

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΖΩΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ
ΚΑΡΑΒΙΔΑΣ *Nephrops norvegicus*»

ΜΠΑΝΤΙΔΟΣ Α. ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2008

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΚΑΡΑΒΙΔΑΣ

Nephrops norvegicus

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- **Μεντέ Έλενα**, Επίκουρος Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστήμων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπουσα**.
- **Βαφείδης Δημήτριος**, Επίκουρος Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπόνδυλων και άμεση - έμμεση χρηστικότητα τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστήμων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- **Κορμάς Κωνσταντίνος**, Επίκουρος Καθηγητής, Οικολογία Υδάτινης Στήλης με έμφαση στα Μικροβιακά και Τροφικά Είδη, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστήμων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μεταπτυχιακή αυτή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια Υδατοκαλλιεργειών και Φυσιολογίας του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με θέμα «Ανάπτυξη σε εργαστηριακές συνθήκες της караβίδας *Nephrops norvegicus*» Η κ. Έλενα Μεντέ ήταν η επιβλέπουσα καθηγήτρια της μεταπτυχιακής διατριβής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα Επίκουρο Καθηγήτρια κ. Μεντέ Έλενα για την αμέριστη βοήθεια και τις συμβουλές που μου προσέφερε τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, όσο και στη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής διατριβής, αλλά και για τις γνώσεις που μου μετέφερε απλόχερα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Επίκουρο καθηγητή Βαφείδη Δημήτριο και τον ομόλογό του Κορμά Κωνσταντίνο, για τη βοήθεια που μου προσέφεραν στην υλοποίηση της μεταπτυχιακής διατριβής μου, αλλά φυσικά και για τις χρήσιμες συμβουλές τους. Επιπλέον, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Dr. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για τη βοήθειά του στη προμήθεια των караβίδων, έτσι ώστε να διεξαχθεί η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Φυσικά, θεωρώ χρέος μου να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στο φίλο και συμφοιτητή μου Αλέξανδρο Στρατάκο, για τις πολύτιμες συμβουλές του και τη βοήθεια που μου προσέφερε, αλλά και στους Θωμά και Νίκο Γιαννηκώτσιου για την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια του πειράματος αλλά και για τη βοήθεια που μου προσέφεραν.

Τέλος, θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστούσα τον αλιέα Αποστόλη για την τόσο πολύτιμη βοήθεια του στη προμήθεια των καραβίδων από τον Παγασητικό Κόλπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παραγωγή των καρκινοειδών από τις υδατοκαλλιέργειες τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί παγκοσμίως για αρκετούς λόγους (π.χ. αύξηση πληθυσμού). Πολλά νέα είδη καρκινοειδών έχουν χρησιμοποιηθεί για εκτροφή. Ένα από τα καρκινοειδή το οποίο μπορεί να αποτελέσει νέο είδος για τις υδατοκαλλιέργειες είναι και το *Nephrops norvegicus*. Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποσκοπεί στη διερεύνηση της διατροφικής συμπεριφοράς και της ανάπτυξης της караβίδας υπό εργαστηριακές συνθήκες, όπως επίσης και στον υπολογισμό της περιεκτικότητας του λευκού μυός και του ιστού ηπατοπάγκρεος ατόμων *N. norvegicus* σε λίπος. Νεαρά άτομα караβίδας αλιεύτηκαν από τον Παγασητικό κόλπο χρησιμοποιώντας παγίδες βυθού και δίχτυα, και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος σε κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας θαλασσινού νερού. Οι караβίδες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, όπου στη πρώτη προσφέρθηκαν ως τροφή μύδια, στη δεύτερη σύμπηκτα ενώ η τρίτη παρέμεινε σε ασιτία. Το πείραμα διατροφής διήρκεσε συνολικά 5 μήνες. Τα άτομα που διατράφηκαν με μύδια παρουσίασαν ικανοποιητική αύξηση, σε αντίθεση με τα άτομα που τράφηκαν με σύμπηκτα τα οποία είχαν χαμηλή αύξηση. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε και υπολογισμός του λίπους των караβίδων και απεδείχθη ότι οι εκτρεφόμενες караβίδες είχαν μεγαλύτερο ποσοστό λίπους στο λευκό τους μυ από άτομα φυσικού πληθυσμού.

Λέξεις κλειδιά: *Nephrops norvegicus*, αύξηση, SGR, λίπος, Soxhlet

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Εκτροφή καρκινοειδών.....	10
1.2 Βιολογικά - Γενικά χαρακτηριστικά του <i>Nephrops norvegicus</i>	12
1.3 Γεωγραφική κατανομή της караβίδας.....	17
1.4 Αλιεία της караβίδας.....	18
1.5 Ανάπτυξη της караβίδας	21
1.5.1 Αυγά.....	21
1.5.2 Προνύμφες.....	22
1.5.3 Νεαρά άτομα	24
1.6 Διατροφή της караβίδας	25
1.7. Αναπαραγωγή της караβίδας.....	28
1.7.1 Αναπαραγωγικό σύστημα	29
1.7.2 Σύζευξη	30
1.7.3 Σπερματογένεση	31
1.8 Γονιμότητα	31
1.9 Αύξηση.....	33
1.10 Εκτροφή άλλων καρκινοειδών (γαρίδων, αστακών κ.α.).....	34
 2. Υλικά και μέθοδοι.....	37
2.1 Πείραμα εκτροφής.....	37
2.2 Στόχοι πειράματος εκτροφής.....	37
2.3 Συλλογή караβίδων για πείραμα εκτροφής	38
2.4 Περιγραφή και λειτουργία κλειστού κυκλώματος.....	40

2.5 Τοποθέτηση караβίδων στα ενυδρεία	44
2.6 Περιγραφή σιτηρεσίου των караβίδων	45
2.7 Θανάτωση караβίδων	45
2.8 Ζύγισμα караβίδων	46
2.9 Βιοχημική ανάλυση	46
2.10 Στατιστική επεξεργασία.....	50
3. Αποτελέσματα.....	51
3.1 Αρχικά βάρη караβίδων	51
3.2 Θνησιμότητα караβίδων	55
3.3 Τελικά βάρη караβίδων	56
3.4 Υπολογισμός μήκους κεφαλοθώρακα (Carapace length)	60
3.5 Ειδικός ρυθμός αύξησης.....	61
3.6 Υπολογισμός λίπους λευκού μυός και ιστού ηπατοπάγκρεος караβίδων.....	63
4. Συζήτηση	67
4.1 Πείραμα εκτροφής.....	67
4.2 Υπολογισμός ποσότητας λίπους караβίδων	69
4.3 Σιτηρέσιο караβίδων	70
4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις των αστακών (lobsters) σε σχέση με άλλα καρκινοειδή	70
4.5 Συμπεράσματα.....	84
5. Βιβλιογραφία.....	86

6. Abstract	109
--------------------------	------------

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εκτροφή καρκινοειδών

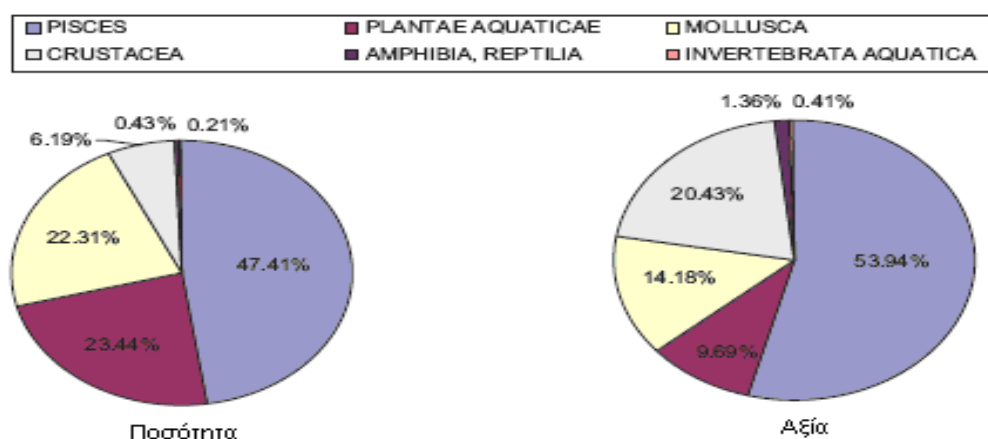
Οι υδατοκαλλιέργειες αφορούν την εκτροφή ζωικών (ιχθείς, καρκινοειδή, μαλάκια κ.α.) και τη καλλιέργεια φυτικών υδρόβιων οργανισμών. Ο τομέας των υδατοκαλλιεργειών, αναπτύσσεται ταχύτερα από οποιαδήποτε άλλο τομέα παραγωγής τροφίμων στο κόσμο (World Conservation Union, 2007). Οι ιχθείς είναι η κυρίαρχη ομάδα τόσο σε ποσότητα (47,4 %), όσο και σε αξία (53,9 %). Τα υδρόβια φυτά είναι η δεύτερη ομάδα σε ποσότητα (23,4 %), αλλά μόλις τέταρτη σε αξία (9,7 %). Η ποσότητα των μαλακίων ανέρχεται στο 22,3 % όσον αφορά τη ποσότητα, και στο 14,2 % η αξία τους. Στη περίπτωση των καρκινοειδών, είναι τέταρτα σε ποσότητα (6,2 %) αλλά δεύτερα σε αξία (20,4) (Σχήμα 1.1) (FAO, 2006).

Η παγκόσμια παραγωγή των καρκινοειδών από τις υδατοκαλλιέργειες έχει αυξηθεί σημαντικά (Σχήμα 1.2), εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης από τις βιομηχανοποιημένες χώρες, και συγκεκριμένα τις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία. Το ενδιαφέρον για την εκτροφή των καρκινοειδών, οφείλεται στην υψηλή οικονομική αξία αυτών των τροφίμων. Η εκτροφή καρκινοειδών χαρακτηρίζεται αφενός μεν από αυξημένες πιθανότητες κέρδους, αλλά αφετέρου από μεγάλες οικονομικές απώλειες (Laubier & Laubier, 1993). Αξίζει να σημειωθεί ότι η τροφή είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση του κόστους στις εκτροφές των καρκινοειδών (Chamberlain, 1996).

Από τα κυριότερα καρκινοειδή που εκτρέφονται είναι οι γαρίδες του γένους *Penaeus*, καθώς και καβούρια, των οποίων η αξία είναι δυσανάλογα

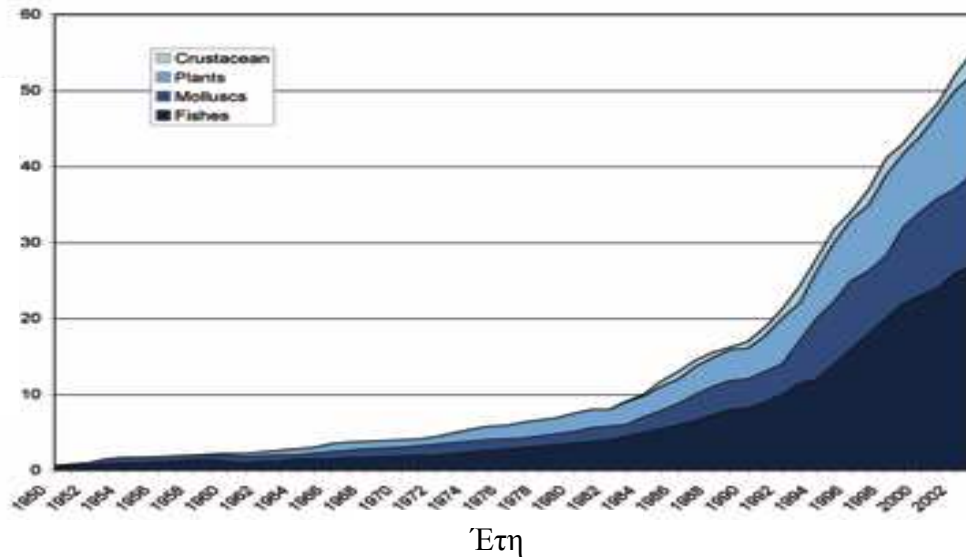
μεγάλη σε σχέση με τη ποσότητά με την οποία παράγονται (FAO, 2006). Στη περίπτωση των αστακών, των καραβίδων και των καβουριών, η εκτροφή τους πραγματοποιείται με την εκτατική και ημιεντατική μέθοδο, εξαιτίας κυρίως του γεγονότος ότι παρουσιάζουν έντονο κανιβαλισμό (Κλαουδάτος, 2006).

Όσον αφορά το *Nephrops norvegicus*, έχουν γίνει λίγες μελέτες για την εκτροφή των νυμφών της (Rotllant et al., 2001), έτσι ώστε να εκτραφούν στη συνέχεια μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος. Επομένως, είναι αναγκαία περισσότερη έρευνα για την εκτροφή του είδους.



Σχήμα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή από τις υδατοκαλλιέργειες, φαίνεται και το ποσοστό που κατέχουν τα καρκινοειδή (Πηγή: FAO, 2006)

Παγκόσμια
παραγωγή από
υδατοκαλλιέργειες
(Εκ. τόνοι)



Σχήμα 1.2 : Αύξηση της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών, με ανοιχτό μπλε φαίνεται η αύξηση στη παραγωγή των καρκινοειδών (Πηγή: World Conservation Union, 2007)

1.2 Βιολογικά - Γενικά χαρακτηριστικά του *Nephrops norvegicus*

Το *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) γνωστό και ως караβίδα (Εικ. 1.1), είναι ένα μαλακόστρακο δεκάποδο καρκινοειδές που ανήκει στην οικογένεια των Nephropidae, η οποία επίσης περιλαμβάνει άτομα του γένους *Homarus*. Το συγκεκριμένο είδος, είναι το μόνο που ανήκει στο γένος *Nephrops*. Είναι ένα είδος με μεγάλη οικονομική σημασία (Bjornsson & Dombaxe, 2004), τόσο στο βορειοανατολικό Ατλαντικό όσο και στη Μεσόγειο (Sarda, 1998).



Εικόνα 1.1: Καραβίδα (Πηγή: www.habitas.org.uk/.../photo.asp?item=nepnor)

Είναι ένα μακρόβιο, γονοχωριστικό είδος το οποίο χαρακτηρίζεται από έντονο κανιβαλισμό, ενώ ζει σε σχετικά υψηλή αλατότητα (33-34 psu) (Harris & Ulmestrand, 2004). Η ανάπτυξή του μπορεί να χαρακτηριστεί ως αργή, ενώ έχει και μικρό ρυθμό θνησιμότητας (Abello et al., 2002). Όσον αφορά το συνολικό μέγεθος του, είναι συνήθως 18-20 cm αν και μπορεί να φτάσει σε μέγεθος μέχρι και τα 25 cm. Σύμφωνα με τους Mytilineou et al. (1990), τα αρσενικά άτομα παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από ότι τα θηλυκά, από σχετικές έρευνες που έγιναν στον Παγασητικό κόλπο. Επιπλέον, η καραβίδα διαθέτει 5 ζεύγη άκρων (δεκάποδο) εκ των οποίων τα 3 πρώτα ζεύγη στις άκρες τους φέρουν δαγκάνες. Το πρώτο ζεύγος των δαγκάνων είναι ιδιαίτερα μεγάλο, με επιμήκης ακανθώδεις κορυφές. Η μια δαγκάνα είναι κοντύτερη και πιο χοντροκομμένη με χοντροκομμένα και λιγότερο κοφτερά δόντια ενώ η άλλη δαγκάνα είναι μακρύτερη και λεπτότερη και έχει μόνο λεπτά δόντια (Farmer 1974a, 1974b). Διαθέτει επίσης δύο ζεύγη κεραιών, από

τα οποία το δεύτερο είναι πιο μακρύ και πιο λεπτό από το πρώτο. Όσον αφορά τους οφθαλμούς της, αυτοί είναι μεγάλοι σε μέγεθος, μαύροι και μετακινούμενοι (Farmer, 1975).

Το *N. norvegicus* είναι ένα ευρυφάγο και μη επιλεκτικό είδος, το οποίο συμπεριφέρεται είτε σαν σαρκοφάγο είτε σαν σαπροτρόφος (Cristo, 1998). Τροφή για την караβίδα αποτελούν άλλα καρκινοειδή αλλά και μαλάκια, όπως επίσης πολύχαιτοι και εχινόδερμα σε μικρότερο όμως ποσοστό (Parslow-Williams et al., 2002). Ακόμα, τρέφεται με διάφορα είδη ασπόνδυλων (Parslow-Williams et.al., 2002). Ο μπακαλιάρος (*Gadus morhua*) πιστεύεται ότι είναι ο κύριος θηρευτής του αποθέματος της караβίδας, που βρίσκεται στα Βόρεια του Αγγλικού Καναλιού (Bjornsson & Dombaxe, 2004). Άλλοι σημαντικοί θηρευτές της караβίδας είναι το σαλάχι (*Raja clavata*) (Thomas, 1965) και το σκυλόψαρο (*Scyliorhinus canicula*) (Gordon & De Silva, 1980).



Εικόνα 1.2: Φωλιά караβίδας (Πηγή: Smith, 1988)

Το *N. norvegicus* είναι ένα είδος που δεν μεταναστεύει, με τα νεαρά και ενήλικα άτομα να ζουν στο ίζημα μέσα σε φωλιές. Οι φωλιές (Εικ. 1.2), μπορεί

να έχουν μόνο ένα άνοιγμα χωρίς διακλαδώσεις, αλλά και να είναι πιο πολύπλοκες με διακλαδώσεις και πολλά ανοίγματα. Οι πιο πολλές φωλιές έχουν δύο ή τρία ανοίγματα. Οι περισσότεροι πολύπλοκες φωλιές είναι αυτές στις οποίες οι φωλιές των νεαρών ατόμων συνδέονται με των ενήλικων ατόμων (Smith & Papadopoulou, 2003).

Το ενδιαίτημα της караβίδας βρίσκεται στο πυθμένα και αποτελείται από λάσπη, ιλύ ή άμμο, πλούσιο σε μαγγάνιο (Mn). Το μαγγάνιο είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο που συμμετέχει σε πολλές μεταβολικές δραστηριότητες (Leach & Lilburn, 1978). Παρόλα αυτά, το μαγγάνιο είναι νευροτοξικό (Holmes et al., 1999). Σε αυτά τα ενδιαίτηματα σκάβουν εκτεταμένες φωλιές (Rice & Champan, 1971).



Εικόνα 1.3: Καράβιδα μέσα σε φωλιά (Πηγή: www.gla.ac.uk/.../research/nephrops_fez.htm)

Σύμφωνα με τον Hughes (1998), η διάμετρος των κυλίνδρων των φωλιών φτάνει μέχρι και τα 10 cm, σε μήκος πάνω από ένα μέτρο και σε

βάθος τα 20-30 cm. Το συγκεκριμένο είδος περνά εκτεταμένες περιόδους μέσα στις φωλιές, από τις οποίες αναδύεται περιοδικά δημιουργώντας ημερήσιες και εποχιακές αυξομειώσεις στις αλιεύσεις (Chapman & Howard, 1979). Ο κύριος στόχος των φωλιών του *N. norvegicus*, είναι να παρέχουν προστασία από τους θηρευτές. Όταν άτομα του *N. norvegicus* είναι εκτός των φωλιών, τότε αυτά είναι ευάλωτα. Επομένως, έτσι εξηγείται το γεγονός ότι τα ενήλικα άτομα βγαίνουν από τις φωλιές τους μόνο για την εύρεση τροφής αλλά και για τη διαδικασία της αναπαραγωγής (Chapman, 1980). Σύμφωνα με τους Chapman et al. (1975), η εμφάνιση των *N. norvegicus* εκτός των φωλιών τους περιορίζεται από την ένταση του φωτός. Επίσης, άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την εμφάνιση των *N. norvegicus* εκτός των φωλιών τους είναι η παλίρροια, καθώς και η παρουσία θηρευτών και θηραμάτων (Naylor & Atkinson, 1976). Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι τα ενήλικα άτομα του *N. Norvegicus*, δεν εποικίζουν περιοχές όπου παρατηρείται μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου (Eriksson, 2000b).

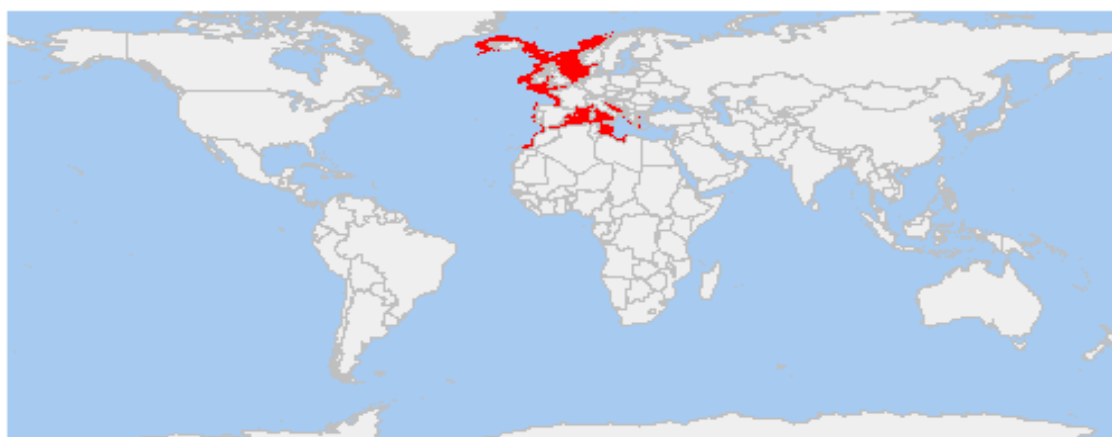
Η ανάπτυξη της караβίδας, έχει προταθεί ότι είναι εξαρτώμενη από την πυκνότητα τους (Bailey & Chapman, 1983, Chapman & Bailey, 1987). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς είναι δυνατόν σε υψηλές πυκνότητες πληθυσμών να υπάρχει ανταγωνισμός για τροφή και αυτό να μειώνει την ανάπτυξη.

Το *N. norvegicus* φαίνεται να επιβιώνει και σε υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας, αφού σε έρευνα που διεξήχθη όλα τα άτομα που εκτέθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας επιβίωσαν (Schmitt & Uglow, 1997). Παρόλα αυτά, οι παραπάνω ερευνητές προτείνουν ότι πρέπει να αποφεύγεται

η συγκέντρωση της αμμωνίας σε δεξαμενές όπου κρατούνται τα *N. norvegicus*.

1.3 Γεωγραφική κατανομή της καραβίδας

Η καραβίδα είναι είδος που δεν κινείται πολύ, δεν πραγματοποιεί μεγάλες μεταναστεύσεις και το οποίο χρειάζεται λασπώδη υποστρώματα στα οποία σχηματίζει τις φωλιές της (Farmer, 1975). Μπορεί να βρεθεί σε ολόκληρη την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα και στο επάνω μέρος της ηπειρωτικής κατωφέρειας του Β.Α. Ατλαντικού και της Μεσογείου (Farmer, 1975, Chapman, 1980) (Εικ. 1.4).



Εικόνα 1.4: Παγκόσμια γεωγραφική εξάπλωση της *Nephrops norvegicus* (Πηγή: FAO, 2008)

Η κατανομή του Ισλανδικού αποθέματος της καραβίδας περιορίζεται σε βάθη από 100-300 m και σε θερμοκρασίες 6–9 °C (Eriksson, 1999). Στην νότια ακτή της Πορτογαλίας, η καραβίδα βρίσκεται στην ηπειρωτική κατωφέρεια, μεταξύ 200 και 600 μέτρων (Castro et al., 2003). Στην περιοχή της Καταλονίας, το είδος αυτό κατανέμεται από το χαμηλότερο κομμάτι της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας μέχρι το υψηλότερο κομμάτι της ηπειρωτικής κατωφέρειας (200-500 m) (Maynou et.al., 1998).

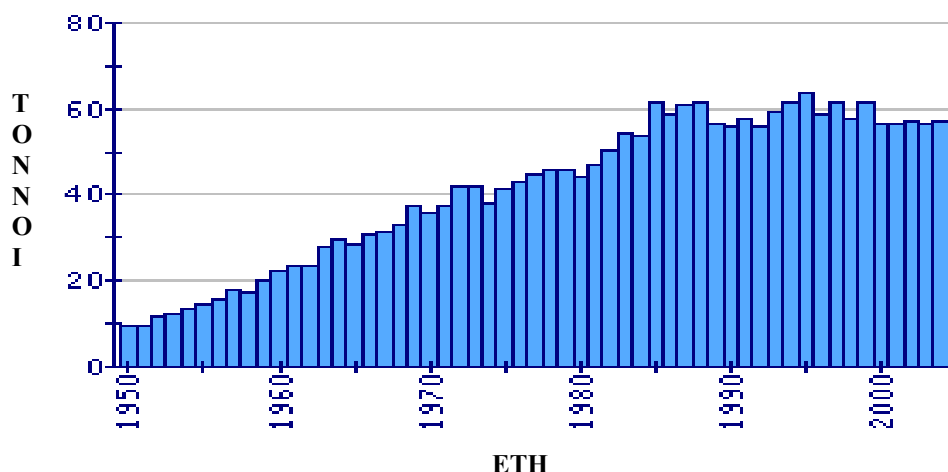
Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στον Παγασητικό κόλπο, ο πληθυσμός του *N. norvegicus* κατανέμεται μεταξύ 65-95 m, βάθος το οποίο αποτελεί και το ρηχότερο όριο στα ελληνικά νερά για τους πληθυσμούς των караβίδων (Smith & Papadopoulou, 2003). Επίσης, έχει αναφερθεί από τους παραπάνω συγγραφείς, ότι στον Παγασητικό κόλπο οι πυκνότητες των πληθυσμών των караβίδων είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με άλλες ελληνικές περιοχές. Στον Ευβοϊκό κόλπο οι Mytilineou et al. (1990), βρήκαν ότι ο πληθυσμός της караβίδας βρίσκεται σε βάθη μεγαλύτερα των 60 m, με το μέγιστο της πυκνότητας του πληθυσμού να βρίσκεται ανάμεσα στα 100-200 m.

1.4 Αλιεία της караβίδας

Η αλιεία της караβίδας πραγματοποιείται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι (FAO, 2008), και έχει υπολογιστεί ότι το 2000 η παγκόσμια παραγωγή από την αλιεία της ήταν 50.000 τόνοι και το 2005 η παραγωγή της αυξήθηκε στους 60,500 τόνοι (Σχήμα 1.3). Η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την αλιεία της είναι με τη χρήση τράτας (Sarda, 1998). Σε ορισμένες περιοχές της Σκωτίας και της Σουηδίας, αλλά και πιο πρόσφατα στην Ελλάδα και την Ιταλία, χρησιμοποιούνται παγίδες (Papadopoulou et al., 2006).

