



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Χρησιμοποίηση των μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών στις
ιχθυοτροφές της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»**

Αλεξίου Κωνσταντίνος

Βόλος 2016

«Χρησιμοποίηση των μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών στις ιχθυοτροφές της τσιπούρας (*Sparus aurata*)»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

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

2) Έλενα Μεντέ, Αναπληρώτρια καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος,***

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

Στον πατέρα μου,

Παναγιώτη

και

Στον παππού μου,

Βαγγέλη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτωρα Πιερ Ψωφάκη για την άμεση και ανιδιοτελή προσφορά του, όσον αφορά τη βοήθειά του στη διαχείριση των συστημάτων εκτροφής. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Ιωάννη Βογιατζή για την βοήθειά του κατά την διεξαγωγή του πειράματος.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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 και συγκεκριμένα πτηναλεύρων ως κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Ιχθύδια τσιπούρας, με αρχικό μέσο βάρος $2,97 \pm 0,01\text{g}$, 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 (25 άτομα/δεξαμενή, 3 επαναλήψεις/διατροφική ομάδα), στις οποίες χορηγήθηκαν 4 διαφορετικά σιτηρέσια, 2 φορές καθημερινά με το χέρι μέχρι κορεσμού για 110 ημέρες. Στο πρώτο σιτηρέσιο, η πηγή πρωτεΐνης αποτέλεσε αποκλειστικά το ιχθυάλευρο. Στα υπόλοιπα τρία, πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο σε ποσοστό 25%, 25% με προσθήκη των αμινοξέων μεθειονίνης, λυσίνης και 50% αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με προσθήκη μεθειονίνης, λυσίνης αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, τα σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά ($23,3 \text{ MJ/kg}$ τροφής) καθώς και ισοπρωτεϊνικά (50% της τροφής).

Η μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με πτηνάλευρο από 25% έως 50% (με προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων) δεν επηρέασε την επιβίωση των ψαριών που

σιτίστηκαν με αυτά. Η αύξηση βάρους των ψαριών (37,68 – 38,77g), ο συντελεστής SGR (4,21 - 4,26%/ημέρα), ο συντελεστής FCR (1,26 – 1,32), ο συντελεστής PER (1,41 – 1,48), ο συντελεστής PR% (25,25 – 28,46) καθώς και ο συντελεστής LR% (75,32 – 78,25) δεν σημείωσαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων. Τα επίπεδα της υγρασίας, του λίπους, των αζωτούχων ενώσεων και της τέφρας του ολικού σώματος των ιχθύων ήταν παρόμοια μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων. Όσον αφορά τους σωματομετρικούς δείκτες, ο HSI και ο VSI ήταν υψηλότεροι στα ψάρια που σιτίτηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο, ενώ ο δείκτης ευρωστίας (K) δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης έδειξαν ότι το πτηνάλευρο αποτελεί ένα κατάλληλο υποκατάστατο (έως και 50% με προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων) του ιχθυαλεύρου αναφορικά με την ανάπτυξη της τσιπούρας. Πρέπει παρόλα αυτά να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες στο μέλλον για την μελέτη εκτροφής του είδους με διάφορα πτηνάλευρα και σε διαφορετικά ποσοστά υποκατάστασης, διότι οι γνώσεις είναι ακόμα ελλιπείς.

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Εκτροφή της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>)	1
1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους	2
1.3 Το ιχθυάλευρο ως κύρια πηγή των ιχθυοτροφών	3
1.4 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης.....	6
1.5 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης.....	8
1.6 Η πρωτεΐνη του πτηναλεύρου ως συστατικό των ιχθυοτροφών	10
1.7 Προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (Μεθειονίνη, Λυσίνη)	11
1.8 Σκοπός της εργασίας	12
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	13
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός.....	13
2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση	15
2.3 Δειγματοληψίες	18
2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	19
2.4.1 Θνησιμότητα	19
2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών	19
2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους.....	20
2.4.4 Συνολική κατανάλωση τροφής.....	20
2.4.5 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης.....	20
2.4.6 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής	20
2.4.7 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών	21
2.4.8 Συντελεστής διατήρησης της πρωτεΐνης.....	21
2.4.9 Συντελεστής διατήρησης λίπους	21
2.4.10 Σωματομετρικοί δείκτες.....	22
2.5 Χημικές αναλύσεις.....	22

2.5.1	Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	22
2.5.2	Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών.....	23
2.5.3	Προσδιορισμός τέφρας	25
2.5.4	Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας	25
2.6	Στατιστική ανάλυση.....	26
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	27
3.1	Θνησιμότητα	27
3.2	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	28
3.2.1	Κατά την έναρξη του πειράματος.....	28
3.2.2	Αύξηση σωματικού βάρους την 30 ^η ημέρα πειράματος	28
3.2.3	Αύξηση σωματικού βάρους την 60 ^η ημέρα πειράματος.....	30
3.2.4	Αύξηση σωματικού βάρους την 110 ^η ημέρα (ολοκλήρωση του πειράματος)	32
3.2.5	Σωματομετρικοί δείκτες.....	36
3.3	Χημικές αναλύσεις σώματος.....	37
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	42
4.1	Θνησιμότητα	42
4.2	Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	43
4.3	Χημικές αναλύσεις σώματος.....	49
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52
	ABSTRACT	60

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*)

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι ένα είδος της Μεσογείου και ένα από τα δύο κυριότερα εκτρεφόμενα είδη στις Μεσογειακές και ελληνικές θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες. Συναντάται σε υφάλμυρα και θαλασσινά νερά και σε βάθος που φτάνει και τα 150 μέτρα (FAO 2016). Αντέχει σε σχετικά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (4 έως 30 °C) αλλά ο μέγιστος αριθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ 22 και 24 °C, ενώ τα όρια αλατότητας στα οποία επιβιώνει μπορεί να φτάσει μέχρι του επιπέδου του 40‰, με μέγιστη ανάπτυξη να παρατηρείται σε νερά αλατότητας από 28‰ έως 32‰ (Παπουτσόγλου 2008). Αποτελεί είδος που προσαρμόζεται εύκολα στην αιχμαλωσία, χαρακτηρίζεται από γρήγορη ανάπτυξη, ανθεκτικότητα στις μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτινων μαζών και παρέχει καλή ποιότητα κρέατος (Klaoudatos & Apostolopoulos 1986). Για όλα τα παραπάνω, η τσιπούρα έχει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και επιλέγεται για εντατική εκτροφή.

Οι τσιπούρες παραδοσιακά εκτρέφονταν εκτεταμένα στις παράκτιες λιμνοθάλασσες και τις υφάλμυρες τεχνητές λίμνες της βόρειας Ιταλίας και της νότιας Ισπανίας (European Commission 2012). Τα συγκεκριμένα συστήματα εκτροφής αποτελούσαν στην ουσία φυσικές παγίδες που εκμεταλλευόταν τις μεταναστεύσεις των νεαρών ατόμων για αναζήτηση τροφής. Η επανεισαγωγή των ιχθύων γινόταν είτε με τη χρήση άγριου γόνου είτε με τη χρήση νεαρών ατόμων (Παπουτσόγλου 2008). Κατά την δεκαετία του '80, η μειωμένη διαθεσιμότητα του άγριου γόνου, σε συνδυασμό με την επιτυχή αναπαραγωγή της τσιπούρας σε συνθήκες αιχμαλωσίας, οδήγησε στην ανάπτυξη εντατικών συστημάτων εκτροφής του είδους (Dimitriou 2000). Η εκτατική εκτροφή της τσιπούρας 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 (FAO 2016). Το 2013, η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας ήταν περίπου 173.000 τόνοι, με την Ελλάδα, την Τουρκία, την Ισπανία και την Ιταλία, να αποτελούν τους κύριους παραγωγούς τσιπούρας στην Μεσόγειο (FAO 2016).

1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους

Από τις διάφορες σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα και αφορούσαν τη θρεπτική σύσταση της τροφής και τα απαραίτητα αμινοξέα που απαιτούνται στη διατροφή της τσιπούρας, οι απαιτήσεις του είδους συνοψίζονται αντίστοιχα στους Πίνακα 1.1 και Πίνακα 1.2 για το στάδιο του ιχθυδίου και του ενήλικου ατόμου, αντίστοιχα (επισκοπήσεις των Παπουτσόγλου 2008, FAO 2016).

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

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

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

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

1.3 Το ιχθυάλευρο ως κύρια πηγή των ιχθυοτροφών

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 ήμισυ 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).

Στην κατηγορία των πρωτεϊνικών πηγών που προέρχονται από ζωικά υποπροϊόντα ανήκουν τα ιχθυάλευρα. Αυτά τα άλευρα παρασκευάζονται από διάφορα είδη ψαριών (Ζέρβας 2007). Οι ιχθυοτροφές των εκτρεφόμενων ειδών στην Ευρώπη εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυάλεурων (Tacon & Metian 2008). Το ιχθυάλευρο είναι ένα υψηλής ποιότητας, πολύ εύπεπτο συστατικό των ιχθυοτροφών που ευνοεί τη διατροφή των ψαριών. Περιέχει μεγάλη περιεκτικότητα 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%. Τα πιο κοινά άλευρα που χρησιμοποιούνται είναι το ρεγγάλευρο, το αντσουγιάλευρο, το σαρδελλάρευρο, το σκουμπριάλευρο, άλευρο 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).

Ανέκαθεν η ιχθυοκαλλιέργεια έκανε χρήση των 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 υψηλό επίπεδο πρωτεΐνης που διαθέτουν σε συνδυασμό με το ιδανικό προφίλ αμινοξέων που παρέχουν, την υψηλή πεπτικότητα, την υψηλή γευστικότητα, την έλλειψη αντιδιατροφικών παραγόντων και το γεγονός ότι μέχρι πριν λίγα χρόνια ήταν άμεσα διαθέσιμα και οικονομικά για τους παραγωγούς, αποτελούν το λόγο για τον οποίο έχουν αποδειχθεί τόσο αποτελεσματικά στον συγκεκριμένο τομέα (Jackson 2009).

Ειδικότερα, 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). Όμως, δεδομένου του γεγονότος ότι η διαθεσιμότητα του ιχθυαλεύρου παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο (6,5 εκατομμύριο τόννους ετησίως), για περίπου 25 χρόνια, η συνεχιζόμενη αύξηση της ζήτησής του για την ιχθυοκαλλιέργεια δεν είναι πλέον βιώσιμη (Tacon 2004). Επιπρόσθετα, η τιμή τους συνεχώς αυξάνεται με αποτέλεσμα το ολόένα και υψηλότερο κόστος παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών λόγω της μέχρι πρότινος αλόγιστης χρήσης των αποθεμάτων ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές και καθώς η παραγωγή τους παραμένει στάσιμη (Alan 2006). Έτσι λοιπόν, το γεγονός ότι η παραγωγή του ιχθυαλεύρου παραμένει σχεδόν σταθερή σε συνδυασμό με την αυξημένη ζήτησή τους, προκαλεί πιέσεις στα αλιευτικά αποθέματα αυξάνοντας σημαντικά την τιμή τους. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου κρίνεται απαραίτητη (Saoud *et al.* 2008).

Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα υψηλά επίπεδα των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων (PCBs) και διοξινών που έχουν ανιχνευτεί κατά καιρούς σε ορισμένα ιχθυοαποθέματα ίσως να αποτελούν μία ακόμα αιτία για την αναζήτηση υποκατάστατων των

ιχθυαλεύρων. Έχει γενικά αποδειχτεί, ότι τα τελευταία χρόνια, είδη που αλιεύονται στη Νότια Αμερική περιέχουν χαμηλά επίπεδα των συγκεκριμένων χημικών επιμολυντών σε αντίθεση με αυτά που αλιεύονται στην Βόρεια Ευρώπη, στα οποία τα ποσοστά αυτά ήταν πολύ υψηλά, με αποτέλεσμα να ξεπερνούν τα νέα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης και να θεωρούνται ακατάλληλα για τις ιχθυοτροφές (Easton *et al.* 2002).

