

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Κατανάλωση τροφής από το είδος *Nephrops norvegicus* σε συνθήκες
εκτροφής: διατροφική αγωγή με σύμπηκτο του εμπορίου**



Πηγή: www.carnivoraforum.com

Πετμεζάς Ζήσης

ΒΟΛΟΣ 2010

**«Κατανάλωση τροφής από το είδος *Nephrops norvegicus* σε συνθήκες εκτροφής:
διατροφική αγωγή με σύμπηκτο του εμπορίου»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***.
- 2) Ελένη Μεντέ**, Μόνιμη Επίκουρος Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.
- 3) Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, Ιχθυολογία - Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

Στους γονείς μου Αντώνιο, Νικολέτα
και την αδερφή μου Γεωργία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Ελένη Μεντέ και Καθηγητή κ. Χρήστο Νεοφύτου, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα. Ελένη Μεντέ για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά της, όσον αφορά την προμήθεια εργαστηριακού υλικού, τους συμφοιτητές μου Κωνσταντίνο Κρούπη, Βασιλική Κεφεκέ και Μαρία Σακκομήτρου καθώς επίσης την υποψήφια διδάκτορα Αλεξάνδρα Μεζίτη για την αμέριστη συμπαράστασή και συνεργασία τους κατά τη διάρκεια του πειράματος. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η κατανάλωση τροφής και η επιβίωση του *Nephrops norvegicus* εκτρεφόμενο σε συνθήκες εργαστηρίου. Αρσενικά άτομα του είδους, μέσου σωματικού βάρους $42,8 \pm 12,8$ g, τοποθετήθηκαν σε ατομικά κλουβιά, που βρίσκονταν σε γυάλινες δεξαμενές (ενυδρεία) με θαλασσινό νερό υπό συνεχή ανακύκλωση. Το πείραμα διήρκησε 20 εβδομάδες. Μια ομάδα 12 καραβίδων διατράφηκε με εμπορική τροφή (σύμπηκτο) και μια άλλη ομάδα 19 καραβίδων παρέμεινε σε ασιτία. Η ομάδα που διατράφηκε με σύμπηκτα επέδειξε επιβίωση 58,4%, ενώ η επιβίωση των ατόμων που παρέμειναν σε ασιτία ήταν 63,2%. Η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής για το είδος εκτιμήθηκε στο 0,10% επί του σωματικού βάρους (ως ξηρή ουσία) όταν τρέφεται με σύμπηκτα, το οποίο ισοδυναμεί με 0,14% επί του σωματικού βάρους για υγρή ουσία τροφής. Συνολικά χορηγήθηκαν 229,45 g συμπίκτων στην ομάδα των 12 καραβίδων, ενώ από αυτά καταναλώθηκαν τα 37,56 g, ποσοστό 16,36 %. Τέλος, όσον αφορά την αύξηση, η ομάδα που ταΐστηκε με σύμπηκτα εμφάνισε χαμηλό ειδικό ρυθμό αύξησης (SGR) (μέση τιμή ίση με 0,041 %/ημέρα), ενώ η ομάδα που παρέμεινε σε ασιτία παρουσίασε αρνητικό ειδικό ρυθμό αύξησης με μέση τιμή ίση -0,031 %/ημέρα.

Λέξεις κλειδιά: *Nephrops norvegicus*, καρκινοειδή, υδατοκαλλιέργειες, διατροφή, φυσιολογία θρέψης, κατανάλωση τροφής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Βιολογικά χαρακτηριστικά του <i>Nephrops norvegicus</i>	8
1.2 Διατροφή του <i>Nephrops norvegicus</i>	12
1.3 Οικονομική σημασία του είδους και δυνατότητα εκτροφής του.....	16
1.4 Σκοπός της έρευνας	17
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	 18
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	18
2.1 Συλλογή καραβίδων.....	18
2.2 Συνθήκες εκτροφής.....	19
2.3 Λειτουργία κλειστού κυκλώματος.....	23
2.4 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων	25
2.5 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής	25
2.6 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών	27
2.7 Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής	29
2.8 Θανάτωση καραβίδων και συλλογή ιστών	30
2.9 Παράμετροι αύξησης των καραβίδων	30
2.9.1 Αύξηση σωματικού βάρους.....	30
2.9.2 Ειδικός ρυθμός αύξησης.....	31
2.10 Χημικές αναλύσεις	31
2.10.1 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας.....	31
2.10.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων.....	32
2.10.3 Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων	34
2.10.4 Προσδιορισμός τέφρας	35
2.11 Στατιστική ανάλυση	35
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	 37
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	37
3.1 Επιβίωση.....	37
3.2 Κατανάλωση τροφής	37
3.3 Έκδυση	42
3.4 Αύξηση	43
3.5 Χημική σύσταση μυϊκού ιστού καραβίδων	46
3.5.1 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις	46
3.5.2 Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	49
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	49
4.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων πειράματος.....	49
4.2 Συμπεράσματα	53
 ABSTRACT	55
 BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Βιολογικά χαρακτηριστικά του *Nephrops norvegicus*

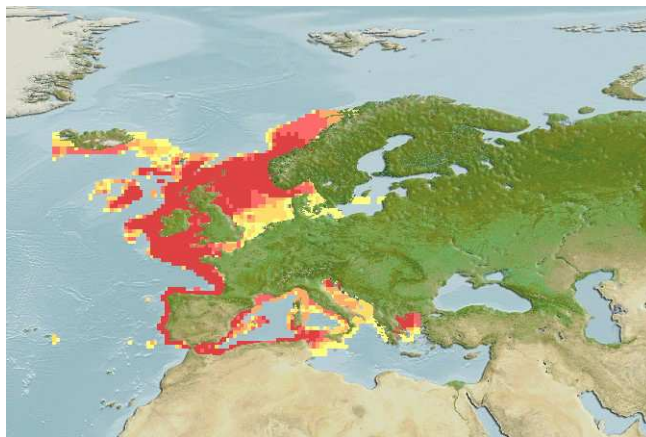
Η караβίδα *Nephrops norvegicus* (Linnaeus 1758) (Σχ. 1.1) ή νορβηγικός αστακός (αγγλ. Norway lobster) είναι ένα δεκάποδο καρκινοειδές της οικογένειας Nephropidae, με μεγάλη εμπορική και οικονομική σημασία τόσο στην Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, όσο και στον υπόλοιπο κόσμο (Aguzzi, 2008). Το είδος είναι ευρέως διαδεδομένο στο Β.Α. Ατλαντικό ωκεανό, κατά μήκος των ακτών της Δυτικής Ευρώπης, αλλά και στη Μεσόγειο θάλασσα (Σχ.1.2) (Bjornsson and Dombaxe, 2004). Είναι ένα μακρόβιο, γονοχωριστικό είδος με κανιβαλιστικές τάσεις, το οποίο διαβιώνει σε σχετικά υψηλά επίπεδα αλατότητας (33-35 psu) (Harris and Ulmestrand, 2004) και σε χαμηλές θερμοκρασίες (6-15°C). Επίσης, στο φυσικό του περιβάλλον χαρακτηρίζεται από αργή ανάπτυξη και χαμηλό ρυθμό θνησιμότητας (Sarda, 1995).



Σχήμα 1.1. Η караβίδα (*Nephrops norvegicus*). Πηγή: www.marinbi.com

Το ολικό μήκος του σώματος της συνήθως είναι 10-20 cm, αν και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 24 cm (Holthuis, 1991). Σύμφωνα με τους Mytilineou *et al.*

(1990) τα αρσενικά άτομα του είδους παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα θηλυκά, όπως προέκυψε από σχετικές έρευνες στην περιοχή του Παγασητικού κόλπου.



Σχήμα 1.2. Γεωγραφική κατανομή του *Nephrops norvegicus*. Πηγή: www.aqua-maps.org

Ως δεκάποδο καρκινοειδές, κάθε άτομο του είδους διαθέτει 5 ζεύγη πλεοποδίων και 5 ζεύγη ποδιών, εκ των οποίων τα 3 πρώτα ζεύγη φέρουν δαγκάνες στις άκρες τους. Τα 4 ζεύγη αποτελούν τα βαδιστικά πόδια, ενώ το πέμπτο ζεύγος έχει διαφοροποιηθεί σε δαγκάνες τεμαχισμού και θρυμματοποίησης. Το ζεύγος αυτό είναι ιδιαίτερα μεγάλο, με επιμήκεις και ακανθώδεις κορυφές. Στην κορυφή του κεφαλοθώρακα βρίσκονται οι οφθαλμοί της караβίδας, οι οποίοι είναι σφαιρικού σχήματος, μεγάλοι, μαύροι και μετακινούμενοι. Επιπλέον, το *N. norvegicus* φέρει δύο ζεύγη αντενών (κεραιών), εκ των οποίων το δεύτερο ζεύγος είναι πιο μακρύ και λεπτό από το πρώτο. Τέλος, Ο εξωσκελετός του *N. norvegicus* είναι πολύ ανθεκτικός και αποτελείται από 70% άλατα ασβεστίου, 21% χιτίνη, 9% πρωτεΐνες και 1,3% λιπίδια (Welinder, 1974).

Το ενδιαίτημα της караβίδας βρίσκεται σε πυθμένες θαλασσών που αποτελούνται από λάσπη, υλή, άμμο και είναι πλούσιοι σε μαγγάνιο (Mn) (Farmer, 1975). Σε τέτοιες περιοχές με μαλακό υπόστρωμα, οι караβίδες (*N. norvegicus*)

σκάβουν εκτεταμένες φωλιές (λαγούμια, Σχ. 1.3), η διάμετρος των οποίων μπορεί να φτάσει τα 10 cm, το μήκος τους το 1 m και το βάθος τους τα 30 cm (Aguzzi, 2008). Επιπλέον, οι φωλιές ποικίλουν από απλές οπές με ένα μόνο άνοιγμα (είσοδος) σε πιο περίπλοκες με περισσότερα από ένα ανοίγματα (7 ή και 8) (Rice and Chapman, 1971). Το βάθος στο οποίο συναντάται το είδος στη Μεσόγειο είναι τα 200-700 m (Smith and Papadopoulou, 2003). Ωστόσο στον Παγασητικό κόλπο ο πληθυσμός κατανέμεται σε βάθη μεταξύ 70-108 m. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στα παγωμένα πυθμενικά στρώματα και στη σταθερή θερμοκρασία 11-14 °C που υπάρχει στη περιοχή και δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης (Smith and Papadopoulou, 2003). Σύμφωνα με τους Smith and Papadopoulou (2003) οι πυκνότητες των πληθυσμών της καραβίδας στην περιοχή του Παγασητικού κόλπου είναι οι μεγαλύτερες σε σχέση με άλλες ελληνικές περιοχές.



Σχήμα 1.3. Καραβίδα στη φωλιά της. Πηγή: <http://upload.wikimedia.org>

Η αναπαραγωγή του είδους λαμβάνει χώρα τους φθινοπωρινούς μήνες (κυρίως Σεπτέμβρη-Οκτώβρη) και μπορεί να πραγματοποιείται μέχρι δύο φορές ανά έτος στη Μεσόγειο (κάθε 6 μήνες) ή ανά 10 μήνες στην Ισλανδία και σε άλλες χώρες του Βορρά (Sarda, 1995). Τα θηλυκά φτάνουν σε αναπαραγωγική ωριμότητα νωρίς την άνοιξη. Αφού έρθουν σε σύζευξη με το αρσενικό και γονιμοποιηθούν επιτυχώς,

εναποθέτουν τα αυγά τους στο κάτω μέρος της κοιλιακής χώρας (Σχ. 1.4) το καλοκαίρι και τελικά τα απελευθερώνουν στο περιβάλλον κατά τη χειμερινή και ανοιξιάτικη περίοδο. Ο αριθμός των αυγών που μπορεί να φέρει (κυοφορήσει) ένα θηλυκό άτομο κυμαίνεται από 40 έως 4000 (Tuck *et al.*, 2000).

Οι Mente *et al.* (2009) μελέτησαν την αναπαραγωγή του είδους στον Παγασητικό κόλπο και ανέφεραν πως η αναπαραγωγική ωρίμανση των θηλυκών ατόμων συμβαίνει την περίοδο άνοιξη-καλοκαίρι έχοντας μία εκτεταμένη περίοδο ωοαπόθεσης στα πλεοπόδια, η οποία κορυφώνεται τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Η απελευθέρωση των αυγών από τα πλεοπόδια των θηλυκών ατόμων συμβαίνει κυρίως την περίοδο Ιανουάριο-Μάρτιο (Mente *et al.*, 2009). Οι εκτιμήσεις του μεγέθους των ατόμων κατά τη έναρξη της αναπαραγωγικής ωριμότητας, που βασίζονται στην ωρίμανση των ωοθηκών, παρουσιάζουν μεταβλητότητα στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές όπου το είδος συναντάται (Tuck *et al.*, 2000). Για τον πληθυσμό του *N. norvegicus* στον Παγασητικό κόλπο, το μέγεθος στο οποίο το 50% των θηλυκών ατόμων του πληθυσμού φτάνει σε αναπαραγωγική ωριμότητα έχει εκτιμηθεί στο 28,1 mm του μήκους κεφαλοθώρακα (Mente *et al.*, 2009).



Σχήμα 1.4. Ωοαπόθεση αυγών στα πλεοπόδια του *N. norvegicus*. Πηγή: www.marlin.ac

Μετά την εκκόλαψη των αυγών, απελευθερώνονται οι λάρβες οι οποίες μοιάζουν μορφολογικά με τα ενήλικα άτομα και αλλάζουν πολλές φορές τον εξωσκελετό τους (έκδυση) τα πρώτα τρία χρόνια της ζωής τους. Στα ενήλικα άτομα αυτό γίνεται μία φορά κάθε χρόνο, προτού ζευγαρώσουν, καθώς τα άτομα του *N. norvegicus* φτάνουν σε αναπαραγωγική ωριμότητα στην ηλικία των 5 ετών (Johnson *et al.*, 2008). Οι νεοεκκολαφθείσες λάρβες δεν είναι ικανές να κολυμπήσουν, αλλά μέσα σε λίγα λεπτά εκδύονται για πρώτη φορά περνώντας έτσι στο πρώτο λαρβικό στάδιο ικανό για κολυμβητική δραστηριότητα (Dickey-Collas *et al.*, 2005). Η караβίδα (*N. norvegicus*), σε αυτό το στάδιο της ζωής της, χαρακτηρίζεται από τρία λαρβικά στάδια και ένα στάδιο μεταπρονύμφης (Farmer, 1975). Στη συνέχεια, η μεταπρονύμφη περνά στο στάδιο του νεαρού ατόμου και έπειτα, μετά την πάροδο κάποιων ετών, μεταπηδά στο στάδιο των ενήλικων ατόμων.

