

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΗΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**«Η επίδραση του αλεύρου χοίρων ως αντικατάστατο του
ιχθυαλεύρου στη θρεπτική σύσταση της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»**

ΤΣΙΧΛΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΒΟΛΟΣ 2018

«Η επίδραση του αλεύρου χοίρων ως αντικατάστατο του ιχθυαλεύρου στη θρεπτική σύσταση της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»

Διμελής εξεταστική επιτροπή:

**Α. Ψιλοβίκος, Αναπλ. Καθηγητής, «Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων»,
Επιβλέπων**

Ι. Καραπαναγιωτίδης, Επικ. Καθηγητής, «Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών», Μέλος

Στον πατέρα μου,

Κωνσταντίνο

και

Στη μητέρα μου,

Γεωργία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Α. Ψιλοβίκο για τη συμπαράστασή του σε αυτή μου τη προσπάθεια. Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον κ. Ι. Καραπαναγιωτίδη για τη διαρκή υποστήριξη και καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της διπλωματικής διατριβής.

Θερμές ευχαριστίες δίνω στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Πιερ Ψωφάκη για την βοήθεια που προσέφερε τόσο σε προσωπικό επίπεδο, όσο και στο περιβάλλον του Πανεπιστημίου. Επιπλέον ευχαριστώ για την υποστήριξή τους συμφοιτητές μου κ. Σ. Κλειτσογιάννη, κ. Ε. Καζοπίδη, κ. Χ.Κυπραίου.

Τέλος εκφράζω τις ευχαριστίες μου στους γονείς και την αδελφή μου για την διαρκή συμπαράστασή τους, την υπομονή τους και τη βοήθειά τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογική επανάσταση στον κλάδο της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής έχει επιδράσει σε μεγάλο βαθμό τις λειτουργίες του περιβάλλοντος. Ταυτοχρόνως η αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας τις τελευταίες δεκαετίες, αποτέλεσε καταλυτικό στοιχείο στον κατακερματισμό των ιχθυοπληθυσμών του παγκόσμιου χάρτη και των υδάτινων οικοσυστημάτων γενικότερα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδώδιμων ψαριών στη Μεσόγειο, σήμερα είναι υπεραλιευμένα.

Η στροφή στις εκτροφές ορισμένων ειδών ιχθύων μοιάζει να είναι μονόδρομος. Η βασική πηγή πρωτεΐνης στα σιτηρέσια των εκτρεφόμενων ιχθύων, στην παγκόσμια ιχθυοκαλλιέργεια, είναι το ιχθυάλευρο. Αυτό παράγεται από την επεξεργασία συγκεκριμένων ιχθυοαποθεμάτων, τα οποία είναι επίσης υπεραλιευμένα.

Οι μεταποιημένες ζωικές πρωτεΐνες από μη-μηρυκαστικά ζώα (ΜΖΠ) αποτελούν εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα, τη μεγάλη διαθεσιμότητα και το χαμηλότερο, συγκριτικά με το ιχθυάλευρο, κόστος αγοράς τους. Στην παρούσα εργασία ερευνάται η επίδραση της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου της τροφής από άλευρο χοίρων (porcinemeal) στη θρεπτική σύσταση της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Για το άλευρο χοίρου, ως αντικατάστατο του ιχθυαλεύρου, υπάρχουν ελάχιστες μελέτες, λόγω της καθολικής απαγόρευσης που προέβη η Ε.Ε το 2001, λόγω των κρουσμάτων σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας. Το 2013, ωστόσο, η Ε.Ε ήρε την απαγόρευση στις ιχθυοτροφές και πλέον χρίζει περαιτέρω διερεύνηση η καταλληλότητα αυτών των πρώτων υλών ιχθυοτροφών.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, συλλέχθηκαν ιχθύες του είδους *Sparus aurata* (τσιπούρα), με μέσο βάρος 40g, οι οποίοι προέρχονταν από διατροφικό πείραμα όπου είχαν διαχωριστεί σε 7 διατροφικές ομάδες με την κάθε ομάδα να σιτίζεται με διαφορετικό σιτηρέσιο. Οι ιχθύες της ομάδας μάρτυρα (FM) διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο ως ζωική πηγή πρωτεΐνης στην τροφή τους, ενώ οι υπόλοιπες ομάδες ιχθύων διατράφηκαν με άλευρο χοίρων (POM) όπου αντικατέστησε την πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου κατά 25%, 35% και 45% χωρίς προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (POM25, POM35, POM45, αντίστοιχα) ή με παράλληλη προσθήκη λυσίνης (POM25+, POM35+, POM45+, αντίστοιχα).

Στο τέλος του διατροφικού πειράματος, οι ιχθύες θανατώθηκαν με ισχυρή αναισθητοποίηση και από κάθε διατροφική ομάδα συλλέχθηκαν δώδεκα (12) άτομα για τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρου του σώματος και επιπρόσθετα πέντε (5) άτομα για τις αναλύσεις του μυϊκού τους ιστού.

Οι χημικές αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης των σωμάτων και των μυϊκών ιστών 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 ολικού σώματος, όλων των ομάδων ιχθύων, σε ολική πρωτεΐνη κυμάνθηκε από 54,12% έως 55,82%, σε ολικές λιπαρές ουσίες από 34,75% έως 36,72%, σε τέφρα από 9,72% έως 11,73%, σε ολική ενέργεια από 25,43% έως 25,84% και σε υγρασία από 65,99% έως 68,89%. Αντίστοιχα, στο μυϊκό ιστό η ολική πρωτεΐνη κυμάνθηκε από 70,79% έως 76,50%, σε ολικές λιπαρές ουσίες από 18,22% έως 25,64%, σε τέφρα από 5,01% έως 5,49%, σε ολική ενέργεια από 25,07% έως 26,19% και σε υγρασία από 26,10% έως 28,36%. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η θρεπτική σύσταση των ιχθύων όλων των ομάδων δε διέφερε μεταξύ τους, τόσο σε ολόκληρο το σώμα όσο και στο μυϊκό ιστό των ιχθύων. Από τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι το άλευρο χοίρων δυνητικά θα μπορούσε να αποτελέσει αξιόπιστο υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου. Η επιτυχής αντικατάσταση στο συγκεκριμένο πείραμα ήταν της τάξεως του 45% και στο μέλλον θα πρέπει να δοκιμαστούν υψηλότερα επίπεδα αντικατάστασης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρουσιάζονται στο διεθνές συνέδριο HydroMediT 2018 (8-11 November, Volos, Greece).

Λέξεις κλειδιά: ΜΖΠ μη μηρυκαστικών, τσιπούρα, άλευρο χοίρων, ιχθυάλευρο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	11
1.1	Εκτροφή της τσιπούρας <i>Sparus aurata</i>	11
1.2	Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους <i>Sparus aurata</i>	12
1.3	Θρεπτική σύσταση των ιχθύων και παράγοντες που την επηρεάζουν	15
1.3.1	Θρεπτική σύσταση ιχθύων	15
1.3.2	Παράγοντες που επηρεάζουν τη θρεπτική σύσταση των ιχθύων	16
1.4	Η χρήση των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές	19
1.5	Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μηρυκαστικών στις ιχθυοτροφές	21
1.6	Σκοπός της πτυχιακής διατριβής	24
2	Υλικά και μέθοδοι	25
2.1	Πειραματικός σχεδιασμός	25
2.2	Χημικές αναλύσεις	26
2.2.1	Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας	26
2.2.2	Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών	27
2.2.3	Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών	28
2.2.4	Προσδιορισμός τέφρας	29
2.2.5	Προσδιορισμός ενέργειας	30
2.3	Στατιστική ανάλυση	30
3	Αποτελέσματα	31
3.1	Θρεπτική σύσταση ολικού σώματος τσιπούρας	31
3.1.1	Περιεκτικότητα σε υγρασία	31
3.1.2	Περιεκτικότητα σε ενέργεια	32
3.1.3	Περιεκτικότητα σε τέφρα	33
3.1.4	Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες	34
3.1.5	Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες	35
3.2	Θρεπτική σύσταση μυϊκού ιστού τσιπούρας	37
3.2.1	Περιεκτικότητα σε υγρασία	37
3.2.2	Περιεκτικότητα σε ενέργεια	37
3.2.3	Περιεκτικότητα σε τέφρα	38
3.2.4	Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες	39
3.2.5	Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες	40
4	Συζήτηση	42

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 44

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι ψάρι το οποίο συγκαταλέγεται στα είδη της Μεσογείου. Αποτελεί ένα από τα ευρέως εκτρεφόμενα είδη στην ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια, αλλά και τη Μεσογειακή. Συναντάται στη φύση σε υφάλμυρα και θαλασσινά νερά, καθώς αποτελεί ευρύθερμο και ευρύαλο είδος. (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012). Τα βάθη στα οποία συναντάται φτάνουν μέχρι και τα 150 μέτρα (Morreti *etal.*, 1999).

