

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά της τιλάπιας του Νείλου
(*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758)»**

ΓΙΑΝΝΗΚΩΤΣΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2010



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 8274/1
Ημερ. Εισ.: 22-03-2010
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΙΥΠ
2010
ΓΙΑ

«Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά της τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758)»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) Έλενα Μεντέ, Επίκουρη Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπουσα,*
- 2) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος,*
- 3) Βασίλειος Καραλάζος, Συμβασιούχος Διδάσκων Π.Δ. 407/80, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος.*

**Στους γονείς μου
Γεώργιο, Αγορίτσα
Στον αδελφό μου
Θωμά**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας αυτής κ. Έλενα Μεντέ για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της κατά τη συγγραφή της παρούσης εργασίας καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη και κ. Βασίλη Καραλάζο για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας. Επίσης, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον αδελφό μου και συμφοιτητή Θωμά Γιαννηκώτσιου για την πολύτιμη βοήθειά του. Τέλος, θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στηρίζουν, με βοηθούν και με ενθαρρύνουν σε όλες μου τις επιλογές και αποτελούν στήριγμα στις δύσκολες στιγμές της ζωής μου.

Abstract

The present study reviews the dietary requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and of other tilapia species. Dietary requirements include dietary energy, protein and amino acids, lipids and fatty acids, carbohydrates, vitamins and minerals. The thesis also provides information about the culture conditions and the nutrition of tilapia, including the commonly used aquafeeds for this species. The dietary requirements of fish and other aquatic organisms are related to the survival, growth, reproduction, health and various physiological processes of the animal. A deficiency of nutrients in the diet of cultured fish may cause an immediate reduction of growth, a decrease in reproductive performance, various pathological situations, and even death. Hence, the precise knowledge of dietary requirements of tilapia is very important, as the nutrition of cultured species plays a significant role towards the success of fish farming. However, there are gaps in our knowledge so that there is need for further research.

Keywords: Tilapia, nutrition, dietary requirements, aquaculture

Συντμήσεις

Ξ.Ο : Ξηρά ουσία

ΦΠΠ: Φαινομένη Περιεκτικότητα Πρωτεΐνης

CMC: Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη

DE: Πεπτή Ενέργεια

GE: Ολική Ενέργεια

ME: Μεταβολίσιμη Ενέργεια

PPV: Αξία Πρωτεϊνικής Παραγωγής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Ευχαριστίες	5
Περιεχόμενα	8
1 Εισαγωγή	10
1.1 Γενικά - Βιολογικά χαρακτηριστικά του είδους <i>Oreochromis niloticus</i>	10
1.2 Εκτροφή του είδους <i>Oreochromis niloticus</i>	14
1.3 Ο ρόλος της διατροφής στις ιχθυοκαλλιέργειες	19
2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους <i>Oreochromis niloticus</i>	20
2.1 Εισαγωγή	20
2.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα	22
2.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια	33
2.4 Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα	35
2.5 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες	40
2.6 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία	44
3 Κοινά συστατικά ιχθυοτροφών για την κάλυψη των θρεπτικών απαιτήσεων του είδους <i>Oreochromis niloticus</i>	47
3.1 Εισαγωγή	47
3.2 Συστατικά ζωικής προέλευσης	47
3.2.1 Ιχθυάλευρο	48
3.2.2 Παραπροϊόντα αλιείας	49
3.2.3 Παραπροϊόντα χερσαίων ζώων	49
3.2.4 Άλευρο προνυμφών μύγας (maggmeal)	49
3.3 Συστατικά φυτικής προέλευσης	50
3.3.1 Σογιάλευρο	51
3.3.2 Άλευρο βαμβακόσπορου και βαμβακόπιτα	52
3.3.3 Παραπροϊόντα διάφορων ελαιόσπορων και έλαια καρπών	53
4 Συμπεράσματα	54
4.1 Εισαγωγή	54
4.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα	54

4.3	Θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια	56
4.4	Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα	56
4.5	Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες	57
4.6	Διαιτητικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία	58
4.7	Πρακτικές διατροφής στην εκτροφή της τιλάπιας	59
	Βιβλιογραφία	60

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά – Βιολογικά χαρακτηριστικά του είδους *Oreochromis niloticus*

Η τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) (Εικ. 1.1) είναι ένα τροπικό είδος που προτιμά να ζει σε ρηχά νερά. Τα ανώτερα και κατώτερα όρια θερμοκρασίας για την επιβίωση της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) είναι 11-12 °C και 42 °C, αντίστοιχα, ενώ η προτιμώμενη θερμοκρασία κυμαίνεται από 31 έως 36 °C. Το είδος είναι παμφάγο και τρέφεται με φυτοπλαγκτόν, υδρόβια φυτά, μικρά ασπόνδυλα και βενθοπανίδα. Η τιλάπια επίσης μπορεί να τρέφεται φιλτράροντας αιωρούμενα σωματίδια (FAO, 2006).



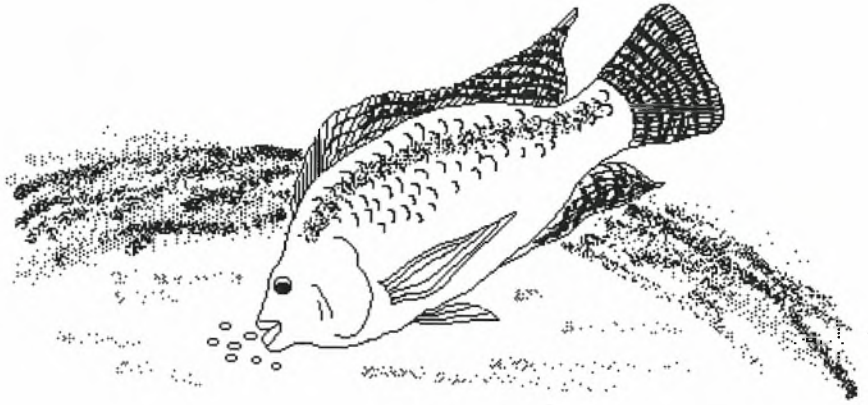
Εικόνα 1.1 Η τιλάπια του Νείλου, *Oreochromis niloticus* (Πηγή: www.fishbase.org)

Αν και είναι είδη των γλυκών νερών ορισμένα είναι ικανά να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν όχι μόνο σε υφάλμυρα (*Oreochromis niloticus*) αλλά και αυξημένης αλατότητας (μέχρι περίπου 40‰) νερά (*Oreochromis mossambicus*) (Παπουτσόγλου, 2008). Μερικά από τα εκτρεφόμενα είδη παρουσιάζουν ικανότητα επιβίωσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου ακόμα και ίσες με 0,1 mg/L. Αναπτύσσονται σε ένα μεγάλο εύρος pH με τιμές μεταξύ των 5 και 11 και είναι

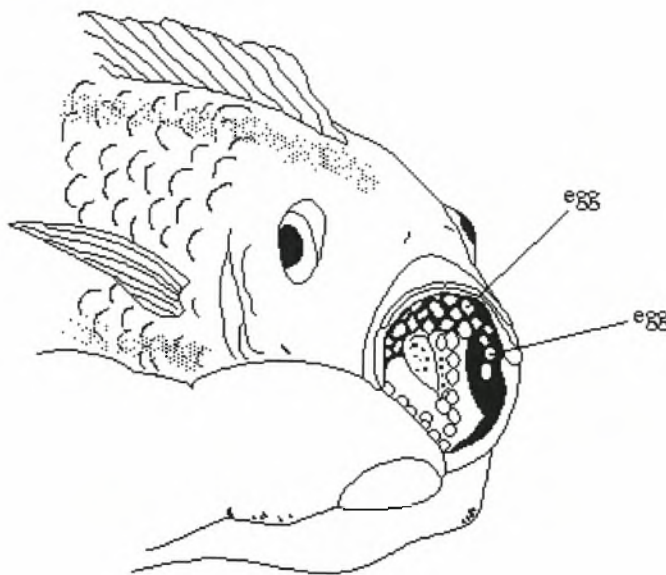
ανθεκτικά στην μη ιονισμένη αμμωνία ακόμα και σε συγκέντρωση 2,4 mg/L. Ωστόσο, οι τιλάπιες δεν είναι ικανές να επιβιώσουν σε θερμοκρασίες νερού χαμηλότερες από 8 με 12 °C. Η δραστηριότητά τους και η διατροφή τους αρχίζει να μειώνεται σε θερμοκρασία κάτω από τους 20 °C, ενώ στους 16 °C σταματούν να τρέφονται (Lovell, 1989).

Η γεννητική ωρίμανση σε υδατοσυλλογές επιτυγχάνεται από την ηλικία των 5-6 μηνών. Η ωοτοκία αρχίζει όταν η θερμοκρασία του νερού φθάνει τους 24 °C. Η διαδικασία αναπαραγωγής αρχίζει όταν καθορίζει το αρσενικό μια περιοχή στην οποία σκάβει μία ειδικά διαμορφωμένη φωλιά για την εναπόθεση των αυγών και στη συνέχεια τη φρουρεί. Το ώριμο θηλυκό ωοτοκεί στη φωλιά, και αμέσως μετά την εξωτερική γονιμοποίηση από το αρσενικό, συλλέγει τα αυγά στο στόμα του και απομακρύνεται (Εικ. 1.2). Το θηλυκό επώαζει τα αυγά στο στόμα του, τα εκκολάπτει και κρατάει τις λάρβες μέχρι να απορροφήσουν τον λεκιθικό σάκο τους (Εικ. 1.3). Η επώαση ολοκληρώνεται σε 1 έως 2 εβδομάδες, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού. Αφότου απελευθερωθούν οι λάρβες, μπορούν να κολυμπήσουν πίσω στο στόμα της μητέρας εάν απειληθούν από κάποιο κίνδυνο (Εικ. 1.4). Λόγω της στοματικής επώασης, ο αριθμός αυγών ανά ωοτοκία είναι μικρός σε σύγκριση με τα περισσότερα άλλα ψάρια λιμνών. Ο αριθμός αυγών είναι ανάλογος προς το βάρος του σώματος του θηλυκού. Ένα θηλυκό που ζυγίζει 100 g θα παραγάγει περίπου 100 αυγά ανά γόνιο, ενώ ένα θηλυκό που ζυγίζει 600-1000 g μπορεί να παραγάγει 1000 έως 1500 αυγά. Το αρσενικό παραμένει στο έδαφός του, φρουρώντας τη φωλιά, και είναι σε θέση να γονιμοποιήσει διαδοχικά τα αυγά πολλών θηλυκών. Εάν δεν υπάρξει κρύα περίοδος, κατά τη διάρκεια της οποίας η ωοτοκία καταστέλλεται, το θηλυκό μπορεί να ωοτοκεί συνεχώς. Όταν το θηλυκό επώαζει, σταματάει να τρέφεται ή μειώνει κατά πολύ την πρόσληψη τροφής. Η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) μπορεί

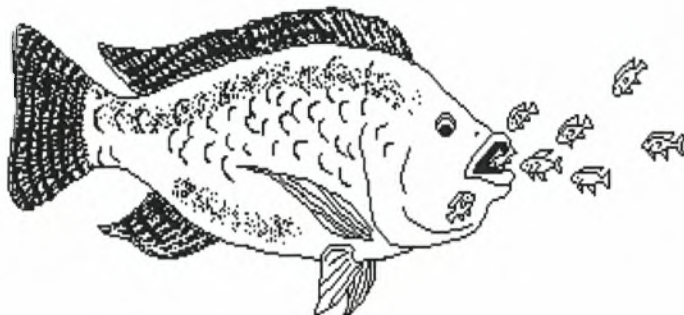
να ζήσει περισσότερο από 10 έτη και να φθάσει σε ένα βάρος που υπερβαίνει τα 5 Kg (FAO, 2006).



Εικόνα 1.2 Το θηλυκό άτομο μαζεύει τα αυγά του στόμα του (Πηγή: iquebec.com)



Εικόνα 1.3 Το θηλυκό επωάζει τα αυγά στο στόμα του (Πηγή: iquebec.com)



Εικόνα 1.4 Το θηλυκό προστατεύει τα ιχθύδια από εξωτερικούς κινδύνους (Πηγή: iquebec.com)

Η συστηματική της κατάταξη της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) είναι η εξής:

Βασίλειο: Animalia

Φύλο: Chordata

Υποφύλο: Vertebrata

Υπερκλάση: Osteichthyes

Κλάση: Actinopterygii

Υποκλάση: Neopterygii

Υπερκλάση: Teleostei

Συνομοταξία: Acanthopterygii

Τάξη: Perciformes

Υφομοταξία: Labroidei

Οικογένεια: Cichlidae

Γένος: *Oreochromis*

Είδος: *niloticus* (Linnaeus, 1758)

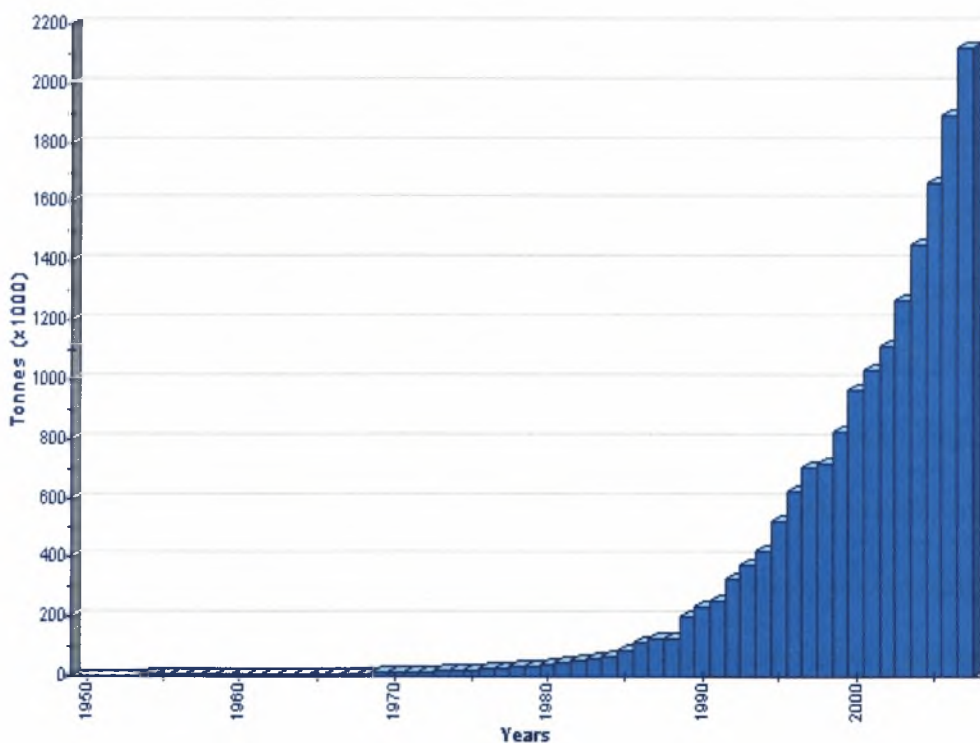
1.2 Εκτροφή του είδους *Oreochromis niloticus*

Η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) είναι κυρίως λιμνήσιο είδος και προσαρμόζεται εύκολα σε όλα τα οικοσυστήματα γλυκών υδάτων. Οι τιλάπιες είναι ενδημικά είδη της Αφρικής, αλλά έχουν εξαπλωθεί στις περισσότερες τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου. Έχουν γίνει τα προτιμητέα εκτρεφόμενα είδη ψαριών στα τροπικά μέρη εξαιτίας της γρήγορης ανάπτυξής τους, της ικανότητάς τους να αξιοποιούν στο μέγιστο τη φυσική τροφή του συστήματος, της ευκολίας πρόσληψης ποικίλων διατροφικών συμπληρωμάτων, της χορτοφαγικής τους διατροφικής συμπεριφοράς, της ανθεκτικότητάς τους σε ασθένειες και χειρονακτικές μεταχειρίσεις, της εύκολης αναπαραγωγής τους σε συνθήκες εκτροφής και της αντοχής τους σε ένα μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών (Lovell, 1989). Η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) εκτρέφεται ευρέως σε εκατό χώρες, των τροπικών και υποτροπικών περιοχών του κόσμου (Εικ. 1.2.1) και αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη ομάδα των ακτινοπτερυγίων που εκτρέφεται, με μέσο ρυθμό αύξησης της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής του της τάξης του 11,5% (El-Sayed, 1999).



Εικ 1.2.1 Οι κυριότερες χώρες παραγωγής της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) (Πηγή: FAO Fishery Statistics, 2002).

