

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 της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»**

Θεοδώρου Χριστόφορος

ΒΟΛΟΣ 2020

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

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής – Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, επιβλέπων

Ελένη Γκολομάζου, Επίκουρη Καθηγήτρια – Προστασία-Ευζωία Ιχθύων, μέλος

Φωτεινή Παρλαπάνη, Διδάσκουσα Π.Δ. 407/80 – Διδάκτωρ Μικροβιολογίας Τροφίμων, μέλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για τη διαρκή υποστήριξη και καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της διπλωματικής διατριβής, παρά τις δυσκολίες που επέφερε η υγειονομική κρίση που αντιμετώπισε η χώρα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες κ. Πιέρ Ψωφάκη και κ. Μαντώ Ασημάκη για την βοήθεια που προσέφεραν τόσο σε προσωπικό επίπεδο, όσο και στο περιβάλλον του Πανεπιστημίου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου κ. Αντώνη Δελιόπουλο, κ. Ιωάννη Νταλάκα, κ. Μαρία Καραϊσκού, κ. Νίκο Φιλλιπάκη για την άψογη συνεργασία μας στο περιβάλλον του Πανεπιστημίου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις μέρες μας ο πλανήτης βρίσκεται αντιμέτωπος με μια πρωτοφανή περιβαλλοντική κρίση. Η κρίση αυτή οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες παρεμβάσεις στο περιβάλλον. Η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων και συγκεκριμένα ο ανεξέλεγκτος ρυθμός της αλιευτικής δραστηριότητας επέφερε την μείωση πολλών ιχθυοποθεμάτων. Η υδατοκαλλιέργεια φαίνεται να αποτελεί την πιο αποτελεσματική λύση στο παραπάνω ζήτημα, ωστόσο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ιχθυάλευρα τα οποία αποτελούν την κύρια πηγή πρωτεϊνών στη διατροφή των εκτρεφόμενων ιχθύων. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η εύρεση εναλλακτικών πηγών για την παραγωγή σιτηρεσίων. Τα άλευρα εντόμων μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτική λύση για την διατροφή των εκτρεφόμενων ιχθύων λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα. Ελάχιστες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την χρήση των αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές, με το θέμα να χρίζει περαιτέρω διερεύνησης. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* στη θρεπτική σύσταση της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν 9 άτομα του είδους *Sparus aurata* (τσιπούρα), τα οποία προέρχονταν από διατροφικό πείραμα τσιπούρας, διάρκειας 100 ημερών, όπου 3 διαφορετικές ομάδες ιχθύων διατράφηκαν με διαφορετικό σιτηρέσια η κάθε μια. Η πρώτη ομάδα (FM) διατράφηκε με σιτηρέσιο-μάρτυρα όπου περιείχε ιχθυάλευρο ως αποκλειστική πηγή ζωικής πρωτεΐνης. Οι υπόλοιπες ομάδες διατράφηκαν με σιτηρέσια όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε σταδιακά από πλήρες λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* κατά 5% και 10% (ZFF5 και ZFF10 αντίστοιχα).

Οι χημικές αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρων των σωμάτων των ιχθύων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις μεθόδους AOAC (1995). 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.

Η περιεκτικότητα του ολικού σώματος, όλων των ομάδων ιχθύων, σε υγρασία κυμάνθηκε από 67,56% έως 69,13%, σε ξηρά ουσία από 30,87% έως 32,44%, σε τέφρα από 9,66% έως 9,89%, σε ολική ενέργεια από 25,67% έως 26,03%, σε ολική πρωτεΐνη από 53,23% έως 55,69% και σε ολικές λιπαρές ουσίες από 33,16% έως 36,54%. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η θρεπτική σύσταση των ιχθύων όλων των ομάδων δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ τους. Συμπερασματικά διαπιστώθηκε ότι η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* έως και 10% δεν επηρεάζει την θρεπτική σύσταση της τσιπούρας.

Λέξεις κλειδιά: *Zophobas morio*, τσιπούρα, άλευρο εντόμων, ιχθυάλευρο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή	8
1.1 Θρεπτική σύσταση ιχθύων.....	8
1.2 Βιολογία και εκτροφή της τσιπούρας.....	10
1.3 Η χρήση ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές.....	13
1.4 Η χρήση αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές.....	15
1.5 Το έντομο <i>Zophobas morio</i>	18
1.6 Σκοπός της πτυχιακής διατριβής.....	19
2. Υλικά και μέθοδοι	20
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός.....	20
2.2 Χημικές αναλύσεις.....	20
2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας.....	20
2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών.....	21
2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	23
2.2.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	24
2.2.5 Προσδιορισμός ενέργειας.....	24
2.3 Στατιστική ανάλυση.....	24
3. Αποτελέσματα	26
3.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία.....	26
3.2 Περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία.....	27
3.3 Περιεκτικότητα σε τέφρα.....	28
3.4 Περιεκτικότητα σε ενέργεια.....	29
3.5 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες.....	30
3.6 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες.....	31
4. Συζήτηση	33
5. Βιβλιογραφία	35

1. Εισαγωγή

1.1 Θρεπτική σύσταση ιχθύων

Τα ψάρια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, καθώς περιέχουν πρωτεΐνες, λιπίδια, ανόργανα στοιχεία, βιταμίνες και πολύ χαμηλά επίπεδα υδατανθράκων. Πρόκειται για τροφές χαμηλές σε ενέργεια, με τη θερμιδική τους αξία να ποικίλει μεταξύ 150 και 300 θερμίδων (kcal) ανά 100 γραμμάρια σάρκας ψαριού. Το κύριο συστατικό της σάρκας τους είναι το νερό (υγρασία) το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 80 % του βάρους ενός φιλέτου ψαριού. Στη σάρκα των λιπαρών ψαριών το ποσοστό υγρασίας φτάνει περίπου το 70 %, ενώ έχουν βρεθεί δείγματα ορισμένων ειδών με περιεκτικότητα σε νερό μεταξύ 30 και 90 % (FAO 2001).

Παρά την χαμηλή θερμιδική τους αξία τα ψάρια περιέχουν πρωτεΐνη υψηλής βιολογικής αξίας, με την ποσότητα πρωτεϊνών στους μύες τους να βρίσκεται μεταξύ 15 και 20 % (FAO 2001). Οι πρωτεΐνες τους είναι ιδιαίτερα εύπεπτες και πλούσιες σε απαραίτητα αμινοξέα που δεν μπορεί να συνθέσει μόνος του ο οργανισμός, όπως η μεθειονίνη και η λυσίνη (Tacon *et al.* 2013). Αυτά τα αμινοξέα είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη, την επιδιόρθωση των ιστών του σώματος αλλά και την καλή λειτουργία και δομή των κυττάρων.

