

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Επίδραση της ιχθυοφόρτισης στη διατροφική συμπεριφορά εντατικά  
εκτρεφόμενης τσιπούρας μετά από χορήγηση φυτοφαρμακευτικών  
πρόσθετων »**

**Παπάς Χρήστος - Γαβριήλ**

**Βόλος 2021**

**«Επίδραση της ιχθυοφόρτισης στη διατροφική συμπεριφορά εντατικά εκτρεφόμενης τσιπούρας μετά από χορήγηση φυτοφαρμακευτικών πρόσθετων »**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

**1) Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπουσα*.

**2)Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

**3) Ελένη Γκολομάζου**, Επίκουρη Καθηγήτρια , Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κα. Παναγιώτα Παναγιωτάκη, για την πολύτιμη καθοδήγησή και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Πανάγου Ασημά, καθώς επίσης και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Πιερ Ψωφάκη για την πολύτιμη βοήθεια σε τεχνικά ζητήματα του πειράματος. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τον ιχθυογεννητικό σταθμό του ομίλου 'ΣΕΛΟΝΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΑ Α.Ε.Γ.Ε' για τη διάθεση των ιχθύων για την πραγματοποίηση του πειράματος. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και κατανόηση καθ' όλο το χρονικό διάστημα των μεταπτυχιακών σπουδών μου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ιχθυοφορτίσεις αποτελούν κύριο παράγοντα για την ενίσχυση της ευζωίας των ιχθύων. Καθίστανται ακόμα πιο σημαντικές όταν στόχος μιας μονάδας είναι η μεγάλη παραγωγικότητα, όπου υπάρχουν υψηλές ιχθυοφορτίσεις σε περιορισμένο χώρο. Παράλληλα, η χορήγηση φυτοφαρμακευτικών πρόσθετων ( PFAs – Phytogenic Feed Additives ) μέσω της τροφής έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει την διέγερση της όρεξης, την καλύτερη ανοσολογική απόκριση σε ασθένειες αλλά και την ανάπτυξη των ιχθύων. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της συμπεριφοράς νεαρών ατόμων τσιπούρας υπό την επίδραση ιχθυοφορτίσεων πυκνοτήτων ( 10,20,30 ατόμων αντίστοιχα ) σε συνδυασμό, με τη χορήγηση κανέλας ως φυτοφαρμακευτικό πρόσθετο στην τροφή σε ποσοστό 2 %. Η παρατήρηση της συμπεριφοράς πραγματοποιήθηκε με κάμερα και ακολούθησε ανάλυση ταχύτητας καθώς και ιχνηλάτιση ( tracking ) στο ενυδρείο με τη βοήθεια του λογισμικού επεξεργασίας εικόνας ImageJ. Τρεις μεταχειρίσεις με πρόσθετο κανέλα ως χορηγούμενη τροφή σε διαφορετικές ιχθυοφορτίσεις (CIN10,CIN20,CIN30 ) και τρεις μάρτυρες ( CONTROL10,CONTROL20,CONTROL30 ), με χορήγηση συμβατικής τροφής παρατηρήθηκαν για 15 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποσοστά κατάποσης της τροφής για τις μεταχειρίσεις και τους μάρτυρες έφθαναν σε μεγάλο βαθμό το 100% ενώ, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην κατάποση μεταξύ των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα για κάθε ιχθυοφόρτιση. Επιπλέον, όσον αφορά τις ταχύτητες των ατόμων στις τρεις ιχθυοφορτίσεις δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις τιμές μεταξύ μεταχειρίσεων και μάρτυρα. Καταληκτικά, η κανέλα ως πρόσθετο στην τροφή σε συνδυασμό με χαμηλές ιχθυοφορτίσεις ( 10 άτομα ) μπορεί να ενισχύσει την ευζωία της τσιπούρας.

**Λέξεις κλειδιά :** Ιχθυοφόρτιση, *Sparus aurata*, φυτοφαρμακευτικά πρόσθετα, διατροφική συμπεριφορά

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
1.1.Συστηματική κατάταξη του είδους <i>Sparus aurata</i> .....	1
1.2.Γενικές πληροφορίες – Γεωγραφική εξάπλωση.....	1
1.3.Διατροφή – Θρεπτικές απαιτήσεις του είδους.....	3
1.4.Διατροφική συμπεριφορά της τσιπούρας.....	6
1.5.Μορφολογία της γλώσσας και αισθητήρια όργανα.....	7
1.5.1.Στοματική κοιλότητα –όργανα πρόσληψης της τροφής.....	7
1.6.Γενικές πληροφορίες για τα αισθητήρια όργανα.....	10
1.6.1.Όραση.....	10
1.6.2.Γεύση και όσφρηση.....	10
1.6.3.Ακοή.....	11
1.7.Ιχθυοφορτίσεις - Γενικά.....	12
1.8.Φυτοφαρμακευτικά πρόσθετα στη διατροφή της εντατικά εκτρεφόμενης τσιπούρας.....	14
1.9.Σκοπός.....	14
<b>2.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b> .....	16
2.1.Πειραματικός σχεδιασμός – Συνθήκες πειράματος.....	16
2.2.Διατροφή ιχθύων.....	20
2.3.Λογισμικό ( Software ) για την ανάλυση της διατροφικής συμπεριφοράς - Υπολογισμός ταχυτήτων.....	21

<b>3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	25
3.1 Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς την 1 <sup>η</sup> εβδομάδα.....	25
3.2 Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς την 2 <sup>η</sup> εβδομάδα.....	30
3.3 Σύγκριση της διατροφικής συμπεριφοράς CIN-CONTROL την 1 <sup>η</sup> εβδομάδα.....	35
3.4 Σύγκριση της διατροφικής συμπεριφοράς CIN-CONTROL την 2 <sup>η</sup> εβδομάδα.....	35
3.5 Σύγκριση ταχυτήτων CIN - CONTROL.....	38
<b>4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ...</b> .....	40
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	42
5.1. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	42
5.2. Ελληνική βιβλιογραφία.....	44
5.3. Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	44
<b>6. ABSTRACT</b> .....	45

### 1.1. Συστηματική κατάταξη του είδους *Sparus aurata L.*

Η τσιπούρα (*Sparus aurata L.*) (Εικ. 1.1), ανήκει στην οικογένεια των *Sparidae* και στην κλάση των *Actinopterygii*. Η συστηματική κατάταξη του είδους (Κλαουδάτος 2012) είναι η εξής:

Βασίλειο: Ζώα - *Animalia*

Φύλο: Χορδωτά - *Chordata*

Υποφύλο: Σπονδυλωτά - *Vertebrata*

Υπερκλάση: Οστειχθύων - *Osteichthyes*

Κλάση: Ακτινοπτερυγίων - *Actinopterygii*

Μεσοκλάση: Τελεόστεων - *Teleostei*

Οικογένεια: Σπαρίδων - *Sparidae*

Γένος: *Sparus*



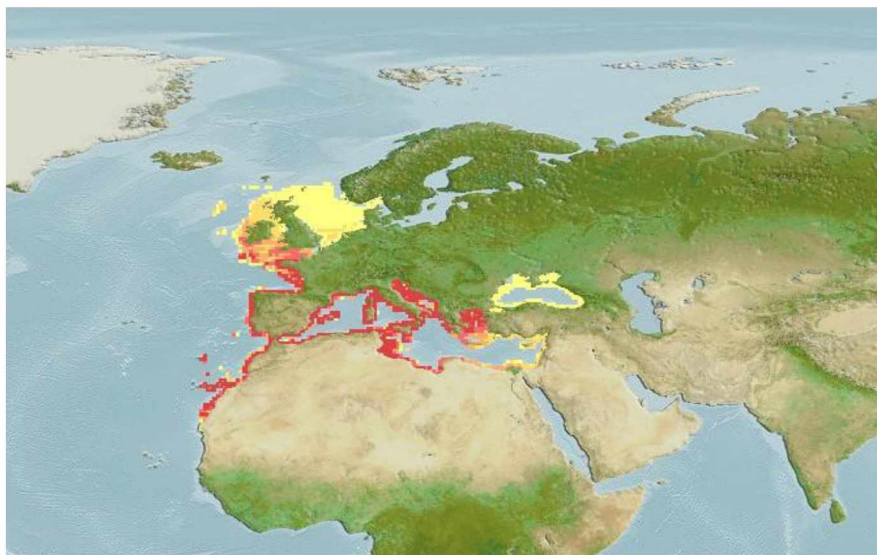
Εικόνα 1.1: Τσιπούρα (*Sparus aurata L.*)

### 1.2 Γενικές πληροφορίες – Γεωγραφική εξάπλωση

Η τσιπούρα είναι βενθοπελαγικό είδος της υποτροπικής ζώνης και η διαβίωσή του παρατηρείται σε παράκτιες περιοχές με αμμώδεις πυθμένες και φυκιάδες, φτάνοντας σε βάθη 30 μέχρι 150 m, ανάλογα με την ηλικία του. Πολύ συχνά εισέρχεται



στις λιμνοθάλασσες. Δεν είναι μεταναστευτικό είδος και ζει είτε μοναχικά είτε σχηματίζοντας μικρά κοπάδια (Νεοφύτου 2015). Στο φυσικό περιβάλλον συχνά συναντάται σε υφάλμυρα και θαλασσινά νερά, σε περιοχές με θαλάσσια λιβάδια Ποσειδωνίας και υφάλους (Morretti *et al.* 1999). Εκτείνεται γεωγραφικά στην κεντρική και στη δυτική Μεσόγειο θάλασσα, λιγότερο συχνά στις ανατολικές και νοτιοανατολικές περιοχές, ενώ σπανιότερα στη Μαύρη θάλασσα (Εικ. 1.2). Συναντάται επίσης στις ακτές του Ατλαντικού ωκεανού από την περιοχή της Μεγάλης Βρετανίας μέχρι το Πράσινο ακρωτήριο και τα Κανάρια νησιά (Νεοφύτου 2015).



Εικόνα 1.2: Γεωγραφική εξάπλωση τσιπούρας ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org))

Η τσιπούρα είναι είδος της Μεσογείου και ένα από τα δύο κυριότερα εκτρεφόμενα είδη στις μεσογειακές και ελληνικές θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες. Έχει ψηλό και πλευρικά συμπιεσμένο σώμα, ψηλή και καμπυλωτή ράχη, λεπτό μίσχοστο ουραίο πτερύγιο, τα μεγάλα κτενοειδή λέπια, ένα ραχιαίο πτερύγιο με 11 σκληρές και 13 μαλακές άκανθες, η καστανόμαυρη κηλίδα στο βραγχιακό επικάλυμμα και μια χρυσή κοντυλιά στο μάτι. Το ρύγχος είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από το διπλάσιο της

διαμέτρου του ματιού, ο αριθμός των λεπιών κατά μήκος της πλευρικής γραμμής κυμαίνεται από 75 έως 85. Το είδος είναι σαρκοφάγο (Froese&Pauly, 2006), με στόμα ελαφρά προτεταμένο, εφοδιασμένο με δόντια προσαρμοσμένα στη σύνθλιψη των κελυφών των δίθυρων μαλακίων (μυδιών και στρειδιών), που αποτελούν την αγαπημένη της τροφή. Αντέχει σε ένα σχετικά μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος από 4 έως 32 βαθμούς Κελσίου, αν και είναι σχετικά ευαίσθητο ψάρι στις χαμηλές θερμοκρασίες των βόρειων περιοχών της Μεσογείου. Ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης επιτυγχάνεται μεταξύ των 22 έως 24 βαθμούς Κελσίου (Klaoudatos&Apostolopoulos, 1986). Η αντοχή της στις μεταβολές της αλατότητας έχουν εύρος από 0 έως τα 40 psu. Είναι είδος που προσαρμόζεται εύκολα στην αιχμαλωσία, χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη, ανθεκτικότητα στις μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτινων μαζών και εξαιρετική ποιότητα κρέατος, χαρακτηριστικώς οποία οφείλεται το μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και η επιλογή της για εντατική εκτροφή (Apostolopoulos&Klaoudatos, 1986).

