



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΛΙΕΙΑΣ
& ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
(ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ
& ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ)**

**«Χρησιμοποίηση πρωτεΐνης εντόμων στην ανάπτυξη και επιβίωση
της γαρίδας (*Palaemon adspersus*) σε συνθήκες αιχμαλωσίας σε ενυδρειακά
συστήματα εκτροφής»**

Αρτέμης Κωνσταντίνου

Αδελαΐδα-Μαρία Κατερέλου

Χρυσάνθος Διονυσίου

Επιβλέπων: Νικόλαος Βλάχος

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2020

**«Χρησιμοποίηση πρωτεΐνης εντόμων στην ανάπτυξη και επιβίωση της γαρίδας
(*Palaemon adspersus*) σε συνθήκες αιχμαλωσίας σε ενυδρειακά συστήματα εκτροφής»**

Τριμελής Εξεταστική Συμβουλευτική Επιτροπή :

Νικόλαος Βλάχος, Ε.ΔΙ.Π, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών ,
Πανεπιστήμιο Πατρών, Επιβλέπων.

Κοσμάς Βιδάλης, Καθηγητής, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών ,
Πανεπιστήμιο Πατρών. Μέλος.

Γρηγόριος Κανλής, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής Αλιείας &
Υδατοκαλλιεργειών , Πανεπιστήμιο Πατρών. Μέλος.

Στις οικογένειές μας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρουμε εις πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Ιδιαίτερα θα θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον Δρ Νικόλαο Βλάχο επιβλέπων της πτυχιακής εργασίας για την αμέριστη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσης προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστούμε τους καθηγητές του τμήματος ΖΠΑΥ, Κοσμά Βιδάλη και Γρηγόριο Κανλή, μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, για την βοήθεια και την καθοδήγηση που μας προσέφεραν κατά τη διάρκεια συγγραφή της παρούσης προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστούμε επίσης, τον συμφοιτητή μας Θεοχάρη Νύστα για την ανιδιοτελή βοήθεια και συμπαράσταση που μας προσέφερε και βοήθησε να φέρουμε εις πέρας αυτήν την εργασία.

Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειάς μας για την αμέριστη στήριξή τους, τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών μας και περάτωσης της παρούσης διπλωματικής προπτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας ήταν να μελετήσει τη χρησιμοποίηση πρωτεΐνης εντόμων στην ανάπτυξη και επιβίωση της γαρίδας (*Palaemon adspersus*) σε συνθήκες αιχμαλωσίας σε ενυδρειακά συστήματα εκτροφής.

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 120 γαρίδες του είδους *Palaemon adspersus*, οι οποίες χωρίστηκαν ανά 30 άτομα (10 άτομα/ενυδρείο) σε τέσσερα ενυδρειακά ανακυκλούμενα συστήματα σε ατομικά κλουβιά για αποφυγή κανιβαλισμού. Το κάθε σύστημα αποτελείτο από 3 ενυδρεία διαστάσεων 41 x 36 x 30,5 cm και συνολικού όγκου 50 L. Η θερμοκρασία του νερού σε όλα τα συστήματα εκτροφής κυμαινόταν μεταξύ 24-25°C και ελεγχόταν συνεχώς με ηλεκτρονικά θερμόμετρα. Η αλατότητα ήταν σταθερή στο 30‰ με καθημερινούς ελέγχους. Η διάρκεια εκτροφής διήρκησε συνολικά 60 ημέρες.

Οι γαρίδες που σιτίστηκαν με το έντομο *Musca domestica* παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) σε σχέση με τις γαρίδες που διατρέφθηκαν τα έντομα *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* και με το άλευρο σόγιας. Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης ήταν $0,50 \pm 0,03$ %/d για τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τη δίαιτά MD, $0,35 \pm 0,02$ %/d με τη δίαιτα HI, $0,40 \pm 0,01$ %/d με τη δίαιτα TM και $0,46 \pm 0,01$ %/d με τη δίαιτα που περιείχε άλευρο σόγιας.

Το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης παρουσίασαν οι γαρίδες που σιτίστηκαν με το έντομο *Tenebrio molitor* (93,3%) και ακολουθούν αυτές που ταΐστηκαν με *Hermetia illucens* (86,6%), σε αντίθεση με τις υπόλοιπες δίαιτες *Musca domestica* (53,3%) και άλευρο σόγιας (36,6%) όπου οι γαρίδες παρουσίασαν πολύ μικρό ποσοστό επιβίωσης.

Λέξεις κλειδιά: Ανάπτυξη, Επιβίωση, Γαρίδα Μεσολογγίου, Χρήση εναλλακτικής πηγής πρωτεΐνης, Σύστημα ανακύκλωσης.

ABSTRACT

This study aimed to compare the growth and the survival rate of *Palaemon adspersus* in captivity, replacing fishmeal with *Musca domestica*, *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* and soybean meal. The nutritional level of food supply was calculated at 5% of body weight.

120 individuals of *Palaemon adspersus* were used for this experiment and were divided into four treatments. In each treatment was added 30 shrimps. Each system was comprised of 3 aquariums (41 x 36 x 30,5cm) with a total volume of 50L. Every systems aquarium consisted of 10 shrimp that were placed in individual cages to avoid cannibalism. Temperature (24-25 °C) and salinity (30‰) remained constant and monitoring daily. Feeding process lasted for 60days.

Shrimps fed the *Musca domestica* diet showed the highest specific growth rate (SGR) ($0,50\pm 0,03$ %/d), compared to those fed with *Hermetia illucens* ($0,35\pm 0,02$ %/d), *Tenebrio molitor* ($0,40\pm 0,01$ %/d) and soybean meal ($0,46\pm 0,01$ %/d).

The survival rate was observed in *Palaemon adspersus* prawn, fed with *Tenebrio molitor* diet (93,3%) followed by *Hermetia illucens* (86,6%), *Musca domestica* (53,3%) and soybean meal (36,6%).

Keywords: Growth performance Prawn *Palaemon adspersus*, Different protein sources, recirculated system.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
1.1 Βιολογία του είδους <i>Palaemon adspersus</i>	9
1.2 Διατροφικές συνήθειες και απαιτήσεις του είδους <i>adspersus</i>	11
1.3 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές εντόμων	12
1.4 Σκοπός διπλωματικής εργασίας	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	15
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	15
2.1 Προμήθεια ατόμων γαρίδας <i>Palaemon adspersus</i>	15
2.2 Πειραματικός σχεδιασμός: Σύστημα εκτροφής-Συνθήκες εκτροφής	15
2.3 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής	18
2.4 Μετρήσεις μορφομετρικών δεδομένων.....	20
2.5 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού	20
2.5.1. Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (TAN)	20
2.5.2. Προσδιορισμός νιτρωδών ιόντων ($\text{NO}_2^- \text{N}$)	21
2.5.3. Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων ($\text{NO}_3^- \text{-N}$)	22
2.6 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	23
2.7 Στατιστική Επεξεργασία	24
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	25
3.1 Δείκτες ανάπτυξης Γαρίδων.....	25
3.1.1 Επιβίωση	25
3.1.2 Βάρος (W), Μήκος Γαρίδων (L) και Συντελεστής Ευρωστίας (CF)	25
3.1.3 Αύξηση Βάρους (WG) και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) και ποσοστιαία αύξηση βάρους (BWI).....	26
3.2 Δείκτες αξιοποίησης και εκμετάλλευσης της τροφής	26
3.2.1 Συντελεστής Μετατρεψιμότητας τροφής (FCR), Ημερήσια πρόσληψη τροφής (DFI)	26
3.2.2 Συντελεστής απόδοσης των πρωτεϊνών (PER)	27
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	28
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	30
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	31
6.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	31
6.2 Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία	36
6.3 Διαδικτυακή βιβλιογραφία.....	36

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Βιολογία του είδους *Palaemon adspersus*

Το είδος *Palaemon Adspersus* (Εικ. 1) είναι κοινός κάτοικος των ακτών, λιμνοθαλασσών και εκβολών υδάτων που καταλήγουν στην θάλασσα της Μεσογείου αφού είναι οργανισμός που μπορεί να ανεχτεί ακραίες θερμοκρασίες και αλατότητες (Berglund, 1980, 1982, 1985; Berglund & Bengtsson, 1981). Η κατανομή του είδους *Palaemon Adspersus* (Εικ.2) στα παράκτια οικοσυστήματα σχετίζεται κυρίως με τα θαλάσσια φανερόγραμμα και ιδιαίτερα με λιβάδια *Posidonia*, *Zostera* και *Cymodocea*. (Manent & Abella-Gutierrez, 2006; Schaffmeister et al., 2006; Bilgin et al., 2008).