Το σημαντικότερο μακροθρεπτικό συστατικό τους είναι το λίπος. Συγκεκριμένα, είναι πλούσια σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία προσδίδουν ως επί το πλείστον στα ψάρια την υψηλή διατροφική τους αξία. Αξίζει να σημειωθεί πως το λίπος δεν είναι πάντα ομοιόμορφα κατανεμημένο σε ολόκληρη τη σάρκα ενός λιπαρού ψαριού. Για παράδειγμα, στον σολομό του Ειρηνικού μπορεί να υπάρχει σχεδόν διπλάσιος όγκος λίπους στους μυς απ' ότι στο κεφάλι (FAO 2001). Ο

άνθρωπος αδυνατεί να συνθέσει τα πολύτιμα ω-3 λιπαρά οξέα και γι' αυτό θα πρέπει να τα προσλαμβάνει από την τροφή (Innis 1991).

Ακόμη ένα μακροθρεπτικό συστατικό είναι οι υδατάνθρακες. Το ποσοστό των υδατανθράκων στους μύες των ψαριών είναι συνήθως μικρότερο από 1 %, ενώ σε μερικά είδη μπορεί να φτάσει το 2 % και σε ορισμένα μαλάκια το 5 % (FAO 2001). Λόγω του χαμηλού ποσοστού δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην θρεπτική αξία του υδατάνθρακα που προέρχεται από την σάρκα των ιχθύων.

Πέρα από τα μακροθρεπτικά συστατικά που αναφέρθηκαν, οι ιχθύες αποτελούν πηγή απαραίτητων μικροθρεπτικών συστατικών όπως οι βιταμίνες και ορισμένα ανόργανα στοιχεία. Όσον αφορά τις βιταμίνες, μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες, στις λιποδιαλυτές όπως οι βιταμίνες A, D, E και K και στις υδατοδιαλυτές όπως οι βιταμίνες B και C. Τα ψάρια περιέχουν σε κάποιο ποσοστό όλες αυτές τις βιταμίνες, με πιο σημαντικές τη βιταμίνη A η οποία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και την ενίσχυση της φυσικής άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού, τη βιταμίνη D (με την μορφή D3 στους ιχθύες) η οποία συμβάλλει στην καλύτερη απορρόφηση του ασβεστίου από τον οργανισμό και βιταμίνες του συμπλέγματος B, με εξέχουσα τη βιταμίνη B6, απαραίτητη για τη σύνθεση αμινοξέων και την παραγωγή ενέργειας (FAO 2002). Συχνά τα μέρη του ψαριού που δεν καταναλώνονται, όπως το συκώτι και το έντερο, περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες λιποδιαλυτών βιταμινών σε σχέση με τη σάρκα (Sarvenaz *et al.* 2017).

Τέλος, τα ψάρια αποτελούν πηγή σημαντικών ανόργανων στοιχείων. Συγκεκριμένα είναι πλούσια σε φώσφορο, ασβέστιο και μαγνήσιο, τρία ανόργανα στοιχεία σημαντικά για τη λειτουργία των οστών (Sarvenaz *et al.* 2017). Περιέχουν επιπλέον ψευδάργυρο, ο οποίος παίζει σημαντικό ρόλο στη νευρολογική

λειτουργία και είναι απαραίτητος για την καλή λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος.

1.2 Βιολογία και εκτροφή της τσιπούρας

Βασίλειο: Ζώα - Animalia

Φύλο: Χορδωτά - Chordata

Υποφύλο: Σπονδυλωτά - Vertebrata

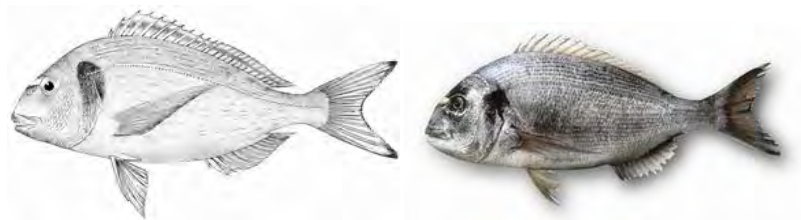
Υπερκλάση: Οστεϊχθύων - Osteichthyes

Κλάση: Ακτινοπτερυγίων - Actinopterygii

Μεσοκλάση: Τελεόστεων - Teleostei

Οικογένεια: Σπαρίδων - Sparidae

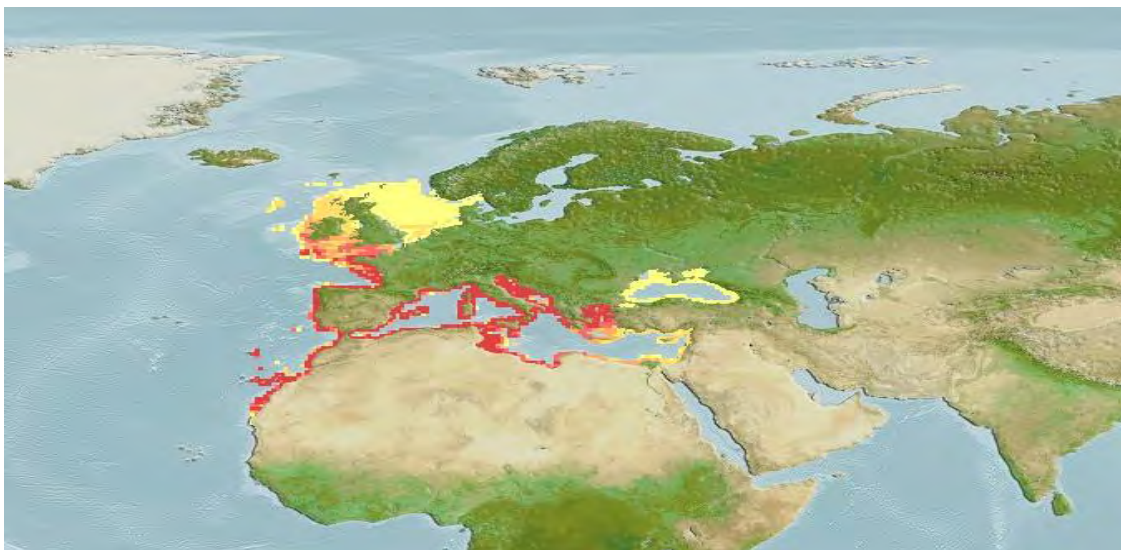
Γένος: Sparus



Εικόνα 1.1: *Sparus aurata* (Linnaeus ,1758)

Η τσιπούρα (Εικ. 1.1) συναντάται κυρίως στην Μεσόγειο Θάλασσα, στις ανατολικές ακτές του Ατλαντικού και σπανίως στην Μαύρη Θάλασσα (Εικ. 1.2). Πρόκειται για βενθοπελαγικό είδος της υποτροπικής ζώνης που ζει σε παράκτιες περιοχές με αμμώδεις πυθμένες και φυκιάδες, φτάνοντας σε βάθη από 30 μέχρι 150 μέτρα, ανάλογα με την ηλικία του εκάστοτε ατόμου. Στις περιοχές τις οποίες συναντάται περιλαμβάνονται τόσο τα θαλάσσια όσο και τα υφάλμυρα οικοσυστήματα, όπως οι παράκτιες λιμνοθάλασσες και οι εκβολές των ποταμών, ιδίως κατά τα αρχικά στάδια του κύκλου ζωής της. Επιπλέον, είναι ερμαφρόδιτος

