

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση της μερικής υποκατάστασης του διαιτητικού ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* στη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*Sparus aurata*)

ΔΕΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2021

**Επίδραση της μερικής υποκατάστασης του διαιτητικού ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* στη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*Sparus aurata*)**

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :**

- 1) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής – Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
- 2) Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Καθηγήτρια – Υδατοκαλλιέργειες Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
- 3) Χρήστος Ρούμπος, Πανεπιστημιακός Μεταδιδακτορικός Υπότροφος (Ίδρυμα Νιάρχος) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας – Διδάκτωρ Εντομολογίας, Μέλος

**Στην οικογένεια μου**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον κ. Ι. Καραπαναγιωτίδη για τη διαρκή υποστήριξη και καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της διπλωματικής διατριβής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ρούμπο Χρήστο και την κ. Παναγιωτάκη Παναγιώτα για την βοήθεια τους. Θερμές ευχαριστίες δίνω στους υποψήφιους διδάκτορες κ. Μαντώ Ασημάκη και κ. Πιερ Ψωφάκη για την βοήθεια που μου προσέφεραν.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου κ. Ιωάννη Νταλάκα, κ. Καραΐσκου Μαρία, κ. Θεοδώρου Χριστόφορο και κ. Φιλιππάκη Νικόλαο για την βοήθεια και την συνεργασία που είχαμε. Τέλος, εκφράζω τις ευχαριστίες μου στους γονείς και την αδελφή μου για την διαρκή συμπαράστασή τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η αύξηση της αλιευτικής δραστηριότητας αποτέλεσε σημαντική αιτία για την μείωση των ιχθυοαποθεμάτων. Μία λύση για την μείωση της υπεραλίευσης είναι η στροφή στις ιχθυοκαλλιέργειες. Η βασική πηγή πρωτεΐνης στα σιτηρέσια των εκτρεφόμενων ψαριών είναι το ιχθυάλευρο που προέρχεται από την επεξεργασία διάφορων ιχθύων, πολλά από τα οποία είναι υπεραλιευμένα.

Τα εντομοάλευρα αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική πηγή θρεπτικών συστατικών για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε πρωτεΐνες, απαραίτητα αμινοξέα και άλλα θρεπτικά στοιχεία, και το χαμηλό οικολογικό αποτύπωμα σε σχέση με τις εκτροφές άλλων ειδών. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της υποκατάστασης του ιχθυαλεύρου από άλευρο πλήρους λιπών του εντόμου *Zophobas morio* στη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Για το έντομο *Z. morio*, ως υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου, υπάρχουν ελάχιστες μελέτες. Το είδος αυτό είναι πολύ πλούσιο σε πρωτεΐνες και περιέχει επαρκείς ποσότητες των περισσότερων απαραίτητων αμινοξέων που απαιτούνται για τη βέλτιστη ανάπτυξη των ψαριών.

Για τις ανάγκες της έρευνας πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ιχθύων από διατροφικό πείραμα που διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στον Βόλο. Διατράφηκαν 3 διαφορετικές ομάδες ιχθύων με διαφορετικό σιτηρέσιο η κάθε μία. Οι ιχθύες της ομάδας μάρτυρα (FM) διατράφηκαν με ιχθυάλευρο ως αποκλειστική ζωική πηγή πρωτεΐνης στην τροφή τους, ενώ στο σιτηρέσιο των υπολοίπων ομάδων ιχθύων το άλευρο πλήρους λιπών του *Z. morio* αντικατέστησε το ιχθυάλευρο κατά 5% και 10%. Στο τέλος του διατροφικού πειράματος, οι ιχθύες θανατώθηκαν με ισχυρή

αναισθητοποίηση και από κάθε διατροφική ομάδα συλλέχθηκαν εννέα (9) άτομα για τις αναλύσεις του μυϊκού τους ιστού των ιχθύων.

Οι χημικές αναλύσεις του μυϊκού ιστού των ιχθύων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις μεθόδους AOAC (1995) ως εξής: ο προσδιορισμός της υγρασίας με θέρμανση για 24 ώρες στους 105 °C, ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet, ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl, ο προσδιορισμός της τέφρας με αποτέφρωση των δειγμάτων στους 600 °C για 3 ώρες και η ολική ενέργεια μέσω αδιαβατικού θερμιδόμετρου. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (v.20) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) ακολουθούμενη από Tukey's test και οι όποιες διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές  $P < 0,05$ .

Η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού όλων των ομάδων ιχθύων σε ολική πρωτεΐνη κυμάνθηκε από 79,95% έως 86,32%, σε ολικές λιπαρές ουσίες από 7,87% έως 11,60%, σε τέφρα από 6,27% έως 6,97%, σε ολική ενέργεια από 22,86 KJ/g έως 23,96 KJ/g και σε υγρασία από 72,95% έως 78,20%. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού των ιχθύων όλων των ομάδων δεν διέφερε μεταξύ τους. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται ότι το έντομο *Z. morio* μπορεί να υποκαταστήσει με επιτυχία το ιχθυάλευρο χωρίς να μεταβάλει τη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού της τσιπούρας. Η επιτυχής αντικατάσταση στο συγκεκριμένο πείραμα ήταν της τάξεως του 10% και στο μέλλον θα πρέπει να δοκιμαστούν υψηλότερα επίπεδα αντικατάστασης.

Λέξεις κλειδιά: *Zophobas morio*, τσιπούρα, εντομοάλευρα, ιχθυάλευρο.

## Abstract

Over the past few years, the increase of fishing activity has been playing a significant role in the decrease of fish stocks. The biggest amount of fish in Mediterranean is overfished. A solution in order to solve the problem is fish farming. The main source of protein in aquafeed of farmed fish is fishmeal, which comes from the processing of several fish, which most of them are overfished.

Insect meal is an alternative source of nutrients for the farmed organisms, because of their high content in proteins, necessary amino acids and other nutrients and their low ecological footprint, comparing to other farmed species. In this study, the effect of the substitution of fishmeal with meal of the insect *Zophobas morio* in the nutritional content of Gilt-head seabream (*Sparus aurata*) is investigated. Research on *Z. morio*, as a substitute of fishmeal is rather limited. This specific insect is very rich in proteins and contains adequate amounts of most essential aminoacids that are required for the optimal growth of fish.

For the needs of the research, an experiment was accomplished at the University of Thessaly's facilities in the Department of Aquaculture, Ichthyology and Aquatic Environment. Three fish groups were fed with three different diets. Control group (FM) was fed exclusively with fishmeal as an animal protein source in their diet, while for the rest of the groups fishmeal was replaced at 5% and 10% with *Z. morio* meal. At the end of the nutritional experiment, the fish were killed with powerful anesthesia. From each nutritional group, nine (9) fish were chosen for the analyses of the fish muscular tissue.



The chemical analyses of the fish muscular tissue were done according to the methods described by AOAC (1995); moisture was determined by drying for 24 hours at 105° C, the determination of the total fatty substances was carried out with the Soxhlet method of extraction. The determination of the total nitrogenous substances was accomplished with the Kjeldhal method, the determination of the ash with cremation of the samples in 600 ° C for 3 hours and the total energy with an adiabatic calorimeter. The data were processed with the statistical program SPSS, by using the one-way analysis of variance (one-way ANOVA), which was followed by Tukey's test to detect statistical differences at P<0,05 level.

The comprehensiveness of muscular tissue, from all the fish groups, for the crude protein fluctuated from 79.95 % to 86.32 %, for the crude lipid from 7.87 % to 11.60 %, for the ash from 6.27 % to 6.97 %, for the total energy from 22.87 % to 23.96 % and for the moisture from 72.95% to 78.20 %. The statistical process of the data showed that the nutritional composition of fish from all the groups was similar. From the results of the research, it can be said that *Z. morio* meal is able to replace successfully dietary fishmeal at 10% without altering the nutritional composition of seabream. In future, higher replacement levels should be checked.

**Key words:** *Zophobas morio*, gilt-head seabream, insect meal, fishmeal

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	10
1.1.  Θρεπτική σύσταση ιχθύων .....	10
1.2  Βιολογία και εκτροφή τσιπούρας .....	13
1.3  Η χρήση του ιχθυάλευρου στις ιχθυοτροφές .....	16
1.4. Η χρήση αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές και επίδραση αυτών στη θρεπτική σύσταση των ιχθύων.....	19
1.5. Το είδος <i>Zorhobas morio</i> .....	23
1.6. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας.....	25
2. Υλικά και μέθοδοι .....	27
2.1 Δειγματοληψίες.....	27
2.2 Αναλύσεις θρεπτικής σύστασης ιχθύων .....	28
2.2.1. Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας .....	28
2.2.2. Προσδιορισμός τέφρας .....	29
2.2.3.Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών .....	29
2.2.4. Προσδιορισμός ενέργειας.....	32
2.2.5. Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών .....	33
2.3. Στατιστική ανάλυση .....	35
3. Αποτελέσματα.....	36
4. Συζήτηση .....	39
5. Συμπεράσματα.....	42
6. Βιβλιογραφία .....	43
6.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία .....	43
6.2 Ελληνική βιβλιογραφία .....	50
6.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία .....	51

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Θρεπτική σύσταση ιχθύων

Είναι καθολικά αποδεκτή η σημαντικότητα των ιχθύων στη συμβολή της ισορροπημένης διατροφής και της καλής υγείας του ανθρώπου, αλλά και στην πρόληψη διαφόρων παθήσεων. Οι ειδικοί προτείνουν την κατανάλωση δύο γευμάτων ψαριών την εβδομάδα (Jordan R.G. 2010). Τα ψάρια διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην διατροφή του ανθρώπου. Η χημική σύνθεση των ιχθύων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος, την ηλικία, το φύλο, την τροφή που καταναλώνουν, το περιβάλλον που ζούνε, το στρες, την εποχή, και εάν το ψάρι προέρχεται από την ιχθυοκαλλιέργεια ή είναι άγριο, εξαιτίας των διαφορετικών συνθηκών και των μοντέλων ανάπτυξης (Αδαμίδου & Νέγκας 2011). Τα ψάρια θα υποστούν περιόδους πείνας για φυσικούς ή φυσιολογικούς λόγους (όπως μετανάστευση και αναπαραγωγή). Τα είδη στο φυσικό περιβάλλον που εκτελούν μεταναστεύσεις χρησιμοποιούν πρωτεΐνες εκτός από λιπίδια για τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το σώμα ενός ψαριού αποτελείται από περίπου 75% νερό, 16% πρωτεΐνη, 6% λιπίδια και 3% τέφρα (Χωτός 2001). Η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες στους μυς των ψαριών είναι πολύ χαμηλή, συνήθως κάτω από 0,5% (Πιν. 1.1). Όσον αφορά στο λίπος, τα ψαριά διακρίνονται σε λιπαρά, τα οποία έχουν πάνω από 8% λίπος, όπως η σαρδέλα και ο σολομός, σε ημιλιπαρά που διαθέτουν ποσοστό σε λίπος από 3-8%, όπως είναι ο κέφαλος και η ρέγκα και σε άπαχα με ποσοστό λίπους μικρότερο του 3%, όπως η τσιπούρα, η γλώσσα και ο βακαλαός (Κοροδήμα & Χαραλάμπους 1998) .