### **1.3 Διατροφή – Θρεπτικές απαιτήσεις**

Η τσιπούρα είναι σαρκοφάγος ιχθύς, διατρεφεται ανάλογα με την ηλικία του, με ζωοπλαγκτόν (π.χ. κωπήποδα), πολύχαιτους, αμφίποδα, γαστερόποδα μαλάκια (δίθυρα), καρκινοειδή και κατάλληλου μεγέθους ιχθύες (Παπουτσόγλου 2008).

Οι ανάγκες των νεαρών ατόμων της τσιπούρας (από 1-2 έως περίπου 60-70 g) για την επίτευξη μεγίστης αναπτύξεως, εκτιμώνται στο επίπεδο του 50-55% (σε ξηρές τροφές με υγρασία 9,5-10%), με την προϋπόθεση πλήρους καλύψεως των ιχθύων όχι

μόνο σε απαραίτητα και μη αμινοξέα αλλά και στις απαιτήσεις τους σε ενέργεια. Στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 1) αναγράφονται οι θρεπτικές απαιτήσεις του είδους. Η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών στην χορηγούμενη τροφή, ποιοτικά, πρέπει να είναι υψηλής βιολογικής αξίας ή να ανταποκρίνονται επαρκώς στις απαιτήσεις των διεργασιών της φυσιολογίας θρέψεως της τσιπούρας. Γι' αυτό είναι αναγκαία η προμήθεια πρωτεϊνούχων πρώτων υλών οι οποίες προέρχονται από το θαλάσσιο περιβάλλον, όπως είναι τα ιχθυάλευρα και η κατάρτιση κατάλληλων σιτηρεσιών, με καλά επίπεδα κυρίως σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Παπουτσόγλου 2008).

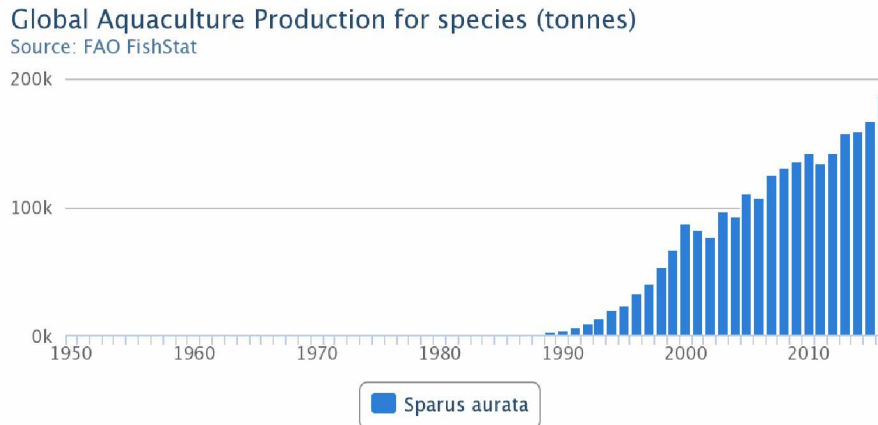
Πίνακας 1. Θρεπτικές απαιτήσεις είδους *Sparusaurata* (Παπουτσόγλου, 2008)

Θρεπτική σύσταση (%)	Στάδιο ζωής	
	Ιχθύδια	Ενήλικα άτομα
<b>Πρωτεΐνη</b>	40-60	40-45
<b>Λίπος</b>	12-25	12-25
<b>Υδατάνθρακες</b>	20	20
<b>Φώσφορος</b>	0,65	-
<b>Πρωτεΐνη/Ενέργεια(mg/Kj)</b>	20,8/22,4	21,5/28,1
<b>Αμινοξέα τροφής (% στη πρωτεΐνη)</b>		
<b>Αργινίνη</b>	2,5-7,0	2,5-7,0
<b>Λυσίνη</b>	5,0-8,0	5,0-8,0
<b>Μεθειονίνη</b>	3,5-4,0	3,5-4,0
<b>Τρυπτοφάνη</b>	0,5-1,0	0,5-1,0
<b>Ιστιδίνη</b>	1,5-3,5	1,5-3,5

<b>Ισολευκίνη</b>	2,5-5,0	2,5-5,0
<b>Λευκίνη</b>	4,5-7,0	4,5-7,0
<b>Βαλίνη</b>	3,0-5,5	3,0-5,5
<b>Φαινυλαλανίνη</b>	3,0-4,0	3,0-4,0
<b>Θρεονίνη</b>	3,0-4,5	3,0-4,5

#### 1.4 Στοιχεία παραγωγής του είδους - Διατροφική συμπεριφορά

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) αποτελεί ένα από τα κύρια εκτρεφόμενα είδη στη Μεσόγειο Θάλασσα. Η απόδοση της παραγωγής της παγκοσμίως έφτασε το 2016 στους 185.980 τόνους (FAOFishStat).



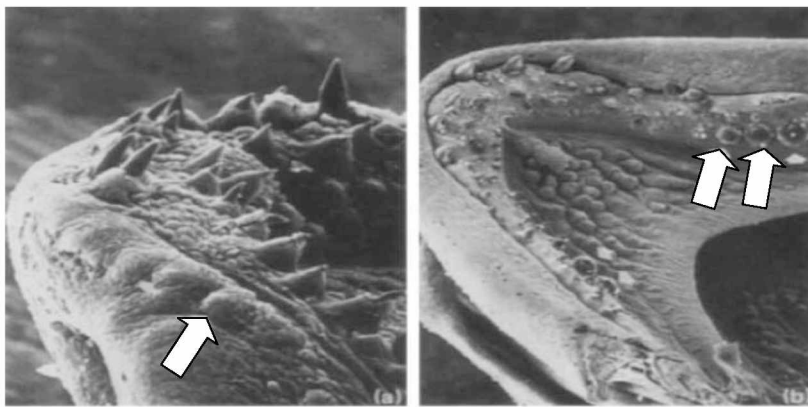
**Εικόνα 1.** Παγκόσμια παραγωγή εντατικά εκτρεφόμενης τσιπούρας σε τόνους (FAOFishStat )

Διάφοροι μηχανισμοί και διατροφικές συμπεριφορές εμπλέκονται σε πολλούς τελεόστεους ιχθύες επιτρέποντας τους να αυξάνουν την ποικιλία των ειδών προς κατανάλωση ή να ειδικεύονται στην κατανάλωση συγκεκριμένων μόνο θηραμάτων (Vandewalle et al. 1995, Nemeth 1997, Frost and Sanford 1999, Grubich 2000, Wainwright and Friel 2000, Sanford 2001). Ωστόσο, αυτή η διατροφική συμπεριφορά αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν το είδος βρίσκεται κάτω από συνθήκες εκτροφής. Η πρόσληψη της τροφής από την τσιπούρα είναι συγκεκριμένη και χαρακτηρίζεται από τον ιδιαίτερο χειρισμό της (Adrew et al 2003). Αυτή η διατροφική συμπεριφορά έχει παρατηρηθεί και σε άλλα είδη σπαριδών, όπως το *Diplodus sargus L.* (Vanderwalle et al. 1995).

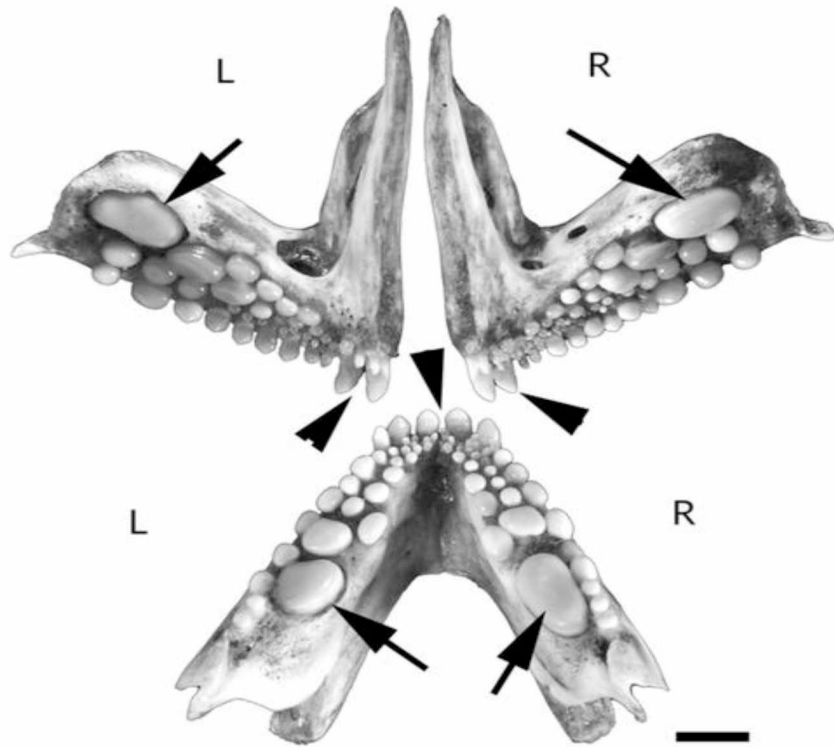
## 1.5 Μορφολογία της γλώσσας και αισθητήρια όργανα

### 1.5.1 Στοματική κοιλότητα – όργανα πρόσληψης τροφής

Η οδοντοστοιχία νεαρών ατόμων τσιπούρας [Εικ. 2 (a), (b)] αποτελείται κυρίως από πολλά μικρά δόντια που μοιάζουν με κυνόδοντες στοιχισμένα σε τρεις ομόκεντρες σειρές. Τα εξωτερικά μετωπικά δόντια, πάντα κωνικά, είναι μεγαλύτερα από αυτά των δύο εσωτερικών σειρών. Λιγότερο αιχμηρά δόντια, με μεγαλύτερη διάμετρο, βρίσκονται στην κάτω περιοχή. Αυτά τα δόντια μπορεί να είναι μεταβατικά για επακόλουθη αναδιοργάνωση της οδοντοστοιχίας στον ενήλικα με το σύμπλεγμα ετεροδοντικού συστήματος κυνοειδών δοντιών και άλλα δόντια μετάβασης.