οργανισμός ,πολύ ευαίσθητος στις χαμηλές θερμοκρασίες. Τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν γεννητικά σε ηλικία 2 ετών (20-30 cm),ενώ τα θηλυκά σε ηλικία 2 ως 3 ετών (33-40 cm). Πρόκειται για μη μεταναστευτικό είδος και ζει είτε μοναχικά είτε σχηματίζοντας μικρά κοπάδια (Νεοφύτου 2015). Η τσιπούρα είναι σαρκοφάγο είδος, με το διαιτολόγιο της να διαφέρει ανάλογα με την ηλικία του εκάστοτε ατόμου. Πιο συγκεκριμένα τρέφεται με ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς, πολύχαιτους, αμφίποδα, γαστερόποδα, δίθυρα μαλάκια, καρκινοειδή και κατάλληλου μεγέθους ιχθύς

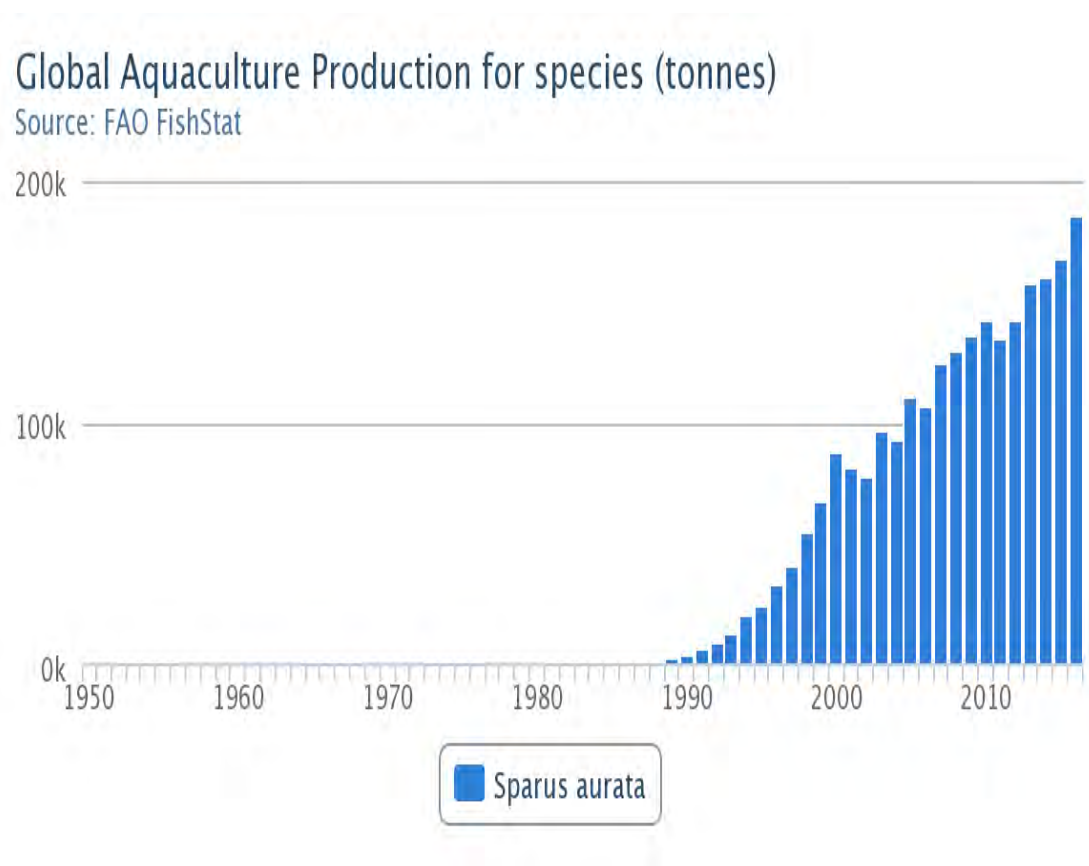


(Παπουτσόγλου 2008).

Εικόνα 1.2: Γεωγραφική εξάπλωση τσιπούρας.Πηγή: Fishbase

Οι πιο συνηθισμένοι μέθοδοι εκτροφής της τσιπούρας είναι ο εκτατικός και ο εντατικός τρόπος. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής προέρχεται από την εντατική εκτροφή, με μέση πυκνότητα 20-100 kgm³ και FCR (Συντελεστή Μετατρεψιμότητας) 1,5-2 (FAO 2013). Η εκτατική μέθοδος εκτροφής εξακολουθεί να είναι μια παραδοσιακή δραστηριότητα σε ορισμένες περιοχές , έχοντας ωστόσο χαμηλό αντίκτυπο στην αγορά.

Το 2004 η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας της τσιπούρας ήταν 90.995 τόνοι(Sola *et al.* 2006), ενώ το 2019 ο αριθμός αυτός σημείωσε άνοδο στους 177.800 τόνους (Εικ. 1.3). Στη Μεσόγειο οι μεγαλύτεροι παραγωγοί τσιπούρας είναι η Ελλάδα , η Τουρκία , η Ισπανία και η Ιταλία. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2006 περισσότερα από 65 εκκολαπτήρια διανέμονταν στην Κροατία , την Κύπρο , τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, το Μαρόκο, την Πορτογαλία, την Ισπανία και την Τυνησία. Στην Ελλάδα, με τη χρήση πλωτών κλωβών, η τσιπούρα φτάνει στο εμπορικό βάρος των 300 – 600 gr σε περίπου 1,5 χρόνο (Janssen *et al.* 2015). Η μέθοδος αυτή είναι απλή και οικονομική και αποτελεί το σύστημα εκτροφής που χρησιμοποιείται κυρίως στη Μεσόγειο.



Εικόνα 1.3: Παγκόσμια παραγωγή τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε τόνους.Πηγη:FAO

1.3 Η χρήση ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές

Σήμερα ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών αναπτύσσεται συνεχώς και με γρήγορους ρυθμούς, με αποτέλεσμα να υπάρχει αυξημένη ζήτηση για τεχνητές ιχθυοτροφές. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στην μείωση συγκεκριμένων ιχθυαποθεμάτων που προορίζονται για ιχθυάλευρα (Tidwell & Allan 2002). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) εκτιμάται ότι 2,09 εκατομμύρια τόνοι ιχθυάλευρου και πάνω από 0,66 εκατομμύρια τόνοι ιχθυελαίου χρησιμοποιήθηκαν για την παγκόσμια παραγωγή ιχθυοτροφών κατά το ημερολογιακό έτος 1999 (FAO 2002). Επίσης, κατά το ίδιο ημερολογιακό έτος η Κίνα χρησιμοποίησε περίπου 0,64 εκατομμύρια τόνους ιχθυάλευρου και 0,11 εκατομμύρια τόνους ιχθυελαίου, με τη ζήτηση ιχθυελαίου για την Κίνα να αναμένεται να φτάσει τα 2,14 εκατομμύρια τόνους έως το 2030 (FAO 2002).