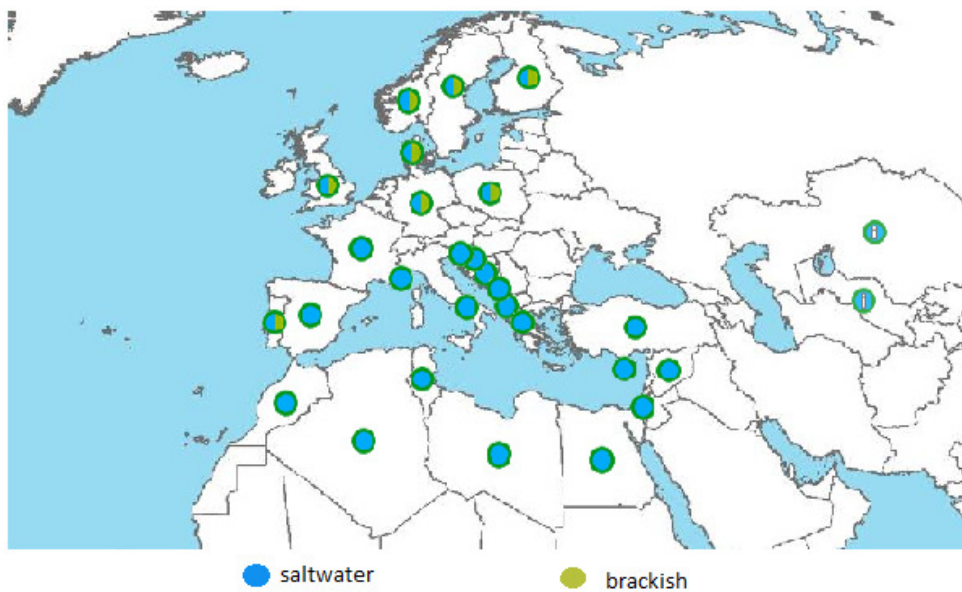
Έχει παρατηρηθεί ότι το είδος μπορεί να διατηρήσει σταθερούς μεταβολικούς ρυθμούς σε παράκτιες ζώνες ανεξαρτήτου αλατότητας (von Oertzen, 1984). Τα ενήλικα άτομα γαρίδων του είδους είναι γνωστό ότι μπορούν να επιβιώσουν σε αλατότητες έως και 5‰ (Berglund, 1980; Barnes, 1994; Hansen et al., 2012) και να διατηρούν τους πληθυσμούς σε παράκτιες εκβολές (Berglund, 1985) (Εικ.2).

Η γαρίδα *Palaemon Adspersus* παρατηρείται στο εμπόριο σε μικρές κλίμακες σε πολλές περιοχές (Holthuis, 1980; Guerao et al. 1994; Manent & Abella-Gutierrez, 2006). Είναι επίσης γνωστό ότι καλλιεργείται εμπορικά σε πολλές περιοχές. Σύμφωνα με στατιστικά του FAO η παραγωγή στην υδατοκαλλιέργεια του είδους *Palaemon Adspersus* στην Ουκρανία για τα έτη 2001-2003 ανέρχεται περίπου στους 3,5 τόνους (FAO, 2007). Παρόλο που η γαρίδα *Palaemon Adspersus* είναι βιώσιμο είδος, χρησιμοποιείται κυρίως στην εμπορική και αθλητική αλιεία (Smaldon, 1979; Holthuis, 1980; Guerao et al. 1994; Manent & Abella-Gutierrez, 2006).

Η *Palaemon Adspersus* διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τροφική αλυσίδα του υδάτινου οικοσυστήματος ενώ αναφέρεται στις δίαιτες πολλών παράκτιων κεφαλόποδων. Το είδος *Palaemon Adspersus* έχει καταγραφεί στην διατροφή νεαρών λαβρακιών *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), και σε είδη *Scorpaena* σε θαλάσσια γρασίδα κοντά στην Μασσαλία (Harmelin-Vivien et al. 1989).



Εικόνα 1. Το είδος *Palaemon adspersus* που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική εκτροφή (Πηγή: <https://ahrexhooks.com>)



Εικόνα 2. Γεωγραφική Κατανομή του είδους *Palaemon adspersus* σε αλμυρά και υφάλμυρα ύδατα.

(Πηγή: <https://www.sealifebase.se/Country/CountryList.php?ID=24525&GenusName=Palaeomon&SpeciesName=adspersus>).

1.2 Διατροφικές συνήθειες και απαιτήσεις του είδους *adspersus*

Η γαρίδα *P. adspersus*, είναι και παμφάγος οργανισμός και αρέσκεται να δραστηριοποιείται κυρίως τις νυχτερινές ώρες, (Bilgin *et al.* 2009). Η διατροφή της περιλαμβάνει Αμφίποδα τα οποία φαίνεται να αποτελούν την κυριότερη επιλογή και των δύο φύλων του είδους, καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Ακολουθούν τα καρκινοειδή τα Οστρακώδη και τα Κωπήποδα, τα μαλάκια και συγκεκριμένα τα είδη *Rissoa parva* και *Hydrobia ulvae*, οι Πολύχαιτοι και συγκεκριμένα τα γένη *Nereidos sp.* και *Har mot hoe sp.*, τα Διάτομα, τα Χλωροφύκη και τα Φαιοφύκη και τέλος οι λάρβες διαφόρων εντόμων (Figueras 1986, Guerao 1994).

Ο Figueras (1986), από αναλύσεις στομαχικού περιεχομένου που έκανε αναφέρει ότι κατά την περίοδο της γεννητικής ωριμότητας οι θηλυκές γαρίδες δε σιτίζονται καθόλου σε αντίθεση με το υπόλοιπο διάστημα του έτους όπου τρέφονται περισσότερο από τα αρσενικά άτομα.

Η διαίτα των γαριδών, ποικίλλει ανάλογα με την ομάδα και το αναπτυξιακό στάδιο στο οποίο βρίσκονται. Οι προνύμφες των γαριδών τρέφονται με μονοκύτταρα φύκη, τροχόζωα και ναύπλιους *Atremia*, κλαδοκεραιωτά, μαλάκια, εχινόδερμα και νεκρούς φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Επίσης για τη διατροφή του είδους σε συνθήκες εκτροφής χρησιμοποιούνται εμπορικές τυποποιημένες τροφές (σύμπηκτα) (Takeuki & Murakami 2007). Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνη κυμαίνονται από 23 έως 57%, με τα εμπορικά είδη όπως για παράδειγμα το *Penaeus japonicus* να τρέφονται με δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας πρωτεΐνης (57%). Έχει ωστόσο παρατηρηθεί ότι το ποσοστό δύναται να μειωθεί έως και 10% με την προσθήκη προβιοτικών στην τροφή (Takeuki & Murakami 2007).

Ως προς τα σάκχαρα, η διαίτα των γαριδών αποτελείται περισσότερο από δισακχαρίτες και πολυσακχαρίτες (όπως η μαλτόζη) παρά από μονοσακχαρίτες (όπως η γλυκόζη και η γαλακτόζη). Έχει παρατηρηθεί ότι όταν η περιεκτικότητα της γλυκόζης είναι μεγαλύτερη από 20% επί του συνόλου των σακχάρων πιθανά να επιβραδύνει την ανάπτυξη στο αστακό *Palinurus japonicas* (Takeuki & Murakami 2007). Οι απαιτήσεις σε λιπίδια για το σαρκοφάγο *Penaeus japonicus*, κυμαίνονται από 6,5 έως 16,5% του σιτηρεσίου. Οι απαιτήσεις σε βιταμίνες, είναι παρόμοιες με εκείνες των εκτρεφόμενων ψαριών. Συνιστάται προσθήκη βιταμίνης C σε ποσοστά αρκετά μεγαλύτερα από το κανονικό, δεδομένου ότι αρκετά είδη δεν έχουν την ικανότητα να τη συνθέσουν. Επίσης, είναι πολύ σημαντική η

αναλογία ασβεστίου και φωσφόρου στη διαίτα των δεκαπόδων καρκινοειδών (Janas & Bruska 2010).

Επίσης, τα περισσότερα εκτρεφόμενα δεκάποδα καρκινοειδή, θρυμματίζουν την τροφή τους με τα συλληπτικά ή με τα γναθικά τους πόδια (Martin & Davis 2001). Είναι μία συνήθεια που παρατηρείται στα καρκινοειδή όταν το διαιτολόγιό τους αποτελείται από σύμπηκτα, τα οποία συνθλίβουν, δημιουργώντας μικρά κομμάτια που σκεδάζονται από τη ροή του νερού που προέρχεται από τα βράγχια. Τα καρκινοειδή γενικά διαθέτουν πολλά πεπτικά ένζυμα που συμβάλλουν στη πέψη της τροφής, επιτρέποντας τα να έχουν ένα μεγάλο εύρος διατροφής (Wickins & Lee 2002).

1.3 Αντικατάσταση ιχθυαλεύρου με πρωτεϊνικές πηγές εντόμων

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

Οι ζωικές πρωτεΐνες θεωρούνται προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας και χρησιμοποιούνται συνήθως για να αυξήσουν το περιεχόμενο του σιτηρεσίου σε πρωτεΐνη και στην περίπτωση των ψαριών αποτελούν σημαντικές πηγές διαιτητικής πρωτεΐνης. Η σύνθεση των αμινοξέων είναι υψηλότερης ποιότητας από αυτή των φυτικών προϊόντων (Αδαμίδου & Νέγκας 2011). Είναι πλούσια σε λυσίνη, σεμεθειονίνη και κυστίνη. Επίσης, περιέχουν μεγάλη ποσότητα ισολευκίνης. Η περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 50 - 85% και τα λιπίδια από 0 – 15 %.