**Εικόνα 2.** Μικρογραφίες SEM των γνάθων του *Sparus aurata*. ( a ) Οδοντοστοιχία νεαρού ατόμου , κλίμακα 25 mmx 250. Το βέλος δείχνει τους γευστικούς κάλυκες. ( b ) Οδοντοστοιχία νεαρού ατόμου, κλίμακα 35mmx 45. Το βέλος δείχνει τα μεταβατικά δόντια. ( Cataldi et al., 1987 )



**Εικόνα 3.** Γλωσσική άποψη των δύο κάτω γνάθων και των δύο άνω γνάθων ενήλικου ατόμου *S. aurata* που δείχνουν τα πρόσθια αιχμηρά δόντια (ομοιόμορφα δόντια) (βέλη), ένα αριθμό δοντιών μοριακής μορφής και τα οπίσθια δόντια μοριακής μορφής (βέλη). Κλίμακα :5 mm ( Germain&Meunier , 2020 )

## **1.6 Γενικές πληροφορίες για τα αισθητήρια όργανα**

Τα όργανα αίσθησης των ιχθύων αποτελούνται από τους οφθαλμούς, την πλευρική γραμμή, τους ακουστικούς αγωγούς, τους οσφρητικούς σωλήνες και τους γευστικούς κάλυκες, όπου όλα περιέχουν νευρικές απολήξεις ( Νεοφύτου 1997 ).

### **1.6.1 Όραση**

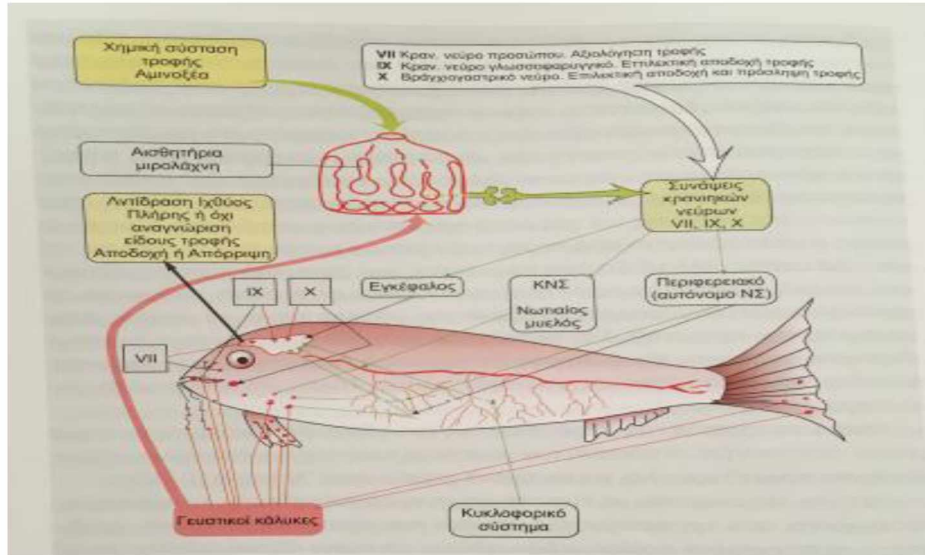
Το πιο σημαντικό όργανο αίσθησης των ιχθύων είναι ο οφθαλμός, ο οποίος στερείται δακρυικού αδένου και βλεφαρίδων. Οι οφθαλμοί των ιχθύων έχουν προσαρμοσθεί έτσι ώστε να βλέπουν μέσα στο νερό. Τα κύρια μέρη του οφθαλμού των ιχθύων είναι ο αμφιβληστροειδής χιτώνας (βρίσκεται πίσω ) και ο φακός ( βρίσκεται μπροστά ). Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας επιτρέπει την οξεία μπροστινή και πλάγια όραση στους ιχθύες ( Νεοφύτου 1997 ).

### **1.6.2 Γεύση και όσφρηση**

Τα όργανα της όσφρησης των ιχθύων είναι τοποθετημένα σε σάκκους μέσα στη μύτη και στα περισσότερα είδη δεν υπάρχει επικοινωνία με τον φάρυγγα. Να σημειωθεί ότι οι οσφρητικοί πόροι δε χρησιμοποιούνται για αναπνευστικούς σκοπούς ενώ κάθε οσφρητικό όργανο αποτελείται από βαθύ κοίλωμα με ειδικά αισθητήρια νεύρα. Λειτουργικά, το οσφρητικό σύστημα των ιχθύων χρησιμοποιείται για τον προσανατολισμό και την προειδοποίηση ( Νεοφύτου 1997 ).



Η αίσθηση της γεύσης αν και συγγενικό ερέθισμα με την όσφρηση διαφέρει ανατομικά με αυτή και κυρίως με τον μηχανισμό όπου τα αισθητήρια ερεθίσματα φθάνουν στον εγκέφαλο.



**Εικόνα 4.** Απλοποιημένη σχηματική παράσταση της εμπλοκής του νευρικού συστήματος στις διεργασίες της γεύσεως των ιχθύων. ΚΝΣ Κεντρικό Νευρικό Σύστημα, ΝΣ Νευρικό σύστημα (Παπουτσόγλου, 2008)

### 1.6.3 Ακοή

Η αίσθηση της ακοής εξυπηρετείται τόσο από το εσωτερικό αυτί ( δεν υπάρχει ενδιάμεσος και εξωτερικός λαβύρινθος ), τα αισθητήρια κέντρα της πλευρικής γραμμής των τελεόστεων ιχθύων (ωτόλιθοι-asteriscus, lapillussagitta, ακουστικούς θύλακες, λαγνοφόρα κύτταρα, νευρικές ίνες) και τη νηκτική κύστη των ιχθύων. Λειτουργικά το αυτί των ιχθύων σχετίζεται με την ισορροπία και την λήψη ήχων.

### 1.7 Ιχθυοφορτίσεις - Γενικά

Η ιχθυοφόρτιση αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την ευζωία των ιχθύων στις υδατοκαλλιέργειες, ειδικά στις περιπτώσεις όπου υψηλές ιχθυοφορτίσεις σε περιορισμένο χώρο έχουν ως στόχο την υψηλή παραγωγικότητα. Ο όρος 'ιχθυοφόρτιση' αναφερόταν στο βάρος των ιχθύων ανά μονάδα όγκου νερού ή μονάδα όγκου στη μονάδα του χρόνου όπου το νερό ρέει στον περιβάλλοντα χώρο ( Ellis 2001 ). Ένα χαρακτηριστικό της ιχθυοφόρτισης είναι ότι αυξάνεται στη μονάδα του χρόνου με την αύξηση των ιχθύων ή μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δυσκολία της μέτρησής της στο πεδίο. Η έννοια του ελάχιστου χώρου για τους ιχθύες καθίσταται πιο πολύπλοκη από τα χερσαία ζώα, καθώς χρησιμοποιούν ένα τρισδιάστατο μέσο ( Ellis, 2001; FSBI, 2002; Conte, 2004 ). Επειδή οι ιχθύες εξαρτώνται από αυτό το μέσο τόσο για τις φυσιολογικές τους ανάγκες όσο και για το πώς θα επηρεαστεί η συμπεριφορά τους, οι ανησυχίες που προκύπτουν για την ευζωία και την επίδραση της ιχθυοφόρτισης σε αυτή, πρέπει να επικεντρωθούν στη φέρουσα ικανότητα του συστήματος, στις ανάγκες που έχει το κάθε είδος σε χώρο και η μελέτη της συμπεριφοράς τους. Ο όρος 'φέρουσα ικανότητα' αναφέρεται στο μέγιστο αριθμό ιχθύων που μπορεί να υποστηρίξει ένα περιβάλλον με την παροχή οξυγόνου και την αποβολή των μεταβολικών υποπροϊόντων. Καθορίζεται από το βαθμό κατανάλωσης οξυγόνου των ιχθύων και την απόκρισή τους σε μεταβολικά υποπροϊόντα όπως το CO<sub>2</sub> και η αμμωνία ( Ellis, 2001 ). Επομένως, η ιχθυοφόρτιση αναφέρεται σε μια περιοχή η οποία υποδεικνύει τη σημασία των διαφορών ανάμεσα στα είδη και την ύπαρξη ενός πολύπλοκου δικτύου παραγόντων που επιδρούν στην ευζωία.

Μελέτες που έχουν γίνει σε εργαστηριακές συνθήκες αλλά και σε μονάδες παραγωγής έδειξαν ότι η επίδραση της ιχθυοφόρτισης στην ευζωία των ιχθύων διαφέρει μεταξύ

των ειδών. Για παράδειγμα το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax* L.) έδειξε υψηλότερα επίπεδα stress σε μεγάλες ιχθυοφορτίσεις, το οποίο καθορίστηκε από τα επίπεδα κορτιζόλης, την ανοσολογική απόκριση καθώς και την έκφραση των γονιδίων που σχετίζονται με το stress (Vazzana et al., 2002; Gornati et al., 2004). Στα νεαρά άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata* L.), οι υψηλές ιχθυοφορτίσεις δημιουργούν επίσης μία χρόνια κατάσταση stress, η οποία αποδεικνύεται από τα υψηλά επίπεδα κορτιζόλης, την ανοσοκαταστολή και τον αλλοιωμένο μεταβολισμό (Montero et al., 1999). Να σημειωθεί ότι οι ιχθυοφορτίσεις για την τσιπούρα στο στάδιο της προπάχυνσης, χωρίς πρόσθετη οξυγόνωση και για ιχθύδια 10-15 gr έχει διαπιστωθεί ότι πρέπει να είναι μέχρι  $7 \text{ kg/m}^3$  (Barnabe 1989). Αντίθετα, για το είδος *Salvelinus Alpinus* έχει βρεθεί ότι αναπτύσσεται καλύτερα σε υψηλές ιχθυοφορτίσεις ενώ, σε χαμηλές ιχθυοφορτίσεις δείχνει μειωμένη όρεξη (Jorgensen et al., 1993). Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές οι διαφορές δεν σχετίζονταν με το σχηματισμό ιεραρχιών κυριαρχίας στην ομάδα χαμηλής ιχθυοφόρτισης. Στο πλατύψαρο *H. Hippoglossus* L., η αντοχή του στις υψηλές ιχθυοφορτίσεις έχει να κάνει με το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται. Οι Greaves και Tuene (2001) έδειξαν ότι τα νεαρά άτομα του *Hippoglossus* είχαν καλύτερη ανάπτυξη και έφεραν λιγότερους τραυματισμούς από επιθετικές συμπεριφορές σε υψηλές ιχθυοφορτίσεις, ενώ οι Kristiansen et al (2004), παρατήρησαν περίεργη κολυμβητική δραστηριότητα, χαμηλή κατανάλωση τροφής και μειωμένα επίπεδα ανάπτυξης σε υψηλές ιχθυοφορτίσεις στα ενήλικα άτομα.