Πέραν όμως της μειωμένης διαθεσιμότητας του ιχθυαλεύρου, επιπλέον έχουν διεγερθεί κάποιες ηθολογικές αντιδράσεις σχετικά με τη χρησιμοποίηση των αλιευμένων ιχθύων για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπο αντί για την παραγωγή ιχθυοτροφών (Goldburg & Naylor 2005). Επιπλέον, υπάρχει μια αυξημένη ευαισθητοποίηση των δημόσιων και μη-κυβερνητικών οργανώσεων όσον αφορά την αειφορική διαχείριση των ιχθυοαποθεμάτων και τις πιθανές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα, ιδιαίτερα στην τροφική αλυσίδα των θαλάσσιων πτηνών και θηλαστικών (Huntington *et al.* 2004).

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

1.4 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές φυτικής προέλευσης

Προκειμένου τα φυτικά άλευρα να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα του ιχθυαλεύρου, θα πρέπει να εξετάζεται η καταλληλότητά τους με κύριο γνώμονα την ανάπτυξη που προσδίδουν στους εκτρεφόμενους ιχθύς σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα και τη τιμή διάθεσής τους στο εμπόριο (Hartviksen *et al.* 2014). Τέτοια

φυτικά άλευρα είναι το σογιάλευρο, το κραμβάλευρο, το φοινικάλευρο, το βαμβακάλευρο, το φυστικάλευρο, το ηλιάλευρο, το σουσαμάλευρο, το καρυδάλευρο, η γλουτένη αραβοσίτου, η γλουτένη σιταριού κ.α. (Μεντέ & Νέγκας 2011). Όμως, τα φυτικά άλευρα υστερούν συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα όσον αφορά τα επίπεδα πρωτεΐνης και ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων. Επιλέον, περιέχουν διάφορες αντιδιατροφικές ουσίες που είναι αναγκαίο να αδρανοποιηθούν μέσω κατάλληλης επεξεργασίας αλλιώς είναι δυνατόν να προκαλέσουν τοξικότητες, μείωση της ανάπτυξης και προβλήματα υγείας στους διατρεφόμενους ιχθύς (Francis *et al.* 2001). Σχετικά με τη χρησιμοποίηση φυτικών πρωτεϊνών υπάρχει μια σημαντική ανησυχία που έγκειται στην παρουσία των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων που χρησιμοποιούνται σήμερα στη γεωργία και ιδιαίτερα εκείνων που προέρχονται από σόγια και καλαμπόκι (Pusztai & Bardocz 2006).

Για την υποκατάσταση ή και την πλήρη αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές με προϊόντα φυτικής προέλευσης για την κάλυψη των διατροφικών απαιτήσεων των ιχθύων σε πρωτεΐνες, έχει πραγματοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνών εδώ και πολλά χρόνια. Πρόσφατα όμως, ο κύριος στόχος των ερευνών επικεντρώθηκε στην εισαγωγή πιο βιώσιμων πρακτικών ιχθυοκαλλιέργειας, παρά την επιθυμία για αποδοτικότερες πρώτες ύλες (Medale *et al.* 1998).

Ορισμένες μελέτες έχουν διεξαχθεί με δίαιτες χωρίς την παρουσία ιχθυαλεύρου, αλλά σε γενικές γραμμές έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια των αναπτυξιακών επιδόσεων των ιχθύων (Kaushik *et al.* 1995, Watanabe *et al.* 1998). Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει για την τσιπούρα (*Sparus aurata*) ότι περίπου το ένα τρίτο των ιχθυαλεύρων τα μπορούσε να αντικατασταθεί χωρίς να μειώνονται τα επίπεδα των απαραίτητων αμινοξέων στο σώμα των ιχθύων ή ο ρυθμός ανάπτυξης της (Gomez-

Requeni *et al.* 2003). Μια άλλη μελέτη δείχνει ότι οι σπόροι μπιζελιού μπορούν να αντικαταστήσουν μέχρι και το 20% της πρωτεΐνης των ιχθυαλεύρων στη διατροφή των ιχθυδίων τσιπούρας χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση των ψαριών (Pereira & Oliva-Teles 2002). Σε μια άλλη μελέτη η παροχή 50% και 75% φυτικών πρωτεϊνών (από άλευρο γλουτένης καλαμποκιού, γλουτένη σιταριού, αλεσμένα μπιζέλια, άλευρο ελαιοκράμβης) οδήγησε σε μικρή μείωση της ανάπτυξης, ενώ 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). Από την άλλη πλευρά, μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι μέχρι και το 75% την ενσωμάτωσης φυτικών πρωτεϊνών (όπως γλουτένη καλαμποκιού, σιταριού και άλευρου ελαιοκράμβης) δεν οδήγησε σε μείωση της ανάπτυξης των ιχθυδίων τσιπούρας (Sitja-Bobadilla *et al.* 2005).

1.5 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές ζωικής προέλευσης

Γενικά, οι ζωικές πρωτεΐνες είναι ιδιαίτερα πολύτιμες στο πλαίσιο της αντικατάστασης των ιχθυαλεύρων. Όμως, αναμενόμενα θέματα ασφάλειας των τροφίμων, καθώς και οι περιορισμοί εισαγωγών και εξαγωγών, είναι οι κύριοι παράγοντες που περιορίζουν τη χρήση ζωικών υποπροϊόντων στις ιχθυοτροφές σήμερα (Serwata 2007). Στο παρελθόν, είχε περιοριστεί η χρήση τους λόγω ανησυχιών αναφορικά με την κακή τους πεπτικότητα και τη μεταβλητή τους ποιότητα. Ωστόσο, ένα μεγάλος αριθμός μελετών έχει δείξει ότι η ποιότητα των συστατικών αυτών έχει βελτιωθεί σημαντικά κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Nogueira *et al.* 2012).

Τα κρεατάλευρα και τα οστεάλευρα αποτελούν μια σχετικά οικονομική πηγή πρωτεϊνών και έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν επιτυχώς για να αντικαταστήσουν εν μέρει τα ιχθυάλευρα στα σιτηρέσια αρκετών ειδών εκτρεφόμενων ιχθύων (Allan *et*

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

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην σφυρίδα έδειξε ότι η αντικατάσταση ακόμα και του 80% του ιχθυαλεύρου με κρεατάλευρο και αιματάλευρο (από χερσαία ζώα) στο σιτηρέσιο της, δεν επηρέασε την ανάπτυξη και την επιβίωση των εκτρεφόμενων ιχθυδίων (Millamena 2002). Στην έρευνα των Nogueira *et al.* (2012) χορηγήθηκαν τρεις δίαιτες σε ιχθύδια τσιπούρας αρχικού σωματικού βάρους 41g. Η πρώτη περιείχε ιχθυάλευρο, ενώ οι άλλες δυο περιείχαν παρόμοια ποσοστά αιματάλευρου και περράλευρου, 10% και 5% αντίστοιχα, αλλά διέφεραν στο ποσοστό του αλεύρου σόγιας / ελαιοκράμβης. Αν και η απόδοση της ανάπτυξης ήταν παρόμοια σε όλες τις διατροφικές μεταχειρίσεις, η χημική σύσταση έδειξε ότι τα σιτηρέσια με το αιματάλευρο και το περράλευρο αύξησαν σημαντικά, σε ολόκληρο το σώμα, την περιεκτικότητα σε λιπίδια σε σύγκριση με το σιτηρέσιο ιχθυαλεύρου. Τέλος, η οικονομική αξιολόγηση έδειξε ότι με την ενσωμάτωση των αιματάλευρων και των περράλευρων ως υποκατάστατο ιχθυαλεύρων μειώθηκε σημαντικά το κόστος των ζωοτροφών, γεγονός που οδηγεί σε μελλοντικές προοπτικές. Έπειτα και από την πρόσφατη (2013) άρση της απαγόρευσης των μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών στις ιχθυοτροφές στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δημιουργούνται νέες προοπτικές χρησιμοποίησης των πρωτεϊνικών πηγών ζωικής προέλευσης (Καραπαναγιωτίδης, προφορική επικοινωνία). Μία πρόσφατη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο σολομό έδειξε ότι το ιχθυάλευρο μπορεί να αντικατασταθεί σε ποσοστό 20% με ζωικές πρωτεϊνικές πηγές χωρίς να παρουσιαστούν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη και στην βιωσιμότητα των εκτρεφόμενων ιχθύων (Hartviksen *et al.* 2014).

1.6 Η πρωτεΐνη του πτηναλεύρου ως συστατικό των ιχθυοτροφών

Τα πουλερικά θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση για την κάλυψη ενός μέρους των διατροφικών αναγκών των εκτρεφόμενων ψαριών, με την προϋπόθεση βέβαια ότι η ανάπτυξή τους και η ποιότητα της σάρκας τους δεν θα επηρεάζεται αρνητικά. Τα πουλερικά αποτελούν πλούσιες πηγές ζωικής πρωτεΐνης (45-60%), εμφανίζουν ένα «καλό» προφίλ απαραίτητων αμινοξέων και είναι πλούσια και σε άλλα θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για τα ψάρια (Rawles *et al.* 2006). Επίσης φαίνεται να έχουν υψηλά επίπεδα πεπτικότητας σε πολλά είδη ψαριών. Τέλος, το χαμηλό κόστος των αλεύρων πουλερικών συγκριτικά με τα ιχθυάλευρα, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μπορούν να αντικαταστήσουν έως και 100% τα τελευταία στις διατροφές ορισμένων ειδών, τα καθιστά υποψήφια να πρωταγωνιστήσουν στον τομέα παραγωγής ιχθυοτροφών (Sharawi *et al.* 2007).

Τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζει αρχικά η χρησιμοποίηση των πουλερικών ως συστατικά των ιχθυοτροφών αποτελεί όπως προαναφέρθηκε, η παρουσία ορισμένων θεμάτων που αφορούν την ασφάλεια τροφίμων καθώς και οι περιορισμοί εισαγωγών – εξαγωγών που ισχύουν (Serwata 2007). Επίσης, λόγω του γεγονότος ότι είναι πλούσια σε κορεσμένα, μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς επιπτώσεις στα διατρεφόμενα είδη, όπως για παράδειγμα να παρουσιαστούν αρνητικές επιδράσεις στην θρεπτική αξία των ψαριών. Τέλος, μπορεί να είναι ανεπαρκή σε ένα ή περισσότερα απαραίτητα αμινοξέα, με αποτέλεσμα, η προσθήκη αμινοξέων στο σιτηρέσιο να κρίνεται απαραίτητη (Subhara *et al.* 2006). Για να βελτιστοποιηθεί η χρήση αυτών των εναλλακτικών πηγών πρωτεϊνών, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η αξιολόγηση της επίδρασης αυτών των πρώτων υλών στη καλή διαβίωση των ιχθύων, στην υγεία τους και στην πεπτική τους ικανότητα (Hartviksen *et al.* 2014).

1.7 Προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (Μεθειονίνη, Λυσίνη)

Ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε διατρεφόμενου είδους, τα άλευρα που εμπεριέχουν πρωτεΐνες από πουλερικά, 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. 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 μεθειονίνη είναι ένα απαραίτητο αμινοξύ, που εκτός του ότι απαιτείται για την πρωτεϊνική σύνθεση, παίζει ρόλο στη παραγωγή βιομορίων και συμμετέχει και στο μεταβολισμό των λιπιδίων. Ταυτόχρονα, εμπλέκεται στη σύνθεση νουκλεϊκών οξέων (Pérez - Jiménez *et al.* 2013). Γενικά, έχει τεκμηριωθεί πόσο σημαντική είναι για την ανάπτυξη πολλών εκτρεφόμενων ειδών και ειδικότερα της τσιπούρας (Marcouli *et al.* 2005).

