



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Υψηλή υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο με ή  
χωρίς προσθήκη λυσίνης στο σιτηρέσιο της τσιπούρας  
(*Sparus aurata*)»**

**Βογιατζής Ιωάννης**

**Βόλος 2017**

**«Υψηλή υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο με ή χωρίς προσθήκη  
λυσίνης στο σιτηρέσιο της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :**

**1) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Επίκουρος Καθηγητής, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**,

**2 Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**,

**3) Νίκος Νεοφύτου**, Επίκουρος Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους κα. Παναγιώτα Παναγιωτάκη και κ. Νίκο Νεοφύτου.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτωρα Πιερ Ψωφάκη για την άμεση και ανιδιοτελή προσφορά του, όσον αφορά τη βοήθειά του στη διαχείριση των συστημάτων εκτροφής. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Στέφανο Κοντοτόλη και τις προπτυχιακές φοιτήτριες Καζοπίδη Ευγενία και Κυπραίου Χάρις για την βοήθειά τους κατά την διεξαγωγή του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου και στους δικούς μου ανθρώπους για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κλάδος των ιχθυοτροφών τα τελευταία χρόνια προσπαθεί να μειώσει την εξάρτησή του από τα ιχθυάλευρα και να βρει εναλλακτικές λιπιδικές και πρωτεϊνικές πηγές για την παρασκευή ιχθυοτροφών. Είναι αναγκαίο ο κλάδος να μειώσει την εξάρτησή του από τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια, τα τελευταία χρόνια υπάρχει τεράστια μείωση των αποθεμάτων με αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη αύξηση της τιμής τους. Επίσης, ένα άλλο θέμα είναι η αιφορική διαχείριση αυτών των αποθεμάτων

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών και συγκεκριμένα χοιραλεύρων, ως κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Ιχθύδια τσιπούρας, με αρχικό μέσο βάρος  $2,27 \pm 0,00\text{g}$ , μεταφέρθηκαν σε 9 γυάλινα ενυδρεία, στον σταθμό Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος. Στο κλειστό σύστημα κυκλοφορίας θαλασσινού νερού η θερμοκρασία ήταν  $21^{\circ}\text{C}$ , το pH  $8,00 \pm 0,4$  και η αλατότητα ήταν  $30 \pm 0,5\text{‰}$ . Τα ιχθύδια χωρίστηκαν σε 3 διατροφικές ομάδες (30 άτομα/δεξαμενή, 3 επαναλήψεις/διατροφική ομάδα), στις οποίες χορηγήθηκαν 3 διαφορετικά σιτηρέσια, το ταΐσμα γινόταν 2 φορές καθημερινά με το χέρι μέχρι κορεσμού για 60 ημέρες. Στο πρώτο σιτηρέσιο, η πηγή πρωτεΐνης αποτέλεσε αποκλειστικά το ιχθυάλευρο. Στα υπόλοιπα δύο πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστό 45%, 45% με προσθήκη του αμινοξέως λυσίνης. Συγκεκριμένα, τα σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά ( $20,9 \text{ MJ/kg}$  τροφής) καθώς και ισοπρωτεϊνικά (52% της τροφής).

Η επιβίωση των ψαριών δεν επηρεάστηκε από την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με το χοιράλευρο, η αύξηση του βάρους των ψαριών ήταν (12,31-11,87 g) και δεν υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στις διατροφικές ομάδες, ο δείκτης SGR ήταν (3,05-3,00g) και δεν υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στις διατροφικές ομάδες. Η

κατανάλωση της τροφής κυμάνθηκε μεταξύ (18,88-18,37g), ο δείκτης FCR ήταν (1,53-1,55) και παρουσίασε διαφορές σε σχέση με τον δείκτη FCR για την πρώτη διατροφική ομάδα που σιτίστηκε αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Τέλος, ο συντελεστής PER ήταν (1,27-1,26) και επίσης παρουσιάστηκαν διαφορές σε σχέση με την πρώτη διατροφική ομάδα.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το χοιράλευρο δυνητικά θα μπορούσε να αποτελέσει υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου βέβαια η αντικατάσταση στο συγκεκριμένο πείραμα είναι πολύ μεγάλη και στο μέλλον θα πρέπει να γίνουν πειράματα με μικρότερη αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου έτσι ώστε να φανεί αν είναι κατάλληλο για χρησιμοποίηση στην διατροφή της τσιπούρας.

**Λέξεις – Κλειδιά:** τσιπούρα, *Sparus aurata*, αντικατάσταση ιχθυαλεύρου, χοιράλευρο, ιχθυοκαλλιέργειες, διατροφή

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
1.1 Εκτροφή της τσιπούρας ( <i>Sparus aurata</i> ) .....	1
1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους .....	2
1.3 Χρήση ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές .....	5
1.4 Η ανάγκη αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου .....	6
1.5 Χρήση φυτικών αλεύρων .....	7
1.6 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης .....	8
1.7 Η πρωτεΐνη του χοιραλεύρου ως κύριο συστατικό των ιχθυοτροφών .....	11
1.8 Σκοπός της παρούσας εργασίας .....	13
<b>2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	14
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός .....	14
2.2 Σιτηρέσια-Σίτιση .....	16
2.3 Δειγματοληψίες .....	20
2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής .....	20
2.4.1 Θνησιμότητα .....	20
2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών .....	20
2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους .....	21
2.4.4 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης .....	21
2.4.5 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής .....	21
2.4.6 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών .....	22
2.5 Χημικές αναλύσεις .....	22
2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών .....	22
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων .....	23
2.5.3 Προσδιορισμός τέφρας .....	25
2.5.4 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας .....	25
2.6 Στατιστική ανάλυση .....	26
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	27
3.1 Θνησιμότητα .....	27
3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής .....	28
3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος .....	28
3.2.2 Αύξηση σωματικού βάρους την 30 <sup>η</sup> ημέρα πειράματος .....	28
3.2.3 Αύξηση σωματικού βάρους την 60 <sup>η</sup> ημέρα πειράματος (ολοκλήρωση πειράματος) .....	30
<b>4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	33

<b>4.1 ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ</b> .....	33
<b>4.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής</b> .....	34
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	42
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	43
<b>ABSTRACT</b> .....	48



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Η τσιπούρα *Sparus aurata* είναι ένα είδος Μεσογειακό και αποτελεί ένα από τα δύο κυριότερα εκτρεφόμενα είδη στις μεσογειακές και ελληνικές θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες. Το είδος είναι σαρκοφάγο (Froese & Pauly 2006), με στόμα ελαφρά προτεταμένο, εφοδιασμένο με δόντια προσαρμοσμένα στη σύνθλιψη των κελύφων των δίθυρων μαλακίων που αποτελούν την αγαπημένη τους τροφή.



Εικόνα 1.1: Η τσιπούρα *Sparus aurata* (FAO 2013)

Στο φυσικό περιβάλλον συχνά συναντάται σε υφάλμυρα και θαλασσινά νερά σε περιοχές με θαλασσινά λιβάδια Ποσειδωνίας, υφάλους και αμμώδη βενθικά υποστρώματα σε βάθος που φτάνει μέχρι και τα 150 μέτρα (Morretti *et al.*, 1999). Η τσιπούρα είναι ένα πελαγικό ευρύθερμο και ευρύαλο είδος. Αντέχει σε ένα σχετικά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από 4 έως 32°C αν και είναι σχετικά ευαίσθητο ψάρι στις χαμηλές θερμοκρασίες των βορείων περιοχών της Μεσογείου. Ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ 22 και 24°C (Klaoudatos & Apostolopoulos 1986). Η αντοχή της στις μεταβολές της αλατότητας έχουν εύρος από 0 έως 40 psu.

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 m<sup>3</sup> 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 *et al.* 2006).

Το 2014, η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας ήταν 158.389 τόνοι (FAO 2014), στην Ελλάδα η παραγωγή τσιπούρας το 2014 ήταν 65.000 τόνοι (FGM 2016). 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 διανέμονταν στην Κροατία, την Κύπρο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, το Μαρόκο, την Πορτογαλία, την Ισπανία και στην Τυνησία (FAO 2006).

## **1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους**

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 ζωής της. (Παπουτσόγλου 2008, FAO 2016).

**Πίνακας 1.1:** Θρεπτική σύσταση που απαιτείται στη διατροφή της τσιπούρας

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	-

**Πίνακας 1.2:** Απαραίτητα αμινοξέα που απαιτούνται στη διατροφή της τσιπούρας

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

**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) (Παπουτσόγλου 2008).

<b>Βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία</b>	<b>Εναρκτήρια σιτηρέσια</b>	<b>Σιτηρέσια κύριας εκτροφής</b>	<b>Σιτηρέσια γεννητόρων</b>
Βιταμίνη A (IU)	27.000	22.000	27.000
Βιταμίνη D (IU)	3.000	3.000	1.500
Βιταμίνη E (mg)	1.200	1.100	1.300
Βιταμίνη K (mg)	30	25	35
Βιταμίνη C (mg)	300	250	450
Θειαμίνη (βιταμίνη B <sub>1</sub> ) (mg)	50	30	50
Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B <sub>2</sub> ) (mg)	55	35	60
Παντοθενικό οξύ (βιταμίνη B <sub>5</sub> ) (mg)	130	120	130
Πυριδοξίνη (βιταμίνη B <sub>6</sub> ) (mg)	35	30	40
Κυανοκοβαλαμίνη (βιταμίνη B <sub>12</sub> ) (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
Παραμινοβενζ οϊκό 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

### 1.3 Χρήση ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές

Στην κατηγορία των πρωτεϊνικών πηγών που προέρχονται από ζωικά υποπροϊόντα ανήκουν τα ιχθυάλευρα. Αυτά τα άλευρα παρασκευάζονται από διάφορα είδη ψαριών (Ζέρβας 2007). Τα ιχθυάλευρα παράγονται ή από ολόκληρα ψάρια ή από υπολείμματα της βιομηχανικής επεξεργασίας τους ή και ακόμη μόνο από

