

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Η επίδραση διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων ασβεστίου στην ανάπτυξη και την ποιότητα του κελύφους του χερσαίου γαστερόποδου *Helix aspersa*»**

Ευαγγελία Μάρκογλου

ΒΟΛΟΣ 2012

**«Η επίδραση διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων ασβεστίου στην ανάπτυξη  
και την ποιότητα του κελύφους του χερσαίου γαστερόποδου *Helix aspersa*»**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

- 1) **Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπων*.
- 2) **Χρήστος Νεοφύτου**, Καθηγητής, Ιχθυολογία – Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.
- 3) **Μαριάνθη Χατζηιωάννου**, Λέκτορας, Εκτροφή Σαλιγκαριών και Βατράχων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων ασβεστίου στην ανάπτυξη και στην ποιότητα του κελύφους του *Helix aspersa*. Το πείραμα αυτό διεξήχθη σε εργαστηριακές συνθήκες στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Χρησιμοποιήθηκαν τριακόσια σαλιγκάρια, μέσου βάρους  $0,32 \pm 0,03$  g και μέσης διαμέτρου κελύφους  $9,6 \pm 0,2$  mm, τα οποία διαχωρίστηκαν σε τέσσερις διατροφικές ομάδες και κατανεμήθηκαν τυχαία σε 12 πλαστικούς κλωβούς χωρητικότητας 8 L. Ο κάθε κλωβός περιελάμβανε 25 άτομα και εφαρμόστηκαν 3 επαναλήψεις ανά διατροφική μεταχείριση. Οι 3 ομάδες σαλιγκαριών διατράφηκαν για 98 ημέρες με τρία ισοενεργειακά ( $12$  MJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (14%) σιτηρέσια, τα οποία διέφεραν ως προς την περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο. Τα επίπεδα του ασβεστίου που περιείχαν ήταν τα παρακάτω: το σιτηρέσιο Α περιείχε 9 % ασβέστιο, το Β 11 % και το Γ 13 % επί υγρής βάσης ουσίας. Μία τέταρτη ομάδα σιτίστηκε με σιτηρέσιο (Δ) ίδιας περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και ενεργειακής αξίας με τα προηγούμενα, στο οποίο όμως το ασβέστιο δεν ήταν ενσωματωμένο στο σιτηρέσιο, αλλά προσφέρθηκε μεμονωμένα κατά βούληση (*ad libitum*) σε μορφή μαρμαρόσκονης και φωσφορικού μονοασβεστίου.

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 3 δειγματοληψίες μέτρησης της ανάπτυξης των σαλιγκαριών και αξιοποίησης των τροφών και τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANOVA).

Στην 31<sup>η</sup> ημέρα διεξαγωγής του πειράματος, οι μετρήσεις κελύφους που πραγματοποιήθηκαν, έδειξαν ότι η μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου επήλθε στα σαλιγκάρια της Γ διατροφικής ομάδας ( $2,29 \pm 0,15$  %), η οποία περιείχε το μεγαλύτερο ποσοστό ασβεστίου (13 %), ενώ η μικρότερη αύξηση διαμέτρου κελύφους επήλθε στα σαλιγκάρια της Α διατροφικής ομάδας ( $2,07 \pm 0,40$  %), με το μικρότερο ποσοστό ασβεστίου (9 %).

Παράλληλα, με το πέρας του πειράματος, την 98<sup>η</sup> ημέρα, μετρήθηκε το βάρος του κελύφους των σαλιγκαριών. Το μεγαλύτερο βάρος κελύφους είχαν τα σαλιγκάρια που σιτίστηκαν με το Δ σιτηρέσιο ( $101,15 \pm 32,03$  mg), στο οποίο το ασβέστιο προσφέρθηκε μεμονωμένα κατά βούληση, ενώ το μικρότερο βάρος κελύφους, παρουσιάστηκε στα σαλιγκάρια της Α διατροφικής ομάδας ( $92,02 \pm 21,97$  mg), η οποία περιείχε το μικρότερο ποσοστό ασβεστίου.

Ωστόσο, καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στην ανάπτυξη των σαλιγκαριών μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων. Τα κελύφη των σαλιγκαριών που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Δ επέδειξαν τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη θραύση (δύναμη θραύσης 10,60 Nt), ενώ εκείνα του Β σιτηρεσίου εμφάνισαν τη μικρότερη ανθεκτικότητα (δύναμη θραύσης 8,58 Nt), χωρίς ωστόσο οι διαφορές να είναι στατιστικώς σημαντικές.

Περαιτέρω μελέτες είναι αναγκαίες για την κατανόηση του μεταβολισμού του ασβεστίου στο *Helix aspersa* και τον καθορισμό των σχετικών διαιτητικών αναγκών για τη βελτίωση της ποιότητας του κελύφους του υπό συνθήκες εκτροφής.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάστηκαν στο 4<sup>ο</sup> Συνέδριο Διεθνές Υδροβιολογίας – Αλιείας, το οποίο πραγματοποιήθηκε στο

Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος και η εργασία  
βραβεύτηκε για την παρουσίασή της.

*Λέξεις κλειδιά: Helix aspersa, κέλυφος, ασβέστιο, σαλιγκαροτροφία*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Βιολογία του είδους <i>Helix aspersa</i> .....	1
1.2. Εκτροφή σαλιγκαριών .....	4
1.3. Διατροφή σαλιγκαριών .....	5
1.4. Απαιτήσεις Ca στη διατροφή .....	6
1.5. Αντικείμενο και στόχοι έρευνας .....	10
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>	<b>11</b>
2.1. Προέλευση και συνθήκες εκτροφής πειραματόζων .....	11
2.2. Πειραματικά σιτηρέσια και σίτιση .....	13
2.3. Δειγματοληψίες και μετρήσεις .....	16
2.4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής .....	17
2.4.1. Αύξηση ολικού βάρους και διαμέτρου .....	17
2.4.2. Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους .....	17
2.4.3. Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης .....	18
2.4.4. Ημερήσια αύξηση .....	18
2.4.5. Συντελεστής μετατρεψιμότητας .....	19
2.5. Χημικές Αναλύσεις .....	19
2.5.1. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας .....	19
2.5.2. Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων .....	20
2.5.3. Προσδιορισμός τέφρας .....	23
2.5.4. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων .....	24
2.6. Προσδιορισμός σκληρότητας κελύφους .....	28

2.7. Στατιστική επεξεργασία .....	30
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>31</b>
3.1. Παράμετροι ανάπτυξης .....	31
3.2. Παράμετροι αξιοποίησης της τροφής .....	34
3.3. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά και σκληρότητα κελύφους .....	37
3.4. Χημική σύσταση σωμάτων .....	43
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>44</b>
<b>BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>45</b>
Ξένη Βιβλιογραφία .....	45
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	47
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>48</b>



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Βιολογία του είδους *Helix aspersa*

Το σαλιγκάρι χρησιμοποιείται ως ανθρώπινη τροφή από αρχαιοτάτων χρόνων, με τις πρώτες εκτροφές για την κάλυψη διατροφικών αναγκών, να έχουν ξεκινήσει από τους Ρωμαίους. Αρχικά, τους είχε δοθεί η ονομασία «*Cohlea*», πιθανότατα από την ελληνική λέξη «κοχλίας», ενώ αργότερα, ο Λινναίος έδωσε στο σαλιγκάρι την ονομασία «*Helix*», από το σπειροειδές σχήμα του κελύφους του (Μαρκάκης 1986). Το είδος *Helix aspersa* περιγράφηκε μόλις το έτος 1774 από τον O. F. Müller, με βάση ορισμένα ευρήματα που συλλέχθηκαν στην Ιταλία (Dekle & Fasulo 2001). Το είδος *Helix aspersa* περιγράφηκε μόλις το έτος 1774 από τον O. F. Müller, με βάση ορισμένα ευρήματα που συλλέχθηκαν στην Ιταλία (Dekle & Fasulo 2001). Στον κατάλογο Ευρωπαϊκών ειδών χερσαίων Μαλακίων (CLECOM 2001 edition, Bank *et al.* 2001) το είδος αναφέρεται ως *Cornu aspersum aspersum* (Müller, 1774) εντάσσεται δηλαδή στο γένος *Cornu* Born, 1778.

Από τα είδη των σαλιγκαριών που ζούν στην Ευρώπη, δώδεκα είναι εδώδιμα, ενώ μόνο τέσσερα με πέντε είδη είναι εμπορικά. Από αυτά, το είδος *Helix aspersa* είναι το πιο γνωστό και εμπορικό, καλύπτοντας το 40% της αγοράς (Lazaridou-Dimitriadou *et al.* 1998). Το σαλιγκάρι του είδους *Helix aspersa* βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και είναι επίσης γνωστό ως «Petit-Gris», «small grey», ή ακόμα και «brown snail» (Murphy 2001). Η κατανάλωσή του είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλες τις χώρες της Ευρώπης, ειδικότερα στη Γαλλία, όπου υπολογίζεται ότι μεταποιούνται και καταναλώνονται 40.000 τόνοι σαλιγκαριών ετησίως (Daguzan 1989), καθώς και στην Ιταλία, όπου καταναλώνονται 6.000 τόνοι κάθε χρόνο (Elmslie 1989).

Επιπρόσθετα, το σαλιγκάρι *Helix aspersa* αποτελεί ένα από τα πιο επιτυχημένα είδη «εποικιστών», λόγω της εξαιρετικής του προσαρμοστικότητας, η οποία είναι απόρροια των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του αναπαραγωγικού του συστήματος και του βιολογικού του κύκλου (Χατζηγιάννου 2007).

Τα γαστερόποδα, καθ'όλη τη διάρκεια εξέλιξής τους, έχουν αποτελέσει από τα πιο επιτυχώς προσαρμοσμένα ασπόνδυλα στα χερσαία οικοσυστήματα (Kerney & Cameron 1979). Έχουν αναπτύξει αποδοτικούς μηχανισμούς εξισορρόπησης της υγρασίας τους, ούτως ώστε να καθίσταται δυνατή η κινητική τους δραστηριότητα (Ward & Slotow 1992).

Όσον αφορά τη φυσική εξάπλωση του είδους *Helix aspersa*, ο Burch (1960) αναφέρει τις παρακάτω περιοχές στις οποίες παρατηρείται: Μεγάλη Βρετανία, δυτική Ευρώπη και στα σύνορα μεταξύ Μεσογείου και Μαύρης Θάλασσας. Επιπλέον, έχει εισαχθεί και στα νησιά του Ατλαντικού, στη Νότια Αφρική, στην Αϊτή, στη Νέα Ζηλανδία, στην Αυστραλία, στο Μεξικό, στη Χιλή και τέλος, στην Αργεντινή (Burch 1960). Όσον αφορά την εξάπλωσή του στην Ελλάδα, παρατηρείται κυρίως στην Πελοπόννησο, στη Στερεά Ελλάδα, στα νησιά του Αιγαίου και στην Κρήτη (Μαρκάκης 1990).

Τα σαλιγκάρια κατατάσσονται στο βασίλειο των ζώων (Animalia) και στο φύλο των μαλακίων (Mollusca), όπως τα στρείδια, τα καλαμάρια και οι σουπιές (Çağiltay *et al.* 2011). Τα σαλιγκάρια ανήκουν στην κλάση των γαστερόποδων (Dekle & Fasulo 2001). Στον Πίνακα 1.1 δίνεται η συστηματική κατάταξη του εδώδιμου σαλιγκαριού *Helix aspersa*.

Το σαλιγκάρι *Helix aspersa* προτιμά σταθερά περιβάλλοντα, με επαρκή υγρασία και με επαρκή αποθέματα για τροφή (Dekle & Fasulo 2001). Οι πιο συνήθεις βιότοποι

που εμφανίζεται είναι οι αγροτικές περιοχές, τα δάση, οι κήποι, τα πάρκα, αλλά κυρίως προτιμά, περιοχές με ασβεστόχα εδάφη, για την πρόσληψη ικανοποιητικών ποσοτήτων ασβεστίου που χρειάζεται για την κατασκευή του κελύφους και τη δημιουργία του ανθρακικού ακοντίου (μέσο αναπαραγωγής) (Ports 1975).