Οι Tuck *et al.* (2000) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η γονιμότητα των θηλυκών ατόμων του *N. norvegicus* είναι εξαιρετικά μεταβλητή, ακόμα και όταν πρόκειται για άτομα του ίδιου πληθυσμού. Αλλαγές στη γονιμότητα μπορεί να οφείλονται τόσο σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όσο και σε χρονικές διακυμάνσεις της ποσότητας της διαθέσιμης τροφής.

1.2 Διατροφή του *Nephrops norvegicus*

Γενικά, οι караβίδες και οι αστακοί (υφομοταξία Astacidea που περιλαμβάνει τις οικογένειες Nephropidae και Homaridae) τρέφονται κυρίως με διάφορα είδη ασπόνδυλων, μικρότερα καρκινοειδή, μαλάκια και σε μικρότερο ποσοστό με πολύχαιτους και εχινόδερμα (Parslow-Williams *et al.*, 2002), αλλά και με νεκρά ψάρια (Bjornsson and Dombaxe, 2004).

Με βάση τη φυσική τους διαίτα, οι караβίδες μπορούν να διαχωριστούν σε 3 ηλικιακές κατηγορίες: 1) το πλαγκτονικό στάδιο ή στάδιο της λάρβας, 2) το στάδιο

των νεαρών-ανήλικων ατόμων και 3) το στάδιο των ενήλικων ατόμων (Lavalli and Factor, 1992). Σε αυτά τα τρία διαφορετικά στάδια ανάπτυξης και διατροφής χρησιμοποιούνται τελείως διαφορετικές στρατηγικές σύλληψης, που ανταποκρίνονται σε διαφορετικά θηράματα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αλλάζουν και τις ποιοτικές τους ανάγκες στα διάφορα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνουν μέσω της τροφής τους. Για παράδειγμα, στο στάδιο της λάρβας τρέφονται με πλαγκτονικούς οργανισμούς, ενώ αργότερα τα νεαρά και ενήλικα άτομα τρέφονται με βενθικούς οργανισμούς. Στο πλαγκτονικό στάδιο, οι λάρβες των καραβίδων τρέφονται κυρίως με διαθέσιμους ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς όπως, κωπήποδα, αμφίποδα, άλλες λάρβες δεκάποδων, εχινόδερμων και ψαριών, σκουλήκια και μικρά μαλάκια (Harding *et al.*, 1983). Σε συνθήκες εκτροφής, πολλά είδη καραβίδων και αστακών που βρίσκονται στο στάδιο της λάρβας έως το στάδιο της μεταπρονύμφης διατρέφονται με ενήλικα άτομα του είδους *Artemia* sp. επιτυγχάνοντας πολύ καλή σωματική αύξηση στους τρεις πρώτους μήνες της ανάπτυξής τους (Lavalli, 1991).

Σε εργαστηριακά πειράματα που πραγματοποίησαν οι Rotland *et al.* (2001), παρατήρησαν πως οι μεταλάρβες της καραβίδας (*N. norvegicus*) που διατράφηκαν με ενήλικα άτομα του είδους *Artemia* sp. παρουσίασαν σε σύντομο χρονικό διάστημα, μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης μεγέθους και βιομάζας, όπως επίσης και υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης, σε σχέση με άλλες τροφές που τους παρασχέθηκαν.

Στο στάδιο των νεαρών ανήλικων ατόμων, οι καραβίδες συνήθως μένουν κρυμμένες μέσα στη φωλιά τους για προστασία από μεγαλύτερους θηρευτές και περιμένουν εκεί το θήραμά τους. Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος με τον οποίο τρέφονται οι καραβίδες στο στάδιο αυτό, καθώς δημιουργώντας ρεύμα νερού με τα πλεοπόδιά τους παρασύρουν μέσα στο λαγούμι τους το θήραμά (συνήθως ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς) (Barshaw, 1989). Επίσης, οργανισμοί που θα

βρεθούν τυχαία είτε μέσα στο λαγούμι είτε κοντά στην είσοδό του, συλλαμβάνονται άμεσα από τις караβίδες αποτελώντας πρόσθετη πηγή τροφής (Barshaw and Bryant-Rich, 1988).

Όσον αφορά τα ενήλικα άτομα (μήκος κεφαλοθώρακα $> 20\text{mm}$), περνούν και αυτά αρκετό καιρό κρυμμένα στις φωλιές τους και σύμφωνα με τον Hudon (1987) μόνο περιστασιακά παρατηρούνται άτομα με μήκος κεφαλοθώρακα $< 30\text{mm}$ έξω από τα λαγούμια τους. Ωστόσο, τα μεγαλύτερα άτομα (μήκος κεφαλοθώρακα $> 40\text{mm}$), έχουν τελείως διαφορετική διατροφική συμπεριφορά. Αντίθετα από τα νεαρά άτομα του είδους, που διαφεύγουν μακριά από τον κίνδυνο με απότομες κινήσεις της ουράς, τα μεγαλύτερα άτομα παραμένουν στη θέση τους και υπερασπίζονται την περιοχή και τον εαυτό τους επιδεικνύοντας τις δαγκάνες τους (Hudon, 1987). Αναφορικά με τις διατροφικές τους προτιμήσεις, πρέπει να αναφερθεί πως τα ενήλικα άτομα είναι ευκαιριακοί κυνηγοί και τρέφονται με λεία υψηλής πρωτεϊνικής σύστασης που ενισχύει την σύνθεση του εξωσκελετού μετά την έκδυση (Leavitt *et al.*, 1979). Τα πιο συνήθη θηράματά τους είναι μαλάκια, καβούρια, πολύχαιτοι και αχινοί (Weiss, 1970). Σε έρευνα των Elner and Campbell (1987) στα στομάχια αστακών του είδους *Homarus americanus* έχουν ταυτοποιηθεί υπολείμματα τροφής οργανισμών που ανήκαν σε 65 διαφορετικές τάξεις. Ωστόσο, οι διατροφικές τους προτιμήσεις διαφέρουν από εποχή σε εποχή και συνδέονται άμεσα με το ενδιαίτημα κάθε ζώου (Hudon and Lamarche, 1989). Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί πως οι караβίδες και οι αστακοί συχνά τρέφονται και με άτομα του ίδιου είδους (κανιβαλισμός), συνήθως μετά την έκδυση, όπου τα εκδυθέντα άτομα δε διαθέτουν σκληρό εξωσκελετό. Ωστόσο το ποσοστό του κανιβαλισμού δεν ξεπερνά το 10% της συνολικής κατανάλωσης τροφής (Leavitt *et al.*, 1979).

Η караβίδα (*Nephrops norvegicus*) στο φυσικό της περιβάλλον, δεν παρουσιάζει επιλεκτικότητα στη λεία της, αλλά προτιμά να τρέφεται με οργανισμούς που βρίσκονται σε αφθονία στο ενδιαίτημά της (Freire *et al.*, 1990), όπως μαλάκια, πολύχαιτους, εχινόδερμα, άλλα καρκινοειδή και ψάρια (Thomas and Davidson, 1962). Η Christo (1998) δεν παρατήρησε καμία παραλλακτικότητα της τροφής σε σχέση με της εποχές του χρόνου. Ωστόσο, η ποικιλία των τροφών που καταναλώνουν τα άτομα του είδους σχετίζεται άμεσα με το μέγεθός τους, καθώς τα ανήλικα και μικρότερα άτομα που δεν διαθέτουν τόσο ισχυρές δαγκάνες όσο τα ενήλικα άτομα, προτιμούν θηράματα μικρού μεγέθους με πιο μαλακούς εξωτερικούς ιστούς (Figueredo and Thomas, 1967). Όλα τα παραπάνω, συνηγορούν στο γεγονός ότι το *N. norvegicus*, είναι ένα είδος που χαρακτηρίζεται ταυτόχρονα και ως σαπρονεκροφάγος, αλλά και ως ενεργός θηρευτής (Christo and Cartes, 1998).

Οι Sarda and Valladares (1990) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε στομάχια άγριων ατόμων του είδους από τη Δυτική Μεσόγειο, παρατήρησαν πως τα άτομα διατρέφονταν κατά κύριο λόγο με: καρκινοειδή (42,58%), ψάρια (12,16%) και σε μικρότερα ποσοστά μαλάκια (6,08%), αμοιβαδοειδή πρωτόζωα της τάξης Foraminifera (5,7%), εχινόδερμα (4,56%), πολύχαιτους (2,66%), κνιδόζωα (1,9%), σπογγοειδή (1,14%) και ασκίδια του φύλου Tunicata (0,76%).

Οι Christo and Castro (1995) υπολόγισαν το ημερήσιο σιτηρέσιο των караβίδων της θαλάσσιας περιοχής της Νότιας Πορτογαλίας, το οποίο κυμαίνεται από 1,078 έως 1,170 g για τα αρσενικά άτομα και 1,642 έως 1,755 g για τα θηλυκά άτομα ανά 100 g υγρού βάρους σώματος. Οι ίδιοι συγγραφείς ανέφεραν πως όταν τα θηλυκά άτομα βρίσκονται στην αρχή της βιτελογέννεσης, ο ρυθμός αύξησης τους αυξάνει με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι διατροφικές τους απαιτήσεις. Ο διατροφικός ρυθμός των караβίδων είναι σχετικά χαμηλός και το μέγιστό του

παρουσιάζεται, σύμφωνα με έρευνες στο Βόρειο Αιγαίο πέλαγος από τους Mytilineou *et al.* (1992) κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι.

Τα αυγομένα θηλυκά παραμένουν στις φωλιές τους καθ' όλη τη διάρκεια της επώασης των αυγών τους και για αυτό δε δραστηριοποιούνται για την εξεύρεση της τροφής τους. Έτσι, συντηρούνται με τα διαθέσιμα σωματικά τους αποθέματα αλλά και με οργανισμούς που θα βρεθούν τυχαία, είτε μέσα στο λαγούμι είτε κοντά στην είσοδό του (Adey *et al.*, 2001).

1.3 Οικονομική σημασία του είδους και δυνατότητα εκτροφής του

Το είδος *N. norvegicus* αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εμπορικά είδη των ευρωπαϊκών και ελληνικών θαλασσών, συμπεριλαμβανομένου του Παγασητικού κόλπου (Smith and Papadopoulou, 2007). Οι συνολικές ετήσιες εκφορτώσεις του είδους τόσο στον Παγασητικό κόλπο, όσο και γενικότερα στην ελληνική επικράτεια έχουν μειωθεί τα τελευταία χρόνια (Smith and Papadopoulou, 2007). Σύμφωνα με τους Papaconstantinou *et al.* (2007), η αλιευτική παραγωγή ανά μήνα στην Ελλάδα στις αρχές της δεκαετίας του 1980, εκτιμήθηκε στους 100 t και παρουσίασε αύξηση στους 300 t τη δεκαετία του 1990. Ωστόσο, στα μέσα της δεκαετίας, μειώθηκε στους 150 t και στις αρχές του 2000 έφτασε τους 50 t. Τα πιο πρόσφατα επίσημα στοιχεία αφορούν το 2006 με την ετήσια παραγωγή να εκτιμάται στα 436 t, δηλαδή περίπου 36 t κάθε μήνα (FAO, 2007).

Οι υδατοκαλλιέργειες μπορούν να συνεισφέρουν στην προσφορά αλιευμάτων και πιθανώς να μειώσουν την αλιευτική πίεση στα φυσικά αποθέματα. Αυτός είναι και ο λόγος που προσφάτως πολλά νέα είδη καρκινοειδών έχουν χρησιμοποιηθεί σε υδατοκαλλιέργειες (Williams, 2007). Το *N. norvegicus* θα μπορούσε ίσως να αποτελέσει ένα νέο είδος για τις υδατοκαλλιέργειες, λόγω της υψηλής αγοραστικής

του τιμής και ζήτησης και λόγω του ότι τα φυσικά αποθέματα βρίσκονται σε μείωση. Ωστόσο, ελάχιστες προσπάθειες έχουν γίνει μέχρι σήμερα για την επιτυχή εκτροφή του. Ελάχιστα, επίσης, είναι γνωστά σχετικά με τη διατροφή και τις διατροφικές του απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά.

1.4 Σκοπός της έρευνας

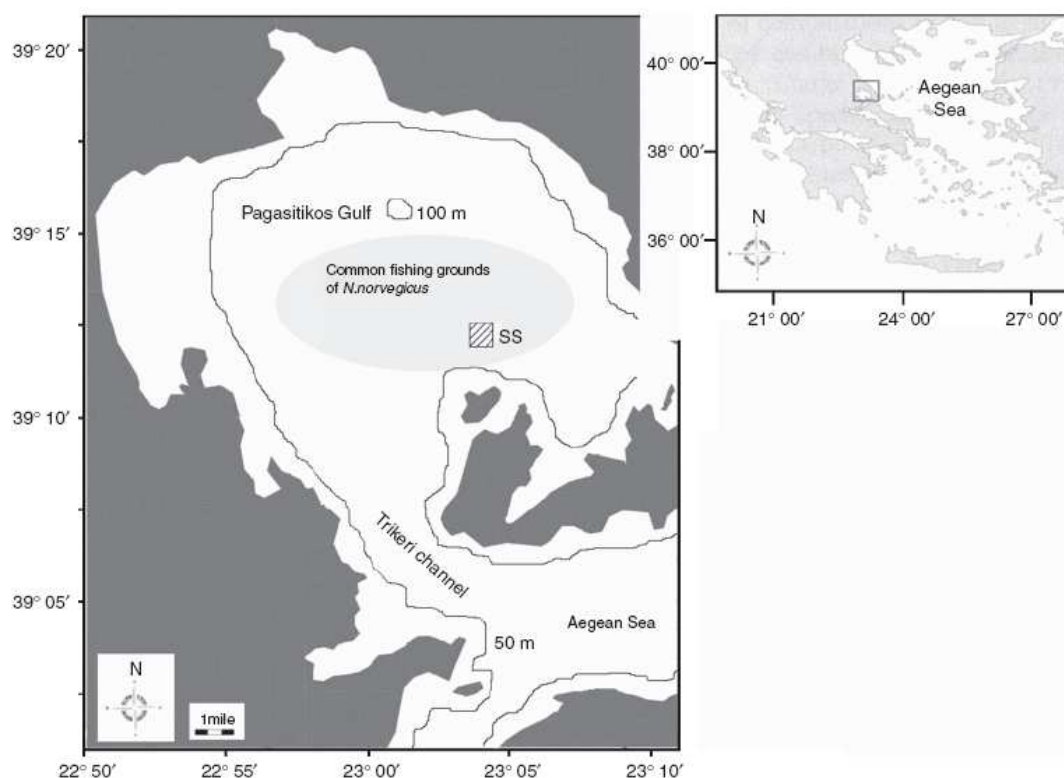
Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της κατανάλωσης τροφής του είδους *N. norvegicus* και της επίδρασής της στην επιβίωση και ανάπτυξη του σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Για το σκοπό αυτό, διενεργήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 20 εβδομάδων κατά το οποίο άτομα του είδους σιτίστηκαν ατομικά και διατράφηκαν με εμπορικά σύμπληκτα προκειμένου να εξεταστεί η καταλληλότητα τους ως σιτηρέσιο εκτροφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Συλλογή καραβίδων

Οι καραβίδες (*N. norvegicus*) που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα συλλέχθηκαν τον Απρίλιο του 2009 με τη βοήθεια αλιεία από τη θαλάσσια περιοχή του Παγασητικού κόλπου που δείχνεται στο Σχήμα 2.1. Συνολικά συλλέχτηκαν τριάντα μία (31) καραβίδες, οι οποίες ήταν αρσενικού φύλου. Για την αλιεία των καραβίδων χρησιμοποιήθηκαν ειδικές παγίδες (Σχ. 2.2) οι διαστάσεις των οποίων ήταν 60 cm × 45 cm × 30 cm (μήκος × πλάτος × ύψος) με άνοιγμα ματιού 28 mm. Το βάθος στο οποίο ρίχθηκαν και ανασύρθηκαν οι παγίδες ήταν 85-90 m.