Τα ψάρια, πέρα από ένα εύγευστο γεύμα, περιέχουν υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης και απαραίτητων αμινοξέων, όπως η αργινίνη, η ιστιδίνη, η ισολευκίνη, η λυσίνη, η λευκίνη, η μεθειονίνη, η φαινυλαλανίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη και η βαλίνη

(Αντωνοπούλου 2021). Επίσης διαθέτουν υψηλά επίπεδα βιταμινών (κυρίως A και D), υψηλό επίπεδο ανόργανων στοιχείων, όπως μαγνήσιο και φώσφορο, υψηλά επίπεδα ω-3 λιπαρών οξέων και υψηλά επίπεδα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας σε σύγκριση με τα χερσαία ζώα, όπως απεικονίζεται στον Πίνακα 1.2. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα συμβάλλουν σημαντικά στην διατήρηση της ακεραιότητας των μεμβρανών των κυττάρων και μια διατροφή πλούσια σε PUFA (πολυακόρεστα λιπαρά οξέα) έχει αποδειχθεί ότι έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία (Williams 2000). Τα ω-3, ειδικά το EPA (20:5ω-3) και το DHA (22:6ω-3), είναι βασικά θρεπτικά συστατικά για τον άνθρωπο και τα EPA και DHA βρίσκονται μόνο στα ψάρια. Μετά την βιομηχανική επανάσταση και την τεχνολογική εξέλιξη έχουν συμβεί αλλαγές στην διατροφή του ανθρώπου. Η αυξημένη κατανάλωση καρπών, καθώς και η μη κατανάλωση ψαριών οδήγησε την αναλογία ω-6/ω-3 από 1/1 σε 5/1 έως 25/1. Τα τελευταία χρόνια, τα λιπίδια των ψαριών έχουν αναγνωρισθεί ως ευεργετικά για την ανθρώπινη υγεία. Διαπιστώθηκε ότι τα ω-3 λιπαρά οξέα έχουν προστατευτική επίδραση στις ασθένειες που σχετίζονται με την καρδιά και τους ιστούς και έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην υπέρταση, τον διαβήτη και την ανάπτυξη του εγκεφάλου, αντίθετα η ανεπάρκεια τους οδηγεί σε διαταραχές, όπως ασθένειες του δέρματος, αναιμία και ελαττωματική όραση. Τα ω-3 λιπαρά οξέα, τόσο από φυτικές όσο και από θαλάσσιες πηγές, έχουν αποδειχθεί ότι μειώνουν τη συχνότητα εμφάνισης στεφανιαίας νόσου τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες (Kris-Etherton et al. 2002, UK SACN 2004). Η χορήγηση 20:5ω-3 και 20:6ω-3 σε ασθενείς που είχαν καρδιοπάθεια μείωσε κατά 25% την εμφάνιση της στεφανιαίας νόσου και κατά 45% τις αιφνίδιες θνησιμότητες από αυτήν (Marchioli et al. 2002). Είναι προφανές ότι οι ιχθύες είναι ένα ευεργετικό γεύμα με θετικό αντίκτυπο στη υγεία του ανθρώπου. Επομένως επιβάλλεται να αυξηθεί η κατανάλωση ψαριών ή προϊόντων ψαριών, τα

οποία είναι πλούσια σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και φτωγά σε ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

**Πίνακας 1.1** Διακύμανση της περιεκτικότητας (ποσοστό % επί νωπής ουσίας) των θρεπτικών συστατικών στον εδώδιμο μυϊκό ιστό των ιχθύων.

	Ελάχιστο	Συνήθης διακύμανση	Μέγιστο
Πρωτεΐνη (%)	6	16-21	28
Λίπος (%)	0,1	0,2-25	67
Υδατάνθρακες (%)		<0,5	
Τέφρα (%)	0,4	1,2-1,5	1,5
Υγρασία (%)	28	66-81	96

Πηγή: Love 1970, Stansby 1962.

**Πίνακας 1.2** Χαρακτηριστικά επίπεδα ω-3 και ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στα λιπίδια του μυϊκού ιστού διάφορων ψαριών (ως gr/100 gr ολικών λιπαρών οξέων).

Διάφορα ψαριά	18:2ω-6	18:3ω-3	20:4ω-6	20:5ω-3	22:6ω-3	Ω-3/ω-6
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	4,6	5,2	2,2	5	19	4,2
<i>Perca fluviatilis</i>	1,5	0,5	9,1	8,8	26,5	2,7
<i>Sparus aurata</i>	6,9	0,1	0,7	5,4	15,3	2,6
<i>Salmo salar</i>	2,7	4,6	4,2	5,1	17,6	4
<i>Salmo salar</i> (εκτρεφόμενος)	5,4	0,9	10,6	5,7	11,9	1,2
<i>Thunnus thynnus</i>	1,8	1,2	4,1	7,5	26,4	4,7
<i>Gadus morchua</i>	1,2	-	1,5	16,3	36,1	15,2

Πηγές: Steffens (1997), Ahlgren et al. (1994), USDA (2007), Ozyurt et. al (2005), Hearn et al. (1987).

## 1.2 Βιολογία και εκτροφή τσιπούρας

**Πίνακας 1.3** Η συστηματική κατάταξη του είδους *Sparus aurata*

Βασίλειο	<i>Animalia</i>
Φύλο	<i>Chordata</i>
Υπόφυλλο	<i>Vertebrata</i>
Υπερκλαση	<i>Osteichthyes</i>
Κλάση	<i>Actinopterygii</i>
Υποκλάση	<i>Teleostei</i>
Υπέρταξη	<i>Percoidei</i>
Οικογένεια	<i>Sparidae</i>
Γένος	<i>Sparus</i>
Είδος	<i>Sparus aurata</i>

Η τσιπούρα *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) είναι από τα κύρια εκτρεφόμενα είδη στην Μεσόγειο, αλλά και στις Ελληνικές θάλασσες. Η τσιπούρα (Εικ. 1.1) προσαρμόζεται εύκολα στις συνθήκες εκτροφής, καθώς εγκλιματίζεται εύκολα στην αιχμαλωσία σχετικά με άλλα είδη και έχει ανθεκτικότητα στις φυσικοχημικές παραμέτρους. Αποτελεί ένα βενθοπελαγικό είδος και στο φυσικό περιβάλλον τα βάθη, στα οποία συναντάται φτάνουν μέχρι και τα 150 μέτρα (Morreti et al. 1999). Είναι ένα είδος σαρκοφάγο με προτίμηση στα οστρακοειδή και μικρά ψάρια. Όσον αφορά στις υδατοκαλλιέργειες, η τσιπούρα έχει συγκεκριμένες διατροφικές ανάγκες σε πρωτεΐνες που ποικίλουν ανάλογα με το βιολογικό της στάδιο. Οι δίαιτες που προορίζονται για την εκτροφή τσιπουρών θα πρέπει να περιέχουν 45-55% πρωτεΐνη και ένα ελάχιστο ποσοστό της τάξης του 9-12% λίπος. Στις δίαιτες τους θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σημαντική ποσότητα ιχθυελαίου ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες σε απαραίτητα λιπαρά οξέα ω-3 του συγκεκριμένου είδους. Το είδος αναπαράγεται από τον Οκτώβριο μέχρι τον Δεκέμβριο και εναποθέτει τα αυγά σε μεγάλα βάθη στην ανοιχτή θάλασσα. Είναι ερμαφρόδιτο είδος με πρωτανδρική εμφάνιση, ενώ η αλλαγή φύλλου γίνεται συνήθως μετά το δεύτερο έτος. Ο αριθμός των αυγών που απελευθερώνει ένα θηλυκό είναι περίπου 500.000-800.000 κιλά ανά σωματικού βάρους. Τα αυγά που προκύπτουν είναι σφαιρικά και πελαγικά, αφού μπορούν να επιπλέουν. Από το αυγό θα εκκολαφθεί και θα προκύψει η προνύμφη, η οποία τρέφεται από το λεκιθικό σάκο. Μετά την κατανάλωση του λεκιθικού σάκου οι προνύμφες γίνονται νύμφες και στην συνέχεια μεταμορφώνονται σε ιχθύδια.



