



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

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΥΖΩΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΕΚΤΡΟΦΗ
ΙΧΘΥΩΝ»**

Αραμπού Σοφία

ΒΟΛΟΣ 2020

«ΕΥΖΩΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΕΚΤΡΟΦΗ ΙΧΘΥΩΝ»

«WELFARE AND NUTRITION IN INTENSIVELY FARMED FISH»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- Γκολομάζου Ελένη, Προστασία-Ευζωιά Ιχθύων, Επ. Καθηγήτρια ΠΘ, **Επιβλέπουσα**
- Παναγιωτάκη Παναγιώτα., Υδατοκαλλιέργειες, Καθηγήτρια ΠΘ, **Μέλος**
- Καραπαναγιωτίδης Ιωάννης, Αν. Καθηγητής ΠΘ, Διατροφή Υδροβίων Ζωικών Οργανισμών, **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, κα. Γκολομάζου Ελένη, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους Παναγιωτάκη Παναγιώτα και Καραπαναγιωτίδη Ιωάννη.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές μου ευχαριστίες στην οικογένεια μου, ιδιαίτερα στη μητέρα μου και στο φίλο μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια, κατανόηση και στήριξη καθ' όλο το διάστημα των σπουδών μου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

«Ευζωία», «υδατοκαλλιέργειες», «καταπόνηση (stress)», «διατροφή»

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή.....	7
1.Υδατοκαλλιέργειες και συστήματα εκτροφής.....	8
2.Διατροφή Ιχθύων στις Υδατοκαλλιέργειες.....	9
2.1 Θρεπτικά Συστατικά Ιχθυοτροφών.....	9
2.1.1 Πρωτεΐνες.....	10
2.1.1.1 10Απαραίτητα Αμινοξέα.....	12
Αργινίνη,Ιστιδίνη.....	12
Λευκίνη,Λυσίνη,Μεθειονίνη.....	13
Τρυπτοφάνη.....	14
2.1.2 Λίπη.....	14
2.1.3 Υδατάνθρακες	16
2.1.4 Βιταμίνες	17
2.1.4.1 Λιποδιαλυτές	19
2.1.4.2 Υδατοδιαλυτές	20
Θειαμίνη,Ριβοφλαβίνη.....	20
Παντοθενικό οξύ,Πυριδοξίνη,Βιοτίνη, Φολικό οξύ	21
Κυανοκοβαλαμίνη,Χολίνη,Ινοσιτόλη	22
2.1.5 Ιχθυοστοιχεία.....	23
Σίσηρος,Χαλκός	23
2.1.6 Πρόσθετα	24
2.1.6.1Προβιοτικά-Πρεβιοτικά	24
2.1.6.2Αντιμικροβιακά	25
2.1.6.3 Φυτικά.....	26
3.Ευζωία	27
3.1 Καταπόνηση στους ιχθύες.....	29
Πρωτογενής απόκριση στρές	30
Δευτερογενής απόκριση στρές	31
Τριτογενής απόκριση στρές	32
Διατροφή και δείκτες ευζωίας.....	33
Διατροφή και Δείκτες Καταπόνησης(stress).....	33
Διατροφή και Ανοσοαπόκριση.....	36
Συμπεράσματα.....	38
Βιβλιογραφία.....	39

Περίληψη

Τα συστήματα εκτροφής, ανάλογα με τον τρόπο χορήγησης της τροφής στους εκτρεφόμενους οργανισμούς στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, διακρίνονται σε εκτατικά, ημι-εντατικά και εντατικά. Οι τροφές αποτελούνται κυρίως από τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά όπως, πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Επίσης αποτελούνται από πρόσθετα όπως, αντιμικροβιακά, προβιοτικά και πρεβιοτικά και άλλα φυτικά όπου είτε ενισχύουν την βελτίωση της υγείας είτε την καλύτερη γεύση. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η καταπόνηση (stress) των ιχθύων από τον παράγοντα της διατροφής. Η καταπόνηση επηρεάζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς (θερμοκρασία, pH κ.α.) αλλά και άλλους παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι η φτωχή ποιότητα νερού, οι φυσικές διαταραχές όπως οι μεταφορές ή υποβέλτιστες πυκνότητες εκτροφής, ασιτία, εμβολιασμοί, ασθένειες και αναισθησία. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε, αν υπάρχει κάποια συσχέτιση της διατροφής με την καταπόνηση (stress), έπειτα από πειραματικές μελέτες, που έλαβαν χώρα για να προσδιορίσουν την διατροφή με τους δείκτες της ευζωίας. Τα αποτελέσματα αυτής μελέτης ανέδειξαν ότι η ευζωία επηρεάζεται από την διατροφή. Επιπλέον ορισμένα πρόσθετα που αναφέρθηκαν στις πειραματικές μελέτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν πρόσθετα στις ιχθυοτροφές στα ψάρια των υδατοκαλλιεργειών, καθώς δεν δημιουργούν καμία μορφή καταπόνησης (stress).

Abstract

Farming systems are divided into extensive, semi-intensive and intensive depending on the way of feeding the farmed organisms in the field of aquaculture. Foods are mainly made up of essential nutrients such as proteins, fats, carbohydrates, vitamins and minerals, study examined the stress of fish by the food factor. Stress is affected by many environmental (temperature, pH, etc.) but also other factors. Such factors are poor water quality, physical disturbances such as transport or sub-breeding densities, starvation, vaccinations, disease and anesthesia. More specifically, it was studied whether there is a correlation between diet and stress, after experimental studies, which took place to determine the diet with the immune indicators of welfare. The results of this study showed that welfare is affected by diet. In addition, some additives used in the experimental studies can also be used as additives in fish feed in intensively farmed fish.

Εισαγωγή

Η υδατοκαλλιέργεια αποτελεί παγκόσμια έναν αναπτυσσόμενο κλάδο, που στοχεύει στην κάλυψη των διατροφικών αναγκών στον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό και ταυτόχρονα αντιμετωπίζει την σημαντική μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων. Στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας, εξελίσσονται ιδιαίτερα τα συστήματα εκτροφής, καθώς αποτελούν μια εύκολη και πρακτική διαδικασία που αποσκοπεί στην βελτίωση της ευζωίας. Η ευζωία των ιχθύων φαίνεται να εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην παγκόσμια ερευνητική κοινότητα. Ωστόσο η διατάραξη της καλής διαβίωσης, επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους, ένας εκ των οποίων είναι και η διατροφή, όταν αυτή δημιουργεί καταπόνηση στους ιχθύες. Το βασικό ερώτημα που έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές είναι, το αν η διατροφή συνδέεται και πως με την καταπόνηση (stress) στους ιχθύες. Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να απαντηθεί το παραπάνω ερώτημα βασιζόμενο σε πειράματα ορισμένων επιστημόνων-ερευνητών που προσπάθησαν να προσδιορίσουν σε ένα βαθμό την σχέση της διατροφής με τους δείκτες της ευζωίας. Για την διατήρηση της ευζωίας θα πρέπει να χορηγούνται επαρκείς ποσότητες από τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στις τροφές, οι οποίες βελτιώνουν τόσο την υγεία όσο και την αντοχή στο στρες.

1. Υδατοκαλλιέργειες και συστήματα εκτροφής

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food And Agriculture Organization:FAO(1988) ορίζεται ως:«υδατοκαλλιέργεια,η εκτροφή υδρόβιων οργανισμών συμπεριλαμβανομένων των ψαριών,των μαλακίων,των καρκινοειδών και των υδρόβιων φυτών.Η υδατοκαλλιέργεια συνεπάγεται ως κάποια μορφή παρέμβασης στη διαδικασία εκτροφής για την ενίσχυση της παραγωγής,όπως η τακτική κτηνοτροφία,η σίτιση,η προστασία από τα αρπακτικά ζώα κλπ.».Στις υδατοκαλλιέργειες έχουν αναπτυχθεί συστήματα εκτροφής ανάλογα με τον τρόπο χορήγησης της τροφής στα εκτρεφόμενα είδη και διακρίνονται σε:εκτατικά,ημι-εντατικά και εντατικά(Naylor et al.2000).Στα εκτατικού τύπου συστήματα υδατοκαλλιέργειας, οι οργανισμοί καλλιεργούνται σε φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα (π.χ.μικρές λίμνες ή λιμνοθάλασσες)και βασίζονται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από την τροφή που υπάρχει στο φυσικό περιβάλλον με ελάχιστη ή και καμία ανθρώπινη παρέμβαση(Βουλτσιάδου2015).Στα ημι-εντατικού τύπου συστήματα,η διατροφή τους βασίζεται στην τροφή από το φυσικό περιβάλλον ή και από χορηγούμενη συμπληρωματική τροφή.Παρ' όλα αυτά η ανάπτυξη των ψαριών φαίνεται να εξαρτάται από την κατανάλωση ζωντανών οργανισμών για τροφή(Edwards1993,Tacon&DeSilva1993).Στα εντατικού τύπου συστήματα,η διατροφή στηρίζεται πλήρως στις χορηγούμενες τροφές και με ελάχιστη ή διόλου χρήση της φυσικής παραγωγικότητας(White&Edwards 2015).

2. Διατροφή ιχθύων στις Υδατοκαλλιέργειες

Ως τροφή χαρακτηρίζεται κάθε φυτική,ζωική ή ανόργανη προέλευση που έπειτα από την πρόσληψη της από το ζώο υφίσταται τη διαδικασία της πέψης,της απορρόφησης και της χρησιμοποίησης των θρεπτικών συστατικών που περιέχει(Ζέρβας 2005).Κύρια απαίτηση ώστε να θεωρηθεί ότι μια τροφή έχει θρεπτική αξία για τους ιχθύες,είναι να περιέχονται σε αυτήν,τα βασικά συστατικά: πρωτεΐνες,λιπίδια και υδατάνθρακες,που είναι απαραίτητα για τις λειτουργικές ανάγκες των ιχθύων(Μεντέ&Νέγκας2011). Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα ψάρια και στα χερσαία ζώα,συγκριμένα(α)οι ενεργειακές ανάγκες στα ψάρια είναι μικρότερες από αυτές των χερσαίων ομοιόθερμων ζώων,συνεπώς τα ψάρια εμφανίζουν μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης ενέργειας προς την καταναλωθείσα ποσότητα πρωτεΐνης,(β) τα ψάρια χρειάζονται κάποια λιπαρά οξέα,όπως τα ωμέγα-3,τα οποία δεν είναι απαραίτητα στους χερσαίους ζωικούς οργανισμούς,(γ) η δυνατότητα που εμφανίζουν τα ψάρια όσον αφορά την απορρόφηση ιχνοστοιχείων από το περιβάλλον τους, ελαττώνει τις θρεπτικές τους απαιτήσεις από την παρεχόμενη τροφή,(δ) τα ψάρια παρουσιάζουν μειωμένες δυνατότητες στη σύνθεση ασκορβικού οξέος και επομένως εξαρτώνται από την παρουσία αυτού μέσα στην τροφή τους (Βουλτσιάδου etal. 2015).

2.1Θρεπτικά συστατικά ιχθυοτροφών

Τα κυριότερα θρεπτικά συστατικά που πρέπει να υπάρχουν στις ιχθυοτροφές είναι τα εξής:

- Πρωτεΐνες και αμινοξέα
- Λίπη
- Υδατάνθρακες
- Βιταμίνες
- Ιχνοστοιχεία (Μεντέ&Νέγκας2011)

2.1.1 Πρωτεΐνες

«Οι πρωτεΐνες είναι σύνθετες μακρομοριακές ενώσεις υψηλού μοριακού βάρους (Χώτος 2001)». Οι πρωτεΐνες θεωρούνται από τα πιο βασικά συστατικά στη διατροφή των ιχθύων, αναλογίζοντας ότι αυτοί οι οργανισμοί, δεν έχουν την δυνατότητα να συνθέσουν όλα τα αμινοξέα, οπότε πρέπει να τα προσλάβουν από την τροφή τους (Βουλτσιάδου et al. 2015). Η επαναλαμβανόμενη πρόσληψη πρωτεϊνών ή αμινοξέων καθίσταται απαραίτητη για τους ιχθύες, διότι η χρήση των αμινοξέων συμβάλλει, είτε στην σύνθεση νέων πρωτεϊνών (κατά την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή), είτε στην αντικατάσταση των υφιστάμενων πρωτεϊνών (Halver & Hardy 2015). Οι απαιτήσεις των ψαριών σε πρωτεΐνες ελαττώνονται καθώς αυξάνονται το μέγεθος και η ηλικία τους (Μεντέ & Νέγκας 2011). Για παράδειγμα, το βέλτιστο επίπεδο πρωτεΐνης για τα νεαρά ιχθύδια των ειδών της οικογένειας *Salmonidae* είναι 45-50% του μείγματος διατροφής, ενώ μεγαλώνοντας οι απαιτήσεις τους μειώνονται στο 40% και φτάνουν περίπου στο 35% στην ηλικία του ενός έτους (Hilton & Slinger 1981). Οι ιχθύες, δεν έχουν πραγματικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες, αλλά έχουν ανάγκη από ένα καλά ισορροπημένο μείγμα απαραίτητων και μη απαραίτητων αμινοξέων (Halver & Hardy 2015). Περίπου 23 αμινοξέα περιέχονται στους ιστούς του σώματος των ιχθύων, παρ' όλα αυτά μόνο 10 αμινοξέα εξ' αυτών συμμετέχουν στη διατροφή και τα οποία δεν μπορούν να τα συνθέσουν, αυτά αποτελούν τα «απαραίτητα αμινοξέα» (Cho 1990).

Πίνακας 1. Διατροφικά απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα για ψάρια και άλλα υδρόβια ζώα (Peng et.al 2008)

Απαραίτητα Αμινοξέα	Μη Απαραίτητα Αμινοξέα	Απαραίτητα υπό όρους
Αργινίνη	Αλανίνη	Κυστεΐνη
Ιστιδίνη	Ασπαραγγίνη	Γλουταμίνη
Ισολευκίνη	Ασπρατικό οξύ	Υδροπρόλινη
Λευκίνη	Γλουταμικό οξύ	Πρόλινη
Λυσίνη	Γλύκινη	Ταυρίνη
Μεθειονίνη	Σερίνη	
Φαινυλαλανίνη	Τυροσίνη	
Θρεονίνη		
Τρυπτοφάνη		
Βαλίνη		

2.1.1.1. 10 Απαραίτητα Αμινοξέα

1.Αργινίνη

Τα ψάρια έχουν υψηλές απαιτήσεις για διαιτητική αργινίνη, λόγω της αφθονίας της, στην πρωτεΐνη (ως πεπτίδιο δεσμευμένο από Απαραίτητο Αμινοξύ (AA)) και στα υγρά των ιστών (ως φωσφορορινίνη, μείζον δεξαμενή ATP) (Peng et al. 2008). Η αργινίνη είναι ένα από τα πιο ευπροσάρμοστα AA που συμβάλλουν στη σύνθεση της πρωτεΐνης, στο οξείδιο του αζώτου (NO), στην ουρία, στις πολυαμίνες, στην προλίνη, στο γλουταμικό οξύ και στη κρεατίνη (Wu & Morris 1998). Ο θεμελιώδης ρόλος της αργινίνης είναι η ρύθμιση της ενδοκρινικής και της αναπαραγωγικής λειτουργίας, καθώς και της εξτρα-ενδοκρινής σηματοδότησης (συμπεριλαμβανομένης της ενεργοποιημένης με AMP πρωτεϊνικής κινάσης) (Jobgen et al. 2006, Yao et al. 2008). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η αργινίνη καθορίζει την αποτελεσματικότητα χρήσης των πρωτεϊνών και τελικά την ανάπτυξη των ψαριών, καθώς ευνοεί τη συσσώρευση πρωτεϊνών, την μείωση του λίπους στα υδρόβια και χερσαία ζώα και την επιρροή της ποιότητας του νεκρού ψαριού (Farhat & Khan 2012).