Η παγκόσμια υδατοκαλλιεργητική παραγωγή όλων των ειδών τιλάπιας (Σχ. 1.1) έχει αυξηθεί από 383.654 t το 1990 σε 1.504.804 t το 2002 αντιπροσωπεύοντας το 6% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής των ακτινοπτερυγίων (El-Sayed *et al.* 2005), ενώ το 2007 έφτασε τους 2.121.009 t (FAO, 2009). Η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) αποτελεί το πιο σημαντικό εκτρεφόμενο είδος τιλάπιας στον κόσμο. Η παγκόσμια παραγωγή από την εκτροφή της έφτασε το 2002 τους 1.217.055 t αντιπροσωπεύοντας το 81% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής εκτρεφόμενων ειδών τιλάπιας (El-Sayed *et al.* 2005).

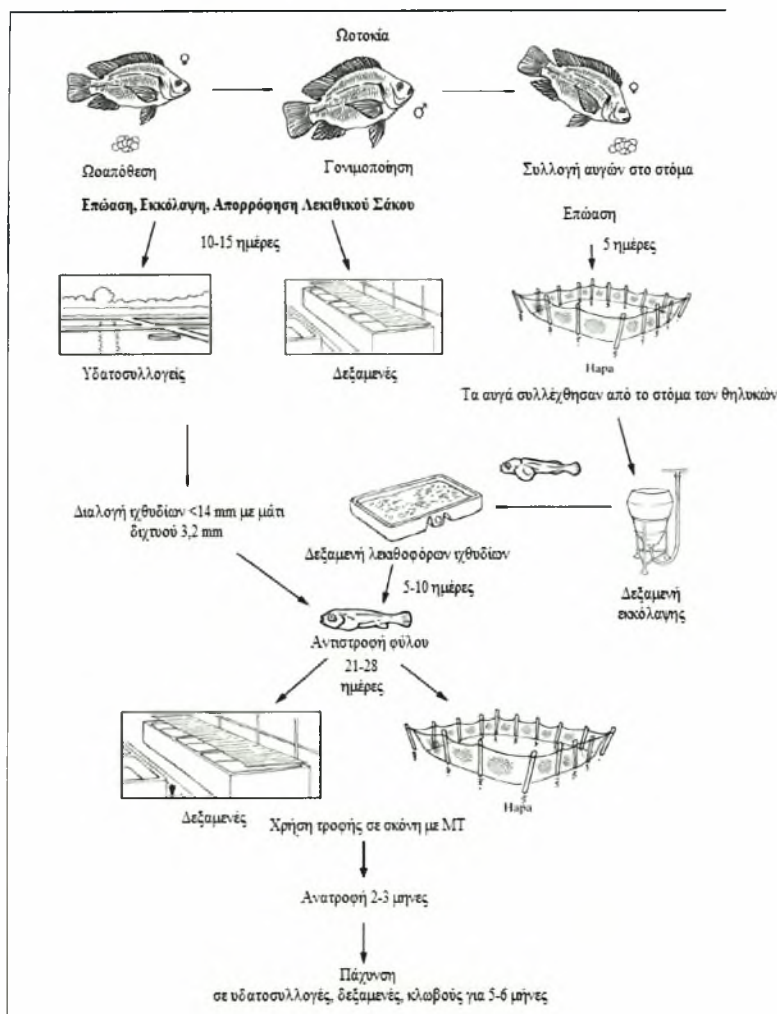


Σχήμα 1.1: Διακόμανση της παγκόσμιας παραγωγής εκτρεφόμενης τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) από το 1950 έως το 2007 (Πηγή: FAO Fishery Statistic 2009)

Στις περισσότερες εκτροφές τιλάπιας τα άτομα ομαδοποιούνται σε δύο γένη (Trewavas, 1982): σε εκείνα τα είδη τιλάπιας τα οποία είναι μακροφάγα και οι γεννήτορές τους δημιουργούν υποστρώματα και στα είδη του γένους *Oreochromis* τα οποία είναι μικροφάγα και οι γεννήτορές τους επωάζουν τα αυγά τους εντός της στοματικής κοιλότητας («mouth-breeders»). Τα κύρια εκτρεφόμενα είδη είναι τα *Oreochromis niloticus* (τιλάπια του Νείλου), *Oreochromis aureus* (μπλε τιλάπια), *Oreochromis mossambicus* (τιλάπια της Μοζαμβίκης), η *Tilapia zillii*, το υβρίδιο *O. aureus* × *O. niloticus*, και το υβρίδιο *Oreochromis* spp. (κόκκινη τιλάπια).

Καθώς η βιομηχανία αναπτύσσεται και η τεχνολογία βελτιώνεται συνεχώς, οι παραδοσιακές εκτατικές εκτροφές της τιλάπιας αντικαθίστανται από ημιεντατικά και εντατικά εκτροφικά συστήματα. Στις εκτατικές εκτροφές, η μόνη πηγή θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη των ιχθύων είναι οι φυσικοί οργανισμοί των υδατοσυλλογών. Στα ημιεντατικά συστήματα εκτροφής, χορηγούνται συμπληρωματικές τροφές οι οποίες είναι τοπικά διαθέσιμες και αποτελούνται από απλά, φθηνά συστατικά ιχθυοτροφών όπως, πίτουρο ρυζιού, άλευρο από καλαμπόκι, άλευρα τροπικών φυτών (π.χ. *corn meal*), υποπροϊόντα ζυθοποιίας κ.α., τα οποία γενικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρώματα στη φυσική τροφή που παρέχει το υδατοκαλλιεργητικό μέσο (Shiau, 2002). Καθώς ο ρυθμός των ιχθυοαποθεμάτων και της συνολικής βιομάζας σε ένα συγκεκριμένο υδατοκαλλιεργητικό μέσο αυξάνεται, η διαθεσιμότητα της φυσικής τροφής μειώνεται και έτσι απαιτούνται περισσότερα συμπληρώματα θρεπτικών συστατικών. Στα ημιεντατικά και στα εντατικά συστήματα εκτροφής, οι ιχθυοτροφές αποτελούν το μεγαλύτερο μεταβλητό κόστος της επιχείρησης, που συχνά κυμαίνεται από 30% έως 60% του συνολικού μεταβλητού κόστους, εξαρτώμενο από την λειτουργία του εντατικού συστήματος εκτροφής (Webster and Lim, 2002). Έτσι, η χρήση θρεπτικά ισορροπημένων σιτηρεσίων

(διαίτων) ελαχίστου κόστους και η καλή διαχείριση στη χορήγηση τροφής είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιτυχημένη παραγωγή ψαριών. Παρακάτω περιγράφεται ο κύκλος παραγωγής της τιλάπιας του Νείλου (εικόνα 1.3).



Εικ 1.3 Ο κύκλος παραγωγής της τιλάπιας του Νείλου (Πηγή FAO, 2006)

Οι θρεπτικές απαιτήσεις των διαφόρων ειδών τιλαπιών που εκτρέφονται στα διάφορα εκτροφικά συστήματα προσδιορίζονται με βάση το είδος, το φύλο (αρσενικό – θηλυκό) και το φυσιολογικό τους στάδιο (π.χ. ιχθύδιο, ενήλικο, γεννήτορας κ.λπ.). Όσον αφορά την ποσότητα της τροφής που πρέπει να χορηγείται ημερησίως στις εκτρεφόμενες τιλάπιες, αυτό εξαρτάται από το σύστημα εκτροφής τους, συνδυαστικά

με τις υπάρχουσες συνθήκες εκτροφής (π.χ. θερμοκρασία νερού, αλατότητα κ.α.) (Παπουτσόγλου, 2008).

Η ταυτόχρονη παραγωγή περισσότερων του ενός είδους ψαριών στο ίδιο σύστημα εκτροφής (πολυκαλλιέργεια) εφαρμόζεται για διάφορα είδη και έχει μεγάλη οικονομική σημασία (Papoutsoglou et al 1991). Οι τιλάπιες συνήθως εκτρέφονται σε τέτοια συστήματα με διάφορα κυπρινοειδή, κυρίως διότι έχουν κοινά βασικά βιολογικά χαρακτηριστικά.

Συστήματα πολυκαλλιέργειας για τιλάπιες και άλλα είδη με διαφορετικές διατροφικές συνήθειες χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν στο μέγιστο βαθμό τη χρησιμοποίηση της διαθέσιμης φυσικής τροφής. Στο Ισραήλ οι τιλάπιες εκτρέφονται σε συνδυασμό με τον κοινό κυπρίνο (*C. carpio*) σε αναλογία 60:40 και μερικές φορές προστίθεται και ο αργυρός κυπρίνος (*Hypophthalmichthys molitrix*). Μία άλλη πρακτική πολυκαλλιέργειας, που εφαρμόζεται στην Ταϊβάν, είναι η ταυτόχρονη εκτροφή 12000 με 15000 τιλαπιών ανά εκτάριο μαζί με 600 μεγαλοκέφαλους κυπρίνους, 600 αργυρούς κυπρίνους, 300 χορτοφάγους κυπρίνους και 100 κοινούς κυπρίνους σε χωμάτινες δεξαμενές που λιπαίνονται συχνά, ενώ παράλληλα προσφέρονται και συμπληρωματικές τροφές στα ψάρια (Lovell, 1989).

Οι Papoutsoglou *et al.* (1991) σε πείραμά τους ερεύνησαν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του κοινού κυπρίνου (*Cyprinus carpio*) και της τιλάπιας (*Oreochromis aureus*) σε συνθήκες πολυκαλλιέργειας. Για το σκοπό αυτό μελέτησαν δύο εκτρεφόμενες ομάδες με διαφορετικές πληθυσμιακές συνθέσεις. Η πρώτη ομάδα είχε πληθυσμιακή σύνθεση 60% κυπρίνο - 40% τιλάπια ενώ η δεύτερη είχε 60% τιλάπια - 40% κυπρίνο. Τα αποτελέσματα της εκτροφής των συστημάτων πολυκαλλιέργειας συγκρίθηκαν με 2 ομάδες μονοκαλλιέργειας κυπρίνου και τιλάπιας (100% *C. carpio* και 100% *O. aureus*). Οι ομάδες πολυκαλλιέργειας (*C. carpio* 60% - *O. aureus* 40%

και *O. aureus* 60% - *C. carpio* 40%) παρουσίασαν υψηλότερη συνολική παραγωγή (126,1 kg/m³ και 132.5 kg/m³, αντίστοιχα) έναντι αυτού των πληθυσμών μονοκαλλιέργειας (*C. carpio* 100% 116 kg/m³ και *O. aureus* 100% 98,8 kg/m³). Επίσης οι πληθυσμοί πολυκαλλιέργειας και των δύο ειδών παρουσίασαν τους υψηλότερους ειδικούς ρυθμούς ανάπτυξης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι για μία πετυχημένη εντατική ή και υπερεντατική παραγωγή ψαριών, συμπεριλαμβανομένης και της τιλάπιας σε συστήματα πολυκαλλιέργειας, η καλή κατανόηση της διατροφικής τους συμπεριφοράς είναι πολύ σημαντική. Οι σχέσεις των επιλεγμένων ειδών ψαριών πρέπει να βασίζονται στις μη ανταγωνιστικές διατροφικές τους συνήθειες (Papoutsoglou *et al.* 1991).

1.3 Ο ρόλος της διατροφής στις ιχθυοκαλλιέργειες

Την τελευταία δεκαετία παρατηρείται μια θεαματική ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες η οποία αναμένεται να συνεχιστεί και στα επόμενα χρόνια. (Hasan, 2001). Στην αειφορική ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών πολύ σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η διατροφή καθώς, πέρα από την διατήρηση και την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων οργανισμών, μπορεί να επηρεάσει την υγεία τους, τη διατροφική τους αξία, την ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος, το συνολικό κόστος παραγωγής κ.λπ. Τα κυριότερα ζητήματα της διατροφής των εκτρεφόμενων υδρόβιων ζωικών οργανισμών που απασχολούν τον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών προκειμένου αυτός να παραμείνει βιώσιμος είναι τα εξής:

- Οι θρεπτικές απαιτήσεις των διαφόρων εκτρεφόμενων ειδών και η ικανοποίηση τους μέσω της εκτροφής και της εφαρμοσμένης διατροφής τους,
- Η διατροφή των λαρβιών και των γεννητόρων των εκτρεφόμενων ειδών,

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

2. Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους *Oreochromis niloticus*

2.1 Εισαγωγή

Η επακριβής γνώση των θρεπτικών αναγκών της τιλάπιας είναι απολύτως σημαντική στην εκτροφή της. Καταρχήν, οι διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών, όπως και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, σχετίζονται με την επιβίωση, την ανάπτυξη, την αύξηση, την αναπαραγωγή, την υγεία και τις διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού . Μία πιθανή έλλειψη ενός θρεπτικού συστατικού στη διαίτα των εκτρεφόμενων ιχθύων θα προκαλέσει άμεσα τη μείωση της ανάπτυξης,

μειωμένη αναπαραγωγική απόδοση, διάφορες παθολογικές καταστάσεις και πιθανόν το θάνατο.

Πέραν τούτου, στις εντατικές εκτροφές της τιλάπιας, όπου η διατροφή των ιχθύων καλύπτεται αποκλειστικά από τη χορήγηση προπαρασκευασμένων ιχθυοτροφών, το κόστος των οποίων, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να φθάσει έως και το 60% του μεταβλητού κόστους της παραγωγής, η κατάρτιση και παρασκευή σιτηρεσίων ελαχίστου κόστους, που καλύπτουν τις θρεπτικές ανάγκες των ιχθύων σε κάθε στάδιο ανάπτυξης, είναι μεγάλης σημασίας. Επίσης, η λεπτομερής και σε βάθος γνώση των θρεπτικών αναγκών των ψαριών και η παρασκευή ιχθυοτροφών βάσει αυτών οδηγεί σε μικρότερες αποβολές θρεπτικών συστατικών στο υδάτινο περιβάλλον, μειώνοντας έτσι τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκτροφής.

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

δίαιτες είναι δυνατό να είναι ελλιπείς σε κάποιες απαραίτητες θρεπτικές ουσίες (Lovell, 1989).

2.2. Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

Η πρωτεΐνη είναι η πρώτη οριακή θρεπτική ουσία στις ελαχίστου κόστους δίαιτες λόγω του υψηλού κόστους αυτής στην αγορά (Matthews, 2000). Οι πρωτεΐνες είναι απαραίτητες για τη δομή και λειτουργία όλων των ζώντων οργανισμών, συμπεριλαμβανομένης και της τιλάπιας. Όλα τα κύτταρα απαιτούν έναν συνεχή ανεφοδιασμό από αμινοξέα για να ικανοποιήσουν τις μεταβολικές τους ανάγκες. Από τη στιγμή που οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται συνεχώς από τον οργανισμό για την επιβίωση, ανάπτυξη και αναπαραγωγή του, είναι απαραίτητη η συνεχής προμήθεια με πρωτεΐνες ή αμινοξέα από την τροφή.

Τα ψάρια δεν έχουν ακριβείς πρωτεϊνικές απαιτήσεις, αλλά χρειάζονται ένα ισορροπημένο μίγμα από απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα (Webster and Lim, 2002). Η ανεπαρκής πρόσληψη πρωτεϊνών θα έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση ή την παύση της ανάπτυξης. Στην περίπτωση όμως ικανής προμήθειας πρωτεϊνών, ένα μόνο μέρος χρησιμοποιείται για τη σύνθεση νέων ιστών και το υπόλοιπο μέρος μετατρέπεται σε ενέργεια (NRC, 1983).

Το ποσοστό της διατροφικής πρωτεΐνης το οποίο αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη του οργανισμού εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- το ενεργειακό περιεχόμενο της τροφής,
- τη φυσιολογική κατάσταση του οργανισμού (ηλικία, βάρος, γονιμότητα),
- τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία νερού, αλατότητα, διαλυμένο O₂),

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

Η μελέτη των πρωτεϊνικών αναγκών αφορά τόσο τις ποσοτικές (το απόλυτο ποσοστό πρωτεΐνης στη διαίτα) όσο και τις ποιοτικές ανάγκες (διαθεσιμότητα και ποσοστά των απαραίτητων αμινοξέων) (Beveridge and Mc Andrew, 2000).

Μερικοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει ημισυνθετικές και συνθετικές δίαιτες για να διερευνήσουν το ιδανικό επίπεδο των πρωτεϊνών στις τροφές για την τιλάπια. Οι περισσότερες από αυτές τις εκτιμήσεις προέρχονται από το αποτέλεσμα της καμπύλης της δόσης (αυξανόμενο ποσό πρωτεΐνης) με την αντίδραση (αύξηση σωματικού βάρους), η οποία οδηγεί στον καθορισμό της ελάχιστης απαιτούμενης ποσότητας πρωτεΐνης στην τροφή ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ανάπτυξη. Η ιδανική ποσότητα πρωτεΐνης στη διαίτα για την τιλάπια φαίνεται να επηρεάζεται από το μέγεθος ή την ηλικία του ψαριού με διακυμάνσεις από 28% έως 50% επί της συνολικής ουσίας της τροφής (Πίνακας 2.1). Για τα ατελή ιχθύδια (στάδιο πρώτου ταΐσματος, περίπου 0,5 g σωματικό βάρος), οι πρωτεϊνικές ανάγκες κυμαίνονται από 36% έως 50% της τροφής με το ποσοστό των 40% στο ενεργειακό επίπεδο 400 kcal/100 g τροφής να αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, βελτίωση στο ρυθμό ανάπτυξης παρατηρήθηκε με την προσφορά τροφής με 30-40% πρωτεΐνη και ταυτόχρονη αύξηση της διαιτητικής ενέργειας από 300 kcal σε 500 kcal GE/100 g (El-Sayed and Teshima, 1992). Σε υφάλμυρο νερό, με αλατότητες των 7‰ και 14‰, οι El-Sayed *et al.* (2003) χρησιμοποιώντας τέσσερις δίαιτες με ποσοστό πρωτεΐνης 25%, 30%, 35% και 40%, αντίστοιχα, αναφέρουν ότι η ανάπτυξη των ψαριών βελτιώθηκε με την αύξηση του ποσοστού των διαιτητικών πρωτεϊνών και στις δύο τιμές αλατότητας. Για τα νεαρά άτομα (σωματικό βάρος περίπου 0,5 – 5 g), έχει

καθοριστεί ότι ποσοστό πρωτεΐνης 29 – 40% αποδίδει την ιδανική ανάπτυξη (Shiau and Peng, 1993).

Πίνακας 2.1: Διατροφικές ανάγκες σε πρωτεΐνη των διαφόρων εκτρεφόμενων ειδών τιλάπιας (*O. niloticus*) στο γλυκό νερό (Πηγή: Webster and Lim, 2002, τροποποιημένο).

Είδη	Βάρος ψαριού (g)	Πρωτεϊνικές Ανάγκες (% της τροφής)	Βιβλιογραφική Αναφορά
<i>O. mossambicus</i>	1,0 - 2,5	29 -38	Cruz and Laudencia (1977)
	ατελή ιχθύδια	50	
	0,5 – 1,0	40	Jauncey and Ross (1982)
	6 – 30	30 – 35	
1,8	40		
<i>O. niloticus</i>	1,5 – 7,5	36	Jauncey (1982)
	3,2 – 3,7	30	Kubaryk (1980)
	0,838	40	Wang <i>et al</i> (1985)
	40	30	Siddiqui <i>et al</i> (1988)
	24	27,5 – 35	
	0,012	45	
<i>O. aureus</i>	0,3 – 0,5	36	El-Sayed and Teshima (1992)
	0,16	40	
<i>Tilapia zillii</i>	1,7	35 – 40	Teshima <i>et al.</i> (1978)
	1,65	35	
<i>O. aureus</i> × <i>O. niloticus</i>	0,6 – 1,1	32	Shiau and Peng, (1993)
	21	28	

Όσον αφορά την πάχυνση της τιλάπιας, οι πρακτικές δίαιτες συνήθως περιέχουν 25 - 35% ολική πρωτεΐνη. Στις εκτροφές του είδους σε χωμάτινες δεξαμενές, ωστόσο, τα ψάρια μπορούν να έχουν πρόσβαση στη φυσική τροφή η οποία είναι πλούσια σε πρωτεΐνη και έτσι τα επίπεδα της απαιτούμενης πρωτεΐνης στη διαίτα είναι χαμηλότερα, 20 – 25% (Lovell, 1980).

Όσον αφορά τη διατροφή των γεννητόρων, είναι πολύ σημαντικό να προσδιορίσουμε τις διατροφικές τους απαιτήσεις καθώς σχετίζονται με την ωρίμανση των γονάδων, τη γονιμότητα των αυγών, την επιβίωση των λεκιθοφόρων ιχθυδίων και την ανάπτυξη των ατελών ιχθυδίων (Izquierdo *et al.*, 2001). Οι Al Hafedh *et al.* (1999) μελέτησαν κατά πόσο επιδρά το ποσοστό των διαιτητικών πρωτεϊνών στην ωρίμανση των γονάδων, το μήκος σώματος και την ηλικία πρώτης γεννητικής ωρίμανσης, τη γονιμότητα και την ανάπτυξη στην τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν πέντε ισοενεργειακές δίαιτες με ποσοστά πρωτεϊνών 25%, 30%, 35%, 40% και 45%, αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, φαίνεται ότι τα ψάρια στα οποία προφέρονταν οι δίαιτες με τα υψηλότερα ποσοστά διαιτητικών πρωτεϊνών (40 και 45%), εμφάνισαν καλύτερη ανάπτυξη και μετατρεψιμότητα της τροφής από τα ψάρια τα οποία σιτίζονταν με δίαιτες χαμηλότερων ποσοστών διαιτητικών πρωτεϊνών. Ο ρυθμός ωριμότητας επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά από το ποσοστό των διαιτητικών πρωτεϊνών. Τα αρσενικά ωρίμασαν νωρίτερα από τα θηλυκά. Για τα αρσενικά η πρώτη γεννητική ωριμότητα καταγράφηκε όταν ηλικιακά βρίσκονταν στην 14^η εβδομάδα σε αντίθεση με τα θηλυκά τα οποία ωρίμασαν γεννητικά μετά από 18 εβδομάδες. Τα ψάρια στα οποία προσφέρονταν δίαιτες με υψηλά ποσοστά πρωτεΐνης αναπτύσσονταν γρηγορότερα και ωρίμαζαν γεννητικά νωρίτερα και παρουσίαζαν μεγαλύτερα μεγέθη, ενώ τα ψάρια τα οποία τρέφονταν με μέτρια ή χαμηλά ποσοστά πρωτεϊνών στη διαίτα αναπτύσσονταν με αργό ρυθμό και ωρίμαζαν γεννητικά αργότερα και παρουσίαζαν μικρότερα μεγέθη. Όσον αφορά τη γονιμότητα, αυτή αυξάνονταν με την αύξηση του ποσοστού των διαιτητικών πρωτεϊνών με τις σημαντικότερες διαφορές να εμφανίζονται μεταξύ των ομάδων ψαριών που διατράφηκαν με ποσοστά 40% ή 45% και εκείνων που διατράφηκαν με ποσοστά 25% ή 35% των διαιτητικών πρωτεϊνών.

Όσον αφορά τον γοναδοσωματικό δείκτη (GSI), δεν παρουσιάστηκε διαφορά ανάμεσα στα δύο φύλα στις διάφορες μεταχειρίσεις (Al Hafedh *et al.*, (1999).

Οι τιλάπιες είναι ψάρια του γλυκού νερού. Ωστόσο μπορούν να επιβιώσουν σε ένα μεγάλο εύρος αλατότητας στο νερό (Watanabe *et al.*, 1992). Έχει δημιουργηθεί λοιπόν εμπορικό ενδιαφέρον για την εκτροφή της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) σε υφάλμυρο και σε θαλασσινό νερό. Για το σκοπό αυτό έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες για τον καθορισμό των διατροφικών αναγκών της τιλάπιας (*O. niloticus*) σε σχέση με την αλατότητα του νερού.

Η αλατότητα του νερού φαίνεται να επηρεάζει τις ανάγκες σε πρωτεΐνη οι οποίες μειώνονται με αύξηση της αλατότητας (Πίνακας 2.2). Γενικά όμως, δεν είναι πλήρως κατανοητή η επίδραση της αλατότητας στις διατροφικές ανάγκες της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*), ούτε είναι ξεκάθαρο το κατά πόσο επηρεάζει την αποδοτικότητα στην αναπαραγωγή. Η πρώτη γεννητική ωρίμανση επιτυγχάνεται νωρίτερα με την αύξηση των διαιτητικών πρωτεϊνών σε αλατότητες των 7‰ και 14‰ (El-Sayed *et al.*, 2003). Οι El-Sayed *et al.* (2003) σε έρευνά τους αναφέρουν ότι το ποσοστό των διαιτητικών πρωτεϊνών που απαιτούνται από τους γεννήτορες της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) σε αλατότητες των 7‰ και 14‰ για την ιδανική αποδοτικότητα στην ωοτοκία είναι 40% της τροφής. Επίσης, η ίδια μελέτη έδειξε ότι οι αποδοτικότητες στην ωοτοκία και στην ανάπτυξη των λαρβών ήταν καλύτερες στο γλυκό νερό απ' ό τι στο αλμυρό νερό με αλατότητα 7‰ και 14‰. Η μελέτη αυτή έχει σημαντική πρακτική επίπτωση στη διατροφή της τιλάπιας, καθώς προσελκύει το ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα στη διατροφή γεννητόρων, επειδή οι γνώσεις για τις διατροφικές απαιτήσεις των γεννητόρων της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) κάτω από διαφορετικές συνθήκες εκτροφής είναι μέχρι σήμερα περιορισμένες.

Πίνακας 2.2 Διατροφικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνη της τιλάπιας σε διαφορετικές αλατότητες (Πηγή: Webster and Lim, 2002).

Είδη	Βάρος ψαριού (g)	Αλατότητα (ppt)	Διαιτητικές ανάγκες σε πρωτεΐνη (% της τροφής)	Βιβλιογραφική αναφορά
<i>O. niloticus</i>	0,024	0	30,4	De silva and Perera (1985)
		5	30,4	
		10	28,0	
		15	28,0	
<i>O. aureus</i> × <i>O. niloticus</i>	2,88	32-34	24,0	Shiau and Huang (1989)
κόκκινη τιλάπια (<i>Oreochormis</i> sp.)	10,6	37	20	Clark, <i>et al.</i> (1990)

Η τιλάπια έχει τις ίδιες ανάγκες στα δέκα απαραίτητα αμινοξέα (αργινίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, λυσίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, τρυπτοφάνη και βαλίνη), όπως όλα τα είδη των υδρόβιων και χερσαίων ζωικών οργανισμών. Οι ποσοτικές ανάγκες σε αυτά τα απαραίτητα αμινοξέα για την ανάπτυξη των νεαρών ατόμων της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) προσδιορίστηκαν από τους Santiago and Lovell (1988) και παρουσιάζονται στον Πίνακα (2.3).

Πίνακας 2.3 Θρεπτικές ανάγκες σε απαραίτητα αμινοξέα της τιλάπιας

(Πηγή: Webster and Lim 2002).

Απαραίτητα αμινοξέα	Ανάγκες σε αμινοξέα (% των διαιτητικών πρωτεϊνών)
Αργινίνη	4,20

Ιστιδίνη	1,72
Ισολευκίνη	3,11
Λευκίνη	3,39
Λυσίνη	5,12
Μεθειονίνη	2,68
Φαινυλαλανίνη	3,75
Θρεονίνη	3,75
Τρυπτοφάνη	1,00
Βαλίνη	2,80

Τα μη απαραίτητα αμινοξέα μπορούν να συντεθούν επαρκώς από τα ψάρια, αλλά η παρουσία τους στη διαίτα έχει θρεπτική σημασία επειδή αποτρέπει το ψάρι από το να τα συνθέσει. Δύο ειδικά παραδείγματα επικουρικής δράσης των απαραίτητων αμινοξέων είναι η μετατροπή της μεθειονίνης σε κυστεΐνη (μη απαραίτητο αμινοξύ) και της φαινυλαλανίνης σε τυροσίνη (μη απαραίτητο αμινοξύ). Αυτά τα μη απαραίτητα αμινοξέα μπορεί να συντίθενται μόνο από πρόδρομα απαραίτητα αμινοξέα (NRC, 1983). Η τιλάπια χρειάζεται αμινοξέα που περιέχουν θείο τα οποία μπορούμε να συναντήσουμε είτε στη μορφή της μεθειονίνης είτε στη μορφή πεπτιδίου μεθειονίνης και κυστεΐνης. Η διαιτητική κυστεΐνη μπορεί να αντικαταστήσει τη διαιτητική μεθειονίνη σε ποσοστό πάνω από το 50% των θρεπτικών αναγκών για το είδος *O. mossambicus* (NRC, 1993). Αναφορικά με την τυροσίνη, όταν αυτή περιέχεται στη διαίτα περιορίζει τις ανάγκες των τιλαπιών σε φαινυλαλανίνη (NRC, 1993).

Η έλλειψη διαιτητικών πρωτεϊνών επηρεάζει σημαντικά τη σύσταση του σώματος της τιλάπιας σε πρωτεΐνη και αμινοξέα καθώς και λιπίδια και λιπαρά οξέα. Σε έρευνα που έγινε από τους Ogunji and Wirth (2002), χρησιμοποιήθηκαν δύο πειραματικές δίαιτες (0,81% και 33,32% πρωτεΐνη επί της ξηράς ουσίας (ΞΟ) της τροφής). Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο του σώματος των ψαριών που διατρέφονταν με την πρώτη δίαιτα (0,81% πρωτεΐνη), μειώθηκε από 57,14% σε 49,18% σε οκτώ εβδομάδες. Τα ψάρια που διατρέφονταν με τη δεύτερη δίαιτα εμφάνισαν υψηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης και αμινοξέων στη σύσταση του σώματος τους. Η περιεκτικότητα όμως του σώματος των ψαριών σε ολικά λιπίδια που διατρέφονταν με την πρώτη δίαιτα ήταν υψηλότερη από αυτή των ψαριών που διατρέφονταν με τη δεύτερη δίαιτα, υποδεικνύοντας ότι οι υδατάνθρακες μετατρέπονται σε λιπίδια εντός του οργανισμού. Τα επίπεδα των λιπαρών οξέων 16:0 και 18:2ω-6 στα σώματα των ψαριών της πρώτης δίαιτας παρέμειναν σχεδόν αμετάβλητα και δεν επηρεάστηκαν από τη δίαιτα, γεγονός που καταδεικνύει ότι τα συγκεκριμένα λιπαρά οξέα της δίαιτας δεν ενσωματώθηκαν στα τριγλυκερίδια των ιστών των ψαριών. Η μειωμένη προσφορά διαιτητικής πρωτεΐνης στα ψάρια πιθανόν μειώνει τα επίπεδα των λιποπρωτεϊνών του αίματος, οι οποίες απελευθερώνονται από το ήπαρ, και αυτό έχει επιπτώσεις στη μεταφορά των λιπιδίων στους μυς και στα διάφορα όργανα του σώματος. Η ανεπάρκεια, λοιπόν, διαιτητικών πρωτεϊνών οδηγεί όχι μόνο σε ανεπάρκεια των απαραίτητων αμινοξέων, αλλά έχει επιπτώσεις και στη μεταφορά και την αποθήκευση των λιπιδίων στο σώμα των ψαριών (Ogunji and Wirth, 2002).

Οι πρωτεϊνικές πηγές που χρησιμοποιούνται ως συστατικά των ιχθυοτροφών, όταν έχουν ένα προφίλ απαραίτητων αμινοξέων που ταιριάζει πολύ με το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων που χρειάζεται το ψάρι, τότε αυτές θεωρούνται υψηλής διατροφικής αξίας. Το ιχθυάλευρο, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται ως η κύρια

συμβατική πηγή πρωτεΐνης στις δίαιτες που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες για αυτόν ακριβώς τον λόγο. Εδώ και χρόνια, διενεργούνται αρκετές ερευνητικές προσπάθειες για την μερική ή την ολική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με λιγότερο ακριβές πρωτεϊνικές πηγές, οι οποίες είναι διαθέσιμες στην τοπική και παγκόσμια αγορά, στις τροφές για την τιλάπια (Webster and Lim 2002). Το σογιάλευρο, αποτελεί το κατεξοχήν συστατικό αντικατάστασης της πρωτεΐνης του ιχθυάλευρου στις ιχθυοτροφές πολλών εκτρεφόμενων ειδών, συμπεριλαμβανομένης και της τιλάπιας, και η συνεισφορά του στη μερική ή ολική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου έχει μελετηθεί εκτενώς με διάφορους βαθμούς επιτυχίας. Παράλληλα με την πρωτεϊνική αντικατάσταση από τα φυτικής προέλευσης συστατικά, έχουν μελετηθεί και διάφορες άλλες παράμετροι που αυτά περιέχουν και επιδρούν αρνητικά στην ανάπτυξη της τιλάπιας, όπως π.χ. οι αντιδιατροφικοί τους παράγοντες, τα οριακά τους αμινοξέα, τα χαμηλά επίπεδα συγκεκριμένων ιχνοστοιχείων κ.λπ. (Webster and Lim, 2002).

