



**ΠΑΝΕΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

ΚΟΝΤΟΤΟΛΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2017

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

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

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

2) Ιωάννης Μποζιάρης, Αναπληρωτής Καθηγητής - Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος,

3) Ελένη Γκολομάζου, Επίκουρη Καθηγήτρια - Προστασία-Ευζωία Ιχθύων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά το πέρας αυτής της κοπιαστικής δουλειάς, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω 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 αποτελούμενη από τους κ. Μποζιάρη και Ε. Γκολομάζου για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους σε όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον υποψήφιο διδάκτορα Πιέρ Ψωφάκη που ήταν παρών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος δίνοντας μου τις συμβουλές και τη βοήθεια του, όπως επίσης στην οικογένεια μου και στους φίλους μου για την άπλετη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή σε όλο το χρονικό διάστημα του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την μεταπτυχιακή διπλωματική μου εργασία στον φίλο μας Μιχάλη Τριανταφύλλου, ο οποίος αν και έφυγε νωρίς, θα είναι πάντα στις καρδιές μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ιχθυοτροφές των εκτρεφόμενων ειδών στην Ευρώπη εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυάλευρων. Το ιχθυάλευρο είναι ένα υψηλής ποιότητας, πολύ εύπεπτο συστατικό των ιχθυοτροφών που ευνοεί τη διατροφή των ψαριών. Λόγω όμως της αλόγιστης χρήσης των αποθεμάτων του και καθώς η παραγωγή τους μένει στάσιμη, η τιμή τους συνεχώς αυξάνεται με αποτέλεσμα και το κόστος παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών μη μηρυκαστικών ζώων 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, στο σταθμό Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος. Στο κλειστό σύστημα κυκλοφορίας θαλασσινού νερού η θερμοκρασία ήταν 21°C , το pH $8,00 \pm 0,4$ και η αλατότητα ήταν $30 \pm 0,5\%$. Τα ιχθύδια χωρίστηκαν σε 3 διατροφικές ομάδες (30 άτομα/δεξαμενή, 3 επαναλήψεις/διατροφική ομάδα), στις οποίες χορηγήθηκαν 3 διαφορετικά σιτηρέσια, 2 φορές καθημερινά με το χέρι μέχρι κορεσμού για 60 ημέρες. Στο πρώτο σιτηρέσιο, η πηγή ζωικής πρωτεΐνης αποτέλεσε αποκλειστικά το ιχθυάλευρο. Στα υπόλοιπα δύο, πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο σε ποσοστό 25% και 25% με προσθήκη λυσίνης. Τα σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά ($20,94 \text{ MJ/kg}$ τροφής) και ισοπρωτεϊνικά (52% της τροφής).

Η μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με χοιράλευρο σε ποσοστό 25% με ή χωρίς την προσθήκη λυσίνης δεν επηρέασε την επιβίωση των ψαριών που σιτίστηκαν με αυτά. Η αύξηση βάρους των ψαριών (12,71-13,6g), ο συντελεστής SGR (3,09-

3,19%/ημέρα), ο συντελεστής FCR (1,32-1,39) και ο συντελεστής PER (1,40-1,47) δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης έδειξαν ότι το χοιράλευρο αποτελεί ένα κατάλληλο υποκατάστατο του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό αντικατάστασης 25% με ή χωρίς λυσίνη, αναφορικά με την ανάπτυξη της τσιπούρας. Πρέπει παρόλα αυτά να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες στο μέλλον για την μελέτη εκτροφής του είδους με διάφορα χοιράλευρα και σε διαφορετικά ποσοστά υποκατάστασης, διότι οι γνώσεις είναι ακόμα ελλιπείς.

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

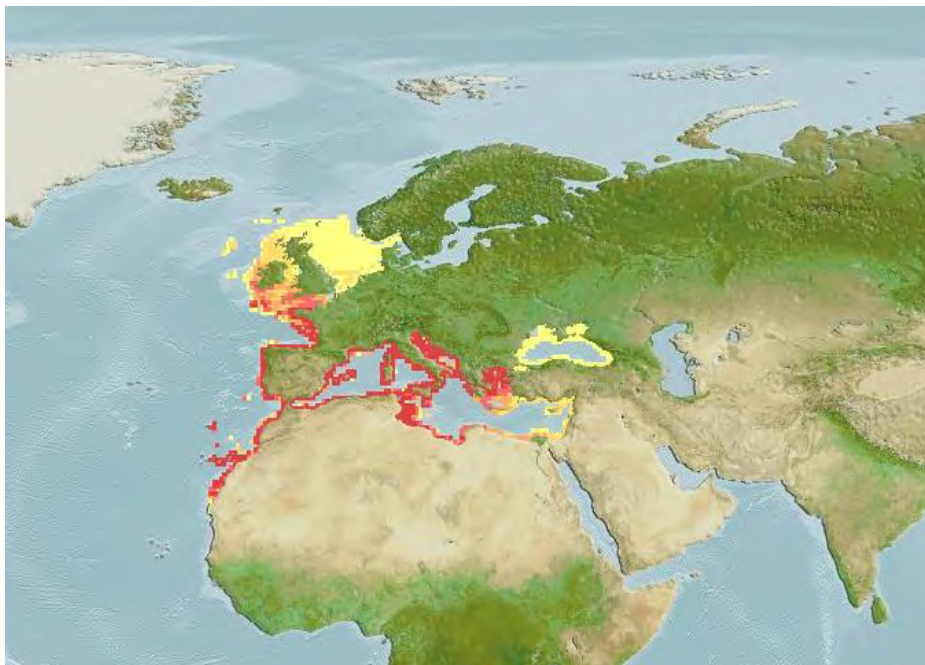
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 1 -
1.1 Βιολογία και εκτροφής της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>).....	- 1 -
1.2 Διαιτητικές απαιτήσεις του είδους <i>Sparus aurata</i>	- 3 -
1.3 Το ιχθυάλευρο ως κύρια πηγή ζωικής πρωτεΐνης των ιχθυοτροφών	- 5 -
1.4 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης.....	- 7 -
1.6 Η πρωτεΐνη του χοιραλεύρου ως συστατικό των ιχθυοτροφών	- 10 -
1.7 Προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (Λυσίνη).....	- 12 -
1.8 Σκοπός της εργασίας	- 13 -
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	- 14 -
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός	- 14 -
2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση	- 16 -
2.3 Δειγματοληψίες.....	- 19 -
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	- 20 -
2.4.4 Συνολική κατανάλωση τροφής.....	- 20 -
2.4.5 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης	- 21 -
2.4.6 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών.....	- 21 -
2.5 Χημικές αναλύσεις.....	- 21 -
2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών	- 21 -
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων	- 23 -
2.5.3. Προσδιορισμός τέφρας.....	- 24 -
2.5.4 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας.....	- 25 -
2.6 Στατιστική ανάλυση	- 25 -
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	- 26 -
3.1 Θνησιμότητα	- 26 -
3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	- 26 -
3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος	- 26 -
3.2.2 Κατά την 32 ^η ημέρα πειράματος	- 27 -
3.2.3 Κατά την ολοκλήρωση του πειράματος	- 29 -

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	- 32 -
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 39 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 40 -
ABSTRACT	- 46 -

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Βιολογία και εκτροφής της τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι το μόνο είδος της οικογένειάς της που εκτρέφεται σήμερα σε μεγάλη κλίμακα. Απαντάται ευρέως σε όλη τη Μεσόγειο αλλά επίσης κατά μήκος των ακτών του ανατολικού Ατλαντικού, από το Ηνωμένο Βασίλειο έως τις Κανάριες Νήσους (Εικ. 1).



Εικόνα 1. Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Sparus aurata*

(Πηγή: FISHBASE)

Η λατινική της ονομασία προέρχεται από τη χαρακτηριστική χρυσή λωρίδα ανάμεσα στα μάτια της. Απαντάται συχνά σε βραχώδεις ή αμμώδεις βυθούς αλλά μπορεί να βρεθεί και σε υποθαλάσσια λιβάδια σε βάθος που φτάνει και τα 150 μέτρα. Επιλέγει θαλάσσια και υφάλμυρα περιβάλλοντα όπως είναι οι παράκτιες

λιμνοθάλασσες και οι περιοχές εκβολών ποταμών, ιδίως κατά τα αρχικά στάδια του κύκλου ζωής της (FAO 2016). Κατά τη διάρκεια της περιόδου ωοτοκίας (Οκτώβριος έως Δεκέμβριος), τα ενήλικα ψάρια μετακινούνται σε βαθύτερα νερά. Οι νεαροί γόνι μεταναστεύουν σε παράκτια νερά ή στις εκβολές ποταμών νωρίς την άνοιξη (Στεργίου κ.α. 2011). Η ανάπτυξή της μέσα σε αυτά τα οικοσυστήματα είναι πιο γρήγορη από εκείνα της θάλασσας. Μια τσιπούρα τριών ετών μπορεί να φτάσει το μέγεθος των 43 cm στη λιμνοθάλασσα, ενώ εκείνη της θάλασσας δεν ξεπερνάει τα 25 cm (FAO 2012).

Πρόκειται για ένα κατεξοχήν ευρύαλο και ευρύθερμο είδος. Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις μεταβολές της θερμοκρασίας και της αλατότητας σε σχετικά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (3 έως 36 °C) αλλά ο μέγιστος αριθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ 22 και 24 °C, ενώ τα όρια της αλατότητας στα οποία επιβιώνει μπορεί να φτάσουν μέχρι το επίπεδο του 44‰, με μέγιστη ανάπτυξη να παρατηρείται σε νερά αλατότητας από 28‰ έως 32‰ (Παπουτσόγλου 2008).