Όσον αφορά την παραγωγή ιχθυαλεύρων υπάρχουν δυο τρόποι παραγωγής τους, η άμεση ξήρανση και η θερμική επεξεργασία πριν από την ξήρανση, με τη δεύτερη μέθοδο να δίνει προϊόντα υψηλότερης ποιότητας. Τα ιχθυάλευρα παρασκευάζονται από την επεξεργασία διαφόρων ειδών ψαριών (είτε από ολόκληρα ψάρια, είτε από υπολείμματα της φιλετοποίησης και της μεταποίησης ψαριών) , κυρίως πελαγικών (γαύρος, ρέγγα).

Τα ιχθυάλευρα αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή πρωτεΐνης που περιλαμβάνεται στις ιχθυοτροφές, με τα επίπεδα της να κυμαίνονται από 60 έως 72 %, έχοντας παράλληλα σε ισορροπία τα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων. Το προφίλ αμινοξέων των ιχθυαλεύρων είναι αυτό που τα καθιστά ελκυστικά ως συμπληρώματα πρωτεΐνης στις ιχθυοτροφές. Το ποσοστό της πρωτεΐνης καθορίζει την ποιότητα των εκάστοτε ιχθυαλεύρων. Η περιεκτικότητά τους σε λιπαρά

κυμαίνεται από 4 ως 20%. Πλεονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός πως είναι πλούσια σε ενέργεια, απαραίτητα λιπαρά οξέα και ιχνοστοιχεία, ενώ παράλληλα είναι εύπεπτα και εύγευστα για τους ιχθύες (Καραπαναγιωτίδης 2018).

Η προσθήκη του ιχθυάλευρου στις ιχθυοτροφές αυξάνει την αποτελεσματικότητά τους, προσδίδει σε αυτές καλύτερη γευστικότητα και ενισχύει την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, την πέψη και την απορρόφηση. Επίσης, τα θρεπτικά συστατικά του ιχθυάλευρου βοηθούν στην αντοχή των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών στις ασθένειες, ενισχύοντας και βοηθώντας στην διατήρηση ενός υγιούς ανοσοποιητικού συστήματος. Τέλος, ένα ιχθυάλευρο καλής ποιότητας περιέχει αντιοξειδωτικά και ενώσεις που μειώνουν της πιθανότητα βλάβης από εξαιρετικά τοξικές ουσίες που παράγονται συνεχώς σε μοριακό επίπεδο στα ζωικά κύτταρα (Miles&Charpman 2006).

1.4 Η χρήση αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές

Σχεδόν το ήμισυ της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής ψαριών προέρχεται από υδατοκαλλιέργειες, με την αξία τους να εκτιμάται στα 232 δισεκατομμύρια δολάρια το 2016 (FAO 2018). Το γεγονός αυτό πηγάζει από την αυξημένη ζήτηση ψαριών που οφείλεται στην αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Βασικό μειονέκτημα του ιχθυαλεύρου αποτελεί το γεγονός πως κοστίζει αρκετά με αποτέλεσμα να υπάρχει η ανάγκη εύρεσης πιο οικονομικών πηγών σίτισης των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών. Επιπλέον η παραγωγή ιχθυάλευρων επιφέρει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς αλιεύονται τεράστιες ποσότητες άγριων πληθυσμών ψαριών προκειμένου να καταστεί εφικτή η παραγωγή τους.

Τα άλευρα εντόμων μπορούν να αποτελέσουν πιθανή λύση, συμβάλλοντας στη μείωση του κόστους σίτισης των εκτρεφόμενων ιχθύων αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος (Ebertz 2019). Τα έντομα αποτελούν μέρος της φυσικής διατροφής πολλών άγριων σαρκοφάγων και παμφάγων ιχθύων, ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια της ζωής τους. Επίσης, ορισμένα είδη ψαριών τρέφονται ευκαιριακά με έντομα όταν αυτά βρίσκονται σε αφθονία στο περιβάλλον τους (Silvia *et al* 2018).

Σύμφωνα με τη νομοθεσία της ΕΕ, επτά είδη εντόμων επιτρέπονται για την παραγωγή ιχθυοτροφών (Ευρωπαϊκός Κανονισμός 893/2017). Τα πιο γνωστά από αυτά είναι η μύγα μαύρου στρατιώτη (*Hermetia illucens*) (Εικ. 1.4), η κοινή μύγα (*Musca domestica*) και το κίτρινο σκαθάρι (*Tenebrio molitor*). Τα είδη αυτά θεωρούνται μη παθογόνα και ακίνδυνα για την υγεία τόσο των ψαριών, όσο και των ανθρώπων (Καραπαναγιωτίδης 2018).



Εικόνα 1.4: Ενήλικο άτομο της μύγας μαύρου στρατιώτη-*Hermetia illucens*

(Πηγή : Wikipedia)

Η μαζική εκτροφή των εντόμων έχει εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο, ειδικά για την παραγωγή μεταξιού, τη χρήση δολωμάτων αλιείας, την διατροφή διαφόρων ζώων και για τον βιολογικό έλεγχο των παρασίτων (FAO 2013). Η εκτροφή των εντόμων

πραγματοποιείται σε μικρούς και κλειστούς χώρους, χωρίς να απαιτεί μεγάλες εκτάσεις γης και κατανάλωση νερού. Ακόμα, πολλά είδη εντόμων μπορούν να διατραφούν με υποπροϊόντα τροφίμων όπως υπολείμματα σφαγείων (Καραπαναγιωτίδης 2018).

Σχετικά με την θρεπτική τους αξία, τα έντομα εμφανίζουν ένα προφίλ αμινοξέων που ικανοποιεί τις ανάγκες των εκτρεφόμενων ιχθύων. Το προφίλ αμινοξέων των εντόμων είναι συγκρίσιμο με αυτό του ιχθυάλευρου, ωστόσο ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο είδος εντόμου η πρωτεΐνη μπορεί να περιέχει χαμηλά ποσοστά σε ορισμένα αμινοξέα όπως η μεθειονίνη και η λυσίνη (Ebertz 2019). Μια ενδεχόμενη λύση στο πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να είναι η χρήση ενός συνδυασμού διαφορετικών ειδών εντόμων (Ebertz 2019). Ακόμα, οι πρωτεΐνες των εντόμων αποτελούν πηγή αντιβακτηριδιακών πεπτιδίων και έχουν αντιμικροβιακή δράση (Ravi *et al.* 2011). Εκτός από την αντιμικροβιακή τους δράση, αυτά τα πεπτίδια ενισχύουν και ορισμένες ανοσοποιητικές λειτουργίες (Zhao *et al.* 2010).

