. doi: 10.1080/10454438.2010.527580
48. Han, T., Kong, J. A., Kang, H. G., Kim, S. J., Jin, G. S., Choi, H. & Brown, M. T. (2011). Sensitivity of spore germination and germ tube elongation of *Saccharina japonica* to metal exposure. *Ecotoxicology* 20:2056-2068.

49. Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 203, pp. 1-22.
50. Heo, W. S., Kim, Y. R., Kim, E. Y., Bai, S. C., Kong, I. S. (2013). Effects of dietary probiotic, *Lactococcus lactis* sp. *lactis* I2, supplementation on the growth and immune response of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 376, 20–24. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.11.009
51. Higgs, D. A., Dosanjh, B.S., Prendergast, A.F., Beames, R.M., Hardy, R. W., Riley, W. and Deacon, G. (1995). Use of Rapeseed/Canola protein products in finfish diets. In Lim, C., Sessa, D. J. (editors), *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture* (130-156 ref. 78). AOCS Press.
52. Hoseinifar SH, Sun Y, Wang A, Zhou Z. (2018). Probiotics as means of diseases control in aquaculture, A Review of current knowledge and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2429.
53. Huyghebaert G. (1993). The utilisation of oxy-carotenoids for egg yolk pigmentation. Thesis of the University of Gent (Belgium).
54. Israngkura A, Sae-Hae S. (2002). A Review of Economic Impacts of Aquatic Animal Disease. In: Arthur JR, Phillips MJ, Subasinghe RP, Reantaso MB,

- McCrae IH editors. Primary Aquatic Animal Health Care in Rural, Small-Scale Aquaculture Development, Technical Proceedings of the Asia Regional Scoping Workshop. Rome: FAO Fisheries Technical Paper No. 406, FAO;p. 55-61.
55. J. Schmidt, K. Thompson, F. Padros (2018). Emerging skin diseases in aquaculture. *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.*, 38, pp. 122-129.
56. Jamal, M., Abdulrahman, I., Harbi, M., Chithambaran, S. (2019). Probiotics as alternative control measures in shrimp aquaculture: a review. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 7(3), 69-77. doi:<https://doi.org/10.7324/jabb.2019.70313>
57. Jena, A. K., Biswas, P., Saha, H. (2017). Advanced farming systems in aquaculture: strategies to enhance the production. *Innovative Farming*, 2, 84-89.
58. Joffre, O. M., Poortvliet, P. M., Klerkx, L. (2019). To cluster or not to cluster farmers? Influences on network interactions, risk perceptions, and adoption of aquaculture practices. *Agricult Syst*, 173 pp. 151-160.
59. Johnson, R. B., Kim, J. K., Armbruster, L. C., Yarish, C. (2014). Nitrogen allocation of *Gracilaria tikvahiae* grown in urbanized estuaries of Long Island Sound and New York City, USA: a preliminary evaluation of ocean farmed *Gracilaria* for alternative fish feeds. *Algae* 29:227-235.

60. Karapanagiotidis, I. T., Psoufakis, P., Mente, E., Malandrakis, E., Golomazou, E. (2019). Effect of fishmeal replacement by poultry by-product meal on growth performance, proximate composition, digestive enzyme activity, haematological parameters and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition*, 25, 3-14.
61. Karunasagar I, Ababouch L. (2012). Shrimp viral diseases, import risk assessment and international trade. *Indian J Virol* 23:141-8.
62. Kaushik S.J. (1998). Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. *Aquatic Living Resources*. 11, p.355-358.
63. Kaushik, S. (1990). Use of alternative protein sources for the intensive rearing of carnivorous fish. (Flos, R.; Tort, L.; Torres, P. Ed.), *Mediterranean aquaculture*. pp.125-138 ref.49.
64. Kaushik, S. J. Influence of a rise in temperature on the nitrogen excretion of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). World symposium on aquaculture in heated effluents and recirculation systems, May 1980, Stavanger, Norway.

65. Kerrison, P. D., Stanley, M. S., Edwards, M. D., Black, K. D., Hughes, A. D. (2015). The cultivation of European kelp for bioenergy: site and species selection. *Biomass Bioenergy* 80:229-242.
66. Kim, J. K., Kottuparambil, S., Moh, S. H., Lee, T. K., Kim, Y. -J., Rhee, J. -S., Choi, E. -M., Kim, B. H., Yu, Y. J., Yarish, C., Han, T. (2015a). Potential applications of nuisance microalgal blooms. *J. Appl. Phycol.* 27:1223-1234.
67. Kim, J. K., Yarish, C., Hwang, E.K., Park, M. & Kim, Y. (2017). Seaweed aquaculture: cultivation technologies, challenges and its ecosystem services. *Algae*, 32: 1–13.
68. Kissil G.W., Lupatsch I. (2004). Successful Replacement Of Fishmeal By Plant Proteins In Diets For The Gilthead Seabream, *Sparus aurata* L. *Isr. J. Aquac—Bamidgeh.* 56(3): 188–199.
69. Kissil, G.W., Lupatsch, I., Higgs, D.A., Hardy, R.W. (2000). Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquacult. Res.* 31, 595-601.
70. Kokou, F., Rigos, G., Henry, M., Kentouri, M., Alexis, M. (2012). Growth performance, feed utilization and non-specific immune response of gilthead sea