Είναι σαρκοφάγο είδος και τρέφεται συνήθως με διάφορα μαλάκια (δίθυρα και γαστερόποδα), καρκινοειδή, εχινόδερμα, τελεόστεους και πολύχαιτους. Γενικά, η τροφή του ποικίλλει και εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του ψαριού και τη διαθεσιμότητά της τροφής. Όταν δεν είναι διαθέσιμη η τροφή, η τσιπούρα στρέφεται προς εναλλακτικές πηγές τροφής περιορίζοντας έτσι την οποιαδήποτε επίδραση από την σπανιότητα της τροφής (Wassef 1991). Σε σχέση με το μέγεθος έχει αποδειχθεί ότι τα μικρότερου μεγέθους ψάρια καταναλώνουν μικρούς και σχετικά μαλακής σάρκας οργανισμούς, όπως πολύχαιτους και μικρά καρκινοειδή. Καθώς το μέγεθος της αυξάνει, η τσιπούρα τείνει να διατραφεί με μεγαλύτερου είδους ζώα που έχουν πιο σκληρή σάρκα, όπως είναι τα οστρακόδερμα, τα δίθυρα και οι ιχθύες (Παπουτσόγλου 2008).

Οι τσιπούρες παραδοσιακά εκτρέφονταν εκτεταμένα στις παράκτιες λιμνοθάλασσες και τις υφάλμυρες τεχνητές λίμνες της βόρειας Ιταλίας και της νότιας Ισπανίας (European Commission 2012). Οι πιο συνήθεις μέθοδοι παραγωγής τσιπούρας είναι ο εντατικός και ο εκτατικός τρόπος. Η εκτατική εκτροφή παραμένει μια παραδοσιακή δραστηριότητα σε ορισμένες περιοχές, αλλά με πολύ χαμηλό αντίκτυπο στην αγορά (Sola *et al.* 2006). Σήμερα, εκτρέφονται κατά το πλείστον σε εκτατικά συστήματα εκτροφής σε λιμνοθάλασσες ή εντατικά σε δεξαμενές ή κλωβούς. Προς το παρόν, το μεγαλύτερο μέρος της εκτροφής προέρχεται από την εντατική εκτροφή, με μέση πυκνότητα 20 – 100 kg/m² και FCR 1,5 – 2.

Το 2014 η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας για τσιπούρα και λαβράκι ήταν περίπου 159.000 τόνοι, με την Ελλάδα την Τουρκία, την Ισπανία και την Ιταλία, να αποτελούν τους κύριους παραγωγούς τσιπούρας στην Μεσόγειο (FAO 2016). Το 2015 η εκτροφή τσιπούρας και λαβρακιού στην Ελλάδα ανήλθε σε 110.000 τόνους αξίας 590,5 εκ. ευρώ αντιπροσωπεύοντας το 98% του όγκου και το 99% της αξίας των ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας (ΣΕΘ 2016).

1.2 Διαιτητικές απαιτήσεις του είδους *Sparus aurata*

Από τις διάφορες σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα και αφορούσαν τη θρεπτική σύσταση της τροφής οι προτεινόμενες προδιαγραφές αφορούν σιτηρέσια εναρκτήρια, κύριας εκτροφής και σιτηρέσια γεννητόρων. Οι απαιτήσεις της τσιπούρας για το στάδιο του ιχθυδίου και του ενήλικου ατόμου συνοψίζονται στον Πίνακα 1, Πίνακα 2 και Πίνακα 3 (FAO 2013, Παπουτσόγλου 2008).

Πίνακας 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	20κ	20
Πρωτεΐνη/Ενέργεια (mg/Kj)	20,8/22,4	21,5/28,1
Φώσφορος	0,65	-

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

Πίνακας 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

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

Πίνακας 3. Ενδεικτικά προτεινόμενα επίπεδα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων σε εναρκτήρια και σε σιτηρέσια κύριας εκτροφής.

Βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία	Εναρκτήρια σιτηρέσια	Σιτηρέσια κύριας εκτροφής
Βιταμίνη A (IU)	27.000	22.000
Βιταμίνη D (IU)	3.000	3.000
Βιταμίνη E (mg)	1.200	1.100
Βιταμίνη K (mg)	30	25
Βιταμίνη C (mg)	300	250
Θειαμίνη (βιταμίνη B ₁) (mg)	50	30
Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B ₂) (mg)	55	35
Παντοθενικό οξύ (βιταμίνη B ₅) (mg)	130	120
Πυριδοξίνη (βιταμίνη B ₆) (mg)	35	30
Κυανοκοβαλαμίνη (βιταμίνη B ₁₂) (mg)	~0,1	~0,1
Νιασίνη (mg)	550	400

Βιοτίνη (mg)	2,0	1,0-1,5
Χολίνη (mg)	2.500	2.400
Φυλλικό οξύ (mg)	15	8-10
Ινισιτόλη (mg)	250	250
Παραμινοβενζοϊκό οξύ (mg)	40	35
Φώσφορος (mg)	14	13
Χαλκός (mg)	6	4
Ιώδιο (mg)	3	2
Σίδηρος (mg)	60	50
Μαγγάνιο (mg)	80	70
Ψευδάργυρος (mg)	100	80
Κοβάλτιο (mg)	~2,5	~2,0
Σελήνιο (mg)	0,4-0,5	0,3-0,4

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

1.3 Το ιχθυάλευρο ως κύρια πηγή ζωικής πρωτεΐνης των ιχθυοτροφών

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης της παγκόσμιας παραγωγής του κλάδου των υδατοεκτροφών έχει οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησης για τεχνητές ιχθυοτροφές με ανάλογο ρυθμό. Η πλειονότητα των υδατοεκτροφών χρησιμοποιούν κυρίως σαρκοφάγα και δευτερευόντως παμφάγα ψάρια, οι ιχθυοτροφές των οποίων εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων και ιχθυέλαιων. Τα δυο προαναφερθέντα συστατικά αποτελούσαν κύριο συστατικό των ιχθυοτροφών εξαιτίας της πλούσιας θρεπτικής τους αξίας. Όμως τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια παράγονται κυρίως από την αλιεία συγκεκριμένων αποθεμάτων, τα οποία έχουν πλέον φθάσει στα όρια της βιωσιμότητάς τους (Καραπαναγιωτίδης 2012).

Οι ιχθυοκαλλιέργειες εντατικοποιήθηκαν ταχέως την τελευταία δεκαετία με ένα ρυθμό περίπου 8–10% το χρόνο (Parés-Sierra *et al.* 2014). Εκτιμάται, ότι μέχρι το 2030, πάνω από το 1/2 των ψαριών που καταναλώνονται παγκοσμίως θα παράγονται από την υδατοκαλλιέργεια. Η συνολική παραγωγή αυξήθηκε από 10 εκατ. τόνους το 1984, σε 70 εκατ. τόνους το 2014 (FAO 2016). Αυτό δείχνει, ότι ο κλάδος των

ιχθυοκαλλιεργειών αποτελεί μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με υψηλούς ρυθμούς αύξησης και με σημαντικές προοπτικές (Nogueira *et al.* 2012). Κατά αυτό τον τρόπο, η μεγάλη ανάπτυξη των ιχθυοκαλλιεργειών συνοδεύεται και από μια εξίσου μεγάλη αύξηση της ζήτησης για τεχνητές ιχθυοτροφές που οδηγεί στην μείωση της παραγωγής των ιχθυοαποθεμάτων που προορίζονται για ιχθυάλευρα (Tidwell & Allan 2002).

Το ιχθυάλευρο είναι ένα υψηλής ποιότητας, πολύ εύπεπτο συστατικό των ιχθυοτροφών που ευνοεί τη διατροφή των ψαριών. Περιέχει μεγάλη ποσότητα σε ολικές πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα, είναι πλούσια πηγή ολικής ενέργειας και είναι μια εξαιρετική πηγή λιπιδίων, ανόργανων στοιχείων και βιταμινών (Jackson 2009).

Τα ιχθυάλευρα παρασκευάζονται κυρίως από μικρά θαλασσινά ψάρια με υψηλό ποσοστό οστών και ελαίων και συνήθως θεωρούνται ότι δεν είναι κατάλληλα για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο και 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 από 55,5% έως 72,5%, λιπαρές ουσίες από 3,5% έως 12%, τέφρα από 10% έως 22,5% και υγρασία από 7% έως 13%. Η ποιότητα του ιχθυαλεύρου εξαρτάται από την εποχή της αλίευσης, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, τη θερμοκρασία, την ώρα που τα ψάρια αλιεύονται, το χρόνο αποθήκευσης πριν από την επεξεργασία, τον τρόπο αλιείας και τη σύνθεση των αλιευμάτων. Η επεξεργασία πρέπει να γίνεται το συντομότερο μετά την αλίευση. Υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι παραγωγής ιχθυαλεύρων: άμεση ξήρανση, που είναι η παλαιότερη μέθοδος και θερμική επεξεργασία πριν από την ξήρανση. Η δεύτερη μέθοδος δίνει προϊόντα υψηλότερης ποιότητας (Hertampf & Piedad – Pascal 2000).

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).