**Εικόνα 1.1 *Sparus aurata* . Πηγή Fishbase 2021**

Όσον αφορά στην εκτροφή, η Ευρώπη το 2018 παράγαγε 98609 τόνους και η Ελλάδα παράγαγε 61000 τόνους, δηλαδή το 61,86% (ΣΕΘ, 2019). Πέρα από την Ελλάδα που είναι πρώτη στην Ευρώπη σημαντικές χώρες στην Ευρωπαϊκή ένωση για την εκτροφή της τσιπούρας είναι η Ισπανία, η Ιταλία και η Κροατία. Οι τσιπούρες εκτρέφονται είτε εκτατικά σε λιμνοθάλασσες, είτε εντατικά σε κλωβούς στην θάλασσα. Το μεγαλύτερο μέρος προέρχεται από την εντατική καλλιέργεια. Στην εντατική εκτροφή τα νεαρά ψάρια βρίσκονται στον ιχθυογενετικό σταθμό, στη συνέχεια τοποθετούνται στις εγκαταστάσεις της προπάχυνσης και αφού φτάσουν οι τσιπούρες στα 1-1,5 g οδηγούνται στην πάχυνση. Ο ιχθυογενετικός σταθμός είναι ο χώρος όπου γίνεται η παραμονή και γενετική ωρίμανση των γεννητόρων, η καλλιέργεια φυτοπλαγκτόν, η εκτροφή ζωοπλαγκτόν, η εκτροφή προνυμφικών και νυμφικών ψαριών και η εκτροφή των μεταμορφωμένων ιχθύων που είναι το στάδιο της



προπάχυνσης. Η εκτροφή ξεκίνα από τη δημιουργία και διατήρηση γεννητόρων στους ιχθυογενετικούς σταθμούς (Apostolopoulos και Kliaoudatos 1986). Για την ύπαρξη γενετικής ωριμότητας, εκτός της φυσικής περιόδου, χρησιμοποιούνται ορμόνες και έλεγχος της φωτοπεριόδου, όπου ρυθμίζεται η ένταση και η διάρκεια του φωτισμού. Οι χώροι της προπάχυνσης είναι συνήθως εξωτερικοί και καλύπτονται από ένα σκέπαστρο. Από τη στιγμή που θα μεταμορφωθούν οι νύμφες, παραμένουν σε αυτές τις εγκαταστάσεις για να συνηθίσουν, να προσαρμοστούν στην συνθετική τροφή και για να αποκτήσουν ένα ικανοποιητικό μέγεθος. Το στάδιο όπου τα ψάρια αλλάζουν τις τροφικές τους συνήθειες από ζωντανή σε συνθετική ονομάζεται απογαλακτισμός και είναι ένα ευαίσθητο στάδιο, καθώς υπάρχει μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας. Έπειτα, μεταφέρονται στους κλωβούς για την πάχυνση μέχρι να φτάσουν στο εμπορικό μέγεθος.

### **1.3 Η χρήση του ιχθυάλευρου στις ιχθυοτροφές**

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε έντονη ανάπτυξη και αύξηση των ιχθυοκαλλιιεργειών, με αποτέλεσμα να χρειάζονται περισσότερες ιχθυοτροφές. Από το 2004 έως το 2009 η παραγωγή υδατοκαλλιιεργείας αυξήθηκε κατά 32%, ποσοστό ανάπτυξης περίπου 5,6% ετησίως (FAO 2010). Τα περισσότερα είδη που εκτρέφονται είναι σαρκοφάγα, οπότε έχουν υψηλές απαιτήσεις σε πρωτεΐνη και μειωμένη ικανότητα χρησιμοποίησης των υδατανθράκων. Επομένως, η εκτροφή των σαρκοβόρων ειδών όπως ο σολομός, η τσιπούρα και η πέστροφα απαιτούν μεγάλες εισροές άγριων ψαριών για ιχθυοτροφές.

Το ιχθυάλευρο είναι ένα από τα κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιιεργεία. Παράγεται από τη θέρμανση των ιχθύων,

μετά πραγματοποιείται πίεση για να αφαιρεθεί η υγρασία και το έλαιο και στην συνέχεια το παραγόμενο προϊόν υποβάλλεται σε ξήρανση. Η παραγωγή ιχθυάλευρου περιλαμβάνει περίπου το 10% της παγκόσμιας παραγωγής ψαριών (Dobermann et al. 2017). Η παραγωγή ιχθυάλευρου προέρχεται κυρίως από τη Νότια Αμερική, η οποία βασίζεται σημαντικά στην αλίευση του γαύρου. Το ιχθυάλευρο μπορεί να προέρχεται από ένα μείγμα ψαριών ή μόνο από ένα είδος ψαριού. Η πλειονότητα των ιχθυαλεύρων παράγονται από διάφορα ψάρια όπως ρέγκες, γαύρο κα. (Καραπαναγιωτίδης 2018). Το ιχθυάλευρο μπορεί να χαρακτηριστεί μόνο από ένα είδος ψαριού, όταν αυτό περιλαμβάνεται σε ποσοστό τουλάχιστον 50% (Wöhlbier & Jäger 1997)

Οι ιχθυοτροφές επιβάλλεται να καλύπτουν τις διατροφικές ανάγκες των ψαριών για την ομαλή ανάπτυξή τους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη παροχή ιχθυοτροφής, η οποία καλύπτει πλήρως τις ανάγκες των ιχθύων σε πρωτεΐνες, λίπη και άλλα ιχνοστοιχεία. Τα περισσότερα ψάρια έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε πρωτεΐνη. Η ανάπτυξη εμπορικών ιχθυοτροφών βασίστηκε στο ιχθυάλευρο λόγω της υψηλής πρωτεΐνης που διαθέτει, καθώς είναι η σημαντικότερη πηγή πρωτεΐνης στις ιχθυοτροφές και κυμαίνεται από 56-76%. Επιπλέον, παρέχει απαραίτητα αμινοξέα σε ικανοποιητική ποσότητα για τις ανάγκες των ψαριών, καθώς και την λυσίνη και μεθειονίνη, τα οποία είναι ανεπαρκή σε φυτικές πηγές. Παράλληλα, παρέχει λιπίδια (που η περιεκτικότητά τους κυμαίνεται από 4% έως 20%), τέφρα από 10% έως 22,5% και υγρασία 7% ως 13%. Ακόμη, είναι πλούσιο, σε ιχνοστοιχεία όπως ασβέστιο, χαλκός, σίδηρος, φωσφόρο, καθώς και σε βιταμίνες όπως Β12, χολίνη, νιασίνη, παντοθενικό οξύ και ριβοφλαβίνη, είναι εύπεπτο και είναι ιδιαίτερα εύγευστο για τα ψάρια (Βουλτσιάδου και συν. 2015). Κατά την χρήση τους, υπάρχει απουσία άπεπτων υδατανθράκων και αντιδιατροφικών παραγόντων. Η ποιότητά του καθορίζεται από τη εποχή που αλιεύτηκε, το γεωγραφικό πλάτος, τη θερμοκρασία και το χρόνο

αποθήκευσης πριν την επεξεργασία. Σε γενικές γραμμές, με την χρήση τους υπάρχει καλύτερη ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση τους έχει προκαλέσει τον έντονο προβληματισμό διάφορων οικολογικών και μη κυβερνητικών οργανώσεων, εφόσον χρησιμοποιούνται τα ιχθυοαποθέματα για να δημιουργηθούν και αυτά βρίσκονται στο όριο της βιωσιμότητας πλέον. Επιπρόσθετα, υπάρχουν και ηθικά ζητήματα σχετικά με την χρήση του ιχθυάλευρου, διότι ο στόχος της ιχθυοκαλλιέργειας ήταν να διασφαλίσει τους ιχθυοπληθυσμούς και το άλλο ηθικό ζήτημα είναι ότι ένα μεγάλο μέρος του ανθρώπινου πληθυσμού υποσιτίζεται από πρωτεΐνη ζωικής προέλευσης (Καραπαναγιωτίδης 2018). Επιπλέον, τα ιχθυάλευρα αυξάνουν πολύ το κόστος μια ιχθυοτροφής. Για τους ηθικούς λόγους και για την μείωση της τιμής, γίνονται προσπάθειες για μερική και ολική αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων από άλλες πηγές φυτικής ή ζωικής προέλευσης.

Έχουν μελετηθεί πολλές πηγές για την αντικατάσταση του ιχθυάλευρου. Η σόγια και άλλα πλούσια σε πρωτεΐνες φυτά έχουν χρησιμοποιηθεί σε δίαιτες ιχθυοκαλλιέργειας για την αντικατάσταση του ιχθυάλευρου. Όμως, η παρουσία των αντιθρεπτικών παραγόντων, η πιθανή φλεγμονή του πεπτικού συστήματος και η γευστικότητα της ζωοτροφής έχουν προκαλέσει έντονο προβληματισμό. Έχουν χρησιμοποιηθεί και άλευρα ζωικής προέλευσης με επιτυχία για την μερική αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων. Όμως το βασικό μειονέκτημα των ζωικών αλεύρων αποτελεί το γεγονός ότι το λίπος των προϊόντων αυτών περιέχει αρκετά κορεσμένα λιπαρά και δεν περιέχει ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (El-Sayed 1999). Λόγω ανησυχιών που προέκυψαν μετά την εμφάνιση της νόσου της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας σε βοοειδή, που διατρέφονταν με τέτοιου είδους άλευρα, η πλειοψηφία αυτών των αλεύρων είχε απαγορευτεί στην ΕΕ από το 2001 έως το 2013,

ωστόσο το 2013 επιτράπηκε ξανά η χρήση κάποιων από αυτά που όμως πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις παρασκευής τους (Καραπαναγιωτίδης 2018. Πολλοί ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στα έντομα για την αντικατάσταση του ιχθυάλευρου.

