



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

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Αξιολόγηση παραμέτρων αύξησης σε τσιπούρες μετά από χορήγηση
ιχθυοτροφών εμπλουτισμένων με φυτοφαρμακευτικές ουσίες»**

ΚΛΕΙΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2019

**«Αξιολόγηση παραμέτρων αύξησης σε τσιπούρες μετά από χορήγηση
ιχθυοτροφών εμπλουτισμένων με φυτοφαρμακευτικές ουσίες»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

1) Ελένη Γκολομάζου, Επίκουρη Καθηγήτρια, Προστασίας-Ευζωίας Ιχθύων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα,***

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

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

*Στους γονείς μου,
Ιωάννη Κλειτσογιάννη & Άννα Κονιδάρη*

Περίληψη

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης της παγκόσμιας παραγωγής του κλάδου των υδατοεκτροφών έχει οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησης για τεχνητές ιχθυοτροφές με ανάλογο ρυθμό. Οι υδατοεκτροφές, γενικά στην Ευρώπη, αποτελούνται κυρίως από σαρκοφάγα είδη ιχθύων, τα οποία καταναλώνουν ιχθυοτροφές που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων. Εξαιτίας αυτής της αύξησης της ζήτησης, έχει παρατηρηθεί μείωση των αποθεμάτων του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου. Για το λόγο αυτό, έχει ξεκινήσει η προσπάθεια μείωσης της εξάρτησης του κλάδου των ιχθυοτροφών από τα ιχθυέλαια και η εύρεση νέων εναλλακτικών πηγών ελαίων για την παρασκευή ιχθυοτροφών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης των αιθέριων ελαίων και συγκεκριμένα της ρίγανης και της κανέλας, ως υποκατάστατα των φυτικών ελαίων των ιχθυοτροφών της τσιπούρας (*Sparus aurata*).

Ιχθύδια τσιπούρας, με αρχικό μέσο βάρος $5,00 \pm 0,20\text{g}$, μεταφέρθηκαν σε 15 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 $30 \pm 0,5\text{‰}$. Τα ιχθύδια χωρίστηκαν σε 5 διατροφικές ομάδες (30 άτομα/δεξαμενή, 3 επαναλήψεις/διατροφική ομάδα), στις οποίες χορηγήθηκαν 5 διαφορετικά σιτηρέσια, η σίτιση γινόταν 2 φορές καθημερινά με το χέρι μέχρι κορεσμού για 60 ημέρες. Το πρώτο σιτηρέσιο (Control), αποτελούνταν από ιχθυάλευρο, ιχθυέλαιο και σογιέλαιο. Στα υπόλοιπα τέσσερα σιτηρέσια πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του σογιέλαιου από αιθέριο έλαιο κανέλας και ρίγανης σε ποσοστό 1 και 2% (Cin1%, Cin2%, Or1% και Or2%). Τα τέσσερα

πειραματικά σιτηρέσια ήταν ισοενεργειακά (20,60 MJ/kg τροφής) και ισοπρωτεϊνικά (52,00% της τροφής).

Η επιβίωση των ψαριών επηρεάστηκε αρνητικά από την υποκατάσταση του σογιέλαιου από το αιθέριο έλαιο, ενώ η αύξηση του βάρους των ψαριών κυμάνθηκε από 17,85 έως 32,12g και υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διατροφικές ομάδες. Ο συντελεστής SGR (2,15-3,12%/ημέρα), ο συντελεστής FCR (1,23-1,75) και ο συντελεστής PER (1,05-1,53) διαφοροποιήθηκαν σημαντικά μεταξύ των διατροφικών ομάδων.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης έδειξαν, ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης και κανέλας αποτελεί ένα κατάλληλο υποκατάστατο του σογιέλαιου σε ποσοστό αντικατάστασης 1%, αναφορικά με την ανάπτυξη της τσιπούρας. Πρέπει παρόλα αυτά να διεξαχθούν περαιτέρω έρευνες στο μέλλον για την μελέτη εκτροφής του είδους με διάφορα αιθέρια έλαια και σε υψηλότερα ποσοστά υποκατάστασης, διότι οι γνώσεις είναι ακόμα ελλιπείς.

Λέξεις – Κλειδιά: τσιπούρα, *Sparus aurata*, αιθέριο έλαιο ρίγανης, αιθέριο έλαιο κανέλας, ιχθυοκαλλιέργειες, διατροφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ, υποχρέωση μου να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους συνέβαλλαν με οποιονδήποτε τρόπο για την περάτωση της παρούσας διπλωματικής διατριβής. Συγκεκριμένα, ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου διατριβής, κα. Γκολομάζου Ελένη, Επίκουρη Καθηγήτρια Προστασίας-Ευζωίας Ιχθύων, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής, τον κ. Καραπαναγιωτίδη Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή Διατροφής Υδροβίων Ζωικών Οργανισμών και την κα. Παναγιωτάκη Παναγιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια για την πολύτιμη βοήθεια τους και για τις ιδιαίτερα χρήσιμες παρατηρήσεις και υποδείξεις τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης και συγγραφής της παρούσας διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, Τσίχλη Ηλία, Καζοπίδη Ευγενία και Καραμπέρη Βικτώρια για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, καθώς και τον κ. Ψωφάκη Πιέρ, υποψήφιο Διδάκτορα, για τις συνεχείς υποδείξεις του και γνώσεις που μου προσέφερε.

Παράλληλα, θα ήθελα να εκφράσω από τα βάθη της καρδιάς μου, την απέραντη ευγνωμοσύνη στους γονείς μου, για την στήριξη και συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Βιολογία και εκτροφή της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>).....	10
1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους <i>Sparus aurata</i>	13
1.3. Η χρήση του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου στις ιχθυοτροφές.....	15
1.4. Η χρήση φυτικών ελαίων στις ιχθυοτροφές	18
1.5. Αιθέρια έλαια.....	19
1.6. Εφαρμογές των αιθέριων ελαίων στη διατροφή των ιχθύων.....	21
1.7. Σκοπός της εργασίας.....	23
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	24
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός	24
2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση.....	26
2.3 Δειγματοληψίες	29
2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	30
2.4.1 Θνησιμότητα	30
2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών	30
2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους	31
2.4.4 Συνολική κατανάλωση τροφής.....	31
2.4.5 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής	31
2.4.6 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης	32
2.4.7 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών.....	32
2.5 Χημικές αναλύσεις	33
2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών.....	33
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	34
2.5.3 Προσδιορισμός ενέργειας.....	35
2.5.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	36
2.5.5 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας.....	36
2.6 Στατιστική ανάλυση	37
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
3.1 Θνησιμότητα	38
3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	39
3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος.....	39
3.2.2 Κατά την 15 ^η ημέρα πειράματος	39

3.2.3 Κατά την 30 ^η ημέρα πειράματος	42
3.2.4 Κατά την 45 ^η ημέρα πειράματος	45
3.2.5 Κατά την 60 ^η ημέρα πειράματος	48
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	52
4.1 Θνησιμότητα	52
4.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής.....	53
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

Η τσιπούρα *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) είναι ψάρι, το οποίο συγκαταλέγεται στα είδη της Μεσογείου και αποτελεί ένα από τα δύο κυριότερα εκτρεφόμενα είδη στις μεσογειακές και ελληνικές θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες (Κλαουδάτος, 2012). Είναι υποτροπικό είδος, ανήκει στην οικογένεια των *Sparidae* και απαντάται ευρέως σε όλη τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα (σπάνια) (Εικόνα 1.1.), αλλά επίσης, κατά μήκος των ακτών του ανατολικού Ατλαντικού, από τις Βρετανικές Νήσους, το Στενό του Γιβραλτάρ στο Πράσινο Ακρωτήριο και γύρω από τις Κανάριες Νήσους (Sola *et al.*, 2006).



Εικόνα 1.1. Γεωγραφική εξάπλωση του είδους *Sparus aurata*.

Πηγή:https://www.researchgate.net/profile/Costas_Tsigenopoulos/publication/265870587_Gilthead_seabream_-_Sparus_aurata/links/542504a00cf238c6ea73bf3c.pdf

Είναι βενθοπελαγικό είδος και ζει σε παράκτιες περιοχές με αμμώδεις πυθμένες και φυκιάδες, φτάνοντας σε βάθη από 30 έως 150 μέτρα, ανάλογα με την ηλικία του. Στο φυσικό περιβάλλον, συχνά συναντάται σε υφάλμυρα και θαλασσινά νερά σε περιοχές με θαλασσινά λιβάδια Ποσειδωνίας, υφάλους και αμμώδη βενθικά υποστρώματα (Morretti *et al.*, 1999). Γενικότερα, δεν ανήκει στα μεταναστευτικά είδη (Νεοφύτου, 2015), όμως είναι πολύ πιθανό να υπάρξουν μεταναστεύσεις στην Ανατολική ακτή του Ατλαντικού, από την Ισπανία μέχρι τις Βρετανικές Νήσους (Sola *et al.*, 2006). Ζει είτε μοναχικά, είτε σχηματίζοντας μικρά κοπάδια. Είναι ερμαφρόδιτο με πρωτανδρική εμφάνιση και μετά το δεύτερο έτος της ηλικίας του επέρχεται σε πολλά άτομα η αλλαγή του φύλου (Νεοφύτου, 2015).

Πρόκειται για ένα κατεξοχήν ευρύαλο και ευρύθερμο είδος (Κλαουδάτος, 2012). Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις μεταβολές της θερμοκρασίας και της αλατότητας σε σχετικά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (3 έως 36 °C), αλλά ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ 22 και 24 °C (Klaoudatos & Apostolopoulos, 1986), ενώ τα όρια της αλατότητας στα οποία επιβιώνει μπορεί να φτάσουν μέχρι το επίπεδο του 44‰, με μέγιστη ανάπτυξη να παρατηρείται σε νερά αλατότητας από 28‰ έως 32‰ (Παπουτσόγλου, 2008).