τα εν λόγω υπολείμματα εφόσον αυτά προέρχονται από ψάρια μεγάλου μεγέθους. Τα ολόκληρα ψάρια ή και τα υπολείμματα τους υποβάλλονται σε αφυδάτωση, μετά από προηγούμενη αποστείρωση με άτμιση ή με απλή θέρμανση ακολουθώντας την υγρή ή την ξηρή μέθοδο αποστείρωσης. Τα ιχθυάλευρα έχουν σύσταση που ποικίλει πάρα πολύ γιατί εξαρτάται από το είδος των ψαριών και των υπολειμμάτων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Τα διάφορα ιχθυάλευρα περιέχουν ολικές πρωτεΐνες 55,5% ως 72,5%, λιπαρές ουσίες 3,5% ως 12%, τέφρα 10% ως 22,5% και υγρασία 7% ως 13%.(Σπαής 2002). Σύμφωνα με τη διεθνή εταιρία βιομηχανικών ιχθυαλεύρων τα διάφορα ιχθυάλευρα ταξινομούνται βάση της σύστασης τους σε πρωτεΐνες και λιπίδια ως εξής: 1) Ιχθυάλευρα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (>68%) και μικρής σε έλαια(<9%). 2) Ιχθυάλευρα κανονικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (64-68%). Τέτοια ιχθυάλευρα πρέπει να περιέχουν το πολύ 13% ελαίου. 3) Ιχθυάλευρα με κανονική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (64-68%) και περιεκτικότητα σε έλαιο μικρότερης από 6%. 4) Ιχθυάλευρα με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 60-64%. (Ζέρβας 2007) Τα πιο κοινά άλευρα που χρησιμοποιούνται είναι το ρεγγάλευρο, το αντσουγιάλευρο, το σαρδελλάρευρο και το σκουμπριάλευρο. (Σπαής 2002).

#### **1.4 Η ανάγκη αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου**

Η παγκόσμια παραγωγή των ιχθυαλεύρων τις τελευταίες δεκαετίες έχει μείνει στάσιμη και καθώς η ζήτηση τους ολοένα και αυξάνεται η τιμή τους χρόνο με το χρόνο αυξάνεται και αυτή. Στις πιέσεις της αγοράς προστίθενται και οι οικολογικές πιέσεις που αφορούν την βιωσιμότητα των ιχθυοπληθυσμών που αλιεύονται με σκοπό την παρασκευή ιχθυαλεύρων. Έτσι η τεχνολογία των ιχθυοτροφών έχει στραφεί στην εξεύρεση κατάλληλων εναλλακτικών συστατικών των ιχθυαλεύρων. Μιας και η

χρησιμοποίηση των λιπών και των αλεύρων που προέρχονται από ζωικά υποπροϊόντα είχε απαγορευτεί αν και προσφάτως επιτράπηκε πάλι η χρήση τους, η έρευνα έχει στραφεί προς τις φυτικής προέλευσης πρώτες ύλες.

### **1.5 Χρήση φυτικών αλεύρων**

Η υποκατάσταση των ιχθυαλεύρων από τα φυτικά άλευρα παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα. Όσον αφορά τα φυτικά άλευρα που χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατα του ιχθυαλεύρου, η καταλληλότητα τους εξετάζεται με κύριο γνώμονα την ανάπτυξη που προσδίδουν στους εκτρεφόμενους ιχθύες σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητά τους και τη χαμηλή τιμή διάθεσής τους στο εμπόριο. Τέτοια φυτικά άλευρα είναι το σογιάλευρο, το κραμβάλευρο, το φοινικάλευρο, το βαμβακάλευρο, το φυστικάλευρο, το ηλιάλευρο, το σουσαμάλευρο, το καρυδάλευρο, η γλουτένη αραβοσίτου, η γλουτένη σιταριού κ.ά. Ωστόσο, τα φυτικά άλευρα συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης και ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων, αλλά και διάφορους αντιδιατροφικούς παράγοντες, που αν δεν αδρανοποιηθούν, μέσω της κατάλληλης επεξεργασίας τους μπορεί να προκαλέσουν μείωση της ανάπτυξης, τοξικότητες και προβλήματα υγείας στους διατρεφόμενους ιχθύς (Καραπαναγιωτίδης 2012). Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι οι αναστολείς πρωτεϊνικών ενζύμων, το φυτικό οξύ, οι γλυκοζίτες, οι σαπωνίνες, οι τανίνες, οι λεκτίνες, οι ολικογοσακχαρίτες και οι μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες, τα φυτοοιστρογόνα, τα αλκαλοειδή, οι αντιγονικοί παράγοντες, η γκοσυπόλη κ.α. Οι αντιδιατροφικοί παράγοντες μπορούν να διαχωριστούν με βάση την αντοχή τους ή όχι στην θερμική επεξεργασία, η οποία θεωρείται και απλούστερος τρόπος καταστροφής τους (Αδαμίδου-Νέγκας 2012).

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει διενεργηθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνών μελετώντας τη μερική υποκατάσταση ή/ και την πλήρη αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές, διαφόρων εκτρεφόμενων ειδών όπως, π.χ. στον σολομό, στην ιριδίζουσα πέστροφα, στην τσιπούρα, στο λαβράκι, στον γάδο του Ατλαντικού και στο καλκάνι μεταξύ άλλων. Σύμφωνα με τους Bell & Wagboο 2008 τα σαλμονοειδή μπορούν να εκτραφούν με αντικατάσταση του ιχθυελαίου με φυτικά έλαια σε ποσοστό 100% ενώ η τσιπούρα και το λαβράκι έως 60%. Όσον αφορά το ιχθυάλευρο η υποκατάστασή του μπορεί να επιτευχθεί έως και 75% από φυτικά άλευρα χωρίς να υπάρχει μείωση στην ανάπτυξη της πέστροφας και της τσιπούρας, ενώ για το λαβράκι υπάρχουν μελέτες όπου η επιτυχία υποκατάστασης έφτασε το 98% (Καραπαναγιωτίδης 2012).

### **1.6 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης**

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 και έχει ορίσει τις ΜΖΠ-μη μηρυκαστικών ως <<ζωϊκές πρωτεΐνες που προέρχονται εξολοκλήρου από υλικά κατηγορίας 3 (μέρη σφαγέντων ζώων), τα οποία έχουν μεταποιηθεί ειδικώς ώστε να καθίστανται κατάλληλα προς απευθείας χρησιμοποίησή τους ως συστατικά ζωοτροφών .

Στο εμπόριο διατίθενται διάφορα συστατικά όπως πτηναλεύρων, υδρολυμένο πτεράλευρο, άλευρο χοίρων, αιματάλευρο, αιμογλοβίνη κλπ. Παρακάτω



παρουσιάζονται μερικά από τα πλεονεκτήματα των μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών:

- Φθηνότερα από ιχθυάλευρο
- Υψηλό επίπεδο πρωτεϊνών-συγκρίσιμο με ιχθυαλεύρου
- Υψηλό επίπεδο πεπτικότητας
- Ισορροπημένο προφίλ αμινοξέων
- Πλούσια σε βιταμίνη Α και φώσφορο
- Απουσία άπεπτων υδατανθράκων
- Απουσία αντιδιατροφικών παραγόντων

Τα κρεατάλευρα και τα οστεάλευρα αποτελούν μια σχετικά οικονομική πηγή πρωτεϊνών και έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν επιτυχώς για να αντικαταστήσουν εν μέρει τα ιχθυάλευρα στα σιτηρέσια αρκετών ειδών εκτρεφόμενων ιχθύων (Allan *et al.* 2000, Kikuc.hi *et al.* 1997) χωρίς να εμφανίζονται σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξή τους.

Όπως προαναφέρθηκε πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί με στόχο την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρα παρακάτω παρατίθεται ένας συνοπτικός πίνακας που αναφέρεται στις διάφορες αντικαταστάσεις σε τσιπούρα και τα αποτελέσματά τους.

**Πίνακας 1.4:** Αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με ζωϊκές πρωτεΐνες

Ζωϊκή πρωτεΐνη	Επιτυχημένη αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου	Πηγή
Κρεατάλευρο πουλερικών	75-100%	Negas <i>et al.</i> (1999)
Οστεο-κρεατάλευρο	20-40%	Robaina <i>et al.</i> (1997)
Αιματάλευρο Αιμογλοβίνη	10% <10%	Martinez-Liorens <i>et al.</i> (2012)
Πτηνάλευρο Πτεράλευρο	Τα MZΠ είχαν χαμηλότερη πεπτικότητα σε σχέση με την FM-τροφή  Το πτηνάλευρο ήταν πιο εύπεπτο από το πτεράλευρο	Davies <i>et al.</i> (2009)
Πτηνάλευρο	50% & 100% (χωρίς προσθήκη AA)  Μειωμένη ανάπτυξη της τσιπούρας	Ψωφάκης & συν. (2015)
Πτεράλευρο	25% και 25% με την προσθήκη μεθειονίνης και λυσίνης	Ψωφάκης & συν. (2016)

Δεδομένης της επιτυχημένης χρήσης των MZΠ-μη μηρυκαστικών στις ιχθυοτροφές, η δυνατότητα τους να μειώσουν περαιτέρω τα επίπεδα ένταξης των ιχθυαλεύρων στα σιτηρέσια θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω.

Οι μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να επικεντρωθούν στο βαθμό πεπτικότητας τους από τα ψάρια και στην επίδραση τους σε διάφορες μεταβολικές και φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού.