**Πίνακας 1.1:** Συστηματική κατάταξη του είδους *Helix aspersa* (Solem 1978).

<b>Βασίλειο:</b>	Ζώα	(Animalia)
<b>Φύλο:</b>	Μαλάκια	(Mollusca)
<b>Κλάση:</b>	Γαστερόποδα	(Gastropoda)
<b>Υποκλάση:</b>	Πνευμονοφόρα	(Pulmonata)
<b>Τάξη:</b>	Στυλοματοφόρα	(Stylomatophora)
<b>Οκογένεια:</b>	Ελικοειδή	(Helicidae)
<b>Γένος:</b>	<i>Helix</i>	( <i>Helix</i> )
<b>Είδος:</b>	<i>Helix aspersa</i>	( <i>Helix aspersa</i> )

Το κέλυφος του σαλιγκαριού λειτουργεί ως ολοκληρωμένη προστασία ενάντια στην αφυδάτωση, εφόσον το σαλιγκάρι *Helix aspersa*, όπως και τα υπόλοιπα μαλάκια, δεν μπορεί να ελέγξει την διαπερατότητα των εκτεθειμένων επιφανειών του σώματός του (Wagge 1952). Το κέλυφος του είναι στρογγυλό, σχετικά λεπτό, δεν εμφανίζει οπές, μέτρια γυαλιστερό, σμιλεμένο με λεπτές ρυτίδες (Dekle & Fasulo 2001). Η διάμετρος του κελύφους ενός ώριμου ατόμου του είδους, κυμαίνεται από 20 έως 40 mm, ενώ το ύψος από 25 έως 40 mm. Το χρώμα του κελύφους επηρεάζεται αρκετά από τις παραμέτρους της θερμοκρασίας και της ηλικίας, αλλά συνήθως, είναι χρώματος κιτρινοκάστανου, με κάποιες παραλλαγές του γκρι (Μαρκάκης 1986). Επιπλέον, δομικά το κέλυφος θεωρείται ως ένας πρωτεϊνικός ιστός πάχους 1-2 mm και το κύριο στοιχείο

που το χαρακτηρίζει είναι το ανθρακικό ασβέστιο (98 – 99 %) (Heller & Magaritz 1983, Murphy 2001).

## 1.2. Εκτροφή σαλιγκαριών

Σύμφωνα με τον Πλίνιο τον πρεσβύτερο, ο πολιτικός Fulvius Hirpinus ήταν ο πρώτος που έκανε εκτροφή σαλιγκαριών σε μια πόλη της Τοσκάνης περίπου το 50 π.Χ. (Murphy 2001). Έκτοτε, η εκτροφή των σαλιγκαριών έχει αναπτυχθεί ταχύτατα τα τελευταία δέκα χρόνια. Οι Dupont-Nivet *et al.* (2000) αναφέρουν ότι, το 1980 οι γαλλικές εκτροφές σαλιγκαριών παρήγαγαν περίπου δέκα τόνους σαλιγκαριών, ενώ το 1998, παρήγαγαν περίπου 800 τόνους. Πλέον, η εκτροφή των σαλιγκαριών είναι μια σημαντική γεωργική δραστηριότητα σε πολλές χώρες, κυρίως στις χώρες της Ευρώπης, που ασχολούνται με την σαλιγκαροτροφία. Το κύριο είδος των εκτροφών σαλιγκαριών είναι το είδος *Helix aspersa* (Dupont-Nivet *et al.* 2000).

Ειδικότερα στις μέρες μας, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μονάδες εκτροφών σαλιγκαριών και αυτό οφείλεται, αφενός στην αντιστάθμιση της μείωσης των φυσικών πληθυσμών των σαλιγκαριών σε πολλές χώρες και αφετέρου στην παραγωγή καλής ποιότητας σαλιγκαριών που θα οδηγηθούν προς κατανάλωση (Gomot 1998).

Η σαλιγκαροτροφία έχει διάφορες εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής, με διαφορετικές επιλογές όσον αφορά τον τύπο της εκτροφής και της διατροφής. Αυτές οι μέθοδοι χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες: την εκτατική εκτροφή, την ημιεντατική εκτροφή και την εντατική εκτροφή. Η εκτατική εκτροφή, εφαρμόζεται σε χωράφια, όπου η συμμετοχή στην προσφορά τροφής είναι πολύ μικρή, καθώς το σαλιγκάρι τρέφεται κατά κύριο λόγο από τα θρεπτικά που υπάρχουν στη φύση (García *et al.* 2005, Χατζηιωάννου 2007). Η ημιεντατική εκτροφή εφαρμόζεται σε συνδυασμό κλειστού και

ανοιχτού χώρου και διακρίνεται σε δύο βασικά στάδια: της αναπαραγωγικής διαδικασίας, η οποία πραγματοποιείται μέσα σε κλειστό χώρο, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτοπεριόδου και το στάδιο της πάχυνσης, το οποίο γίνεται σε εξωτερικά διαμορφωμένα πάρκα (Lazaridou-Dimitriadou & Kattoulas 1985). Αντίθετα, η εντατική εκτροφή, εφαρμόζεται σε κλειστό χώρο, όπου όλες οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ελεγχόμενες (García *et al.* 2005, Χατζηιωάννου 2007).

### 1.3. Διατροφή σαλιγκαριών

Οι Thompson & Cheney (2007) και οι Iglesias & Castillejo (1999) αναφέρουν ότι το σαλιγκάρι στο φυσικό του περιβάλλον καταναλώνει τροφές όπως φυλλώδη λαχανικά, δημητριακά, εσπεριδοειδή και διάφορα χόρτα, όπως τριφύλι, πικραλίδα, χαμομήλι και δενδρομολόχες. Γενικότερα όμως τα σαλιγκάρια τρέφονται με κάθε είδους οργανική ύλη, όπως φύλλα, ξύλα και νεκρά ζώα σε διαφορετικά επίπεδα αποσάθρωσης (Barker 2001). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η διατροφή των σαλιγκαριών στο φυσικό περιβάλλον αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την αύξηση και την αναπαραγωγή τους (Boschi & Baur 2007).

Όμοια με την ανάπτυξη των σαλιγκαριών στο φυσικό περιβάλλον, έτσι και στην εκτροφή τους, η ποιότητα της χορηγούμενης τροφής παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και την αναπαραγωγή των σαλιγκαριών. Έτσι έχει αποδειχθεί, ότι σε εντατικές συνθήκες εκτροφής του είδους *Helix aspersa*, το σαλιγκάρι φαίνεται να προτιμά δίαιτες που βασίζονται σε φυτικές παρά σε ζωικές πρωτεΐνες, ενώ η επιλογή των πρώτων υλών, ειδικότερα των δημητριακών, είναι ένας σημαντικός παράγοντας, όσον αφορά τη γευστικότητα του σιτηρεσίου (Lazaridou-Dimitriadou *et al.* 1998).

Οι García *et al.* (2005) υποστηρίζουν πως η κατάλληλη επιλογή του σιτηρεσίου εξαρτάται από τη μέθοδο εκτροφής που χρησιμοποιείται. Κατά την εφαρμογή ενός εκτατικού συστήματος εκτροφής, το επίπεδο της τεχνογνωσίας που απαιτείται, όσον αφορά την επιλογή του σιτηρεσίου, είναι χαμηλό και υποστηρίζεται από τη χορήγηση πράσινων λαχανικών. Από την άλλη πλευρά, τα εντατικά συστήματα εκτροφής, απαιτούν υψηλή τεχνογνωσία, όσον αφορά την επιλογή της διαίτας, και οι σύνθετες πλήρεις ζωοτροφές είναι οι κύριες που χρησιμοποιούνται (García *et al.* 2005). Ωστόσο, ορισμένοι συγγραφείς θεωρούν ότι η διαίτα που βασίζεται μόνο σε πράσινα λαχανικά, δεν προσφέρει επαρκή ρυθμό ανάπτυξης, για την υποστήριξη μιας εμπορικής σαλιγκαροτροφίας, παρόλο που αυτά τα συστήματα είναι πολύ κοινά στις Μεσογειακές περιοχές (Daguzan 1981). Επομένως, καθίσταται πολύ σημαντική η κατανόηση των διαφορών μεταξύ των εναλλακτικών συστημάτων εκτροφής σαλιγκαριών, προκειμένου να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις σχετικά με τη διατροφή των εκτρεφόμενων σαλιγκαριών (Millinsk *et al.* 2003, García *et al.* 2005).

Παράλληλα, είναι σημαντική και απαραίτητη η πραγματοποίηση ερευνών, για τη συλλογή στοιχείων, που αφορούν την κατάρτιση ορθών σιτηρεσίων για σαλιγκάρια, καθώς οι γνώσεις που υπάρχουν, όσον αφορά τις διαιτητικές ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά των εκτρεφόμενων σαλιγκαριών, είναι μέχρι σήμερα ελλιπείς. Εντούτοις, τέτοιου είδους έρευνες είναι σπάνιες (Milinsk *et al.* 2003).

Ο Murphy (2001) αναφέρει ότι για τη δημιουργία ενός ισορροπημένου σιτηρεσίου για σαλιγκάρια, το οποίο θα ενισχύει, θα προάγει την ανάπτυξη των σαλιγκαριών και παράλληλα θα αξιοποιείται αποδοτικότερα, είναι ορθό κατά την κατάρτιση των σιτηρεσίων τα επίπεδα της πρωτεΐνης να κυμαίνονται από 10 έως 16 % και το ανθρακικό ασβέστιο από 30 έως 40 % (Murphy 2001).

#### 1.4. Απαιτήσεις Ca στη διατροφή

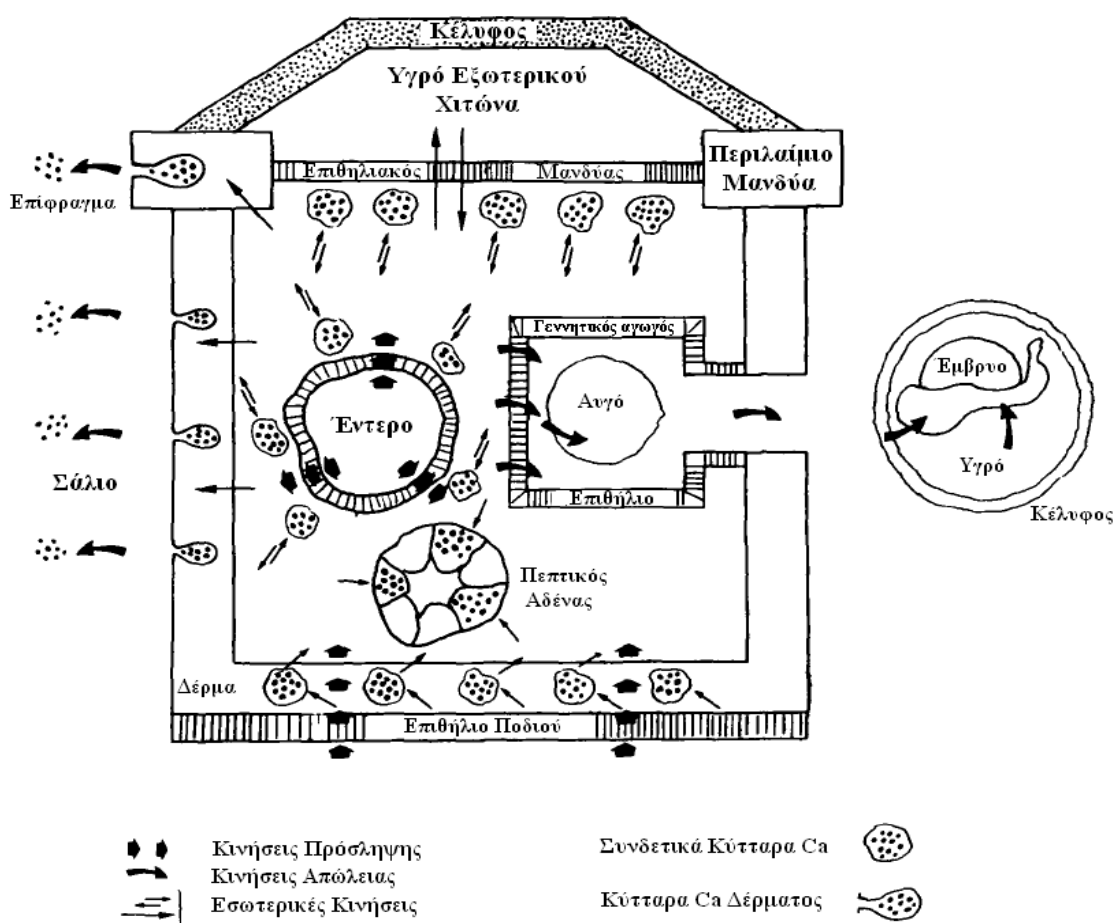
Λίγα είναι γνωστά για τις διαιτητικές ανάγκες των χερσαίων γαστερόποδων σε ασβέστιο. Γενικά, εκτιμάται ότι τα σαλιγκάρια, συμπεριλαμβανομένου του *Helix aspersa*, απαιτούν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους (Wagge 1952). Έχει αναφερθεί ότι τα Ευρωπαϊκά είδη, στο φυσικό τους περιβάλλον, καταναλώνουν τακτικά χώμα για την πρόσληψη ασβεστίου (Ireland 1991), αν και αυτό το φαινόμενο αμφισβητείται από τους Jess & Marks (1989). Τα χερσαία γαστερόποδα είναι επίσης ικανά να προσροφούν από το έδαφος επιλεγμένα ιόντα, συμπεριλαμβανομένου του ασβεστίου, διαμέσου του ποδιού που κινούνται (Ryder & Bowen 1977).