- bream (*Sparus aurata* L.) fed graded levels of a bioprocessed soybean meal. *Aquaculture*. 364-365, 74-81.
71. Kokou, F., Sarropoulou, E., Coutou, E., Rigos, G., Henry, M., Alexis, M., Kentouri, M. (2015). Effects of fish meal replacement by a soybean protein on growth, histology, selected immune and oxidative status markers of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *J. World Aquacult. Soc.* 46, 115–128.
72. Krontveit, R. I., Bendiksen, E. A. and Aunsmo, A. (2014). Field monitoring of feed digestibility in Atlantic salmon farming using crude fiber as an inert marker. *Aquaculture*. (426-427): p. 249-255.
73. Lhorente, J. P., Araneda, M., Neira, R., Yáñez, J. M., (2019). Advances in genetic improvement for salmon and trout aquaculture: the Chilean situation and prospects. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12335>.
74. Llorens, S.M., Vidal, A.T., Monino, A.V., Torres, M.P., Cerda, M.J., (2007). Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquac. Res.* 38, 76–81.

75. Lozano, N.B.S., Vidal, A.T., Llirens, S.M., Merida, S.N., Blanco, J.E., Lopez, A. M., Torres, M.P., Cerda, M.J. (2007). Growth and economic profit of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed sunflower meal. *Aquaculture* 272, 528-534.
76. Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuze, V., and Ankers. P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 197, pp. 1-33.
77. Marinho, G., Nunes, C., Sousa-Pinto, I., Pereira, R., Rema, P. and Valente, L. M. (2013). The IMTA-cultivated Chlorophyta *Ulva* spp. as a sustainable ingredient in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *J. Appl. Phycol.*, Vol. 25, pp. 1359-1367.
78. Martínez-Llorens, S., Vidal, A.T., Jauralde, I.G., Torres, M.P., Jover, C.M., (2009). Optimum dietary soybean meal level for maximizing growth and nutrient utilization of ongrowing gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition* 15, 320–328.
79. Martínez-Llorens, S., Vidal, A.T., Moñino, A.V., Gómez Ader, J., Torres, M.P., Cerdá, M.J. (2008). Blood and haemoglobin meal as protein sources in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): effects on growth, nutritive efficiency and fillet sensory differences. *Aquac. Res.* Vol. 39, 1028-1037.

80. Matassa, S., Boon, N., Pikaar, I. and Verstraete, W. (2016). Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint. *Microb. Biotechnol.*, Vol. 9, pp. 568-575.
81. Medina, I., Gallardo, J. M. and Aubourg, S. P. (2009). Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*. 44 (8): p.1467-1479.
82. Mendes, R. (2018). Technological processing of fresh gilthead seabream (*Sparus aurata*): A review of quality changes. *Food Rev. Int.*, 1-34.
83. Monge-Ortíz R, Martínez-Llorens S, Márquez L, Moyano FJ, Jover-Cerdá M, Tomás-Vidal A. (2016). Potential use of high levels of vegetal proteins in diets for market-sized gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Arch Anim Nutr*. 70(2):155–72.
84. Mori K., Mushiake K., Arimoto M. (1998) Control measures for viral nervous necrosis in striped jack. *Fish Pathology*, 33, 443-444.
85. Moutinho S, Martinez-Llorens S, Tomas-Vidal A, Jover-Cerda M, Oliva-Teles A, Peres H. (2017). Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in

- diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture* 468: 271–277.
86. Munday B.L., Kwang J. & Moody N. (2002) Review article Betanodavirus infections of teleost fish: a review. *Journal of Fish Diseases* 25, 127–142.
87. Mushiake K., Nishizawa T., Nakai T., Furusawa I., Muroga K. (1994) Control of VNN in striped jack: Selection of spawners based on the detection of SJNNV gene by polymerase chain reaction (PCR). *Fish Pathology* 29, 177–182.
88. National Research Council (NRC). (1993), *Nutrient Requirements of Fish*. Washington, DC: National Academy Press, 124 pp.
89. Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., Forster, I., Gatlin, D. M., Goldberg, R. J., Hua K. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 106, pp. 15103-15110.
90. Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., Shpigel, M., Yarish, C. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern aquaculture. *Aquaculture* 231:361-391.