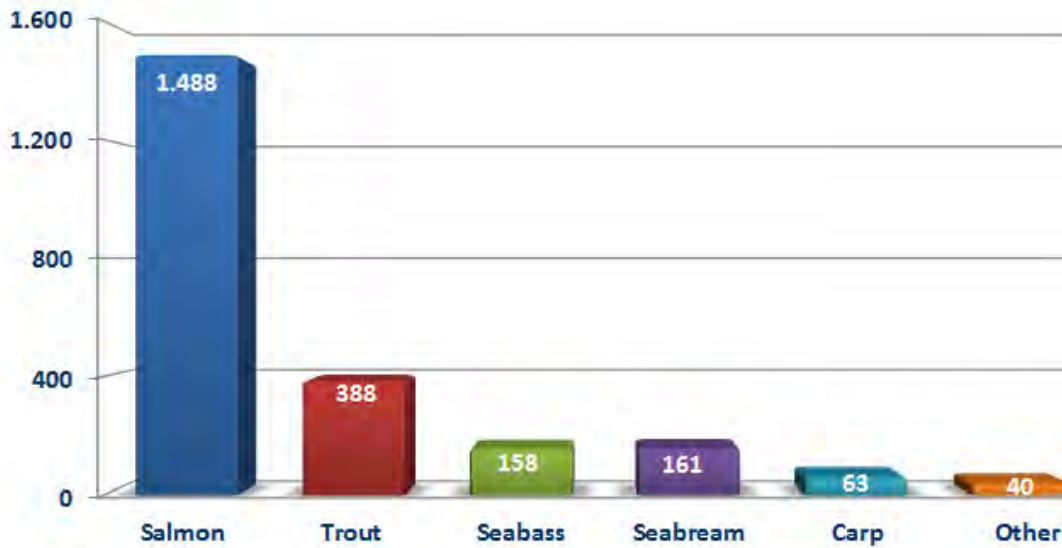
Είναι σαρκοφάγο είδος (Froese & Pauly, 2006) και τρέφεται συνήθως με διάφορα μαλάκια (δίθυρα και γαστερόποδα), καρκινοειδή, εχινόδερμα, τελεόστεους και πολύχαιτους. Γενικά, η τροφή του ποικίλλει και εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του ψαριού και τη διαθεσιμότητα της τροφής. Όταν δεν είναι διαθέσιμη η τροφή, η τσιπούρα στρέφεται προς εναλλακτικές πηγές τροφής περιορίζοντας έτσι την οποιαδήποτε επίδραση από την σπανιότητα της τροφής (Wassef, 1991). Σε σχέση με το μέγεθος έχει αποδειχθεί ότι τα μικρότερου μεγέθους ψάρια καταναλώνουν μικρούς και σχετικά μαλακής σάρκας οργανισμούς, όπως πολύχαιτους και μικρά καρκινοειδή.

Καθώς το μέγεθός της αυξάνει, η τσιπούρα τείνει να διατραφεί με μεγαλύτερου είδους ζώα που έχουν πιο σκληρή σάρκα, όπως είναι τα οστρακόδερμα, τα δίθυρα και οι ιχθύες (Παπουτσόγλου, 2008). Είναι είδος με χαρακτηριστικά γρήγορης ανάπτυξης, ανθεκτικότητας στις μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτινων μαζών και εξαιρετικής ποιότητας κρέατος (Klaoudatos & Apostolopoulos, 1986). Για όλα τα παραπάνω, η τσιπούρα έχει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και επιλέγεται για εντατική εκτροφή.

Οι τσιπούρες εκτρέφονται σε εκτατικά συστήματα εκτροφής σε λιμνοθάλασσες ή εντατικά σε δεξαμενές ή κλωβούς. Η εκτατική εκτροφή παραμένει μια παραδοσιακή δραστηριότητα σε ορισμένες περιοχές, αλλά με πολύ χαμηλό αντίκτυπο στην αγορά (Sola *et al.*, 2006). Κατά τη 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 (Δημητρίου, 2000). 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).

Στη Μεσόγειο, οι κύριοι παραγωγοί τσιπούρας είναι η Ελλάδα, η Τουρκία, η Ισπανία και η Ιταλία, και διατηρούν μερίδιο περίπου 80% της παγκόσμιας παραγωγής. Το υπόλοιπο 20% παράγεται στη Γαλλία, την Πορτογαλία, την Κροατία, την Κύπρο και τις χώρες της Ν. Αφρικής και της Μέσης Ανατολής. Το 2010, η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας ήταν 140.000 τόνοι (FAO, 2013). Το 2014, η παγκόσμια παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας για τσιπούρα και λαβράκι ήταν περίπου 159.000 τόνοι, με τις προαναφερθείσες χώρες, να αποτελούν τους κύριους παραγωγούς τσιπούρας στην Μεσόγειο (FAO, 2016) (Εικόνα 1.2.).

FEAP - European fish farming production 2016 (Tt)



Εικόνα 1.2. Ευρωπαϊκή παραγωγή τσιπούρας και άλλων ειδών το έτος 2016.

Πηγή: FEAP

1.2 Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους *Sparus aurata*

Από τις διάφορες σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα και αφορούσαν τη θρεπτική σύσταση της τροφής οι προτεινόμενες προδιαγραφές αφορούν σιτηρέσια εναρκτήρια, κύριας εκτροφής και σιτηρέσια γεννητόρων. Οι απαιτήσεις της τσιπούρας για το στάδιο του ιχθυδίου και του ενήλικου ατόμου συνοψίζονται στους Πίνακες 1.1, 1.2 και 1.3 (FAO, 2013, Παπουτσόγλου, 2008).

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

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

Πηγή: Παποντσόγλου (2008), FAO(2016).

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

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

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

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

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

Πηγή: Παπουτσόγλου (2008).

1.3. Η χρήση του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου στις ιχθυοτροφές

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης της παγκόσμιας παραγωγής του κλάδου των υδατοεκτροφών έχει οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησης για τεχνητές ιχθυοτροφές με ανάλογο ρυθμό. Οι υδατοεκτροφές, γενικά στην Ευρώπη, αποτελούνται κυρίως από σαρκοφάγα είδη ιχθύων, τα οποία καταναλώνουν ιχθυοτροφές που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων (Tacon & Metian, 2008).

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

Τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια είναι τα κυριότερα συστατικά ζωικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις ιχθυοτροφές. Αυτά προέρχονται από μικρά θαλασσινά ψάρια όπως ρέγγα, γαύρος, σαρδέλα, σκουμπρί, φρίσσα, καπελάνος κ.α. (Σπαής, 2002). Τα συγκεκριμένα είδη ιχθύων περιέχουν 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. Επίσης, μικρό ποσοστό των ιχθυαλεύρων και των ιχθυελαίων οφείλεται στα παρεμπίπτοντα 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).

Ποικίλα φαίνονται να είναι τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση ιχθυαλεύρου και ιχθυελαίου στις ιχθυοτροφές. Η υψηλή πεπτικότητα του ιχθυαλεύρου (άρα και λιγότερο ρυπογόνο προς το περιβάλλον) από τα ψάρια σε συνδυασμό με την απουσία αντι-διατροφικών παραγόντων και άπεπτων υδατανθράκων (ινωδών ουσιών), το καθιστούν σημαντικό συστατικό σε μία

ιχθυοτροφή. Επιπροσθέτως, το ιχθυέλαιο, ικανοποιεί τις υψηλές απαιτήσεις των ιχθύων για ω-3 λιπαρά οξέα, και ιδιαίτερα των 20:5ω-3 (EPA) και 22:6ω-3 (DHA), τα οποία είναι δυσεύρετα σε άλλα συστατικά - πρώτες ύλες για ιχθυοτροφές. Παράλληλα, το ιχθυάλευρο είναι πλούσιο σε βιταμίνη A και χαρακτηρίζεται από υψηλή γευστικότητα και ισορροπημένη σύσταση αμινοξέων συγκριτικά με τις απαιτήσεις των ιχθύων. Ακόμη, έχει αποδειχθεί ότι η ανάπτυξη είναι καλύτερη στα ψάρια όπου σιτίζονται με αυτό, ειδικότερα στα σαρκοφάγα είδη (Καραπαναγιωτίδης, 2012). Καθοριστικό πλεονέκτημα για τη χρήση του αποτέλεσε και το γεγονός ότι μέχρι πριν από λίγα χρόνια ήταν άμεσα διαθέσιμο και οικονομικό για τους παραγωγούς.

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η παραγωγή στις ιχθυοκαλλιέργειες, γεγονός που έχει οδηγήσει σε αύξηση της ζήτησης των πρώτων αυτών υλών για παρασκευή ιχθυοτροφών και επομένως, σε ραγδαία αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας (Asche & Tveteras, 2005). Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, τα ιχθυοαποθέματα να έχουν φτάσει στα όρια της βιωσιμότητάς τους. Η υπεραλίευση είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες που οδήγησαν στην εξάντληση αυτών (Tidwell & Allan, 2002). Επομένως, υπήρξε στασιμότητα στην παραγωγή του ιχθυαλεύρου και του ιχθυελαίου τα τελευταία 20 χρόνια (Pike, 2005) και η τιμή αυτών ανέβηκε κατακόρυφα (Καραπαναγιωτίδης, 2012).

Στην ιχθυοκαλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε το 42% της συνολικής παραγωγής ιχθυαλεύρου το 2003, ενώ λίγα χρόνια μετά και συγκεκριμένα το 2010 το ποσοστό αυξήθηκε σημαντικά στο 60% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής (FAO, 2012). Η συνεχιζόμενη αύξηση της ζήτησής του και η μέχρι πρότινος αλόγιστη χρήση των αποθεμάτων ιχθυαλεύρου στις ιχθυοτροφές σε συνδυασμό με το ότι η διαθεσιμότητα του ιχθυαλεύρου παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο, 6,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως, για

περίπου 25 χρόνια, έχει οδηγήσει στην συνεχόμενη αύξηση της τιμής με αποτέλεσμα το συνεχώς αυξανόμενο κόστος παραγωγής για τις επιχειρήσεις του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών (Alan, 2006). Εκτιμάται, ότι μέχρι το 2030, πάνω από το 1/2 των ψαριών που καταναλώνονται παγκοσμίως θα παράγονται από την υδατοκαλλιέργεια. Αυτό δείχνει, ότι ο κλάδος των ιχθυοκαλλιεργειών αποτελεί μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με υψηλούς ρυθμούς αύξησης και με σημαντικές προοπτικές (Nogueira *et al.*, 2012).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η συνολική παραγωγή ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων τα τελευταία χρόνια, παραμένει σταθερή. Κυριότερος λόγος είναι η εξάντληση των φυσικών αποθεμάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, εξαιτίας της υπεραλίευσής τους. Καθώς όμως ο κλάδος αυτός συνεχώς αναπτύσσεται, άρα και η παραγωγή αυτού, κρίθηκε λοιπόν απαραίτητο να βρεθούν εναλλακτικές πηγές αντικατάστασης των δύο κύριων συστατικών των ιχθυοτροφών με υποκατάστατα πρωτεϊνικών πηγών, φυτικών αλλά και ζωικών προϊόντων (Tacon 1997, Saoud *et al.*, 2008).

1.4. Η χρήση φυτικών ελαίων στις ιχθυοτροφές

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η παγκόσμια παραγωγή των ιχθυελαίων έχει μείνει στάσιμη την τελευταία δεκαετία και καθώς η ζήτησή τους αυξάνεται, αυξάνεται ταυτόχρονα και η τιμή τους. Έτσι, η τεχνολογία των ιχθυοτροφών έχει στραφεί στην εξεύρεση κατάλληλων εναλλακτικών συστατικών των ιχθυελαίων. Η επιλογή των φυτικών ελαίων που θα χρησιμοποιηθούν στις ιχθυοτροφές γίνεται με τα ίδια κριτήρια που χρησιμοποιούνται και για όλα τα υπόλοιπα συστατικά: τιμή, διαθεσιμότητα, θρεπτική αξία και ποιότητα, που

καθορίζονται με χημικούς ελέγχους. Κοινά έλαια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα του ιχθυελαίου είναι τα φυτικά έλαια όπως το λινέλαιο, το αραβοσιτέλαιο, το ηλιέλαιο, το έλαιο ελαιοκράμβης, το φοινικέλαιο, το σογιέλαιο και το ελαιόλαδο μεταξύ άλλων.