## 1.8 Φυτοφαρμακευτικά πρόσθετα στη διατροφή εντατικά εκτρεφόμενων ιχθύων

Τα φυτοφαρμακευτικά πρόσθετα ( PFAs – Phytogenic feed additives ) είναι μία σχετικά νέα κατηγορία διατροφικών πρόσθετων, στα οποία αυξάνεται το ενδιαφέρον όλο και περισσότερο στον κλάδο των υδατοκαλλιιεργειών. Προέρχονται από φυτικά προϊόντα, τα οποία προστίθενται στην τροφή με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης των ζωικών οργανισμών και μπορούν να βρεθούν σε στερεά, ξηρή, ως εκχύλισμα ή αιθέρια έλαια ( Steiner, 2006 ). Τα ενεργά συστατικά που περιέχονται ( π.χ. φλαβονοειδή ), έχουν ποικίλες επιδράσεις στους οργανισμούς όπως διέγερση της όρεξης, αντιμικροβιακή δράση, μείωση των εντεροβακτηρίων, αντιοξειδωτικές ιδιότητες και βελτίωση του ανοσοποιητικού συστήματος (Windisch et al., 2008; Chakraborty and Hancz, 2011; Chakraborty et al., 2014; Reverter et al., 2014). Τα φυτοφαρμακευτικά πρόσθετα που περιέχουν αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος φυτογενών προϊόντων που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοτροφές, καθώς έχουν γίνει αρκετές μελέτες για την δράση των εκχυλισμάτων στον έλεγχο των βακτηριακών ασθενειών των ιχθύων και στην ανοσοδιέγερση ( Nyaetal., 2010; Militzetal., 2013 ). Η κανέλα ( Ahmad et al., 2011 ) αποτελεί ένα πιθανό PFA στους ιχθύες, για την βελτίωση της ανάπτυξής τους αλλά και την μείωση της βακτηριακής χλωρίδας. Σε μελέτη που έγινε σε νεαρά άτομα του είδους *Oreochromis niloticus* (Heluietal., 2020 ) αποδείχθηκε η θετική επίδραση του αιθέριου ελαίου ρίγανης ( *Oregano vulgare* ) ως φυτοφαρμακευτικό πρόσθετο, καθώς έδρασε ως διεγερτικό για την ανάπτυξη του εντερικού χνόου και γενικότερα στην βελτίωση της ανάπτυξής του.

### 1.9 Σκοπός της εργασίας

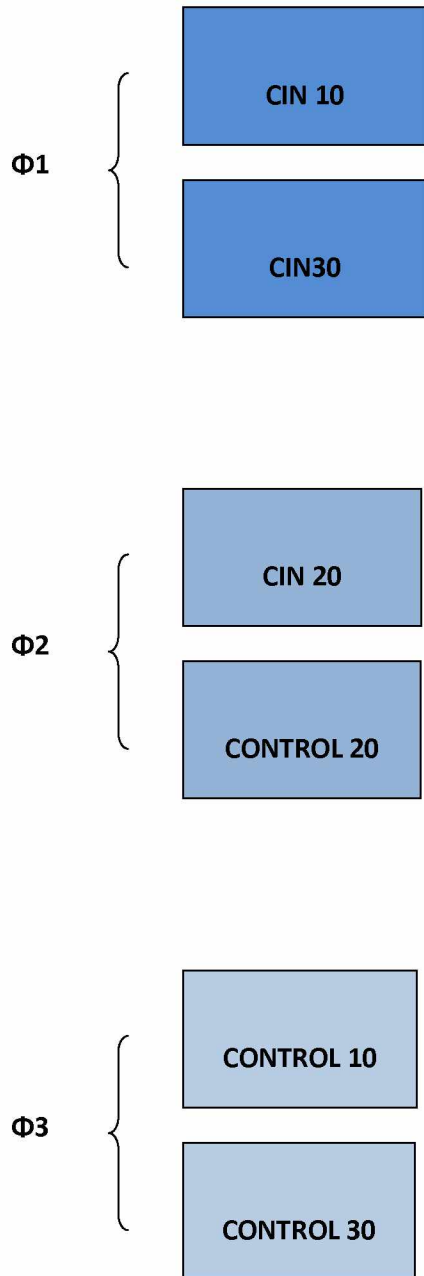
Οι ιχθυοφορτίσεις στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια αποτελούν κύριο παράγοντα για την ευζωία των ιχθύων. Καθίστανται πιο σημαντικές όταν, υψηλές ιχθυοφορτίσεις έχουν ως κύριο στόχο την υψηλή παραγωγικότητα. Παράλληλα, όσον αφορά τα φυτοφαρμακευτικά πρόσθετα τα οποία χορηγούνται μέσω της τροφής στους ιχθύες, έχει αποδειχθεί η συμβολή τους στη βελτίωση της ανάπτυξης των ιχθύων, στην καλύτερη ανοσολογική απόκρισή τους στις ασθένειες, στη διέγερση της όρεξης κ.ά. Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς της τσιπούρας μέσω παρατήρησης υπό την επίδραση διαφόρων ιχθυοφορτίσεων σε συνδυασμό με τη χορήγηση τροφής που περιέχει έλαιο κανέλας ως φυτοφαρμακευτικό πρόσθετο.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Πειραματικός σχεδιασμός και συνθήκες πειράματος

Το πείραμα χρονικά πραγματοποιήθηκε από τις 3 Νοεμβρίου μέχρι και τις 23 Νοεμβρίου, στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο. Το πείραμα διήρκεσε 20 ημέρες και σε αυτό χρησιμοποιήθηκαν 120 άτομα τσιπούρας τα οποία προήλθαν από τον ιχθυογεννητικό σταθμό της εταιρείας 'ΣΕΛΟΝΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΑ Α.Ε.Γ.Ε.'. Τα ιχθύδια εγκλιματίστηκαν για περίπου 12 ημέρες. Κατά την έναρξη του πειράματος τα ιχθύδια είχαν μέσο βάρος ίσο με  $15,7 \pm 3,69$  γραμμάρια.

Πραγματοποιήθηκε μοίρασμα σε δύο ομάδες ανάλογες με τον τύπο τροφής που τους χορηγούνταν. Η πρώτη ομάδα ήταν ο μάρτυρας ( Control ) η οποία σιτιζόταν με τη συμβατική τροφή ενώ, η δεύτερη ομάδα ήταν η πειραματική , η οποία σιτιζόταν με κανέλα ( Cin )σε ποσοστό 2 % στην τροφή. Ο προσδιορισμός της προσφερόμενης τροφής γινόταν σύμφωνα με τον πίνακα εκτροφής της εταιρείας ιχθυοτροφών BIOMAR, της θερμοκρασίας και του μεγέθους των ψαριών. Τα ψάρια κατανεμήθηκαν σε 6 ενυδρεία συνολικά ( 3 ενυδρεία – μάρτυρας , 3 ενυδρεία – πειραματική ομάδα ). Η κατανομή των 120 ατόμων στα 6 ενυδρεία σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό παρατίθεται στο σχήμα 2.1.



**Σχήμα 2.1:** Κατανομή αριθμού ατόμων ανά ομάδα ( Cin , Control ) σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό, όπου Φ1, Φ2, Φ3 τα φίλτρα. Διαφορετικός αριθμός ατόμων ανά ενδρείο, ίδιος αριθμός ατόμων ανά φίλτρο

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 6 ενυδρεία χωρητικότητας 130L το καθένα, εξοπλισμένα με αυτόνομο βιολογικό, μηχανικό φίλτρο και συσκευή Skimmer. Η διάταξη των ενυδρείων και το σύστημα φιλτραρίσματος απεικονίζεται στην Εικόνα 2.1. Για το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε το πείραμα, το νερό που χρησιμοποιήθηκε προετοιμαζόταν. Δεξαμενή 300L γεμιζόταν με νερό βρύσης το οποίο παρέμενε για 24 ώρες για τηναποχλωρίωσή του. Με την χρήση ειδικού άλατος το νερό μετατρέποταν σε θαλασσινό (30‰) και η αποθήκευσή του γινόταν σε ειδική δεξαμενή. Πραγματοποιούνταν αλλαγή του 40% του νερού των ενυδρείων σε καθημερινή βάση καθώς καισιφονισμός με σκοπό την απομάκρυνση υπολειμμάτων τροφής και περιττωμάτων. Για την διατήρηση καλών συνθηκών διαβίωσης για τα ψάρια, η παροχή νερού και οξυγόνου ήταν ρυθμισμένη. Οι μετρήσεις για τα επίπεδα αλατότητας γίνονταν με αλατόμετρο της εταιρίας OEM. Ακόμη, πραγματοποιούνταν μετρήσεις για τον έλεγχο των επιπέδων αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ), νιτρωδών( $\text{NO}_2^-$ ), νιτρικών( $\text{NO}_3^-$ ) και pH. Για την αμμωνία χρησιμοποιούταν το SaltwaterAmmoniaTestKit (API), για τα νιτρικά το SaltwaterNitrateTestKit (API) και τέλος για το pH το High Range pH Test Kit(API).





**Εικόνα 2.1** Διάταξη ενυδρείων και απεικόνιση του συστήματοςφιλτραρίσματος-αποστείρωσης (προσωπικό αρχείο συγγραφέα ).

## 2.2. Διατροφή ιχθύων

Η χορήγηση της τροφής πραγματοποιούνταν καθημερινά 1 φορά την ημέρα (11:00). Τα άτομα κάθε ενυδρείου ταΐζονταν κατά βούληση σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό. Η συμβατική τροφή που δινόταν στους μάρτυρες ήταν σύμπηκτα (pellets) της εταιρίας BIOMAR Greece, τύπου INTRO PLUS MT, διαμέτρου 1,5 mm, με την παρακάτω διατροφική αξία (Πίνακας 2.2).

**Πίνακας 2.2:** Διατροφικός πίνακας από την συσκευασία ιχθυοτροφής INTRO PLUS MT της εταιρίας BIOMAR Greece.

Σύνθεση		1.5 mm
Ολική πρωτεΐνη	%	55
Ολικά λίπη	%	15
ENEΟ	%	12.3
Ολικές ινώδεις ουσίες	%	2.4
Τέφρα	%	11.3
Ολικός φώσφορος	%	1.6
Πεπταία πρωτεΐνη/πεπταία ενέργεια	g/MJ	27.7
Πεπταία ενέργεια BioMar*	MJ/kg	18
Πεπταία ενέργεια (κλασσικός)**	MJ/kg	18.6
Ολική ενέργεια	MJ/kg	21.1
Βιταμίνη C (προστιθέμενη)	mg/kg	500
Βιταμίνη E (προστιθέμενη)	mg/kg	350

Στις πειραματικές ομάδες χορηγούνταν τροφή που περιείχε ως φυτοφαρμακευτικό πρόσθετο έλαιο κανέλας ( *cinnamomumzeylanicum* ), σε ποσοστό 2 %.

