



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

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Η επίδραση της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από άλευρο υποπροϊόντων χοίρου στην ανάπτυξη και αξιοποίηση της τροφής της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»

**ΕΥΓΕΝΙΑ ΚΑΖΟΠΙΔΗ
ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ ΚΥΠΡΑΙΟΥ**

ΒΟΛΟΣ, 2019

**«Η επίδραση της αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από άλευρο υποπροϊόντων χοίρου
στην ανάπτυξη και αξιοποίηση της τροφής της τσιπούρας»**

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) Ελένη Μεντέ, Καθηγήτρια – Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωϊκών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*,

3) Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια – Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

*Στους γονείς μας,
Καζοπίδη Εμμανουήλ- Παρασκευά Λευκοθέα
&
Κοπραίο Στέφανο- Τσαμπά Μαγδαληνή*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας σε όσους συνέβαλλαν στο να φέρουμε εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε 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 τον υποψήφιο διδάκτορα Πιέρ Ψωφάκη που ήταν παρών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος δίνοντας μας τις συμβουλές και τη βοήθεια του. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους συνεργάτες μας, αλλά και φίλους, Τσίγλη Ηλία, Βογιατζή Ιωάννη και Κοντοτόλη Στέφανο για την άψογη συνεργασία σε όλη τη διάρκεια του πειράματος, όπως επίσης και τις οικογένειές μας για την άπλετη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η παραγωγή στις ιχθυοκαλλιέργειες, γεγονός που έχει οδηγήσει σε αυξημένη ζήτηση ιχθυοτροφών. Εξαιτίας, αυτής της αύξησης της ζήτησης, έχει παρατηρηθεί μείωση των αποθεμάτων του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου. Για το λόγο αυτό, έχει ξεκινήσει η προσπάθεια μείωσης της εξάρτησης του κλάδου των ιχθυοτροφών από τα ιχθυάλευρα και η εύρεση νέων εναλλακτικών πρωτεϊνικών πηγών για την παρασκευή ιχθυοτροφών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών μη μηρυκαστικών ζώων, και συγκεκριμένα άλευρο υποπροϊόντων χοίρου, ως κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Ιχθύδια τσιπούρας, με αρχικό μέσο βάρος $2,27 \pm 0,00\text{g}$, μεταφέρθηκαν σε 12 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 4 διατροφικές ομάδες (30 άτομα/δεξαμενή, 4 επαναλήψεις/διατροφική ομάδα), στις οποίες χορηγήθηκαν 4 διαφορετικά σιτηρέσια, η σίτιση γινόταν 2 φορές καθημερινά με το χέρι μέχρι κορεσμού για 61 ημέρες. Στο πρώτο σιτηρέσιο (FM), το ιχθυάλευρο αποτέλεσε την αποκλειστική πηγή ζωικής πρωτεΐνης. Στα υπόλοιπα τρία σιτηρέσια πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από πρωτεΐνη χοιράλευρου σε ποσοστό 25, 35 και 45%. Τα τέσσερα πειραματικά σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά (22 MJ/kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά.

Η επιβίωση των ψαριών δεν επηρεάστηκε από την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με το χοιράλευρο, ενώ η αύξηση του βάρους των ψαριών κυμάνθηκε από 12,31 έως 13,61g και υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διατροφικές ομάδες. Ο συντελεστής SGR

(3,05-3,19%/ημέρα), ο συντελεστής FCR (1,32-1,53) και ο συντελεστής PER (1,27-1,47) 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, 35 και 45%, 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 υψηλότερα ποσοστά υποκατάστασης, διότι οι γνώσεις είναι ακόμα ελλιπείς.

Λέξεις – Κλειδιά: τσιπούρα, *Sparus aurata*, αντικατάσταση ιχθυαλεύρου, χοιράλευρο, μεταποιημένες ζωικές πρωτεΐνες μη μηρυκαστικών ζώων, ιχθυοκαλλιέργειες, διατροφή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Βιολογία και εκτροφή της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>).....	10
1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους <i>Sparus aurata</i>	13
1.3. Η χρήση του ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές.....	15
1.4. Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης.....	19
1.5. Σκοπός της πτυχιακής διατριβής.....	22
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	23
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός.....	23
2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση.....	25
2.3 Δειγματοληψίες.....	28
2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	28
2.4.1 Θνησιμότητα.....	28
2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών.....	28
2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους.....	29
2.4.4 Συνολική κατανάλωση τροφής.....	29
2.4.5 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής.....	29
2.4.6 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης.....	29
2.4.7 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών.....	30
2.5 Χημικές αναλύσεις.....	30
2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	30
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	31
2.5.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	33
2.5.5 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας.....	33
2.6 Στατιστική ανάλυση.....	34
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	35
3.1 Θνησιμότητα.....	35
3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	35
3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος.....	35
3.2.2 Κατά την 32 ^η ημέρα πειράματος.....	36
3.2.3 Κατά την ολοκλήρωση του πειράματος (61 ^η ημέρα του πειράματος).....	38
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
4.1 Θνησιμότητα.....	41

4.2	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	43
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

Η τσιπούρα *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) είναι ψάρι, το οποίο συγκαταλέγεται στα είδη της Μεσογείου και αποτελεί ένα από τα δύο κυριότερα εκτρεφόμενα είδη στις μεσογειακές και ελληνικές θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες (Κλαουδάτος, 2012). Η λατινική της ονομασία προέρχεται από τη χαρακτηριστική χρυσή λωρίδα ανάμεσα στα μάτια της (Εικόνα 1.1). Είναι σαρκοφάγο είδος (Froese & Pauly, 2006) με στόμα ελαφρά προτεταμένο, εφοδιασμένο με δόντια προσαρμοσμένα στην σύνθλιψη των κελυφών των δίθυρων μαλακίων που αποτελούν την αγαπημένη τους τροφή.



Εικόνα 1.1. Απεικόνιση του είδους.

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

Είναι βενθοπελαγικό είδος της υποτροπικής ζώνης και ζει σε παράκτιες περιοχές με αμμώδεις πυθμένες και φυκιάδες, φτάνοντας σε βάθη από 30 έως 150 μέτρα, ανάλογα με την ηλικία του. Πολύ συχνά εισέρχεται στις λιμνοθάλασσες. Δεν είναι μεταναστευτικό είδος και ζει είτε μοναχικά, είτε σχηματίζοντας μικρά κοπάδια (Νεοφύτου, 2015). Κατά τη διάρκεια της περιόδου ωοτοκίας, που λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο έως τον Δεκέμβριο, τα ενήλικα ψάρια μετακινούνται σε βαθύτερα νερά. Οι νεαροί γόνοι

μεταναστεύουν σε παράκτια νερά ή στις εκβολές ποταμών και λιμνοθαλασσών από τα τέλη Φεβρουαρίου (Στεργίου κ.α. 2011). Είναι ερμαφρόδιτο με πρωτανδρική εμφάνιση και μετά το δεύτερο έτος της ηλικίας του επέρχεται σε πολλά άτομα η αλλαγή του φύλου (Νεοφύτου, 2015).