Τα διάφορα έλαια, γενικότερα στην παρασκευή των ιχθυοτροφών, χρησιμοποιούνται για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, για να αυξήσουν το ενεργειακό περιεχόμενο της ιχθυοτροφής, διότι αποτελούν τις πιο πλούσιες ενεργειακά θρεπτικές ουσίες μαζί με τα λίπη, και δεύτερον για να ικανοποιήσουν τις διατροφικές απαιτήσεις των ιχθύων σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Επειδή τα ψάρια έχουν υψηλές διατροφικές απαιτήσεις σε ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία σπανίζουν στα φυτικά προϊόντα, για την παρασκευή των ιχθυοτροφών χρησιμοποιούνται εκείνα τα οποία έχουν τουλάχιστον ένα κάποιο επίπεδο σε ω-3 λιπαρά οξέα.

1.5. Αιθέρια έλαια

Αιώνες πριν ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά για το άρωμα και τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες. Πίστευε ότι αρκετές από τις ασθένειες που είχε μπορούσαν να θεραπευτούν με τις ουσίες που περιέχονται στα διάφορα αρωματικά αυτά φυτά. Αυτά τα φυτά ανήκουν σε μια ιδιαίτερα εξελιγμένη ομάδα ειδών του φυτικού βασιλείου, με σημαντικές ιδιότητες, τις οποίες οφείλουν στα αιθέρια έλαια που περιέχουν (Δεληβόπουλος, 1994), και αποτελούνται περίπου από 350.000 διαφορετικά είδη. Στην κατηγορία αυτών των ελαίων ανήκουν: το έλαιο κανέλας (*Cinnamomum kanehirae*, δέντρο καμφοράς), το έλαιο ρίγανης (*Origanum vulgare*), το έλαιο από το αγριοκυπαρίσσι (*Juniperus communis*), το έλαιο τεϊόδενδρου (*Melaleuca alternifolia*), το έλαιο του γαριφάλου (*Syzygium*

aromaticum), το έλαιο της λουΐζας (*Aloysia triphylla*), το έλαιο του φασκόμηλου (*Salvia officinalis*) και άλλα πολλά τέτοια έλαια τα οποία προέρχονται από αντίστοιχα φυτά.

Τα αιθέρια έλαια αποτελούν έλαια φυτικής προελεύσεως. Είναι, πτητικά υγρά που περιέχουν ουσίες που είναι υπεύθυνες για τα αρώματα των φυτών, που έχουν παραχθεί από διάφορα όργανα, π.χ. άνθη, μπουμπούκια, σπόρους, φύλλα, κλαδιά, φλοιούς, βότανα, ξύλα, φρούτα και ρίζες και υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι για την εξαγωγή τους (Bakkali *et al.*, 2008). Είναι διαυγή (σπάνια χρωματισμένα υγρά), διαλυτά σε λιπίδια και οργανικούς διαλύτες (αδιάλυτα στο νερό), και έχουν γενικά χαμηλότερη πυκνότητα από το νερό (Carson & Hammer, 2011). Η σύνθεση των αιθέριων ελαίων διαφέρει στα διάφορα είδη ή και ποικιλίες φυτών. Συνήθως, τα αιθέρια έλαια αποτελούνται κυρίως από δύο έως τρία συστατικά σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις (20-70%) σε σύγκριση με άλλα υπάρχοντα συστατικά (Bilia *et al.*, 2014). Ωστόσο σε ορισμένα αιθέρια έλαια, η περιεκτικότητα της κύριας ένωσης μπορεί να φτάσει έως και 90% (Sutili *et al.*, 2015). Ακόμη, η παρουσία ενός συστατικού σε αναλογία 1% ή και λιγότερο, μπορεί να μεταβάλει σημαντικά το άρωμα του ελαίου (Σκρουμπής, 1985). Επομένως, κάθε αιθέριο έλαιο, έχει χαρακτηριστική οσμή και διαφορετικές ιδιότητες, που οφείλονται στα συστατικά του (Πολυσίου, 2002).

Εδώ και αρκετά χρόνια, τα αιθέρια έλαια έχουν αρχίσει και χρησιμοποιούνται ευρέως για παρασκευή φαρμάκων, καλλυντικών, γεωργικών προϊόντων, καθώς και σε βιομηχανίες τροφίμων. Έχει αποδειχθεί ότι, τα έλαια αυτά έχουν μεγάλες δυνατότητες να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα της υδατοκαλλιέργειας λόγω των ευεργετικών ιδιοτήτων τους στα υδρόβια είδη. Αρχικά, στις ιδιότητες αυτές ανήκουν η προώθηση της ανάπτυξης, η διέγερση της όρεξης, η ανοσορρύθμιση και άλλες

ιδιότητες όπως αντιοξειδωτικές, αντιπαρασιτικές, αντιβακτηριακές, αντικές, αντιμυκητιακές, εντομοκτόνες, αναισθητικές και ιδιότητες κατά του στρες (Cunha *et al.*, 2010, Harikrishnan *et al.*, 2011, Saccol *et al.*, 2013, Silva *et al.*, 2013, Chakraborty *et al.*, 2014, Reverter *et al.*, 2014, Sutili *et al.*, 2015, Hashimoto *et al.*, 2016).

1.6. Εφαρμογές των αιθέριων ελαίων στη διατροφή των ιχθύων

Έχουν διεξαχθεί πάρα πολλές έρευνες σχετικά με την εύρεση των διάφορων ευεργετικών ιδιοτήτων των αιθέριων ελαίων. Επίσης, έχει δειχθεί ότι και συνδυασμός δύο ή και περισσότερων αιθέριων ελαίων μπορεί να προσφέρει μοναδικές ιδιότητες όταν τα έλαια αυτά βρίσκονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις.

Αρχικά, βρέθηκαν αναισθητικές ιδιότητες στο είδος *Sparus aurata L.* από έξι αιθέρια έλαια τα οποία εξήχθησαν από τα παρακάτω φαρμακευτικά φυτά, *Origanum vulgare*, *Eugenia aromatica*, *Aloysia triphylla*, *Melaleuca alternifolia*, *Juniperus communis*, *Cinnamomum zeylanicum* (Golomazou E. *et al.*, 2016). Επίσης, το έλαιο του φαρμακευτικού φυτού *Lippia alba* έδειξε αντίστοιχες ιδιότητες στο γατόψαρο, *Rhamdia quelen* (Mauro A. da Cunha *et al.*, 2010) και στην τσιπούρα *Sparus aurata* (Toni C. *et al.*, 2015). Αντίστοιχα, τα αιθέρια έλαια των φυτών *Cunila galioides* και *Origanum majorana* φάνηκε να έχουν και αυτά αναισθητικές ιδιότητες στο γατόψαρο, *Rhambia quelen* (Jessyca A. da Cunha *et al.*, 2017). Ακόμη, ισχυρές αναισθητικές ιδιότητες αποδείχθηκε ότι έχει το αιθέριο έλαιο του φυτού *Syzygium aromaticum* (clove oil), στην τσιπούρα *Sparus aurata* (Teles M. *et al.*, 2019).

Για το έλαιο του φαρμακευτικού φυτού *Cinnamomum zeylanicum* βρέθηκαν ιδιότητες anti-stress στο είδος *Sparus aurata L.* (Golomazou E. *et al.*, 2016).

Αντίστοιχες ιδιότητες έδειξε η εφαρμογή του ελαίου του φυτού *Lippia alba* στο γατόψαρο *Rhamdia quelen* (Mauro A. da Cunha *et al.*, 2010).

Για το έλαιο των φαρμακευτικών φυτών *Melaleuca alternifolia*, *Juniperus communis* βρέθηκαν αντί-γενοτοξικές ιδιότητες στο είδος *Sparus aurata* L. (Golomazou E. *et al.*, 2016).

Για το έλαιο των φαρμακευτικών φυτών *Origanum vulgare*, *Eugenia aromatica*, *Aloysia triphylla*, βρέθηκαν γενοτοξικές ιδιότητες στο είδος *Sparus aurata* L. (Golomazou E. *et al.*, 2016).

Σε μία έκθεση από τους Yeh *et al.*, (2009) αναφέρθηκε ότι το αιθέριο έλαιο του φυτού *Cinnamomum kanehirae*, (δέντρο καμφοράς), έδειξε αντιβακτηριακή δράση κατά των διάφορων παθογόνων των υδρόβιων ζώων, που έλαβαν θεραπεία με εκχυλίσματα ζεστού νερού από κλαδιά *Cinnamomum kanehirae* και ακόμη έδειξαν μία σημαντική μείωση στην ευαισθησία τους σε *Vibrio alginolyticus*. Τα εκχυλίσματα των βοτάνων, *Ocimum sanctum* και *Withania somnifera* προστατεύουν τα νεαρά άτομα του *Epinephelus tayvina* από το παθογόνο βακτήριο *Vibrio harveyi* (Sivarama *et al.*, 2004). Επίσης, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε πάνω στο γατόψαρο *Ictalurus punctatus*, όταν στην τροφή του προστέθηκε αιθέριο έλαιο ρίγανης προερχόμενο από το φυτό *Origanum heracleoticum* L. εμφάνισε αντιβακτηριδιακή δράση κατά του βακτηρίου *Aeromonas hydrophyla* (Z. L. Zheng *et al.*, 2009). Έπειτα, σε μία πιο πρόσφατη έκθεση των (J. M. G. Beltran *et al.*, 2018) φάνηκε ότι αιθέριο έλαιο ρίγανης προερχόμενο από το φυτό *Origanum heracleoticum* L. έδειξε αντιβακτηριδιακή δράση μόνο κατά των βακτηρίων *Vibrio harveyi*, *Vibrio anguillarum* και *Photobacterium damsela* χρησιμοποιώντας τη μεγαλύτερη συγκέντρωση του υδάτινου εκχυλίσματος και την μεσαία έως υψηλότερη συγκέντρωση του αιθανολικού εκχυλίσματος.

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε πάνω στο γατόψαρο *Ictalurus punctatus*, όταν στην τροφή του προστέθηκε αιθέριο έλαιο ρίγανης προερχόμενο από το φυτό *Origanum heracleoticum* L. εμφάνισε θετικά αποτελέσματα στην αύξηση του βάρους του ψαριού (Z. L. Zheng *et al.*, 2009).