Είναι σαρκοφάγο είδος και στα φυσικά οικοσυστήματα τα ιχθύδια της τσιπούρας τρέφονται με σκώληκες και μικρά καρκινοειδή, ενώ τα μεγαλύτερα άτομα τρέφονται με μαλάκια, γαστερόποδα, καρκινοειδή και δίθυρα μαλάκια (μύδια, στρείδια, κ.α.) (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2012).

Οι τσιπούρες εκτρέφονται σε εκτατικά συστήματα εκτροφής σε λιμνοθάλασσες ή εντατικά σε δεξαμενές ή κλωβούς. Προς το παρόν, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από την εντατική εκτροφή, με μέση πυκνότητα 20 - 100 Kg/m³ και FCR 1,5 – 2 (FAO 2013). Η εκτατική εκτροφή παραμένει μια παραδοσιακή δραστηριότητα σε ορισμένες περιοχές, αλλά με πολύ χαμηλό αντίκτυπο στην αγορά (Sola *etal.* 2006). Το 2014, η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας ήταν περίπου 158.000 (FAO 2018).

Στη Μεσόγειο, οι κύριοι παραγωγοί τσιπούρας είναι η Ελλάδα, η Τουρκία, η Ισπανία και η Ιταλία. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, λειτουργούσαν περίπου είκοσι εκκολαπτήρια τσιπούρας στη Μεσόγειο. Μέχρι το 2006 πάνω από 65

εκκολαπτήρια διανέμονται στην Κροατία, την Κύπρο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, το Μαρόκο, την Πορτογαλία, την Ισπανία και στην Τυνησία (FAO 2006).

Global Aquaculture Production for species (tonnes)

Source: FAO FishStat



Εικόνα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας του είδους

Πηγή: (FAO 2018).

1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους *Sparus aurata*

Οι θρεπτικές απαιτήσεις για το είδος *Sparus aurata* μετά από πολλές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί συνοψίζονται στους Πίνακες 1.1, 1.2 και 1.3. Οι θρεπτικές απαιτήσεις διαφέρουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης (Παπουτσόγλου 2008, FAO 2016).

Πίνακας 1.1:Θρεπτικές ανάγκες (% τροφής) της τσιπούρας ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης.

Θρεπτική σύσταση (%)	Στάδιο ζωής	
	Ιχθύδια	Ενήλικα άτομα
Πρωτεΐνη	50-60	45-50
Λίπος	12-25	12-25
Ινώδεις ουσίες	1,2	1,2
Υδατάνθρακες	20	20
Πρωτεΐνη/Ενέργεια (mg/Kj)	20,8/22,4	21,5/28,1
Φώσφορος	0,65	-

Πηγή: Παπουτσόγλου (2008), FAO(2016).

Πίνακας 1.2:Ποσοτικές ανάγκες (% τροφής) της τσιπούρας σε απαραίτητα αμινοξέα.

Αμινοξέα (%)	Στάδιο ζωής	
	Ιχθύδια	Ενήλικα άτομα
Αργινίνη	5,4	5,4
Ιστιδίνη	1,7	1,7
Ισολευκίνη	2,6	2,6
Λευκίνη	4,5	4,5
Λυσίνη	5,0	5,0
Μεθειονίνη	2,4	2,4
Φαινυλαλανίνη	2,9	2,9
Θρεονίνη	2,8	2,8
Τρυπτοφάνη	0,6	0,6
Βαλίνη	3,0	3,0

Πηγή: Παπουτσόγλου (2008), FAO (2016).

Πίνακας 1.3: Ενδεικτικά προτεινόμενα επίπεδα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε εναρκτήρια και σε σιτηρέσια κύριας εκτροφής και γεννητόρων τσιπούρας (ποσότητες/Kg τροφής με 10% υγρασία).

Βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία	Εναρκτήρια σιτηρέσια	Σιτηρέσια κύριας εκτροφής	Σιτηρέσια γεννητόρων
Βιταμίνη Α (IU)	27.000	22.000	27.000
Βιταμίνη D (IU)	3.000	3.000	1.500
Βιταμίνη Ε (mg)	1.200	1.100	1.300
Βιταμίνη Κ (mg)	30	25	35
Βιταμίνη C (mg)	300	250	450
Θειαμίνη (βιταμίνη B ₁) (mg)	50	30	50
Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B ₂) (mg)	55	35	60
Παντοθενικό οξύ (βιταμίνη B ₅) (mg)	130	120	130
Πυριδοξίνη (βιταμίνη B ₆) (mg)	35	30	40
Κυανοκοβαλαμίνη (βιταμίνη B ₁₂) (mg)	~0,1	~0,1	~0,1
Νιασίνη (mg)	550	400	550
Βιοτίνη (mg)	2,0	1,0-1,5	1,5
Χολίνη (mg)	2.500	2.400	2.500
Φυλλικό οξύ (mg)	15	8-10	10
Ινσιτόλη (mg)	250	250	300
Παραμινοβενζοϊκό οξύ (mg)	40	35	45
Φώσφορος (mg)	14	13	14
Χαλκός (mg)	6	4	5
Ιώδιο (mg)	3	2	2,5
Σίδηρος (mg)	60	50	60
Μαγγάνιο (mg)	80	70	75
Ψευδάργυρος (mg)	100	80	100
Κοβάλτιο (mg)	~2,5	~2,0	2,5
Σελήνιο (mg)	0,4-0,5	0,3-0,4	0,4-0,5

Πηγή: Παπουτσόγλου (2008).

1.3 Θρεπτική σύσταση των ιχθύων και παράγοντες που την επηρεάζουν

1.3.1 Θρεπτική σύσταση ιχθύων

Τα ψάρια, παγκοσμίως, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή. Η κατανάλωσή τους παρουσιάζει σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια λόγω του ότι έχει ευρέως αναγνωριστεί η υψηλή θρεπτική τους αξία, ενώ επικρατεί μια γενικότερη τάση προς την υγιεινή διατροφή (Alasalvar & Taylor 2002).

Ο μυϊκός ιστός των ιχθύων χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, εξαιρετικά ποικίλλουσα περιεκτικότητα σε λίπη και πολύ μικρή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (Πίν. 1.4). Η κύρια ιδιαιτερότητα των ιχθύων συνίσταται στην ποιότητα του λιπιδικού περιεχομένου τους, καθώς αποτελούν πολύτιμη πηγή ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, ενώ έχουν μικρές ποσότητες κορεσμένων λιπιδίων και χοληστερόλης. Επίσης, αποτελούν πλούσια πηγή βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (Arino *etal.* 2005).

Πίνακας 1.4 Διακύμανση της περιεκτικότητας (ποσοστό % επί υγρής βάσης) 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 1980, Huss 1998.

1.3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θρεπτική σύσταση των ιχθύων

Η χημική σύσταση των ιχθύων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να διαχωριστούν σε δυο κατηγορίες: τους **ενδογενείς** και τους **εξωγενείς** παράγοντες (Love 1980, Shearer 1994).

Ενδογενείς παράγοντες

- **Είδος**

Η χημική σύσταση των ιχθύων ποικίλλει σημαντικά στα διάφορα είδη (Love 1980, Shearer 1994, Huss 1998). Οι μεγαλύτερες μεταβολές παρατηρούνται στη λιποπεριεκτικότητα. Τα διάφορα είδη ιχθύων διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την περιεκτικότητα του σώματος τους σε λίπος: λιπαρά, ημιλιπαρά χαμηλά λιπαρά και άπαχα (Hui *etal.* 2006). Η υγρασία έχει και αυτή διακυμάνσεις ανάμεσα στα διάφορα είδη αφού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη λιποπεριεκτικότητα.