Άλλες εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης που χρησιμοποιούνται στις δίαιτες της εκτρεφόμενης τιλάπιας συμπεριλαμβάνουν διάφορα ζωικά προϊόντα (όπως π.χ. αιματάλευρα, πτηνάλευρα κ.λπ.), άλευρα ελαιούχων καρπών (π.χ. βαμβακόπιτα, φυσικάλευρο, άλευρο καρύδας κ.λπ.), διάφορα άλευρα υδρόβιων φυτών (π.χ. άλευρο από *azolla* sp.), διάφορες πρωτεΐνες μικροοργανισμών (π.χ. μαγιά), δημητριακά (π.χ. σιτάρι, καλαμπόκι κ.λπ.), όσπρια (π.χ. άλευρο φάβας, φασολιού κ.λπ.) και συμπυκνωμένες φυτικές πρωτεΐνες που είναι διατεθειμένες για την τιλάπια (El-Sayed, 1999).

Οι Guimaraes *et al.* (2008) μελέτησαν οκτώ διαφορετικές πρωτεϊνικές πηγές σε δίαιτες της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*), και ειδικότερα μελέτησαν τη διαθεσιμότητα αυτών σε αμινοξέα και την πεπτικότητα της περιεχόμενης πρωτεΐνης.

Συγκεκριμένα μελετήθηκαν τέσσερις πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης (ιχθυάλευρο, μίγμα κρεατάλευρου και οστεάλευρου, υποπροϊόν σφαγίου πουλερικών και πτεράλευρο) και τέσσερις πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης (σογιάλευρο, βαμβακόσπορος με 28% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, βαμβακόσπορος με 38% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, και γλουτένη καλαμποκιού). Μεταξύ των συστατικών ζωικής προέλευσης, το άλευρο υποπροϊόντων πουλερικών και το ιχθυάλευρο παρουσίασαν την υψηλότερη φαινομένη πεπτικότητα πρωτεΐνης (ΦΠΠ) (89,7% και 88,6% αντίστοιχα), ενώ το μίγμα κρεατάλευρου και οστεάλευρου και το πτεράλευρο παρουσίασαν την χαμηλότερη ΦΠΠ (78,4% και 78,5%, αντίστοιχα). Από τα φυτικής προέλευσης συστατικά, η γλουτένη καλαμποκιού και το σογιάλευρο παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές ΦΠΠ (91,4% και 92,4% αντίστοιχα), σε σύγκριση με τον βαμβακόσπορο-28 και τον βαμβακόσπορο-38 που παρουσίασαν τη χαμηλότερη ΦΠΠ (78,6% εξίσου). Οι μέσοι όροι της διαθεσιμότητας των αμινοξέων των διαιτητικών συστατικών ήταν παρόμοια με την πεπτικότητα της πρωτεΐνης με τις τιμές 92,3%, 89,6%, 73,4%, 80,7%, 88,9%, 84,4%, 91,2% και 79,7% για το σογιάλευρο, τη γλουτένη καλαμποκιού, το βαμβακόσπορο-28, το βαμβακόσπορο-38, το ιχθυάλευρο, το μίγμα κρεατάλευρου και οστεάλευρου και το πτεράλευρο, αντίστοιχα. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) είναι ικανή να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά τα διάφορα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν (Guimaraes *et al.*, 2008).

Για τις διαιτητικές ανάγκες σε μεθειονίνη στις πρακτικές δίαιτες των νεαρών ατόμων της τιλάπιας του Νείλου διεξήχθησαν δύο πειράματα από τους Nguyen and Davis 2009. Οι δίαιτες που χρησιμοποιήθηκαν και στα δύο πειράματα περιελάμβαναν 414 kcal ολικής ενέργειας, 28g πρωτεΐνης και 5g λιπιδίων ανά 100g δίαιτας. Στο πείραμα 1, επτά δίαιτες καταρτίστηκαν χρησιμοποιώντας άλευρο από βαμβακόσπορο



(CSM), σογιάλευρο (DSESM) και ζελατίνη ως καθαρή πρωτεϊνική πηγή. Στις πέντε από αυτές τις δίαιτες προστέθηκε μεθειονίνη σε ποσοστό 0,03 ή 0,06% προσ αυξάνοντας τα παραγόμενα αναλογικά επίπεδα πρωτεΐνης από 0,33 σε 0,57% της διαίτας. Κάθε διαίτα προσφέρονταν σε 4 ομάδες από αρσενικά νεαρά άτομα ($5,62 \pm 0,13$ g) σε σύστημα κλειστού κυκλώματος για 8 εβδομάδες. Η οριακή γραμμή στην ανάλυση παλινδρόμησης της αύξησης βάρους έδειξε ότι οι ανάγκες σε μεθειονίνη των νεαρών ατόμων της τιλάπιας ήταν 0,49% της διαίτας ή αλλιώς 1,75% της διαιτητικής πρωτεΐνης με διαιτητικά επίπεδα 0,45% κυστεΐνης. Το δεύτερο πείραμα σχεδιάστηκε βάση των αναγκών σε μεθειονίνη που καθορίστηκαν στο πρώτο πείραμα και επίσης περιελάμβανε επτά νέες δίαιτες. Οι πρώτες έξι δίαιτες περιελάμβαναν CSM και DSESM ως πηγή πρωτεϊνών. Η μεθειονίνη προστέθηκε στις πέντε από αυτές τις δίαιτες κατά αυξανόμενη αναλογία 0,06%, ανεβάζοντας τα επίπεδα της μεθειονίνης από 0,49% σε 0,79% της διαίτας. Στην τελευταία διαίτα (δίαιτα 7), μέρος του DSESM αντικαταστάθηκε με ζελατίνη για να περιορίσει τα επίπεδα της μεθειονίνης σε 0,33% της διαίτας και να εξεταστεί κατά πόσο τα επίπεδα αυτά της διαιτητικής μεθειονίνης ήταν οριακά. Κάθε διαίτα προσφέρονταν επίσης σε 4 ομάδες αρσενικών νεαρών ατόμων ($2,32 \pm 0,06$) σε σύστημα κλειστού κυκλώματος για 9 εβδομάδες. Στο τέλος του πειράματος, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά τα τελικά σωματικά βάρη, την επιβίωση, και τον συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης ανάμεσα στα ψάρια που τρέφονταν με τις πρώτες 6 δίαιτες. Ωστόσο, το τελικό βάρος και ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης των ψαριών που τρέφονταν με αυτές τις δίαιτες ήταν σημαντικά υψηλότερα από αυτά που τρέφονταν με την 7 διαίτα, επιβεβαιώνοντας την τιμή της απαιτούμενης μεθειονίνης όπως αυτή έχει καθοριστεί στο πρώτο πείραμα (Nguyen and Davis 2009).

2.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια

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

Μία από τις πιο εμφανείς διαφορές στη θρέψη μεταξύ των ιχθύων και των εκτρεφόμενων χερσαίων ζώων είναι ότι το ποσοστό της ενέργειας που απαιτείται για τη σύνθεση των πρωτεϊνών είναι αρκετά μικρότερο για τα ψάρια συγκριτικά με τα θερμόαιμα ζώα. Τα ψάρια εμφανίζουν χαμηλότερες θρεπτικές ανάγκες σε ενέργεια επειδή δεν έχουν την ανάγκη της συνεχούς διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματός τους σε σταθερό επίπεδο (Lovell, 1989). Ωστόσο, τα απαιτούμενα επίπεδα ενέργειας γενικά καθορίζονται από τον υδρόβιο και ποικιλόθερμο χαρακτήρα τους σε συνδυασμό με το είδος (θερμόφιλο, ψυχρόφιλο, ευρύθερμο) και άλλες παραμέτρους, όπως το βιολογικό στάδιο-ηλικία και τη θερμοκρασία νερού διαβιώσεώς τους (Παπουτσόγλου, 2008). Επίσης, τα ψάρια καταναλώνουν σχετικά λιγότερη ενέργεια για τη διατήρηση της θέσης τους και την κίνησή τους στην υδάτινη στήλη του νερού απ' ό τι τα θηλαστικά και τα πουλιά στη χέρσο. Επιπλέον, καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για τον καταβολισμό των πρωτεϊνών και την απέκκριση των αζωτούχων παραπροϊόντων μεταβολισμού απ' ό τι τα χερσαία ζώα, επειδή απεκκρίνουν παθητικά τα αζωτούχα απεκκρίματα τους κυρίως ως αμμωνία διαμέσου των βραγχίων και όχι ως ουρία και ουρικό οξύ, για τη σύνθεση των οποίων ο οργανισμός δαπανά ενέργεια.

Η ενέργεια των τροφών απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της μεταβολικής οξείδωσης των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπιδίων. Όπως η κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των ψαριών σε πρωτεΐνη αποτελεί προτεραιότητα στην παρασκευή των ιχθυοτροφών, τόσο για τη σημασία της στη διατροφή αλλά και λόγω του αυξημένου κόστους των πρωτεϊνικών συστατικών, έτσι και η ενέργεια θα πρέπει να εξετάζεται για την απαιτούμενη ποσότητα που πρέπει να περιέχεται στην τροφή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού. Ωστόσο, μία υπερβολική προσφορά διαιτητικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη εναπόθεση λίπους στο σώμα των ψαριών και παράλληλα να μειώσει την κατανάλωση της τροφής, με συνέπεια τη μείωση της συνολικής πρόσληψης πρωτεϊνών, και έτσι να περιορίσει τη βέλτιστη χρησιμοποίηση των άλλων συστατικών της ιχθυοτροφής. Έχει παρατηρηθεί ότι καθώς η πέψιμη ενέργεια της τροφής αυξάνεται, η κατανάλωσή της από την *O. niloticus* μειώνεται (Webster and Lim, 2002).

Δεδομένα σχετικά με τις ενεργειακές απαιτήσεις της τιλάπιας έχουν δημοσιευθεί εκφρασμένα ως ολική ενέργεια (GE), πέψιμη ενέργεια (DE) και μεταβολίσιμη ενέργεια (ME) σε σχέση με τα διαιτητικά επίπεδα της πρωτεΐνης (Πίνακας 2.4). Γενικά, η διαιτητική αναλογία πρωτεΐνης-ενέργειας που προσδίδει το μέγιστο βαθμό ανάπτυξης των ψαριών εξαρτάται από το μέγεθος των ψαριών. Για τα ατελή ιχθύδια (σωματικό βάρος περίπου 0,5 g) και τα νεαρά ιχθύδια (από 0,5-5g) της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*), αυτή η άριστη διαιτητική αναλογία πρωτεΐνης / ενέργειας (P/E) κυμαίνεται από 95,3 έως 123 mg πρωτεΐνης/kcal πέψιμης ενέργειας (El-Sayed and Teshima, 1992, Πίνακας 2.4) και για τα ενήλικα ψάρια (5-50g), από 99,48 έως 108 mg πρωτεΐνης/kcal πεπτής ενέργειας (El-Dahhar and Lovell, 1995). Οι Shiau and Huang (1990) δημοσίευσαν ότι η μέγιστη ανάπτυξη για το είδος *O. aureus* × *O. niloticus* (1,60g) εκτρεφόμενο σε θαλασσινό νερό (32-34‰ αλατότητα)

πραγματοποιούνταν όταν τα ψάρια τρέφονταν με δίαιτα που είχε 21% και 24% πρωτεΐνη με αναλογία διαιτητικής πρωτεΐνης / μεταβολίσιμη ενέργεια ίση με 67,74 και 104,35 mg πρωτεΐνης/kcal, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.4 Η ιδανική αναλογία διαιτητικής πρωτεΐνης-ενέργειας (P/E) για τα διάφορα είδη της τιλάπιας (Πηγή: Webster and Lim, 2002).

Είδη	Βάρος ψαριού (g)	Ιδανική αναλογία διαιτητικής P/E	Βιβλιογραφική αναφορά.
<i>O. mossambicus</i>	1,8	116,6 mg kcal ⁻¹ ME	Jauncey (1982)
	5,19	99,48 mg kcal ⁻¹ DE	El-Dahhar and Lovell (1995)
<i>O. niloticus</i>	0,012	110 mg kcal ⁻¹ GE	El-Sayed and
	1,7	120 mg kcal ⁻¹ DE	Teshima (1992) Kubaryk, 1980
<i>O. aureus</i>	2,5	123 mg kcal ⁻¹ DE	Winfree and Stickney
	7,5	108 mg kcal ⁻¹ DE	(1981)
<i>Tilapia zillii</i>	1,65	95,3 mg kcal ⁻¹ DE	Mazid <i>et al.</i> (1979)
	50	103 mg kcal ⁻¹ DE	El-Sayed (1987)
<i>O. aureus</i> × <i>O. niloticus</i>	0,16	111 mg kcal ⁻¹ DE	Santiago and Larn (1991)

2.4 Θρεπτικές ανάγκες σε λιπίδια και λιπαρά οξέα

Η πρωτεΐνη είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο μέρος του κόστους στις περισσότερες προπαρασκευασμένες τροφές. Το κλάσμα της πρωτεΐνης θα πρέπει να χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη παρά να χρησιμεύει ως πηγή ενέργειας για το ψάρι. (Καραπαναγιωτίδης και Μεντέ, 2009). Για να επιτευχθεί αυτό, η σύγχρονη τάση

στην παρασκευή ιχθυοτροφών προτείνει τη χρήση αυξημένων ποσοτήτων λιπιδίων ώστε οι ενεργειακές ανάγκες των ψαριών να καλυφθούν από αυτά και να αξιοποιηθεί η διαιτητική πρωτεΐνη για την ανάπτυξή τους (Καραπαναγιωτίδης και Μεντέ, 2009). Ο βαθμός στον οποίο μπορεί να γίνει εξοικονόμηση πρωτεΐνης (protein sparing effect) με αξιοποίηση άλλων θρεπτικών συστατικών, όπως πχ λιπιδίων, για παραγωγή ενέργειας είναι μεγάλης σημασίας αφού μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους της τροφής και της διατήρησης του πρωτεϊνικού αζώτου .

Επιπλέον τα λιπίδια της τροφής αποτελούν τη μοναδική πηγή των απαραίτητων λιπαρών οξέων που χρησιμοποιούνται για τη φυσιολογική ανάπτυξη των ψαριών. Επίσης, τα λιπίδια είναι σημαντικοί μεταφορείς άλλων ουσιών και βοηθούν στην απορρόφηση των λιποδιαλυτών βιταμινών. Τα λιπίδια και ειδικά τα φωσφολιπίδια είναι σημαντικά για την κυτταρική δομή και για τη διατήρηση της ελαστικότητας και της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης. Τα λιπίδια, επίσης, χρησιμεύουν ως πρόδρομα των στεροειδών ορμονών και των προσταγλανδινών, βελτιώνουν τη γεύση της τροφής και διαμορφώνουν την σύσταση των λιπαρών οξέων στους ιστούς των ψαριών (Cuillaume *et al.*, 2001).