Σχήμα 2.1. Αλιευτικό πεδίο της καραβίδας *N. norvegicus* στον Παγασητικό κόλπο (γκριζωπή έλλειψη). Η περιοχή με τις γραμμώσεις αντιπροσωπεύει την περιοχή σύλληψης των καραβίδων που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα (υιοθετημένο από Mente *et al.*, 2009).



Σχήμα 2.2. Παγίδα αλίευσης. Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Αμέσως μετά την αλίευση, οι караβίδες τοποθετήθηκαν σε ατομικές παγίδες (Σχ. 2.3) ώστε να αποφευχθούν τυχόν φαινόμενα κανιβαλισμού κατά τη μεταφορά τους στον πειραματικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Οι παγίδες αυτές ήταν κυλινδρικού σχήματος μήκους 17,5 cm και διαμέτρου 10 cm και κατασκευάστηκαν από πλαστικό δίχτυ με μεγάλο άνοιγμα ματιού (1,2 cm). Μετά την τοποθέτηση της караβίδας στην ατομική της παγίδα μεταφοράς, αυτή κλείνονταν με πλαστικούς σφιγκτήρες ώστε να μη μπορούν να διαφύγουν οι караβίδες από αυτές. Τέλος οι ατομικές παγίδες με τις караβίδες τοποθετήθηκαν σε κλειστή δεξαμενή μεταφοράς, η οποία περιείχε θαλασσινό νερό από την περιοχή της αλιείας τους μέσω της οποίας μεταφέρθηκαν στον πειραματικό σταθμό του Τμήματος.

2.2 Συνθήκες εκτροφής

Οι συλλεχθείσες караβίδες παρέμειναν στις παγίδες μεταφοράς και τοποθετήθηκαν με αυτόν τον τρόπο σε 4 γυάλινα ενυδρεία (δεξαμενές εκτροφής, Σχ.

2.4) χωρητικότητας 100 l κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας νερού, όπου αφέθηκαν να εγκλιματιστούν για 14 ημέρες. Έπειτα από 14 ημέρες, και αφού ζυγίστηκαν και μορφομετρήθηκαν ατομικά (λεπτομέρειες δίνονται σε αντίστοιχη υποενότητα), οι καραβίδες τοποθετήθηκαν σε ατομικά κλουβιά μήκους 20 cm, πλάτους 15 cm και ύψους 17 cm σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, τα οποία με τη σειρά τους τοποθετήθηκαν στις δεξαμενές.



Σχήμα 2.3. Ατομικές παγίδες μεταφοράς. Πηγή: Προσωπικό αρχείο

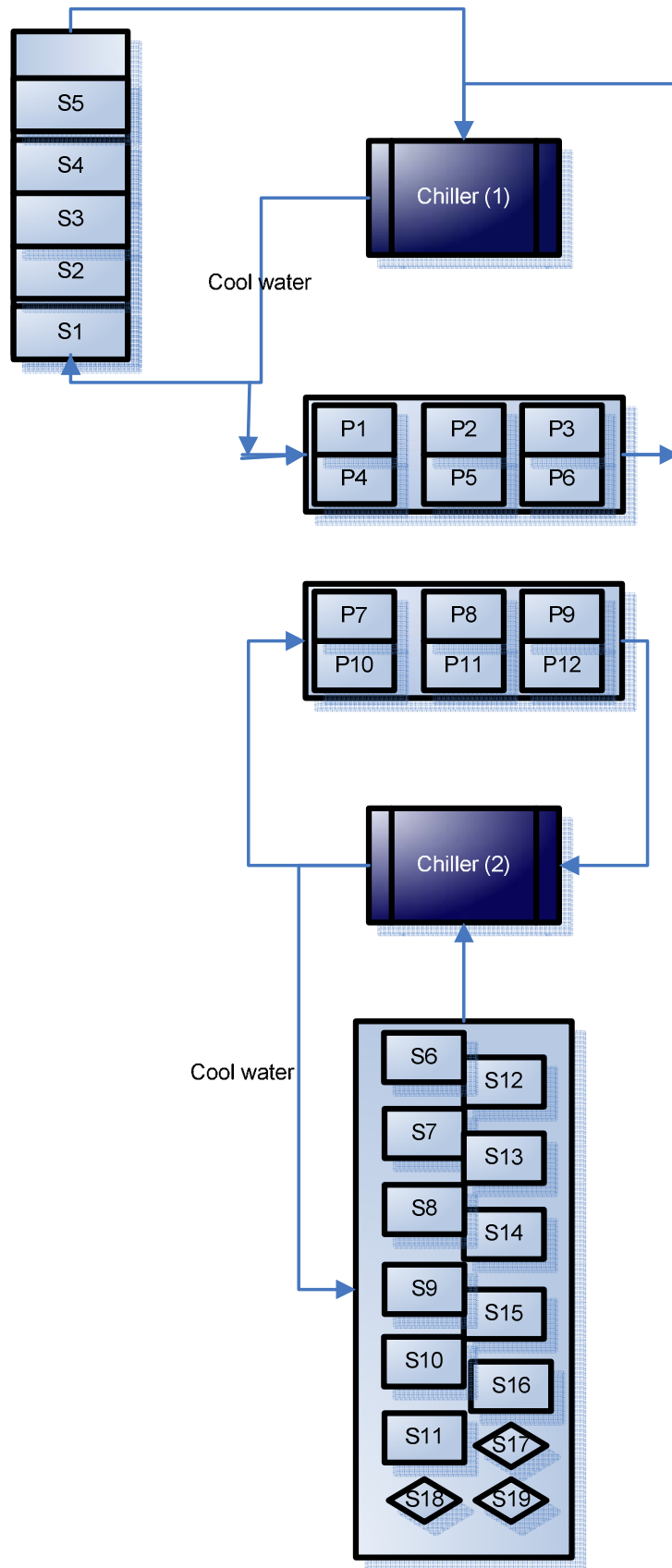


Σχήμα 2.4. Δεξαμενές εκτροφής καραβίδων καλυμμένες με φελιζόλ και μαύρες πλαστικές σακούλες. Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Για την κατασκευή των ατομικών κλουβιών χρησιμοποιήθηκαν κομμάτια πλεξιγκλάς, κατάλληλων διαστάσεων τα οποία κολλήθηκαν μεταξύ τους με ειδική μη τοξική σιλικόνη, δημιουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο ένα τετράγωνο πλαίσιο, πάνω στο οποίο κολλήθηκε πλαστικό δίχτυ με μικρό άνοιγμα ματιού (2 mm) αφήνοντας μόνο τη πάνω πλευρά ανοικτή, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα παροχής τροφής και η δυνατότητα σιφωνισμού (απομάκρυνσης) της. Το πλαστικό δίχτυ κολλήθηκε πάνω στα κλουβιά με την παραπάνω σιλικόνη και οι συνδέσεις ενισχύθηκαν με κλωστή. Η πάνω πλευρά του ατομικού κλωβού καλύφθηκε με καπάκι κατάλληλων διαστάσεων, ώστε να αποτρέπεται η διαφυγή των ζώων.

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί πως μέσα στα ενυδρεία τοποθετήθηκαν τούβλα στον πάτο, πάνω στα οποία τοποθετήθηκαν τα ατομικά κλουβιά, ώστε το ανώτερο τμήμα των κλωβών να βρίσκεται λίγο πάνω από την επιφάνεια του νερού. Κατά αυτόν τον τρόπο αποτρέπονταν η διαφυγή του ζώου και διευκολύνονταν η παροχή και το μάζεμα της εναπομείνουσας τροφής.

Οι караβίδες χωρίστηκαν σε δύο διατροφικές ομάδες: Μια ομάδα (Ομάδα P) δώδεκα (12) караβίδων που διατρέφονταν με σύμπηκτα του εμπορίου (πελλέτες) και μια ομάδα (Ομάδα S) δεκαεννέα (19) караβίδων που παρέμειναν σε ασιτία. Τρία άτομα (με κωδική ονομασία S17-S19) από την ομάδα της ασιτίας δεν εγκλείστηκαν σε ατομικούς κλωβούς λόγω περιορισμένου χώρου στη δεξαμενή και έτσι περιφέρονταν ελεύθερα στη δεξαμενή. Οι караβίδες των δύο διατροφικών ομάδων τοποθετήθηκαν στρατηγικά στα τέσσερα ενυδρεία (Σχ. 2.5). Το πρώτο ενυδρείο απαρτιζόταν από πέντε άτομα (S1 έως S5) που θα παρέμεναν σε ασιτία, στη συνέχεια υπήρχαν δύο ενυδρεία που το καθένα φιλοξενούσε από έξι άτομα που διατράφθηκαν με σύμπηκτα (P1 έως P12) και τέλος το μεγαλύτερο ενυδρείο (190 l) στο οποίο είχαν τοποθετηθεί δεκατέσσερα άτομα που θα παρέμεναν σε ασιτία (S6 έως S16).



Σχήμα 2.5. Σχηματική απεικόνιση του κλειστού κυκλώματος (τα ατομικά κλουβιά των καραβίδων αναπαριστώνται με τα μικρά τετράγωνα που βρίσκονται μέσα στα ενυδρεία).
 Πηγή: Προσωπικό αρχείο

2.3 Λειτουργία κλειστού κυκλώματος

Για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας νερού (Σχ. 2.5). Το κλειστό κύκλωμα αποτελούνταν από:

- Τέσσερα γυάλινα ενυδρεία εκ των οποίων τα τρία ήταν χωρητικότητας 100 l το καθένα και ένα χωρητικότητας 190 l.
- Δύο ψυκτικές συσκευές (chiller).
- Τρία φίλτρα καθαρισμού νερού (δύο ατομικά για τα δύο ενυδρεία και ένα τύπου IHEIM που εξυπηρετούσε τα άλλα δύο ενυδρεία).
- Σύστημα πλαστικών σωλήνων (απαραίτητο για την κυκλοφορία του νερού).
- Σύστημα παροχής οξυγόνου.

Αρχικά, το θαλασσινό νερό εισέρχονταν στην ψυκτική συσκευή μέσω μιας οπής (είσοδος νερού) όπου και ψυχόταν στους $13 \pm 0,5$ °C και στη συνέχεια εξερχόταν από μία δεύτερη οπή (έξοδος νερού) και κατανέμονταν ομοιόμορφα μέσω των πλαστικών σωλήνων στο σύστημα. Το νερό αφού κυκλοφορούσε μέσα στα ενυδρεία, στη συνέχεια αντλούνταν από αυτά μέσω μικρών συσκευών άντλησης νερού (μοτεράκια), τα οποία βρίσκονταν τοποθετημένα μέσα στα φίλτρα και οδηγούνταν πίσω στην ψυκτική συσκευή (είσοδος νερού), όπου και ψυχόταν εκ νέου προτού επανακυκλοφορήσει στο σύστημα. Με τον τρόπο αυτό, το νερό κινούνταν συνεχώς από τα ενυδρεία στις ψυκτικές συσκευές και αντίστροφα. Έτσι το νερό επανακυκλοφορούσε διαρκώς και διατηρούνταν σε σταθερή και χαμηλή θερμοκρασία περίπου στους 13 °C. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πως στον πειραματικό σταθμό

λειτουργούσε κλιματισμός, ώστε να διατηρείται και η ατμοσφαιρική θερμοκρασία σε χαμηλά επίπεδα (19 °C).

Επίσης, το νερό του κυκλώματος ανανεώθηκε (περίπου 70% του συνολικού όγκου νερού) την 10^η εβδομάδα του πειράματος προκειμένου να αποβληθούν οι όποιοι επιβλαβείς μεταβολίτες είχαν συσσωρευτεί στο κύκλωμα. Το νερό παρεχόταν στο κύκλωμα μέσω εγκατεστημένου συστήματος ροής στο σταθμό, το οποίο συνδεόταν με ειδικό εξωτερικό υδατόπυργο χωρητικότητας τριών κυβικών μέτρων (3 m³), γεμισμένο με θαλασσινό νερό, που είχε συλλεχθεί με τη βοήθεια οχήματος του δήμου Ν. Ιωνίας από την περιοχή των Αλυκών Βόλου.

Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνταν στα ενυδρεία για το καθαρισμό του νερού αποτελούνταν από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος περιελάμβανε ειδικό υαλοβάμβακα (μηχανικό φίλτρο), που βοηθούσε στην απομάκρυνση της ανόργανης και οργανικής ύλης, το δεύτερο μέρος περιελάμβανε κατάλληλες πορώδεις κατασκευές (σχήματος αστεριού), τοποθετημένες σε πλαστικά μικρά κουτάκια, απαραίτητες για την εδραίωση και ανάπτυξη των απονιτροποιητικών βακτηρίων του γένους *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* (βιολογικό φίλτρο), τα οποία βοηθούν στην μετατροπή της τοξικής αμμωνίας στα λιγότερα τοξικά νιτρικά και νιτρώδη ιόντα και το τρίτο μέρος περιελάμβανε τη συσκευή άντλησης νερού.