Τέλος, σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στην περιεκτικότητα των βιταμινών στα διάφορα είδη και ιδίως των λιποδιαλυτών βιταμινών, των οποίων η συγκέντρωση εξαρτάται άμεσα από την λιποπεριεκτικότητα (Lall & Parazzo 1995).

- **Στάδιο ανάπτυξης**

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τις μεταβολές της χημικής σύστασης των ιχθύων σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξής τους (Dumas *etal.* 2007) και τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (Holdway & Beamish 1984). Γενικά, το επίπεδο της υγρασίας και η περιεκτικότητα στις σωματικές πρωτεΐνες των ιχθύων μειώνεται με την αύξηση της

ηλικίας-μεγέθους τους (Παπουτσόγλου 2008), ενώ παράλληλα αυξάνεται το επίπεδο των λιπών (Love 1980, Griffiths & Kirkwood 1995).

- **Αναπαραγωγικό στάδιο**

Οι θρεπτικές και ενεργειακές ανάγκες των ιχθύων μεταβάλλονται σύμφωνα με το στάδιο γεννητικής ωριμότητας (Love 1980, Zaboukas *etal.* 2006). Η κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της κατανάλωσης των αποθεμάτων λίπους του οργανισμού (Henderson & Tocher 1987).

- **Ιστοί και μέρη του σώματος**

Η παραλλακτικότητα της χημικής σύστασης ανάμεσα στους διάφορους ιστούς του σώματος των ιχθύων, όπως ο μυϊκός ιστός, το ηπατοπάγκρεας και οι γονάδες, έχει μελετηθεί αρκετά και παρουσιάζει διαφορές (Dawson & Grimm 1980, Eliasson & Vahl 1982).

Γενικά, στους περισσότερους ιχθύες, το περισπλαχνικό-περιεντερικό λίπος (λιπώδης ιστός) είναι το κύριο μέρος αποθήκευσης του λίπους. Ακολουθεί κατά σειρά το ήπαρ (κύριο όργανο μεταβολισμού των λιπών) και ο ερυθρός μυϊκός ιστός (Sheridan 1988). Η πρωτεϊνοσύνθεση λαμβάνει χώρα αρχικά στο ήπαρ ακολούθως στα βράγχια, τον πεπτικό σωλήνα, τον ερυθρό μυϊκό και τέλος στο λευκό μυϊκό ιστό, όπου πραγματοποιείται κυρίως η εναπόθεση των σωματικών πρωτεϊνών.

- **Φύλο**

Διαφορές στη λιποπεριεκτικότητα ανάμεσα στα δύο φύλα έχουν βρεθεί σε αρκετά είδη τόσο στο μυϊκό ιστό όσο και στο ήπαρ και τις γονάδες (Larson 1991, Robards *etal.* 1999).

Εξωγενείς παράγοντες

- **Εποχικότητα**

Η χημική σύσταση των ιχθύων, λόγω της μεταβολής των ενεργειακών αποθεμάτων και των ενεργειακών απαιτήσεων τους κατά τη διάρκεια ενός ετήσιου κύκλου, παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις. Βασικοί συσχετιζόμενοι παράγοντες είναι ο αναπαραγωγικός κύκλος (ενδογενής παράγοντας), η διαθεσιμότητα της τροφής και η μεταβολή της θερμοκρασίας (εξωγενείς παράγοντες) (Chellapa *etal.* 1989).

Γενικά, την άνοιξη και το φθινόπωρο η λιποπεριεκτικότητα φτάνει τις μέγιστες τιμές και αυτό συσχετίζεται με τη διατροφή, λόγω της αυξημένης αφθονίας φυτοπλαγκτού (Παπαναστασίου 1990). Επίσης, η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες είναι μεγαλύτερη το χειμώνα και μικρότερη το καλοκαίρι.

- **Διατροφή**

Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη χημική σύσταση του σώματος των ιχθύων είναι η διαθεσιμότητα και το είδος της τροφής, η συχνότητα σίτισης, το πρωτεϊνικό και ενεργειακό επίπεδο της τροφής και η περίοδος ασιτίας (Shearer 1994).

Σε συνθήκες ιχθυοκαλλιέργειας, η χημική σύσταση του σώματος των εκτρεφόμενων ιχθύων επηρεάζεται από τη σύσταση της ιχθυοτροφής τους (Haard 1992, Shearer 1994, Turchini *etal.* 2003, 2007). Σε περιόδους στέρησης τροφής, τα αποθέματα του λίπους είναι τα πρώτα που εξαντλούνται (Shearer 1994, Cui & Wang 2007).

- **Υδάτινο περιβάλλον**

Συνήθως, τα θαλάσσια είδη ιχθύων έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες συγκριτικά με τα είδη του γλυκού νερού (Παπαναστασίου 1990). Αναφορικά με τη λιποπεριεκτικότητα, τα είδη των θαλάσσιων υδάτων έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λίπους στο ήπαρ συγκριτικά με τα είδη του γλυκού νερού. Επίσης, τα πρώτα αποτελούν πλουσιότερη πηγή ω-3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (ΠΛΟ) από τα δεύτερα. Τέλος, διαφορές υπάρχουν και στην περιεκτικότητα των ανόργανων στοιχείων (Henderson & Tocher 1987). Τα θαλάσσια είδη ιχθύων περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα χλωριούχου νατρίου και ασβεστίου, ενώ τα είδη του γλυκού νερού έχουν μεγαλύτερη ποσότητα φωσφορικού καλίου (Παπαναστασίου 1990).

Το βάθος της υδάτινης στήλης που διαβιεί ένα είδος αποτελεί, επίσης, παράγοντα επηρεασμού της χημικής σύστασης του σώματος του. Σύμφωνα με τους Childress *etal.* (1990) και Drazen (2007) τα ψάρια που διαβιούν σε μεγαλύτερα βάθη παρουσιάζουν μειωμένη λιποπεριεκτικότητα.

1.4 Η χρήση των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές

Τα ψάρια της ιχθυοκαλλιέργειας τρέφονται με τεχνητές, πλήρεις ιχθυοτροφές που έχουν σύσταση ανάλογη των διατροφικών απαιτήσεων που έχει κάθε είδος ψαριού για επίτευξη μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης.

Είναι γνωστό πως οι ιχθυοτροφές πρέπει να καλύπτουν τις διατροφικές ανάγκες των ιχθύων 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. Ως πηγή πρωτεϊνών και λιπών, η ιχθυοκαλλιέργεια βασίζεται κατά παράδοση στο ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο.

Τα πιο κοινά άλευρα που χρησιμοποιούνται είναι τα άλευρα ρέγγας, γαύρου, σαρδέλας, σκουμπριού, φρίσσας και άλευρο καπελάνου μεταξύ άλλων (Σπαής 2002). Ένα μικρό ποσοστό των ιχθυαλεύρων αποδίδεται στα παρεμπύπτοντα αλιεύματα, και στα υποπροϊόντα που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία (π.χ. φιλέτα ψαριών και κονσερβοποιία) των διαφόρων θαλασσινών προϊόντων που προορίζονται για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο (Miles & Chapman 2006).

Το ιχθυάλευρο αποτελεί τη σημαντικότερη πρωτεϊνική πηγή των ιχθυοτροφών. Περιέχει πρωτεΐνη 55,5% έως 72,5%, λιπαρές ουσίες 3,5% ως 12%, τέφρα 10% ως 22,5% και υγρασία 7% ως 13% (Σπαής 2002) και είναι ιδιαίτερα εύγευστο για τα ψάρια (Βουλτσιάδου και συν. 2015). Γενικά, θεωρείται το πιο επιθυμητό ζωικό συστατικό στις ιχθυοτροφές λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη, της υψηλής πεπτικότητάς του, της ωραίας γεύσης που προσδίδει στην ιχθυοτροφή καθώς και για το ότι αποτελεί πηγή των απαραίτητων ω-3 λιπαρών οξέων.