### **1.7 Η πρωτεΐνη του χοιραλεύρου ως κύριο συστατικό των ιχθυοτροφών**

Τα χοιράλευρα θα μπορούσαν δυνητικά να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση για την κάλυψη ενός μέρους των διατροφικών αναγκών των εκτρεφόμενων ψαριών, με την προϋπόθεση βέβαια ότι η ανάπτυξή τους και η ποιότητα της σάρκα τους δεν επηρεάζεται αρνητικά. Παρακάτω παρατίθεται συγκριτικός πίνακας της θρεπτικής σύστασης του ιχθυαλεύρου με αυτή του χοιραλεύρου.

**Πίνακας 1.5:** Συγκριτική ανάλυση της θρεπτικής σύστασης του ιχθυαλεύρου με το χοιράλευρο (Hernandez *et al.*, 2008).

	Ιχθυάλευρο	Χοιράλευρο
Ανάλυση % σε ξηρή ουσία		
Πρωτεΐνη	67,4	53,7
Λίπος	7,7	10,5
Τέφρα	12,8	24,1
Συντελεστής αφομοίωσης πρωτεΐνης	87,0	66,2
Αμινοξέα (AA %/100gr της πρωτεΐνης)		
Αλανίνη	7,5	8,9
Αργινίνη	6,6	8,8
Ασπαρτικό οξύ	9,2	8,4
Γλουταμινικό οξύ	16,6	14,5
Γλυσίνη	11,5	17,3
Ιστιδίνη	3,5	1,8
Ισολευκίνη	5,7	3,2
Λευκίνη	8,0	6,3
Λυσίνη	6,5	5,8
Μεθειονίνη	2,2	1,7
Φαινυλαλανίνη	4,9	3,2

Σερίνη	4,6	3,6
Θρεονίνη	2,3	4,3
Τυροσίνη	3,1	6,4
Βαλίνη	6,8	4,5

### 1.8 Σκοπός της παρούσας εργασίας

Τα ιχθυάλευρα στο μέλλον θα συνεχίσουν να αποτελούν πυλώνα για τις υδατοκαλλιέργειες λόγω της πολύ καλής θρεπτικής τους αξίας. Ωστόσο πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί όσον αφορά στην αντικατάστασης τους με άλλου τύπου ζωικές πρωτεΐνες. Αποτελεί πρόκληση λοιπόν για τις υδατοκαλλιέργειες τα προσεχή χρόνια να αναπτύξουν εναλλακτικές διατροφικές πηγές που θα μειώσουν την πίεση που ασκείται στα ιχθυάλευρα λόγω τις τεράστιας χρησιμοποίησή τους..

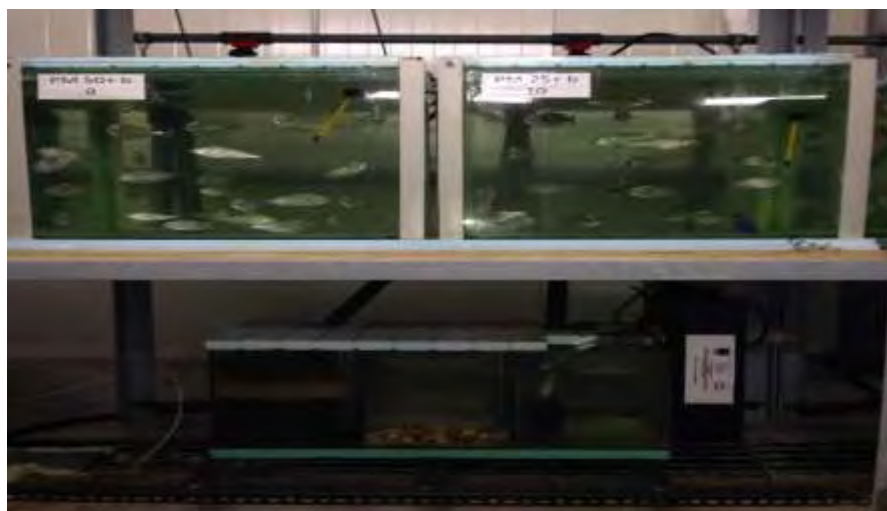
Σε αυτό το πλαίσιο κινείται η παρούσα έρευνα που προσπαθεί να χρησιμοποιήσει εναλλακτική πηγή πρωτεϊνών βάση της οποίας αποτελεί το χοιράλευρο σε συνδυασμό με την προσθήκη του απαραίτητου αμινοξέους της λυσίνης, της εκτρεφόμενης τσιπούρα (*Sparus aurata*).

## 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Για τη διεξαγωγή του πειράματος μεταφέρθηκαν, ιχθύδια του είδους *Sparus aurata* με αρχικό μέσο βάρος  $2,27 \pm 0,00$  gr σε ειδικό βαρέλι με παροχή οξυγόνου, από τον ιχθυογεννητικό σταθμό <<ΣΕΛΟΝΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΑ Α.Ε.Γ.Ε>> που έχει τις εγκαταστάσεις του στην Πελασγία Φθιώτιδος στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στον Βόλο, όπου έλαβε χώρα το πείραμα. Από τον αρχικό πληθυσμό των ιχθυδίων, 100 τοποθετήθηκαν σε πειραματικές δεξαμενές όπου αφέθηκαν για 10 ημέρες ώστε να εγκλιματιστούν στις συγκεκριμένες συνθήκες όπου η σίτιση τους γινόταν μια φορά την ημέρα. Το πείραμα διήρκησε συνολικά 60 ημέρες (Ιούλιο-Αύγουστο 2017).

Τα ιχθύδια μετά τον εγκλιματισμό τους, τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας θαλασσινού νερού. Συγκεκριμένα, οι πειραματικές εγκαταστάσεις αποτελούνταν από 9 ενυδρεία χωρητικότητας 120L το καθένα και ανά δύο ενυδρεία από ένα σύστημα μηχανικής-βιολογικής διήθησης του νερού, για την απομάκρυνση της αμμωνίας, των περιττωμάτων και των υπολειμμάτων τροφής. Καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης στο οποίο προσθέτονταν συνθετικό αλάτι ώστε η αλατότητα του νερού έως και 10% του συνολικού όγκου του ενυδρείου. Επίσης, για την νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων, τοποθετούνταν τόσο στο νερό του ενυδρείου όσο και μέσα στα φίλτρα, διάλυμα βακτηρίων, σε τακτά χρονικά διαστήματα.



**Εικόνα 2.1:** Διάταξη δεξαμενών και απεικόνιση του συστήματος φιλτραρίσματος-αποστείρωσης (φωτογραφία συγγραφέα).

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνταν έλεγχος για τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού. Εβδομαδιαία καταγράφονταν μετρήσεις για τη θερμοκρασία του νερού ( $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), το pH ( $8,00 \pm 0,4$ ), την αλατότητα ( $30 \pm 0,5\%$ ) και το διαλυμένο οξυγόνο ( $>6,5\text{ mg/l}$ ) με τη χρήση φορητών ηλεκτρονικών οργάνων. Επιπρόσθετα, σε τακτά χρονικά διαστήματα προσδιορίζονταν η συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας ( $<0,5\text{ mg/l}$ ), των νιτρικών και νιτρωδών, με τη χρήση εμπορικών test-kits. Η τεχνητή φωτοπερίοδος που εφαρμόστηκε ήταν 12 ώρες φως – 12 ώρες σκότους με την εναλλαγή να πραγματοποιείται στις 08:00 και 20:00, αντίστοιχα.

Τα ιχθύδια διαχωρίστηκαν σε 3 διατροφικές ομάδες, όπου η κάθε μια λάμβανε και διαφορετικό σιτηρέσιο. Η κάθε διατροφική ομάδα αποτελούνταν από 90 ιχθύδια τα οποία κατανεμήθηκαν σε υποομάδες των 30 ατόμων σε 3 ενυδρεία.

## 2.2 Σιτηρέσια-Σίτιση

Τα σιτηρέσια που χορηγήθηκαν παρασκευάστηκαν στις εγκαταστάσεις του Τμήματος με τη μέθοδο της κοινής πελλετοποίησης και με τη χρήση της ειδικής πελλετομηχανής που υπάρχει τύπου California Pellet Mill. Η μηχανή αυτή παράγαγε σύμπηκτα τα οποία ήταν βυθιζόμενα και διαμέτρου 1,5 mm. Τα τρία σιτηρέσια παρασκευάστηκαν έτσι ώστε να είναι ισοενεργειακά (20,9 MJ/Kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά ( 52% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη).



**Εικόνα 2.2:** Πελλετομηχανή τύπου California Pellet Mill (φωτογραφία συγγραφέα)

Στην 1<sup>η</sup> τροφή ως κύρια πηγή πρωτεΐνης χρησιμοποιήθηκε το ιχθυάλευρο, στην 2<sup>η</sup> τροφή υπήρξε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 45% από το χοιράλευρο ενώ στην 3<sup>η</sup> τροφή επίσης η αντικατάσταση ήταν σε ποσοστό 45% και επίσης προστέθηκε λυσίνη σε ποσοστό έτσι ώστε να εξισορροπηθεί η μείωση της από την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου. Έτσι συνοπτικά είχαμε τρεις διατροφικές ομάδες την 1<sup>η</sup> στην οποία η τροφή περιείχε μόνο ιχθυάλευρο την 2<sup>η</sup> στην οποία είχαμε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 45% με χοιράλευρο και τέλος



την 3<sup>η</sup> στην οποία η αντικατάσταση ήταν επίσης 45% με την προσθήκη όμως του αμινοξέος της λυσίνης.

Τα κύρια συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των τροφών ήταν εκτός από το ιχθυάλευρο και το χοιράλευρο η γλουτένη καλαμποκιού. Επίσης το άλευρο σιταριού προστέθηκε στις τροφές και έτσι μαζί με την γλουτένη καλαμποκιού αποτελούσαν τις κύριες πηγές φυτικών πρωτεϊνών και υδατανθράκων. Οι απαραίτητες πηγές πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που απαιτούνταν για την σωστή ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ψαριών προστέθηκαν στις τροφές μέσω του ιχθυελαίου που κατά κύριο λόγο αποτελεί την κύρια πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών. Όσον αφορά τα μικροσυστατικά που ενσωματώθηκαν σε κρυσταλλική μορφή στις τροφές αυτά ήταν το πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων, το φωσφορικό μονασβέστιο (MCP), η λυσίνη, η βιταμίνη E, η βιταμίνη C.