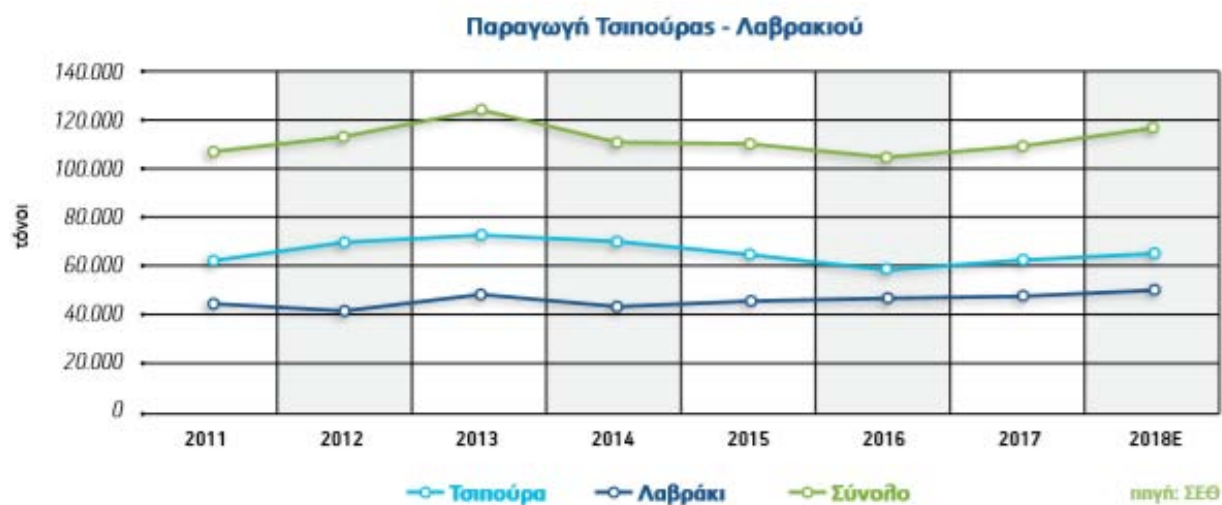
Η τσιπούρα αποτελεί ένα ευρύθερμο και ευρύαλο είδος. Αντέχει σε ένα σχετικά μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος από 4 έως 32° C, αλλά ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ 22 και 24 °C (Klaoudatos & Apostolopoulos, 1986). Η αντοχή της στις μεταβολές της αλατότητας παρουσιάζει μεγάλο εύρος και τα όρια 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).

Το διαιτολόγιο του είδους αποτελείται κυρίως από μαλάκια, δίθυρα, γαστερόποδα, καρκινοειδή, δίθυρα μαλάκια (μύδια, στρείδια κ.ά.), εχινόδερμα, τελεόστεους και πολύχαιτους. Γενικά, η τροφή του ποικίλλει και εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του ψαριού και τη διαθεσιμότητά της τροφής. 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). Προσαρμόζεται εύκολα στην αιχμαλωσία, χαρακτηρίζεται από γρήγορη ανάπτυξη, ανθεκτικότητα στις μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτινων μαζών και εξαιρετική ποιότητα κρέατος, ιδιότητες στις οποίες οφείλεται το μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και η επιλογή της για εντατική εκτροφή (Klaoudatos & Apostolopoulos, 1986).

Η εκτροφή της τσιπούρας πραγματοποιούνταν παραδοσιακά, είτε στις μεσογειακές παράκτιες λιμνοθάλασσες, είτε σε λίμνες υφάλμυρων και αλμυρών νερών της βόρειας Ιταλίας και της νότιας Ισπανίας (European Commission, 2012). Οι πιο συνήθεις μέθοδοι

παραγωγής τσιπούρας είναι σε εκτατικά συστήματα εκτροφής σε λιμνοθάλασσες ή εντατικά σε δεξαμενές ή κλωβούς. Αποδείχθηκε ένα πολύ καλό είδος της εκτατικής ιχθυοκαλλιέργειας λόγω της μεγάλης εμπορικής της αξίας, της προσαρμοστικότητας της σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες και της διατροφής της με προϊόντα που βρίσκονται σχετικά χαμηλά στην κλίμακα της τροφικής αλυσίδας (Κλαουδάτος, 2012). Η εκτατική εκτροφή παραμένει μια παραδοσιακή δραστηριότητα σε ορισμένες περιοχές, αλλά με πολύ χαμηλό αντίκτυπο στην αγορά (Sola *et al*, 2006). 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 (FAO, 2016).

Η Ελλάδα αποτελεί μακράν τη μεγαλύτερη παραγωγό χώρα, καθώς με 64.000 τόνους αντιπροσωπεύει το 64% της ευρωπαϊκής παραγωγής τσιπούρας, και ακολουθούν η Ισπανία με 13.643 τόνους (13,6%), η Ιταλία με 9.000 τόνους (9%), η Κροατία με 5.026 τόνους (5%) και η Κύπρος με 5.000 τόνους (5%). Το υπόλοιπο 3,4% παράγεται από τη Γαλλία και την Πορτογαλία (Fear, Kontali, 2017/ ΣΕΘ, 2017). 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). Το 2017 η παραγωγή τους ανήλθε σε 112.000 τόνους αξίας σχεδόν 546 εκ. ευρώ (Εικόνα 1.2, ΣΕΘ, 2018). Σε σχέση με το 2016, παρατηρείται αύξηση 6,6% ως προς τον όγκο και 0,5% ως προς την αξία πωλήσεων καθώς η μέση τιμή των δύο ειδών παρουσίασε 6,99% μείωση και ανήλθε στα 4,93 ευρώ το κιλό. Αναλυτικότερα, παρήχθησαν 64.000 τόνοι τσιπούρας και 48.000 τόνοι λαβρακιού αξίας 294,4 εκ. ευρώ και 251,5 εκ. ευρώ αντίστοιχα. Η τσιπούρα αντιστοιχεί στο 57% του όγκου παραγωγής και το λαβράκι στο 43%. Σε σχέση με το 2016 η παραγωγή τσιπούρας αυξήθηκε κατά 4,4% και του λαβρακιού αυξήθηκε επίσης κατά 8,5%. Παρήχθησαν επίσης και 3.070 τόνοι νέων ειδών που αντιστοιχούν στο 3% της συνολικής παραγωγής (ΣΕΘ, 2018).



Εικόνα 1.2. Εξέλιξη παραγωγής (τόνοι σε χιλιάδες) τσιπούρας και λαβρακιού.

Πηγή: ΣΕΘ, 2018

1.2 Θρεπτικές 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 στους Πίνακες 1.1, 1.2 και 1.3 (FAO 2013, Παπουτσόγλου 2008).

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

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

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

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

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

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

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

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

Πηγή: Παπουτσόγλου (2008).

1.3. Η χρήση του ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης της παγκόσμιας παραγωγής του κλάδου των υδατοεκτροφών έχει οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησης για τεχνητές ιχθυοτροφές με ανάλογο ρυθμό. Οι ιχθυοτροφές αποτελούν τη βασικότερη πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται

στην παραγωγική διαδικασία, καθώς αντιπροσωπεύουν το 57%- 59% του κόστους παραγωγής (ΣΕΘ, 2018) και εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων (Tacon & Metian, 2008). Τα συστατικά αυτά αποτελούν κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών, εξαιτίας της υψηλής θρεπτικής τους αξίας.