Τα αλιευτικά εργαλεία, τα αλιευτικά σκάφη και οι τεχνικές της αλίευσης της караβίδας, διαφέρουν από χώρα σε χώρα στην περιοχή της Μεσογείου (Sarda, 1998), ενώ οι Bergamm et al. (2002) αναφέρουν ότι αποτελεί ένα σημαντικό είδος - στόχο της βενθικής αλιείας του Β.Α. Ατλαντικού και το σημαντικότερο αλιευόμενο καρκινοειδές στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το έτος 2002 οι εκφορτώσεις στη Σκωτία ήταν 21.400 τόνους (Adey et al., 2003). Το είδος αυτό αποτελεί σημαντικό κομμάτι της αλιείας και στην νότια ακτή της

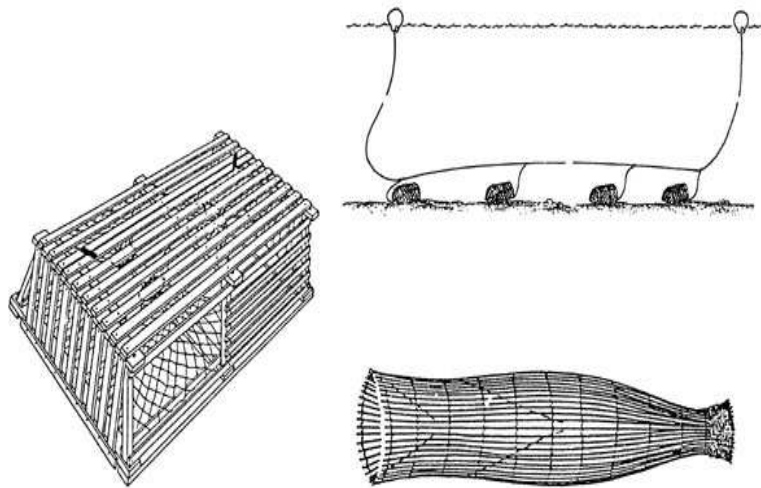
Πορτογαλίας. Στην Ιρλανδία η караβίδα αποτελεί είδος - στόχο μεγάλης σημασίας για την αλιεία, με ετήσιες εκφορτώσεις πάνω από 8.000 τόνους (Briggs, 1995). Όσον αφορά την Ελλάδα, η συγκεκριμένη αλιεία είναι σημαντική, αφού για την περίοδο 1994-2000 οι ελληνικές εκφορτώσεις της караβίδας αποτέλεσαν το 9,7 % των ολικών εκφορτώσεων της Μεσογείου (FAO FISHSTAT data). Επιπλέον, για το 1997 οι ελληνικές εκφορτώσεις της караβίδας έφτασαν τους 410 τόνους (ETANAL, 1998).



Σχήμα 1.3: Παγκόσμιες αλιεύσεις (τόνοι) καραβίδας (Πηγή: FAO, 2008)

Όμως, η αλιεία της καραβίδας παράγει μεγάλες ποσότητες απορρίψεων όταν πραγματοποιείται με τράτα (Bergamm et al., 2002). Για αυτό το λόγο, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες για την δημιουργία μιας πιο επιλεκτικής αλιείας (Madsen et al., 1999, Campos et al., 2002). Επίσης, έχει πραγματοποιηθεί έρευνα η οποία έδειξε ότι η απελευθέρωση των μη επιθυμητών μεγεθών της καραβίδας πίσω στη θάλασσα, μπορεί να αποτελέσει σημαντικό διαχειριστικό μέτρο (Castro et al., 2003).

Έχουν διεξαχθεί πειράματα για την εξακρίβωση της συμπεριφοράς του είδους αυτού κατά την διάρκεια της αλίευσης με τράτα (Main & Sangster, 1985), που έδειξαν ότι οι караβίδες είναι ικανές να αποφύγουν την αλίευση είτε υποχωρώντας μέσα στις φωλιές τους, είτε πραγματοποιώντας γρήγορες κολυμβητικές κινήσεις με τη ουρά τους (tail flick). Γενικά, η αποφυγή της τράτας από τις караβίδες, εξαρτάται από φυσιολογικούς παράγοντες, όπως είναι το στάδιο αναπαραγωγικής ωριμότητας καθώς και η παρουσία εκκολαπτόμενων αυγών (Conan, 1984).



Εικόνα 1.5: Αλιευτικά εργαλεία, παγίδα (creel) για την αλιεία της караβίδας (Πηγή FAO, 2008)

Έχει αναφερθεί και περίπτωση υπεραλίευσης του αποθέματος της караβίδας από τον Sarda (1998), στην περιοχή Serola Bank στη δυτική Μεσόγειο, στα ύδατα της Βαρκελώνης, η οποία προκάλεσε μείωση του μήκους του κεφαλοθώρακα κατά 4 mm για τα αρσενικά και 3,5 mm για τα θηλυκά άτομα κατά τα 20 τελευταία χρόνια. Επίσης, το γεγονός αυτό της υπεραλίευσης προκάλεσε μείωση της ηλικίας των αλιευμάτων κατά ένα με

δύο χρόνια. Έχει πραγματοποιηθεί έρευνα από τους Sarda et al. (1998), η οποία έδειξε το βαθμό αλίευσης διαφόρων πληθυσμών της караβίδας στη Μεσόγειο. Έτσι, βρέθηκε ότι στη θάλασσα της Καταλονίας, στην θάλασσα Tyrrhenian (Ιταλία) και στην Αδριατική γίνεται πλήρης αλίευση της караβίδας. Στις περιοχές Ligurian (Ιταλία) και στον Ευβοϊκό κόλπο, λαμβάνει χώρα μέτριας έντασης αλίευση και μικρής έντασης αλίευση στην περιοχή της Πορτογαλίας (Ατλαντικός). Η αξία των παγκόσμιων εκφορτώσεων για το 2002 ήταν 28 εκατομμύρια Ευρώ (FAO, 2008).

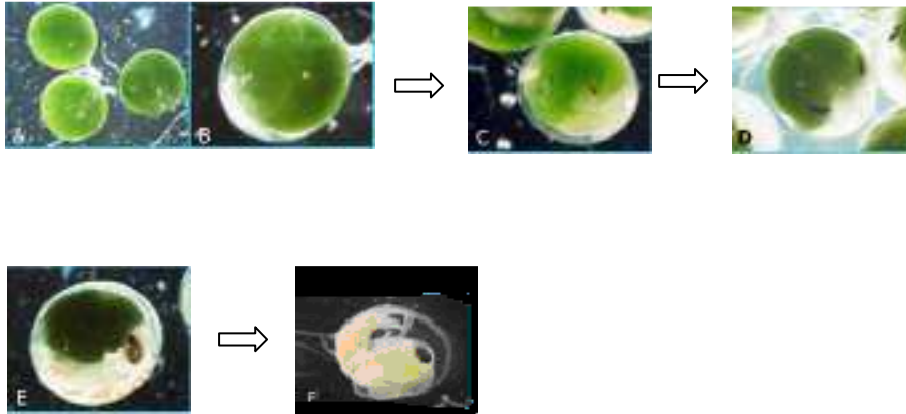
1.5 Ανάπτυξη της караβίδας

1.5.1 Αυγά

Το *N. norvegicus* είναι ένα σύγχρονο είδος που παράγει μεγάλα αυγά, τα οποία απελευθερώνονται μετά από μακρά περίοδο (6 - 10 μήνες), που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος καθώς και από το ενδιαίτημα (Mori et al., 2001). Τα θηλυκά άτομα του *N. norvegicus*, έχουν τα αυγά στη κοιλία τους για 9 μήνες προτού εκκολαφθούν σε προνύμφες κατά τα τέλη της άνοιξης ή τις αρχές του καλοκαιριού (Eriksson, 2000a).

Η εμβρυϊκή ανάπτυξη, βάσει ανατομικών κριτηρίων, χωρίζεται σε πέντε στάδια (Fernandez et al., 2005) (Εικ. 1.6). Κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη παρατηρείται σημαντική μείωση της περιεκτικότητας των λιπιδίων των αυγών τους τελευταίους τρεις μήνες της επώασης. Επιπρόσθετα, κατά την διάρκεια της επώασης παρατηρούνται σύμφωνα με τους Rosa & Nunes (2003), αλλά και τους Fernandez et al. (2005), αύξηση του όγκου των αυγών, της περιεκτικότητας τους σε νερό, αλλά και μείωση του ξηρού βάρους τους. Οι Rosa & Nunes (2003), βρήκαν ότι λαμβάνει χώρα αύξηση των ολικών

ελεύθερων αμινοξέων (TFAA) καθώς και των μη απαραίτητων αμινοξέων (NEAA) κατά την διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης.



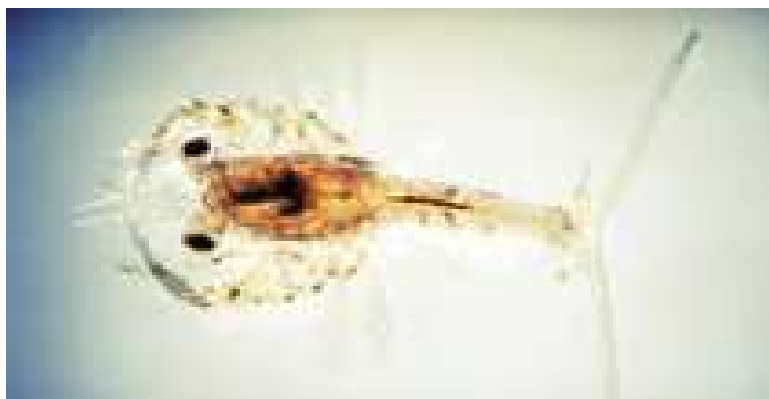
Εικόνα 1.6: Στάδια επώασης αυγών (Πηγή: Fernandez et al., 2005)

1.5.2 Προνύμφες

Οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες (Εικ. 1.7) δεν είναι ικανές να κολυμπήσουν, αλλά μέσα σε λίγα λεπτά από την εκκόλαψή τους, εκδύονται δημιουργώντας έτσι το πρώτο προνυμφικό στάδιο ικανό για κολυμβητική δραστηριότητα (Farmer, 1974a, Dickey-Collas et al., 2000). Το *N. norvegicus* χαρακτηρίζεται από τρία προνυμφικά στάδια και ένα στάδιο μεταπρονύμφης. Οι προνύμφες της караβίδας είναι σαρκοφάγες και σε πολύ μεγάλες πυκνότητες, μπορεί να παρατηρηθεί κανιβαλισμός μεταξύ των νυμφών. Τρέφονται με κωπήποδα και νύμφες άλλων δεκαπόδων (Farmer, 1975). Οι προνύμφες του είδους στη Μεσόγειο έχουν υψηλότερη υγρή μάζα (wet mass), ξηρή μάζα (dry mass) καθώς και υψηλότερη πρωτεΐνη, κάτι το οποίο δείχνει ότι έχουν κάποια προσαρμοστικά χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να επιβιώνουν σε περιβάλλοντα με μειωμένη ποσότητα τροφής (Rotlland et al., 2004).

Σε εργαστηριακά πειράματα έχει περιγραφεί ότι η εκκόλαψη λαμβάνει χώρα καθ' όλο το 24ωρο με τις μέγιστες τιμές το βράδυ (Briggs et al., 2002), συμπέρασμα το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τον Farmer (1974d) που αναφέρει ότι η εκκόλαψη γίνεται μόνο το βράδυ. Οι περισσότερες προνύμφες ζουν στα υψηλότερα σημεία της υδάτινης στήλης, ως πλαγκτόν κατά τις πρώτες 50-60 ημέρες της ζωής τους (Farmer, 1975, Angelico, 2000). Οι Garrod & Harding (1980), εκτίμησαν ότι η θνησιμότητα των προνυμφών της καραβίδας στο πεδίο φτάνει το 87%.

Οι Rotlant et al. (2001), προσέφεραν τέσσερις διαφορετικές δίαιτες σε προνύμφες του *N. norvegicus*. Συγκεκριμένα προσφέρθηκαν ναύπλιοι της *Artemia*, τεχνητή τροφή, κατεψυγμένα μύδια και ενήλικα άτομα *Artemia*. Οι προνύμφες οι οποίες τράφηκαν με ναύπλιους της *Artemia*, παρουσίασαν μικρότερο χρόνο ανάπτυξης, υψηλότερη επιβίωση, καθώς και τον υψηλότερο ρυθμό αύξησης σε μέγεθος και βιομάζα.



Εικόνα 1.7: Προνύμφη καραβίδας (Πηγή: FRS MARINE LABORATORY, 2008)

1.5.3 Νεαρά άτομα

Η ανάπτυξη των νεαρών ατόμων του *N. norvegicus* φαίνεται να επηρεάζεται και από βιοτικούς παράγοντες (Company & Sarda, 2000), ενώ δεν είναι συνεχής αλλά επιτυγχάνεται με την έκδυση δηλαδή την αντικατάσταση του εξωσκελετού, ο οποίος απορρίπτεται, με άλλον μεγαλύτερου μεγέθους. Επιπλέον, η έκδυση παρατηρείται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους (Verdoit et al., 1999). Πρέπει επίσης να αναφερθεί, ότι τα νεαρά άτομα είναι πιο ευαίσθητα σε μειωμένες συγκεντρώσεις οξυγόνου, σε σχέση με τα ενήλικα άτομα (Eriksson & Baden, 1997). Ένα ακόμη σημαντικό σημείο που πρέπει να αναφερθεί, είναι το γεγονός ότι οι υψηλές πληθυσμιακές πυκνότητες είναι πιθανώς αποτέλεσμα υψηλού επιπέδου στρατολόγησης των νεαρών ατόμων, αλλά φυσικά και σε συνδυασμό με το επίπεδο της αλιευτικής προσπάθειας (Tully & Hills, 1995).

Ο Thomas (1965), υπολόγισε μια μέση ανάπτυξη των αρσενικών ατόμων της τάξεως του 5,7% σε μήκος, και για τα θηλυκά μια μέση ανάπτυξη της τάξεως του 6,2%, δεδομένα τα οποία βασίστηκαν σε 8 εκδύσεις που έλαβαν χώρα σε ενυδρείο. Ο ίδιος συγγραφέας, ανέφερε ότι ο ρυθμός αύξησης σε μήκος των αρσενικών ατόμων μειωνόταν καθώς τα άτομα μεγάλωναν σε ηλικία, γεγονός που δεν παρατηρήθηκε για τα θηλυκά άτομα. Όμως, οι Gonzalez-Gurriaran et al. (1998), παρατήρησαν ότι ο ρυθμός αύξησης μετά την έκδυση μειωνόταν και στα δύο φύλα. Επίσης, ο Thomas (1965), υπολόγισε μια μέση αύξηση στο μέγεθος του κεφαλοθώρακα της τάξεως του 7,1%.



Εικόνα 1.8: Έκδυμα καραβίδας (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Στο φυσικό περιβάλλον, οι Barnes & Bagenal (1951), διαπίστωσαν ότι οι καραβίδες εκδύονται τουλάχιστον μια φορά το χρόνο, παρατήρηση που συμφωνεί και με τους Bailey & Chapman (1983), οι οποίοι βρήκαν ότι υπάρχουν περισσότερες από μια περιόδοι έκδυσης ανά έτος. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε σε εργαστηριακές συνθήκες, η περίοδος μεταξύ δύο διαδοχικών εκδύσεων να είναι παρόμοια και για τα δύο φύλα και επίσης βρέθηκε ότι η περίοδος αυτή αυξάνει με την αύξηση του μήκους του κεφαλοθώρακα (Gonzalez-Gurriaran et al., 1998). Στην παραπάνω έρευνα, καταγράφηκαν δύο περιόδοι έκδυσης, κατά την περίοδο φθινοπώρου - χειμώνα και άνοιξης - θέρους. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του εκδύματος (molt increment) μειωνόταν στα άτομα που βρίσκονταν σε μικρότερες δεξαμενές.

1.6 Διατροφή της καραβίδας

Ο ρυθμός διατροφής της καραβίδας είναι μικρός, και το μέγιστο της παρουσιάζεται σύμφωνα με έρευνες που έγιναν στο Βόρειο Αιγαίο πέλαγος

από τους Mytilineou et al. (1992), την άνοιξη και το θέρος. Επιπρόσθετα, στην ίδια έρευνα βρέθηκε ότι η σύσταση της τροφής δε διαφέρει μεταξύ διαφορετικών εποχών καθώς και ανάμεσα στο φύλο, ενώ τα νεαρά άτομα διατρέφονται με υπολείμματα που βρίσκονται στο περιβάλλον και μικρά κομμάτια οργανικής ύλης. Όμως, από στομαχικά περιεχόμενα των *N. norvegicus*, έχει βρεθεί ότι υπάρχουν σημαντικές εποχικές διαφορές στις διατροφικές προτιμήσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στις νότιες ακτές της Πορτογαλίας (Cristo & Cartes, 1998).

Ο Cristo (1998), εξετάζοντας τα στομαχικά περιεχόμενα των *N. norvegicus*, βρήκε ότι τράφηκαν κατά κύριο λόγο με δεκάποδα, αλλά και με άλλα καρκινοειδή και με ιχθείς. Σε άλλη έρευνα, οι Loo et al. (1993), προσέφεραν σε ενήλικα άτομα του *N. norvegicus* (40 - 74 g) το φύκος *Isochrysis galbana*, το τροχόζωο *Brachionus plicatilis*, καθώς και αυγά του *Artemia salina*. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνητών, έδειξαν ότι το *N. norvegicus* μπορεί να τραφεί με αιωρούμενα σωματίδια μεγαλύτερα από 300 με 500 μm .

Τα θηλυκά άτομα που φέρουν αυγά παραμένουν μέσα στις φωλιές τους καθ' όλη τη διάρκεια της επώασης των αυγών τους, και σε αυτή τη χρονική περίοδο συντηρούνται με τα διαθέσιμα σωματικά τους αποθέματα, αλλά και με συμπληρωματική τροφή που βρίσκεται μέσα στις φωλιές ή στα ανοίγματα των φωλιών τους (Adey et al., 2003). Παρόλα αυτά, οι Aguzzi et al. (2007), απέδειξαν ότι δεν παρατηρείται αναστολή στη διαδικασία της διατροφής στα θηλυκά άτομα που φέρουν αυγά στη κοιλία τους, όπως επίσης και η κίνησή τους. Ένα ακόμη σημείο άξιο παρατήρησης σύμφωνα με τους παραπάνω

ερευνητές, είναι το γεγονός ότι τα θηλυκά άτομα που φέρουν αυγά φαίνεται να εγκαταλείπουν τις φωλιές τους.

Οι Krang & Rosenqvist (2006), μελέτησαν τη διατροφική συμπεριφορά του *N. norvegicus* σε συγκεντρώσεις μαγγανίου (0,1 και 0,2 mM για 12 ημέρες) παρόμοιες με αυτές του περιβάλλοντος, όταν οι τελευταίες τοποθετήθηκαν σε ενυδρεία. Τα άτομα που εκτέθηκαν στο μαγγάνιο αντέδρασαν σε διπλάσιο χρόνο στη προσφορά τροφής. Επίσης, η έκθεση των καραβίδων στο μαγγάνιο, προκάλεσε μείωση των ατόμων που πλησίασαν τη τροφή. Έτσι, η ικανότητα του *N. norvegicus* στην εύρεση τροφής μπορεί να μειωθεί σε περιοχές όπου παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου. Ο Eriksson (2000), μελέτησε τις χρονικές διακυμάνσεις των αυγών του *N. norvegicus* σε μαγγάνιο, σε εργαστηριακές συνθήκες αλλά και στο φυσικό περιβάλλον. Έτσι, αποδείχθη ότι στο φυσικό περιβάλλον υπάρχουν χρονικές διακυμάνσεις στη συγκέντρωση μαγγανίου στα αυγά του *N. norvegicus* κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τους.

Όπως αναφέρεται από τον Chapman (1980), μόνο το 10 % - 30 % των ατόμων ενός πληθυσμού εγκαταλείπουν τις φωλιές τους σε καθημερινή βάση. Το παραπάνω γεγονός είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης δύο παραγόντων: της εντάσεως του φωτός (φωτοπερίοδος) και της αναζήτησης της τροφής, γεγονός το οποίο είναι σε συμφωνία με τη διατροφική συμπεριφορά του *N. norvegicus*, που χαρακτηρίζεται ως θηρευτής που βασίζεται στην όρασή του για ανεύρεση τροφής (visual feeder).

Πιο πρόσφατες έρευνες (Richardson, 1996) που έγιναν σε καραβίδες, έδειξαν ότι σε περίπτωση πρόκλησης ζημιάς στους οφθαλμούς εξαιτίας της επίδρασης του φωτός, η διατροφική συμπεριφορά τους, καθώς και η

γενικότερη συμπεριφορά τους επηρεάζονται ελάχιστα. Επομένως, φαίνεται ότι οι καραβίδες είναι σε θέση να αντισταθμίσουν την έλλειψη της όρασης, χρησιμοποιώντας άλλα αισθητήρια συστήματα (Charman et al., 2000).

1.7 Αναπαραγωγή της καραβίδας

Η αναπαραγωγή της καραβίδας έχει μελετηθεί τόσο στο πεδίο όσο και στο εργαστήριο (Briggs et al., 2002). Το αναπαραγωγικό σύστημα του *N. norvegicus* είναι παρόμοιο με αυτό άλλων δεκαπόδων (Farmer, 1974a). Ίσως να υπάρχει ένα ελάχιστο μέγεθος ως όριο για την αναπαραγωγική ωριμότητα, κάτω από το οποίο οι καραβίδες είναι πολύ μικρές για να αναπαραχθούν (Tuck et al., 2000). Το μέγεθος κατά το ξεκίνημα της αναπαραγωγικής ωριμότητας στα θηλυκά άτομα της καραβίδας, έχει μελετηθεί με μέτρηση του μικρότερου θηλυκού ατόμου που φέρει αυγά (Farmer, 1974d) και εκτίμηση του 50 % της ωριμότητας από την εξέταση των ωοθηκών (Bailey, 1984). Ο Farmer (1974d), βρήκε ότι το μέγεθος του μικρότερου θηλυκού ατόμου που φέρει αυγά επηρεάζεται από τη γεωγραφική περιοχή (18-36 mm). Κανένας αξιόπιστος εξωτερικός δείκτης της ωριμότητας των αρσενικών ατόμων της καραβίδας δεν έχει περιγραφεί, επιπλέον και το μέγεθος κατά το ξεκίνημα της αναπαραγωγικής ωριμότητας, μέσω της μελέτης της ανάπτυξης των όρχεων, δεν έχει διερευνηθεί επιτυχώς (Farmer, 1974d).

Στη Μεσόγειο, διαφορές στο συγχρονισμό της ωρίμανσης των ωοθηκών και την εναπόθεση των αυγών, οφείλονται στο βάθος και το γεωγραφικό πλάτος. Μικρό βάθος καθώς και μικρότερο γεωγραφικό πλάτος προκαλεί σύμφωνα με τους Orsi-Relini et al. (1998), νωρίτερα την έναρξη της αναπαραγωγικής διαδικασίας. Επίσης, η διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης

ποικίλει με το γεωγραφικό πλάτος, καθώς αυξάνεται προς το βορά (Sarda, 1995, Bell et al., 2006).

1.7.1 Αναπαραγωγικό σύστημα

➤ Αρσενικό αναπαραγωγικό σύστημα

Το ζευγάρι των όρχεων της караβίδας, είναι σχήματος Η, με δυο έμπροσθεν βραχίονες να εκτείνονται γύρω από το έντερο στη περιοχή πίσω από το κεφαλικό γάγγλιο, και δύο όπισθεν βραχίονες να εκτείνονται προς τα πίσω προς τη περιοχή της κοιλίας. Το ζευγάρι των σπερματικών πόρων (το καθένα αποτελείται από τρία τμήματα) εμφανίζεται εξωτερικά των όπισθεν βραχιόνων των όρχεων. Οι γεννητικοί πόροι επικαλύπτονται από μία λεπτή μεμβράνη, η οποία σπάει όταν ελευθερώνονται τα σπερματοφόρα. Τα σπερματοφόρα παράγονται στην εκκριτική περιοχή του σπερματικού πόρου και αποθηκεύονται στο σφιγκτήρα (sphincter) μυ και στην περιοχή εκσπερμάτισης μέχρι τη σύζευξη. Τα σπερματοφόρα αποτελούνται από ένα μοναδικό «περιτυλιγμένο νήμα» με σπερματοζωάρια τα οποία περιβάλλονται από μία λεπτή μεμβράνη. Όσον αφορά την ωρίμανσή τους, δεν έχει περιγραφεί κανένας αξιόπιστος εξωτερικός δείκτης. Επίσης, και το μέγεθος κατά το ξεκίνημα της αναπαραγωγικής ωριμότητας, μέσω της μελέτης της ανάπτυξης των όρχεων, δεν έχει διερευνηθεί επιτυχώς (Farmer, 1974d).

➤ Θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα

Η ωοθήκη έχει σχήμα Η, και οι έμπροσθεν και όπισθεν βραχίονες προεξέχουν στη κεφαλική περιοχή και στη κοιλία αντίστοιχα. Ένα ωαγωγός ξεκινάει περίπου στη μέση της κάθε πλευράς της ωοθήκης. Οι γεννητικοί

πόροι καλύπτονται από λεπτές μεμβράνες οι οποίες σπάνε όταν εναποτίθενται τα αυγά. Το γυναίκειο είναι μία κοιλότητα στη κάτω πλευρά του θώρακα, στην οποία τοποθετούνται τα σπερματοφόρα μετά τη σύζευξη. Τα γονιμοποιημένα αυγά φέρουν τα σπερματοφόρα μέχρι την εναπόθεση των αυγών. Ο ακριβής μηχανισμός της γονιμοποίησης είναι ακόμα άγνωστος (Farmer, 1974d).

Παρά τις ελάχιστες μελέτες που έχουν γίνει για τα αρσενικά άτομα, για την αναπαραγωγική βιολογία των θηλυκών έχουν γίνει πολλές μελέτες (Farmer 1974d, Chapman, 1980, Smith et al., 2001). Η ωρίμανση των ωοθηκών (με κάποιες διαφορές μεταξύ των ερευνών) βασίζεται στο χρώμα τους. Σύμφωνα με τον Farmer (1974d), στο πρώτο στάδιο ωρίμανσης, οι ωοθήκες είναι χρώματος άσπρου και παρατηρούνται στα νεαρά άτομα. Στο δεύτερο στάδιο οι ωοθήκες έχουν κρεμώδες χρώμα. Στο στάδιο τρία, οι ωοθήκες έχουν χρώμα ωχρο-πράσινο, που φαίνεται από τον κεφαλοθώρακα, ενώ στο τέταρτο στάδιο οι ωοθήκες χαρακτηρίζονται από έντονο πράσινο χρώμα το οποίο είναι ορατό στον εξωσκελετό στη περιοχή της κοιλίας. Στο πέμπτο στάδιο τα αυγά έχουν χρώμα καφέ.