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε πάνω στο γατόψαρο *Ictalurus punctatus*, όταν στην τροφή του προστέθηκε αιθέριο έλαιο ρίγανης προερχόμενο από το φυτό *Origanum heracleoticum* L. εμφάνισε αντιοξειδωτική δράση (Z. L. Zheng *et al.*, 2009). Σε άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην τσιπούρα *Sparus aurata* L. φάνηκε ότι τα αιθανολικά και υδατικά εκχυλίσματα του φυτού *Origanum vulgare*, έχουν αντιοξειδωτική δράση, όταν το αιθέριο έλαιο της ρίγανης προστέθηκε στο σιτηρέσιο της τσιπούρας (J. M. G. Beltran *et al.*, 2018).

Ποικίλες φαίνονται να είναι οι ευεργετικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων πράγμα που κινεί το ενδιαφέρον των επιστημόνων να εξερευνήσουν το κομμάτι αυτό όσο το δυνατόν καλύτερα, και να το εντάξουν εν τέλει στη διατροφή των ιχθύων.

1.7. Σκοπός της εργασίας

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες πάνω στα αιθέρια έλαια τις τελευταίες δύο δεκαετίες και έχει αποδειχθεί ότι αυτά έχουν πολλές ευεργετικές ιδιότητες που τα καθιστούν πολύ χρήσιμα στην διατροφή των ιχθύων. Αν και ακόμα δεν χρησιμοποιούνται στον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών, έχουν πολλές δυνατότητες στο να αντικαταστήσουν τα φυτικά έλαια.

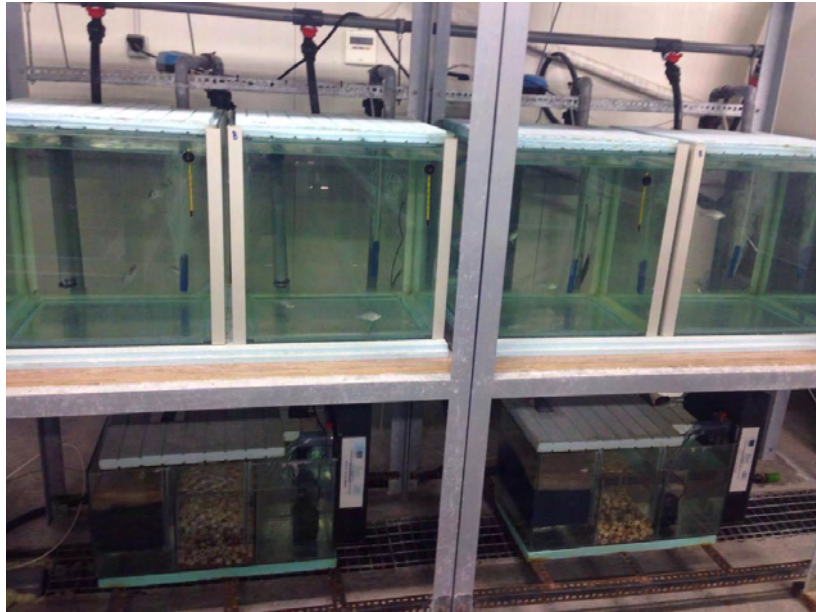
Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης των αιθέριων ελαίων, ρίγανης και κανέλας, στο να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα των φυτικών ελαίων των ιχθυοτροφών της εκτρεφόμενης τσιπούρας (*Sparus aurata*).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Για την διεξαγωγή του πειράματος, μεταφέρθηκαν ιχθύδια του είδους *Sparus aurata* με αρχικό μέσο βάρος $5.00 \pm 0,20\text{g}$ σε ειδικές συσκευασίες με παροχή οξυγόνου, από τον ιχθυογεννητικό σταθμό «ΣΕΛΟΝΤΑ (πρώην ΔΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Β.Ε.Ε.)» που έχει τις εγκαταστάσεις του στην Πελασγία Φθιώτιδος προς τις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Βόλο, όπου και έλαβε χώρα το πείραμα. Τοποθετήθηκαν 450 ιχθύδια σε πειραματικές δεξαμενές όπου αφήθηκαν για 10 ημέρες, ώστε να εγκλιματιστούν στις συγκεκριμένες συνθήκες και η σίτιση τους γινόταν μία φορά την ημέρα. Το πείραμα διήρκησε συνολικά 60 ημέρες.

Τα ιχθύδια, μετά τον εγκλιματισμό τους, τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας θαλασσινού νερού. Συγκεκριμένα, οι πειραματικές εγκαταστάσεις αποτελούνταν από 15 ενυδρεία χωρητικότητας 120L το καθένα, και από σύστημα μηχανικής – βιολογικής διήθησης του νερού, για την απομάκρυνση της αμμωνίας, των περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης στο οποίο προσθέτονταν συνθετικό αλάτι, ώστε η αλατότητα του νερού να είναι 30‰. Σε καθημερινή βάση πραγματοποιούνταν σιφωνισμός του πυθμένα και αντικατάσταση του νερού έως και 10% του συνολικού όγκου του ενυδρείου. Επίσης, για την νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων, τοποθετούνταν τόσο στο νερό του ενυδρείου όσο και μέσα στα φίλτρα, διάλυμα βακτηρίων, σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η διάταξη των ενυδρείων καθώς και των φίλτρων απεικονίζεται στην Εικόνα 2.1.



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

Πηγή: Προσωπικό Υλικό

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνταν έλεγχος για τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού. Εβδομαδιαία καταγράφονταν μετρήσεις για τη θερμοκρασία του νερού ($21\text{ }^{\circ}\text{C}$), το pH ($8,00 \pm 0,4$), την αλατότητα ($30 \pm 0,5\text{‰}$) 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 5 διατροφικές ομάδες, όπου η κάθε μία λάμβανε και διαφορετικό σιτηρέσιο. Η κάθε διατροφική ομάδα αποτελούνταν από 90 ιχθύδια, τα οποία κατανεμήθηκαν σε υποομάδες των 30 ατόμων σε 3 ενυδρεία (30 ιχθύδια ανά δεξαμενή, 3 ενυδρεία – επαναλήψεις ανά μεταχείριση, 5 διατροφικές μεταχειρίσεις).

2.2 Σιτηρέσια – Σίτιση

Τα σιτηρέσια που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος, παρήχθησαν με την μέθοδο της κοινής πελλετοποίησης στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος (Θεσσαλία, Βόλος) με τη χρήση πελλετομηχανής τύπου California Pellet Mill (Εικόνα 2.2.) και ήταν στη μορφή βυθιζόμενου σύμπηκτου διαμέτρου 1,5 mm.



Εικόνα 2.2. Πελλετομηχανή τύπου California Pellet Mill

Πηγή: Προσωπικό Υλικό

Τα πέντε αυτά σιτηρέσια καταρτίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ισοενεργειακά (20.60MJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (52.00% της τροφής) (Πίνακας 2.1.). Ως βασική πρωτεϊνική πηγή ζωικής προέλευσης χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας ιχθυάλευρο (ολικών πρωτεϊνών 64%). Η τροφή μάρτυρας - Control περιείχε αποκλειστικά ιχθυάλευρο, ιχθυέλαιο και σογιέλαιο, ενώ οι υπόλοιπες τροφές περιείχαν ιχθυάλευρο, ιχθυέλαιο, φυτικά και αιθέρια έλαια. Τα αιθέρια έλαια, τα οποία αποτελούν την ρίγανη και την κανέλα, αντικατέστησαν το ιχθυέλαιο κατά Oregano 1%, Oregano 2%, Cinnamon 1% και Cinnamon 2%.

Για την υποκατάσταση του σογιέλαιου στις λοιπές πειραματικές τροφές, χρησιμοποιήθηκε αιθέριο έλαιο κανέλας (*Cinnamomum zeylanicum*), αιθέριο έλαιο ρίγανης (*Origanum vulgare*) και σογιέλαιο ως συμπληρωματικό. Το έλαιο αντικαταστάθηκε κατά 1% (Cin 1%, Or 1%) και 2% (Cin 2%, Or 2%). Έτσι, το σιτηρέσιο Control περιείχε ιχθυέλαιο σε ποσοστό 6,6% της τροφής και σογιέλαιο σε ποσοστό 2% όπου πάνω σε αυτό γινόταν και η υποκατάσταση των αιθέριων ελαίων. Τα σιτηρέσια Cin1%, Cin2%, Or1% και Or2% περιείχαν σογιέλαιο σε μειωμένο ποσοστό και ένα ποσοστό αιθέριων ελαίων, τέτοιο ώστε το έλαιο του τελευταίου υποκαθιστούσε το έλαιο του πρώτου κατά 1% και 2% αντίστοιχα, των συνολικών ελαίων του σιτηρέσιου. Στα σιτηρέσια επίσης, χρησιμοποιήθηκε γλουτένη καλαμποκιού (σε ποσοστό περίπου 24,20%) 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 πέντε ισοενεργειακών σιτηρεσίων. Ως κύρια πηγή ενέργειας ω3 και ω6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων χρησιμοποιήθηκε το ιχθυέλαιο (Πιν. 5).

Μικροσυστατικά χρησιμοποιήθηκαν ως εμπλουτιστικά των τροφών και διατηρήθηκαν σε σταθερές ποσότητες στα πέντε διαφορετικά σιτηρέσια. Σε αυτά περιλαμβάνονταν ένα εμπορικό πρόμιγμα βιταμινών και ανόργανων στοιχείων (για τσιπούρα και λαβράκι) σε κρυσταλλική μορφή με συμμετοχή 0,30%, το φωσφορικό μονασβέστιο (MCP) σε ποσοστό 0,30% και η βιταμίνη E με την βιταμίνη C σε ποσοστό 0,10% (Πίνακας 2.1.).

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

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

Συστατικά (%)	Control	Or1%	Or2%	Cin1%	Cin2%
Ιχθυάλευρο	53,50	53,50	53,50	53,50	53,50
Γλουτένη καλαμποκιού	24,20	24,20	24,20	24,20	24,20
Αλεύρι σίτου	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90
Ιχθυέλαιο	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
Σογιέλαιο	2,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Έλαιο ρίγανης	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00
Έλαιο κανέλας	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00
Βιταμίνες & ανόργανα στοιχεία	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
MCP	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Βιταμίνη E	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Βιταμίνη C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Χημική σύσταση (%)	Control	Or1%	Or2%	Cin1%	Cin2%
Υγρασία	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
Πρωτεΐνη	52.00	52.00	52.00	52.00	52.00
Λίπος	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Υδατάνθρακες¹	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Τέφρα	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50
Ενέργεια (KJ/g)	20.60	20.60	20.60	20.60	20.60

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

Πίνακας 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 (οξείδιο)	10.000
Ψευδάργυρος (οξείδιο)	33.333
Ιωδιούχο ασβέστιο (62% Ca)	400
Σεληνιώδες νάτριο (1% σελήνιο)	84
Ανθρακικό κοβάλτιο (51% κοβάλτιο)	333
<u>Άλλες ουσίες</u>	
Αντιοξειδωτικό BHT E321	333
Άλευρο για μίξη	416.666

2.3 Δειγματοληψίες

Η εκτροφή των ιχθυδίων διήρκησε 60 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις βάρους: στην έναρξη του πειράματος (ημέρα 0), την 15^η, την 30^η, την 45^η και την 60^η. Το ολικό μήκος των ιχθύων μετρήθηκε σε κάθε δειγματοληψία κατά τη διάρκεια του πειράματος. Για την αναισθητοποίηση των ψαριών χρησιμοποιήθηκε φαινοξυθανόλη σε συγκέντρωση

0,10 ml/l. Στη συνέχεια, ζυγίζονταν ατομικά κάθε ιχθύδιο σε ζυγό ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων (0,01 g) και μετρούνταν το ολικό μήκος με ιχθυόμετρο (ακρίβεια 0,1 cm).