Τα ιχθυάλευρα παράγονται από συγκεκριμένα αλιευμένα ιχθυαποθέματα, τα οποία πλέον έχουν φτάσει στα όρια της βιωσιμότητάς τους, με αποτέλεσμα η παγκόσμια παραγωγή ιχθυαλεύρων (περίπου 1 εκ. τόνοι ετησίως) να παραμένει στάσιμη τα τελευταία 20-25 χρόνια. Υπολογίζεται πως το 2010 περισσότερο από το 55% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυαλεύρου χρησιμοποιήθηκε στις

ιχθυοκαλλιέργειες. Πέρα, όμως, από την πιθανή μελλοντική μείωση στην προσφορά των ιχθυαλεύρων, έχουν διεγερθεί ηθολογικές αντιδράσεις σχετικά με τη χρησιμοποίηση αλιευμένων ιχθύων με σκοπό την παραγωγή ζωοτροφών και όχι για την απευθείας κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα όταν ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού υποσιτίζεται από πρωτεΐνη ζωικής προέλευσης (Καραπαναγιωτίδης 2018).

Επιπρόσθετα, διάφοροι οικολογικοί και μη κυβερνητικοί οργανισμοί ολοένα και περισσότερο εκφράζουν την ανησυχία τους για την βιώσιμη εκμετάλλευση των ιχθυαποθεμάτων που προορίζονται για την παραγωγή ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων και τις αρνητικές επιδράσεις που έχουν υποστεί τα θαλάσσια υδάτινα οικοσυστήματα μέσω της υποβάθμισης της τροφικής αλυσίδας των θαλάσσιων θηλαστικών και πουλιών (Jauncey, 1998).

1.5 Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μηρυκαστικών στις ιχθυοτροφές

Η ζήτηση στην παγκόσμια παραγωγή των ιχθυαλεύρων τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται χρόνο με το χρόνο και συνεπώς αυξάνεται και η τιμή τους. Επιπλέον ασκούνται και οικολογικές πιέσεις όσον αφορά τη βιωσιμότητα των ιχθυοπληθυσμών που αλιεύονται με σκοπό την παρασκευή ιχθυαλεύρων. Έτσι η τεχνολογία των ιχθυοτροφών έχει στραφεί στην εξεύρεση κατάλληλων εναλλακτικών συστατικών των ιχθυαλεύρων.

Σε αυτή την αναζήτηση τη λύση φαίνεται να δίνουν μερικώς οι Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μηρυκαστικών (ΜΖΠ). Αν και το 2001 η Ε.Ε προέβη στην καθολική απαγόρευση χρησιμοποίησης ζωικών υποπροϊόντων και

παράγωγα από χερσαία θηλαστικά στις ζωοτροφές όλων των εκτρεφόμενων ζώων (ΕΚ/999/2001), λόγω των κρουσμάτων σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας, το 2013 η Ε.Ε ήρε την απαγόρευση στις ιχθυοτροφές.

Το εμπόριο διαθέτει διάφορες ΜΖΠ ανάλογα το είδος του ζώου από το οποίο προέρχονται. Υπάρχουν άλευρα κρέατος πουλερικών, άλευρο κρέατος χοιρινών, άλευρο κρέατος και οστών πουλερικών, πτεράλευρα, αιματάλευρα κλπ, η συλλογή των οποίων, καθώς και η μεταποίησή τους, πραγματοποιείται υπό την παρακολούθηση των αρμόδιων αρχών κάθε Ευρωπαϊκής χώρας (Καραπαναγιωτίδης 2018).

Γενικά, τα ποσοστά περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, σε αυτά τα άλευρα, κυμαίνονται από 50 έως και πάνω από 85% και αποτελούν ικανοποιητικές πηγές λυσίνης, αλλά πτωχές πηγές μεθειονίνης και κυστίνης. Η περιεκτικότητά τους σε λιπίδια είναι 5-10% και είναι πλούσιες πηγές φωσφόρου και ασβεστίου, αλλά περιέχουν και υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα (27-31%).

Το αιματάλευρο είναι ένα υποπροϊόν της βιομηχανίας σφαγής, που χρησιμοποιείται ως πηγή πρωτεϊνών στη διατροφή των ζώων. Το αιματάλευρο είναι πολύ πλούσιο σε ολικές πρωτεΐνες. Συγκεκριμένα, περιέχει ολικές πρωτεΐνες από 81%-85%, λιπαρές ουσίες από 1%-1,2%, τέφρα από 4,3%-4,7%, μη αζωτούχες εκχυλισματικές ουσίες από 0,7%-1,1% και υγρασία από 7,8%-12,5%. (Σπάης*etal.* 2002). Αποτελεί μια από τις πλουσιότερες πηγές λυσίνης, αργινίνης, μεθειονίνης, κυστίνης και λευκίνης (Nwogor *etal.* 2015). Παρόλα αυτά είναι πολύ φτωχό σε ισολευκίνη και περιέχει λιγότερη γλυκίνη από το ιχθυάλευρο (Seifdavati *etal.* 2008).

Το πτεράλευρο είναι ένα υποπροϊόν που φτιάχνεται από πούπουλα πουλερικών. Τα φτερά των πουλερικών αποτελούνται περίπου από 80-90% κερατίνη, μια πρωτεΐνη η οποία είναι δύσπεπτη, η οποία ωστόσο μπορεί να γίνει σχετικά

πέψιμη όταν επεξεργαστεί υπό πίεση και θερμαινόμενο ατμό (υδρόλυση) (Leme *etal.* 1978). Το πετράλευρο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη η οποία ανέρχεται περίπου στο 85%. Ωστόσο, το πετράλευρο παρουσιάζει έλλειψη ορισμένων βασικών αμινοξέων (Wiradimadja *etal.* 2007). Τα πετράλευρο είναι ελλιπής σε μεθειονίνη, λυσίνη και ιστιδίνη, αλλά περιέχει πολλή κυστίνη.

Το χοιράλευρο αποτελεί πλούσια πηγή ζωικής πρωτεΐνης και παρουσιάζει καλό προφίλ απαραίτητων αμινοξέων τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων (Hernandez *etal.* 2008). Στον πίνακα 1.5 δείχνεται τη θρεπτική σύσταση του χοιράλευρου.

Πίνακας 1.5: Θρεπτική σύσταση του χοιράλευρου και προφίλ αμινοξέων.

Θρεπτική Σύσταση		Ποσοστό (%)
Πρωτεΐνη		53,7
Λίπος		10,5
Τέφρα		24,1
Αλανίνη		8,9
Αργινίνη		8,8
Ασπαρτικό οξύ		8,4
Γλουταμινικό οξύ		14,5
Γλυκίνη		17,3
Ιστιδίνη		1,8
Ισολευκίνη		3,2
Λευκίνη		6,3
Λυσίνη		5,8
Μεθειονίνη		1,7
Φαινυλαλανίνη		3,2
Σερίνη		3,6
Θρεονίνη		4,3
Τυροσίνη		6,4
Βαλίνη		4,5

Πηγή: Hernandez *etal.*(2008)

1.6 Σκοπός της πτυχιακής διατριβής

Η κρίση που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα είναι τόσο οικονομική όσο και περιβαλλοντική. Για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί ο άνθρωπος απαιτούνται δραστικά μέτρα. Τα μέτρα αυτά πρέπει να ερευνηθούν, να μελετηθούν και να εφαρμοστούν άμεσα από όλους τους παραγωγικούς κλάδους (γεωργία, βιομηχανία, κτλ.)