#### **1.4. Η χρήση αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές και επίδραση αυτών στη θρεπτική σύσταση των ιχθύων**

Τα έντομα αποτελούν την πιο ποικιλόμορφη ομάδα ζώων στο ζωικό βασίλειο, αντιπροσωπεύοντας το 60% της παγκόσμιας βιοποικιλότητάς (Dicke et al. 2002). Παρόλο που η πλειοψηφία των εντόμων συλλέγεται από την φύση μέχρι σήμερα, η εκτροφή τους έχει ασκηθεί για τουλάχιστον 7.000 χρόνια κυρίως για την παραγωγή μελιού και για παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων (Rumpold & Schlüter 2013). Το ενδιαφέρον των μελετών για τα έντομα είχε επικεντρωθεί στο ρόλο που διαδραματίζουν στην ανθρώπινη διατροφή στην Αφρική, την Ασία και τη Λατινική Αμερική (Barroso et al. 2014, Cadinu et al. 2020). Οι πέντε πρώτες τάξεις εντόμων που καταναλώνονται από τον άνθρωπο είναι: Coleoptera (31%), Lepidoptera (18%), Hymenoptera (14%), Orthoptera (13%) και Hemiptera (10%) (Sun-Waterhouse et al. 2016). Τα τελευταία χρόνια, τα έντομα έχουν αρχίσει να διαδραματίζουν σημαντικότατο ρόλο στην υδατοκαλλιέργεια ως εναλλακτική πηγή θρεπτικών συστατικών (Stamer 2015). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση επιτρέπεται από το 2017 η χρήση 7 ειδών εντόμων σαν συστατικό των ιχθυοτροφών (Ευρωπαϊκός Κανονισμός 2017/893). Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον για την μερική αντικατάστασή των ιχθυάλευρων από έντομα. Στις περισσότερες μελέτες με τη χρήση εντόμων στα σιτηρέσια των ιχθύων, μια αντικατάσταση του ιχθυάλευρου της τάξης του 25% δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την ανάπτυξη των ιχθύων και την αξιοποίηση της τροφής από αυτούς (Piccolo et al. 2014, Zhang et al. 2014, Fasakin et al. 2003).

Τα εντομοάλευρα έχουν μια σχετικά υψηλή θρεπτική αξία που ποικίλλει ανάλογα με το είδος και το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου (Πιν.1.4). Πρώτα από όλα, τα έντομα αποτελούν μέρος της φυσικής διατροφής των ψαριών (Howe et al. 2014, Whitney and Bollens, 2014). Ανάλογα το είδος και το στάδιο ανάπτυξης, τα έντομα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μεταξύ 50-82% και έχουν ένα καλό προφίλ απαραίτητων αμινοξέων. Τα χαμηλότερα επίπεδα πρωτεϊνών ανήκουν σε έντομα της Τάξης των Κολεόπτερον και των Δίπτερον (Barroso et al. 2014). Την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη την έχουν έντομα της Τάξης των Ορθόπτερον, η οποία είναι παρόμοια με αυτή του ιχθυάλευρου (Barroso et al. 2014). Η περιεκτικότητα των εντόμων σε ολικές λιπαρές ουσίες φτάνουν έως και 55% της θρεπτικής τους σύστασης σε κάποια είδη (Καραπαναγιωτίδης 2018). Επίσης, τα έντομα περιέχουν σχετικά χαμηλά επίπεδα υδατανθράκων σε σύγκριση με τα φυτά, συνήθως λιγότερο από 20% (Barroso et.al. 2014). Ακόμη, η εκτροφή των εντόμων θεωρείται ότι έχει χαμηλό οικολογικό αποτύπωμα σε σχέση με τις εκτροφές άλλων ειδών (Dobermann et al. 2017). Επιπλέον, παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε ανόργανα στοιχεία όπως χαλκός, σίδηρος, μαγνήσιο, μαγγάνιο, φωσφόρος, σελήνιο και ψευδάργυρος (Barroso et al. 2014). Πολλά έντομα έχουν αντιβακτηριακές και αντιμυκητιακές δράσεις όπως είδη των τάξεων Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera κα., με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος ζωής της ιχθυοτροφής (Henry et al. 2015) Ακόμη, τα έντομα έχουν υψηλή γονιμότητα και υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης (Tran et al. 2015).

Οι πρωτεϊνικές απαιτήσεις διαφόρων ιχθύων κυμαίνονται από 28 έως 55% του σιτηρεσίου και η απαίτηση μειώνεται καθώς το ψάρι μεγαλώνει (Lovell 1989). Τα σαρκοφάγα χρειάζονται διαιτητική πρωτεΐνη 40-55% και η μέση περιεκτικότητα των εντόμων σε πρωτεΐνες κυμαίνεται μεταξύ 50 και 82% (Rumpold and Schluter 2013). Σε γενικές γραμμές, το προφίλ των απαραίτητων αμινοξέων των ειδών της τάξης

Diptera πλησιάζουν το προφίλ του ιχθυάλευρου, σε αντίθεση με των Coleoptera και Orthoptera που είναι πιο κοντά στη σόγια, όπου υπάρχουν ελλείψεις σε λυσίνη και μεθειονίνη (Barroso et al. 2014). Το επίπεδο των λιπιδίων στα έντομα κυμαίνεται περίπου από 10 έως 30% που είναι αρκετά υψηλότερο από το ιχθυάλευρο και τη σόγια που το επίπεδο των λιπιδίων βρίσκεται περίπου στο 8,2 και 3%, αντίστοιχα (Barroso et al. 2014). Τα υψηλά επίπεδα των λιπιδίων των εντόμων ενδέχεται να οδηγούν σε μειωμένη ανάπτυξη των σιτιζόμενων ιχθύων και σε εναπόθεση λίπους, επηρεάζοντας την ανοσολογική κατάσταση ορισμένων ιχθύων (Henry et al. 2015). Οι συγκεκριμένες ελλείψεις οδηγούν σε παθογένειες, όπως επίσης και σε προβλήματα στην υγεία των ιχθύων, ακόμα και σε θνησιμότητες (Henry et al. 2015).

**Πίνακας 1.4.** Θρεπτική αξία των διάφορων τάξεων των εντόμων.

Τάξη εντόμων	Πρωτεΐνη (%) ξηράς ύλης)	Λίπος (%) ξηράς ύλης)	Ενέργεια (kcal/100 g)
Coleoptera	40,69	33,5	490,3
Diptera	49,48	22,75	409,78
Hemiptera	48,33	30,26	478,99
Hymenoptera	46,47	25,09	484,45
Isoptera	35,34	32,74	
Lepidoptera	45,38	27,66	508,89
Odonata	55,23	19,83	431,33
Orthoptera	61,23	13,41	426,25

Πηγή: Rumpold and Schlüter (2013)

Τα τελευταία χρόνια έχουν υπάρξει διάφορες μελέτες σχετικά με την ανάπτυξη των ψαριών που τρέφονται με έντομα δείχνοντας θετικά αποτελέσματα. Δοκιμές στην τσιπούρα με ποσοστά αντικατάστασης 25% και 50% της πρωτεΐνης ιχθυάλευρου από το έντομο *Tenebrio molitor* έδειξαν ότι, η κατά 25% αντικατάσταση του δεν οδήγησε σε αρνητικές επιδράσεις στο τελικό σωματικό βάρος, ενώ η κατά 50% υποκατάσταση προκάλεσε μείωση της ανάπτυξης (Piccolo et al. 2014). Οι Henry et al. (2015) ανέφεραν ότι η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου από το είδος *T. molitor* κατά 20% οδήγησε στη βέλτιστη ανάπτυξη του αφρικανικού γατόψαρου. Ακόμη, οι ίδιοι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι η αντικατάσταση κατά 60% του ιχθυάλευρου από το *T. molitor* δεν επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη του αφρικανικού γατόψαρου. Οι Bondari and Sheppard (1981) έκαναν δοκιμές στο είδος *Ictalurus punctatus* που διατράφηκε με σιτηρέσιο όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε μερικώς ή πλήρως από άλευρο του εντόμου *Hermetia illucens* και έδειξαν ότι με την πλήρη αντικατάσταση δεν μειώθηκε η ανάπτυξη του ιχθύος. Οι Jin et al. (2018) διαπίστωσαν ότι η πρωτεΐνη αλεύρου *H. illucens* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντικαταστήσει έως και 48% της πρωτεΐνης του ιχθυάλευρου σε δίαιτα του είδους *Pelteobagrus fulvidraco* χωρίς αρνητικές επιπτώσεις. Γενικά, η μερική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από έντομα έχει καλά αποτελέσματα.

Στον αντίποδα, υπάρχουν και αρκετά μειονεκτήματά των εντομοάλευρων. Αρχικά, ενδέχεται να αποτελούν βιοσυσσωρευτές εντομοκτόνων και φυσικών τοξινών, καθώς και να είναι φορείς παθογόνων μικροβίων (Καραπαναγιωτίδης 2018). Ορισμένα έντομα δεν είναι βρώσιμα ή προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις ή περιέχουν ακόμη και απωθητικά ή τοξικά χημικά ως αμυντικό μηχανισμό (Rumpold and Schluter 2013). Πολλά έντομα διαθέτουν την δύσπεπτη χιτίνη και δεν έχουν όλοι οι ιχθύες τα κατάλληλα ένζυμα για να την μεταβολίσουν (Barroso et al. 2014). Ωστόσο, η ποσότητα

της χιτίνης στα έντομα ποικίλλει, επειδή εξαρτάται από το είδος και το στάδιο ανάπτυξης (Barroso et al. 2014). Η ενεργότητα της χιτινάσης έχει παρατηρηθεί σε πολλά είδη ψαριών και έχουν αναφερθεί θετικά στοιχεία από την ενσωμάτωση της χιτίνης στα σιτηρέσια των ψαριών, αλλά γενικά είναι αποδεκτό ότι η χιτίνη είναι ένας από τους παράγοντες που περιορίζει τη χρήση εντόμων στις ζωοτροφές ψαριών (Barroso et al. 2014). Επιπλέον, η περιορισμένη διαθεσιμότητα των εντόμων σε ποσότητα τα καθιστά ως ακριβή πρώτη ύλη για χρήση στις τροφές προς το παρόν (Καραπαναγιωτίδης 2018). Στους δυτικούς πολιτισμούς, τα έντομα μπορούν να προκαλέσουν έντονες αρνητικές αντιδράσεις, καθώς έχουν την άποψη των εντόμων ως βρώμικων, αηδιαστικών και επικίνδυνων.(Looy et al. 2014). Οι περισσότεροι άνθρωποι, ειδικότερα στις δυτικές κοινωνίες, βλέπουν την κατανάλωση εντόμων ως κίνδυνο για την υγεία τους και για την κοινωνική τους ζωή (Dobermann 2017).