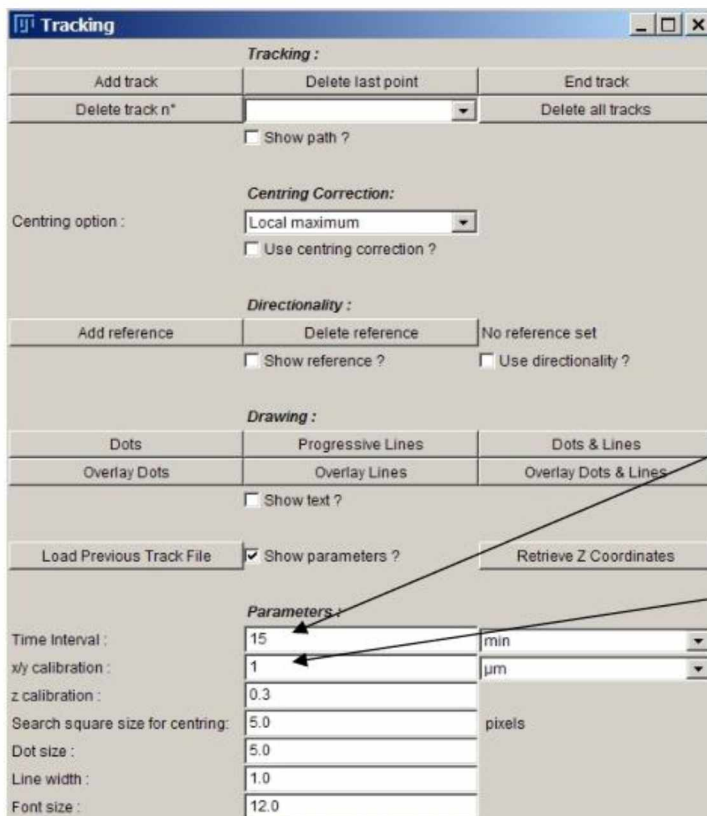
### 2.3 Λογισμικό ( Software ) για την ανάλυση της διατροφικής συμπεριφοράς, Υπολογισμός ταχυτήτων

Για την παρατήρηση της τσιπούρας χρησιμοποιήθηκε η actioncameraPanoxmx200 και για την ανάλυση της διατροφικής συμπεριφοράς της το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας ImageJ. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το πακέτο Fiji, το οποίο παρέχει μια διανομή του ImageJ με πολλά πρόσθετα. Για την ιχνηλάτιση ( tracking ) των ατόμων στο ενυδρείο, καθώς και για τον υπολογισμό της ταχύτητας και της απόστασης που διήνυσαν σε αυτό, επιλέχθηκε το πρόσθετο ManualTracking ( χειροκίνητη ιχνηλάτιση ). Έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο λογισμικό, που καλύπτουν θέματα του τομέα των υδατοκαλλιεργειών και της ιχθυολογίας.

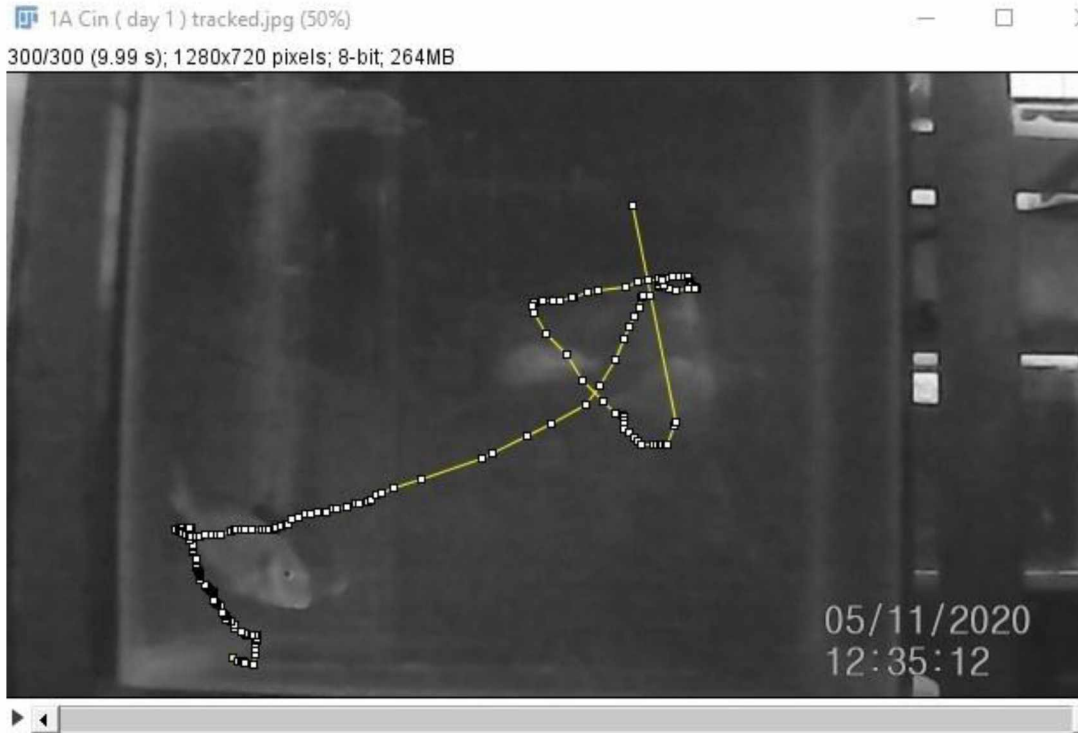


**Εικόνα 2.2** Το Graphical User Interface του λογισμικού ImageJ ( πηγή : Stanford University )

Όπως προαναφέρθηκε η ιχνηλάτιση ( tracking ) των ατόμων του ενυδρείου πραγματοποιήθηκε χειροκίνητα ( manualtracking ) σημειώνοντας κάθε ρικέλσε όλα τα καρέ ( frames ) του βίντεο για την κίνηση ενός ατόμου στο ενυδρείο. Συνολικά μελετήθηκαν 44 βίντεο.



**Εικόνα 2.3** Το interface του manualtracking για την ιχνηλάτιση ( πηγή : kairosinstruments )

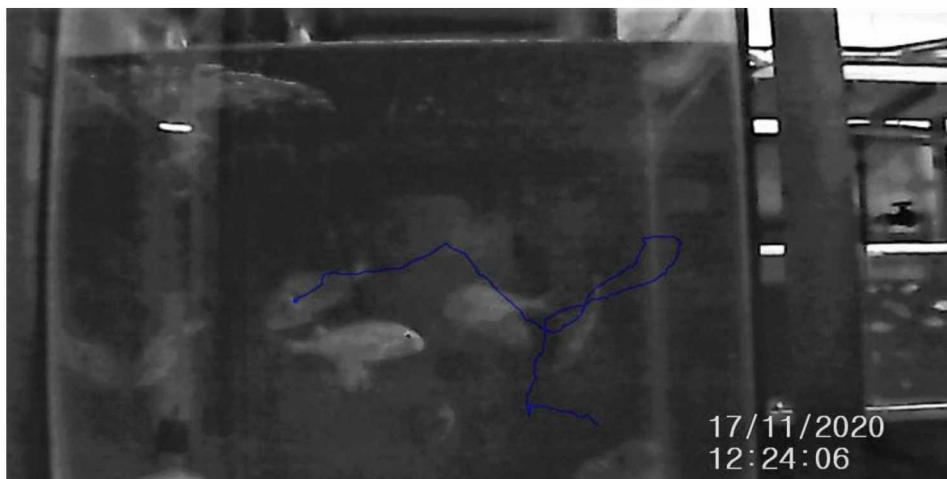


**Εικόνα 2.4** Υπόδειγμα ιχνηλάτισης ενός ατόμου σε μεταχείριση με πρόσθετο την κανέλα ( προσωπικό αρχείο συγγραφέα )

Παράλληλα με την ιχνηλάτιση υπολογιζόταν αυτόματα η ταχύτητα την οποία είχαν τα άτομα για να λάβουν την τροφή που τους χορηγούνταν, καθώς και η απόσταση την οποία διήνυσαν για να φτάσουν στην τροφή. Οι μονάδες για την απόσταση ήταν τα μμ και αντίστοιχα για την ταχύτητα τα  $\mu\text{m} / \text{sec}$ .

Track n°	Slice n°	X	Y	Distance	Velocity	Pixel Value
1	1	652	552	-1.000	-1.000	86
1	2	666	566	2.554	1.277	92
1	3	666	566	0.000	0.000	88
1	4	666	566	0.000	0.000	89
1	5	666	566	0.000	0.000	89
1	6	666	568	0.258	0.129	89
1	7	672	568	0.774	0.387	89
1	8	676	570	0.577	0.288	88
1	9	680	570	0.516	0.258	88
1	10	684	574	0.730	0.365	89
1	11	684	574	0.000	0.000	90
1	12	684	574	0.000	0.000	87
1	13	694	574	1.290	0.645	92
1	14	696	576	0.365	0.182	90
1	15	702	576	0.774	0.387	89
1	16	712	580	1.389	0.695	96
1	17	722	580	1.290	0.645	99
1	18	726	580	0.516	0.258	98
1	19	728	580	0.258	0.129	90

**Εικόνα 2.5** Πίνακας του ManualTracking με υπολογισμένη την απόσταση (Distance ) και την ταχύτητα ( Velocity ) ενός ατόμου στο ενυδρείο. Σημειώνεται ότι η πρώτη μέτρηση είναι αρνητική καθώς στην αρχή η μονάδα του χρόνου είναι 0 ( προσωπικό αρχείο συγγραφέα ).



**Εικόνα 2.6** Τελικό βίντεο μιας ολοκληρωμένης ιχνηλάτισης ενός ατόμου στο ενυδρείο ( προσωπικό αρχείο συγγραφέα ).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς την 1<sup>η</sup> εβδομάδα

Στο πείραμα μελετήθηκε η διατροφική συμπεριφορά των ατόμων για κάθε ιχθυοφόρτιση βάσει των κατηγοριών συμπεριφοράς οι οποίες είναι η κατάποση ( K ), η πρόσληψη- απόρριψη ( Π-Α), πρόσληψη – απόρριψη – επανασυλλογή ( Π-Α-Ε ), πρόσληψη – κατακερματισμός - απόρριψη ( Π-Κ-Α ), πρόσληψη – κατακερματισμός – απόρριψη – επανασυλλογή ( Π-Κ-Α-Ε ) και αδιαφορία ( Α ) και υπολογίστηκαν σε ποσοστιαία μορφή.

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες όπου αναγράφονται τα ποσοστά ανά κατηγορία συμπεριφοράς των δύο ομάδων ( CIN , CONTROL ) για την 1<sup>η</sup> εβδομάδα, με τις τρεις διαφορετικές ιχθυοφορτίσεις( 10,20 και 30 άτομα ).

**Πίνακας 1.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 1<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

DAY 1 ( 5-11)												
	CIN10	ΠΟΣ.(%)	CIN30		CIN20		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30	
K	8	80,0%	27	90,0%	18	90,0%	16	80,0%	10	100,0%	25	83,3%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ												
ΠΚΑΕ												
A	2	20,0%	3	10,0%	2	10,0%	4	20,0%			5	16,7%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>10</b>		<b>30</b>		<b>20</b>		<b>20</b>		<b>10</b>		<b>30</b>	

Την 1<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης τα ποσοστά κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CIN20, CONTROL20, CONTROL10, CONTROL30 ήταν πολύ μεγαλύτερα από τις υπόλοιπες συμπεριφορές. Αναλυτικά, για το CIN10 το ποσοστό κατάποσης ήταν 80 % ενώ υπήρξε ένα 20 % αδιαφορία. Για το CIN30 υπήρξε 90 % ποσοστό κατάποσης και 10 % αδιαφορία. Στο CIN20 είχαμε 90 % κατάποση και 10 % αδιαφορία, ενώ παρόμοια ήταν και η συμπεριφορά στο CONTROL20 με ποσοστό κατάποσης 80 % και αδιαφορία 20 %. Για το CONTROL10 το ποσοστό κατάποσης ήταν 100 % ενώ για το CONTROL30 παρατηρήθηκε ποσοστό 83,3 % και το ποσοστό αδιαφορίας 16,7 %.