Ο υαλοβάμβακας αντικαθιστούταν κάθε μήνα εξασφαλίζοντας, κατά αυτόν τον τρόπο, τη βέλτιστη ποιότητα του νερού. Επίσης, είναι απαραίτητο να αναφερθεί η παρουσία ειδικών βακτηρίων στο νερό, τα οποία είχαν διοχετευθεί στα ενυδρεία, με τη μορφή υγρού εμπορικού διαλύματος, λίγες ημέρες πριν τη τοποθέτηση των καραβίδων επιτυγχάνοντας έτσι την εγκαθίδρυση των απαραίτητων βακτηριακών αποικιών πάνω στις κατάλληλες πορώδεις κατασκευές (σχήματος αστεριού) που

αναφέρονται παραπάνω. Οι βακτηριακές αποικίες ενισχύονταν κάθε μήνα, με την προσθήκη 10 ml βακτηρίων/ενυδρείο.

Τα ενυδρεία καλύφθηκαν εξωτερικά με φελιζόλ και μαύρες πλαστικές σακούλες (Σχ. 2.4) ώστε να αποτραπεί η διείσδυση του φωτός σε αυτά και να υπάρχουν συνθήκες χαμηλού φωτισμού, ομοιάζοντας αυτές του φυσικού περιβάλλοντος των караβίδων.

2.4 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

Η μέτρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού γίνονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα (τρεις φορές την εβδομάδα). Για τη μέτρηση τους χρησιμοποιήθηκαν ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές (θερμόμετρο, οξυγονόμετρο, πεχάμετρο, αλατόμετρο), ενώ για τη μέτρηση της αμμωνίας χρησιμοποιήθηκε ειδικό εμπορικό τεστ. Η θερμοκρασία του νερού διατηρούνταν στους $13 \pm 0,5$ °C με τη βοήθεια ψήκτρας, το διαλυμένο οξυγόνο διατηρούνταν στα $8,5 \pm 0,3$ mg/l με συνεχή οξυγόνωση του νερού, το pH κυμαίνονταν στο $7,8 \pm 0,2$, ενώ τέλος η αλατότητα $38 \pm 0,5$ ‰.

2.5 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής

Έπειτα από την περίοδο εγκλιματισμού διάρκειας 14 ημερών (μετρούμενη από την ημέρα τοποθέτησης τους έως την ημέρα έναρξης της διατροφής τους), ξεκίνησε η χορήγηση τροφής στις караβίδες. Όπως προαναφέρθηκε, δώδεκα караβίδες (P1-P12) τρέφονταν με εμπορικά σύμπληκτα τσιπούρας και δεκαεννέα караβίδες παρέμειναν σε ασιτία (S1-S19). Η τροφή χορηγούνταν ατομικά στην ομάδα που τρεφόταν με σύμπληκτα και σε προζυγισμένη ποσότητα (περίπου 0,5 g

υγρού βάρους τροφής, που αναλογούσαν σε πέντε σύμπηκτα), μία φορά την ημέρα, 3 φορές την εβδομάδα.

Για την ακριβή ζύγιση της τροφής, ήταν απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Αρχικά, τοποθετούνταν στη ζυγαριά αριθμημένο (με το όνομα και τον αριθμό κάθε καραβίδας) αλουμινένιο δισκίο, το οποίο ήταν απαραίτητο για τη μεταφορά της τροφής έως τον πειραματικό σταθμό. Στη συνέχεια ζυγίζονταν το βάρος του δισκίου και καταγράφονταν σε συγκεκριμένο φύλλο παροχής τροφής. Έπειτα, η ζυγαριά μηδενιζόταν και χωρίς να μετακινήσουμε το δισκίο τοποθετούσαμε σε αυτό την επιθυμητή ποσότητα συμπίκτων. Έτσι, ζυγίζονταν το καθαρό υγρό βάρος της τροφής και καταγράφονταν στο φύλλο παροχής τροφής.

Τα σύμπηκτα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σύμπηκτα τσιπούρας του εμπορίου, μιας και στην ελληνική αγορά δε διατίθενται σύμπηκτα καρκινοειδών, όπως π.χ. αστακών ή γαρίδας. Στον Πίνακα 2.1 παρατίθεται η χημική σύσταση των συμπίκτων που χρησιμοποιήθηκαν για τη διατροφή των καραβίδων.

Πίνακας 2.1. Ποσοστιαία (%) χημική σύσταση των συμπίκτων.

Χημική σύσταση	Περιεκτικότητα (%)
Ολικές πρωτεΐνες	44,6 ± 0,5
Ολικά λιπίδια	13,3 ± 0,5
Τέφρα	11,3 ± 0,1
Υδατάνθρακες ¹	22,3
Υγρασία	8,4 ± 0,5
Βιταμίνη Α ²	10000 µg/kg
Βιταμίνη D ²	1750 µg/kg
Βιταμίνη Ε ²	240 µg/kg

Σημ.: Οι τιμές αναπαριστούν το μέσο όρο ± τυπική απόκλιση από 2 δείγματα. Τα συστατικά των συμπίκτων, όπως αναφέρονται από τον παρασκευαστή, ήταν: ιχθυέλαιο, ιχθυάλευρο, αρακάς, σόγια, σιτάρι, ανόργανα μέταλλα, χαλκός, βιταμίνες, ethoxyquin (εγκεκριμένο αντιοξειδωτικό), astaxanthin (εγκεκριμένη χρωστική).

¹ Οι υδατάνθρακες εκτιμήθηκαν μέσω της σχέσης: Υδατ. = Ξηρή ουσία – (ολικές πρωτεΐνες + ολικά λιπίδια + τέφρα)

² Οι συγκεντρώσεις των βιταμινών, όπως αυτές δόθηκαν από τον παρασκευαστή.

2.6 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών

Από τις βασικότερες παραμέτρους που αποτυπώνουν το ρυθμό αύξησης των καραβίδων, αλλά και των περισσότερων υδρόβιων ζωικών οργανισμών είναι το βάρος. Στην περίπτωση των καρκινοειδών, όπως είναι οι καραβίδες, άλλη μία σημαντική παράμετρος αύξησης είναι το μήκος του κεφαλοθώρακα. Στη συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας (Πιν. 2.2) με τα ακριβή μορφομετρικά χαρακτηριστικά (βάρος, μήκος κεφαλοθώρακα) των καραβίδων που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα. Αξίζει να σημειωθεί πως τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα δεν είχαν απωλέσει κάποιο τμήμα του σώματος τους κατά τη μεταφορά τους και βρίσκονταν σε καλή φυσική κατάσταση.

Χρησιμοποιώντας ειδικό ηλεκτρονικό ζυγό (Σχ. 2.6α) υπολογίστηκε το αρχικό βάρος σώματος (σε ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου) των καραβίδων, και με τη βοήθεια ηλεκτρονικού παχυμέτρου (Σχ. 2.6β) μετρήθηκε το μήκος του κεφαλοθώρακα (σε ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου) τους, ενώ επίσης αναγνωρίστηκε μακροσκοπικά το φύλλο των καραβίδων.



Σχήμα 2.6.α) ηλεκτρονικός ζυγός.



Σχήμα 2.6.β) ηλεκτρονικό παχύμετρο.

Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Θα πρέπει να επισημανθεί πως για το συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν μόνο αρσενικές καραβίδες προκειμένου να μην υπάρχουν διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων (κατανάλωση τροφής, αύξηση βάρους, συχνότητα εκδύσεων κ.λπ.) οφειλόμενες στο φύλο.

Πίνακας 2.2. Αρχικό υγρό βάρος σώματος (g) και μήκος κεφαλοθώρακα (mm) των καραβίδων του πειράματος.

ΑΤΟΜΟ	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (g)	ΜΗΚΟΣ ΚΕΦΑΛΟΘΩΡΑΚΑ (mm)
S1	58,47	44,0
S2	72,17	48,9
S3	47,06	43,7
S4	48,80	41,6
S5	26,18	33,3
S6	42,04	37,0
S7	24,77	32,3
S8	49,05	40,5
S9	33,58	36,4
S10	26,47	34,3
S11	40,95	40,5
S12	21,58	34,3
S13	39,65	38,5
S14	18,54	30,2
S15	42,47	40,5
S16	33,34	37,5
P1	43,93	36,4
P2	42,36	38,5
P3	65,31	45,6
P4	31,70	35,4
P5	48,50	43,7
P6	47,23	40,6
P7	51,77	43,7
P8	41,91	37,5
P9	43,39	40,5
P10	47,32	38,5
P11	59,70	43,7
P12	52,32	40,6
Μέσος όρος S	39,07 ±14,31	
Μέσος όρος P	47,95±8,75	

Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε διαφορές μεταξύ του μέσου βάρους των δύο ομάδων, με $P=0,104$.

2.7 Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής

Ο υπολογισμός της ποσότητας της χορηγούμενης τροφής και της ποσότητας της εναπομείνουσας τροφής μετά το τάισμα ήταν πολύ σημαντική, προκειμένου να υπολογιστεί η ποσότητα τροφής που καταναλώνονταν από κάθε καραβίδα. Για κάθε καραβίδα, η συλλογή της εναπομείνουσας τροφής της μετά το τάισμα γινόταν με τη διαδικασία του σιφωνισμού πριν από κάθε νέο τάισμα. Κατά τη διαδικασία αυτή, χρησιμοποιώντας ειδικό μηχανισμό σιφωνισμού (ηλεκτρικό σκουπάκι ενυδρείων) και τοποθετώντας τον στον πάτο του ατομικού κλωβού, όπου και κατακάθονταν η τροφή, δημιουργούνταν ροή νερού από το ενυδρείο προς το μηχανισμό, οδηγώντας το νερό μαζί με την μη καταναλωθείσα τροφή σε προσαρμοσμένο σε αυτό ειδικό φίλτρο (0,7 μm πόρων), όπου και πραγματοποιούνταν η κατακράτησή της. Έπειτα, το φίλτρο (το οποίο είχε προζυγιστεί με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου) που περιείχε τη μη καταναλωθείσα τροφή τοποθετούνταν σε φούρνο ξήρανσης στους 105 °C για 24 ώρες και στη συνέχεια επαναζυγίζονταν. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζονταν η ξηρή ουσία (ΞΟ) της εναπομείνουσας τροφής. Για τον υπολογισμό της καταναλωθείσας τροφής, η ΞΟ της εναπομείνουσας τροφής αφαιρούνταν από την ξηρή ουσία της χορηγούμενης τροφής σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$KT \text{ (g) καραβίδας} = [\Xi O_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - (\Xi O_{\text{χορηγούμενης τροφής}} \times \Sigma\Delta) / 100] - \Xi O_{\text{εναπομείνουσας τροφής}}$$

Όπου,

ΣΔ, ένας συντελεστής διόρθωσης που εκτιμά την ποσότητα της τροφής, η οποία διαλύθηκε στο νερό κατά την παραμονή της κατά τη διάρκεια μεταξύ δύο διαδοχικών ταϊσμάτων και υπολογίστηκε από προζυγισμένη ποσότητα 12 συμπήκτων που αφέθηκαν στο νερό για 48 ώρες και επαναζυγίστηκαν. Η ποσοστιαία (%) αυτή διαφοροποίηση εκτιμήθηκε ως συντελεστής διόρθωσης (ΣΔ), ως εξής:

$$\Sigma\Delta = [100 \times (\Xi\text{O}_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - \Xi\text{O}_{\text{τροφής μετά από 48 ώρες}})] / \Xi\text{O}_{\text{χορηγούμενης τροφής}}$$

Η σχέση μεταξύ ξηρής ουσίας (ΞΟ) και υγρής ουσίας (ΥΟ) συμπήκτου καθορίστηκε μέσω γραμμικών συσχετίσεων ως εξής:

$$\Xi\text{O}_{\text{σύμψηκτου}} (\text{g}) = 0,937 \times \text{ΥΟ}_{\text{σύμψηκτου}} - 0,0124 (R^2=0,99, N=12),$$

2.8 Θανάτωση καραβίδων και συλλογή ιστών

Η θανάτωση των καραβίδων πραγματοποιήθηκε στις 17/9/2009 έπειτα από 169 ημέρες διεξαγωγής πειράματος. Η θανάτωση προκλήθηκε με τρύπημα στην κορυφή του κεφαλοθώρακά τους με μυτερό αντικείμενο, στην περιοχή του εγκεφάλου. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε τομή και συλλογή του λευκού μυϊκού ιστού και ολόκληρου του ηπατοπακγρέατος από όλα τα άτομα, τα οποία αποθηκεύτηκαν σε ειδικές πλαστικές σακούλες και στη συνέχεια στην κατάψυξη στους -20 °C μέχρι τη στιγμή της ανάλυσης της χημικής τους σύστασης.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, για κάθε καραβίδα που απεβίωνε γινόταν αρχικά καταγραφή της ημερομηνίας θανάτου, όπως επίσης και των μορφομετρικών της χαρακτηριστικών (βάρος σώματος και μήκος κεφαλοθώρακα). Έπειτα, γινόταν τομή στα νεκρά άτομα και αφαιρούνταν ο μυϊκός τους ιστός, ο οποίος τοποθετούνταν σε ειδικές πλαστικές σακούλες και στη συνέχεια στην κατάψυξη στους -20 °C μέχρι τη στιγμή της ανάλυσης της χημικής τους σύστασης.

