

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ-ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Πειραματική εκτροφή της γαρίδας *Palaemon
adspersus* σε κλειστό σύστημα εκτροφής
χρησιμοποιώντας ως σιτηρέσιο εναλλακτική
πηγή προέλευσης πρωτεΐνης»**

Πολυξένη Ζώτου

Εισηγητής
Δρ Νικόλαος Βλάχος
ΕΔΙΠ

Μεσολόγι 2018

στην οικογένειά μου

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα πειραματική πτυχιακή εργασία. Η πραγματοποίησή της δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την καθολική τους συμπαράσταση.

Ευχαριστώ τον Δρ Βλάχο Νικόλαο, ΕΔΙΠ, επιβλέπων της πτυχιακής εργασίας, για την εμπιστοσύνη, την απεριόριστη κατανόηση, την πνευματική και επιστημονική καθοδήγηση και την ηθική συμπαράσταση που έδειξε στο πρόσωπό μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσε να εργασθώ μαζί του όλα αυτά τα χρόνια.

Ευχαριστώ τους Κοσμά Βιδάλη, Καθηγητή, και Μπεκιάρη Βλασούλα Επίκουρος Καθηγήτρια μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής για τις συμβουλές, χρήσιμες υποδείξεις αλλά και το ενδιαφέρον που επέδειξαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και των σπουδών μου.

Ευχαριστώ το φίλο και συμφοιτητή Κώστα Δεβετζόγλου για την ανιδιοτελή βοήθεια που μου προσέφερε κατά την εγκατάσταση των πειραμάτων αλλά και για την ψυχολογική υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

Ευχαριστώ τον συμφοιτητή και φίλο Θεοχάρη Νύστα για την ανιδιοτελή βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αλλά και τις ώρες που περάσαμε κατά τη διάρκεια διενέργειας των δειγματοληψιών.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, συνεισφορά, κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περιεχόμενα.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1.Οικολογία του είδους <i>Palaemon adspersus</i>	7
1.2. Διατροφικές συνήθειες του είδους <i>Palaemon adspersus</i>	9
1.2.1. Διατροφικές ανάγκες στο φυσικό περιβάλλον.....	9
1.2.2. Διατροφή με εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης.....	10
1.3. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	12
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	12
2.1. Προμήθεια ατόμων <i>Palaemon adspersus</i>	12
2.2. Σύστημα εκτροφής-Συνθήκες εκτροφής	12
2.3. Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής	14
2.4.Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών	16
2.5. Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων	17
2.5.1. Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (T.A.N.)	17
2.5.2. Προσδιορισμός νιτρωδών ιόντων (NO₂⁻ N)	18
2.5.3. Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων (NO₃⁻ -N)	19
2.6. Προσδιορισμός κατανάλωσης τροφής	20
2.7. Δείκτες ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	23
2.8. Στατιστική Επεξεργασία	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	25
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	25
3.1. Ποιότητα νερού στα πειραματικά συστήματα εκτροφής.....	25
3.2. Επιβίωση.....	26
3.3. Βάρος και μήκος σώματος.....	27
3.4. Αύξηση βάρους (WG) και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/ημέρα).....	27
3.5. Κατανάλωση τροφής και παράμετροι αξιοποίησης της.....	28
3.5.1. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής.....	28

3.5.2. Κατανάλωση τροφής	29
3.5.3. Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής (PER)	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	31
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	33
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ	35
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	35
<i>Β. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία</i>	37
<i>Γ. Διαδικτυακή Βιβλιογραφία</i>	38
ABSTRACT	39

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γαρίδα *Palaemon adspersus* είναι ένα δεκάποδο καρκινοειδές το οποίο ζει στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου και παρουσιάζει αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον στην τοπική κοινωνία.

Σκοπός της παρούσας εργαστηριακής πτυχιακής εργασίας είναι να μελετήσει την ανάπτυξη, την κατανάλωση τροφής και την επιβίωση της γαρίδας *Palaemon adspersus* σε συνθήκες αιχμαλωσίας χρησιμοποιώντας ως τροφές σύμπληκτα στα οποία έγινε αντικατάσταση του ιχθυάλευρου από έντομα.

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 90 γαρίδες μέσου βάρους $0,35 \pm 0,01$ g και μέσου μήκους $3,50 \pm 2,00$ cm, οι οποίες τοποθετήθηκαν ανά δέκα άτομα σε ατομικά κλουβιά για αποφυγή κανιβαλισμού, σε τρία συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού συνολικού όγκου 250 L τα οποία υποστηρίζονταν από φίλτρα τύπου sump. Το κάθε σύστημα αποτελούνταν από τρία ενυδρεία ωφέλιμου όγκου 50 L με τα αντίγραφα του. Για τις ανάγκες του πειράματος οι γαρίδες διαχωρίστηκαν σε τρεις διατροφικές ομάδες (30 άτομα/ομάδα) όπου τρέφονταν με σύμπληκτα 5% του μέσου ζώντος βάρους γαρίδας, όπου η πρωτεΐνη αντικαταστήθηκε σε διαφορετικά επίπεδα με έντομα των ειδών *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, αντίστοιχα. Η συνολική διάρκεια του πειράματος ήταν 60 ημέρες.

Η θερμοκρασία και η αλατότητα διατηρήθηκαν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος στους 25°C και 30 ppt, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι οι γαρίδες του είδους *Palaemon adspersus* παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερη ανάπτυξη (SGR) και κατανάλωση τροφής όταν διατρέφονταν με τα σιτηρέσια του εντόμου *Hermetia illucens* και του εντόμου *Musca domestica* σε αντίθεση με τις γαρίδες που διατρέφονταν με τα σύμπληκτα που περιείχαν τα έντομα *Tenebrio molitor*. Μεγαλύτερη επιβίωση παρουσίασαν οι γαρίδες που διατρέφονταν με τροφή που περιείχε το έντομο *Hermetia illucens* και ήταν 73% σε αντίθεση με τις υπόλοιπες διατροφικές ομάδες που παρουσίασαν τη μικρότερη επιβίωση.

Λέξεις κλειδιά: *Palaemon adspersus*, διατροφή, ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, επιβίωση, κατανάλωση τροφής, έντομα.

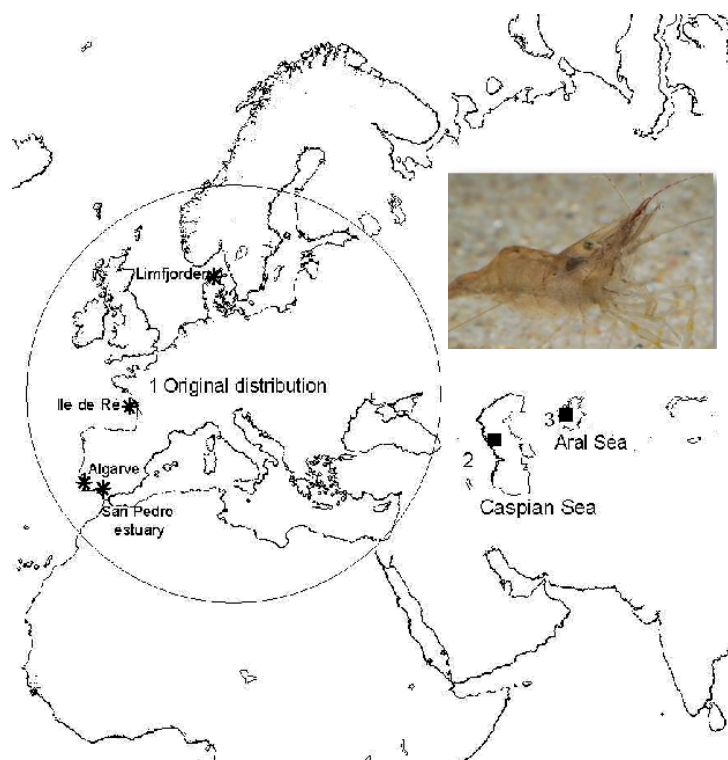
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.Οικολογία του είδους *Palaemon adspersus*

Η γαρίδα *Palaemon adspersus* ανήκει στα δεκάποδα καρκινοειδή και ζει στα αβαθή νερά (0,5-2 m) της Βόρειας Βαλτικής θάλασσας και στη Μεσόγειο θάλασσα (Εικ.1). Τους χειμερινούς μήνες μεταναστεύει σε περιοχές με μεγάλο βάθος (Hagerman & Ostrup 1980) που καλύπτονται από απέραντες εκτάσεις λιβαδιών *Cymadocea nodoca* και *Zostera marina* (Glamuzina *et al.* 2014).

Οι Guerao & Abello, (1996) αναφέρουν ότι οι γαρίδες αυτού του είδους δραστηριοποιούνται έντονα τις βραδινές ώρες (νυκτόβιος οργανισμός) σε αντίθεση με τις πρωινές ώρες όπου αρέσκονται να κρύβονται ανάμεσα στο λασπώδη ή πετρώδη βυθό ή σε περιοχές της λιμνοθάλασσας με πλούσια φυτώδη βλάστηση. Η αντίδρασή του αυτή συνεισφέρει στην προστασία της γαρίδας από θηρευτές όπως για παράδειγμα το λαβράκι και την τσιπούρα (Cabral & Costa 2001).



Εικόνα 1: Γεωγραφική εξάπλωση της γαρίδας *Palaemon adspersus* (Πηγή: www.genustraiithandbook.org.uk)

Σύμφωνα με τον Guerao & Ribera, (1995) στη φύση μπορεί να ζήσει στους 10°C το μήνα Φεβρουάριο και στους 28° C τον Αύγουστο. Η θερμοκρασία στη λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας φθάνει τους 8-12°C τους χειμερινούς μήνες και 24-26°C τους θερινούς μήνες, ενώ σύμφωνα με τους Hotos & Avramidou (1997) η μέση θερμοκρασία στην Κλείσοβα κυμαίνεται από 11,6°C έως 27,9°C. Οι Janas et al. (2013), αναφέρουν ότι στη βόρεια βαλτική Θάλασσα η ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 0°C έως 20°C.