Η παρούσα εργασία έχει στόχο τη διερεύνηση ενός εναλλακτικού σιτηρεσίου, που αφορά την παγκόσμια υδατοκαλλιέργεια. Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη χημική σύσταση ολόκληρου του σώματος και του εδώδιμου μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*Sparus aurata*), η οποία ακολούθησε δίαιτα με άλευρο χοίρου, σε ποσοστά αντικατάστασης 25%, 25+%, 35%, 35+%, 45%, 45+%. Αυτό σημαίνει πως το υπόλοιπο ποσοστό ζωικής πρωτεΐνης αποτελούνταν από τη συμβατική τροφή που χορηγείται στα ψάρια, από την παγκόσμια υδατοκαλλιέργεια, το ιχθυάλευρο. Τα ποσοστά που ακολουθούνται από το σύμβολο + περιείχαν συμπλήρωμα του βασικού αμινοξέος λυσίνης, αμινοξύ το οποίο δεν απαντάται σε ίδιες ποσότητες στο άλευρο χοίρου σε σχέση με το ιχθυάλευρο.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Το πείραμα έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Βόλο. Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 630 ιχθύδια του είδους *Sparus aurata* (τσιπούρα), με μέσο βάρος 40g, τα οποία προέρχονταν από διατροφικό πείραμα όπου είχαν διαχωριστεί σε 7 διατροφικές ομάδες με την κάθε ομάδα να σιτίζεται με διαφορετικό σιτηρέσιο. Οι ιχθύες της ομάδας μάρτυρα (FM) διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο ως ζωική πηγή πρωτεΐνης στην τροφή τους, ενώ οι υπόλοιπες ομάδες ιχθύων διατράφηκαν με άλευρο χοίρων (POM) όπου αντικατέστησε την πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου κατά 25%, 35% και 45% χωρίς προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (POM25, POM35, POM45, αντίστοιχα) ή με παράλληλη προσθήκη λυσίνης (POM25+, POM35+,POM45+, αντίστοιχα).

Οι ομάδες αποτελούνταν από 30 άτομα, από τρεις επαναλήψεις η κάθε μία, και τοποθετήθηκαν στις πειραματικές δεξαμενές του τμήματος, όπου και δόθηκε χρονικό διάστημα 10 ημερών για την προσαρμογή τους. Τα πειραματικά σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά (22 MJ/kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά (45% της τροφής).

Η εκτροφή διήρκησε 90 ημέρες, από τις 29 Ιουνίου μέχρι τις 27 Σεπτέμβρη του 2017, και τα ψάρια σιτίζονταν σε κορεσμό 2 φορές την ημέρα, 11π.μ και 5 μ.μ. Στις 28 Σεπτεμβρίου τα ψάρια θανατώθηκαν με πρωτόκολλο θανάτωσης. Έπειτα καταψύχθηκαν στους -40°C .

Έπειτα ξεκίνησε η διαδικασία των χημικών αναλύσεων της θρεπτικής σύστασης στα σώματα και στη σάρκα των ψαριών. Μετρήσεις για την υγρασία, πρωτεΐνη, λίπος, τέφρα, υδατάνθρακες και ενέργεια πραγματοποιήθηκαν για τη σύγκριση της

κάθε διατροφικής ομάδας ως προς την θρεπτική της σύσταση ολόκληρου του σώματος (wholebody), αλλά και του μυϊκού ιστού (muscle tissue).

2.2 Χημικές αναλύσεις

Αφού οι ιχθύες θανατώθηκαν με ισχυρή αναισθητοποίηση, συλλέχθηκαν από κάθε διατροφική ομάδα δώδεκα (12) άτομα για τις αναλύσεις της θρεπτικής σύστασης ολόκληρου του σώματος και επιπρόσθετα πέντε (5) άτομα για τις αναλύσεις του μυϊκού τους ιστού.

2.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας / ξηρής ουσίας σε ολόκληρο το σώμα και στον μυϊκό ιστό 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 υπολογίζεται ως εξής:

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

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

Όμοια,

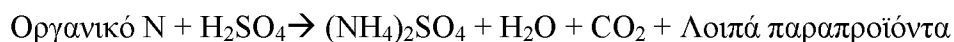
$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δει/τος}} - (W_{\text{δει/τος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

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

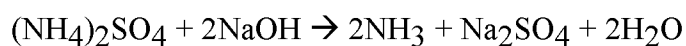
2.2.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

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

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. Στην συνέχεια, προστέθηκαν στα δείγματα 15ml πυκνού θειικού οξέως (H_2SO_4) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltac 2000. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους $150^\circ C$ 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:

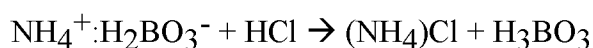


Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης, τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία διαρκεί 6min. Το θειικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο (Na_2SO_4). Η αμμωνία (NH_4) έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ (H_3BO_4) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



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

Το τελικό στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η τιτλοδότησης 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 απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε φούξια, καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

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

2.2.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα σώματα και στον μυϊκό ιστό 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, και της τροφής σε κάποιες περιπτώσεις, πρέπει να είναι ξηραμένη και αλεσμένη. 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 τοποθετούνται τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα. Η διαδικασία πραγματοποιείται στους 600oC για 24h. (AOAC 1990). Μετά το πέρας του εικοσιτετραώρου τα δείγματα μένουν για 1h ώστε να κρυώσουν. Στην συνέχεια μετράται το μεικτό βάρος του δοχείου και του δείγματος και από αυτό αφαιρείται το καθαρό βάρος του δοχείου. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται 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 έγινε με τη βοήθεια θερμιδόμετρου. Κατά την πλήρη καύση ενός δείγματος εκλύεται θερμότητα, η οποία αποτελεί τη θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) του δείγματος. Η καύση πραγματοποιείται μέσα σε ένα κλειστό ανοξειδωτο δοχείο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει το νερό, το οποίο με τη σειρά του θερμαίνει ένα εξωτερικό δοχείο γνωστής θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφεται από ένα θερμόμετρο και έπειτα υπολογίζεται το θερμιδική αξία στο περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε. Τα αποτελέσματα δίνονται ηλεκτρονικά σε Kcal/g.

2.3 Στατιστική ανάλυση

Αφού ολοκληρώθηκαν οι αναλύσεις και η συλλογή δεδομένων, τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν και δημιουργήθηκαν πίνακες με θρεπτικές συστάσεις 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 κανονικής κατανομής (one-wayANOVA). Στις περιπτώσεις που 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 που προέκυψαν από τις αναλύσεις της χημικής σύστασης ολόκληρου του σώματος (wholebody) των ιχθύων, καθώς και του εδώδιμου μυϊκού ιστού (muscle tissue).

3.1 Θρεπτική σύσταση ολικού σώματος τσιπούρας

3.1.1 Περικτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία του ολικού σώματος της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 65,99% έως 68,89% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.1). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P > 0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.1 Περικτικότητα (%) σε υγρασία της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	63,24	71,15	68,58	67,58	67,13	66,42	66,46
2	64,51	64,99	67,54	68,14	66,15	66,26	66,75
3	67,84	72,38	70,21	65,44	68,43	68,00	64,28
4	68,41	68,65	68,85	67,14	67,75	66,25	66,25
5	71,62	69,56	67,44	68,95	66,52	69,66	66,84
6	69,60	69,48	69,08	69,67	69,09	66,71	65,32
7	69,22	71,23	67,83	69,60	67,01	66,96	67,96
8	68,93	69,27	66,96	70,10	66,96	66,99	65,20
9	70,81	68,77	65,27	69,18	67,15	68,35	65,36
10	70,16	67,28	69,73	68,81	66,95	68,26	66,10
11	68,17	66,26	66,61	66,75	68,98	66,16	65,45
12	66,99	67,70	67,67	67,46	67,07	66,71	65,94
M.O	68,29	68,89	67,98	68,23	67,43	67,23	65,99
T.A.	2,34	2,04	1,33	1,34	0,90	1,05	0,92

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

3.1.2 Περιεκτικότητα σε ενέργεια

Η περιεκτικότητα σε ενέργεια στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 25,43% έως 25,84% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.2). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.2 Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε ενέργεια της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	24,82	24,72	25,84	25,96	25,58	25,50	25,24
2	25,22	26,70	25,79	26,01	26,84	26,01	25,27
3	25,61	24,40	24,96	26,63	25,56	25,54	26,37
4	25,42	25,81	25,88	26,35	25,79	26,40	25,94
5	24,67	25,19	25,67	25,30	26,56	25,15	24,85
6	25,10	24,90	24,97	26,36	25,92	25,78	25,96
7	25,33	26,33	25,46	24,99	26,33	25,80	24,98
8	25,86	25,88	26,28	25,20	25,80	26,04	26,47
9	26,09	25,79	26,84	25,08	25,45	25,37	26,04
10	25,47	26,39	25,19	25,60	25,47	25,78	26,24
11	25,99	26,28	25,85	26,23	24,42	26,70	26,00
12	25,63	25,89	25,60	26,12	25,65	26,04	25,06
M.O	25,43	25,69	25,69	25,82	25,78	25,84	25,70
T.A.	0,44	0,73	0,53	0,56	0,62	0,43	0,58