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 2<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

DAY 2 ( 6-11)												
	CIN10	ΠΟΣ.(%)	CIN30		CIN20		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30	
K	10	100,0%	30	100,0%	20	100,0%	20	100,0%	8	80,0%	30	100,0%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ									1	10,0%		
ΠΚΑΕ									1	10,0%		
A												
	0	10	30		20		20		10		30	



Την 2<sup>η</sup> ημέρα για τα CIN10, CIN30, CIN20, CONTROL20 και CONTROL30 παρατηρήθηκε 100 % ποσοστό κατάποσης ενώ, για το CONTROL10 το ποσοστό κατάποσης ήταν 80 % καθώς παρατηρήθηκε ποσοστό 10 % πρόσληψη –απόρριψη– επανασυλλογή και 10 % πρόσληψη –κατακερματισμός- απόρριψη- επανασυλλογή.

**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 3<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

DAY 3 (7-11)										
	CIN10	ΠΟΣ.(%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30			
K	10	100,0%	28	93,3%	20	100,0%	20	100,0%	10	100,0%
ΠΑ										
ΠΚΑ										
ΠΑΕ										
ΠΚΑΕ										
A			2	6,7%						
	0	10	30		20	20		10		30

Για την 3<sup>η</sup> ημέρα το ποσοστό κατάποσης στα CIN10, CIN20, CONTROL20, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 % ενώ, στο CIN30 παρατηρήθηκε 93,3 % ποσοστό κατάποσης και 6,7 % αδιαφορία.

**Πίνακας 4.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 4<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 4 (8-11)										
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30		CIN20		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30	
Κ	10	100,0%	29	96,7%	19	95,0%	18		10	100,0%	30	100,0%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ												
ΠΚΑΕ												
Α			1	3,3%	1	5,0%	2					
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>10</b>		<b>30</b>		<b>20</b>		<b>20</b>		<b>10</b>		<b>30</b>	

Την 4<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CONTROL 10, CONTROL30 ήταν 100 % ενώ στα CIN30 και CIN20 τα ποσοστά κατάποσης ήταν 96,7 % και 3,3 % αντίστοιχα και τα ποσοστά αδιαφορίας 3,3% και 5 %.

**Πίνακας 5.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 5<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 5 (9-11)										
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30		CIN20		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30	
Κ	10	100,0%	30	100,0%	19	100,0%	15	83,3%	10	100,0%	30	100,0%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ												
ΠΚΑΕ												
Α							3	16,7%				
	<b>0</b>	<b>10</b>		<b>30</b>		<b>19</b>		<b>18</b>		<b>10</b>		<b>30</b>

Την 5<sup>η</sup> ημέρα τα ποσοστά κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CIN20, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 % . Στο CONTROL20 83,3 % ήταν το ποσοστό κατάποσης και 16,7 % η αδιαφορία.

**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 6<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

				DAY 6 ( 10-11 )									
	CIN10	ΠΟΣ.(%)	CIN30		CIN20		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30		
K	10	100,0%	30	100,0%	18	90,0%	15	83,3%	10	100,0%	30	100,0%	
ΠΑ													
ΠΚΑ													
ΠΑΕ													
ΠΚΑΕ													
A					2	10,0%	3	16,7%					
	0	10	30		20		18		10		30		

Την 6<sup>η</sup> ημέρα τα ποσοστά κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 % . Στο CIN20 το ποσοστό κατάποσης έφτασε το 90 % με ένα ποσοστό αδιαφορίας 10 %.

**Πίνακας 7.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 7<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 1<sup>η</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 7 (11-11)										
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30					
Κ	10	100,0%	29	100,0%	17	89,5%	18		10	100,0%	28	93,3%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ											2	6,7%
ΠΚΑΕ												
Α				2	10,5%							
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>10</b>		<b>29</b>	<b>19</b>		<b>18</b>		<b>10</b>			<b>30</b>	

Για την 7<sup>η</sup> ημέρα το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, ήταν 100 %. Για το CIN20 το ποσοστό κατάποσης ήταν 89,5 % με 10,5 % αδιαφορία και για το CONTROL30 η κατάποση έφτασε στο 93,3 %, με ένα ποσοστό πρόσληψης – απόρριψης – επανασυλλογής να φθάνει το 6,7 %.

### 3.2 Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς την 2<sup>η</sup> εβδομάδα

**Πίνακας 8.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 8<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 8 (12-11)										
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30					
Κ	10	100,0%	24	100,0%					7	100,0%	27	100,0%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ												
ΠΚΑΕ												
Α												
	0	10	24	0	0	7	27					

Την 8<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 %.

**Πίνακας 9.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 9<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 9 (13-11)									
	CIN10	ΠΟΣ.(%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30				
Κ	10	100,0%	24	100,0%				7	100,0%	27	100,0%
ΠΑ											
ΠΚΑ											
ΠΑΕ											
ΠΚΑΕ											
Α											
	0	10	24	0	0			7		27	

Την 9<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 %.

**Πίνακας 10.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 10<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 10 (14-11)									
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30				
Κ	10	100,0%	24	100,0%		16	7	100,0%	27	100,0%	
ΠΑ											
ΠΚΑ											
ΠΑΕ											
ΠΚΑΕ											
Α						2					
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>10</b>		<b>24</b>		<b>0</b>	<b>18</b>	<b>7</b>		<b>27</b>		

Για την 10<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 %.

**Πίνακας 11.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 11<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 11 (15-11)									
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30				
Κ	10	100,0%	24	100,0%		7	100,0%	27	100,0%		
ΠΑ											
ΠΚΑ											
ΠΑΕ											
ΠΚΑΕ											
Α											
	0	10	24	0	0	7	27				

Την 11<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 %.

**Πίνακας 12.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 12<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

				DAY 12 (16-11)							
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30				
Κ	10	100,0%	24	100,0%				7	100,0%	24	88,9%
ΠΑ											
ΠΚΑ											
ΠΑΕ										3	11,1%
ΠΚΑΕ											
Α											
	0	10	24	0	0	7	27				

Την 12<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10 ήταν 100 % ενώ για το CONTROL30 το ποσοστό κατάποσης ήταν 88,9 % και ένα ποσοστό 11,1 % ήταν πρόσληψη-απόρριψη –επανασυλλογή.

**Πίνακας 13.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 13<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

		DAY 13 (17-11)									
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30	CIN20	CONTROL20	CONTROL10	CONTROL30				
Κ	10	100,0%	24	100,0%				5	71,4%	27	100,0%
ΠΑ											
ΠΚΑ											
ΠΑΕ								2	28,6%		
ΠΚΑΕ											
Α											
ΣΥΝΟΛΟ	10		24	0	0	7	27				

Την 13<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL30 ήταν 100 % ενώ για το CONTROL10 το ποσοστό κατάποσης ήταν 71,4 % και ένα ποσοστό 28,6 % ήταν πρόσληψη-απόρριψη –επανασυλλογή.

**Πίνακας 14.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 14<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

	CIN10		CIN30		DAY 14 ( 18-11)		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30	
	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣ. (%)	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣ. (%)	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣ. (%)	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣ. (%)	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣ. (%)	ΑΤΟΜΑ	ΠΟΣ. (%)
Κ	10	100,0%	24	100,0%					7	100,0%	27	100,0%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ												
ΠΚΑΕ												
Α												
	0	10	24		0		0		7		27	

Την 14<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10, CONTROL30 ήταν 100 % .

**Πίνακας 15.** Αποτελέσματα διατροφικής συμπεριφοράς σε ποσοστιαία μορφή για τα cin, control, την 15<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας με ιχθυοφόρτιση 10,20 και 30 άτομα.

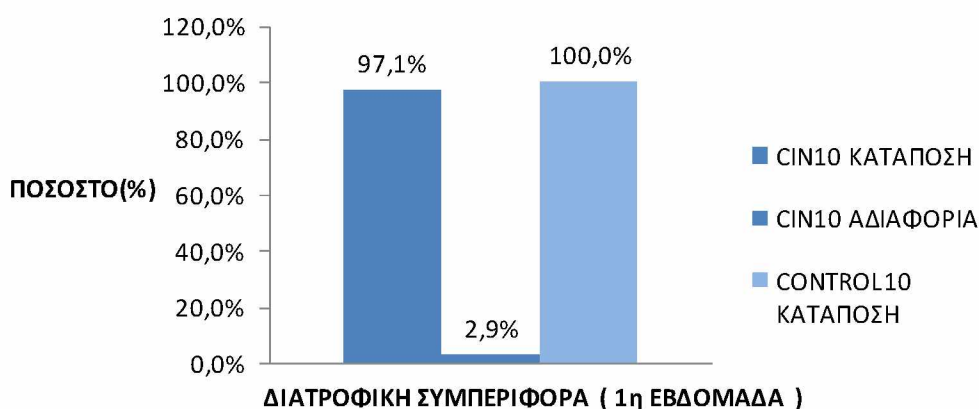


				DAY 15( 19-11)								
	CIN10	ΠΟΣ. (%)	CIN30		CIN20		CONTROL20		CONTROL10		CONTROL30	
Κ	10	100,0%	24	100,0%					7	100,0%	22	81,5%
ΠΑ												
ΠΚΑ												
ΠΑΕ											5	18,5%
ΠΚΑΕ												
Α												
	0	10	24		0		0		7		27	

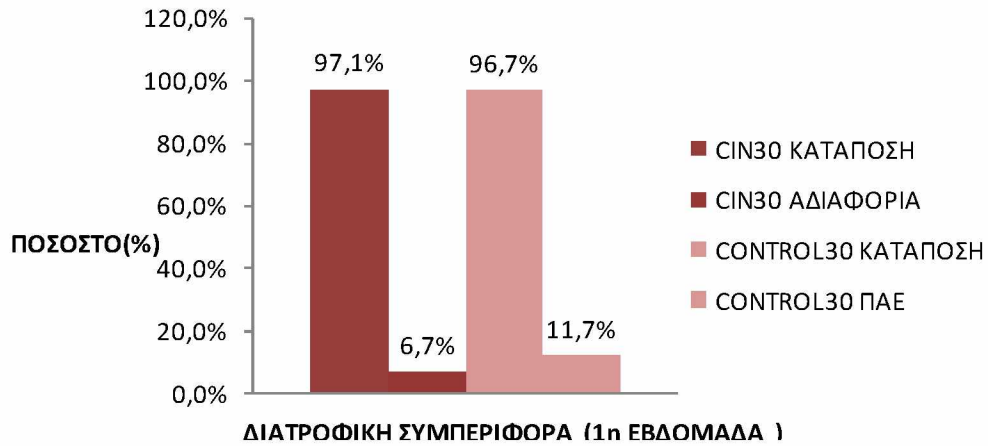
Την 15<sup>η</sup> ημέρα παρατήρησης το ποσοστό κατάποσης για τα CIN10, CIN30, CONTROL10 ήταν 100 % ενώ για το CONTROL30 το ποσοστό κατάποσης ήταν 81,5 % και ένα ποσοστό 18,5 % ήταν πρόσληψη-απόρριψη –επανασυλλογή.