Επιπλέον, αν σκεφτεί κανείς ότι με το ανθρακικό ασβέστιο που προσροφά το σαλιγκάρι καλύπτει τις ανάγκες του για ανάπτυξη, για δημιουργία κελύφους, για δημιουργία κελύφους των αυγών, καθώς και για δημιουργία του ανθρακικού ακοντίου (αναπαραγωγή), το ασβέστιο φαίνεται να είναι ένας από τους πιο περιοριστικούς παράγοντες εξάπλωσης των σαλιγκαριών (Heller & Magaritz 1983, Fournié & Chétail 1984). Επίσης, υποστηρίζεται ότι τα σαλιγκάρια τείνουν να συγκεντρώνονται σε εδάφη και πέτρες πλούσιες σε ασβέστιο, αποφεύγοντας τα αργιλώδη εδάφη όπου το ασβέστιο εκλείπει, καθώς η ανάπτυξή τους σε τέτοια υποστρώματα, θα προκαλέσει τη δημιουργία λεπτού κελύφους (Peake 1978, Burton & Burton 2002).

Όσον αφορά τους μηχανισμούς αποθήκευσης του ασβεστίου στα σαλιγκάρια, φαίνεται να λαμβάνουν χώρα ενδοκυτταρικές και εξωκυτταρικές διαδικασίες ασβεστοποίησης (Gregoire 1972). Η εναπόθεση των ανόργανων στοιχείων στο κέλυφος, είναι μια από τις πιο διερευνημένες διαδικασίες ασβεστοποίησης και φαίνεται

να έχει μελετηθεί ένας μεγάλος πλούτος στοιχείων, σχετικά με τη δομή, τη διαμόρφωση και την ανάπτυξη του κελύφους (Gregoire 1972).

Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζεται σχηματικά ο μεταβολισμός του ασβεστίου στο σώμα των χερσαίων γαστεροπόδων (Fournié & Chétail 1984).



**Εικόνα 1.1:** Σχηματική αναπαράσταση των κινήσεων που πραγματοποιεί το ασβέστιο στο σώμα των χερσαίων γαστεροπόδων. Αν εξαιρεθεί η απώλεια των κόκκων ανθρακικού ασβεστίου από το περιλαίμιο του μανδύα και το δέρμα, όλα τα άλλα βέλη αφορούν μόνο τα ιόντα ασβεστίου. Το εσωτερικό διαμέρισμα μεταξύ των διαφόρων οργάνων, αντιπροσωπεύει την αιμολέμφο (Fournié & Chétail 1984).

Να σημειωθεί επίσης, ότι η ενδοκυτταρική ασβεστοποίηση στα σαλιγκάρια πραγματοποιείται σε θύλακες, που βρίσκονται στον πεπτικό αδένα και σε διάφορα μέρη του συνδετικού ιστού (Fournié & Chétail 1984), ενώ η μεγαλύτερη ποσότητα



ασβεστίου αποθηκεύεται σε διάφορα σημεία, όπως το κέλυφος, τον πεπτικό αδένα, το μανδύα του ποδιού, ακόμη και γύρω από τα αιμοφόρα αγγεία (Tompa & Watabe 1976).

Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζονται τα χορηγούμενα επίπεδα, καθώς και η πηγή προέλευσης του ασβεστίου που περιελάμβαναν τα σιτηρέσια διαφόρων πειραμάτων που έχουν διεξαχθεί με τα διάφορα είδη σαλιγκαριών.

**Πίνακας 1.2:** Επίπεδα (% του σιτηρεσίου) ασβεστίου διαφόρων πειραματικών σιτηρεσίων που έχουν μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί.

Βιβλιογραφική αναφορά	Πηγή ασβεστίου	Είδος σαλιγκαριού	Ποσοστό πηγής ασβεστίου στο σιτηρέσιο (%)
García <i>et al.</i> 2005	Ανθρακικό ασβέστιο (CO <sub>3</sub> Ca)	<i>Helix aspersa</i> Müller	23,7
Lazaridou-Dimitriadou <i>et al.</i> 1998	Δεν αναφέρεται	<i>Helix aspersa</i> Müller	8 – 10
Milinsk <i>et al.</i> 2003	Όξινο φωσφορικό ασβέστιο + ασβεστόλιθο	<i>Helix aspersa</i> <i>maxima</i>	17
Milinsk <i>et al.</i> 2006	Όξινο φωσφορικό ασβέστιο + άλευρο από κελύφη οστρακοειδών	<i>Helix aspersa</i> <i>maxima</i>	17
Wagge 1952	Φωσφορικό + ανθρακικό ασβέστιο	<i>Helix aspersa</i>	24

Τέλος αξίζει να σημειωθεί, ότι η προσφορά ασβεστίου στη διατροφή του *Helix aspersa*, ιδιαίτερα στο αρχικό στάδιο ανάπτυξης και πριν την έναρξη της ωοτοκίας, έχει

κριθεί αναγκαία (Egonmwan 2008). Ωστόσο, στο σαλιγκάρι *Limicolaria flammea*, παρατηρήθηκε ότι η κατανάλωση ασβεστίου στην περίοδο ωοτοκίας, μειώνεται αισθητά, γεγονός που δείχνει ότι το σαλιγκάρι αποθηκεύει ασβέστιο στο σώμα του μέχρι να το χρειαστεί. Όσον αφορά το σαλιγκάρι *Helix aspersa*, κατά την παραγωγή των αυγών του έχει παρατηρηθεί έντονη κινητικότητα του ασβεστίου στο εσωτερικό του οργανισμού, η οποία προκύπτει έμμεσα από το πεπτικό σύστημα (Tompa & Wilbur 1977, Beeby & Richmond 2001).

Οι Tompa & Wilbur (1977) υποστηρίζουν επίσης, ότι στο σαλιγκάρι *H. aspersa* κατά την παραγωγή των αυγών του, εμφανίζεται μια αύξηση στη συγκέντρωση του ασβεστίου στο αίμα της τάξης του 70 % και η οποία διατηρείται σε αυτά τα επίπεδα μέχρι το πέρας της αναπαραγωγικής περιόδου.

### **1.5. Αντικείμενο και στόχοι έρευνας**

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών διαιτητικών επιπέδων ασβεστίου στην ανάπτυξη και την ποιότητα του κελύφους του χερσαίου γαστερόποδου *Helix aspersa*.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης τα σαλιγκάρια διαχωρίστηκαν σε τέσσερις διατροφικές ομάδες, όπου οι τρεις περιείχαν αυξανόμενα ποσοστά ασβεστίου (9%, 11%, 13%), ενώ στην τέταρτη ομάδα το ασβέστιο προσφέρθηκε ξεχωριστά και όχι ενσωματωμένο στην τροφή. Το πείραμα διήρκησε 98 ημέρες, διάστημα στο οποίο τα σαλιγκάρια διατράφηκαν με πειραματικά σιτηρέσια και προσδιορίστηκαν διάφορες παράμετροι αξιολόγησης του βαθμού επίδρασης των σιτηρεσίων στην ανάπτυξη και την ποιότητα του κελύφους του σαλιγκαριού *Helix aspersa*.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Προέλευση και συνθήκες εκτροφής σαλιγκαριών

Για την υλοποίηση του παρόντος διατροφικού πειράματος επιλέχθησαν συνολικά 300 σαλιγκάρια του είδους *Helix aspersa*, ηλικίας 14 ημερών τα οποία προήλθαν από το εκκολαπτήριο του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα σαλιγκάρια κατά την εκκίνηση του πειράματος είχαν μέσο βάρος  $0,32 \pm 0,03$  g και μέση διάμετρο κελύφους  $9,6 \pm 0,14$  mm ανά κλωβό. Το πείραμα διήρκησε 98 ημέρες (από 18/11/2009 έως 25/02/2010) και πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εκτροφής Γαστεροπόδων, του Τμήματος (Εικ. 2.1). Η κατανομή των σαλιγκαριών έγινε τυχαία σε 4 διατροφικές ομάδες, όπου κάθε ομάδα σιτίζονταν με διαφορετικό σιτηρέσιο και διανεμήθηκαν σε 12 πλαστικούς κλωβούς (3 επαναλήψεις-κλωβοί ανά διατροφική μεταχείριση, 25 άτομα ανά κλωβό) χωρητικότητας 8 L έκαστος, με διαστάσεις 34 cm μήκος, 23,5 cm πλάτος και 12,5 cm ύψος.



**Εικόνα 2.1:** Χώρος εργαστηρίου.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Ο χώρος του εργαστηρίου, κατά την τέλεση του πειράματος, διατηρούνταν καθαρός κάτω από ασηπτικές συνθήκες και οι καθημερινοί χειρισμοί πραγματοποιούνταν με τη χρήση ρόμπας εργαστηρίου για αποφυγή τυχόν μολύνσεων. Ο καθαρισμός των σαλιγκαριών πραγματοποιούνταν με τρεχούμενο νερό μέσα σε διάτρητο σκεύος για την απομάκρυνση περιττωμάτων.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες του εργαστηρίου ήταν πλήρως ελεγχόμενες και οι τιμές των παραμέτρων κυμάνθηκαν ως εξής:

❖ Φωτοπερίοδος 13:11 L:D

*(η οποία εφαρμοζόταν με τη χρήση ρυθμιζόμενων φωτιστικών συσκευών)*

❖ Θερμοκρασία  $21 \pm 1$  °C

*(η οποία επιτυγχάνονταν με τη χρήση κλιματιστικών)*

❖ Σχετική Υγρασία 90-100 % R.H.

*(η οποία ρυθμιζόταν μέσω της τοποθέτησης υγρού υποστρώματος στον πυθμένα του κάθε κλωβού)*

Όσον αφορά τους 12 κλωβούς που χρησιμοποιήθηκαν, ο καθένας διέθετε οκτώ μικρές οπές πλαγίως και τέσσερις στον πυθμένα, για τη διευκόλυνση του αερισμού των κλωβών. Ο κάθε κλωβός περιείχε ένα κομμάτι χοντρού συνθετικού υφάσματος, μη τοξικού, για τη διασφάλιση υγρασίας σε επιθυμητά επίπεδα και τη διευκόλυνση της κίνησης των σαλιγκαριών. Επιπλέον, τα πειραματόζωα περιορίζονταν στους κλωβούς με τη χρήση ενός κομματιού τζαμιού πάχους 5mm στο επάνω μέρος του κλωβού, για να αποφευχθεί κάποια πιθανή απόδραση (Εικ. 2.2). Τέλος, στο εσωτερικό του κάθε κλωβού υπήρχε μια κυκλική πορσελάνινη ταΐστρα (στην οποία αναγραφόταν η ονομασία του κλωβού), όπου τοποθετούνταν η χορηγούμενη ποσότητα τροφής.