### **1.5. Το είδος *Zophobas morio***



**Εικόνα 1.2. Προνύμφες *Zophobas morio* (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)**



Το *Z. morio* είναι ένα υποσχόμενο είδος για την υποκατάσταση του ιχθυάλευρου, παρόλα αυτά οι σχετικές έρευνες είναι ελάχιστες. Το *Z. morio* ανήκει στη μεγάλη οικογένεια σκαθαριών Tenebrionidae. Το είδος αυτό έχει έναν συνολικό κύκλο ζωής που διαρκεί περίπου 6 μήνες και περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: το αυγό, την προνύμφη, την χρυσαλίδα και τα ενήλικα άτομα. Γενικά, οι προνύμφες του *Z. morio* προτιμούν τα σκοτεινά μέρη με κατάλληλη υγρασία που κυμαίνεται από 60 έως 75%. Η προνύμφη έχει μήκος 40-60 mm και πλάτος 5-6 mm στο μέγιστο της μέγεθος. Τρέφεται με πίτουρα από σιτάρι. Οι προνύμφες του *Z. morio* είναι πολύ πλούσιες σε πρωτεΐνες και περιέχουν επαρκείς ποσότητες απαραίτητων αμινοξέων που απαιτούνται για τη βέλτιστη ανάπτυξη των ψαριών (Πίν. 1.5.), εκτός από τη μεθειονίνη, η οποία είναι σε χαμηλά επίπεδα. Από την άλλη, οι προνύμφες του είναι φτωχές σε μέταλλα, όπως το ασβέστιο και ο φώσφορος (Ghaly and Alkohaik 2009), ενώ έχουν περίπου 57% περιεκτικότητα σε νερό και χαμηλή ποσότητα τέφρας. Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε λιπαρά, οι προνύμφες *Z. morio* έχουν υψηλό ποσοστό λιπιδίων, που κυμαίνεται μεταξύ 35,0 και 43,6% (Rumbos & Athanassiou 2021). Σύμφωνα με το προφίλ τους σε λιπαρά οξέα, οι προνύμφες *Z. morio* έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA) και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA), με το παλμιτικό και το ελαϊκό οξύ να είναι τα πιο άφθονα αντίστοιχα. Γενικά, τα κολεόπτερα, όπου ανήκει και αυτό το είδος, έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου στις δίαιτες διάφορων ψαριών. Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή θρεπτική αξία των προνυμφών του συγκεκριμένου είδους, παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα για την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου. Όμως το συγκεκριμένο είδος δεν συμπεριλαμβάνεται στην λίστα των επιτρεπόμενων εντόμων για παραγωγή ζωοτροφών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

**Πίνακας 1.5.** Σύσταση του εντόμου *Z. morio* σε απαραίτητα αμινοξέα (ποσοστό % της πρωτεΐνης).

Αμινοξέα	(% της πρωτεΐνης)
Ιστιδίνη	3,87
Ισολευκίνη	6,36
Λευκίνη	8,25
Λυσίνη	5,82
Τρυπτοφάνη	-
Αργινίνη	5,72
Φαινυλαλανίνη	5,00
Θρεονίνη	4,33
Μεθειονίνη	0,76
Βαλίνη	7,55

Πηγή: Barroso et al. (2014)

### 1.6. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Η ραγδαία ανάπτυξη των ιχθυοκαλλιεργειών και η μείωση των ιχθυοαποθεμάτων οδήγησε την επιστημονική κοινότητα στην εύρεση διάφορων

τρόπων για την αντικατάσταση ή υποκατάσταση των ιχθυάλευρων από άλλες πηγές. Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να μελετηθεί η επίδραση που είχε η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* στη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού της τσιπούρας. Για αυτό το λόγο, προσδιορίστηκαν οι ολικές πρωτεΐνες, τα ολικά λίπη, η υγρασία και η τέφρα και η ενέργεια στον μυϊκό ιστό των ιχθύων. Τα ψάρια, τα οποία πάρθηκαν, ήταν από ένα πείραμα που διήρκησε 100 μέρες, όπου 3 διαφορετικές ομάδες ιχθύων (διατροφικές ομάδες) διατράφηκαν με διαφορετικά σιτηρέσια η κάθε μία. Η πρώτη ομάδα διατράφηκε με ιχθυάλευρο και οι υπόλοιπες με σιτηρέσιο, όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε σταδιακά από πλήρες λιπαρών άλευρο του εντόμου *Z. morio* κατά 5% και 10%.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Δειγματοληψίες

Πραγματοποιήθηκε πείραμα στις εγκαταστάσεις του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στον Βόλο. Διατράφηκαν 3 διαφορετικές ομάδες ιχθύων με διαφορετικό σιτηρέσια η κάθε μία. Χορηγούταν τροφή καθημερινά με το χέρι 2 φορές την ημέρα στις 11 π.μ. και στις 17 μ.μ. Η σίτιση ήταν μέχρι κορεσμού. Η πρώτη ομάδα (FM) διατράφηκε με σιτηρέσιο μάρτυρα που περιείχε ιχθυάλευρο ως αποκλειστική πηγή ζωικής πρωτεΐνης. Οι υπόλοιπες ομάδες διατράφηκαν με σιτηρέσια όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε σταδιακά από πλήρες λιπαρών άλευρο του εντόμου *Z. morio* κατά 5% και 10% (ZFF5 και ZFF10 αντίστοιχα).

Οι προνύμφες του *Z. morio* που χρησιμοποιήθηκαν στο διατροφικό πείραμα προέρχονταν από την εκτροφή του εντόμου στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ενώ ως υπόστρωμα εκτροφής χρησιμοποιήθηκε πίτουρο σιταριού το οποίο ενισχύθηκε με φύραμα ανάπτυξης κοτόπουλων. Το πείραμα διήρκεσε 100 ημέρες. Τα σιτηρέσια αυτά καταρτίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ισοενεργειακά (21,80MJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (56% της τροφής). Ως βασική πηγή πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας ιχθυάλευρο (ολικών πρωτεϊνών 64%). Τα πειραματικά σιτηρέσια παράχθηκαν με την μέθοδο της κοινής πελλετοποίησης στις εγκαταστάσεις του τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος με τη χρήση

πελλετομηχανής τύπου California Pellet Mill και ήταν στη μορφή βυθιζόμενου σύμψηκτου διαμέτρου 1,5 mm.

## 2.2 Αναλύσεις θρεπτικής σύστασης ιχθύων

Αφού οι ιχθύες θανατώθηκαν, συλλέχθηκαν από κάθε διατροφική ομάδα (9) άτομα για τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης του μυϊκού τους ιστού.

### 2.2.1. Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός της υγρασίας και της ξηρής ουσίας στον μυϊκό ιστό των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C (AOAC 1995.). Έπειτα, αφού πέρασε ο χρόνος ξήρανσης, τα δείγματα πάρθηκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min για να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας και της ξηρής ουσίας υπολογίζεται ως εξής:

$$W_{\text{ξηρής ουσίας}} = W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο}} - W_{\text{δισκίου}}$$

$$\text{Ξηρή ουσία \%} = (W_{\text{ξηρής ουσίας}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

και

$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

$$\text{Υγρασία \%} = (W_{\text{υγρασία}} \times 100) / W_{\text{δει/τος}}$$

### 2.2.2. Προσδιορισμός τέφρας

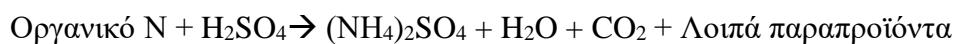
Σε πυρίμαχα δοχεία, τα οποία είχαν ζυγιστεί και καταγραφεί τα βάρη τους, ζυγίστηκε επίσης και δείγμα μυϊκού ιστού 1,5g, σε ζυγαριά ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια, τοποθετήθηκαν τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα. Η αποτέφρωση έγινε στους 600 βαθμούς για 24h (AOAC 1990). Μετά το πέρας του εικοσιτετράωρου τα δείγματα έμειναν για 1h ώστε να κρυσώσουν. Στην συνέχεια, καταγράφηκε το μεικτό βάρος του δοχείου και του δείγματος και από αυτό αφαιρέθηκε το καθαρό βάρος του δοχείου. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίστηκε με τον εξής τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = (W \text{ τέφρας (g)} \times 100) / W \text{ δείγματος (g)}$$

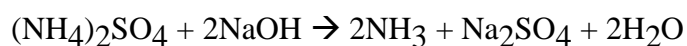
### 2.2.3. Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών του μυϊκού ιστού των ψαριών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995). Αρχικά, σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα βάρους 0,2g και μεταφέρθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστέθηκαν 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5g Potassium Sulphate  $K_2SO_4$  και 5g copper (II) Sulphate  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Κατόπιν, προστέθηκαν στα δείγματα 15ml πυκνού θειικού οξέος ( $H_2SO_4$ ) και τοποθετήθηκαν στην συσκευή πέψης Kjeltac 2000 (Εικ. 2.1). Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιήθηκε στους 150°C για 85min. Με την συσκευή πέψης επιτυγχάνεται το βράσιμο των δειγμάτων και με την βοήθεια του

πυκνού θεικού οξέος διασπώνται οι αζωτούχες ενώσεις. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:



Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης, τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για 15min. Στη συνέχεια, τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε συσκευή απόσταξης (Εικ. 2.2) στην οποία προστέθηκαν 100 ml αποσταγμένου H<sub>2</sub>O, 80 ml NaOH και 50 ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Η διαδικασία διήρκεσε 6min. Το θεικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται η αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θεικό νάτριο (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Η αμμωνία (NH<sub>4</sub>) έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ (H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:





**Εικόνα 2.1.** Συσκευή πέψης Kjeltec 2000 (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)



**Εικόνα 2.2.** Συσκευή Kjeldahl (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)



#### 2.2.4. Προσδιορισμός ενέργειας

Ο προσδιορισμός της ενέργειας των δειγμάτων έγινε με τη χρήση θερμιδόμετρου. Κατά την πλήρη καύση ενός δείγματος εκλύεται θερμότητα, η οποία αποτελεί τη θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) του δείγματος. Η καύση γίνεται μέσα σε ένα κλειστό ανοξείδωτο δοχείο τύπου οβίδας (Εικόνα 2.3). Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει το νερό, το οποίο θερμαίνει ένα εξωτερικό δοχείο γνωστής θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφεται με την βοήθεια ενός θερμόμετρο (Εικόνα 2.4) και στη συνέχεια υπολογίζεται η θερμιδική αξία στο περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε. Τα αποτελέσματα δίνονται ηλεκτρονικά σε Kcal/g.