### 3.3 Σύγκριση διατροφικής συμπεριφοράς CIN – CONTROL την 1<sup>η</sup> εβδομάδα

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της διατροφικής συμπεριφοράς για τα CIN , CONTROL για τις τρεις ιχθυοφορτίσεις ( 10,20,30 άτομα ) την 1<sup>η</sup> εβδομάδα παρατήρησης και δημιουργήθηκαν ραβδογράμματα για την γραφική αποτύπωση των αποτελεσμάτων. Στα παρακάτω σχήματα αποδίδεται ποσοστιαία η σύγκριση αυτή.



**Σχήμα 1.** Ποσοστά μέσης κατάποσης μεταξύ των ομάδων CIN10, CONTROL10. Με σκούρο μπλε είναι η διατροφική συμπεριφορά για το CIN10 και με ανοιχτό μπλε για το CONTROL10.

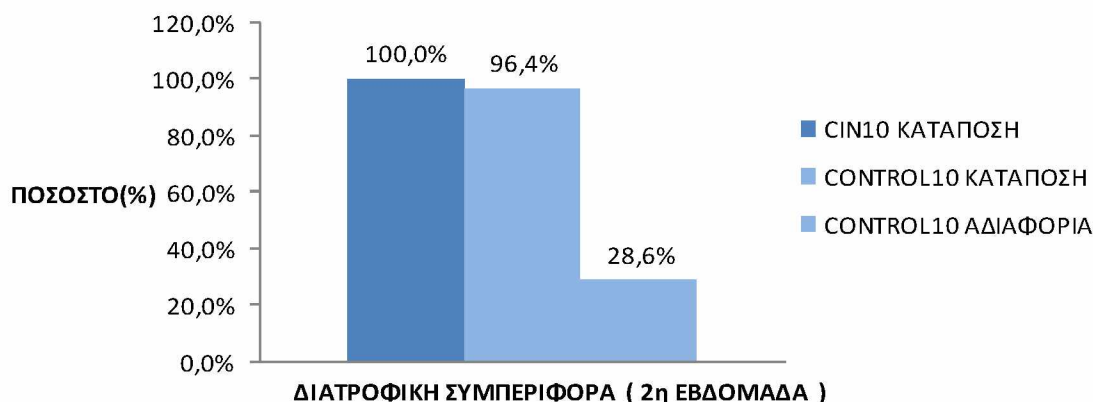


**Σχήμα 2.** Ποσοστά μέσης κατάποσης μεταξύ των ομάδων CIN30, CONTROL30. Με σκούρο κόκκινο είναι η διατροφική συμπεριφορά για το CIN30 και με ανοιχτό μωβ η διατροφική συμπεριφορά για το CONTROL30.

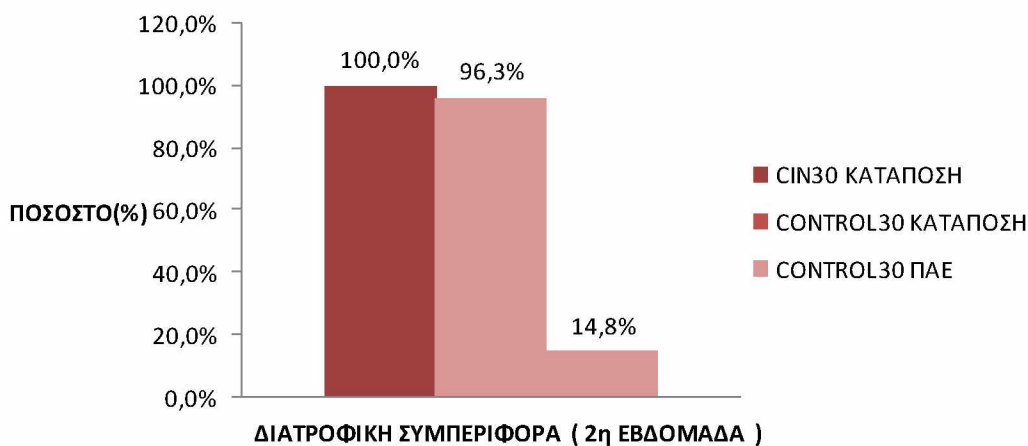


**Σχήμα 3.** Ποσοστά μέσης κατάποσης μεταξύ των ομάδων CIN20, CONTROL20. Με σκούρο πράσινο είναι η διατροφική συμπεριφορά για το CIN20 και με ανοιχτό πράσινο η διατροφική συμπεριφορά για το CONTROL20.

### 3.4 Σύγκριση διατροφικής συμπεριφοράς CIN – CONTROL την 2<sup>η</sup> εβδομάδα



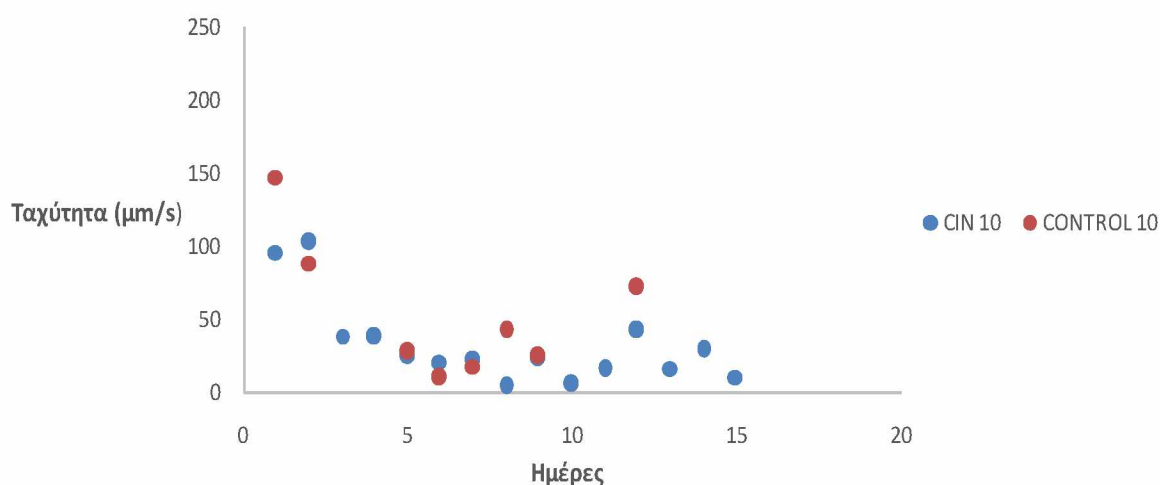
**Σχήμα 1.** Ποσοστά μέσης κατάποσης μεταξύ των ομάδων CIN10, CONTROL10. Με σκούρο μπλε είναι η διατροφική συμπεριφορά για το CIN10 και με ανοιχτό μπλε η διατροφική συμπεριφορά για το CONTROL10.



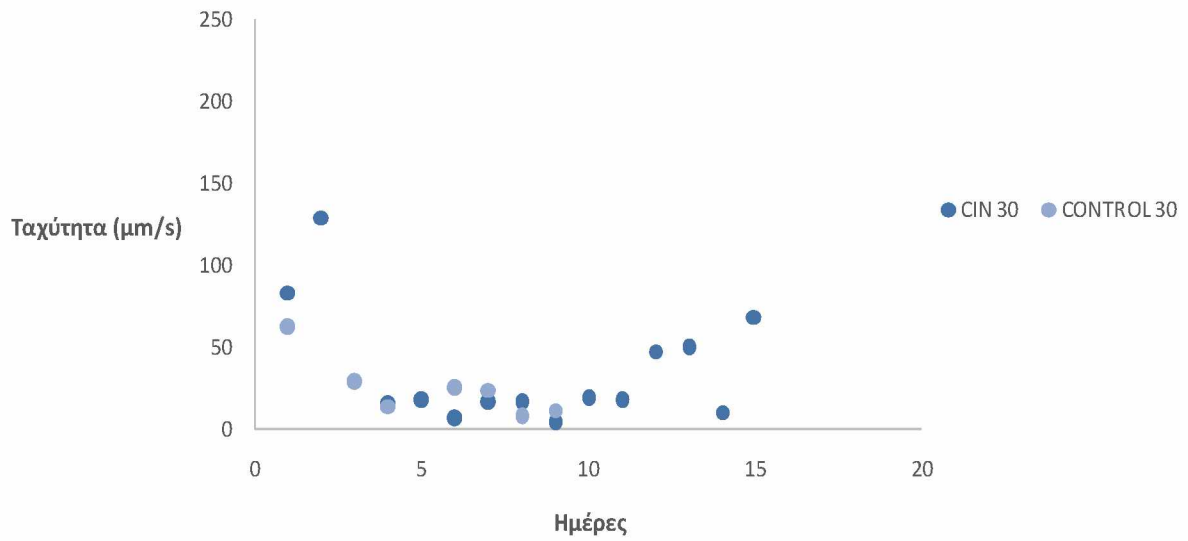
**Σχήμα 2.** Ποσοστά μέσης κατάποσης μεταξύ των ομάδων CIN10, CONTROL10. Με σκούρο μπλε είναι η διατροφική συμπεριφορά για το CIN10 και με ανοιχτό μπλε η διατροφική συμπεριφορά για το CONTROL10.

### 3.5 Σύγκριση ταχυτήτων CIN –CONTROL

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ταχύτητα των ατόμων στο ενυδρείο για τα cin, control στις τρεις ιχθυοφορτίσεις υπολογίστηκε με το λογισμικό ImageJ και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των ταχυτήτων των δύο ομάδων. Στα κάτωθι διαγράμματα παρουσιάζονται οι ταχύτητες για τα cin, control τις 15 ημέρες παρατήρησης.



**Σχήμα 1.** Γραφική απεικόνιση ταχύτητας ατόμων των δύο ομάδων με ιχθυοφόρτιση 10 ατόμων, τις 15 ημέρες παρατήρησης. Με μπλε κύκλο ( CIN10 ) απεικονίζεται η μεταχείριση με κανέλα και με κόκκινο κύκλο ( CONTROL 10 ) οι μάρτυρες στους οποίους χορηγούνταν συμβατική τροφή.