**Εικόνα 2.2:** Πειραματικός κλωβός όπου πραγματοποιήθηκε η εκτροφή των σαλιγκαριών.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

## 2.2. Πειραματικά σιτηρέσια και σίτιση

Οι τρεις από τις τέσσερις ομάδες σαλιγκαριών διατράφηκαν με 3 ισοενεργειακά (14 KJ/Kg) και ισοπρωτεϊνικά (13 %) σιτηρέσια, τα οποία διέφεραν ως προς την περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο σιτηρέσιο (Α) περιείχε ασβέστιο σε ποσοστό 9 %, το δεύτερο σιτηρέσιο (Β) περιείχε ασβέστιο σε ποσοστό 11 % και το τρίτο σιτηρέσιο (Γ) περιείχε ασβέστιο σε ποσοστό 13 % επί υγρής βάσης ουσίας του σιτηρεσίου. Μία τέταρτη ομάδα σιτίστηκε με σιτηρέσιο (Δ) ίδιας περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και ενεργειακής αξίας με τα προηγούμενα, στο οποίο όμως το ασβέστιο δεν ήταν ενσωματωμένο στο σιτηρέσιο και προσφέρθηκε κατά βούληση (*ad libitum*) σε μορφή μαρμαρόσκονης και φωσφορικού μονοασβεστίου. Το βασικό μίγμα του Δ σιτηρεσίου καταρτίστηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Β σιτηρεσίου, με τη μόνη διαφορά ότι η μαρμαρόσκονη, που ήταν η πηγή του ασβεστίου, αντί να ενσωματωθεί στο μίγμα της τροφής, προσφέρθηκε ξεχωριστά. Η αναλυτική σύσταση των τροφών παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1.

**Πίνακας 2.1:** Σύσταση των τεσσάρων σιτηρεσίων (% υγρής βάσης ουσίας).

<u>ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΡΟΦΩΝ</u>	<u>Σιτηρέσια</u>			
<i>Συστατικά, %</i>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>Δ</b>
Σιτάρι, άλευρο	20,0	20,0	20,0	20,0
Αραβόσιτος, άλευρο	40,3	31,7	22,7	31,7
Γλουτένη αραβοσίτου	13,2	14,4	15,8	14,4
Φυτικό έλαιο	0,0	2,3	5,0	2,3
Μαρμαρόσκονη	20,0	25,0	30,0	0,0
Πρόμιγμα Βιταμινών	0,5	0,5	0,5	0,5
Αλάτι	0,5	0,5	0,5	0,5
Φωσφορικό μονοασβέστιο	5,5	5,5	5,5	5,5
 <i>Χημική Σύσταση, %</i>				
Συνολική υγρασία (%)	7,31±0,11	6,55±0,01	5,81±0,02	8,73±0,11
Ολική Πρωτεΐνη (%)	13,46±0,24	12,85±1,04	12,54±0,56	16,60±0,55
Ολικά Λιπίδια (%)	1,00±0,02	3,19±0,01	5,54±0,06	4,11±0,04
Τέφρα (%)	21,18±1,01	26,19±0,50	28,62±0,28	6,89±0,14
Ινώδεις Ουσίες (%) (εκτίμηση)	1,9	1,6	1,3	1,6
Υδατάνθρακες (%) (εκτίμηση)	64,36	57,77	53,30	72,40
Ολική ενέργεια (KJ/g) (εκτίμηση)	14,64	14,23	14,31	17,99
Ασβέστιο (%) (εκτίμηση)	9,5	11,4	13,3	11,4
Φώσφορος (%) (εκτίμηση)	0,2	0,2	0,2	0,2

Σημ.: Οι τιμές της χημικής σύστασης αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική απόκλιση. Τα διαιτητικά επίπεδα των υδατανθράκων υπολογίστηκαν μέσω της αφαίρεσης των επιπέδων πρωτεΐνης, λιπιδίων και τέφρας από την ξηρή ουσία. Οι ινώδεις ουσίες εκτιμήθηκαν από δημοσιευμένους πίνακες χημικής σύστασης συστατικών (Jauncey, 1999). Η ολική ενέργεια κάθε σιτηρεσίου εκτιμήθηκε ως άθροισμα των ολικών ενεργειών που αποδίδει κάθε θρεπτική ουσία σύμφωνα με τους συντελεστές 5,64, 9,44 και 4,11 για τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τους υδατάνθρακες, αντίστοιχα. Αντίθετα, το ασβέστιο εκτιμήθηκε βάση της παραδοχής ότι η μαρμαρόσκονη έχει 40 % ασβέστιο, σύμφωνα με το μοριακό της βάρος.

Η συνολική διάρκεια του πειράματος, όπως προαναφέρθηκε, ήταν 98 ημέρες (18/11/2009 – 25/02/2010). Η τοποθέτηση των σαλιγκαριών στους κλωβούς

πραγματοποιήθηκε στις 16/11/2009, όπου τα πειραματόζωα παρέμειναν για δύο ημέρες χωρίς την προσφορά τροφής, για τον καθαρισμό του πεπτικού τους συστήματος και για λόγους εγκλιματισμού των σαλιγκαριών στις συνθήκες εκτροφής. Η σίτιση των σαλιγκαριών, παράλληλα με τη μέτρηση της καταναλωθείσας τροφής, καθώς και την καταγραφή τυχόν θνησιμοτήτων, γίνονταν 2 φορές την εβδομάδα (Δευτέρα και Πέμπτη) και οι τροφές χορηγούνταν κατά βούληση (*ad libitum*).

Η διαδικασία σίτισης και παρακολούθησης των σαλιγκαριών είχε ως εξής: πριν την τοποθέτηση των πορσελάνινων ταΐστρων στους κλωβούς, ζυγίζονταν το απόβαρο της κάθεμιας, η απαιτούμενη ποσότητα τροφής που χορηγούνταν στα σαλιγκάρια (περίπου 3 g). Στη συνέχεια, μετά την πάροδο 2 ημερών (ή 3 ημερών όταν μεσολαβούσε Σαββατοκύριακο) αποσύρονταν οι ταΐστρες από τους κλωβούς, καθαρίζονταν για την απομάκρυνση τυχόν περιττωμάτων και τοποθετούνταν σε κλίβανο στους 60 °C για 24 ώρες, ούτως ώστε να υπολογιστεί η ποσότητα της τροφής που καταναλώθηκε. Έπειτα, οι κλωβοί καθαρίζονταν με καθαρό τρεχούμενο νερό για την απομάκρυνση της βλέννας και των περιττωμάτων και το χοντρό ύφασμα του κάθε κλωβού, αφού ξεπλενόταν με άφθονο νερό, επανατοποθετούνταν στο εσωτερικό. Τέλος, ζυγίζονταν νέα ποσότητα τροφής στις ταΐστρες, οι οποίες με τη σειρά τους τοποθετούνταν στους κλωβούς και η διαδικασία αυτή επαναλαμβανόταν μέχρι το πέρας του πειράματος.

Να σημειωθεί ότι τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Δ σιτηρέσιο, στα οποία το ασβέστιο προσφέρθηκε ξεχωριστά και όχι ενσωματωμένο στην τροφή, υπήρχε μια δεύτερη ταΐστρα στον κλωβό για τη χορήγηση του ασβεστίου (μαρμαρόσκονη & φωσφορικό μονοασβέστιο) διαφορετική από εκείνη της τροφής, η οποία μεταχειριζόταν όπως οι ταΐστρες των σιτηρεσίων.

### 2.3. Δειγματοληψίες και μετρήσεις

Καθ'όλη τη διάρκεια του διατροφικού πειράματος, πραγματοποιήθηκαν συνολικά τρεις μετρήσεις, με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας (0,001 g) και παχύμετρου ακριβείας (0,05 mm) και υπολογίστηκαν τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του κελύφους (μεγάλη διάμετρος) και το βάρος των σαλιγκαριών.

Η πρώτη μέτρηση έγινε με την έναρξη του πειράματος την 1<sup>η</sup> ημέρα, όπου πραγματοποιήθηκε η διαλογή των σαλιγκαριών και καταγράφηκαν τα αρχικά μεγέθη τους (βάρος και διάμετρος). Μετά την πάροδο 30 ημερών (17/12/2009), πραγματοποιήθηκε η δεύτερη μέτρηση, χρονικό διάστημα για το οποίο υπολογίστηκαν οι παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής. Το πείραμα συνεχίστηκε για 68 ημέρες επιπλέον και έλαβε τέλος την 98<sup>η</sup> ημέρα (22/02/2010), όπου πραγματοποιήθηκαν οι τελευταίες μετρήσεις βάρους και διαμέτρου.

Σε κάθε δειγματοληψία που πραγματοποιούνταν υπολογιζόταν η διάμετρος και το βάρος όλων των σαλιγκαριών και στη συνέχεια επανατοποθετούνταν στους κλωβούς. Να σημειωθεί, ότι οι θνησιμότητες σε κάθε κλωβό καταγραφόταν 2 φορές την εβδομάδα (ή 3 φορές όταν μεσολαβούσε Σαββατοκύριακο) παράλληλα με τη διαδικασία της σίτισης.

Μετά την καταγραφή των τελευταίων μετρήσεων, τα σαλιγκάρια θανατώθηκαν με τη διαδικασία της εξάτμισης. Τοποθετήθηκαν σε μια διάτρητη μεταλλική επιφάνεια, η οποία με τη σειρά της τοποθετήθηκε πάνω σε ένα βαθύ σκεύος που περιείχε νερό. Το σκεύος αυτό θερμαινόταν και με την απελευθέρωση των υδρατμών απεβίωναν οι οργανισμοί. Με το πέρας της διαδικασίας, τα σαλιγκάρια απομονώθηκαν από τα κελύφη τους και αφού καταγράφηκε το βάρος του σώματος και του κελύφους ξεχωριστά, αυτά διαχωρίστηκαν σε ειδικές σακούλες με αεροστεγές κλείσιμο (ανάλογα



με τη διατροφική ομάδα) και κατανύχθηκαν για περαιτέρω αναλύσεις και επεξεργασίες.

## 2.4. Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης τροφής

### 2.4.1. Αύξηση ολικού βάρους και διαμέτρου

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκε ατομικά η αύξηση του ολικού βάρους (σωματικό και κελύφους), αλλά και της διαμέτρου του κελύφους που απόκτησαν τα σαλιγκάρια μέχρι το πέρας του πειράματος. Οι σχέσεις πάνω στις οποίες βασίστηκαν οι υπολογισμοί ήταν οι παρακάτω:

$$\text{Αύξηση ολικού βάρους (g)} = W_t \text{ (τελικό βάρος)} - W_a \text{ (αρχικό βάρος)}$$

$$\text{Αύξηση διαμέτρου κελύφους (mm)} = D_t \text{ (τελική διάμετρος)} - D_a \text{ (αρχική διάμετρος)}$$

### 2.4.2. Ποσοστό αύξησης ολικού βάρους και διαμέτρου

Το ποσοστό αύξησης του ολικού βάρους καθώς και της αύξησης της διαμέτρου υπολογίστηκε με τη χρήση των παρακάτω σχέσεων:

$$\text{Ποσοστό αύξησης βάρους (\%)} = [W_t \text{ (τελικό βάρος)} - W_a \text{ (αρχικό βάρος)}] * 100$$

$$\text{Ποσοστό αύξησης διαμέτρου (\%)} = [D_t \text{ (τελική διάμετρος)} - D_a \text{ (αρχική διάμετρος)}] * 100$$

Οι σχέσεις αυτές αναφέρονται στην εκατοστιαία (%) αύξηση του βάρους σώματος και αύξηση της διαμέτρου κελύφους.

#### 2.4.3. Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Όσον αφορά τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR), να σημειωθεί ότι αναφέρεται στην ημερήσια ποσοστιαία (%) αύξηση του ολικού βάρους του σαλιγκαριού κατά τη διάρκεια του πειράματος και δίδεται από τη σχέση:

$$\text{Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (σε \%/\text{ημέρα})} = 100 \times (\text{Ln } W_2 - \text{Ln } W_1) / \text{ημέρες σίτησης}$$

Όπου,

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

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

#### 2.4.4. Ημερήσια αύξηση

Η ημερήσια αύξηση αντιπροσωπεύει την ολική αύξηση βάρους του σαλιγκαριού σε ημερήσια βάση. Η σχέση με την οποία υπολογίστηκε η ημερήσια αύξηση των σαλιγκαριών ήταν η παρακάτω:

$$\text{Ημερήσια αύξηση (mg/\text{ημέρα})} = W_t - W_a / \text{διάρκεια του πειράματος (ημέρες)}$$

Η ολική αύξηση βάρους που υπολογίστηκε, αναφέρεται στα mg που αποκτούσαν τα σαλιγκάρια κάθε ημέρα.