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

Είναι πλέον αποδεκτό πως μελλοντικά τα ιχθυάλευρα θα χρησιμοποιούνται με φειδώ στις ιχθυοτροφές και ίσως τελικά αποτελέσουν συστατικά-κλειδιά μόνο για συγκεκριμένους τύπους ιχθυοτροφών (π.χ. ατελών ιχθυδίων, προπάχυνση, γεννήτορες) και μειωθούν κατά πολύ στις τροφές της κύριας ανάπτυξης (Tacon & Metian 2008). Η πρόκληση λοιπόν στις μέρες μας για τη βιομηχανία των ιχθυοκαλλιεργειών είναι να αναπτύξει εναλλακτικές διατροφικές πηγές για τα εκτρεφόμενα ψάρια, η παραγωγή των οποίων θα είναι οικονομικά βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον.

Η παρούσα προτεινόμενη μελέτη κινείται προς την κατεύθυνση εξεύρεσης εναλλακτικών διατροφικών πηγών, με βάση την πρωτεΐνη των πουλερικών, για την εκτροφή ψαριών στις ιχθυοκαλλιέργειες. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης άλευρου πουλερικών (πτηνάλευρο) ως κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών, σε συνδυασμό με την προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (μεθειονίνης και 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 $2,97 \pm 0,01$ 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. Από τον αρχικό αριθμό ιχθυδίων, 300 τοποθετήθηκαν σε πειραματικές δεξαμενές όπου αφέθηκαν για 10 ημέρες ώστε να εγκλιματιστούν στις συγκεκριμένες συνθήκες, όπου η σίτησή τους γινόταν μία φορά την ημέρα, ενώ 100 θανατώθηκαν για την πραγματοποίηση χημικών αναλύσεων τόσο στο σώμα όσο και στο μυϊκό ιστό (αρχικό δείγμα). Το πείραμα διήρκησε συνολικά 110 ημέρες, (Ιούλιος – Σεπτέμβριος 2015).

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 ανά δύο ενυδρεία, από ένα σύστημα μηχανικής – βιολογικής διήθησης του νερού (6 συστήματα), 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 (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 4 διατροφικές ομάδες, όπου η κάθε μία λάμβανε και διαφορετικό σιτηρέσιο. Η κάθε διατροφική ομάδα αποτελούνταν από 75 ιχθύδια, τα οποία κατανεμήθηκαν σε υποομάδες των 25 ατόμων σε 3 ενυδρεία (25 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 (Εικ. 2.2) και ήταν στη μορφή βυθιζόμενου σύμπηκτου διαμέτρου 1,5 mm.



Εικόνα 2.2: Πελλετομηχανή τύπου California Pellet Mill

Τα τέσσερα αυτά σιτηρέσια καταρτίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ισοενεργειακά (23,3 MJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (50% της τροφής) (Πιν. 2.1). 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 άλευρο πουλερικών (PM, ολικών πρωτεϊνών 60%). Η πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου αντικαταστάθηκε κατά 25% (PM 25) με παράλληλη σταδιακή αύξηση του ποσοστού συμμετοχής του αλεύρου αυτού στο σιτηρέσιο. Επίσης, η πρωτεΐνη του ιχθυαλεύρου αντικαταστάθηκε κατά 25% (PM 25+) και κατά 50% (PM 50+) από πρωτεΐνη πτηνάλευρου με παράλληλη

προσθήκη λυσίνης και μεθειονίνης 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 πουλερικών, το σιτηρέσιο PM 25 περιείχε ιχθυάλευρο σε μειωμένο ποσοστό και ένα ποσοστό αλεύρου πουλερικών, τέτοιο ώστε η πρωτεΐνη του τελευταίου υποκαθιστούσε την πρωτεΐνη του πρώτου κατά 25% της συνολικής πρωτεΐνης του σιτηρεσίου. Αντίστοιχα, στο PM 25+ και στο PM 50+, η υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου με άλευρο πουλερικών ήταν της τάξης του 25% και 50% αντίστοιχα, με ταυτόχρονη προσθήκη απαραίτητων αμινοξέων (λυσίνη και μεθειονίνη). 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 ω_3 και ω_6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων χρησιμοποιήθηκε το ιχθυέλαιο (Πιν. 2.1).

Μικροσυστατικά που χρησιμοποιήθηκαν ως εμπλουτιστικά των τροφών και διατηρήθηκαν σε σταθερές ποσότητες στα τέσσερα διαφορετικά σιτηρέσια ήταν ένα εμπορικό πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (για τσιπούρα και λαβράκι) με συμμετοχή 0,30% (Πιν. 2.2) καθώς και οι βιταμίνες E και C σε ποσοστό 0,10%. Συγκεκριμένα αμινοξέα, όπως λυσίνη και μεθειονίνη, προστέθηκαν σε ποσοστά 0,15% (για την PM 25+), επίσης 0,30% (για την PM 50+) και 0,10% (για την PM 25+) και 0,20% (για την PM 50+) αντίστοιχα, για να διασφαλίσουν τυχόν ανεπάρκεια των ιχθυδίων σε αυτά τα στοιχεία, ενώ προστέθηκε και αντιμυκητιακή ουσία κατά 0,20%, για την αποφυγή ενδεχόμενης ανάπτυξης μυκήτων στις τροφές. Η χορήγηση της τροφής

ήταν με το χέρι καθημερινή, 2 φορές την ημέρα και λάμβανε χώρα στις 11 π.μ. και στις 17 μ.μ. Η σίτιση ήταν μέχρι κορεσμού (*ad libitum*).

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

Συστατικά (%)	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Ιχθυάλευρο	58,00	43,50	43,50	29,00
Πτηνάλευρο	0,00	13,60	13,60	27,20
Γλουτένη καλαμποκιού	19,50	19,30	19,00	18,50
Σιτάρι, αλεύρι	10,40	11,60	11,65	12,95
Ιχθυέλαιο	11,10	11,00	11,00	10,85
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία	0,30	0,30	0,30	0,30
MCP	0,30	0,30	0,30	0,30
Μεθειονίνη	0,00	0,00	0,10	0,20
Λυσίνη	0,00	0,00	0,15	0,30
Βιταμίνη E	0,10	0,10	0,10	0,10
Βιταμίνη C	0,10	0,10	0,10	0,10
Αντιμυκητιακή ουσία	0,20	0,20	0,20	0,20
Χημική σύσταση (%)	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Υγρασία	7,4	7,4	7,8	7,4
Πρωτεΐνη	50,8	50,0	49,8	50,9
Λίπος	18,4	18,0	18,1	16,0
Υδατάνθρακες ¹	14,2	16,1	16,0	17,9
Τέφρα	9,2	8,5	8,3	7,8
Ενέργεια (KJ/g)	23,3	23,2	23,4	23,2

¹ Το ποσοστό των υδατανθράκων εκτιμήθηκε με αφαίρεση από το 100 του συνόλου των ποσοστών πρωτεΐνης, λιπιδίων και τέφρας. Τα περισσότερα συστατικά (εκτός του μυγάλου και αλεύρου 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
<u>Βιταμίνες</u>	
Βιταμίνη E (90% α-τοκοφερολη)	58.333
Βιταμίνη K3	3.333
Βιταμίνη B1	3.333
Βιταμίνη B2	6.666
Βιταμίνη B6	3.333
Βιταμίνη B12	10
Νικοτινικό οξύ	16.666
Παντοθενικό οξύ	13.333
Φολικό οξύ	3.333
Βιοτίνη	100
Βιταμίνη C (μορφή Stay C)	33.333
<u>Ανόργανα στοιχεία</u>	
Μαγγάνιο (οξειδίο)	10.000
Ψευδάργυρος (οξειδίο)	33.333
Ιωδιούχο ασβέστιο (62% Ca)	400
Σεληνιώδες νάτριο (1% σελήνιο)	84
Ανθρακικό κοβάλτιο (51% κοβάλτιο)	333
<u>Άλλες ουσίες</u>	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333
Άλευρο για μίξη	416.666

2.3 Δειγματοληψίες

Η εκτροφή των ιχθυδίων διήρκησε 110 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις βάρους: στην έναρξη του πειράματος, την 30^η, την 60^η και μία τελική την 110^η ημέρα. Το 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 μήκος με ιχθυόμετρο (ακρίβεια 0,1 cm). Στην τελική μέτρηση (110^η ημέρα) τα ψάρια θανατώθηκαν παρατείνοντας την παραμονή τους στο αναισθητικό αυξανόμενης δοσολογίας και άμεσης τοποθέτησης τους σε πάγο. Πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις βάρους και μήκους και στη συνέχεια επιλέχθηκαν τυχαία 12 ψάρια από κάθε δεξαμενή, αποθηκεύτηκαν και συντηρήθηκαν στους -40^oC με σκοπό τη χημική ανάλυση της θρεπτικής σύστασης του σώματος τους (ολόκληρο σώμα).

Στην συνέχεια, ακολούθησε τομή στην κοιλιακή χώρα 20 ατόμων από κάθε δεξαμενή (60 άτομα ανά σιτηρέσιο) με σκοπό την ζύγιση και συλλογή του ήπατος για πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων αυτού (αποθήκευση και ψύξη στους -40^oC). Επίσης πραγματοποιήθηκε φιλετοποίηση 10 ατόμων από κάθε δεξαμενή (30 ανά σιτηρέσιο) με σκοπό την χημική ανάλυση του μυϊκού ιστού.

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:

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

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:

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

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:

$$\text{Συν. Κατανάλωση} = \text{ολική κατανάλωση τροφής} / \text{αριθμός ψαριών (κάθε μεταχείρισης)}$$

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:

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

Όπου,

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

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

2.4.6 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (food 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:

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

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:

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

2.4.8 Συντελεστής διατήρησης της πρωτεΐνης

Ο συντελεστής διατήρησης της πρωτεΐνης (protein retention, PR) εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της περιεκτικότητας ενός ιστού σε πρωτεΐνη σε συνάρτηση με την ποσότητα διαιτητικής πρωτεΐνης που χορηγήθηκε. Ο συντελεστής διατήρησης της πρωτεΐνης υπολογίστηκε για το μυϊκό ιστό των ψαριών σύμφωνα με τη σχέση:

$$PR (\%) = 100 \times \text{μεταβολή πρωτεΐνης στον ιστό (g)} / \text{πρωτεΐνη που καταναλώθηκε (g)},$$

Όπου μεταβολή πρωτεΐνης (g) = (τελική περιεκτικότητα πρωτεΐνης,% × τελικό βάρος,g)

- (αρχική περιεκτικότητα πρωτεΐνης,% × αρχικό βάρος,g)

2.4.9 Συντελεστής διατήρησης λίπους

Ο συντελεστής διατήρησης λίπους (lipid retention, LR) εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της περιεκτικότητας ενός ιστού σε λίπος σε συνάρτηση με την ποσότητα διαιτητικού λίπους που χορηγήθηκε. Ο συντελεστής διατήρησης λίπους υπολογίστηκε για το μυϊκό ιστό των ψαριών σύμφωνα με τη σχέση:

$LR (\%) = 100 \times \text{μεταβολή λίπους στον ιστό (g)} / \text{λίπος που καταναλώθηκε (g)},$

Όπου μεταβολή λίπους (g) = (τελική περιεκτικότητα λίπους,% × τελικό βάρος,g) -
(αρχική περιεκτικότητα λίπους,% × αρχικό βάρος,g)

2.4.10 Σωματομετρικοί δείκτες

Οι σωματομετρικοί δείκτες που υπολογίστηκαν ήταν: ο ηπατοσωματικός δείκτης (Hepatosomatix index, HSI), ο ενδοσπλαχνικός δείκτης (Viscerosomatic index, VSI) και ο δείκτης ευρωστίας (K):

$$HSI = \text{Βάρος ήπατος} \times 100 / \text{Βάρος σώματος}$$

$$VSI = \text{Βάρος εντόσθιων} \times 100 / \text{Βάρος σώματος}$$

$$K = \text{Ολικό βάρος σώματος} \times 100 / \text{Ολικό μήκος}^3$$

2.5 Χημικές αναλύσεις

2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα πειραματικά σιτηρέσια και στον μυϊκό ιστό των ψαριών έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995) Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα του ιστού, και της τροφής σε κάποιες περιπτώσεις, πρέπει να είναι ξηραμένη και αλεσμένη. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150ml πετρελαϊκού αιθέρα, στον οποίο εμβαπτίστηκαν τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους

χάρτινους ηθμούς μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5h, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαιοειδών 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:

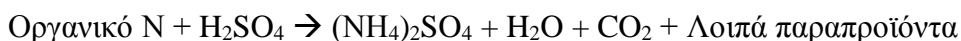
$$\text{Ολικά λιπίδια \%} = (W(\text{g})_{\text{τελικό δοχείο εκχύλισης}} - W(\text{g})_{\text{αρχικό δοχείο εκχύλισης}}) * 100$$

2.5.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

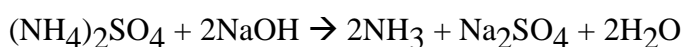
Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών των πειραματικών σιτηρεσιών και του μυϊκού ιστού των ψαριών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995). Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ενώσεων έχει ως εξής:

Σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν δείγματα 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 θεικού οξέως πραγματοποιείται διάσπαση των αζωτούχων ενώσεων. Το αδέσμευτο άζωτο (N) δεσμεύεται με την μορφή θεικού αμμωνίου (άλας), με την εξής αντίδραση:

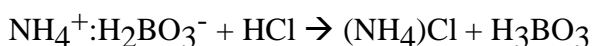


Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15 min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H₂O, 80 ml NaOH και 50 ml H₃BO₃. Η διαδικασία διαρκεί 6 min. Το θεικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία της πέψης, αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θεικό νάτριο (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 τιτλοδότησης του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχής κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η αλλαγή του χρώματος του δείκτη, από κίτρινο σε

φούξια, καταδεικνύει το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση:

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

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:

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

2.5.4 Προσδιορισμός υγρασίας/ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας στα πειραματικά σιτηρέσια και στον μυϊκό ιστό των ψαριών 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:

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

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

Όμοια,

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

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

2.6 Στατιστική ανάλυση

Όλα τα δεδομένα 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

Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος σημειώθηκαν θνησιμότητες των ιχθυδίων όλων των διατροφικών ομάδων σε ποσοστό 6,33% (19 άτομα στο σύνολο των 300). Πιο αναλυτικά (Πιν. 3.1), για την FM διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $8,0 \pm 4,0\%$, για την PM 25 διατροφική ομάδα $1,34 \pm 2,31\%$, για την PM 25+ διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $6,67 \pm 2,31\%$ και τέλος για τη PM 50+ διατροφική ομάδα $14 \pm 2,83\%$. Η στατιστική επεξεργασία με την μέθοδο one-way ANOVA έδειξε ότι η θνησιμότητα των ψαριών στο σιτηρέσιο PM 50+ ήταν η υψηλότερη σε σχέση με τα υπόλοιπα σιτηρέσια σε αντίθεση με αυτή του σιτηρέσιου PM 25 που ήταν η χαμηλότερη ($P < 0,05$). Στα σιτηρέσια FM και PM 25+ η θνησιμότητα παρουσίασε μέτριες τιμές που ήταν και παρόμοιες μεταξύ τους.

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

	Σιτηρέσια			
	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
N	$2,0 \pm 1,0^{ab}$	$0,34 \pm 0,58^b$	$1,67 \pm 0,58^{ab}$	$3,5 \pm 0,71^a$
%	$8,0 \pm 4,0^{ab}$	$1,34 \pm 2,31^b$	$6,67 \pm 2,31^{ab}$	$14 \pm 2,83^a$

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

3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιολόγησης της τροφής

3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το αρχικό μέσο βάρος και μήκος των ιχθυδίων κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τα άτομα που τοποθετήθηκαν στα ενυδρεία με το FM, PM 25+ και PM 50+ σιτηρέσιο ήταν $2,97 \pm 0,01\text{g}$ και $6,3 \pm 0,3\text{cm}$ (Πιν. 3.2). Για αυτά που τοποθετήθηκαν στα ενυδρεία με το PM 25 σιτηρέσιο ήταν $2,97 \pm 0,00\text{g}$ και $6,4 \pm 0,3\text{cm}$ αντίστοιχα. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αρχικό βάρος και το αρχικό μήκος των ατόμων ($P>0,05$) κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος.

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

	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Αρχικό Βάρος (g)	2,97 \pm 0,01	2,97 \pm 0,00	2,97 \pm 0,01	2,97 \pm 0,01
Αρχικό Μήκος (cm)	6,3 \pm 0,3	6,4 \pm 0,3	6,3 \pm 0,3	6,3 \pm 0,3

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

3.2.2 Αύξηση σωματικού βάρους την 30^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 30^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.3) ήταν $9,58 \pm 0,25\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο FM, $10,03 \pm 1,09\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο PM 25, $9,65 \pm 0,60\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο PM 25+, ενώ για αυτά που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο PM 50+ το μέσο βάρος τους ήταν $9,58 \pm 0,67\text{g}$. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι δεν υπάρχουν διαφορές στις τιμές για το μέσο

βάρος των ψαριών όλων των μεταχειρίσεων ($P>0,05$). Ελαφρώς αυξημένο βρέθηκε το μέσο βάρος στα ψάρια του σιτηρεσίου PM 25.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 3.3) για την 30^η ημέρα του πειράματος ήταν $6,61 \pm 0,26\text{g}$ για τα άτομα της FM μεταχείρισης, $7,06 \pm 1,08\text{g}$ για τα άτομα της PM 25 μεταχείρισης, $6,68 \pm 0,60\text{g}$ για τα άτομα της PM 25+ μεταχείρισης, ενώ για τα άτομα της PM 50+ μεταχείρισης η μέση αύξηση βάρους ήταν $6,88 \pm 0,66\text{g}$. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μέση αύξηση του σωματικού βάρους των ψαριών όλων των μεταχειρίσεων δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ($P>0,05$).

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

	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Σωματικό βάρος (g)	9,58 \pm 0,25	10,03 \pm 1,09	9,65 \pm 0,60	9,85 \pm 0,67
Αυξ. βάρους (WG, g)	6,61 \pm 0,26	7,06 \pm 1,08	6,68 \pm 0,60	6,88 \pm 0,66
Συν. κατανάλωση (g)	8,13 \pm 0,16	8,34 \pm 0,73	8,07 \pm 0,71	8,18 \pm 0,29
SGR (%/ημ.)	3,91 \pm 0,10	4,04 \pm 0,38	3,92 \pm 0,21	3,99 \pm 0,22
FCR	1,23 \pm 0,02	1,19 \pm 0,11	1,21 \pm 0,01	1,19 \pm 0,07

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

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών μέχρι την 30^η ημέρα του πειράματος (Πιν. 3.3) ήταν $8,13 \pm 0,16$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $8,34 \pm 0,73$ για αυτά της PM 25 διατροφικής ομάδας, $8,07 \pm 0,71$ για τα ψάρια της PM 25+ διατροφικής ομάδας και τέλος ήταν $8,18 \pm 0,29$ για τα άτομα της PM 50+ διατροφικής ομάδας. Οι τιμές αυτές δεν έχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους ($P>0,05$).

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.3) ήταν $3,91 \pm 0,10\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας FM, $4,04 \pm 0,38\%$ /ημέρα για τα ψάρια της PM 25 διατροφικής ομάδας, $3,92 \pm 0,21\%$ /ημέρα για τα ψάρια της PM 25+ διατροφικής ομάδας και $3,99 \pm 0,22\%$ /ημέρα για τα ψάρια της διατροφικής ομάδας PM 50+. Οι τιμές του SGR για όλα τα ψάρια ήταν παρόμοιες χωρίς σημαντικά στατιστικές διαφορές ($P>0,05$).

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.3) εκτιμήθηκε $1,23 \pm 0,02$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $1,19 \pm 0,11$ για τα άτομα της PM 25 διατροφικής ομάδας, $1,21 \pm 0,01$ για τα άτομα της PM 25+ διατροφικής ομάδας, ενώ για τα άτομα που διατράφηκαν με το PM 50+ σιτηρέσιο η τιμή της FCR ήταν $1,19 \pm 0,07$. Αν και παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση του FCR στα ψάρια που διατράφηκαν με FM σιτηρέσιο, ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

3.2.3 Αύξηση σωματικού βάρους την 60^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών την 60^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.4) ήταν $20,00 \pm 2,30\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, $22,06 \pm 2,64\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το PM 25 σιτηρέσιο, $22,64 \pm 0,35\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το PM 25+ σιτηρέσιο και τέλος $22,07 \pm 2,02\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το PM 50+ σιτηρέσιο. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών του μέσου βάρους για τα ψάρια όλων των διατροφικών ομάδων ($P>0,05$). Τα ψάρια του σιτηρεσίου FM είχαν ελαφρώς χαμηλότερες τιμές.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (Πιν. 3.4) ήταν $17,04 \pm 2,29\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης FM, $19,09 \pm 2,64\text{g}$ για τα άτομα της μεταχείρισης PM 25, $19,67 \pm$

0,36g για τα άτομα της μεταχείρισης PM 25+ και $19,10 \pm 2,01$ g για τα άτομα της μεταχείρισης PM 50+. 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 χαμηλότερες τιμές.

Η συνολική κατανάλωση των ψαριών κατά την 60^η ημέρα του πειράματος (Πιν. 3.4) ήταν $21,62 \pm 1,09$ για τα άτομα της FM διατροφικής ομάδας, $22,86 \pm 1,76$ για αυτά της PM 25 διατροφικής ομάδας, $23,09 \pm 0,58$ για τα ψάρια της PM 25+ διατροφικής ομάδας και τέλος ήταν $22,84 \pm 1,23$ για τα άτομα της PM 50+ διατροφικής ομάδας. Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σιτηρεσίων ($P>0,05$). Μια ελαφρώς αυξημένη τιμή παρατηρήθηκε στην PM 25+ διατροφική ομάδα.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πιν. 3.4) ήταν $3,07 \pm 0,19\%$ /ημέρα για τα ψάρια της FM διατροφικής ομάδας, $3,22 \pm 0,20\%$ /ημέρα για τα ψάρια της PM 25 διατροφικής ομάδας, $3,28 \pm 0,03\%$ /ημέρα για τα ψάρια της PM 25+ διατροφικής ομάδας και τέλος για τα ψάρια της PM 50+ διατροφικής ομάδας η μέση τιμή ήταν $3,23 \pm 0,15\%$ /ημέρα. Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σιτηρεσίων ($P>0,05$). Μια ελαφρώς αυξημένη τιμή παρατηρήθηκε στην PM 25+ διατροφική ομάδα.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν. 3.4) εκτιμήθηκε $1,28 \pm 0,12$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας FM, $1,21 \pm 0,09$ για τα άτομα της διατροφικής ομάδας PM 25, $1,17 \pm 0,04$ για τα άτομα της PM 25+ διατροφικής ομάδας και $1,20 \pm 0,07$ για τα άτομα της PM 50+ διατροφικής ομάδας. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) για τα ψάρια όλων των διατροφικών

ομάδων ($P>0,05$). Τα ψάρια του σιτηρεσίου FM φαίνεται να έχουν ελαφρώς υψηλότερες τιμές.

Πίνακας 3.4: Σωματικό βάρος (g) και αύξηση βάρους (g) των ιχθύων, SGR (%/ημ) και FCR κατά την 60^η ημέρα του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους \pm τυπική απόκλιση.