2.Ιστιδίνη

Η ιστοδίνη λαμβάνει χώρα στο μεταβολισμό μονάδων άνθρακα, επηρεάζοντας έτσι το DNA και την πρωτεϊνική σύνθεση (Peng et al. 2008). Η αυξημένη συγκέντρωση ενδομυϊκής ιστοδίνης γίνεται αισθητή, λίγο πριν από την μετανάστευση *Salmonoides* (Mommensen et al. 1980). Σπουδαίος είναι ο ρόλος της ιστοδίνης αφού προσφέρει την επιθυμητή γεύση και υφή (π.χ. γλυκύτητα, βαρύτητα και πάχος) καθώς και τη διατροφική συμπλήρωση της ιστοδίνης που είναι ικανή να βελτιώσει τα αισθητήρια χαρακτηριστικά (π.χ. γεύση) των υδατοκαλλιεργημένων θαλασσινών (Ogata 2002). Επιπροσθέτως, στη διατροφή η συμπλήρωση της ιστοδίνης αύξησε τα επίπεδα της ενδομυϊκής ιστοδίνης και το pH, μειώνοντας ταυτόχρονα τη διάσπαση των μυών (Førde-Skjærвик et al. 2006).

3.Λευκίνη

Η υπερβολική λευκίνη οδήγησε στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της τροφής, αλλά μείωσε την πρόσληψη τροφής, την ανάπτυξη και την εναπόθεση πρωτεϊνών της ιριδίζουσας πέστροφας(*Oncorhynchus mykiss*) πιθανότατα λόγω ανταγωνισμού μεταξύ των AA(Choo et al.1991).Συγκεκριμένα το ενδιαφέρον στράφηκε στην αύξηση του διεγερτικού αποτελέσματος των συμπληρωματικώνβ-υδροξυλ-β-μεθυλο-βουτυρική (HMB,μεταβολίτης λευκίνης),στην ανάπτυξη και ανοσία σε πολλά ψάρια υδατοκαλλιέργειας με ψυχρό νερό(Siwicki et al.2003).

4.Λυσίνη

Η λυσίνη είναι συνήθως ένα από τα πιο περιορισμένα συστατικά των ΑπαραίτητωνΑμινοξέων(AA),που συμβάλλουν στην παραγωγή εμπορικών ζωοτροφών για ψάρια,ειδικά όταν τα ιχθυάλευρα αντικαθίστανται από φυτικές πηγές πρωτεϊνών(Mai et al 2006).Οι υψηλές απαιτήσεις των ιχθύων σε λυσίνη οφείλονται στην μεγάλη συγκέντρωση,αυτού του αμινοξέος στις πρωτεΐνες των μυών των ιχθύων(Bergeet al.1998).Τα επίπεδα της διατροφικής λυσίνης, επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στην απόδοση των ψαριών και στην υγεία τους(Peng et al.2008).Επιπρόσθετα,η διατροφική συμπλήρωση λυσίνης είναι αποδοτική στην ενίσχυση των ανοσοαποκρίσεων και στη γαστρεντερική ανάπτυξη γαστρικών ψαριών(*Jian carp(Cyprinus carpio var. Jian)*)(Zhou 2005).

5.Μεθειονίνη

Η μεθειονίνη είναι συχνά το πρώτο περιοριστικό AA σε πολλές δίαιτες ψαριών και συγκεκριμένα σε αυτές που συμπεριλαμβάνουν υψηλά επίπεδα πηγών φυτικής πρωτεΐνης,κυρίως το αλεύρι σόγιας και το αλεύρι φιστικιών(Mai et al.2006).

6. Τρυπτοφάνη

Η τρυπτοφάνη έχει την ικανότητα να μετατραπεί σε σεροτονίνη (5-υδροξυτρυπταμίνη, ένας νευροδιαβιβαστής) και μελατονίνη (αντιοξειδωτικό) (Fang et al. 2002). Η συμπλήρωση διατροφής με L-τρυπτοφάνη οδηγεί στην αναστολή της επιθετικότητας στην Ιριδιζούσας πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) (Hseu et al. 2003), στην μείωση του κανιβαλισμού και της ανορεξίας που δημιουργείται από το άγχος στα ιχθύδια (Höglund et al. 2007) και στην αποτροπή μιας επαγόμενης από το στρες αύξησης της κορτιζόλης (Lepage et al. 2003). Η αύξηση της κορτιζόλης επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη, στην πρόσληψη τροφής, στην προσρόφιση των πρωτεϊνών, στην ανοσία και στην πρόκληση ασθένειας (Vijayan et al. 1996). Η τρυπτοφάνη χρησιμοποιείται ως μια πολλά υποσχόμενη διατροφική στρατηγική για τη διαχείριση της υγείας στην υδατοκαλλιέργεια (π.χ. μεταφορά, χειρισμός και εμβολιασμός) (Peng et al. 2008).

2.1.2 Λίπη

«Με τον όρο «λιπίδιο» νοείται μια χημικά ετερογενής ομάδα ουσιών, οποία έχει ως κοινή ιδιότητα την αδιαλυτότητα στο νερό, αλλά και την διαλυτότητα στους μη πολικούς διαλύτες όπως το χλωροφόρμιο, υδρογονοάνθρακες ή τριαιθυλακόλες» (Gurr & James 1975). Τα λίπη παρότι αποτελούν πηγή ενεργείας για τα ψαριά αφού είναι το κύριο θρεπτικό συστατικό, συμμετέχουν και στην εξοικονόμηση πρωτεΐνης σε πολλά είδη ιχθύων (Wilson 1989, Sargent et al. 1989). Το ποσοστό του λίπους στους ιχθύες είναι 10%-20% της ξηρης ουσίας του μείγματος διατροφής και είναι αρκετό για την αποτελεσματική αξιοποίηση της πρωτεΐνης που αποσκοπεί στην ανάπτυξη των ιχθύων χωρίς μεγάλη εναπόθεση λίπους στους ιστούς (Cowey & Sargent 1979, Watanabe 1982, Sargent et al. 1989). Ωστόσο, η καθορισμένη ποσότητα λίπους που είναι απαραίτητη, εξαρτάται από το επίπεδο της πρωτεΐνης στο μείγμα διατροφής, όμως στην περίπτωση αυτή του κυπρίνου (*Cyprinus carpio*) επηρεάζεται και από τα επίπεδα των υδατανθράκων (Watanabe 1982, Sargent et al. 1989). «Το διαιτητικό λιπίδιο παρέχει επίσης απαραί-

τητα λιπαρά οξέα που δεν μπορούν να συντεθούν από τον οργανισμό»(Sargent et al.1995).Τα λιπαρά οξέα διακρίνονται σε α) κορεσμένα λιπαρά οξέα(χωρίς διπλούς δεσμούς),(β) πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (>2 διπλούς δεσμούς),(γ) εξαιρετικά ακόρεστα λιπαρά οξέα(> 4 διπλούς δεσμούς)(Craig&Helfrich 2002).Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα(Polyunsaturated Fatty Acids PUFA)είναι συνήθως της σειράς των ω-3 λιπαρών οξέων, αν και υπάρχουν ορισμένα της σειράς των ω-6και στην περίπτωση των PUFA με 16 άτομα άνθρακα και της σειράς των ω-9(Halver&Hardy 2015).Το 18:3 ω-3 ή/και το 18:2 ω-6 έχουν την δυνατότητα να καλύπτουν τις ανάγκες των ιχθύων γλυκού νερού σε απαραίτητα λιπαρά οξέα,αντίθετα για την κάλυψη των αντίστοιχων αναγκών των ιχθύων θαλασσινού νερού απαιτούνται επιπλέον τα ω-3 υψηλά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα(Highly Unsaturated Fatty Acids-HUFA),δηλαδή το 20:5ω-3 και 22:6ω-3 λιπαρό οξύ(Yone 1978,Watanabe 1982,Kanazawa 1985).Τα εν λόγω PUFA καλούνται απαραίτητα λιπαρά οξέα και περιλαμβάνουν ω-6 και ω-3 λιπαρά οξέα,και συγκεκριμένα το λινελαϊκό οξύ (18:2 ω-6)και το α-λινολενικό οξύ(18:3ω-3)(Halver&Hardy2015). Οι ποσοτικές απαιτήσεις σε απαραίτητα λιπαρά οξέα είναι πολύ πιθανό να διαφέρουν ανάλογα με τα ολικά λίπη του μείγματος διατροφής,τα οποία μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των ιχθύων(Izquiero1996).

2.1.3 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες στις ιχθυοτροφές των ψαριών διακρίνονται σε πολύ εύπεπτες μόνο-,δι-και ολιγοσακχαρίτες και σε αδιάλυτες και μη πέψιμες όπως ημι-κυτταρίνεςκαι κυτταρίνη,με πηγές τα φύκια και το πλαγκτόν σε εκλεπτυσμένους κόκκουςκαι προϊόντα σόγιας (Krogdahl et al.2005) .

Κατηγορίες υδατανθράκων :

- Μονοσακχαρίτες:Οι εξόζες(γλυκόζη,γαλακτόζη,φρουκτόζη)και οι πεντόζες ανήκουν σε αυτή την τάξη(Werner 1989).
- ΔισακχαρίτεςκαιΟλιγοσακχαρίτες:Οι ολιγοσακχαρίτες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τους δισακχαρίτες(C₁₂H₂₂O₁₁),τους τρισακχαρίτες(C₁₈H₃₂O₁₆) και τους τετρασακχαρίτες(C₂₄ H₄₂ O₂₁)(Webster&Lim 2002).
- Πολυσακχαρίτες:Οι πολυσακχαρίτες είναι μακρομόρια αποτελούμενα από πολλούς μονοσακχαρίτες που συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικούς δεσμούς(Thanh-Sang&Se-Kwon2014).

Παρότι δεν είναι τόσο σημαντικοί,συμπεριλαμβάνονται οι υδατάνθρακες στις δίαιτες υδατοκαλλιέργειας,με σκοπό τη μείωση του κόστους των ζωοτροφών αφού η δεσμευτική δραστηριότητα των υδατανθράκων γίνεται κατά την διάρκεια παρασκευής των ζωοτροφών(Prabu et al.2017).Οι εύπεπτοι υδατάνθρακες στη διατροφή κατά την ανάπτυξη και τη χρήση τους στις ζωοτροφές ήταν 9,6%(με 16%λίπος)(Shimeno et al.1985).Η ικανότητα των ψαριών να χρησιμοποιήσουν τους διατροφικούς υδατάνθρακες για την ενέργεια, ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό σε πολλά σαρκοφάγα είδη έναντι των φυτοφάγων και των παμφάγων ειδών που τους χρησιμοποιούν λιγότερο αποτελεσματικά(Wilson 1994).Οι προετοιμασμένες τροφές για σαρκοφάγα ψάρια ,κατά κύριο λόγο εμπεριέχουν λιγότερο από το 20%του διαλυτού υδατάνθρακα, σε αντίθεση με τις ιχθυοτροφές για παμφάγα που περιέχουν 25%έως45%(Gatlin 2010).Τα ένζυμα που παρατηρούνται στις κύριες μεταβολικές οδούς υδατανθράκων είναι η γλυκόλυση,ο κύκλος τρικαρβοξυλικού οξέος,η απόφραξη φωσφορικής πεντόζης,η γλυκονεογένεση και το γλυκογόνο(Cowey&Walton 1989).

2.1.4 Βιταμίνες

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ενώσεις που είναι απαραίτητες σε μικρές ποσότητες και αποσκοπούν στην κανονική ανάπτυξη, στην αναπαραγωγή και στην υγεία (N.R.C. 1993). Μόνο για περιορισμένο αριθμό είδη ιχθύων και για έναν περιορισμένο αριθμό βιταμινών είναι διαθέσιμα σε ποσοστά οι απαιτήσεις τους σε βιταμίνες (Gouillou-Coustans & Kaushik 2001, Halver 2002). Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες περιλαμβάνουν την βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ) και πολλά μέλη της ομάδας βιταμίνης B (θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη, πυριδοξίνη, βιοτίνη, φολικό οξύ, παντοθενικό οξύ και χολίνη) (Mian N. Riaz et al. 2009). Δεκαπέντε βιταμίνες είναι απαραίτητες για τα χερσαία ζώα και για πολλά είδη ψαριών που έχουν εξεταστεί (Halver 2002).

Πίνακας 2. Βιταμίνες και μερικές από τις κύριες λειτουργίες τους όπως καθιερώθηκαν στα ψάρια.	
Λιποδιαλυτές βιταμίνες	Λειτουργία
Βιταμίνη A ,ρετινόλη	Συντήρηση επιθηλιακού ιστού, Όραση
Βιταμίνη D	Ασβεστοποίηση οστών, Παραθυρεοειδής ορμόνη
Βιταμίνη E, τοκοφερόλη	Βιολογικό αντιοξειδωτικό
Βιταμίνη K	Πήξη του αίματος
Υδατοδιαλυτές Βιταμίνες	
Θειαμίνη, B1	Μεταβολισμός υδατανθράκων
Ριβοφλαβίνη ,B2	Μεταφορά υδρογόνου

Πυριδοξίνη, Β6	Μεταβολισμό πρωτεΐνης
Παντοθενικό οξύ	Μεταβολισμό λιπιδίων και υδατανθράκων
Νιασίνη	Μεταφορά υδρογόνου
Βιοτίνη	Καρβοξυλίωση και Αποκαρβοξυλίωση
Χολίνη	Διατροφικός παράγοντας, Συστατικό των κυττάρων
Φολικό οξύ	Μεταβολισμό ενός άνθρακα
Κυανοκοβαλαμίνη, Β12	Σχηματισμό ερυθρών αιμοσφαιρίων
Ασκορβικό οξύ, Βιταμίνη C	Θρόμβωση αίματος, Σύνθεση κολλαγόνου
Ινισιτόλη	Συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών

(Gatlin 2010)

2.1.4.1 Λιποδιαλυτές Βιταμίνες

Βιταμίνη Α (ρετινόλη)

Η βιταμίνη Α είναι αναγκαία για την κανονική δομή και λειτουργία των ματιών και των βραγχίων, μέσω της συμβολής του μεταβολισμού των βλεννοπολυσακχαριτών και των οπτικών χρωστικών, για την γενική συντήρηση επιθηλιακών ιστών των διαφόρων φυσιολογικών συστημάτων (Halver 1982).