Επίσης η γαρίδα *Palaemon adspersus*, παρουσιάζει αυξημένη προσαρμοστικότητα σε αλατότητες μεγαλύτερες από 45 ppt όπως επίσης και σε μικρότερες αλατότητες (5-8 ppt) παρουσιάζοντας αυξημένη και διαρκή αναπνοή (Conices et al., 1992).

Οι Berglund (1985) και Conides *et al.*, (1992) μελέτησαν τη βιολογία του είδους στη Βαλτική και Μεσόγειο θάλασσα, αντίστοιχα και αναφέρουν ότι η γαρίδα *Palaemon adspersus* παρουσιάζει αυξημένη εποχιακή μεταναστευτική δραστηριότητα κατά την περίοδο αναπαραγωγής εξαιτίας των θερμοκρασιακών μεταβολών (Hagerman & Ostrup, 1980). Οι μεταβολές αυτές στην Μεσόγειο θάλασσα είναι έντονες τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες και μειώνονται το χειμώνα έως τις αρχές τις άνοιξης (Νοέμβριος- Απρίλιος)

1.2. Διατροφικές συνήθειες του είδους *Palaemon adspersus*

1.2.1. Διατροφικές ανάγκες στο φυσικό περιβάλλον

Το είδος *Palaemon adspersus* διατροφικά χαρακτηρίζεται ως παμφάγος οργανισμός και αρέσκειται να σιτίζεται τη νύκτα αφού παρουσιάζει και έντονη κινητικότητα (Bilgin *et al.* 2009). Οι Wickins & Lee, (2002), αναφέρουν ότι τα καρκινοειδή χαρακτηρίζονται από μεγάλο διατροφικό εύρος εξαιτίας των πεπτικών ενζύμων που διαθέτουν τα οποία συμβάλλουν στην πέψη και απορρόφηση της τροφής.

Οι Figueras (1986) και Guerao (1994), αναφέρουν ότι οι διατροφικές της συνήθειες στη φύση περιλαμβάνει κωπήποδα, οστρακώδη, μαλάκια (είδη *Rissoa parva* και *Hydrobia ulvae*), πολύχαιτους (γένη *Nereidos sp.* και *Har mot hoe sp.*), διάτομα, χλωροφύκη, φαιοφύκη και λάρβες εντόμων.

Στην ίδια μελέτη ο Figueras (1986), αναφέρει ότι τα θηλυκά άτομα της γαρίδας βρίσκονται σε ασιτία όταν βρίσκονται στην αναπαραγωγική περίοδο σε αντίθεση με τα αρσενικά άτομα όπου διατρέφονται περισσότερο. Οι γαρίδες ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκονται παρουσιάζουν διαφορετική διατροφική συμπεριφορά. Για παράδειγμα χαρακτηρίζονται ως παμφάγα (φύκη (διάτομα), τροχόζωα, artemia, κλαδοκεραιωτά, μαλάκια, εχινόδερμα) αλλά και θρυματοφάγα (νεκροί φυτικοί και ζωντανοί οργανισμοί).

Οι γαρίδες θρυμματίζουν την τροφή που λαμβάνουν με τα ζεύγη γναθικών οργάνων (συλληπτικά) με αποτέλεσμα να συνθλίβουν την τροφή διαμέσου της ροής του νερού που προέρχεται από τα βράγχια (Martin & Davis 2001). Επίσης οι γαρίδες σύμφωνα με τους Takeuki & Murakami (2007), σιτίζονται άριστα με σύμπηκτα μιας και διαθέτουν όλους τους μηχανισμούς σύνθλιψης της τροφής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το είδος *Penaeus japonicus* όπου οι ανάγκες σε πρωτεΐνη κυμαίνονται από 23 έως 57%. Σε περίπτωση που στην τροφή προστεθούν προβιοτικά τότε οι ανάγκες σε πρωτεΐνη μπορούν να μειωθούν έως και 10%.

Οι Takeuki & Murakami (2007), αναφέρουν ότι οι απαιτήσεις της γαρίδας *Penaeus japonicus* σε γλυκόζη δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 20% διότι προκαλείται μείωση του ρυθμού ανάπτυξης της γαρίδας. Στην ίδια μελέτη αναφέρονται οι ανάγκες του είδους *Penaeus japonicus* σε λίπη όπου κυμαίνονται από 6,5 έως 16,5%, ενώ οι

ανάγκες σε βιταμίνες ομοιάζουν με εκείνες των ψαριών. Η προσθήκη βιταμίνης C στην τροφή είναι απαραίτητη μιας και πολλά είδη δεν μπορούν να την συνθέσουν. Ο λόγος Ca/P στα καρκινοειδή παίζει σημαντικό ρόλο στη διατροφή τους (Janas & Bruska, 2010).

1.2.2. Διατροφή με εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης

Η μείωση των φυσικών αποθεμάτων, η αυξανόμενη ζήτηση, η αύξηση της παραγωγικής διαδικασίας, η αυξημένη ζήτηση του ιχθυάλευρου οδήγησε την τελευταία δεκαετία σε αναζήτηση εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης στα σιτηρέσια. Για την αντικατάσταση της πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης με εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ηθολογία των εκτρεφόμενων ειδών (Παπουτσόγλου και συν., 2008).

Οι ζωικές πρωτεΐνες θεωρούνται προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας και συνήθως χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν το περιεχόμενο του σιτηρεσίου σε πρωτεΐνη και στην περίπτωση των ψαριών αποτελούν σημαντικές πηγές διαιτητικής πρωτεΐνης.

Η αύξηση της κατανάλωσης ζωικών προϊόντων αναμένεται να αυξηθεί κατά 60-70% έως το 2050. Η αύξηση αυτή θα απαιτεί τεράστιους πόρους δεδομένου ότι οι ζωοτροφές είναι πιο δυσεύρετες εξαιτίας της περιορισμένης διαθεσιμότητας των φυσικών πόρων, των συνεχιζόμενων κλιματικών μεταβολών και του ανταγωνισμού για καύσιμα. Το κόστος των συμβατικών ζωοτροφών όπως το σογιάλευρο και το ιχθυάλευρο είναι πολύ υψηλό και επιπλέον η διαθεσιμότητα τους στο μέλλον θα είναι περιορισμένη (Makkar *et al.* 2014).

Η εξάπλωση των υδατοκαλλιέργειών, η αύξηση της ανάγκης για εκτροφή νέων ειδών οδήγησε στην ανεύρεση υποκατάστατων ιχθυαλεύρων για χρήση τους στην υδατοκαλλιέργεια. Η μείωση της διαθεσιμότητας του ιχθυάλευρου και του ιχθυελαίου καθώς και η αύξηση των τιμών τους, οδηγούν στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ζωικής πρωτεΐνης στις ιχθυοτροφές που να προσδίδει στους εκτρεφόμενους οργανισμούς τη βέλτιστη δυνατή ανάπτυξη (Henry *et al.* 2015).

Οι υδρόβιοι εκτρεφόμενοι ζωικοί οργανισμοί (ψάρια και καρκινοειδή) στη φύση τρέφονται με έντομα και ως εκ τούτου το έντομο αποτελεί μια εναλλακτική πηγή ζωικής πρωτεΐνης (Barroso *et al.* 2014).

Οι Barroso *et al.* (2014), αναφέρουν ότι τα έντομα (στην πλειοψηφία τους) περιέχουν υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών ανάλογο με εκείνο του σογιάλεου και μικρότερου των ιχθυάλευρων. Αποτελούν πολύ καλή πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (ω3 και ω6), ανόργανα στοιχεία (Fe) και αμινοξέα.

Οι Sanchez-Muros *et al.* (2014), αναφέρουν ότι μπορεί να γίνει χρήση των εντόμων ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης στα σιτηρέσια των ψαριών. Πολλά έντομα επίσης εμφανίζουν αντιμυκητιακή δράση ακόμη και αντιβακτηριδιακά πεπτίδια (Ravi *et al.* 2011) τα οποία συμβάλουν στην αύξηση της διάρκειας ζωής του σιτηρεσίου (Zhao *et al.* 2010).

Στον παρελθόν η χρήση της πρωτεΐνης εντόμων στις ζωοτροφές απαγορεύονταν λόγω της νομοθεσίας που ίσχυε και αφορούσε την ασφάλεια και την ποιότητα των ζωοτροφών.

Τα είδη εντόμων που είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικές πηγές ζωικής πρωτεΐνης είναι: *Hermetia illucens*, *Musca domestica* και *Tenebrio molitor*. Σύμφωνα με τον Newton *et al.* (1997) το έντομο *Hermetia illucens* περιέχει 42% πρωτεΐνη και 35 % λίπος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως συστατικό στις ζωοτροφές των ψαριών.

Δεν υπάρχουν έρευνες που να τεκμηριώνουν τη χρήση των έντομο-άλεωρων στα σιτηρέσια των δεκάποδων καρκινοειδών (γαρίδες) στην ανάπτυξη και επιβίωση τους, ωστόσο θα μπορούσαν να διεξαχθούν μελέτες που να μελετούν τη διατροφική αξία των εντόμων στα δεκάποδα καρκινοειδή.