Στην ιχθυοκαλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε το 42% της συνολικής παραγωγής ιχθυαλεύρου το 2003, ενώ λίγα χρόνια μετά και συγκεκριμένα το 2010 το ποσοστό αυξήθηκε σημαντικά στο 60% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής (FAO 2012). Η συνεχιζόμενη αύξηση της ζήτησής του και η μέχρι πρότινος αλόγιστη χρήση των αποθεμάτων ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές σε συνδυασμό με το ότι η διαθεσιμότητα του ιχθυαλεύρου παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο, 6,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως, για περίπου 25 χρόνια, έχει οδηγήσει στην συνεχόμενη αύξηση της τιμής με αποτέλεσμα το συνεχώς αυξανόμενο κόστος παραγωγής για τις επιχειρήσεις του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών (Alan 2006). Η μεγάλη ζήτηση προκαλεί πιέσεις στα αλιευτικά αποθέματα που κινδυνεύουν με κατάρρευση εξαιτίας της αυξανόμενης αλιευτικής προσπάθειας. Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου κρίνεται απαραίτητη (Saoud *et al.* 2008).

1.4. Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης

Οι επιχειρήσεις του κλάδου της παρασκευής βιομηχανικών ιχθυοτροφών τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να μειώσουν την εξάρτησή τους από τα ιχθυάλευρα και να βρουν εναλλακτικές λιπιδικές και πρωτεϊνικές πηγές για την παρασκευή

ιχθυοτροφών. Είναι δεδομένο ότι η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών θα αυξηθεί περισσότερο τα επόμενα χρόνια και αυτό θα οδηγήσει σε υψηλότερη παραγωγή ιχθυοτροφών (FAO 2010). Η προσθήκη των φυτικών αλεύρων στις ιχθυοτροφές έχει αυξηθεί λόγω περιορισμένης χρήσης ποσοτήτων ιχθυαλεύρου στις τροφές που προορίζονται για τους ιχθύες (Gatlin *et al.* 2007, Naylor *et al.* 2009).

Τα κυριότερα φυτικά άλευρα που χρησιμοποιούνται είναι φυτικά άλευρα είναι το σογιάλευρο, το σουσαμάλευρο, το ηλιάλευρο, το κραμβάλευρο, το φοινικάλευρο, το φυσικάλευρο, το καρυδάλευρο, η γλουτένη αραβοσίτου και η γλουτένη σιταριού (Μεντέ & Νέγκας 2011).

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές προσπάθειες για την πλήρη αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές με προϊόντα φυτικής προέλευσης για την κάλυψη των διατροφικών απαιτήσεων των ιχθύων σε πρωτεΐνες. Από διατροφικά πειράματα σε τσιπούρες βρέθηκε ότι περίπου το ένα τρίτο του ιχθυαλεύρου είναι εφικτό να αντικατασταθεί χωρίς να επιφέρει μείωση στα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων στο σώμα των ιχθύων ή στο ρυθμό ανάπτυξής τους (Gomez-Requeni *et al.* 2003). Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι οι σπόροι μπιζελιού μπορούν να αντικαταστήσουν μέχρι και το 20% της πρωτεΐνης των ιχθυαλεύρων στη διατροφή των ιχθυδίων τσιπούρας (Pereira & Oliva-Teles 2002), το άλευρο της γλουτένης καλαμποκιού μπορεί να αντικαταστήσει από 40 - 60% (Robaina *et al.* 1997) και το σογιάλευρο από 20 - 40% (Martínez-Lorens *et al.* 2007) χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση των ψαριών. Η ένταξη φυτικής πρωτεΐνης σε ποσοστό 100% συνδέθηκε με σημαντική μείωση στην ανάπτυξη και με μια σημαντική μείωση στην πρόσληψη τροφής (Gomez-Requeni *et al.* 2004).

Τα φυτικά άλευρα όμως υστερούν συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα όσον αφορά τα επίπεδα πρωτεΐνης και ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων. Επίσης, περιέχουν διάφορες αντιδιατροφικές ουσίες που είναι αναγκαίο να αδρανοποιηθούν μέσω κατάλληλης επεξεργασίας διότι είναι δυνατόν να προκαλέσουν τοξικότητες, μείωση της ανάπτυξης και προβλήματα υγείας στους διατρεφόμενους ιχθύς (Francis *et al.* 2001).

1.5 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης

Οι χερσαίες ζωικές πρωτεΐνες είναι ιδιαίτερα πολύτιμες στο πλαίσιο της αντικατάστασης των ιχθυαλεύρων. Είναι πλούσιες σε λυσίνη, ενώ πρώτο οριακό αμινοξύ τους είναι η μεθειονίνη και η κυστίνη. Επίσης, περιέχουν μεγάλη ποσότητα ισολευκίνης. Το περιεχόμενό τους σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 50 – 85 % και το λίπος τους από 0 – 15 %. Η μεγάλη περιεκτικότητά τους σε λίπος είναι μειονέκτημα καθώς το λίπος τους μπορεί να οξειδωθεί με την αποθήκευση, με αποτέλεσμα τη μείωση της δεκτικότητάς τους από τα άλλα ζώα, αλλά και την καταστροφή άλλων περιεχόμενων συστατικών, όπως των βιταμινών Α και Β. Το περιεχόμενο τους σε τέφρα, ασβέστιο και φώσφορο είναι γενικά υψηλό. Ενώ τα φυτικά προϊόντα περιέχουν λιγότερο από 1 % από οποιοδήποτε από αυτά τα στοιχεία και κυμαίνονται γύρω στο 0,25 %, τα ζωικά υποπροϊόντα έχουν 5 – 11 % ασβέστιο και 3 – 5 % φώσφορο. Γενικά, όσο περισσότερη πρωτεΐνη έχουν τόσο το ασβέστιο και ο φώσφορος είναι χαμηλότερα. Τέτοια άλευρα είναι το άλευρο πουλερικών, το άλευρο κρέατος χοίρων, το αιματάλευρο, το πτεράλευρο, η αιμογλοβίνη κ.α. (Καραπαναγιωτίδης 2011).

Η συντριπτική πλειοψηφία αυτών των αλεύρων είχε απαγορευθεί στην ΕΕ από το 2001 έως το 2013 λόγω ανησυχιών που πρόεκυψαν μετά την εμφάνιση της νόσου της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας στα βοοειδή, που διατρέφονταν με άλευρα αυτού του

τύπου. Πλέον, από τη 1/6/2013, η ΕΕ έχει άρει την απαγόρευση της χρησιμοποίησης των προϊόντων αυτών στις ιχθυοτροφές θέτοντας, παράλληλα, αυστηρότερα κριτήρια για την παρασκευή και τη χρησιμοποίησή τους (Καραπαναγιωτίδης 2015).

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 χωρίς να εμφανίζονται σημαντικά δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξή τους (Allan *et al.* 2000, Kikuchi *et al.* 1997).

Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 80% από κρεατάλευρο και αιματάλευρο σε ιχθύδια σφυρίδας (Millamena 2002) και παρομοίως η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 20% με ζωικές πηγές πρωτεΐνης σε εκτρεφόμενα ιχθύδια σολομού (Hartviksen *et al.* 2014) δεν παρουσίασαν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη και στην βιωσιμότητα των εκτρεφόμενων ιχθύων. Η οικονομική αξιολόγηση σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε έδειξε ότι με την ενσωμάτωση των αιματάλευρων και των πτεράλευρων ως υποκατάστατο ιχθυαλεύρων μειώθηκε σημαντικά το κόστος των ζωοτροφών, γεγονός που οδηγεί σε μελλοντικές προοπτικές (Nogueira *et al.* 2012).

1.6 Η πρωτεΐνη του χοιραλεύρου ως συστατικό των ιχθυοτροφών

Το υψηλό κόστος του ιχθυαλεύρου και η ανησυχία σχετικά με την μελλοντική διαθεσιμότητα του από τις παραδοσιακές πηγές (Ευρώπη και Νοτιοδυτική Αμερική) έχουν προκαλέσει προσπάθειες για τον εντοπισμό και την ανάπτυξη νέων συστατικών που θα χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατα ιχθυαλεύρου (Forster *et al.* 2004). Η

αυξανόμενη τιμή των ζωοτροφών θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που περιορίζουν την κερδοφορία στον κλάδο των ιχθυοκαλλιεργειών. Το μεγαλύτερο μέρος του κόστους παραγωγής στις εκτροφές ιχθύων αντιπροσωπεύει το κόστος του ιχθυάλευρου και συνεπώς η εξεύρεση ενός εναλλακτικού συστατικού σχετικά χαμηλού κόστους υπήρξε συνεχής ερευνητικός στόχος (FAO 2006).

Τα χοιράλευρα θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια εναλλακτική πηγή για την κάλυψη ενός μέρους των διατροφικών αναγκών των εκτρεφόμενων ψαριών, με την προϋπόθεση βέβαια ότι η ανάπτυξή τους και η ποιότητα της σάρκας τους δεν θα επηρεάζεται αρνητικά. Τα χοιράλευρα αποτελούν πλούσιες πηγές ζωικής πρωτεΐνης (περίπου 53%) και περιέχουν κατάλληλο προφίλ απαραίτητων αμινοξέων τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων (Πιν. 4) (Hernandez *et al.* 2008)

Πίνακας 4. Θρεπτική σύσταση και προφίλ αμινοξέων χοιράλευρου

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

Τέλος, η αξιοποίηση των παραπροϊόντων των χοίρων είναι ικανή να επιφέρει σημαντική πρόοδο στη βιωσιμότητα της βιομηχανίας ιχθυοτροφών. Ο μεγάλος αριθμός σφαγείων που υπάρχει παράγει ετησίως μεγάλο όγκο αποβλήτων (δέρμα, οστά κτλ) που είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά των ιχθυοτροφών. Το 2013, μονό στην ΕΕ παράχθηκαν περίπου 222 χιλιάδες τόνοι δέρματος και άλλων προϊόντων χοίρου που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση (Eurostat 2015). Ωστόσο, η χρησιμοποίησή τους ενδέχεται να αντιμετωπίσει ορισμένα προβλήματα που αφορούν την αυστηρή νομοθεσία για τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές, στην αποδοτικότητα της παραγόμενης πρώτης ύλης καθώς επίσης στην αποδοχή και την γευστικότητα των εκτρεφόμενων ιχθύων (Gachango *et al.* 2016).