2.9 Παράμετροι αύξησης των καραβίδων

2.9.1 Αύξηση σωματικού βάρους

Στο τέλος του πειράματος μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας το σωματικό βάρος των καραβίδων και συγκρίθηκε με το αρχικό. Η τιμή που προέκυψε από την

αφαίρεση του αρχικού σωματικού βάρους από το τελικό αποτελεί την συνολική αύξηση του ζώου και εκφράζεται από τον εξής τύπο:

$$\text{Αύξηση σωματικού βάρους (g)} = \text{Βάρος}_{\text{Τελικό}} (\text{g}) - \text{Βάρος}_{\text{Αρχικό}} (\text{g})$$

2.9.2 Ειδικός ρυθμός αύξησης

Ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους της καραβίδας στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR, σε \% / \eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha) = 100 \times [\text{Ln} (W_2) - \text{Ln} (W_1)] / \eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma \sigma\acute{\iota}\tau\iota\sigma\eta\varsigma]$$

Όπου,

$\text{Ln } W_2$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού σωματικού βάρους

$\text{Ln } W_1$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού σωματικού βάρους

2.10 Χημικές αναλύσεις

2.10.1 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

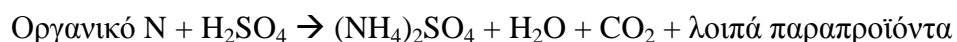
Ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας – υγρασίας των πειραματικών σιτηρεσίων πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 2g δείγματος από κάθε σιτηρέσιο σε πυραντήριο (φούρνο) για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105 °C (AOAC, 1990). Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν τα δισκία με το ξηρό πλέον δείγμα από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η ξηρή ουσία των σιτηρεσίων υπολογίστηκε ως εξής:

$$W_{\text{ξηρού δείγματος}} (\text{g}) = W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} (\text{g}) - W_{\text{δισκίου}} (\text{g})$$

$$\text{Ξηρή Ουσία (\%)} = (W_{\text{ξηρού δείγματος}} (\text{g}) / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (\text{g})) \times 100$$

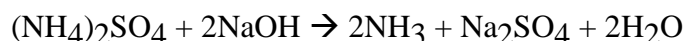
2.10.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των αζωτούχων ενώσεων (ολικών πρωτεϊνών) των συμπύκνων και των σωμάτων των καραβίδων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο προσδιορισμού αζωτούχων ενώσεων Kjeldahl. Αρχικά, με τη βοήθεια ενός μικρού κομματιού από αλουμινόχαρτο που τοποθετήθηκε πάνω στο ζυγό ακριβείας ζυγίστηκαν 200 mg δείγματος και καταγράφηκαν τα βάρη τους. Κατόπιν τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδικές φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl και ακολούθησε η διαδικασία της πέψης των δειγμάτων. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμαίνονται παρουσία πυκνού θειικού οξέος (παράγοντας οξείδωσης με τον οποίο πέπτεται το δείγμα) και πραγματοποιείται η διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθερώνεται το άζωτο (N) του δείγματος, το οποίο κατόπιν δεσμεύεται σε θειικό αμμώνιο, σύμφωνα με την παρακάτω χημική αντίδραση:



Έτσι, σε κάθε φιάλη βρασμού προστέθηκαν, χρησιμοποιώντας τον ειδικό δοσομετρητή, 15ml πυκνού H_2SO_4 και δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (περιείχε θείο) για να επιταχύνει την αντίδραση. Οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης που ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να χωνευτούν στους 150 °C για 85 min. Τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν για περίπου 30 min, αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων και τον απαγωγό.

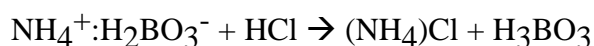
Κατόπιν, ακολούθησε η διαδικασία της απόσταξης κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου και αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο. Η αμμωνία έπειτα αντιδρά με βορικό οξύ και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:





Για τη διαδικασία της απόσταξης, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή απόσταξης. Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν 100 ml απεσταγμένου H_2O , 80 ml NaOH και 50 ml H_2BO_3 . Ο συνολικός χρόνος της απόσταξης κάθε δείγματος ήταν 6 min. Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνονταν σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ενός δείκτη pH.

Έπειτα ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης κατά την οποία το βορικό αμμώνιο τιτλοδοτείται με υδροχλωρικό οξύ χρησιμοποιώντας ένα δείκτη για το τελικό σημείο της παρακάτω χημικής αντίδρασης:



Η συγκέντρωση (σε moles) των ιόντων υδρογόνου που απαιτούνται για να καταλύσουν την αντίδραση έως το τελικό σημείο ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα.

Έτσι, η κωνική φιάλη που περιείχε βορικό αμμώνιο τοποθετήθηκε σε θέση συνεχούς ανακίνησης και προσθέτονταν σε αυτήν με αργό ρυθμό καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1N) HCl . Η αλλαγή του χρώματος στο διάλυμα ομολογούσε το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση :

$$\text{N\%} = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml Blank}) \times N_{\delta/\text{το}\delta\text{HCl}} \times 0,014007}{\text{Βάρος Δείγματος, g}} \times 100$$

Όπου, Blank = η τιτλοδότηση κενής φιάλης (χωρίς δείγμα), η οποία χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

Κατόπιν, από τη συγκέντρωση του αζώτου (N) στο δείγμα μπορεί να υπολογιστεί η περιεχόμενη πρωτεΐνη του σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Πρωτεΐνη (\%)} = \text{N (\%)} \times 6,25$$

Όπου, ο συντελεστής 6,25 προκύπτει από την παραδοχή ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% N.

2.10.3 Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπιδίων των συμπύκτων και των σωμάτων των καραβίδων έγινε με τη μέθοδο Soxhlet. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα δοχεία εκχύλισης στα οποία προστέθηκαν 3-4 πέτρες βρασμού, το μικτό βάρος των οποίων προζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων. Κατόπιν, σε κάθε γυάλινο δοχείο εκχύλισης τοποθετήθηκε ένα χάρτινο δοχείο ηθμού. Μέσα στο οποίο προστέθηκε 1 g ξηρής ουσίας δείγματος. Σε κάθε δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου και το χάρτινο δοχείο ηθμού σκεπάστηκε με βαμβάκι για την αποφυγή εκτίναξης του δείγματος κατά τη διάρκεια του βρασμού που θα ακολουθούσε.

Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία του οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Έπειτα, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύθηκε στο δείγμα για 1,5 ώρες, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Κατόπιν, απορροφήθηκε ο διαλύτης για 15 λεπτά της ώρας με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου εκχύλισης. Μετά το πέρας της εκχύλισης, τα δοχεία με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 75° C για 0,5 ώρες προκειμένου να εξατμιστεί

εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που τυχόν παρέμεινε στο δείγμα. Στη συνέχεια τα δοχεία εκχύλισης μεταφέρθηκαν στο ξηραντήρα για 1 ώρα περίπου ώστε να κρυώσουν. Αφού απομακρύνθηκε το χάρτινο δοχείο ηθμού που περιείχε το απολιπασμένο δείγμα, ακολούθησε επαναζύγιση των γυάλινων δοχείων εκχύλισης (που περιείχαν και τις πέτρες βρασμού) και καταγράφηκε το βάρος τους. Με τη βοήθεια της παρακάτω σχέσης προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια:

$$\text{Ολικά λιπίδια (\%)} = [\text{τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης (g)} - \text{αρχικό βάρος(g)}] \times 100$$

2.10.4 Προσδιορισμός τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία του δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας των συμπήκτων πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 1g ξηρής ουσίας δείγματος από κάθε σιτηρέσιο σε αποτεφρωτήρα για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C (AOAC, 1990). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, οποία τοποθετήθηκαν τα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά την αποτέφρωση, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Ο προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής:

$$W \text{ αποτεφρωμένου δείγματος (g)} = W \text{ μικτού αποτεφρωμένου δείγματος (g)} \& \text{ δισκίου (g)} - W \text{ δισκίου (g)}$$

$$\text{Τέφρα (\%)} = [W \text{ αποτεφρωμένου δείγματος (g)} / W \text{ αρχικού δείγματος (g)}] \times 100$$

2.11 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης μεταξύ των δύο διατροφικών ομάδων αναλύθηκαν στατιστικώς κάνοντας χρήση του «ανεξάρτητου T – test» με τη

βοήθεια ειδικού λογισμικού (SPSS 13.0). Τα αποτελέσματα κρίθηκαν στατιστικώς σημαντικά για τιμή $P = 0,05$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επιβίωση

Συνολικά απεβίωσαν πέντε καραβίδες από την ομάδα των συμπήκτων (Ομάδα P) κατά τη διάρκεια του πειράματος διατροφής, ενώ από την ομάδα που βρισκόταν σε ασιτία (Ομάδα S) απεβίωσαν επτά καραβίδες. Η επιβίωση που παρατηρήθηκε, στις δύο διατροφικές μεταχειρίσεις παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1. Στην ομάδα καραβίδων που τράφηκε με σύμπηκτα παρατηρήθηκε ποσοστό επιβίωσης 58,4%, ενώ στην ομάδα που παρέμεινε σε ασιτία παρατηρήθηκε ποσοστό επιβίωσης 63,2%.

Πίνακας 3.1. Ποσοστό (% του πληθυσμού της διατροφικής ομάδας) επιβίωσης ανά διατροφική μεταχείριση.

Ομάδα	Νεκρά άτομα / Συνολικά άτομα	Ποσοστό επιβίωσης
Σύμπηκτα (P ομάδα)	5/12	58,4%
Ασιτία (S ομάδα)	7/19	63,2%

3.2 Κατανάλωση τροφής

Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν 30 μετρήσεις για την ποσότητα τροφής που καταναλώνει κάθε καραβίδα. Αναλύοντας τις μετρήσεις αυτές προέκυψαν δεδομένα που αφορούν: την ποσότητα συνολικής χορηγηθείσας τροφής, την ημερήσια κατανάλωση τροφής ανά καραβίδα, την ημερήσια κατανάλωση τροφής σε σχέση με το σωματικό βάρος (% επί του σωματικού βάρους) και την ημερήσια κατανάλωση τροφής ανά γραμμάριο σωματικού βάρους (g/g σ.β.). Τα παραπάνω δεδομένα παρατίθενται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2. Ποσότητα συνολικής χορηγηθείσας τροφής (g), ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g), ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (% επί του σωματικού βάρους), ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g/g σ.β.) και βάρους σώματος των ατόμων (g).

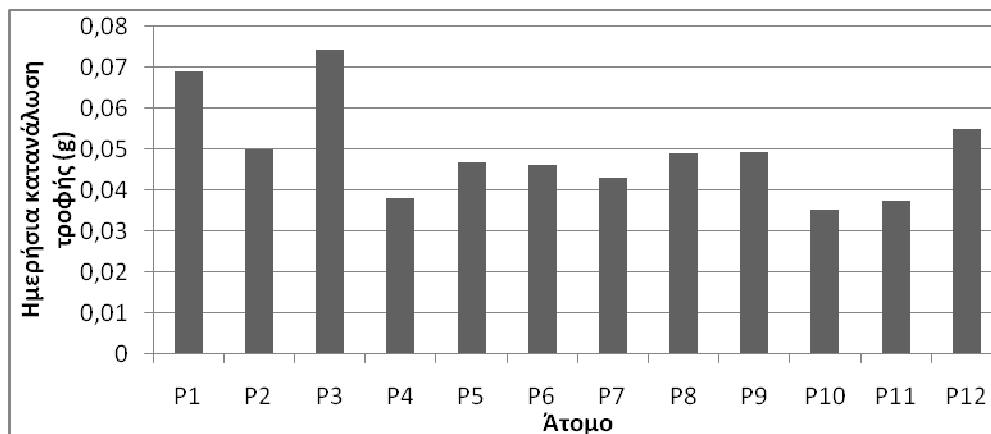
Άτομο	Αρχικό υγρό βάρος ατόμου (g)	Συνολική χορήγηση υγρής τροφής (g)	Συνολική κατανάλωση τροφής (g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (% σ.β.)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g/g σ.β.)	Ημέρες ταΐσματος
P1	43,93	24,3703	4,7552	0,0689	0,16	0,0016	70
P2	42,36	12,3535	3,3484	0,0500	0,12	0,0012	68
P3	65,31	24,3051	5,1166	0,0742	0,11	0,0011	70
P4	31,70	22,0466	2,6157	0,0379	0,12	0,0012	70
P5	48,50	21,4048	3,2276	0,0468	0,10	0,0010	70
P6	47,23	24,4821	3,1791	0,0461	0,10	0,0010	70
P7	51,77	24,2046	2,9572	0,0429	0,08	0,0008	70
P8	41,91	24,2469	3,3892	0,0491	0,12	0,0012	70
P9	43,39	10,7577	2,8091	0,0493	0,11	0,0011	61
P10	47,32	10,4476	1,9793	0,0353	0,07	0,0007	56
P11	59,70	23,9971	2,5900	0,0375	0,06	0,0006	68
P12	52,32	6,83701	1,5935	0,0549	0,11	0,0011	33
M.O.	47,95	19,12	3,13	0,0494 ± 0,011	0,10 ± 0,02	0,0010 ± 0,0002	

Σημ.: M.O. (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση)

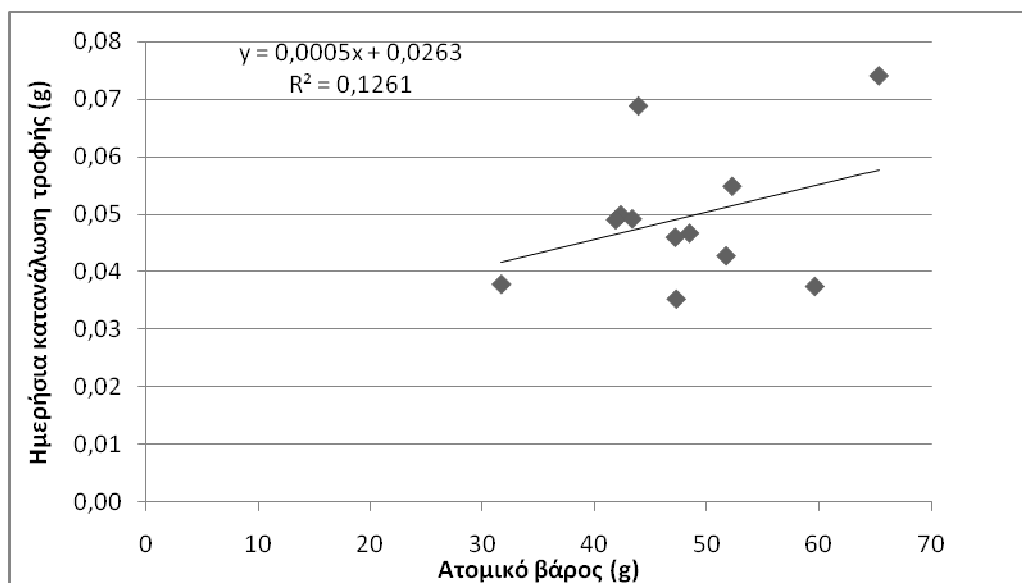
Η συνολική κατανάλωση τροφής διακυμάνθηκε από 1,5935 έως 5,1166 g για όλα τα άτομα. Η ημερήσια κατανάλωση τροφής διακυμάνθηκε από 0,0353 έως 0,0742 g για όλα τα άτομα με μέσο όρο 0,0494 g (Σχ. 3.1.). Το P3 επέδειξε τη μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση τροφής, που ισούται με 0,0742 g/ημέρα ενώ το P10 τη μικρότερη, που ισούται με 0,0353 g/ημέρα. Αναφορικά με την ημερήσια

κατανάλωση τροφής (g/g σωματικού βάρους) αυτή διακυμάνθηκε από 0,0006 έως 0,0016 g. Το P1 επέδειξε τη μεγαλύτερη, ενώ το P11 τη μικρότερη. Για όλα τα άτομα της ομάδας P η ημερήσια κατανάλωση τροφής (g/g σωματικού βάρους) ήταν $0,001 \pm 0,0002$ g (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση). Αντίστοιχα, η ημερήσια κατανάλωση τροφής ως ποσοστό επί του σωματικού βάρους των ατόμων διακυμάνθηκε από 0,1600 έως 0,0600 g, με μέσο όρο για όλη την ομάδα $0,10 \pm 0,02$ g με τη μεγαλύτερη τιμή να ανιχνεύεται στο P1 και τη μικρότερη στο P11. Αξίζει να αναφερθεί πως το άτομο P3 ήταν εκείνο με το μεγαλύτερο σωματικό βάρος (65,31g). Επίσης είναι χρήσιμο να σημειωθεί πως συνολικά ταΐστηκαν 229,4533 g συμπύκτων στην ομάδα ενώ από αυτά καταναλώθηκαν τα 37,5609 g, ποσοστό 16,36 %.