2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

2.4.1 Θνησιμότητα

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

Θνησιμότητα %

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

2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους ψαριών

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

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

2.4.3 Ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους

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

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

2.4.4 Συνολική κατανάλωση τροφής

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

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

2.4.5 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

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

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής υπολογίζεται από τη σχέση:

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

2.4.6 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

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

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

Όπου,

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

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

2.4.7 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:

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

2.5 Χημικές αναλύσεις

2.5.1 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

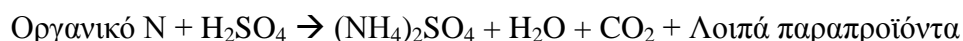
Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσιών και στα πειραματικά σιτηρέσια έγινε με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet (AOAC 1995). Σε γυάλινα δοχεία εκχύλισης προστέθηκαν 3 πέτρες βρασμού και καταγράφηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Στην συνέχεια, εφαρμόστηκαν στα δοχεία χάρτινοι ηθμοί. Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος βάρους 2g και μεταφέρθηκε στο χάρτινο δοχείου ηθμού. Το δείγμα της τροφής σε κάποιες περιπτώσεις, πρέπει να είναι ξηραμένη και αλεσμένη. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε φούρνο στους 105°C για περίπου 24h (μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του δείγματος). Στο γυάλινο δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 140ml πετρελαϊκού αιθέρα, στον οποίο εμβαπτίστηκαν τα χάρτινα δοχεία ηθμού με το δείγμα. Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης μαζί με τους χάρτινους ηθμούς μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5h, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων πετρελαϊκού αιθέρα τα δοχεία (χωρίς τους χάρτινους ηθμούς) μεταφέρθηκαν στο φούρνο για 15min στους 105°C. Στην συνέχεια, τοποθετήθηκαν σε αφυγραντήρα για 1h το λιγότερο και πάρθηκαν οι μετρήσεις βάρους. Το καθαρό βάρος των λιπαρών ουσιών δίνεται από τον τύπο:

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

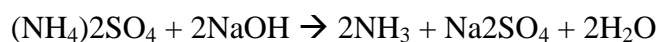
2.5.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών στα συστατικά των σιτηρεσιών και στα πειραματικά σιτηρέσια πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1995).

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

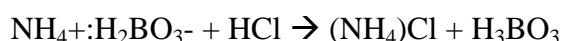


Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης τα δείγματα αφήνονται να κρυώσουν για 15min. Κατόπιν, τα δείγματα τοποθετούνται σε συσκευή απόσταξης, στην οποία προστίθενται 100 ml αποσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_3BO_3 . Η διαδικασία διαρκεί 6min. Το θεικό αμμώνιο, που είχε παραχθεί κατά την διαδικασία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



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

Το τελικό στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η τιτλοδότησης του διαλύματος βορικού αμμωνίου με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (0,1N) υπό καθεστώς συνεχής κίνησης σύμφωνα με την αντίδραση:



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

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

2.5.3 Προσδιορισμός ενέργειας

Ο προσδιορισμός της ενέργειας των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια θερμιδόμετρου. Κατά την πλήρη καύση ενός δείγματος εκλύεται θερμότητα, η οποία αποτελεί τη θερμιδική αξία (ολική ενέργεια) του δείγματος. Η καύση πραγματοποιείται μέσα σε ένα κλειστό ανοξειδωτο δοχείο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει το νερό, το οποίο με τη σειρά του θερμαίνει ένα εξωτερικό δοχείο γνωστής θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού δοχείου καταγράφεται από ένα θερμόμετρο και έπειτα υπολογίζεται η

θερμιδική αξία στο περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε. Τα αποτελέσματα δίνονται ηλεκτρονικά σε Kcal/g.

2.5.4 Προσδιορισμός τέφρας

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

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

2.5.5 Προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας

Ο προσδιορισμός υγρασίας/ ξηρής ουσίας στα συστατικά των σιτηρεσίων και στα πειραματικά σιτηρέσια πραγματοποιήθηκε με την συλλογή δειγμάτων, αντίστοιχα, βάρους 1,5g και ακολούθως την ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες στους 105°C. (AOAC 1995). Στην συνέχεια, αφού πέρασε ο χρόνος ξήρανσης, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min ώστε να ψυχθούν. Το ποσοστό της υγρασίας/ ξηρής ουσίας υπολογίζεται ως εξής:

Wξηρής ουσίας

$$= W_{\text{δείγματος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο}} - W_{\text{δισκίου}}$$

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

Όμοια,

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

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

2.6 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών και αξιοποίησης της τροφής επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές $P < 0,05$. Οι Θνησιμότητες εξετάστηκαν μέσω της διαδικασίας χ^2 . Στις περιπτώσεις όπου η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's και Bonferroni test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Zar., 1999).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Θνησιμότητα

Μέχρι την 60^η ημέρα του πειράματος σημειώθηκαν θνησιμότητες των ιχθυδίων όλων των διατροφικών ομάδων σε συνολικό ποσοστό περίπου 10% (45 άτομα στο σύνολο των 450). Πιο αναλυτικά (Πίνακας 3.1.), για την Control διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $14,44 \pm 3,85\%$, για την Cin1% διατροφική ομάδα $20,00 \pm 5,77\%$, για την Cin2% διατροφική ομάδα $35,56 \pm 1,92\%$, για την Or1% διατροφική ομάδα $33,33 \pm 14,44\%$ και τέλος για την Or2% διατροφική ομάδα καταγράφηκε ποσοστό θνησιμοτήτων $51,11 \pm 6,94\%$. Η στατιστική επεξεργασία με τη διαδικασία χ^2 έδειξε σημαντικά στατιστικές διαφορές στη θνησιμότητα των ψαριών και για τις τέσσερις διατροφικές ομάδες ($P > 0,05$).

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

Σιτηρέσια					
	Control	Cin1%	Cin2%	Or1%	Or2%
N	$4,33 \pm 3,85$	$6,00 \pm 5,77$	$10,67 \pm 1,92$	$10,00 \pm 14,14$	$15,33 \pm 6,94$
%	$14,44 \pm 3,85^a$	$20,00 \pm 5,77^{ab}$	$35,56 \pm 1,92^b$	$33,33 \pm 14,14^b$	$51,11 \pm 6,94^b$

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

3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

3.2.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Το αρχικό μέσο βάρος και ολικό μήκος των ιχθυδίων κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος για τα άτομα της ομάδας Control ήταν $4,94 \pm 0,03\text{g}$ και $7,6 \pm 0,08\text{cm}$, αντίστοιχα, για τα άτομα της ομάδας Cin1% ήταν $5,00 \pm 0,10\text{g}$ και $7,7 \pm 0,00\text{cm}$, για τα άτομα της ομάδας Cin2% ήταν $4,90 \pm 0,04\text{g}$ και $7,6 \pm 0,10\text{cm}$, για τα άτομα της ομάδας Or1% $4,92 \pm 0,07\text{g}$ και $7,7 \pm 0,10\text{cm}$ και τέλος για τα άτομα της ομάδας Or2% $4,84 \pm 0,00\text{g}$ και $7,6 \pm 0,08\text{cm}$ (Πίνακας 3.2). Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αρχικό βάρος και το αρχικό μήκος των ατόμων ($P > 0,05$) κατά την έναρξη του διατροφικού πειράματος.

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

	Control	Cin1%	Cin2%	Or1%	Or2%
Αρχικό Βάρος (g)	$4,94 \pm 0,03$	$5,00 \pm 0,10$	$4,90 \pm 0,04$	$4,92 \pm 0,07$	$4,84 \pm 0,00$
Αρχικό Μήκος (cm)	$7,6 \pm 0,08$	$7,7 \pm 0,00$	$7,6 \pm 0,10$	$7,7 \pm 0,10$	$7,6 \pm 0,08$

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

3.2.2 Κατά την 15^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 15^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πίνακας 3.3) ήταν $7,96 \pm 0,41\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $6,71 \pm 0,05\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $6,02 \pm 0,12\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $7,21 \pm 0,51\text{g}$ για τα

άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $5,55 \pm 0,23\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι το μεγαλύτερο μέσο βάρος παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (WG) (Πίνακας 3.3) κατά την 15^η ημέρα του πειράματος ήταν $3,02 \pm 0,42\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,71 \pm 0,08\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $1,12 \pm 0,13\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $2,30 \pm 0,46\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $2,30 \pm 0,46\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση αύξηση του σωματικού βάρους παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών (gr/ιχθύ) μέχρι την 15^η ημέρα του πειράματος (Πίνακας 3.3) ήταν $4,10 \pm 0,44$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $2,80 \pm 0,09$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $2,73 \pm 0,17$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $3,16 \pm 0,05$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,97 \pm 0,09$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε

στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα Or1%, Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας 3.3) ήταν $3,18 \pm 0,36$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,96 \pm 0,11$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $1,37 \pm 0,15$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $2,54 \pm 0,41$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $0,91 \pm 0,27$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πίνακας 3.3) εκτιμήθηκε $1,36 \pm 0,06$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,64 \pm 0,02$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $2,45 \pm 0,14$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,41 \pm 0,03$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $3,01 \pm 1,12$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η χαμηλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα των Control και Or1% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Cin1% και Cin2%, ενώ με το Or2% σιτηρέσιο υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) (Πίνακας 3.3) ήταν $1,38 \pm 0,05$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,13 \pm$

0,02 για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $0,75 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,35 \pm 0,26$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $0,67 \pm 0,21$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η υψηλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών παρατηρήθηκε στα άτομα των Control και Or1% σιτηρεσιών. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Cin1%, ενώ με τα Or2% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.3: Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής της τσιπούρας (*S. aurata*) διατρεφόμενη για **15 ημέρες** με τα πειραματικά σιτηρέσια.