1.7 Προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (Λυσίνη)

Ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε διατρεφόμενου είδους, τα άλευρα που εμπεριέχουν πρωτεΐνες οι οποίες προέρχονται από μεταποιημένα ζωικά παραπροϊόντα, μπορεί να είναι όπως προαναφέρθηκε ανεπαρκή σε ένα ή και περισσότερα απαραίτητα αμινοξέα (Davies *et al.* 1991). Επομένως προκειμένου ένα σιτηρέσιο να γίνει αποδοτικότερο, η προσθήκη τέτοιων αμινοξέων κρίνεται αναγκαία ώστε να μην παρουσιαστούν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη και στην υγεία των εκτρεφόμενων ιχθύων (Kokou *et al.* 2016). Συνήθως, η λυσίνη και η μεθειονίνη βρίσκονται σε

ανεπαρκείς ποσότητες στις περισσότερες εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης που προορίζονται για την σίτιση εκτρεφόμενων ιχθύων. Επίσης θεωρούνται τα πιο οριακά και τα πιο κρίσιμα αμινοξέα. Αυτοί οι λόγοι καθιστούν αναγκαία την χορήγησή τους στα σιτηρέσια (Ye *et al.* 2012).

Η λυσίνη, αποτελεί συνήθως το πρώτο οριακό αμινοξύ, συμμετέχει στη πρωτεϊνική σύνθεση και επηρεάζει τη σύνθεση του κολλαγόνου. Επίσης, προϊόντα της λυσίνης αποτελούν τα κύρια συστατικά του κολλαγόνου. Επιπλέον, λόγω του γεγονότος ότι δεν παρουσιάζει ενδογενή σύνθεση, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό άλλων απαραίτητων αμινοξέων (Montes-Girao & Fracalossi 2006).

1.8 Σκοπός της εργασίας

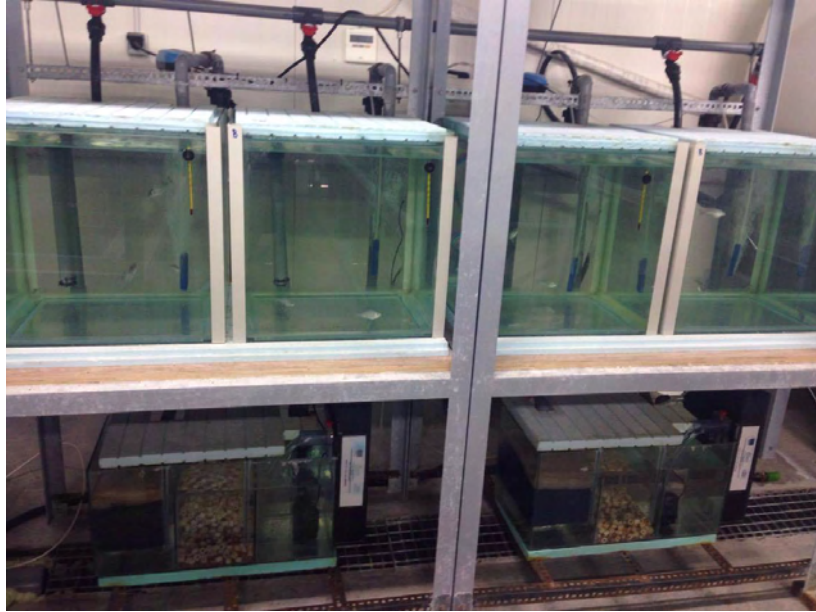
Η παρούσα μελέτη κινείται προς την κατεύθυνση εξεύρεσης εναλλακτικών διατροφικών πηγών, με βάση την πρωτεΐνη των χοίρων, για την εκτροφή ψαριών στις ιχθυοκαλλιέργειες. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης αλεύρου χοίρων ως συστατικό αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου των ιχθυοτροφών, σε συνδυασμό με την προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (λυσίνης), της εκτρεφόμενης τσιπούρας (*Sparus aurata*).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Για την διεξαγωγή του πειράματος, μεταφέρθηκαν ιχθύδια του είδους *Sparus aurata* με αρχικό μέσο βάρος $2,27 \pm 0,15\text{g}$ σε ειδικές συσκευασίες με παροχή οξυγόνου, από τον ιχθυογεννητικό σταθμό «ΔΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Β.Ε.Ε.» που έχει τις εγκαταστάσεις του στη Πελασγία Φθιώτιδος στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Βόλο, όπου και έλαβε χώρα το πείραμα. Τοποθετήθηκαν 270 ιχθύδια σε πειραματικές δεξαμενές όπου αφέθηκαν για 10 ημέρες ώστε να εγκλιματιστούν στις συγκεκριμένες συνθήκες, όπου η σίτιση τους γινόταν μία φορά την ημέρα. Το πείραμα διήρκησε συνολικά 60 ημέρες, (Ιούλιος – Σεπτέμβριος 2015).

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 από σύστημα μηχανικής – βιολογικής διήθησης του νερού, για την απομάκρυνση της αμμωνίας, των περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης στο οποίο προσθέτονταν συνθετικό αλάτι ώστε η αλατότητα του νερού να είναι 30%. Σε καθημερινή βάση πραγματοποιούνταν σιφωνισμός του πυθμένα και αντικατάσταση 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. Η διάταξη των ενυδρείων καθώς και των φίλτρων απεικονίζεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. 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 μία λάμβανε και διαφορετικό σιτηρέσιο. Η κάθε διατροφική ομάδα αποτελούνταν από 90 ιχθύδια, τα οποία κατανεμήθηκαν σε υποομάδες των 30 ατόμων σε 3 ενυδρεία (30 ιχθύδια ανά δεξαμενή, 3 ενυδρεία – επαναλήψεις ανά μεταχείριση, 3 διατροφικές μεταχειρίσεις).

2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση

Τα σιτηρέσια που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος, παρήχθησαν με την μέθοδο της κοινής πελλετοποίησης στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος (Θεσσαλία, Βόλος) με τη χρήση πελλετομηχανής τύπου California Pellet Mill (Εικόνα 3) και ήταν στη μορφή βυθιζόμενου σύμπηκτου διαμέτρου 1,5 mm.



Εικόνα 3. Πελλετομηχανή τύπου California Pellet Mill

Τα τρία αυτά σιτηρέσια καταρτίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ισοενεργειακά (20,94MJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (52% της τροφής) (Πιν. 5). Ως βασική πηγή πρωτεϊνική πηγή ζωικής προέλευσης χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας ιχθυάλευρο (ολικών πρωτεϊνών 64%). Η τροφή μάρτυρας (FM) περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο ως πηγή ζωικής πρωτεΐνης. Για την υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου στις λοιπές πειραματικές τροφές χρησιμοποιήθηκε αλεύρο χοίρων (POM, ολικών πρωτεϊνών 62%). Η πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου αντικαταστάθηκε κατά 25% (POM25) με παράλληλη σταδιακή αύξηση του ποσοστού συμμετοχής του αλεύρου αυτού στο σιτηρέσιο. Επίσης, η πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου αντικαταστάθηκε κατά 25%

(POM25+) από πρωτεΐνη χοιραλεύρου με παράλληλη προσθήκη λυσίνης σε ποσοστά συμμετοχής τέτοια που εκτιμήθηκαν ότι εξισορροπούν τη μείωση των αμινοξέων λόγω υποκατάστασης του ιχθυαλεύρου. Έτσι, το σιτηρέσιο FM περιείχε μόνο ιχθυάλευρο και καθόλου άλευρο χοίρων, το σιτηρέσιο POM25 περιείχε ιχθυάλευρο σε μειωμένο ποσοστό και ένα ποσοστό αλεύρου χοίρων, τέτοιο ώστε η πρωτεΐνη του τελευταίου υποκαθιστούσε την πρωτεΐνη του πρώτου κατά 25% της συνολικής πρωτεΐνης του σιτηρεσίου. Αντίστοιχα, στο POM25+, η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο χοίρων ήταν της τάξης του 25%, με ταυτόχρονη προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (λυσίνη). Στα σιτηρέσια, επίσης χρησιμοποιήθηκε γλουτένη καλαμποκιού (σε ποσοστό περίπου 19%) ως πρωτεϊνική πηγή φυτικής προέλευσης και πηγή υδατανθράκων σύμφωνα με τα μέσα επίπεδα χορήγησης φυτικών πρωτεϊνών σε εμπορικές τροφές της τσιπούρας σήμερα. Το άλευρο σίτου χρησιμοποιήθηκε ως ενεργειακή πηγή και ως ενεργειακό αντιστάθμισμα των τριών ισοενεργειακών σιτηρεσίων. Ως κύρια πηγή ενέργειας ω3 και ω6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων χρησιμοποιήθηκε το ιχθυέλαιο (Πιν. 5).