Μελέτες στην *Tilapia zillii* (El-Sayed and Garling, 1988) έδειξαν ότι από την αύξηση των λιπιδίων στη διαίτα πάνω από 15% προέκυψε σημαντική βελτίωση της αναλογίας της αποδοτικότητας της πρωτεΐνης και της αξίας πρωτεϊνικής παραγωγής («protein production value, PPV»). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους Teshima *et al.* (1985) με την *O. niloticus*. Ο Hanley (1991) σημείωσε ότι τα είδη της τιλάπιας είναι ικανά να αποθηκεύσουν σημαντικές ποσότητες λιπιδίων στη σάρκα και στα σπλάχνα τους, αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτήν την πηγή ενέργειας για να βελτιώσουν την αύξησή τους. Ωστόσο, αυτή η έρευνα διεξήχθη στην ύπαιθρο, όπου η φυσική παραγωγικότητα στα καλλιεργητικά συστήματα ίσως να επηρέασε τα

αποτελέσματα. Τα διαιτητικά λιπίδια έχει αποδειχτεί ότι διατηρούν μία ποσότητα της διαιτητικής πρωτεΐνης για ανάπτυξη. Τα επίπεδα της πρωτεΐνης στη δίαιτα της *O. niloticus* μπορούν να μειωθούν από 33,2% σε 25,7% με την αύξηση των διαιτητικών λιπιδίων από 5,7% σε 9,4% και των υδατανθράκων από 31,9% σε 36,9%. Όταν τα επίπεδα των διαιτητικών λιπιδίων βρίσκονται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 12% βελτιώνουν την ανάπτυξη των νεαρών ατόμων των υβριδίων *O. aureus* × *O. niloticus*. Οι Stickney and Wurts, (1986) ανέφεραν ότι η ανάπτυξη της *O. aureus* μπορούσε να βελτιωθεί σημαντικά όταν της παρέχονταν ιχθυέλαιο σαρδελομάνας (*Brevoortia tyrannus*) σε ποσοστά από 7,5 έως 10% της διαίτας σε σύγκριση με χαμηλότερα επίπεδα ιχθυελαίου στη δίαιτα. Τα καλύτερα αποτελέσματα εξασφαλιζόνταν όταν ιχθυέλαιο σαρδελομάνας (*Brevoortia tyrannus*) προσθέτονταν σε ποσοστό 10% της διαίτας. Σε ένα πείραμα προσφέρθηκαν σε νεαρά υβριδικά άτομα *O. aureus* × *O. niloticus* πέντε ισοενεργητικές και ισοπρωτεϊνικές σύνθετες διαίτες με σύσταση 0 – 20% σε λιπίδια που προέρχονταν από διαφορετική πηγή (καλαμποκέλαιο, ηπατέλαιο και λαρδί χοιρινού σε αναλογία 1 : 1 : 1) (Chou and Shiau 1996). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό του 5% των διαιτητικών λιπιδίων ήταν αρκετό για να ικανοποιήσει τις ελάχιστες ανάγκες για τη διατήρηση του σωματικού βάρους των νεαρών ατόμων της τιλάπιας, αλλά το ποσοστό των 15% χρειάζονταν για την μέγιστη ανάπτυξη (Chou and Shiau 1996).

Όσον αφορά τις θρεπτικές απαιτήσεις των γεννητόρων σε λιπίδια είναι σημαντικό να τις γνωρίζουμε καθώς η λιπιδιακή τους σύνθεση παίζει σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότητα της ωοτοκίας και στην επιβίωση και ανάπτυξη των λαρβών. Οι El-Sayed *et al.*, (2005), μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών πηγών λιπιδίων σε σχέση με την αλατότητα στην αποδοτικότητα της ωοτοκίας των γεννητόρων της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*). Οι πηγές των λιπιδίων που εξέτασαν ήταν το

σογιέλαιο, το ιχθυέλαιο και μίγμα αυτών. Το μέγεθος πρώτης γεννητικής ωριμότητας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την πηγή των λιπιδίων και την αλατότητα. Στις αλατότητες 7‰ και 14‰ τα ψάρια που τρέφονταν με ιχθυέλαιο ή μίγμα ιχθυελαίου-σογιέλαιου ωοτοκούσαν συχνότερα και σε συντομότερα χρονικά διαστήματα από αυτά που διατρέφονταν με σογιέλαιο. Το ιχθυέλαιο, αύξησε επίσης την απόλυτη γονιμότητα και τον αριθμό των αβγών ανά ωοτοκία σε κάθε αλατότητα. Στο γλυκό νερό όμως, η αποδοτικότητα στην ωοτοκία και το βάρος των λαρβών δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από το είδος του ελαίου. Ακόμη, στις αλατότητες των 7‰ και 14‰ τα ψάρια που τρέφονταν μόνο με σογιέλαιο χρειάζονταν περισσότερο χρόνο για την εκκόλαψη των αβγών τους και την απορρόφηση των λεκιθικών σάκων των λαρβών. Επίσης, οι λάρβες της ομάδας που διατράφηκε με σογιέλαιο παρουσίασαν χαμηλότερο σωματικό βάρος από αυτές που διατράφηκαν με ιχθυέλαιο ή με μίγμα ιχθυελαίου-σογιέλαιου.

Από την έρευνα τους οι El-Sayed *et al.*, (2005), συμπέραναν ότι όταν οι γεννήτορες της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) εκτρέφονται σε υφάλμυρο νερό απαιτούν μια πηγή με διαιτητικά ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) για τη βέλτιστη αποδοτικότητα στην ωοτοκία, ενώ το σογιέλαιο μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις των γεννητόρων που εκτρέφονται στο γλυκό νερό.

Τα ψυχρού νερού ψάρια έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) από τα ψάρια που διαβιούν σε θερμά υδάτινα περιβάλλοντα, τα οποία τείνουν στο να απαιτούν περισσότερες ποσότητες σε ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι οι ανάγκες σε λιπαρά οξέα ποικίλουν στην τιλάπια (ανασκόπηση από τους Webster and Lim, 2002). Οι Kanazawa *et al.*, (1980a) έδειξαν ότι η *T. zillii* δεν ήταν ικανή στο να μετατρέπει το διαιτητικό 18:2ω-6 σε 20:4ω-6. Ωστόσο, οι Kanazawa *et al.*, (1980b) υποστήριξαν

ότι κάποια είδη τιλάπιας πιθανώς να μετατρέπουν το διαιτητικό 18:2ω-6 σε 20:4ω-6. Οι Stickney and McGeachin (1985), έδειξαν ότι η ανάπτυξη της γαλάζιας τιλάπιας (*O. aureus*) δεν επηρεάζεται από το ποσοστό του διαιτητικού λινολεϊκού οξέος (18:3ω-3) όταν αυτό είναι μικρότερο της τάξης του 2%. Όταν η γαλάζια τιλάπια (*O. aureus*) διατρέφονταν με δίαιτες που περιείχαν αυξανόμενες ποσότητες σογιέλαιου (αυξανόμενης ποσότητας 18:3ω-3) παρατηρήθηκε ότι βελτιώθηκε η ανάπτυξη της ανάλογα με την αύξηση του λινολεϊκού οξέος.

Οι Takeuchi *et al.* (1983) βρήκαν ότι η ανάπτυξη της τιλάπιας *O. niloticus* ήταν σημαντικά μειωμένη όταν στη προσφερόμενη τροφή περιέχονταν ιχθυέλαιο (ηπατέλαιο μπακαλιάρου) σε σύγκριση με καλαμποκέλαιο ή σογιέλαιο. Οι Ramachandran Nair and Gopakumar (1981) ανέφεραν ασυνήθιστα υψηλά επίπεδα του 22:6ω-3 στα αυγά της *O. mossambica* υποστηρίζοντας ότι το 22:6ω-3 διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αναπαραγωγή και την ανάπτυξη των εμβρύων. Ωστόσο, οι Santiago and Reyes (1993) έδειξαν ότι, αν και το ιχθυέλαιο (ηπατέλαιο μπακαλιάρου) έχει υψηλά ποσοστά σε 22:6ω-3, συνέβαλλε στο να αποκτήσει η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) το μέγιστο βάρος και να έχει την καλύτερη αναπαραγωγική απόδοση. Για την γαλάζια τιλάπια (*O. aureus*) έχει αναφερθεί ότι αναπτύσσεται πολύ καλά με πρακτικές δίαιτες που στη σύστασή τους περιέχουν έως και 10% σε σογιέλαιο, το οποίο είναι πλούσιο σε 18:2ω-6, ή 10% σε ιχθυέλαιο σαρδελομάνας, το οποίο είναι πλούσιο σε 20:5ω-3 και 22:6ω-3 (Stickney and Mc Geahin, 1983). Οι Stickney and Hardy (1989), ωστόσο δημοσίευσαν ότι η γαλάζια τιλάπια (*O. aureus*) έχει απαιτήσεις σε σχετικά υψηλά ποσοστά των ω-6 λιπαρών οξέων ακόμη και αν οι ανάγκες αυτές μπορούν να μειωθούν όταν υπάρχουν ω-3 λιπαρά οξέα στη δίαιτα. Οι Stickney and Wurts (1986) συγκρίνανε την ανάπτυξη της γαλάζιας τιλάπιας (*O. aureus*) που διατρέφονταν με δίαιτες οι οποίες περιλάμβαναν

αυξανόμενα ποσοστά ιχθυέλαιου γατόψαρου και σαρδελομάνας. Η καλύτερη ανάπτυξη παρατηρήθηκε στα ψάρια που διατράφηκαν με τη δίαιτα του ιχθυελαίου της σαρδελομάνας σε ποσοστό 10% της τροφής.

Αυτές οι μελέτες έδωσαν αντιφατικά αποτελέσματα όσον αφορά τις ανάγκες των διαφόρων ειδών της τιλάπιας σε διαιτητικά ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα (PUFA). Όμως οι Chou and Shiau (1999), δημοσίευσαν ότι τα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα για τη μέγιστη ανάπτυξη των υβριδίων της τιλάπιας (*O. aureus* × *O. niloticus*). Παρόμοια οι Karapanagiotidis *et al.* (2007) διέθρεψαν ιχθύδια της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) για 20 εβδομάδες με ισοπρωτεϊνικές και ισοενεργειακές δίαιτες που διέφεραν ως προς την πηγή του διαιτητικού ελαίου και ως προς τα περιεχόμενα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Οι συγγραφείς ανέφεραν πως η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) έχει διαιτητικές ανάγκες τόσο σε ω-6 όσο και σε ω-3, μιας και η ανάπτυξη των ψαριών που διατράφηκαν με δίαιτες που περιείχαν μόνο ω-6 ήταν παρόμοια με εκείνων που διατράφηκαν με δίαιτες που περιείχαν μόνο ω-3. Είναι φανερό ότι χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για τις ποιοτικές και ποσοτικές ανάγκες των ειδών της τιλάπιας και των υβριδίων της σε απαραίτητα λιπαρά οξέα.

2.5 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούν το πιο φθινό μέρος της διατροφικής ενέργειας για τον άνθρωπο και τα αγροτικά ζώα, αλλά η χρησιμοποίησή τους από τα ψάρια ποικίλλει και αποτελεί ακόμα πεδίο σύγχυσης (Webster and Lim, 2002). Οι υδατάνθρακες είναι η τρίτη κατά σειρά πλούσια θρεπτική ομάδα στο σώμα των ζωικών οργανισμών και σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια δεν καλύπτουν απόλυτα καθορισμένες διατροφικές απαιτήσεις. Η τιλάπια, όπως και όλα τα είδη

ιχθύων, προμηθεύονται την απαιτούμενη γλυκόζη από τη σύνθεση της (γλυκονεογένεση) από τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα (Beveridge and Mc Andrew, 2000).

Γενικά, τα ψάρια χρησιμοποιούν πολύ λίγο τους υδατάνθρακες της τροφής και δεν έχουν δημοσιευθεί καθορισμένες θρεπτικές ανάγκες σε υδατάνθρακες στα ψάρια. Έχει αναφερθεί όμως, ότι η χρησιμοποίηση του αμύλου είναι πολύ σημαντικότερη από αυτή της γλυκόζης για την τιλάπια (Shiau and Chen, 1993). Επίσης, έχει αναφερθεί ότι η τιλάπια χρησιμοποιεί καλύτερα τους δισακχαρίτες από την γλυκόζη αλλά πολύ λιγότερο από το άμυλο (Shiau and Chuang, 1995). Από τους δισακχαρίτες η μαλτόζη χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό, ακολουθεί η σουκρόζη και η λακτόζη (Shiau and Chuang, 1995). Οι Lin and Shiau, (1995) ανέφεραν ότι η δράση του μηλικού οξέος και των ενζύμων G-6-PD και PGD ήταν μεγαλύτερες στην τιλάπια, όταν διατρέφονταν με δίαιτα που περιείχε άμυλο, από ότι όταν διατρέφονταν με δίαιτα που περιείχε γλυκόζη. Επιπροσθέτως, αλλάζοντας τη δίαιτα από άμυλο σε γλυκόζη παρατηρήθηκε ότι μειώνονταν οι δραστηριότητες των παραπάνω ενζύμων στο συκώτι των ψαριών. Οι συγγραφείς πιστεύουν ότι η λιπογενική ενζυμική δραστηριότητα στο συκώτι της τιλάπιας μπορεί να προσαρμοστεί στους διατροφικούς υδατάνθρακες.

Οι Tung and Shiau (1991) έχουν μελετήσει την επίδραση της συχνότητας της προσφοράς τροφής στη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων από την τιλάπια. Δίαιτες που περιείχαν 44% γλυκόζη, δεξτρίνη και άμυλο προσφέρονταν δύο ή έξι φορές την ημέρα. Οι συγγραφείς βρήκαν ότι τα ψάρια που ταΐζονταν από όλες τις πηγές υδατανθράκων έξι φορές την ημέρα είχαν αποκτήσει σημαντικά μεγαλύτερο βάρος, μεγαλύτερη εναπόθεση πρωτεΐνης και διατήρηση ενέργειας από τα ψάρια που ταΐζονταν δύο φορές την ημέρα. Στη μελέτη αυτή δημοσιεύθηκε επίσης ότι καθώς

αυξάνονταν η συχνότητα προσφοράς τροφής από δύο σε έξι φορές τη ημέρα τα ψάρια που ταΐζονταν με τη δίαιτα που περιείχε άμυλο και δεξτρίνη αποκτούσαν περισσότερο βάρος από τα ψάρια στα οποία προσφέρονταν η δίαιτα που περιείχε γλυκόζη. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η συνολική ανάπτυξη της τιλάπιας στην οποία προσφέρονταν η δίαιτα της γλυκόζης έξι φορές την ημέρα ήταν μεγαλύτερη από αυτή των ψαριών στα οποία προσφέρονταν η δίαιτα του αμύλου και της δεξτρίνης δύο φορές την ημέρα. Το αποτέλεσμα της στρατηγικής για τη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων στη διατροφή της τιλάπιας έχει επιβεβαιωθεί από τους Shiau and Lei (1999) όταν αυτοί επαναξιολόγησαν τα αποτελέσματα από την επίδραση της συνεχούς προσφοράς τροφής την ημέρα και των δύο ιχθυοτροφών στη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων από την τιλάπια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συνεχής προσφορά τροφής βελτιώνει την χρησιμοποίηση των υδατανθράκων.

Ο Shiau *et al.* (1988) μελέτησαν την επίδραση της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης (CMC) στην ανάπτυξη, την πεπτικότητα και το χρόνο εκκένωσης του στομάχου. Στις μελέτες τους το CMC συμπεριλήφθηκε σε ποσοστό 2, 6, 10 και 14% της διαίτας. Ως πηγή υδατανθράκων χρησιμοποιήθηκε η δεξτρίνη. Το κέρδος βάρους και ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής μειώθηκαν, καθώς αυξήθηκε το CMC. Ο Shiau *et al.* (1989b) μελέτησαν την επίδραση πέντε πολυσακχαριτών (αγαρόζη, ίνες του υδρόβιου φυτού carrageenan, CMC και κυτταρίνη) στη χρησιμοποίηση της δεξτρίνης και της γλυκόζης από την τιλάπια. Το κάθε συστατικών προστέθηκε σε ποσοστό 10% στη δίαιτα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το κέρδος βάρους ήταν σημαντικά χαμηλότερο για την τιλάπια όταν τρέφονταν με δίαιτες που περιείχαν τους διάφορους πολυσακχαρίτες παρά όταν τρέφονταν με την δίαιτα της γλυκόζης και της δεξτρίνης. Η εντερική απορρόφηση των υδατανθράκων ήταν χαμηλή στα ψάρια που τρέφονταν με δίαιτες που περιείχαν πολυσακχαρίτες ανεξαρτήτου πηγής. Οι Shiau

and Yu (1999) δημοσίευσαν ότι τα διατροφικά συμπληρώματα χιτίνης ή της χιτοζάνης μειώνουν την ανάπτυξη τη τιλάπια ανεξαρτήτως του επιπέδου διαθεσιμότητας (2,5 και 10% της τροφής).

Η νιασίνη είναι πρόδρομη ουσία ορισμένων συνενζύμων που χρειάζονται για τον μεταβολισμό των υδατανθράκων. Οι Shiau and Suen (1992) δημοσίευσαν ότι η ποσότητα της νιασίνης που απαιτείται από την τιλάπια ποικίλλει σχετικά με τις πηγές των υδατανθράκων. Επίσης, βρήκαν ότι το κατάλληλο επίπεδο της διαιτητικής νιασίνης για τη μέγιστη ανάπτυξη των νεαρών ατόμων της τιλάπια ήταν 26 mg kg^{-1} στα ψάρια που τρέφονταν με τη διαίτα της γλυκόζης και 121 mg kg^{-1} στα ψάρια που τρέφονταν με τη διαίτα της δεξτρίνης, υποδηλώνοντας ότι θρεπτικές ανάγκες της νιασίνης για την τιλάπια επηρεάζονται από τον τύπο των υδατανθράκων στην τροφή.