	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Σωματικό βάρος (g)	20,00 \pm 2,30	22,06 \pm 2,64	22,64 \pm 0,35	22,07 \pm 2,02
Αυξ. βάρους (WG, g)	17,04 \pm 2,29	19,09 \pm 2,64	19,67 \pm 0,36	19,10 \pm 2,01
Συν. κατανάλωση (g)	21,62 \pm 1,09	22,86 \pm 1,76	23,09 \pm 0,58	22,84 \pm 1,23
SGR (%/ημ.)	3,07 \pm 0,19	3,22 \pm 0,20	3,28 \pm 0,03	3,23 \pm 0,15
FCR	1,28 \pm 0,12	1,21 \pm 0,09	1,17 \pm 0,04	1,20 \pm 0,07

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

3.2.4 Αύξηση σωματικού βάρους την 110^η ημέρα (ολοκλήρωση του πειράματος)

Στο τέλος του πειράματος, το μέσο βάρος και μήκος των ψαριών ήταν 41,42 \pm 0,23g και 13,84 \pm 0,23cm, αντίστοιχα για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, 40,66 \pm 3,54g και 9,25 \pm 0,58cm, αντίστοιχα για το PM 25 σιτηρέσιο, 41,74 \pm 1,57g και 13,76 \pm 0,06cm, αντίστοιχα για το PM 25+ και τέλος 40,72 \pm 4,46g και 13,87 \pm 4,46cm, αντίστοιχα για το PM 50+ σιτηρέσιο. Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών μήκους και βάρους των ψαριών όλων των διατροφικών ομάδων ($P>0,05$).

Η αύξηση βάρους και η συνολική κατανάλωση των ψαριών ήταν 38,45 \pm 1,16g και 48,41 \pm 0,97g, αντίστοιχα για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, 37,68 \pm 3,54g και 48,42 \pm 2,39g, αντίστοιχα για το PM 25 σιτηρέσιο, 38,77 \pm 1,58g και

49,67 ± 1,83g, αντίστοιχα για το PM 25+ και τέλος 37,74 ± 4,46g και 49,44 ± 0,61g, αντίστοιχα για το PM 50+ σιτηρέσιο. Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών αύξησης βάρους και συνολικής κατανάλωσης των ψαριών όλων των διατροφικών ομάδων (P>0,05).

Πίνακας 3.5: Μέσο βάρος (g), μέσο ολικό μήκος (cm) και παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής των ιχθυδίων ανά διατροφικό σιτηρέσιο κατά την ολοκλήρωση του πειράματος. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική απόκλιση.

	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Τελ. μήκος (cm)	13,84±0,23	13,81±0,47	13,76±0,06	13,87±0,37
Τελ. βάρος (g)	41,42±1,17	40,66±3,54	41,74±1,57	40,72±4,46
Αυξ. βάρους (WG, g)	38,45±1,16	37,68±3,54	38,77±1,58	37,74±4,46
Συν. κατανάλωση (g)	48,41±0,97	48,42±2,39	49,67±1,83	49,44±0,61
SGR (%/ημ.)	4,25±0,04	4,21±0,14	4,26±0,07	4,21±0,17
FCR	1,26±0,01	1,29±0,70	1,28±0,02	1,32±0,17
PER	1,46±0,01	1,44±0,08	1,48±0,02	1,41±0,18
PR%	28,46±0,27	26,96±1,50	28,14±0,45	25,25±3,24
LR%	78,25±0,83	76,62±4,47	76,89±1,28	75,32±9,95

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

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) και ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) των ψαριών ήταν 4,25 ± 0,04 και 1,26 ± 0,01, αντίστοιχα για τα άτομα που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο, 4,21 ± 0,14 και 1,29 ± 0,70, αντίστοιχα για το PM 25 σιτηρέσιο, 4,26 ± 0,07 και 1,28 ± 0,02, αντίστοιχα για το PM 25+ και τέλος 4,21 ± 0,17 και 1,32 ± 0,17g, αντίστοιχα για το PM 50+ σιτηρέσιο. Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές των τιμών του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης

και του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής των ψαριών όλων των διατροφικών ομάδων ($P>0,05$).

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) καθώς και ο συντελεστής διατήρησης της πρωτεΐνης (PR) καταγράφηκαν για τα ψάρια της FM ($1,46 \pm 0,01$ και $28,46 \pm 0,27$ αντίστοιχα) και της PM 25+ ($1,48 \pm 0,02$ και $28,14 \pm 0,45$ αντίστοιχα) μεταχείρισης ελαφρώς υψηλότερες από τις άλλες μεταχειρίσεις χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P>0,05$). Ο συντελεστής διατήρησης του λίπους (LR) εμφανίστηκε ελαφρώς αυξημένος στα ψάρια της FM μεταχείρισης $78,25 \pm 0,83$ και ελαφρώς μειωμένος στην PM 50+ μεταχείριση $75,32 \pm 9,95$. Ωστόσο δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών ($P>0,05$).

Αξίζει να τονιστεί το γεγονός, ότι από την αρχή του πειράματος, τα αποτελέσματα όλων των δειγματοληψιών (αρχή, 30^η ημέρα, 60^η ημέρα και 110^η ημέρα) που αφορούν την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων, δεν παρουσίασαν καμία σημαντική στατιστική διαφορά ($P>0,05$). Όλα αυτά τα αποτελέσματα, ανά ημέρα δειγματοληψίας και ανά σιτηρέσιο φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6: Μέσο ολικό μήκος (cm), μέσο βέρος (g), παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής και η θνησιμότητα των ιχθυδίων ανά διατροφικό σιτηρέσιο και ανά ημέρα δειγματοληψίας (αρχή, 30^η ημέρα, 60^η ημέρα και 110^η ημέρα). Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική

Σιτηρέσιο	FM				PM 25			
Ημέρα	0	30	60	110	0	30	60	110
Μήκος (cm)	6,3±0,3			13,84±0,23	6,4±0,3			13,81±0,47
Βάρος (g)	2,97±0,01	9,58±0,25	20,00±2,30	41,42±1,17	2,97±0,00	10,03±1,09	22,06±2,64	40,66±3,54
Αυξ. Βάρους (WG, g)		6,61±0,26	17,04±2,29	38,45±1,16		7,06±1,08	19,09±2,64	37,68±3,54
Συν. Κατανάλωση (g)		8,13±0,16	21,62±1,09	48,41±0,97		8,34±0,73	22,86±1,76	48,42±2,39
FCR		1,23±0,02	1,28±0,12	1,26±0,01		1,19±0,11	1,21±0,09	1,29±0,7
SGR (%/ημέρα)		3,91±0,10	3,07±0,19	4,25±0,04		4,04±0,38	3,22±0,20	4,21±0,14
PER				1,46±0,01				1,44±0,08
PR%				28,46±0,27				26,96±1,50
LR%				78,25±0,83				76,62±4,47
Θνησιμότητα		1	2	3	0	1	0	
Σιτηρέσιο	PM 25+				PM 50+			
Ημέρα	0	30	60	110	0	30	60	110
Μήκος (cm)	6,3±0,3			13,76±0,06	6,3±0,3			13,87±0,37
Βάρος (g)	2,97±0,01	9,65±0,60	22,64±0,35	41,74±1,57	2,97±0,01	9,85±0,67	22,07±2,02	40,72±4,46
Αυξ. Βάρους (WG, g)		6,68±0,60	19,67±0,36	38,77±1,58		6,88±0,66	19,10±2,01	37,74±4,46
Συν. Κατανάλωση (g)		8,07±0,71	23,09±0,58	49,67±1,83		8,18±0,29	22,84±1,23	49,44±0,61
FCR		1,21±0,01	1,17±0,04	1,28±0,02		1,19±0,07	1,20±0,07	1,32±0,17
SGR (%/ημέρα)		3,92±0,21	3,28±0,03	4,26±0,07		3,99±0,22	3,23±0,15	4,21±0,17
PER				1,48±0,02				1,41±0,18
PR%				28,14±0,45				25,25±3,24
LR%				76,89±1,28				75,32±9,95
Θνησιμότητα		1	0	4	2	3	2	

3.2.5 Σωματομετρικοί δείκτες

Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI) υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων (Πιν. 3.7). Στην διατροφική ομάδα που σιτίστηκε με το FM σιτηρέσιο ο ηπατοσωματικός δείκτης ήταν $1,96 \pm 0,36$. Για την PM 25 διατροφική ομάδα ο δείκτης ήταν $1,11 \pm 0,40$, για την διατροφική ομάδα PM 25+ η τιμή του δείκτη ήταν $2,00 \pm 0,40$ και για την διατροφική ομάδα PM 50+ ο δείκτης ήταν $1,46 \pm 0,39$. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι η τιμή του δείκτη για την PM 25 και την PM 50+ μεταχείριση είναι μικρότερη σε σχέση με τις τιμές των PM 25+ και FM μεταχειρίσεων ($P < 0,05$).

Πίνακας 3.7: Ηπατοσωματικός δείκτης (HSI), ενδοσπλαχνικός δείκτης (VSI) και δείκτης ευρωστίας (K) της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
HSI	$1,96 \pm 0,36^a$	$2,46 \pm 0,14^b$	$2,17 \pm 0,15^a$	$2,22 \pm 0,24^b$
VSI	$9,27 \pm 1,18^a$	$8,77 \pm 0,75^b$	$8,39 \pm 1,24^{ab}$	$9,72 \pm 0,90^b$
K	$1,47 \pm 0,51^a$	$1,44 \pm 0,38^a$	$1,72 \pm 0,54^a$	$1,40 \pm 0,42^a$

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

Ο ενδοσπλαχνικός δείκτης (VSI) υπολογίστηκε στο τέλος του διατροφικού πειράματος για το σύνολο των ιχθυδίων (Πιν. 3.7). Η τιμή του δείκτη για τα ψάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο FM ήταν $9,27 \pm 1,18$, για το PM 25 σιτηρέσιο ήταν $7,67 \pm 1,10$, για το PM 25+ σιτηρέσιο ήταν $8,52 \pm 0,94$ και τέλος για το PM 50+ σιτηρέσιο ήταν $7,54 \pm 1,36$. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι η τιμή του δείκτη για το σιτηρέσιο PM 25 και PM 50+ είναι στατιστικά μικρότερη ($P < 0,05$) σε σχέση με την

τιμή του FM σιτηρεσίου, ενώ παρόμοιες τιμές καταγράφηκαν για το σιτηρέσιο PM 25+ ($P>0,05$).

Η τιμή για τον δείκτη ευρωστίας (K) των ψαριών που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο FM ήταν $1,47 \pm 0,51$, για το σιτηρέσιο PM 25 ήταν $1,44 \pm 0,38$, για το σιτηρέσιο PM 25+ ήταν $1,72 \pm 0,54$ ενώ για το σιτηρέσιο PM 50+ ήταν $1,40 \pm 0,42$. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών του δείκτη ευρωστίας των ψαριών που διατράφηκαν με τα διαφορετικά σιτηρέσια ($P>0,05$).

3.3 Χημικές αναλύσεις σώματος

Η περιεκτικότητα των ολικών σωμάτων της τσιπούρας σε υγρασία (Πιν. 3.8) στο τέλος του διατροφικού πειράματος για τα ψάρια της FM μεταχείρισης ήταν $67,41 \pm 1,59\%$, για την PM 25 μεταχείριση ήταν $66,43 \pm 1,66\%$, για την PM 25+ ήταν $67,50 \pm 1,76\%$ και τέλος για την μεταχείριση PM 50+ ήταν $67,66 \pm 0,91\%$. Το ποσοστό της υγρασίας που υπολογίστηκε στα αρχικά δείγματα των ψαριών ήταν $77,64 \pm 1,78\%$. Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο σώμα της τσιπούρας δεν επηρεάζεται σημαντικά από την βαθμιαία μείωση της ποσότητας του ιχθυαλεύρου ως πρωτεϊνική πηγή στα σιτηρέσια. Το μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας σε υγρασία καταγράφηκε για τα ψάρια της PM 50+ μεταχείρισης και το μικρότερο ποσοστό για την PM 25 μεταχείριση χωρίς όμως να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών. Αξίζει να αναφερθεί πως η περιεκτικότητα σε υγρασία των σωμάτων των ιχθύων όλων των διατροφικών ομάδων ήταν σημαντικά χαμηλότερη από εκείνη του αρχικού πληθυσμού ($P<0,05$).