Η χορήγηση της τροφής γινόταν καθημερινά με το χέρι, 2 φορές την ημέρα, για τις πρώτες 30 μέρες και λάμβανε χώρα στις 11 π.μ. και στις 17 μ.μ..

**Πίνακας 2.1:** Συστατικά και θρεπτική σύσταση (% επί της νωπής ουσίας) των πειραματικών σιτηρεσίων

Συστατικά (%)	FM	POM45	POM45+
Ιχθυάλευρο	59,00	32,45	32,45
Χοιράλευρο	0,00	28,00	28,00
Γλουτένη καλαμποκιού	19,30	18,70	17,80
Σιτάρι, αλεύρι	9,70	13,30	13,45
Ιχθυέλαιο	11,10	6,55	6,60
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία	0,40	0,40	0,40
MCP	0,40	0,40	0,40
Λυσίνη	0,00	0,00	0,75
Βιταμίνη E	0,10	0,10	0,10
Βιταμίνη C	0,10	0,10	0,10
Χημική σύσταση (%)	FM	POM 45	POM45+
Υγρασία	6,5	6,5	6,4
Πρωτεΐνη	52	52	52
Λίπος	16,3	14,3	14,3
Υδατάνθρακες <sup>1</sup>	12	16,4	16,3
Τέφρα	12,8	10,6	10,6
Ενέργεια (KJ/g)	20,9	20,9	20,9

Η χημική σύσταση των τροφών αναλύθηκε εργαστηριακά. Η περιεκτικότητα των υδατανθράκων υπολογίστηκε μετά από αφαίρεση από το 100 του συνόλου των πρωτεϊνών των λιπιδίων και της τέφρας. Οι ολικές αζωτούχες ουσίες προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Kjeldahl. Οι ολικές λιπαρές ουσίες προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995). Η ξηρή ουσία υπολογίστηκε μετά

από την ξήρανση σε φούρνο των δειγμάτων και μετέπειτα ζύγισή τους, ενώ η τέφρα υπολογίστηκε μετά την τοποθέτηση των δειγμάτων στον ειδικό αποτεφρωτήρα και τη μετέπειτα ζύγισή τους.

**Πίνακας 2.2:** Η σύσταση του προμίγματος βιταμινών και ανόργανων στοιχείων.

<b>Συστατικά</b>	<b>Ποσότητα (mg) / Kg προμίγματος</b>
<u>Βιταμίνες</u>	
Βιταμίνη E (90% α-τοκοφερολη)	58.333
Βιταμίνη K3	3.333
Βιταμίνη B1	3.333
Βιταμίνη B2	6.666
Βιταμίνη B6	3.333
Βιταμίνη B12	10
Νικοτινικό οξύ	16.666
Παντοθενικό οξύ	13.333
Φολικό οξύ	3.333
Βιοτίνη	100
Βιταμίνη C (μορφή Stay C)	33.333
<u>Ανόργανα στοιχεία</u>	
Μαγγάνιο (οξειδίο)	10.000
Ψευδάργυρος (οξειδίο)	33.333
Ιωδιούχο ασβέστιο (62% Ca)	400
Σεληνιώδες νάτριο (1% σελήνιο)	84
Ανθρακικό κοβάλτιο (51% κοβάλτιο)	333
<u>Άλλες ουσίες</u>	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333
Άλευρο για μίξη	416.666

### 2.3 Δειγματοληψίες

Η εκτροφή των ιχθυδίων διήρκησε 60 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις βάρους. Η πρώτη μέτρηση έγινε κατά την έναρξη του πειράματος την 30<sup>η</sup> ημέρα πραγματοποιήθηκε η δεύτερη και η τελική μέτρηση έγινε την 60<sup>η</sup>. Το μήκος των ιχθύων μετρήθηκε μόνο κατά την έναρξη του πειράματος. Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις έγινε αναισθητοποίηση των ιχθύων με φαινοξιθανόλη σε συγκέντρωση 0,10 ml/l. Έπειτα κάθε ιχθύδιο ζυγίστηκε ατομικά σε ζυγό ακριβείας με δύο δεκαδικά ψηφία.

### 2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.

#### 2.4.1 Θνησιμότητα

Καθημερινά πραγματοποιούνταν η καταγραφή της θνησιμότητας για κάθε δεξαμενή ξεχωριστά και υπολογιζόταν με τον παρακάτω τύπο:

Θνησιμότητα % =  $(\text{αρχικός αριθμός ψαριών} - \text{τελικός αριθμός ψαριών}) / \text{αρχικός αριθμός ψαριών} * 100$

#### 2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

Η αύξηση του ολικού βάρους είναι το καθαρό βάρος του σώματος των ψαριών που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

Αύξηση ολικού βάρους (g) =  $W_t$  (τελικό βάρος) –  $W_a$  (αρχικό βάρος)

### 2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους

Το ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους αντιπροσωπεύει την εκατοστιαία (%) αύξηση του βάρους σώματος και υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ποσοστό αύξησης βάρους (\%)} = [(W_{\text{τελικό}} - W_{\text{αρχικό}}) / W_{\text{αρχικό}}] * 100$$

### 2.4.4 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (specific growth rate, SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους του ψαριού στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{SGR (\% / ημέρα)} = \{100 \times [\text{Ln}(W_2) - \text{Ln}(W_1)] / \text{ημέρες σίτισης}\}$$

Όπου,

$\text{Ln}(W_2)$  = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

$\text{Ln}(W_1)$  = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

### 2.4.5 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (food conversion ratio, FCR) εκφράζει τον βαθμό αξιοποίησης της τροφής από τα ψάρια και δίνεται από τον λόγο της ποσότητας της τροφής που χορηγήθηκε προς την αύξηση του ολικού βάρους τους. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{FCR} = \text{τροφή που χορηγήθηκε (g)} / \text{αύξηση βιομάζας των ζωντανών ιχθύων (g)}.$$

#### 2.4.6 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών

Ο συντελεστής αποδοτικότητας των πρωτεϊνών (protein efficiency ratio, PER) εκφράζει την αναλογία μεταξύ της αύξησης βάρους των ψαριών και της πρωτεΐνης που καταναλώθηκε. Ο συντελεστής υπολογίζεται από την σχέση:

$$\text{PER} = \text{αύξηση βάρους (g)} / \text{πρωτεΐνη που καταναλώθηκε (g)}$$

### 2.5 Χημικές αναλύσεις

#### 2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα πειραματικά σιτηρέσια έγινε με τη μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995) Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2 g 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 150 ml 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,

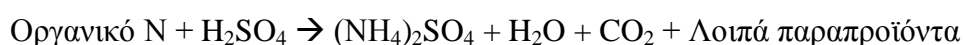
απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15 min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαικού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15 min στους 105°C. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και πάρθηκαν οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

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

### 2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

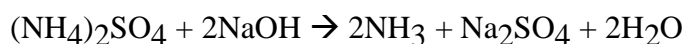
Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών των πειραματικών σιτηρεσιών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995) Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων έχει ως εξής:

Σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα τροφών - μυϊκών ιστών βάρους 0,2 g (3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα) και μεταφέρθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες πέψης. Προστέθηκαν 2 ταμπλέτες καταλύτη Kjeltabs (5 g Potassium Sulphate  $K_2SO_4$  και 5 g copper (II) Sulphate  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) για να επιταχυνθεί η αντίδραση της πέψης. Στη συνέχεια, προστέθηκαν στα δείγματα 15 ml πυκνού θεικού οξέως ( $H_2SO_4$ ) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltec 2000. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους 150°C για 85min. Με τη συσκευή πέψης επιτυγχάνεται το βράσιμο των δειγμάτων και με τη βοήθεια του πυκνού θεικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με τη μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:



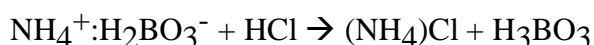
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15min.

Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H<sub>2</sub>O, 80 ml NaOH και 50 ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Η αμμωνία (NH<sub>4</sub>) έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ (H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>) και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



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 συνεχούς 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:

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



### 2.5.3 Προσδιορισμός τέφρας

Σε πυρίμαχα δοχεία ζυγίζουμε τροφής βάρους 1,5 g, σε ζυγαριά ακρίβειας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια τοποθετούνται τα δείγματα στον αποτεφρωτήρα, η διαδικασία πραγματοποιείται στους 600°C για 24h (AOAC 1990). Μετά το πέρας του 24ώρου τα δείγματα μένουν για 1h ώστε να κρυσώσουν. Στην συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις βάρους των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τέφρα (%) υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

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

### 2.5.4 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας στα πειραματικά σιτηρέσια πραγματοποιήθηκε με την συλλογή δειγμάτων, αντίστοιχα, βάρους 1,5 g και ακολούθως την ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C (AOAC 1995). Στη συνέχεια, αφού πέρασε ο χρόνος ξήρανσης, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min 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,

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

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

## 2.6 Στατιστική ανάλυση

Όλα τα δεδομένα επεξεργάσθηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές  $P < 0,05$ . Στις περιπτώσεις όπου η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Zar 1999).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Θνησιμότητα

Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος σημειώθηκαν θνησιμότητες των ιχθυδίων και των τριών διατροφικών ομάδων σε ποσοστό 3,66% (33 ψάρια στο σύνολο 270). Πιο συγκεκριμένα (Πιν. 3.1) για τη διατροφική ομάδα FM καταγράφηκε ποσοστό θνησιμότητας  $4,33 \pm 1,52$  %. Για τη διατροφική ομάδα POM 45,  $3,66 \pm 3,00$ % και τέλος για την ομάδα POM 45+  $3,66 \pm 3,05$ %. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τη θνησιμότητα ανάμεσα σ' όλες τις διατροφικές ομάδες ( $P > 0,05$ ).