Η συσχέτιση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) με το σωματικό βάρος των ατόμων δείχνεται στο Σχήμα. 3.2. Η συσχέτιση αυτή αποδίδεται γραμμικά με την εξίσωση: Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g) = $0,0005 \times \text{ατομικό βάρος (g)} + 0,0263$ ($R^2=0,12$). Ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) της παραπάνω εξίσωσης είναι χαμηλός, το οποίο συνεπάγεται πως η ημερήσια κατανάλωση τροφής (συμπύκτου) από τις καραβίδες ήταν ανεξάρτητη του σωματικού τους βάρους.

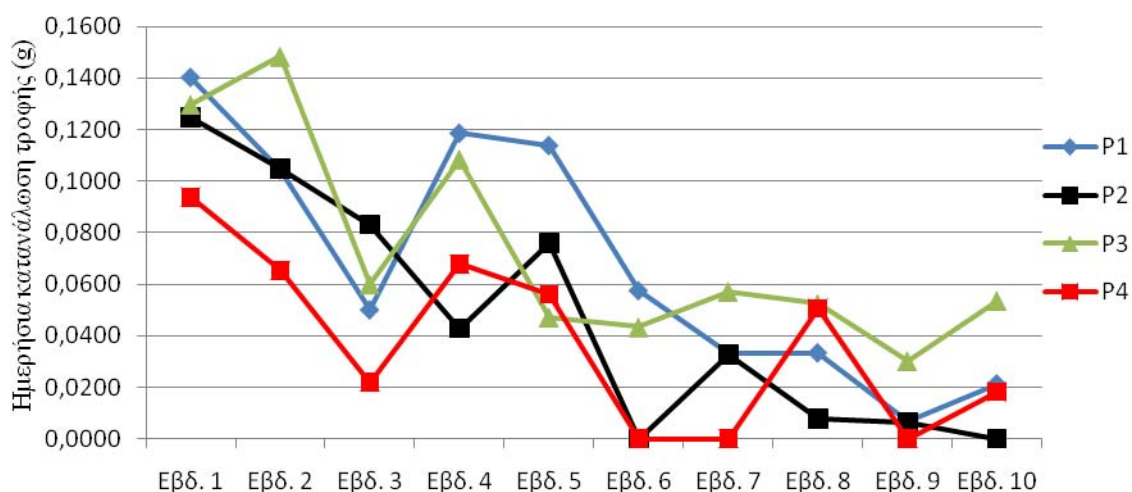


Σχήμα 3.1. Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) ανά άτομο

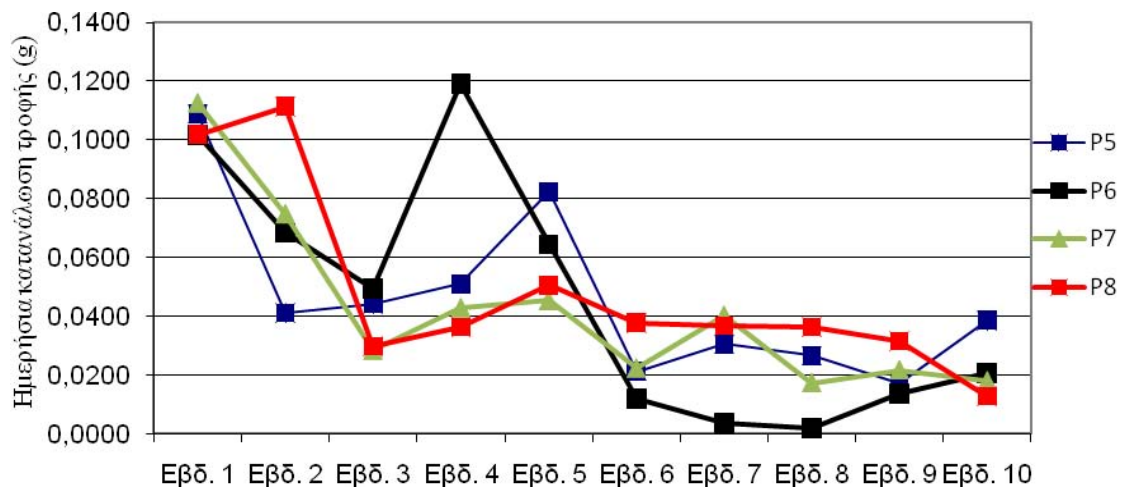


Σχήμα 3.2. Γραμμική συσχέτιση ημερήσιας κατανάλωσης τροφής με το σωματικό βάρος.

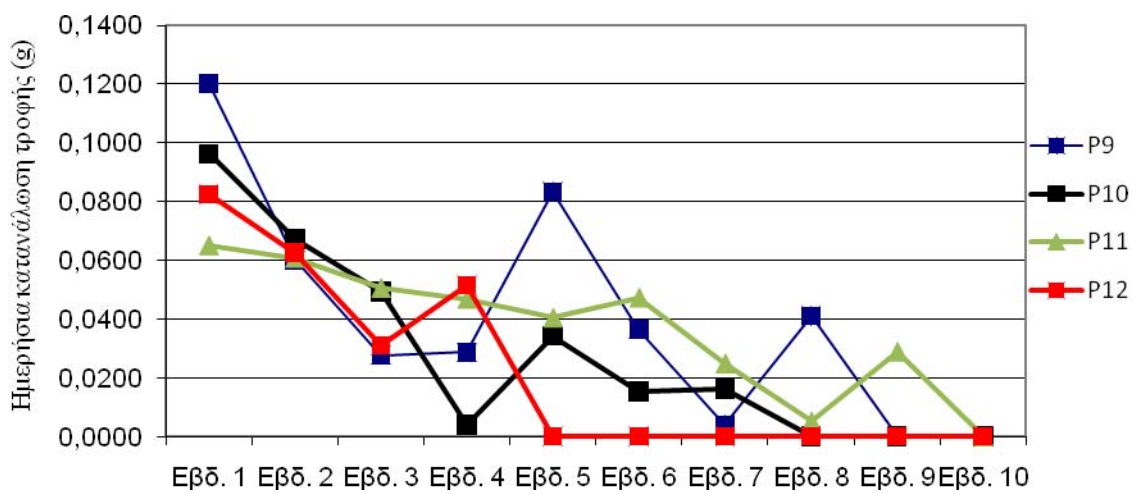
Η ημερήσια κατανάλωση τροφής (g) για κάθε άτομο ξεχωριστά στο σύνολο των 10 εβδομάδων ταΐσματος δείχνεται στα Σχήματα 3.3 έως 3.5. Για όλες τις καραβίδες παρατηρούμε πως η κατανάλωση τροφής ήταν υψηλή τις πρώτες 5 εβδομάδες (με εξαίρεση την 3^η) και έπειτα είχε φθίνουσα πορεία.



Σχήμα 3.3. Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) στις πρώτες 10 εβδομάδες του πειράματος για τα ζώα P1 έως P4.



Σχήμα 3.4. Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) στις πρώτες 10 εβδομάδες για τα ζώα P5 έως P8.



Σχήμα 3.5. Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) στις πρώτες 10 εβδομάδες για τα ζώα P9 έως P12.

3.3 Έκδυση

Συνολικά και από τις δύο ομάδες παρατηρήθηκαν επτά (7) άτομα που πραγματοποίησαν έκδυση (ποσοστό 22,6% επί του συνολικού πληθυσμού) (Σχ. 3.6). Από αυτές τέσσερα (4) ήταν άτομα σε ασιτία (ποσοστό 21 % επί του πληθυσμού της ομάδας S) και τρία (3) ήταν άτομα που διατράφηκαν με σύμπηκτα (ποσοστό 25 % επί του πληθυσμού της ομάδας P) (Πίν. 3.3). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4 από τις 4 караβίδες σε ασιτία που έκαναν έκδυση, μόνο η μία κατάφερε να επιζήσει, ενώ οι υπόλοιπες 3 απεβίωσαν κατά την προσπάθεια έκδυσης (βρέθηκαν πεθαμένες με το νέο έκδυμα δίπλα τους). Παρόμοια, από τις 3 караβίδες της ομάδας συμπήκτων που έκαναν έκδυση, μόνο η μία κατόρθωσε να επιβιώσει.



Σχήμα 3.6. Έκδυμα καραβίδας. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Πίνακας 3.3. Ποσοστό (%) του πληθυσμού της διατροφικής ομάδας) εκδυθέντων ατόμων.

Ομάδα	Εκδυθέντα άτομα / Συνολικά άτομα ομάδας	Ποσοστό έκδυσης
Σύμπηκτα (P ομάδα)	3 / 12	25 %
Ασιτία (S ομάδα)	4 / 19	21 %

Πίνακας 3.4. Άτομα που πραγματοποίησαν έκδυση, ημερομηνίες έκδυσης και κατάσταση των ατόμων έπειτα από αυτή.

Άτομο	Ημ/νία έκδυσης	Ημέρα πειράματος	Κατάσταση μετά την έκδυση
P2	24/6/09	69 ^η	Πέθανε
P5	24/8/09	130 ^η	Πέθανε
P8	17/9/09	154 ^η	Επιβίωσε
S1	2/7/09	107 ^η	Πέθανε
S5	22/5/09	66 ^η	Πέθανε
S11	6/8/09	112 ^η	Πέθανε
S16	27/7/09	102 ^η	Επιβίωσε

3.4 Αύξηση

Στον Πίνακα 3.5. παρουσιάζονται οι μετρήσεις του τελικού βάρους των ατόμων έπειτα από 169 συνολικά ημέρες εκτροφής για τα ζώντα άτομα ή την ημέρα θανάτωσης για όσα άτομα απεβίωσαν. Στον ίδιο πίνακα δείχνεται η αύξηση/μείωση του τελικού βάρους συγκριτικά με το αρχικό, καθώς επίσης και ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR, % / ημέρα) κάθε ατόμου.

Πίνακας 3.5. Ατομική διακύμανση του βάρους (g) των καραβίδων και ατομικός ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR, %/ημέρα)

Άτομο	Αρχικό βάρος (g)	Τελικό βάρος (g)	Αύξηση / Μείωση βάρους (g)	Ημέρες επιβίωσης	E.P.A. (SGR, %/ ημέρα)
S2	72,17	72,80	Αμετάβλητη	85	0,000
S9	33,58	32,34	-1,24	169	-0,022
S10	26,47	26,53	Αμετάβλητη	153	0,000
S11	40,95	38,00	-2,95	162	-0,046
S12	21,58	18,31	-3,27	169	-0,097
S16	33,34	32,36	-0,98	162	-0,018
P1	43,93	43,84	Αμετάβλητη	169	0,000
P2	42,36	44,28	1,92	67	0,066
P3	65,31	66,08	0,77	166	0,007
P4	31,70	31,70	Αμετάβλητη	153	0,000
P5	48,5	53,96	5,46	145	0,074
P6	47,23	48,71	1,48	166	0,019
P7	51,77	51,21	Αμετάβλητη	169	0,000
P12	52,32	57,65	5,33	61	0,159
Μέσος όρος ομάδας P	47,89 ± 9,61	49,67 ± 10,28	1,496	143	0,041 ± 0,056
Μέσος όρος ομάδας S	38,01±18,00	36,72 ± 18,89	-1,055	150	-0,031 ± 0,037

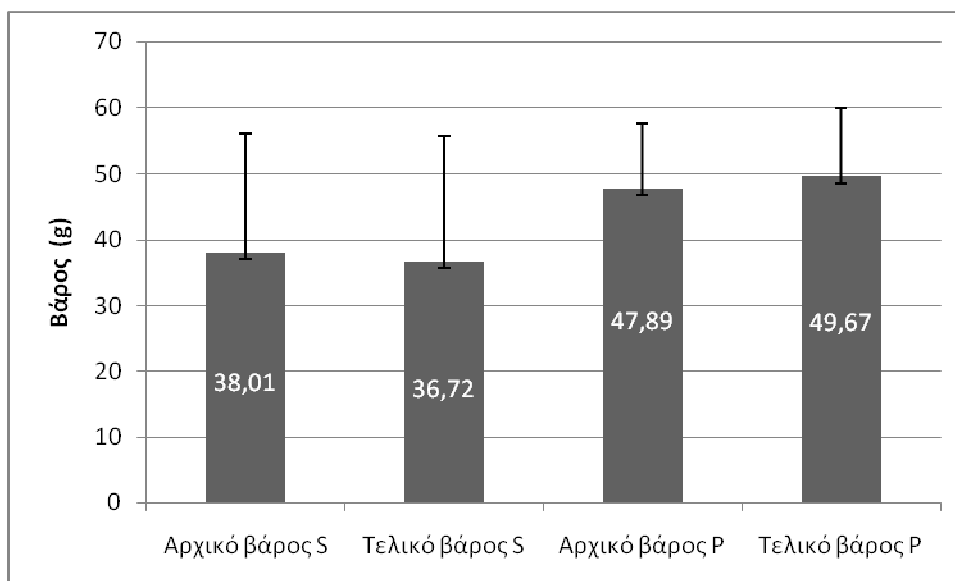
Σημ.: E.P.A. = Ειδικός ρυθμός αύξησης. Στον Πίνακα εξαιρέθηκαν τα άτομα τα οποία απώλεσαν μία ή και τις δύο δαγκάνες τους κατά τη διάρκεια του πειράματος και ως εκ τούτου δεν συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα της αύξησης. Αύξηση/μείωση του σωματικού βάρους μικρότερη του 0,5 g θεωρήθηκε εντός του ορίου σφάλματος κατά την μέτρηση του ζώντος βάρους και ως εκ τούτου ορίστηκε ως αμετάβλητη.

Θα πρέπει να επισημανθεί πως από τις μετρήσεις της αύξησης του Πίνακα 3.5 εξαιρέθηκαν τα άτομα τα οποία απώλεσαν μία ή και τις δύο δαγκάνες τους κατά τη διάρκεια του πειράματος και ως εκ τούτου δεν συμπεριλήφθηκαν στα αποτελέσματα της αύξησης.