#### 2.4.5. Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR) αποτελεί μια πολύ χρήσιμη παράμετρο αξιοποίησης της τροφής, διότι υπολογίζει το βαθμό με τον οποίο τα σαλιγκάρια αξιοποιούν την τροφή που καταναλώνουν. Η σχέση με την οποία υπολογίζεται είναι η εξής:

$$\text{Συντ. μετατρεψιμότητας τροφής} = \text{τροφή που κατανάλωσε (g)} / \text{αύξηση βάρους (g)}$$

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω σχέση, με τον υπολογισμό του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής, περιγράφεται η αναλογία της τροφής που καταναλώθηκε από τον οργανισμό και η αύξηση του ολικού βάρους αυτού.

### 2.5. Χημικές αναλύσεις

#### 2.5.1. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

Η μέθοδος της ξήρανσης αποσκοπεί στον υπολογισμό της συνολικής ξηρής ουσίας και κατ'επέκταση της υγρασίας ενός δείγματος. Η διαδικασία που έλαβε χώρα για τον προσδιορισμό της ξηρής ουσίας των πειραματικών σιτηρεσίων και των σωμάτων των σαλιγκαριών, είχε συνολική διάρκεια 24 ώρες.

Αρχικά, μετρήθηκε το απόβαρο του κάθε δισκίου και στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν 2 g σιτηρεσίου σε πυραντήριο (φούρνο) και αντίστοιχα τα σώματα των σαλιγκαριών της κάθε διατροφικής μεταχείρισης, για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105 °C (AOAC 1990). Τα δισκία, μετά την απομάκρυνσή τους από το πυραντήριο, τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για την ψύξη των δειγμάτων και την επαναφορά της

θερμοκρασίας τους (σε θερμοκρασία δωματίου). Τα δισκία παρέμειναν στο ξηραντήριο για 24 ώρες και τέλος, μετρήθηκε το τελικό, μικτό τους βάρος (βάρος δείγματος και δισκίου).

Για τον υπολογισμό του βάρους του ξηρού δείγματος που παρέμεινε στο δισκίο μετά τη χρήση του πυραντηρίου, χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

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

Ο υπολογισμός της ξηρής ουσίας των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της εξίσωσης:

$$\text{Ξηρή Ουσία (\%)} = \left( W_{\text{ξηρού δείγματος}} / W_{\text{αρχικού δείγματος}} \right) * 100$$

### 2.5.2. Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός του ολικού λίπους στα σιτηρέσια αποσκοπεί στην εξαγωγή πληροφοριών, όσον αφορά τη διατροφική αξία μιας τροφής. Η μέθοδος της επαναλαμβανόμενης εκχύλισης πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Soxhlet. Αρχικά, προστέθηκαν μέσα σε καθεμιά από τις έξι γυάλινες, κυλινδρικές φιάλες εκχύλισης, τρεις πέτρες βρασμού και έπειτα ζυγίστηκε το μικτό τους βάρος σε ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια, προστέθηκε σε κάθε γυάλινη φιάλη ένας χάρτινος ηθμός, μέσα στον οποίο προστέθηκε περίπου 1 g ξηρής ουσίας σιτηρεσίου. Ακολούθησε η προσθήκη 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα (χρησιμοποιήθηκε ως οργανικός διαλύτης λίπους) στις φιάλες, με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου. Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής, οι

γυάλινες φιάλες εκχύλισης που περιείχαν τα δείγματα, τοποθετήθηκαν στην ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxtec) (Εικ. 2.2 & Εικ. 2.3).

Οι κυλινδρικές φιάλες επικοινωνούσαν από το πάνω μέρος τους, με κάθετο ψυκτήρα και πλευρικό άνω σωλήνα. Το πρώτο στάδιο της εκχύλισης, περιελάμβανε τη θέρμανση των δειγμάτων στους 150 °C (σε θερμαινόμενες πλάκες και όχι σε γυμνή φλόγα), μέχρι το σημείο βρασμού του οργανικού διαλύτη. Με τη βοήθεια της εξάτμισης και της συμπύκνωσης στον ψυκτήρα, ο διαλύτης μεταφερόταν εντός του χάρτινου ηθμού, εκχυλίζοντας έτσι το λίπος.



**Εικόνα 2.2:** Συσκευή Soxtec στην οποία έχουν τοποθετηθεί τα δείγματα με τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



**Εικόνα 2.3:** Χειριστήριο της συσκευής Soxtec. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Στη συνέχεια, στο δεύτερο στάδιο, το εκχύλισμα που προέκυψε συσσωρεύτηκε στον πυθμένα του δοχείου εκχύλισης, ενώ ο διαλύτης συμπυκνώθηκε στον ψυκτήρα και διαχύθηκε εκ νέου στο δείγμα με σκοπό την επαναλαμβανόμενη εκχύλιση. Συνολικά η διαδικασία της εκχύλισης διήρκησε περίπου 2 ώρες, ενώ μετά το τέλος της, ο οργανικός

διαλύτης απορροφήθηκε πλήρως σε διάστημα 15 λεπτών και τα ολικά λιπίδια του δείγματος παρέμειναν στον πυθμένα του δοχείου εκχύλισης, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.4.

Αφού απορροφήθηκε τελικά ο οργανικός διαλύτης, οι φιάλες που περιείχαν τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πυραντήριο στους 75 °C για 15 λεπτά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ολική απομάκρυνση του διαλύτη (πετρελαϊκός αιθέρας), στην περίπτωση που δεν είχε εξατμιστεί κάποιο μέρος του. Ακολούθησε η μεταφορά των φιαλών εκχύλισης σε ξηραντήριο, όπου αφέθηκαν για τουλάχιστον 30 λεπτά, ούτως ώστε να κρυσώσουν τα δείγματα. Ο χάρτινος ηθμός, μέσα στον οποίο είχε τοποθετηθεί το δείγμα των σιτηρεσίων, αφαιρέθηκε και οι γυάλινες φιάλες εκχύλισης επαναζυγίστηκαν.



**Εικόνα 2.4:** Ολικά λιπίδια που παρέμειναν στον πυθμένα των φιαλών, μετά το πέρας της διαδικασίας της εκχύλισης.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Τελικώς, καταγράφηκε το μικό βάρος των δοχείων (βαρός δοχείων & πέτρες βρασμού) και προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια, με τη χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$\text{Ολικά λιπίδια} = (\text{τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης} - \text{αρχικό βάρος}) * 100$$

### 2.5.3. Προσδιορισμός τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας (συνολική ανόργανη ουσία ενός δείγματος) για το κάθε σιτηρέσιο πραγματοποιήθηκε σε ειδικό αποτεφρωτήρα (Εικ. 2.5) στους 600 °C (AOAC 1990). Αρχικά ζυγίστηκαν 12 πορσελάνινα δισκία και στη συνέχεια, προστέθηκε σε αυτά περίπου 1g ξηρής ουσίας δείγματος από το κάθε σιτηρέσιο (3 δισκία/επαναλήψεις για κάθε σιτηρέσιο). Τα δισκία τοποθετήθηκαν στον αποτεφρωτήρα, όπου και αφέθηκαν για 3 ώρες στους 600 °C.



**Εικόνα 2.5:** Αποτεφρωτήρας για τον προσδιορισμό της τέφρας στα σιτηρέσια.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Μετά το πέρας της διαδικασίας της αποτέφρωσης, τα δισκία με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήριο και παρέμειναν εκεί για 24 ώρες. Ακολούθησε η ζύγιση των πορσελάνινων δισκίων, η καταγραφή του μικτού τους βάρους (δισκίο και δείγμα) και ο υπολογισμός του βάρους των αποτεφρωμένων δειγμάτων, με τη χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$W_{\text{αποτεφρ. δείγματος}} = W_{\text{μικτού αποτεφρ. δείγματος \& δισκίου}} - W_{\text{δισκίου}}$$

Όσον αφορά τον ποσοστιαίο προσδιορισμό της τέφρας που περιείχαν τα δείγματα, υπολογίστηκε με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = (W_{\text{αποτεφρωμένου δείγματος}} / W_{\text{αρχικού δείγματος}}) * 100$$

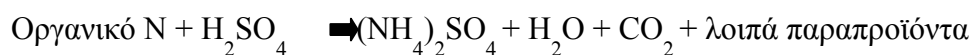
#### 2.5.4. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Για τον προσδιορισμό των αζωτούχων ενώσεων και κατ'επέκταση των ολικών πρωτεϊνών, στα πειραματικά σιτηρέσια της παρούσας μελέτης, εφαρμόστηκε η μέθοδος Kjeldahl. Η συσκευή Kjeldahl αποτελείται από τρία μέρη: τη συσκευή πέψης, τη συσκευή δέσμευσης των ατμών της πέψης και τη συσκευή απόσταξης με υδρατμούς.

Αρχικά, ζυγίστηκαν 0,20 g δείγματος και προστέθηκαν στις ειδικά σχεδιασμένες φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl. Κατόπιν προστέθηκαν στις φιάλες δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl, οι οποίες περιείχαν θείο, για την επιτάχυνση της αντίδρασης και 15ml πυκνού θεικού οξέος ( $H_2SO_4$ ). Το προς ανάλυση δείγμα τοποθετήθηκε στη συσκευή πέψης, όπου έλαβε χώρα η μετατροπή του αζώτου των πρωτεϊνών σε αμμωνιακά άλατα, μέσω της θέρμανσης αυτού (Εικ. 2.6). Η διάσπαση



αυτή που υφίστανται οι αζωτούχες ενώσεις, με την απελευθέρωση του αζώτου του δείγματος και τη δέσμευσή του με το θειικό αμμώνιο, ακολουθούν την παρακάτω χημική αντίδραση:



**Εικόνα 2.6:** Συσκευή πέψης για μετατροπή του αζώτου σε αμμωνιακά άλατα.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Στη συνέχεια, αφού τα δείγματα παρέμειναν στη συσκευή πέψης για 1,5 ώρες, απομακρύνθηκαν από τη συσκευή και αφέθηκαν για μισή ώρα στη συσκευή δέσμευσης των ατμών της πέψης (απαγωγό), ώστε να κρυώσουν και να καταστεί δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία τους (Εικ.2.7).

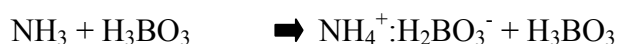
Το ενδιάμεσο στάδιο της μεθόδου Kjeldahl πραγματοποιήθηκε στη συσκευή απόσταξης με υδρατμούς (Εικ. 2.8 & Εικ. 2.9). Οι φιάλες βρασμού που περιείχαν τα δείγματα, τοποθετήθηκαν η μια μετά την άλλη στη συσκευή απόσταξης, αφού πρώτα προστέθηκαν 100 ml απεσταγμένου  $\text{H}_2\text{O}$  και 80 ml NaOH.

Τα ιόντα αμμωνίου που προέκυψαν από τη συσκευή πέψης, αντέδρασαν με το διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) που διοχετεύχθηκε στη συσκευή απόσταξης και το αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης, ήταν η μετατροπή τους σε αμμωνία.



**Εικόνα 2.7:** Μετά το πέρας της συσκευής πέψης, τα δείγματα αφέθηκαν στη συσκευή δέσμευσης των καπνών.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Κατόπιν, η αμμωνία, που αποδεσμεύτηκε σε αέρια μορφή αποστάχθηκε με υδρατμούς σε ειδική κωνική φιάλη απόσταξης που περιείχε 50 ml βορικού οξέος ( $H_2BO_3$ ). Στη φιάλη απόσταξης, η αμμωνία αντέδρασε με βορικό οξύ και τελικώς, το άζωτο του δείγματος δεσμεύτηκε σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές αντιδράσεις:



Να σημειωθεί ότι η διάρκεια της διαδικασίας απόσταξης ήταν 6 λεπτά για το κάθε δείγμα στις φιάλες απόσταξης, στις οποίες είχαν επίσης προστεθεί τέσσερις σταγόνες δείκτη pH (ερυθρό του μεθυλίου).



**Εικόνα 2.8:** Συσκευή Kjeldahl εκτός λειτουργίας.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



**Εικόνα 2.9:** Συσκευή Kjeldahl εν ώρα λειτουργίας, με εμφανή την αλλαγή χρώματος στην οποία υποβλήθηκε το βορικό αμμώνιο, στην κωνική φιάλη.  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Τελικό στάδιο στη διαδικασία της μεθόδου Kjeldahl είναι εκείνο της τιτλοδότησης. Κατά την τιτλοδότηση, το βορικό αμμώνιο που προέκυψε από τις προαναφερόμενες αντιδράσεις, τιτλοδοτήθηκε με υδροχλωρικό οξύ, με τη βοήθεια του δείκτη pH.