1.7.2 Σύζευξη

Η σύζευξη γίνεται μεταξύ ώριμων αρσενικών και σεξουαλικά ώριμων θηλυκών που έχουν πρόσφατα εκδυθεί. Κατά τη διαδικασία της σύζευξης, η αρσενική караβίδα ψάχνει για τη θηλυκή, σκάβει στο υπόστρωμα και αγγίζει την θηλυκή με τις κεραίες του, την πλησιάζει από πίσω και στη συνέχεια την αναποδογυρίζει μέχρι το γυναίκειο να είναι απέναντι από το πρώτο ζευγάρι των πλεοποδίων. Η άκρη του πρώτου ζεύγους των πλεοποδίων μπαίνει στο

γυναίκειο και ένα σπερματοφόρο εισέρχεται σε αυτό. Η εισχώρηση του σπερματοφόρου δεν διαρκεί πάνω από δύο δευτερόλεπτα. Τέλος, οι δύο καραβίδες χωρίζονται και η αρσενική συνήθως δεν επιδεικνύει κανένα ενδιαφέρον για τη θηλυκή (Farmer, 1974d).

1.7.3 Σπερματογένεση

Η σπερματογένεση παρατηρείται όλη τη διάρκεια του έτους και τα σπερματοφόρα φέρονται στους σπερματικούς πόρους συνεχώς. Από πρόσφατες μελέτες στη θάλασσα Clyde, φαίνεται ότι τα αρσενικά άτομα δεν είναι ικανά να προκαλέσουν αύξηση στην «παραγωγή» στους όρχεις τους, έτσι ώστε αυτή η αύξηση να συμπίπτει με τη περίοδο που εκδύονται τα θηλυκά (Mouat, 2002). Η παρουσία των σπερματοφόρων στο σπερματικό πόρο των αρσενικών και στο γυναίκειο των θηλυκών ατόμων, έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για τη σεξουαλική ωριμότητά τους. Ο Farmer (1974d), αναφέρει ότι τα αρσενικά άτομα με μήκος κεφαλοθώρακα μικρότερο των 18 mm, μπορεί να μην είναι ικανά να συζευχθούν. Παρότι τα σπερματοζωάρια έχουν πλήρως αναπτυχθεί στους όρχεις, δεν έχουν σπερματοφόρα στους σπερματικούς πόρους τους.

1.8 Γονιμότητα

Για να μελετηθεί η γονιμότητα του *N. norvegicus*, έχουν γίνει πολλές μελέτες, οι περισσότερες των οποίων εστιάζονται στις βόρειες περιοχές της κατανομής του είδους. Οι γεωγραφικές διαφορές στη γονιμότητα, αντανακλούν διαφορές στην αύξηση (Tuck et al., 2000, Farina et al., 1999). Χωρικές διαφορές οι οποίες σχετίζονται με την ωρίμανση των ωοθηκών, οι

οποίες πιθανώς να σχετίζονται με την αύξηση και τη διαθεσιμότητα της τροφής, γίνονται επίσης αντιληπτές στη βιοχημική σύνθεση των ωοθηκών και του ηπατοπάγκρεος (Rosa & Nunes, 2002). Οι Tuck et al. (2000), αναφέρουν ότι ο αριθμός των αυγών στα πλεοπόδια της καραβίδας είναι μεταξύ 40 και 4000 ανά θηλυκό άτομο.

Σύμφωνα με πολλούς συγγραφείς, οι αυξομειώσεις στην γονιμότητα συνδέονται με την ανάπτυξη και το μέγεθος κατά την αναπαραγωγική ωριμότητα, τα οποία σχετίζονται με περιβαλλοντικούς παράγοντες (Bailey et al., 1986, Champan & Bailey, 1987, Chapman & Howard, 1988). Σε αντίθεση με τα παραπάνω η Sarda (1995), κατέληξε ότι οι αυξομειώσεις στη γονιμότητα της καραβίδας είναι πιθανότερο να οφείλονται στις διαφορετικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται καθώς και στην απώλεια των αυγών. Η απώλεια των αυγών κατά τη διάρκεια της επώασης είναι άλλος ένας σημαντικός παράγοντας της γονιμότητας στην καραβίδα (Chapman & Ballantyne, 1980, Morizur, 1981, Smith, 1987). Καθώς τα αυγά ωριμάζουν ο αριθμός τους μειώνεται που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η αποτυχία των αυγών να προσκολληθούν στα πλεοπόδια, η απώλεια μη γονιμοποιημένων αυγών, κ.α. (Farmer 1974a, Smith, 1987). Άλλοι λόγοι απώλειας αυγών είναι η μηχανική απώλεια εξαιτίας της τριβής κατά τη διάρκεια της αλίευσης με τη χρήση τράτας και η εξαναγκαστική κολύμβηση που πραγματοποιούν τα άτομα κατά τη διάρκεια της αλίευσής τους και η αφαίρεση νεκρών αυγών από το θηλυκό (Smith, 1987). Σύμφωνα με τους Chapman & Ballantyne (1980), η αλίευση με τράτα μπορεί να προκαλέσει απώλειες αυγών της τάξης του 11% - 22%. Παρόλα αυτά, οι Briggs et al. (2002), αναφέρουν ότι οι απώλειες αυγών κατά τη διάρκεια της αλίευσης με τράτα φαίνεται να είναι μικρές σε σύγκριση

με τις μετέπειτα απώλειες κατά την επώαση των αυγών. Ένα ακόμη σημείο άξιο παρατήρησης, είναι ότι τα θηλυκά άτομα που φέρουν αυγά στη κοιλία τους σε συνθήκες μειωμένου οξυγόνου, επιδεικνύουν κάποια μορφή φροντίδας για αυτά από τη στιγμή που αυξάνουν τη κίνηση των πλεοπόδιων τους (Eriksson et al., 2006).

Έχουν αναφερθεί πολλές διαφορές στη γονιμότητα και τη σεξουαλική ωρίμανση μεταξύ αλλά και εντός πληθυσμών του *N. norvegicus* στη Μεσόγειο και στον Ατλαντικό. Ακόμα και μέσα στον ίδιο πληθυσμό, είναι δυνατό να υπάρχουν διαφορές στη γονιμότητα μέχρι και 33 % (Tuck et al., 2000). Σε γενικές γραμμές, η γονιμότητα μειώνεται με το γεωγραφικό πλάτος στο βορειανατολικό Ατλαντικό από τη δυτική Ιρλανδία μέχρι τη νότια Πορτογαλία, με τους πληθυσμούς της Μεσογείου να έχουν μικρότερη γονιμότητα από αυτούς του Ατλαντικού (Farina et al., 1999).

1.9 Αύξηση

Όπως και σε άλλα καρκινοειδή, η αύξηση δεν είναι συνεχής, με τις εκδύσεις να διακόπτονται από ενδιάμεσες περιόδους έκδυσης. Οι εκδύσεις παρατηρούνται πιο συχνά στα νεαρά άτομα και μειώνονται με την αύξηση του σώματος των καραβίδων (Baily & Chapman, 1983). Τα ενήλικα θηλυκά άτομα εκδύονται μία φορά το χρόνο, συνήθως το χειμώνα, στις αρχές της άνοιξης (στη Μεσόγειο) ή την άνοιξη (στον Ατλαντικό) μετά την εκκόλαψη των αυγών (Gramitto, 1998). Τα ενήλικα αρσενικά άτομα μπορούν να εκδυθούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους όταν είναι μικρά, ενώ όταν είναι σε μεγαλύτερο μέγεθος δεν εκδύονται τόσο συχνά. Η αύξηση είναι συνιστώσα δύο παραγόντων: της αύξησης του εκδύματος, και της συχνότητας της έκδυσης.

Οι υπάρχουσες τεχνικές για την εκτίμηση της αύξησης στο *N. norvegicus*, βασίζονται σε αναλύσεις των κατανομών μήκους-συχνότητας (length-frequency distributions), από επανασύλληψεις μαρκαρισμένων ατόμων, καθώς και παρατηρήσεις που γίνονται σε άτομα που εκτρέφονται σε ενυδρεία.

1.10 Εκτροφή άλλων καρκινοειδών (γαρίδων, αστακών κ.α.)

Παρότι οι καραβίδες είναι νέα είδη για τις υδατοκαλλιέργειες, αυξάνεται συνεχώς το ενδιαφέρον για την εκτροφή τους εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους τους, της ταχύτατης ανάπτυξής τους, της αντοχής τους σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών καθώς και σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου κ.α. (Tidwell & Rouse, 1994). Ένα σημαντικό βήμα για την επιτυχημένη εκτροφή των αστακών, είναι η μείωση της διάρκειας του σταδίου της νύμφης, με τη βελτίωση των θρεπτικών και περιβαλλοντικών συνθηκών (Crear et al., 1998, Liddy et al., 2003). Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχει παγκόσμιο ενδιαφέρον για την εκτροφή των καραβίδων, καθώς πολλοί τοπικοί πληθυσμοί υπεραλιεύονται (Crear et al., 1998).

Ένα καρκινοειδές που εκτρέφεται είναι η καραβίδα του γλυκού νερού *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), η οποία είναι ένα παμφάγο είδος με γρήγορη ανάπτυξη και εύκολη εκτροφική διαδικασία (Lawrence & Jones, 2002). Το συγκεκριμένο είδος, εκτρέφεται τόσο σε τροπικές όσο και σε εύκρατες περιοχές (Karplus et al., 1995). Η ελάχιστη ποσότητα της πρωτεΐνης που πρέπει να περιέχεται στη τροφή των *C. quadricarinatus* λίγο πριν ενηλικιωθούν, είναι 22 % (Cortes-Jacinto et al., 2004). Η εκτροφή του *C. quadricarinatus* μπορεί να γίνει σε δεξαμενές και η προσφερθείσα τροφή

μπορεί να περιέχει πρωτεΐνη 22 %, χωρίς να υπάρχουν προβλήματα στην ανάπτυξη, τη θνησιμότητα αλλά και τη ποιότητα του νερού. Επίσης, η χρησιμοποίηση 22 % πρωτεΐνης θα μειώσει το κόστος αυξάνοντας παράλληλα το κέρδος (Thompson et al., 2004). Είναι επίσης δυνατή η προσφορά τροφής σε νεαρά άτομα *C. quadricarinatus* η οποία περιέχει 13 % πρωτεΐνης, μαζί με προσφορά τριφυλλιού μέσα στις δεξαμενές εκτροφής χωρίς να μειώνεται η ανάπτυξη. Παρόλα αυτά, η προσθήκη αποκλειστικά τριφυλλιού ως τροφή, φαίνεται να προκαλεί μείωση της αύξησης των καραβίδων (Metts et al., 2007).

Οι Ritar et al. (2002), προσέφεραν σε νύμφες του είδους *Jasus edwardsii* (Hutton, 1875) που είχαν μόλις εκκολαφθεί, τροφή αποτελούμενη από *Artemia* sp και μαλάκια. Η έρευνα απέδειξε ότι οι νύμφες του *J. edwardsii* μπορούν να εκτραφούν μέχρι το στάδιο XI όταν προσφέρετε σε αυτές τροφή αποτελούμενη από συνδυασμό *Artemia* και μυδιών. Αντίθετα η προσφορά μόνο μυδιών στις νύμφες, δεν αποφέρει τα ίδια αποτελέσματα. Επιπλέον, η προσφορά μυδιών σε νεαρά άτομα του είδους *J. edwardsii*, συνεπάγεται την άριστη ανάπτυξη τους (Crear et al., 2000). Επίσης, προσφέρθηκε σε νύμφες του παραπάνω είδους, νεαρά άτομα *Artemia* τα οποία είχαν εμπλουτιστεί με ασκορβικό οξύ. Έτσι, απεδείχθη ότι οι νύμφες του συγκεκριμένου είδους έχουν την ικανότητα να αφομοιώσουν υψηλές ποσότητες ασκορβικού οξέος, κάτι το οποίο συνεπάγεται υψηλότερη επιβίωση των νυμφών (Smith et al., 2004).

Σε άλλη έρευνα προσφέρθηκε σε νύμφες της καραβίδας *Panulirus cygnus* (George, 1962), *Artemia* εμπλουτισμένη με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA). Η καραβίδα *P. cygnus* έχει πολλά βιολογικά χαρακτηριστικά, τα

οποία τη κάνουν υποψήφιο είδος για εκτροφή (Phillips, 1985). Η προσφορά της συγκεκριμένης τροφής στις νύμφες της *P. cygnus*, είχε ως αποτέλεσμα υψηλή επιβίωση αυτών (Liddy et al., 2005). Επίσης, σύμφωνα με πειράματα, τα νεαρά άτομα τους είδους *P. cygnus*, φαίνεται να προτιμούν τη φυσική τροφή (μύδια) από τη τεχνητή. Έτσι, προσφέρθηκαν σε ορισμένα νεαρά άτομα του είδους *P. cygnus* τεχνητή τροφή (πελλέτες) σε συνδυασμό με φυσική (μύδια), και σε άλλα άτομα προσφέρθηκαν μόνο φυσική τροφή. Τα νεαρά άτομα στα οποία προσφέρθηκε φυσική τροφή είχαν καλύτερη ανάπτυξη αλλά και υψηλότερη επιβίωση από τα άτομα στα οποία προσφέρθηκε τεχνητή τροφή (Johnston et al., 2007).

Η γαρίδα *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) είναι είδος των θερμών τροπικών γλυκών τροπικών νερών, η οποία μπορεί να εκτραφεί και στην Ελλάδα με συνδυασμό κλειστού και ημίκλειστου συστήματος κυκλοφορίας θερμού νερού (Κλαουδάτος, 2006). Όπως και με τα προαναφερθέντα είδη, για τη *M. rosenbergii* έχουν γίνει πολλές έρευνες. Σε μία από αυτές, νύμφες τους είδους *M. rosenbergii* τράφηκαν με ναύπλιους *Artemia* που είχαν μόλις εκκολαφθεί, αλλά επίσης και με τροφή η οποία περιείχε υψηλό ποσοστό υγρασίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι νύμφες είχαν καλή ανάπτυξη και με τα δύο είδη τροφής (Kovalenko et al., 2002).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πείραμα εκτροφής

Το πείραμα εκτροφής караβίδων (*N. norvegicus*), διεξήχθη στο εργαστήριο Υδατοκαλλιέργειών του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 30 συνολικά караβίδες, οι οποίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με διαφορετική μεταχείριση η καθεμία από αυτές:

1^η ομάδα. Εκτροφή караβίδων με μύδια.

2^η ομάδα. Εκτροφή караβίδων με σύμπηκτα (pellets).

3^η ομάδα. Διατήρηση караβίδων υπό ασιτία.

Οι караβίδες τοποθετήθηκαν σε ενυδρεία και συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δύο ενυδρεία για κάθε ομάδα, δηλαδή συνολικά έξι ενυδρεία. Οι караβίδες που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα διατροφής, αλιεύθηκαν από το Παγασητικό κόλπο.

2.2 Στόχοι πειράματος εκτροφής

Οι στόχοι του πειράματος εκτροφής ήταν:

1. Μελέτη της επίδρασης της φυσικής και τεχνητής τροφής στην ανάπτυξη και επιβίωση των караβίδων σε εργαστηριακές συνθήκες.
2. Διατήρηση ατόμων υπό ασιτία, έτσι ώστε να μελετηθεί η θνησιμότητά τους.
3. Υπολογισμός του ειδικού ρυθμού αύξησης (specific growth rate, SGR %/ημέρα), $SGR = ((\ln W_2 - \ln W_1) / t) \times 100$, όπου W_2 και W_1 τελικό και αρχικό βάρος αντίστοιχα και t ο χρόνος.

4. Προσδιορισμός του ποσοστού λίπους εκτρεφόμενων και μη ατόμων καραβίδας σε λευκό μυ και ηπατοπάγκρεας.

2.3 Συλλογή καραβίδων για πείραμα εκτροφής

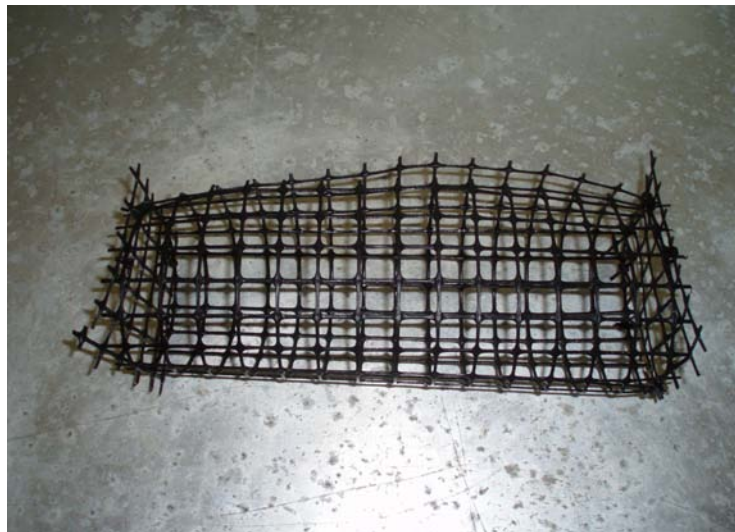
Η συλλογή των καραβίδων όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πραγματοποιήθηκε στο Παγασητικό κόλπο και συγκεκριμένα στις 16/04/2008, στις 19/04/08 και στις 11/05/08. Για την αλιεία τους χρησιμοποιήθηκαν ειδικές παγίδες (Εικ. 2.1), καθώς και δίχτυα. Το βάθος στο οποίο αλιεύτηκαν οι καραβίδες ήταν περίπου 90 m, ενώ η αλίευση των καραβίδων έγινε το βράδυ.



Εικόνα 2.1: Παγίδες για την αλίευση των καραβίδων (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Στη συνέχεια, για να αποφευχθεί ο κανιβαλισμός μεταξύ των καραβίδων, τοποθετήθηκαν σε ατομικές παγίδες (Εικ. 2.2) μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο. Οι ατομικές παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μεταφορά των καραβίδων στο εργαστήριο, φτιάχτηκαν από δίχτυ με μεγάλο άνοιγμα ματιού μεγέθους 1,2 cm, μήκος 17,5 cm και διάμετρο 10 cm.

Οι ατομικές παγίδες κλείνονταν με ειδικούς πλαστικούς σφιγκτήρες, ώστε να μην μπορούν να διαφύγουν οι καραβίδες από αυτές. Έπειτα τοποθετήθηκαν οι ατομικές παγίδες με τις καραβίδες σε μια κλειστή δεξαμενή μεταφοράς (Εικ. 2.3), η οποία περιείχε θαλασσινό νερό της περιοχής από όπου πραγματοποιήθηκε η αλιεία τους. Στην δεξαμενή μεταφοράς υπήρχε καθ' όλη την διάρκεια της μεταφοράς παροχή ατμοσφαιρικού αέρα μέσω ειδικής συσκευής, ενώ τοποθετήθηκε καπάκι στο πάνω μέρος της, ώστε να αποτραπεί η εισχώρηση ηλιακής ακτινοβολίας. Ύστερα από τη συλλογή του απαιτούμενου αριθμού καραβίδων, μεταφέρθηκε με προσοχή η δεξαμενή μεταφοράς, στο εργαστήριο υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.



Εικόνα 2.2: Παγίδα μεταφοράς καραβίδων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

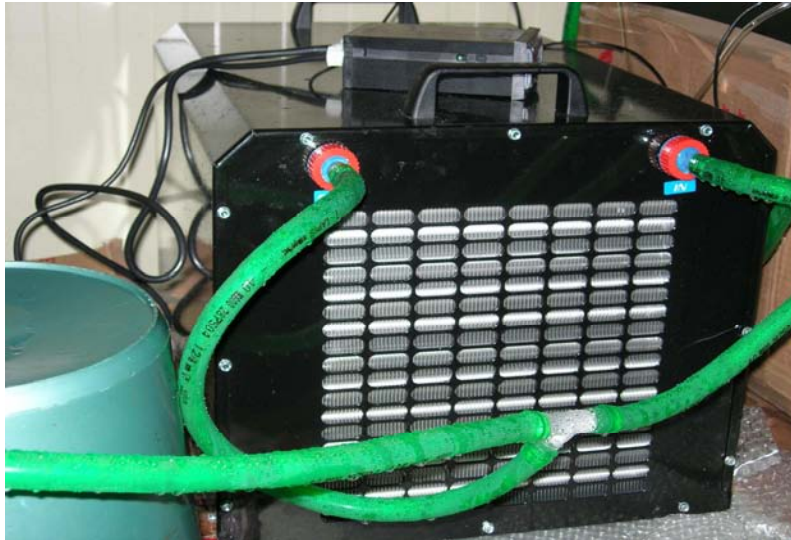


Εικόνα 2.3: Δεξαμενή μεταφοράς καραβίδων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

2.4 Περιγραφή και λειτουργία κλειστού συστήματος

Για την διεξαγωγή του πειράματος εκτροφής των καραβίδων, δημιουργήθηκε ένα κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας νερού, το οποίο αποτελούνταν από:

1. Έξι ενυδρεία όγκου 100 L το καθένα.
2. Από δύο ψυκτικές συσκευές (chiller) για τη ψύξη του νερού (Εικ. 2.4).
3. Από έξι φίλτρα (ένα για κάθε ενυδρείο) ώστε να καθαρίζεται το νερό και να επιστρέφει πάλι στο σύστημα.



Εικόνα 2.4: Ψυκτική συσκευή (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Εξωτερικά τα ενυδρεία καλύφθηκαν με ειδικό μονωτικό υλικό όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.5. Σκοπός της παραπάνω διαδικασίας, ήταν αφενός η όσο το δυνατόν λιγότερη διείσδυση του φωτός στα ενυδρεία, και αφετέρου η αποφυγή της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού των ενυδρείων, διαδικασίες οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τις καραβίδες.



Εικόνα 2.5: Ενυδρείο καλυμμένο με ειδικό μονωτικό υλικό (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Το κλειστό κύκλωμα λειτουργούσε ως εξής: οι αντλίες κάθε ενυδρείου έστελναν θαλασσινό νερό (το οποίο είχε περάσει από τα φίλτρα) στους ψύκτες μέσω ενός σωλήνα όπου ήταν συνδεδεμένοι. Εκεί το θαλασσινό νερό ψύχονταν. Μέσω μίας εξόδου το νερό έφευγε από τις ψυκτικές συσκευές και μοιράζονταν με την βοήθεια σωλήνων, σε τρία ενυδρεία από το πρώτο ψύκτη και σε άλλα τρία από το δεύτερο. Δηλαδή, με το παραπάνω τρόπο το νερό συνεχώς ανανεώνονταν και κινούνταν από τα ενυδρεία στους ψύκτες, όπου ψύχονταν, και από αυτούς πάλι πίσω στα ενυδρεία. Έτσι, με τη χρήση των ψυκτών επιτυγχάνονταν η διατήρηση του νερού σταθερή σε όλα τα ενυδρεία, σε χαμηλές τιμές ($\sim 12^{\circ}\text{C}$). Επιπλέον, η θερμοκρασία του αέρα παρέμενε συνεχώς χαμηλή. Το όλο σύστημα φαίνεται στην εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6: Κλειστό κύκλωμα (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Ο καθαρισμός του νερού επιτυγχάνονταν με φιλτράρισμα. Το φίλτρο (Εικ. 2.7), περιελάμβανε υαλοβάμβακα (μηχανικό φίλτρο), ώστε να

απομακρύνεται η ανόργανη και οργανική ύλη. Επιπλέον, στο φίλτρο υπήρχαν κατάλληλες πορώδεις κατασκευές (σχήματος αστεριού) για την εδραίωση και ανάπτυξη των απονιτροποιητικών βακτηρίων του γένους *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* (βιολογικό φίλτρο), ώστε να επιτυγχάνεται η μετατροπή της τοξικής αμμωνίας στα λιγότερα τοξικά νιτρώδη και νιτρικά. Το φίλτρο ακόμα περιελάμβανε και ενεργό άνθρακα (χημικό φίλτρο). Βακτήρια προσθέτονταν κάθε εβδομάδα (~12 ml/ενυδρείο), ενώ ο υαλοβάμβακας και ο ενεργός άνθρακας αντικαθίσταντο σε τακτά χρονικά διαστήματα, για όσο το δυνατόν καλύτερο καθαρισμό του νερού.



Εικόνα 2.7: Εικόνα των τριών μερών από τα οποία αποτελούνταν το φίλτρο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Αλλαγές του νερού του κυκλώματος πραγματοποιούνταν, με μικρές όμως ποσότητες, για να μην επηρεαστούν οι καραβίδες από την άνοδο της θερμοκρασίας αλλά και από την αλλαγή της χημικής σύστασης του νερού, γεγονότα τα οποία μπορούν να στρεσάρουν τους οργανισμούς (Ford, 1981). Το νερό παίρνονταν από τον υδατόπυργο που βρίσκονταν έξω από το εργαστήριο, και ο οποίος ήταν χωρητικότητας τριών κυβικών μέτρων.

Το οξυγόνο στα ενυδρεία προέρχονταν από συμπιεσμένο ατμοσφαιρικό αέρα, με μία παροχή σε κάθε ενυδρείο. Σε κάθε παροχή τοποθετήθηκε ειδική πορώδης κατασκευή (πέτρα οξυγόνου), η οποία επέτρεπε την δημιουργία πολλών μικρών φυσαλίδων αέρα, οι οποίες παρέχουν καλό αερισμό του νερού, σε αντίθεση με τις λίγες και μεγάλες φυσαλίδες που προκαλούν έντονη ανατάραξη του νερού (Hawkins & Anthony, 1981).

2.5 Τοποθέτηση καραβίδων στα ενυδρεία

Στο εργαστήριο ζυγίστηκαν οι καραβίδες, αλλά μετρήθηκε επίσης με παχύμετρο το μήκος του κεφαλοθώρακα, ενώ τέλος έγινε και αναγνώριση του φύλου κάθε καραβίδας. Μετά τις παραπάνω διαδικασίες τοποθετήθηκαν σε ατομικές παγίδες με μήκος 21 cm, πλάτος 13 cm και ύψος 21 cm, σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 2.8). Σε κάθε ενυδρείο τοποθετήθηκαν πέντε καραβίδες, δηλαδή συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 30 καραβίδες για το πείραμα εκτροφής.



Εικόνα 2.8: Ατομική παγίδα καραβίδων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Οι ατομικές παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν προτού τοποθετηθούν στα ενυδρεία αλλά και οι ειδικές παγίδες μεταφοράς (Εικ. 2.2), εμβαπτίστηκαν για μια περίοδο επτά ημερών σε γλυκό νερό η καθεμία, όπως προτείνεται από τους Hawkins & Lloyd (1981), για να αποφευχθεί η έκκριση στο νερό των ενυδρείων επικίνδυνων ουσιών για τους υδρόβιους οργανισμούς, και οι οποίες περιέχονται στα διάφορα είδη πλαστικών.