Τα εντομάλευρα ως εναλλακτική πηγή ζωικής πρωτεΐνης μπορεί να αποτελούν μια καλή πηγή καθώς οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί σιτίζονται με αυτά στο φυσικό τους περιβάλλον (Barroso et al. 2014). Παρόλο που έχουν διεξαχθεί κάποιες μελέτες για την αξιολόγηση των εντόμων (προνούμφες εντόμων), ως συστατικό στη διατροφή των ιχθύων, η έρευνα βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο (Makkar et al. 2014).

Οι Ιχθύες χρειάζονται αυξημένα ποσοστά πρωτεΐνης προερχόμενης από ιχθυάλευρα λόγω της περιεκτικότητάς τους σε αμινοξέα, καθώς και σε αυξημένη σύσταση σε πρωτεΐνη

Για αυτό το λόγο, το ιχθυάλευρο , θεωρείται μέχρι σήμερα η καλύτερη πηγή πρωτεϊνών για τα ψάρια, λόγω της ιδανικής σύνθεσης του με αμινοξέα και πρωτεΐνες (Gasco et al. 2018), σε συνδυασμό με το άλευρο σόγιας.

Ωστόσο, αυτή η φόρμουλα δεν πληροί άλλα κριτήρια πέραν της διατροφικής αξίας της όπως είναι η επαρκής διαθεσιμότητα σε μεγάλες ποσότητες, το υψηλό κόστος και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Sánchez-Muros et al. 2016). Η βιωσιμότητα της βιομηχανίας των ιχθύων είναι υπό απειλή λόγω της αυξημένης ζήτησης που υπάρχει για ιχθυάλευρο με αποτέλεσμα να είναι περιορίζονται οι οικονομικοί πόροι (Oliva-Teles et al. 2015). Οι φυτικές πρωτεΐνες αποτελούν μια πιθανή εναλλακτική λύση σε αυτό πρόβλημα παρά το ότι έχουν κάποιους περιορισμούς όπως η μη θρεπτικοί παράγοντες τους, τα υψηλά επίπεδα ινών και μη-αμυλούχων πολυσακχαριτών, η ανεπάρκεια τους σε λιπαρά οξέα και αμινοξέα (Gai et al. 2012), η χαμηλή γευστικότητα και η καταστροφή των εντερικών κυττάρων (Gasco et al. 2018,Oliva-Teles et al. 2015, Gai et.al. 2012).

Το εντομάλευρο στις μέρες μας αποτελεί μια πολύ καλή υποσχόμενη λύση μιας και τα έντομα περιλαμβάνονται στο φυσικό διαιτολόγιο των ψαριών ιδίως στα αρχικά στάδια ανάπτυξής τους (Henry et al. 2015, Howe et al. 2014), ιδιαίτερα στην νεαρή τους ηλικία (Gasco et al. 2018). Οι Gasco et al. (2018) αναφέρουν ότι τα έντομα αποτελούν εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών, που κυμαίνεται από 45% έως 75%, καλή πηγή αμινοξέων,και ιχνοστοιχείων (κάλιο, ασβέστιο, σίδηρο, μαγνήσιο και σελήνιο) και βιταμινών (Henry et al.2015). Μεταξύ των ειδών των εντόμων που προτείνονται για την χρησιμοποίησή τους ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης είναι το *Tenebrio molitor*γνωστό και ως yellow mealworm (Gasco et al. 2018, Henry et al.2018) εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνη (53,2%) λιπίδια (34,5%) (Ghosh et al. 2017), και επαρκή αμινοξέα και μπορούν να αναπαραχθούν και να εκτραφούν χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα (De Marco et al. 2015).

Επίσης τα έντομα *Tenebrio molitor* είναι πλούσια σε ψευδάργυρο σελήνιο, ριβοφλαβίνη, βιοτίνη, παντοθενικό οξύ, φολικό οξύ, χιτίνη, αντιμικροβιακά πεπτίδια, ισολευκίνη, λευκίνη, λυσίνη και ακόρεστα λιπαρά οξέα (De Marco et al. 2015, Siemianowska et al. 2013) και παράγεται σε μεγάλη βιομηχανική κλίμακα για σκοπούς παραγωγής τροφής κατοικίδιων, ψαριών και ανθρώπινη κατανάλωση (Khosravi et al.2018).

Σύμφωνα με τον οργανισμό Food and Agriculture Organization (FAO) των Ηνωμένων Εθνών τα έντομα μπορεί να αποτελέσουν μία βιώσιμη πηγή πρωτεϊνών. Το εντομάλευρο αποτελεί μία πολύ καλή πηγή αμινοξέων, λιπιδίων, ιχνοστοιχείων, βιταμινών και ενέργειας (Oliva-Teles et al. 2015, Barroso et al. 2014). Οι λάρβες του *Tenebrio molitor* είναι μια καλή λύση για να χρησιμοποιηθεί ως πηγή υψηλής πρωτεΐνης και την

αντικατάσταση του ιχθυάλευρου στα σαρκοφάγα ψάρια (De Marco et al.2015, Sánchez-Muros et al. 2016).

Έρευνες έδειξαν διαφορές στην ανάπτυξη των ειδών το οποίο μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στην προετοιμασία του άλευρου και στις ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν στην τροφή. Η διατροφική αξία των ζωικών αλεύρων συνδέεται άμεσα με την ποιότητα των πρώτων υλών και την διαδικασία παραγωγής (Lewis et al.2019). Οι Stadtlander et al. (2017) αναφέρουν ότι αντικατάσταση 50% με άλευρα λαρβών black soldier fly οδήγησε σε ικανοποιητικά αποτελέσματα ανάπτυξης στην ιριδιζούσα πέστροφα. Οι Cummins et al. (2017) αναφέρουν ότι αντικατάσταση ιχθυάλευρου με άλευρο του εντόμου black soldier fly (*Hermetia illucens*) κατά 25% επιφέρει ικανοποιητική ανάπτυξη στις γαρίδες. Παρομοίως, άλλες μελέτες που διερεύνησαν τροφές που βασίζονταν στην χρήση άλευρου *T. molitor* με επαρκή αντικατάσταση με μεθειονίνη έδειξαν παρόμοια ή και καλύτερα αποτελέσματα στην διατροφική αξία και ανάπτυξη των γαριδών Pacific white shrimp, συγκριτικά με διατροφή βασισμένη σε ιχθυάλευρα (Panini et al. 2017, Choi et al. 2018).

Οι Rahimnejad et al. (2018) αναφέρουν ότι γαρίδες προκειμένου να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό τους σύστημα και να καταπολεμήσουν τις ασθένειες αναζητούν σιτηρέσια που είναι πλούσια σε χιτίνη και κρίλ και τα οποία μπορούν να ρυθμίσουν το ανοσοποιητικό σύστημα (Wang & Chen 2005, Esteban et al. 2000). Το εντομάλευρο σε αντίθεση με τα ιχθυάλευρα περιέχει χιτίνη (b-1,4-linked polymer of N-acetyl-d-glucosamine) ένα από τους πιο πλούσιους πολυσακχαρίτες και κοινό συστατικό του εξωσκελετού των εντόμων, των οστρακόδερμων και των τοιχωμάτων των μυκητιακών κυττάρων (Ringo et al. 2012).

Η βιομηχανία διερευνά εναλλακτικές πηγές χρήσης της πρωτεΐνης για την εκτροφή γαριδών με θετικές επιδράσεις στην ανάπτυξη και στην βελτίωση του ανοσοποιητικού συστήματος για την πρόληψη ασθενειών. Ως εκ τούτου, το εντομάλευρο πιθανόν να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο κόστος και την βιωσιμότητα σε σύγκριση με τα φυτικά άλευρα και τα ιχθυάλευρα. Το περιβαλλοντικό κόστος και ο αντίκτυπος έχει αποδειχτεί πολύ μικρότερος για τα έντομα σε αντίθεση με τις φυτικές πρωτεΐνες καθώς χρειάζονται λιγότερη έκταση καλλιεργήσιμης γης, νερού και ενέργειας (Van Huis. 2013, Barroso et al. 2014).

1.4 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετήσει την επίδραση της χρησιμοποίησης της πρωτεΐνης που προέρχεται από είδη εντόμων στην ανάπτυξη και επιβίωση του είδους *Palaemon adspersus* σε ενυδρειακά συστήματα μικρής κλίμακας για διάστημα 60 ημερών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Προμήθεια ατόμων γαρίδας *Palaemon adpsersus*

Τα άτομα του είδους *Palaemon adpsersus* που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία αλιεύθηκαν από την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου λόγω της αφθονίας που παρουσιάζει το είδος το μήνα Σεπτέμβριο. Η συλλογή έλαβε χώρα τις νυκτερινές ώρες τις οποίες οι γαρίδες να εμφανίζονται από τις κρυψώνες και τα φήκη στα οποία κρύβονται, με αποτέλεσμα να γίνεται ποιο εύκολη και επιλεκτική η συλλογή τους. Συλλέχθηκαν περίπου 250 άτομα με απόχη χειρός με άνοιγμα ματιού 2 mm και τοποθετήθηκαν σε κουβά με αντλία αέρα για αποφυγή ασφυξίας μέχρι την μεταφορά τους στο εργαστήριο όπου έγινε και την ίδια χρονική στιγμή (βράδυ) αμέσως μετά την συλλογή τους.