Μικροσυστατικά που χρησιμοποιήθηκαν ως εμπλουτιστικά των τροφών και διατηρήθηκαν σε σταθερές ποσότητες στα τρία διαφορετικά σιτηρέσια ήταν ένα εμπορικό πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (για τσιπούρα και λαβράκι) με συμμετοχή 0,40% (Πιν. 6) καθώς και οι βιταμίνες E και C σε ποσοστό 0,10%. Συγκεκριμένα το αμινοξύ, λυσίνη προστέθηκε σε ποσοστό 0,40% (για την POM25+), για να διασφαλίσουν τυχόν ανεπάρκεια των ιχθυιδίων σε αυτά τα στοιχεία.

Η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι καθημερινά, 2 φορές την ημέρα και λάμβανε χώρα στις 11 π.μ. και στις 17 μ.μ, ενώ μια μέρα τη βδομάδα πραγματοποιούνταν νηστεία. Η σίτιση ήταν μέχρι κορεσμού (*ad libitum*).

Πίνακας 5: Συστατικά και θρεπτική σύσταση (% επί της νωπής ουσίας) των πειραματικών σιτηρεσίων

Συστατικά (%)	FM	POM25	POM25+
Ιχθυάλευρο	59,00	44,25	44,25
Χοιράλευρο	0,00	15,55	15,55
Γλουτένη καλαμποκιού	19,30	18,95	18,50
Αλεύρι σίτου	9,70	11,70	11,75
Ιχθυέλαιο	11,00	8,55	8,55
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία	0,40	0,40	0,40
MCP	0,40	0,40	0,40
Λυσίνη	0,00	0,00	0,40
Βιταμίνη E	0,10	0,10	0,10
Βιταμίνη C	0,10	0,10	0,10
Χημική σύσταση (%)	FM	POM 25	POM 25+
Υγρασία	6,58	6,56	6,53
Πρωτεΐνη	52,01	52,00	52,01
Λίπος	16,34	15,23	15,21
Υδατάνθρακες ¹	12,08	14,50	14,44
Τέφρα	12,89	11,64	11,63
Ενέργεια (KJ/g)	20,94	20,95	20,94

¹ Το ποσοστό των υδατανθράκων εκτιμήθηκε με αφαίρεση από το 100 του συνόλου των ποσοστών πρωτεΐνης, λιπιδίων και τέφρας. Τα περισσότερα συστατικά (εκτός του αλευρου σίτου) ήταν μια ευγενική χορηγία της εταιρίας BioMar Hellenic ABEEI.

Πίνακας 6: Η σύσταση του προμίγματος βιταμινών και ανόργανων στοιχείων.

Συστατικά	Ποσότητα (mg) / Kg προμίγματος
Βιταμίνες	
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 (οξείδιο)	10.000
Ψευδάργυρος (οξείδιο)	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: στην έναρξη του πειράματος (ημέρα 0), την 30η, και μία τελική την 60η ημέρα. Το ολικό μήκος των ιχθύων μετρήθηκε μόνο την πρώτη και την τελευταία ημέρα του πειράματος. Για την αναισθητοποίηση των ψαριών χρησιμοποιήθηκε φαινοξυθανόλη σε συγκέντρωση 0,10 ml/l. Στη συνέχεια, ζυγίζονταν ατομικά κάθε ιχθύδιο σε ζυγό ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων (0,01 g) και μετρούνταν το ολικό μήκος με ιχθυόμετρο (ακρίβεια 0,1 cm).

2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

2.4.1 Θνησιμότητα

Η καταγραφή της θνησιμότητας πραγματοποιούνταν σε καθημερινή βάση για κάθε δεξαμενή ξεχωριστά. Ο τύπος υπολογισμού της είναι:

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

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:

$$\text{Αύξηση ολικού βάρους (g)} = W_t (\text{τελικό βάρος}) - W_a (\text{αρχικό βάρος})$$

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:

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

2.4.4 Συνολική κατανάλωση τροφής

Η συνολική κατανάλωση τροφής εκφράζει τη μέση κατανάλωση της τροφής ανά ψάρι κάθε διατροφικής ομάδας και υπολογίζεται ως εξής:

Συν. Κατανάλωση = Ολική κατανάλωση τροφής / αριθμός ψαριών (κάθε μεταχείρισης)

2.4.5 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Ο 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:

$$\text{SGR (\% / ημέρα)} = \frac{100 * [\text{Ln (W}_2) - \text{Ln (W}_1)]}{\text{ημέρες σίτισης}}$$

Όπου,

$\text{Ln (W}_2)$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

$\text{Ln (W}_1)$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

2.4.6 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:

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

2.5 Χημικές αναλύσεις

2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσίων και στα πειραματικά σιτηρέσια έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995)

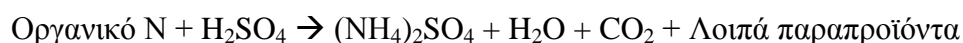
Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού, και της τροφής σε κάποιες 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 140ml 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 πάρθηκαν οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

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

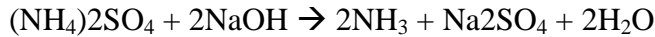
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσίων και στα πειραματικά σιτηρέσια 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 0,2g (3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα) 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 θεικού οξέως (H_2SO_4) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltec 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 θεικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:

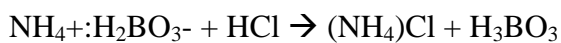


Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία διαρκεί 6min. Το θεικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θεικό 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 τιτλοδότηση 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:

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

2.5.3. Προσδιορισμός τέφρας

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

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

2.5.4 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας στα συστατικά των σιτηρεσίων και στα πειραματικά σιτηρέσια πραγματοποιήθηκε με την συλλογή δειγμάτων, αντίστοιχα, βάρους 1,5g και ακολούθως 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 5min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίζεται ως εξής:

Wξηρής ουσίας = Wδειγματος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο – Wδισκίου

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

Όμοια,

Wυγρασία = Wδει/τος – (Wδει/τος μετά την ξήρανση – Wδισκίου)

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

2.6 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών, αξιοποίησης της τροφής καθώς και των μεταβολών στη χημική σύσταση του μυϊκού ιστού 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 όλων των διατροφικών ομάδων σε συνολικό ποσοστό 10% (27 άτομα στο σύνολο των 270). Πιο αναλυτικά (Πιν. 7), για την FM διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $14,44 \pm 5,09\%$, για την POM25 διατροφική ομάδα $12,22 \pm 15,75\%$ και τέλος για την POM25+ διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $3,33 \pm 3,33\%$. Η στατιστική επεξεργασία με την μέθοδο one-way ANOVA έδειξε ότι η θνησιμότητα των ψαριών δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές και για τις τρεις διατροφικές ομάδες, των οποίων τα ποσοστά ήταν παρόμοια μεταξύ τους ($P > 0,05$).

Πίνακας 7: Θνησιμότητες (N, αριθμός τελικών ατόμων) και ποσοστό (% του συνολικού αρχικού πληθυσμού). Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση.

Σιτηρέσια			
	FM	POM25	POM25+
N	$4,43 \pm 1,53$	$3,67 \pm 4,73$	$1,00 \pm 1,00$
%	$14,44 \pm 5,09$	$12,22 \pm 15,75$	$3,33 \pm 3,33$

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 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το αρχικό μέσο βάρος και ολικό μήκος των ιχθυδίων κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τα άτομα της ομάδας FM ήταν $2,27 \pm 0,00\text{g}$ και $6,00 \pm$

0,00cm, αντίστοιχα, για τα άτομα της ομάδας POM25 ήταν $2,27 \pm 0,00g$ και $6,00 \pm 0,00cm$, για τα άτομα της ομάδας POM25+ ήταν $2,27 \pm 0,00g$ και $6,02 \pm 0,00cm$ (Πιν. 8). Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αρχικό βάρος και το αρχικό μήκος των ατόμων ($P>0,05$) κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος.

Πίνακας 8: 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	POM25	POM25+
Αρχικό Βάρος (g)	2,27 \pm 0,00	2,27 \pm 0,00	2,27 \pm 0,00
Αρχικό Μήκος (cm)	6,00 \pm 0,00	6,00 \pm 0,00	6,02 \pm 0,00

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 Κατά την 30^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 32^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 9) ήταν $7,14 \pm 0,18g$ για τα άτομα που διατρέφθηκαν με το FM σιτηρέσιο, $6,89 \pm 0,06g$ για τα άτομα που διατρέφθηκαν με το POM25 σιτηρέσιο και $7,04 \pm 0,38g$ για τα άτομα που διατρέφθηκαν με το POM25+ σιτηρέσιο. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι δεν υπάρχουν διαφορές στις τιμές για το μέσο βάρος των ψαριών όλων των διατροφικών ($P>0,05$).

Πίνακας 9. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής της τσιπούρας (*S. aurata*) διατρεφόμενη για 30 ημέρες με τα πειραματικά σιτηρέσια.