	Control	Cin1%	Cin2%	Or1%	Or2%
Επιβίωση (%)	100,00 \pm 0,00	98,89 \pm 1,92	98,89 \pm 1,92	100,00 \pm 0,00	100,00 \pm 0,00
Σωμ. βάρος (g)	7,96 \pm 0,41 ^a	6,71 \pm 0,05 ^{bc}	6,02 \pm 0,12 ^{cd}	7,21 \pm 0,51 ^{ab}	5,55 \pm 0,23 ^d
Σωμ. μήκος (cm)	8,60 \pm 0,06 ^a	8,3 \pm 0,09 ^b	7,9 \pm 0,15 ^c	8,3 \pm 0,11 ^{ab}	7,8 \pm 0,11 ^c
Αυξ. βάρους (WG, g)	3,02 \pm 0,42 ^a	1,71 \pm 0,08 ^{bc}	1,12 \pm 0,13 ^{cd}	2,30 \pm 0,46 ^{ab}	0,71 \pm 0,22 ^d
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	4,10 \pm 0,44 ^a	2,80 \pm 0,09 ^b	2,73 \pm 0,17 ^b	3,16 \pm 0,05 ^b	1,97 \pm 0,09 ^c
SGR (%/ημέρα)	3,18 \pm 0,36 ^a	1,96 \pm 0,11 ^{bc}	1,37 \pm 0,15 ^{cd}	2,54 \pm 0,41 ^{ab}	0,91 \pm 0,27 ^d
FCR	1,36 \pm 0,06 ^a	1,64 \pm 0,02 ^{ab}	2,45 \pm 0,14 ^{ab}	1,41 \pm 0,03 ^a	3,01 \pm 1,12 ^b
PER	1,38 \pm 0,05 ^a	1,13 \pm 0,02 ^{ab}	0,75 \pm 0,04 ^{bc}	1,35 \pm 0,26 ^a	0,67 \pm 0,21 ^c

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

3.2.3 Κατά την 30^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 30η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πίνακας 3.4) ήταν $13,6 \pm 0,44$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $10,85 \pm 1,00$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $8,39 \pm 0,23$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $12,45 \pm 1,37$ g για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $8,48 \pm 0,97$ g για τα άτομα που

διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι το υψηλότερο μέσο βάρος των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρέσιου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (WG) (Πίνακας 3.4) κατά την 30^η ημέρα του πειράματος ήταν $8,67 \pm 0,47g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $5,85 \pm 0,90g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $3,49 \pm 0,22g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $7,54 \pm 1,34g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $3,64 \pm 0,97g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση αύξηση σωματικού βάρους παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρέσιου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών (gr/ιχθύ) μέχρι την 30^η ημέρα του πειράματος (Πίνακας 3.4) ήταν $11,30 \pm 0,30$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $8,58 \pm 0,33$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $7,45 \pm 0,43$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $10,13 \pm 0,84$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $6,56 \pm 0,29$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η υψηλότερη συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα των Control και Or1% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις Cin1%, Cin2% και Or2% διατροφικές ομάδες.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας 3.4) ήταν $3,38 \pm 0,13$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $2,57 \pm 0,23$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $1,79 \pm 0,08$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $3,08 \pm 0,34$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,86 \pm 0,38$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πίνακας 3.4) εκτιμήθηκε $1,31 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,48 \pm 0,16$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $2,13 \pm 0,02$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,36 \pm 0,13$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,88 \pm 0,46$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η χαμηλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1% και Or1% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or2%, ενώ με το Cin2% σιτηρέσιο υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) (Πίνακας 3.4) ήταν $1,44 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,26 \pm 0,14$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $0,86 \pm 0,01$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,37 \pm 0,13$ για τα άτομα που διατράφηκαν

με το Or1% σιτηρέσιο και $1,02 \pm 0,23$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Cin1% και Or1%, ενώ με τα Or2% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.4: Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής της τσιπούρας (*S. aurata*) διατρεφόμενη για **30 ημέρες** με τα πειραματικά σιτηρέσια.

	Control	Cin1%	Cin2%	Or1%	Or2%
Επιβίωση (%)	$98,89 \pm 1,92^a$	$95,56 \pm 7,70^a$	$87,78 \pm 1,92^a$	$91,11 \pm 3,85^a$	$74,44 \pm 5,09^b$
Σωμ. βάρος (g)	$13,6 \pm 0,44^a$	$10,85 \pm 1,00^{bc}$	$8,39 \pm 0,23^d$	$12,45 \pm 1,37^{ab}$	$8,48 \pm 0,97^{cd}$
Σωμ. μήκος (cm)	$9,5 \pm 0,22^a$	$9,1 \pm 0,26^{ab}$	$8,7 \pm 0,18^{ab}$	$9,5 \pm 0,60^{ab}$	$8,5 \pm 0,41^b$
Αυξ. βάρους (WG, g)	$8,67 \pm 0,47^a$	$5,85 \pm 0,90^{bc}$	$3,49 \pm 0,22^d$	$7,54 \pm 1,34^{ab}$	$3,64 \pm 0,97^{cd}$
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	$11,30 \pm 0,30^a$	$8,58 \pm 0,33^b$	$7,45 \pm 0,43^{bc}$	$10,13 \pm 0,84^a$	$6,56 \pm 0,29^c$
SGR (%/ημέρα)	$3,38 \pm 0,13^a$	$2,57 \pm 0,23^b$	$1,79 \pm 0,08^c$	$3,08 \pm 0,34^{ab}$	$1,86 \pm 0,38^c$
FCR	$1,31 \pm 0,04^a$	$1,48 \pm 0,16^a$	$2,13 \pm 0,02^b$	$1,36 \pm 0,13^a$	$1,88 \pm 0,46^{ab}$
PER	$1,44 \pm 0,04^a$	$1,26 \pm 0,14^{ab}$	$0,86 \pm 0,01^c$	$1,37 \pm 0,13^{ab}$	$1,02 \pm 0,23^{bc}$

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

3.2.4 Κατά την 45^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 45^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πίνακας 3.5) ήταν $22,54 \pm 1,34g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $17,89 \pm 1,74g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $12,74 \pm 0,07g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $21,24 \pm 2,35g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $14,53 \pm 1,53g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι το υψηλότερο μέσο βάρος των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα του Control

σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (WG) (Πίνακας 3.5) κατά την 45η ημέρα του πειράματος ήταν $17,61 \pm 1,36g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $12,89 \pm 1,65g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $7,84 \pm 0,07g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $16,32 \pm 2,30g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $9,69 \pm 1,53g$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση αύξηση σωματικού βάρους παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών (gr/ιχθύ) μέχρι την 45η ημέρα του πειράματος (Πίνακας 3.5) ήταν $22,07 \pm 0,63$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $17,86 \pm 1,15$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $14,86 \pm 0,14$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $19,79 \pm 1,09$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $14,03 \pm 0,30$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η υψηλότερη συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις Cin1%, Cin2%, Or1% και Or2% διατροφικές ομάδες.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας 3.5) ήταν $3,37 \pm 0,15$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $2,83 \pm 0,17$ για τα

άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $2,12 \pm 0,02$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $3,24 \pm 0,23$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $2,44 \pm 0,23$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πίνακας 3.5) εκτιμήθηκε $1,26 \pm 0,07$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,39 \pm 0,10$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $1,90 \pm 0,03$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,22 \pm 0,12$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,47 \pm 0,22$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η χαμηλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1%, Or1% και Or2% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το Cin2% σιτηρέσιο.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) (Πίνακας 3.5) ήταν $1,50 \pm 0,08$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,34 \pm 0,09$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $0,97 \pm 0,02$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,52 \pm 0,14$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,28 \pm 0,18$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1% και Or1%

σιτηρεσιών. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα Or2% και Cin2% σιτηρέσια.

Πίνακας 3.5: Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής της τσιπούρας (*S. aurata*) διατρεφόμενη για **45 ημέρες** με τα πειραματικά σιτηρέσια.

	Control	Cin1%	Cin2%	Or1%	Or2%
Επιβίωση (%)	85,56 ± 3,85 ^a	83,33 ± 5,77 ^a	67,78 ± 5,09 ^b	81,11 ± 5,09 ^a	53,33 ± 3,33 ^c
Σωμ. βάρος (g)	22,54 ± 1,34 ^a	17,89 ± 1,74 ^{bc}	12,74 ± 0,07 ^d	21,24 ± 2,35 ^{ab}	14,53 ± 1,53 ^{cd}
Σωμ. μήκος (cm)	11,5 ± 0,14 ^a	10,7 ± 0,31 ^{bc}	9,8 ± 0,08 ^d	11,30 ± 0,4 ^{ab}	10,1 ± 0,38 ^{cd}
Αυξ. βάρους (WG, g)	17,61 ± 1,36 ^a	12,89 ± 1,65 ^{bc}	7,84 ± 0,07 ^d	16,32 ± 2,30 ^{ab}	9,69 ± 1,53 ^{cd}
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	22,07 ± 0,63 ^a	17,86 ± 1,15 ^b	14,86 ± 0,14 ^c	19,79 ± 1,09 ^b	14,03 ± 0,30 ^c
SGR (%/ημέρα)	3,37 ± 0,15 ^a	2,83 ± 0,17 ^{bc}	2,12 ± 0,02 ^d	3,24 ± 0,23 ^{ab}	2,44 ± 0,23 ^{cd}
FCR	1,26 ± 0,07 ^a	1,39 ± 0,10 ^a	1,90 ± 0,03 ^b	1,22 ± 0,12 ^a	1,47 ± 0,22 ^a
PER	1,50 ± 0,08 ^a	1,34 ± 0,09 ^a	0,97 ± 0,02 ^b	1,52 ± 0,14 ^a	1,28 ± 0,18 ^b

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

3.2.5 Κατά την 60^η ημέρα πειράματος

Το μέσο βάρος των ψαριών κατά την 60^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Πίνακας 3.6) ήταν $32,12 \pm 1,59\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $26,83 \pm 2,12\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $17,85 \pm 0,52\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $29,61 \pm 4,62\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $19,43 \pm 2,77\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι το υψηλότερο μέσο βάρος των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1% και Or1% σιτηρεσιών. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα Or2% και Cin2% σιτηρέσια.

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (WG) (Πίνακας 3.6) κατά την 60^η ημέρα του πειράματος ήταν $27,18 \pm 1,62\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το

Control σιτηρέσιο, $21,83 \pm 2,01\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $12,95 \pm 0,48\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $24,70 \pm 4,53\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $14,59 \pm 2,76\text{g}$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η υψηλότερη μέση αύξηση του σωματικού βάρους παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1% και Or1% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα Or2% και Cin2% σιτηρέσια.