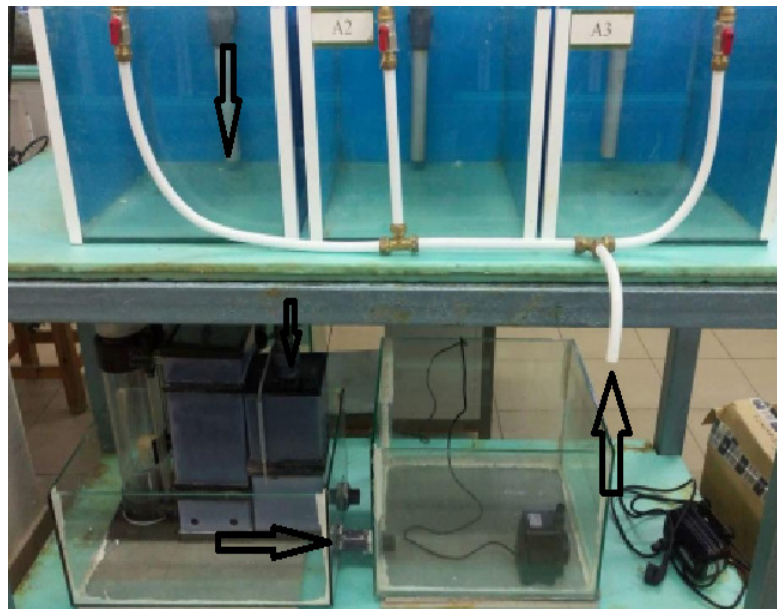
Στο εργαστήριο οι γαρίδες χωρίστηκαν σε ομάδες των 40 ατόμων και τοποθετήθηκαν προσωρινά σε ενυδρεία χωρητικότητας 50 L για την προσαρμογή τους σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Η προσαρμογή διήρκεσε συνολικά 15 ημέρες με την αλατότητα να κυμαίνεται στο 30-31 ‰ και την θερμοκρασία στους 24-25°C.

2.2 Πειραματικός σχεδιασμός: Σύστημα εκτροφής-Συνθήκες εκτροφής

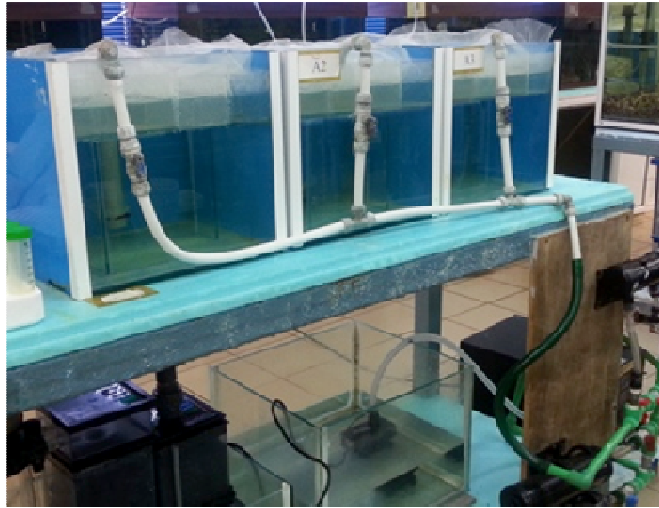
Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 120 γαρίδες μέσου βάρους $0,48 \pm 0,09$ gr και μέσου μήκους $3,83 \pm 0,27$ cm, οι οποίες διαμοιράσθηκαν σε τέσσερα ανακυκλούμενα συστήματα εκτροφής με φίλτρο τύπου sump, τοποθετημένο στο κάτω μέρος των ενυδρείων. Στην πίσω πλευρά των ενυδρείων υπήρχε τοποθετημένος σωλήνας με ύψος μικρότερο από αυτό του ενυδρείου, ούτως ώστε το νερό με την υπερχειλίση εισερχόταν στον σωλήνα και κατέληγε στο φίλτρο. Έπειτα με αντλία νερού το νερό έρεε στα ενυδρεία (Εικ.3). Σε κάθε σύστημα είχε προστεθεί θερμαντικό σώμα προκειμένου η θερμοκρασία του νερού να διατηρείται σταθερή στους 24-25°C καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η αλατότητα διατηρήθηκε σταθερή στο 30‰. Το κάθε σύστημα εκτροφής αποτελούνταν από 3 ενυδρεία διαστάσεων 41 x 36 x 30,5 cm και συνολικού όγκου 50 L (Εικ.4). στα οποία παρέχονταν ατμοσφαιρικός αέρας από αεραντλία με την βοήθεια αερόπετρας στο καθένα ξεχωριστά επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτό καλύτερη διάχυση του αέρα.

Σε κάθε ενυδρείο τοποθετήθηκαν 10 γαρίδες (10 άτομα x 3 ενυδρεία) σε ατομικά κλουβιά σχήματος παραλληλογράμμου, διαστάσεων 13 x 9 x 8,5 cm και συνολικής

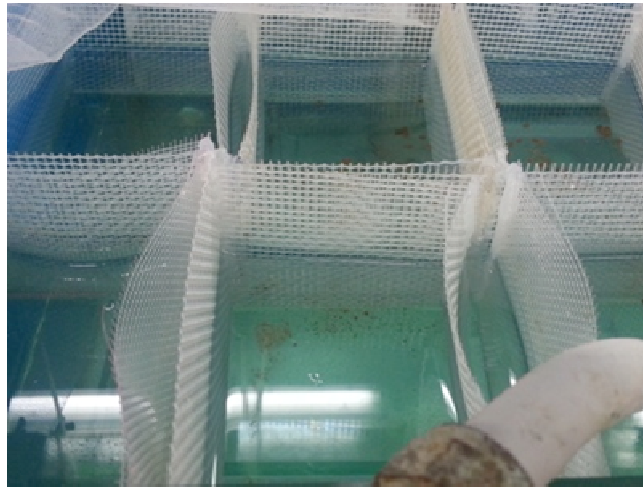
επιφάνειας 117 cm^2 , κατασκευασμένα από διχτυωτό υλικό με άνοιγμα ματιού 5-7 mm έτσι ώστε να αποφευχθεί κανιβαλισμός μεταξύ των γαριδών ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη ανανέωση του νερού. Σε κάθε μεταχείριση τοποθετήθηκαν συνολικά 30 άτομα γαρίδας (10 κλωβί/ενυδρείο). Ο πυθμένας των κλωβών ήταν από γυαλί έτσι ώστε να κατακάθονται τα υπολείμματα της τροφής και τα περιττώματα σε αυτά και να γίνεται ο σιφωνισμός των υπολειμμάτων της τροφής κάθε πρωί για να υπολογιστεί η κατανάλωση της τροφής. Οι κλωβοί στηρίχθηκαν σε υάλινες βάσεις που είχαν ύψος 13 cm με το άνω μέρος του κλωβού να βρίσκεται έξω κατά 3 cm από την επιφάνεια του νερού του ενυδρείου και να αποτελεί σημείο οριοθέτησης της στάθμης του νερού στο ενυδρείο (Εικ.5). Για λόγους ασφαλείας και διαφυγής των γαριδών από αυτά οι κλωβοί καλύφθηκαν με δίχτυ. Η παροχή του νερού στο κάθε σύστημα ήταν συνεχής δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό μια σταθερή παροχή 1545 mL/min και ταχύτητα φιλτραρίσματος 2,34 cm/min.



Εικόνα 3. φίλτρο τύπου sump του συστήματος εκτροφής της πειραματικής διαδικασίας και η κυκλοφορία του νερού στο σύστημα. (Πηγή: προσωπικό αρχείο των συγγραφέων)



Εικόνα 4. Σύστημα εκτροφής γαρίδων (Πηγή: προσωπικό αρχείο των συγγραφέων)



Εικόνα 5. Ατομικά κλουβιά που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία του είδους *Palaemon adspersus* (Πηγή: Ακριβούλη 2016).

Η παροχή του αέρα στα πειραματικά ενυδρεία γίνονταν με πέτρα πορόλιθου διαστάσεων 12 x 25 mm, ώστε να επιτυγχάνεται με αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη διάχυση του ατμοσφαιρικού αέρα στο νερό. Πριν την εκκίνηση της πειραματικής διαδικασίας τα συστήματα ρυθμίστηκαν προκειμένου να επέλθει ισορροπία στο φίλτρο, σύμφωνα με την μεθοδολογία που περιγράφεται από τους Vlahos *et al* (2004), Vlahos *et al.* (2013) και Vlahos *et al.* (2016). Η θερμοκρασία διατηρήθηκε σταθερή μεταξύ 24°C-25°C καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας και ρυθμίστηκε με θερμοστάτες τιτανίου και ρυθμιστές θερμοκρασίας Tcontroller (T 2001, HC, Aquamedic).

2.3 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής

Οι γαρίδες διατρέφονταν με σιτηρέσια τα οποία καταρτίστηκαν και παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης έντομα και φυτικά αλεύρα από σόγια. Το ιχθυάλευρο αντικαταστάθηκε σε ποσοστό 10% από άλευρο εντόμων *Musca domestica* (MD), *Hermetia illucens* (HI), *Tenebrio molitor* (TM) και άλευρο σόγιας (SB). Στο σύστημα Α παρέχονταν ως τροφή το έντομο *Musca domestica* (MD), στο σύστημα Β το άλευρο σόγιας (SB), στο σύστημα Γ, το έντομο *Hermetia illucens* (HI) και στο σύστημα Δ με το έντομο *Tenebrio molitor* (TM).