2.6 Περιγραφή σιτηρεσίου των караβίδων

Αρχικά υπήρξε μια περίοδος εγκλιματισμού των караβίδων διάρκειας περίπου ενός μηνός, κατά την οποία δεν προσφέρονταν καθόλου τροφή στις караβίδες. Μετά από αυτήν την περίοδο προσφέρονταν τροφή τρεις φορές την εβδομάδα. Το βάρος της τροφής που παρέχονταν στις караβίδες ήταν περίπου το ίδιο (~1 gr). Από τα έξι ενυδρεία από τα οποία αποτελούνταν το κύκλωμα, σε δύο προσφερόταν στις караβίδες φυσική τροφή (κατεψυγμένα μύδια, ενυδρεία ένα και έξι), στα άλλα δύο ενυδρεία τεχνητή τροφή (σύμπηκτα, pellets, ενυδρεία δύο και πέντε) και στα υπόλοιπα δεν προσφέρονταν καθόλου τροφή (ενυδρεία τρία και τέσσερα).

2.7 Θανάτωση караβίδων

Στις 28/06/08 θανατώθηκαν 8 συνολικά караβίδες από τα ενυδρεία ένα και δύο. Η θανάτωσή τους έγινε με τη πρόκληση ζημιάς στον εγκέφαλό τους (στην κορυφή του κεφαλοθώρακα), έτσι ώστε να είναι ακαριαία. Έτσι, πρέπει να αναφερθεί ότι οι συγκεκριμένες караβίδες δε συμμετείχαν ουσιαστικά στο πείραμα εκτροφής, αφού η περίοδος παραμονής τους στα ενυδρεία ήταν εξαιρετικά μικρή.

2.8 Ζύγισμα καραβίδων

Το πείραμα εκτροφής της καραβίδας έλαβε τέλος στις 02/10/08 οπότε και ζυγίστηκαν τα βάρη των καραβίδων. Για το ζύγισμά τους χρησιμοποιήθηκε ειδικός ζυγός. Επιπλέον, υπολογίστηκε και το μήκος του κεφαλοθώρακα (carapace length) των καραβίδων με τη χρήση παχυμέτρου.

2.9 Βιοχημική ανάλυση

Η βιοχημική ανάλυση είχε ως σκοπό το προσδιορισμό του ολικού λίπους σε μυϊκό ιστό και ηπατοπάγκρεας καραβίδας. Γι' αυτό το λόγο, έγινε σύγκριση δειγμάτων λευκού μυός και ιστού ηπατοπάγκρεος μη εκτρεφόμενων ατόμων καραβίδας (αρχικά δείγματα), και οι οποίες είχαν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία κατάψυξης, με δείγματα που προέρχονταν από εκτρεφόμενα άτομα καραβίδων προηγούμενου πειράματος εκτροφής (τελικά δείγματα), και τα οποία είχαν τοποθετηθεί σε θερμοκρασία -80°C για να διατηρηθούν.

Οι καραβίδες του προηγούμενου πειράματος εκτροφής που χρησιμοποιήθηκαν στη βιοχημική ανάλυση, διατρέφονταν όπως και στο παρόν πείραμα με μύδια, σύμπηκτα, ενώ ορισμένα άτομα παρέμεναν σε ασιτία. Από τις καραβίδες που διατρέφονταν με μύδια χρησιμοποιήθηκαν συνολικά εννέα άτομα. Στις καραβίδες που διατρέφονταν με σύμπηκτα χρησιμοποιήθηκαν έξι άτομα, ενώ τέλος από τις καραβίδες της ασιτίας χρησιμοποιήθηκαν μόλις πέντε. Όσον αφορά τα αρχικά δείγματα, ο αριθμός των ατόμων ήταν δέκα. Από κάθε άτομο πάρθηκε δείγμα λευκού μυός και ηπατοπάγκρεος, εκτός από τους ιστούς ηπατοπάγκρεος των αρχικών δειγμάτων όπου πάρθηκαν από πέντε άτομα. Επειδή ο αριθμός των δειγμάτων ήταν μικρός (τόσο τα αρχικά όσο και τα τελικά), τα κοινά δείγματα

τοποθετήθηκαν μαζί. Τέλος, για κάθε άτομο πραγματοποιήθηκε μόνο μία επανάληψη.

Έτσι, αφού πάρθηκαν τα δείγματα υπολογίστηκε το αρχικό βάρος όλων των δειγμάτων και έπειτα τοποθετήθηκαν σε κλίβανο με θερμοκρασία 28° C ώστε να ξηραθούν (δηλαδή να αποβάλλουν την υγρασία τους). Κάτω από τους ιστούς, τοποθετήθηκε silica gel ώστε να απορροφάει την υγρασία, και το οποίο αλλάζονταν κάθε 12 ώρες, ενώ το ήδη χρησιμοποιημένο τοποθετούνταν σε κλίβανο (75° C). Σε καθημερινή βάση υπολογίζονταν το βάρος των δειγμάτων, έτσι ώστε όταν παρατηρούνταν η σταθεροποίησή του να απομακρύνονταν από το κλίβανο. Μετά τη ξήρανση των δειγμάτων, ζυγίστηκε το βάρος των ιστών και τέλος κονιορτοποιήθηκαν και τοποθετήθηκαν σε ειδικά μπουκαλάκια. Παρακάτω παρατίθεται το πλήρες πρωτόκολλο για τον υπολογισμό του λίπους με τη μέθοδο Soxhlet.

Προσδιορισμός Ολικών Λιπαρών Ουσιών (Μέθοδος Soxhlet)

Συσκευές και σκεύη

Αναλυτικός ζυγός (4 δεκαδικών)

Συσκευή απόσταξης λίπους

Πυραντήριο (κλίβανος)

Ξηραντήρας

Ογκομετρικός κύλινδρος (100 ml)

Χάρτινα δοχεία ηθμού

Δοχεία εκχύλισης (Soxhlet glass tubes)

Πέτρες βρασμού

Μεταλλικοί υποδοχείς

Γυάλινη ράβδος

Βαμβάκι

Silica gell (για να μεταχρωματιστεί το τοποθετούμε στο φούρνο στους 100-120° C για 12 h).

Αντιδραστήρια

Άνυδρο θειικό νάτριο (Na_2SO_4)

Πετρελαϊκός αιθέρας

Διαδικασία

1. Αριθμούνται τα δοχεία εκχύλισης.
2. Τοποθετούνται τα χάρτινα δοχεία ηθμού μαζί με τα δοχεία εκχύλισης και τις πέτρες βρασμού στο πυραντήριο στους 75° C για 60 min. Οι πέτρες βρασμού τοποθετούνται ώστε να γίνεται ομαλά ο βρασμός.
3. Αφού απομακρυνθούν τα χάρτινα δοχεία ηθμού μαζί με τα δοχεία εκχύλισης από το πυραντήριο, μεταφέρονται αμέσως σε έναν ξηραντήρα και αφήνονται για 1 ώρα περίπου ώστε να κρυώσουν.
4. Ζυγίζονται τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης (μαζί με τις 2 πέτρες βρασμού) σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων και καταγράφεται το βάρος τους.
5. Ζυγίζετε το χάρτινο δοχείο ηθμού και μηδενίζεται η ένδειξη της ζυγαριάς.
6. Ζυγίζετε περίπου 1,5 gr δείγματος (αποξηραμένο και υπό μορφή κόνεως) μέσα στα χάρτινα δοχεία ηθμού.

7. Τα δοχεία εκχύλισης τοποθετούνται στο ξηραντήριο.
8. Ζυγίζετε 1,5 gr Na_2SO_4 (x 6) και το τοποθετούμε στο χάρτινο δοχείο ηθμού (άσπρο) μαζί με το δείγμα.
9. Ανακατεύουμε με γυάλινη ράβδο.
10. Στο δοχείο εκχύλισης μεταφέρονται 100 mL πετρελαϊκού αιθέρα με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου
11. Τοποθετείτε βαμβάκι στο χάρτινο δοχείο ηθμού.
12. Τοποθετούνται σταθερά στα δοχεία εκχύλισης οι μεταλλικούς υποδοχείς μαζί με τα χάρτινα δοχεία ηθμού (τα οποία θα περιέχουν το δείγμα και Na_2SO_4). Η βάση του χάρτινου δοχείου ηθμού να απέχει 3-4 cm.

Λειτουργία συσκευής Soxhlet

1. Τα δοχεία εκχύλισης τοποθετούνται στη συσκευή λίπους.
2. Μετά το πέρας της εκχύλισης μεταφέρετε στο φούρνο στους 75° C για 1,5 h τα δοχεία εκχύλισης που περιέχουν τα δείγματα και λίγο αιθέρα, για να αφαιρεθεί ο αιθέρας.
3. Το δοχείο εκχύλισης μεταφέρετε στον ξηραντήρα για 1h περίπου ώστε να κρυώσει.
4. Ζυγίζετε το δοχείο εκχύλισης και καταγράφεται το βάρος του.
5. Υπολογίζεται η παρακάτω διαφορά: Καθαρό βάρος λίπους = τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης – αρχικό βάρος.

Τέλος, γίνεται αναγωγή του βάρους στα 100. Το αποτέλεσμα αντιπροσωπεύει το % ποσοστό του λίπους.



Εικόνα 2.9: Συσκευή Soxhlet (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

2.10 Στατιστική επεξεργασία

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε χρήση του προγράμματος Statgraphics Plus 5 καθώς και του EXCEL.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αρχικά βάρη καραβίδων

Το πείραμα διήρκησε συνολικά 140 ημέρες. Τα αρχικά βάρη των καραβίδων φαίνονται στο Πίνακα 3.1. Στο Πίνακα 3.2, φαίνονται τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής για τα αρχικά βάρη των καραβίδων. Ο μεγαλύτερος μέσος όρος βάρους παρατηρήθηκε στο τρίτο ενυδρείο (34,51 g), ενώ ο μικρότερος στο τέταρτο (23,09 g). Σε αυτά τα δύο ενυδρεία όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, δεν προσφέρεται τροφή στις καραβίδες.

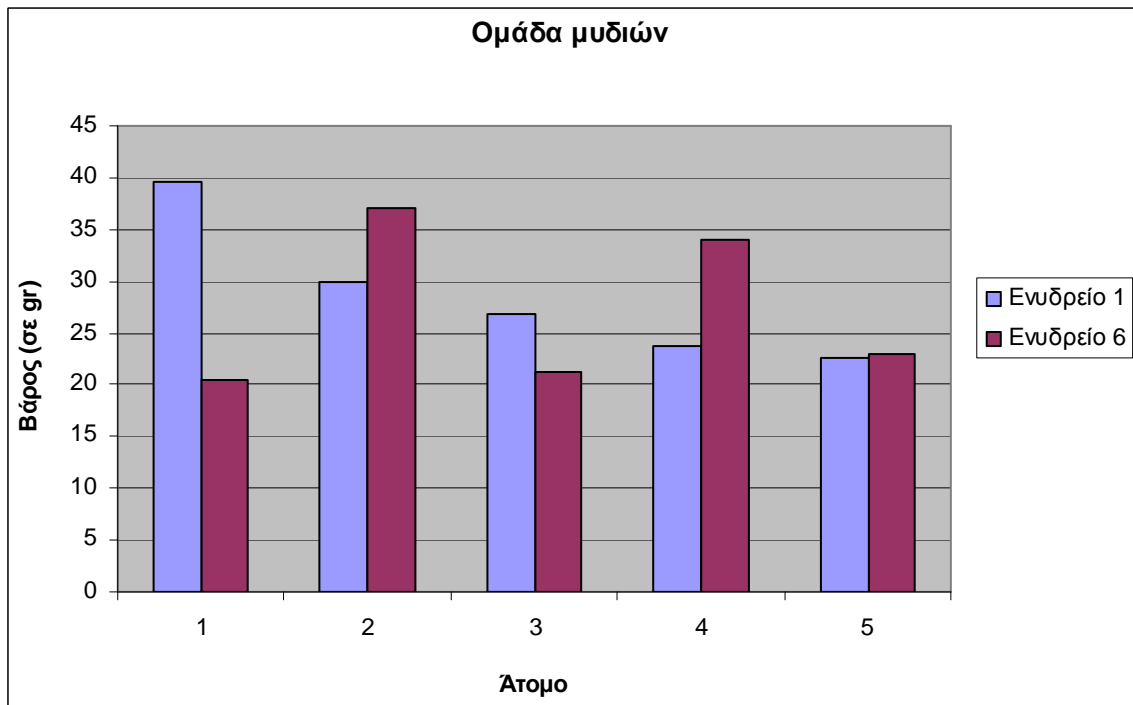
Πίνακας 3.1: Αρχικά βάρη καραβίδων (σε gr)

ΑΤΟΜΟ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 1	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 2	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 3	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 4	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 5	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 6
1	39,5	34,12	29,80	24,21	29,88	20,51
2	29,88	27,34	40,07	34,97	32,31	37,12
3	26,82	28,14	42,8	18,58	26,56	21,23
4	23,82	28,89	31,52	18,99	24,5	34,05
5	22,57	25,89	28,39	18,74	36,78	22,95

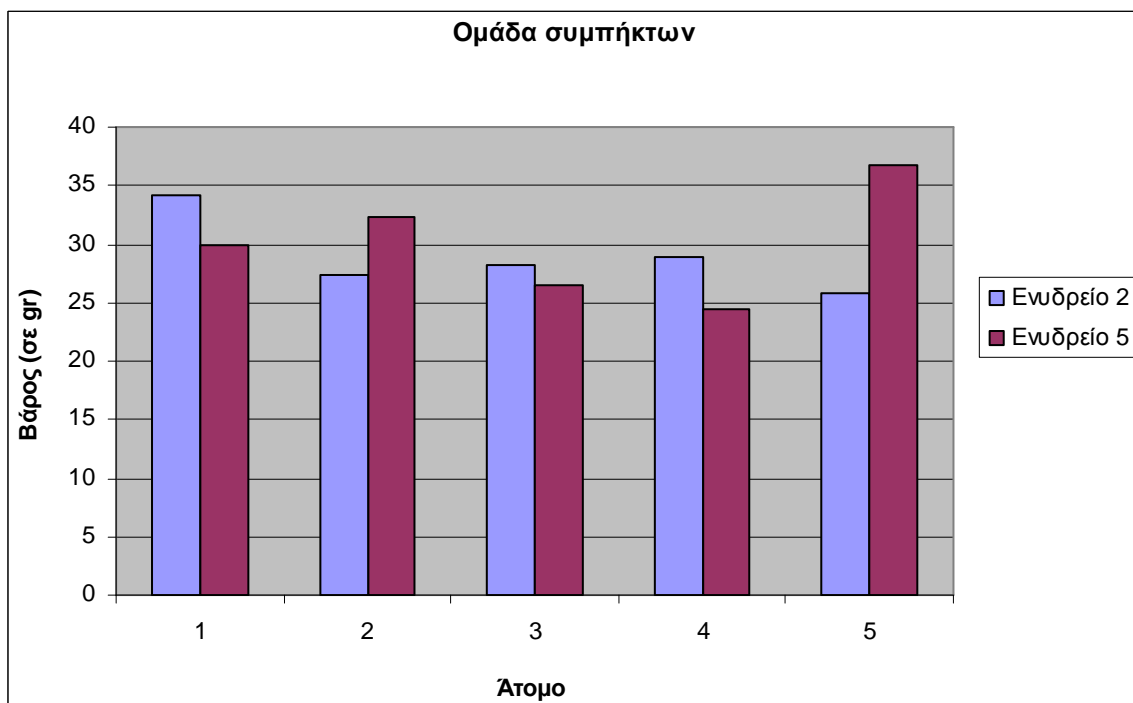
Πίνακας 3.2: Περιγραφική στατιστική για τα αρχικά βάρη των караβίδων (σε gr)

ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
1	28,52	45,69	6,75	3,02	22,57	39,5
2	28,87	9,82	3,13	1,40	25,89	34,12
3	34,51	42,04	6,48	2,89	28,39	42,8
4	23,09	49,63	7,04	3,15	18,58	34,97
5	30,00	23,35	4,83	2,16	24,5	36,78
6	27,17	60,94	7,80	3,49	20,51	37,12

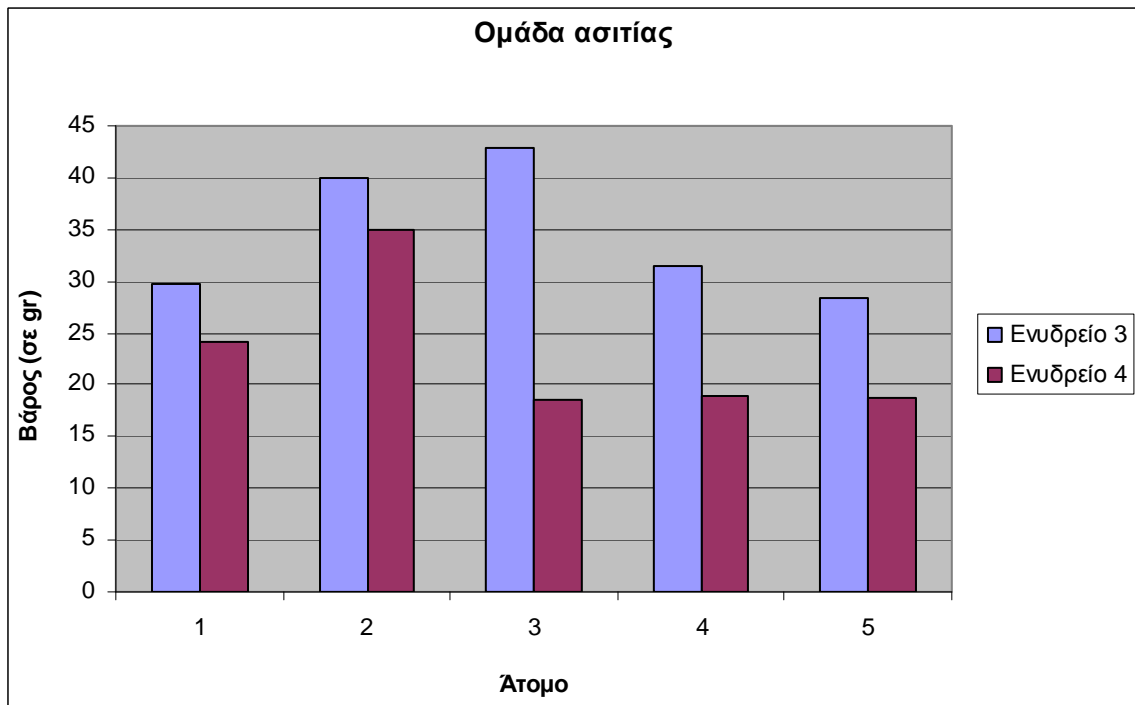
Τα αρχικά βάρη των караβίδων ακολουθούν κανονική κατανομή ($\alpha = 0,1$, $P = 0,44$), ενώ σύμφωνα με το Levene's test ($\alpha = 0,05$, $P = 0,86$), δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διακυμάνσεων των βαρών. Επίσης, σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης ($\alpha = 0,05$, $P = 0,15$) τα αρχικά βάρη όλων των караβίδων δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Στα σχήματα 3.1 – 3.3 φαίνονται τα αρχικά βάρη όλων των караβίδων, ενώ στα σχήματα 3.4 και 3.5 φαίνεται το scatterplot για τα αρχικά βάρη των караβίδων, καθώς και οι μέσοι όροι τους.



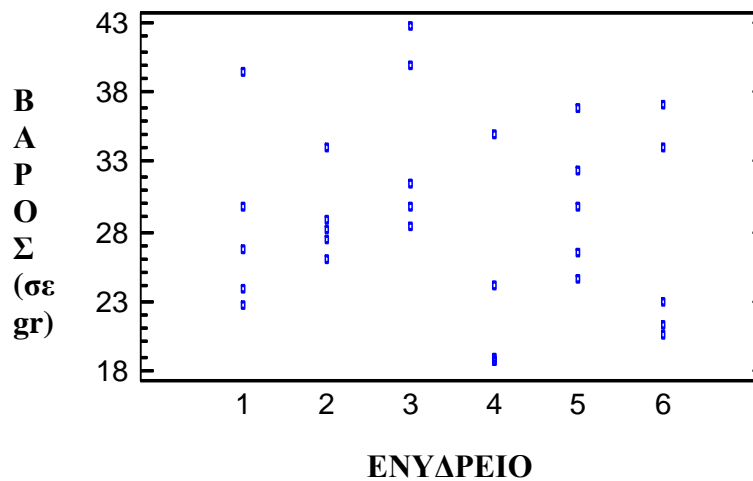
Σχήμα 3.1: Αρχικά βάρη караβίδων στα ενυδρεία 1 και 6 ανά άτομο



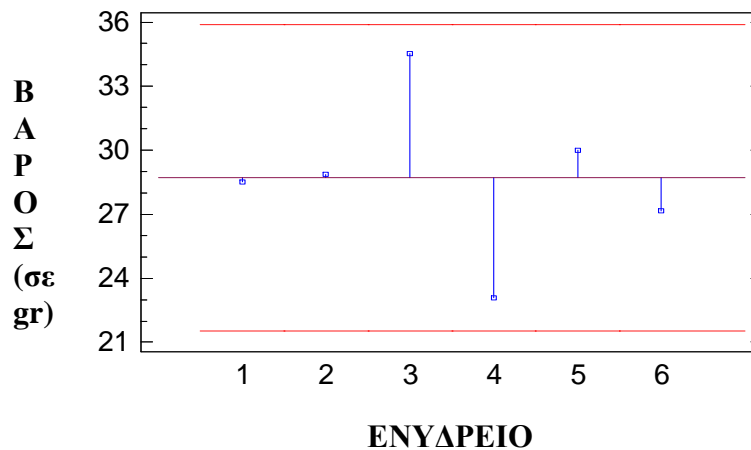
Σχήμα 3.2: Αρχικά βάρη караβίδων στα ενυδρεία 2 και 5 ανά άτομο



Σχήμα 3.3: Αρχικά βάρη καρβιδίων στα ενυδρεία 3 και 4 ανά άτομο



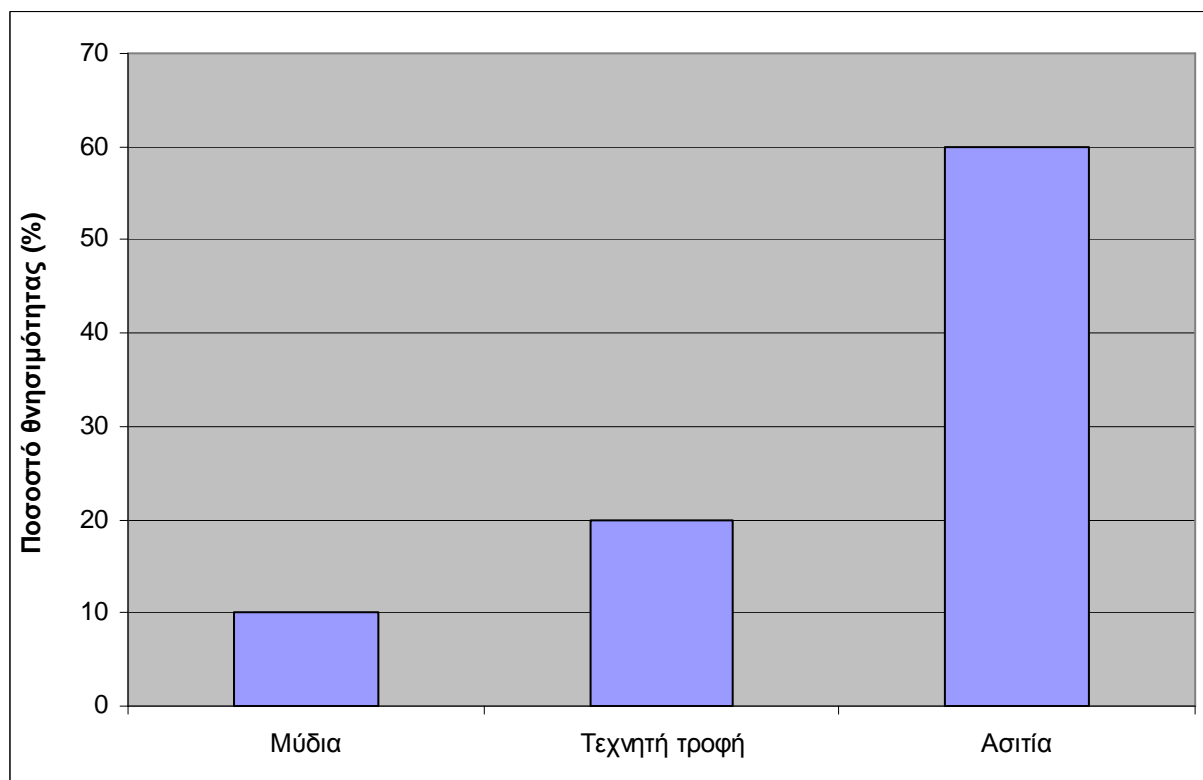
Σχήμα 3.4: Scatterplot για τα αρχικά βάρη των καρβιδίων



Σχήμα 3.5: Μέσοι όροι των αρχικών βαρών των καραβίδων

3.2 Θνησιμότητα καραβίδων

Η μεγαλύτερη θνησιμότητα παρουσιάστηκε στα ενυδρεία τρία και τέσσερα, στα οποία οι καραβίδες παρέμεναν σε ασιτία. Στα συγκεκριμένα ενυδρεία από τις δέκα καραβίδες επιβίωσαν μόνο οι τέσσερις. Σχετικά υψηλή θνησιμότητα παρουσιάστηκε και στα ενυδρεία όπου οι καραβίδες διατρέφονταν με σύμπληκτα (δύο και πέντε), πιθανώς εξαιτίας της μη προτίμησης των καραβίδων στη τεχνητή τροφή. Συνολικά από τις δέκα καραβίδες επιβίωσαν οι οχτώ. Αντίθετα, στα ενυδρεία που προσφέρονταν στις καραβίδες φυσική τροφή, από τις δέκα καραβίδες επιβίωσαν οι εννέα. Στα παραπάνω στοιχεία δεν συμπεριλαμβάνεται η θανάτωση των καραβίδων στα δύο πρώτα ενυδρεία (Κεφ. 2.7), αφού έγινε ηθελημένα και δεν καταγράφεται σαν θνησιμότητα. Τα στοιχεία που αναφέρθηκαν, απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα (3.6).