Η συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών (gr/ιχθύ) μέχρι την 60η ημέρα του πειράματος (Πίνακας 3.6) ήταν $33,41 \pm 1,10$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $28,63 \pm 2,19$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $22,69 \pm 0,20$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $31,33 \pm 0,13$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $21,34 \pm 0,78$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η υψηλότερη συνολική κατανάλωση τροφής των ψαριών παρατηρήθηκε στα άτομα του Control σιτηρεσίου. Το σιτηρέσιο αυτό παρουσίασε μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or1%, ενώ με τα Or2%, Cin1% και Cin2% σιτηρέσια υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) (Πίνακας 3.6) ήταν $3,12 \pm 0,09$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $2,80 \pm 0,09$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $2,15 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $2,98 \pm 0,23$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $2,31 \pm 0,24$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση τιμή του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1% και Or1% σιτηρεσίων. Τα

σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα Or2% και Cin2% σιτηρέσια.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πίνακας 3.6) εκτιμήθηκε $1,23 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,30 \pm 0,02$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $1,75 \pm 0,05$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο $1,29 \pm 0,24$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,49 \pm 0,24$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης έδειξαν ότι η χαμηλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής παρατηρήθηκε στα άτομα των Control, Cin1% και Or1% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Or2%, ενώ με το Cin2% σιτηρέσιο υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER) (Πίνακας 3.6) ήταν $1,53 \pm 0,04$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Control σιτηρέσιο, $1,43 \pm 0,02$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin1% σιτηρέσιο, $1,05 \pm 0,03$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Cin2% σιτηρέσιο, $1,46 \pm 0,27$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or1% σιτηρέσιο και $1,26 \pm 0,20$ για τα άτομα που διατράφηκαν με το Or2%. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η μεγαλύτερη μέση τιμή για τον συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών παρατηρήθηκε στα άτομα των Control και Or1% σιτηρεσίων. Τα σιτηρέσια αυτά παρουσίασαν μικρές διαφορές, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με την Cin1% και Or2%, ενώ με το Cin2% σιτηρέσιο υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.6: Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής της τσιπούρας (*S. aurata*) διατρεφόμενη για **60 ημέρες** με τα πειραματικά σιτηρέσια.

	Control	Cin1%	Cin2%	Or1%	Or2%
Επιβίωση (%)	85,56 ± 3,85 ^a	80,00 ± 5,77 ^{ab}	64,44 ± 1,92 ^{bc}	66,67±14,14 ^{abc}	48,89 ± 6,94 ^c
Σωμ. βάρος (g)	32,12 ± 1,59 ^a	26,83 ± 2,12 ^a	17,85 ± 0,52 ^b	29,61 ± 4,62 ^a	19,43 ± 2,77 ^b
Σωμ. μήκος (cm)	13,00 ± 0,20 ^a	12,4 ± 0,36 ^a	11,00 ± 0,10 ^b	12,8 ± 0,40 ^a	11,4 ± 0,26 ^b
Αυξ. βάρους (WG, g)	27,18 ± 1,62 ^a	21,83 ± 2,01 ^a	12,95 ± 0,48 ^b	24,70 ± 4,53 ^a	14,59 ± 2,76 ^b
Καταν. τροφής (g/ιχθύ)	33,41 ± 1,10 ^a	28,63 ± 2,19 ^b	22,69 ± 0,20 ^c	31,33 ± 0,13 ^{ab}	21,34 ± 0,78 ^c
SGR (%/ημέρα)	3,12 ± 0,09 ^a	2,80 ± 0,09 ^a	2,15 ± 0,04 ^b	2,98 ± 0,23 ^a	2,31 ± 0,24 ^b
FCR	1,23 ± 0,04 ^a	1,30 ± 0,02 ^a	1,75 ± 0,05 ^b	1,29 ± 0,24 ^a	1,49 ± 0,24 ^{ab}
PER	1,53 ± 0,04 ^a	1,43 ± 0,02 ^{ab}	1,05 ± 0,03 ^b	1,46 ± 0,27 ^a	1,26 ± 0,20 ^{ab}

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

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα προπτυχιακή διπλωματική εργασία μελετήθηκε η καταλληλότητα του σιτηρεσίου της τσιπούρας (*Sparus aurata*) εφαρμόζοντας υποκαταστάσεις των φυτικών ελαίων από αιθέριο έλαιο κανέλας και ρίγανης, της τάξης του 1 και 2%.

4.1 Θνησιμότητα

Τα αποτελέσματα, έπειτα από 60 ημέρες πειράματος, έδειξαν ότι η υποκατάσταση του σογιέλαιου με αιθέριο έλαιο κανέλας σε ποσοστό 1 και 2% επηρέασε αρνητικά την επιβίωση των ιχθύων, καθώς παρατηρήθηκαν σημαντικά ποσοστά θνησιμότητας. Τα ποσοστά θνησιμότητας αυτών των διατροφικών ομάδων παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το ποσοστό των ιχθύων που σιτίστηκαν αποκλειστικά με την τροφή μάρτυρα Control. Μεγαλύτερη διαφορά είχαμε στην διατροφική ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο που περιείχε 2% αιθέριο έλαιο κανέλας ενώ το σιτηρέσιο με περιεκτικότητα 1% σε έλαιο κανέλας παρουσίασε μικρές διαφορές αλλά όχι στατιστικά σημαντικές. Επομένως, το αιθέριο έλαιο κανέλας σε ποσοστό υποκατάστασης 1% επιφέρει διατροφικές θνησιμότητες στην τσιπούρα αλλά όχι στατιστικά σημαντικές ενώ σε μεγαλύτερο ποσοστό έχουμε στατιστικώς σημαντικές διατροφικές θνησιμότητες.

Για την μερική υποκατάσταση του σογιέλαιου από αιθέριο έλαιο ρίγανης σε ποσοστό 1 και 2%, η επιβίωση των ιχθύων επηρεάστηκε αρνητικά καθώς παρατηρήθηκαν σημαντικά ποσοστά θνησιμότητας. Τα ποσοστά θνησιμότητας αυτών των διατροφικών ομάδων παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με

το ποσοστό των ιχθύων που σιτίστηκαν αποκλειστικά με την τροφή μάρτυρα Control. Μεγαλύτερη διαφορά είχαμε στην διατροφική ομάδα που σιτίστηκε με το σιτηρέσιο που περιείχε 2% αιθέριο έλαιο ρίγανης ενώ το σιτηρέσιο με περιεκτικότητα 1% σε έλαιο ρίγανης παρουσίασε μικρές διαφορές αλλά όχι στατιστικά σημαντικές. Επομένως, το αιθέριο έλαιο ρίγανης σε ποσοστό υποκατάστασης 1% επιφέρει διατροφικές θνησιμότητες στην τσιπούρα αλλά όχι στατιστικά σημαντικές ενώ σε μεγαλύτερο ποσοστό έχουμε στατιστικώς σημαντικές διατροφικές θνησιμότητες.

4.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

Έπειτα από 60 ημέρες πειράματος, μελετήθηκαν οι παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής. Η αύξηση του σωματικού βάρους (WG) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) των ψαριών που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια που είχαν περιεκτικότητα σε έλαιο κανέλας 1% και σε έλαιο ρίγανης 1% δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την τροφή μάρτυρα Control. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η αντικατάσταση του σογιέλαιου από αιθέριο έλαιο κανέλας και ρίγανης σε ποσοστό 1%, δεν προκαλεί μείωση στον ρυθμό ανάπτυξης της τσιπούρας. Η αύξηση του σωματικού βάρους και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια που είχαν περιεκτικότητα σε έλαιο κανέλας και ρίγανης σε ποσοστό 2%, παρουσίασαν διαφορές με τον μάρτυρα Control, οι οποίες ήταν στατιστικά σημαντικές. Αυτό σημαίνει ότι η αντικατάσταση του σογιέλαιου από αιθέριο έλαιο κανέλας και ρίγανης σε ποσοστό 2% στις τροφές της τσιπούρας μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξής της. Βέβαια, η παρατηρούμενη αυτή μείωση της ανάπτυξης της τσιπούρας διατρεφόμενη με σιτηρέσια με περιεκτικότητες σε αιθέριο έλαιο ρίγανης και κανέλας της τάξης του 2%, θα πρέπει να εξεταστεί για

μεγαλύτερο διάστημα εκτροφής, όπου πιθανόν να οδηγήσει σε ακόμα πιο σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Z.L Zheng *et al.*, (2009) πάνω στο Γατόψαρο (*Ictalurus punctatus*), όταν αιθέριο έλαιο ρίγανης, προερχόμενο από το φυτό *Oreganum heracleoticum L.*, προστέθηκε μέσα στην τροφή του και σιτίστηκε για οχτώ εβδομάδες. Τα αποτελέσματα στο πείραμα αυτό έδειξαν ότι στο σιτηρέσιο που περιείχε αιθέριο έλαιο ρίγανης και μόνο παρατηρήθηκε το χαμηλότερο SGR και η μεγαλύτερη αύξηση σωματικού βάρους WG σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σιτηρέσια καθώς και από την τροφή μάρτυρα, που δεν περιείχε καθόλου αιθέριο έλαιο ρίγανης. Επίσης, σε εργασία που πραγματοποιήθηκε από τους Rattanachaikunsopon P. & Phumkhachorn P. (2010), όταν πρόσθεσαν αιθέριο έλαιο κανέλας, που προήλθε από το φυτό *Cinnamomum verum*, στην τροφή τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*), φάνηκε ότι δεν παρουσίασε διαφορές όσον αφορά την ανάπτυξη σε σχέση με την τροφή μάρτυρα. Έπειτα, οι De Moraes França Ferreira P. *et al.*, (2014), πρόσθεσαν στην τροφή του *Astyanax altiparanae* αιθέριο έλαιο ρίγανης, προερχόμενο από το φυτό *Origanum vulgare*, φάνηκε ότι σε χαμηλές συγκεντρώσεις αιθέριου ελαίου ρίγανης η αύξηση σωματικού βάρους καθώς και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης SGR, ήταν υψηλότερα από την τροφή μάρτυρα, ενώ όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ρίγανης, πάνω από 1%, ήταν σε χαμηλότερα επίπεδα από τα αποτελέσματα της τροφής μάρτυρα. Τέλος, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Zeppenfeld C.C. *et al.*, (2015) πάνω στο γατόψαρο *Rhamdia quelen* όταν πρόσθεσαν στην τροφή του, αιθέριο έλαιο του φυτού *Aloysia triphylla*. Στο πείραμα αυτό στις 60 ημέρες, στη διατροφική ομάδα που είχαν προσθέσει 2ml (στο 1 kg τροφής) αιθέριο έλαιο, φάνηκε ότι η αύξηση του σωματικού βάρους WG και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης SGR ήταν πολύ υψηλότερα σε σχέση με

τις υπόλοιπες διατροφικές ομάδες που περιείχαν αιθέριο έλαιο σε μικρότερη ποσότητα και την τροφή μάρτυρα που δεν περιείχε καθόλου αιθέριο έλαιο.