Ο μέσος όρος περιεκτικότητας σε αζωτούχες ενώσεις των ολικών σωμάτων της τσιπούρας στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.8) ήταν $54,67 \pm 6,75\%$ για το

FM σιτηρέσιο, $50,62 \pm 4,52\%$ για το PM 25 σιτηρέσιο, για το PM 25+ σιτηρέσιο $52,82 \pm 6,41\%$ και για το PM 50+ σιτηρέσιο $51,16 \pm 3,68\%$. Το ποσοστό της πρωτεΐνης που υπολογίστηκε στα αρχικά δείγματα των ψαριών ήταν $57,54 \pm 1,68\%$. Με βάση την στατιστική επεξεργασία, παρατηρήθηκε ότι ο αρχικός πληθυσμός των ψαριών είχε την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ενώ την χαμηλότερη ο πληθυσμός του σιτηρεσίου PM 25. Οι πληθυσμοί των ψαριών των άλλων σιτηρεσίων παρουσίασαν μεσαίες και παρόμοιες τιμές περιεκτικότητας πρωτεΐνης σε ολόκληρο το σώμα τους ($P < 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα λίπους σε ολόκληρο το σώμα της τσιπούρας στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.8) για την FM μεταχείριση ήταν $35,66 \pm 4,18\%$, για τα ψάρια της μεταχείρισης PM 25 ήταν $36,02 \pm 5,23\%$, για την μεταχείριση PM 25+ ήταν $34,73 \pm 6,42\%$ και για την PM 50+ μεταχείριση το ποσοστό καταγράφηκε $38,10 \pm 0,87\%$. Το ποσοστό του λίπους που υπολογίστηκε στα αρχικά δείγματα των ψαριών ήταν $16,79 \pm 0,15\%$. Αξίζει να αναφερθεί πως η περιεκτικότητα σε λίπος των σωμάτων των ιχθύων όλων των διατροφικών ομάδων ήταν σημαντικά υψηλότερη από εκείνη του αρχικού πληθυσμού ($P < 0,05$). Οι τιμές του λίπους για τα σώματα του τελικού πληθυσμού δεν παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων ($P > 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα τέφρας σε ολόκληρο το σώμα της τσιπούρας στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.8) για την FM μεταχείριση ήταν $10,87 \pm 1,23\%$, για τα ψάρια της μεταχείρισης PM 25 ήταν $11,32 \pm 2,34\%$, για την μεταχείριση PM 25+ ήταν $10,91 \pm 1,37\%$ και για την PM 50+ μεταχείριση το ποσοστό καταγράφηκε $11,16 \pm 0,87\%$. Το ποσοστό του λίπους που υπολογίστηκε στα αρχικά δείγματα των ψαριών ήταν $17,14 \pm 0,87\%$. Αξίζει να αναφερθεί πως η περιεκτικότητα σε τέφρα των

σωμάτων των ιχθύων όλων των διατροφικών ομάδων ήταν σημαντικά χαμηλότερη από εκείνη του αρχικού πληθυσμού ($P < 0,05$). Οι τιμές της τέφρας για τα σώματα του τελικού πληθυσμού δεν παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων ($P > 0,05$).

Πίνακας 3.8: Χημική σύσταση των ολικών σωμάτων των διαφόρων διατροφικών ομάδων (10 ιχθείς ανά διατροφική μεταχείριση) στο τέλος του πειράματος (110 ημέρες).

%	Αρχ.	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Μετρήσεις					
Υγρασία	77,64±1,78 ^a	67,41±1,59 ^b	66,43±1,66 ^b	67,50±1,76 ^b	67,66±0,91 ^b
Πρωτεΐνη	57,54±1,68 ^a	54,67±6,75 ^{ab}	50,62±4,52 ^b	52,82±6,41 ^{ab}	51,16±3,68 ^{ab}
Λίπος	16,79±0,15 ^b	35,66±4,18 ^a	36,02±5,23 ^a	34,73±6,42 ^a	38,10±4,35 ^a
Τέφρα	17,14±0,87 ^a	10,87±1,23 ^b	11,32±2,34 ^b	10,91±1,37 ^b	11,16±0,87 ^b

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

Η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού της τσιπούρας σε υγρασία (Πιν. 3.9) στο τέλος του διατροφικού πειράματος για τα ψάρια της FM μεταχείρισης ήταν $71,88 \pm 1,52\%$, για την PM 25 μεταχείριση ήταν $73,19 \pm 1,41\%$, για την PM 25+ ήταν $72,47 \pm 1,21\%$ και τέλος για την μεταχείριση PM 25+ ήταν $73,25 \pm 1,03\%$. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι τα ποσοστά υγρασίας ήταν αυξημένα στα ψάρια που διατράφηκαν με το PM 50+ σιτηρέσιο και μειωμένα σε αυτά του FM ($P < 0,05$).

Ο μέσος όρος περιεκτικότητας σε αζωτούχες ενώσεις του μυϊκού ιστού της τσιπούρας στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.9) ήταν $75,22 \pm 2,10\%$ για το FM σιτηρέσιο, $78,36 \pm 3,31\%$ για το PM 25 σιτηρέσιο, για το PM 25+ σιτηρέσιο $72,44$

$\pm 3,59\%$ και για το PM 50+ σιτηρέσιο $74,98 \pm 2,63\%$. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι ο μέσος όρος περιεκτικότητας σε αζωτούχες ενώσεις στο μυϊκό ιστό ήταν αυξημένος στα ψάρια που διατράφηκαν με το PM 25 σιτηρέσιο και μειωμένος σε αυτά του PM 25+ ($P < 0,05$).

Πίνακας 3.9: Χημική σύσταση του μυϊκού ιστού των διαφόρων διατροφικών ομάδων (10 ιχθείς ανά διατροφική μεταχείριση) στο τέλος του πειράματος (110 ημέρες).

%	FM	PM 25	PM 25+	PM 50+
Υγρασία	71,88 \pm 1,52 ^b	73,19 \pm 1,41 ^a	72,47 \pm 1,21 ^{ab}	73,25 \pm 1,03 ^a
Πρωτεΐνη	75,22 \pm 2,10 ^{ab}	78,36 \pm 3,31 ^a	72,44 \pm 3,59 ^b	74,98 \pm 2,63 ^{ab}
Λίπος	21,08 \pm 2,24 ^a	16,35 \pm 4,62 ^c	20,53 \pm 2,56 ^{ab}	17,04 \pm 2,30 ^{bc}
Τέφρα	4,95 \pm 0,20 ^b	5,42 \pm 0,32 ^a	5,13 \pm 0,32 ^{ab}	5,23 \pm 0,20 ^{ab}

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

Η μέση περιεκτικότητα λίπους στον μυϊκό ιστό της τσιπούρας στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.9) για την FM μεταχείριση ήταν $21,08 \pm 2,24\%$, για τα ψάρια της μεταχείρισης PM 25 ήταν $16,35 \pm 4,62\%$, για την μεταχείριση PM 25+ ήταν $20,53 \pm 2,56\%$ και για την PM 50+ μεταχείριση το ποσοστό καταγράφηκε $17,04 \pm 2,30\%$. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι ο μέσος όρος περιεκτικότητας λίπους στο μυϊκό ιστό ήταν αυξημένος στα ψάρια που διατράφηκαν με το FM σιτηρέσιο και σημαντικά μειωμένος σε αυτά του PM 25 ($P < 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα τέφρας στο μυϊκό ιστό της τσιπούρας στο τέλος του διατροφικού πειράματος (Πιν. 3.9) για την FM μεταχείριση ήταν $4,95 \pm 0,20\%$, για τα

ψάρια της μεταχείρισης PM 25 ήταν $5,42 \pm 0,32\%$, για την μεταχείριση PM 25+ ήταν $5,13 \pm 0,32\%$ και για την PM 50+ μεταχείριση το ποσοστό καταγράφηκε $5,23 \pm 0,20\%$. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η μέση περιεκτικότητα τέφρας στο μυϊκό ιστό ήταν αυξημένος στα ψάρια που διατράφηκαν με το PM 25 σιτηρέσιο και μειωμένος σε αυτά του FM ($P < 0,05$).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Θνησιμότητα

Από τα αποτελέσματα του πειράματος δείχθηκε ότι η μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με πτηνάλευρο σε ποσοστά 25% και σε ποσοστά 25% και 50% με προσθήκη λυσίνης και μεθειονίνης, δεν επηρέασε την επιβίωση των ψαριών που σιτίστηκαν με αυτά. Αυτό δείχνει ότι το πτηνάλευρο ως συστατικό κρίνεται κατάλληλο ως ιχθυτροφή για την τσιπούρα. Ο μικρός αριθμός μελετών που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα σε άλλα είδη ιχθύων και καρκινοειδών, με τη χρησιμοποίηση πτηναλεύρου, έχουν δείξει ποικίλα αποτελέσματα. Χρειάζεται όμως ακόμη εκτενής έρευνα για την εξακρίβωση της καταλληλότητας τους στην εκτροφή των διαφόρων ειδών και ειδικότερα της τσιπούρας.

Οι Nengas *et al.* (1999) δοκίμασαν την μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου σε ποσοστά 35%, 50% και 75% από πτηνάλευρο στην εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*), χωρίς να γίνεται αναφορά σε υψηλά ποσοστά θνησιμότητας των ιχθύων. Επομένως, δεν μπορεί να αμφισβητηθεί η καταλληλότητα του συγκεκριμένου αλεύρου. Μια ακόμα μελέτη πραγματοποιήθηκε για την εκτροφή της τσιπούρας, αντικαθιστώντας το ιχθυάλευρο με κρεατάλευρο και οστεοάλευρο (Robaina *et al.* 1997). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αντικατάσταση της τροφής με κρεατάλευρο σε ποσοστό μέχρι και 40% δεν επηρεάζει αρνητικά την επιβίωση των ιχθύων. Η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου σε χαμηλά ποσοστά, γενικά δεν έχει οδηγήσει σε αυξημένες θνησιμότητες ακόμα και στην περίπτωση που αυτό έγινε με φυτικά άλευρα. Για παράδειγμα, στη μελέτη που αντικαταστάθηκε το ιχθυάλευρο με σπόρο χαρουπιού (seed carob meal) ως πηγή πρωτεΐνης σε ποσοστά 17% και 37% σε άτομα τσιπούρας, παρατηρήθηκαν

ελάχιστοι θάνατοι (σε ποσοστό περίπου 3%) χωρίς το σιτηρέσιο να επηρεάζει αρνητικά την επιβίωση των ατόμων (Silvia - Martinez 2012).

Δοκιμές που έχουν γίνει στο παρελθόν με το πτηνάλευρο σε άλλα είδη, έχουν δείξει παρόμοια αποτελέσματα αναφορικά με το αν επηρεάζουν την επιβίωση των ιχθύων. Για παράδειγμα, σε μελέτη όπου η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου έγινε με πτηνάλευρο σε ποσοστά 35% και 75% στο σιτηρέσιο του είδους *Morone saxatilis* δεν επηρέασε τη θνησιμότητα των ιχθύων, με τους συγγραφείς να καταλήγουν ότι, το πτηνάλευρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό τροφής (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). Ομοίως, η χρησιμοποίηση πτηναλεύρου ως πηγή πρωτεΐνης σε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου στο σιτηρέσιο της τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*), δεν επηρέασε την επιβίωση των ατόμων του είδους αυτού (El-Sayed 1998). Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και για τα καρκινοειδή. Για παράδειγμα, στην εκτροφή της караβίδας (*Cherax quadricarinatus*), μέχρι και στην ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο δεν παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας (Saoud *et al.* 2008).