Το υψηλό επίπεδο πρωτεΐνης σε συνδυασμό με το ιδανικό προφίλ αμινοξέων, την υψηλή πεπτικότητα (άρα και λιγότερο ρυπογόνο προς το περιβάλλον), την υψηλή γευστικότητα, την έλλειψη διατροφικών παραγόντων και το γεγονός ότι μέχρι πριν λίγα χρόνια ήταν άμεσα διαθέσιμο και οικονομικό για τους παραγωγούς, κατέστησαν το ιχθυάλευρο ως το σημαντικότερο συστατικό στις ιχθυοτροφές. Επίσης, περιέχει μεγάλη ποσότητα σε ολικές πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα, είναι πλούσια πηγή ολικής ενέργειας, καθώς και λιπιδίων, ανόργανων στοιχείων και βιταμινών (Jackson, 2009). Ανέκαθεν, η ιχθυοκαλλιέργεια έκανε χρήση ιχθυαλεύρων για τροφή, τόσο σαρκοφάγων και παμφάγων ιχθύων όσο και φυτοφάγων, κυρίως στα πρώτα στάδια της ζωής τους, που τα απαιτούμενα επίπεδα πρωτεΐνης και απαραίτητων αμινοξέων είναι υψηλά.

Το άλευρο αυτό παρασκευάζεται κυρίως, από μικρά θαλασσινά ψάρια με υψηλό ποσοστό οστών και ελαίων που 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. Ένα μικρό ποσοστό των ιχθυαλεύρων αποδίδεται στα παρεμπίπτοντα αλιεύματα, και στα υποπροϊόντα που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία (π.χ. φιλέτα ψαριών και κονσερβοποιία) των διαφόρων θαλασσιών προϊόντων που προορίζονται για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο (Miles & Chapman, 2006). Τα πιο κοινά άλευρα που χρησιμοποιούνται είναι τα άλευρα ρέγγας, γαύρου, σαρδέλας, σκουμπριού, φρίσσας και άλευρο καπελάνου μεταξύ άλλων (Σπαής, 2002).

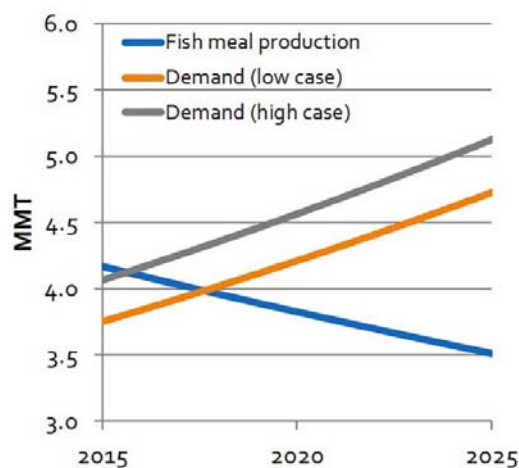
Τα διάφορα ιχθυάλευρα περιέχουν ολικές πρωτεΐνες από 55,5% έως 72,5%, λιπαρές ουσίες από 3,5% έως 12%, τέφρα από 10% έως 22,5% και υγρασία από 7% έως 13%. Η ποιότητα του ιχθυαλεύρου εξαρτάται από την εποχή της αλίευσης, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, τη θερμοκρασία, την ώρα που τα ψάρια αλιεύονται, το χρόνο αποθήκευσης πριν από την επεξεργασία, τον τρόπο αλείας 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 τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η παραγωγή στις ιχθυοκαλλιέργειες, γεγονός που έχει οδηγήσει σε αυξημένη ζήτηση ιχθυοτροφών και επομένως, σε ραγδαία αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας (Asche & Tveteras, 2005). Ακόμη, έχει παρατηρηθεί μείωση των αποθεμάτων του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου, λόγω εξάντλησης των ιχθυοαποθεμάτων που προορίζονται για αυτά (Tidwell & Allan, 2002). Η υπεραλίευση αποτελεί την κύρια αιτία αυτής της μείωσης των ιχθυοαποθεμάτων, όπως επίσης προκαλεί στασιμότητα στην παγκόσμια παραγωγή του ιχθυαλεύρου (περίπου 1 εκ. τόνοι ετησίως) εδώ και 20-25 χρόνια, καθώς και αύξησης της τιμής του (Καραπαναγιωτίδης, 2018).

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). Επιπλέον, υπολογίζεται πως το 2010 περισσότερο από το 55% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυαλεύρου χρησιμοποιήθηκε στις

ιχθυοκαλλιέργειες και από το 2016 έως το 2019 η ζήτηση του αυξήθηκε με ραγδαίους ρυθμούς (Εικόνα 1.3, Lux Research, Inc.)

Fish Meal Demand Exceeds Global Production Capacity Between 2016 (Grey Line, High Case) and 2019 (Orange Line, Low Case)



Source: Lux Research, Inc.
www.luxresearchinc.com

Εικόνα 1.3. Παγκόσμια απαίτηση ιχθυαλεύρου σε σύγκριση με την παγκόσμια παραγωγή του.

Πηγή: Lux Research, Inc.

Πέραν όμως της μειωμένης διαθεσιμότητας του ιχθυαλεύρου, έχουν διεγερθεί κάποιες ηθολογικές αντιδράσεις σχετικά με τη χρήση των αλιευμένων ιχθύων για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπο, αντί για την παραγωγή ιχθυοτροφών (Goldburg & Naylor, 2005). Παράλληλα, διάφοροι οικολογικοί και μη κυβερνητικοί οργανισμοί ολοένα και περισσότερο εκφράζουν την ανησυχία τους για την βιώσιμη εκμετάλλευση των ιχθυαποθεμάτων που προορίζονται για την παραγωγή ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων και τις αρνητικές επιδράσεις που έχουν υποστεί τα θαλάσσια υδάτινα οικοσυστήματα μέσω της υποβάθμισης της τροφικής αλυσίδας των θαλάσσιων θηλαστικών και πουλιών (Jauncey, 1998).

Συνεπώς, αφού η εμπιστοσύνη για τους συγκεκριμένους θαλάσσιους πόρους μειώνεται σημαντικά, οι τεχνητές ιχθυοτροφές εδώ και τουλάχιστον μία δεκαετία παρασκευάζονται με τη χρήση ολοένα και περισσότερων υποκατάστατων των ιχθυαλεύρων πρωτεϊνικών πηγών, φυτικών αλλά και ζωικών προϊόντων, και ο κλάδος βρίσκεται σε μία διαρκή αναζήτηση νέων υποκατάστατων (Tacon, 1997).

1.4. Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης

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

Οι Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες μη μηρυκαστικών (ΜΖΠ) φαίνεται να αποτελούν λύση, καθώς είναι ιδιαίτερα πολύτιμες στο πλαίσιο της αντικατάστασης των ιχθυαλεύρων. Η συντριπτική πλειοψηφία των αλεύρων από ΜΖΠ 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).

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 περιεκτικότητα τους σε λίπος είναι μειονέκτημα καθώς το λίπος τους μπορεί να οξειδωθεί με την αποθήκευση, με αποτέλεσμα τη μείωση της δεκτικότητας τους από τα άλλα ζώα, αλλά και την καταστροφή άλλων περιεχομένων 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. Στα άλευρα αυτά συγκαταλέγονται το άλευρο πουλερικών, το άλευρο κρέατος χοίρων, το αιματάλευρο, το περάλευρο, η αιμογλοβίνη κ.α. (Καραπαναγιωτίδης, 2011).