1.3. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει την επίδραση τριών διαφορετικών τύπου σιτηρεσίων με εναλλακτικές πηγές προέλευσης πρωτεΐνης με τρία διαφορετικά έντομο-άλευρα στην επιβίωση, ανάπτυξη και κατανάλωση της τροφής σε συνθήκες αιχμαλωσίας για διάστημα 60 ημερών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Προμήθεια ατόμων *Palaemon adspersus*

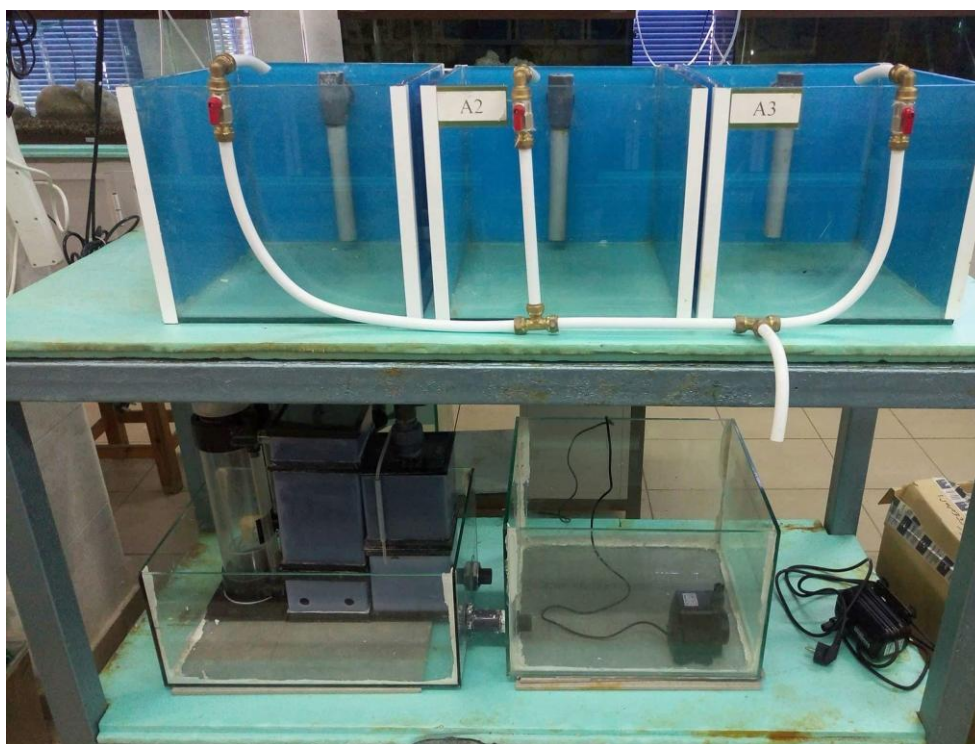
Το πείραμα διεξήχθη στο εργαστήριο των Ενυδρείων του Τμήματος Τεχνολόγων Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών του Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας στο Μεσολόγγι. Οι γεννήτορες της γαρίδας αλιεύτηκαν με αλιευτικό εργαλείο λάραζο (χρησιμοποιείται για την αλιεία της γαρίδας) από την λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου τοποθετήθηκαν σε ενυδρείο 400 L στους 25°C και αλατότητα 30 ppt για χρονικό διάστημα 20 ημερών ώστε να εγκλιματιστούν στις συνθήκες εργαστηρίου.

Για τις ανάγκες του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν 90 άτομα γαρίδας *Palaemon adspersus* τα οποία προήλθαν από αναπαραγωγή ώριμων γεννητόρων που διατηρούνταν στο εργαστήριο σε ενυδρείο χωρητικότητας 400 L, θερμοκρασίας 25°C και αλατότητας 30 ppt για διάστημα 100 ημερών (Ακριβούλη, 2016).

2.2. Σύστημα εκτροφής-Συνθήκες εκτροφής

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 90 άτομα γαρίδας μέσου βάρους $0,35 \pm 0,01$ g και μέσου μήκους $3,50 \pm 2,00$ cm οι οποίες χωρίστηκαν ανά 30 άτομα σε 3 διατροφικές ομάδες, τοποθετήθηκαν σε 3 αυτόνομα κλειστά συστήματα με βιολογικό φίλτρο τύπου sub (Εικ.1). Το κάθε σύστημα αποτελούνταν από τρία ενυδρεία με διαστάσεις 41 x 36 x 30,5 cm και συνολικού ωφέλιμου όγκου 50 L (Εικ.1). Για την αποφυγή κανιβαλισμού (Mente, 2008) των γαρίδων κατασκευάστηκαν 90 αυτόνομα ειδικό κλωβό διαστάσεων 13 x 9 x 8,5 cm και συνολικής επιφάνειας 117 cm² (Εικ. 2) τα οποία τοποθετήθηκαν ανά 10 σε κάθε ενυδρείο (30 ανά σύστημα εκτροφής). Επίσης η τοποθέτηση των κλωβών στα πειραματικά συστήματα εκτροφής έγινε με σκοπό την διασφάλιση της παραμονής των γαρίδων σε αυτά. Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκαν ειδικές υάλινες βάσεις ύψους 30 cm, οι οποίες τοποθετήθηκαν σε κάθε ενυδρείο. Επάνω στις βάσεις τοποθετήθηκαν τα κλουβιά όπου το μέγιστο ύψος τους έφθανε το μέγιστο ύψος του

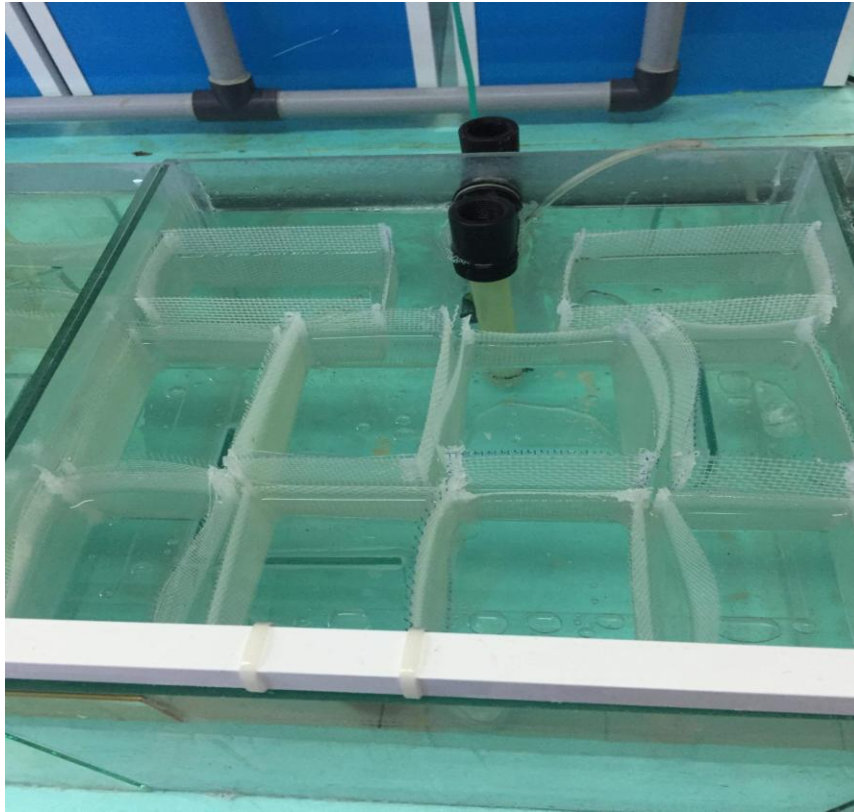
ενυδρείου. Η διάχυση του αέρα στα ενυδρεία διασφαλίστηκε με την προσθήκη αερόπετρων πωρόλιθου διαστάσεων 12 x 25 mm (Ακριβούλη, 2016).



Εικόνα 1. Σύστημα εκτροφής για την πειραματική εκτροφή της γαρίδας *Palaemon adspersus* σε εργαστηριακές συνθήκες (Πηγή: Προσωπικό Αρχείο).

Τα συστήματα όπως αναφέρθηκε διαχωρίστηκαν σε τρεις διατροφικές πειραματικές ομάδες, σύμφωνα με τον τύπο χορηγούμενης τροφής σε κάθε σύστημα. Στο Α σύστημα χορηγήθηκε ως σιτηρέσιο η τροφή που περιείχε το έντομο *Tenebrio molitor* (TM), στο σύστημα Β η διαίτα που περιείχε το έντομο *Hermetia illucens* (HI) και στο σύστημα Γ η τροφή που περιείχε το έντομο *Musca domestica* (MD).

Σε όλα τα συστήματα η θερμοκρασία ρυθμίστηκε στους 25 °C με θερμοστάτες τιτανίου (Aquamedic, HTC, 100W) με τη βοήθεια ενός ρυθμιστή θερμοκρασίας T-controller (T 2001, HC, Aquamedic) οι οποίοι τοποθετήθηκαν στο βιολογικό φίλτρο του κάθε συστήματος και συγκεκριμένα στο ενυδρείο συγκέντρωσης του καθαρού νερού Reservoir tank. Η καταμέτρηση της ολικής αμμωνίας (T.A.N), των νιτρικών ιόντων (NO_2^-), των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) γινόταν μία φορά την εβδομάδα με τεστ kit χρωματομετρίας. Το pH και το διαλυμένο οξυγόνο ελέγχονταν μία φορά την εβδομάδα με ηλεκτρονικό pH μέτρο και οξυγονόμετρο (HACH HQ 40d).



Εικόνα 2. Ατομικά κλουβιά που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία της γαρίδας *Palaemon adspersus* σε εργαστηριακές συνθήκες (Πηγή: προσωπικό αρχείο).

2.3. Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής

Το πείραμα ανάπτυξης της γαρίδας, *Palaemon adspersus* διήρκησε 60 ημέρες, ενώ η διάρκεια του πειράματος κατανάλωσης της τροφής ήταν 30 ημέρες.