**Εικόνα 2.3. Δοχείο τύπου οβίδας (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)**



**Εικόνα 2.4. Θερμιδόμετρο (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)**

### **2.2.5. Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών**

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στον μυϊκό ιστό των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995). Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Έπειτα, εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Κατόπιν, ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και τοποθετήθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού, καθώς και της τροφής σε κάποιες περιπτώσεις, επιβάλλετε να είναι ξηραμένη και αλεσμένη. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι να σταθεροποιηθεί το βάρος του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150ml πετρελαϊκού αιθέρα, στον οποίο εμβαπτίστηκαν τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους χάρτινους ηθμούς μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών

ουσιών (συσκευή Soxhlet) όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5. Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Στη συνέχεια, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5h, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαϊκού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15min στους 105°C. Έπειτα, τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και ύστερα καταγράφηκαν τα βάρη τους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικά λιπίδια \%} = (W(\text{g})_{\text{τελικό δοχείο εκχύλισης}} - W(\text{g})_{\text{αρχικό δοχείο εκχύλισης}}) * 100$$



**Εικόνα 2.5. Συσκευή Soxhlet (προσωπικό αρχείο συγγραφέα)**

### 2.3. Στατιστική ανάλυση

Μετά το πέρας των χημικών αναλύσεων, και την συλλογή των αποτελεσμάτων τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν και δημιουργήθηκαν πίνακες με τη θρεπτική σύσταση των ψαριών που είχαν δεχθεί τις διάφορες μεταχειρίσεις με την βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος EXCEL. Το στατιστικό πακέτο SPSS 20 χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και η σύγκριση των μέσων όρων των διαφόρων παραμέτρων έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης των διακυμάνσεων μονής κατεύθυνσης (one-way ANOVA). Στις περιπτώσεις όπου δεν ικανοποιούσαν την προϋπόθεση ομοιογένειας των παραλλακτικότητων, τα δεδομένα τροποποιήθηκαν. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων.

### 3. Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις της χημικής σύστασης του εδωδιμου μυϊκού ιστού των ιχθύων όπου φαίνονται στον Πίνακα 3.1.

Η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού της τσιπούρας σε υγρασία για τα ψάρια που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο ήταν  $75,39 \pm 1,34$  %, για τα ψάρια που διατράφηκαν με το ZFF5 σιτηρέσιο ήταν  $74,99 \pm 1,09$ %, και τέλος για τα ψάρια που διατράφηκαν με το ZFF10 σιτηρέσιο ήταν  $74,77 \pm 1,30$ % (Πίν. 3.1). Το μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας σε υγρασία καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το FM και το μικρότερο ποσοστό για τα ψάρια που διατράφηκαν με το ZFF10, χωρίς όμως να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών ( $P > 0,05$ ).

Η μέση περιεκτικότητα σε τέφρα του μυϊκού ιστού της τσιπούρας για το FM σιτηρέσιο ήταν  $6,74 \pm 0,29$ %, για το ZFF5 σιτηρέσιο ήταν  $6,58 \pm 0,23$  % και τέλος για το ZFF10 ήταν  $6,42 \pm 0,24$  % (Πίν. 3.1). Ο πληθυσμός των ψαριών του FM σιτηρεσίου είχε την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τέφρα, ενώ την χαμηλότερη ο πληθυσμός του σιτηρεσίου ZFF10. Σύμφωνα με τη στατιστική επεξεργασία δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των τιμών των διατροφικών ομάδων FM, ZFF5 και ZFF10 ( $P > 0,05$ ).

Η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού της τσιπούρας σε ενέργεια για τα ψάρια της FM μεταχείρισης ήταν  $23,09 \pm 0,30$  Kcal/g για την ZFF5 μεταχείριση ήταν  $23,40 \pm 0,28$  Kcal/g και τέλος για την ZFF10 μεταχείριση ήταν  $24,04 \pm 0,21$  Kcal/g (Πίν. 3.1). Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ενέργεια καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο ZFF10, ενώ τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο

FM είχαν την μικρότερη περιεκτικότητα σε ενέργεια. Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Η μέση περιεκτικότητα σε λίπος του μυϊκού ιστού της τσιπούρας για το FM σιτηρέσιο ήταν  $8,55 \pm 0,56\%$ , για το ZFF5 σιτηρέσιο ήταν  $9,42 \pm 1,74 \%$  και τέλος για το ZFF10 ήταν  $10,26 \pm 1,29 \%$  (Πίν. 3.1). Ο πληθυσμός των ψαριών του ZFF10 σιτηρέσιου είχε την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος, ενώ την χαμηλότερη ο πληθυσμός του σιτηρέσιου FM. Σύμφωνα με τη στατιστική επεξεργασία δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των τιμών των διατροφικών ομάδων FM, ZFF5 και ZFF10.

Η μέση περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του μυϊκού ιστού της τσιπούρας για το FM σιτηρέσιο ήταν  $83,31 \pm 1,69\%$ , για το ZFF5 σιτηρέσιο ήταν  $82,24 \pm 1,80 \%$  και τέλος για το ZFF10 ήταν  $81,34 \pm 0,74 \%$  (Πίν. 3.1). Ο πληθυσμός των ψαριών του FM σιτηρέσιου είχε την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, ενώ την χαμηλότερη ο πληθυσμός του σιτηρέσιου ZFF10. Σύμφωνα με τη στατιστική επεξεργασία δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των τιμών των διατροφικών ομάδων FM, ZFF5 και ZFF10.

**Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα θρεπτικής σύστασης (% επί ξηρού δείγματος) του μυϊκού ιστού της τσιπούρας που διατράφηκε με τα πειραματικά σιτηρέσια.**

	<b>FM</b>	<b>ZFF5</b>	<b>ZFF10</b>
<b>Υγρασία (%)</b>	75,39 ± 1,34	74,99 ± 1,09	74,77 ± 1,30
<b>Πρωτεΐνη (%)</b>	83,31 ± 1,69	82,24 ± 1,80	81,34 ± 0,74
<b>Λίπος (%)</b>	8,55 ± 0,56	9,42 ± 1,74	10,26 ± 1,29
<b>Τέφρα (%)</b>	6,74 ± 0,29	6,58 ± 0,23	6,42 ± 0,24
<b>Ενέργεια (Kcal/g)</b>	23,09 ± 0,30	23,40 ± 0,28	24,04 ± 0,21

Ο πίνακας δείχνει τους μέσου όρους και την τυπική απόκλιση. Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές (n=3).

#### 4. Συζήτηση

Η εργασία αυτή αποτελεί μια προσπάθεια αξιολόγησης της καταλληλότητας του αλεύρου από προνύμφες του εντόμου *Z. morio* ως συστατικό των ιχθυοτροφών για τη διατροφή της τσιπούρας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από το έντομο *Z. morio* σε ποσοστό 5 και 10% δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά τη θρεπτική σύσταση του μυϊκού ιστού της τσιπούρας και δεν επηρεάστηκε η ανάπτυξη των ιχθύων των διάφορων διατροφικών ομάδων. Οι έρευνες σχετικά με την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από τα έντομα και ειδικότερα για το είδος *Z. morio* στη διατροφή των εκτρεφόμενων ιχθύων και καρκινοειδών είναι αρκετά περιορισμένες. Επομένως, η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με άλλες έρευνες δεν είναι εφικτό εγχείρημα, καθώς η βιβλιογραφία τόσο για τη θρεπτική σύσταση των ιχθύων που σιτίζονται με το έντομο *Z. morio*, όσο και η εκτροφή της τσιπούρας με τέτοια πειραματικά σιτηρέσια είναι αρκετά περιορισμένη.

Οι Jabir et. al. (2012) μελέτησαν την προσθήκη αλεύρου του *Z. morio* σε δίαιτες των νεανικών ψαριών της τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*), δοκιμάζοντας την μερική υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο του *Z. morio* σε ποσοστά 0%, 25%, 50%, 75% και 100%. Αυτή η έρευνα κατέδειξε ότι με την αντικατάσταση έως 100% δεν επηρεάστηκε η θρεπτική σύσταση ολόκληρου του σώματος σε υγρασία, τέφρα, λίπος και σε πρωτεΐνη. Η αντικατάσταση κατά 25 και 50% της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου βελτίωσε την ανάπτυξη, ενώ η αντικατάσταση κατά 25% του ιχθυαλεύρου οδήγησε στην μέγιστη ανάπτυξη. Αντίθετα, η αντικατάσταση κατά 100% οδήγησε στην μικρότερη ανάπτυξη. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας κατά κάποιο τρόπο συμφωνούν με την έρευνα των Jabir et al. (2012), καθώς η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου κατά 5 και 10% δεν επηρέασε τη θρεπτική σύσταση



του μυϊκού ιστού της τσιπούρας. Ακόμη, οι Jabir et al. (2011) ερεύνησαν τα διαφορετικά ποσοστά μεθειονίνης (0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%) στην διατροφή του είδους *Nile tilapia* διατηρώντας το ποσοστό αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου με *Z. morio* σε όλα τα σιτηρέσια στο 15%. Οι υψηλότερες θνησιμότητες παρατηρήθηκαν στην μηδενική προσθήκη μεθειονίνης. Οι δίαιτες που είχαν μεθειονίνη 1 και 1,5 % είχαν τη μεγαλύτερη αναπτυξιακή απόδοση, παρόλο που δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές.