Ποικίλα φαίνονται να είναι τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι Μεταποιημένες Ζωικές Πρωτεΐνες. Αρχικά, σε σχέση με τα ιχθυάλευρα είναι οικονομικότερες και έχουν υψηλό-συγκρίσιμο επίπεδο πρωτεϊνών. Παράλληλα, έχουν ισορροπημένο προφίλ αμινοξέων και είναι πλούσιες σε βιταμίνη Α και φώσφορο. Επιπλέον, το γεγονός ότι απουσιάζουν οι άπεπτοι υδατάνθρακες και οι αντιδιατροφικοί παράγοντες, οδηγεί σε υψηλό επίπεδο πεπτικότητας των ΜΖΠ.

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), καθώς και 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.

Παράλληλα, έχει αποδειχθεί πως είναι δυνατή η αντικατάσταση του ιχθυάλευρου από κρεατοστεάλευρο έως και 50% σε δίαιτες σε νεαρά ιχθύδια τσιπούρας, χωρίς να επηρεάζεται η ανάπτυξη, η χρήση της τροφής και η απόδοση των θρεπτικών ουσιών (Moutinho *et al.* 2017).

Επιπλέον έρευνα, έδειξε επιτυχή αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου, και πιο συγκεκριμένα του άλευρου από σκουμπρί, με υποπροϊόντα πουλερικών έως και 54% στη διατροφή νεαρών ιχθυδίων φαγκριού, χωρίς μείωση της απόδοσης της ανάπτυξης (C.Hill *et al.* 2018).

Τα χοιράλευρα (Πίνακας 1.4) 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 ανάπτυξη τους και η ποιότητα της σάρκα τους δεν επηρεάζεται αρνητικά. Αποτελούν πλούσιες πηγές ζωικής πρωτεΐνης (περίπου 53%) και περιέχουν κατάλληλο προφίλ απαραίτητων αμινοξέων τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων (Hernandez *et al.*, 2008).

Πίνακας 1.4: Συγκριτική ανάλυση της θρεπτικής σύστασης του ιχθυαλεύρου με το χοιράλευρο σε ποσοστά %.

	Ιχθυάλευρο	Χοιράλευρο
Πρωτεΐνη	67,4	53,7
Λίπος	7,7	10,5
Τέφρα	12,8	24,1
Συντελεστής αφ.πρωτ.	87,0	66,2
Αμινοξέα (AA %/100g)		
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

Πηγή: Hernandez et al, 2008.

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, μόνο 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).

1.5. Σκοπός της πτυχιακής διατριβής

Τα ιχθυάλευρα έχουν αποτελέσει τη βάση για τις υδατοκαλλιέργειες λόγω της πολύ καλής θρεπτικής τους αξίας. Ωστόσο, πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί όσον αφορά την αντικατάστασή 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 της τεράστιας χρησιμοποίησής τους.

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή αφορά την εξεύρεση εναλλακτικών διατροφικών πηγών, με βάση την πρωτεΐνη των χοίρων, για την εκτροφή ιχθύων στις ιχθυοκαλλιέργειες.

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης αλεύρου χοίρων ως συστατικό αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου των ιχθυοτροφών 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 «ΣΕΛΟΝΤΑ (πρώην ΔΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Β.Ε.Ε.)» που έχει τις εγκαταστάσεις του στην Πελασγία Φθιώτιδος προς τις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Βόλο, όπου και έλαβε χώρα το πείραμα. Τοποθετήθηκαν 360 ιχθύδια σε πειραματικές δεξαμενές όπου αφήθηκαν για 10 ημέρες, ώστε να εγκλιματιστούν στις συγκεκριμένες συνθήκες και η σίτιση τους γινόταν μία φορά την ημέρα. Το πείραμα διήρκησε συνολικά 61 ημέρες (Ιούλιος – Αύγουστος 2017).

Τα ιχθύδια, μετά τον εγκλιματισμό τους, τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας θαλασσινού νερού. Συγκεκριμένα, οι πειραματικές εγκαταστάσεις αποτελούνταν από 12 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 2.1.



Εικόνα 2.1. Διάταξη δεξαμενών και απεικόνιση του συστήματος φιλτραρίσματος-αποστείρωσης.

Πηγή: Προσωπικό Υλικό

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 4 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, 4 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 2.2) και ήταν στη μορφή βυθιζόμενου σύμπηκτου διαμέτρου 1,5 mm.



Εικόνα 2.2. Πελλετομηχανή τύπου California Pellet Mill

Πηγή: Προσωπικό Υλικό

Τα τρία αυτά σιτηρέσια καταρτίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ισοενεργειακά (20,94MJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (52% της τροφής) (Πίνακας 2.1). Ως βασική πρωτεϊνική πηγή ζωικής προέλευσης χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας ιχθυάλευρο (ολικών πρωτεϊνών 64%). Η τροφή μάρτυρας - control (FM) περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο ως πηγή ζωικής πρωτεΐνης. Για την υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου στις λοιπές πειραματικές τροφές, χρησιμοποιήθηκε άλευρο χοίρων (POM, ολικών πρωτεϊνών 62%). Η πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου αντικαταστάθηκε κατά 25% (POM25), 35% (POM35) και 45% (POM45). Έτσι, το σιτηρέσιο FM περιείχε μόνο ιχθυάλευρο και καθόλου άλευρο χοίρων, ενώ τα σιτηρέσια POM25, POM35 και POM45 περιείχαν ιχθυάλευρο σε μειωμένο ποσοστό και

ένα ποσοστό αλεύρου χοίρων, τέτοιο ώστε η πρωτεΐνη του τελευταίου υποκαθιστούσε την πρωτεΐνη του πρώτου κατά 25%, 35% και 45% αντίστοιχα, της συνολικής πρωτεΐνης του σιτηρεσίου. 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 τεσσάρων ισοενεργειακών σιτηρεσίων. Ως κύρια πηγή ενέργειας ω3 και ω6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων χρησιμοποιήθηκε το ιχθυέλαιο (Πίνακας 2.1).

Μικροσυστατικά χρησιμοποιήθηκαν ως εμπλουτιστικά των τροφών και διατηρήθηκαν σε σταθερές ποσότητες στα τέσσερα διαφορετικά σιτηρέσια. Σε αυτά περιλαμβάνονταν ένα εμπορικό πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (για τσιπούρα και λαβράκι) σε κρυσταλλική μορφή με συμμετοχή 0,40%, το φωσφορικό μονασβέστιο (MCP) σε ποσοστό 0,40% και η βιταμίνη E με την βιταμίνη C σε ποσοστό 0,10% (Πίνακας 2.1).

Η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι καθημερινά, 2 φορές την ημέρα και λάμβανε χώρα στις 11.00 π.μ. και στις 17.00 μ.μ, ενώ μια μέρα τη βδομάδα πραγματοποιούνταν νηστεία. Η σίτιση ήταν μέχρι κορεσμού (*ad libitum*).

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

Συστατικά (%)	FM	POM25	POM35	POM45
Ιχθυάλευρο	59,00	44,25	38,35	32,45
Χοιράλευρο	0,00	15,55	21,80	28,00
Γλουτένη καλαμποκιού	19,30	18,95	18,80	18,70
Αλεύρι σίτου	9,70	11,70	12,50	13,30

Ιχθυέλαιο	11,00	8,55	7,55	6,55
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία	0,40	0,40	0,40	0,40
MCP	0,40	0,40	0,40	0,40
Λυσίνη	0,00	0,00	0,00	0,00
Βιταμίνη E	0,10	0,10	0,10	0,10
Βιταμίνη C	0,10	0,10	0,10	0,10
Χημική σύσταση (%)	FM	POM 25	POM35	POM45
Υγρασία	6,58	6,56	6,55	6,54
Πρωτεΐνη	52,01	52,00	52,01	52,01
Λίπος	16,34	15,23	14,77	14,31
Υδατάνθρακες ¹	12,08	14,50	15,47	16,45
Τέφρα	12,89	11,64	11,13	10,63
Ενέργεια (KJ/g)	20,94	20,95	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 άλευρου σίτου) ήταν μια ευγενική χορηγία της εταιρίας BioMar Hellenic ABEEI.