Το επίπεδο διατροφής προσδιορίστηκε στο 5 % του μέσου ζώντος βάρους της γαρίδας (Vlahos *et al.* 2016), ενώ η ημερήσια ποσότητα τροφής γινόταν κάθε πέντε ώρες (09:00 π.μ.- 14:00μ.μ) με το χέρι. Η τροφή ζυγιζόταν σε ζυγό ακριβείας (A & D HR- 200) με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου. Επίσης, η τροφή διατηρούνταν στους 4°C σε ειδικά δοχεία. Κάθε 15 ημέρες γίνονταν επαναπροσδιορισμός του σιτηρεσίου των γαρίδων με ζύγιση του μέσου βάρους ενώ μια ημέρα πριν οι γαρίδες διατηρούνταν σε νηστεία και ανάλογα με την αύξηση επαναπροσδιορίζονταν η ποσότητα της χορηγούμενης τροφής. Η χημική σύσταση της τροφής που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Η επιλογή των τροφών στην πειραματική διαδικασία έγινε με κριτήριο την συνεκτικότητα αλλά και την διαλυτοποίηση που παρουσίαζαν οι τροφές

συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην καλύτερη δυνατή συλλογή των υπολειμμάτων της τροφής.

Η συλλογή αυτή γινόταν για διάστημα 30 ημερών στο εργαστήριο των ενυδρείων. Κάθε 15 ημέρες γινόταν αναισθητοποίηση των γαρίδων σε λουτρό με χρήση αναισθητικού 2-φαινο-εξυθανόλη (0,2ml/L) με σκοπό τη μέτρηση του μέσου βάρους της γαρίδας (W) και μήκους της γαρίδας (L).

Η ημερήσια ποσότητα τροφής που χορηγούνταν στις γαρίδες υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$F=MB \times E.\Delta\% \times \text{Αριθ.Ατομ} ,$$

Όπου , F: τροφή (g)

MB: μέσο βάρος (g)

E.Δ: επίπεδο διατροφής (%)

Αριθ. Ατ.: αριθμός ατόμων γαρίδας

το οποίο αρχικά μοιράζονταν σε δύο ισόποσα γεύματα (Πίν.2).

Η τροφή πριν διαμοιρασθεί με το χέρι σε κάθε ενυδρείο ζυγίζονταν σε ζυγό με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου και τοποθετούνταν σε πλαστικά δοχεία (tubes). Επίσης, πριν από το πρωινό τάισμα γινόταν σιφωνισμός την τροφής σε κάθε κλουβί για την συλλογή υπολειμμάτων τροφής σε κωδικοποιημένους πλαστικούς ουροσυλλέκτης. Κάθε 15 ημέρες οι γαρίδες διατηρούνταν σε νηστεία με σκοπό την αναισθητοποίησή τους για την μέτρηση του βάρους και επαναπροσδιορισμό του σιτηρεσίου.

Πίνακας 1. Σύσταση των σιτηρεσίων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία. (TM: *Tenebrio molitor* , HI: *Hermetia illucens*, MD: *Musca domestica*).

Χημική σύσταση τροφών	TM	HI	MD
Πρωτεΐνη (%)	53,3	53,4	53,3
Λίπος (%)	17,4	17,4	17,4
Τέφρα (%)	9,6	9,8	9,8
NFE (kj/kg)	19,7	19,4	19,5
Ενέργεια (%)	22,0	22,1	22,1
Λυσίνη (%)	4,7	4,7	4,7
Μεθειονίνη (%)	2,5	2,5	2,5

Πίνακας 2. Ποσότητα τροφής που χορηγήθηκε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος (60 ημέρες).

Συστήματα εκτροφής	TM (gr/γεύμα)	HI (gr/γεύμα)	MD (gr/γεύμα)
0-15 ημέρες	A1:0,09	B1:0,09	Γ1:0,09
	A2:0,09	B2:0,09	Γ2:0,09
	A3:0,09	B3:0,09	Γ3:0,09
15-30 ημέρες	A1:0,08	B1:0,07	Γ1:0,08
	A2:0,07	B2:0,08	Γ2:0,08
	A3:0,07	B3:0,08	Γ3:0,08
30-45 ημέρες	A1:0,09	B1:0,08	Γ1:0,06
	A2:0,07	B2:0,010	Γ2:0,09
	A3:0,07	B3:0,09	Γ3:0,07
45-60 ημέρες	A1:0,07	B1:0,09	Γ1:0,04
	A2:0,05	B2:0,08	Γ2:0,07
	A3:0,03	B3:0,09	Γ3:0,06

2.4.Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών

Η μέτρηση του ολικού βάρους (W) (Εικ.3.α) στο τέλος του πειράματος έγινε με ζυγό ακρίβειας δεύτερου δεκαδικού (AND company, limited 300g /0.01g, FX- 300 iVP), ενώ η καταμέτρηση του ολικού μήκους (L) έγινε με ιχθυόμετρο (Εικ.3.β) και του κεφαλοθώρακα έγινε αντίστοιχα με παχύμετρο. Οι μετρήσεις γίνονταν κάθε 15 ημέρες από την έναρξη του πειράματος με ταυτόχρονη αναισθητοποίηση των γαριδών με 2-φαινο-εξυθανόλη (0,2 ml/L).



Εικόνα 3. Αναισθητοποίηση γαριδών (α) μέτρηση βάρους (gr) (β) μέτρηση μήκους (cm), (γ) μέτρηση κεφαλοθώρακα (cm). (Πηγή προσωπικό αρχείο)

2.5. Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων

Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων γίνονταν μία φορά την εβδομάδα. Ο έλεγχος των φυσικοχημικών παραμέτρων γινότουσαν με ειδικά test kit χρωματομετρίας. Η θερμοκρασία ελεγχόταν καθημερινά με ηλεκτρονικό θερμόμετρο. Το pH και το διαλυμένο οξυγόνο ελέγχονταν σχεδόν με ηλεκτρονικό όργανο (HACH-. Οι μετρήσεις του pH και του οξυγόνου (O₂) γινόταν με ηλεκτρονική συσκευή πεχάμετρου και οξυγονόμετρου (HACH HQ 40d). Τέλος η μέτρηση της αλατότητας γινόταν με τη χρήση διαθλασίμετρου (VEE GEE-BX1). Ο φωτισμός ακολουθούσε τη φυσική φωτοπερίοδο του Ιουνίου.

2.5.1. Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (T.A.N.)

Η μέτρηση της ολικής αμμωνίας (T.A.N) (mg/L) γίνονταν μια φορά την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kits (API) (Εικ.4) με τη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat *et al.*1974)

Η διαδικασία μέτρησης της ολικής αμμωνίας περιγράφεται ως εξής:

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml με νερό του ενυδρείου
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο Ammonia #1
- Ανακίνηση για 5 sec
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο Ammonia #2
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα.



Εικόνα 4. Μέτρηση Αμμωνίας (Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

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

Η μέτρηση των νιτρωδών ιόντων ($\text{NO}_2^- \text{N}$) (mg/L) γίνονται μια φορά την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kits (API) (Εικ.5) με τη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat *et al.* 1974) σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml με νερό του ενυδρείου
- Προσθήκη 5 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrite
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα.



Εικόνα 5. Μέτρηση Νιτρωδών ιόντων (Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

2.5.3. Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων (NO₃⁻-N)

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων (NO₃⁻-N) (mg/L) γίνονται μια φορά την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kits (API) (Εικ.6) με τη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat *et al.* 1974) σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml με νερό του ενυδρείου
- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrate #1
- Ανακίνηση για 5 sec
- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrate #2
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα



Εικόνα 6. Μέτρηση Νιτρικών ιόντων (Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

2.6. Προσδιορισμός κατανάλωσης τροφής

Τα πείραμα κατανάλωσης της τροφής διήρκησε 30 ημέρες και πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα με το πείραμα της αύξησης. Η συλλογή των υπολειμμάτων τροφής γινόταν με σιφονισμό κάθε πρωί πριν το πρώτο πρωινό τάισμα. Η συλλογή των δειγμάτων γίνονταν σε κωδικοποιημένα ειδικά πλαστικά δοχεία (ουροσηλέκτες).

Τα δείγματα στη συνέχεια τοποθετούνται σε τριβλία petri προκειμένου να γίνει μακροσκοπικά ο διαχωρισμός της τροφής και των περιττωμάτων (σχήμα, χρώμα) με διήθηση του δείγματος σε δίχτυ με άνοιγμα ματιού 0,5-0,2 mm. Για τον διαχωρισμό χρησιμοποιήθηκε πιπέτα τύπου paster.

Επίσης για καλύτερη διαχείριση των υπολειμμάτων της τροφής το κάθε δείγμα πλενόταν με γλυκό νερό για την απομάκρυνση υπολειμμάτων αλατιού.

Τα δείγματα τα οποία συλλέχθηκαν και διαχωρίστηκαν από τα περιττώματα τοποθετούνταν σε πορσελάνινες κάψες οι οποίες είχαν αρχικά προζυγιστεί με ζυγό ακρίβειας τέταρτου δεκαδικού (A.N.D HR-200) έπειτα τοποθετούνταν σε φούρνο για διάστημα 24h στους 105 °C και επαναζυγίζονταν. Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε η ξηρή ουσία (Ξ.Ο) της εναπομείνουσας τροφής για κάθε γαρίδα ξεχωριστά. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης της τροφής χρησιμοποιήθηκε ο εξής τύπος:

$$K.T_{(γαρίδας)} = \Xi O_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - \Xi O_{\text{εναπομείνουσας τροφή}}$$

Η σχέση μεταξύ ξηρής ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) συμπήκτου καθορίστηκε μέσω μαθηματικών σχέσεων.