91. Nishizawa T., Muroga K. & Arimoto M. (1996) Failure of the polymerase chain reaction (PCR) method to detect striped jack nervous necrosis virus (SJNNV) in striped jack, *Pseudocaranx dentex*, selected as spawners. *Journal of Aquatic Animal Health* 8, 332-334.
92. Nunez-Ortiz N, Pascoli F, Picchietti S, Buonocore F, Bernini C, Toson M, Scapigliati G, Toffan A. (2016). A formalin-inactivated immunogen against viral encephalopathy and retinopathy (VER) disease in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): immunological and protection effects. *Vet Res.* 47:89.
93. Ødegård J., Baranski M., Gjerde B. & Gjedrem T. (2011) Methodology for genetic evaluation of disease resistance in aquaculture species: challenges and future prospects. *Aquaculture Research* 42, 103–114.
94. Park, J., Jin, G. -S., Hwang, M. S., Brown, M. T. & Han, T. (2016). Toxicity tests using the kelp *Undaria pinnatifida* for heavy metal risk assessment. *Toxicol. Environ. Health. Sci.* 8:86-95.
95. Pereira, T.G., Oliva-Teles, A. (2002). Preliminary evaluation of pea seed meal in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquacult. Res.* 33, 1183-1189.

96. Pereira, T.G., Oliva-Teles, A. (2003). Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquacult. Res.* 34, 1111-1117.
97. Pereira, T.G., Oliva-Teles, A. (2004). Evaluation of micronized lupin seed meal as an alternative protein source in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* L. juveniles. *Aquac. Res.* 35, 828–835.
98. Peres, H., Oliva-Teles, A., (2009). The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture.* 296, 81-86.
99. Peres, H., Oliva-Teles, A., (1999). Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 170, 337–348.
100. Pereira, R., Yarish, C. (2008). Mass production of marine macroalgae. In Jørgensen, S. E. & Fath, B. D. (Eds.) *Encyclopedia of Ecology. Vol. 3. Ecological Engineering.* Elsevier, Oxford, pp. 2236-2247.
101. Piccolo G, Iaconisi V, Marono S. (2017). Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and

- marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science* 226: 12–20.
102. Pillay, T.V.R. (1979) The state of aquaculture 1976. In: *Advances in Aquaculture* (Ed. by T.V.R. Pillay & W.A. Dill), pp. 1–10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
103. Pimentel-Rodrigues, A.M. & Oliva-Teles, A. (2001). Phosphorus requirements of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquac. Res.*, 32, 157–161.
104. Prabu, E., Felix, S., Felix, N., Ahilan, B., Ruby P. (2017). An overview on significance of fish nutrition in aquaculture industry. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 5(6): 349-355.
105. Prins H, Stokkers R, Immink VM, Hoste R. Socioeconomic aspects of organic aquaculture. *Proceedings of Aquaculture Europe*, 2016.
106. Raa, J. (1996). The use of immunostimulatory substances in fish and shellfish farming. *Rev. Fish. Sci.* 4, 229–288. doi: 10.1080/10641269609388587

107. Ramesh, D., Vinothkanna, A., Rai, A. K., and Vignesh, V. S. (2015). Isolation of potential probiotic *Bacillus* spp. and assessment of their subcellular components to induce immune responses in *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immun.* 45, 268–276. doi: 10.1016/j.fsi.2015. 04.018
108. Rengpipat, S., Phianphak, W., Piyatiratitivorakul, S., and Menasveta, P. (1998). Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth. *Aquaculture* 167, 301–313. doi: 10.1016/S0044-8486(98)00305-6
109. Ringø, E., Zhou, Z., Vecino, J. L. G., Wadsworth, S., Romero, J., Krogdahl, Å., et al. (2016). Effect of dietary components on the gut microbiota of aquatic animals. A never-ending story? *Aquacult. Nutr.* 22, 219–282. doi: 10.1111/anu. 12346
110. Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., Fernández Palacios, H. (1995). Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture* 130, 219-233.
111. Robaina, L., Moyano, F.J., Izquierdo, M.S., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D. (1997). Corn gluten meal and meat and bone meals as protein

- sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture* 157, 347–359.
112. Sabbagh, M., Schiavone, R., Brizzi, G., Sicuro, B., Zilli, L., Vilella, S. (2019). Poultry by-product meal as an alternative to fish meal in the juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) diet. *Aquaculture* 511, 734220.
113. Sampels, S., Åsli, M., Vogt, G. and Mørkøre, T. (2010). Berry marinades enhance oxidative stability of herring fillets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58 (23): p. 12230-12237.
114. Sánchez-Lozano N., Martínez-Llorens S., Tomás-Vidal A. and Jover Cerdá M. (2009). Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture* 298: 83–89.
115. Scaife, J. R., Onibi, G. E., Murray, I., Fletcher, T. C. and Houlihan, D. F. (2000). Influence of α -tocopherol acetate on the short- and long-term storage properties of fillets from Atlantic salmon *Salmo salar* fed a high lipid diet. *Aquaculture Nutrition*. Vol.6 No.1 pp.65-71 ref.31.
116. Seibert CH, Pinto AR. (2012). Challenges in shrimp aquaculture due to viral diseases: Distribution and biology of the five major Penaeid viruses and