Στη συνέχεια, η κωνική φιάλη που περιείχε το βορικό αμμώνιο, τοποθετήθηκε σε ειδική συσκευή συνεχούς ανακίνησης, στην οποία προστέθηκε μεθοδικά

καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1N) υδροχλωρίου (HCl). Ως ένδειξη για το τελικό σημείο της αντίδρασης αποτέλεσε η αλλαγή του χρώματος στο διάλυμα. Όσον αφορά την περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N%), υπολογίστηκε από την παρακάτω σχέση:

$$\underline{N} (\%) = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml κενού}) \times N_{\delta/\text{τος HCl}} \times 0,014007}{\text{Βάρος δείγματος, g}} \times 100$$

Όπου, το «κενό» αντιστοιχεί σε μια κενή φιάλη που τιτλοδοτείται χωρίς δείγμα και χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

Τέλος, για τον υπολογισμό της ολικής πρωτεΐνης στα δείγματα, χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω σχέση, η οποία βασίστηκε στη συγκέντρωση του αζώτου:

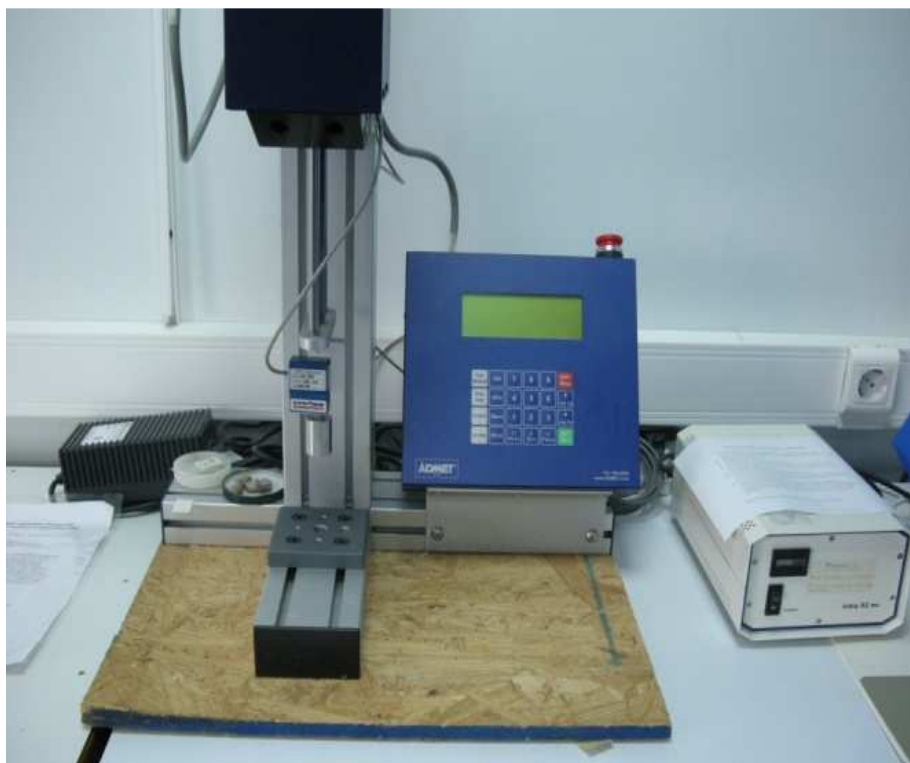
$$\underline{\text{Πρωτεΐνη}} (\%) = N (\%) \times 6,25$$

Όπου, ο συντελεστής 6,25 προκύπτει από την αναλογία του αζώτου (16% N) στις πρωτεΐνες.

## 2.6. Προσδιορισμός σκληρότητας κελύφους

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας των κελύφων των σαλιγκαριών μετρήθηκε σε ειδικό μηχάνημα ανάλυσης δομής (texture analyzer, ADMET – AEGIS Model SM 250) (Εικ. 2.10). Με τη χρήση του μηχανήματος αυτού, επιτεύχθηκε η μέτρηση και η καταγραφή της μέγιστης δύναμης θραύσης του κελύφους των σαλιγκαριών. Συγκεκριμένα, μετρήθηκε η δύναμη που ασκήθηκε στο κέλυφος, κατά τη σταθερή

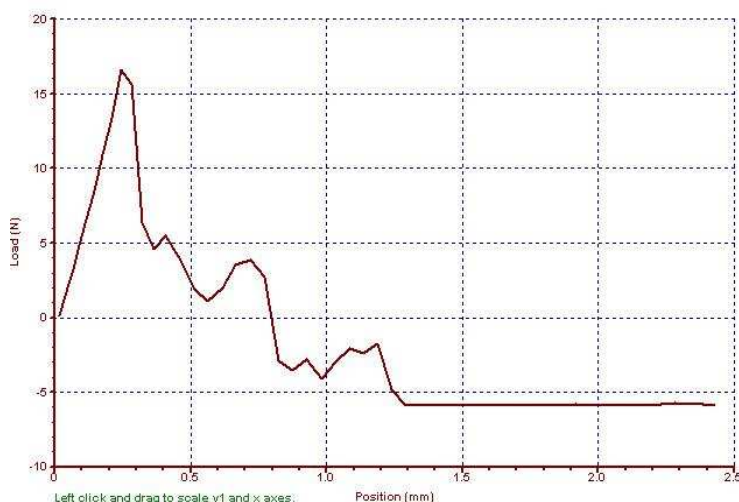
μετατόπιση του εμβόλου για καθορισμένη απόσταση. Στόχος των μετρήσεων που καταγράφηκαν από το μηχάνημα ανάλυσης δομής, ήταν η σύγκριση της σκληρότητας στα κελύφη των διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων.



**Εικόνα 2.10:** Ειδικό μηχάνημα ανάλυσης δομής (ADMET, texture analyzer).  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Η διαδικασία προσδιορισμού της σκληρότητας των κελύφων είχε ως εξής: αρχικά τοποθετήθηκε το κέλυφος στην πάνω επιφάνεια του δοκιμίου και εφαρμόστηκε σταθερή μετατόπιση σε ένα έμβολο, το οποίο κατερχόταν πάνω από το σημείο που είχε τοποθετηθεί το κέλυφος. Το έμβολο συναντούσε το κέλυφος και συνέχιζε την μετατόπισή του μέχρι την διάτρηση του κελύφους. Η μέγιστη δύναμη (Newton) που ασκούσε το έμβολο, καταγραφόταν αυτόματα στο μηχάνημα και μετά το πέρας της διαδικασίας, το έμβολο επέστρεφε στο σημείο εκκίνησης.

Τέλος, τα δεδομένα που προέκυψαν από την καταγραφή της μέγιστης δύναμης που ασκήθηκε σε κάθε κέλυφος των διατροφικών μεταχειρίσεων, απεικονίστηκαν σε υπολογιστή με τη μορφή διαγράμματος (Εικ. 2.11).



**Εικόνα 2.11:** Διάγραμμα απεικόνισης της μέγιστης δύναμης θραύσης του κελύφους (y), σε σχέση με τη μετατόπιση του εμβόλου (x), για ένα σαλιγκάρι του διατροφικού πειράματος. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

## 2.7. Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μετρήσεις σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής επεξεργάστηκαν στατιστικά με το στατιστικό πακέτο SPSS 18.0 με τη μέθοδο Ανάλυσης της Διακύμανσης Μονής Κατεύθυνσης (one-way ANalysis Of VAriance – ANOVA) σε επίπεδο σημαντικότητας  $P = 0.05$ , ενώ ο έλεγχος των διαφορών μεταξύ των ομάδων διαπιστώθηκε με το Tukey-Kramer HSD.

Για την εφαρμογή της Ανάλυσης Διακύμανσης, προηγήθηκε έλεγχος των δεδομένων για την κατανομή που ακολουθούν. Με τη βοήθεια των ελέγχων Levene και Brown- Forsyth αξιολογήθηκε το αν τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή και αν έχουν ομοιογένεια παραλλακτικότητας, αντίστοιχα.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1. Παράμετροι ανάπτυξης

Στο διάστημα των 31 ημερών, που μεσολάβησαν μεταξύ των δύο μετρήσεων (16/11/2009 έως 17/12/2009), δεν παρουσιάστηκαν θνησιμότητες στους πληθυσμούς των σαλιγκαριών, σε καμία από τις τέσσερις διατροφικές μεταχειρίσεις. Ωστόσο, μέχρι το πέρας του πειράματος, από τη 2<sup>η</sup> μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 17/12/2009, μέχρι την τελευταία μέτρηση στις 22/02/2010 παρουσιάστηκαν αρκετές θνησιμότητες, της τάξης του 46%. Ειδικότερα, τα ποσοστά των θνησιμοτήτων στην Α ομάδα έφτασαν το 32% του πληθυσμού, στη Β ομάδα το 39% του πληθυσμού, στη Γ ομάδα το 49%, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμοτήτων εμφάνισαν τα σαλιγκάρια της Δ ομάδας, όπου το ποσοστό άγγιξε το 64%.

Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι έπειτα από την 31<sup>η</sup> ημέρα διεξαγωγής του πειράματος παρατηρήθηκε παύση της ανάπτυξης σε όλες τις διατροφικές μεταχειρίσεις, για αδιευκρίνιστους λόγους. Παρ' όλα αυτά, η παύση της ανάπτυξης που σημειώθηκε, καθώς και τα αυξημένα ποσοστά θνησιμοτήτων, δεν οφείλονται στη σύσταση των ίδιων των σιτηρεσίων, καθώς παρουσιάστηκαν θνησιμότητες σε όλες τις διατροφικές μεταχειρίσεις.

Πιθανή αιτία των θνησιμοτήτων μπορεί να αποτελεί η εισβολή κάποιου παθογόνου παράγοντα στους πληθυσμούς των σαλιγκαριών και να επέφερε το θάνατο. Ωστόσο, γενικά οι ασθένειες των σαλιγκαριών δεν έχουν διερευνηθεί και στην παρούσα μελέτη δεν εξετάστηκαν τα ακριβή αίτια των θνησιμοτήτων, καθώς δεν αποτελεί αντικείμενο του πειράματος. Επιπροσθέτως, οι χειρισμοί των σαλιγκαριών, όπως ο καθαρισμός των κλωβών και των σαλιγκαριών, μπορεί να αποτέλεσαν πιθανές αιτίες

των θνησιμοτήτων και να προκάλεσαν το θάνατο των αδύναμων σαλιγκαριών. Παρ' όλα αυτά, οι χειρισμοί τελούνταν με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφευχθεί η καταπόνηση των σαλιγκαριών και η ενδεχόμενη εμφάνιση μούχλας στα σιτηρέσια. Τέλος, οφειλόμενη αιτία των θνησιμοτήτων, μπορεί να αποτέλεσε ακόμη και η ενδεχόμενη μειωμένη απόδοση των γεννητόρων, από τους οποίους προήλθε ο γόνος, καθώς έχουν υποβληθεί αρκετές φορές σε αναπαραγωγή.

Όσον αφορά τα δεδομένα των παραμέτρων αύξησης και αξιοποίησης της τροφής, αυτά παρουσιάζονται έως την 31<sup>η</sup> ημέρα. Το πείραμα συνεχίστηκε για 67 ημέρες επιπλέον και η τελευταία μέτρηση, που έλαβε χώρα στις 22/02/2010, πραγματοποιήθηκε για τη συλλογή περαιτέρω πληροφοριών όσον αφορά το κέλυφος (σκληρότητα) των σαλιγκαριών. Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των παραμέτρων αύξησης που υπολογίστηκαν για 31 ημέρες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1:** Παράμετροι ανάπτυξης του *H. aspersa* διατρεφόμενο με τα πειραματικά σιτηρέσια.