Βιταμίνη D

Τα σημάδια ανεπάρκειας της βιταμίνης D περιλαμβάνουν την αργή ανάπτυξη, την εξασθένηση της ομοιόστασης του ασβεστίου που εκδηλώνεται από κλινικά συμπτώματα τετανίας των λευκών σκελετικών μυών και υπερδομικών αλλαγών στις ίνες των λευκών μυών του οφθαλμικού μύος (George et al. 1979), και μια αύξηση στην τριαζοθυρονίνη του πλάσματος (Leatherland et al. 1980).

Βιταμίνη Ε

Η βιταμίνη Ε δρα ως λιποδιαλυτό αντιοξειδωτικό και είναι απαραίτητο για την προστασία των βιολογικών μεμβρανών που περιέχουν φωσφολιπίδια, όπως η μεμβράνη του πλάσματος των ερυθροκυττάρων και των υποκυτταρικών μεμβρανών των μιτοχονδρίων και των μικροσωμάτων (Halver 1982).

Βιταμίνη Κ

Η βιταμίνη Κ είναι ένας απαιτούμενος συμπαράγοντας για ένα μικροσωμικό ενζυμικό σύστημα που καρβοξυλιώνει τα γλουταμυλικά υπολείμματα των πρόδρομων πρωτεϊνών αφού έχουν πήξει το αίμα με υπολείμματα β-καρβοξυγλουταμικού οξέος σε βιολογικά δραστικές πρωτεΐνες (Suttie 1980). Η απαίτηση της πέστροφα σε βιταμίνη Κ συμβάλλει στη σύνθεση του πλάσματος των πρωτεϊνών (προθρομβίνη και θρομβοπλαστική), οι οποίες είναι θεμελιώδεις για την πήξη του αίματος (Poston 1964).

2.1.4.1 Υδατοδιαλυτές Βιταμίνες

Θειαμίνη

Η μορφή δράσης της θειαμίνης (βιταμίνη B1) είναι η πυροφωσφορική θειαμίνη (TPP), η οποία δρα ως συνένζυμο στον μεταβολισμό των ενζυμικών υδατανθράκων, συνεπώς η τρανσκετολάση, η αφυδρογονάση του πυροφωσφορικού άλατος και η α-κετογλουταμική αφυδρογονάση (Hansen et al. 2015). Η θειαμινάση διαχωρίζει το μόριο της θειαμίνης και την απενεργοποιεί (Koski et al. 2001, Amcoff et al. 2002). Το επίπεδο της τρανσκετολάσης ερυθροκυττάρων (Brin 1963), έχει χρησιμοποιηθεί ως εύθραυστος ειδικός δείκτης της κατάστασης θειαμίνης στα ψάρια (Cowey et al. 1975). Το επίπεδο δραστηριότητας της τρανσκετολάσης των νεφρών ελαττώνεται, προτού η έλλειψη της θειαμίνης στην ιριδιζουσα πέστροφα κάνει την εμφάνιση της στα εξωτερικά σημεία, καθώς η ανεπάρκεια της θειαμίνης οδηγεί στην βραδεία ανάπτυξη, στην ανορεξία, στην υπερέκταση, στους σπασμούς, στην αστάθεια και στην απώλεια ισορροπίας (Halver 1953, Lemitz & Spannhof 1977). Συνεπώς, η δραστηριότητα της τρανσκετολάσης παρατηρείται να είναι ένας φερέγγυος βιοδείκτης θειαμινικού καθεστώτος επιπλέον στα ψάρια με χαμηλότερη δραστηριότητα αυτής όταν δίνονται δίαιτες σε ψάρια με έλλειψη θειαμίνης (Cowey et al. 1975).

Ριβοφλαβίνη

Η ριβοφλαβίνη είναι η μοναδική βιταμίνη B όπου η έλλειψη της δίνει νανισμό στο σώμα (κοντούς σπονδύλους σώματος) (Murai & Andrews 1978, Serrini et al. 1996). Η ανομοιότητα στις εκτιμώμενες απαιτήσεις μπορεί να διευκρινίσει τις αλλαγές στο ποσοστό ανάπτυξης όπου βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση με το μέγεθος των ψαριών, το οποίο επηρεάζει και πάλι το μεταβολικό κύκλο εργασιών (Waagbø 2010). Η αύξηση της διατροφικής ριβοφλαβίνης και μείωση της περιεκτικότητας σε λιπίδια στους μύες προβάλλει με αυτό τον τρόπο τον σημαντικό ρόλο της ριβοφλαβίνης στον ενεργειακό μεταβολισμό (Brønstad et al. 2002). Με βάση την παραπάνω παρατήρηση η συμπληρωματική διαίτα με ριβοφλαβίνη στο ψάρι θα πρέπει να κυμαίνεται στο βασικό επίπεδο 6-8 mg kg⁻¹, αφού δεν παρατηρείται καμία επίδραση στην ανάπτυξη, τη θνησιμότητα ή τον κορεσμό των ιστών (Hansen et al. 2015).

Παντοθενικό οξύ

Η έλλειψη παντοθενικών οξέων δημιουργεί μια κατάσταση που ονομάζεται διατροφική ασθένεια των βραγχιών(Wolf 1945, Halver 1953). Συνεπώς το πιο εμφανές σύμπτωμα ανεπάρκειας παντοθενικού οξέος έχει ως συνέπεια την υπερπλασία των επιθηλιακών κυττάρων των ελασματοειδών ελασμάτων, που καλούνται βράγχια (Wilson et al. 1983, Murai & Andrews 1979, Karges & Woodward 1984, Roem et al. 1991, Soliman & Wilson 1992, Barrows et al. 2008, Lin et al. 2012, Olsvik et al. 2013). Τα βράγχια εμφανίστηκαν έπειτα από 8 εβδομάδες σε ανεπαρκές παντοθενικό οξύ(Lin et al. 2012). Οι πέστροφες με έλλειψη παντοθενικού οξέος(Poston & Page 1980) εμφάνισαν συγκολλημένες μεταμιτοχονδριακές βλάβες(δηλ. συσσωματωμένα μιτοχόνδρια).

Πυριδοξίνη (B6)

Η πυριδοξίνη ενεργεί ως φωσφορυλιωμένο συνένζυμο φωσφορική πυριδοξάλη (PLP) σε πολλές αντιδράσεις όπως τρανσαμινάσες στον μεταβολισμό αμινοξέων, σερίνη παλμιτοϋλοτρανσφεράσης (SPT) στο μεταβολισμό των λιπιδίων και στην διαμόρφωση πορφυρινών (Hansen et al. 2015).

Βιοτίνη

Τα σημάδια ανεπάρκειας της βιοτίνης στην πέστροφα και στον σολομό συμπεριλαμβάνουν την ανορεξία, την αργή ανάπτυξη, την αυξημένη θνησιμότητα και την κακή μετατροπή τροφής(McLaren et al. 1947). Επίσης, τον εκφυλισμό(Castledine et al. 1978), την καταθλιπτική δραστηριότητα ηπατικού ακετυλίου CoA καρβοξυλάση και της πυροσταφυλικής καρβοξυλάσης, την ανώμαλη σύνθεση λιπαρών οξέων και γλυκογόνου(Poston & McCartney 1974). Επιπλέον, δημιουργία εκφυλιστικά κυψελιδικά κύτταρα του παγκρέατος καθώς και την απόθεση του γλυκογόνου στους σωληνίσκους των νεφρών(Poston & Page 1980).

Φολικό οξύ

Οι διατροφικές ελλείψεις είτε φολικό οξύ και ρ-αμινοβενζοϊκό οξύ(Phillips et al. 1964), είτε φολικού οξέος και βιταμίνης B12(John & Mahajan 1979) στοχεύει στην ανάπτυξη μιας πιο έντονης αναμίας στα ψάρια.

Κυανοκοβαλαμίνη (Βιταμίνη B12)

Η βιταμίνη B12 (κυανοκοβαλαμίνη) καθορίζεται ως η λειτουργική μορφή και αναφέρεται συλλογικά ως κομπαμίδια συνενζύμων καθώς είναι σημαντική για την φυσιολογική ανάπτυξη, τον φυσιολογικό σχηματισμό αίματος και τον υγιή νευρικό ιστό των ιχθύων (Halver 1982).

Χολίνη

Η απαιτούμενη ποσότητα χολίνης στη διατροφή εξαρτάται από το επίπεδο, αλλά και τα θρεπτικά συστατικά όπως μεθειονίνη, φλουκτίνη ή βιταμίνη B12, που είναι απαραίτητα για ανάπτυξη, την αποτελεσματική μετατροπή των τροφίμων και την πρόληψη των λιπιδίων από τα σκώτια της πέστροφας (McLaren et al. 1947) και του σολομού (Halver 1957). Η σύνθεση επαρκούς χολίνης επιτυγχάνεται από την πέστροφα, μέσω της διατροφικής μεθυλαμινοαιθανόλης και από την διμεθυλαμινοαιθανόλη, αλλά όχι από αμινοαιθανόλη ή βεταΐνη (Ketola 1976).

Ινοσιτόλη

Οι συνέπειες από την ανεπάρκεια της ινοσιτόλης είναι η ανορεξία, η αναιμία, η μειωμένη ανάπτυξη, η αναποτελεσματικότητα της μετατροπής της τροφής, η μείωση του ρυθμού γαστρικής εκκένωσης και της δραστηριότητας της χολινεστεράσης και ορισμένων τρανσαμινασών (Halver 1982). Η αυξημένη συγκέντρωση διατροφικής γλυκόζης πιθανόν να αυξήσει την ανάγκη για ινοσιτόλη σε μερικά ψάρια (Shitanda et al. 1971).

2.1.5 Ιχνοστοιχεία

Ο ρόλος των ανόργανων ιχνοστοιχείων σχετίζεται με τον κυτταρικό μεταβολισμό έτσι ώστε οι απαιτήσεις τους στην διατροφή να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διατροφή, στην υδατοκαλλιέργεια(Chanda et al.2015). Τα βασικά μέταλλα που υπάρχουν σε μικρές ποσότητες(ή επίπεδα ιχνοστοιχείων),είναι ο σίδηρος,το μαγγάνιο,ο ψευδάργυρος,ο χαλκός,το κοβάλτιο,το σελήνιο,το χρώμιο και ιώδιο(Lall 1979).

Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος παρέχει κρίσιμο ρόλο στην οξειδωση και στη μείωση της αντίδρασης και μεταφοράς ηλεκτρονίων που συνδέεται με την κυτταρική αναπνοή(Chanda et al.2015).Επιπροσθέτως,ο σίδηρος με μορφή αιμοσφαιρίνης εμφανίζεται στα ερυθροκύτταρα ενώ με μορφή της τρανσφερίνης παρατηρείται στο πλάσμα(Watanabe et al.1997).Επιπλέον γίνεται αναφορά ότι η προσθήκη θεικού σιδήρου στη διατροφή πέστροφας δείχνει σημαντική αύξηση στην οξειδωση αυτής της δίαιτας(Desjardins et al.1987).Όπως και σε άλλα ζώα,το ασκορβικό οξύ εμπλέκεται στο μεταβολισμό του σιδήρου και αντίστροφα στα ψάρια(Desjardins 1985).

Χαλκός(Cu)

Ο χαλκός (Cu) είναι ένα βασικό ιχνοστοιχείο για όλα τα ζώα συμπεριλαμβανομένων και των ψαριών(O'Dell1984,Mertz1986,Lall1989).Σημαντικός είναι ο ρόλος του, στη δραστηριότητα των ενζύμων όπως κυτοχρωμική οξειδάση,δισμουτάση υπεροξειδίου, οξειδάση λυσυλίου,υδροξυλάση ντοπαμίνης και τυροσινάση(Chanda et al.2015).Η έλλειψη χαλκού στα ψάρια επηρέασε τις δράσεις της οξειδάσης του κυτοχρώματος στο όργανο της καρδιάς καθώς και την υπεροξειδική δισμουτάσης ψευδαργύρου-χαλκού στο ήπαρ(Chanda et al.2015).

2.1.6 Πρόσθετα

2.1.6.1 Προβιοτικά-Πρεβιοτικά

Τα προβιοτικά είναι ζωντανοί μικροβιακοί οργανισμοί, συστατικά μικροβιακών κυττάρων ή προϊόντα μικροβίων (Gatesoupe 1999, Nakano 2007, Weese et al. 2008). Η προβιοτική και η πρεβιοτική χρήση τους στις ιχθυοτροφές, στοχεύει στην καλύτερη υγεία, στην βελτίωση της ανοχής σε ασθένειες, στην βελτιωμένη απόδοση της ανάπτυξης, στις μειωμένες δυσπλασίες, στην βελτιωμένη μορφολογία του γαστρ-εντερικού σωλήνα και στην ισορροπία μικροβίων (Merrifield et al. 2010). Ο ρόλος τους είναι να προστατεύουν με την καθιέρωση ανεπαρκούς περιβάλλοντος για τον πολλαπλασιασμό των παθογόνων παραγόντων, μέσω του ανταγωνισμού για τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, καθώς μειώνουν το pH του εντέρου και των σημείων πρόσφυσης, απελευθερώνοντας χημικά με βακτηριοκτόνες ή βακτηριοστατικές επιδράσεις σε άλλους μικροβιακούς πληθυσμούς και ενισχύουν τη βελτίωση της ανοσολογικής απόκρισης (Balcazar et al. 2006a, Balcazar et al. 2006b, Nakano 2007, Kesarodi-Watson et al. 2008). Οι δίαιτες που περιέχουν πρεβιοτικά μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση της ανοχής στο στρες και στην ανθεκτικότητα σε ασθένειες των ιχθύων (Nakano 2007). Η ορθή προσθήκη των προβιοτικών σε ορισμένες ιχθυοτροφές μαζί με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, μπορούν να οριστούν ως τρόφιμα με στοχευόμενες λειτουργίες στο σώμα των ψαριών αφού καλυτερεύουν την υγεία και την καλή διαβίωση ενώ παράλληλα μειώνουν τον κίνδυνο στους ιχθύες (Parracho et al. 2008).