Οι Shiau and Peng (1993), διεξήγαγαν έρευνα για να μελετήσουν την ικανότητα των διαιτητικών υδατανθράκων στη εξοικονόμηση της διαιτητικής πρωτεΐνης για να αξιοποιηθεί για ανάπτυξη στην τιλάπια. Χρησιμοποιήθηκαν 3 δίαιτες που είχαν μειωμένα ποσοστά διαιτητικής πρωτεΐνης (32%, 28% και 24%) και παράλληλα αυξημένα ποσοστά διαιτητικών υδατανθράκων (33%, 37% και 42%) που προέρχονταν από τρεις πηγές διαιτητικών υδατανθράκων (γλυκόζη, δεξτρίνη, άμυλο). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι διαιτητικοί υδατάνθρακες διατηρούν την διαιτητική πρωτεΐνη προς ανάπτυξη μόνο όταν το ποσοστό πρωτεΐνης της τροφής δεν είναι ιδανικό (24%). Αξίζει να αναφερθεί ότι η χρησιμοποίηση υδατανθράκων από την τιλάπια επηρεάζεται από την πηγή των διαιτητικών πρωτεϊνών (Shiau and Chuang, 1996).

Η χρησιμοποίηση των υδατανθράκων από την τιλάπια ίσως να επηρεάζεται και από βιοτικούς παράγοντες, όπως το φυσιολογικό στάδιο. Οι Tung and Shiau (1993) συγκρίνανε τη χρησιμοποίηση δύο πηγών υδατανθράκων (γλυκόζης και

αμύλου) σε δύο σωματικά μεγέθη (4.55 και 0,46g) τιλάπιας. Βρήκαν ότι τα μεγαλύτερα σε μέγεθος ψάρια (4,55 g) αποκτούσαν σημαντικά μεγαλύτερο σωματικό βάρος και είχαν καλύτερους συντελεστές μετατρεψιμότητας της τροφής, εναπόθεσης πρωτεΐνης και ενέργειας από ότι τα μικρότερου μεγέθους ψάρια (0,46g) όταν τρέφονταν με τη δίαιτα της γλυκόζης. Ωστόσο, αυτές οι παράμετροι ήταν όμοιες στα μεγαλύτερα και στα μικρότερα ψάρια όταν αυτά τρέφονταν με την δίαιτα του αμύλου.

2.6 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία

Οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία είναι δύο κατηγορίες θρεπτικών συστατικών, οι οποίες αν και περιλαμβάνονται σε χαμηλά επίπεδα στην τροφή, είναι απαραίτητες για τον ζωικό οργανισμό, αλλά όχι ικανές στο να του προσφέρουν διατροφική ενέργεια (Jauncey, 1998). Αν και οι θρεπτικές ανάγκες σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία είναι μικρές, η ανεπάρκεια αυτών των μικροθρεπτικών συστατικών μπορεί να προκαλέσει ποικίλα συμπτώματα από ανορεξία μέχρι σοβαρές παραμορφώσεις των ιστών (Lovell, 1989). Οι βιταμίνες είναι μια ομάδα σύνθετων οργανικών ενώσεων οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μεταβολισμό των ζωικών οργανισμών (Jauncey, 1998). Απαιτούνται στη διατροφή σε μικρές ποσότητες και χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη, την υγεία και τις διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των ζωικών οργανισμών (Lovell, 1989). Συγκεκριμένα για τους ιχθείς, ο Παπουτσόγλου (2008) αναφέρει ότι οι ημερήσιες ανάγκες σε βιταμίνες διαφοροποιούνται κυρίως ανάλογα με το είδος, τη βιολογική τους φάση και τη φυσιολογική τους κατάσταση. Οι βιταμίνες είναι γενικά απαραίτητες στο ίδιο πνεύμα που απαιτούνται τα απαραίτητα αμινοξέα ή τα απαραίτητα λιπαρά οξέα. Γενικά,

κατηγοριοποιούνται σε δύο ομάδες, τις υδατοδιαλυτές και τις λιποδιαλυτές βιταμίνες (Jauncey, 1998).

Στις ημιεντατικές εκτροφές της τιλάπιας, συνήθως δε χρησιμοποιούνται συμπληρώματα βιταμινών στις δίαιτές τους. Στα συστήματα εντατικής εκτροφής που η διαθεσιμότητα της φυσικής τροφής, είναι περιορισμένη πρέπει να προστίθενται συμπληρώματα βιταμινών (Webster and Lim, 2002).

Στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζονται οι θρεπτικές ανάγκες σε βιταμίνες των ειδών της τιλάπιας. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες που απαιτεί στη διατροφή της η τιλάπια βάσει μελέτης είναι: η θειαμίνη, η ριβοφλαβίνη, η πυριδοξίνη, η βιταμίνη B₁₂, η νιασίνη, η βιοτίνη, η χολίνη, το παντοθενικό οξύ και το ασκορβικό οξύ. Συμπτώματα έλλειψης θειαμίνης έχουν παρατηρηθεί στο κόκκινο υβρίδιο *O. mossambicus* × *O. niloticus* εκτρεφόμενο σε θαλασσινό νερό (32‰ αλατότητα) που παρουσίασε μειωμένη σωματική ανάπτυξη και χαμηλό αιματοκρίτη. Τα επίπεδα της θειαμίνης των 2,5 mg kg⁻¹ στη δίαιτα ήταν ικανά για να αποδώσουν τη μέγιστη ανάπτυξη και να εξαλείψουν όποια σημάδια διαιτητικής έλλειψης στην τιλάπια (Lim and Leamaster, 1991).

Πίνακας 2.5 Θρεπτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες των διαφόρων ειδών της τιλάπιας (Πηγή: Webster and Lim, 2002).

ΑΝΑΓΚΕΣ (mg kg ⁻¹ ΔΙΑΙΤΑ)				
ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	<i>O. aureus</i> × <i>O. niloticus</i>	<i>O. aureus</i>	<i>O. niloticus</i>	<i>O. mossambicus</i> × <i>O. niloticus</i>
Θειαμίνη	-	-	-	-
Ριβοφλαβίνη	-	6	-	-
Πυριδοξίνη	1,7-9,5 (28%) 15-16,5 (36%)	-	-	-
Βιταμίνη B12	Περιττή	-	Περιττή	-
Νιασίνη	121	-	-	-

Βιοτίνη	0,06	-	-	-
Φολικό οξύ	-	-	-	-
Ινοσιτόλη	-	-	-	-
Χολίνη	1000	Περιττή	-	-
Παντοθενικό οξύ	-	6-10	-	-
Ασκορβικό οξύ	79 41-48 (C2S) 37-42 (C2MP-Mg) 63,4 (C2MP-Na)	50	420	100-200 (C2S)
A	-	-	-	-
D	0,00937 (374,8 IU kg ⁻¹)	Περιττή	-	-
E	42-44 (5% lipid) 60-66 (12% lipid)	10 (3%lipid) 25 (6% lipid)	50-100 (5% lipid) 500 (10~15% lipid)	-
K	-	-	-	-

Υπάρχουν λιγοστές πληροφορίες όσον αφορά τις θρεπτικές ανάγκες της τιλάπιας σε ανόργανα στοιχεία. Για πέντε ανόργανα στοιχεία (ασβέστιο, φωσφόρος, μαγνήσιο, ψευδάργυρος και κάλιο) έχει μελετηθεί το διαιτητικό ποσοστό των απαιτήσεων της τιλάπιας. Όταν η εκτροφή της τιλάπιας γίνεται σε νερά χαμηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο, το ποσοστό διαιτητικού συμπληρώματος ασβεστίου και φωσφόρου που απαιτείται για την ομαλή ανάπτυξη και εναπόθεση στα οστά της *O. aureus* είναι 0,7% και 0,5% της τροφής για το ασβέστιο και τον φωσφόρο, αντίστοιχα (Robinson *et al.*, 1984, 1987). Οι ανάγκες σε φωσφόρο για τη μέγιστη ανάπτυξη και την ομαλή εναπόθεση στα οστά για την τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) αναφέρεται ότι είναι μικρότερη από 0,9% της τροφής (Watanabe *et al.*, 1987). Για την *O. aureus*, περιεχόμενο της τροφής της τάξης του 0,05% σε μαγνήσιο (Reigh *et al.*, 1991) και 0,002% σε ψευδάργυρο (McClain and Gatlin, 1988) είναι απαραίτητο για την ιδανική ανάπτυξη. Ωστόσο, οι θρεπτικές ανάγκες που αναφέρθηκαν για την τιλάπια του

Νείλου (*O. niloticus*) είναι οι εξής: από 0,059 έως 0,077% για το μαγνήσιο (Dabrowska *et al.*, 1989) και 0,003% για τον ψευδάργυρο (Eid and Ghonim, 1994). Οι ανάγκες σε κάλιο για το υβρίδιο *O. niloticus* × *O. aureus* είναι από 0,2 έως 0,3% (Shiau and Hsien, 2001). Διαιτητικά επίπεδα 0,0012% μαγγανίου και 0,0003-0,0004% χαλκού έχουν συστηθεί για την *O. niloticus* (Watanabe *et al.*, 1988).

3. Κοινά συστατικά ιχθυοτροφών για την κάλυψη των θρεπτικών απαιτήσεων του είδους *Oreochromis niloticus*

3.1 Εισαγωγή

Στις εντατικές υδατοκαλλιέργειες, η σίτιση των εκτρεφόμενων οργανισμών αντιπροσωπεύει πάνω από το 50% των λειτουργικών δαπανών με την πρωτεΐνη να αποτελεί το πιο ακριβό θρεπτικό συστατικό. Η διατροφή και η θρέψη παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη συνεχή ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας. Οι θρεπτικές απαιτήσεις των ψαριών σε συνθήκες εκτροφής, καλύπτονται από ιχθυοτροφές οι οποίες αποτελούν σύνθετα μίγματα διαφόρων συστατικών. Τα συστατικά αυτά μπορεί να είναι ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Τα διατροφικά χαρακτηριστικά και η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχή σύνθεση των ιχθυοτροφών, στην ανάπτυξη και υγεία των ψαριών και κατ' επέκταση στην ανάπτυξη του κλάδου των ιχθυοκαλλιεργειών αλλά και στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο υδάτινο περιβάλλον (Hasan, 2001).

3.2 Συστατικά ζωικής προέλευσης

Τα ζωικά προϊόντα που έχουν εξεταστεί ως τροφές για την τιλάπια προέρχονται είτε από σπονδυλωτά είτε από ασπόνδυλα ζώα. Οι πηγές των ζωικών προϊόντων και παραπροϊόντων των σπονδυλωτών είναι αυτές που προέρχονται από

τους ιχθύες, όπως το ιχθυάλευρο, η υδρολυμένη πρωτεΐνη ψαριού και τα παρεμπίπτοντα αλιεύματα, και από τα χερσαία ζώα το υδρολυμένο πτεράλευρο, το κρεατάλευρο, το οστεάλευρο, τα άλευρα παραπροϊόντων πουλερικών και τα προϊόντα αίματος και γάλακτος. Στα προϊόντα των μη σπονδυλωτών περιλαμβάνονται τα σκουλήκια, οι προνύμφες εντόμων, τα καρκινοειδή και το ζωοπλαγκτόν (Jauncey, 1998). Οι πηγές πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης αποτελούν συχνά τα πιο σημαντικά και περισσότερο ακριβά συστατικά της τροφής για την τιλάπια και θα πρέπει αν το κόστος είναι μεγάλο να χρησιμοποιούνται με φειδώ. Γενικά, είναι πλούσιες σε πρωτεΐνη, λιπίδια, ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες και χαμηλές σε ινώδεις ουσίες και υδατάνθρακες (Jauncey, 1998).

3.2.1 Ιχθυάλευρο

Η ανάπτυξη των εμπορικών ιχθυοτροφών βασίζεται παραδοσιακά στο ιχθυάλευρο, την κυριότερη πηγή πρωτεΐνης (El-Sayed, 1999). Το ιχθυάλευρο περιέχει υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης (από 65% έως και 73% επί της ολικής ουσίας) και ένα ισορροπημένο προφίλ απαραίτητων αμινοξέων. Επίσης, αποτελεί άριστη πηγή ενέργειας, ανόργανων στοιχείων και βιταμινών αλλά και απαραίτητων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Γενικά, θεωρείται το πιο επιθυμητό ζωικό συστατικό στις ιχθυοτροφές λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη, της υψηλής πεπτικότητάς του, της ωραίας γεύσης που προσδίδει στην ιχθυοτροφή καθώς και για το ότι αποτελεί πηγή των απαραίτητων ω-3 λιπαρών οξέων (Jauncey, 1998).

Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή του ιχθαλέουρου είναι στάσιμη, ενώ υπάρχουν φόβοι για πιθανή έλλειψη στο μέλλον. Διάφοροι λόγοι συντελούν σε αυτό μεταξύ των οποίων, τα μειωμένα ή έστω σταθερά ιχθυοαποθέματα που προορίζονται για την παραγωγή του, η αυξημένη ζήτησή του από τις ιχθυοκαλλιέργειες κ.α..

Ωστόσο, έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες για την μερική ή ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με φθηνότερες τοπικά διαθέσιμες πρωτεϊνικές πηγές (El-Sayed, 1999).

3.2.2 Παραπροϊόντα αλιείας

Μέχρι σήμερα δεν έχει δοθεί μεγάλη σημασία στα εμπορικά εν δυνάμει παραπροϊόντα αλιείας (συμπεριλαμβανομένου της συμπυκνωμένης πρωτεΐνης ιχθύων και τα προϊόντα υδρόλυσης, το γαριδάλευρο, το άλευρο ευφασιώδων (κριλ) και το άλευρο καλαμαριού) για τη χρήση τους ως πηγή πρωτεΐνης για την τιλάπια (El-Sayed, 1999).

3.2.3 Παραπροϊόντα χερσαίων ζώων

Τα παραπροϊόντα χερσαίων ζώων (παραπροϊόντα πουλερικών, αιματάλευρο, υδρολυμένο περάλευρο, κρεατάλευρα και οστεάλευρα) έχουν υψηλή σύσταση σε πρωτεΐνη και πολύ καλά προφίλ απαραίτητων αμινοξέων. Ωστόσο, αυτά μπορεί να είναι ελλιπή σε ένα ή περισσότερα αμινοξέα. Τα οριακά απαραίτητα αμινοξέα σε αυτά τα παραπροϊόντα είναι η λυσίνη (παραπροϊόντα πουλερικών, υδρολυμένο περάλευρο) η ισολευκίνη (αιματάλευρο) και η μεθειονίνη (κρεατάλευρα και οστεάλευρα, αιματάλευρο και υδρολυμένο περάλευρο). Εάν στη διαίτα διατηρηθεί κατάλληλη αναλογία ανάμεσα στα παραπροϊόντα αυτά, τότε η ανισορροπία στα απαραίτητα αμινοξέα μπορεί να ισορροπιστεί και η ποιότητα τέτοιων διαιτών πιθανώς να βελτιωθεί (El-Sayed, 1999).

3.2.4 Άλευρο προνυμφών μύγας (magmeal)

Ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης για την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου έχει χρησιμοποιηθεί το άλευρο προνυμφών μύγας (magmeal). Το magmeal είναι πλούσιο

σε πρωτεΐνη. Το ποσοστό της ακατέργαστης πρωτεΐνης κυμαίνεται από 39-55%, των λιπιδίων από 12,5-21% και των ινωδών ουσιών από 5,8-8,2%. Επίσης, το άλευρο προνυμφών μύγας είναι πλούσιο σε φωσφόρο, ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες του συμπλέγματος Β (Ogunzi *et al.*, 2006).

Οι Ogunzi *et al.*, (2008), αντικατέστησαν μερικώς το ιχθυάλευρο με άλευρο από προνύμφες μύγας και μελέτησαν την απόδοση του στην ανάπτυξη και τη θρεπτική χρησιμοποίηση του από την τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*). Για το σκοπό αυτό παρασκευάστηκαν ισοενεργητικές δίαιτες με ποσοστό περιεχόμενης ολικής πρωτεΐνης 31,2%, 34% και 36,1%. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ψάρια και των τριών μεταχειρίσεων έδειξαν υψηλά ποσοστά επιβίωσης. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πολύ καλή ανάπτυξη και γενικότερη κατάσταση των τιλαπιών. Το γεγονός αυτό συνιστά την καταλληλότητα του αλεύρου προνυμφών μύγας για τα νεαρά άτομα της τιλάπιας *O. niloticus*. Παρόλα αυτά είναι σημαντικό να διερευνηθεί η πεπτικότητα του συγκεκριμένου αλεύρου προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την αντικατάσταση του ιχθυάλευρου και να αποτελέσει αξιοποιήσιμη εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης.