Πίνακας 2.2: 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
Ανόργανα στοιχεία	
Μαγγάνιο (οξειδίο)	10.000
Ψευδάργυρος (οξειδίο)	33.333
Ιωδιούχο ασβέστιο (62% Ca)	400
Σεληνιώδες νάτριο (1% σελήνιο)	84
Ανθρακικό κοβάλτιο (51%)	333
Άλλες ουσίες	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333
Άλευρο για μίξη	416.666

2.3 Δειγματοληψίες

Η εκτροφή των ιχθυδίων διήρκησε 61 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις βάρους: στην έναρξη του πειράματος (ημέρα 0), την 32^η

και μία τελική την 61^η. 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 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (feed conversion ratio, FCR) εκφράζει το 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:

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

2.4.6 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:

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

Όπου,

$\ln(W_2)$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

$\ln(W_1)$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

2.4.7 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:

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

2.5 Χημικές αναλύσεις

2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσιών 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

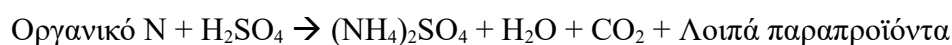
στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαικού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15min στους 105°C.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

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

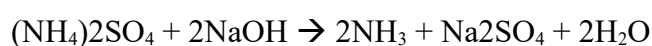
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσιών 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 θειικού οξέως (H_2SO_4) και τοποθετούνται στην συσκευή πέψης Kjeltec 2000. Η διαδικασία της πέψης πραγματοποιείται στους 150°C για 85min. Με την συσκευή πέψης επιτυγχάνεται το βράσιμο των δειγμάτων και με την βοήθεια του πυκνού θειικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θειικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:

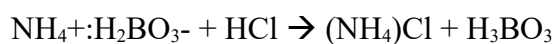


Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15 min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H₂O, 80 ml NaOH και 50 ml H₃BO₃. Η διαδικασία διαρκεί 6 min. Το θειικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία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



Το βορικό αμμώνιο 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 συνεχής κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



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

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

2.5.3 Προσδιορισμός ενέργειας

Ο προσδιορισμός της ενέργειας των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια θερμιδόμετρου. Κατά την πλήρη καύση ενός δείγματος εκλύεται θερμότητα, η οποία αποτελεί τη θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) του δείγματος. Η καύση πραγματοποιείται μέσα σε ένα κλειστό

ανοξειδωτο δοχείο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει το νερό, το οποίο με τη σειρά του θερμαίνει ένα εξωτερικό δοχείο γνωστής θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφεται από ένα θερμόμετρο και έπειτα υπολογίζεται το θερμιδική αξία στο περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε. Τα αποτελέσματα δίνονται ηλεκτρονικά σε Kcal/g.

2.5.4 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:

$$T \acute{\epsilon} \phi \rho \alpha (\%) = \frac{(W_{\tau \acute{\epsilon} \phi \rho \alpha \varsigma} (g) \times 100)}{W_{\delta \epsilon \acute{\iota} \gamma \mu \alpha \tau \omicron \varsigma} (g)}$$

2.5.5 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:

$$W_{\xi \eta \rho \acute{\eta} \varsigma \omicron \upsilon \varsigma \acute{\iota} \alpha \varsigma} = W_{\delta \epsilon \acute{\iota} \gamma \mu \alpha \tau \omicron \varsigma \mu \epsilon \tau \acute{\alpha} \tau \eta \nu \xi \acute{\eta} \rho \alpha \nu \sigma \eta \mu \alpha \zeta \acute{\iota} \mu \epsilon \tau \omicron \delta \iota \sigma \kappa \acute{\iota} \omicron} - W_{\delta \iota \sigma \kappa \acute{\iota} \omicron}$$

$$\text{Ξηρ ή ο υ σ ί α \%} = \frac{(W_{\text{ξηρ ή ς ο υ σ ί α ς}} \times 100)}{W_{\text{δ ε ι / τ ο ς}}}$$

Όμοια,

$$W_{\text{υ γ ρ α σ ί α}} = W_{\text{δ ε ι / τ ο ς}} - (W_{\text{δ ε ι / τ ο ς μ ε τ ά τ η ν ξ ή ρ α ν σ η}} - W_{\text{δ ι σ κ ί ο υ}})$$

$$\text{Υ γ ρ α σ ί α \%} = \frac{(W_{\text{υ γ ρ α σ ί α}} \times 100)}{W_{\text{δ ε ι / τ ο ς}}}$$

2.6 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών και αξιοποίησης της τροφής επεξεργάστηκαν 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

Μέχρι την 61^η ημέρα του πειράματος σημειώθηκαν θνησιμότητες των ιχθυδίων όλων των διατροφικών ομάδων σε συνολικό ποσοστό περίπου 10% (36 άτομα στο σύνολο των 360). Πιο αναλυτικά (Πίνακας 3.1), για την FM διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $14,44 \pm 5,09\%$, για την POM25 διατροφική ομάδα $12,22 \pm 15,75\%$, για την POM35 διατροφική ομάδα $4,44 \pm 3,85\%$ και τέλος για την POM45 διατροφική ομάδα

καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $8,89 \pm 13,47\%$. Η στατιστική επεξεργασία με την μέθοδο one-way ANOVA έδειξε ότι η θνησιμότητα των ψαριών δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές και για τις τέσσερις διατροφικές ομάδες, των οποίων τα ποσοστά ήταν παρόμοια μεταξύ τους ($P>0,05$).

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

	Σιτηρέσια			
	FM	POM25	POM35	POM45
N	$4,33 \pm 5,09$	$3,67 \pm 15,75$	$1,34 \pm 3,85$	$2,67 \pm 13,47$
%	$14,44 \pm 5,09$	$12,22 \pm 15,75$	$4,44 \pm 3,85$	$8,89 \pm 13,47$

Σημείωση: 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 $6,00 \pm 0,00\text{cm}$, αντίστοιχα, για τα άτομα της ομάδας POM25 ήταν $2,27 \pm 0,00\text{g}$ και $6,00 \pm 0,00\text{cm}$, για τα άτομα της ομάδας POM35 ήταν $2,27 \pm 0,00\text{g}$ και $6,1 \pm 0,1\text{cm}$ και για τα άτομα της ομάδας POM45 $2,27 \pm 0,00\text{g}$ και $6,00 \pm 0,00\text{cm}$ (Πίνακας 3.2). 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	POM25	POM35	POM45
Αρχικό Βάρος (g)	2,27 ± 0,00	2,27 ± 0,00	2,27 ± 0,00	2,27 ± 0,00
Αρχικό Μήκος (cm)	6,00 ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,1 ± 0,1	6,00 ± 0,00

Σημείωση: 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 32^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 32^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πίνακας 3.3) ήταν $7,14 \pm 0,18$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, $6,89 \pm 0,06$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM25 σιτηρέσιο $7,23 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM35 σιτηρέσιο και $6,86 \pm 0,03$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM45 σιτηρέσιο. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι τα ψάρια που διατράφηκαν με το POM45 σιτηρέσιο είχαν χαμηλότερο ($P < 0,05$) βάρος από εκείνα των ομάδων FM και POM35.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (WG) (Πίνακας 3.3) κατά την 32^η ημέρα του πειράματος ήταν $4,88 \pm 0,17$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, $4,62 \pm 0,06$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM25 σιτηρέσιο, $4,96 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM35 σιτηρέσιο και $4,59 \pm 0,03$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM45 σιτηρέσιο. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση αύξηση σωματικού βάρους παρατηρήθηκε στα άτομα των FM και POM35 σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άτομα των POM25 και POM45 σιτηρεσίων.