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

3.1.3 Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η περιεκτικότητα σε τέφρα του ολικού σώματος της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 9,72% έως 11,73% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.3). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.3. Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε τέφρα της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	11,42	10,55	9,38	11,17	11,08	11,85	12,53
2	10,04	10,17	9,91	9,39	9,38	11,20	11,65
3	10,08	11,18	9,58	9,71	10,52	10,78	10,96
4	9,62	9,97	9,12	10,36	10,66	11,05	12,23
5	10,53	10,41	9,51	12,36	10,36	12,71	11,77
6	9,26	11,86	10,49	10,02	10,23	11,88	11,26
7	10,05	9,40	9,38	11,47	11,23	10,92	11,38
8	9,50	9,69	9,13	10,78	11,46	11,06	11,11
9	9,43	10,01	9,63	10,44	11,22	11,95	11,23
10	9,96	9,45	9,93	10,41	11,93	10,96	11,74
11	9,22	9,54	10,46	10,69	13,45	10,71	12,05
12	10,76	10,47	10,09	10,81	12,86	11,58	12,90
M.O	9,99	10,23	9,72	10,63	11,20	11,39	11,73
T.A.	0,63	0,70	0,44	0,76	1,08	0,58	0,57

Σημ.: Μ.Ο, μέσος όρος. Τ.Α., τυπική απόκλιση.

3.1.4 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 54,12% έως 55,82% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.4). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.4 Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε πρωτεΐνη της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	54,24	58,28	57,73	53,99	54,83	55,73	53,27
2	54,81	46,32	52,25	52,77	51,81	54,63	55,13
3	53,80	60,46	58,48	52,91	57,35	57,93	49,98
4	58,52	56,98	56,50	52,91	57,12	54,99	55,32
5	58,70	56,78	55,35	58,69	54,63	55,82	55,38
6	57,43	55,86	54,47	58,25	59,08	52,54	53,41
7	55,42	53,30	55,05	58,10	52,23	54,89	57,16
8	55,04	54,37	52,56	59,96	51,05	53,36	53,15
9	57,47	54,57	50,92	57,43	56,04	54,48	53,99
10	56,65	53,00	55,96	54,88	54,37	55,67	53,05
11	57,22	50,60	53,38	56,34	59,09	47,96	51,54
12	50,56	51,82	54,82	53,13	54,00	53,60	55,48
M.O	55,82	54,36	54,79	55,78	55,13	54,30	53,91
T.A.	2,33	3,76	2,24	2,65	2,69	2,43	1,95

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

3.1.5 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες

Η περιεκτικότητα σε λίπος στο ολικό σώμα της τσιπούρας κυμάνθηκε από 34,75% έως 36,72% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πιν. 3.5). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

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

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	33,96	31,59	40,42	36,67	34,16	33,64	33,88
2	35,08	44,59	35,76	36,00	39,09	35,46	33,53
3	37,59	31,09	30,36	39,80	33,92	34,87	38,77
4	35,15	35,99	35,17	35,94	33,56	36,25	34,49
5	29,96	33,67	36,50	31,41	36,35	31,59	33,79
6	35,69	33,49	32,81	34,87	30,53	35,30	35,69
7	36,51	38,30	35,77	30,87	35,18	36,31	30,70
8	36,87	31,26	37,87	33,15	35,66	36,50	36,96
9	32,25	35,85	39,56	32,22	33,74	32,61	36,60
10	35,03	38,39	32,83	33,32	35,45	32,48	37,35
11	35,04	38,90	34,54	35,84	30,02	40,49	35,72
12	39,14	37,54	35,61	36,94	63,03	35,64	35,14
M.O	35,19	35,89	35,60	34,75	36,72	35,09	35,22
T.A.	2,31	3,80	2,73	2,51	8,26	2,27	2,05

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

Πίνακας 3.6 Συγκενρωτικός πίνακας χημικών αναλύσεων (επί ξηράς ουσίας) για το ολικό σώμα της τσιπούρας (n=12).

	FM	POM 25	POM 25+	POM 35	POM 35+	POM 45	POM 45+
Υγρασία (% επί νωπού)	68.30 ± 2,44	68.89 ± 2.13	67.98 ± 1.39	68.23 ± 1.39	67.43 ± 0.94	67.23 ± 1.10	65.99 ± 0.96
Ενέργεια (%)	25.43 ± 0.44	25.69 ± 0.73	25.69 ± 0.53	25.82 ± 0.56	25.78 ± 0.62	25.84 ± 0.43	25.70 ± 0.58
Τέφρα (%)	9.99 ± 0.66	10.23 ± 0.74	9.72 ± 0.46	10.63 ± 0.80	11.20 ± 1.13	11.39 ± 0.61	11.73 ± 0.60
Πρωτεΐνη (%)	55.82 ± 2.33	54.36 ± 3.76	54.79 ± 2.24	55.78 ± 2.65	55.13 ± 2.69	54.30 ± 2.43	53.91 ± 1.95
Λίπος (%)	35.19 ± 2.41	35.89 ± 3.97	35.60 ± 2.85	34.75 ± 2.62	36.72 ± 8.63	35.09 ± 2.37	35.22 ± 2.14

3.2 Θρεπτική σύσταση μυϊκού ιστού τσιπούρας

3.2.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία του μυϊκού ιστού της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 26,10% έως 28,36% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.7). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.7 Περιεκτικότητα (%) σε υγρασία της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	27,98	25,03	26,27	25,82	27,12	26,48	29,29
2	28,13	27,36	28,44	25,54	28,54	27,42	27,54
3	26,71	27,68	26,47	28,36	28,17	26,92	27,41
4	27,75	25,75	27,58	34,50	29,26	25,74	27,72
5	27,80	24,70	27,20	25,96	28,70	27,80	27,74
M.O	27,67	26,10	27,19	28,04	28,36	26,87	27,94
T.A.	0,56	1,35	0,88	3,79	0,79	0,81	0,77

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

3.2.2 Περιεκτικότητα σε ενέργεια

Η περιεκτικότητα σε ενέργεια του μυϊκού ιστού της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 25,07% έως 26,19% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.8). Το 5ο δείγμα στη POM 35 πειραματική τροφή

απουσιάζει λόγω ανεπάρκειας ιστού. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.8 Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε ενέργεια της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	26,09	24,50	24,75	25,02	25,66	25,12	26,59
2	25,67	25,66	26,09	24,66	26,56	25,82	25,48
3	24,98	25,65	25,18	26,45	26,03	25,60	24,96
4	26,13	24,62	25,60	24,26	26,72	24,75	26,12
5	25,99	24,94	25,63	-	25,99	25,66	25,75
M.O	25,77	25,07	25,45	25,10	26,19	25,39	25,78
T.A.	0,48	0,55	0,51	0,96	0,44	0,44	0,62

Σημ.: Μ.Ο, μέσος όρος. Τ.Α., τυπική απόκλιση.