3.3. Συστατικά φυτικής προέλευσης

Η μεγάλη ποικιλία των διαθέσιμων φυτικών υλών για την παρασκευή τροφών για την τιλάπια περιλαμβάνει τις ακόλουθες ομάδες: ελαιόσποροι και έλαια καρπών (όπως η σόγια, ο βαμβακόσπορος, το φυστικάλευρο και ο ηλίανθος), τα δημητριακά (όπως το σιτάρι, το καλαμπόκι, το ρύζι και το σόργο), όσπρια (όπως το *Leucaena leucocephala*), ρίζες και βολβοί (όπως ταπιόκα), άλγη και υδρόβια φυτά (π.χ., *azolla* sp. και υάκινθο του νερού) (Jauncey, 1998).

Οι πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης διαφέρουν πολύ σημαντικά στις τιμές των θρεπτικών τους συστατικών με τα περισσότερα να είναι ελλιπή σε τουλάχιστον ένα απαραίτητο αμινοξύ και μερικά να έχουν υψηλά ποσοστά ινωδών ουσιών. Επίσης, μερικά φυτικά συστατικά περιέχουν αντιδιατροφικούς παράγοντες και τοξίνες που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ανάπτυξη της τιλάπιας. Ωστόσο, κάποιοι παράγοντες μπορούν να αδρανοποιούνται ή να καταστρέφονται με κατάλληλες μεθόδους επεξεργασίας, όπως π.χ την ενυδάτωση ή τη θερμική επεξεργασία (Jauncey, 1998).

3.3.1 Σογιάλευρο

Η σόγια αποτελεί μία από τις πιο πλούσιες και διαθέσιμες φυτικές πηγές για την παραγωγή ιχθυοτροφών για τα ψάρια. Το σογιάλευρο είναι η καλύτερη πηγή πρωτεΐνης φυτικής προέλευσης μιας και διαθέτει υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο και καλό προφίλ απαραίτητων αμινοξέων. Ωστόσο είναι ελλιπές σε αμινοξέα που περιέχουν θειϊκές ομάδες (μεθειονίνη, λυσίνη, κυστεΐνη) και περιέχει αρκετούς αντιδιατροφικούς παράγοντες, όπως του αναστολέα της πρωτεάσης (αντιθρυψίνη), της φυτοαιμογλουτίνης και διαφόρων ουσιών αναστολέων της δράσης των βιταμινών. Αρκετοί από αυτούς τους παράγοντες μπορούν να καταστραφούν ή να αδρανοποιηθούν κατά τη θερμική επεξεργασία της σόγιας. Επίσης, το σογιάλευρο είναι πολύ φτωχό σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β και σε μερικά ανόργανα στοιχεία (Jauncey, 1998). Προκειμένου να συμπεριληφθούν πολύ υψηλά ποσοστά σογιάλευρου σε μία δίαιτα τιλάπιας θα πρέπει να συμπληρώσουμε τη δίαιτα με μεθειονίνη (όπως και λυσίνη και κυστεΐνη) για να ισορροπηθεί η κύρια έλλειψη σε απαραίτητα αμινοξέα (Jauncey, 1998).

Με την προϋπόθεση ότι οι δίαιτες που είναι βασισμένες στο σογιάλευρο θα έχουν κατάλληλα ισορροπημένο προφίλ απαραίτητων αμινοξέων, χρησιμοποιώντας συμπληρώματα αμινοξέων, η ανάπτυξη της τιλάπιας που διατρέφεται με δίαιτα βασισμένη στο σογιάλευρο μπορεί να είναι αντίστοιχη με αυτή των ψαριών που διατρέφονται με ιχθυάλευρο (Jauncey, 1998).

Διάφορες μελέτες έχουν γίνει για τη μερική ή ολική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου από σογιάλευρο για την τιλάπια με ποικίλα αποτελέσματα. Το σογιάλευρο μπορεί να αντικαταστήσει από 67% έως και 100% του ιχθυάλευρου ανάλογα με το είδος της τιλάπιας, το μέγεθος των ψαριών, το ποσοστό διατροφικής πρωτεΐνης, την πηγή του σογιάλευρου και τις μεθόδους επεξεργασίας του και τα συστήματα εκτροφής. (El-Sayed, 1999). Σε δίαιτες που προσφέρθηκαν πειραματικά σε ατελή ιχθύδια της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) και περιείχαν σογιάλευρο, το οποίο υπέστη τόσο μηχανική όσο και χημική επεξεργασία, ο βαθμός υποκατάστασης του ιχθυάλευρου έφτασε με επιτυχία το 75% (El-Sayed, 1999).

3.3.2 Άλευρο βαμβακόσπορου και βαμβακόπιτα

Το άλευρο βαμβακόσπορου και η βαμβακόπιτα αποτελούν την περισσότερο διαθέσιμη πηγή πρωτεΐνης φυτικής προέλευσης στον κόσμο. (El-Sayed, 1999). Εκτός από το ότι το άλευρο βαμβακόσπορου είναι σχετικά φθινό, η περιεχόμενη σύστασή του σε πρωτεΐνη είναι καλή (26%-54%, εξαρτάται από την μέθοδο επεξεργασίας), το ίδιο ισχύει και για το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων. Ωστόσο, περιέχει χαμηλά ποσοστά κυστεΐνης, λυσίνης και μεθειονίνης (El-Sayed, 1999) και ασβεστίου. Από την άλλη αποτελεί πολύ καλή πηγή θειαμίνης (Jauncey, 1985). Η περιεκτικότητά του όμως στον αντιδιατροφικό παράγοντα γκοσσυπόλη (πολυφαινολική ένωση,) είναι υψηλή, γεγονός το οποίο περιορίζει τη χρήση του αλεύρου βαμβακόσπορου στις

ιχθυοτροφές (El-Sayed, 1999). Συγκεκριμένα, η γκοσσυπόλη έχει την τάση να δεσμεύει τη λυσίνη της τροφής, μειώνοντας τη διαθεσιμότητά της για τα εκτρεφόμενα ψάρια (Jauncey, 1998).

Τα αποτελέσματα από τη χρήση του αλεύρου βαμβακόσπορου και της βαμβακόπιτας ως πρωτεϊνικές πηγές στις δίαιτες για την τιλάπια είναι αμφιλεγόμενα. Για παράδειγμα, αποτελέσματα ερευνών με την *O. niloticus* και την *O. aureus* που τους προσφέρθηκαν δίαιτες έχοντας ως βάση το άλευρο βαμβακόσπορου και τη βαμβακόπιτα έδειξαν ότι, η ανάπτυξη των ψαριών ήταν χαμηλότερη σε σχέση με τη χρησιμοποίηση ιχθυαλεύρου και αυτό χρεώθηκε στην περιεχόμενη γκοσσυπόλη (El-Sayed, 1999).

3.3.3 Παραπροϊόντα διάφορων ελαιόσπορων και έλαια καρπών

Διάφορα παραπροϊόντα ελαιόσπορων όπως το φυσιτάλευρο, το ηλιάλευρο, το κραμβάλευρο (άλευρο ελαιοκράμβης), το σουσαμάλευρο, το άλευρο τροπικών φυτών (copra meal), το αμυγδάλευρο και το φοινικάλευρο, εμφανίζουν δυνατότητες χρησιμοποίησης τους ως πηγές πρωτεΐνης για την τιλάπια. Παρά την καλή τους σύσταση σε πρωτεΐνη και το καλό προφίλ απαραίτητων αμινοξέων που διαθέτουν, δεν έχει δοθεί η απαιτούμενη προσοχή σε αυτές τις πηγές (Jauncey, 1998).

Οι περισσότεροι ελαιόσποροι είναι τροπικής προέλευσης και έχουν την τάση να είναι πλούσιοι σε πρωτεΐνη (σε σύγκριση με άλλες φυτικές τροφές). Το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων εμφανίζεται συχνά μη ισορροπημένο με τη λυσίνη, τη μεθειονίνη και τη θρεονίνη γενικά να είναι σε ανεπάρκεια, ενώ την τρυπτοφάνη και την αργινίνη να εμφανίζονται σε περίσσεια. Επίσης, τα συστατικά αυτά είναι φτωχά σε υδατάνθρακες (συγκριτικά με άλλα άλλες φυτικές τροφές) και γενικά είναι φτωχές πηγές ασβεστίου, βιταμίνης E και προβιταμίνης A, αλλά αποτελούν καλές πηγές

φωσφόρου και βιταμίνης Β. Αυτά τα συστατικά τροφών αποτελούν μερικά από τα πιο υποσχόμενα φυτικά υλικά για τη διατροφή της τιλάπιας (Jauncey, 1998).

4. Συμπεράσματα

4.1 Εισαγωγή

Οι θρεπτικές απαιτήσεις των ψαριών όπως και όλων των υδρόβιων ζωικών οργανισμών σχετίζονται με την επιβίωση, την ανάπτυξη, την αύξηση, την αναπαραγωγή, την υγεία, τις διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού και γενικότερα την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Η έλλειψη ενός θρεπτικού συστατικού στη δίαιτα των εκτρεφόμενων ιχθύων μπορεί να προκαλέσει άμεσα τη μείωση της ανάπτυξης, μειωμένη αναπαραγωγική απόδοση, διάφορες παθολογικές καταστάσεις και πιθανόν θανάτωση. Η επακριβής γνώση λοιπόν των θρεπτικών απαιτήσεων των εκτρεφόμενων ειδών τιλάπιας όπως και όλων των εκτρεφόμενων υδρόβιων ζωικών οργανισμών είναι απολύτως σημαντική στην εκτροφή τους. Για αυτούς τους λόγους έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες με σκοπό την κατανόηση και τον προσδιορισμό των ποσοτικών και ποιοτικών διατροφικών απαιτήσεων των εκτρεφόμενων ειδών.

4.2 Θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνες και αμινοξέα

Τα ψάρια δεν έχουν ακριβείς πρωτεϊνικές απαιτήσεις αλλά χρειάζονται ένα ισορροπημένο μίγμα από απαραίτητα και μη απαραίτητα αμινοξέα (Webster and Lim, 2002). Το ποσοστό της διατροφικής πρωτεΐνης η οποία αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη διαμορφώνεται με βάση τη φυσιολογική κατάσταση του οργανισμού (ηλικία, βάρος, γονιμότητα), τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία νερού, αλατότητα, διαλυμένο O₂), την ποιότητα της πρωτεΐνης (ποσοστό και διαθεσιμότητα των

απαραίτητων αμινοξέων) και την πρόσληψη της τροφής. Όσον αφορά την τιλάπια η ιδανική ποσότητα στη δίαιτά της φαίνεται να επηρεάζεται από το μέγεθος ή την ηλικία του ψαριού με διακυμάνσεις από 28% έως 50% επί της συνολικής ουσίας της τροφής. Συγκεκριμένα για τα ατελή ιχθύδια (πρώτου ταΐσματος, περίπου 0,5g σωματικό βάρος) τα επίπεδα της διαιτητικής πρωτεΐνης κυμαίνονται από 36% έως 50% με το ποσό των 40% στο ενεργειακό επίπεδο 400 kcal/100g τροφής να αποδίδει τη μέγιστη ανάπτυξη (El Sayed and Teshima, 1992), ενώ για τα νεαρά άτομα (περίπου 0,5-5 g), 29-40% έχει καθοριστεί ότι αποδίδει την ιδανική ανάπτυξη (Shiau and Peng 1993).

Σχετικά με την πάχυνση της τιλάπιας πρακτικές δίαιτες συνήθως περιλαμβάνουν 25-35% ολική πρωτεΐνη. Στις περιπτώσεις όμως που η εκτροφή πραγματοποιείται σε χωμάτινες δεξαμενές και τα ψάρια έχουν πρόσβαση στη φυσική τροφή η οποία είναι πλούσια σε πρωτεΐνες τα επίπεδα της απαιτούμενης πρωτεΐνης στη δίαιτα είναι χαμηλότερα, 20-25% (Lovell, 1980).

Ενώ οι τιλάπιες είναι ψάρια του γλυκού νερού έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να επιβιώσουν σε ένα μεγάλο εύρος αλατότητας στο νερό (Παπουτσόγλου, 2008). Μελετήθηκε λοιπόν από τους (El Sayed *et al.*, 2003) η επίδραση της αλατότητας στις θρεπτικές απαιτήσεις σε πρωτεΐνη της τιλάπιας (*O. niloticus*) και φαίνεται ότι η αλατότητα επηρεάζει τις απαιτήσεις σε διαιτητική πρωτεΐνη οι οποίες μειώνονται αυξανομένης της αλατότητας. Γενικά όμως, η επίδραση της αλατότητας στις διατροφικές απαιτήσεις της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) δεν είναι πλήρως κατανοητή, ούτε είναι ξεκάθαρο το κατά πόσο επηρεάζει την αποδοτικότητα στην αναπαραγωγή (El Sayed *et al.*, 2003).

Σχετικά με την έλλειψη των διαιτητικών πρωτεϊνών οι (Ogunji and Wirth, 2002) αναφέρουν ότι επηρεάζει σημαντικά τη σύσταση του σώματος της τιλάπιας σε

αμινοξέα και λιπαρά οξέα. Επίσης, οι παραπάνω συγγραφείς αναφέρουν ότι η μειωμένη προσφορά διαιτητικής πρωτεΐνης έχει επιπτώσεις στη μεταφορά και στην αποθήκευση των λιπιδίων στο σώμα των ψαριών.

4.3 Θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια

Οι ζωικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν την ενέργεια που προσλαμβάνουν διαμέσου της τροφής τους για την κάλυψη των αναγκών τους για επιβίωση, ανάπτυξη και αναπαραγωγή (Steffens, 1989). Γενικά, τα ψάρια εμφανίζουν χαμηλότερες θρεπτικές απαιτήσεις σε ενέργεια, διότι δεν έχουν την ανάγκη της συνεχούς διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματός τους (Lovell, 1989). Δεδομένα σχετικά με τις ενεργειακές απαιτήσεις της τιλάπιας έχουν δημοσιευθεί σε σχέση με τα διαιτητικά επίπεδα της πρωτεΐνης εκφρασμένα ως ολική ενέργεια (GE), μεταβολίσιμη ενέργεια (ME) και πεπτή ενέργεια (DE). Έτσι για τα ατελή ιχθύδια (περίπου 0,5g) καθώς και για τα νεαρά ιχθύδια (περίπου 0,5-5g) της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) η άριστη διαιτητική αναλογία πρωτεΐνης/ενέργειας (P/E) κυμαίνεται από 95,3 έως 123 mg πρωτεΐνης/kcal πεπτής ενέργειας (El Sayed and Teshima, 1992), και για τα ενήλικα ψάρια (5-50g) από 99,48 έως 109 mg πρωτεΐνης/kcal πεπτής ενέργειας (El Dahhar and Lovell 1995). Γενικά, η διαιτητική αναλογία πρωτεΐνης-ενέργειας που προσδίδει το μέγιστο βαθμό ανάπτυξης των ψαριών εξαρτάται από το μέγεθος των ψαριών.

4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις σε λιπίδια και λιπαρά οξέα

Είναι σημαντικό να καθοριστεί η σύσταση της διαίτας σε λιπίδια καθώς τα διαιτητικά λιπίδια αποτελούν τη μοναδική πηγή των απαραίτητων λιπαρών οξέων τα οποία χρησιμοποιούνται για τη φυσιολογική αύξηση και ανάπτυξη των ψαριών.

Επίσης, τα λιπίδια βελτιώνουν τη γεύση της διαίτας και διαμορφώνουν τη σύσταση των λιπαρών οξέων στα ψάρια (Guillaume *et al.*, 2001).

Τα διαιτητικά επίπεδα των λιπιδίων σε μια διαίτα μπορεί να επηρεάσουν την αποδοτικότητα της πρωτεΐνης. Συγκεκριμένα οι (El-Sayed and Garling 1988) αναφέρουν σε μελέτη που έκαναν στην *Tilapia zillii* ότι από την αύξηση των επιπέδων των λιπιδίων στη διαίτα πάνω από 15% προέκυπτε σημαντική βελτίωση της αναλογίας της αποδοτικότητας της πρωτεΐνης και της αξίας πρωτεϊνικής παραγωγής (PPV). Το ίδιο αποτέλεσμα παρατήρησαν και οι Teshima *et al.*, (1985) για την τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*).