Στο παρόν πείραμα, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) κυμάνθηκε στα επίπεδα 1,23-1,75 μεταξύ όλων των ομάδων, με το FCR της ομάδας μάρτυρα να έχει τις χαμηλότερες τιμές. Ιδιαίτερα, το FCR της Cin2% διατροφικής ομάδας ήταν σημαντικά υψηλότερο από εκείνο της Control διατροφικής ομάδας. Το γεγονός αυτό δείχνει πως η υψηλή αντικατάσταση του σογιέλαιου με αιθέριο έλαιο κανέλας, της τάξης του 2%, οδηγεί σε μειωμένο μεταβολισμό της τροφής. Σε αντίθεση, οι διατροφικές ομάδες Cin1% και Or1% δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με το μάρτυρα Control ενώ η διατροφική ομάδα Or2% παρουσίασε μικρές διαφορές αλλά όχι στατιστικά σημαντικές (η Or2% παρουσίασε χαμηλότερο FCR από την Cin2%). Αυτό υποδεικνύει πως το αιθέριο έλαιο ρίγανης και κανέλας, σε ποσοστό αντικατάστασης 1%, αξιοποιείται μεταβολικά σε πολύ μεγάλο βαθμό για την αύξηση του σωματικού βάρους της τσιπούρας και επομένως, αποτελεί ένα πολύ καλό υποκατάστατο (σε ποσοστό 1%) του σογιέλαιου αναφορικά με την αξιοποίηση της τροφής από την τσιπούρα. Αντίθετα απ' ότι φαίνεται σε μεγαλύτερα ποσοστά αντικατάστασης της τάξης του 2%, τα αιθέρια έλαια δεν αξιοποιούνται μεταβολικά σε μεγάλο βαθμό για την αύξηση του σωματικού βάρους της τσιπούρας.

Αρχικά, στην εργασία των Z.L. Zheng *et al.*, (2009) φαίνεται πως στο σιτηρέσιο που περιέχει αιθέριο έλαιο ρίγανης έχουμε χαμηλότερο FCR ακόμα και από την τροφή μάρτυρα. Επίσης, σε εργασία που πραγματοποιήθηκε από τους Rattanachai-kunsorop P. & Phumkhachorn P. (2010)., όταν πρόσθεσαν αιθέριο έλαιο κανέλας, που προήλθε από το φυτό *Cinnamomum verum*, στην τροφή τιλάπιας (*Oreochromis niloticus*), φάνηκε ότι δεν παρουσίασε διαφορές στον συντελεστή

μετατρεψιμότητας της τροφής. Έπειτα, οι De Moraes França Ferreira P. *et al.*, (2014), πρόσθεσαν στην τροφή του *Astyanax altiparanae* αιθέριο έλαιο ρίγανης, προερχόμενο από το φυτό *Origanum vulgare*, φάνηκε ότι σε χαμηλές συγκεντρώσεις αιθέριων ελαίων ο δείκτης FCR ήταν παρόμοιος με την τροφή μάρτυρα ενώ όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ρίγανης το FCR αυξανόταν.

Ο δείκτης μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης (PER) στο τέλος του παρόντος πειράματος κυμάνθηκε από 1,05-1,53 μεταξύ των διατροφικών ομάδων, με τις χαμηλότερες τιμές να προέρχονται από τις διατροφικές ομάδες με περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο 2%(Cin2%, Or2%). Αυτό ίσως να μας οδηγεί στο γεγονός ότι η υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, καθιστά πιο δύσκολη την αξιοποίηση της πρωτεΐνης του ιχθυαλεύρου μεταβολικά από την τσιπούρα διότι, τα άλλα δύο σιτηρέσια (Cin1% και Or1%) τα οποία έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, δεν παρουσίασαν διαφορές στον δείκτη μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης PER σε σχέση με την τροφή μάρτυρα Control.

Οι De Moraes França Ferreira P. *et al.*, (2014), πρόσθεσαν στην τροφή του *Astyanax altiparanae* αιθέριο έλαιο ρίγανης, προερχόμενο από το φυτό *Origanum vulgare*, φάνηκε ότι σε χαμηλές συγκεντρώσεις αιθέριων ελαίων ο δείκτης μετατρεψιμότητας της πρωτεΐνης PER ήταν υψηλότερος σε σχέση με την τροφή μάρτυρα ενώ όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ρίγανης το PER μειωνόταν περισσότερο και από την τροφή μάρτυρα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτροφή της τσιπούρας με αιθέρια έλαια (ρίγανη και κανέλα) σε αντικατάσταση 1 και 2% συνοψίζονται στα εξής:

- Η επιβίωση των ψαριών επηρεάζεται από τη χρήση των αιθέριων ελαίων, όταν αυτό αντικαθιστά το σογιέλαιο σε ποσοστό 2%.
- Η αντικατάσταση του φυτικού ελαίου σογιέλαιου από το αιθέριο έλαιο ρίγανης της τάξης του 2% επιφέρει σημαντική μείωση της ανάπτυξης της τσιπούρας, διατρεφόμενη για 60 ημέρες, και οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερη αξιοποίηση της τροφής (FCR) και της πρωτεΐνης της τροφής (PER).
- Η αντικατάσταση του φυτικού ελαίου σογιέλαιου από το αιθέριο έλαιο ρίγανης της τάξης του 1% δεν μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη (SGR) της τσιπούρας, καθώς και την αξιοποίηση της τροφής (FCR) και της πρωτεΐνης της τροφής (PER) από αυτήν, διατρεφόμενη για 60 ημέρες.
- Μελλοντικά, όλα αυτά τα επίπεδα αντικατάστασης του φυτικού ελαίου από αιθέρια έλαια θα πρέπει να εξεταστούν για μεγαλύτερο διάστημα εκτροφής, ώστε να καθοριστούν με μεγαλύτερη βεβαιότητα τα μέγιστα επιτρεπτά όρια ενσωμάτωσης αυτών στο σιτηρέσιο της τσιπούρας, καθώς και να εξεταστούν υψηλότερα επίπεδα αντικατάστασης των φυτικών ελαίων από τα αιθέρια έλαια ρίγανη και κανέλα, αλλά και από άλλα αιθέρια έλαια.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ξένη Βιβλιογραφία

- Asbahani A. El., Miladi K., Badri W., Sala M., Aït Addi E.H., Casabianca H., El Mousadik A., Hartmann D., Jilale A., Renaud F.N.R., Elaissari A., (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*. 483: 220–243.
- Allan G. (2006) The growing fishmeal shortage. *Aquaculture*, 14: 28. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990) In: *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 15th edn., 1018 pp. AOAC, Arlington, VA.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995). *Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International*, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., (2008). Biological effects of essential oils – a review. *Food and Chemical Toxicology*. 46: 446–475.
- Bharti V., Vasudeva N., Dhuhan J.S., (2013). Combination Studies of *Oreganum vulgare* extract fractions and volatile oil along with ciprofloxacin and fluconazole against common fish pathogens. *Advanced Pharmaceutical Bulletins*. 3: 239-246.
- Bulfon C., Volpatti D., Galeotti M., (2014). *In vitro* antibacterial activity of plant ethanolic extracts against fish pathogens. *Journal of the World Aquaculture Society*. 45: 547-557.
- Burt S., (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94: 223–253.
- Cleff M.B., Meiners A.R., Xavier M., Schuch L.F., Meireles M.C.A., Rodrigues M.R.A., Mello J.R.B., (2010). *In vitro* activity of *Origanum vulgare* essential oil against candida species. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol: 41
- Cunha J.A., Scheeren C.A., Salbego J., Gressler L.T., adaloz L.M., Bandeira-Junior G., Bianchini A.E., Pinheiro C.G., Bordignon S.A.L., Heinzmann B.M., Baldisserotto B., (2017). Essential oils of *Cunila galioides* and *Origanum majorana* as anesthetics for *Rhamdia quelen*: efficacy and effects on ventilation and ionoregulation. *Neotropical Ichthyology*. Vol: 15.

- Cunha M.A., Barros F.M.C., Garcia L.O., Veeck A.P.L., Heinzmann B.M., Loro V.L., Emanuelli T., Baldisserotto B., (2010). Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*. 306: 403–406.
- De Moraes Franca Ferreira P., da Silva Nascimento L., Coelho Dias D., da Veiga Moreira D.M., Lúcia Salaro A., Duca de Freitas M.B., Suza Carneiro A.P., Sampaio Zuanon J.A., (2014). Essential Oregano Oil as a Growth Promoter for the Yellowtail Tetra, *Astyanax altiparanae*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 45: 28-34
- Gabor E.F, Sara A., Barbu A. (2010). The Effects of Some Phytoadditives on Growth, Health and Meat Quality on Different Species of Fish. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. Vol: 43.
- Gkolomazou E., Malandrakis E.E., Kavouras M., Karatzinos T., Miliou H., Exadactylos A., Panagiotaki P., (2016). Anaesthetic and genotoxic effect of medicinal plant extracts in gilthead seabream (*Sparus aurata L.*). 464: 673-682.
- Gruenwald J., Freder J., Armbruester N., (2010). Cinnamon and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 50: 822–834.
- 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.
- Rattanachaikunsopon, P., & Phumkhachorn, P. (2010). Potential of cinnamon (*Cinnamomum verum*) oil to control *Streptococcus iniae* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fisheries Science*, 76(2), 287–293.
- 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.
- Teles M., Oliveira M., Jerez-Cepa I., Franco-Martinez L., Tvarijonaviciute A., Tort L., Mancera J.M., (2019). Transport and Recovery of Gilthead Sea bream (*Sparus aurata L.*) Sedated with Clove Oil and MS-222: Effects on Oxidative Stress Status. *Original Research Article*.
- Tidwell J.H. and Allan G.L. (2002) Fish as food: Aquaculture's contribution. *World Aquaculture*, 33: 44 – 48.
- Toni C., Martos-Sitcha J.A., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Silva L.L., Martinez-Rodríguez G., Mancera J.M., (2015). Sedative effect of 2-phenoxyethanol and

essential oil of *Lippia alba* on stress response in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Research in Veterinary Science. 103: 20-27.

Zeppenfeld C. C., Hernández D. R., Santinón J. J., Heinzmann B. M., da Cunha M. A., Schmidt D., Baldisserotto B. (2015). Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). Aquaculture Nutrition, 22(4), 933–940. doi:10.1111/anu.12311

Z.L. Zheng, Justin Y.W.Tan, H.Y. Liu, X.H. Zhou, X. Xiang, K.Y.Wang. (2009). Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture. 292: 214-218.

- **Ελληνική Βιβλιογραφία**

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

Μεντέ Ε. και Νέγκας Ι. (2011) Στοιχεία φυσιολογίας θρέψεως και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, σελ. 224 – 228.

Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008) Διατροφή ιχθύων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, σελ. 846 – 863.

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

Νεοφύτου Ν. Χ. (2015) Βιολογία Ιχθύων & Θαλάσσιων Θηλαστικών. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ) (2017). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια. https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM17_WEB_GR.pdf

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ) (2018). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια. [https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR\(2\).pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR(2).pdf)

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ) (2016). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια http://www.geotee.gr/lnkFiles/20170104020629_4.pdf.

Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ) (2018). Ελληνική υδατοκαλλιέργεια [https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR\(2\).pdf](https://www.fgm.com.gr/uploads/file/FGM_18_GR(2).pdf)

- **Ηλεκτρονική βιβλιογραφία**

http1: europa.eu/eurostat/statistics

http2: www.fishbase.org

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

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

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