Παράμετροι	Σιτηρέσια			
	A	B	Γ	Δ
Αρχικό Βάρος (g)	0,32±0,03	0,32±0,04	0,32±0,03	0,32±0,03
Τελικό Βάρος (g)	0,56±0,01	0,54±0,03	0,55±0,03	0,51±0,03
Αύξηση Βάρους (g)	0,24±0,01	0,22±0,03	0,23±0,03	0,19±0,03
Ποσοστό Αύξησης Βάρους (%)	43,18±1,18	40,99±3,23	41,38±2,73	37,50±3,79
Ημερήσια Αύξηση Βάρους (mg)	0,78±0,04	0,72±0,09	0,73±0,08	0,62±0,10
Ειδικός Ρυθμός Ανάπτυξης (% / ημέρα)	1,82±0,07	1,70±0,17	1,73±0,15	1,52±0,20

Σημ.: Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους ± τυπική απόκλιση (n=25). Για κάθε εξεταζόμενη παράμετρο, οι τιμές μεταξύ των ομάδων ήταν στατιστικά μη σημαντικές ( $P>0,05$ )



Μετά το πέρας των 31 ημερών, το μέσο βάρος των σαλιγκαριών όλων των διατροφικών ομάδων ήταν  $0,54 \pm 0,03$  g, αυξάνοντας έτσι το βάρος τους κατά  $0,22 \pm 0,02$  g, το οποίο αντιστοιχεί σε μία ποσοστιαία αύξηση της τάξης του  $40,76 \pm 3,28$  %.

Πιο συγκεκριμένα, τη μεγαλύτερη αύξηση βάρους, παρουσίασαν τα σαλιγκάρια της Α διατροφικής μεταχείρισης ( $0,24 \pm 0,01$  g), ενώ τα σαλιγκάρια της Δ ομάδας εμφάνισαν τη μικρότερη αύξηση σε βάρος ( $0,19 \pm 0,03$  g). Όσον αφορά τις άλλες διατροφικές μεταχειρίσεις, τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Β σιτηρέσιο επέδειξαν  $0,22 \pm 0,03$  g αύξηση και εκείνα που διατράφηκαν με το Γ σιτηρέσιο, επέδειξαν  $0,23 \pm 0,03$  g αύξηση, μέσα στο χρονικό διάστημα των 31 ημερών. Ωστόσο, οι διαφορές που εμφανίστηκαν ήταν στατιστικά μη σημαντικές ( $P > 0,05$ ).

Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτά δεν ήταν αναμενόμενα, εφόσον σε αρκετές έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι με την αύξηση του ποσοστού ασβεστίου στην τροφή, επέρχεται και μεγαλύτερη αύξηση βάρους στα σαλιγκάρια (Ireland 1991, Ireland 1993, Crowell 1973, García, 2005, Egonmwan 2008). Παρ' όλα αυτά, η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με τη μέθοδο one-way ANOVA, δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ).

Η μέση ημερήσια αύξηση βάρους των σαλιγκαριών υπολογίστηκε στα  $0,72 \pm 0,03$  mg για όλες τις διατροφικές ομάδες, χωρίς να εμφανιστούν διαφορές (Πιν. 3.1). Παρατηρήθηκε όμως, ότι τα σαλιγκάρια που σιτίστηκαν με το Δ σιτηρέσιο, εμφάνισαν το μικρότερο τελικό βάρος, καθώς και τη μικρότερη συνολική αύξηση βάρους, χωρίς ωστόσο οι διαφορές να είναι στατιστικά σημαντικές.

Επιπλέον, ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης κυμάνθηκε από  $2,07 \pm 0,07$  %/ημέρα για την Α ομάδα, έως και  $2,50 \pm 0,51$  %/ημέρα για τη Γ ομάδα. Στις άλλες ομάδες οι τιμές ήταν  $2,48 \pm 0,21$  %/ημέρα για τη Β ομάδα και  $2,46 \pm 0,03$  %/ημέρα για τη Δ ομάδα.

Επομένως, ο μικρότερος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης παρουσιάστηκε στα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Δ σιτηρέσιο ( $1,52 \pm 0,20$  %, ανά ημέρα), στα οποία το ασβέστιο δόθηκε ξεχωριστά και όχι ενσωματωμένο στην τροφή, ενώ ο μεγαλύτερος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, παρουσιάστηκε στα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Α σιτηρέσιο ( $1,82 \pm 0,07$  %, ανά ημέρα), το οποίο περιείχε το μικρότερο ποσοστό ασβεστίου. Παρόμοια με το βάρος των σαλιγκαριών, έτσι και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των σαλιγκαριών δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ) μεταξύ των ομάδων.

Τα ποσοστά του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης των σαλιγκαριών του πειράματος, έρχονται σε αντίθεση με την Egonmwan (2008), η οποία αναφέρει ότι, σε σαλιγκάρια στα οποία δεν προσφέρεται εξωτερική πηγή ασβεστίου, παρουσιάζεται μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης, όπως συμβαίνει σε σαλιγκάρια στα οποία δεν παρέχεται καμία πηγή ασβετίου (Egonmwan 2008).

Παρόμοια έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που σημειώθηκαν στο παρόν πείραμα, η μελέτη του Ireland (1991), όπου παρατηρήθηκε αύξηση του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης των σαλιγκαριών με την αύξηση του ποσοστού ασβεστίου στα σιτηρέσια. Παρ' όλα αυτά όμως η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων ( $P > 0,05$ ).

### **3.2. Παράμετροι αξιοποίησης της τροφής**

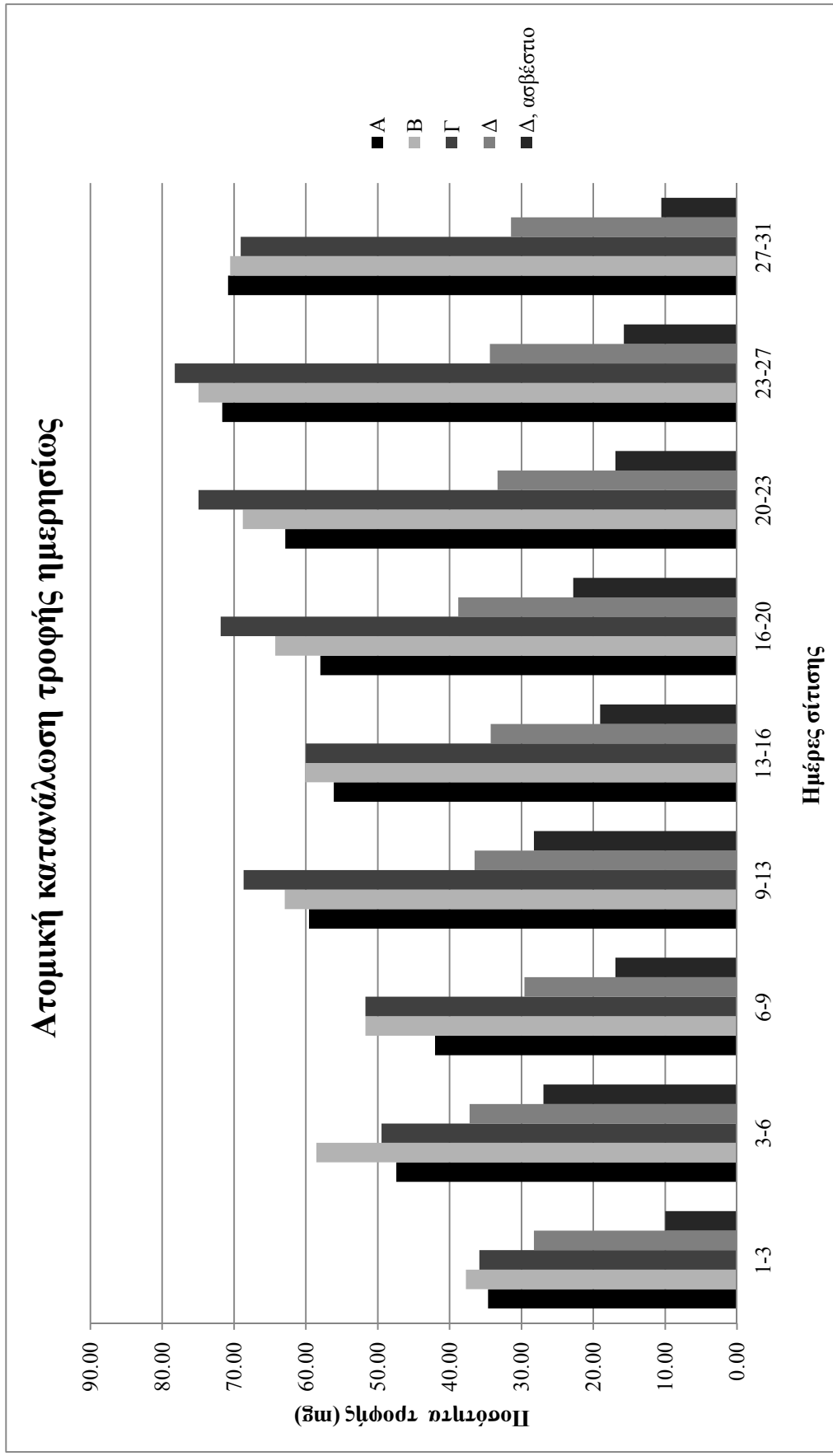
Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, παρατηρήθηκε ότι η κατανάλωση της τροφής, ατομικά και συνολικά ανά διατροφική μεταχείριση, παρουσίασε μικρή αυξητική τάση με την αύξηση του ποσοστού του ασβεστίου στα σιτηρέσια. Η μέση συνολική κατανάλωση τροφής που καταγράφηκε (ανά σιτηρέσιο) ήταν  $12,56 \pm 0,36$  g

για τα σαλιγκάρια της Α διατροφικής μεταχείρισης,  $13,74 \pm 0,73$  g για εκείνα της Β μεταχείρισης,  $14,00 \pm 1,62$  g για εκείνα της Γ μεταχείρισης και  $11,78 \pm 1,01$  g για τη Δ διατροφική μεταχείριση (Πίν. 3.2). Ωστόσο, δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων.

Η μικρή αυξητική τάση που εμφανίστηκε στην κατανάλωση της τροφής με την αύξηση του ποσοστού του ασβεστίου στα σιτηρέσια, ήταν εν μέρει αναμενόμενη, γιατί όπως έχει αποδειχθεί σε μελέτες των Crowell (1973) και Ireland (1993), η αύξηση του ποσοστού ασβεστίου σε διατροφικά σιτηρέσια που χρησιμοποιήθηκαν, είχε ως απόρροια την αύξηση της κατανάλωσης της τροφής. Ωστόσο, η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με τη μέθοδο one-way ANOVA, δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ) μεταξύ των τεσσάρων διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.2:** Παράμετροι αξιοποίησης της τροφής.

Συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής (FCR)	$2,07 \pm 0,07$	$2,48 \pm 0,21$	$2,50 \pm 0,51$	$2,46 \pm 0,25$
Συνολική κατανάλωση τροφής (g)	$12,56 \pm 0,36$	$13,74 \pm 0,73$	$14,00 \pm 1,62$	$11,78 \pm 1,01$
Ατομική κατανάλωση τροφής (g)	$0,50 \pm 0,03$	$0,55 \pm 0,03$	$0,56 \pm 0,06$	$0,47 \pm 0,04$
Ποσοστό ατομικής κατανάλωσης τροφής προς σωματικό βάρος (%)	$17,47 \pm 1,15$	$19,08 \pm 1,02$	$19,44 \pm 2,24$	$16,36 \pm 1,40$
Ημερήσια ατομική κατανάλωση της τροφής (mg/ημέρα)	$55,90 \pm 3,67$	$61,07 \pm 1,71$	$62,21 \pm 2,66$	$52,34 \pm 0,54$
Ατομική κατανάλωση ασβεστίου (συνολικά) (g)	$0,13 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,03$



**Σχήμα 3.1:** Ατομική κατανάλωση τροφής ημερησίως για 31 ημέρες (το «Δ ασβέστιο» αντιπροσωπεύει το ασβέστιο που κατανάλωσαν τα σαλιγκάρια της Δ διατροφικής μεταχείρισης, το οποίο προσφέρθηκε ξεχωριστά από το σιτηρέσιο).

Παρόμοια αυξητική τάση με την αύξηση του ποσοστού ασβεστίου στα σιτηρέσια, παρατηρήθηκε και στην ατομική κατανάλωση του ασβεστίου για το διάστημα των 31 ημερών, η οποία υπολογίστηκε  $0,13 \pm 0,01$  g για τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Α σιτηρέσιο,  $0,16 \pm 0,01$  g για εκείνα του Β σιτηρεσίου,  $0,20 \pm 0,02$  g, για εκείνα του Γ σιτηρεσίου και τέλος,  $0,17 \pm 0,03$  g για τα σαλιγκάρια της Δ διατροφικής μεταχείρισης. Ωστόσο, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών διατροφικών μεταχειρίσεων.