Στο παρελθόν έχουν πραγματοποιηθεί και άλλα διατροφικά πειράματα αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου με άλευρο διαφορετικών ειδών εντόμων. Οι Karapanagiotidis et al. (2014) εξέτασαν τη θρεπτική σύσταση ατόμων τσιπούρας που είχαν τραφεί με σιτηρέσια στα οποία το ιχθυάλευρο αντικαταστάθηκε από το άλευρο του εντόμου *H. illucens* κατά 10, 20 και 30%. Σε αυτήν την έρευνα παρατηρήθηκε ότι δεν επηρεάστηκε η θρεπτική σύσταση του σώματος των ατόμων της τσιπούρας και η επιβίωση μεταξύ των διατροφικών ομάδων ήταν παρόμοια. Οι Magalhaes et al. (2017) μελέτησαν την υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από το είδος *H. illucens* σε δίαιτες για το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Αυτή η έρευνα απέδειξε ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου μέχρι και σε ποσοστό 45% δεν επηρέασε τη θρεπτική σύστασή και την ανάπτυξη των διατροφικών ομάδων. Οι Bruin et al. (2019) ανέφεραν ότι το άλευρο των προνυμφών *H. illucens* φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη πηγή πρωτεΐνης για τη μερική ή πλήρη αντικατάσταση ιχθυαλεύρου στη διατροφή για το είδος *Salmo salar*. Η περιεκτικότητα των φιλέτων των σολομών σε υγρασία, τέφρα και σε λιπίδια δεν επηρεάστηκε από τα διάφορα διατροφικά σχήματα. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε ακατέργαστη πρωτεΐνη βρέθηκε στα φιλέτα όπου η διατροφική ομάδα είχε αντικαταστήσει το ιχθυάλευρο με 66%, το οποίο διέφερε ( $P < 0,05$ ) από την διατροφική

ομάδα που είχε αντικατασταθεί με 100%. Η διατροφική ομάδα μάρτυρας και αυτή που αντικαταστάθηκε με 33% παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές.

Οι Belfori et. al. (2015) μελέτησαν την αντικατάσταση του ιχθυάλευρου από άλευρο του είδους *T. molitor* κατά 25 και 50% στην πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*). Η θρεπτική σύσταση των διατροφικών ομάδων του ραχιαίου μυός της πέστροφας έδειξε σημαντικές διαφορές στα περιεχόμενα υγρασίας, πρωτεΐνης και λίπους, ενώ η περιεκτικότητα σε τέφρα παρέμεινε ανεπηρέαστη. Η αντικατάσταση έως 50% δεν επηρέασε την αύξηση του βάρους. Οι Iaconisi et al. (2017) ανέφεραν ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου κατά 25 και 50% από τις λάρβες του *T. molitor* δεν επηρέασε σημαντικά την περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού του είδους *Pagellus bogaraveo* σε υγρασία, τέφρα, λίπος και σε πρωτεΐνη. Επιπροσθέτως, παρατήρησαν ότι με τα σιτηρέσια στα οποία αντικαταστάθηκε το ιχθυάλευρο κατά 25 και 50% το σωματικό βάρος είχε σημαντικές στατιστικές διαφορές σε σχέση με την δίαιτα του μάρτυρα. Ειδικότερα, με τις αντικαταστάσεις του ιχθυάλευρου η τιμή του σωματικού βάρους ήταν μικρότερη. Οι Piccolo et al. (2017) ερεύνησαν νεανικά άτομα τσιπούρας που είχαν τραφεί με δίαιτες που περιείχαν άλευρο προνυμφών του είδους *T. molitor* που είχε αντικατασταθεί με 25 και 50% της πρωτεΐνης ιχθυάλευρου, η υποκατάσταση 25% δεν επηρέασε αρνητικά την αύξηση βάρους και το τελικό βάρος, ενώ η υποκατάσταση 50% προκάλεσε μείωση ανάπτυξης και λιγότερο συγκεκριμένο ρυθμό ανάπτυξης. Η εγγύς σύνθεση ολόκληρου του σώματος ήταν αμετάβλητη.

## 5. Συμπεράσματα

Είναι αντιληπτό από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όσο και από τα αποτελέσματα των μελετών που παρουσιάστηκαν ότι είναι αναγκαίο να υλοποιηθούν και περαιτέρω έρευνες αναφορικά με τη χρήση των πρωτεϊνών εντόμων, τόσο του είδους *Z. morio* όσο και άλλων ειδών εντόμων, στις ιχθυοτροφές. Συμπερασματικά, τα έντομα λόγω της υψηλής διατροφικής αξίας που έχουν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικό για τις ιχθυοτροφές. Ειδικότερα, αυτή η έρευνα αποδεικνύει ότι η διαιτητική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο προνυμφών του εντόμου *Z. morio* κατά 5% και 10% δεν επηρέασε σημαντικά τη θρεπτική σύσταση μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Στο μέλλον θα ήταν καλό να ερευνηθούν και μεγαλύτερα ποσοστά αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από το είδος *Z. morio*. Εφόσον, δεν επηρεάστηκε η χημική σύσταση του μυϊκού ιστού και δεν επηρεάστηκε η ανάπτυξη των ατόμων της τσιπούρας συμπεραίνεται ότι το άλευρο του *Z. morio* είναι μια κατάλληλη εναλλακτική πηγή για το σιτηρέσιο της τσιπούρας.

## 6. Βιβλιογραφία

### 6.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Alan L. YEN (2009). Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? *Entomological research* 5, 289-298

Albert G.J. Tacon, Marc Metian(2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 1-4, 146-158

Algreen G., Blomqvist P., Boderg M., (1994) Fatty acid content of the dorsal muscle-an indicator of fat quality in freshwater fish. *Journal of Fish Biology*, 44: 131-157

AOAC (1995). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, VA, USA, 16th ed.

Araujo R.R.S., Benfica T.A.R.D.S, Santos E.M. et. al (2019) Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22-26

Arru B., Furesi P., Laura Gasco, Madau A.F., Pulina P(2019).The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming. *Sustainability* 11,16-97

Barbosa V., Maulvault A.L., Anacleto P. et. all (2020). Enriched feeds with iodine and selenium from natural and sustainable sources to modulate farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common carp (*Cyprinus carpio*) fillets elemental nutritional value. *Food and Chemical Toxicology*, 111-330

Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422, 193-201

Belforti M., Gai F., Lussiana C., Renna M. (2015). *Tenebrio Molitor* Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Diets: Effects on Animal

Performance, Nutrient Digestibility and Chemical Composition of Fillets. Italian Journal of Animal Science, 671-676

Bondari, K., Sheppard, D.C., (1981). Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture* 24, 103–109

Bruni L., Belghit I., Lock E.J (2019) Total replacement of dietary fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae does not impair physical, chemical or volatile composition of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 3,1038-1047

BUD I., LADOSI D., REKA ST., NEGREA O. (2008). STUDY CONCERNING CHEMICAL COMPOSITION OF FISH MEAT DEPENDING ON THE CONSIDERED FISH SPECIE, 201-206

Cadinu L. A., Barra P, Torre F. et. al. (2020). Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity. *Sustainability* 12, 45-67

Celik M. (2008) Seasonal changes in the proximate chemical compositions and fatty acids of chub mackerel (*Scomber japonicus*) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from the north eastern Mediterranean Sea. *International Journal of food Science and Technology*, 43:933-938

Cui Z., Wang Y. (2007) Temporal changes in body mass, body composition and metabolism of gibel carp *Carassius auratus gibelio* during food deprivation. *Journal of Fish Biology* 3, 215-220.

Dicke M., Van Poecke, R.M.P (2002). Signaling in plant-insect interactions: signal transduction in direct and indirect plant defence. Scheel & C. Wasternack (eds.) *Plant Signal Transduction*. Pp. 289-316.

Dobermann D., Swift J.A., Field L. M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin* 42(4):293-308

El-Sayed, A. F. M. (1999). Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179(1-4), 149-168

Etherson K., Harris W. S., Penny M., et al. (2002). Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. 106:2747–2757

FAO The State of World Fisheries and Aquaculture 2010 FAO, Rome, Italy (2010)

Fasakin, E. A., Balogun, A. M., & Ajayi, O. O. (2003). Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 34(9), 733-738

Finke M. D. (2002). Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores. *Zoo Biology* 21:269 – 285

Ghaly A.E., Alkokaik F.N. (2009). The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4 (4): 319-331,

Gokce M.A., Tasbozan O., Celik M., Tabakoglu L. (2004) Seasonal variations in proximate and fatty acid compositions of female common sole (*Solea solea*). *Food Chemistry* 3, 419-423

Grigonakis K., K.D.A Taylor, M.N. Alexis (2003). Seasonal patterns of spoilage of ice-stored cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Microbiology* 2, 44-53

Gule G. O., Kiztanir B., Citil O.B. et. al. (2008). Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and  $\omega 3/\omega 6$  ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey) 2, 689-694

Hafedh Y.S.A. (2001). Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture* 5, 385-393

Hearn T., Sgoutas S. A., Hearn J. A., Sqountas D.S. (1987) Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits. *Journal of Food Science*, 52:1209-1210

Henry M., Gasco L., G. Piccolo G., Fountoulaki E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 1-22

Howe E.R, Simenstad C.A., Toft J.D (2014) Macroinvertebrate Prey Availability and Fish Diet Selectivity in Relation to Environmental Variables in Natural and Restoring North San Francisco Bay Tidal Marsh Channels. *San Francisco Estuary & Watershed*

Hu Y., Yajun HU, Tang T. et. al 2020 Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). *Aquaculture reports*, 100-345

Huss H.H. (1998) Quality and Quality Changes in Fresh Fish, FAO fisheries technical paper 358, Rome, Italy 4

Iaconisi V., Marono S., Parisi G. (2017). Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). *Aquaculture* ,49-58.