2.1.6.2 Αντιμικροβιακά

Η χρήση αντιμικροβιακών φαρμάκων στην υδατοκαλλιέργεια μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να επιφέρει αφού,ελέγχει τις βακτηριακές λοιμώξεις,παρότι,έχει και αρκετές παρενέργειες που επηρεάζουν τόσο το ψάρι όσο και το περιβάλλον καθώς συσχετίζονται με την υπερβολική χρήση τους(Bowker etal.2011).Η χρήση των αντιβακτηριακών παραγόντων που συμπεριλαμβάνονται στην ιχθυοτροφή, χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό χωρίς περιορισμούς στην υδατοκαλλιέργεια στην χώρα μας, καθώς και σε πολλές χώρες με υψηλή και αυξανόμενη παραγωγή υδατοκαλλιέργειας(FAO 2006,Reimschuessel etal.2013).Επίσης τα αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια έχουν την ικανότητα να προκαλέσουν μικροβιακές ιδιότητες ανθεκτικότητας και ανάπτυξης του φόβου για πιθανή εξάπλωση στα βακτήρια που αφορούν τα χερσαία ζώα,συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων (FAO 2006).Η διατροφή χαμηλότερων συγκεντρώσεων αντιβιοτικών ή μείωση ο αριθμός ημερών που χορηγείται το φάρμακο μπορεί να αποτρέψει τα παθογόνα βακτήρια να δημιουργήσουν αντίσταση στο αντιβιοτικό(Ranjan etal.2017).Στα αντιμικροβιακά φάρμακα περιλαμβάνονται η αμοξικιλίνη και διάφορα άλλα αντιβιοτικά όπως,τετρακυκλίνη,κινολόνη,φθοροκινολόνη και σουλφοναμίδη(Lunestad etal.2008,Metcalf etal.2008,Defoirdt etal.2011).Τα ψάρια που τρέφονται λιγότερο χρειάζονται υψηλότερα ποσοστά αντιβιοτικών στη διατροφή τους,ωστόσο υπάρχουν νόμιμα όρια για το νόμιμα επιτρεπτό ποσό, καθώς και πρακτικές εκτιμήσεις, παρότι ορισμένα αντιβιοτικά σε υψηλές δόσεις γίνονται μη βρώσιμα(π.χ.πολλά αντιβακτηριακά)(Barnes etal.1995,Smith etal.1996,Winton2001,Noga etal.2010).

2.1.6.3 Φυτικά

Η χρήση φυτικών πρόσθετων αύξησε την ανάπτυξη και τη χρήση αυτών στις ζωοτροφές των ψαριών και ελάττωσε τις ασθένειες μέσω της ρύθμισης των παθογόνων στη γαστρεντερική οδό (Farahi et al. 2012, Manaf et al. 2016). Είναι ικανά να προωθήσουν την ανάπτυξη, ενισχύουν τη βελτίωση του ανοσοποιητικού συστήματος, έχουν αντιμικροβιακές ικανότητες, τονώνουν την όρεξη και έχουν χαρακτηριστικά κατά του στρες (Citarasu 2010). Τα φυτικά πρόσθετα αποτελούν μια φυσική πηγή που είναι ασφαλής και προσιτή, έχει αποδειχθεί ότι προωθεί διάφορες λειτουργίες όπως αντι-στρες, αυξητικό παράγοντα, διέγερση της όρεξης και ανοσοδιέγερση στις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας (Citarasu & Babu 2002, Sivaram et al. 2004). Παρέχουν βοήθεια στην συμπλήρωση της ανεπάρκειας ορισμένων θρεπτικών ουσιών και φυτοχημικών (Ogunkalu 2020). Ωστόσο αρκετά εκχυλίσματα από φυτά και μπαχαρικά παρασκευάζονται για να αυξήσουν την απόδοση των ιχθύων μέσω διέγερσης της δράσης σε εκκρίσεις του εντέρου ή μέσω άμεσης βακτηριοκτόνου επίδρασης στη μικροχλωρίδα του εντέρου και ιδιαίτερα, οι δραστικές αρχές των φυτών στις δίαιτες δημιουργούν τη ροή του πεπτικού ενζύμου και την ενίσχυση της ανάπτυξης φυτικών που κατάφερε να οδηγήσει στην υψηλότερη σύνθεση πρωτεϊνών (Citarasu 2010). Έπειτα από αρκετές μελέτες δόθηκε το συμπέρασμα ότι τα φυτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πολλά υποσχόμενα αντιβιοτικά. Μετά από πρόκληση με παθογόνα, εμφανίσθηκε αύξηση των ποσοστών επιβίωσης των μολυσμένων ιχθύων ύστερα από την τροφοδότηση με διάφορα ανοσοδιεγερτικά, εμβόλια και προβιοτικά (Gudmundsdóttir & Magnadóttir 1997, Sakai 1999, Brunt et al. 2007). Τα εκχυλίσματα φυτικών ενώσεων δρουν ως ανοσοδιεγερτικά για την ενίσχυση της ανοσολογικής απόκρισης των ψαριών (Siwicki 1990, Hardie et al. 1991, Thompson et al. 1993), δηλαδή (λυσοζύμη, συμπλήρωμα, αντιπρωτεάση, μελοϋπεροξειδάση, δραστικά είδη οξυγόνου (ROS), αντιδραστικά είδη αζώτου, φαγοκυττάρωση, αναπνευστική δραστηριότητα έκρηξης, νιτρικό οξείδιο, ολικά αιμοκύτταρα, γλουταθειόνη υπεροξειδάση (GPx) και φαινολοξειδάση, κατά βακτηριακών, μυκητιακών, ιογενών και παρασιτικών ασθενειών (Harikrishnan et al. 2011).

3.Ευζωία Ιχθύων

«Η έννοια της ευζωίας των ψαριών είναι μάλλον περίπλοκη(Poli2009)».Η ευζωία των ιχθύων στην υδατοκαλλιέργεια αποδόθηκε ως το αντίθετο της αντοχής καθώς η αντοχή αποτελεί ένα σύμπλεγμα αρνητικών φυσικών,φυσιολογικών και συμπεριφορικών συνθηκών,με το κυριότερο όλων την ατομική υποκειμενική εμπειρία του ζώου σε αυτές τις συνθήκες(Huntingford2002).Επομένως ως ευζωία καλείται η καλή διαβίωση δηλαδή η απουσία ταλαιπωρίας(Huntingfordetal.2006).Στον τομέα των υδατοκαλλιγιών, χρήζεται ιδιαίτερη προσοχή στο κομμάτι της ευζωίας,αφού η αιχμαλωσία περιορίζει τη διάρκεια ζωής των ιχθύων και οι ιχθύες νιώθουν τον πόνο και την ταλαιπωρία(Volpato etal.2009).Η διαδικασία ή δραστηριότητα που αλλοιώνει την καλή μεταχείριση των εκτρεφόμενων ψαριών θα έχει αρνητική επίδραση στην αποδοχή τους,στην αποδοτικότητα της παραγωγής τους,στην ποιότητα και στην ποσότητα τους(FSBI2002). Επομένως,αυτά συμπεριλαμβάνουν το μειωμένο προσδόκιμο ζωής και την αυτοκατανάλωση(Broom1991),την αντοχή σε ασθένεια(Balm1997),το επίπεδο γαλακτικού οξέος (Erikson etal.1999)και τη μείωση της ανοσολογικής λειτουργίας (Einarsdottir et al.2000).Επίσης καταστέλλει την αναπαραγωγική λειτουργία(Schreck et al.2001),το επίπεδο κορτιζόλης(Barton2002),τους μεταβολίτες των ψαριών(Ruare&Komen2003), τις φυσικές,μορφολογικέςκαι συμπεριφορικές μεταβολές(Huntingford &Kadir2008) και το επίπεδο λυσοζύμης(Hristov etal.2009).Επιπλέον καταστέλλει τη γλυκόζη(Poli 2009),τις συνθήκες βάρους,την ανάπτυξη των πτερυγίων και των βραγχίων καθώς και αλλαγές στα μάτια και στις επιφάνειες του σώματος(Avizienus 2009).Ακόμα μειώνουν τις παράμετρους ποιότητας νερού(Relic etal.2010)και της δυσκολίας στην αναπνοή (Aas-Hansen&Damsgard 2006)κ.α..Οι "πέντε ελευθερίες" που αποτυπώθηκαν από την Brambell Committee Report το(1965),έγιναν αποδεκτές στα συστήματα εκτροφής των ιχθύων,αφού προσδιορίζουν τους ανασολογικούς δείκτες της ευζωίας των ιχθύων και αναφέρονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα(FAWC 1996).

Πίνακας3:Οι πέντε ελευθερίες καλής διαβίωσης των ζώων(FAWC 1996) και οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της διαταραχής της καλής διαβίωσης.

Πέντε ελευθερίες της ευζωίας των ζώων	Δείκτες
1. Ελευθερία από την πείνα και τη δίψα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Πρόσληψη τροφής, ρυθμοί ανάπτυξης, ο συντελεστής της κατάστασης
2. Ελευθερία από δυσφορία	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φυσική ζημιά: κατάσταση βραγχίων, καταρράκτες, αλλοιώσεις ανοσολογικών αποκρίσεων (π.χ. δραστηριότητα λυσοζύμης, διαταραχή της αναπνευστικής δραστηριότητας, φαγοκυτταρική δραστηριότητα)
3.Ελευθερία από τον πόνο,τον τραυματισμό ή την ασθένεια	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Παρακολούθηση του περιβάλλοντος: νερό παρακολούθηση της ποιότητας (διαλυμένο οξυγόνο, αμμωνία,ρΗ, διοξείδιο του άνθρακα, αιωρούμενα στερεά) ▪ Στοχοθετημένη δειγματοληψία των ψαριών: κατάσταση των βραγχίων ,έλεγχος μόλυνσης από παράσιτα
4. Ελευθερία έκφρασης κανονικής συμπεριφοράς	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μη φυσιολογική συμπεριφορά: κολύμβηση και συμπεριφορά διατροφής, διανομή των ψαριών μέσα σε ένα σύστημα (π.χ.συσσώρευση γύρω από τις εισροές)
5. Ελευθερία από φόβο και αγωνία	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μέτρηση των πρωτογενών και δευτερογενών αποκρίσεων στο στρες: Πλάσμα, κορτιζόλη, γλυκόζη,γαλακτικό οξύ,μυϊκή δράση

3.1 Καταπόνηση(Stress) στους ιχθύες

Ο πιο ευρέως αποδεκτός ορισμός που αποδόθηκε για τον σκοπό της ανταπόκρισης στο στρες σε ζώα και σε ανθρώπους είναι αυτός που περιγράφεται ως απάντηση μιας σειράς νευροενδοκρινικών συμβάντων που ενεργοποιούνται από μια απειλή που γίνεται αντιληπτή και έχει ως έμμεσο σκοπό την προστασία ή την αποκατάσταση της ομοιόστασης (Johnson et al. 1992). Πιθανόν να συμπεριλαμβάνονται στρεσογόνοι παράγοντες στα ψάρια όπως, η φτωχή ποιότητα νερού (Pavlidis et al. 2003, Ruane & Komen 2003), οι φυσικές διαταραχές όπως οι μεταφορές (Iversen et al. 1998, 2005, Barton et al. 2002) ή υποβέλτιστες πυκνότητες εκτροφής και τα κοινωνικά περιβάλλοντα (Turnbull et al. 1998, Ellis et al. 2002, Sangiao-Alvarellos et al. 2005). Το άγχος μπορεί να διακριθεί σε ήπιο ή χρόνιο (Ugwemorubong & Ojo 2011). Το ήπιο, βραχυπρόθεσμο στρες έχει ελάχιστες σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, σε σύγκριση με το μακροχρόνιο στρες (Tulloch 2001). Η απόκριση στο άγχος στα ψάρια έχει κατηγοριοποιηθεί ευρέως στις πρωτογενείς, δευτερογενείς και τριτοταγείς αποκρίσεις (Mazeaud & Mazeaud 1981, Donaldson 1981, Wedemeyer et al. 1990, Anderson 1990, Barton 2002, Iwama et al. 2004, Ellis et al. 2012). Η πρωτογενής απόκριση (η νευροενδοκρινική απόκριση) περιλαμβάνει την ταχεία απελευθέρωση ορμονών στρες, κατεχολαμινών και κορτικοστεροειδών, στην κυκλοφορία του αίματος (Wendelaar-Bonga 1997, Reid et al. 1998, Mommsen et al. 1999). Η δευτερογενής απόκριση περιλαμβάνει τις διάφορες βιοχημικές και φυσιολογικές επιδράσεις όπως μεταβολικές αλλαγές (αυξημένη γλυκόζη και γαλακτικό στο αίμα και μειωμένο γλυκόγονο στους ιστούς), οσμωτική διαταραχή (ισορροπία νερού/ιόντων), αλλαγές στα αιματολογικά χαρακτηριστικά (αιματοκρίτης, λευκοκρίτης και αιμοσφαιρίνη), κυτταρικές μεταβολές (αυξημένο θερμικό σοκ ή ως παραγωγή πρωτεΐνης στο στρες) και αλλαγές στην ανταπόκριση (δραστηριότητα λυσοζύμης και παραγωγή αντισωμάτων) (Pickering 1981, Iwama et al. 1997, Iwama et al. 1998, Mommsen et al. 1999). Η τριτοταγής απόκριση αναφέρεται στην απόδοση ολόκληρου του ψαριού, όπως αλλαγές στην ανάπτυξη, στην συνολική αντίσταση σε ασθένειες, στο μεταβολικό πεδίο δράσης, στη συμπεριφορά και τελικά στην επιβίωση του (Wedemeyer & McLeay 1981, Wedemeyer et al. 1990).

Κατηγορίες της απόκρισης του στρες

Πρωτογενής απόκριση στρες

Η πρωτογενής απόκριση στρες αποτελείται από μια σειρά φυσιολογικών παραμέτρων με υψηλά τα επίπεδα κορτιζόλης στο πλάσμα όπου συνήθως αποτελεί την χρησιμοποιούμενη και ισχυρή ένδειξη για την κακή ευημερία των ψαριών, καθώς έχει μια καλά τεκμηριωμένη επιβλαβή επίδραση στα ψάρια (Huntingford et al. 2006). Η κύρια αντίδραση στρες στα ψάρια συμπεριλαμβάνει την απελευθέρωση των κατεχολαμινών και την ενεργοποίηση του υποθαλάμου-υπόφυσης-επινεφριδίων (HPI) άξονα (Asley 2007). Παράγοντας απελευθέρωσης της κορτικοτροπίνης από τον υποθάλαμο εκτελείται στην υπόφυση για την σύνθεση και την απελευθέρωση κορτικοτροπικής ορμόνης, η οποία με τη σειρά της θα υποκινήσει τη σύνθεση και την κινητοποίηση των γλυκοκορτικοειδών ορμονών (κορτιζόλη σε τελεοστεοϊχθύες) στα ενδογενή κύτταρα (Schreck 1981, Wendelaar-Bonga 1997). Οι κατεχολαμίνες και η κορτιζόλη είναι παράγοντες που γίνονται αφορμή για την ύπαρξη δευτερογενών και τριτογενών αποκρίσεων στο στρες (Schreck et al. 2001). Επομένως συχνά χρησιμοποιούνται τα επίπεδα γλυκόζης και γαλακτικού οξέος στο πλάσμα μαζί με κορτιζόλη για την εκτίμηση των επιπέδων στρες (Arends et al. 1999, Acerete et al. 2004).