**Σχήμα 2.** Γραφική απεικόνιση ταχύτητας ατόμων των δύο ομάδων με ιχθυοφόρτιση 30 ατόμων, τις 15 ημέρες παρατήρησης. Με μπλε κύκλο ( CIN30 ) απεικονίζεται η μεταχείριση με κανέλα και με γαλάζιο κύκλο ( CONTROL 30 ) οι μάρτυρες στους οποίους χορηγούνταν συμβατική τροφή.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο συγκεκριμένο πείραμα διάρκειας 15 ημερών, έγινε διερεύνηση της διατροφικής συμπεριφοράς νεαρών ατόμων τσιπούρας. Οι μεταχειρίσεις ταΐζονταν με πελλέτα η οποία περιείχε ως φυτοφαρμακευτικό πρόσθετο την κανέλα ( CIN ) σε ποσοστό 2 %, σε ιχθυοφορτίσεις των 10, 20 και 30 ατόμων. Παράλληλα, υπήρχαν μάρτυρες ( CONTROL ) οι οποίοι ταΐζονταν με συμβατική πελλέτα με ίδιες ιχθυοφορτίσεις ώστε να πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ των ομάδων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των CIN 10 –CONTROL 10, CIN 20 –CONTROL 20 και CIN 30 –CONTROL 30 στο ποσοστό κατάποσης της τροφής στη διάρκεια των 15 ημερών παρατήρησης. Όμως, η κατάποση στα CIN 10 την 2<sup>η</sup> εβδομάδα, στο CIN 20 την 1<sup>η</sup> εβδομάδα και στο CIN 30 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> εβδομάδα ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με τα CONTROL. Ταυτόχρονα, τα ποσοστά κατάποσης για τα CIN –CONTROL άγγιζαν πολλές φορές το 100 %. Επιπλέον για τις μεταχειρίσεις και τους μάρτυρες, παρατηρήθηκε ο σχηματισμός ιεραρχιών, δηλαδή κάποια άτομα βρίσκονταν πολύ γρήγορα στην επιφάνεια όταν αντιλαμβάνονταν ότι θα τους χορηγηθεί η τροφή σε σχέση με άλλα άτομα τα οποία περίμεναν κοντά στον πυθμένα. Αυτό το φαινόμενο είναι σύνηθες καθώς, η τσιπούρα είναι είδος που εμφανίζει κοινωνικές ιεραρχίες όσον αφορά τη χρήση του χώρου και του ανταγωνισμού για τροφή (Goldan et al. 2003; Montero et al. 2009; Arechavala-Lopez et al. 2019; Oikonomidou et al., 2019;). Ο άμεσος ανταγωνισμός για την τροφή έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας σημαντικός κοινωνικός μηχανισμός στην τσιπούρα που διαβιεί σε δεξαμενές, συμπεριλαμβανομένης της καθιέρωσης ιεραρχίας για κυριαρχία ή της αυξημένης κολυμβητικής δραστηριότητας του είδους (Karplus et al. 2000; Andrew et al. 2003; 2004; Sanchez-Muro et al. 2003; Goldan et al., 2003). Όσον αφορά τη χορήγηση φυτοφαρμακευτικού πρόσθετου σε

συνδυασμό με την ιχθυοφόρτιση, σε πείραμα που έγινε σε νεαρά άτομα τσιπούρας διάρκειας 3 μηνών, αποδείχθηκε η αρνητική επίδραση της υψηλής ιχθυοφόρτισης στην ανάπτυξη τους. Ωστόσο, η χορήγηση πρόσθετου στην τροφή τους βελτίωσε την φυσιολογική τους απόκριση από το χρόνιο stress που τους είχε προκληθεί ( Cera et al., 2020 ). Αντίστοιχα, στην παρούσα μελέτη, οι ιχθυοφορτίσεις των 30 ατόμων ( CIN , CONTROL ) δε φάνηκε να έχουν θετική επίδραση στην ανάπτυξη της τσιπούρας. Αντίθετα, στα CIN 10 , CONTROL 10 παρατηρήθηκε ταχύτερη ανάπτυξη. Επιπλέον, η κινητικότητα – δραστηριότητα των ατόμων στις χαμηλές ιχθυοφορτίσεις ( CIN 10, CONTROL 10 ) ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τις υψηλές ιχθυοφορτίσεις ( CIN 30, CONTROL 30 ). Αυτή η διαφορά φαίνεται στα διαγράμματα ταχυτήτων στα αποτελέσματα, καθώς επίσης και από τη μέση ταχύτητα για τις 15 ημέρες στα CIN 10, CONTROL 10 ( 32,3 και 53,5  $\mu\text{m/s}$  αντίστοιχα ) σε σχέση με τα CIN 30, CONTROL 30 ( 35,3 και 24,3 αντίστοιχα ). Η εκτίμηση είναι ότι οι διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ των χαμηλών και των υψηλών ιχθυοφορτίσεων θα γίνονταν μεγαλύτερες σε πείραμα μεγαλύτερης διάρκειας. Συμπερασματικά, η χορήγηση κανέλας ως φυτοφαρμακευτικό πρόσθετο σε συνδυασμό με χαμηλές ιχθυοφορτίσεις , εκτιμώμενη στα 10 άτομα ( φέρουσα ικανότητα συστήματος ), μπορεί να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την διέγερση της όρεξης, την ανθεκτικότητα σε ασθένειες, την ανάπτυξη και γενικότερα την ευζωία της τσιπούρας. Κρίνεται απαραίτητο να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες για την επίδραση της ιχθυοφόρτισης σε συνδυασμό με τη χορήγηση φυτοφαρμακευτικών πρόσθετων καθώς πρόκειται για έναν κρίσιμο παράγοντα που σχετίζεται με όλα τα στάδια εντατικής εκτροφής της τσιπούρας.



## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 5.1. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Ashley J.P. (2006). Fish Welfare : Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science.*, 104, 199 -235

Barnabé, G. (1989). Rearing bass and Gilthead bream. In: Barnabé, G. (Ed.), *Aquaculture Vol. 2.*, Ellis Horwood Limited, Chichester.

Barnabé, G. (1991). *Acuicultura. Tomo. Omega. Barcelona.*

Bulfon C., Volpatti D., Galeotti M. (2013). Current research on the use of plant derived products in farmed fish. *Aquaculture Research*, 46, 513-551

Cataldi E., Cataudella S., Monaco G., Rossi A., Tancioni L (1987). A study of the histology and morphology of the digestive tract of the sea-bream, *Sparus aurata*. *J. Fish Biol.* 30, 135 -145

Encarnacao P. (2016). Functional feed additives in aquaculture feeds. *Aquafeed Formulation*, 217 -237

Fattah Abdel F.A., Ahmed A. F., Salem Y. Al Sadik, Mohammed H.H., Mohamed I.Y., Said N.E. (2020). Effect of the different stocking density on behaviour, performance and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24, 539 -560

Frost, B.J. and Sanford, C.P.J. (1999). Kinematics of a novel feeding mechanism in the osteoglossomorph fish *Chitalachitala*: is there a prey-type effect? *Zool-Anal. Complex Syst.*, 102, 18-30.

- Germain D., Meunier J.F.( 2020 ). A tomographic study of the histological structure of teeth in the gilthead sea bream, *Sparus aurata* (Teleostei, Perciformes, Sparidae). *J.Fish.Biol.*, 97,273- 278
- Grubich, J.R. (2000). Crushing motor patterns in drum (Teleostei: Sciaenidae): Functional novelties associated with molluscivory. *J. Exp. Biol.*, 203, 3161-3176.
- Heluy M.G., Ramos V.R.L., Pedrosa F.V., Sarturi C., Figueiredo P.G.P., Vidal P.G.L., Franca I., Pereira M.M.( 2020 ).Oregano (*Origanum vulgare*) essential oil as an additive in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings reared in salinized water. *Aquaculture Research*, 51, 3237 -3243
- Klaoudatos S., Apostolopoulos J.( 1986 ) Food intake, growth, maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream, *Aquaculture*, 51,217-224
- LopezA.P , Alvarez N.J. , Pons J.A. , ReigL, Carella F , Carrass'on M , Roque A, Linking stocking densities andfeeding strategies with social and individual stress responses on gilthead seabream (*Sparus aurata*)., *Physiology & Behavior* (2019), 213
- Melo N., Carneiro F.W., Albuquerque S.A., Mansur F.V., Paula D., Murgas S.D.L (2020 ). Performance and food behaviour of *Bryconorbignyanus* larvae submitted under food restriction, 51, 2641 – 2648
- Nemeth, D.H. (1997). Modulation of attack behaviour and its effect on feeding performance in a trophic generalist fish, *Hexagrammosdecagrammus*. *J. Exp. Biol.*, 200, 2155-2164.
- Pauly, D. and R. Froese, 2006. The length-weight relationship of fishes: a review. *J. Appl. Ichthyol.* 22(4):241-253.

Sanford, C.P.J. (2001). Kinematic analysis of a novel feeding mechanism in the brook trout *Salvelinus fontinalis* (Teleostei: Salmonidae): behavioural modulation of a functional novelty. *J. Exp. Biol.*, 204, 3905-3916.

Tort, L., Pavlidis, M.A., Woo, N.Y.S., 2010. Stress and welfare in sparidfish. In: Pavlidis, M.A., Mylonas, C.C. (Eds.), *Sparidae: Biology and Aquaculture of Gilthead Seabream and Other Species*. Wiley-Blackwell, New Delhi, India, pp. 75–94.

Vandewalle, P., Saintin, P., Chardon, M., 1995. Structures and movements of the buccal and pharyngeal jaws in relation to feeding in *Diplodus sargus*. *J. Fish Biol.* 46, 623–656.

Wainwright, P.C. and Friel, J.P. (2000). Effects of prey type on motor pattern variance in Tetraodontiform fishes. *J. Exp. Zool.*, 286, 563-571.

## 5.2. Ελληνική βιβλιογραφία

Κλαουδάτος, Σπύρος Δ. [Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών / Σπυρίδων Δ. Κλαουδάτος, Δημήτριος Σ. Κλαουδάτος](#). - 1η έκδ. - Αθήνα : [Προπομπός](#), 2012.

Νεοφύτου, Χ. 1997, *Ιχθυολογία (Κεφάλαιο συγγράματος)*.

Νεοφύτου, Χρήστος Ν. [Βιολογία ιχθύων και θαλασσινών θηλαστικών / Χρήστος Ν. Νεοφύτου](#). - Θεσσαλονίκη : [UniversityStudioPress](#), 2015

Παπουτσόγλου, Σ. ,2008, *Διατροφή Ιχθύων(Κεφάλαιο συγγράματος)*.

Χώτος Γ., Ρογδάκης Ι., 1992, *Υδατοκαλλιέργειες Ευρύαλων Ψαριών* , Λαβράκι &

Τσιπούρα – *Τεχνικές της αναπαραγωγής και πάχυνσης (Κεφάλαιο συγγράματος)*

## 5.3. Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

<http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>

[www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

## ABSTRACT

Stocking densities are a major factor in enhancing fish welfare. They become even more important when the aim of an aquaculture unit is high productivity, where there are high densities in a limited space. At the same time, feeding with phytogetic additives (PFAs - Phytogetic Feed Additives) has been shown to enhance appetite stimulation, better immune response to diseases and fish growth. The aim of this research was to study the behavior of gilthead sea bream juveniles under the influence of three densities (10, 20 and 30 fish respectively) in combination with the administration of cinnamon as a feed additive at a rate of 2%. The observation of the behavior was performed with a camera and followed by a speed analysis as well as tracking in the tank with the help of the image processing software ImageJ. Three treatments with cinnamon as feed additive in different fish densities (CIN10, CIN20, CIN30) and three controls (CONTROL10, CONTROL20, CONTROL30), with conventional feed were observed for 15 days. The results showed that the ingestion rates of food for treatments and controls were largely 100%, while there was no significant difference in ingestion between treatments and control for each density. In addition, no significant differences were observed between treatments and controls regarding the velocities of fish in the three densities. Faster growth was observed in treatments fed with cinnamon. In conclusion, cinnamon as a feed additive in combination with low densities can enhance welfare in gilthead sea bream.

Keywords : Stocking densities, *Sparus aurata* ,gilthead sea bream, phytogetic feed additives, feeding behavior