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών μέχρι την 32^η ημέρα του πειράματος (Πίνακας 3.3) ήταν $5,96 \pm 0,10$ g για αυτά της FM διατροφικής ομάδας, $5,77 \pm 0,21$ g για τα ψάρια της POM25 διατροφικής ομάδας, $6,71 \pm 0,13$ για τα ψάρια της POM35 και $6,34 \pm 0,13$ για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας POM45. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης

έδειξαν ότι η μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα του POM35 σιτηρεσίου και η μικρότερη στα άτομα της POM25.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας 3.3) 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, $2,44 \pm 0,03$ %/ημέρα για τα ψάρια της POM35 διατροφικής ομάδας και $2,20 \pm 0,02$ %/ημέρα για τα ψάρια της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης παρατηρήθηκε στα άτομα των FM και POM35 ομάδων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα άτομα των FM και POM35 σιτηρεσίων.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πίνακας 3.3) 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, $1,35 \pm 0,04$ για τα άτομα της POM35 διατροφικής ομάδας και $1,38 \pm 0,03$ για τα άτομα της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η χαμηλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα του FM σιτηρεσίου, ενώ η υψηλότερη στην ομάδα POM45.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) (Πίνακας 3.3) 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, $1,44 \pm 0,04$ για τα ψάρια της POM35 διατροφικής ομάδας και $1,41 \pm 0,03$ για τα ψάρια της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών παρατηρήθηκε στα άτομα της FM ομάδας και η χαμηλότερη στα άτομα της POM45 ομάδας.

Πίνακας 3.3: Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής της τσιπούρας (*S. aurata*) διατρεφόμενη για **32 ημέρες** με τα πειραματικά σιτηρέσια.

	FM	POM25	POM35	POM45
Επιβίωση (%)	94,44 ± 5,09	94,44 ± 5,09	95,56 ± 3,85	95,56 ± 5,09
Σωμ. βάρος (g)	7,14 ± 0,18 ^{ab}	6,89 ± 0,06 ^{bc}	7,23 ± 0,04 ^a	6,86 ± 0,03 ^c
Αυξ. βάρους (WG, g)	4,88 ± 0,17 ^a	4,62 ± 0,06 ^b	4,96 ± 0,04 ^a	4,59 ± 0,03 ^b
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	5,96 ± 0,10 ^{bc}	5,77 ± 0,21 ^c	6,71 ± 0,13 ^a	6,34 ± 0,13 ^{ab}
SGR (%/ημέρα)	2,39 ± 0,11 ^b	2,22 ± 0,04 ^a	2,44 ± 0,03 ^b	2,20 ± 0,02 ^a
FCR	1,22 ± 0,06 ^a	1,25 ± 0,03 ^{ab}	1,35 ± 0,04 ^{bc}	1,38 ± 0,03 ^c
PER	1,59 ± 0,08 ^c	1,55 ± 0,04 ^{bc}	1,44 ± 0,04 ^{ab}	1,41 ± 0,03 ^a

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

3.2.3 Κατά την ολοκλήρωση του πειράματος (61^η ημέρα του πειράματος)

Το μέσο βάρος των ψαριών στο τέλος του διατροφικού πειράματος (61^η ημέρα) (Πίνακας 3.4) ήταν $15,87 \pm 0,36\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, $14,98 \pm 0,58\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM25 σιτηρέσιο, $15,88 \pm 0,29\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM35 σιτηρέσιο και τέλος, $14,58 \pm 0,22\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το POM45 σιτηρέσιο. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι το μεγαλύτερο μέσο βάρος παρατηρήθηκε στα άτομα των FM και POM35 σιτηρεσίων. Τα άτομα της ομάδας POM45 είχαν σημαντικά χαμηλότερο βάρος σε σχέση με τα άτομα της FM ομάδας.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (WG) (Πίνακας 3.4) ήταν $13,6 \pm 0,35\text{g}$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $12,71 \pm 0,58\text{g}$ για τα άτομα της POM25 διατροφικής ομάδας, $13,61 \pm 0,30\text{g}$ για τα άτομα της POM35 διατροφικής ομάδας και τέλος, $12,31 \pm 0,22\text{g}$ για τα άτομα της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι τα άτομα της ομάδας POM45 είχαν σημαντικά χαμηλότερη αύξηση βάρους σε σχέση με τα άτομα της FM ομάδας.

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών κατά την 61η ημέρα του πειράματος (Πίνακας 3.4) 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, $19,16 \pm 0,17$ για αυτά της POM35 διατροφικής ομάδας και τέλος, $18,88 \pm 0,43$ για αυτά της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα του POM35 σιτηρεσίου, ακολουθούμενη από εκείνη στα άτομα της ομάδας POM45.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας 3.4) 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, $3,19 \pm 0,03\%$ /ημέρα για τα ψάρια της POM35 διατροφικής ομάδας και τέλος, $3,05 \pm 0,02\%$ /ημέρα για τα ψάρια της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι τα άτομα της ομάδας POM45 είχαν σημαντικά χαμηλότερο SGR σε σχέση με τα άτομα της FM ομάδας.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πίνακας 3.4) 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, $1,41 \pm 0,04$ για τα άτομα της POM35 διατροφικής ομάδας και $1,53 \pm 0,05$ για τα άτομα της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι τα άτομα της ομάδας POM45 είχαν σημαντικά χαμηλότερο FCR σε σχέση με τα άτομα της FM ομάδας.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) (Πίνακας 3.4) ήταν $1,47 \pm 0,06$ για τα ψάρια της FM διατροφικής ομάδας, $1,42 \pm 0,03$ για τα ψάρια της POM25 διατροφικής ομάδας, $1,38 \pm 0,04$ για τα ψάρια της POM35 διατροφικής ομάδας και $1,27 \pm 0,04$ για τα ψάρια της POM45 διατροφικής ομάδας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι τα άτομα της ομάδας POM45 είχαν σημαντικά χαμηλότερο PER σε σχέση με τα άτομα της FM ομάδας.

Πίνακας 3.4: Μέσο βάρος (g) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθυδίων ανά διατροφικό σιτηρέσιο κατά την ολοκλήρωση του πειράματος (61 ημέρες). Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση.