Δευτερογενής απόκριση στρες

«Οι επιδράσεις που περιλαμβάνονται στην δευτερογενή απόκριση στρες είναι: οι αλλαγές στα ποσοστά του κύκλου εργασιών και στην έκκριση άλλων ορμονών και νευροδιαβιβαστών, ο αυξημένος καρδιακός ρυθμός, η ροή αίματος στα βράγχια, η βελτίωση της αναπνευστικής ικανότητας και η αύξηση της κινητοποίησης ενέργειας στα αποθηκευμένα αποθέματα (Wendelaar-Bonga 1997, FSBI 2002)». Στην φάση αυτής της αντίδρασης το κέντρο είναι μια σειρά καρδιοαναπνευστικών αλλαγών στα ψάρια που περιλαμβάνουν την αύξηση της αναπνευστικής ικανότητας, το καρδιακό ρυθμό και τον όγκο εγκεφαλικού επεισοδίου, και τη ροή αίματος στα βράγχια, συνοδευόμενη από κινητοποίηση αποθεμάτων υδατανθράκων και λιπιδίων (Pickering & Pottinger 1995). Πολλές από αυτές τις αλλαγές αποδίδονται στην πρωτογενή αδρενεργική απόκριση (Fabbrì et al. 1998, Perry & Bernier 1999). Η κορτιζόλη έχει κάποια επίδραση, κυρίως καταβολική, στις μεταβολικές διεργασίες (Andersen et al. 1991) και είναι ικανή να ενεργεί σε συνεννόηση με κατεχολαμίνες (Perry & Reid 1993), τείνοντας τα πιο αξιοσημείωτα αποτελέσματα να γίνονται αντιληπτά ως αρνητικά.

Διατροφή και Δείκτες ευζωίας

Διατροφή και Δείκτες Καταπόνησης(stress)

Οι κυριότεροι δείκτες της καταπόνησης(stress)των ιχθύων,που σχετίζονται με τη διατροφή είναι τα αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης,γλυκόζης και του γαλακτικού οξέος.Η κορτιζόλη θεωρείται το κύριο γλυκοκορτικοειδές στους ιχθύες και το τελικό προϊόν της ενεργοποίησης του άξονα υποθάλαμου-υπόφυσης-επινεφριδίων(HPI) (Wenderlaag-Bonga 1997).Αποτελεί ένας αξιόπιστο δείκτη στρες ακόμη και σε κάποιες περιπτώσεις στρεσογόνου στρες(Pickering et al.1982,Fanouraki et al.2011).Η κορτιζόλη πιστεύεται ότι είναι ικανή να προκαλέσει αρκετές επιδράσεις στους στρεσογόνους παράγοντες στις φυσιολογικές,μεταβολικές και συμπεριφορικές διαδικασίες(Wenderlaag - Bong1997,Mommsen et al.1999,Barton2002,Aluru&Vijayan2009).Η σύνθεσή της επηρεάζεται ως ένα βαθμό από τον τρόπο πρόσληψης της τροφής(Barton et al.1988,Barcellos et al.2010).Όπως αποτυπώθηκε από το πείραμα των Lealet al.(2011) τόσο το χρόνιο στρες όσο και η διαιτητική κορτιζόλη ελαχιστοποιούν την πρόσληψη τροφής και έχουν αρνητική επίδραση στην αποδοτικότητα μετατροπής των ιχθυοτροφών,θέτοντας σε επιρροή σοβαρά την απόδοση του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*).Οι ιχθύες υποβλήθηκαν σε ένα κυκλικό στρεσογόνο παράγοντα,τροποποιώντας την καθημερινή τους τροφή σε μια προσπάθεια να αποφευχθούν οι παρεμβολές στο χρόνο του στρες.Η καθυστέρηση στο χρόνο σίτισης όταν τα ψάρια βρίσκονται σε κατάσταση οξέως στρες πιθανόν να έχει ουσιαστικά προσαρμοστική σημασία(Leal et al.2011).Επίσης η σύνθεση της διατροφής μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα ανταπόκρισης στο στρες(Sadoul et al.2016).Σύμφωνα με το πείραμα των Serradell et al.(2020)η χρήση λειτουργικών πρόσθετων προκάλεσε σημαντική μείωση στην συγκέντρωση της κορτιζόλης.Τα άτομα του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) τράφηκαν με τρεις διαφορετικές ισοενεργητικές και ισονιτρογενείς δίαιτες με χαμηλό ιχθυάλευρο(fishmeal,FM) και ιχθυέλαιο(fishoil,FO)και εξετάστηκαν με γνώμονα τη συμπλήρωση είτε με 0,5%γαλακτομαννανολιγосακχαρίδια(δίαιταGMOS)ή0,02%ένος μείγματος αιθέριων ελαίων(δίαιτα PHYTO)και μια μη συμπληρωμένη διατροφή που ορίστηκε ως διατροφή ελέγχου.Τα λειτουργικά πρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθούν με σκοπό να μειώσουν τις επιπτώσεις στην υγεία και την ανθεκτικότητα σε ασθένειες που προέρχονται από αυτήν την αντικατάσταση,μέσω της ενίσχυσης του ανοσοποιητικού συστήματος

(Serradell et al.2020).Όπως αποδείχθηκε στο πείραμα των Mechlaoui et al.(2019)ότι η τοποθέτηση της οργανικής μορφής σεληνίου(Se) στην δίαιτα μείωσε σημαντικά την κορτιζόλη του πλάσματος μετά από 2 ώρες οξέως άγχους.Στα ψάρια της τσιπούρας (*Sparus aurata*) χορηγήθηκε μια δίαιτα ελέγχου χωρίς συμπλήρωμα Se και χρησίμευσε ως βασική διατροφή για τις άλλες 4 πειραματικές ιχθυοτροφές, που ήταν συμπληρωμένες είτε με 0,2ή0,5mgSe/kg που παρέχεται με την μορφή NaSe ή οργανική μορφή Se και εκτέθηκαν σε οξύ και χρόνια στρες.Για την ανάλυση της κορτιζόλης πραγματοποιήθηκαν 3 δειγματοληψίες αίματος σε 0 και 2 ώρες μετά από το οξύ στρες και 7 μέρες μετά το χρόνο(Mechlaoui et al.2019).Επιπροσθέτως,η αύξηση της κορτιζόλης διαρκεί ώρες κάτω από συνθήκες οξέως στρες σε αντίθεση με τις συνθήκες χρόνιου στρες που οι τιμές παραμένουν σε υψηλά επίπεδα για μέρες ή εβδομάδες(Pickering&Pottinger 1989,Iwama et al.2006).

Άλλος ένας σημαντικός δείκτης που φαίνεται η καταπόνηση στους ιχθύες, είναι τα υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης γλυκόζης.Ωστόσο η περιεκτικότητα σε γλυκόζη είναι ένας λιγότερο ακριβής δείκτης στρες από την κορτιζόλη(Wedemeyer et al. 1990,Pottinger 1998).Η γλυκόζη είναι ένας υδατάνθρακας που παίζει σημαντικό ρόλο στη βιοενέργεια των ζώων,μετατρέποντας την σε χημική ενέργεια(ATP)(Lucas 1996).Η συγκέντρωση γλυκόζης στο πλάσμα,μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης κατασταλαμμένης κατάστασης στα ψάρια και είναι η πιο συχνά μετρημένη παράμετρος της δευτερογενούς απόκρισης στρες στα ψάρια(Barton et al.2002).Σε στρεσογόνες καταστάσεις(εσωτερικές ή εξωτερικές) τα κύτταρα χρωφίνης απελευθερώνουν ορμόνες κατεχολαμίνης,αδρεναλίνης και νοραδρεναλίνης προς την κυκλοφορία του αίματος (Reid et al. 1998).Οι παραπάνω ορμόνες καλούνται ορμόνες του στρες και σε συνδυασμό με την κορτιζόλη κινητοποιούν και αυξάνουν την παραγωγή γλυκόζης στα ψάρια μέσω της γλυκογένεσης και της γλυκογονόλυσης(Iwama et al. 1999).Η παραγωγή γλυκόζης προκαλείται κυρίως από τη δράση της κορτιζόλης που διεγείρει τη γλυκονεογένεση του ήπατος καθώς και σταματά την πρόσληψη περιφερικού σακχάρου (Wedemeyer et al.1990).Ακολουθώς η γλυκόζη απελευθερώνεται(από το ήπαρ και τους μυς)προς την κυκλοφορία του αίματος και εισέρχεται στα κύτταρα μέσω της δράσης της ινσουλίνης(Nelson&Cox 2005).Η συγκέντρωση σε γλυκόζη επηρεάζεται

και από εξωτερικούς παράγοντες όπως διατροφή, το στάδιο ζωής και ο χρόνος από την τελευταία σίτιση(Nakano&Tomlinson1967,McLeay1977,Bartonetal. 1988,Wedemeyer etal.1990).Σύμφωνα με το πείραμα των Ogunji etal.(2008) τα ιχθύδια της τιλάπιας (*O. Niloticus*) που τράφηκαν με γεύμα σκουληκιών μύγας (housefly maggot (maggot))δεν εμφάνισαν καμίας μορφής φυσιολογικού στρες ως εκ τούτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πρόσθετο σαν μια καλή εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης στις δίαιτες της τιλάπιας(*O. Niloticus*).Τα ψάρια σε συνθήκες άγχους εμφανίζουν μείωση στην ανάπτυξή τους,αυξημένη συγκέντρωση γλυκόζης ολικού αίματος(υπεργλυκαιμία)και συγκεντρώση της κορτιζόλης στο πλάσμα.Οι Diogenes etal.(2018) έπειτα από το πείραμά τους οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η συμπλήρωση της διαιτητικής τρυπτοφάνης (Trp)σε διαφορετικά ποσοστά σε τρεις δίαιτες βασισμένες σε αποξηραμένους κόκκους των αποσταγμάτων σε διαλύματα(DDGS)στα νεαρά άτομα τσιπούρας(*Sparusaurata*),αύξησαν τα επίπεδα της γλυκόζης στο πλάσμα και την ηπατική δραστηριότητα των γλυκογονιδίων των βασικών ενζύμων.

Επίσης,το διαιτητικό συμπλήρωμα τρυπτοφάνης (Trp) αποκαθιστά τα επίπεδα της γλυκόζης στο πλάσμα των ψαριών που διατηρούνται σε υψηλή πυκνότητα εκτροφής σε επίπεδα ίδια με εκείνα των ψαριών που διατηρούνται σε χαμηλή πυκνότητα εκτροφής.Επιπρόσθετα,η συμπλήρωση της διαιτητικής τρυπτοφάνης (Trp)δεν ανέστρεψε την αρνητική επίδραση στην πυκνότητα της εκτροφής,αλλά φαίνεται να περιορίσει την ανταπόκριση στο στρες των νεαρών ατόμων που διατηρούνται σε υψηλή πυκνότητα εκτροφής.

Ενκατακλείδι άλλος ένας σημαντικός δείκτης που φαίνεται η καταπόνηση (stress)στα ψάρια είναι η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος.Το γαλακτικό οξύ είναι μια χημική ένωση που παίζει ρόλο στον αναερόβιο μεταβολισμό ζώων,παράγεται από πυροσταφυλικό οξύ μέσω του ενζύμου γαλακτικής δεϋδρογόνωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης και θεωρείται δείκτης άγχους στα ψάρια (Thomas etal.1999,Grutter&Pankhurst2000).

Διατροφή και Ανοσοαπόκριση

Στα ψάρια, η έμφυτη ανοσοαπόκριση πιστεύεται ότι αποτελεί το απαραίτητο συστατικό για την καταπολέμηση των παθογόνων, λόγω των περιορισμών του προσαρμοστικού ανοσοποιητικού συστήματος, της ποικιλόθερμης φύσης τους, της περιορισμένης ποικιλίας αντισωμάτων τους και του αργού πολλαπλασιασμού, της ωρίμανσης και της μνήμης των λεμφοκυττάρων τους (Whyte 2007). Η έμφυτη ανοσοαπόκριση στα ψάρια συνδέεται με την έναρξη των φλεγμονωδών καταρρακτών όπως η επαγόμενη από ιντερφερόνη πρωτεΐνη σύνδεσης GTP-Mx1 (Mx), η ιντερλευκίνη 1β (IL-1β) και το αμυλοειδές-Αορού (SAA) (Olson et al. 2013) αποτελεί απόκριση σε ένα συγκεκριμένο στρες (Bayne et al. 2001, Magnadóttir 2006). Επιπλέον, η λυσοζύμη ενεργοποιεί το σύστημα συμπληρώματος και τα φαγοκυτταρικά κύτταρα με σκοπό να καταπολεμήσουν διάφορα παθογόνα (Magnadóttir 2006). Το στρες έχει μεταβλητές επιδράσεις στις έμφυτες ανοσολογικές παραμέτρους των ψαριών (Cnaani & McLean 2009). Έπειτα από επεισόδια στρες έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στο νευρικό και ενδοκρινικό σύστημα των ψαριών δημιουργώντας συνέπειες στο ανοσοποιητικό σύστημα και επομένως επηρεάζουν την ικανότητα διατήρησης της ανοσοανεπάρκειας (Tort et al. 2004). Ως δείκτης απόκρισης του στρες μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορα συστατικά της μη ειδικής ανοσοαπόκρισης για να δείξουν αλλοιωμένη ανοσολογική κατάσταση (Iwama et al. 1997, Arends et al. 1999, Hoole et al. 2003, Kodama et al. 2004, Cnaani & McLean 2009, Yildiz et al. 2009). Η μη ειδική ανοσοαπόκριση είναι ένας θεμελιώδης αμυντικός μηχανισμός στα ψάρια και παίζει βασικό ρόλο στην επίκτητη ανοσοαπόκριση και την ομοίωση μέσω ενός συστήματος πρωτεϊνών-υποδοχείς (Uribe et al. 2011). Αυτές οι πρωτεΐνες-υποδοχείς αναγνωρίζουν μοριακά μοτίβα παθογόνων μικροοργανισμών, όπως πολυσακχαρίτες, λιποπολυσακχαρίτες (LPS), βακτηριακό DNA, πεπτιδογλυκάνων, ιικό RNA και άλλα μόρια που δεν βρίσκονται στην επιφάνεια πολυκυτταρικών οργανισμών (Uribe et al. 2011). Οι αλλαγές θερμοκρασίας, η διαχείριση του στρες και η πυκνότητα μπορεί να έχουν κατασταλτικά αποτελέσματα σε αυτόν τον τύπο απόκρισης, ενώ αρκετά πρόσθετα τροφίμων και ανοσοδιεγερτικά μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητά του (Magnadóttir 2006, 2010). Σύμφωνα με το πείραμα των Deng et al. (2019) αποδόθηκε το συμπέρασμα ότι το διατροφικό χαλικό νάτριο (sodium humate (SH)), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χρήσιμo πρόσθετο τροφής στις δίαιτες της τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*) σε ποσοστό 0,28-0,37% (SH). Το ποσοστό αυτό θεωρήθηκε ως βέλτιστο επίπεδο συμπλήρωσης του χαλικού νατρίου (sodium humate (SH)) καθώς επηρεάζει σημαντικά τον ημερήσιο συ-