Η ημερήσια ποσότητα της τροφής που χορηγούνταν στις γαρίδες ήταν 5% του μέσου ζώντος βάρους γαρίδας διαμοιρασμένο σε δύο ισόποσα γεύματα την ημέρα τα οποία είχαν διάστημα μεταξύ τους 5 ώρες. Το πρώτο γεύμα γινόταν νωρίς το πρωί και μετά το πέρας του σιφονισμού των υπολειμμάτων της τροφής και περιττωμάτων της γαρίδας της προηγούμενης ημέρας και στη συνέχεια ακολουθούσε το δεύτερο γεύμα το μεσημέρι. Το κάθε γεύμα απαιτούσε ακρίβεια, και ως εκ τούτου το ζύγισμα γίνονταν με ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Κάθε 15 ημέρες οι γαρίδες αναισθητοποιούνταν με 0,25 ml/L 2-phenoxyethanol προκειμένου να μετρηθούν τα βασικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους (βάρος, μήκος) και να προσδιοριστεί εκ νέου η ημερήσια ποσότητα σιτηρεσίου με ακρίβεια 4 δεκαδικών.

Η μέση ημερήσια ποσότητα της τροφής που χορηγούνταν καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας στις γαρίδες παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 1 ανά δεκαπενθήμερο.

Πίνακας 1. Ποσότητα της τροφής (gr) που χορηγήθηκε σε κάθε πειραματική μεταχείριση και για όλο το διάστημα εκτροφής (60 ημέρες).

ενυδρείο		Σύστημα Α			Σύστημα Β			Σύστημα Γ			Σύστημα Δ		
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	Γ1	Γ2	Γ3	Δ1	Δ2	Δ3
Ημέρες 1 - 15	MB*	0,46	0,47	0,47	0,46	0,52	0,50	0,51	0,48	0,53	0,48	0,48	0,50
	FD*	0,2315	0,2345	0,236	0,231	0,2585	0,2495	0,253	0,238	0,263	0,2375	0,24	0,252
	FM*	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13
Ημέρες 15 - 30	MB*	0,40	0,45	0,43	0,42	0,35	0,40	0,53	0,48	0,49	0,46	0,48	0,50
	FD*	0,181	0,178	0,194	0,1665	0,1225	0,1405	0,2635	0,2385	0,2425	0,229	0,2385	0,252
	FM*	0,09	0,09	0,10	0,08	0,06	0,07	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,13
Ημέρες 30 - 45	MB*	0,38	0,47	0,42	0,45	0,40	0,40	0,56	0,50	0,53	0,47	0,50	0,51
	FD*	0,173	0,1179	0,147	0,0445	0,04	0,0395	0,251	0,25	0,266	0,2335	0,252	0,255
	FM*	0,09	0,06	0,07	0,02	0,02	0,02	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13
Ημέρες 45 - 60	MB*	0,38	0,48	0,43	0,35	-	0,37	0,57	0,52	0,53	0,47	0,48	0,52
	FD*	0,151	0,096	0,086	0,0175	-	0,0185	0,2585	0,2575	0,2655	0,2325	0,2165	0,2085
	FM*	0,08	0,05	0,04	0,01	-	0,01	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10

*Όπου: **MB**: μέσο βάρος γαρίδας (gr), **FD**: food/day (gr), **FM**: food/day/meal (gr),

Η ημερήσια παροχή τροφής υπολογίστηκε από τον τύπο (food/day):

$$FD \text{ (τροφή /ημέρα. gr)} = MB * \text{αριθ. Γαρίδων} * 5\%$$

όπου 5% είναι το επίπεδο διατροφής

Η τροφή /ημέρα / γεύμα (gr) υπολογίστηκε από τον τύπο

$$FM \text{ (τροφή/ γεύμα/ ημέρα)} = FD \text{ (τροφή/ημέρα)} / \text{αριθμός γευμάτων. Στο}$$

παρών πείραμα ο αριθμός των γευμάτων ορίστηκε στα 2.

2.4 Μετρήσεις μορφομετρικών δεδομένων

Οι μετρήσεις των μορφομετρικών χαρακτηριστικών και πιο συγκεκριμένα του ολικού μήκους (αρχικό, τελικό) και του βάρους (αρχικό, τελικό) έγιναν κατά την έναρξη και λήξη της πειραματικής διαδικασίας, και επαναλαμβάνονταν κάθε 15 ημέρες μέχρι τη λήξη του πειράματος (t0, t15, t20, t30, t40, t50, t60). Σε κάθε μέτρηση λαμβάνονταν δεδομένα από το βάρος της γαρίδας (W, gr), το οποίο μετριόνταν σε ζυγό ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων. Το ολικό μήκος (TL, cm) μετρήθηκε με ιχθυόμετρο από το ρύγχος έως το τέλος του ουραίου περυγίου. Το μήκος του κεφαλοθώρακα (LC, cm) μετρήθηκε με παχύμετρο από την αρχή του κεφαλοθώρακα της άνω πλευράς της γαρίδας μέχρι τον οφθαλμικό μίσχο (Εικ.6).



Εικόνα 6. Μετρήσεις (α) ολικού μήκους και (β) ολικού βάρους (γ) μήκος κεφαλοθώρακα της γαρίδας *Palaemon adspersus* (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέων)

2.5 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού

Καθημερινά πραγματοποιούνταν έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού σε όλες τις μεταχειρίσεις με την βοήθεια του ηλεκτρονικού θερμομέτρου και διατηρήθηκε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος μεταξύ 24-25°C. Επίσης η αλατότητα διατηρήθηκε σταθερή στο 30‰ καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, και ελέγχονταν καθημερινά με την βοήθεια ενός διαθλασίμετρου. Λόγω της εξάτμισης γίνονταν προσθήκη 2-4 L θαλασσινού νερού παρόμοιας αλατότητας με αυτή των μεταχειρίσεων κάθε 3 ημέρες. Τέλος, μια φορά εβδομαδιαίως μετριούνταν το pH και το διαλυμένο οξυγόνο με ηλεκτρονικό πολύμετρο (HACH HQ 40 D).

2.5.1. Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (TAN)

Η ολική αμμωνία (TAN) προσδιορίζονταν μία φορά την εβδομάδα χρωματομετρικά, με test kit (API/SERA) (Εικ.6). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της

ολικής αμμωνίας στηρίχθηκε στη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat et al. 1975) όπως περιγράφεται παρακάτω:

- Λήψη 5 mL δείγματος σε υάλινη κυψελίδα
- Προσθήκη 8 σταγόνες από το αντιδραστήριο Ammonia #1
- Ανάδευση για 5 sec
- Προσθήκη 8 σταγόνες από το αντιδραστήριο Ammonia #2
- Ανάδευση για 5 sec
- Αναμονή 5 min μέχρι το διάλυμα να λάβει το αντίστοιχο χρωματισμό

Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με την κλίμακα μέτρησης της αμμωνίας για θαλασσινό νερό



Εικόνα 6. Χρωματομετρική μέτρηση της ολικής αμμωνίας (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέων).

2.5.2. Προσδιορισμός νιτρωδών ιόντων ($\text{NO}_2^- \text{N}$)

Ο προσδιορισμός των νιτρωδών ιόντων ($\text{NO}_2^- \text{N}$) γίνονταν μία φορά την εβδομάδα χρωματομετρικά, με test kit (API) (Εικ.7). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της ολικής αμμωνίας στηρίχθηκε στη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat et al.1975) όπως περιγράφεται παρακάτω:

- Λήψη 5 mL δείγματος σε υάλινη κυψελίδα
- Προσθήκη 5 σταγόνες από το αντιδραστήριο nitrite#1

- Ανάδευση για 5 sec
 - Αναμονή 5 min μέχρι το διάλυμα να λάβει το αντίστοιχο χρωματισμό
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με την κλίμακα μέτρησης των νιτρωδών



Εικόνα 7. Χρωματομετρική μέτρηση των νιτρωδών ιόντων (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέων).

2.5.3. Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων (NO_3^- -N)

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^- -N), μετριοούνται μία φορά την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kit (API) (Εικ.8). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της ολικής αμμωνίας στηρίχθηκε στη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat et al. 1975) όπως περιγράφονται ακολούθως:

- Λήψη 5 mL δείγματος σε υάλινη κυψελίδα
 - Προσθήκη 10 σταγόνες από το αντιδραστήριο nitrate#1
 - Ανάδευση για 5 sec
 - Προσθήκη 10 σταγόνες από το αντιδραστήριο nitrate#2
 - Αναμονή 5 min μέχρι το διάλυμα να λάβει το αντίστοιχο χρωματισμό
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με την κλίμακα μέτρησης των νιτρικών



Εικόνα 8. Χρωματομετρική μέτρηση των νιτρικών ιόντων (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέων).