	FM	POM25	POM25+
Επιβίωση (%)	94,44 \pm 5,09	94,44 \pm 5,09	97,78 \pm 1,92
Σωμ. βάρος (g)	7,14 \pm 0,18	6,89 \pm 0,06	7,04 \pm 0,38
Αυξ. βάρους (WG, g)	4,88 \pm 0,17	4,62 \pm 0,06	4,77 \pm 0,38
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	5,96 \pm 0,10	5,77 \pm 0,21	5,87 \pm 0,25
SGR (%/ημέρα)	2,39 \pm 0,11	2,22 \pm 0,04	2,31 \pm 0,25
FCR	1,22 \pm 0,06	1,25 \pm 0,03	1,23 \pm 0,06

PER	1,59 ± 0,08	1,55 ± 0,04	1,58 ± 0,08
-----	-------------	-------------	-------------

Σημ.: Δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές των τιμών ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων σε όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 9) κατά την 32^η ημέρα του πειράματος ήταν $4,88 \pm 0,17\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, $4,62 \pm 0,06\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM25 σιτηρέσιο και $4,77 \pm 0,38\text{g}$ για τα άτομα της που διατράφηκαν με το POM25+ σιτηρέσιο. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση η μέση αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών μεταξύ των τριών διατροφικών ομάδων δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ($P>0,05$).

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών μέχρι την 32^η ημέρα του πειράματος (Πιν. 9) ήταν $5,96 \pm 0,10\text{g}$ για αυτά της FM διατροφικής ομάδας, $5,77 \pm 0,21\text{g}$ για τα ψάρια της POM25 διατροφικής ομάδας και $5,87 \pm 0,25$ για τα άτομα της POM25+ διατροφικής ομάδας. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση η κατανάλωση τροφής των ψαριών μεταξύ των τριών διατροφικών ομάδων δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές ($P>0,05$), ωστόσο παρατηρούμε καλύτερη κατανάλωση τροφής στην FM.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 9) ήταν $2,39 \pm 0,11$ %/ημέρα για τα ψάρια της FM διατροφικής ομάδας, $2,22 \pm 0,04$ %/ημέρα για τα ψάρια της POM25 διατροφικής ομάδας και $2,31 \pm 0,25$ %/ημέρα για τα ψάρια της POM25+ διατροφικής ομάδας. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση η τιμή του SGR για τα ψάρια που διατράφηκαν και με τα τρία σιτηρέσια δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές ($P>0,05$).

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 9) εκτιμήθηκε $1,22 \pm 0,06$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $1,25 \pm 0,03$ για τα άτομα της POM25 διατροφικής ομάδας και $1,23 \pm 0,06$ για τα άτομα που διατράφηκαν

με το POM25+ σιτηρέσιο. Η τιμή του FCR σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση για τα ψάρια που διατράφηκαν και με τα τρία σιτηρέσια δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές ($P>0,05$).

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) ήταν $1,59 \pm 0,08$ για τα ψάρια της FM διατροφικής ομάδας, $1,55 \pm 0,04$ για τα ψάρια της POM25 διατροφικής ομάδας και $1,58 \pm 0,08$ για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας POM25+. Η τιμή του PER για τα ψάρια που διατράφηκαν με τα τρία διαφορετικά σιτηρέσια FM, POM25 και POM25+ δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P>0,05$).

3.2.3 Κατά την ολοκλήρωση του πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών στο τέλος του διατροφικού πειράματος (60^η ημέρα) (Πιν. 10) ήταν $15,87 \pm 0,36g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, $14,98 \pm 0,58g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM25 σιτηρέσιο και τέλος $15,19 \pm 0,04g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM25+ σιτηρέσιο. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών του μέσου βάρους για τα ψάρια όλων των διατροφικών ομάδων ($P>0,05$).

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 10) ήταν $13,6 \pm 0,35g$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $12,71 \pm 0,58g$ για τα άτομα της POM25 διατροφικής ομάδας και τέλος $12,91 \pm 1,02g$ για τα άτομα της POM25+ διατροφικής ομάδας. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών της αύξησης του μέσου βάρους για τα ψάρια όλων των διατροφικών ομάδων ($P>0,05$). Τα ψάρια του σιτηρεσίου FM φαίνεται να έχουν ελαφρώς υψηλότερες τιμές.

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών κατά την 60^η ημέρα του πειράματος (Πιν. 10) ήταν $17,98 \pm 0,36 g$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $17,34 \pm 0,51 g$ για αυτά

της POM25 διατροφικής ομάδας και $17,89 \pm 0,87$ g για τα ψάρια της POM25+ διατροφικής ομάδας. Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σιτηρεσίων ($P > 0,05$). Όλες οι διατροφικές ομάδες παρουσίασαν παρόμοιες τιμές.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 10) ήταν $3,19 \pm 0,03\%$ /ημέρα για τα ψάρια της FM διατροφικής ομάδας, $3,09 \pm 0,06\%$ /ημέρα για τα ψάρια της POM25 διατροφικής ομάδας και τέλος $3,11 \pm 0,11\%$ /ημέρα για τα ψάρια της POM25+ διατροφικής ομάδας. Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σιτηρεσίων ($P > 0,05$).

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 10) εκτιμήθηκε $1,32 \pm 0,06$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας FM, $1,37 \pm 0,02$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας POM25 και $1,39 \pm 0,04$ για τα άτομα της POM25+ διατροφικής ομάδας. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι μεταξύ των τιμών των τριών σιτηρεσίων υπήρξε μια μικρή διαφοροποίηση, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($P > 0,05$). Τα ψάρια του σιτηρεσίου FM φαίνεται να έχουν ελαφρώς χαμηλότερες τιμές.

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) καταγράφηκε μικρότερος για τα ψάρια της POM25+ διατροφικής ομάδας, συγκριτικά με τις άλλες διατροφικές ομάδες, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές, ενώ η μέγιστη τιμή του καταγράφηκε για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο FM, αν και δεν ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ($P > 0,05$) από τις τιμές των διατροφικών ομάδων POM25 και POM25+.

Πίνακας 10. 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	POM25	POM25+
Τελ. βάρος (g)	15,87 \pm 0,36	14,98 \pm 0,58	15,19 \pm 0,04
Αυξ. βάρους (WG, g)	13,6 \pm 0,35	12,71 \pm 0,58	12,91 \pm 1,02
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	17,98 \pm 0,36	17,34 \pm 0,51	17,89 \pm 0,87
SGR (%/ημ.)	3,19 \pm 0,03	3,09 \pm 0,06	3,11 \pm 0,11
FCR	1,32 \pm 0,06	1,37 \pm 0,02	1,39 \pm 0,04
PER	1,47 \pm 0,06	1,42 \pm 0,03	1,40 \pm 0,04
Επιβίωση (%)	85,55 \pm 5,09	87,78 \pm 15,75	96,66 \pm 3,33

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

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία μελετήθηκε η καταλληλότητα του σιτηρεσίου της τσιπούρας (*Sparus aurata*) εφαρμόζοντας χαμηλή υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο, της τάξης του 25%, με ή χωρίς προσθήκη λυσίνης.

Τα αποτελέσματα, έπειτα από 60 ημέρες πειράματος έδειξαν πως η χαμηλή υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο με ή χωρίς λυσίνη σε ποσοστό 25% υποκατάσταση της πρωτεΐνης δεν επηρέασε αρνητικά την επιβίωση των ιχθύων, καθώς δεν παρατηρήθηκαν σημαντικά ποσοστά θνησιμότητας. Ειδικότερα, το υψηλότερο, αν και μη σημαντικό, ποσοστό θνησιμότητας παρουσιάστηκε στην FM διατροφική ομάδα (μάρτυρας). Αυτό δείχνει ότι το χοιράλευρο είναι συστατικό το οποίο δεν επηρεάζει την επιβίωση όταν χρησιμοποιηθεί στη διατροφή της τσιπούρας σε χαμηλά επίπεδα.

Οι Hernández *et al.* (2008) δοκίμασαν μερική αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 25, 35, 45, 55 και 65% με χοιράλευρο στην εκτροφή της γαρίδας (*Litopenaeus vannamei*). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ποσοστά επιβίωσης πάνω από το 90% του συνολικού πληθυσμού που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος. Πιο συγκεκριμένα, η διατροφική ομάδα με ποσοστό αντικατάστασης 25 % παρουσίασε ποσοστό επιβίωσης της τάξης του 95 %. Επιπλέον σύμφωνα με τους Hernández *et al.* (2010), οι οποίοι πραγματοποίησαν 100% αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο στην τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) η επιβίωση των ιχθύων δεν επηρεάστηκε και παρουσίασε παρόμοια ποσοστά επιβίωσης με τον μάρτυρα. Οι Li *et al.* (2017) σε πείραμα που πραγματοποίησαν με εισαγωγή χοιραλεύρου (7,5% στο σιτηρέσιο, 0% ιχθυάλευρο) αναφέρουν πως το

ποσοστό επιβίωσης στην ομάδα που διατράφηκε με το σιτηρέσιο που εμπειρείχε χοιράλευρο ήταν της τάξης του 85% και δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις άλλες διατροφικές ομάδες από τις οποίες η πρώτη εμπειρείχε ιχθυάλευρο σε ποσοστό 35% της τροφής και οι άλλες δύο εμπειρείχαν μόνο φυτικές πηγές για την κάλυψη των αναγκών σε πρωτεΐνη στο σιτηρέσιο του γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*).

Μια ακόμα μελέτη πραγματοποιήθηκε για την εκτροφή της τσιπούρας, αντικαθιστώντας το ιχθυάλευρο με κρεατάλευρο και οστεοάλευρο (Robaina *et al.* 1997). Τα αποτελέσματα αυτής έδειξαν ότι η αντικατάσταση της τροφής με κρεατάλευρο σε ποσοστό μέχρι και 40% δεν επηρεάζει αρνητικά την επιβίωση των ιχθύων.