ντελεστή ανάπτυξης(DGC),την κατακράτηση πρωτεϊνών(PR),κατακράτηση ενέργειας (ER),τα ένζυμα που σχετίζονται με αντιοξειδωτικά μέσω του εντέρου (υπεροξειδίο δισμου-
τάση,καταλάση,υπεροξειδάση γλουταθειόνης,γλουταθειόνη S-τρανσφεράση)και το περιε-
χόμενο γλουταθειόνης,ο ορός και οι δράσεις της λυσοζύμης μέσω του εντέρου,το ποσοστό
φαγοκυττάρωσης(PP) μακροφάγων του νεφρού και το ποσοστό επιβίωσης μετά την πρό-
κληση από το *A.hydrophila*.Τα ψάρια τράφηκαν με συμπληρωμένες δίαιτες με βαθμολογη-
μένα τα επίπεδα του χαλικού νατρίου (sodium humate)(0%,0,1%,0,2%,0,4% και0,6%).Οι
Reda et al.(2018)στο πείραμα τους παρατήρησαν έπειτα από τη χορήγηση νουκλεοτιδίων
στη ζύμη σε ποσοστό 0,25% στην τιάπια(*Oreochromis niloticus*),βελτίωση στις μη ανο-
σολογικές παραμέτρους,στη δραστικότητα της λυσοζύμης,στη δράση της πρωτεάσης,στην
αντιοξειδωτική δράση και στην αντίσταση σε ασθένειες.Στα ψάρια χορηγήθηκαν τέσσερις
διαφορετικές δίαιτες με διαφορετικά ποσοστά νουκλεοτιδίων ζύμης(0%(μάρτυρας),
0,05%,0,15% και 0,25%)

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω πειράματα, αποδεικνύεται ότι ορισμένα συστατικά που προστίθενται στις πειραματικές ιχθυοτροφές, μόνο χρήσιμα μπορούν να φάνουν αφού βοηθούν στην ενίσχυση της ανοσοαπόκρισης και στην μείωση της ανταπόκρισης στο στρες, συνεπώς στην διατήρηση της ευζωίας. Στις πειραματικές μελέτες, που σχετίζονταν με το δείκτη καταπόνησης κορτιζόλη, παρατηρήθηκε μείωση στα επίπεδα της κορτιζόλης έπειτα από την προσθήκη λειτουργικών πρόσθετων. Επίσης όταν τα ψάρια βρίσκονται σε κατάσταση χρόνιου στρες, η διαιτητική κορτιζόλη ελαχιστοποιεί τη πρόσληψη της τροφής και έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αποδοτικότητα μετατροπής της, στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Τα επίπεδα της γλυκόζης, αυξήθηκαν μετά από την προσθήκη της τρυπτοφάνης (Trp) στις πειραματικές ιχθυοτροφές της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του γεύματος σκουληκιού μύγας (housefly maggot (magma)) στις ιχθυοτροφές της τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*). Τα άτομα τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*) που τράφηκαν με νουκλεοτίδια ζύμης και με διατροφικό χαλικό νάτριο παρατηρήθηκε ότι εμφάνισαν βελτίωση στην μη ειδική ανοσοαπόκριση και στην υγεία τους. Το γεύμα σκουληκιών μύγας (housefly maggot (magma)) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης στα άτομα της τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*) καθώς δεν προκάλεσε καμία μορφή φυσιολογικού στρες. Επομένως, το χαλικό νάτριο και το γεύμα σκουληκιών μύγας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον στις καθημερινές δίαιτες, που χορηγούνται στις υδατοκαλλιέργειες της τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*). Με δεδομένο ότι η διατροφή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες καταπόνησης (stress) στα ψάρια των υδατοκαλλιεργειών, πρέπει να χορηγούνται καθημερινά επαρκείς ποσότητες τόσο σε απαραίτητα θρεπτικά συστατικά όσο και σε πρόσθετα, προκειμένου να αποφευχθεί η καταπόνηση (stress) στα ψάρια. Εν κατακλείδι στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών η διατροφή συμβάλλει σε ένα μεγάλο βαθμό στην διατήρηση της ευζωίας.

Βιβλιογραφία

Articles

- Acerete L., Balasch J.C., Espinosa E., Josa A., Tort L.(2004) Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*. L.) subjected to stress by transport and handling. *Aquaculture* 237:167–178.
- Aluru N, Vijayan MM (2009) Stress transcriptomics in fish: a role for genomic cortisol signaling. *Gen Comp Endocrinol* 164: 142-150.
- Amcoff P., Akerman G., Tjamlund U., Borjeson H., Norrgren L.,Balk L. (2002) Physiological, biochemical and morphological studies of Baltic salmon yolk-sac fry with an experimental thiamine deficiency: relations to the M74 syndrome. *Aquat. Toxicol.*61:15–33.
- Anderson DP. (1990) Immunological indicators: Effects of environmental stress on immune protection and disease outbreaks. *American Fisheries Society Symposium*.8:38-50
- Andersen, D.E., Reid, S.D., Moon, T.W.,Perry, S.F. (1991)Metabolic effects associated with chronically elevated cortisol inrainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*48:1811–1817.
- Arends R.J., Mancera J.M., Munoz J.L., Bonga S.E.W., Flik G.(1999)The stress response of the gilthead sea bream(*Sparus aurata* L.) to air exposure and confinement. *J. Endocrinol.* 163:149–157.
- Ashley P. (2007). Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*
- Avizienus J. (2009): On-farm assessment of fish welfare. Norecopa, Gardemoen, Oslo
- Balcazar J.L.,De Blas I., Ruiz-Zarzuela I., Cunningham D.,Vendrell D.,Muzquiz J.L. (2006a) The role of probiotics in aquaculture. *Veterinary Microbiology* 114 :173–186
- Balcazar J.L., Decamp O., Vendrell D., De Blas I.,Ruiz-Zarzuela I. (2006b) Health and nutritional properties of probiotics in fish and shellfish. *Microbial Ecology inHealth and Disease* 18:65–70
- Barcellos L.J.G., Marqueze A., Trapp M., Quevedo R.M., Ferreira,D., (2010)The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture* 300:231–236.
- Barnes A.C., Hastings, T.S.,Amyes S.G.B. (1995), aquaculture antibacterials are antagonized by seawater cations. *Journal of fish diseases*, 18: 463-465.
- Barrows F.T., Gaylord T.G., Sealey W.M., Porter L. ,Smith C.E. (2008) The effect of vitamin premix in extruded plant-based and fish meal based diets on growth efficiency and health of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 283:148–155
- Barton B. A., Schreck C. B., Fowler L. G. (1988)Fasting and diet content affect stress-induced changes in plasma glucose and cortisol in juvenile chinook salmon. *The Progressive Fish Culturist*. 50: 16-22.
- Barton B.A. (2002) Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrated Comparative Biology* 42: 517-525.

- Bayne C., Gerwick L., Fujiki K., Nakao M., Yano T. (2001) Immune-relevant (including acute phase) genes identified in the livers of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, by means of suppression subtractive hybridization. *Developmental & Comparative Immunology* 25:205–217
- Berge G.E., Sveier H., Lied E. (1998). Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolic effect of lysine. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 120A: 447–485
- Brin M. (1963) Thiamin deficiency and erythrocyte metabolism. *Am. clin. Nutr.* 12:107-116.
- Brambell Committee (1965). Report of the Technical Committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive husbandry systems. Command report 2836. Her Majesty's Stationery Office, London, UK.
- Broom D.M. (1991) Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science* 69: 4167-4175
- Brønstad I., Bjerkas I., Waabø R. (2002) The need for riboflavin supplementation in high and low energy diets for Atlantic salmon *Salmo salar* L. parr. *Aquacult. Nutr.*, 8:209–220
- Brunt J, Newaj-Fyzul A, Austin B (2007) The development of probiotics for the control of multiple bacterial diseases of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 30: 573–579.
- Castledine A. J., Cho C. Y., Slinger S. J., Hicks B., Bayley H. S. (1978) Influence of dietary biotin level on growth, metabolism and pathology of rainbow trout. *J. Nutr.* 108:698-711
- Chanda S., Paul B. N. K., Ghosh K., Giri S. S. (2015), Dietary essentiality of trace minerals in aquaculture-A Review. *Agricultural Reviews* 36:100-112
- Cho C. Y. (1990) Fish nutrition, feeds, and feeding: With special emphasis on salmonid aquaculture, *Food Reviews International*, 6:3:333-357,
- Choo P, Smith TK, Cho CY, Ferguson HW (1991) Dietary excesses of leucine influence growth and body composition of rainbow trout. *J Nutr* 121:1932–1939.
- Citarasu T., Babu, M. M. (2002) Developing Artemia Enriched Herbal Diet for Producing Quality Larvae in *Penaeus monodon* Fabricius. *Asian Fisheries Science* 15:21-32.
- Citarasu T. (2010). Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18(3):403-414.
- Cnaani A., McLean E. (2009) Time-course response of cobia (*Rachycentron canadum*) to acute stress. *Aquaculture* 289:140–142
- Cowey C.B., Adron J.W., Knox D., Ball G.T. (1975) Studies on nutrition of marine flatfish- Thiamine requirement of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Br. J. Nutr.* 34:383–390.
- Craig S., Helfrich L. (2002) Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding*. Virginia Cooperation Extension.
- Defoirdt T, Sorgeloos P, Bossier P (2011) Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture. *Curr Opin Microbiol* 14(3): 251-258.
- Deng J., Lin B., Zhang X., Guo L., Chen L., Li G., Wang Q., Yu C., Mi H. (2019), Effects of dietary sodium humate on growth, antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in genetic

- improvement of farmed tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*) Aquaculture p. 734788
- Desjardins L.M. (1985). The effect of iron supplementation on diet rancidity and on the growth and physiological response of rainbow trout. M.Sc. Thesis, The University of Guelph, Ontario, p.174
 - Desjardins L.M., Hicks B., Hilton J.W. (1987). Iron catalysed oxidation of trout diets and its effect on the growth and physiological response of rainbow trout. *Fish Physiol. Biochem.* 3: 173-182.
 - Diógenes A., Teixeira C., Almeida E., Skrzyńska A.K., Costas B., Oliva-Teles, A., Peres H. (2018). Effects of dietary tryptophan and chronic stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles fed corn distillers dried grains with solubles (DDGS) based diets. *Aquaculture* p. 498
 - Ellis T, North B, Scott AP, Bromage NR, Porter M, Gadd D (2002) The relationships between stocking density and the welfare of farmed rainbow trout. *J Fish Biol* 61:493–531
 - Ellis T, Yildiz HY, López-Olmeda J, Spedicato MT, Tort L, Øverli Ø, Martins CI. (2012), Cortisol and finfish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*. 38:163-188
 - Einarsdottir I.E., Nilssen K.J., Iversen M. (2000), Effects of rearing stress on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) antibody response to a non-pathogenic antigen. *Aquaculture Research* 31: 923–930.
 - Erikson U., Sigholt T., Rustad T., Einarsdottir I.E. & Jørgensen L. (1999) Contribution of bleeding to total handling stress during slaughter of Atlantic salmon *Aquaculture International* 7:101–115
 - Fabbri, E., Capuzzo, A., Moon, T.W. (1998) The role of circulating catecholamines in the regulation of fish metabolism: an overview. *Comparative Biochemistry and Physiology C – Toxicology & Pharmacology*, 120:177–92
 - Fang YZ, Yang S, Wu G (2002) Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition* 8:872–879
 - Fanouraki E, Mylonas CC, Papandroulakis N, Pavlidis M (2011) Species specificity in the magnitude and duration of the acute stress response in Mediterranean marine fish in culture. *Gen Comp Endocrinol* 173(2):313–322.
 - FAO (1988). Definition of aquaculture, Seventh Session of the IPFC Working Party of Experts on Aquaculture, IPFC/WPA/WPZ, p.1-3, RAPA/FAO, Bangkok.
 - FAO/OIE/WHO (2006) Antimicrobial Use in Aquaculture and Antimicrobial Resistances.
 - Farahi A., Kasiri M., Sudagar, M., Soleimani Iraei M., Zorriehzaha S. M. J. (2012) Effect of dietary supplementation of *Melissa officinalis* and *Aloe vera* on hematological traits, lipid oxidation of carcass and performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Online Journal of Animal and Feed Research*, 1:1-5.
 - Farhat, M., Khan A. (2012), Effects of dietary arginine levels on growth, feed conversion, protein productive value and carcass composition of stinging catfish fingerling *Heteropneustes fossilis* (Bloch), *Aquaculture International* 20: 5:935
 - FAWC (1996). Report on the welfare of fish.
 - Fisheries Society of the British Isles (2002). Briefing Paper 2. Fish Welfare. Fisheries Society of the British Isles, Granta Information Systems. www.nal.usda.gov/awic/pubs/Fishwelfare/FSBI.pdf. Accessed February 12, 2008.