2.6 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

Οι δείκτες ανάπτυξης των γαριδών καθώς και οι παράμετροι αξιοποίησης της τροφής υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις (Μεντέ και Νέγκας 2011):

Ημερήσια ποσότητα τροφής:

$(F, g) = M.B (gr) (\text{Αριθμός ψαριών } W(gr)) * \text{επίπεδο διατροφής } (\%)$

Αύξηση σωματικού βάρους (WG):

$(WG, g) = \text{Μέσο τελικό βάρος } (W_f) - \text{Μέσο αρχικό βάρος } (W_i)$

Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης:

$S.G.R. (\%/ημέρα) = [Ln (W_f) - Ln (W_i)] * 100 / \text{ημέρες σίτισης} .$

όπου: $W_f = \text{τελικό βάρος } (gr)$ και $W_i = \text{αρχικό βάρος } (gr)$

Συντελεστής Ευρωστίας (C.F.):

$C.F. = (W * L^{-3}) * 100$

Επιβίωση (%):

$S (\%) = (\text{Τελικός αριθμός ψαριών} / \text{αρχικός αριθμός ψαριών}) * 100$

Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR):

$(FCR) = \text{τροφή που προσφέρθηκε } (g) / \text{αύξηση βάρους } (g)$

Ημερήσια πρόσληψη τροφής (D.F.I., %/ημέρα):

$D.F.I. (\%/ημέρα) = 100 * [(\text{τροφή που προσφέρθηκε} / \text{αύξηση βάρους}) / \text{ημέρες σίτισης}]$

Ποσοστιαία αύξηση βάρους (BWI, %):

$BWI = [(\text{τελικό βάρος} - \text{αρχικό βάρος}) / \text{αρχικό βάρος}] * 100$

Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER):

P.E.R.=Αύξηση βάρους (g) / πρωτεΐνης που προσφέρθηκε στην τροφή (g).

2.7 Στατιστική Επεξεργασία

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία επεξεργάστηκαν στατιστικά χρησιμοποιώντας την ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way ANOVA) με επίπεδο σημαντικότητας 5% και κάνοντας χρήση του Tukey test προκειμένου να συγκριθούν οι διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους όταν η ANOVA έδειχνε σημαντική επίδραση. Η ομοιογένεια και η παραλλακτικότητα των μέσων όρων ελέγχθηκε σύμφωνα με το Levene's test. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως $MO \pm SEM$. Οι μέσοι όροι που φέρουν διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (Zar 1999).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Δείκτες ανάπτυξης Γαρίδων

3.1.1 Επιβίωση

Την υψηλότερη επιβίωση παρουσίασαν οι γαρίδες που τράφηκαν με την τροφή TM με ποσοστό 93,3% και HI με ποσοστό 86,6%. Οι γαρίδες που τράφηκαν με την τροφή MD παρουσίασαν επιβίωση 53,3% ενώ το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης παρατηρήθηκε στις γαρίδες που τρέφονταν με τη δίαιτα SB και ήταν 36,6%.

3.1.2 Βάρος (W),Μήκος Γαρίδων (L) και Συντελεστής Ευρωστίας (CF)

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι γαρίδες *P. aspersus* που τράφηκαν με τις δίαιτες HI και TM, παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο τελικό βάρος σε σχέση με τις γαρίδες που διατράφηκαν με τις δίαιτες MD και SB (ANOVA, $p < 0,05$). Μεγαλύτερο στατιστικά τελικό μήκος παρουσίασαν οι γαρίδες που διατράφηκαν με τις τροφές HI και TM σε σχέση με τις γαρίδες που ταΐστηκαν με τις δίαιτες MD και SB (ANOVA, $p < 0,05$) (Πιν.2). Ο αρχικός συντελεστής ευρωστίας ήταν στατιστικά μεγαλύτερος στις γαρίδες που διατράφηκαν με τη δίαιτα HI (Πιν. 2), (ANOVA, $p < 0,05$). Οι γαρίδες που σιτίστηκαν με τη δίαιτα SD παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο τελικό συντελεστή ευρωστίας σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις δίαιτες MD, HI και TM (ANOVA, $p < 0,05$).

Πίνακας 2. Αρχικό, τελικό μήκος (L), βάρος (W) και συντελεστή ευρωστίας (CF) που μετρήθηκαν για διάστημα 60 ημερών.

	MD	SB	HI	TM
Αρχικό Βάρος (W_{in}).	0,46±0,01 ^a	0,49±0,01 ^a	0,50±0,01 ^a	0,48±0,01 ^a
Τελικό Βάρος (W_{fin}).	0,54±0,02 ^a	0,51±0,01 ^a	0,60±0,02 ^b	0,58±0,01 ^b
Αρχικό Μήκος (L_{in}).	3,86±0,05 ^a	3,84±0,05 ^a	3,83±0,04 ^a	3,81±0,05 ^a
Τελικό Μήκος (L_{fin}).	4,01±0,07 ^a	3,85±0,04 ^a	4,19±0,05 ^b	4,20±0,05 ^b
Αρχικός Συντελεστής Ευρωστίας (CF_{in}).	0,80±0,008 ^a	0,86±0,01 ^b	0,88±0,008 ^b	0,78±0,008 ^a
Τελικός Συντελεστής Ευρωστίας (CF_{fin}).	0,84±0,03 ^a	0,89±0,01 ^a	0,81±0,01 ^b	0,78±0,009 ^b

3.1.3 Αύξηση Βάρους (WG) και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) και ποσοστιαία αύξηση βάρους (BWI)

Η αύξηση βάρους (Πιν.3) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας σε όλες τις μεταχειρίσεις (ANOVA, $p>0,05$). Οι γαρίδες που σιτίστηκαν με την δίαιτα HI παρουσίασαν στατιστικά το μικρότερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR, %/d) σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τη δίαιτα MD όπου παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερη ανάπτυξη καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (ANOVA, $p<0,05$). Τέλος οι γαρίδες που τράφηκαν με τη δίαιτα HI παρουσίασαν στατιστικά τη μικρότερη ποσοστιαία αύξηση (BWI), (ANOVA, $p<0,05$) σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις δίαιτες MD, SB και TM (Πιν.3).

Πίνακας 3. Απεικονίζεται η αύξηση βάρους σε γραμμάρια (WG), ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) και η ποσοστιαία αύξηση βάρους (BWI) τα οποία προέκυψαν από τα στατιστικά αποτελέσματα του πειράματος.

	MD	SB	HI	TM
Αύξηση βάρους WG (gr)	0,14±0,014 ^a	0,12±0,004 ^a	0,12±0,009 ^a	0,12±0,006 ^a
Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης SGR (%/d)	0,50±0,033 ^a	0,46±0,015 ^a	0,35±0,021 ^b	0,40±0,016 ^c
Ποσοστιαία αύξηση βάρους BWI (%)	22,56±2,59 ^a	22,78±2,58 ^b	15,29±1,06 ^a	23,66±2,23 ^b

3.2 Δείκτες αξιοποίησης και εκμετάλλευσης της τροφής

3.2.1 Συντελεστής Μετατρεψιμότητας τροφής (FCR), Ημερήσια πρόσληψη τροφής (DFI)

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (Πιν.4) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις πειραματικές δίαιτες (ANOVA, $p>0,05$). Οι γαρίδες που σιτίστηκαν με τη δίαιτα HI (Πιν.4) παρουσίασαν στατιστικά τη μικρότερη ημερήσια πρόσληψη τροφής σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις δίαιτες MD, SB, και TM (ANOVA, $p>0,05$).

Πίνακας 4. Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR) και ημερήσια πρόσληψη τροφής (DFI) για τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις πειραματικές δίαιτες καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής εκτροφής (60 ημέρες).

	MD	SB	HI	TM
Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής FCR (%)	0,16±0,014 ^a	0,19±0,009 ^a	0,20±0,015 ^a	0,18±0,012 ^a
Ημερήσια πρόσληψη τροφής DFI (gr/d)	1,02±0,065 ^b	1,11±0,035 ^b	0,33±0,025 ^a	1,14±0,058 ^b

3.2.2 Συντελεστής απόδοσης των πρωτεϊνών (PER)

Ο συντελεστής απόδοσης των πρωτεϊνών (Πιν.5) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία από τις τέσσερις ομάδες του πειράματος (ANOVA, $p>0,05$).

Πίνακας 5. Συντελεστής απόδοσης των πρωτεϊνών (PER) για τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις πειραματικές δίαιτες καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (60 ημέρες)

	MD	SB	HI	TM
Συντελεστής απόδοσης πρωτεϊνών PER	0,89±0,093 ^a	0,76±0,024 ^a	0,74±0,060 ^a	0,78±0,039 ^a

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα πειραματική διπλωματική εργασία πραγματεύεται για πρώτη φορά την επίδραση της χρησιμοποίησης της πρωτεΐνης εντόμων στην επιβίωση και ανάπτυξη της γαρίδας *Palaemon adspersus* σε ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής σε ανακυκλούμενα ενυδρειακά συστήματα. Ως ζωική πρωτεΐνη χρησιμοποιήθηκαν τα έντομα *Musca domestica* (MD), *Hermetia illucens* (HI) και *Tenebrio molitor* (TM) τα οποία αντικατέστησαν το ιχθυάλευρο σε ποσοστό 10% καθώς και φυτική πρωτεΐνη από άλευρο σόγιας (SB).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι γαρίδες του είδους *Palaemon adspersus* που σιτίστηκαν με άλευρο εντόμων *Tenebrio molitor* έδειξαν στατιστικά ($P < 0,05$) καλύτερη ανάπτυξη και μεγαλύτερη επιβίωση παρουσιάζοντας στατιστικά τη μικρότερη πρόσληψη τροφής DFI σε σχέση με τις υπόλοιπες δίαιτες. Οι γαρίδες όταν σιτίζονται με τη δίαιτα που περιείχε το έντομο *Musca domestica* παρουσίασαν την μικρότερη ανάπτυξη και επιβίωση αλλά παρουσίασαν μεγαλύτερη ημερήσια πρόσληψη τροφής.