- interventions to avoid viral incidence and dispersion. *Braz J Microbiol* 43:857-64.
117. Shapawi R., Ng W.-K. & Mustafa S. (2007). Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture* 273,118-126.
118. Shapawi, R., Safiin, N. S. Z. and Senoo S. (2015). Improving dietary red seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex. P. Silva meal utilization in Asian seabass *Lates calcarifer*. *J. Appl. Phycol.*, Vol. 27, pp. 1681-1688.
119. Taranger, G. L., Carrillo, M., Schulz, R. W., Fontaine, P., Zanuy, S., Felip, A., and Hansen, T. (2010). Control of puberty in farmed fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165 (3) p. 483–515.
120. Toffan, A.; Pascoli, F.; Pretto, T.; Panzarin, V.; Abbadi, M.; Buratin, A.; Quartesan, R.; Gijon, D.; Padros, F. (2017). Viral nervous necrosis in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) caused by reassortant betanodavirus RGNNV/SJNNV: An emerging threat for Mediterranean aquaculture. *Sci. Rep.* 7, 1–12.
121. Uchida, K. and Stadtman, E. R. (1993). Covalent Attachment of 4-hydroxynonenal to glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase – A possible

- involvement of intramolecular and intermolecular cross-linking reaction. *Journal of biological chemistry*. 268 (9): p.6388-6393.
122. Valente, L., Gouveia, A., Rema, P., Matos, J., Gomes, E. and Pinto I. (2006). Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, Vol. 252, pp. 85-91.
123. Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. and Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. R.* 64, 655–671. doi: 10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000
124. Watanabe K., Nishizawa T. & Yoshimizu M. (2000). Selection of brood stock candidates of barfin flounder using an ELISA system with recombinant protein of barfin flounder nervous necrosis virus. *Diseases of Aquatic Organisms* 41, 219-223.
125. Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchabnt, S. S, Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E. & Brawley, S. H. (2016). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *J. Appl. Phycol.* Advanced online publication. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>.

126. Yáñez J.M., Houston R.D. & Newman S. (2014a). Genetics and genomics of disease resistance in salmonid species. *Frontiers in Genetics* 5:415.
127. Yiğit M, Bulut M, Ergün S, Karga M, Kesbiç OS, Yılmaz S, Acar Ü, Güroy D. (2012). Utilization of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *J. Fisheries Sciences* 6(1):63-73.
128. Younis, E. S. M., Al-Quffail, A. S., Al-Asgah, N. A., Abdel-Warith, A. W. A. and Al-Hafedh Y. S. (2018). Effect of dietary fish meal replacement by red algae, *Gracilaria arcuata*, on growth performance and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Saudi J. Biol. Sci.*, Vol. 25, pp. 198-203.
129. Zokaeifar, H., Balcázar, J. L., Saad, C. R., Kamarudin, M. S., Sijam, K., Arshad, A. (2012). Effects of *Bacillus subtilis* on the growth performance, digestive enzymes, immune gene expression and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immun.* 33, 683–689. doi: 10.1016/j.fsi.2012.05.027

ABSTRACT

Aquaculture is a fast growing field that has to fulfill the need for fish protein for human consumption due to the inability of fisheries to increase its production. In Greece gilthead sea bream is especially important because it occupies plenty people, produce good quality and affordable fish and exports a significant amount of it which leads to the overall improvement of the country's economy. In aquaculture the fish or crustaceans need to be provided the essential amino acids and proteins, the necessary polyunsaturated fatty acids, hydrocarbons and vitamins to fulfill their daily needs. Traditionally fish meal and fish oil have been a big part of the feed but that is not a viable option anymore due to the growing pressure to the fish stock of the pelagic forage fishes that fish meal and fish oil come from. Alternative sources of protein and lipids are necessary in order to ensure the viability of the field. These sources can be animal or fish byproducts or be derived from plants like soya, corn gluten and seaweeds. Other ways to ensure the viability of the aquaculture is to develop new methods of farming that are friendlier to the environment, to farm new species that are of lower trophic level and to improve the prevention of disease outbreaks that can be catastrophic and their treatment. Last but not least genetics is a field with tremendous potential to help aquaculture. With the help of genetics the optimal selection of desirable characteristics to be passed to the next generation of fish is possible. In that way aquaculture would eventually have fish populations with innate disease resistances, higher growth rate and higher stress tolerance increasing the field's production and growth dramatically.

Keywords: Aquaculture, nutrition, viability.