**Πίνακας 3.1:** Θνησιμότητες (N, αριθμός τελικών ατόμων) και ποσοστό (% του συνολικού αρχικού πληθυσμού). Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους  $\pm$  τυπική απόκλιση.

	ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ		
	FM	POM 45	POM 45+
N	$4,33 \pm 1,5$	$3,00 \pm 3,61$	$3,67 \pm 3,06$
%	$14,44 \pm 5,09$	$10 \pm 12,02$	$12,22 \pm 10,18$

Σημ: Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων όσον αφορά την θνησιμότητα στο τέλος του πειράματος.

## 3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

### 3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το αρχικό μέσο βάρος και μήκος των ιχθυδίων κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τα άτομα που τοποθετήθηκαν στα ενυδρεία ήταν για το FM  $2,27 \pm 0,16$  g και  $6,0 \pm 0,2$ cm, για το POM 45  $2,27 \pm 0,26$  g και  $6,0 \pm 0,3$ cm και τέλος για το POM 45+  $2,27 \pm 0,27$  g και  $6,0 \pm 0,3$  cm, αντίστοιχα. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αρχικό βάρος και το αρχικό μήκος των ατόμων ( $P > 0,05$ ) κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος.

Πίνακας 3.2: Αρχικό μέσο βάρος (g) και αρχικό μέσο ολικό μήκος (cm) των ιχθύων κατά την έναρξη του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους  $\pm$  τυπική απόκλιση.

	FM	POM45	POM 45+
<b>Αρχικό Βάρος (g)</b>	$2,27 \pm 0,16$	$2,27 \pm 0,26$	$2,27 \pm 0,27$
<b>Αρχικό Μήκος (cm)</b>	$6,3 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,3$	$6,0 \pm 0,3$

Σημ.: Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων, τόσο στο αρχικό βάρος όσο και στο αρχικό μήκος των ψαριών ( $P > 0,05$ ).

### 3.2.2 Αύξηση σωματικού βάρους την 30<sup>η</sup> ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 30<sup>η</sup> ημέρα (Πιν. 3.3) του διατροφικού πειράματος ήταν για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο FM  $7,14 \pm 0,18$  g για τα άτομα που διατράφηκαν με POM 45  $6,86 \pm 0,03$ g και τέλος, τα άτομα που διατράφηκαν με POM 45+  $6,67 \pm 0,35$ g. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι δεν υπήρξαν διαφορές για το μέσο βάρος των ψαριών όλων των διατροφικών ομάδων. ( $P > 0,05$ ).

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους για την 30<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος (Πιν. 3.3) ήταν για το FM  $4,87 \pm 0,00\text{g}$  για το POM 45  $4,58 \pm 0,00\text{g}$  και τέλος για το POM 45+  $4,39 \pm 0,00\text{g}$ . Η μέση αύξηση του βάρους όλων των διατροφικών ομάδων δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ).

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών μέχρι την 30<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος (Πιν. 3.3) ήταν για την ομάδα που διατράφηκε με FM ήταν  $5,96 \pm 0,10\text{g}$  για τα ψάρια που διατράφηκαν με POM 45 ήταν  $6,34 \pm 0,13\text{g}$  και τέλος για τα ψάρια που διατράφηκαν με POM 45+ ήταν  $6,47 \pm 0,31\text{g}$ . Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε διαφορές για τις διατροφικές ομάδες, αλλά φαίνεται μια τάση για αύξηση της κατανάλωσης για τις δίαιτες POM 45 και POM 45+ σε σχέση με τη δίαιτα FM.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.3) ήταν για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας FM,  $3,82 \pm 0,08\%/ημέρα$  για τα ψάρια της POM 45 διατροφικής ομάδας  $3,68 \pm 0,01\%/ημέρα$  και για τα ψάρια της POM 45+ διατροφικής ομάδας και  $3,59 \pm 0,17\%/ημέρα$ . Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε διαφορές στον δείκτη SGR για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις των ψαριών ( $P > 0,05$ ).

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.3) ανά διατροφική ομάδα ήταν για την FM  $1,22 \pm 0,06\%$  για το POM 45  $1,38 \pm 0,03\%$  και τέλος για το POM 45+  $1,48 \pm 0,14\%$ , αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι το FCR της διατροφικής ομάδων POM 45+ διέφερε στατιστικά σε σχέση με την διατροφική ομάδα FCR ( $P < 0,05$ ).

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με την τροφή FM  $1,61 \pm 0,07$ , για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας POM 45 ήταν  $1,45 \pm 0,03$  και τέλος για την διατροφική ομάδα POM 45+  $1,42 \pm 0,02$ . Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι για την διατροφική ομάδα και POM 45+ ο δείκτης PER διαφέρει στατιστικά ( $P < 0,05$ ).

**Πίνακας 3.3:** Σωματικό βάρος (g) και αύξηση βάρους (g) των ιχθύων, SGR (%/ημ) και FCR κατά την 30<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους  $\pm$  τυπική απόκλιση.

	FM	POM 45	POM 45+
<b>Σωματικό βάρος (g)</b>	7,14 $\pm$ 0,18	6,86 $\pm$ 0,03	6,67 $\pm$ 0,35
<b>Αυξ. βάρους (WG, g)</b>	4,88 $\pm$ 0,17	4,59 $\pm$ 0,03	4,40 $\pm$ 0,35
<b>Συν. κατανάλωση (g)</b>	5,96 $\pm$ 0,10 <sup>ab</sup>	6,34 $\pm$ 0,13 <sup>abc</sup>	6,47 $\pm$ 0,31 <sup>bc</sup>
<b>SGR (%/ημ.)</b>	3,82 $\pm$ 0,08	3,68 $\pm$ 0,01	3,59 $\pm$ 0,17
<b>FCR</b>	1,22 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,38 $\pm$ 0,03 <sup>ab</sup>	1,48 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>
<b>PER</b>	1,61 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	1,45 $\pm$ 0,03 <sup>ab</sup>	1,42 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>

**Σημ:** Τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P < 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

### 3.2.3 Αύξηση σωματικού βάρους την 60<sup>η</sup> ημέρα πειράματος (ολοκλήρωση πειράματος)

Στο τέλος του πειράματος το μέσο βάρος των ψαριών ήταν για τα άτομα που διατράφηκαν με FM 15,87 $\pm$  0,36g για τα ψάρια που διατράφηκαν με το POM 45 14,58 $\pm$  0,22g και τέλος για αυτά που διατράφηκαν με POM 45+ 14,14  $\pm$  0,22g. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μετά το τέλος του πειράματος ( $P > 0,05$ ).

Η αύξηση βάρους και η συνολική κατανάλωση των ψαριών ήταν για το FM 13,60  $\pm$  0,35g και 17,98  $\pm$  0,36g, για το POM 45 12,31  $\pm$  0,22g και 18,88  $\pm$  0,43g και τέλος για το POM 45+ 11,87  $\pm$  0,95g και 18,37  $\pm$  0,71g αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις διατροφικές ομάδες όσον αφορά την αύξηση τους βάρους και την κατανάλωση ( $P > 0,05$ ).

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) των ψαριών ήταν για το FM  $3,19 \pm 0,03$  για το POM 45  $3,05 \pm 0,02$  και τέλος για το POM 45+  $3,00 \pm 0,11$ . Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις μεταχειρίσεις ( $P > 0,05$ ).

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) των ψαριών ήταν για το FM  $1,32 \pm 0,06$ , για το POM 45  $1,53 \pm 0,05$  και για το POM 45+  $1,55 \pm 0,13$ . Η στατιστική ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά για τις διατροφική ομάδα POM 45+ ( $P < 0,05$ ).

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) καταγράφηκε για τα ψάρια της FM  $1,47 \pm 0,03$ , για την POM 45  $1,27 \pm 0,04$  και τέλος για την POM 45+  $1,26 \pm 0,1$ . Στατιστικά ο δείκτης PER παρουσίασε διαφορά για τη διατροφική ομάδα POM 45+ ( $P < 0,05$ ).

**Πίνακας 3.4:** Μέσο βάρος (g), και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθυδίων ανά διατροφικό σιτηρέσιο κατά την ολοκλήρωση του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους  $\pm$  τυπική απόκλιση.

	FM	POM 45	POM 45+
<b>Τελ. βάρος (g)</b>	15,87 $\pm$ 0,36	14,58 $\pm$ 0,22	14,14 $\pm$ 0,95
<b>Αυξ. βάρους (WG, g)</b>	13,60 $\pm$ 0,35	12,31 $\pm$ 0,22	11,87 $\pm$ 0,95
<b>Συν. κατανάλωση (g)</b>	17,98 $\pm$ 0,36	18,88 $\pm$ 0,43	18,37 $\pm$ 0,71
<b>SGR (%/ημ.)</b>	3,19 $\pm$ 0,03	3,05 $\pm$ 0,02	3,00 $\pm$ 0,11
<b>FCR</b>	1,32 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,53 $\pm$ 0,05 <sup>ab</sup>	1,55 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>
<b>PER</b>	1,47 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,27 $\pm$ 0,04 <sup>ab</sup>	1,26 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>

**Σημ:** Τιμές που δεν αντιπροσωπεύονται από τον ίδιο εκθέτη δείχνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P < 0,05$ ) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.





## 4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ

Από τα αποτελέσματα του πειράματος φάνηκε ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστό 45% και 45% με προσθήκη λυσίνης δεν επηρέασε την επιβίωση των ψαριών που σιτίστηκαν με αυτά. Τα ποσοστά θνησιμότητας αυτών των δυο διατροφικών ομάδων ήταν παρόμοια σε σχέση με το ποσοστό των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Έτσι το χοιράλευρο κρίνεται ως κατάλληλο για να αποτελέσει ιχθυοτροφή για την τσιπούρα.