Στην παρούσα εργασία η επιβίωση των γαριδών που σιτίστηκαν με τις δίαιτες που περιείχαν το έντομο *H.illucens* ήταν παρόμοια με εκείνη που παρουσίασαν οι γαρίδες που σιτίστηκαν με εμπορικά σύμπληκτα για διάστημα 60 ημερών σε κλειστό σύστημα εκτροφής (Vlahos et al. 2016). Επίσης στην εργασία των Vlahos et al. (2016) αναφέρεται ότι όταν οι γαρίδες εκτρέφονται σε θερμοκρασία 20 °C έδειξαν στατιστικά μικρότερο τελικό βάρος, αύξηση βάρους και ειδικό ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τη δίαιτα που περιείχε το έντομο *H.illucens*.

Οι γαρίδες που σιτίστηκαν με τη δίαιτα που περιείχε το έντομο *Hermetia illucens* παρουσίασαν στατιστικά ($P < 0,05$) καλή ανάπτυξη και ημερήσια πρόσληψη τροφής και υψηλά ποσοστά επιβίωσης. Τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας συμφωνούν με εκείνα που αναφέρει η Ζώτου (2018), όπου οι γαρίδες του είδους *P.adspersus* όταν σιτίζονται με δίαιτες που περιέχουν το έντομο *Hermetia illucens* για διάστημα 60 ημερών, παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερη ανάπτυξη, επιβίωση και κατανάλωση τροφής σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με τις δίαιτες *Tenebrio molitor* και *Musca domestica* όπου παρουσίασαν μικρότερη ανάπτυξη, επιβίωση και κατανάλωση τροφής.

Οι Roncarati et al. (2015) αναφέρουν ότι αντικατάσταση του ιχθυάλευρου σε ποσοστό 50% του ιχθυάλευρου στο γατόψαρο (*Ameiurus melas*) επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη του παρουσιάζοντας χαμηλότερο τελικό σωματικό βάρος στα ψάρια που τράφηκαν με *Tenebrio molitor* συγκριτικά με τις βιομηχανικές τροφές εμπορίου.

Οι Ng et al. (2001) παρατήρησαν ότι με αντικατάσταση ως και 40% του ιχθυάλευρου με άλευρα από *Tenebrio molitor* δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη των ιχθύων, ενώ με αντικατάσταση 60% του ιχθυάλευρου παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην ανάπτυξη των ιχθύων.

Οι Bondari και Shappard (1987) σε αντικατάσταση 10% της τροφής με *Hermetia illucens* παρατήρησαν διαφορές στην αύξηση βάρους ενώ οι Newton et al. (2005) αντικατέστησαν 30% του ιχθυάλευρου με *Hermetia illucens* και μερικός από άλευρα σόγιας και δεν παρατήρησαν διαφορές στην ανάπτυξη των ιχθύων.

Τα αποτελέσματα της χρήσης *Musca domestica* στα ψάρια ποικίλει σε σχέση με τις συνθήκες αναπαραγωγής και διαχείρισης της λάβρας. Συγκεκριμένα οι Fasakin et al. (2003) εξέτασαν μεθόδους αποξήρανσης και επεξεργασίας (hydrolysed, defatted, full-fat, sun-dried and oven-drying maggots) στην ανάπτυξη και χρήση σε γατόψαρα του είδους *Clarias gariepinus* τονίζοντας πως αυτές οι μέθοδοι επεξεργασίας επηρέασαν την διατροφική αξία του τελικού αλεύρου. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι τα ψάρια είχαν καλύτερες επιδόσεις όταν τρέφονταν με δίαιτες που περιείχαν άλευρο λάβρας από *Musca domestica* χωρίς λίπος σε αντίθεση με άλευρα λάβρας *Musca domestica* με πλήρες λίπος.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που εξάγονται από την παρούσα έρευνα προάγουν για πρώτη φορά την κατανόηση των διατροφικών προτιμήσεων της γαρίδας *P. adspersus* και δίδει πληροφορίες για την εκτροφή και ανάπτυξη όταν χρησιμοποιούνται στη δίαιτά τους έντομα ιδανικά για την ανάπτυξη και επιβίωσή τους.

Οι γαρίδες μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά όταν σιτίζονται με σιτηρέσια που περιέχουν άλευρα από έντομα όπως για παράδειγμα το έντομο *H. Illucens*. Οι γαρίδες που η δίαιτα τους αποτελείται από άλευρα εντόμων *Tenebrio molitor* και *H. illucens*, στατιστικά έδειξαν ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR). Η διατροφική ποιότητα των γαρίδων φαίνεται να μην επηρεάζεται από τη συμπερίληψη γευμάτων εντόμων στις πειραματικές δίαιτες φαίνεται να μην επηρεάζει την καλή διαβίωση των γαριδών και να προσδίδει ικανοποιητική ανάπτυξη.

Η φυτική τροφή στην δίαιτα των γαριδών φαίνεται να παρουσιάζει την ίδια αντιοξειδωτική απόκριση με τη δίαιτα του ιχθυάλευρου καθώς και τις δίαιτες που περιέχουν τα έντομα *H. illucens* και *T.molitor* και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τον ίδιο αποτελεσματικό τρόπο και θα οδηγήσει στην επιτυχή εκτροφή της γαρίδας *P.adspersus* σε ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

6.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Barnes, R.S.K. 1994. The brackish-water fauna of northwestern Europe. Cambridge University Press, Cambridge, 287 pp.

Barroso, F.G.; de Haro, C.; Sánchez-Muros, M.J.; Venegas, E.; Martínez-Sánchez, A.; Pérez-Bañón, C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 2014, 422, 193–201.

Barroso, F.G.; de Haro, C.; Sánchez-Muros, M.J.; Venegas, E.; Martínez-Sánchez, A.; Pérez-Bañón, C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 2014, 422, 193–201.

Berglund, A. 1982 Coexistence, size overlap and population regulation in tidal vs. non-tidal *Palaemon* prawns. *Oecologia*, 54:1-7.

Berglund, A. 1985. Different reproductive success at low salinity determines the estuarine distribution of two *Palaemon* prawn species. *Holarctic Ecology*, 8: 49-52.

Berglund, A.. 1980. Niche differentiation between two littoral prawns in Gullmar Fjord, Sweden: *Palaemon Adspersus* and *P. squilla*. *Holarctic Ecology*, 3: 111-115.

Berglund, A., Bengtsson, J. 1981. Biotic and abiotic factors determining the distribution of two prawn species: *Palaemon adspersus* and *P. squilla*. *Oecologia*, 49:300-304.

Bilgin, S., Ozen, O., Ates, A.S., 2008. Spatial and temporal variation of *Palaemon adspersus*, *Palaemon elegans*, and *Crangon crangon* (Decapoda: Caridea) in the southern Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 671–678.

Bilgin, S., Samsun, O. & Ozen, O.(2009). Seasonal growth and reproduction biology of the Baltic prawn, *Palaemon adspersus* (Decapoda: Palaemonidae), in the southern Black Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(3): 509–519.

Bondari K, Shappard DC (1987) Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Refinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquacult Res* 18(3):209-220.

Choi, I.H.; Kim, J.M.; Kim, N.J.; Kim, J.D.; Park, C.; Park, J.H.; Chung, T.H. Replacing fish meal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Acta Scientiarum Animal Sci.* 2018, 40.

Cummins, V.C.; Rawles, S.D.; Thompson, K.R.; Velasquez, A.; Kobayashi, Y.; Hager, J.; Webster, C.D. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as

partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 2017, 473, 337–344.

De Marco, M.; Martínez, S.; Hernandez, F.; Madrid, J.; Gai, F.; Rotolo, L.; Belforti, M.; Bergero, D.; Katz, H.; Dabbou, S. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2015, 209, 211–218.

Esteban, M.A.; Mulero, V.; Cuesta, A.; Ortuno, J.; Meseguer, J. Effects of injecting chitin particles on the innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish Shellfish Immunol.* 2000, 10, 543–544.

FAO (2007) Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Aquaculture production: quantities 1950–2005. FISHSTAT Plus—Universal software for fishery statistical time series [online or CD-ROM]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fasakin EA, Balogun AM, Ajayi OO (2003) Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of Clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquacult Res* 34(9):733-738.

Figueras., A. (1986). Alimentación de *palaemon adspersus* (Rathe, 1837) y *Palaemon Serratsps* (Pennant, 1777) (Decapoda: Natantia) en la Ria de Vigo (N .O .España). *Camers de Biologie Marine*, Tome xxvii, pp.77 - 90.