- Førde-Skjærvik O, Skjærvik O, Mørkøre T, Thomassen MS, Rørvik KA (2006) Dietary influence on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect on glycolysis and buffering capacity in white muscle. *Aquaculture* 252:409–42
- FSBI (2002), Fish Welfare. Briefing Paper 2, Fisheries Society of the British Isles, Granta Information Centre, Cambridge, UK.
- Gatesoupe F.J. (1999) The use of probiotics in aquaculture [Review]. *Aquaculture* 180:147–165
- Gatlin D.M., (2010). Principles of Fish Nutrition. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC fact sheets, SRAC Publication No. 5003:8
- George J. C., Barnett B. J., Cho C. Y., Slinger S. J. (1979) Impairment of white skeletal muscle in vitamin D3 deficient rainbow trout. *J. Nutr.* 109, xxiii. (Abstr.)
- Gudmundsdóttir B.K., Magnadóttir B. (1997) Protection of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against an experimental infection of *Aeromonas salmonicida* sp. *achromogenes*. *Fish & Shellfish Immunology* 7(1): 55–69.
- Grutter A., Pankhurst N. (2000). The effects of capture, handling, confinement and ectoparasite load on plasma levels of cortisol, glucose and lactate in the coral reef fish *Hemigymnus melapterus*. *Journal of Fish Biology*. 57:391 - 401.
- Halver J. E. (1957) Nutrition of salmonid fishes. III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.* 62:225-243.
- Halver J.E. (1982) The vitamins required for cultivated salmonids, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 73:1:43-50,
- Hansen A.C., Waagbø R., Hemre G.I. (2015), New B vitamin recommendations in fish when fed plant-based diets. *Aquacult. Nutri*
- Hardie LJ, Fletcher TC, Secombes CJ (1991) The effect of dietary vitamin C on the immune response of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 95: 201–214.
- Harikrishnan R., Balasundaram C., Heo M.S. (2011) Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture* 317(1): 1–15
- Hilton J.W., Slinger S.J. (1981), Nutrition and feeding of rainbow trout, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 55:15
- Höglund E., Sorensen C., Bakke M.J., Nilsson G.E., Øverli Ø. (2007) Attenuation of stress-induced anorexia in brown trout (*Salmo trutta*) by pre-treatment with dietary L-tryptophan. *Br J Nutr* 97:786–789
- Hoole D., Lewis J.W., Schuwerack P.M., Chakravarthy C., Shrive A.K., Greenough T.J., Cartwright J.R. (2003) Inflammatory interactions in fish exposed to pollutants and parasites: a role for apoptosis and C reactive protein. *Parasitology* 126: 71–85
- Hseu J.R., Lu F.I., Su H.M., Wang L.S., Tsai C.L., Hwang P.P. (2003) Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture* 218:251–263
- Huntingford F. (2002). Welfare and Aquaculture. Proc. Int. Conf. Aquaculture Europe on Sea farming today and tomorrow, Trieste, Italy. European Aquaculture Society Special Publ. 32: 52-54.

- Huntingford F.A., Adams C., Braithwaite V.A., Kadri S., Pottinger T.G., Sandøe P., Turnbull J.F. (2006) Current understanding on fish welfare: a broad overview. *J Fish Biol* 68:332–372
- Iversen M., Finstad B., Nilssen K.J. (1998) Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*, 68:387-394.
- Iversen M., Finstad B., McKinley R., Eliassen R., Carlsen K., Evjen T. (2005). Stress responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts during commercial well boat transports, and effects on survival after transfer to sea. *Aquaculture*. 243:373-382.
- Iwama G.K., Pickering A.D., Sumpter J.P., Schreck C.B.(1997), Fish stress and health in aquaculture. In: Soc. Exp. Biol. Sem. Ser. 62. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, p. 223-246
- Iwama GK, Thomas PT, Forsyth RB, Vijayan MM.(1998), Heat shock protein expression in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 8:35-56
- Iwama G. K., Vijayan M. M., Forsyth R. B., Ackerman P. A. (1999). Heat shock proteins and physiological stress in fish. *American Zoologist*, 39: 901-909.
- Iwama G.K, Afonso L.O.B., Vijayan M.M.,(2004), Stress in Fish. *AquaNet Workshop on Fish Welfare*. B.C. Canada: Campbell River, p. 1-4
- Izquierdo M.S.(1996), *Aquaculture. Nutr.* 2, p.183
- Jobgen W.S., Fried S.K., Fu W.J., Meininger C.J., Wu G. (2006)Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in metab-olism of energy substrates. *J Nutr Biochem* 17:571–588
- John M. J., Mahajan C. L. (1979) The physiological response of fishes to a deficiency of cyanocobalamin and folic acid. *J. Fish. Biol.* 14:127-133.
- Johnson E.O., Kamilaris T.C., Chrousos G.P., Gold P.W. (1992) Mechanisms of stress: a dynamic overview of hormonal and behavioural homeostasis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 16:115–30.
- Karges R.G., Woodward, B. (1984) Development of lamellar epithelial hyperplasia in gills of pantothenic acid-deficient rainbow trout, *Salom gairdneri* R. J. *Fish Biol.*, 25:57–62
- Kesarcodi-Watson A., Kaspar H., Lategan M.J., Gibson L.(2008) Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture* 274:1–14.
- Ketola H. J. (1976) Choline metabolism and nutritional requirement of lake trout, *Salvelinus namaycush*. *J. Anita. Sci.* 43: 470-477
- Kodama H., Matsuoka Y., Tanaka Y., Liu Y.C., Iwasaki T., Watarai S. (2004) Changes of C-reactive protein levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) sera after ex-posure to anti-ectoparasitic chemicals used in aqua- culture. *Fish and Shellfish Immunology* 16:589–597
- Koski P., Soivio A., Hartikainen K., Hirvi T., MyllaeT.(2001) M74 syndrome and thiamine in salmon broodfish and offspring. *Boreal Environ. Res.*, 6:79–92.
- Krogdahl A., Hemre G., MommsenT. (2005). Carbohydrates in fish nutrition: Digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*. 11:103 - 122.
- Kulczykowska E., Sanchez V., Javier F. (2010). Neurohormonal regulation of feed intake and response to nutrients in fish: Aspects of feeding rhythm and stress. *Aquaculture Research*. 41: 654 - 667.

- Leal E., Fernández-Durán B., Guillot R., Rios D., Cerdá-Reverter J. (2011). Stress-induced effects on feeding behavior and growth performance of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*): A self-feeding approach. *Journal of comparative physiology. B, Biochemical, systemic, and environmental physiology.* 181: 1035-44.
- Leatherland J. F., Cho C. Y., Hilton J. W., Slinger S. J. (1980), Further studies on the effect of diet on serum thyroid hormone concentrations and thyroid histology in rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Pisces, Salmonidae). *Env. Biol. Fish.* 5:175-179
- Lemitz R., Spannof T. (1977), Transketolase activity and thiamin deficiency in the kidney of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, fed raw herring. (Transketolaseaktivität bei Thiaminmangel in Niere von Regenbogenforellen, *Salmo gairdneri*, Nach kontinuierlicher Fütterung mit rohem Bering.) *Arch. Tierernähr. Tierz.* 27:287-295.
- Lepage O., Tottmar O., Winberg S. (2003), Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Exp Biol* 205:3679–3687
- Lin Y.H., Lin H.Y., Shiau S.Y. (2012) Estimation of dietary pantothenic acid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus* according to physiological and biochemical parameters. *Aquaculture*, 324:92–96.
- Lunestad B.T., Samuelsen O., Lie Ø. (2008) Veterinary drug use in aquaculture. Improving farmed fish quality and safety 97-127.
- Magnadóttir B. (2006) Innate immunity of fish (overview). *Fish and Shellfish Immunology* 20:137–151.
- Magnadóttir B. (2010): Immunological control of fish diseases. *Journal of Marine Biotechnology* 12: 361–379.
- Mai K., Zhang L., Ai Q., Duan Q., Zhang C., Li H., Wan J., Liufu Z. (2006) Dietary lysine requirement of juvenile seabass (*Lateo-labrax japonicus*). *Aquaculture* 258:535–542
- Manaf S. R., Daud H. M., Alimon A. R., Mustapha N. M., Hamdan R. H., Muniand K. G., Mohamed N. F. A., Razak R., Hamid, N. H. (2016), The Effects of *Vitex trifolia*, *Strobilanthes crispus* and *Aloe vera* Herbal-mixed Dietary Supplementation on Growth Performance and Disease Resistance in Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis sp.*). *J Aquac Res Development*, 7(425), 2.
- McLaren B. A., Keller E., O'Donnell D. J., Elvehjem A. (1947) The nutrition of rainbow trout. I. Studies of vitamin requirements. *Archs Biochem. Biophys.* 15:169- 178
- McLeay D. J. 1977. Development of a blood sugar bioassay for rapidly measuring stressful levels of pulp mill effluent to salmonid fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 477-485
- Mechlaoui M., Domínguez D.G., Robaina L., Geraert P.A., Kaushik S., Saleh, R.A., Briens M., Montero D., Izquierdo M. (2019). Effects of different dietary selenium sources on growth performance, liver and muscle composition, antioxidant status, stress response and expression of related genes in gilthead seabream (*Sparus aurata*).

- Merrifield D.L., Dimitroglou A., Foey A., Davies S.J., Baker R.T.M., Bogwald J., Castex M. & Ringo E. (2010) The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture* 302:1–18
- Mertz W. (1986). *Trace elements in Human Nutrition*. 5th ed. Academic Press, Orlando
- Mian N. R., Muhammad A., Rashida A.(2009) Stability of Vitamins during Extrusion, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49:4:361-368
- Mommsen T.P., French C.J., Hochachka P.W. (1980) Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon. *Can J Zool* 58:1785–1799
- Mommsen T.P., Vijayan M.M., Moon T.W.(1999) Cortisol in teleosts: Dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 9:21-268
- Murai T., Andrews J.W. (1978) Riboflavin requirement of channel catfish fingerlings. *J. Nutr.*, 108:1512–1517.
- Murai T., Andrews, J.W. (1979) Pantothenic acid requirements of channel catfish fingerlings. *J. Nutr.*, 109:1140–1142
- Nakano T, Tomlinson N.(1967) Catecholamine and carbohydrate concentrations in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to physical disturbance. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 24:1701-1715.
- Naylor R. L., Goldburg R. J., Primavera J. H., Kautsky, N., Beveridge M. C. M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H. Troell M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017-1024
- Noga E.J. (2010) *Fish Disease Diagnose and Treatment*. 2nd (edn.), Iowa, Wiley-Blackwell, USA.
- NRC(1993) *Nutrient Requirement of Fish*. Committee on Animal Nutrition .Board on Agriculture, National Research Council. National Academy Press .Washington, D.C. 1993
- O'Dell B.L. (1984). *Present knowledge of Nutrition, Nutrition Reviews*. Nutrition Foundation, Washinton, DC. p. 506.
- Ogata HY (2002) Muscle buffering capacity of yellowtail fed diets supplemented with crystalline histidine. *J Fish Biol* 61 p.1504–1512
- Ogunji J., Kloas W., Wirth M., Neumann N., Pietsch C. (2008). Effect of housefly maggot meal (maggot) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 92:511
- Ogunkalu O. (2020). *Effects of Feed Additives in Fish Feed for Improvement of Aquaculture*.
- Olson W., Emmenegger E., Glenn J., Simchick C., Winton J., Goetz F. (2013). Expression Kinetics of Key Genes in the Early Innate Immune Response to Great Lakes Viral Hemorrhagic Septicemia Virus IVb Infection in Yellow Perch (*Perca flavescens*). *Developmental and comparative immunology*. p. 41
- Olsvik P., Hemre G.-I., Waagbø R. (2013) Exploring early micronutrient deficiencies in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by next-generation sequencing technology - from black box to functional genomics. *PLoS ONE*, 8:69461.
- Pavlidis M., Angellotti L., Papandroulakis N., Divanach, P. (2003) Evaluation of transportation procedures on water quality and fry performance in red porgy (*Pagrus pagrus*) fry. *Aquaculture*, 218:187–202.

- Peng L., Kangsen M., Trushenski J., Guoyao W. (2008). New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino acids*. 37:43-53
- Perry S.F., Reid S.D. (1993) Beta-adrenergic signal-transduction in fish – interactive effects of catecholamines and cortisol. *Fish Physiology and Biochemistry*, 11:195–203
- Perry S.F., Bernier N.J. (1999) The acute humoral adrenergic stress response in fish: facts and fiction. *Aquaculture*, 177:285–95.
- Phillips A. M. JR., Podoliak H. A., Poston H. A., Livingston D. L., Booke H. E., Pyle E. A., Hammer G. L. (1964) The production of anemia in brown trout. *Fish. Res. Bull.* 27:66-70. State of New York Conserv. Dept., Albany.
- Pickering A.D., Pottinger T.G., Christie P. (1982). Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L., from acute handling stress: a time-course study. *J. Fish Biol.* 20: 229-244.
- Pickering A.D., Pottinger T.G. (1989) Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish Physiol Biochem* 7:253–258
- Poli B.M. (2009), Farmed fish welfare-suffering assessment and impact on product quality. *Italian Journal of Animal Sciences* 8: 139-160.
- Poston H. A. (1964), Effect of dietary vitamin K and sulfaguanidine on blood coagulation time, microhematocrit, and growth of immature brook trout. *Progr. Fish-Cult.* 26:59-64.
- Poston H. A., McCartney T. H. (1974), Effect of dietary biotin and lipid on growth, stamina, lipid metabolism and biotin containing enzymes in brook trout. *Salvelinus fontinalis*. *J. Nutr.* 104:315-322.
- Poston H. A., Page J. W. (1980), Biotin and pantothenic acid interrelations in the diet of lake trout: gross and histological deficiency signs. Personal communication.
- Pottinger T. G. (1998). Changes in blood cortisol, glucose and lactate in carp retained in anglers' keepnets. *Journal of Fish Biology*, 53: 728- 742.
- 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.
- Ranjan A., Sahu N., Gupta S., Aklakur Md. (2017), Prospects of Medicated Feed in Aquaculture. *Nutrition & Food Science International Journal*. 3
- Reda R.M., Selim K.M., Mahmoud, El-Araby I.E. (2018). Effect of dietary yeast nucleotide on antioxidant activity, non-specific immunity, intestinal cytokines, and disease resistance in Nile Tilapia. *Fish & Shellfish Immunology*. 80
- Reid SG, Bernier NJ, Perry SF. (1998) The adrenergic stress response in fish: Control of catecholamine storage and release. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 120C:1-27
- Relic R.R., Hristov S.V., Vucinic M.M., Poleksic V.D., Zoran Z., Markovic Z.Z. (2010), Principles of fish welfare assessment in farm rearing conditions. *Journal of Agricultural Sciences* 55 (3): 273-282
- Roem A.J., Stickney R.R., Kohler C.C. (1991) Dietary pantothenic acid requirement of the blue tilapia. *Prog. Fish Cult.*, 53:216–219.