Διάφορες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί και έχουν δείξει τα παραπάνω αποτελέσματα. Οι Hernandez *et al.* (2008), πραγματοποίησαν αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστό 25, 35, 45, 55, 65% στην εκτροφή της λευκής γαρίδας του ειρηνικού (*Litopenaeus vannamei*) και η επιβίωση των ψαριών σε όλες τις διατροφικές ομάδες κυμαίνονταν σε ποσοστά πάνω από 90%, έτσι φαίνεται ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο δεν επηρεάζει την επιβίωση των γαρίδων. Στη μελέτη των Hu *et al.* (2008) όπου πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με σιτηρέσια που περιείχαν παραπροϊόντα πουλερικών, κρεάτων και οστών σε ποσοστό 33,3% και επίσης προσθήκη αμινοξέων λυσίνης και μεθειονίνη στην εκτροφή κυπρίνου (*Carassius auratus gibelio*), η επιβίωση ήταν σε ποσοστό 100%. Σε άλλη έρευνα των Hu *et al.* (2012) όπου πραγματοποιήθηκε για την εκτροφή του ιαπωνικού λαβρακιού *Lateolabrax japonicus* αντικαθιστώντας το ιχθυάλευρο με μίγμα ζωικών πρωτεϊνών το οποίο περιείχε παραπροϊόντα πουλερικών χοιρινό κρέας οστεάλευρο και αιματάλευρο, οι αντικαταστάσεις ήταν σε ποσοστό 20, 40, 60, 80% και υπήρχε προσθήκη αμινοξέων μεθειονίνης, λυσίνης και θρουονίνης. Σε αυτή την έρευνα η επιβίωση των ψαριών μετά το τέλος του πειράματος ήταν σε ποσοστό 98% σε όλες τις διατροφικές ομάδες, φαίνεται ότι το ζωικό μίγμα

πρωτεϊνών δεν επηρεάζει την επιβίωση των ψαριών. Οι Kikuchi *et al.* (1997), σε εκτροφή της Ιαπωνικής γλώσσας, πραγματοποίησαν αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρέας και οστεάλευρο σε ποσοστά 9, 18, 36 και 44% αντίστοιχα με την προσθήκη των απαραίτητων αμινοξέων μεθειονίνη λυσίνη και τρυπτοφάνη. Στην έρευνα αυτή η επιβίωση των ψαριών στην ομάδα μάρτυρα όπου η τροφή περιείχε μόνο ιχθυάλευρο ήταν αυξημένη σε σχέση με τις άλλες διατροφικές ομάδες.

Όσον αφορά την τσιπούρα δεν υπάρχουν αντίστοιχες μελέτες με την χρήση χοιραλεύρου. Σε εργασία των Ψωφάκη & συν (2015) στην τσιπούρα με αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο και υδρολυμένο πετράλευρο σε ποσοστά 50 και 100%, η επιβίωση των ψαριών ήταν παρόμοια για τις αντικαταστάσεις 50 και 100% με πτηνάλευρο αλλά και 50% με πετράλευρο σε σχέση με την τροφή που περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο, αλλά διέφερε σημαντικά όταν η αντικατάσταση ήταν 100% με υδρολυμένο πετράλευρο όπου ήταν σημαντικά μειωμένη.

#### **4.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής**

Έπειτα από 60 ημέρες πειράματος η αύξηση του σωματικού βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που διατράφηκαν με χοιράλευρο φαίνεται πως είναι κάπως μειωμένα χωρίς όμως να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Αυτό δείχνει ότι η υψηλή αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο στη διατροφή της τσιπούρας δεν μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξης πάντως θα πρέπει να εξεταστεί και η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε μικρότερο ποσοστό καθώς μπορεί τα αποτελέσματα να είναι καλύτερα. Επίσης φαίνεται ότι η προσθήκη της λυσίνης δεν επηρέασε θετικά την ανάπτυξη της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι το αμινοξύ λυσίνη μπορεί να μην είναι το

πρώτο οριακό αμινοξύ, η λυσίνη θεωρήθηκε ως το πρώτο οριακό αμινοξύ βάση των στοιχείων που δόθηκαν από τους προμηθευτές. Η ομοιότητα των τιμών της αύξησης βάρους για τα ψάρια που σιτίστηκαν με χοιράλευρο σε σχέση με αυτά που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο παρατηρήθηκε ήδη από τις πρώτες 30 ημέρες.

Σε έρευνα του Millamena (2002), στην εκτροφή του είδους *Epinephelus coioides* όπου πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο σε ποσοστό έως 100% παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του βάρους των ψαριών ήταν παρόμοια με αυτά που διατρέφθηκαν με ιχθυάλευρο σε ποσοστό αντικατάστασης έως 80%. Η αύξηση βάρους αλλά και ο ειδικός ρυθμός αύξησης των ψαριών ήταν μειωμένα όταν έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο σε ποσοστό 100%, σύμφωνα με τον συγγραφέα αυτό μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη των απαραίτητων αμινοξέων τα οποία δεν περιέχονται στο κρεατάλευρο. Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Wang *et al.* (2011) στο Ιαπωνικό λαβράκι *Lateolabrax japonicus* για 8 εβδομάδες με αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο αλλά σε διαφορετικά επίπεδα πρωτεϊνών. Η πρώτη δίαιτα περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο η δεύτερη και η τρίτη αντικατέστησαν το ιχθυάλευρο με χοιράλευρο αλλά τα επίπεδα των πρωτεϊνών ήταν υψηλά στην τρίτη ομάδα προστέθηκαν και απαραίτητα αμινοξέα, ενώ τέλος στην τέταρτη ομάδα τα επίπεδα των πρωτεϊνών στην τροφή ήταν χαμηλά αλλά προστέθηκαν απαραίτητα αμινοξέα. Όσον αφορά την αύξηση του βάρους στο τέλος του πειράματος αυτή διέφερε στην δεύτερη και στην τέταρτη ομάδα σε σχέση με την ομάδα που περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο, η αύξηση του βάρους στην τρίτη ομάδα ήταν όμοια με την πρώτη ομάδα πράγμα που δείχνει ότι αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με το χοιράλευρο με την προσθήκη των απαραίτητων αμινοξέων δεν επηρεάζει την ανάπτυξη των ψαριών. Σύμφωνα με τους Hernandez *et al.* (2008), στην εκτροφή της γαρίδας του ειρηνικού (*Litopenaeus*

vannamei) όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο, η ανάπτυξη των γαρίδων ήταν αυξημένη μέχρι την αντικατάσταση σε ποσοστό 35%, σε μεγαλύτερα ποσοστά αντικατάστασης η ανάπτυξη και ο ειδικός ρυθμός αύξησης ήταν μειωμένοι σε σχέση με τα ψάρια που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Σε έρευνα των Ye *et al.* (2012), σε εκτροφή της γαρίδας του ειρηνικού (*Litopenaeus vannamei*) όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με υποπροϊόντα πουλερικών, κρεατικών και οστεάλευρων, κράμβη και φιστίκι σε αντικαταστάσεις 25, 20, 15 και 10%, παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του βάρους ήταν παρόμοια για τις 3 πρώτες διατροφικές ομάδες σε σχέση με την ομάδα που διατράφηκε αποκλειστικά με ιχθυάλευρο, ενώ διέφερε στην τελευταία διατροφική ομάδα σε σχέση με την ομάδα μάρτυρα. Στην έρευνα των Kikuchi *et al.* (1997) στην Ιαπωνική γλώσσα σε αντικαταστάσεις του ιχθυαλεύρου με άλευρο κρέατος και οστεάλευρο σε ποσοστά 9, 18, 36 και 44% φάνηκε ότι η ομάδα ελέγχου είχε καλύτερη αύξηση βάρους σε σχέση με τις διατροφικές ομάδες που υπήρχε αντικατάσταση σε ποσοστό 36 και 44%, αλλά όταν η αντικατάσταση είναι σε μικρότερο ποσοστό δεν παρατηρήθηκαν διαφορές, συμπερασματικά οι συγγραφείς αναφέρουν ότι μια αντικατάσταση έως 20% είναι αποδεκτή. Σε άλλη έρευνα των Hu *et al.* (2012) όπου πραγματοποιήθηκε για την εκτροφή του ιαπωνικού λαβρακιού *Lateolabrax japonicus* αντικαθιστώντας το ιχθυάλευρο με μίγμα ζωικών πρωτεϊνών το οποίο περιείχε παραπροϊόντα πουλερικών, χοιρινό κρέας, οστεάλευρο και αιματάλευρο, οι αντικαταστάσεις ήταν σε ποσοστό 20, 40, 60 και 80% και υπήρχε προσθήκη αμινοξέων μεθειονίνης, λυσίνης και θρουονίνης, φάνηκε ότι σε ποσοστά αντικατάστασης 60% και μεγαλύτερη υπάρχει αρνητική συσχέτιση της αύξησης του βάρους και ο ειδικός ρυθμός αύξησης των ψαριών σε σχέση με τα ποσοστά αντικατάστασης, σε χαμηλότερες αντικαταστάσεις η αύξηση του βάρους είναι πολύ καλύτερη και συμβαδίζει με αυτή του μάρτυρα. Οι Nengas *et*

*al.* (1999) δοκίμασαν πτηνάλευρο ως πρωτεϊνική πηγή στην τροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε ποσοστά αντικατάστασης ιχθυαλεύρου 35%, 50% και 75%. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι οι ιχθύες που σιτίστηκαν με αντικατάσταση 35% και 50% πτηναλεύρου δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και γενικότερα στις παραμέτρους ανάπτυξης σε σχέση με εκείνες των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Σε μεγαλύτερο ποσοστό (75%) η σωματική ανάπτυξη των ψαριών, ωστόσο, ήταν χαμηλότερη. Επίσης, σε έρευνα των Robaina *et al.* (1997), όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο σε ιχθύδια τσιπούρας σε ποσοστά 20, 30 και 40 %, αντίστοιχα δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην ανάπτυξη των ψαριών. Οι Parés-Sierra *et al.* (2014), χρησιμοποίησαν πτηνάλευρο σε ποσοστά 23, 44, και 59% αντίστοιχα στην εκτροφή της πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) και είδαν ότι δεν επηρεάστηκε αρνητικά η ανάπτυξη των ψαριών καθώς η αύξηση του βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης δεν διέφεραν σε σχέση με τα ψάρια που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Σε έρευνα των Menghe *et al.* (2017) στο γατόψαρο *Ictalurus punctatus* όπου έγιναν δίαιτες διαφορετικής πρωτεϊνικής σύστασης, μία δίαιτα ελέγχου αποκλείστηκε με ιχθυάλευρο με επίπεδο πρωτεΐνης 35%, δυο δίαιτες με φυτικά άλευρα σε ποσοστό πρωτεΐνης 32 και 28% και τέλος μια δίαιτα με φυτικές πρωτεΐνες και χοιράλευρο οστεάλευρο και αιματάλευρο σε ποσοστό πρωτεΐνης 28%. Μετά το πέρας του πειράματος δεν βρέθηκαν διαφορές όσον αφορά το τελικό βάρος των ψαριών όλων των διατροφικών ομάδων.