Αναφορικά με τον ειδικό ρυθμό αύξησης των καραβίδων, τα άτομα της ομάδας της ασιτίας παρουσίασαν αρνητική τιμή ίση με $-0,031 \pm 0,037$ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) με την ελάχιστη τιμή ($-0,097$) να παρατηρείται στο άτομο S12. Τα άτομα της ομάδας των συμπήκτων παρουσίασαν τιμή ίση με $0,041 \pm 0,056$ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) με την μέγιστη τιμή ($0,159$) να παρατηρείται στο άτομο P12 (Πιν. 3.5).

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ειδικού ρυθμού αύξησης έδειξε πως οι διαφορές του ειδικού ρυθμού αύξησης των δύο διατροφικών ομάδων ήταν στατιστικώς σημαντικές ($P = 0,020$).

Επίσης, η αύξηση/μείωση του σωματικού βάρους μικρότερη του $0,5$ g θεωρήθηκε εντός του ορίου σφάλματος κατά την μέτρηση του ζώντος βάρους και ως εκ τούτου ορίστηκε ως αμετάβλητη. Έτσι, από τα έξι (6) άτομα της ομάδας S, τα τέσσερα (4) απώλεσαν σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια της ασιτίας τους, ενώ στα άλλα δύο (2) το σωματικό τους βάρος παρέμεινε αμετάβλητο. Από τα οκτώ (8) άτομα της ομάδας P τα πέντε (5) αύξησαν το σωματικό τους βάρος, ενώ στα υπόλοιπα τρία (3) το σωματικό τους βάρος δεν παρουσίασε κάποια μεταβολή. Στην περίπτωση της ομάδας S το μέσο σωματικό βάρος των καραβίδων μειώθηκε από $38,01 \pm 18,00$ σε $36,72 \pm 18,89$, το οποίο ισοδυναμεί με $-3,4\%$ του αρχικού βάρους (Σχ. 3.7). Στην περίπτωση της ομάδας P το μέσο σωματικό βάρος των καραβίδων αυξήθηκε από $47,89 \pm 9,61$ σε $49,87 \pm 10,28$, το οποίο ισοδυναμεί με $+3,7\%$ του αρχικού βάρους (Σχ. 3.7).



Σχήμα 3.7. Σύγκριση αρχικού και τελικού βάρους (g) των ομάδων P και S.

3.5 Χημική σύσταση μυϊκού ιστού καραβίδων

3.5.1 Περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ενώσεις

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες του μυϊκού ιστού των καραβίδων στο τέλος του διατροφικού πειράματος. Στην ομάδα της ασιτίας (S), ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ενώσεων που παρατηρείται είναι ίσος με $77,51\% \pm 12,04$ (μέσος όρος ξηρού βάρους \pm τυπική απόκλιση), ενώ στην ομάδα των συμπλήκτων ο μέσος όρος των ολικών αζωτούχων ενώσεων είναι ίσος με $80,91\% \pm 5,14$ (μέσος όρος ξηρού βάρους \pm τυπική απόκλιση).

Πίνακας 3.6. Περιεκτικότητα (% , μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση, $n=15$ για την ομάδα S και $n=18$ για την ομάδα P) ολικών αζωτούχων ενώσεων ανά άτομο για τις δύο διατροφικές μεταχειρίσεις.

Άτομο	Ο.Α.Ε.
S1	$88,62 \pm 2,02$
S6	$85,63 \pm 0,09$
S8	$83,06 \pm 1,09$
S9	$53,79$
S13	$64,11 \pm 3,57$
S16	$81,98 \pm 0,48$
S17	$80,53 \pm 0,38$
S18	$82,34 \pm 0,96$
P1	$84,33 \pm 0,30$
P2	$82,84 \pm 0,40$
P3	$80,78 \pm 0,77$
P6	$70,61 \pm 3,28$
P7	$84,54 \pm 1,15$
P8	$82,43 \pm 0,30$
P9	$85,12 \pm 0,33$
P11	$82,53 \pm 0,89$
P12	$74,11 \pm 1,51$
Μέσος όρος (S ομάδας)	$77,51 \pm 12,04$
Μέσος όρος (P ομάδας)	$80,91 \pm 5,14$

3.5.2 Περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια

Στον Πίνακα 3.7 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια του μυϊκού ιστού των καραβίδων στο τέλος του διατροφικού πειράματος. Στην ομάδα της ασιτίας (S), ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων που παρατηρείται είναι ίσος με $1,26 \pm 0,14$ % (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση), ενώ στην ομάδα των συμπήκτων ο μέσος όρος των ολικών λιπιδίων είναι ίσος με $1,18 \pm 0,20$ % (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Πίνακας 3.7. Περιεκτικότητα (% , μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση, n=3) ολικών λιπιδίων για τις δύο διατροφικές μεταχειρίσεις.

Ομάδα	Ολικά Λιπίδια (%)
Μέσος όρος (S ομάδας)	1,26 \pm 0,14
Μέσος όρος (P ομάδας)	1,18 \pm 0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων πειράματος

Η επιβίωση του *Nephrops norvegicus* εγκλεισμένο για 20 εβδομάδες υπό εργαστηριακές συνθήκες ήταν αξιόλογη, καθώς το 61,36% του αρχικού πληθυσμού επιβίωσε. Μεταξύ του πληθυσμού που διατράφηκε με σύμπληκτα και του πληθυσμού που παρέμεινε σε ασιτία δεν υπήρξε διαφοροποίηση ως προς την επιβίωση τους, αν και ο δεύτερος πληθυσμός επέδειξε ελαφρώς καλύτερη επιβίωση (%). Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται σε αυξημένα ποσοστά αμμωνίας (NH_3) ή/και νιτρωδών ιόντων (NO_2^-) στο νερό, όπως επίσης και στο μικρό όγκο νερού στον οποίο βρίσκονταν εγκλεισμένη κάθε καραβίδα (51 cm^3) μιας και το καλλιεργητικό μέσο της ομάδας που διατράφηκε με σύμπληκτα ήταν εξ' ορισμού επιφορτισμένο με περισσότερη οργανική ύλη. Επισημαίνεται ότι, καθ' όλη τη διάρκεια του διατροφικού πειράματος και σε 24ωρη βάση το καλλιεργητικό μέσο διέρχονταν από βιολογικό φίλτρο (σύστημα ανακύκλωσης νερού) προκειμένου να υφίσταται συνεχής απονιτροποίηση. Όσον αφορά τα επίπεδα του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, αυτά διατηρήθηκαν με συνεχή οξυγόνωση πάνω από $8,0 \text{ mg/l}$ (υποενότητα 2.2.4) σε όλες τις δεξαμενές και επομένως δεν επηρέασαν τις παρατηρούμενες θνησιμότητες.

Η ομάδα που διατράφηκε με σύμπληκτα περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 44,6% επέδειξε θνησιμότητα 41,6% ενώ σε πρόσφατο παρόμοιο πείραμα της Mente (2010) παρατήθηκε θνησιμότητα 75% στην ομάδα που διατράφηκε με σύμπληκτα και 50% θνησιμότητα στην ομάδα που παρέμεινε σε ασιτία. Σε διατροφικό πείραμα των Smith *et al.* (2005) με την καραβίδα του είδους *Panulirus ornatus* που διατράφηκε με σύμπληκτα περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη από 33% έως 61%, οι συγγραφείς

παρατήρησαν σχετικά υψηλά ποσοστά θνησιμοτήτων που κυμάνθηκαν γύρω στο 21% του αρχικού πληθυσμού.

Το *N. norvegicus* υπό τις παρούσες εργαστηριακές και διατροφικές συνθήκες επέδειξε σχετικά χαμηλή κατανάλωση τροφής διατρεφόμενο με σύμπηκτα. Συγκεκριμένα, η ημερήσια κατανάλωση τροφής εκτιμήθηκε στο 0,10% επί του σωματικού βάρους των ατόμων. Στην πραγματικότητα, η εκτίμηση αυτή αντικατοπτρίζει τη μέγιστη τιμή της κατανάλωσης τροφής από το *N. norvegicus*, διότι η μέθοδος που ακολουθήθηκε υπερεκτιμά την κατανάλωση τροφής μιας και συνυπολογίζει τα μη συλλεχθέντα υπολείμματα τροφής μικρού σωματιδιακού μεγέθους, που ήταν αδύνατο πρακτικά να συλλεχθούν. Οι Sarda and Valladares (1990) ταΐζοντας άτομα *N. norvegicus* (με μέσο μήκος κεφαλοθώρακα 35 mm) με φυσική τροφή, που αποτελούνταν από πολύχαιτους ή μικρά καρκινοειδή ή γαύρο σε συνθήκες εργαστηρίου, εκτίμησαν πως η μέγιστη κατανάλωση τροφής (υπολογισμένη στη βάση του υγρού βάρους τροφής) για το είδος είναι 2,5% επί του σωματικού βάρους και από τη μελέτη εκκένωσης του στομάχου, διαπίστωσαν πως η τροφή πέπτονταν πλήρως έπειτα από 48 ώρες. Οι συγγραφείς πρότειναν πως η συχνότητα ταΐσματος για το είδος θα πρέπει να είναι κάθε δεύτερη ημέρα, γεγονός το οποίο διαπιστώθηκε και στα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος.

Επίσης, παρατηρήθηκε πως η κατανάλωση τροφής από όλα τα άτομα που διατράφηκαν με σύμπηκτα ήταν υψηλότερη τις πρώτες 2 έως 5 εβδομάδες του πειράματος με φθίνουσα πορεία τις επόμενες εβδομάδες. Το γεγονός αυτό ίσως να οφείλεται στην περίοδο εγκλιματισμού των ζώων, καθώς αυτά παρέμειναν νηστικά για δεκατέσσερις (14) ημέρες και γι' αυτό ίσως να επέδειξαν έντονη όρεξη στην αρχή του πειράματος. Η ολοένα και μειωμένη κατανάλωση τροφής με το πέρασ του πειράματος ίσως να ερμηνεύεται ως μη αποδεκτικότητα των συμπηκτων από το *N.*

norvegicus. Εξάλλου, ο εγκλιματισμός άγριων ενήλικων υδρόβιων ζωικών οργανισμών σε τεχνητή τροφή είναι γενικά προβληματικός. Η χαμηλή κατανάλωση των συμπύκτων μπορεί επίσης να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι *N. norvegicus* διατρέφεται κυρίως με καρκινοειδή (Cristo, 2001).

Σχετικά με την αύξηση του *N. norvegicus* υπό την παρούσα διατροφική αγωγή, τα άτομα εμφάνισαν μικρή αύξηση εκφραζόμενη ως ειδικός ρυθμός αύξησης, η οποία μετρήθηκε 0,041% ανά ημέρα. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως το *N. norvegicus* έχει αργή αύξηση σε συνθήκες καλλιέργειας. Εξάλλου, μόνο το 25% του πληθυσμού επέτυχε έκδυση, αν και τα 2 από τα 3 άτομα που το επέτυχαν αυτό δεν κατάφεραν να επιζήσουν μετέπειτα. Συγκριτικά με προηγούμενες μελέτες σε παρόμοιες συνθήκες εκτροφής, ο ειδικός ρυθμός αύξησης είναι αρκετά βελτιωμένος. Συγκεκριμένα, ο Στρατάκος (2007) υπολόγισε ότι ο ειδικός ρυθμός αύξησης του *N. norvegicus*, ταϊζόμενο με σύμπηκτο παρόμοιας πρωτεϊνικής σύστασης, ισούται μόλις με 0,005% ανά ημέρα, ενώ η Mente (2010) πειραματιζόμενη με καραβίδες μέσου υγρού σωματικού βάρους 15g, παρατήρησε αύξηση 0,06% ανά ημέρα για την ομάδα που τρέφονταν με σύμπηκτο και -0,02% ανά ημέρα για την ομάδα που παρέμεινε σε ασιτία. Οι Rotland *et al.* (2001) διεξήγαγαν έρευνα κατά την οποία επιτεύχθηκε η εκτροφή μετανυμφών του είδους *N. norvegicus* μέχρι το στάδιο V διατρεφόμενο με φρέσκους ναύπλιους του είδους *Artemia salina*. Συγκριτικά με άλλα είδη, όπως π.χ. το *Jasus edwardsii*, το *N. norvegicus* επέδειξε χαμηλό ρυθμό αύξησης. Σε διατροφικό πείραμα των, Tolomei *et al.* (2003), ανήλικα άτομα του είδους *J. Edwardsii*, διατρεφόμενα με σύμπηκτο γαρίδας (*Penaeus japonicus*) για 16 εβδομάδες επέδειξαν ειδικό ρυθμό αύξησης 0,82 %/ημέρα.

Αναφορικά με τα άτομα που παρέμειναν έξι μήνες σε ασιτία, αυτά εμφάνισαν απώλεια βάρους και παρουσίασαν αρνητικό ειδικό ρυθμό αύξησης -0,031% ανά

ημέρα. Ωστόσο, η μείωση του βάρους δεν είναι εξαιρετικά σημαντική που ισούται με μόλις -3,4% του αρχικού βάρους. Χαρακτηριστικό, επίσης, είναι πως πολλά άτομα δεν απώλεσαν βάρος. Εκείνο που θα έπρεπε να τονιστεί, είναι η αντοχή που επέδειξαν τα ζώα, καθώς στους έξι μήνες που διήρκτησε το πείραμα, παρά το γεγονός ότι δεν ταΐζονταν καθόλου, το 63,2% του πληθυσμού κατάφερε να επιβιώσει. Αντίθετα, άτομα του είδους *Panulirus Cygnus* σε παρόμοιες συνθήκες δεν κατάφεραν να επιβιώσουν για περισσότερο από 22 ημέρες (Limbourn *et al.*, 2007).