	FM	POM25	POM35	POM45
Τελ. βάρος (g)	15,87 \pm 0,36 ^a	14,98 \pm 0,58 ^{ab}	15,88 \pm 0,29 ^a	14,58 \pm 0,22 ^b
Αυξ. βάρος (WG, g)	13,6 \pm 0,35 ^a	12,71 \pm 0,58 ^{ab}	13,61 \pm 0,30 ^a	12,31 \pm 0,22 ^b
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	17,98 \pm 0,36 ^{bc}	17,34 \pm 0,51 ^c	19,16 \pm 0,17 ^a	18,88 \pm 0,43 ^{ab}
SGR (%/ημ.)	3,19 \pm 0,03 ^a	3,09 \pm 0,06 ^{ab}	3,19 \pm 0,03 ^a	3,05 \pm 0,02 ^b
FCR	1,32 \pm 0,06 ^a	1,37 \pm 0,02 ^a	1,41 \pm 0,04 ^a	1,53 \pm 0,05 ^b
PER	1,47 \pm 0,06 ^a	1,42 \pm 0,03 ^a	1,38 \pm 0,04 ^{ab}	1,27 \pm 0,04 ^b
Επιβίωση (%)	85,55 \pm 5,09	87,78 \pm 15,75	95,56 \pm 3,85	91,11 \pm 13,47

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

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα προπτυχιακή διπλωματική εργασία μελετήθηκε η καταλληλότητα του σιτηρεσίου της τσιπούρας (*Sparus aurata*) εφαρμόζοντας υποκαταστάσεις ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο, της τάξης του 25, 35 και 45%.

4.1 Θνησιμότητα

Τα αποτελέσματα, έπειτα από 61 ημέρες πειράματος, έδειξαν ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο σε ποσοστό 25, 35 και 45% δεν επηρέασε αρνητικά την επιβίωση των ιχθύων, καθώς δεν παρατηρήθηκαν σημαντικά ποσοστά θνησιμότητας. Τα ποσοστά θνησιμότητας αυτών των διατροφικών ομάδων ήταν παρόμοια σε σχέση με το ποσοστό των ιχθύων που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο FM (δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους). Επομένως, το χοιράλευρο σε αυτά τα ποσοστά δεν επιφέρει διατροφικές θνησιμότητες στην τσιπούρα.

Διάφορα παρόμοια πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί όσον αφορά την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρα που προέρχονται από μεταποιημένες ζωικές πρωτεΐνες- MZΠ. Αρχικά, οι Hernández *et al.* (2008) δοκίμασαν μερική αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 25, 35, 45, 55 και 65% με χοιράλευρο στην εκτροφή γαρίδας του είδους *Litopenaeus vannamei*. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ποσοστά επιβίωσης πάνω από το 90% του συνολικού πληθυσμού που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του πειράματος. 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.

Μια ακόμα μελέτη πραγματοποιήθηκε για την εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*), 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. Παράλληλα, οι Ye *et al.* (2011) πραγματοποίησαν αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με συνδυασμό κρέατος και οστεάλευρου, άλευρο από παραπροϊόντα πουλερικών, αιματάλευρο και γλουτένη καλαμποκιού στην λευκή γαρίδα του Ειρηνικού *Litopenaeus vannamei*. Το ποσοστό επιβίωσης σε όλες τις διατροφικές ομάδες ήταν πάνω από 90% και δε υπήρχαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα τους. Ακόμη, σύμφωνα με τους Menghe *et al.* (2018) έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο και οστεάλευρο σε ποσοστά 0, 10, 15, 20 και 25% σε υβρίδια γατόψαρα που προέρχονταν από τη διασταύρωση θηλυκών *Ictalurus punctatus* με αρσενικά *Ictalurus furcatus*. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων, ενώ το ποσοστό επιβίωσης ξεπερνούσε το 90%.

Επιπλέον, σε μελέτη που έγινε από τους Zapata *et al.* (2014), πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλετρο πουλερικών σε ποσοστά 0, 33, 67 και 100% σε νεαρά ιχθύδια του μεξικάνικου είδους *Totoaba macdonaldi*. Το ποσοστό επιβίωσης για τις διατροφικές ομάδες 0, 33 και 67% κυμάνθηκε από 76 έως 89%, ενώ για τη διατροφική ομάδα 100% το ποσοστό επιβίωσης ήταν σημαντικά χαμηλότερο (περίπου 57%). Τέλος, σε παρόμοια έρευνα στην πέστροφα, η μερική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο σε ποσοστά 24, 44 και 59% δεν οδήγησε σε υψηλά ποσοστά θανάτων των ιχθύων (Parés-Sierra *et al.* 2014).

4.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

Έπειτα από 61 ημέρες πειράματος, μελετήθηκαν οι παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής. Η αύξηση του σωματικού βάρους (WG) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) των ψαριών που διατράφηκαν με χοιράλευρο της τάξης του 35% δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με την τροφή μάρτυρα FM. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο της τάξης του 35% δεν μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξης της τσιπούρας. Η αύξηση του σωματικού βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που διατράφηκαν με χοιράλευρο της τάξης του 25%,

παρουσίασαν μικρές διαφορές με τον μάρτυρα FM, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές. Αυτό σημαίνει ότι η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο της τάξης του 25% στις τροφές της τσιπούρας δεν μειώνει σημαντικά τον ρυθμό ανάπτυξης της. Τέλος, η αύξηση του σωματικού βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που διατρέφθηκαν με χοιράλευρο της τάξης του 45%, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τον μάρτυρα, γεγονός που δείχνει σημαντική μείωση στον ρυθμό ανάπτυξης του είδους. Βέβαια, η παρατηρούμενη αυτή μείωση της ανάπτυξης της τσιπούρας διατρεφόμενη με υψηλά επίπεδα χοιραλεύρου θα πρέπει να εξεταστεί για μεγαλύτερο διάστημα εκτροφής, όπου πιθανόν να οδηγήσει σε ακόμα πιο σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από 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%, ενώ σε μεγαλύτερα ποσοστά αντικατάστασης η ανάπτυξη και ο ειδικός ρυθμός αύξησης ήταν μειωμένοι σε σχέση με τα ψάρια που διατρέφθηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Επίσης, οι Hernández *et al.* (2010) πραγματοποίησαν πειραματικό σιτηρέσιο με ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο για το είδος *Oreochromis niloticus*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που σιτίστηκαν με χοιράλευρο με ποσοστό συμμετοχής 100% ήταν αυξημένος. 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. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Moutinho *et al.* (2017), έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο και οστεάλευρο σε νεαρά ιχθύδια τσιπούρας σε ποσοστό 0, 50 και 75%. Η

αντικατάσταση σε ποσοστό 50% δεν επηρέασε τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του είδους, ενώ σε ποσοστό 75% παρατηρήθηκε μείωση στην ανάπτυξη. Σε πείραμα των Menghe *et al.* (2017) στο γατόψαρο *Ictalurus punctatus*, έγιναν δίαιτες διαφορετικής πρωτεϊνικής σύστασης, μία δίαιτα μάρτυρας αποκλειστικά 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. Οι Davies *et al.* (2018) πραγματοποίησαν μελέτη για την εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*), αντικαθιστώντας ιχθυάλευρο με άλευρο πουλερικών σε ποσοστά 25, 50 και 75%. Η μελέτη έδειξε ότι η ανάπτυξη των ψαριών που διατράφηκαν με άλευρο πουλερικών στα ποσοστά αυτά δεν επηρεάστηκε, αντίθετα είχε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το μάρτυρα FM.