Όπου:

$\Xi O_{\text{χορηγούμενης τροφής}}$ = Χορηγούμενη ποσότητα τροφής σε ξηρή ουσία αφαιρούμενου του ποσοστού υγρασίας.

$\Xi O_{\text{εναπομείνουσας τροφής}}$ = Εναπομείνουσα ποσότητα τροφής σε ξηρή ουσία μετά από ξήρανση.

Η μαθηματική σχέση της ξηράς και υγρής ουσίας των συμπήκτων TM, HI και MD υπολογίστηκαν αντίστοιχα από προζυγισμένες ποσότητες 10 συμπήκτων οι οποίες τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 105 °C για 24 h και επαναζυγίζονταν και καθορίστηκαν μέσω των γραμμικών συσχετίσεων ως εξής:

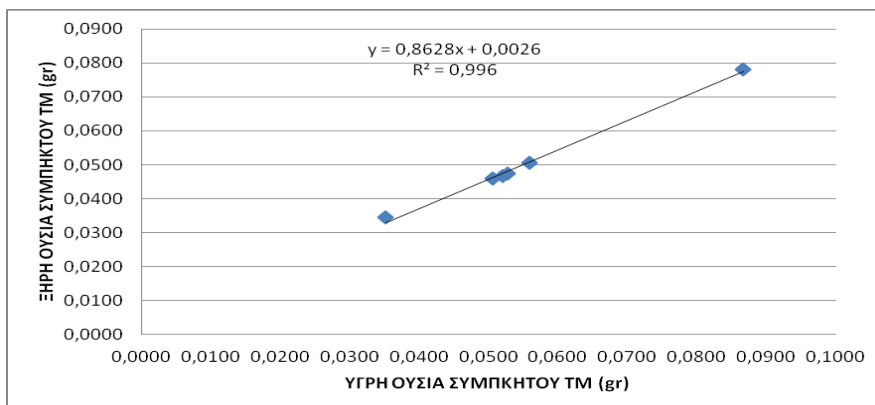
$$\Xi.O_{\text{συμπήκτου (TM)}} = 0.8628 * Y.O_{\text{συμπήκτου (TM)}} + 0.0026 (R^2=0,996, n=10)$$

$$\Xi.O_{\text{συμπήκτου (HI)}} = 0.9134 * Y.O_{\text{συμπήκτου (HI)}} - 0.0012 (R^2=1, n=10)$$

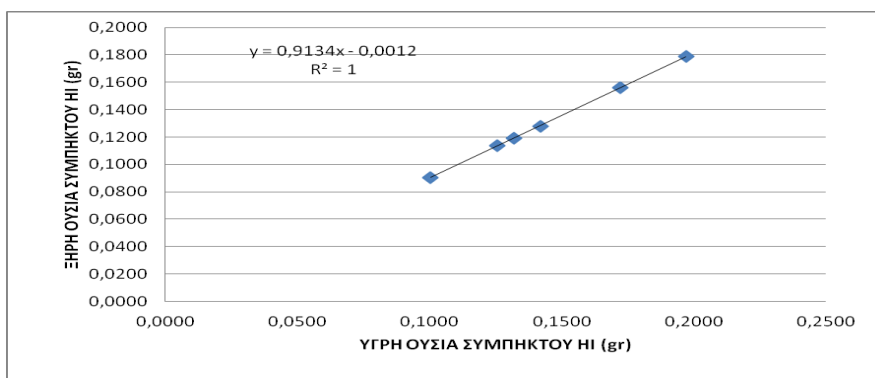
$$\Xi.O_{\text{συμπήκτου (MD)}} = 0.9129 * Y.O_{\text{συμπήκτου (MD)}} + 0.0001 (R^2=0,999, n=10)$$

Στο Σχήμα 1^{α, β, γ} δίνεται η γραμμική συσχέτιση της ξηράς και της υγρής ουσίας των συμπήκτων TM, HI και MD αντίστοιχα.

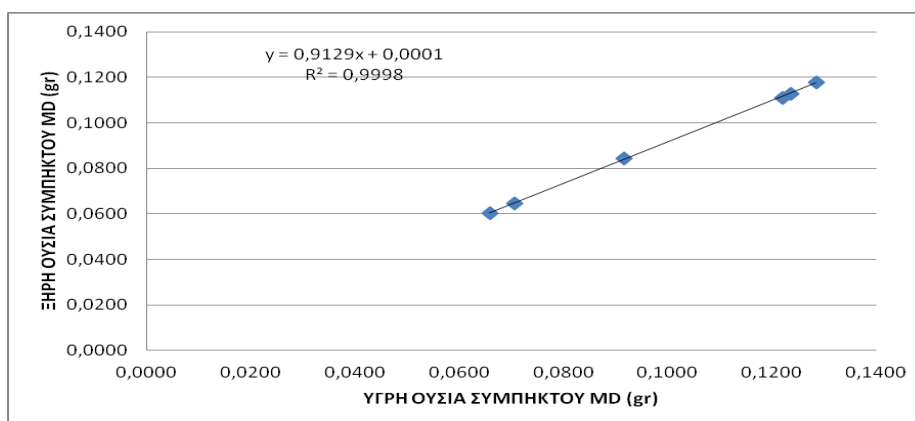
(α)



(β)



(γ)



Σχήμα 1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) του συμπέκτου που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία (α) του σιτηρεσίου ΤΜ, (β) του σιτηρεσίου (ΗΙ) και (γ) του σιτηρεσίου (ΜΔ).

2.7. Δείκτες ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

Ο υπολογισμός της ανάπτυξη των γαριδών, του ρυθμού κατανάλωσης της τροφής και των παραμέτρων αξιοποίησης της τροφής έγινε εφαρμόζοντας τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις:

- Αύξηση βάρους
 $WG (g) = \text{Τελικό βάρος} - \text{Αρχικό βάρος}$
- Ειδικός ρυθμός αύξησης
 $SGR (\% / \text{ημέρα}) = [\ln(wt) - \ln(wi) / t] \times 100$ όπου,
 $W_t = \text{Τελικό βάρος}$
 $W_i = \text{Αρχικό βάρος}$
 $t = \text{Ημέρες}$
- Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής
 $FCR = KT / AZB$ όπου,
 $KT = \text{καταναλωθείσα τροφή (g)}$
 $ABZ = \text{αύξηση ζώντος βάρους (g)}$
- Ημερήσια πρόσληψη της τροφής (DFI) (%/ημέρα)
 $DFI (\% / \text{ημέρα}) = 100 \times [(\text{Κατανάλωση τροφής} / \text{αύξηση βάρους}) / \text{ημέρες σίτισης}]$
- Συντελεστής Ευρωστίας (CF)
 $CF = (W \times L^{-3}) \times 100$
- Επιβίωση (%)
 $S = (\text{τελικός αριθμός γαριδών} / \text{αρχικός αριθμός γαριδών}) \times 100$
- Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών
 $PER = AB / ΚΠ$ όπου,
 $AB = \text{αύξηση βάρους (g)}$
 $ΚΠ = \text{καταναλωθείσες πρωτεΐνες (g)}$

- Κατανάλωση τροφής (FC, g)
 $FC = \text{Παρεχόμενη τροφή} - \text{Ακατανάλωτη τροφή (g)}$
 Παρεχόμενη τροφή (g): $\Sigma \text{Ο παρεχόμενης τροφής (g)}$
 Ακατανάλωτη τροφή (g): $\Sigma \text{Ο τροφής που δεν καταναλώθηκε (g)}$

2.8. Στατιστική Επεξεργασία

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών και αξιοποίησης της τροφής επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού προγράμματος SPSS 17, κάνοντας χρήση της μεθόδου της Ανάλυσης Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA). Οι διαφορές μεταξύ των πειραματικών ομάδων κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές $P < 0,05$. Στις περιπτώσεις όπου η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα δεδομένα υποβλήθηκαν στο Tukey's test για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (Zar 1996). Ο έλεγχος της ομοιογένειας της παραλλακτικότητας των μέσων όρων έγινε με τον έλεγχο του Levene's test. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή $M.O \pm SEM$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Ποιότητα νερού στα πειραματικά συστήματα εκτροφής

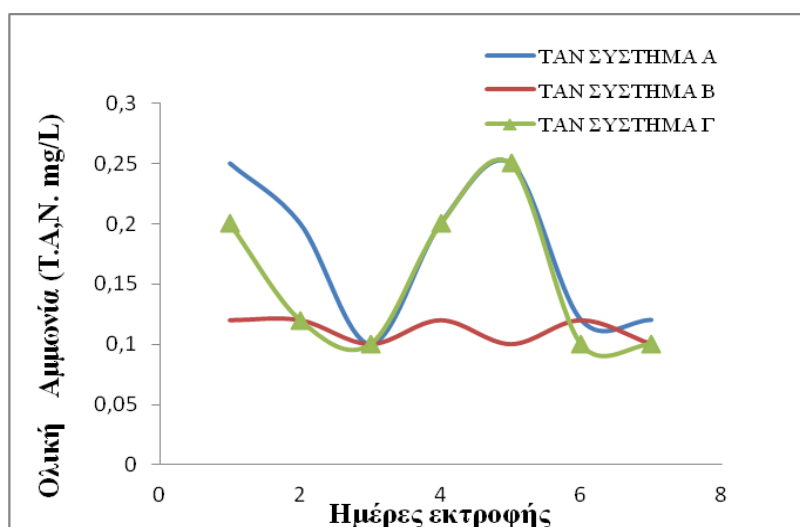
Οι παράμετροι του νερού (Πιν. 3) (TAN, NO₂⁻, NO₃⁻, pH, O₂) (Σχ.2) μεταξύ των τριών διατροφικών μεταχειρίσεων σε όλα τα συστήματα εκτροφής δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά (ANOVA, P>0,05). Το οξυγόνο (O₂) παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις γαρίδες που σιτίστηκαν με τα σιτηρέσια TM, HI και MD. Τα νιτρώδη ιόντα (Σχ.4) διατηρήθηκαν σε μηδενικά επίπεδα και στις τρεις διατροφικές μεταχειρίσεις ενώ τα νιτρικά ιόντα κυμάνθηκαν από 2.1 έως 2.4 mg/L, αντίστοιχα (Σχ.3).