Σε αντίστοιχες έρευνες που έχει πραγματοποιηθεί αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλλες εναλλακτικές πρωτεϊνικές πηγές χερσαίας ζωικής προέλευσης, όπως το πτηνάλευρο, σε διάφορα είδη, παρουσιάζονται παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με τις επιπτώσεις στην επιβίωση των ιχθύων. Συγκεκριμένα, σε έρευνα έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο σε ποσοστά 35% και 75% στο σιτηρέσιο του είδους *Morone saxatilis*, η οποία δεν επηρέασε τη θνησιμότητα των ιχθύων (Rawles *et al.* 2006). Παρόμοια στην πέστροφα, η μερική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο (24%, 44% και 59%) δεν οδήγησε σε υψηλά ποσοστά θανάτων των ιχθύων (Parés–Sierra *et al.* 2014).

Έπειτα από 60 ημέρες διατροφικού πειράματος, η αύξηση του σωματικού βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που διατράφηκαν και με τα τρία σιτηρέσια, ήταν παρόμοιοι μεταξύ τους χωρίς σημαντικές διαφορές. Αυτό δείχνει ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο της τάξης του 25% στις τροφές της

τσιπούρας δεν μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξης της. Ταυτόχρονα, η αντικατάσταση έως και 25% του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο με προσθήκη λυσίνης δεν αύξησε την ανάπτυξης της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

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. Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί πως όταν η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο ήταν της τάξης του 25% με ή χωρίς λυσίνη, ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών ήταν σχεδόν ίσος με αυτόν των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο.

Σε παρόμοια εργασία που πραγματοποιήθηκε με διάφορα επίπεδα αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο βρέθηκε ότι η αύξηση του βάρους και ο ειδικός ρυθμός αύξησης δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στην ίδια έρευνα παρατηρήθηκε διαφορά όταν η αντικατάσταση ήταν μεγαλύτερη του ποσοστού του 35% στο σιτηρέσιο της γαρίδας (*Litopenaeus vannamei*) (Hernández *et al.* 2008).

Οι Wang *et al.* (2012) παρατήρησαν ότι σε σιτηρέσιο με μερική υποκατάσταση ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο, στο οποίο είχε γίνει προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων, για το είδος *Lateolabrax japonicus* δεν παρουσιάστηκε διαφορά στην αύξηση του βάρους και στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με το σιτηρέσιο που περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο. Ωστόσο, στην ίδια έρευνα το σιτηρέσιο με μερική υποκατάσταση από χοιράλευρο χωρίς την προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων έδειξε χαμηλότερη ανάπτυξη των ιχθύων σε σχέση με το ιχθυάλευρο και την τροφή που περιείχε πρόσθετα απαραίτητα αμινοξέων ($P < 0.05$).

Οι Hernández *et al.* (2010) πραγματοποίησαν πειραματικό σιτηρέσιο με ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο για το είδος *Oreochromis niloticus* και

αναφέρουν παρόμοια ποσοστά με την παρούσα εργασία για την αύξηση του βάρους και τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (2,2 -2,7 ανά ημέρα). Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται καλύτερα από εκείνα που αναφέρονται σε εργασία που πραγματοποιήθηκε για το ίδιο είδος με την χρήση κρεατάλευρων (El-Sayed 1998).

Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο είδος *Lepomis macrochirus* καταρτίστηκαν επτά διαφορετικά σιτηρέσια στα οποία γίνεται χρήση χοιραλεύρου σε ποσοστό 0%, 13,21%, 16,49%, 19,77%, 25,56%, 38,01% και 52,07% της τροφής. Το πρώτο σιτηρέσιο ήταν το σιτηρέσιο μάρτυρας που δεν περιείχε χοιράλευρο και στα δύο τελευταία απουσίασε το ιχθυάλευρο. Η αύξηση του βάρους των ιχθύων υπολογίστηκε $21,98 \pm 4,18$ χωρίς να υπάρχουν σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων κατά την διάρκεια των 60 ημερών του πειράματος. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι οι συγγραφείς τονίζουν την ύπαρξη διαφοροποίησης στην αποδοτικότητα των σιτηρεσίων, η οποία πιθανόν οφείλεται στην παραλλακτικότητα των αλεύρων που χρησιμοποιήθηκαν, ως προς τη θρεπτική σύσταση του κάθε αλεύρου και του ποσοστού συμμετοχής του στο κάθε σιτηρέσιο (χαμηλή ή υψηλή περιεκτικότητα ιχθυαλεύρου) (Masagounder *et al.* 2014).

Οι Yang *et al.* (2004) υπολόγισαν τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του είδους *Macrobrachium nipponense* το οποίο διατράφηκε με κρεατάλευρο (15% και 50% αντικατάστασης ιχθυαλεύρου) και με πτηνάλευρο (15% και 50% αντικατάστασης ιχθυαλεύρου). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που σιτίστηκαν με πτηνάλευρο με ποσοστό συμμετοχής 15% ήταν σημαντικά αυξημένος. Στην ουσία, ήταν αποδοτικότερο σιτηρέσιο ακόμα και από αυτό που απαρτιζόταν αποκλειστικά από ιχθυάλευρο. Η χρησιμοποίηση πτηναλεύρου σε ποσοστά 23%, 44% και 59% στο σιτηρέσιο της πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) δεν

επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη των ψαριών, καθώς ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης και η αύξηση βάρους των ψαριών όλων των διατροφικών ομάδων δεν διέφερε με τις τιμές των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο (Parés-Sierra *et al.* 2014).

Στο παρόν πείραμα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και των τριών σιτηρεσιών διατηρήθηκε σε αρκετά χαμηλά επίπεδα (1,22 – 1,39), παρά το ότι τα ψάρια σιτίζονταν σε «φαινόμενο κορεσμό», γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε υψηλές τιμές του συντελεστή. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως το χοιράλευρο αξιοποιείται μεταβολικά σε πολύ μεγάλο βαθμό για την αύξηση του σωματικού βάρους της τσιπούρας. Επίσης, ο FCR από την 30η ημέρα δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των σιτηρεσιών. Αυτό υποδηλώνει πως το χοιράλευρο αποτελεί ένα πολύ καλό υποκατάστατο (έως και 25% με ή χωρίς λυσίνη) του ιχθυαλεύρου αναφορικά με την αξιοποίηση της τροφής από την τσιπούρα.

Σε παρόμοια έρευνα παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (1,3 – 1,5) όπως και στην παρούσα εργασία, επιβεβαιώνοντας την καταλληλότητα του χοιράλευρου ως συστατικό των ιχθυοτροφών (Hernández *et al.* 2010).

Σε μία άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Wang *et al.* 2012 οι τιμές του FCR κυμάνθηκαν από 1,27-1,41. Επίσης τα αποτελέσματα έδειξαν τον δείκτη FCR να κυμαίνεται σε πολύ καλά επίπεδα και στα τέσσερα σιτηρέσια που καταρτίστηκαν με τη βελτίωση αυτού να παρατηρείται κατά την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο προσθέτοντας απαραίτητα αμινοξέα.

Στην έρευνα των Rawles *et al.* (2006), η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό έως 70% από άλευρα πουλερικών στην τροφή του είδους *Morone saxatilis*,

έδειξε ότι ο συντελεστής FCR δεν διέφερε σημαντικά από αυτόν του σιτηρέσιου με το ιχθυάλευρο.

Σε προηγούμενες μελέτες που πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με φυτικά άλευρα, παρουσιάστηκαν διαφορετικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από φυτικές πρωτεΐνες τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ψάρια που διατράφηκαν με 28 και 32 % φυτική πρωτεΐνη είχαν σημαντικά υψηλότερο FCR από εκείνα που διατράφηκαν με σιτηρέσιο που περιείχε 35% ιχθυάλευρο. Στο ίδιο πείραμα τα ψάρια όπου διατράφηκαν με σιτηρέσιο το οποίο έχει αντικατασταθεί κατά 28% με χοιράλευρο, είχαν FCR 1,3 (Li *et al.* 2017). Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα άλευρα από ζωικές πρωτεΐνες είναι καταλληλότερα για την βελτίωση του FCR. Επιπλέον, η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου στο σιτηρέσιο της τσιπούρας με άλευρο από σπόρους χαρουπιού (Martínez-Llorens *et al.* 2012), με σογιάλευρο (Martínez-Lloren *et al.* 2009) και με σογιάλευρο με ταυτόχρονη προσθήκη μεθειονίνης (Kokou *et al.* 2016) έδειξε ότι η παράμετροι ανάπτυξης μειώνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό συμμετοχής των υποκατάστατων του ιχθυαλεύρου.

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) δεν παρουσίασε διαφορές τόσο κατά την 30^η ημέρα όσο και στο τέλος του πειράματος μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Αυτό δείχνει ότι η πρωτεΐνη του χοιράλευρου αξιοποιείται σε μέγιστο βαθμό από την τσιπούρα για την σωματική της ανάπτυξη.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την τιλάπια διαπιστώθηκε πως τα σιτηρέσια που περιείχαν ιχθυάλευρο και χοιράλευρο είχαν καλύτερο συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης από τα εμπορικά σιτηρέσια που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι τα πειραματικά σιτηρέσια

περιείχαν τη σωστή αναλογία συστατικών, τα όποια κρίνονται απαραίτητα για την ανάπτυξη του είδους, ενώ το εμπορικό σιτηρέσιο περιείχε απροσδόκητα χαμηλό επίπεδο λιπιδίων (Hernández *et al.* 2010).