Στο παρόν πείραμα ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) κυμάνθηκε στα επίπεδα (1,32-1,55) κάτι που δείχνει πως σε υψηλή αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο ότι τα ψάρια δεν μεταβολίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό το χοιράλευρο. Γίνεται κατανοητό ότι σε μικρότερες αντικαταστάσεις το

χοιράλευρο θα μπορούσε να αποτελέσει ένα κατάλληλο υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου όσον αφορά την αξιοποίηση του και τον μεταβολισμό του από την τσιπούρα, πιθανόν η πεπτικότητα του χοιραλεύρου να είναι χαμηλότερη σε σχέση με το ιχθυάλευρο αφού όπως φαίνεται από τις καταναλώσεις δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις τροφές, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην σχολή με αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστό 25% φάνηκε ότι δείκτης FCR ήταν παρόμοιος με αυτών των ψαριών που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Στην εργασία των Hernandez *et al.* (2008), όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστά 25, 35, 45 και 65% στην γαρίδα του ειρηνικού οι τιμές του FCR κυμάνθηκαν από 1,43 στα ψάρια που σιτίστηκαν μόνο με ιχθυάλευρο έως 1,82 σε αυτά που είχαν την μεγαλύτερη αντικατάσταση άλλα οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές. Στις μικρότερες αντικαταστάσεις ο δείκτης του FCR ήταν κοντά στα επίπεδα με τον μάρτυρα. Σε εργασία των Millamena *et al.* (2002), που πραγματοποιήθηκε στο είδος *Erinerephelus coioides* και αφορούσε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από ζωικά υποπροϊόντα (κρεατάλευρα, αιματάλευρα) σε αντικαταστάσεις 0, 10, 20, 30, 40, 60, 80 και 100%, ο δείκτης FCR κυμαίνονταν από 0,95-1,05, σύμφωνα με τους συγγραφείς οι τιμές συμβαδίζουν και με άλλες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν. Σε έρευνα των Rawles *et al.* (2006) στην εκτροφή του είδους *Morone chrysops* όπου τα ψάρια διατράφηκαν με σιτηρέσια με αντικατάσταση ιχθυαλεύρου από υποπροϊόντα πουλερικών σε ποσοστά 35 και 70% ο δείκτης FCR έμεινε ανεπηρέαστος. Επίσης, σε εργασία των Pares-Sierra *et al.* (2014) στην ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) όπου υπήρξε αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με άλευρο πουλερικών σε ποσοστό μέχρι 59%, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής κυμάνθηκε από 1,17-1,20. Αυτό δείχνει ότι το συγκεκριμένο άλευρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υποκατάσταση στα

σιτηρέσια της πέστροφας. Οι Subhandra *et al.* (2006) πραγματοποίησαν αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο πουλερικών και αιματάλευρο στο είδος *Micropterus salmoides* σε διάφορες αναλογίες ο δείκτης FCR ήταν κοντά στο 2,1 για αυτές τις δίαιτες αλλά σε σχέση με την ομάδα μάρτυρα υπήρχε σημαντική διαφορά καθώς ο δείκτης μετατρεψιμότητας της τροφής ήταν κοντά στο 1,4. Σε έρευνα των Menghe *et al.* (2017) στο γατόψαρο *Ictalurus punctatus* με 4 δίαιτες διαφορετικής πρωτεϊνικής σύστασης 35% με ιχθυάλευρο 32 και 28% αποκλειστικά με φυτικά άλευρα και 28% με φυτικά άλευρά και κρεατάλευρο αποτελούμενο από χοιράλευρο, οστεάλευρο και αιματάλευρο. Στο τέλος του πειράματος φάνηκε ότι το FCR των διατροφικών ομάδων που διατράφηκαν με φυτικά άλευρα και με το κρεατάλευρο ήταν πιο αυξημένο σε σχέση με τα ψάρια που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Βέβαια η δίαιτα που αποτελούνταν με κρεατάλευρο είχε FCR πιο κοντά στην ομάδα μάρτυρα σε σχέση με τις άλλες δυο διατροφικές ομάδες. Οι Wang *et al.* (2011), σε εργασία στο Ιαπωνικό λαβράκι *Lateolabrax japonicus* πραγματοποίησε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο φτιάχνοντας τέσσερις διατροφικές ομάδες, η πρώτη αποτελούνταν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο, η δυο επόμενες αντικαταστάσαν το ιχθυάλευρο με χοιράλευρο αλλά διατηρούσαν το ποσοστό της πρωτεΐνης στην τροφή υψηλό στην δεύτερη ομάδα προστέθηκαν και απαραίτητα αμινοξέα, σε αντίθεση με την τρίτη ομάδα που δεν προστέθηκαν, τέλος στην τέταρτη ομάδα έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο αλλά τα ποσοστά πρωτεϊνών ήταν χαμηλά επίσης και εδώ προστέθηκαν απαραίτητα αμινοξέα. Ο δείκτης FCR ήταν αυξημένος στην δεύτερη και στην τέταρτη διατροφική ομάδα, ενώ στην τρίτη ήταν παρόμοιος με την πρώτη δίαιτα. Έτσι φαίνεται ότι όταν γίνει αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο με διατήρηση του επιπέδου των

πρωτεϊνών και προστεθούν τα απαραίτητα αμινοξέα το Ιαπωνικό λαβράκι μεταβολίζει το χοιράλευρο ικανοποιητικά.

Ο δείκτης μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης στο τέλος του παρόντος πειράματος κυμάνθηκε από 1,26-1,47 μεταξύ των διατροφικών ομάδων. Αυτό δείχνει ότι η πρωτεΐνη του χοιραλεύρου δεν αξιοποιείται επαρκώς μεταβολικά από την τσιπούρα για την σωματική της αύξηση και αξίζει να μελετηθεί αν χαμηλότερες υποκαταστάσεις επιφέρουν παρόμοια αποτελέσματα στον δείκτη PER. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην χαμηλή πεπτικότητα χοιραλεύρου, επίσης ένας άλλος λόγος μπορεί να είναι τα μειωμένα επίπεδα απαραίτητων αμινοξέων που περιέχονται στο χοιράλευρο και μπορεί να επηρεάζουν την μετατρεψιμότητα της πρωτεΐνης.

Οι Robaina *et al.*, (1997) σε πείραμα στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο σε ποσοστά 20, 30 και 40%, ο δείκτης PER ήταν από 1,26-1,43 για τις διατροφικές ομάδες σύμφωνα με τα αποτελέσματα φαίνεται ότι για τις αντικαταστάσεις 20 και 30% η αξιοποίηση της πρωτεΐνης είναι παρόμοια σε σχέση με το ιχθυάλευρο ενώ για την αντικατάσταση 40% υπάρχει διαφορά σε σχέση με το ιχθυάλευρο. Στην εργασία των Hernandez *et al.* (2008), όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστά 25, 35, 45 και 65% στην γαρίδα του ειρηνικού οι τιμές PER ήταν παρόμοιες και κυμαίνονταν από 1,64-1,97 και δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές κάτι που σύμφωνα με τους συγγραφείς δείχνει ότι το χοιράλευρο αξιοποιείται από την γαρίδα για την σωματική της ανάπτυξη. Οι Yang *et al.* (2004), σε πείραμα που πραγματοποίησαν στον κυπρίνο (*Carassius auratus*) με αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο, οστεάλευρο και παραπροϊόντα πουλερικών σε ποσοστά 15 και 50% βρήκαν ότι ο δείκτης PER ήταν από 1,54 έως 1,9 σύμφωνα με τους συγγραφείς ο δείκτης PER διαφέρει σε σχέση με το μάρτυρα για την



αντικατάσταση με κρεατάλευρο και οστεάλευρο σε ποσοστό 50% αυτό μπορεί να οφείλεται στην υψηλή τέφρα που έχει το συγκεκριμένο άλευρο κάτι που εμποδίζει την απόδοση της συγκεκριμένης τροφής. Στην έρευνα των Rawles *et al.* (2006), η υποκατάσταση του ιχθυάλευρου σε ποσοστό έως 70% από άλευρα πουλερικών της τροφής του είδους *Morone saxatilis*, έδειξε ότι ο συντελεστής PER δεν διέφερε σημαντικά από αυτόν του σιτηρεσίου με το ιχθυάλευρο. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην τιλάπια (*Oreochromis niloticus*) με τη χρησιμοποίηση πτηναλεύρου, ο συντελεστής PER (1,55) δεν παρουσίασε διαφορές με το συντελεστή των ψαριών που σιτίστηκαν με ιχθυάλευρο El-Sayed 1998.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα από την εκτροφή της τσιπούρας με χοιράλευρο σε αντικατάσταση 45% και 45% με προσθήκη λυσίνης.