- Ruare N.M., Komen H. (2003) Measuring cortisol in the water as an indicator of stress caused by increased loading density in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 218 (1-4): 685-693
- Sadoul B., Foucard A., Valotaire C., Labbé L., Goardon L., LeCalvez, J., Médale F., Quillet, E., Dupont-Nivet M., Geurden I., Prunet, P., Colson V. (2016). Adaptive capacities from survival to stress responses of two isogenic lines of rainbow trout fed a plant-based diet. *Scientific Reports*. 6:35957.
- Sakai M. (1999) Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, 172:63-92
- Sangiao-Alvarellos S., Guzman J.M., Laiz-Carrión R., Míguez J.M., Del Río, M.P.M., Mancera, J.M., Soengas, J.L. (2005), Interactive effects of high stocking density and food deprivation on carbohydrate metabolism in several tissues of gilthead sea bream *Sparus auratus*. *Journal of Experimental Zoology A – Comparative Experimental Biology*, 303A:761–75
- Sargent JR, Bell JG, Bell MV, Henderson RJ, Tocher DR (1995) Requirement criteria for essential fatty acids. *Journal of Applied Ichthyology* 11: 183– 198.
- Schreck C., Contreras-Sánchez W., Fitzpatrick M. (2001). Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture*. 197:3-24
- Serradell A, Torrecillas S, Makol A, Valdenegro V., Fernández-Montero A., Acosta F., Izquierdo M.S., Montero D. (2020) , Prebiotics and phytogenics functional additives in low fish meal and fish oil based diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Effects on stress and immune responses. *Fish & Shellfish Immunology*., 100:219-229
- Serrini G., Zhang Z., Wilson R.P. (1996) Dietary riboflavin requirement of fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 139:285–290.
- Shimeno S., Hosakawa H., Takeda M., Kajiyama H., Kaisho T. (1985) Effect of Dietary Lipid and Carbohydrate on Growth, Feed Conversion and Body Composition in Young Yellowtail, *Japanese Society of Scientific Fisheries* 51(11):1893-1898
- Shitanda K., Furuchi M., Yone Y. (1971) Studies on nutrition of red sea bream. I. Relationship between inositol requirements and glucose levels in diet. *Rep. Fish. Res. Lab., Japan* 1:29-36.
- Sivaram V., Babu M. M., Immanuel G., Murugadass S., Citarasu T., Marian M. P. (2004). Growth and immune response of juvenile greasy groupers (*Epinephelus tauvina*) fed with herbal antibacterial active principle supplemented diets against *Vibrio harveyi* infections. *Aquaculture*, 237(1-4):9-20.
- Siwicki A.K. (1990) Immunostimulating influence of levamisole on nonspecific immunity in carp (*Cyprinus carpio*). *Developmental and Comparative Immunology* 13(1): 87–91.
- Siwicki A.K., Morand M., Fuller J.C., Nissen S., Goryczko K., Ostaszewski P., Kazun K., Glompski E (2003) Influence of feeding the leucine metabolite β -hydroxy β -methyl butyrate (HMB) on the non-specific cellular and humoral defence mechanisms of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Appl Ichthyol* 19:44–48
- Smith P., Niland T., O'Domhnaill F., O'Tuathaigh G., Hiney M. (1996) Influence of marine sediments and divalent cations on the activity of oxytetracycline against *Listonella anguillarum*. *Bulletin of European Association of Fish Pathologists* 16(2): 54-57

- Soliman A.K., Wilson R.P. (1992) Water-soluble vitamin requirements of tilapia. 1. Pantothenic acid requirement of blue tilapia, *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 104:121–126.
- Suttie J. W. (1980) The metabolic role of vitamin K. *Fedn Proc. Fed, Am. Sacs exp. Biol.* 39:2730-2735.
- Tacon A.D.J., De Silva S.S. (1993). Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. Paper presented at the 6th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, Hobart, Australia.
- Thanh-Sang V., Se Kwan K. (2014), Chapter One-Marine for Regulation of Allergic response, *Advances in Food and Nutrition Research*, 73:1-13
- The Humane Society of the United States, "The Welfare of Animals in the Aquaculture Industry" (2008). *IMPACTS ON FARM ANIMALS*.
- Thomas P. M., Pankhurst N. W., Bremner H. A. (1999) The effect of stress and exercise on post-mortem biochemistry of Atlantic salmon and rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 54: 1177–1196.
- Thompson I., White A., Fletcher T.C., Houlihan D.F., Secombes C.J. (1993) The effect of stress on the immune response of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets containing different amounts of vitamin C. *Aquaculture* 114(1): 1–18.
- Tort L., Balasch J.C., MacKenzie S. (2004) Fish health challenge after stress. Indicators of immunocompetence. *Contributions to Sci (Institut d'Estudis Catalans Barcelona)* 2(4): 443–454
- Tullock J.H. (2001) *Natural Reef Aquaring*. TFH Publications, Neptune City, NJ.
- Turnbull J.F., Adams C.E., Richards R.H., Robertson D.A. (1998) Attack site and resultant damage during aggressive encounters in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr. *Aquaculture*, 159:345–53.
- Ugwemorubong G., Ojo A. (2011). Management of stress in fish for sustainable aquaculture development. *Researcher*. 3:28-38.
- Uribe C., H. Folch H., Enriquez R., Moran G. (2011), Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review, *Veterinarni Medicina*, 56, (10): 486–503
- Volpato G.L., Giaquinto P.C., Fernandes-De-Castilho M., Baretto R.E., Gonçalves-de-Freitas E. (2009): *Animal Welfare: from concepts to reality*. *Oecologia Brasiliensis* 13: 5-15.
- Vijayan MM, Mommsen TP, Gle' met HC, Moon TW (1996) Metabolic effects of cortisol treatment in marine teleost, thesea raven. *J Exp Biol* 199:1509–1514
- Waagbø R. (2010) Water-soluble vitamins in fish ontogeny. *Aquacult. Res.*, 41:433–744.
- Watanabe T. (1982), Lipid nutrition in fish, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73B p.3
- Watanabe T., Kiron, V., Satoh, S. (1997). Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture* 151: 185-207.
- Wendelaar-Bonga, S.E.W. (1997). The stress response in fish. *Physiol. Rev.* 77: 591–625
- White P., Edwards P. (2015) *Types of Culture Systems and Aqua-ecosystems, Aquaculture Management*
- Whyte S.K. (2007): The innate immune response of finfish e A review of current knowledge. *Fish and Shellfish Immunology* 23: 1127–1151.

- Wilson R.P., Bowser P.R., Poe, W.E. (1983), Dietary pantothenic acid requirement of fingerling channel catfish. *J. Nutr.*, 113:2124-2128
- Wilson R.P. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish, *Aquaculture*, 124:67-80.
- Wolf L E. (1945) Dietary gill disease of trout. *Fish. Res. Bull.* 7:1-32. State of New York Conserv, Dept., Albany.
- Wu G, Morris SM Jr (1998) Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochem J* 336:1-17
- Yao K, Yin YL, Chu W, Liu Z, Deng D, Li T, Huang R, Zhang J, Tan B., Wang W, Wu G (2008) Dietary arginine supplementation increases mTor signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. *J Nutr* 138:867-872
- Yildiz HY, Meric I, Ergonul MB (2009) Changes of non-specific immune parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* after exposure to antimicrobial agents used in aquaculture. *J App Aquaculture* 21(3):139-150
- Zhou X (2005) Use of synthetic lysine in fish feeds: a review on research and application. *Feed Ind* 27:1-7

Books

- Aas-Hansen Ø, Damsgård B. (2006) on-invasive methods for assessment of fish welfare In: Damsgård B., Juell J-E., Braastad B. (eds) *Welfare in farmed fish*. Fiskeriforskning (Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research
- Balm P.H.M. (1997): Immune-endocrine interactions. In: Iwama G.K., Pickering A.D., Schreck C.B. Sumpter J.P. (eds) *Fish Stress and Health in Aquaculture*, Society for Experimental Biology Seminar Series: 62 Cambridge University Press, UK. p.73-94.
- Bowker J., Trushenski J., Tuttle-Lau M., Straus D.L., Gaikowski M., Goodwin A., Sprague L., Bowman M. (2011) *Guide to Using Drugs, Biologics, and Other Chemicals in Aquaculture*. American Fisheries Society Book Series
- Cowey C.B., Sargent J.R. (1979) In: Hoar W.H., Randall D.J. (eds) *Fish Physiology* vol. VII, Academic Press, New York, p. 1
- Cowey C.B., Walton M.J (1989) Intermediary metabolism In: Halver J.E. (eds) *Fish Nutrition* (2nd Edn), Academic Press, New York p. 259-329
- Donaldson EM. (1981), The pituitary-interrenal axis as an indicator of stress in fish. In: Pickering AD, (eds) *Stress and Fish*. New York: Academic Press, p. 11-47
- Edwards P. (1993), Environmental issues in integrated agriculture-aquaculture and wastewater-fed fish culture systems, In: Pullin R.S.V., Rosenthal H., Maclean J.L. (eds.) *Environment and Aquaculture in Developing Countries*. ICLARM Conference Proceedings 31 p.139-170
- Gouillou-Coustans M.F., Kaushik S.J. (2001) Ascorbic acid requirement in freshwater and marine fish: is there a difference? In: Dabrowski K. (eds) *Ascorbic Acid in Aquatic Organisms. Status and Perspectives*, CRC Press, Boca Raton, p. 49-68
- Gurr M.I., James A.I. (1975). *Lipid Biochemistry, an introduction*. 2nd Edition, Science Paperbacks
- Halver J. E. (1953) Fish diseases and nutrition. *Trans. Am. Fish. Soc.* 83, p. 254-261

- Halver, J.E. (2002). The vitamins. In: Fish Nutrition. J.E. Halver, R.W. Hardy (eds), 3rd edition. London: Academic Press. p. 61-141.
- Halver, J.E., Hardy, R.W. (2015), The proteins, In: Fish Nutrition, p. 796
- Hristov S., Relic R., Poleksic V., Markovic Z. (2009) Establishment of fish stress studies within the Center for fishery and applied hydrobiology at the Faculty of agriculture university of Belgrade. Book of abstracts of the Conference In: "Aquaculture Europe 2009", Trondheim, Norway, p. 269-270
- Huntingford F.A., Kadir S. (2008) Welfare and fish. In: Branson E.J. (eds) Fish welfare. Blackwell Publishing, Oxford, p. 19-31.
- Iwama G.K., Afonso, L.O.B., Vijayan, M.M. (2006). Stress in fishes. In: Evans D.H., Claiborne J.B. (eds) The physiology of fishes. 3a ed. CRC, New York, p. 319-342.
- Kanazawa A. (1985), Essential fatty acid and lipid requirement of fish (In: Cowey C.B., Mackie A.M., Bell J.G. (eds) "Nutrition and Feeding in Fish", Academic Press, London, p. 281.
- Lall S.P. (1989). The Minerals. In: J.E. Halver (Ed), Fish Nutrition, 2nd edn. Academic Press, New York, p. 219-257.
- Lucas A. (1996). Physical concepts of bioenergetics. In: Lucas A. (eds). Bioenergetics of aquatic animals. English edition, Taylor & Francis, France.
- Mazeaud M.M., Mazeaud F. (1981). Adrenergic responses to stress in fish, In: Pickering A.D. (eds), Stress and Fish, p. 49-75
- Metcalfe C. Boxall A., Fenner K., Kolpin W.D., Silberhorn E., Staveley J. (2008) (eds) Exposure assessment of veterinary medicines in aquatic systems In: Veterinary medicines in the environment p. 123-145
- Nakano T. (2007) Microorganisms. In: Nakagawa H., Sato M., Gatlin D.M (eds) Dietary Supplements for the Health and Quality of Cultured Fish, CAB International, Oxon, UK. p. 86-108
- Nelson DL, Cox MM. (2005) In: Freeman W.H., Co. (eds) Lehninger Principles of Biochemistry 4: 1013 New York
- Parracho H.M.R.T., Saulnier D.M., McCartney A.L., Gibson G.R. (2008), Introduction to prebiotics. In: Versalovic J., Wilson M., (eds) Therapeutic Microbiology: Probiotics and Related Strategies, ASM Press, Washington, DC. p. 119-130
- Pickering A.D. (1981), Introduction: The concept of biological stress. In: Pickering A.D., (eds) Stress and Fish. New York: Academic Press, p. 2-9
- Pickering, A.D., Pottinger, T.G. (1995) Biochemical effects of stress. In: Hochachka P.W., Mommsen T.P. (eds) Biochemistry and Molecular Biology of Fishes. 5: 349-379. Elsevier, Amsterdam
- Reimschuessel R., Miller A.R., Giesecker M.C. (2013) (eds) Antimicrobial Drug Use in Aquaculture In: Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine, (5th edn): 645-661.
- Sargent J.R., Henderson R.J., Tocher D.R. (1989), The lipids, J.E. Halver (eds), Fish nutrition (Second edition), Academic Press, p. 153-218
- Schreck C.B. (1981), Stress and compensation in teleostean fishes: response to social and physical factors. In: A.D., P. (ed.), Stress and Fish. Academic Press, London, p. 295-321
- Werner S. (1989) Principles of Fish Nutrition, (eds) Ellis Horwood Limited Chichester, UK, p. 384

- Webster C.D, Lim C. (2002), Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture, CABI Publishing, Uk
- Wedemeyer G. A., McLeay D. J. (1981) Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. In: Pickering A.D. (eds) Academic Press, New York, p.247-275
- Wedemeyer GA, Barton BA, McLeay DJ. (1990) Stress and acclimation. In: Schreck C.B., Moyle P.B. (eds) Methods for Fish Biology. Bethesda, Maryland: Am Fish Soc, p. 451-489
- Weese J.S., Sharif S., Rodriguez-Palacios A. (2008) Probiotics in veterinary medicine. In: Versalovic J., Wilson M. (eds) Therapeutic Microbiology: Probiotics and Related Strategies, ASM Press, San Diego, CA p.341-356
- Wilson R. (1989), Amino acids and proteins In: Halver J.E. (eds) Fish Nutrition Academic Press, San Diego, CA p. 112-153
- Winton J.R. (2001) Fish Hatchery Management, In: Wedemeyer G. (eds.) American Fisheries Society, Bethesda, USA: p. 559 - 640.
- Yone Y. (1978) Essential fatty acids and lipid requirements of marine fish, Japan. Soc. Sci. Fish. (eds), Dietary Lipids in Aquaculture, Koseisha-Koseikaku, Tokyo p. 43-59

Ηλεκτρονικά ελληνικά Βιβλία

Βουλτσιάδου Ε., Αμπατζόπουλος Ι.Θ., Αντωνοπούλου Ε., Γκάνιας Κ., Γκέλης Σ., Στάικου Α., Τριανταφυλλίδης Α. (2015), Υδατοκαλλιέργειες: Οργανισμοί, Συστήματα Παραγωγής, Προοπτικές, Εκδόσεις Κάλλιπος

Ελληνικά Βιβλία

- Ζερβας Γ.Π. (2005), Φυσιολογία θρέψης παραγωγικών ζώων. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα
- Μεντέ Ε., Νέγκας Ι. (2011), Διατροφή και φυσιολογία θρέψεως ιχθύων και καρκινοειδών. Εκδόσεις Παπαζήση, 574-613.
- Χώτος Γ.Ν. (2001) Διατροφή Ιχθύων, Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Ιχθυοκομίας-Αλιείας, 4^ο εξάμηνο σπουδών.