Σχήμα 3.6: Θνησιμότητα караβίδων και στις τρεις ομάδες (%)

3.3 Τελικά βάρη караβίδων

Στο Πίνακα 3.3 παρατίθενται τα τελικά βάρη των караβίδων (Ενυδρεία τέσσερα, πέντε και έξι) και στο Πίνακα 3.4 η περιγραφική στατιστική τους. Παρόλα αυτά, στην επεξεργασία των τελικών βαρών, δεν συμπεριλαμβάνονται τα βάρη των караβίδων που θανατώθηκαν πρόωρα, αλλά και των караβίδων που πέθαναν πριν το τέλος του πειράματος αφού το διάστημα εκτροφής τους ήταν εξαιρετικά μικρό. Οι караβίδες που διατρέφονταν με μύδια και σύμπληκτα, αυξήθηκαν όλες σε σωματικό βάρος εκτός της πέμπτης караβίδας από το ενυδρείο πέντε στην οποία προσφέρονταν σύμπληκτα και στην οποία παρατήθηκε μικρή απώλεια βάρους. Η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη για τις караβίδες που διατρέφονταν με

φυσική τροφή (μύδια), από την αύξηση των καραβίδων που διατρέφονταν με τεχνητή (σύμπηκτα). Επιπλέον, από τις καραβίδες της ασιτίας (Ενυδρείο 4), οι μόνες στις οποίες παρατηρήθηκε απώλεια βάρους ήταν οι καραβίδες ένα και πέντε. Οι άλλες δύο καραβίδες πραγματοποίησαν έκδυση (παρότι δεν τους προσφέρονταν καθόλου τροφή), με αποτέλεσμα το τελικό τους βάρος να ήταν περίπου όσο και το αρχικό.

Τα τελικά βάρη των ενυδρείων τέσσερα (ασιτία), πέντε (σύμπηκτα) και έξι (μύδια) ακολουθούν κανονική κατανομή ($\alpha = 0,1$, $P = 0,41$). Επιπλέον, σύμφωνα με το Levene's test ($\alpha = 0,05$, $P = 0,07$), οι διακυμάνσεις των τελικών βαρών δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Η ανάλυση διακύμανσης ($\alpha = 0,05$, $P = 0,009$) έδειξε ότι τα τελικά βάρη των ενυδρείων τέσσερα, πέντε και έξι διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ σύμφωνα με το Tukey test διαφορές υφίσταται μεταξύ των ενυδρείων τέσσερα – πέντε και τέσσερα – έξι, ενώ δεν υπάρχει καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των ενυδρείων πέντε – έξι.

Τα αρχικά και τελικά βάρη των καραβίδων που διατρέφονταν με μύδια, δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το t-test ($\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$, $P = 0,15$), αλλά ούτε και στις καραβίδες που διατρέφονταν με σύμπηκτα ($\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$, $P = 0,70$) (Σχήματα 3.7α,β). Παρομοίως, σύμφωνα με το t-test ($\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$, $P = 0,37$) τα αρχικά και τελικά βάρη των καραβίδων που διατηρούνταν σε ασιτία δεν διέφεραν μεταξύ τους (Σχήμα 3.7γ).

Πίνακας 3.3: Τελικά βάρη караβίδων (σε gr)

ΑΤΟΜΟ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ
	4	5	6
1	23,78	31,31*	25,17*
2	-	-	47,32*
3	18,58*	30*	29,6*
4	18,99*	28,75*	43,05*
5	16,75	34,19*	33,65*

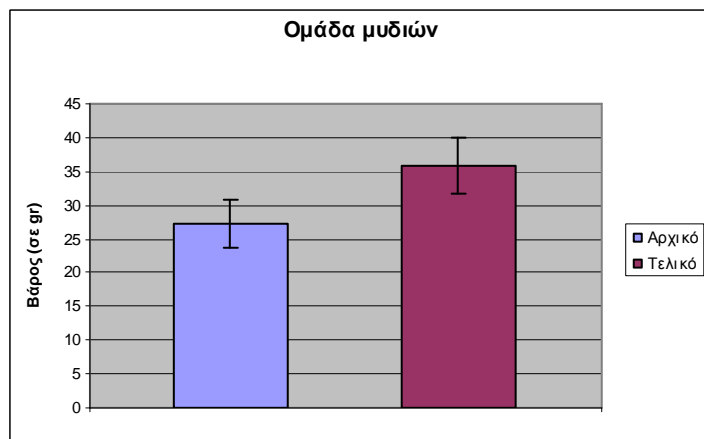
*: Πραγματοποίησαν μία έκδυση

-: Όσες караβίδες δεν έχουν τελικό βάρος είχαν πεθάνει πριν το τέλος του πειράματος

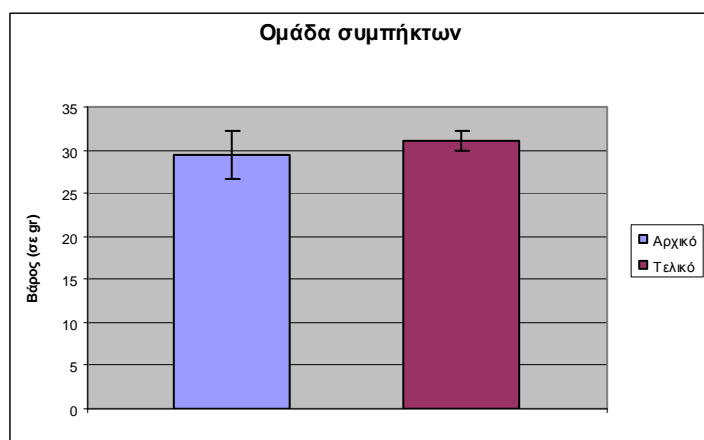
Πίνακας 3.4: Περιγραφική στατιστική για τα τελικά βάρη (σε gr)

ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
4	19,52	8,99	2,99	1,49	16,75	23,78
5	31,06	5,43	2,33	1,16	28,75	34,19
6	35,75	85,33	9,23	4,13	25,17	47,32

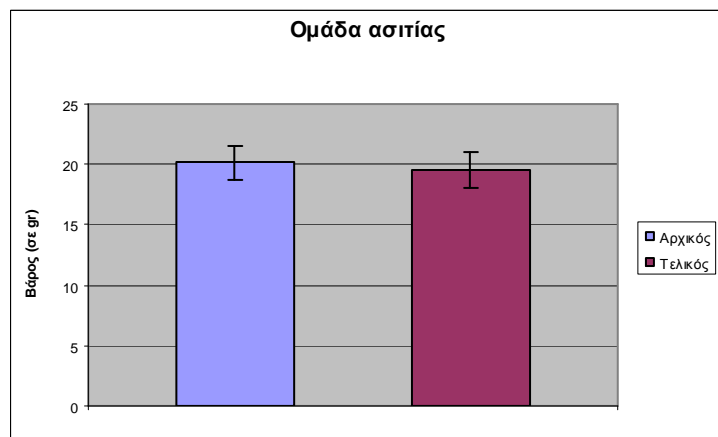
(α)



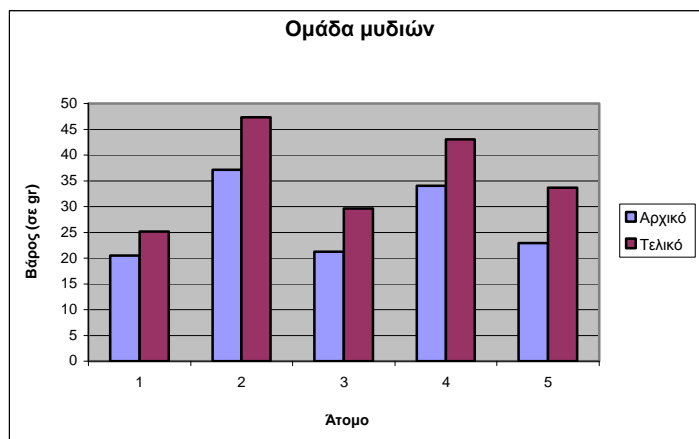
(β)



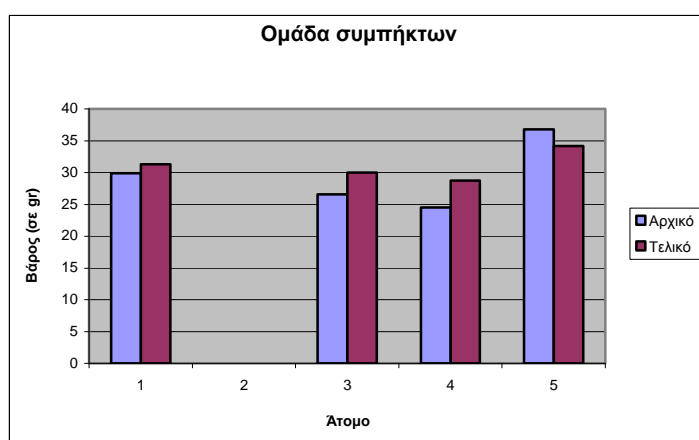
(γ)



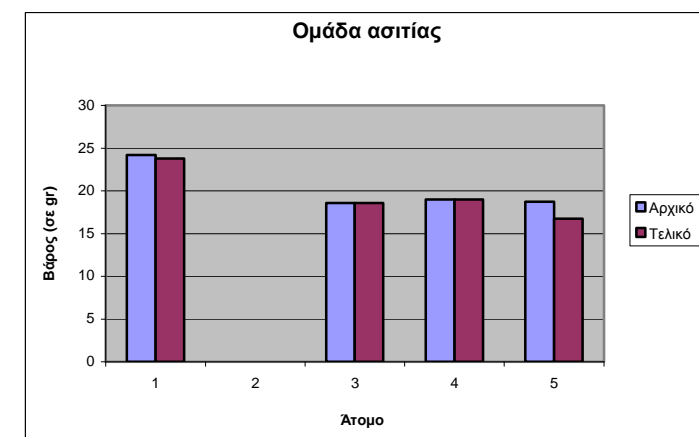
(α)



(β)



(γ)



Σχήμα 3.7: (α) Απεικόνιση αρχικών και τελικών μέσων όρων βάρους (gr) στην ομάδα των μυδιών, (β) Απεικόνιση αρχικών και τελικών μέσων όρων βάρους (gr) στην ομάδα των συμπηκτων, (γ) Απεικόνιση αρχικών και τελικών μέσων όρων βάρους (gr) στην ομάδα της ασπίδας

Σχήμα 3.8: (α) Απεικόνιση αρχικών και τελικών βαρών (gr) στην ομάδα των μυδιών ανά άτομο, (β) Απεικόνιση αρχικών και τελικών βαρών (gr) στην ομάδα των συμπηκτων ανά άτομο, (γ) Απεικόνιση αρχικών και τελικών βαρών (gr) στην ομάδα της ασπίδας ανά άτομο

3.4 Υπολογισμός μήκους κεφαλοθώρακα (Carapace length)

Ο υπολογισμός του μήκους κεφαλοθώρακα (mm) πραγματοποιήθηκε μαζί με τον υπολογισμό του σωματικού βάρους των καραβίδων. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις παρατίθενται στο παρακάτω Πίνακα (3.5), ενώ στο Πίνακα 3.6 τα περιγραφικά στατιστικά τους.

Πίνακας 3.5: Μήκος κεφαλοθώρακα καραβίδων (mm)

ΑΤΟΜΟ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 4	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 5	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 6
1	29	32	31
2	-	-	38
3	37	33	31
4	31	33	37
5	29	35	34

∴ Όσες καραβίδες δεν έχουν τιμή είχαν πεθάνει πριν το τέλος του πειράματος

Πίνακας 3.6: Περιγραφική στατιστική για τα μήκη κεφαλοθώρακα των καραβίδων (mm)

ΕΝΥΔΡΕΙΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
4	31,5	14,33	3,78	29	37
5	33,25	1,583	1,25	32	35
6	34,2	10,7	3,27	31	38

3.5 Ειδικός ρυθμός αύξησης

Ο υπολογισμός του ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR %/ημέρα, specific growth rate), πραγματοποιήθηκε για τις καραβίδες των ενυδρείων τέσσερα, πέντε και έξι, ενώ στα ενυδρεία στα οποία οι καραβίδες θανατώθηκαν, ο υπολογισμός του SGR ήταν ανέφικτος όπως επίσης και στις καραβίδες που πέθαναν πριν το τέλος του πειράματος. Έτσι, για τις καραβίδες που διατρέφονταν με μύδια, ο μέσος όρος των SGR των καραβίδων υπολογίστηκε να είναι 0,19, ενώ για τα άτομα του διατρέφονταν με σύμπληκτα ήταν 0,04 (Πίνακας 3.7). Το παραπάνω γεγονός είναι επόμενο αφού οι καραβίδες που διατρέφονταν με φυσική τροφή, είχαν καλύτερη αύξηση από τις καραβίδες στις οποίες προσφέρονταν τεχνητή τροφή. Αντίθετα, για τις καραβίδες που διατηρούνταν σε ασιτία ο SGR ήταν αρνητικός (-0,02). Όπως φαίνεται και στο Πίνακα 3.7, οι μεγαλύτεροι ειδικοί ρυθμοί αύξησης, παρατηρήθηκαν στις καραβίδες που διατρέφονταν με φυσική τροφή (Ενυδρείο 6). Αντίθετα, όπως είναι φυσικό οι μικρότεροι SGR παρατηρήθηκαν στις καραβίδες που παρέμεναν σε κατάσταση ασιτίας (Ενυδρείο 4), και μάλιστα οι δύο ήταν αρνητικοί (καραβίδες ένα και πέντε), ενώ οι άλλες δύο παρουσίασαν μηδενικό SGR αφού όπως αναφέρεται και παραπάνω (Κεφ. 3.3) τα αρχικά και τελικά βάρη τους ήταν ίδια.

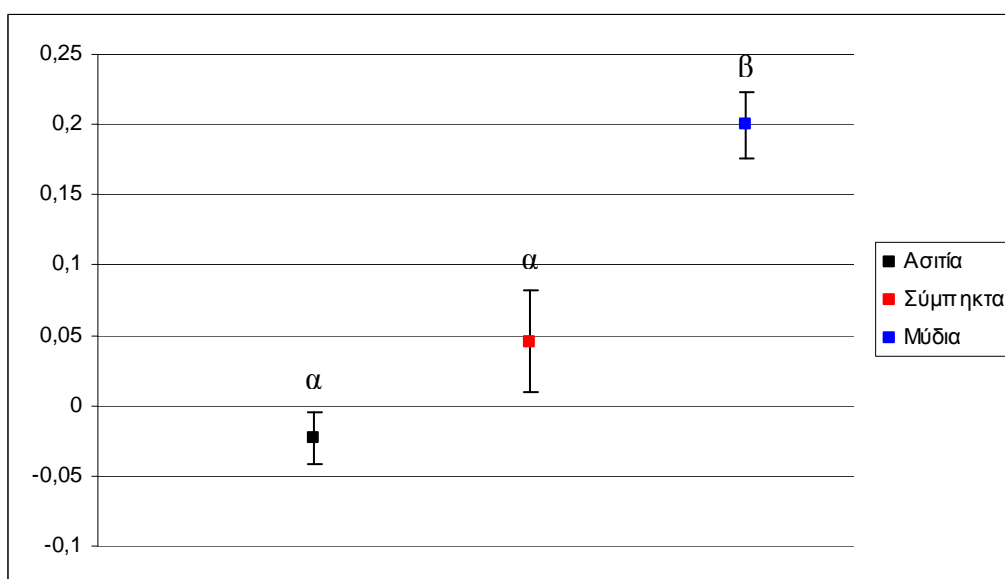
Οι ειδικοί ρυθμοί αύξησης των καραβίδων των τριών ενυδρείων ακολουθούν κανονική κατανομή ($\alpha = 0,1$, $P = 0,59$), ενώ δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των διακυμάνσεών τους σύμφωνα με το Levene's test ($\alpha = 0,05$, $P = 0,53$). Σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης ($\alpha = 0,05$, $P = 0,0004$), οι ειδικοί ρυθμοί αύξησης των καραβίδων και στα τρία ενυδρεία διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, και οι διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των

ενυδρείων τέσσερα – έξι και πέντε - έξι σύμφωνα με το Tukey test. Στο σχήμα 3.9 απεικονίζονται οι μέσοι όροι των ειδικών ρυθμών αύξησης και για τις τρεις ομάδες (μυδιών, συμπτήκτων, ασιτίας).

Πίνακας 3.7: Ειδικός ρυθμός αύξησης καραβίδων (SGR %/ημέρα)

ΑΤΟΜΟ	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 4	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 5	ΕΝΥΔΡΕΙΟ 6
1	-0,01	0,03	0,14
2	-	-	0,17
3	0	0,08	0,23
4	0	0,11	0,16
5	-0,08	-0,05	0,27
Μέσος όρος	-0,02	0,04	0,19

-: Όσες καραβίδες δεν έχουν τιμή είχαν πεθάνει πριν το τέλος του πειράματος



Σχήμα 3.9: Μέσοι όροι των ειδικών ρυθμών αύξησης των τριών ομάδων (μυδιών-συμπτήκτων-ασιτίας)

3.6 Υπολογισμός λίπους λευκού μυός και ιστού ηπατοπάγκρεος καραβίδων

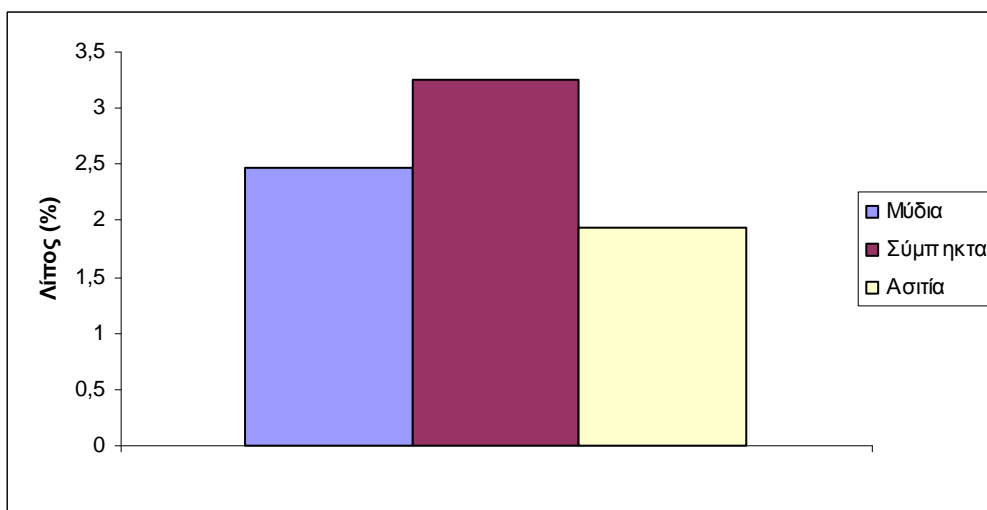
Στα τελικά δείγματα όπως φαίνεται και στο Πίνακα 3.8, το ποσοστό λίπους στο λευκό μυ, ήταν μεγαλύτερο στις καραβίδες που διατρέφονταν με σύμπηκτα (3,25) και μικρότερο στις καραβίδες που παρέμεναν σε ασιτία (1,94). Παρά όμως τις διαφορές στο ποσοστό λίπους των τριών ομάδων, δεν υπάρχει καμία στατιστική διαφορά μεταξύ τους σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης ($\alpha = 0,05$, $P = 0,057$). Όσον αφορά τους ιστούς ηπατοπάγκρεος, και πάλι το μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρείται στην ομάδα των συμπήκτων. Άξιο παρατήρησης είναι το γεγονός ότι το ποσοστό λίπους των ηπατοπάγκρεων των ατόμων που παρέμεναν σε ασιτία, είναι αρκετά μικρότερο (6,75) σε σχέση με τις άλλες δύο ομάδες. Σε αυτή τη περίπτωση, παρατηρείται στατιστική διαφορά μεταξύ των τελικών δειγμάτων των ηπατοπάγκρεων σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης ($\alpha = 0,05$, $P = 0,007$). Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν αντιληπτά και στα σχήματα 3.10 και 3.11.

Εκτός βέβαια από τον υπολογισμό του λίπους σε τελικά δείγματα, απαραίτητος ήταν και ο υπολογισμός του λίπους σε αρχικά δείγματα (Πίνακας 3.9), έτσι ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους και να δούμε την αύξηση ή τη μείωση του ποσοστού λίπους. Έτσι, οι καραβίδες οι οποίες διατράφηκαν τόσο με μύδια όσο και με σύμπηκτα, φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη ποσότητα λίπους (2,47 και 3,25 αντίστοιχα) στο λευκό μυ από τις «άγριες» (2,14), όμως και στις δύο περιπτώσεις δεν παρατηρείται καμία στατιστική διαφορά σύμφωνα με το t-test ($\alpha = 0,05$, $P = 0,58$, $P = 0,10$). Επιπλέον, οι καραβίδες που διατηρήθηκαν σε ασιτία είχαν μικρότερο ποσοστό λίπους (1,94) από τις

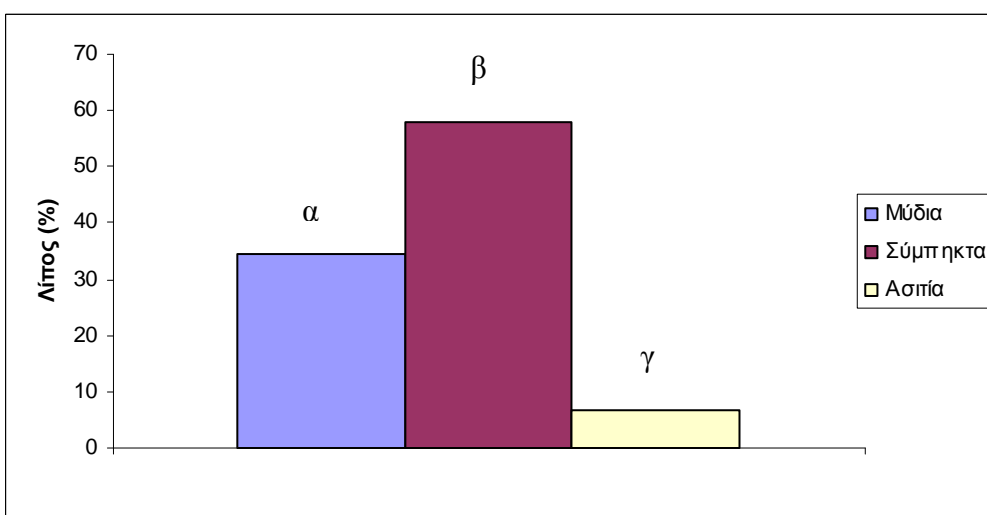
«άγριες», το οποίο όμως δε διέφερε κατά πολύ, και έτσι και σε αυτή τη περίπτωση το t-test έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστική διαφορά ($\alpha = 0,05$, $P = 0,71$). Τέλος, οι «άγριες» караβίδες είχαν μεγαλύτερο ποσοστό λίπους στο ηπατοπάγκρεας (45,17) από τις караβίδες που διατρέφονταν με μύδια (34,41) αλλά και τα άτομα της ασιτίας (6,75), αλλά είχαν μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τις караβίδες στις οποίες προσφέρονταν σύμπληκτα (57,74). Οι συγκρίσεις αρχικών - τελικών δειγμάτων, μπορούν να γίνουν καλύτερα αντιληπτές στα σχήματα 3.12 - 3.13 τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 3.8: Ποσοστό λίπους σε λευκό μυ και ηπατοπάγκρεας τελικών δειγμάτων

	ΚΑΡΑΒΙΔΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΤΡΕΦΟΝΤ ΑΝ ΜΕ ΜΥΔΙΑ	ΚΑΡΑΒΙΔΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΤΡΕΦΟΝ ΤΑΝ ΜΕ ΜΥΔΙΑ	ΚΑΡΑΒΙΔΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΕΜΕΝΑΝ ΣΕ ΑΣΙΤΙΑ	ΚΑΡΑΒΙΔΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΕΜΕΝΑΝ ΣΕ ΑΣΙΤΙΑ	ΚΑΡΑΒΙΔΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΤΡΕΦΟΝΤΑ Ν ΜΕ ΣΥΜΠΛΗΚΤΑ	ΚΑΡΑΒΙΔΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΤΡΕΦΟΝΤΑ Ν ΜΕ ΣΥΜΠΛΗΚΤΑ
Λευκός μυς	2,78	2,16	2,17	1,71	3,25	3,25
Μέσος όρος	2,47 ± 0,31		1,94 ± 0,23		3,25 ± 0,001	
Ηπατοπάγ κρεας	30,11	38,70	12,27	1,23	56,66	58,82
Μέσος όρος	34,41 ± 4,29		6,75 ± 5,51		57,74 ± 1,08	



Σχήμα 3.10: Ποσοστό λίπους στο λευκό μυ των τριών τελικών δειγμάτων (μέσοι όροι)

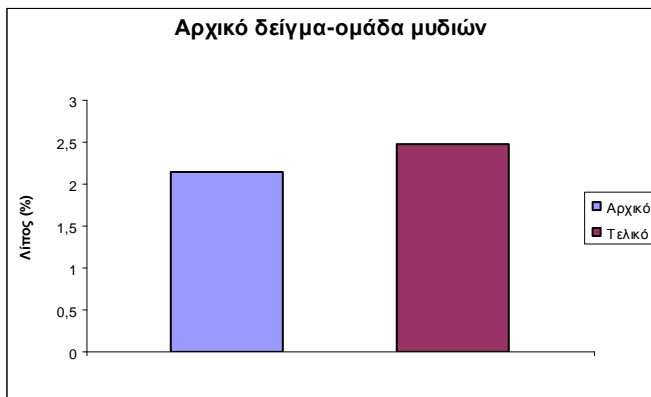


Σχήμα 3.11: Ποσοστό λίπους στο ηπατοπάγκρεας των τριών τελικών δειγμάτων (μέσοι όροι) (Τα γράμματα υποδεικνύουν στατιστική σημαντική διαφορά)

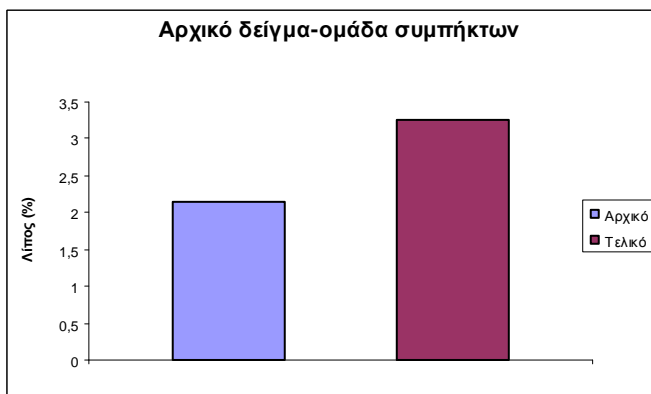
Πίνακας 3.9: Ποσοστό λίπους σε λευκό μυ και ηπατοπάγκρεας αρχικών δειγμάτων