- Η επιβίωση των ψαριών δεν επηρεάζεται από την χρήση χοιραλεύρου στην ιχθυοτροφή.
- Τα ψάρια που διατράφηκαν με χοιράλευρο είχαν παρόμοιο ρυθμό αύξησης σε σχέση με αυτά που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο.
- Η προσθήκη λυσίνης δεν επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των ψαριών .
- Η προσθήκη της λυσίνης δεν είχε θετικά αποτελέσματα ως προς την αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών.
- Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής FCR των σιτηρεσίων που περιείχαν χοιράλευρο ήταν αυξημένος σε σχέση με εκείνον των ψαριών που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο
- Ο δείκτης μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης PER των σιτηρεσίων που περιείχαν χοιράλευρο ήταν μειωμένος σε σχέση με αυτόν των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο.
- Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια επιπλέον έρευνα όπου η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο να είναι μικρότερη ώστε να φανεί αν το χοιράλευρο θα μπορέσει δυνητικά να αποτελέσει υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allan G.L., Rowland S.J., Mifsud C., Glendenning D., Stone D.A.J. and Ford A. (2000) Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: V. Least-cost formulation of practical diets. *Aquaculture*, 186: 327 – 340.
- AOAC (1995) Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, (16th edition) AOAC, Arlington, VA, USA.
- Bell J.G., Wagboo R. (2008). Safe and Nutritious Aquaculture Produce: Benefits and Risks of Alternative Sustainable Aquafeeds. In: *Aquaculture in the Ecosystem*, Holmer M., Black K., Duarte C.M., Marba N. and Karakassis I. (eds.), Springer Science + Business Media B.V., pp.185-226.
- Crisantema, Hernández., Miguel, A. Olvera-Novoa., Karla, Aguilar-Vejar., Blanca, González-Rodríguez., and Isabel, Abdo de la Parra., 2008. Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, **277**: 244–250.
- Davies S.J., Goueia A., Laporte J., Woodgate S.L., Nates S. 2009. Nutrient digestibility profile of premium (category IIIgrade) animal protein by-products for temperate marine fish species (European sea bass, gilthead sea bream and turbot). *Aquaculture Research* 40: 1759-1769.
- El-Sayed A-F. M. (1998) Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. *Aquaculture Research*, **29**: pp 275–280
- Froese R. & Pauly (eds) (2006). Fish base. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

- Hernández C., Olvera-x`Novoa, M.A., Aguilar-Vejar, K., González-Rodríguez, B., Abdo de la Parra, I. 2008. Partial replacement of fishmeal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 277, 244-250.
- Hu, M., Wang, Y., Wang, Q., Zhao, M., Xiong, B., Qian, X., Zhao, Y., Luo, Z., 2008. Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture* 275: 260-265.
- Hu, L., Yun, B., Xue, M., Wang, J., Wu, X., Zheng, Y. and Fang, H. 2013. Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 372-375: 52-61.
- Kikuchi K., Sato T., Furuta T., Sakaguchi I. and Deguchi Y. (1997) Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Science*, 63: 29 – 32.
- Klaoudatos S. and Apostolopoulos J. 1986. Food intake, growth, maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 51: 217-224.
- Martinez-Llorens S., Baeza-Arino R., Nogales-Merida S., Jover-Cerda M. and Tomas-Vidal A. (2012). Carob seed germ meal as a partial substitute in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Amino acid retention, digestibility, gut and liver histology. *Aquaculture*, 338: pp 124–133.
- Li M.H., Wise D.J., Mischke C.C., Kumar G. and Lucas P.M. (2017). Response of pond-raised fingerling hybrid catfish, *Ictalurus punctatus*-*Ictalurus furcatus*, to

dietary protein concentrations and sources. *Journal of the world aquaculture society*.

Millamena O.M. (2002). Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 204: pp 75–84.

Moretti A., Pedini, G., Citolin, & Guidastrì, (1999). Manual of hatchery production of seabass and giltseabream Vol. 1 FAO, Rome p.194

Nengas I., Alexis M.N. and Davies S.J. (1999). High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179: pp 13–23.

Pares-Sierra G., Durazo E., Ponce M.A., Badillo D., Correa-Reyes G. and Viana M.T. (2014). Partial to total replacement of fishmeal by poultry by-product meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their effect on fatty acids from muscle tissue and the time required to retrieve the effect. *Aquaculture Research*, 45: pp 1459–1469.

Rawles S.D., Riche M., Gaylord T.G., Webb J., Freeman D.W. and Davi M. (2006). Evaluation of poultry by-product meal in commercial diets for hybrid striped bass (*Morone chrysops*) in recirculated tank production. *Aquaculture*, 259: pp 377–389.

Robaina L., Moyano F.J., Izquierdo M.S., Socorro J., Vergara J.M. Montero D. (1997). Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 157: pp 347–359.

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.

Subhadra B., Lochmann R., Rawles S., Chen R., 2006 Effect of fish-meal replacement with poultry by-product meal on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed diets containing different lipids. *Aquaculture* 260(1):221-231

Yang Y., Xie, S., Cui, Y., Zhu, X., Lei, W. And Yang Y., 2006. Partial and total replacement of fishmeal with poultry by-product meal in diets for Gibel carp, *Carassius auratus gibelio* Bloch. *Aquacult. Res.*, 37: 40-48

Ye, J.D., Liu, X.H., Kong, J.H., Wang, K., Sun, I.Z., Zhang, C.X., Zhai, S.W., Song, K., 2012. The evaluation of practical diets on a basis of digestible crude protein, lysine and methionine for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 18, 651–661.

Wang, J., Yun, B., Xue, M., Wu, X.F., Zheng, Y.H., Li, P., 2012. Apparent digestibility coefficients of several protein sources, and replacement of fishmeal by porcine meal in diets of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*, is affected by dietary protein levels. *Aquaculture Research* 43, 117–127.

Zar J.H (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th edition. Prentice Hill.

#### Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζέρβας, Γ.Π (2007). *Κατάρτιση σιτηρεσιών παραγωγικών ζώων*, Σταμούλης, Α. Αθήνα.

- Καραπαναγιωτίδης Ι. (2012). Κεφάλαιο, 5ο. – Λιπίδια,. Στοιχεία Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένη Διατροφή Ιχθύων και Καρκινοειδών (Ε. Μεντέ & Ι. Νέγκας). Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 163-250.
- Νέγκας. Ι. & Αδαμίδου Σ. (2012). Κεφάλαιο 9ο. Συστατικά ιχθυοτροφών (Ε. Μεντέ & Ι. Νέγκας). Εκδόσεις Παπαζήση, σελ 377-461.
- Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008) Διατροφή ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, σελ. 846 – 863.
- Σπάης Α. Β., Φλωρου-Πανέρη, Π. Χρηστάκη, Ε. ( 2002). Ζωοτροφές και σιτηρέσια. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Ψωφάκης Π., Δασκαλοπούλου Ε., Θεοδώρου Α., Βογιατζής Ι., Αλεξίου Κ., Μάστορα Α., Κινδύνης Κ., Καραπαναγιωτίδης Ι. 2015. Αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο πουλερικών και υδρολυμένο πετράλευρο στο σιτηρέσιο της τσιπούρας (*S.aurata*). ΕΖΕ, 14-16 Οκτ., Γιαννιτσά.
- Ψωφάκης Π., Δασκαλοπούλου Ε., Βογιατζής Ι., Αλεξίου Κ., Μάστορα Κ., Κινδύνης Κ., Τζιάντζιου Λ., Καραπαναγιωτίδης Ι. (2016). Αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με υδρολυμένο πετράλευρο στο σιτηρέσιο της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου Εφαρμοσμένης Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος. Τόμος Ι, Μεσολόγγι, σελ. 368-372.

#### Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- FAO (2017), Food and Agriculture Organization of the United Nations,  
<http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/gilthead-seabream/faqs/en/>  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus\\_aurata/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en)
- FAO (2006). The state of World Fisheries and Aquaculture. Rome  
[https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM\\_2016.pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_2016.pdf)

### ABSTRACT

The last years the field of fish feeds is trying to increase its dependence from fishmeal and find alternative sources that consist of fat and protein for the production of fish feeds. It is necessary for the industry to decrease its dependence from fishmeal and fishoil, for the fact that there is a great stock reduction and this has led to the increase of their price. In addition, another point is the sustainable management of these stocks. The purpose of this project is the investigation of the possibility to use processed animal protein and especially porcine meal as the main ingredients of fishmeal of sea bream (*Sparus aurata*).

Juveniles of sea bream with initial average weight  $2,27 \pm 0,00$  gr, were carried in 9 glass aquariums in the Aquaculture station of the Department. In the closed system of the sea water circulation the temperature values remained at  $21^{\circ}$  C, Ph  $8,00 \pm 0,4$  and salinity  $30 \pm 0,5\%$ . Juveniles were splitted up in 3 nutritional groups (30 persons/ tank, 3 repetitions/ nutritional group) in which 3 different diets were given and they were fed twice every day by hand until saturation for 60 days. In the first diet, the protein source was the fishmeal. In the other two fishmeal was replaced by porcine meal at 45%, 45% with the addition of lysine. Specifically, the diets were isoenergy and isoprotein (45% of the diet).

The survival of the fishes wasn't affected by this replacement, the increase of the fish weight was (12,31-11,87 gr), the SGR index was (3,05-3,00 kg) and there were any differences between the nutritional groups. The food consumption varied from 18,88 up to 18,37 gr, the FCR index was (1,53-1,55) and differences were presented in comparison with the FCR index that was associated with the fishmeal groups. All in all, PER factor was found (1,27-1,26) and there were also differences with the first nutritional group.



**Key-words:** sea bream, *Sparus aurata*, replacement of fishmeal, porcine meal, aquaculture, diet