4.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

Έπειτα από 110 ημέρες διατροφικού πειράματος, η αύξηση του σωματικού βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που διατράφηκαν και με τα τέσσερα σιτηρέσια, ήταν παρόμοιοι μεταξύ τους χωρίς σημαντικές διαφορές. Αυτό δείχνει ότι η χορήγηση του πτηναλεύρου στις τροφές της τσιπούρας δεν μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξης της. Ταυτόχρονα, η αντικατάσταση έως και 50% του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο με προσθήκη λυσίνης και μεθειονίνης δεν επηρέασε αρνητικά την

ανάπτυξης της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα παλαιότερου πειράματος που πραγματοποιήθηκε από την ομάδα μας (Psofakis *et al.* 2015), όπου το επίπεδο αυτό αντικατάστασης χωρίς την προσθήκη αμινοξέων είχε οδηγήσει σε μειωμένη ανάπτυξη της τσιπούρας, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη λυσίνης και μεθειονίνης σε επίπεδα της τάξης του 0,3% και 0,2%, αντίστοιχα οδηγεί σε επιτυχημένη αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο κατά 50%.

Η ομοιότητα των τιμών της αύξησης βάρους για τα ψάρια που σιτίστηκαν με πτηνάλευρο 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 πτηνάλευρο ήταν της τάξης του 25%, ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών ήταν σχεδόν ίσος με αυτόν των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο.

Οι Nengas *et al.* (1999) δοκίμασαν πτηνάλευρο ως πρωτεϊνική πηγή στην τροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε ποσοστά αντικατάστασης ιχθυαλεύρου 35%, 50% και 75%. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι οι ιχθύς που σιτίστηκαν με αντικατάσταση 35% και 50% πτηναλεύρου δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και γενικότερα στις παραμέτρους ανάπτυξης σε σχέση με εκείνες των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Σε μεγαλύτερο ποσοστό (75%) η σωματική ανάπτυξη των ψαριών, ωστόσο, ήταν χαμηλότερη. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι τα κάθε είδους πτηνάλευρα που χρησιμοποιούνται σε διάφορες μελέτες έχουν ένα βαθμό διαφοροποίησης μεταξύ τους μιας και όπως έχει επισημανθεί υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς τη θρεπτική σύσταση του κάθε αλεύρου αναλόγως του τρόπου με το οποίο το άλευρο αυτό έχει μεταποιηθεί ή ακόμα και από την σύσταση του ανάλογα το είδος πτηνού που χρησιμοποιήθηκε, το διατροφικό καθεστώς που το

συγκεκριμένο ζώο εκτράφηκε κ.λπ. Στην έρευνα των Robaina *et al.* (1997) πραγματοποιήθηκε εκτροφή της τσιπούρας με κρεατάλευρο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σωματικό βάρος και η αύξηση βάρους δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε σχέση με αυτά που σιτίστηκαν με ιχθυάλευρο.

Ο El-Sayed. (1998) εκτίμησε τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης της τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*) η οποία σιτιζόταν με πτηνάλευρο. Παρατηρήθηκε ότι ο συντελεστής SGR δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των σιτηρεσίων και επομένως μπορεί να γίνει πλήρης αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από το συγκεκριμένο άλευρο. Οι Yong - Yang *et al.* (2004) υπολόγισαν τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του είδους *Macrobrachium nipponense* το οποίο σιτιζόταν 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 σιτιρέσιο ακόμα και από αυτό που απαρτιζόταν αποκλειστικά από ιχθυάλευρο. Η χρησιμοποίηση πτηναλεύρου σε ποσοστά 23%, 44% και 59% στο σιτιρέσιο 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). Οι Sharawi *et al.* (2007) υπολόγισαν τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του είδους *Cromileptes altivelis* το οποίο σιτιζόταν με πτηνάλευρο σε μερική (75%) και ολική αντικατάσταση (100%). Οι τιμές ήταν παρόμοιες με αυτές των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Οι συγγραφείς προτείνουν μέχρι και ολική υποκατάσταση του ιχθυαλεύρου για την παρασκευή σιτηρεσίου για αυτό το είδος. Ολική υποκατάσταση ιχθυαλεύρου

με πτηνάλευρο στο σιτηρέσιο της καραβίδας (*Cherax quadricarinatus*) δεν μείωσε τις τιμές του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης και της αύξησης βάρους των ατόμων (Saoud *et al.* 2008).

Από την άλλη πλευρά, σε προηγούμενες μελέτες που πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με φυτικά άλευρα, παρουσιάστηκαν διαφορετικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου στο σιτηρέσιο της τσιπούρας με άλευρο από σπόρους χαρουπιού (Martínez-Llorens *et al.* 2012), με σογιάλευρο (Martínez-Llorens *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.

Στο παρόν πείραμα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και των τεσσάρων σιτηρεσίων διατηρήθηκε σε αρκετά χαμηλά επίπεδα (1,17 – 1,32), παρά το ότι τα ψάρια σιτίζονταν σε «φαινόμενο κορεσμό» που θα μπορούσε να οδηγήσει σε υψηλές τιμές του συντελεστή. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως το πτηνάλευρο αξιοποιείται μεταβολικά σε πολύ μεγάλο βαθμό για την αύξηση του σωματικού βάρους από την τσιπούρα. Επίσης, ο FCR από την 30^η ημέρα δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των σιτηρεσίων. Αυτό υποδηλώνει πως το πτηνάλευρο αποτελεί ένα κατάλληλο υποκατάστατο (έως και 50%) του ιχθυαλεύρου αναφορικά με την αξιοποίηση της τροφής από την τσιπούρα.

Οι Parés-Sierra *et al.* (2014) δοκίμασαν ένα πτηνάλευρο στην τροφή της ιριδιζουσας πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) με ποσοστό αντικατάστασης του ιχθυαλεύρου μέχρι και 59%. Παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (1,17 – 1,20) όπως ακριβώς και στην παρούσα εργασία, επιβεβαιώνοντας την καταλληλότητα του συγκεκριμένου

πτηνάλευρου και στα σιτηρέσια της πέστροφας. Στην έρευνα των Rawles *et al.* (2006), η υποκατάσταση του ιχθυάλευρου σε ποσοστό έως 70% από άλευρα πουλερικών στην τροφή του είδους *Morone saxatilis*, έδειξε ότι ο συντελεστής FCR δεν διέφερε σημαντικά από αυτόν του σιτηρεσίου με το ιχθυάλευρο. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην τιλάπια (*Oreochromis niloticus*) με τη χρησιμοποίηση πτηναλεύρου, ο συντελεστής FCR (2,24) δεν παρουσίασε διαφορές με το συντελεστή των ψαριών που σιτίστηκαν με ιχθυάλευρο (El-Sayed 1998).

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) δεν παρουσίασε διαφορές στο τέλος του πειράματος μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Αυτό δείχνει ότι η πρωτεΐνη του πτηναλεύρου αξιοποιείται σε παρόμοια μέγιστο βαθμό μεταβολικά από την τσιπούρα για την σωματική της ανάπτυξη.

Οι Nengas *et al.* (1999) δοκίμασαν πτηνάλευρο ως πρωτεϊνική πηγή στην τροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε ποσοστά αντικατάστασης ιχθυαλεύρου 35%, 50% και 75%. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι οι ιχθύς που σιτίστηκαν με πτηνάλευρο δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στον συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης σε σχέση με αυτούς των ψαριών που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην τιλάπια (*Oreochromis niloticus*) με τη χρησιμοποίηση πτηναλεύρου, ο συντελεστής PER (1,55) δεν παρουσίασε διαφορές με το συντελεστή των ψαριών που σιτίστηκαν με ιχθυάλευρο (El-Sayed 1998). 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. Η αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου στο σιτηρέσιο της τσιπούρας με άλευρο από σπόρους χαρουπιού (Martínez-Llorens *et al.* 2012), με σογιάλευρο (Martínez-Llorens *et al.* 2009) και με

σογιάλευρο με ταυτόχρονη προσθήκη μεθειονίνης (Kokou *et al.* 2016) έδειξε ότι ο συντελεστής PER δεν παρουσιάζει διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων που σιτίστηκαν με υποκατάστατα ιχθυαλεύρου και από αυτές που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο.

Όσον αφορά τους σωματομετρικούς δείκτες, ο δείκτης ευρωστίας (K) δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών ομάδων, κάτι που δείχνει ότι το πτηνάλευρο στην τροφή δεν διαφοροποιεί την ισομετρική ανάπτυξη της τσιπούρας. Σχετικά με τον ηπατοσωματικό δείκτη (HSI) και τον ενδοσπλαχνικό δείκτη (VSI), αυτοί διαφοροποιήθηκαν σημαντικά στις τσιπούρες που διατράφηκαν με τις PM25 και PM50+ τροφές, ενώ οι τσιπούρες που διατράφηκαν με PM25+ είχαν παρόμοιους δείκτες με εκείνους της ομάδας του ιχθυαλεύρου. Αυτή η διαφοροποίηση θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω και προφανώς έχει να κάνει με διαφοροποιήσεις στη φυσιολογία θρέψης της τσιπούρας όταν διατρέφεται με τα παραπάνω ποσοστά πτηναλεύρου, ενώ η προσθήκη αμινοξέων όταν το επίπεδο αντικατάστασης είναι 25% δείχνει να εξομαλύνει τις διαφορές.

Στη μελέτη των Shapawi *et al.* (2007) με το είδος *Cromileptes altivelis*, ο ηπατοσωματικός και ενδοσπλαχνικός δείκτης δεν παρουσίασε διαφορές καθώς αυξανόταν το ποσοστό χορήγησης πτηναλεύρου. Αντίθετα, στη μελέτη των Martínez-Llorens *et al.* (2012) με την τσιπούρα και τη χρησιμοποίηση αλεύρου από σπόρο χαροπιού, ο ηπατοσωματικός δείκτης αυξήθηκε σημαντικά καθώς αυξανόταν το ποσοστό χορήγησης του αλεύρου αυτού. Στη μελέτη των Ye *et al.* (2012) με χορήγηση πτηναλεύρου (25% και 50%) στο είδος *Litonaeus vannamei*, ο ηπατοσωματικός δείκτης αυξανόταν καθώς αυξανόταν και το ποσοστό χορήγησης πτηναλεύρου. Στη μελέτη των Robaina *et al.* (1997) στην τσιπούρα με τη χορήγηση κρεαταλεύρου, ο ηπατοσωματικός

δείκτης αυξανόταν καθώς αυξανόταν και το ποσοστό χορήγησης κρεαταλεύρου χωρίς όμως σημαντικές στατιστικές διαφορές. Όλες οι παραπάνω διαφορές των αποτελεσμάτων ίσως να οφείλονται στις διαφοροποιήσεις μεταξύ των ειδών αλλά και των σιτηρεσίων. Για αυτό το λόγο πρέπει να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες στο μέλλον για την μελέτη τόσο των σωματομετρικών δεικτών όσο και του συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης κατά την εκτροφή της τσιπούρας με πτηνάλευρο, διότι οι γνώσεις είναι ακόμα ελλιπείς.

4.3 Χημικές αναλύσεις σώματος

Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο σώμα της τσιπούρας δεν επηρεάζεται σημαντικά από την βαθμιαία αλλαγή της πρωτεϊνικής πηγής στα σιτηρέσια. Παρόλα αυτά παρατηρείται μία μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία τόσο των ολικών σωμάτων όσο και του μυϊκού ιστού των ιχθύων στο τέλος του πειράματος συγκριτικά με τον αρχικό πληθυσμό. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση της λιποπεριεκτικότητας τόσο στο ολικό σώμα όσο και στο μυϊκό ιστό των διατρεφόμενων με τα πειραματικά σιτηρέσια ιχθύων σε σχέση με τον αρχικό πληθυσμό, μιας και ως γνωστόν η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη της λιποπεριεκτικότητας.