Όσον αφορά τα λιπαρά οξέα η αναλογία του α -λινολενικού οξέος προς το λινελαϊκό οξύ δεν είναι τόσο καλή όσο στα ιχθυάλευρα. Αυτά τα λιπαρά οξέα πρέπει να παρέχονται στη διατροφή των ψαριών, καθώς τα ψάρια έχουν περιορισμένες μεταβολικές ικανότητες για τη σύνθεση αυτών των λιπαρών οξέων. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι η ανάπτυξη τους είναι καλύτερη όταν αυτά τα λιπαρά οξέα παρέχονται στη διατροφή τους (Tran *et al.* 2015). Ωστόσο, έρευνες έδειξαν ότι η σύνθεση λιπαρών οξέων των εντομάλευρων μπορεί να τροποποιηθεί μέσω της διαμόρφωσης του υποστρώματος στο οποίο εκτρέφονται τα έντομα ώστε να ταιριάζει με τις απαιτήσεις ενός συγκεκριμένου είδους ψαριού (Makkar *et al.* 2014). Αυτό συμβαίνει διότι η διατροφή των εντόμων είναι υπεύθυνη για τις μεταβολές στη σύνθεση των λιπαρών οξέων τους (Barroso *et al.* 2014).

Ακόμα, η διατροφή των ιχθύων πρέπει να χαρακτηρίζεται από χαμηλά επίπεδα υδατανθράκων και από την όσο το πιο δυνατόν χαμηλή περιεκτικότητα-απουσία της χιτίνης. Η χιτίνη αποτελεί έναν αδιατροφικό παράγοντα για τα ψάρια, που εμποδίζει την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών. Παρόλο που η περιεκτικότητα των εντόμων σε υδατάνθρακες είναι μικρότερη του 20% της βιομάζας τους, η χιτίνη αποτελεί την πλειοψηφία αυτού του ποσοστού. Οι έρευνες σχετικά με την επίδραση της χιτίνης εξακολουθούν να είναι ασαφείς, ωστόσο δείχνουν ότι η έχει αρνητική επίδραση και αποτελεί έναν περιοριστικό παράγοντα για τη χρήση των εντόμων στις ιχθυοτροφές (Makkar *et al.* 2014).

Τα άλευρα εντόμων περιέχουν χαμηλές ποσότητες ασβεστίου και φωσφόρου σε σύγκριση με τα ιχθυάλευρα. Βέβαια υπάρχουν εξαιρέσεις όπως οι προνύμφες της μύγας μαύρου στρατιώτη. Η περιεκτικότητα των εντόμων σε ασβέστιο μπορεί να βελτιωθεί με την διαμόρφωση του υποστρώματος στο οποίο εκτρέφονται. Τα επίπεδα φωσφόρου είναι επίσης σχετικά χαμηλά στα έντομα σε σχέση με τα ιχθυάλευρα. Επίσης σημαντικό παράγοντα για τη διατροφή των ψαριών αποτελεί η αναλογία του ασβεστίου προς το φωσφόρο, η οποία είναι χαμηλή, σε σχέση με την αναλογία του ιχθυάλευρου (1,1-1,4). Τέλος τα έντομα παρέχουν αρκετές βιταμίνες με τις τιμές τους να εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την διατροφή των εντόμων.

1.5 Το έντομο *Zophobas morio*

Το *Zophobas morio* είναι ένα είδος εντόμου το οποίο συναντάται σε πολλές περιοχές του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών με τροπικό κλίμα. Περιέχει πρωτεΐνη υψηλής βιολογικής αξίας με το ποσοστό της να κυμαίνεται στο 19,7 % (Finke 2002). Επιπλέον, διαθέτει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που

απαιτούνται για την καλή ανάπτυξη των ιχθύων (Ghaly *et al.* 2009). Το ποσοστό λίπους κυμαίνεται στο 17,7%, με την περιεκτικότητα του α-λινολενικού οξέως να είναι 0,11 % (Finke 2002). Επίσης, το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται στο 57,9 % και το ποσοστό τέφρας στο 1% (Finke 2002). Τέλος, η περιεκτικότητα του σε ορισμένα ανόργανα στοιχεία όπως το ασβέστιο και ο φώσφορος είναι χαμηλή (Ghaly *et al.* 2009). Οι παραπάνω λόγοι το καθιστούν ως ένα πιθανώς κατάλληλο διατροφικό συμπλήρωμα στις ιχθυοτροφές (Ebeling 1975). Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες έρευνες σχετικά με τη χρήση του *Zophobas morio* σε ιχθυοτροφές. Σε διατροφικό πείραμα τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*) διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη αλεύρου του *Zophobas morio*, σε ποσοστό 25 % της τροφής, μπορεί να δώσει τον βέλτιστο ρυθμό ανάπτυξης (Jabir *et al.* 2011).

1.6 Σκοπός της πτυχιακής διατριβής

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί η επίδραση της μερικής υποκατάστασης του διαιτητικού ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio*, στη θρεπτική σύσταση της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Για το σκοπό αυτό προσδιορίστηκε η χημική χημική σύσταση ολόκληρου του σώματος της τσιπούρας (*Sparus aurata*), η οποία ακολούθησε δίαιτα με σιτηρέσια όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε σταδιακά από πλήρες λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* κατά 5% και 10% (ZFF5 και ZFF10 αντίστοιχα).

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Βόλο. Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 9 άτομα του είδους *Sparus aurata* (τσιπούρα), τα οποία προέρχονταν από διατροφικό πείραμα τσιπούρας, διάρκειας 100 ημερών, όπου 3 διαφορετικές ομάδες ιχθύων διατράφηκαν με διαφορετικό σιτηρέσιο η κάθε μια. Η πρώτη ομάδα (FM) διατράφηκε με σιτηρέσιο-μάρτυρα όπου περιείχε ιχθυάλευρο ως αποκλειστική πηγή ζωικής πρωτεΐνης. Οι υπόλοιπες ομάδες διατράφηκαν με σιτηρέσια όπου το ιχθυάλευρο υποκαταστάθηκε σταδιακά από πλήρες λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* κατά 5% και 10% (ZFF5 και ZFF10 αντίστοιχα).

Έπειτα ξεκίνησε η διαδικασία των χημικών αναλύσεων της θρεπτικής σύστασης στα σώματα των ψαριών. Μετρήσεις για την υγρασία, πρωτεΐνη, λίπος, τέφρα, και ενέργεια πραγματοποιήθηκαν για τη σύγκριση της κάθε διατροφικής ομάδας ως προς την θρεπτική της σύσταση ολόκληρου του σώματος (whole body).

2.2 Χημικές αναλύσεις

Μετά την θανάτωση των ιχθύων με αναισθητοποίηση, τρία (3) άτομα συλλέχθηκαν από κάθε διατροφική ομάδα για τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρου του σώματος .