3.2.3 Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η περιεκτικότητα σε τέφρα του μυϊκού ιστού της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 5,01% έως 5,49% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.9). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.9 Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε τέφρα της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	5,26	5,66	5,57	5,31	5,41	5,48	4,85
2	5,29	5,44	5,23	5,68	4,98	5,14	5,30
3	5,76	5,23	5,32	5,01	5,07	5,34	6,11
4	5,21	5,59	5,33	5,93	4,88	5,51	5,06
5	5,18	5,38	5,12	5,53	4,71	5,41	5,23
M.O	5,34	5,46	5,31	5,49	5,01	5,38	5,31
T.A.	0,24	0,17	0,17	0,35	0,26	0,15	0,48

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

3.2.4 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του μυϊκού ιστού της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 70,79% έως 76,50% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.10). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.10 Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε πρωτεΐνη της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	70,78	79,66	75,66	76,60	73,41	75,86	68,40
2	70,73	72,90	68,45	78,42	69,64	72,47	73,28
3	75,42	71,38	74,91	69,01	71,51	73,31	75,73
4	71,33	77,55	72,72	79,92	67,99	77,43	70,59
5	72,30	77,71	72,49	78,55	71,42	71,67	70,80
M.O	72,11	75,84	72,85	76,50	70,79	74,15	71,76
T.A.	1,95	3,52	2,82	4,35	2,06	2,42	2,81

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

3.2.5 Περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες

Η περιεκτικότητα σε λίπος του μυϊκού ιστού της τσιπούρας διατρεφόμενη με τα πειραματικά σιτηρέσια κυμάνθηκε από 18,22% έως 25,64% σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν (Πίν. 3.11). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P>0.05$) διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Πίνακας 3.11 Περιεκτικότητα (% επί ξηράς ουσίας) σε λίπος της τσιπούρας διατρεφόμενη με ιχθυάλευρο ή άλευρο χοίρων σε διάφορα επίπεδα αντικατάστασης.

A/A	FM	POM25	POM25+	POM35	POM35+	POM45	POM45+
1	23,11	15,78	19,14	18,43	21,88	18,55	26,31
2	24,14	22,70	26,52	16,66	26,37	21,92	21,11
3	19,64	23,42	20,76	25,74	23,81	20,82	20,68
4	24,10	16,87	23,06	14,29	29,94	17,66	25,85
5	23,65	18,28	22,64	15,99	26,21	23,20	25,26
M.O	22,93	19,41	22,42	18,22	25,64	20,43	23,84
T.A.	1,88	3,46	2,77	4,46	3,04	2,31	2,72

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

Πίνακας 3.12 Συγκεντρωτικός πίνακας χημικών αναλύσεων (επί ξηράς ουσίας) για το μυϊκό ιστό της τσιπούρας (n=5)

	FM	POM 25	POM 25+	POM 35	POM 35+	POM 45	POM 45+
Υγρασία (% επί νωπού)	27,67 ± 0,56	26,10 ± 1,35	27,19 ± 0,88	28,04 ± 3,79	28,36 ± 0,79	26,87 ± 0,81	27,94 ± 0,77
Ενέργεια (%)	25,77 ± 0,48	25,07 ± 0,55	25,45 ± 0,51	25,10 ± 0,96	26,19 ± 0,44	25,39 ± 0,44	25,78 ± 0,62
Τέφρα (%)	5,34 ± 0,24	5,46 ± 0,17	5,31 ± 0,17	5,49 ± 0,35	5,01 ± 0,26	5,38 ± 0,15	5,31 ± 0,48
Πρωτεΐνη (%)	72,11 ± 1,95	75,84 ± 3,52	72,85 ± 2,82	76,50 ± 4,35	70,79 ± 2,06	74,15 ± 2,42	71,76 ± 2,81
Λίπος (%)	22,93 ± 1,88	19,41 ± 3,46	22,42 ± 2,77	18,22 ± 4,46	25,64 ± 3,04	20,43 ± 2,31	23,84 ± 2,72

4. Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα της έρευνας δείχθηκε ότι αντικατάσταση της διαιτητικής πρωτεΐνης ιχθυαλεύρου από άλευρο χοίρων σε όλα τα εξετασθέντα επίπεδα δεν επηρέασε σημαντικά την θρεπτική σύσταση ολόκληρου του σώματος και του μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*S. aurata*). Δεδομένου ότι όλες οι διατροφικές ομάδες ψαριών είχαν παρόμοια ανάπτυξη, πρόσληψη τροφής και μετατρεψιμότητας τροφής (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται), τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι το άλευρο χοίρων μεταβολίζεται και εναποτίθεται στους ιστούς του *S. aurata* σε επίπεδο παρόμοιο με το ιχθυάλευρο.

Οι μελέτες με την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο χοίρων στη διατροφή των εκτρεφόμενων ψαριών και καρκινοειδών είναι περιορισμένες λόγω της απαγόρευσης που επιβλήθηκε από την ΕΕ κατά το παρελθόν και επηρέασε επίσης τις στρατηγικές διαμόρφωσης τροφών σε ολόκληρο τον κόσμο. Σύμφωνα με τα ευρήματά μας, οι Hernández *etal.* (2010) ανέφεραν ότι η σύσταση του ολικού σώματος της τιλάπια (*Oreochromis niloticus*) δεν επηρεάστηκε από την ολική αντικατάσταση (100%) του ιχθυαλεύρου με άλευρο χοίρων. Επίσης, οι Hernández *etal.* (2008) που ασχολήθηκαν με τη λευκή γαρίδα του Ειρηνικού (*Litopenaeus vannamei*) ανέφεραν πως δεν υπήρξε μεταβολή στη σύνθεση του ολικού σώματος αυτού του είδους όταν το άλευρο χοίρων αντικατέστησε το ιχθυάλευρο έως και 65% στη διατροφή του. Από την άλλη πλευρά, οι Wang *etal.* (2012) διαπίστωσαν μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες στο σώμα του ιαπωνικού λαυρακιού (*Lateolabrax japonicus*), στο οποίο χορηγήθηκε δίαιτα με άλευρο χοίρου που αντικατέστησε το ιχθυάλευρο σε ποσοστό 50%. Παρόλα αυτά, στην ίδια μελέτη, δεν παρατηρήθηκαν άλλες αλλαγές στη χημική σύσταση του ψαριού. Στην ίδια μελέτη, οι συγγραφείς

επίσης διαπίστωσαν ότι η συμπλήρωση των σιτηρεσίων που περιείχαν άλευρο χοίρων με λυσίνη και μεθειονίνη οδήγησε σε ψάρια παρόμοιας περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες του σώματος με εκείνα που τράφηκαν με ιχθυάλευρο.

Συμπερασματικά, η διαιτητική αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από άλευρο χοίρων μέχρι και 45% δεν επηρέασε σημαντικά την θρεπτική σύσταση ολόκληρου του σώματος και του μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*S. aurata*). Δεδομένου, ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο χοίρων μέχρι και 45% δεν επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη της τσιπούρας και την αποδοτικότητα της τροφής (Psoufakis *et al.* 2018) συμπεραίνεται ότι το άλευρο χοίρων είναι μια κατάλληλη και αποδεκτή εναλλακτική πηγή ζωικής πρωτεΐνης για το σιτηρέσιο της τσιπούρας (*S. aurata*).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alasalvar C., Taylor K.D. (2002) Sea foods- Quality, Technology and Nutraceutical Applications. Springer, Germany, p. 3-8.
- AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, VA, USA, 16th ed.
- Arino A., Beltran J.A., Herrena A., Roncales P. (2005) Fish. In: Caballero B., Allen L., Prentice P. (eds) Encyclopedia of Human Nutrition, 2nd ed., Vol. 2, Oxford: Elsevier Science Ltd, p. 247-256.
- Chellapa S., Huntingford F., Strang R.H., Thompson R.Y. (1989) Annual variation in energy reserves in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. (Pisces, Gasterosteidae). *Journal of Fish Biology* 35:275-286.
- Childress J.J., Price M.H., Favuzzi J., Cowles D. (1990) Chemical composition of midwater fishes as a function of depth of occurrence off the Hawaiian Islands: food availability as a selective factor? *Marine Biology* 105:235-246.
- 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* 23:215-220.
- Dawson A.S., Grimm A.S. (1980) Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Journal of Fish Biology* 16:493-504.