Η διατροφή των διαφόρων ειδών καρκινοειδών και συγκεκριμένα αστακών με σύμπληκτα, έχειδειχθεί πως οδηγεί σε χαμηλότερη επιβίωση και ανάπτυξη των *Palinurus ornatus*, *Palinurus cygnus* και *Jasus edwardsii* συγκριτικά με τη διατροφή με μύδια, πιθανόν λόγω διαφορετικής χημικής ελκυστικότητας των τροφών (Williams, 2007). Από την άλλη, το *Jasus lalandii* είχε σαφώς καλύτερη ανάπτυξη όταν διατράφηκε με σύμπληκτα από ότι με φρέσκα μύδια (Williams, 2007). Οι Sheppard *et al.* (2002) κατέληξαν ότι η τεχνητή τροφή δεν αποτελεί από τη φύση της περιοριστικό παράγοντα κατανάλωσης από τους αστακούς *Jasus lalandii*, αλλά ότι πιο σημαντικός παράγοντας για την πρόσληψη της είναι η ίδια η ελκυστικότητα της, η οποία εξαρτάται από τη σύσταση της σε διάφορα αμινοξέα και νουκλεοτίδια. Επίσης, τα καρκινοειδή έχουν υψηλή πρωτεολυτική και σχετικά χαμηλή λιπολυτική δραστηριότητα (Johnston, 2003). Το εμπορικό σύμπληκτο που χορηγήθηκε στο παρόν διατροφικό πείραμα περιείχε σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια (13,3 % Πίν.2.1), γεγονός που μπορεί να επηρέασε αρνητικά την κατανάλωση τροφής από το *N. norvegicus*. Σε παρόμοιο μελλοντικό διατροφικό πείραμα θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί σύμπληκτο με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια.

Η περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες ουσίες του μυϊκού ιστού των καραβίδων, δεν επηρεάστηκε από τη διατροφική αγωγή, ωστόσο ήταν στατιστικώς

σημαντική. Οι τιμές που παρατηρήθηκαν, τόσο για την ομάδα που ταΐστηκε με σύμπηκτο, όσο και για την ομάδα που παρέμεινε σε ασιτία ήταν παρόμοιες ($P>0,05$, Πιν. 3.6), όμως το ποσοστό που παρατηρήθηκε για την ομάδα που ταΐστηκε με σύμπηκτο ήταν υψηλότερο. Η ανάλυση της χημικής σύστασης των καραβίδων έδειξε την υψηλή περιεκτικότητα αυτών σε ολικές αζωτούχες ουσίες (77,51% στην ομάδα της ασιτίας έως 80,91% στην ομάδα των συμπήκτων).

Το ίδιο παρατηρήθηκε και στην περιεκτικότητα σε ολικά λιπίδια του μυϊκού ιστού των καραβίδων, όπου και σε αυτή τη περίπτωση δεν φάνηκε να επηρεάζεται από την κατανάλωση συμπήκτων. Γενικά, παρατηρήθηκε πως το *N. norvegicus* χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές λίπους στο μυϊκό του ιστό, με μέσο όρο της S ομάδας να είναι ίσος με $1,26 \pm 0,14\%$ και το μέσο όρο της P ομάδας να ισούται με $1,18 \pm 0,20\%$.

4.2 Συμπεράσματα

- Το *Nephrops norvegicus*, υπό τις παρούσες συνθήκες εκτροφής, επέδειξε χαμηλές τιμές κατανάλωσης τροφής. Το συμπέρασμα αυτό ίσως να οφείλεται στη μη αποδοτικότητα των συμπήκτων από το *N. norvegicus* καθώς στο φυσικό του περιβάλλον διατρέφεται κυρίως με καρκινοειδή, αλλά και στο γεγονός ότι ο εγκλιματισμός άγριων ενήλικων υδρόβιων ζωικών οργανισμών σε τεχνητή τροφή είναι προβληματικός.
- Επίσης, ο ρυθμός αύξησης του είδους ήταν εξίσου χαμηλός, γεγονός που προφανώς σχετίζεται άμεσα με τα παραπάνω.
- Οι επιστημονικές γνώσεις μας σχετικά με τη διατροφή του είδους παραμένουν ελλιπείς τόσο ως προς τη διατροφική του συμπεριφορά, την φυσιολογία θρέψης του όσο και ως προς τις διατροφικές του απαιτήσεις.

- Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για τη διερεύνηση τόσο του κατάλληλου τύπου τροφής (χημική σύσταση), ο οποίος θα βελτιώσει την αύξηση των οργανισμών, όσο και των συνθηκών εκτροφής, ώστε να πλησιάζουν όσο το δυνατόν στα πρότυπα του φυσικού ενδιαιτήματος τους. Κατ' αυτόν το τρόπο θα διαπιστώσουμε αν τελικά το είδος είναι κατάλληλο για εκτροφή, αποδίδοντας κέρδη και παράλληλα επιτυγχάνοντας μείωση της αλιευτικής πίεσης στους ήδη μειωμένους πληθυσμούς.

ABSTRACT

Food consumption and survival were studied in *Nephrops norvegicus* reared in captivity for 20 weeks. Male lobsters, average body weight $42,8 \pm 12,8$ g, were kept individually in compartments suspended in glass aquaria with recirculating seawater. A group of 12 lobsters were fed a dry formulated diet. A group of 19 lobsters were kept in starvation. The food consumption of lobsters fed the commercial diet was estimated at 0.10% of body weight/day (as dry matter of feed). Our scientific knowledge on the nutrition of the species is still limiting.

Keywords: *Nephrops norvegicus*, crustacean, aquaculture, nutrition, food consumption

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- **Adey, J., Taylor, A., Atkinson, J., Smith, P. and Tuck, I. (2003).** Norway lobster creel fisheries.
www.gla.ac.uk/centres/marinstation/research/nephrops_creel.htm
- **Aguzzi, J., Company, J.B. and Sarda, F. (2004).** Feeding activity rhythm of *Nephrops norvegicus* of the western Mediterranean shelf and slope grounds. *Marine Biology*, 144: 463-472.
- **Barsaw, D.E. and Bryant-Rich, D.R. (1988).** A long-term study on the behavior and survival of early juvenile American lobsters, *Homarus americanus*, in three naturalistic substrates: Eelgrass, mud and rocks. *Fish.Bull*, 86:789-796.
- **Barsaw, D.E. (1989).** Growth and survival of early juvenile American lobsters, *Homarus americanus*, on a diet of plankton. *Fish.Bull*, 87: 366-370.
- **Bjornsson, B. and Dombaxe, M.A.D. (2004).** Quality of *Nephrops* as food for Atlantic cod (*Gadus morhua*) with possible implications for fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 61:983-991.
- **Cobb, J. S., Gulbransen, T., Phillips, B.F., Wand. D., and Syslo, M. (1983).** Behavior and distribution of larval and early juvenile *Homarus americanus*. *Ca. J. Fish. Aquat.Biol*, 40:2184-2188.

- **Cristo, M. (1998).** Feeding ecology *Nephrops norvegicus* (Decapoda, Nephropidae). *J Nat Hist*, 32:1493–1498.
- **Cristo, M. and Cartes, J.E. (1998).** A comparative field study of feeding ecology of *Nephrops norvegicus* (L) (Decapoda: Nephropidae) in the bathyal Mediterranean and adjacent Atlantic. *Sci Mar*, 62:81–90.
- **Cristo, M., (2001).** Gut evacuation rates in *Nephrops norvegicus* (L., 1758): laboratory and field estimates. *Scientia Marina*, 65: 341-346.
- **Dickey-Colas, M., McQuaid, N., Armstrong, M.J., Allen, M. and Briggs, R.P. (2000).** Temperature-dependent stage durations of Irish Sea *Nephrops* larvae. *Journal of plankton Research*, 22:749-760.
- **Elnor, R.W., and Campbell, A. (1987).** Natural diets of lobster *Homarus americanus* from barren ground and macroalgal habitats of southwestern Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser*, 37: 131-140.
- **Farmer, A.S.D., (1975).** Synopsis of biological data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *FAO Fisheries Synopses*, 112: 1-97.
- **Figuereido, M.J. and Thomas, H.J. (1967).** *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) Leach a review. *Oceanogr. Mar. Bio.l Annu. Rev*, 5:371–407.

- **Freire, J., Fernandez, L. and Gonzalez, E. (1990).** Influence of mussel raft culture on the diet of *Liocarcinus arcuatus*. *J Shellfish Res*, 9:45–57.
- **Harding, G. C., Drinkwater, K. F. and Vass, W. P. (1983).** Factors influencing the size of between American lobster (*Homarus americanus*) stocks along the Atlantic coast of Nova Scotia of St. Lawrence and the Gulf of Maine: A new synthesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 40: 168-184.
- **Harris, R.R. and Ulmestrand, M., (2004).** Discarding Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Lineaus,1758) through low salinity layers mortality and damage seen in simulation experiments. *ICES Journal of Marine Science*, 61:127-139.
- **Holthuis, L.B. (1991).** Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. *FAO Fisheries Synopsis 13(125)*. *FAO. Rome*, 292 p.
- **Howard, F.G. (1989).** The Norway Lobster. Scottish Fisheries Information Pamphlet, Edinburgh, 7: 15 p.
- **Hudon, C. (1987).** Ecology and growth of post larval and juvenile lobster, *Homarus americanus*, off Iles de la Madeleine (Quebec). *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 52: 155-168.

- **Hudon, C. and Lamarche, G. (1989).** Niche segregation between American lobster *Homarus americanus* and rock crab *Cancer irroratus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 52: 155-168.
- **Johnson, Sterling K. and Nathan K. Johnson. (2008).** Texas Crawdads. College Station, Texas. ISBN .
- **Karapanagiotidis, I., Mente, E., Stratakis, A., Bantidos, S. and Vafidis, D. (2008).** Nutrition and growth of *Nephrops norvegicus* in laboratory conditions. *3rd International Symposium on Hydrobiology and Fisheries – Sustainable Aquaculture, Arta 8-10 October, Greece.*
- **Lavalli, K. L. (1991).** Survival and growth of early-juvenile American lobsters *Homarus americanus* through their first season while fed diets of mesoplankton , microplankton and frozen brine shrimp. *Fish. Bull*, 89: 61-68.
- **Lavalli, K. L. and Factor, J. R. (1992).** Functional morphology of the mouthparts of juvenile lobsters, *Homarus americanus* (Decapoda: Nephropidae), and comparison with the larval stages. *J. Crust.Biol*, 12: 467-510.
- **Leavitt, D. F., Bayer, R. C., Gallagher, M. L. and Rittenburg, J.H. (1979).** Dietary intake and nutritional characteristics in wild American lobsters, *Homarus americanus*. *J. Fish. Res. Board Can*, 36: 965-969.

- **Mente, E., Karapanagiotidis, I. T., Logothetis, P., Vafidis, D., Malandrakis, E., Neofitou, N., Exadactylos, A. and Stratakos, A. (2009).** The reproductive cycle of Norway lobster. *Journal of Zoology*, 278: 324–332.
- **Mente, E. (2010).** Survival, food consumption and growth of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) kept in laboratory conditions. *Journal of Integrative Zoology In press*.
- **Mytilienou, C.H, Papaconstantinou, C. and Fourtouni, A. (1990).** Some aspects of the biology of Norway lobster *Nephrops norvegicus* I the N. Euboikos Gulf (Greece). *Rapports et Proces Verbaux des Reunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer Mediterranee*, 32(1):34.
- **Mytilienou, C.H., Papacostantinou, C. and Fourtuni, A. (1992).** Stomach content analysis of Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, in the North Aegean Sea (Greece). *Rapp Comm int Mer Medit*, 33:46.
- **Papaconstantinou, C., Zaetos, A., Vassilopoulou, V. and Tserpes, G. (2007).** State of Hellenic Fisheries. *Hellenic Center for Marine Research*.
- **Rice, A.L. and Chapman, C.J., (1971).** Observations on the burrows and burrowing behavior of two mud-dwelling decapods crustaceans *Nephrops norvegicus* and *Gonoplex rhomboids*. *Marine Biology*, 10: 330-342.
- **Rotland, G., Chartier-Daures, M., Charmantier, G., Anger K. and Sarda, F. (2001).** Effects of diet on *Nephrops norvegicus* (L.) larval and postlarval

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

- **Sarda F. and Valladares, F.J. (1990).** Gastric evacuation of different foods by *Nephrops norvegicus* (Crustacea: Decapoda) and estimation of soft tissue ingested, maximum food intake and cannibalism in captivity. *Marine Biology*, 104: 25-30.
- **Sarda, F. (1995).** A review (1967-1990) of some aspects of the life history of *Nephrops norvegicus* . *ICES Mar Sci Symp*, 199:78-88.
- **Sheppard J.K., Bruce, M.P. and Jeffs, A.G. (2002).** Optimal feed pellet size for culturing juvenile spiny lobster *Jasus edwardsii* (Hutton, 1875) in New Zealand. *Aquaculture Research*, 33: 913-916.
- **Smith, C.J. and 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 C.J. and Papadopoulou, K.N. (2007).** Nephrops fisheries in Hellas. *State of hellenic fisheries*, Papaconstantinou C, A. Zenetos, V. Vassilopoulou & G. Tserpes (Eds), Athens: *Hellenic Centre Marine Research*, 452–466.
- **Smith , D.M., Williams, K.C. and Irvin, S.J. (2005).** Response of the tropical spiny lobster *Panulirus ornatus* to protein content of pelleted feed and to a diet of mussel fish. *Aquaculture Nutrition*, 11:209-217.

- **Thomas, H.J. and Davidson, C. (1962).** The food of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L). *Mar Res*, 3:15.
- **Tolomei, A., Crear, B. and Johnston, D., (2003).** Diet immersion time: effects on growth, survival and feeding behavior of juvenile southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture*, 219: 303–316.
- **Tuck, I.D., Atkinson, R.J.A. and Chapman, C.J. (2000).** Population biology of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Lineaus,1758) in the Firth of Clyde, Scotland II: Fecundity and size at onset of sexual maturity. *ICES Journal of Marine Science*, 57:1227-1239.
- **Weiss, H.M. (1970).** “The Diet and Feeding Behavior of the Lobster *Homarus americanus*, in Long Island Sound.” Ph.D thesis. University of Connecticut, Storrs.
- **Welinder, B.S. (1974).** The crustacean cuticle. I: Studies on the composition of the cuticle. *Comp. Biochem. Physiol*, 47:779-787.
- **Williams, L.W. (1907).** The stomach of the lobster and the food of larval lobsters. Annu. Rep.-R.I. *Comm. Inland. Fish*, 37: 153-180.
- **Williams K.C., (2007).** Nutritional requirements and feeds development for post-larval spiny lobster: A review. *Aquaculture*, 263:1-14.

- **Williamson, H. C. (1905).** A contribution of the life-history of the lobster (*Homarus vulgaris*). *Anu. Rep. Fish. Board Scot.* (1904), 23:65-107.

Ελληνική βιβλιογραφία

- **Στρατάκος, Α.Χ. (2007).** Βιολογία, αναπαραγωγή και οικολογία της караβίδας *Nephrops norvegicus* στον Παγασητικό κόλπο. Προπτυχιακή διπλωματική εργασία Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, σελ. 71.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- www.aqua.maps.org
- www.carnivoraforum.com
- www.fao.org
- www.gla.ac.uk
- www.marlin.ac
- www.marinbi.com
- www.texasrawdads.com
- www.wikimedia.org