Πίνακας 3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής

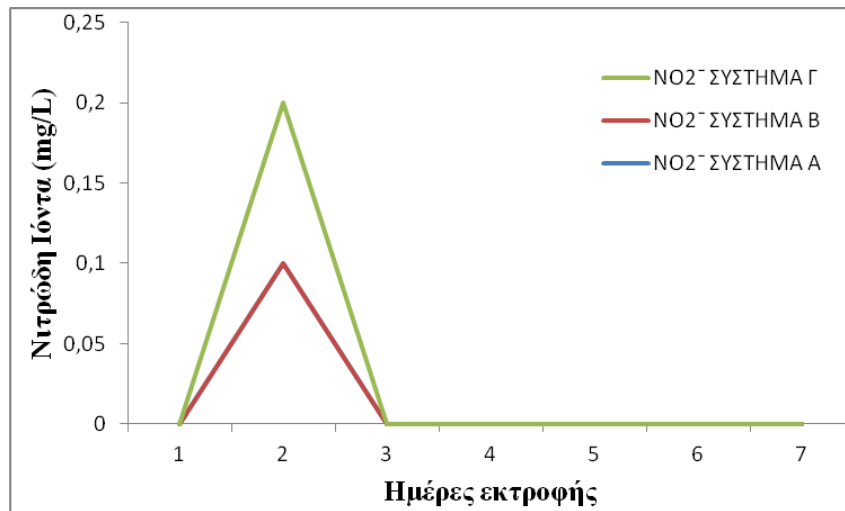
	TM	HI	MD
Διαλυμένο O ₂ (mg/L)	9.02±0.17 ^b	8.91±0.09 ^b	7.75±0.21 ^a
pH	8.39±0.08 ^a	8.30±0.11 ^a	8.32±0.10 ^a
T.A.N(mg/L)	0.17±0.02 ^a	0.15±0.02 ^a	0.11±0.00 ^a
Μη Ιονισμένη αμμωνία ¹	0.17±0.06	0.14±0.06	0.10±0.01
Ιονισμένη αμμωνία ²	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
NO ₂ ⁻ N(mg/L)	0.01±0.01 ^a	0.01±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
NO ₃ ⁻ N(mg/L)	2.28±0.35 ^a	2.42±0.29 ^a	2.14±0.26 ^a

¹ Η μη ιονισμένη αμμωνία υπολογίστηκε από την σχέση: Μη Ιονισμένη αμμωνία=T.A.N-Ιονισμένη αμμωνία.

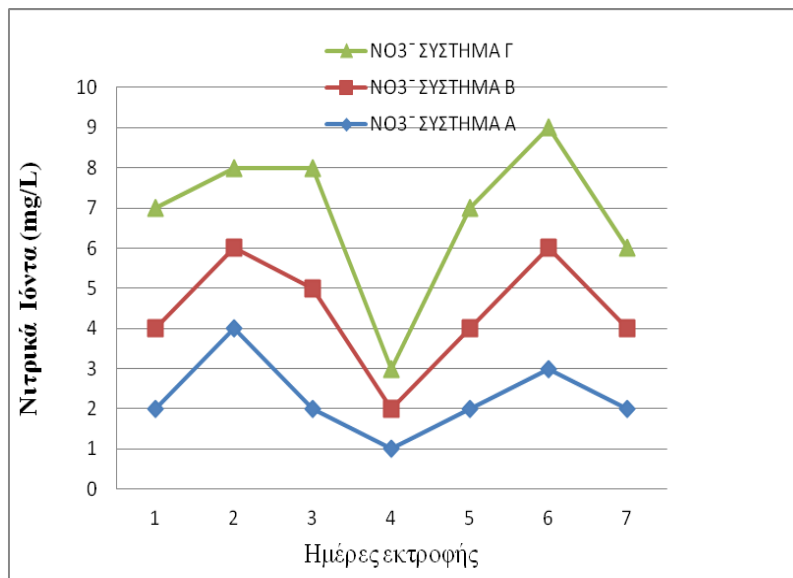
² Η Ιονισμένη αμμωνία υπολογίστηκε από τη σχέση: Ιονισμένη αμμωνία=α*T.A.N όπου α: γραμμομοριακό κλάσμα διάσπασης της αμμωνίας και υπολογίζεται από πίνακες σε συνάρτηση με το pH και τη θερμοκρασία. Οι τιμές δίνονται Μ.Ο± τυπική απόκλιση.



Σχήμα 2. Διακύμανση της ολικής αμμωνίας καθόλη τη διάρκεια εκτροφής



Σχήμα 3. Διακύμανση των νιτρωδών ιόντων καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής εκτροφής



Σχήμα 4. Διακύμανση των νιτρωδών ιόντων καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής εκτροφής

3.2. Επιβίωση

Η υψηλότερη επιβίωση εμφανίστηκε στις γαρίδες που διατρέφονταν με την τροφή ΗΙ και ήταν 73% σε αντίθεση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο ΤΜ που ήταν 47%. Η μικρότερη επιβίωση παρουσιάστηκε στις γαρίδες που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο ΜΔ και ήταν 43%.

3.3. Βάρος και μήκος σώματος

Κατά την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας οι μέσοι όροι του ζώντος βάρους και μήκους των γαριδών δεν παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές (ANOVA, $p>0.05$) (Πιν.4). Οι γαρίδες που τράφηκαν με σιτηρέσια TM και MD παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο μέσο τελικό βάρος 0.42 ± 0.02 gr και 0.47 ± 0.02 gr σε αντίθεση με τις γαρίδες που τράφηκαν με το σιτηρέσιο HI που είχαν μέσο τελικό βάρος 0.41 ± 0.02 gr (ANOVA, $P<0.05$). Επίσης, οι γαρίδες που τράφηκαν με την τροφή HL και με τη τροφή MD παρουσίασαν στατικά μεγαλύτερο μέσο τελικό μήκος 0.5 ± 0.0 cm και 0.5 ± 0.0 cm σε αντίθεση από τις γαρίδες που τράφηκαν με TM που είχαν μέσο τελικό μήκος 0.4 ± 0.0 cm (Πιν.4).

Πίνακας 4. Αρχικό μέσο βάρος (g), Τελικό μέσο βάρος (g), Αρχικό μέσο μήκος (cm), Τελικό μέσο μήκος (cm) της γαρίδας *P.adspersus* που σιτίζονταν με τα σύμπληκτα TM, HI, MD.

	TM	HI	MD
Αρχικό μέσο βάρος (g)	0.36 ± 0.12^a	0.35 ± 0.13^a	0.35 ± 0.01^a
Τελικό μέσο βάρος (g)	0.42 ± 0.02^a	0.41 ± 0.02^a	0.47 ± 0.02^a
Αρχικό μέσο μήκος (cm)	3.6 ± 0.05^a	3.5 ± 0.06^a	3.5 ± 0.06^a
Τελικό μέσο μήκος (cm)	0.4 ± 0.0^a	0.5 ± 0.0^a	0.5 ± 0.0^a

3.4. Αύξηση βάρους (WG) και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/ημέρα)

Οι γαρίδες που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια HI και MD παρουσίασαν στατιστικά την ίδια αύξηση βάρους (ANOVA, $P>0.05$), σε αντίθεση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο TM και παρουσίασαν στατιστικά τη μικρότερη αύξηση βάρους (0.04 ± 0.01 gr) (Πιν.5).

Επίσης οι γαρίδες που ταΐστηκαν με τα σιτηρέσια HI και MD παρουσίασαν στατιστικά υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης (ANOVA, $P<0.05$) σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο TM (Πιν.5).

Πίνακας 5. Αύξηση βάρους (WG,g), Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/d) της γαρίδας *P.adspersus* που διατρέφονταν με σύμπηκτα TM, HI, MD για διάστημα 60 ημερών.

Δείκτες ανάπτυξης	TM	HI	MD
Αύξηση βάρους (WG, g)	0.04±0.01 ^a	0.16±0.02 ^b	0.15±0.02 ^b
Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR %/d)	0.19±0.08 ^a	0.65±0.09 ^b	0.62±0.07 ^b

3.5. Κατανάλωση τροφής και παράμετροι αξιοποίησης της

3.5.1. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας (FCR) (Πιν.6) στις γαρίδες που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο TM παρουσίασαν συγκριτικά μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν αντίστοιχα με τα σιτηρέσια HI και MD που παρουσίασαν μικρότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας (FCR) χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (ANOVA, P>0.05).

Επίσης, η ημερήσια πρόσληψη τροφής (DFI) (Πιν.6) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις τρεις πειραματικές μεταχειρίσεις (ANOVA, P>0,05). Τέλος, ο συντελεστής ευρωστίας δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις πειραματικές μεταχειρίσεις (ANOVA, P>0.05), (Πιν 6.).

Πίνακας 6. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), Ημερήσια πρόσληψη τροφής (DFI), Συντελεστής Ευρωστίας (CF) της γαρίδας *P.adspersus* που σιτίζονταν με σύμπηκτα TM, HI, MD αντίστοιχα καθ' όλη την πειραματική εκτροφή.