	ΛΕΥΚΟΣ ΜΥΣ			ΗΠΑΤΟΠΑΓΚΡΕΑΣ
	Αρχικό δείγμα	Αρχικό δείγμα	Αρχικό δείγμα	Αρχικό δείγμα
	1,76	1,78	2,90	45,17
Μέσος όρος	2,14 ± 0,37			-

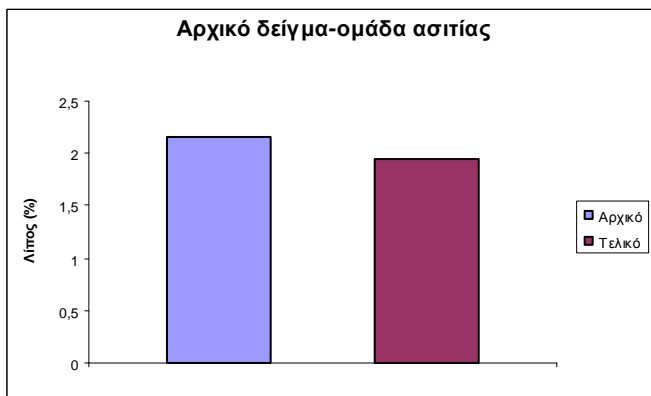
(α)



(β)

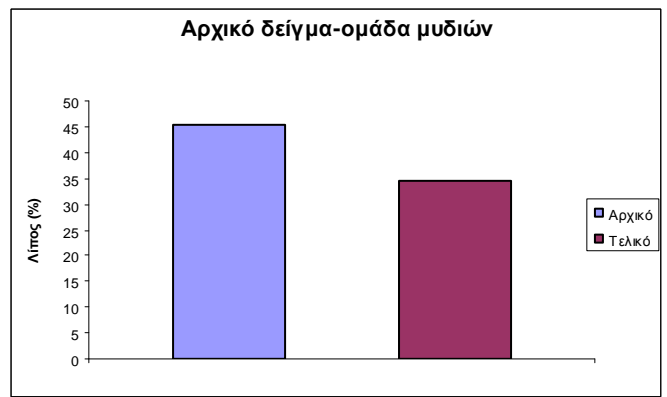


(γ)

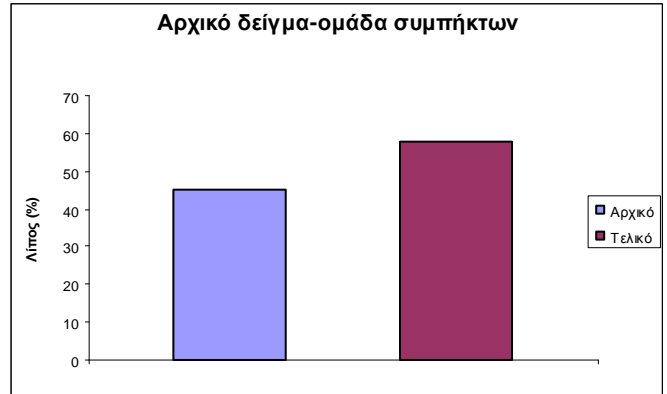


Σχήμα 3.12: (α) Απεικόνιση ποσοστών λίπους σε λευκό μυ του αρχικού δείγματος και της ομάδας μυδιών, (β) Απεικόνιση ποσοστών λίπους σε λευκό μυ του αρχικού δείγματος και της ομάδας συμπηκτων, γ) Απεικόνιση ποσοστών λίπους σε λευκό μυ του αρχικού δείγματος και της ομάδας της ασιτίας

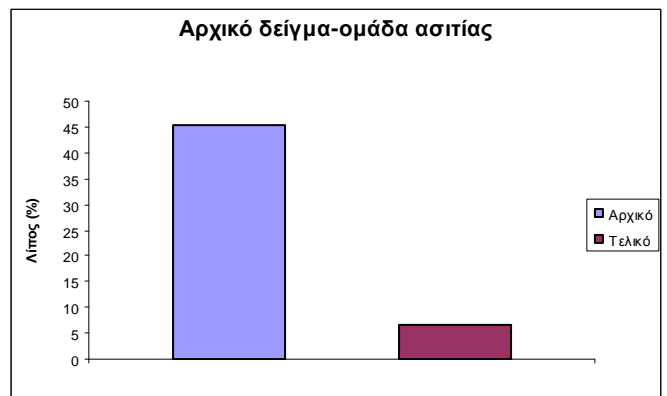
(α)



(β)



(γ)



Σχήμα 3.13: (α) Απεικόνιση ποσοστών λίπους σε ηπατοπάγκρεας του αρχικού δείγματος και της ομάδας μυδιών, (β) Απεικόνιση ποσοστών λίπους σε ηπατοπάγκρεας του αρχικού δείγματος και της ομάδας συμπηκτων, (γ) Απεικόνιση ποσοστών λίπους σε ηπατοπάγκρεας του αρχικού δείγματος και της ομάδας της ασιτίας,

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Πείραμα εκτροφής

Το πείραμα εκτροφής του *N. norvegicus* διήρκησε περίπου 5 μήνες. Σε αυτό το χρονικό διάστημα σχεδόν όλες οι καραβίδες που διατρέφονταν αυξήθηκαν σε σωματικό βάρος, παρότι αυτή η αύξηση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως απολύτως ικανοποιητική εξαιτίας κυρίως του μικρού διαστήματος εκτροφής, αλλά και της μη ικανοποίησης των θρεπτικών απαιτήσεων των καραβίδων. Παρόλα αυτά, όλες οι καραβίδες που διατρέφονταν πραγματοποίησαν μία έκδυση. Αύξηση σε σωματικό βάρος δεν παρατηρήθηκε σε μόλις ένα άτομο στο οποίο προσφέρονταν σύμπηκτα. Πιθανώς το συγκεκριμένο άτομο δεν επέδειξε προτίμηση στη τεχνητή τροφή με αποτέλεσμα την απώλεια βάρους του.

Ωστόσο, η αύξηση ήταν διαφορετική μεταξύ των ομάδων που διατρέφονταν, το οποίο οφείλεται στο είδος της χορηγούμενης τροφής. Έτσι, η καραβίδα *N. norvegicus* φαίνεται να προτιμά τη φυσική τροφή από ότι τη τεχνητή. Αυτό γίνεται αντιληπτό και από το ότι οι καραβίδες που διατρέφονταν με φυσική τροφή, είχαν καλύτερη αύξηση ($SGR = 0,19$) από τις καραβίδες στις οποίες προσφέρονταν σύμπηκτα ($SGR = 0,04$) η αύξηση των οποίων ήταν σαφώς μικρότερη της άλλης ομάδας. Ένας πιθανός λόγος για αυτή τη προτίμηση των καραβίδων στη φυσική τροφή, είναι ότι δεν υπάρχει τεχνητή τροφή η οποία να ικανοποιεί τις διατροφικές απαιτήσεις των καραβίδων, με αποτέλεσμα οι καραβίδες να μην «ελκύονται» με τα σύμπηκτα που προς το παρόν τους χορηγούνται. Επομένως, είναι αναγκαίο η έρευνα να εστιαστεί και προς αυτό το σημείο, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη αύξηση αλλά και

μεγαλύτερη επιβίωση των караβίδων. Παρόλα αυτά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η διατροφή της караβίδας με φυσική τροφή (μύδια) έδωσε υποσχόμενα αποτελέσματα για μελλοντικές έρευνες προς τον τομέα αυτό.

Όσον αφορά την τρίτη ομάδα, την ομάδα της ασιτίας, φαίνεται ότι η караβίδα είναι ανθεκτικό είδος σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Αυτή η ομάδα εξαιτίας της απώλειας βάρους, παρουσίασε αρνητικό ειδικό ρυθμό αύξησης (-0,02), ο οποίος ήταν πολύ μικρότερος σε σχέση με των άλλων δύο ομάδων. Όμως, παρά το γεγονός της υψηλής θνησιμότητας σε αυτή την ομάδα (60 %), οι εναπομείνουσες караβίδες επιβίωσαν χωρίς τροφή για διάστημα περίπου πέντε μηνών. Σε άλλη έρευνα (Στρατάκος, 2007) οι караβίδες που κρατήθηκαν σε ασιτία επιβίωσαν για διάστημα άνω των εννέα μηνών. Άρα από τα παραπάνω γίνεται σαφής η ανθεκτικότητα του συγκεκριμένου είδους σε συνθήκες έλλειψης τροφής. Αντίθετα, οι ομάδες που διατρέφονταν με μύδια και σύμπληκτα, παρουσίασαν μικρή θνησιμότητα (10 και 20 % αντίστοιχα), σε σχέση με τα άτομα που παρέμειναν σε ασιτία. Η μεγαλύτερη θνησιμότητα της ομάδας των σύμπληκτων σε σχέση με την ομάδα των μυδιών, οφείλεται στη μη προσαρμογή των караβίδων στη προσφορά της τεχνητής τροφής.

Η караβίδα *N. norvegicus* είναι είδος το οποίο μπορεί να είναι ιδιαίτερα εμπορικό, όμως δεν έχουν διεξαχθεί προς το παρόν έρευνες για την εκτροφή του. Η εκτροφή της караβίδας επιβάλλεται και για το λόγο ότι εξαιτίας της υπεραλίευσης, πολλά αποθέματά της έχουν μειωθεί (Sarda et al., 1998). Παρόλα αυτά, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν λιγοστές έως ελάχιστες έρευνες σχετικά με την εκτροφή του *N. norvegicus*. Σε μία από αυτές, επετεύχθη η εκτροφή μετανυμφών του *N. norvegicus* μέχρι το στάδιο V,

χρησιμοποιώντας ως τροφή φρέσκους εμπλουτισμένους ναυπλίους της *Artemia salina* (Rotland et al., 2001).

4.2 Υπολογισμός ποσότητας λίπους караβίδων

Όπως είναι γνωστό, η συγκέντρωση λίπους είναι ιδιαίτερα μεγάλη στα ψάρια των ιχθυοκαλλιεργειών εξαιτίας της εντατικής διατροφής τους (Γρηγοράκης και συν., 1997). Κάτι τέτοιο φαίνεται να ισχύει και για την караβίδα. Έτσι, τόσο οι караβίδες που διατρέφονταν με μύδια όσο και αυτές που διατρέφονταν με σύμπηκτα, περιείχαν μεγαλύτερη ποσότητα λίπους στο λευκό μυ τους, από τις μη εκτρεφόμενες. Το παράδοξο σε αυτήν την περίπτωση, είναι το γεγονός ότι παρά τη μεγαλύτερη αύξηση των караβίδων που διατρέφονταν με τη φυσική τροφή (που παρατηρήθηκε και στο προηγούμενο πείραμα εκτροφής), το ποσοστό λίπους τους στο λευκό μυ, ήταν μικρότερο της ομάδας στην οποία προσφέρονταν σύμπηκτα. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη μεγαλύτερη θρεπτική αξία που έχουν τα σύμπηκτα (παρότι δεν ικανοποιούν πλήρως τις θρεπτικές απαιτήσεις των караβίδων) σε σχέση με τα μύδια (τα οποία ήταν κατεψυγμένα). Το παραπάνω γεγονός ενισχύεται και από το ότι οι караβίδες που διατρέφονταν με τεχνητή τροφή, περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό λίπους και στο ηπατοπάγκρεας τους από ότι οι караβίδες που διατρέφονταν με φυσική τροφή.

Στη περίπτωση των караβίδων που παρέμεναν σε ασιτία, η ποσότητα του λίπους τους στο λευκό μυ ήταν μικρότερη της αντίστοιχης των «άγριων» ατόμων, χωρίς όμως να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Ωστόσο, οι μεγάλες διαφορές παρατηρούνται στη ποσότητα λίπους των ηπατοπάγκρεων. Έτσι, το ποσοστό λίπους του ηπατοπάγκρεος των караβίδων που

διατηρούνταν σε ασιτία (6,75), ήταν εξαιρετικά μικρό σε σχέση με τις δύο άλλες ομάδες που διατρέφονταν, αλλά και σε σχέση με τις «άγριες» караβίδες. Η μικρότερη ποσότητα λίπους στις караβίδες της ασιτίας, οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στο γεγονός ότι καταναλώνουν τα όποια αποθέματα λίπους έχουν για να επιβιώσουν.

4.3 Σιτηρέσιο караβίδων

Η προσφορά της τροφής στις караβίδες πραγματοποιούνταν τρεις φορές εβδομαδιαίως από 1 gr/άτομο, δηλαδή κάθε άτομο λάμβανε κάθε εβδομάδα τροφή ίση με 3 gr. Σε άλλη έρευνα (Johnston et al., 2007), σε νεαρά άτομα του αστακού *Panulirus cygnus* η τροφή που αποτελούνταν από ένα συνδυασμό συμπήκτων και μυδιών, προσφέρονταν καθημερινώς. Γενικά πάντως, η ποσότητα της τροφής που απαιτεί το *N. norvegicus* για να διατραφεί, δεν έχει μελετηθεί ακόμα. Ωστόσο, έχει διεξαχθεί έρευνα στο πεδίο που έδειξε ότι το ημερήσιο σιτηρέσιο της караβίδας στην περιοχή της Νότιας Πορτογαλίας, είναι 1,078 gr - 1,170 gr για τα αρσενικά άτομα και 1,642 gr - 1,755 gr για τα θηλυκά άτομα ανά 100 gr υγρού βάρους σώματος (Cristo & Castro, 2005).

4.4 Θρεπτικές απαιτήσεις των αστακών (lobsters) σε σχέση με άλλα καρκινοειδή

Η έρευνα για τη διατροφή των αστακών (lobsters, στα οποία ανήκει και το *N. norvegicus*), εστιάζεται σε τρία κύρια χαρακτηριστικά, τα οποία είναι: το μέγεθος, η χρήση ζωντανών ενήλικων ατόμων *Artemia* sp. ως ελεγχόμενη τροφή (control diets) και η χρήση καθαρών συστατικών ως βάση για τις

πειραματικές τροφές (test diets). Οι έρευνες για τη διατροφή των αστακών, έχουν γίνει σε άτομα που είναι μικρότερα από 120 ημέρες. Πρέπει επίσης να αναφερθεί, ότι οι θρεπτικές απαιτήσεις των αστακών δεν μεταβάλλονται σημαντικά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους. Τέλος, η σύσταση των *Artemia* sp. είναι γνωστή (Leger et al., 1986), επομένως οι διατροφικές ανάγκες των νυμφών και των νεαρών ατόμων των αστακών μπορούν να ικανοποιηθούν. Στο Πίνακα 4.1 παρατίθενται δύο δίαιτες που προσφέρθηκαν σε αστακούς. Και οι δύο τροφές βοήθησαν στην αύξηση των νεαρών ατόμων των αστακών, παρότι και οι δύο δεν είναι αποτελεσματικές όσο των ζωντανών ατόμων *Artemia*.

Πίνακας 4.1: Συστατικά τροφών για τροφές καρκινοειδών

Συστατικά	ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΟΦΗΣ (%)	
	HFX CRD 84 [*]	BML 81S ^{**}
Πρωτεΐνη από καβούρι	40	-
Καζεΐνη	-	31
Egg white	-	4
Wheat gluten	5	5
Corn starch	15	24
Dextrin	5	-
Celufil	17,8	12,1
Ιχθυέλαιο από συκώτι μπακαλιάρου	6	4
Corn oil	3	2
Λεκιθίνη σόγιας	-	10
Χοληστερόλη	1	0,5
Μείγμα μετάλλων	4	3
Μείγμα βιταμινών CRD	2	-
Μείγμα βιταμινών BML-2	-	4
Βιταμίνη E	0,2	0,2
Βιταμίνη A (50000 IU/g)	-	0,1
Χολοκαλσιφερόλη (D ₃) (4 εκατ. IU/g)	-	0,1
Choline chloride (70%)	1	-
Σύνολο	100	100

1: Boghen et al., (1982)

2: Conklin et al., (1983)

Οι γνώσεις μας για τις διατροφικές απαιτήσεις του αστακού *Homarus americanus* έχουν αναπτυχθεί αρκετά τη τελευταία δεκαετία. Παρόλα αυτά, σε ορισμένες περιοχές δεν έχει παρατηρηθεί πρόοδος προς αυτό το σημείο (Conklin, 1980, Conklin et al., 1983). Η μελέτη της διατροφής του *H. americanus*, έχει πραγματοποιηθεί μαζί με τη πρόοδο σε άλλα εμπορικά εκτρεφόμενα καρκινοειδή.

1. Πρωτεΐνες

Η *Artemia* καθώς επίσης και τα φυσικά θηράματα, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (Πίνακας 4.2). Καθώς η πρωτεΐνη είναι το πιο ακριβό συστατικό για τις τροφές, ο καθορισμός της βέλτιστης ποσότητας της πρωτεΐνης στη τροφή, είναι ο κύριος στόχος στις υδατοκαλλιέργειες. Οι ποσότητες της πρωτεΐνης που επιφέρουν τα καλύτερα αποτελέσματα στους αστακούς που έχουν τραφεί με τεχνητές τροφές, ποικίλουν μεταξύ συγγραφέων (60 %, Castell & Budson, 1974, 53 % Gallagher et al., 1976a, 37 % Lucien-Brun et al., 1985, 30% Conklin et al., 1975). Αυτά τα διαφορετικά αποτελέσματα επηρεάζονται ως ένα σημείο από τις διαφορετικές εργαστηριακές συνθήκες, αλλά ο πιο σημαντικός παράγοντας πιθανώς να είναι η ποιότητα της πρωτεΐνης και η ποσότητα της μη πρωτεϊνικής ενέργειας στη τροφή.

Η χρησιμοποίηση της καζεΐνης ως πηγή πρωτεΐνης σε πειράματα πλεονεκτεί, καθώς είναι διαθέσιμη στο εμπόριο, αλλά δεν είναι η πιο αποτελεσματική πρωτεΐνη για την αύξηση των αστακών. Η προσθήκη αλεύρου προερχόμενου από γαρίδες (shrimp meal) (Cruz-Suarez et al., 1993) ή η χρήση πρωτεΐνης που προέρχεται από καρκινοειδή όπως οι γαρίδες

(Boghen et al., 1982) ή τα καβούρια (Castell et al., 1989a, b), γενικά επιφέρουν καλύτερα αποτελέσματα (γρήγορη αύξηση σε χαμηλές ποσότητες πρωτεΐνης). Ο λόγος για αυτή την «ανωτερότητα» της πρωτεΐνης που προέρχεται από τα καρκινοειδή, δεν είναι ακόμη γνωστός. Γενικά, τα καρκινοειδή φαίνεται να έχουν μικρό πρόβλημα στην αφομοίωση της πρωτεΐνης (Bordner et al., 1983).

Πίνακας 4.2: Σύσταση των ατόμων *Artemia* και των νυμφών αστακών εκφρασμένα ως ποσοστό του υγρού τους βάρους

	ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ARTEMIA		ΝΥΜΦΕΣ ΑΣΤΑΚΩΝ^c		
	Ζωντανές^a	Κατεψυγμένες^b	Στάδιο I	Στάδιο IV	Στάδιο V
Υγρασία (%) υγρού βάρους)	90	90	~90 ^d	-	-
Crude Πρωτεΐνη (CP)	58	50,2	68,8	62	62,6
Amino acid protein	43	-	-	-	-
Crude Λίπος (CF)	5,1	2,4	5	4,2	3,2
Χοληστερόλη	0,46	-	-	-	-
Υδατάνθρακες (CHO)	16,3 ^e	17,2	7,8 ^e	9,6 ^e	11,7 ^e
Crude fiber	3,5	2,9	-	-	-
Χιτίνη	-	-	7,8	9,8	12,3
Τέφρα	20,6	29,2	18,4	24,2	22,5
Σύνολο	100	99	100	100	100

a: Gallagher & Brown, (1975a)

b: Good et al., (1982)

c: Capuzzo & Lancaster, (1979b)

d: Watanabe et al., (1983)

e: Υπολογίστηκε ως εξής: CHO = 100 - (CP + CF + Τέφρα)

Η ποιότητα της πρωτεΐνης σχετίζεται με τη σύσταση του αμινοξέος της πρωτεΐνης. Γι' αυτό, πρέπει η πρωτεΐνη να περιέχει τα αμινοξέα που «ταιριάζουν» με τα απαραίτητα αμινοξέα του είδους. Οι πληροφορίες ως προς τις απαιτήσεις των απαραίτητων αμινοξέων στα καρκινοειδή, προέρχονται κυρίως από μαρκάρισμα με ισότοπα που δείχνουν μία έλλειψη στη σύνθεση των αμινοξέων (Wilson, 1989).

Τα 10 απαραίτητα αμινοξέα μαζί με μερικά άλλα, πιθανώς να απαιτούνται για κάποια καρκινοειδή. Τόσο η ασπαραγίνη όσο και η ταυρίνη (taurine) έχουν προταθεί (Dadd, 1983). Η σύνθεση της ασπαραγίνης από το ασπαρτικό οξύ (aspartic acid), όπως παρατηρείται στα σπονδυλωτά, δεν παρατηρείται σε ορισμένα είδη καρκινοειδών (*Astacus astacus*, Zandee, 1966b, *Macrobrachium rosenbergii*, Smith et al., 1987). Η βιοσύνθεση της ασπαραγίνης δεν έχει ακόμα μελετηθεί στο *H. americanus*. Το ελεύθερο αμινοξύ ταυρίνη, βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα καρκινοειδή. Θεωρείται ότι συμμετέχει στην οσμορύθμιση (Allen & Garrett, 1971), αλλά και στην αναπαραγωγή (Pochon-Masson et al., 1984). Παρότι η ταυρίνη είναι απαραίτητη για ορισμένα ζώα, τα καρκινοειδή φαίνεται να είναι ικανά στη σύνθεσή της κάτι το οποίο έχει αποδειχθεί και στο *H. americanus* (Finney, 1978).

Το μαρκάρισμα με ισότοπα παρέχει λίγες πληροφορίες για τη ποσότητα τη σύνθεσης σε σχέση με τις μεταβολικές ανάγκες. Η έλλειψη πληροφοριών παρατηρείται στις απαιτήσεις των αμινοξέων που προωθούν την ανάπτυξη. Η χρησιμοποίηση μεμονωμένων (isolated) αμινοξέων για την εύρεση των απαιτήσεων των αστακών (Mason & Castell, 1980), έχει επιφέρει καλά αποτελέσματα. Σε formulated δίαιτες, η ποσότητα της αργινίνης η οποία

είναι περίπου ίση με αυτή των ατόμων *Artemia*, δύσκολα μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση πρωτεϊνών από καρκινοειδή (Πίνακας 4.3) ή άλλες πηγές (Deshimaru & Shigueno, 1972).

Η μη αποτελεσματική χρήση της πρωτεΐνης, μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή ποσότητα μη πρωτεϊνικής ενέργειας στη τροφή. Όπως με άλλα ζώα, η κατανάλωση στα καρκινοειδή ελέγχεται από την ενέργεια που υπάρχει στη τροφή (Davis & Arnold, 1993). Η υπερβολική διαιτητική ενέργεια μπορεί να περιορίσει την κατανάλωση τροφής και συνεπώς να μειώσει τη πρόσληψη πρωτεΐνης άρα και την αύξηση. Εάν η μη πρωτεϊνική ενέργεια είναι πολύ χαμηλή, μέρος της διαιτητικής πρωτεΐνης θα οξειδωθεί και θα δημιουργηθεί έλλειμμα, με αποτέλεσμα να μειωθεί πάλι η αύξηση.

Πίνακας 4.3: Σύσταση αμινοξέων ατόμων *Artemia* σε σύγκριση με τις δύο δίαιτες που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτροφή των αστακών^a

	ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ARTEMIA				
Αμινοξέα	Ζωντανές^b	Meal^c	Ναύπλιοι^d	HFX CRD 84^e	BML 81S
ΑΡΓΙΝΙΝΗ	6,5	6,8	7,3	8,1	3,9
ΙΣΤΙΔΙΝΗ	1,8	2,2	1,9	3	2,9
ΙΣΟΛΕΥΚΙΝΗ	5,3	5,1	3,8	4,4	5,2
ΛΕΥΚΙΝΗ	8	8,6	8,9	7,7	8,9
ΛΥΣΙΝΗ	7,6	7,4	8,9	7,6	7
ΜΕΘΕΙΟΝΙΝΗ	2,7	2,3	1,3	2,7	2,9
ΦΑΙΝΥΛΑΛΑΝΙΝΗ	4,7	5,3	4,7	5,1	4,7
ΘΡΕΟΝΙΝΗ	4,6	4,9	2,5	5	3,7
ΤΡΥΠΤΟΦΑΝΗ	1	-	1,5	-	1,4
ΒΑΛΙΝΗ	5,4	5,3	4,7	4,8	6,5
Αλανίνη	6,9	5,2	6	5,2	3,2
Ασπαρτικό οξύ	9,2	10,1	11	10,8	6,8
Κυστίνη	2,2	1,3	0,6	2,3	0,5
Γλουταμινικό οξύ	14,2	14,6	12,9	14,7	22,3
Γλυκίνη	5,3	4,9	5	4,9	2,2
Προλίνη	5,2	4,7	6,9	4,2	9,9
Σερίνη	4,8	5,2	6,7	4,6	4,8
Τυροσίνη	4,5	4,6	5,4	4,2	4,9

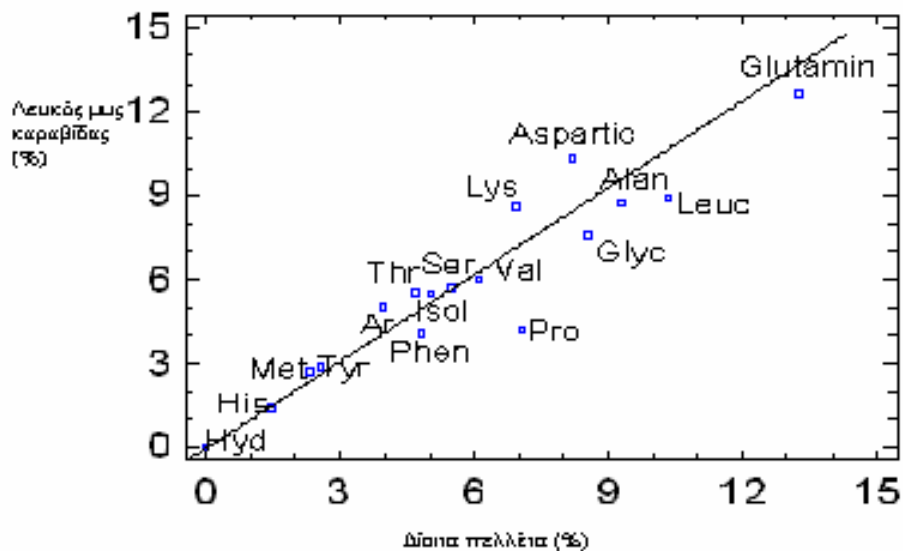
a: Τα αμινοξέα που θεωρούνται απαραίτητα είναι με κεφαλαία γράμματα

b: Gallagher & Brown, (1975a)

c: Deshimaru & Shigueno, (1972)

d: Watanabe et al., (1978^a)

e: Castell et al., (1989b)



Σχήμα 4.1: Συσχέτιση αμινοξέων στη τροφή (σύμπληκτα) και στον λευκό μυ καραβίδας (Πηγή: Μεντέ, 2008, Προσωπικό αρχείο)

2. Πρωτεΐνη και αναλογία ενέργειας

Η έλλειψη πληροφοριών για την κατάλληλη διαιτητική ενέργεια για το *H. americanus*, κάνει το καθορισμό της βέλτιστης ποσότητας πρωτεΐνης δύσκολη. Η απαίτηση σε πρωτεΐνη της *Penaeus monodon*, μπορεί να μειωθεί από το 40 στο 30 % με την αύξηση της ποσότητας του αμύλου στη τροφή από το 20 στο 30 % (Shiau & Peng, 1992). Παρομοίως, η ποσότητα της πρωτεΐνης στη τροφή της *Penaeus japonicus*, μπορεί να μειωθεί από το 61 στο 42 % χωρίς να μειώνεται η ανάπτυξη, κάτι το οποίο μπορεί να γίνει με την αύξηση της δεξτρίνης και του ελαίου από το συκώτι του rollack (είδος μπακαλιάρου) (Koshio et al., 1993). Οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνη για τους αστακούς, πιθανώς να είναι περίπου 30 %. Παρόλα αυτά, αυτό παραμένει υπόθεση εξαιτίας των πολλών ερωτήσεων οι οποίες πρέπει να απαντηθούν όσον αφορά τη ποιότητα της πρωτεΐνης και την πηγή της ενέργειας.