2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας / ξηρής ουσίας σε ολόκληρο το σώμα των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους

105°C (AOAC 1995). Στην συνέχεια, αφού πέρασε ο χρόνος ξήρανσης, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5 min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίστηκε ως εξής:

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

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

Όμοια,

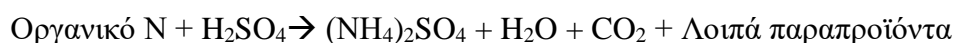
$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

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

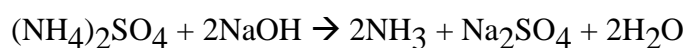
2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών των σωμάτων των ψαριών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995). Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων πραγματοποιήθηκε ως εξής:

Σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα βάρους 0,2g και μεταφέρθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστέθηκαν 2 δισκία 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. Στην συνέχεια, προστέθηκαν στα δείγματα 15ml πυκνού θειικού οξέως (H_2SO_4) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltec 2000. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους 150°C για 85min. Με την συσκευή πέψης επιτυγχάνεται το βράσιμο των δειγμάτων και με την βοήθεια του πυκνού θειικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θειικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:

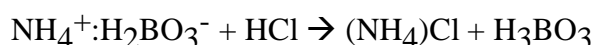


Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της πέψης, τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για 15min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστέθηκαν 100 ml αποσταγμένου H₂O, 80 ml NaOH και 50 ml H₃BO₃. Η διαδικασία διήρκησε 6min. Το θειικό αμμώνιο, που παράγεται κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Na₂SO₄). Η αμμωνία (NH₄) έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ (H₃BO₄) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώθηκε σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ερυθρού του μεθυλενίου (δείκτη pH).

Το τελικό στάδιο της διαδικασίας αποτέλεσε η τιτλοδότηση του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχής κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτήθηκε για να καταλυθεί η αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμούσε με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιείχε το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε φούξια, καταδείκνυε το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$N \% = [(mlHCl - ml τυφλού) \times 0,8754] / W_{\text{δειγ/τος}}$$

2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα σώματα των ψαριών έγινε 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. Στην συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού πρέπει να είναι ξηραμένο και αλεσμένο. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους 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). 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. Έπειτα, 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. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και ύστερα καταγράφηκαν τα βάρη τους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

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

2.2.4 Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία, τα οποία προζυγίστηκαν και καταγράφηκαν τα βάρη τους, ζυγίζουμε και δείγμα μυϊκού ιστού ή σώματος βάρους 1,5g, σε ζυγαριά ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε στους 600oC για 24h. (AOAC 1990). Μετά το πέρας του εικοσιτετραώρου τα δείγματα αφέθηκαν για 1h ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην συνέχεια μετρήθηκε 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:

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

2.2.5 Προσδιορισμός ενέργειας

Ο προσδιορισμός της ενέργειας των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια θερμιδόμετρου. Κατά την πλήρη καύση ενός δείγματος εκλύθηκε θερμότητα, η οποία αποτέλεσε τη θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) του δείγματος. Η καύση πραγματοποιήθηκε μέσα σε ένα κλειστό ανοξειδωτο δοχείο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύθηκε θέρμανε το νερό, το οποίο με τη σειρά του θέρμανε ένα εξωτερικό δοχείο γνωστής θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφηκε από ένα θερμόμετρο και έπειτα υπολογίστηκε η θερμιδική αξία στο περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε. Τα αποτελέσματα δόθηκαν ηλεκτρονικά σε Kcal/g.

2.3 Στατιστική ανάλυση

Αφού ολοκληρώθηκαν οι αναλύσεις και η συλλογή δεδομένων, τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν και δημιουργήθηκαν πίνακες με θρεπτική σύσταση

χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό πρόγραμμα EXCEL. Το στατιστικό πακέτο SPSS 17 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-wayANOVA). Στις περιπτώσεις που δεν ικανοποιούσαν την προϋπόθεση ομοιογένειας των παραλλακτικότητων, τα δεδομένα τροποποιήθηκαν. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey'stest για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων.

3. Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις της χημικής σύστασης ολόκληρου του σώματος (whole body) των ιχθύων.

3.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία του ολικού σώματος της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 67,56% έως 69,13% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.1). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.1: Περιεκτικότητα (%) σε υγρασία της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	ZFF5	ZFF10
1	67,62	69,51	68,37
2	66,87	69,32	68,48
3	68,18	68,56	67,26
M.O	67,56	69,13	68,04
T.A.	0,66	0,50	0,68

Σημ.: M.O, μέσος όρος. T.A., τυπική απόκλιση.

3.2 Περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία

Η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 30,87% έως 32,44% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.2). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.2: Περιεκτικότητα % ξηράς ουσίας της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	ZFF5	ZFF10
1	32,38	30,49	31,63
2	33,13	30,68	31,52
3	31,82	31,44	32,74
M.O	32,44	30,87	31,96
T.A.	0,66	0,50	0,68

Σημ.: M.O, μέσος όρος. T.A., τυπική απόκλιση.

3.3 Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η περιεκτικότητα σε τέφρα του ολικού σώματος της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 9,66% έως 9,89% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.3). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.3: Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε τέφρα της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	ZFF5	ZFF10
1	9,77	9,49	9,75
2	9,65	10,02	10,16
3	9,56	9,84	9,75
M.O	9,66	9,78	9,89
T.A.	0,11	0,27	0,24

Σημ.: M.O, μέσος όρος. T.A., τυπική απόκλιση.

3.4 Περιεκτικότητα σε ενέργεια

Η περιεκτικότητα σε ενέργεια στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 25,67% έως 26,03% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.4). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.4: Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε ενέργεια της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	ZFF5	ZFF10
1	26,77	25,51	25,72
2	25,73	25,35	25,54
3	25,60	26,14	26,08
M.O	26,03	25,67	25,78
T.A.	0,64	0,42	0,27

Σημ.: M.O, μέσος όρος. T.A., τυπική απόκλιση.

3.5 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 53,23% έως 55,69% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.5). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.5: Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε πρωτεΐνη της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	ZFF5	ZFF10
1	52,77	56,93	54,01
2	52,46	56,20	54,21
3	54,47	53,96	52,57
M.O	53,23	55,69	53,60
T.A.	1,08	1,55	0,90

Σημ.: M.O, μέσος όρος. T.A., τυπική απόκλιση.

3.6 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες

Η περιεκτικότητα σε λίπος στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 33,16% έως 36,54% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.6). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($P>0.05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.6: Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε λίπος της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	ZFF5	ZFF10
1	36,45	32,71	35,18
2	39,11	32,39	34,18
3	34,17	34,38	36,88
M.O	36,54	33,16	35,41
T.A.	2,47	1,07	1,37

Σημ.: M.O, μέσος όρος. T.A., τυπική απόκλιση.