	TM	HI	MD
Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR)	1.51±1.59 ^a	1.24±0.22 ^a	1.15±0.85 ^a
Ημερήσια Πρόσληψη τροφής (DFI, %/ημέρα)	2.52±2.65 ^a	2.06±0.37 ^a	1.78±1.23 ^a
Συντελεστής Ευρωστίας (CF)	0.82±0.01 ^a	0.68±0.03 ^a	0.68±0.03 ^a

3.5.2. Κατανάλωση τροφής

Η κατανάλωση της τροφής (FC) παρουσιάζεται στον Πίνακα 7. Η γαρίδα *P. adspersus* παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη κατανάλωση τροφής όταν τρέφονται με σύμπηκτα HI (0.12 ± 0.01) και TM (0.13 ± 0.01) σε σχέση με την ομάδα των γαρίδων που τρέφονται με τα σύμπηκτα MD (0.11 ± 0.13), που παρουσίασαν κατανάλωση τροφής 0.11 ± 0.13 g. Η μικρότερη κατανάλωση τροφής παρουσιάστηκε στις γαρίδες που τρέφονταν με την σύμπηκτα που περιείχαν το έντομο TM και ήταν 0.13 ± 0.01 g.

Πίνακας 7. Κατανάλωση τροφής (FC) της γαρίδας *P.adspersus* που σιτίζονταν με τα σύμπηκτα TM, HI και MD, αντίστοιχα.

	TM	HI	MD
Αρχικό μέσο βάρος (g)	0.36 ± 0.12^a	0.35 ± 0.13^a	0.35 ± 0.01^a
Κατανάλωση τροφής FC (g)	0.13 ± 0.01^a	0.12 ± 0.01^b	0.11 ± 0.13^b

Οι γαρίδες τους είδους *P.adspersus*, καταναλώνουν με μεγαλύτερη προθυμία τα σύμπηκτα TM σε αντίθεση με τις γαρίδες που καταναλώνουν την τροφή MD HI, όπου παρουσίασαν στατιστικά τη μικρότερη κατανάλωση τροφής (ANOVA, $P<0,05$).

3.5.3. Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής (PER)

Οι γαρίδες που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια HI και MD παρουσίασαν στατιστικά τον ίδιο συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (ANOVA, $P>0.05$), σε αντίθεση με τις γαρίδες που σιτίστηκαν με το σιτηρέσιο TM και παρουσίασαν στατιστικά το μικρότερο συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (Πιν.8). Η υψηλότερη τιμή του συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) παρουσιάζετε στις γαρίδες που σιτίστηκαν με την τροφή MD (0.25 ± 0.03) σε αντίθεση με τις γαρίδες που διατράφηκαν με την τροφή TM που είναι μικρότερος (0.08 ± 0.03).

Πίνακας 8. Συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) της γαρίδας *P.adspersus* που σιτίζονταν με τα σιτηρέσια TM, HI, MD για όλο το διάστημα της εκτροφής .

	TM	HI	MD
Αρχικό μέσο βάρος (g)	0.36±0.12 ^a	0.35±0.13 ^a	0.35±0.01 ^a
Συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER)	0.08±0.03 ^a	0.22±0.03 ^b	0.25±0.03 ^b

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η καταλληλότητα τριών διαφορετικών σιτηρεσίων που περιείχαν ως ζωική πρωτεΐνη *Tenebrio molitor* (TM), *Hermetia illucens* (HI), *Musca domestica* (MD) στην ανάπτυξη, κατανάλωση τροφής και επιβίωση της γαρίδας *Palaemon adspersus* σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Η αύξηση, η αναπαραγωγή του είδους στα φυσικά οικοσυστήματα έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Berglund 1985, Bilgin *et al.* 2009), ενώ οι Vlahos *et al.* (2016) μελέτησαν την ανάπτυξη, επιβίωση και κατανάλωση τροφής της γαρίδας *P.adspersus* σε διαφορετικές θερμοκρασίες εκτροφής.

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη μελέτη που αναδεικνύει τις απαραίτητες πληροφορίες για την μελλοντική εκτροφή του είδους σε κλειστά κυκλώματα εκτροφής χρησιμοποιώντας ως σιτηρέσια σύμπηκτα στα οποία έγινε αντικατάσταση της ζωικής πρωτεΐνης με άλευρα εντόμων.

Τα αποτελέσματα μετά από 60 ημέρες εκτροφής έδειξαν ότι η γαρίδα *P.adspersus*, όταν τρέφεται με έντομα του είδους *Hermetia illucens* παρουσιάζει στατιστικά ($P < 0.05$) καλύτερη ανάπτυξη, μεγαλύτερη επιβίωση και κατανάλωση τροφής. Η γαρίδα όταν τρέφεται με έντομα των ειδών *Tenebrio molitor* και *Musca domestica* παρουσιάζει στατιστικά ($P < 0.05$) τη μικρότερη κατανάλωση τροφής, ανάπτυξη και επιβίωση.

Τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας συμφωνούν με εκείνα των Burtle *et al.* (2012) όπου ιχθύδια γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*) παρουσίασε αυξημένα ποσοστά επιβίωσης και καλύτερη ανάπτυξη όταν τρέφονταν με έντομα του είδους *Hermetia illucens*.

Η βιβλιογραφία είναι περιορισμένη σχετικά με την επίδραση των εντόμων στην ανάπτυξη και επιβίωση των γαρίδων. Σε πειράματα διατροφής που έχουν διεξαχθεί από τους Stanner *et al.* (2014) στην ιρίζουσα πέστροφα και αντικατάστησαν το ιχθυάλευρο με άλευρο εντόμων τους είδους *Hermetia illucens*, σε ποσοστό 50 και 75% παρουσίασε αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας με τα ψάρια που διατράφηκαν αποκλειστικά με ιχθυάλευρα.

Στην τιλάπια του Νείλου έχει δειχθεί ότι η χρήση του εντόμου *Locusta migratoria* σε αντικατάσταση του ιχθυάλευρου 13-25% παρουσίασε βελτίωση στην ανάπτυξη των ψαριών κατά 50%.

Οι Makkar *et al.* (2014) και Henry *et al.* (2015) στα πειράματα που διεξήγαγαν αναφέρουν ότι το είδος *Oncorhynchus mykiss* παρουσιάζει σημαντικά καλύτερη ανάπτυξη όταν τρέφεται με σιτηρέσια που περιέχουν στη σύστασή τους το έντομο *H. illucens* σε ποσοστό μέχρι και 36%. Αντίστοιχα σε μελέτη των St-Hilaire *et al.* (2007) και Kroeckel *et al.* (2012) αναφέρεται ότι μεγαλύτερα ποσοστά συμμετοχής του έντομο-άλεου *H. illucens* από 12% οδηγούν ανεπιτυχή αποτελέσματα ανάπτυξης και αποδοτικότητα της τροφής.

Η υψηλή διατροφική αξία που παρουσιάζουν τα έντομα αποτελεί μια αρκετά υποσχόμενη προοπτική και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συστηματική εκτροφή των ψαριών και καρκινοειδών σε παγκόσμιο επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα στα δεκάποδα καρκινοειδή απαιτείται να εντατικοποιηθεί περαιτέρω η έρευνα, όπου μέσω των αποτελεσμάτων θα τεκμηριώνονται και θα αποδεικνύονται επιστημονικά οι πρακτικές που θα εφαρμόζονται για την μελλοντική εκτροφή, αναπαραγωγή και επιβίωση της γαρίδας *P. adspersus* σε συνθήκες αιχμαλωσίας σε κλειστά κυκλώματα εκτροφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελέτησε την ανάπτυξη, την κατανάλωση της τροφής και την επιβίωση της γαρίδας *Palaemon adspersus* όταν σιτίζεται με σιτηρέσια στα οποία έγινε μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου με εντομοάλευρα των ειδών *T. molitor*, *H. illucens*, και *M. domestica*.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

- Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη μελέτη που προβάλλει τις απαραίτητες πληροφορίες για μελλοντική εκτροφή του είδους σε συνθήκες αιχμαλωσίας με σιτηρέσια που έγινε μερική αντικατάσταση του ιχθυάλευρου χρησιμοποιώντας ως εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης τα έντομα *T. molitor*, *H. illucens*, και *M. domestica* και για το πώς αυτά μπορούν να προσδώσουν τη βέλτιστη δυνατή ανάπτυξη και επιβίωση.
- Η γαρίδα παρουσιάζει καλύτερη ανάπτυξη (SGR) όταν τρέφεται με σύμπηκτα που περιέχουν τα έντομα των ειδών *H. illucens*, και *M. domestica* παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- Η χρήση του εντόμου *T. Molitor* επέφερε στατιστικά τη μικρότερη ανάπτυξη και επιβίωση.
- Μεγαλύτερη επιβίωση παρουσιάζουν οι γαρίδες που διατρέφονται σύμπηκτα που περιέχουν το έντομο *H. illucens*.
- Η γαρίδα καταναλώνει με μεγαλύτερη προθυμία τα σύμπηκτα που υποκατέστησαν το ιχθυάλευρο με το έντομο *T. Molitor* σε αντίθεση με τα σύμπηκτα που περιείχαν τα έντομα *H. illucens* και *M. domestica* που παρουσίασαν τη μικρότερη κατανάλωση.
- Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής παρουσιάζει μεγαλύτερη αριθμητική του τιμή στην τροφή που περιέχει ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης τα έντομα *H. illucens* και *M. Domestica* σε αντίθεση με τα σύμπηκτα που περιείχαν ως εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης το έντομο *T. Molitor*.
- Η γαρίδα παρουσιάζει στατιστικά μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης της πρωτεΐνης όταν σιτίζεται με τις τροφές που περιείχαν έντομα των

ειδών *H. illucens* και *M. Domestica* και τη μικρότερη όταν τρέφονται με τα έντομα *T. Molitor*.