- Drazen J.C. (2007) Depth related trends in proximate composition of demersal fishes in the eastern North Pacific. *Deep-Sea Research I* 54: 203-219.
- Dumas A., Lange C.F.M., France J., Bureau D.P. (2007) Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 273:165-181.
- Eliasson J.E., Vahl O. (1982) Seasonal variation in biochemical composition and energy content of liver, gonad, and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua*, from Balsfjoren, northern Norway. *Journal of Fish Biology* 20:707-716.
- El-Sayed.A.- F.M. (1999) Alternative dietary protein sources for farmed tilapia. *Oreochromis* spp. *Aquaculture* 179, 149-168
- FAO, 2006. State of World Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 500. IWAS/FRD, FAO Fisheries Department, Rome, Italy. 134 pp.
- Griffiths D., Krikwood R.C. (1995) Seasonal variation in growth, mortality and fat stores of roach and perch in Lough Neagh, northern Ireland. *Journal of Fish Biology* 47:537-554.
- Haard N. (1992) Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25:289-307.
- Henderson R.J., Tocher D.R. (1987) The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog. Lipid Res* 26:281-347.
- Hernández C., Olvera-Novoa M.A., Aguilar-Vejar K., González-Rodríguez B., de la Parra I.A. (2008). Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in

practical diets for Pacific white shrimp
(*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 277, 244–250.

Hernández C., Olvera-Novoa M.A., Hardy R.W., Hermosillo A., González B. (2010). Complete replacement of fish meal by porcine and poultry by-product meals in practical diets for fingerling Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: digestibility and growth performance. *Aquaculture Nutrition* 16, 44–53.

Holdway D.A., Beamish F.W.H. (1984) Specific growth rate and proximate body composition of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 81(2)147-170.

Hui H.H., Gross N., Kristinsson H.G., Lin M.H., Nip W.K., Siow L.F., Stanfield P.S. (2006) *Biochemistry of Sea Food Processing*. In: Hui Y.H. (ed) *Food biochemistry and food processing*, Blackwell Publishers, USA, pp. 351-366.

Huss H.H. (1998) *Quality and Quality Changes in Fresh Fish*, FAO fisheries technical paper 358, Rome, Italy, p. 20.

Jauncey K. (1998), *Tilapia Feeds and Feeding*. 2nd Edition. Pisces Press LTD, Stirling Scotland p. 235.

Karapanagiotidis I.T. (2017). Nutrient Profiles of Tilapia. In: *Tilapia in Intensive Culture* (P.W. Perschbacher and R.R. Stickney, eds.). World Aquaculture Society Book series, John Wiley & Sons, pp. 261-305.

- Lall S.P., Parazzo M.P. (1995) Vitamins in fish and shellfish. In: Ruiter (ed) Fish and fishery products, composition, nutritive properties and stability. Cab International, Wallingford, United Kingdom pp. 157-186.
- Larson R.G. (1991) Seasonal cycles of reserves in relation to reproduction in Sebastes. *Environmental Biology of fishes* 30:57-70.
- Leme P., Forero O., Owens F., Lusby K. (1978). Feather meal as a protein source for range cows. *Animal Research REPORT*, pp: 31-34. Oklahoma Agricultural Research Station.
- Love R.M. (1980) *The Chemical Biology of Fishes. Advances 1968–1977*, vol. 2, Academic Press, London, pp. 943.
- Miles R.D. and Chapman F.A. (2006) *The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets*. Institute of Food and Agricultural Sciences, pp: 1 – 6.
- Moretti A., M. Pedini, G. Citolin, & R. Guidastri, 1999. *Manual of Hatchery production of sea-bass and giltseabream Vol. 1* FAO, Rome 194 p.
- Nwogor U., Uche O., Ifeyinwa E., Emmanuel A. (2015). Effect of Locally Produced Blood Meal on Growth Performance and Packed Cell Volume of Broiler Chicks, *American Journal of Agriculture and Forestry*, 3(3): 105-108
- Seifdavati J., Navidshad B., Seyedsharifi R., Sobhani A. (2008). Effects of a locally produced blood meal on performance, carcass traits and nitrogen retention of broiler chickens, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(12): 1625-1629

- Shearer K.D. (1994) Factors affecting the proximate composition of culture fish with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 119:63-88.
- Sheridan M.A. (1988) Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comp. Biochemistry and Physiology* 90(4): 679-690.
- Sola L., Moretti A., Crosetti D., Karaiskou N., Magoulas A., Rossi A.R., Rye M., Triantafyllidis A. and Tsigenopoulos C.S. (2006) Gilthead seabream - *Sparus aurata*. In: "Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations." D. Crosetti, S. Lapègue, I. Olesen, T. Svaasand (eds). GENIMPACT project: Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native populations. A European network. Viterbo, Italy, pp. 6.
- Turchini G.M., Mentasti T., Froyland L., Orban E., Caprino F., Moretti V.M., Valfrè F. (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.). *Aquaculture* 225:251–267.
- Wang J., Yun B., Xue M., Wu X., Zheng Y., Li P. (2012). Apparent digestibility coefficients of several protein sources, and replacement of fishmeal by porcine meal in diets of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*, are affected by dietary protein levels. *Aquaculture Research* 43, 117–127
- Wiradimadja R., Rusmana D., Widjastuti T., Mushawwir A. (2007). Chicken slaughterhouse waste utilization (chicken feather meal treated) as a

source of protein animal feed ingredients in broiler chickens, *Lucrări Ştiinţifice – Seria Zootehnie*, 62 (19): 120-124

Zaboukas N., Miliou H., Megalofonou P., Moraitou- Apostolopoulou M. (2006) Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sardasarda* from the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity. *Journal of Fish Biology* 69: 347–362.

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

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

Καραπαναγιωτίδης Ι. (2018). Σημειώσεις του μαθήματος «Τεχνολογία Ιχθυοτρόφων». Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Σ. Κλαουδάτος & Δ. Κλαουδάτος (2012). Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων οργανισμών. Προπομπός, Αθήνα. Σελ229.

Παπαναστασίου Δ.Π. (1990) Τεχνολογία και ποιοτικός έλεγχος αλιευμάτων. Ιων, Αθήνα, σελ. 180-315.

Παπουτσόγλου Σ. (2008), Διατροφή Ιχθύων, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα

Σπάης Α. Β., Φλωρου-Πανέρη, Π. Χρηστάκη, Ε. (2002). Ζωοτροφές και σιτηρέσια. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:

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

<http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/gilthead-seabream/faqs/en/>

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en

ABSTRACT

Due to environmental malfunction that human fishery has caused in aquatic environment, fish farming seems to be the most effective solution. However, the aquaculture industry is highly depended on fishmeal as main protein source in fish diets. Global fishmeal production is stagnated over the last two decades and aquaculture is on search for alternative protein sources.

Processed animal protein of non-ruminants (PAP) is an alternative to fishmeal source of protein, which seems to be able to cover the nutritional requirements of farmed fish. In this study the proximate composition of whole body and muscle tissue of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed with diets containing porcine meal at various fishmeal replacement level was investigated. Studies evaluating porcine meal in fish diets are extremely limited due to ban of these feedstuffs in the European aqua feed chain from 2001 until 2013 regulating the spongiform encephalopathy.

For the experiment, fish of *Sparus aurata* of mean weight 40g were sampled from a feeding trial where they have been divided into dietary groups, each feeding on a different diet. The control group diet was exclusively with fishmeal, as source of animal protein. The other groups diets were with porcine meal, which replaced the fishmeal at a rate of 25%, 35% and 45%, without supplementation of essential amino acids (POM25, POM35 and POM45, respectively), or supplemented with lysine (POM25+, POM35+ and POM45+, respectively). At the end of the feeding trial, fish were euthanatized and from each group twelve (12) individuals were chosen for whole body proximate composition analysis and five (5) for muscle tissue.

The chemical analysis of proximate composition in whole body and muscle tissue were 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 crude protein ranged from 54,12% to 55,82% , of crude lipid from 34,75% to 36,72%, of ash from 9,72% to 11,73%, of gross energy from 25,43% to 25,84% and moisture from 65,99% to 68,89%. Correspondingly in muscle tissue crude protein ranged from 70,79% to 76,50%, crude lipid from 18,22% to 25,64%, ash from 5,01% to 5,49%, gross energy from 25,07% to 26,19% and to moisture from 26,10% to 28,36%. No significant differences were found among the whole body and muscle tissue proximate composition of the tested groups.

According to the results, porcine meal seems to be an effective substitute of fish meal without affecting the proximate composition of gilthead seabream. The results of this study are presented to international convention HydroMediT 2018 (8-11 November, Volos, Greece).

Keywords: Processed Animal Proteins of non-ruminants, gilthead seabream, porcine meal, fish meal.