4. Συζήτηση

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ένα συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την χρήση των αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές, καθώς μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση έναντι των ιχθυαλεύρων (Ebertz 2019). Η μερική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο εντόμου του εντόμου *Hermetia illucens* (Zarantoniello *et al.* 2020), του εντόμου *Tenebrio molitor* (Gasco *et al.* 2014) αλλά και του εντόμου *Zophobas morio* (Jabir *et al.* 2011) έχει μελετηθεί από ορισμένους ερευνητές ανά τον κόσμο, με στόχο την διατροφική ένταξη τους στα σιτηρέσια των ιχθύων. Στην παρούσα μελέτη η μερική υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου, από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* (σε ποσοστό 5% και 10%), φάνηκε να μην επηρεάζει σημαντικά η θρεπτική σύσταση ολόκληρου του σώματος της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Το άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* αποτελεί κατάλληλο συστατικό για την διατροφή της τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) σύμφωνα με τους Jabir *et al.* (2011), αλλά σε αντίθεση με τα ευρήματα της παρούσας εργασίας οι συγγραφείς διαπίστωσαν αλλαγές στη θρεπτική σύσταση των ιχθύων. Συγκεκριμένα οι τιλάπιες που διατράφηκαν με σιτηρέσιο που περιείχε άλευρο του *Zophobas morio*, σε ποσοστό 25% της ιχθυοτροφής, εμφάνισαν παρόμοια ποσοστά ξηράς ουσίας και λιπιδίων, ενώ παρατηρήθηκε μικρή μείωση στο ποσοστό της πρωτεΐνης και της τέφρας (αποτελέσματα συγκριτικά με την διατροφική ομάδα που περιείχε ιχθυάλευρο ως αποκλειστική πηγή πρωτεΐνης). Οι Herny *et al.* (2015) ανέφεραν ότι η χρήση του αλεύρου του *Zophobas morio* στην ιχθυοτροφή είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθούν τα ποσοστά πρωτεΐνης στο σώμα της τιλάπιας του Νείλου, ενώ τα ποσοστά λιπιδίων μειώθηκαν. Επίσης, ανέφεραν ότι η διατροφική ένταξη του αλεύρου του *Zophobas morio* σε ποσοστό 7,5% και 15% οδήγησε στη βέλτιστη ανάπτυξη της τιλάπιας του

Νείλου. Τέλος, οι Talibon *et al.* (2018), σε μελέτη που αφορούσε την πέστροφα (*Salmo trutta*), δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη της πειραματικής ομάδας που διατράφηκε με σιτηρέσιο που περιείχε άλευρο του *Zophobas morio* σε ποσοστό 10% της ιχθυοτροφής. Παρόλα αυτά, το ποσοστό πρωτεΐνης μειώθηκε στους ιχθύες που διατράφηκαν με άλευρο του εντόμου *Zophobas morio*.

Πέραν του *Zophobas morio*, πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στην χρήση άλλων ειδών εντόμων στις ιχθυοτροφές. Τα άλευρα εντόμων αποτελούν μια τροφή υψηλής θρεπτικής αξίας για τους εκτρεφόμενους υδρόβιους οργανισμούς (Henry *et al.* 2015). Τα ευρήματα των περισσότερων μελετών επιβεβαιώνουν την πιθανότητα συμπερίληψης αλεύρων εντόμων στις ιχθυοτροφές, χωρίς να επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό η θρεπτική σύσταση των ιχθύων (Henry *et al.* 2015). Οι Gasco *et al.* (2014) πραγματοποίησαν μελέτη που αφορούσε την ιριδιζούσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) και ανέφεραν πως το άλευρο του εντόμου *Tenebrio molitor* μπορεί να ενταχτεί στην ιχθυοτροφή, σε ένα επίπεδο έως και 50%, χωρίς να επηρεάζει σημαντικά την θρεπτική σύσταση των ιχθύων. Οι Zarantoniello *et al.* (2020) ανέφεραν ότι το άλευρο του εντόμου *Hermetia illucens* μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα σιτηρέσια που προορίζονται για την διατροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στην θρεπτική σύσταση των εκτρεφόμενων ιχθύων, σε σχέση με τους ιχθύες που διατράφηκαν με σιτηρέσιο που περιείχε ιχθυάλευρο ως αποκλειστική πηγή πρωτεΐνης, ενώ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ένταξη του αλεύρου του *Hermetia illucens* σε ποσοστό 50% στην ιχθυοτροφή έχει τα καλύτερα αποτελέσματα. Τα παραπάνω ευρήματα φαίνεται να έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης.

Συμπερασματικά, η διαιτητική αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio*, σε ποσοστό 5% και 10%, δεν επηρέασε σημαντικά την θρεπτική σύσταση ολόκληρου του σώματος τσιπούρας (*Sparus aurata*). Το πλήρους λιπαρών άλευρο του *Zophobas morio* μεταβολίσθηκε και εναποτέθηκε στους ιστούς της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε επίπεδο παρόμοιο με το ιχθυάλευρο. Καθώς, η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από πλήρους λιπαρών άλευρο του *Zophobas morio*, σε ποσοστό 5% και 10%, δεν επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη της τσιπούρας (ευρήματα παράλληλης εργασίας) συμπεραίνεται ότι το πλήρους λιπαρών άλευρο του εντόμου *Zophobas morio* είναι μια κατάλληλη και αποδεκτή εναλλακτική πηγή ζωικής πρωτεΐνης για το σιτηρέσιο της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Το άλευρο του *Zophobas morio* φαίνεται να είναι κατάλληλο συστατικό για την διατροφή των ιχθύων. Παρόλα αυτά απαιτείται περαιτέρω μελέτη του προκειμένου να διαπιστωθεί το πόσο ασφαλές είναι για την υγεία τόσο των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών, όσο και για την υγεία των καταναλωτών.

5. Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία:

- Barroso, F.G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martinez-Sanchez, A., Perez-Bañ, C (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422-423, 193–201
- Brunella Arru, Roberto Furesi, Laura Gasco, Fabio A. Madau, and Pietro Pulina (2019). The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming
- Ebeling W (1975). Urban entomology. Pest of stored food products.
- Ebertz A. (2019). Why Insect Meal Will Be the New Feed for Animals in Aquaculture.
- FAO (2001). The composition of fish.
- FAO (2002). Human vitamin and mineral requirements. Training materials for agricultural planning.
- FAO (2013). Food Outlook, Biannual Report on Global Food Markets.
- FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture.
- FAO (2019). Food Outlook, Biannual Report on Global Food Markets
- FAO (2020). Cultured Aquatic Species Information Programme.
- Gasco, L., Belforti, M., Rotolo L., Lussiana, C., Parisi G., Terova G., Roncarati A. and Gai, F (2014). Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).
- Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., Caruso, G. (2018). Fishmeal alternative protein sources for aquaculture feeds. In *Feeds for the Aquaculture Sector*; Springer: Berlin/Heidelberg, pp. 1–28.