- Η υψηλή διατροφική αξία που παρουσιάζουν τα έντομα αποτελεί μια αρκετά υποσχόμενη προοπτική ώστε να χρησιμοποιηθούν για την συστηματική εκτροφή των καρκινοειδών σε παγκόσμιο επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

A. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Berglund, A. (1985). Different reproductive success at low salinity determines the estuarine distribution of two *Palaemon* prawn species. *Holarctic Ecology*, 8: 49-52.
- Barrosso, F.G., DeHaro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martinez-Sanchez, A., Perez-Banquera, C. (2014). The potential of various insects species for use as food.
- 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.
- Burtle, G., Newton, G.L. & Sheppard, D.C. (2012). Mass production of Black Soldier Fly pre pupae for Aquaculture diets. A Manuscript for Aquaculture International University of Goergia, Tifton Campus, Tifton, GA.
- Cabral, H. & Costa, M.J. (2001). Abundance, feeding ecology and growth of 0-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, within the nursery areas of the Tagus estuary. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81: 679–682.
- Conides, A., Tsevis, N. & Klaoudatos, S. (1992). Somatic measures and mortality of the prawn *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) in Messolonghi Lagoon, western Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 1: 468–471.
- Deering, M.J., Fielder, D.R., Hewit, D.R. (1997). Growth and fatty acids composition of juvenile leader prawns, *Penaeus monodon*, fed different lipids. *Aquaculture*.151:131-141.
- Figueras., A. (1986). Alimentación de palaemon adspersus (Rathe, 1837) y Palaemon Serratps (Pennant, 1777) (Decapoda: Natantia) en la Ria de Vigo (N .O .España). *Camers de Biologie Marine*, Tome xxvii, pp.77 - 90.
- Glamuzina, L., Conides, A., Prusina, I., Čukteraš, M., Klaoudatos, D., Zacharaki, P., Glamuzina, B. (2014). Population Structure, Growth, Mortality and Fecundity of *Palaemon adspersus* (Rathke 1837; Decapoda: *Palaemonidae*) in the Parila Lagoon (Croatia, SE Adriatic Sea) with Notes on the Population Management. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 677-687.
- Guerao, G. & Abello, P. (1996). Patterns of activity in the sympatric prawns *Palaemon adspersus* and *Processa edulis* (Decapoda, Caridea) from a shallow Mediterranean bay. *Scientia Marina*, 60(2-3):319-324.
- Guerao, G. & Ribera, C. (1995). Growth and reproductive ecology of *Palaemon adspersus* (Decapoda, *Palaemonidae*) in the western Mediterranean. *Ophelia Journal*, 43(3):205-213.
- Guerao, G., Pérez-Baquera, C., Ribera, C. (1994). *Journal of Crustacean Biology* Growth and Reproductive Biology of *Palaemon xiphias* Risso, 1816 (Decapoda: Caridea: *Palaemonidae*).
- Hagerman, L. & Ostrup, J. (1980). Seasonal and diel activity variations in the shrimp *Palaemon adspersus* from a brackish, non-tidal area. *Marine Ecology-Progress series* (2):329-335.

- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology* 203, 1- 22.
- Hewitt, D.R & Duncan, P.F. (2001). Effect of high water temperature on survival, moulting and food consumption of *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Bate, 1888). *Aquaculture Research*, 32:305-313.
- Hotos, G.N., Avramidou, D. (1997). A one year water monitoring study of Klisova lagoon (Mesolonghi, W. Greece). *GeoJournal* 41:15–23
- Janas, U. & Bruskas, O. (2010). Energy values and energy resources of two prawns in Baltic coastal waters: the indigenous *Palaemon adspersus* and the non-indigenous *Palaemon elegans*. *Oceanologia*, 52 (2): 281–297.
- Janas, U., Pilka, M., & Lipinska, D. (2013). Temperature and salinity requirements of *Palaemon adspersus* Rathke, 1873 and *palaemon elegans* Rathke, 1873. Do they explain the occurrence and expansion of prawns in the Baltic Sea. *Marine Biology Research* . 9:293-300.
- Klaoudatos, S. & Tsevis, N. (1987). Biological observations on *Palaemon adspersus* (Rathke at Messolonghi Lagoon. *Thalassographica*, 10(1): 73-88.
- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fishmeal substitute – growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364-365, 345–352.
- Liddicoat, M.L., Tbbitis, S., Butler, E.L. (1974). The determination of ammonia in seawater. *Limnology and Oceanography Journal*. 20:131-132.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuze, V., Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197, 1–33.
- Martin, J.W. & Davis, G.E. (2001). An Updated Classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles Country.
- Mente, E. (2008). Reproductive Biology of Crustaceans. Case Studies of Decapod Crustaceans. Science Publishers, p. 457-506.
- Mente, E., Solovyev, M.M., Vlahos, N., Rotllant, G., Gisbert, E. (2016). Digestive enzymes activity during initial ontogeny and after feeding diets with different protein sources in zebra cichlid *Archocentrus nigrofasciatus*. *Journal of World aquaculture Society*. Accepted.
- Newton, G.L., Booram, C.V., Barker, R.W., Hale, O.M. (1977). Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.* 44, 395-400.
- Niu, C., Lee, D., Goshima, S & Nakau, S. (2003). Effects of temperatures on food consumption, growth and oxygen consumption of fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) postlarvae. *Aquaculture Research*, 34: 501-506.
- Parado-Esteva, F.D. (1998). Survival of *Penaeus monodon* postlarvae and juveniles at different salinity and temperature levels. *The Israeli Journal. of Aquaculture-Bamidgeh*. 50 _4., 174–183.
- Person-Le Ruyet, J., Mahé, K., Le Bayon, N. and Le Delliou, H. (2004). Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 237(1-4):269-280
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.021>
- Ravi, C., Jeyashree, A., Renuka Devi, K. (2011). Antimicrobial peptides from insects: an overview. *Res. Biotechnol.* 2, 1-7.

- Sanchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliano, F. (2014). Insect meal as a renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Clean. Prod.* 65,16-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>.
- Stamer, A., Wessless, S., Neidigk, R. & HoerstgenSchwark, G. (2014). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae-meal as an example for a new feed ingredients' class in aquaculture diets. RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey (eprint ID 24223).
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R., Sealey, W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 59–67.
- Takeuki, T., Murakami, K.(2007). Crustacean nutrition and larvae feed, with emphasis on Japanese spiny lobster *Palinurus japonicas*. *Bulletin of Fisheries Research Agency (Japan)*.No20: 15.
- Vlahos, N., Hotos, G., Kapetanios, N. (2004). The effect of temperature on the conditioning of the filter bed in aquaria. Proceedings of 2nd International Congress on Aquaculture Fisheries Technology and Environmental. Athens 18-19 June 2004. ISBN.
- Vlahos, N., Kormas, K.A., Pachiadaki, M.G., Meziti, A., Hotos, G., Mente, E. (2013). Changes in bacterioplankton apparent species richness in two ornamental fish aquaria. *SpringerPlus* 2,66.doi:10.1186/2193-1801-2-66.
- Vlahos, N., Akrivouli, A., Mente, E., Exadactylos, A., Nystas, T., Patsea, E., Vidalis, K., Hotos, G. (2016). The effect of three different temperatures on the growth and survival rate of *Palaemon adspersus*. Proceedings of the 2nd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment. 10-12 November 2016 Messolonghi –Greece pp:59-63. ISBN 978-618-80242-3-6
- Wickins, J.F. & Lee, D.O'C. (2002). *Crustacean Farming Ranching and Culture*. 2nd Ed. Blackwell Science Ltd. p. 164-180.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. International Editions, London, UK.
- Zhao, W., Lu, L., Tang, Y. (2010). Research and application progress of insect antimicrobial peptides on food industry. *Int. J. Food. Eng.* 6, Article 10.

B. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Ακριβούλη, Α. (2016). Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη, και επιβίωση του είδους *Palaemon adspersus*. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών.σελ.35.
- Παπουτσόγλου, Ε.Σ., Γιάτσης, Χ., Καρακατσούλη, Ν., Παπουτσόγλου, Σ.Ε. (2008). Διερεύνηση των δυνατοτήτων συμμετοχής προνυμφών εντόμων στη διατροφή της ιριδιζουσας πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*). *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*. 34:73-74.

Γ. Διαδικτυακή Βιβλιογραφία
www.genustraiithandbook.org.uk

ABSTRACT

Palaemon adspersus is a decapods crustacean which lives in the Messolonghi lagoon and has increased commercial interest in the local community. The aim of this study was the effect of the replacement the fish meal with insect meal on growth, consumption and survival of *Palaemon adspersus* shrimp in captivity using as food the insects *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* and *Musca domestica*.

90 shrimps were used for the experiments with a average mean weight 0.35 ± 0.01 g and average mean length 3.50 ± 2.00 cm, was divided into individual cages. Ten shrimps per cages were put individually to avoid cannibalism. The experiments was carry out in three closed systems with total volume of 250 L which were supported by a sump filters. Each system consisted of three aquariums of a beneficial volume of 50 L with its replicates.

For the purposes of the experiment, the shrimps were divided into three trials (30 individuals / trial) and were fed 5% of the body weight. The protein was replaced at different levels by insects of *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, respectively. The total duration of the experiment was 60 days. Temperature and salinity were kept constant throughout the experiment at 25 °C and 30 ppt, respectively.

The results showed that *Palaemon adspersus* shrimps showed statistically higher specific growth rate (SGR) and food consumption when fed the insect *Hermetia illucens* and the insect *Musca domestica* foods in contrary to those fed the insect *Tenebrio molitor*. The survival was higher on *Palaemon adspersus* trial fed the *Hermetia illucens* insect meal and was 73% in contrary to shrimps fed the *Musca domestica* and *Tenebrio molitor* meals.