3. Υδατάνθρακες

Οι πηγές της μη πρωτεϊνικής ενέργειας στις τροφές προέρχονται είτε από τους εύπεπτους υδατάνθρακες είτε από τα λιπίδια. Έχει υποθεθεί ότι οι αστακοί και άλλα δεκάποδα καρκινοειδή, δεν είναι ικανά να πέψουν την κυτταρίνη. Το άμυλο που είναι η τυπική πηγή υδατανθράκων στις τροφές για τα καρκινοειδή, πέπτεται σε μικρό βαθμό από τους αστακούς (περίπου 60 % σε σύγκριση με περισσότερο από το 90 % για τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια) (Bordner et al., 1983). Άξιο παρατήρησης είναι ότι δεν είναι γνωστοί άλλοι υδατάνθρακες για την ευπεπτότητά και τη χρησιμοποίησή τους για τους αστακούς (Shiau & Peng, 1992).

4. Λιπίδια

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι μεγάλης σημασίας για τις τροφές των καρκινοειδών. Όπως άλλα ζώα, τα καρκινοειδή δεν έχουν την ικανότητα να συνθέσουν τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, το λινολεϊκό (linoleic) και το λινολενικό (linolenic) οξύ (Zandee, 1966c). Επιπρόσθετα, η βιομετατροπή από τα θαλάσσια δεκάποδα του λινολενικού οξέος σε άλλα λιπαρά οξέα, παρατηρείται σε μικρό βαθμό (Teshima et al., 1992a). Η *Artemia* και ειδικά τα ενήλικα άτομα, περιέχουν υψηλές ποσότητες αυτών των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Πίνακας 4.4). Όσον αφορά τα νεαρά άτομα των αστακών, έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην αξία των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στις τροφές που τους προσφέρονται (D'Abramo et al., 1980).

Η πρόσληψη και χρησιμοποίηση των λιπαρών οξέων μέσω της τροφής, ευνοούνται εάν παρέχονται ως φωσφολιπίδια. Η προσθήκη λεκιθίνης σόγιας (soybean lecithin) στις τροφές, βελτιώνει σημαντικά την επιβίωση των

νεαρών ατόμων του *H. americanus*. Η έλλειψη της λεκιθίνης, έχει ως αποτέλεσμα υψηλή θνησιμότητα κατά την έκδυση, όταν οι αστακοί δεν μπορούν να «ελευθερωθούν» από το έκδυμα (Conklin et al., 1980).

Τα φωσφολιπίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά της χοληστερόλης (cholesterol) μέσω της αιμολέμφου (hemolymph) (D'Abramo et al., 1982). Η έλλειψη των φωσφολιπιδίων στη τροφή των νεαρών ατόμων των αστακών, αναστέλλει τη κίνηση της χοληστερόλης από το πεπτικό σωλήνα (digestive gland) στην αιμόλεμφο. Ενώ ο ρόλος της φωσφατιδιχλωρίνης στη μεταφορά της χοληστερόλης στα *Homarus* είναι γνωστός, η συνολικά επίδραση των φωσφολιπιδίων στις τροφές των αστακών είναι άγνωστος (Kean et al., 1985a).

Οι αστακοί όπως όλα τα αρθρόποδα, δεν είναι ικανοί να συνθέσουν τη στερόλη (Zandee, 1966a), και πρέπει να τη προσλάβουν από τη τροφή, έτσι ώστε να υπάρχει κανονική αύξηση και επιβίωση. Οι δίαιτες για το *H. americanus* πρέπει να περιέχουν 0,5 % χοληστερόλης (Castell et al., 1975). Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε αντίθεση με τις καραβίδες (D'Abramo et al., 1985b) και σε κάποιο βαθμό με τις γαρίδες του γένους *Litopenaeus* (Teshima et al., 1989), οι αστακοί δεν είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν τις φυτοστερόλες (phytosterols) για την αντικατάσταση της χοληστερόλης (D'Abramo et al., 1984).

Πίνακας 4.4: Σύσταση λιπαρών οξέων (% των ολικών λιπιδίων) ατόμων *Artemia* που δείχνουν διαφορές μεταξύ των ενηλίκων και των νυμφών

ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ^a		ΝΑΥΠΛΙΟΙ				
			1975 ^b	1977 ^c	Εκκολαπτόμενοι ^d	Διατρεφόμενοι ^e
Λιπαρά οξέα	%	Λιπαρά οξέα	%	%	%	%
14:0	1,4	14:0	1,1	0,9		
14:1	2,3					
15:0	0,7					
15:1	0,8					
16:0	13,5	16:0	11,2	9,5	15,5	14
16:1	13,8	16:1n-7	4,3 ^g	12 ^g	8,4	6,5
17:0	1,3	17:0	1,5 ⁱ	0,9 ^h	-	3
17:1	0,9				1,4	0,5
18:0	5,9	18:0	4,4	6,8	4,2	12,3
18:1	35,6	18:1n-9	25,1 ^g	36,1 ^g	37,8	22,6
18:2	6,2	18:2n-6	6,1	3,4	7,7	4,2
18:3		18:3n-3	28,4	10,3	19,7	23,4
20:0	2,0	20:0	4,5 ^h	1,2 ^j	-	2,7
20:1	0,1				-	0,6
		20:4n-6	1 ⁱ	0,4 ⁱ		
20:4	2,2 ^f	20:4n-3	0,3	0,4	-	5,8
20:5	12	20:5n-3	3,1	9,5		

a: Gallagher & Brown, (1975a)

b: Watanabe et al., (1978b)

c: Watanabe et al., (1978b)

d: Claus et al., (1979)

e: Claus et al., (1979)

f: Gallagher & Brown, (1975a)

g: Watanabe et al., (1978b)

h: Watanabe et al., (1978b)

i: Watanabe et al., (1978b)

Τα καρκινοειδή επίσης απαιτούν στις τροφές τους καροτενοειδή. Μία ποικιλία καροτενοειδών μπορούν να μετατραπούν από τους αστακούς σε ασταξανθίνη, τη κύρια χρωστική η οποία προσδίδει το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα όταν βράζονται. Έχει επίσης προταθεί, ότι τα καροτενοειδή παίζουν άλλους ζωτικούς ρόλους στη διατροφή των καρκινοειδών (Gillchrist & Lee, 1972).

Έχει παρατηρηθεί να υπάρχει μειωμένη παραγωγή βιώσιμων νυμφών από τους θηλυκούς αστακούς, οι οποίοι γεννούν αυγά με ωχρο χρώμα, και τα οποία πιθανώς περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα ασταξανθίνης από ότι το κανονικό (Castell & Kean, 1986). Οι νύμφες των αστακών έχουν μικρότερη περιεκτικότητα καροτενοειδών από το κανονικό, όταν τρέφονται με κατεψυγμένες *Artemia*, αφού οι τελευταίες περιέχουν μικρή ποσότητα καροτενοειδών (Eagles et al., 1986). Έτσι, οι μετανύμφες είναι μικρότερου μεγέθους και παρατηρείται απώλεια των δαγκάνων τους (cheliped loss).

5. Βιταμίνες

Ο καθορισμός των απαιτήσεων σε βιταμίνες για τους αστακούς είναι εξαιρετικά δύσκολος (Castell et al., 1975) και λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες. Οι απαιτήσεις σε βιταμίνες του *H. americanus* πρέπει να υπολογιστούν, με τη πιθανή εξαίρεση της βιταμίνης C. Όμως, οι απαιτήσεις σε βιταμίνες των γαρίδων, οι οποίες είναι περισσότερο γνωστές, πιθανώς να είναι παρόμοιες με αυτών των αστακών. Οι απαιτήσεις σε βιταμίνες των γαρίδων απεικονίζονται στο Πίνακα 4.5.

Η ποσότητα της θειαμίνης στη τροφή για τις γαρίδες πρέπει να είναι περίπου 120 mg/kg τροφής (Deshimaru & Kuroki, 1979). Συγκεκριμένα, οι

απαιτήσεις της *P. monodon* σε θειαμίνη είναι 20 mg/kg τροφής (Chen et al., 1991), αλλά η *P. japonicus* που θεωρείται η πιο σαρκοφάγος εκτρεφόμενη γαρίδα, απαιτεί 60 mg/kg για βέλτιστη ανάπτυξη και 120 mg/kg για το πλήρη κορεσμό του ιστού (Deshimaru & Kuroki, 1979). Οι απαιτήσεις σε ριβοφλαβίνη της *P. monodon* είναι λίγο πάνω από τα 20 mg/kg τροφής (Chen & Hwang, 1992). Η προσθήκη νιασίνης λιγότερο από 10 mg/kg στη τροφή, επιδρά στην αύξηση του βάρους της *P. monodon* (Shiau & Suen, 1994). Η απαίτηση σε πυριδοξίνη (Βιταμίνη B₆) για τα ζώα είναι υψηλότερη από ότι αυτής της θειαμίνης (McDowell, 1989), και η ελάχιστη ποσότητα στη τροφή πρέπει να είναι 50 mg/kg (Akiyama et al., 1992), ενώ η επιβίωση και η αύξηση της *P. japonicus* ευνοείται στα 60 mg/kg (Deshimaru & Kuroki, 1979). Οι προτεινόμενες ποσότητες βιοτίνης και φολικού οξέως στις τροφές του εμπορίου για τις γαρίδες, είναι 1 mg/kg και 10 mg/kg τροφής αντίστοιχα (Akiyama et al., 1992). Το p-Αμινοβενζοϊκό οξύ (p-Aminobenzoic) δεν φαίνεται να έχει κανένα ρόλο στη διατροφή των καρκινοειδών. Οι απαιτήσεις της *P. monodon* στη βιταμίνη B₁₂ είναι 0,2 mg/kg τροφής, δείχνοντας ότι η συγκεκριμένη βιταμίνη απαιτείται σε ελάχιστη ποσότητα (Shiau & Lung, 1993).

Πίνακας 4.5: Σύγκριση της ποσότητας βιταμινών στην *Artemia* με τις αντίστοιχες στις δύο δίαιτες των καραβίδων όπως και με τις προτεινόμενες και απαιτούμενες ποσότητες στη τροφή των γαρίδων *

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	ARTEMIA	HFX CRD 84	BML 81S	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΤΡΟΦΗ ΓΑΡΙΔΩΝ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΤΡΟΦΗ ΓΑΡΙΔΩΝ
Υδατοδιαλυτές					
Θειαμίνη	127	64	200	50	120
Ριβοφλαβίνη	17	144	320	40	20
Νιασίνη	130	520	1040	200	10
Βιταμίνη B ₆	8	48	120	50	60
Παντοθενικό οξύ	68	286	600	75	10
Βιοτίνη	1	1,6	40	1	;
Φολικό οξύ	7	19,4	200	10	;
Βιταμίνη B ₁₂	3	54	40	0,1	0,2
Χολίνη	6100	7000	3600	400	600
Ινοσιτόλη	1200	2540	2200	300	400
ρ-Αμινοβενζοϊκό οξύ	-	404	1200	-	-
Ασκορβικό οξύ	220	1220	4840	100	120
Λιποδιαλυτές					
Βιταμίνη A (IU)	6650	51000	50000	10000	4800
Βιταμίνη E	-	2000	2000	300	100
Βιταμίνη D (IU)	-	340	4 Εκ.	5000	8000
Βιταμίνη K	-	16	-	5	40

*: Οι τιμές εφράζονται ως mg/kg υγρού βάρους

Τα καρκινοειδή πιθανώς απαιτούν τόσο τη χολίνη όσο και τη ινοσιτόλη, οι οποίες είναι συστατικά των φωσφολιπιδίων. Σε σύγκριση με άλλες βιταμίνες βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στα ζώα. Η προσθήκη χολίνης 600 mg/kg τροφής, βελτιώνει τόσο την αύξηση όσο και την επιβίωση των νεαρών ατόμων της *P. japonicus* (Kanazawa et al., 1976). Επιπλέον, για τη μέγιστη αύξηση και επιβίωση, η ποσότητα της ινοσιτόλης πρέπει να είναι τουλάχιστον 400 mg/kg τροφής (Kanazawa et al., 1976). Η προτεινόμενη ποσότητα στις τροφές του εμπορίου πρέπει να είναι 400 mg/kg χολίνης και 300 mg/kg ινοσιτόλης (Akiyama et al., 1992).

Όλες οι γαρίδες (penaeids) που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα, απαιτούν ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) στη τροφή τους (Conklin, 1990). Η προτεινόμενη ποσότητα στη τροφή ποικίλει, που εξαρτάται από τη πηγή του ασκορβικού οξέως. Το ασκορβικό οξύ μπορεί εύκολα να οξειδωθεί σε μία αδρανή μορφή και έτσι η φαινομενική απαίτηση στη τροφή θα μοιάζει πολύ περισσότερο από ότι η κανονική. Το *H. americanus* πιθανώς να μην απαιτεί καθόλου ασκορβικό οξύ. Υπάρχουν αποδείξεις ότι οι αστακοί συνθέτουν ασκορβικό οξύ (Desjardins et al., 1985), και σε μελέτες που προσφέρθηκαν σε νεαρά άτομα αστακών τροφές με μειωμένη ποσότητα ασκορβικού οξέος, δεν παρατηρήθηκε μείωση στην αύξηση και την επιβίωση (Kean et al., 1985b).

Τέλος, ο *H. americanus* (Stewart & Castell, 1979) αλλά και οι νύμφες γαρίδων (Kanazawa, 1983) πιθανώς να απαιτούν ορισμένες λιποδιαλυτές βιταμίνες. Παρόλα αυτά, η εύρεση της ποσότητας των λιποδιαλυτών βιταμινών στις τροφές, είναι δύσκολη διαδικασία (He et al., 1992).

6. Μέταλλα

Επειδή τα καρκινοειδή είναι ικανά να απορροφούν ιόντα από το νερό και τα μέταλλα είναι άφθονα στο θαλασσινό νερό, ο καθορισμός των απαιτήσεών τους σε μέταλλα, είναι πολύ δύσκολη διαδικασία. Ο εξωσκελετός του *H. americanus* περιέχει σημαντικές ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου, και οι απαιτήσεις σε ασβέστιο έχουν τύχει της μεγαλύτερης προσοχής. Παρότι τα θαλάσσια καρκινοειδή μπορούν να πάρουν ασβέστιο από το θαλάσσιο περιβάλλον (Hayes et al., 1962), η προσθήκη ασβεστίου στις τροφές των νεαρών αστακών φαίνεται να ευνοεί τη δημιουργία (mineralization) του εξωσκελετού. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει καμία επίδραση στην επιβίωση και την αύξηση (Conklin et al., 1975). Η καλύτερη αναλογία ασβεστίου:φωσφόρου για τα νεαρά άτομα των αστακών, έχει προταθεί να είναι 1:2. Όμως, η αύξηση και η επιβίωση σε όλες τις τροφές που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα μελέτη, δεν ήταν ικανοποιητικές (Gallagher et al., 1976b). Έχει επίσης παρατηρηθεί, μεγαλύτερη αποθήκευση ασβεστίου στη *P. monodon* όταν η τροφή της περιείχε αυξημένη ποσότητα βιταμίνης K (Shiau & Liu, 1994).

4.5 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, δείχνουν ότι η καραβίδα *N. norvegicus* μπορεί να αποτελέσει ένα είδος για εκτροφή στο μέλλον. Ο κορεσμός του κλάδου των υδατοκαλλιέργειών από ορισμένα είδη (τσιπούρα, λαβράκι), δημιουργεί προοπτικές για την εκτροφή νέων ειδών. Σε αυτά δεν πρέπει να ανήκουν απαραίτητα είδη ιχθύων. Έτσι, μπορούν να εκτραφούν και αρκετά είδη καρκινοειδών, με ένα από αυτά να αποτελεί και το *N. norvegicus*. Προς αυτό το σημείο βοηθάει και η υψηλή διατροφική της αξία για τον

άνθρωπο εξαιτίας της πρωτεϊνικής και λιπιδιακής της σύστασης (Rosa & Nunes, 2003). Παρόλα αυτά, απαιτείται περισσότερη έρευνα, με σκοπό την αναπαραγωγή του *N. norvegicus* σε ελεγχόμενες συνθήκες. Παράλληλα η έρευνα πρέπει να εστιαστεί και στην εύρεση των διατροφικών της αναγκών, έτσι ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν γρηγορότερα το εμπορεύσιμο μέγεθος. Η υπεροχή της φυσικής έναντι της τεχνητής τροφής για τη караβίδα, είναι εμφανής αφού όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι караβίδες που διατράφηκαν με μύδια είχαν καλύτερη ανάπτυξη από τα άτομα που διατράφηκαν με σύμπηκτα. Όμως, η μεγαλύτερη ποσότητα λίπους στη δεύτερη ομάδα καθιστούν αναγκαία την έρευνα, έτσι ώστε να ικανοποιηθούν στο μέλλον πλήρως οι διατροφικές απαιτήσεις του *N. norvegicus*.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- **Abello P., Abella A., Adamidou A., Jukic-Peladic S., Maiorano P., Spedicato M.T. (2002).** Geographical patterns in abundance and population structure of *Nephrops norvegicus* and *Parapenaeus longirostris* (Crustacea: Decapoda) along the European Mediterranean coasts, *Scientia Marina* 66 (Supp. 2): 125-141.
- **Adey J., Taylor A., Atkinson J., Smith P., Tuck I. (2003).** Norway lobster creel fisheries, (www.gla.ac.uk/centres/marinstationresearch/ephoprs_creel.htm).
- **Aguzzi J., J. B. Company, F. Sardà (2007).** The activity rhythm of berried and unberried females of *Nephrops norvegicus* (Decapoda, Nephropidae), *Crustaceana* 80 (9): 1121-1134.
- **Akiyama D.M., Dominy D.G., Lawrence A.L. (1992).** Penaeid shrimp nutrition. In “Marine Shrimp Culture” (A.W. Fans and L.J. Lester, eds.), pp. 535-568, Elsevier, Amsterdam.
- **Allen J.A. & Garrett M.R. (1971).** Taurine in marine invertebrates, *Adv. Mar. Biol.* 9: 205-253.
- **Alvarez-Fernandez I., Rotland G., Company J.B., Saborowski R., Fernadez L. (2005).** Biochemical characterization of eggs of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, during the embryonic development, Sixth International Crustacean Congress, 18-22 July 2005, Glasgow, U.K.

- **Analytical Methods Committee (2000).** Report by the Analytical Methods Committee. Nitrogen factor for *Nephrops norvegicus* (scampi), The Royal Society of Chemistry 125: 347–351.
- **Angellico M.M. (2000).** Distribution of *Nephrops norvegicus* larvae in the Western Irish sea and its relationship to physical structure, Ph.D. University of Whales Bangor.
- **Bailey N. & Chapman C.J. (1983).** A comparison of density, length composition and growth of two *Nephrops* populations off the West coast of Scotland, ICES (Shellfish and Benthos Committee) K: 42: 1-10.
- **Bailey N., Howard F.G., Chapman C.J. (1986).** Clyde *Nephrops*: biology and fisheries, Proc R Soc Edinb (Sect B) 90: 501-518.
- **Barnes H. & Bagenal T.B. (1951).** Observations on *Nephrops norvegicus* and an epizoic population of *Balanus crenatus*, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.
- **Bell M.C., Redant F., Tuck I. (2006).** *Nephrops* species. Chapter 13. In Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries. B.F. Phillips (ed.). Blackwell Publ., Oxford, pp. 412-462.
- **Bergmann M., Wieczorek S.K., Moore P.G., Atkinson R.J.A. (2002).** Discard composition of the *Nephrops* fishery in the Clyde Sea area, Scotland. Fisheries Research 57: 169–183.
- **Bjornsson B. & Dombaxe M.A.D. (2004).** Quality of *Nephrops* as food for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) with possible implications for fisheries management, ICES Journal of Marine Science 61: 983-991.

- **Boghen A.D., Castell J.D., Conklin D.E. (1982).** In search of a reference protein to replace “vitamin-free casein” in lobster nutrition studies, *Can. J. Zool.* 60: 2033-2038.
- **Bordner C.E., D’Abramo L.R., Conklin D.E. (1983).** Assimilation of nutrients by cultured hybrid lobsters (*Homarus* sp.) fed experimental diets, *J. World Maric. Soc.* 14: 11-24.
- **Briggs R. (1995).** Variability in northwest Irish Sea *Nephrops* populations, *Fisheries Research* 23: 175-187.
- **Briggs R.P., Armstrong M.J., Dickey-Collas M., Allen M., McQuaid N., Whitmore J. (2002).** The application of fecundity estimates to determine the spawning stock biomass of Irish Sea *Nephrops norvegicus* (L.) using the annual larval production method, *ICES Journal of Marine Science* 59: 109–119.
- **Campos A., Fonseca P., Erzini K. (2002).** Size selectivity of diamond and square mesh cod ends for rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*) and Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) off the Portuguese south coast, *Fisheries Research* 58: 281–301.
- **Capuzzo J.M., Lancaster B.A. (1979).** Some physiological and biochemical considerations of larval development in the American lobster, *Homarus americanus* Milne Edwards, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 40: 53-62.
- **Castell J.D. & Budson S.D. (1974).** Lobster nutrition: The effect on *Homarus americanus* of dietary protein levels, *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 1363-1370.

- **Castell J.D. & Kean J.C. (1986).** Evaluation of the role of nutrition in lobster recruitment, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 2320-2327.
- **Castell J.D., Mason E.G., Covey J.F. (1975).** Cholesterol requirements of juvenile American lobster (*Homarus americanus*), *J. Fish Res. Board Can.* 32: 1431-1435.
- **Castell J.D., Kean J.C., D'Abramo L.R., Conklin D.E. (1989a).** A standard reference diet for crustacean nutrition research. I. Evaluation of two formulations, *J. World Aquacult. Soc.* 20: 93-99.
- **Castell J.D., Kean J.C., McCann D.G.C., Boghen A.D., Conklin D.E., D'Abramo L.R., (1989b).** A standard reference diet for crustacean nutrition research. II. Selection of a purification procedure for production of the rock crab *Cancer irroratus* protein ingredient, *J. World Aquacult. Soc.* 20: 100-106.
- **Castro M., Araújo A., Monteiro P., Madeira A.M., Silvert W. (2003).** The efficacy of releasing caught *Nephrops* as a management measure, *Fisheries Research* 65: 475–484.
- **Chamberlain G. W. (1996).** Investigacion de frontera en nutricion acuicola. In: *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutricion Acuicola*, Monterrey, N.L.Mexico (ed. by R. Mendoza, E. Cruz & M. Ricque), pp. 27-43. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, NL, Mexico.
- **Chapman C.J. (1980).** Ecology of juvenile and adult *Nephrops*. In: Cobb JS, Phillips BF (eds) *The biology and management of lobsters*. Academic Press, New York, 143-178.

- **Chapman C.J. & Howard F.G. (1979).** Field observations on the emergence rhythm of the Norway lobster *Nephrops norvegicus*, using different methods, *Marine Biology* 51: 157-165.
- **Chapman C.J. & Ballantyne K.A. (1980).** Some observations on the fecundity of Norway lobsters in Scottish waters, *International Council for the Exploration of the Sea, C. M. Papers and Reports*, 1980/K: 25 1-4, (mimeo).
- **Chapman C.J. & Bailey N. (1987).** Biological research on fish and shellfish stocks, Recent progress in Norway lobster research, In Bailey, R. S. & B. B. Parrish, 14 (eds), *Development in Fisheries Research in Scotland*. Fishing News Books, Farnham, England: 99-111.
- **Chapman C.J. & Howard F.G. (1988).** Environmental influences on Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) populations and their implications for fishery management, In Fincham, A. A. & P. S. Rainbow (eds), *Aspects of decapod crustacean biology*. Symp. Zool. Soc. London, 59: 343-353.
- **Chapman C.J., A.D.F. Johnstone, A.L. Rice (1975).** The behaviour and ecology of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.). *Proc. Eur. mar. Biol. Symp.* 9: 59-74.
- **Chapman C.J., Shelton P.M.J., Shanks A.M., Gaten E. (2000).** Survival and growth of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* in relation to light-induced eye damage, *Marine Biology* 136: 233-241.
- **Chen H.Y. & Hwang G. (1992).** Estimation of the dietary riboflavin required to maximize tissue riboflavin concentration in juvenile shrimp (*Penaeus monodon*), *J. Nutr.* 122: 2474-2478.