- Ghaly AE, Alkokaik FN (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein.
- Henry, M.; Gasco, L.; Piccolo, G.; Fountoulaki, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2015, 203, 1–22.
- Innis, S. M. (1991). Essential fatty acids in growth and development. *Prog. Lipid Res.*, 30: 39–103
- Jackson A. (2009). The continuing demand for sustainable fishmeal and fish oil in aquaculture diets. *International Aquafeed*, 12: 32 – 33.
- K. Janssen, H. Chavanne, P. Berentsen and H. Komen (2015). Gilthead seabream (*Sparus aurata*) –Current status of selective breeding in Europe.
- L. Sola, A. Moretti, D. Crosetti, N. Karaiskou, A. Magoulas, A.R. Rossi, M. Rye, A. Triantafyllidis, and C.S. Tsigenopoulos (2006). Gilthead seabream - *Sparus aurata*
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. (2014) State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Mark D. Finke (2002). Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores
- M. D. Abd Rahman Jabir, S. A. Razak and S. Vikineswary (2011). Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile
- Miles RD and Chapman FA. (2006). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture, explain the value in feeds for fish and shrimp.
- Minerva Communications UK Ltd. PROteINSECT (2016). Insect Protein – Feed for the Future.

- Ravi C., Jeyashree A., Renuka Devi K. (2011). Antimicrobial peptides from insects: an overview. *Res.Biotechnol.*2, 1–7.
- Sanan Talibov, Jan Mazurkiewicz, Silvia N. Mérida, Mateusz Rawski, Paola Gobbi, Bartosz Kierończyk, Abdelbasset Benzertiha, Damian Józefiak (2018). EFFECT OF HYDROLYZED MEALWORM *Tenebrio molitor* AND SUPERWORM *Zophobas morio* LARVAE MEALS ON SERUM BIOCHEMICAL INDICES OF SEA TROUT *Salmo trutta morpha trutta* JUVENILES
- Sargent, J. R. (1997). Fish oils and human diet. *Br. J. Nutr.*, 78: S5–S13
- Sarvenaz Khalili Tilami & Sabine Sampels (2017). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*
- Schabel H.G. (2010) Forests insects as food: a global review. In: Durst, P.B., Johnson D.V., Leslie R.N., Shono K. (Eds.), *Forests Insects as food: Humans Bite Back*. FAO, Bangkok, Thailand, pp.37–64
- Silvia Nogales-Merida, Paola Gobbi, Damian Jozefiak, Jan Mazurkiewicz, Krzysztof Dudek, Mateusz Rawski, Bartosz Kieronczyk and Agata Jozefiak, (2018). Insect meals in fish nutrition
- Tacon, A. G. J., and M. Metian (2013). Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Rev. Fisher. Sci.*, 21: 22–38
- Tidwell J.H. & Allan G.L. (2002). Fish as food: Aquaculture's contribution. *World Aquaculture*,33: 44–48.
- Tran, G., Heuzé, V., Makkar, H.P.S. (2015). Insects in fish diets. *Animal Frontiers*.

- Matteo Zarantonielloa, Andrea Zimbella, Basilio Randazzoa, Martina Delli Compagnia, Cristina Truzzia, Matteo Antonuccia, Paola Riolo, Nino Loreto, Andrea Osimanib, Vesna Milanovićb, Elisabetta Giorgia, Gloriana Cardinalettic, Francesca Tullic, Renato Ciprianid, Giorgia Gioacchinia and Ike Olivottoa (2020). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) reared on roasted coffee by-product and *Schizochytrium* sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production.
- Zhao W., Lu L. Tang Y. (2010). Research and application progress of insect antimicrobial peptides on food industry. *Int. J. Food. Eng.* 6, Article 10.

Ελληνική Βιβλιογραφία:

- Καραπαναγιωτίδης Ι. (2018). Σημειώσεις του μαθήματος «Τεχνολογία Ιχθυοτροφών». Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Νεοφύτου Μ. (2016) Χρήση πρωτεΐνης εντόμων για την υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου στο σιτηρέσιο της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Βόλος.
- Νεοφύτου Χ.Ν. (2015) Βιολογία Ιχθύων & θαλάσσιων θηλαστικών. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 184

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία:

- <http://www.fao.org/3/x5916e01.htm#TopOfPage>
- <http://www.fao.org/3/a-y3781e.pdf>
- <https://www.iffonet/files/iffoweb/styles/large/public/diagram4.png?itok=YDoV8zQ>

[Q](#)

ABSTRACT

Due to human intervention, planet is facing an unprecedented environmental crisis. The uncontrolled rate of fishing activity has affected the aquatic environment too. Aquaculture seems to be the most effective alternative, but it is highly dependent on fishmeal as major source of protein, in fish nutrition. The aquaculture industry is rapidly growing, resulting in increasing demand for artificial fish farming. This has led to a reduction in specific fish stocks destined for fishmeal. Therefore it's necessary to find alternative sources for the production of cereals.

Insect flour can be an alternative solution for the nutrition of farmed aquatic organisms due to their high protein and essential amino acids content. They are also an economical alternative to the nutrition of aquatic organisms. Few studies have been conducted on the use of insect flour in fish farming, with the subject needing further investigation. The European Union has approved the use of seven species of insects in fish farming (European Regulation 893/2017). The present study investigates the effect of replacing fish meal with full fat flour of the insect *Zophobas morio*, on the nutritional composition of sea bream (*Sparus aurata*).

For the experiment, 9 individuals of sea bream (*Sparus aurata*) were used, which came from a 100-day feeding experiment of sea bream, where 3 different groups of fish were fed with different diets each. The first group (FM) was fed with a dietary-witness, containing fishmeal as an exclusive source of animal protein. The remaining groups were fed with diets where the fishmeal was gradually replaced by full-fat insect flour of *Zophobas morio*, by 5% and 10% (ZFF5 and ZFF10).

The chemical analysis of proximate composition in whole body was made according to the methods of AOAC (1995): determination of moisture with heating for 24 hours,

up to 105 °C, determination of crude lipid by Soxhlet extraction method, determination of crude protein by Kjeldahl method, determination of ash by incineration of samples up to 600 °C for 3 hours and gross energy through adiabatic calorimeter. Samples were analyzed by the statistical program SPSS (v.20) with one-way ANOVA method.

The whole body determination, of all diet groups, of moisture ranged from 67,56% to 69,13%, of dry matter from 30,87% to 32,44%, of ash from 9,66% to 9,89%, of gross energy from 25,67% to 26,03%, of crude protein from 53,23% to 55,69% and of crude lipid from 33,16% to 36,54%. No significant differences were found among the whole body proximate composition of the tested groups. According to the results, full-fat insect flour of *Zophobas morio*, seems to be an effective substitute of fish meal without affecting the proximate composition of gilthead seabream.

Keywords: *Zophobas morio*, gilthead seabream, insect flour, fish meal.