Gai, F.; Gasco, L.; Daprà, F.; Palmegiano, G.B.; Sicuro, B. Enzymatic and Histological Evaluations of Gut and Liver in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed with Rice Protein Concentrate-based Diets. *J. World Aquac. Soc.* 2012, 43, 218–229.

Gasco, L.; Gai, F.; Maricchiolo, G.; Genovese, L.; Ragonese, S.; Bottari, T.; Caruso, G. Fishmeal alternative protein sources for aquaculture feeds. In *Feeds for the Aquaculture Sector*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018; pp. 1–28.

Ghosh, S.; Lee, S.-M.; Jung, C.; Meyer-Rochow, V. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 2017, 20, 686–694.

Guerao G., Pérez-Baquera J. and Ribera C. (1994) Growth and reproductive biology of *Palaemon xiphias* Risso, 1816 (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology* 14, 280–288.

Guerao, Pérez-Baquera, Ribera. (1994). *Journal of Crustacean Biology Growth and Reproductive Biology of Palaemon xiphias* Risso, 1816 (Decapoda: Caridea: Palaemonidae).

Hansen, J.P., Wikstrom, S.A., Kautsky, L. 2012. Taxon composition and food-web structure in a morphometric gradient of Baltic Sea land-uplift days. *Boreal Environment Research*, 17:1-20.

Harmelin-Vivien M.L., Kaimmalka R.A., Ledoyer M. and Jacobabraham S.S. (1989) Food partitioning among scorpaenidfishes in Mediterranean seagrass beds. *Journal of Fish Biology* 34:715– 734.

Henry, M.; Gasco, L.; Piccolo, G.; Fountoulaki, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2015, 203, 1–22.

Henry, M.A.; Gasco, L.; Chatzifotis, S.; Piccolo, G. Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Dev. Comp. Immunol.* 2018, 81, 204–209

Holthuis L.B. (1980) Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Howe, E.R.; Simenstad, C.A.; Toft, J.D.; Cordell, J.R.; Bollens, S.M. Macroinvertebrate prey availability and fish diet selectivity in relation to environmental variables in natural and restoring north San Francisco bay tidal marsh channels. *San Franc. Estuary Watershed Sci.* 2014, 12, 1–46.

Janas U & Bruska O. (2010). Energy values and energy resources of two prawns in Baltic coastal waters: the indigenous *Palaemon adspersus* and the nonindigenous *Palaemon elegans*. *Oceanologia*, 52 (2): 281–297.

Khosravi, S.; Kim, E.; Lee, Y.-S.; Lee, S.-M. Dietary inclusion of mealworm (*Tenebrio molitor*) meal as an alternative protein source in practical diets for juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*): Mealworm meal in rockfish feed. *Entomol. Res.* 2018, 48, 214–221.

Lapinska, E., Szaniawska, A. 2006. Environmental preferences of *Crangon crangon* (Linnaeus 1758), *Palaemon adspersus*, Rathke 1837, and *Palaemon elegans* Rathke 1837, in the litoral zone of the gulf of Gdansk. *Crustaceana*, 79(6): 649-662.

Lavilla-Pitogo, C.R.; Leano, E.M.; Paner, M.G. Mortalities of pond-cultured juvenile shrimp, *Penaeus monodon*, associated with dominance of luminescent vibrios in the rearing environment. *Aquaculture* 1998, 164, 337–349.

Lewis, M.J.; Francis, D.S.; Blyth, D.; Moyano, F.J.; Smullen, R.P.; Turchini, G.M.; Booth, M.A. A comparison of in-vivo and in-vitro methods for assessing the digestibility of

poultry by-product meals using barramundi (*Lates calcarifer*); Impacts of cooking temperature and raw material freshness. *Aquaculture* 2019, 498, 187–200.

Makkar, H.P.; Tran, G.; Heuzé, V.; Ankers, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2014, 197, 1–33.

Manent P. and Abella-Gutiérrez J. (2006) Population biology of *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda, Caridea) in Fornells Bay, Balearic Islands, western Mediterranean. *Crustaceana* 79, 1297–1308.

Manent, P., Abella-Gutiérrez, J. 2006. Population biology of *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda, Caridae) in Fornells Bay, Balearic Islands, Western Mediterranean. *Crustaceana* 79(11): 1297-1308.

Martin, J.W. & Davis, G.E. (2001). An Updated Classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles Country.

Newton GL, Sheppard DC, Watson DW, Burlet GJ, Dove R (2005) Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report from M. Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC-Agreements between the Nc Attorney General, Smithfield Foods, and Premium Standard Farmers.

Ng WK, Liew FL, Ang LP, Wong KW (2001) Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquacult Res* 32:270-280.

Oliva-Teles, A.; Enes, P.; Peres, H. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. In *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*; Davis, A.D., Ed.; Elsevier: Cambridge, UK, 2015; pp. 203–233.

Panini, R.L.; Freitas, L.E.L.; Guimarães, A.M.; Rios, C.; da Silva, M.F.O.; Vieira, F.N.; Amboni, R.D. Potential use of mealworms as an alternative protein source for Pacific white shrimp: Digestibility and performance. *Aquaculture* 2017, 473, 115–120.

Rahimnejad, S.; Yuan, X.; Wang, L.; Lu, K.; Song, K.; Zhang, C. Chitooligosaccharide supplementation in low-fish meal diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Effects on growth, innate immunity, gut histology, and immune-related genes expression. *Fish Shellfish Immunol.* 2018, 80, 405–415.

Ringo, E.; Zhou, Z.; Olsen, R.E.; Song, S.K. Use of chitin and krill in aquaculture, the effect on gut microbiota and the immune system: A review. *Aquac. Nutr.* 2012, 18, 117–131.

Roncarati A, Gasco L, Parisi G, Terova G (2015) Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed mealworm (*Tenebrio molitor*) diet. *J Insects Food Feed* 1 (3):233-240.

Sánchez-Muros, M.; Haro, C.; Sanz, A.; Trenzado, C.; Villareces, S.; Barroso, F. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquac. Nutr.* 2016, 22, 943–955.

Sánchez-Muros, M.J.; de Haro, C.; Sanz, A.; Trenzado, C.E.; Villareces, S.; Barroso, F.G. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquac. Nutr.* 2016, 22, 1–13.

Schaffmeister, B.E., Hiddink, J.G., Wolff, W.J. 2006. Habitat use of shrimps in the intertidal and shallow subtidal seagrass beds of the tropical Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Sea Research*, 55: 230-243.

Siemianowska, E.; Kosewska, A.; Aljewicz, M.; Skibniewska, K.A.; Polak-Juszczak, L.; Jarocki, A.; Jedras, M. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agric. Sci.* 2013, 4, 287.

Smaldon, G. 1979. British coastal shrimps and prawns: keys and notes for the identification of the species, *Synopses of the British fauna, New Series 15*. Academic Press, London, 126 pp.

Stadtlander, T.; Stamer, A.; Buser, A.; Wohlfahrt, J.; Leiber, F.; Sandrock, C. *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. *J. Insects Food Feed* 2017, 3, 165–175.

Sung, H.H.; Hsu, S.F.; Chen, C.K.; Ting, Y.Y.; Chao, W.L. Relationships between disease outbreak in cultured tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and the composition of *Vibrio* communities in pond water and shrimp hepatopancreas during cultivation. *Aquaculture* 2001, 192, 101–110.

Takeuki T., Murakami K.(2007). Crustacean nutrition and larvae feed, with emphasis on Japanese spiny lobster *Palinurus japonicus*. *Bulletin of Fisheries Research Agency (Japan)*.No20: 15.The International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). Available online: <https://ipiff.org/> (accessed on 20 February 2019).

Thitamadee, S.; Prachumwat, A.; Srisala, J.; Itsathitphaisarn, O. Review of current disease threats for cultivated penaeid shrimp in Asia. *Aquaculture* 2016, 452, 69–87.

Vlahos, N., Akrivouli, A., Mente, E., Exadactylos, A., Nystas, T., Patsea, E., Hotos, G. (2016). The effect of three different temperatures on the growth and survival rate of *Palaemon adspersus*. In M. hatziefstathiou (Ed.), *Book of proceedings of the 2nd International*

Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment (HYDROMEDIT 2016) (pp.60–63). Messolonghi, Greece.

von Oertzen, A. 1984. Metabolic similarity of *Palaemon* populations from different brackish waters. Short Note. International Review of Hydrobiology, 69(5), 753-755.

Wang, S.H.; Chen, J.C. The protective effect of chitin and chitosan against *Vibrio alginolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Fish Shellfish Immunol. 2005, 19, 191–204.

Wickins, J.F. & Lee, D.O’C. (2002). Crustacean Farming Ranching and Culture. 2nd Ed. Blackwell Science Ltd. p. 164-180.

6.2 Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Ζώτου, Π. (2018). Πειραματική εκτροφή της γαρίδας *Palaemon Adspersus* σε κλειστό σύστημα εκτροφής χρησιμοποιώντας ως σιτηρέσιο εναλλακτική πηγή προέλευσης πρωτεΐνης. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών. σελ: 25-31.

6.3 Διαδικτυακή βιβλιογραφία

<https://ahrexhooks.com>

<https://www.sealifebase.se/Country/CountryList.php?ID=24525&GenusName=Palaemon&SpeciesName=adspersus>

<http://www.fao.org/>