Στο παρόν πείραμα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) κυμάνθηκε στα επίπεδα 1,32- 1,41 μεταξύ όλων των ομάδων, με το FCR της ομάδας μάρτυρα να έχει τις χαμηλότερες τιμές. Ιδιαίτερα, το FCR της POM45 διατροφικής ομάδας ήταν σημαντικά υψηλότερο από εκείνο της FM ομάδας. Το γεγονός αυτό δείχνει πως η υψηλή αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με χοιράλευρο, της τάξης του 45%, οδηγεί σε μειωμένο μεταβολισμό της τροφής. Σε αντίθεση, οι διατροφικές ομάδες POM25 και POM35 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με το μάρτυρα FM και αυτό υποδεικνύει πως το χοιράλευρο, σε ποσοστό 25 και 35%, αξιοποιείται μεταβολικά σε πολύ μεγάλο βαθμό για την αύξηση του σωματικού βάρους της τσιπούρας και επομένως, αποτελεί ένα πολύ καλό υποκατάστατο (σε ποσοστά 25 και 35%) του ιχθυαλεύρου αναφορικά με την αξιοποίηση της τροφής από την τσιπούρα.

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. Επίσης, σε εργασία των Pares-Sierra *et al.* (2014) στην ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*), όπου υπήρξε αντικατασταση ιχθυαλεύρου με άλευρο πουλερικών σε ποσοστό μέχρι 59%, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας δεν επηρεάστηκε, δείχνοντας ότι το συγκεκριμένο άλευρο είναι μεταβολικά αξιοποιήσιμο εξίσου με το ιχθυάλευρο. Αντίθετα, οι Subhandra *et al.* (2006) βρήκαν διαφοροποίηση του δείκτη FCR στο είδος *Micropterus salmoides* όταν αυτό διατράφηκε με άλευρο πουλερικών και αιματάλευρο συγκριτικά με τροφές που περιείχαν αποκλειστικά ιχθυάλευρο.

Παράλληλα, σε έρευνα των Menghe *et al.* (2018), όπου υπήρξε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο και οστεάλευρο σε ποσοστά 0, 10, 15, 20 και 25% στο γατόψαρο, ο δείκτης FCR ,στις διατροφικές δίαιτες με αντικατάσταση πάνω από 10%, ήταν πολύ χαμηλός σε σχέση με αυτόν του μάρτυρα και παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Hill *et al.* (2018), έγινε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από άλευρο πουλερικών στο φαγκρί σε ποσοστά 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 και 70%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με το μάρτυρα FM, γεγονός που σημαίνει ότι το άλευρο πουλερικών αξιοποιείται μεταβολικά σε μεγάλο βαθμό για την αύξηση του σωματικού βάρους του φαγκριού.

Ο δείκτης μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης (PER) στο τέλος του παρόντος πειράματος κυμάνθηκε από 1,27- 1,47 μεταξύ των διατροφικών ομάδων, με τις χαμηλότερες τιμές να προέρχονται από τις POM ομάδες. Το γεγονός αυτό δείχνει, ότι η πρωτεΐνη του χοιράλευρου 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.

Αρχικά, 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). Ακόμη, στην εργασία των Hernandez *et al.* (2008) όπου έγινε αντικατάσταση του ιχθυάλευρου 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.

Επιπλέον, σε έρευνα των Hill *et al.* (2018), πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο πουλερικών στο φαγκρί σε ποσοστά 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 και 70%. Τα αποτελέσματα έδειξαν, πως οι τιμές του συντελεστή PER κυμάνθηκαν από 0,45 έως 0,61 χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τον μάρτυρα FM (διατροφική ομάδα 0%). Τέλος, 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.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτροφή της τσιπούρας με χοιράλευρο σε αντικατάσταση 25, 35 και 45% συνοψίζονται στα εξής:

- Η επιβίωση των ψαριών δεν επηρεάζεται από την χρήση χοιραλεύρου στην ιχθυοτροφή, όταν αυτό αντικαθιστά την πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 25, 35 και 45%.
- Η αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο της τάξης του 45% επιφέρει σημαντική μείωση της ανάπτυξης της τσιπούρας, διατρεφόμενη για 61 ημέρες, και οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερη αξιοποίηση της τροφής (FCR) και της πρωτεΐνης της τροφής (PER).
- Η αντικατάσταση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο της τάξης του 35% δεν μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη (SGR) της τσιπούρας, καθώς και την αξιοποίηση της τροφής (FCR) και της πρωτεΐνης της τροφής (PER) από αυτήν, διατρεφόμενη για 61 ημέρες.
- Μελλοντικά, όλα αυτά τα επίπεδα αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο θα πρέπει να εξεταστούν για μεγαλύτερο διάστημα εκτροφής, ώστε να καθοριστούν με μεγαλύτερη βεβαιότητα τα μέγιστα επιτρεπτά όρια ενσωμάτωσης αυτών στο σιτηρέσιο της τσιπούρας, καθώς και να εξεταστούν υψηλότερα επίπεδα αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου από χοιράλευρο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ο 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., Laporte J., Gouveia A., Selim H.S., Woodgade S.M., Hassaan M.S., El-Haroun E.R. (2018) Validation of processed animal proteins (mono-PAPS) in experimental diets for juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) as primary fish meal replacers within a European perspective. *Aquaculture Nutrition*, 25: 225-238.
- 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: 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.
- 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.
- 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.
- 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: 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: 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
- Hill C. J., Alam S., O. Watanabe W., M. Carroll P., J. Seaton P., J. Bourdelais A. (2018) Replacement of Menhaden Fish Meal by Poultry By-Product Meal in the Diet of Juvenile Red Porgy. *Journal of Aquaculture*, 81: 81-93.
- 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.
- Lil 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: 124–133.
- 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.
- Menghe H. Li., Bosworth B.G., Lucas P.M. (2018) Evaluation of porcine meat and bone meal in diets for pond- Raised hybrid catfish. *North American Journal of Aquaculture*, 80: 69-73.
- 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: 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.
- Moutinhoa S., Martinez-Llorenz S., Tomas-Vidal A., Jover-Cerda M., Oliva-Teles A., Peres H.(2017) Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture*, 468: 271-277.
- Naylor R.L., Hardy R.W., Bureau D.P., Chiu A., Elliott M., Farrell A.P., Forster I., Gatlin D.M., Goldburg 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: 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: 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*, *Morone saxatilis*) in recirculated tank production. *Aquaculture*, 259: 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: 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: 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: 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: 10
- Ye J.D., Wang K., Li F.D., Sun Y.Z., Liu X.H. (2011) Incorporation of a mixture of meat and bone meal, poultry by-product meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish in practical diets of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two dietary protein levels. *Aquaculture Nutrition*, 17: 337-347.
- Zapata B.D., Lazo J.P., Herzka S.Z., Viana M.T. (2014) The effect of substituting fishmeal with poultry by-product meal in diets for *Totoaba macdonaldi* juveniles. *Aquaculture Research*, 47: 1778-1789.

Zar, J.H. (1999) Biostatistical analysis. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

ο 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.
- Νεοφύτου Ν. Χ. (2015) Βιολογία Ιχθύων & Θαλάσσιων Θηλαστικών. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- 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 Θαλασσοκαλλιέργειών (ΣΕΘ) (2016). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια http://www.geotee.gr/lnkFiles/20170104020629_4.pdf.
- Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιέργειών (ΣΕΘ) (2018). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια [https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR\(2\).pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR(2).pdf)
- 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.

ο Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

http1: europa.eu/eurostat/statistics

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

http6: <http://www.luxresearchinc.com/aquaculture>