Η περιεκτικότητα σε ολικές πρωτεΐνες σε ολόκληρο στο σώμα της τσιπούρας ήταν παρόμοια μεταξύ των διατροφικών ομάδων εκτός εκείνης που αποτελούνταν από 25% πτηνάλευρο που ήταν ελαφρώς μειωμένη. Επομένως, η επίδραση τόσο του ίδιου του πτηναλεύρου, ως συστατικό, όσο και των αυξανόμενων επιπέδων χορήγησης του στο σιτηρέσιο δεν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης των ψαριών που διατρέφονται με αυτό συγκριτικά με ψάρια που διατρέφονται μόνο με ιχθυάλευρο.

Οι τιμές του λίπους για τα ολικά σώματα της τσιπούρας δεν παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών ομάδων. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορετική πηγή της πρωτεΐνης, για τις συνθήκες της συγκεκριμένης έρευνας, δεν επιφέρουν σημαντικές διαφορές στην σωματική λιποπεριεκτικότητα του είδους. Αυτό ήταν αποτέλεσμα της μειωμένης λιποπεριεκτικότητας των σιτηρεσίων που περιείχαν πτηνάλευρο (Πιν. 2.1), η οποία επέδρασε ευθέως στην μείωση του λίπους στο μυϊκό ιστό των ψαριών.

Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο σώμα της τσιπούρας στη μελέτη των Nengas *et al.* (1999), το οποίο σιτιζόταν με πτηνάλευρο 35%, 50% και 75%. Τα ποσοστά υγρασίας, αζωτούχων ενώσεων και τέφρας ήταν παρόμοια σε όλες τις διατροφικές ομάδες. Τα ποσοστά του λίπους ήταν μειωμένα στα ψάρια που σιτίστηκαν με πτηνάλευρο σε σχέση με αυτά που σιτίστηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο (Nengas *et al.* 1999). Επίσης, οι Martínez-Llorens *et al.* (2012) έδειξαν ότι η υγρασία, η πρωτεΐνη και η τέφρα παραμένει ίδια στο σώμα της τσιπούρας, όμως το λίπος μειώνεται κατά την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό 52% από άλευρο χαροπιού. Αντίθετα, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην τιλάπια (*Oreochromis niloticus*), η υγρασία μειώθηκε, η πρωτεΐνη ήταν παρόμοια ενώ τέφρα και λίπη αυξήθηκαν με τη χρησιμοποίηση πτηναλεύρου (El-Sayed 1998). Η χρησιμοποίηση σογιάλευρου με ταυτόχρονη προσθήκη μεθειονίνης στην τσιπούρα έδειξε μειωμένα ποσοστά λίπους, παρόμοια ποσοστά πρωτεΐνης ενώ τέφρα και υγρασία αυξήθηκαν (Kokou *et al.* 2016). Σε πείραμα με αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου στη σφυρίδα (*Epinephelus coioides*) σε ποσοστό μέχρι και 100% με κρετάλευρο έδωσε παρόμοιες τιμές των ποσών λίπους, υγρασίας, πρωτεϊνών και τέφρας για όλες τις διατροφικές ομάδες (Millamena 2002).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

- Δεν επηρεάζεται η επιβίωση των ιχθύων που διατρέφονται με αυτό.
- Τα ψάρια που διατράφηκαν με πτηνάλευρο σε οποιοδήποτε ποσοστό και ανεξάρτητα της προσθήκης αμινοξέων παρουσίασαν παρόμοιο ρυθμό ανάπτυξης με αυτά που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο.
- Η αντικατάσταση έως και 50% του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο (με προσθήκη λυσίνης και μεθειονίνης) δεν επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη της τσιπούρας (*Sparus aurata*).
- Η προσθήκη λυσίνης και μεθειονίνης σε επίπεδα της τάξης του 0,3% και 0,2%, αντίστοιχα οδηγεί σε επιτυχημένη αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου με πτηνάλευρο κατά 50%.
- Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) των σιτηρεσίων που περιείχαν πτηνάλευρο σε διάφορα επίπεδα χορήγησης, ήταν παρόμοιοι με εκείνους των ψαριών που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρο. Επομένως, το πτηνάλευρο κρίνεται ως πλήρως αξιοποιήσιμο από την τσιπούρα.
- Η θρεπτική σύσταση του ολικού σώματος της τσιπούρας δεν επηρεάζεται σημαντικά από την αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου από πτηνάλευρο. Ωστόσο, η αυξανόμενη χορήγηση πτηνάλευρου στο σιτηρέσιο οδηγεί σε μειωμένη εναπόθεση λίπους στο μυϊκό ιστό

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- Allan G.L., Rowland S.J., Mifsud C., Glendenning D., Stone D.A.J. and Ford A. (2000) Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: V. Least-cost formulation of practical diets. *Aquaculture*, **186**: 327 – 340.
- Allan G. (2006) The growing fishmeal shortage. *Aquaculture*, **14**: 28.
- Anagnostidis K., Michailidou M., Vatsos I. N., Tsopelakos A., Miliou H. and Angelidis P. (2015) Use of frozen mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and mussel meal in the diet of sea bass (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus, 1758) and sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) fingerlings – a preliminary study. *Aquaculture Research*, **46**: pp 252–256.
- 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.
- Dimitriou E. (2000) Results of intentional or sporadic releases of euryhaline fish species in coastal biotopes. Book of Abstracts. *Research and Technology Forum*, Zappio, pp. 49 - 54.
- Easton M.D.L., Luszniak D. and Von der Geest E. (2002) Preliminary examination of contaminant loadings in farmed salmon, wild salmon and commercial salmon feed. *Chemosphere*, **46**: 1053 – 1074.
- El-Sayed A-F. M. (1998) Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. *Aquaculture Research*, **29**: pp 275–280

- FAO (2012) *The state of the world fisheries and aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 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.
- Goldburg R. and Naylor R. (2005) Future escapes, fishing, and fish farming. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **3**: 21–28.
- 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.
- Huntington T., Frid C., Banks R., Scott C. and Paramor O. (2004) Assessment of the sustainability of industrial fisheries producing fishmeal and fish oil. *Poseidon Aquatic Resource Management Ltd.*, pp. 62.

- Jackson A. (2009) The continuing demand for sustainable fishmeal and fish oil in aquaculture diets. *International Aquafeed*, **12**: 32 – 33.
- Kaushik S.J., Cravedi J.P., Lalles J.P., Sumpter J., Fauconneau B. and Laroche M. (1995) Partial or total replacement of fishmeal by soybean protein on growth, protein utilisation, potential estrogenic or antigentic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, **133**: 257 – 274.
- Kikuchi K., Sato T., Furuta T., Sakaguchi I. and Deguchi Y. (1997) Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Science*, **63**: 29 – 32.
- Klaoudatos S. and Apostolopoulos J. 1986. Food intake, growth, maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* **51**: 217-224.
- 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.
- Marcouli P., Alexis M.N., Andriopoulou A. and Iliopoulou-Georgudaki J. (2005). Amino acid nutrition of gilthead seabream *Sparus aurata* juveniles: Preliminary results on dietary lysine and methionine requirements. *Cahiers Options Mediterraneennes*, **63**: pp 67–71.
- 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.
- 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.
- Medale F., Bouchard T., Vallee F., Blanc D., Mambrini M., Roem A. and Kaushik S.J. (1998) Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorous losses in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, **124**: 117 – 126.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- Perez-Jimenez A., Rubio V.C., Peres H. and Oliva-Teles A. (2013) Effects of diet supplementation with white tea and methionine on lipid metabolism of gilthead sea bream juveniles (*Sparus aurata*). *Fish Physiol Biochem*, **39**: pp 661–670.
- Pierre Psafakis, Evanthia Daskalopoulou, Alexandros Theodorou, Elena Mente, Ioannis T. Karapanagiotidis (2015). Effect of replacing fishmeal with poultry meal and hydrolysed feather meal on growth and feed efficiency of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Europe 15*, Rotterdam, October 20-23, The Netherlands, pp. 408-409.
- Pusztai A. and Bardocz S. (2006) GMO in animal nutrition: potential benefits and risks. In: Mosenthin R., Zentek J., Zebrowska T. (eds.), *Biology of nutrition in growing animals*. Elsevier, Edinburgh, UK, pp. 513 – 540.
- 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.
- Serwata R.D. (2007) Nutritional evaluation of rendered animal by-products and blends as a suitable partial alternatives for fish meal in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *MSc Thesis*, UK: Stirling University, pp. 150.
- Shapawi R., Wing-Keong Ng and Saleem Mustafa S. (2007). Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture*, **273**: pp 118 –126.
- Sitja-Bobadilla A., Pena-Llopis S., Gomez-Requeni P., Medale F., Kaushik S. and Perez Sanchez J. (2005) Effect of fishmeal replacement by plant protein sources on non specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, **249**: 387 – 400.
- Sola L., Moretti A., Crosetti D., Karaiskou N., Magoulas A., Rossi A.R., Rye M., Triantafyllidis A. and Tsigenopoulos C.S. (2006) Gilthead seabream - *Sparus aurata*. In: “Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations.” D. Crosetti, S. Lapègue, I. Olesen, T. Svaasand (eds). GENIMPACT project: Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native populations. A European network. Viterbo, Italy, pp. 6.

- Subhara B., Lochmann R., Rawles S. and Chen R (2006). Effect of fish-meal replacement with poultry by-product meal on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed diets containing different lipids. *Aquaculture*, **260**: pp 221–231.
- Tacon A.G.J. (1997) Feeding tomorrow's fish: keys for sustainability. In: Tacon A.G.J., Basurco B. (eds.), Feeding tomorrow's fish. *Cahiers options Mediterraneennes*, Zaragoza, Spain, 22: pp. 11 – 33.
- Tacon A.G.J. (2004) Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquatic Resources, Culture & Development*, **1**: 3 – 14.
- Tacon A.G.J. and Metian M. (2008) Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, **285**: 146 – 158.
- Tidwell J.H. and Allan G.L. (2002) Fish as food: Aquaculture's contribution. *World Aquaculture*, **33**: 44 – 48.
- Watanabe T., Verakunpiriya V., Watanabe K., Viswanath K. and Satoh S. (1998) Feeding rainbow trout with non-fishmeal diets. *Fisheries Science*, **63**: 258 – 266.
- 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.
- 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.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Μεντέ Ε. και Νέγκας Ι. (2011) Στοιχεία φυσιολογίας θρέψεως και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, σελ. 224 – 228.
- Ζέρβας, Γ.Π.(2007). Κατάρτιση σιτηρεσίων παραγωγικών ζώων, Σταμούλης, Α. Αθήνα
- 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.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- FAO (2016), Food and Agriculture Organization of the United Nations,
<http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/gilthead-seabream/faqs/en/>
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en
- http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/publications/factsheets-aquaculture-species/sea-bream_el.pdf

ABSTRACT

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

Juvenile sea breams, initial average weight of $2,97 \pm 0,01$ g, were transferred in 12 glass aquariums in a closed seawater circulation system. The temperature was maintained at 21°C, pH $8,00 \pm 0,4$ and salinity was kept at $30 \pm 0,5$ ‰. The juveniles were divided into four dietary groups (25 individuals / tank, 3 reps / food group), which were offered four different diets, by hand at saturation, two times per day for 110 days. For the first diet, the protein source was fishmeal (100%). In the other three diets, fishmeal was replaced by poultry by-product meal protein at 25% and at 25% and 50% with the addition of methionine and lysine. All four diets were iso-energetic (23,3 MJ / kg of diet) and iso-nitrogenous (50% of diet).

The partial replacement of fish meal with poultry by-product from 25% to 50% with the addition of the amino acids methionine and lysine did not affect survival, weight gain, SGR, FCR, PER, protein and lipid retention in seabream. Moreover, the specific replacement did not affect body proximate composition of fish. However, a differentiation occurred in the HSI and VSI values.

The results of the present study, showed that a 50% poultry by-product meal supplemented with essential amino acids is a suitable dietary fishmeal replacement for sea bream. Further investigation is needed for various species and also in terms of poultry by-product meal digestibility in order to ensure the suitability of this animal processed meal for the aquaculture industry.

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