Jabir M. D. A. R., Razak S.A. and Vikineswary S. (2011). Effects of Amino Acid Supplementation in Super Worm Based Diets on Growth Performance and Feed Utilization of Juvenile Nile tilapia. International Fisheries Symposium 2011

Jabri M.D.A.R., Razak S.A., Vikineswary S. (2012). Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(24), pp. 6592-6598

Jin P, Zheng L., Xiao X (2018). Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture* 4, 1569-1577

Jordan R.G. (2010) Prenatal Omega-3 Fatty Acids: Review and Recommendations. *Journal of Midwifery and Womens health* 6, 520-528

Karapanagiotidis I.T., Daskalopoulou E., Vogiatzis I., Rumbos C.1.,, Mente E., Athanassiou C.G. (2014). SUBSTITUTION OF FISHMEAL BY FLY *Hermetia illucens* PREPUPAE . *HydroMedit*, 110-114

Khalili S., Samples S. (2017). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. *Fisheries Science and Aquaculture* 2 ,243-253

Kikuchi K., Sato T., Furuta T., Sakaguchi I. and Deguchi Y. (1997). Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Science*, 63: 29 – 32.

Kim O.L., Lee S.M. (2005). Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. *Aquaculture* 1-4, 323-329

Klaoudatos, S., & Apostolopoulos, J. (1986). Food intake, growth, maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture*, 51(3-4), 217-224.

Knutsen H.R., Johnsen I.H., Keizer S. et. al. (2019) Fish welfare, fast muscle cellularity, fatty acid and body-composition of juvenile spotted wolffish (*Anarhichas minor*) fed a combination of plant proteins and microalgae (*Nannochloropsis oceanica*). *Aquaculture*. 212-223

Kroeckel S., Harjes A.G.E., Roth I., Katz H., Wuertz S., Susenbeth A., Schulz C. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute—Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*) *Aquaculture*. 2012; 364:345–352

Leung D., Yang D, Chen J. et al. (2012). Biodiesel from *Zophobas morio* Larva Oil: Process Optimization and FAME Characterization 51, 2, 1036–1040

Liu X H., Ye J.D., Wang K. et. al. (2011). Partial replacement of fish meal with peanut meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 5, 745-755

Looy H, Dunkel F & Wood J (2014) How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agriculture and Human Values* 31: 131–41

Love R.M. (1980) *The Chemical Biology of Fishes*. Advances 1968–1977, vol. 2, Academic Press, London, pp. 943.

Lovell T. (1989) *Nutrition and Feeding of Fish*

Magahales R, Lopez A.S. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 79-85

Magalhães R., Sánchez-López A., Leal R.S., Martínez-Llorens S., Oliva-Teles A., Peres H. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) *Aquaculture*. 2017; 476:79–85.

Marchioli R., Barzi F., BombaE., Chiefo C., et al. (2002). Early protection against sudden death by n-3 polyunsaturated fatty acids after myocardial infarction: time course analysis of the results of the Gruppo Italiano per lo studio della Sopravvivenza nell Infarto Miocardio (GSSI)- Prevension. *Circulation*, 105Q1897-1903



Merida S.N., Gobbi P., Rawski M. et al. (2018). Insect meals in fish nutrition. *Aquaculture* 4, 1080-1103

Miles R.D. and Chapman F.A. (2006). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. Institute of Food and Agricultural Sciences, 1 – 6.

Miranda J. R., Vazquez J.P.A, Marroquin T.Z. et. al. (2019) Insects as an alternative source of protein: a review of the potential use of grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) as a food ingredient. *European Food Research and technology*. 245, 2613–2620

Moretti A., M Pedine Fernandez-Criado, Vetillart R. (2005) Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Vol.2 FAO, Rome, 152p.

Moretti A., M. Pedini, G. Citolin, & R. Guidastri, 1999. Manual of Hatchery production of sea- bass and giltseabream Vol. 1 FAO, Rome 194 p.

Muros M.J.S, Francisco G. B., Agugliaro M. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review 65. 16-27

Ozyurt G., Ringo E. (2005). Seasonal changes in the fat-ty acids of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and white sea bream (*Diplodus sargus*) captured in Iskenderun Bay, eastern Mediterranean coast of Turkey. *European Food Research and Food Technology*, 220:120-124

P. Ferrer Llagostera P.F., Kallas Z., Reig L. et. Al. (2019). The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay, 10-21

Pambo K.O., Okello J.J, Mbeche R.M. et. al. (2018). The role of product information on consumer sensory evaluation, expectations, experiences and emotions of cricket-flour-containing buns, 532-541

Pateiro M., Paulo E., Munekata S. et al (2020). Nutritional Profiling and the Value of Processing By-Products from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*). *Marine drugs* 18.

Piccolo G., Marono S., Gasco L., Iannaccone F., Bovera F., Nizza A. 2014. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. In: *Insects to Feed The World*, The Netherlands, 14–17May 2014. p. 76.

Piccolo G., Marono S., Iaconisi V. (2017). Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, *in vivo* nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*, 12-20

Rumbos C. I., Athanassiou C.G. (2021) The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera:Tenebrionidae): A ‘Sleeping Giant’ in Nutrient Sources Journal of Insect Science 21(2): 13; 1–11

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11.

Stamer A., (2015) Insect proteins—a new source for animal feed. *Embo reports* 6, 676-680

Stansby, M.E. (1962). Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer (ed.) *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., London, 55-60

Steffens W., (1997) Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151: 97-119

Tran G., HEUZE V., Makkar H.P.S. (2015). Insects in fish diets. *Animal Frontiers* 5, 37-44

Turchini G., Orban E., Valfré F. et. Al. (2003) Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.) 1-4, 251-267

UK SACN (2004). Advice on fish consumption benefits risks

USDA (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service) 2007. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 20

Van der Spiegel M. Safety of foods based on insects. In: Prakash V., Martin-Belloso O., Keener L., Astley S.B., Braun S., McMahon H., Lelieveld H., editors. *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. Academic Press; Cambridge, MA, USA. (2015). pp. 205–216

W.-K. Ng, F.-L. Liew, L.-P. Ang, K.-W. Wong (2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* *Aquac. Res.*, 32 pp. 273-280

Waterhouse S. D., Dong Y., Gao J., (2016) Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 129-151

Ween O., Stangenland J., Fylling T.S. et al. (2017). Nutritional and functional properties of fishmeal produced from fresh by-products of cod (*Gadus morhua* L.) and saithe (*Pollachius virens*) 3

Whitley S.N., Bollens S.M. (2014). Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: Diets and potential for resource competition *Environ. Biol. Fishes*, 97 pp. 659-674

Williams C.M. (2000). Dietary fatty acids and human health *Ann. Zootech.* 49,165–180

Wöhlbier W., Jäger F. (1977). *Futtermittel aus Meerestieren*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart Germany

Yanxian Li, Trond M. Korner T.M., Elvis M. et al. (2020) Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 734-967

Zhang, J.B., L.Y. Zheng, P. Jin, D.N. Zhang, and Z.N. Yu. 2014. Fishmeal substituted by production of chicken manure conversion with microorganisms and black soldier fly. In: *Insects to Feed The World*, The Netherlands, 14–17 May 2014. p. 15

## 6.2 Ελληνική βιβλιογραφία

Αδαμίδου Σ., Νέγκας Ι. (2012). Κεφάλαιο, 9ο. – Συστατικά ιχθυοτροφών. Στοιχεία Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένη Διατροφή Ιχθύων και Καρκινοειδών (Ε. Μεντέ & Ι. Νέγκας). Εκδόσεις Παπαζήση

Αντωνοπούλου Ε. (2021) *Καλλιέργεια ιχθύων: διατροφή και θρέψη, καλλιέργεια ιχθύων*

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

Ευρωπαϊκός Κανονισμός 2017/893

Καραπαναγιωτίδης Ι. (2012). Κεφάλαιο, 5ο. – Λιπίδια,. Στοιχεία Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένη Διατροφή Ιχθύων και Καρκινοειδών (Ε. Μεντέ & Ι. Νέγκας). Εκδόσεις Παπαζήση

Καραπαναγιωτίδης Ι. (201820). Σημειώσεις του μαθήματος «Τεχνολογία Ιχθυοτροφών». Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας..

Κλαουδάτος Σ., Κλαουδάτος Δ.(2012). Κεφάλαιο 3 Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων οργανισμών. Προπομπός, Αθήνα.

Κοροδήμα Δ., Χαραλάμπους Κ., (1998) ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΨΥΞΗΣ (ΧΩΡΙΣ ΠΑΓΟ) ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ MUGIL CERHALUS (ΚΕΦΑΛΟΣ), 9-10

Νεοφύτου Ν Θεσσαλονίκη 2015 Βιολογία ιχθύων και θαλασσιών θηλαστικών. University studio press, 184-186

ΣΕΘ (2019) Ελληνική υδατοκαλλιέργεια 2017. Ετήσια έκθεση

Χωτός Γ.Ν. (2001) Διατροφή ιχθύων

### **6.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία**

<https://www.fishbase.se/summary/Sparus-aurata.html>

<http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>

[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus\\_aurata/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en)

[https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM\\_19\\_GR\\_WEB\\_Spreads\(4\).pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_19_GR_WEB_Spreads(4).pdf)

[https://e-insects.wageningenacademic.com/zophobas\\_morio](https://e-insects.wageningenacademic.com/zophobas_morio)