- **Chen H.Y., Wu F.C., Tang S.Y. (1991).** Thiamin requirement of juvenile shrimp (*Penaeus monodon*), J. Nutr. 121: 1984-1989.
- **Claus C., Benijts F., Vandeputte G. (1979).** The biochemical composition of the larvae of two streams of *Artemia salina* (L.) reared on two different algal foods, J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 36: 171-183.
- **Company J.B. & Sarda F. (2000).** Growth parameters of deep-water decapod crustaceans in the northwest Mediterranean Sea: a comparative approach, Mar Biol 136: 79–90.
- **Conklin D.E. (1980).** Nutrition. In “The biology and Management of Lobsters” (J.S. Cobb and B.F. Phillips, eds.), Vol. 1, pp. 277-300, Academic Press, New York.
- **Conklin D.E. (1990).** Vitamin requirements of juvenile penaeid shrimps. Advances in Tropical Aquaculture, Workshop in Tahiti, 1989. IFREMER, Actes Colloq. 9: 287-308.
- **Conklin D.E., Devers K., Shleser R.A. (1975).** Initial development of artificial diets for the lobster, *Homarus americanus*, Proc. Annu. Meet – World Maric. Soc. 6: 237-243.
- **Conklin D.E., D’Abramo L.R., Bordner C.E., Baum N.A (1980).** A successful purified diet for the culture of juvenile lobster: The effect of lecithin, Aquaculture 21: 243-249.
- **Conklin D.E., D’Abramo L.R., Norman-Boudreau K. (1983).** Lobster nutrition. In “Handbook of Mariculture” (J.P. McVey, ed.) Vol. 1, 2nd ed., pp 413-423. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- **Cortes-Jacinto E., H. Villarreal-Colmenares, R. Civera-Cerecedo & J. Naranjo-Paramo (2004).** Effect of dietary protein level on the growth

and survival of pre-adult freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) in monosex culture, *Aquaculture Research* 35: 71-79.

- **Crear B., Mills D., Ritar A., Thomas C., Hart P. (1998).** Rock lobster (*Jasus edwardsii*) aquaculture, Tasmanian Aquaculture and Fisheries Institute, Annual Report 1997/98, 28 pp.
- **Crear B.J., C.W. Thomas, P.R. Hart, C.G. Carter (2000).** Growth of juvenile southern rock lobsters, *Jasus edwardsii*, is influenced by diet and temperature, whilst survival is influenced by diet and tank environment, *Aquaculture* 190:169–182.
- **Cristo M. (1998).** Feeding ecology of *Nephrops norvegicus* (Decapoda: Nephropidae), *Journal of natural history*, 32: 1493-1498.
- **Cristo M. & Cartes J.E. (1998).** A comparative study of the feeding ecology of *Nephrops norvegicus* (L.), (Decapoda: Nephropidae) in the bathyal Mediterranean and the adjacent Atlantic, *Sci Mar (Bar)* 62: 81–90.
- **Cristo M. & Castro M. (2005).** Field estimation of daily ration of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the south of Portugal, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39: 485–491.
- **Cruz-Suarez L.E., Ricque-Marie D., Martinez-Vega J.A., Wesche-Ebeling P. (1993).** Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*, *Aquaculture* 115: 53-62.
- **D'Abramo L.R., Bordner C.E., Daggett G.R., Conklin D.E., Baum N.A. (1980).** Relationship among dietary lipids, tissue lipids, and

growth in juvenile lobsters, Proc. Annu. Meet - World Maric. Soc. 11: 335-345.

- **D'Abramo L.R., Bordner C.E., Conklin D.E. (1982).** Relationship between dietary phosphatidylcholine and serum cholesterol in the lobster *Homarus* sp., Mar. Biol. 67: 231-235.
- **D'Abramo L.R., Bordner C.E., Conklin D.E., Baum N.A. (1984).** Sterol requirements of juvenile lobsters, *Homarus* sp., Aquaculture 42: 13-25.
- **D'Abramo L.R., Wright J.S., Wright K.H., Bordner C.E., Conklin D.E. (1985).** Sterol requirements of cultured juvenile crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, Aquaculture 49: 245-255.
- **Dadd R.H. (1983).** Insect nutrition: Relevance to marine invertebrates. In "Proceedings of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition" (G. Pruder, C.J. Langdon, D.E Conklin, eds.), pp. 33-55. Louisiana State University, Baton Rouge.
- **Davis D.A. & Arnold C.R. (1993).** Evaluation of five carbohydrate sources for *Penaeus vannamei*, Aquaculture 114: 285-292.
- **Deshimaru O. & Shigueno K. (1972).** Introduction to the artificial diet for prawn, *Penaeus japonicus*, Aquaculture 1: 115-133.
- **Deshimaru O. & Kuroki K. (1979).** Requirement of prawn for dietary thiamine, pyridoxine, and choline chloride, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45: 363-367.

- **Desjardins L.M., Castell J.D., Kean J.C. (1985).** Synthesis of dehydroascorbic acid by subadult lobsters (*Homarus americanus*), Can. J. Fish. Aquat. Biol. 42: 37-373.
- **Dickey-Colas M., McQuaid N., Armstrong M.J., Allen M., Briggs R.P. (2000).** Temperature-dependent stage durations of Irish Sea *Nephrops* larvae, Journal of Plankton Research 22: 749-760.
- **Eagles M.D., Aiken D.E., Waddy S.L. (1986).** Influence of light and food on larval American lobsters, *Homarus americanus*, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2303-2310
- **Eriksson H. (1999).** Spatial variabilities of CPUE and mean size as possible criteria for unit stocks demarcations in analytical assessments of *Nephrops* at Iceland, Rit Fiskideildar 16: 239-245.
- **Eriksson S. P. (2000a).** Variations of manganese in the eggs of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), Aquatic Toxicology 48: 291–295.
- **Eriksson S.P. (2000b).** Temporal variations of manganese in the haemolymph and tissues of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), Aquatic Toxicology 48: 297–307.
- **Eriksson S. P. & S. P. Baden (1997).** Behaviour and tolerance to hypoxia in juvenile Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) of different ages, Marine Biology 128: 49-54.
- **Eriksson S. P., M. Nabbing, E. Sjöman (2006).** Is brood care in *Nephrops norvegicus* during hypoxia adaptive or a waste of energy, Functional Ecology 20: 1097–1104.

- **FAO (2006).** State of world aquaculture 2006, FAO Fisheries Technical Paper. No. 500, Rome, Italy.
- **FAO (2008).** Fisheries technology, Gear type Fact Sheets, Rome, Italy.
- **FAO (2008).** FAO Species, *Nephrops norvegicus*, Rome, Italy.
- **Farina A.C., Freire J., Gonzalez-Gurriaran (1999).** Fecundity of the Norway lobster (*Nephrops norvegicus* (L.)) in Galicia (NW Spain) and a review of geographical patterns, *Ophelia* 50(3): 177-189.
- **Farmer A.S. (1974a).** Relative growth in *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae), *Journal of natural History* 8: 605-620.
- **Farmer A.S. (1974b).** The functional morphology of the mouthparts and pereopods of *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae), *Journal of natural History* 8: 121-142.
- **Farmer A.S. (1974c).** The development of the external sexual characters of *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae), *Journal of natural History* 8: 241-255.
- **Farmer A.S. (1974d).** Reproduction in *Nephrops norvegicus* (Decapoda: Nephropidae), *J Zool Proc Zool Soc Lond* 174:161–183.
- **Farmer A.S. (1975).** Synopsis of biological data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758), FAO Fisheries Synopses 112: 1-97.
- **Finney C.M. (1978).** Isotopic labeling of taurine, implications for its synthesis in selected tissues of *Homarus americanus*, *Comp. Biochem. Physiol. B* 61B: 409-413.
- **Ford D. (1981).** Small aquaria, pages 149-170. In: *Aquaria systems* (edited by Hawkins AD), Academic Press Limited.

- **Gallagher M.L. & Brown W.D. (1975).** Composition of San Francisco bay brine shrimp (*Artemia salina*), Agric. Food Chem. 23: 630-632.
- **Gallagher M.L., Conklin D.E., Brown W.D. (1976a).** Development of artificial diets for the lobster *Homarus americanus*, Proc. Annu. Meet - World Maric. Soc. 7: 363-378.
- **Gallagher M.L., Brown W.D., Conklin D.E., Sifri M. (1976b).** Effects of varying calcium phosphorus ratios in diets fed to juvenile lobsters (*Homarus americanus*), Comp. Biochem. Physiol. A 60A: 467-471.
- **Garrod C. & Harding D. (1980).** Preliminary estimates of distribution, abundance and mortality of larvae and the size of the *Nephrops norvegicus* (L.) spawning stock from larval surveys made off the north-east coast of England in 1976, International Council for the Exploration of the Sea, C. M. Papers and Reports, 1980/K: t 8, 1 9 (mimeo).
- **Gillchrist B.M. & Lee W.L. (1972).** Carotenoid pigments and their possible role in reproduction in the sand crab, *Emerita analoga* (Stimpson, 1857), Comp. Biochem. Physiol. B 42B: 263-294.
- **Gonzalez-Gurriaran E., Freire J., Farina A.C., Fernandez A. (1998).** Growth at molt and intermoult period in the Norway lobster *Nephrops norvegicus* from Galician waters, ICES J. Mar. 55: 924-940.
- **Good L.K., Bayer R.C., Gallagher M.L., Rittenberg J.H. (1982).** Amphipods as a potential for juveniles of the American lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards), J. Shellfish Res. 2: 183-187.
- **Gordon J.D.M. & De Silva S.S. (1980).** The fish populations of the west of Scotland shelf. Part I. Oceanography and Marine Biology, An Annual Review 18: 317–366.

- **Gramitto M.E. (1998).** Molt pattern identification through gastrolith examination on *Nephrops norvegicus* (L.) in the Mediterranean Sea, Sci. Mar. 62(suppl. 1): 17-23
- **Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture (2007).** Interaction between Aquaculture and the Environment. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain. 107 pages.
- **Harris R.R. & Ulmestrand M. (2004).** Discarding Norway lobster (*Nephrops norvegicus* L.) through low salinity layers e mortality and damage seen in simulation experiments, ICES Journal of Marine Science 61: 127-139.
- **Hawkins A.D. & Anthony P.D. (1981).** Aquarium Design and Donstruction, pages 1-46. In: Aquaria systems (edited by Hawkins AD), Academic Press Limited.
- **Hawkins A. & Lloyd R. (1981).** Materials for the aquarium, Aquarium systems, 171-196, ACADEMIC PRESS.
- **Hayes D.K., Singer L., Armstrong W.D. (1962).** Calcium homeostatic mechanisms and uptake of radioisotopes in the lobster, Am. J. Physiol. 202: 383-386.
- **He H., Lawrence A., Liu R. (1992).** Evaluation of dietary essentiality of fat-soluble vitamins, A, D, E and K, for penaeid shrimp (*Penaeus vannamei*), Aquaculture 103: 177-185.
- **Holmes J.M., Grans A.S., Neil D.M., Baden S.P. (1999).** The effects of the metal ions Mn^{2+} and Co^{2+} on muscle contraction in the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.), J. Comp. Physiol. B 169: 402–410.

- **Hughes D.J. (1998).** Sea pens and burrowing megafauna. An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs Centre for Coastal and Marine Sciences Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban.
- **Johnston Danielle, Roy Melville-Smith, Blair Hendriks (2007).** Survival and growth of western rock lobster *Panulirus cygnus* (George) fed formulated diets with and without fresh mussel supplement, Aquaculture 273: 108–117.
- **Kanazawa A. (1983).** Penaeid nutrition. In “Proceeding of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition” (G. Pruder, C.J. Langdon, and D.E Conklin, eds.), pp 87-105. Louisiana State University, Baton Rouge.
- **Kanazawa A., Teshima S., Tanaka N. (1976).** Nutritional requirements of prawn-V: Requirements for choline and inositol, Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 25: 47-51.
- **Karplus I., Barki A., Cohen S., Hulata G. (1995).** Culture of the Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel: I. Polyculture with fish in earthen ponds, Isr. J. Aquacult. 47: 6–16.
- **Kean J.C, Castell J.D., Boghen A.G., D’Abramo L.R., Conklin D.E. (1985a).** A re-evaluation of the lecithin and cholesterol requirements of juvenile lobster (*Homarus americanus*) using crab protein-based diets, Aquaculture 47: 143-149.

- **Kean J.C, Castell J.D, Trider D.J. (1985b).** Juvenile lobster *Homarus americanus* do not require dietary ascorbic acid, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 368-370.
- **Koshio S., Teshima S., Kanazawa A., Watase T. (1993).** The effect of dietary protein content on growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenile kuruma prawns, *Penaeus japonicus*, Aquaculture 113: 101-114.
- **Kovalenko E. Ekaterina, Louis R. D'Abramo, Cortney L. Ohs, Randal K. Buddington (2002).** A successful microbound diet for the larval culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*, Aquaculture 210: 385–395.
- **Krang A.-S. & Rosenqvist G. (2006).** Effects of manganese on chemically induced food search behaviour of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), Aquatic Toxicology 78: 284–291.
- **Lawrence C. & Jones C. (2002).** Cherax. In: Biology of Freshwater Crayfish (ed. by M.D. Holdich), pp. 635-669. Blackwell Science, London, UK.
- **Laubier Annie & Lucien Laubier (1993).** Marine crustacean farming: present status and perspectives, Aquat. Living Resour. 6: 319-329.
- **Leach R.M. & Lilburn M.S. (1978).** Manganese metabolism and its function, World Rev. Nutr. Diet 32: 123–134.
- **Leger P., Bengston D.A., Simpson K.L., Sorgeloos P. (1986).** The use and nutritional value of *Artemia* as a food source, Oceanogr. Mar. Biol. 24: 521-623.

- **Liddy G.C., Phillips B.F., Maguire G.B. (2003).** Survival and growth of instar 1 phyllosoma of the western rock lobster, *Panulirus cygnus*, starved before or after periods of feeding, *Aquaculture International* 11: 53–67.
- **Liddy G.C., S. Kolkovski, M.M. Nelson, P.D. Nichols, B.F. Phillips & G.B. Maguire (2005).** The effect of PUFA enriched *Artemia* on growth, survival and lipid composition of western rock lobster, *Panulirus cygnus*, phyllosoma, *Aquaculture Nutrition* 11: 375–384.
- **Loo Lars-Ove, Susanne Pihl Baden, Mats Ulmestrand (1993).** Suspension feeding in adult *Nephrops norvegicus* (L.) and *Homarus gammarus* (L.) (Decapoda), *Journal of Sea Research* 31 (3): 291-297.
- **Lucien-Brun H., Van Wormhoudt A., Lachaux A., Ceccaldi H. (1985).** Effects de regimes composes sur la croissance de homards juveniles, *Homarus gammarus* L.: Estimation biochimique de la composition optimale du regime alimentaire en proteines, *Aquaculture* 46: 97-109.
- **Madsen N., Moth-Poulsen T., Holstb R., Wileman D. (1999).** Selectivity experiments with escape windows in the North Sea *Nephrops* (*Nephrops norvegicus*) trawl fishery, *Fisheries Research* 42: 167-181.
- **Main J. & Sangster G. I. (1985).** The behaviour of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) during trawling, *Scottish Fisheries Research Repository* 34:1-23.
- **Mason E.G. & Castell J.D. (1980).** The effects of supplementing purified proteins with limiting essential amino acids on growth and

survival of juvenile lobsters (*Homarus americanus*), Proc. Annu. Meet – World Maric Soc. 11: 346-354.

- **McDowell L.R. (1989).** “Vitamins in Animal Nutrition”, Academic Press, San Diego.
- **Metts L.S., Thompson K.R., Xiong Y., Kong B., Webster C.D., Brady Y. (2007).** Use of alfalfa hay, compared to feeding practical diets containing two protein levels, on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, grown in ponds, Journal of the World Aquaculture Society 38 (2): 218-230.
- **Maynou F.X., Sarda F., Conan G.Y. (1998).** Assessment of the spatial structure and biomass evaluation of *Nephrops norvegicus* (L.) populations in the northwestern Mediterranean by geostatistics, ICES Journal of Marine Science 55: 102–120.
- **Mori M., Modena M., Biagi F. (2001).** Fecundity and egg volume in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) from different depths in the northern Tyrrhenian Sea, Sci Mar 65: 111–116.
- **Morizur Y. (1981).** Evaluation de la perte d'oeufs lots de l'incubation chez *Nephrops norvegicus* (L.) dans la region Sud-Bretagne, France. Crustaceana 41(3): 301-306.
- **Mouat B. (2002).** Reproductive dynamics of the male Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), PhD Thesis, University of Glasgow: 312 pp.
- **Mytilineou C., Papaconstantinou C., Foutrouni A. (1990).** Some aspects of the biology of Norway lobster *Nephrops norvegicus* in the N. Euboikos Gulf (Greece), Rapports et Proces Verbaux des Reunions du

Conseil international pour l'Exploration de la Mer Mediterranee 32(1): 34.

- **Mytilineou C., Fourni A., Papacostantinou, C. (1992).** Stomach content analysis of Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, in the North Aegean Sea (Greece), Rapport et Proces Verbaux de Reunions. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Mediterranee 33: 46.
- **Naylor E. & R.J.A. Atkinson (1976).** Rhythmic behaviour of *Nephrops* and some other marine crustaceans, Perspectives in experimental biology 1: 135-143. Ed. by P. Spencer- Davies. Oxford and New York: Pergamon Press.
- **Orsi-Relini L., Zamboni A., Fiorentino F., Massi D. (1998).** Reproductive patterns in Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.), (Crustacea Decapoda: Nephropodidae) of different Mediterranean areas, Sci. Mar. 62(suppl. 1): 25-41.
- **Papadopoulou K.N., Smith C.J., Lioudakis L.A., Skarvelis K. (2006).** Trap fishing, an alternative *Nephrops* fishery in the Aegean Sea. ICES Conference on Fishing Technology in the 21st century, Boston, USA, ICES BOSO6 2, 127.
- **Parslow-Williams P., Goodhir C., Atkinson R.J.A. & Taylor A.C. (2002).** Feeding of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* in the Firth of Clyde, Scotland. Ophelia, 56 (2): 101–120.
- **Phillips B.F. (1985).** Aquaculture potential for rock lobsters in Australia, Austr. Fish. 44: 2–7.

- **Phillips B.F. & Sastry A.N. (1980).** Larval ecology. In: Cobb JS, Phillips BF (eds) The biology and management of lobsters. Academic Press, New York, 11-57.
- **Pochon-Masson J., Payen G.G, Portemer C., Chatagner F. (1984).** Variations of taurine concentration in the ovaries and hepatopancreas of the female crab *Carcinus maenas* L. (Decapoda Brachyura) during the different phases of its genital activity, Int. J. Invertebr. Reprod. Dev. 7: 127-133.
- **Rice A.L. & Chapman C.J. (1971).** Observations on the burrows and burrowing behaviour of two mud-dwelling decapod crustaceans, *Nephrops norvegicus* and *Gonoplex rhomboids*, Marine Biology 10: 330-342.
- **Ritar Arthur J., Craig W. Thomas, Adrian R. Beech (2002).** Feeding *Artemia* and shellfish to phyllosoma larvae of southern rock lobster (*Jasus edwardsii*), Aquaculture 212: 179–190.
- **Rosa R. & Nunes M.L. (2002).** Biochemical changes during the reproductive cycle of the deep-sea decapod *Nephrops norvegicus* on the south coast of Portugal, Mar. Biol. 141: 1001-1009.
- **Rosa R. & Nunes M.L. (2003).** Nutritional quality of red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso), pink shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas), and Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Linnaeus), Journal of the Science of Food and Agriculture, J. Sci. Food Agric. 84: 89–94.
- **Rotland G., Charmantier-Daures M., Charmantier G., Anger K., Sarda F. (2001).** Effects of diet on *Nephrops norvegicus* (L.) larval and

postlarval development, growth, and elemental composition, *Journal of shellfish research* 20 (1): 347-352.

- **Rotllant G., Anger K., Durfort M., Sarda F. (2004).** Elemental and biochemical composition of *Nephrops norvegicus* (Linnaeus 1758) larvae from the Mediterranean and Irish Seas, *Helgol Marine Research* 58:206–210.
- **Sarda F. (1995).** A review (1967-1990) of some aspects of the life history of the *Nephrops norvegicus*, *ICES Mar. Sci. Symp.* 199: 78-88.
- **Sarda F. (1998).** *Nephrops norvegicus* (L.): comparative biology and fishery in the Mediterranean Sea. Introduction, conclusions and recommendations, *Scientia Marina* 62: 5–15.
- **Sarda F., Lleornart J., Cartes J.A. (1998).** An analysis of the populations dynamics of *Nephrops norvegicus* (L.) in the Mediterranean Sea, *Sci. Mar.* 62 (suppl. 1): 135-143.
- **Schmitt A.S.C. & R.F. Uglow (1997).** Effects of ambient ammonia levels on blood ammonia, ammonia excretion and heart and scaphognathite rates of *Nephrops norvegicus*, *Marine Biology* 127: 411- 418.
- **Shiau S.Y. & Peng C.Y. (1992).** Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater, *Aquaculture* 101: 241-250.
- **Shiau S.Y. & Lung C.Q. (1993).** Estimation of the vitamin B₁₂ requirement of the grass shrimp, grass prawn (*Penaeus monodon*), *Aquaculture* 117: 157-163.

- **Shiau S.Y. & Liu J.S. (1994).** Quantifying the vitamin K requirement of juvenile marine shrimp (*Penaeus monodon*) with menadione, J. Nutr. 124: 277-282.
- **Shiau S.Y. & Suen G.S. (1994).** The dietary requirement of juvenile grass shrimp (*Penaeus monodon*) for niacin, Aquaculture 125: 139-145.
- **Smith R.S.M. (1987).** The biology and larval and juvenile *Nephrops norvegicus* (L.) in the Firth of Clyde, Ph.D. Thesis University of Glasgow. Glasgow, Scotland.
- **Smith C.J. & Papadopoulou K.N. (2003).** Burrow density and stock size fluctuations of *Nephrops norvegicus* in a semi-enclosed bay, ICES Journal of Marine Science 60: 798–805.
- **Smith B.R., Miller G.C., Mead R.W., Taylor R.E.L. (1987).** Biosynthesis of asparagine and taurine in the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), Comp. Biochem. Physiol. B 87B: 827-831.
- **Smith C.J., Papadopoulou K.N., Kallianiotis P., Vidoris C.J., Chapman C.J., Vafidis D. (2001).** Growth and natural mortality of *Nephrops norvegicus*, with an introduction and evaluation of creeling in Mediterranean waters, European Commission Final Report DG XIV Study project 96/013: 195 pp.
- **Smith G.G., M.R. Brown & A.J. Ritar (2004).** Feeding juvenile *Artemia* enriched with ascorbic acid improves larval survival in the spiny lobster *Jasus edwardsii*, Aquaculture Nutrition 10: 105 – 112.

- **Stewart J.E. & Castell J.D. (1979).** Various aspects of culturing the American lobster, *Homarus americanus*. In “Advances in Aquaculture” (T.V.R. Pillay and W.A. Dill, eds.), pp. 314-319. Fishing News Books, Farnham, Surrey, England.
- **Teshima S., Kanazawa A., Koshio S., Kondo N. (1989).** Nutritive value of sitosterol for prawn, *Penaeus japonicus*, Nippon Suisan Gakkaishi 55: 153-157.
- **Teshima S., Kanazawa A., Koshio S. (1992).** Ability for bioconversion of n-3 fatty acids in fish and crustaceans, Oceanis 18: 67-75.
- **Thomas H.J. (1965).** The growth of Norway lobsters in aquaria, Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm int. Explor, Mer 156: 209-216.
- **Thompson R. Kenneth, Laura A. Muzinic, Linda S. Engler, Sha-Rhonda Morton, Carl D. Webster (2004).** Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality, Aquaculture Research 35: 659-668.
- **Tuck I.D., Atkinson R.J.A., Chapman C.J (2000).** Population biology of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) in the Firth of Clyde, Scotland II: fecundity and size at onset of sexual maturity, ICES Journal of Marine Science 57: 1227–1239.
- **Tully O. & Hillis J.P. (1995).** Causes and spatial scales of variability in population structure of *Nephrops norvegicus* (L.) in the Irish Sea, Fisheries Research 21: 329-347.

- **Verdoit M., Pelletier D., Talidec C. (1999).** A growth model that incorporates individual variability for the Norway lobster population (*Nephrops norvegicus*, L. 1758) from the Bay of Biscay, ICES Journal of Marine Science 56: 734–745.
- **Watanabe T., Arakawa T., Kitajima C., Fukusho K., Fujita S. (1978a).** Proximate and mineral composition of living feeds used in seed production of fish, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish 44: 973-984.
- **Watanabe T., Oowa F., Kitajima C., Fujita S. (1978b).** Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish, Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 44: 1115-1121.
- **Watanabe T., Kitajima C., Fujita S. (1983).** Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: A review, Aquaculture 34: 115-143.
- **Wilson R.P. (1989).** Amino acids and proteins. In “Fish Nutrition” (J.E. Halver, ed.), 2nd ed., pp. 111-151. Academic Press, San Diego.
- **Zandee D.I (1966a).** Absence of cholesterol synthesis as contrasted with the presence of fatty acid synthesis in some arthropods, Comp. Biochem. Physiol. 20: 811-822.
- **Zandee D.I (1966b).** Metabolism in the crayfish *Astacus astacus* (L.). I. Biosynthesis of amino acids, Arch. Int. Physiol. Biochim. 74: 35-44.
- **Zandee D.I. (1966c).** Metabolism in the crayfish *Astacus astacus* (L.). IV. The fatty acid composition and the biosynthesis of the fatty acids, Arch. Int. Physiol. Biochim. 74: 614-626.

Ελληνική βιβλιογραφία

- **Γρηγοράκης Κ., Αλέξη Μ., Νέγκας Γ. (1997).** Ποιότητα μυός και συσσώρευση λίπους σε καλλιεργούμενη τσιπούρα εμπορικών μεγεθών, Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
- **ΕΤΑΝΑΛ (1998).** Εταιρεία Ανάπτυξης Αλιείας.
- **Κλαουδάτος Σ. (2006).** Υδατοκαλλιέργειες 3, Εκτροφή Καρκινοειδών, Διθύρων Μαλακίων και Γαστερόποδων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- **Στρατάκος Α. (2007).** Βιολογία, αναπαραγωγή και οικολογία της караβίδας *Nephrops norvegicus* στο Παγασητικό κόλπο, Πτυχιακή διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

6. ABSTRACT

Through the years crustacean aquaculture production has increased worldwide. *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) is an important aquaculture candidate species in Greece but the development of manufacturing feeds is limited by the lack of detailed information on its feeding and nutritional requirements. The aim of this study was to examine the feeding behavior and growth of *N. norvegicus* under laboratory conditions, and to estimate their fat content. The growth experiments were carried out at the Laboratory of aquaculture in Volos. Juveniles were fed the experimental diets (mussels, pellets) for a period of 5 months. A group of starved *Nephrops* individuals was stocked. “Mussels group” showed the highest growth and low mortality (10 %), while the “pellets group” showed a lower growth and 20% mortality. The “Starvation” group despite the fact that showed the highest mortality (60 %), exhibited a remarkable tolerance to the lack of food supply. Besides, like all the species from aquaculture, the cultured lobsters seem to have more fat (%) in the white muscle than wild *Nephrops*.

Keywords: *Nephrops norvegicus*, growth, SGR, fat, Soxhlet