Οι Nengas *et al.* (1999) δοκίμασαν πτηνάλευρο ως εναλλακτική πρωτεϊνική πηγή στην τροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε ποσοστά αντικατάστασης ιχθυαλεύρου 35%, 50% και 75%. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι οι ιχθύς που σιτίστηκαν με πτηνάλευρο δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στον συντελεστή αποδοτικότητας.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτροφή της τσιπούρας με χοιράλευρο συνοψίζονται στα εξής:

- Η αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από πρωτεΐνη χοιραλεύρου της τάξης του 25% δεν επηρεάζει την επιβίωση της τσιπούρας.
- Η αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από πρωτεΐνη χοιραλεύρου της τάξης του 25% δεν επιφέρει μείωση της ανάπτυξης της τσιπούρας, διατρεφόμενη για 60 ημέρες, ούτε οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερη αξιοποίηση της τροφής (FCR) και της πρωτεΐνης της τροφής (PER).
- Η προσθήκη της λυσίνης σε ποσοστό 0,4% στο σιτηρέσιο δεν οδήγησε σε αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών.

Συνοπτικά, η χαμηλή υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα καθιστώντας το χοιράλευρο έως το ποσοστό του 25% πλήρως αξιοποιήσιμο από την τσιπούρα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

❖ Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Allan G. (2006) The growing fishmeal shortage. *Aquaculture*, 14: 28.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990) In: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edn., 1018 pp. AOAC, Arlington, VA.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995) Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Davies S.J., Nengas I. and Alexis M. (1991) Partial substitution of fish meal with different meat meals products in diets for sea bream (*Sparus aurata*). *Fish Nutrition in Practice*, **61** pp. 49 - 54.
- El-Sayed A.F.M. (1998) Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L), feeds. *Aquacult. Res.*, 29, 275–280
- EUROSTAT (2015) Fishery statistics in details. Retrieved 24 March, 2016, from. <http://ec>.
- FAO (2012) The state of the world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2016) Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/gilthead-seabream/faqs/en>.
- FAO (2006) State of World Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 500. IWAS/FRD, FAO Fisheries Department, Rome, Italy. 134 pp.
- Forster I.P., Dominy W., Smiley S., Bechtel P., Hardy R., Babbitt J. (2004) Recent advances in utilization of fish by-products in aquaculture feeds. Abstracts Book. Aquaculture 2004. March 1–5, 2004, Honolulu, Hawaii, USA.
- Francis G., Makkar H.P.S. and Becker K. (2001) Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197 – 227.
- Gachango F.G., Ekmann K.S., Frørup J., Pedersen S.M. (2016) Use of pig by-products (bristles and hooves) as alternative protein raw material in fish feed: A feasibility study. *Aquaculture*, 479: 265–272.

- Gatlin D.M., FT,B., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G.S., Krogdahl A., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R., Wurtele E. (2007) Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds :a review. *Aquac. Res.* 38,551–579.
- Gomez-Requeni P., Mingarro M., Kirchner S., Calduch-Giner J.A., Medale F., Corraze G., Panserat S., Martin S.A.M., Houlihan D.F., Kaushik S.J. and Perez-Sanchez J. (2003) Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotrophic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 220: 749 – 767.
- Gomez-Requeni P., Mingarro M., Kirchner S., Calduch-Giner J.A., Medale F., Martin S.A.M., Houlihan D.F., Kaushik S.J. and Perez-Sanchez J. (2004) Protein growth performance, amino acid utilisation and somatotrophic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 232: 493 – 510
- Hartviksen M., Vecino J.G., Bakke A.M., Ringo E. and Krogdahl A. (2014) Evaluation of the effect of commercially available plant and animal protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): digestive and metabolic investigations. *Fish Physiol Biochem*, 40: pp 1621–1637.
- Hernandez C., Olvera-Novoa M.A., Aguilar-Vejar K., Gonzalez- Rodriguez 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
- Hernandez C., Olvera-Novoa M.A., Hardy R.W., Hermosillo A., Reyes C., Gonzalez-Rodriguez 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, pp. 44-53
- Hertrampf J.W., Piedad-Pascal F. (2000) Pulses. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 531–542

- Jackson A. (2009) The continuing demand for sustainable fishmeal and fish oil in aquaculture diets. *International Aquafeed*, 12: 32 – 33.
- 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.
- Kokou F., Kentouri M., Rigos G. and Alexis M (2016) Effects of DL-methionine-supplemented dietary soy protein concentrate on growth performance and intestinal enzyme activity of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Int.* 24: pp 257–271
- 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* X ♂ *Ictalurus furcatus*, to Dietary Protein Concentrations and Sources, *Journal of the World Aquaculture Society*,
- 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.
- 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.
- Martínez-Llorens S., Vidal A.T., Garcia I.J., Torres M.P. and Cerdá M.J. (2009) Optimum dietary soybean meal level for maximizing growth and nutrient utilization of on-growing gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition*, 15: pp 320–328.
- Masagounder K., Hayward R.C. and Firman J.D. (2014) Replacing fish meal with increasing levels of meat and bone meal, soybean meal and corn gluten meal, in diets of juvenile bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Aquaculture Research*, 45: 1202–1211.
- 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.

- 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.
- Montes-Girao P.J. and Fracalossi D.M. (2006) Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for Jundia, *Rhamdia quelen*. *World Aquaculture Society*, **37** pp: 388 – 396
- Naylor R.L., Hardy R.W., Bureau D.P., Chiu A., Elliott M., Farrell A.P., Forster I., Gatlin D.M., Goldberg R.J., Hua K., Nichols P.D. (2009) Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B: Biol. Sci.* **106**, 15103–15110.
- 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.
- Nogueira N., Cordeiro N., Andrade C., and Aires T. (2012) Inclusion of low levels of blood and feathermeal in practical diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **12**: 641 – 650.
- 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.
- Pereira T.G. and Oliva-Teles A. (2002) Preliminary evaluation of pea seed meal in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture Research*, **33**: 1183 – 1189.
- 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* , *Morone saxatilis*) 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.

- Saoud I.P., Rodgers L.J., Davis D.A. and Rouse D.B. (2008) Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture Nutrition*. 14: pp 139–142.
- Sola L., Moretti A., Crosetti D., Karaïskou 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.
- Tidwell J.H. and Allan G.L. (2002) Fish as food: Aquaculture’s contribution. *World Aquaculture*, 33: 44 – 48.
- Yang Y., Xie S., Lei W., Zhu X. and Yang Y.(2004). Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense*. *Fish & Shellfish Immunology*, 17: pp 105–114.
- Yang Y., Xie S., Lei W., Zhu X. and Yang Y.(2004) Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense*. *Fish & Shellfish Immunology*, 17: pp 10
- Ye J.D., X Liu H.X., Kong J.H., Wang K., Sun Y.Z., Zhang C.X., Zhai S.W. and 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.
- Zar, J.H. (1999) *Biostatistical analysis*. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

❖ **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Καραπαναγιωτίδης Ι. (2012) Κεφάλαιο, 5ο. – Λιπίδια., Στοιχεία Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένη Διατροφή Ιχθύων και Καρκινοειδών (Ε. Μεντέ & Ι. Νέγκας). Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 163-250

- Μεντέ Ε. και Νέγκας Ι. (2011) Στοιχεία φυσιολογίας θρέψεως και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, σελ. 224 – 228.
- 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.
- Στεργίου Ι. Κ., Καραχλέ Κ. Π., Τσίκληρας Α., Μαμαλάκης Ι. (2011) Κραυγή Ιχθύος. Εκδόσεις Πατάκη.
- Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ) (2016). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια http://www.geotee.gr/lnkFiles/20170104020629_4.pdf.

❖ **Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία:**

http1: europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Pig_farming_sector_-_statistical_portrait_2014.

http2: www.fishbase.org

http3: http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/publications/factsheets-aquaculture-species/sea-bream_el.pdf .

http4: <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/gilthead-seabream/faqs/en/>

http5: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/e.c

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the potential use of processed animal proteins and specifically of porcine meal as a fishmeal replacement in the diet of gilthead seabream (*Sparus aurata*).

Juvenile sea breams, initial average weight of 2.27 ± 0.00 g, were transferred in 9 glass aquariums in a closed seawater circulation system. The temperature was maintained at 21°C, pH 8.00 ± 0.4 and salinity was kept at 30 ± 0.5 ‰. The juveniles were divided into three dietary groups (30 individuals / tank, 3 reps / dietary group), which were offered three different diets, by hand at saturation, two times per day for 60 days. For the first diet, the sole animal protein source was fishmeal (100%). In the other two diets, fishmeal was replaced by porcine by-product meal protein at 25% and at 25% with addition of lysine. All three diets were iso-energetic (20.94 MJ / kg of diet) and iso-nitrogenous (52% of diet).

The partial replacement of fish meal with porcine by-product at 25% with or without the addition of lysine did not affect the survival, weight gain, SGR, FCR and PER of seabream. The weight gain of the fish (12.71-13.6), SGR (3.09-3.19%/day), FCR (1.32-1.39) and PER (1.40-1.47) did not show significant differences among the dietary groups.

Summarizing the results of this study showed that porcine by-product meal is a suitable substitute for fishmeal (25% with or without lysine) as far it concerns the growth of sea bream. However, further research must be carried out in the future to

study the feeding of the species with different porcine meals and different substitution levels, because the knowledge is still incomplete.

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