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις διαιτητικές απαιτήσεις των γεννητόρων σε λιπίδια στις οποίες πρέπει να δίνουμε μεγάλη έμφαση καθώς η λιπιδιακή τους σύνθεση παίζει σημαντικό ρόλο στη αποδοτικότητα της ωοτοκίας καθώς και στην επιβίωση και ανάπτυξη των λαρβών (El-Sayed *et al.*, 2005).

Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι οι απαιτήσεις σε λιπαρά οξέα ποικίλουν στα είδη της τιλάπιας. Οι Karapanagiotidis *et al.*, (2007), αναφέρουν για την τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) ότι έχει διαιτητικές ανάγκες τόσο σε ω-6 όσο και σε ω-3 λιπαρά οξέα. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα στον προσδιορισμό των ποιοτικών και των ποσοτικών απαιτήσεων των ειδών της τιλάπιας και των υβριδίων της σε απαραίτητα λιπαρά οξέα.

4.5 Θρεπτικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες

Γενικά, τα ψάρια στις δίαιτές τους χρησιμοποιούν πολύ λίγο τους υδατάνθρακες με αποτέλεσμα να μην έχουν δημοσιευθεί διαιτητικές απαιτήσεις σε υδατάνθρακες στα ψάρια. Όσον αφορά την τιλάπια όμως, έχει αναφερθεί ότι χρησιμοποιεί καλύτερα τους δισακχαρίτες από τη γλυκόζη αλλά πολύ λιγότερο από

το άμυλο (Shiau and Chuang, 1995). Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι από τους δισακχαρίτες η μαλτόζη χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό, ακολουθεί η σουκρόζη και η λακτόζη. Οι Shiau and Chen (1993), αναφέρουν ότι η χρησιμοποίηση του αμύλου είναι πολύ σημαντικότερη από αυτής της γλυκόζης. Γενικότερα όμως η χρησιμοποίηση των υδατανθράκων βελτιώνεται από τη συνεχή προσφορά τροφής (Shiau and Lei, 1999). Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρησιμοποίηση υδατανθράκων από την τιλάπια επηρεάζεται από την πηγή διαιτητικών πρωτεϊνών (Shiau and Chuang, 1996). Επίσης, η χρησιμοποίηση των υδατανθράκων από την τιλάπια ίσως να επηρεάζεται και από βιοτικούς παράγοντες, όπως το φυσιολογικό στάδιο. Έτσι οι Tung and Shiau (1993), σε πείραμά τους συνέκριναν τη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων δύο πηγών (αμύλου, γλυκόζης) από την τιλάπια, βρήκαν ότι τα μεγαλύτερα άτομα (μέγεθος 4,55g) αποκτούσαν σημαντικά μεγαλύτερο βάρος και εμφάνιζαν καλύτερους συντελεστές μετατρεψιμότητας της τροφής συγκριτικά με τα μικρότερα σε μέγεθος ψάρια (0,46g).

4.6 Διαιτητικές απαιτήσεις σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία

Παρά το γεγονός ότι οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία χρησιμοποιούνται σε χαμηλά διαιτητικά επίπεδα αποτελούν απαραίτητες θρεπτικές ομάδες για τον ζωικό οργανισμό (Jauncey, 1998), καθότι η ανεπάρκειά τους μπορεί να προκαλέσει ποικίλα συμπτώματα από ανορεξία μέχρι σοβαρές παραμορφώσεις των ιστών (Lovell, 1989). Στις ημιεντατικές εκτροφές της τιλάπιας συνήθως δε χρησιμοποιούνται συμπληρώματα βιταμινών στις πρακτικές δίαιτες τους. Αντιθέτως, σε συστήματα εντατικής εκτροφής απαιτείται η προσθήκη συμπληρωμάτων βιταμινών (Webster and Lim, 2002). Όσον αφορά τις θρεπτικές απαιτήσεις της τιλάπιας σε ανόργανα στοιχεία υπάρχουν λιγιστές πληροφορίες.

4.7 Πρακτικές διατροφής στην εκτροφή της τιλάπιας

Είναι γενικά αναγνωρισμένο ότι τα μικρότερα ψάρια καταναλώνουν περισσότερη τροφή αναλογικά με το σωματικό βάρος σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα ψάρια. Προτεινόμενες αναλογίες για την διατροφή των διαφορετικών μεγεθών της τιλάπιας δίνονται στον Πίνακα 2.7. Η θερμοκρασία του νερού επιδρά στον ρυθμό μεταβολισμού και στη δαπάνη ενέργειας, επιδρώντας έτσι στο ρυθμό πρόσληψης τροφής. Η τιλάπια όταν εκτεθεί σε ψυχρές περιβαλλοντικές συνθήκες θα καταναλώνει λιγότερη τροφή απ' ότι σε θερμότερες. Ο Luquest (1991) ισχυρίστηκε ότι η τιλάπια σταματάει να τρέφεται όταν η θερμοκρασία του νερού έφτανε κάτω από τους 16 °C. Στα ημιεντατικά εκτροφικά συστήματα η φυσική τροφή μπορεί να έχει σημαντική συμβολή στις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η ποσότητα της τροφής που χορηγείται θα πρέπει να είναι λιγότερη από αυτή που χορηγείται στα ψάρια που εκτρέφονται στις εντατικές καλλιέργειες.

Πίνακας 2.7. Ρυθμός και συχνότητα χορήγησης τροφής για διάφορα μεγέθη της τιλάπιας στους 28 °C (Πηγή: Webster and Lim, 2002).

Βάρος ψαριών	Καθημερινή χορήγηση τροφής (% επί του σωματικού βάρους)	Συχνότητα καθημερινού ταΐσματος
2 ημερών με 1 g	30 – 10	8
1 -5 g	10 – 6	6
5 – 20 g	6 – 4	4
20 -100 g	4 – 3	3 – 4
>100 g	3 – 2	2 – 3

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- **Al Hafedh. Y, Siddiqui. A, and Al-Salady. M, (1999)** Effects of dietary protein levels on gonad maturation size and age at first maturity, fecundity and growth of Nile tilapia. *Aquaculture International* (7): 319-332
- **Beveridge, M. and Mc Andrew, M. (2000).** Tilapias: Biology and Exploitation. Kluwer Academic Publishers. Fisheries series 25. 327-348
- **Chou, B.S. and Shiau, S.-Y. (1999).** Both n-6 and n-3 fatty acids are required for maximal growth of juvenile hybrid tilapia. *Journal of Aquaculture* (61): 13-20
- **Dabrowska, H., Meyer-Burgdorff, K. and Gunther, K.D. (1989).** Interaction between dietary protein and magnesium level in tilapia *Oreochromis niloticus*. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Eid, A.E. and Ghonim, S.I. (1994).** Dietary zinc requirement of fingerling *Oreochromis niloticus*. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **El Dahhar. A. and Lovell.P. (1995)** Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body consumption of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture Research* (26): 451-457.
- **EI-Sayed. A.-F.M. (1999)** Alternative dietary protein sources for farmed tilapia. *Oreochromis spp. Aquaculture* 179. 149-168.

- **EI-Sayed. A.-F.M. and Garling. D.L. (1988)** Carbohydrate-to-lipid ratio in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. *Aquaculture* 73. 157-163.
- **EI-Sayed. A-F.M, and Teshima. S, (1992)** Protein and energy requirements of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture* (103): 55-63
- **EI-Sayed. A-F.M, and Mansour. C, and Ezzat. A, (2003)** Effects of dietary protein level on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities *Aquaculture* (220): 619-632
- **EI-Sayed. A-F.M, and Mansour. C, and Ezzat. A, (2005)** Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities *Aquaculture* (248): 187-196
- **FAO (2006).** Fisheries and Aquaculture Department. Cultured Aquatic Species Information Programme.
www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en
- **FAO (2009).** Species Fact Sheets. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)
www.fao.org/fishery/introsp/178.en
- **Cuillaume, J., Kaushik, S, Bergot, R. and Metailler, R. (2001).** Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. Springer Verlag. p. 404-405
- **Guimaraes. I, Pezzato, and Barros. M, (2008)** Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition* (14): 396-404
- **Hanley, F. (1991).** Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) *Aquaculture* (93): 323-334

- **Hasan, M.R. (2001).** Nutrition and Feeding for Sustainable Aquaculture Development in the Third Millennium. FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. pp 193-219
- **Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H. and Tacon, A.G.J, (2001).** Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197:25-42.
- **Jauncey, K. (1998).** Tilapia Feeds and Feeding. Pisces Press LTD, Stirling Scotland p.235
- **Kanazawa, A., Teshima, S.I and Imai, K. (1980a).** Biosynthesis of fatty acids in *Tilapia Zillii* and the puffer fish, In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Kanazawa, A., Teshima, S.I., Sakamoto, M. and Awali, M.A. (1980b).** Requirement of *Tilapia Zillii* for essential fatty acids. In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Karapanagiotidis, I.T., Bell. M.V., Little, D.C. and Yakupitiyage. A. (2007).** Replacement of dietary fish oils by alpha-linolenic acid-rich oils lowers omega 3 content in tilapia flesh. *Journal of Aquaculture*. 6 (42): 547-559
- **Lin, J.H. and Shiau, S-Y. (1995)** Hepatic enzyme adoption to different dietary carbohydrates in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* *Fish Physiology and Biochemistry* (14): 165- 170
- **Lovell. T, (1980)** Feeding tilapia. *Aquaculture Magazine* 7, 42-43 In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture. CAB International 273-292.

- **Lovell, T. (1989)** Nutrition and Feeding of fish. Van Nostrand Reinhold pp 4-5
- **Luquest, P. (1991).** Tilapia *Oreochromis* spp. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Matthews, J.C. (2000)** Amino acid and peptide transport systems. In: Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition (14): 396-404
- **McClain, W.R. and Gatlin D.M. (1988).** Dietary zinc requirement of *Oreochromis aureus* and effects of dietary calcium and phytate on zinc bioavailability. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Nguyen. T.N. and Davis D. A. (2009).** Methionine requirement in practical diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Journal of the world aquaculture society 3(40): 410-416
- **NRC (National Research Council) (1983).** Nutrient Requirement of Warmwater Fishes and Shellfishes. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **NRC (National Research Council) (1993).** Nutrient Requirement of Fish. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Ogunji, J.O. and Wirth, R. (2002).** Influence of dietary protein deficiency on growth, amino acid and fatty acid composition of Tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh 54 (2): 57-65
- **Ogunji, J, Kloas. W, Wirth. M, Schulz. C, Rennert. B. (2006)** Housefly

Maggot Meal (Magmeal): An Emerging Substitute of Fishmeal in Tilapia Diets. Conference on International Agricultural Research for Development. p.18

- **Ogunji, J, Summan Toor, R-U-A, Schulz, C, Kloas, W. (2008)** Growth Performance, Nutrient Utilization Of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Housefly Maggot Meal (Magmeal) Diets. Turkish journal of Fisheries and Aquatic Sciences (8): 141-147
- **Papoutsoglou, S., Petropoulos, G. and Barbieri, R. (1991).** Polyculture rearing of *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis aureus* (St.) using a closed circulated system. Aquaculture (103): 311-320
- **Ramachandran Nair, K.G. and Gopakumar, K. (1981).** Influence of sex, spawning, starvation and water temperature on fatty acid composition in *Tilapia mossambica*. In: In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Reigh, R.C., Robinson, E.H. and Brown, P.B. (1991).** Effect of dietary magnesium on growth and tissue magnesium content of blue tilapia *Oreochromis aureus*. Journal of the world aquaculture society (22): 192-200
- **Robinson, E.H., Rawles, S.D., Yette, H.E. and Greene, L.W. (1984).** An estimate of the dietary calcium requirement of fingerling *Tilapia aureus* reared in calcium-free water. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Robinson, E.H., LaBomascus, D., Brown, P.B. and Linton, T.L. (1987).** Dietary calcium and phosphorous requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-

292.

- **Santiago, C.B. and Lovell, R.T. (1988)** Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *Journal of Nutrition* 118: (1540-1546)
- **Santiago, C. and Reyes, O. (1993)** Effects of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) broodstock. *Journal of Applied. Ichthyology.* (9): 33-40
- **Shiau, S-Y. (2002).** Tilapia, *Oreochromis* spp. In: Webster, C.D, and Lim, C.E, (2002) *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture.* CABI publishing. 273-292.
- **Shiau, S-Y., Yu, H.L., Hwa, S., Chen, S.Y. and Hsu, S.I. (1988).** The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying, time and body composition of tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. In: Webster, C.D, and Lim, C.E, (2002) *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture.* CABI publishing. 273-292.
- **Shiau, S-Y., Kwok, C.C., Chen, C.J., Honf, H.T. and Hsieh, H.B. (1989).** Effects of dietary fibre on the intestinal absorption of dextrin, blood sugar level and growth of tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture* (179): 439-446
- **Shiau, S-Y. and Huang, S-L. (1990)** Influence of varying energy levels with two protein concentrations in diets for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) reared in seawater. *Aquaculture* (91): 143-152
- **Shiau, S-Y. and Suen, G.S. (1992).** Estimation of the niacin requirements for tilapia fed diets containing glucose or dextrin. *Journal of Nutrition* (122): 2030-2036

- **Shiau, S-Y. and Chen, M.J. (1993).** Carbohydrate utilization by tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* as influenced by different chromium sources. *Journal of Nutrition* (123): 1747-1753
- **Shiau, S-Y. and Peng, C-Y (1993)** Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture* (117): 327-334
- **Shiau, S-Y. and Chuang, J-C (1995)** Utilization of disaccharides by juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* *Aquaculture* (133): 249-256
- **Shiau, S-Y. and Chuang, J.C. (1996).** The influences of dietary protein sources on carbohydrate utilization by tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture*. CABI publishing. 273-292.
- **Shiau, S-Y. and Lei, M.S. (1999).** Feeding strategy does affect carbohydrate utilization by hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Fisheries Science* (65): 553-557
- **Shiau, S.-Y. and Yu, Y.-P. (1999).** Dietary supplementation of chitin and chitosan depress growth in tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture* (179): 439-446
- **Shiau, S.-Y. and Hsieh, J.F. (2001).** Quantifying the dietary potassium requirement of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI publishing. 273-292.
- **Steffens. W, (1989).** *Principles of Fish Nutrition*. Ellis Horwood Limited, London, 384 p
- **Stickney, R.R. and McGeachin, B.B. (1983).** Responses of *Tilapia aurea* to semi purified diets of differing fatty acid composition. In: Webster. C.D, and

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

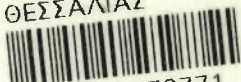
- **Stickney, R.R. and Mc Geachin, B.B. (1985).** Effects of dietary lipid quality on growth and food conversion of tilapia. In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Stickney, R.R. and Wurts, W.A. (1986).** Growth response of blue tilapias to selected levels of dietary menhaden and catfish oils. *Progressive Fish-Culturist* (48): 107-109
- **Stickney. R, and Hardy. R. (1989).** Lipid Requirements of Some Warmwater Species. *Aquaculture* (79): 145-156
- **Takeuchi, T., Satoh, S. and Watanabe, T. (1983).** Requirement of *tilapia nilotica* for essential fatty acids. In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Teshima. S., Kanazawa. A. and Uchiyama. Y. (1985).** Effects of dietary protein, lipid and digestible carbohydrate levels on the weight gain, feed conversion efficiency and protein efficiency ratio of *Tilapia niloticus*. In: Webster. C.D, and Lim. C.E, (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Tung, P-H. and Shiau, S-Y (1991).** Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture* (92): 343-350
- **Tung, P,H. and Shiau, S.-Y. (1993).** Carbohydrate utilization versus body size in tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.

- **Trewavas. E. (1982)** Tilapia: taxonomy and speciation. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Watanabe. T., Satoh. S. and Takeuchi, T. (1988).** Availability of minerals in fish meal to fish. . In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.
- **Webster, C.D. and Lim, C.E. (2002).** Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 273-292.

Ελληνική βιβλιογραφία

- **Καραπαναγιωτίδης, Ι.Τ. και Μεντέ, Ε. (2009).** Τεχνολογία ιχθυοτρόφων. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Βόλος, 2009
- **Παπουτσόγλου, Σ. (2008).** Διατροφή Ιχθύων, Σταμούλη, Αθήνα, 804-823

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000073771