Συγχρόνως, η μέση ατομική καταναλωθείσα τροφή για 31 ημέρες, κυμάνθηκε από  $0,50 \pm 0,03$  g για την Α ομάδα,  $0,55 \pm 0,03$  g για τη Β ομάδα,  $0,56 \pm 0,06$  g για τη Γ ομάδα και τέλος,  $0,47 \pm 0,04$  g για τη Δ ομάδα. Οι διαφορές που παρουσιάστηκαν μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων είναι στατιστικά ασήμαντες ( $P>0,05$ ). Η ατομική κατανάλωση της τροφής ημερησίως αναπαριστάται στο Σχήμα 3.1. Το ποσοστό της ατομικής κατανάλωσης της τροφής προς το τελικό σωματικό βάρος (%) των σαλιγκαριών, ήταν  $17,47 \pm 1,15$  % για την Α ομάδα,  $19,08 \pm 1,02$  % για τη Β ομάδα,  $19,44 \pm 2,24$  % για τη Γ ομάδα και τέλος,  $16,36 \pm 1,40$  % για τη Δ ομάδα.

Επιπλέον, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής ήταν χαμηλότερος στην Α ομάδα ( $2,07 \pm 0,07$ ), συγκριτικά με τις υπόλοιπες, όπου στη Β ομάδα ήταν  $2,48 \pm 0,21$ , στη Γ ομάδα ήταν  $2,50 \pm 0,51$  και στη Δ ομάδα ήταν  $2,46 \pm 0,25$ . Ωστόσο, οι διαφορές αυτές ήταν στατιστικά μη σημαντικές ( $P>0,05$ ).

### **3.3. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά και σκληρότητα κελύφους**

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, σχετικά με τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά και τη σκληρότητα του κελύφους.

Όσον αφορά την αύξηση του κελύφους καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, υπήρξε μια συνολική αύξηση της διαμέτρου σε όλες τις διατροφικές ομάδες, της τάξης του 19%. Πιο συγκεκριμένα, στην Α διατροφική μεταχείριση η τελική διάμετρος των σαλιγκαριών υπολογίστηκε στα  $11,72 \pm 1,53$  mm, στην Β  $11,81 \pm 1,45$  mm, στην Γ  $10,68 \pm 1,35$  mm και στην Δ  $11,77 \pm 1,25$  mm (Πιν. 3.3). Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

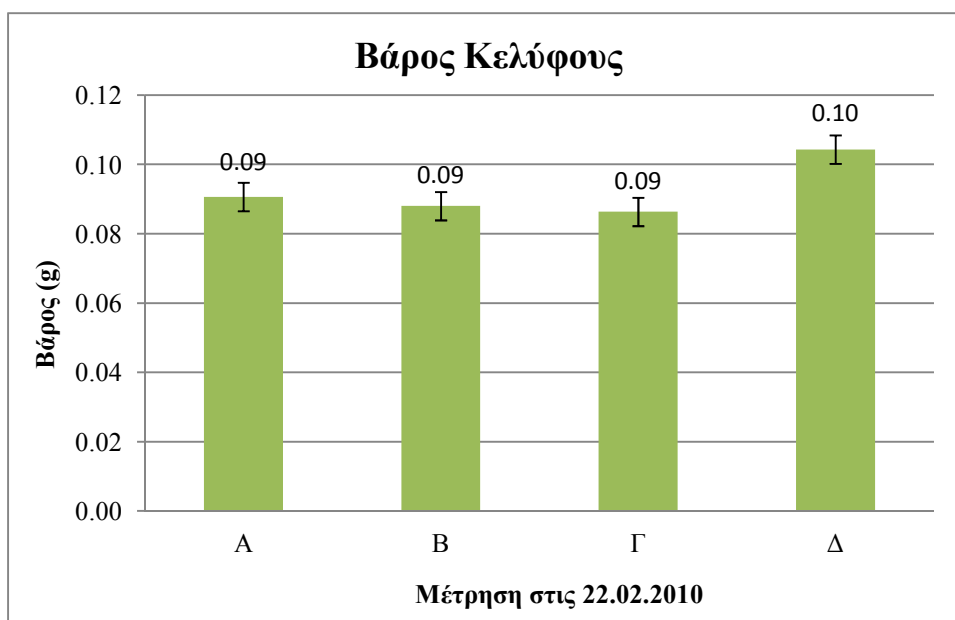
Παρόλο που τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Β σιτηρέσιο εμφάνισαν τη μεγαλύτερη τελική διάμετρο κελύφους, τα κελύφη των σαλιγκαριών της Γ μεταχείρισης ήταν εκείνα που είχαν τη μεγαλύτερη συνολική αύξηση διαμέτρου ( $2,29 \pm 0,15$  mm).

**Πίνακας 3.3:** Παράμετροι αύξησης και σκληρότητας κελύφους.

Παράμετροι	Σιτηρέσια			
	A	B	Γ	Δ
Αρχική Διάμετρος (mm)	9,66±0,14	9,73±0,14	9,39±0,09	9,48±0,02
Τελική Διάμετρος (mm)	11,72±1,57	11,81±1,45	10,68±1,35	11,77±1,25
Αύξηση Διαμέτρου (mm)	2,07±0,40	2,08±0,31	2,29±0,15	2,28±0,25
Ποσοστό αύξησης διαμέτρου (%)	17,63±3,44	17,59±2,64	19,61±1,29	19,41±2,09
Ποσοστό βάρους κελύφους προς σώμα (%)	21,21±1,52	20,14±0,46	19,50±0,62	24,01±1,11
Βάρος κελύφους (mg)	92,02±21,97	88,42±20,47	84,84±17,30	101,15±32,03
Δύναμη θραύσης κελύφους (Newton)	8,80±5,12	8,58±6,43	8,80±6,41	10,60±6,07

Αντίθετα, τη μικρότερη αύξηση διαμέτρου κελύφους εμφάνισαν τα σαλιγκάρια της Α διατροφικής μεταχείρισης ( $2,07 \pm 0,40$  mm), ενώ στις υπόλοιπες ομάδες, η αύξηση της διαμέτρου στην Β έφτασε στα  $2,08 \pm 0,31$  mm και στη Δ στα  $2,28 \pm 0,25$  mm.

Στη συνέχεια, μετά τη θανάτωση του πληθυσμού των σαλιγκαριών, μετρήθηκε και το βάρος του κελύφους τους σε κάθε διατροφική μεταχείριση. Τα αποτελέσματα ήταν  $0,10 \pm 0,01$  g για τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Α σιτηρέσιο,  $0,09 \pm 0,01$  g για εκείνα που διατράφηκαν με το Β σιτηρέσιο,  $0,09 \pm 0,01$  g για εκείνα που διατράφηκαν με το Γ σιτηρέσιο και τέλος,  $0,09 \pm 0,01$  g για τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Δ σιτηρέσιο (Σχ. 3.2). Όπως φαίνεται δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων, όσον αφορά το βάρος του κελύφους.



**Σχήμα 3.2:** Βάρος κελύφους (g) για τα σαλιγκάρια των τεσσάρων διατροφικών μεταχειρίσεων.

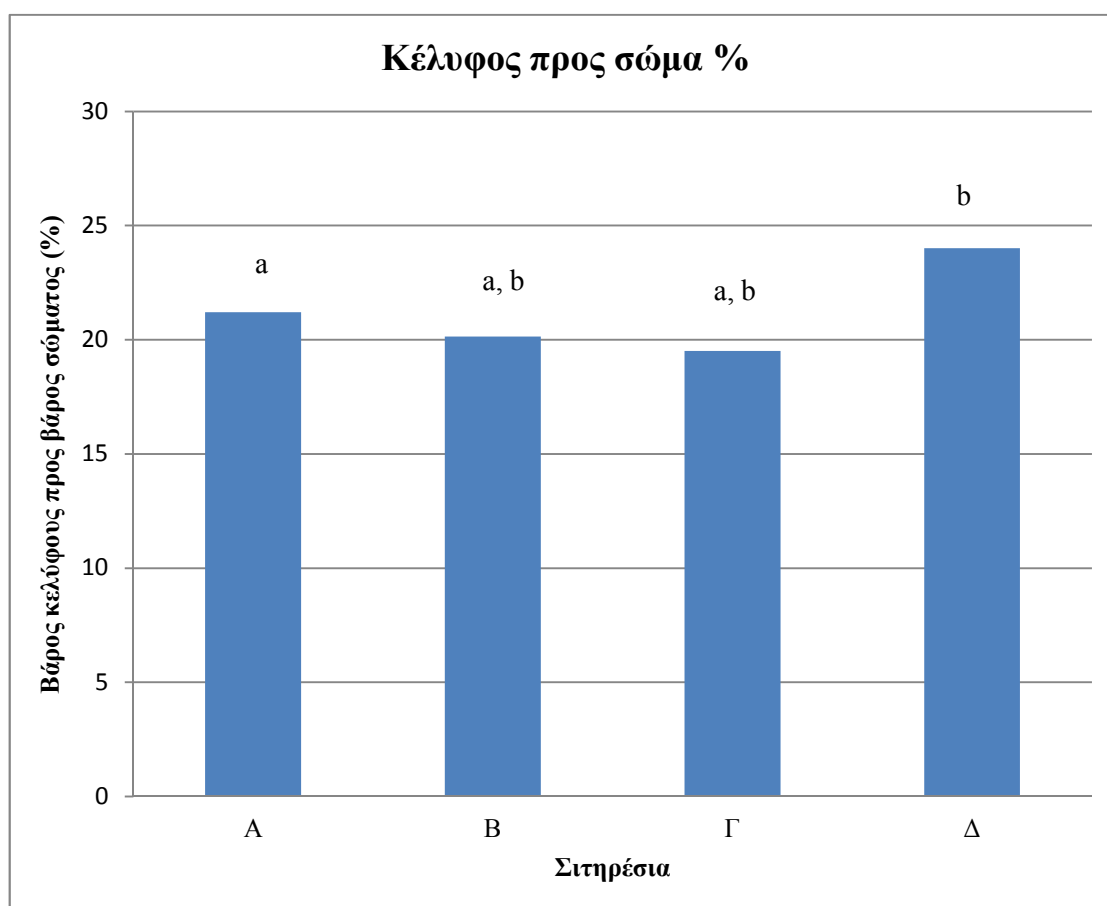
Σε παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιήσει οι Kehavarz & Nakajima (1993) και οι Pelicia *et al.* (2009) στο κέλυφος των αυγών πουλερικών, δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στο βάρος του κελύφους των αυγών, με την αύξηση του ποσοστού του ασβεστίου στα σιτηρέσια. Αντίθετα, οι Miles *et al.* (1983) παρατήρησαν στη μελέτη που πραγματοποίησαν, ότι τα πουλερικά που σιτίστηκαν με δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο, εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές στο βάρος του κελύφους των αυγών. Όμοια ο Ireland (1991) σε διαιτητικό πείραμα που πραγματοποίησε, αναφέρει ότι η αύξηση του ασβεστίου στο σιτηρέσιο του σαλιγκαριού *Achatina fulica*, επέφερε μια γενική αύξηση στην αναλογία βάρους προς μέγεθος του κελύφους.

Το ποσοστό βάρους κελύφους προς το σώμα των σαλιγκαριών κυμάνθηκε από  $19,50 \pm 0,62$  % στα σαλιγκάρια της Γ ομάδας έως  $24,01 \pm 1,11$  % στα σαλιγκάρια της Δ ομάδας. Στα σαλιγκάρια της Α ομάδας το ποσοστό βάρους κελύφους προς το σώμα ήταν τα  $21,21 \pm 1,52$  %, ενώ σε εκείνα της Β ομάδας το ποσοστό ήταν  $20,14 \pm 0,46$  % (Σχ. 3.3). Παρ' όλα αυτά όμως, η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές.

Συμπερασματικά παρατηρείται, ότι το ποσοστό βάρους κελύφους προς το σώμα των σαλιγκαριών της Δ διατροφικής μεταχείρισης, όπου το ασβέστιο προσφέρθηκε ξεχωριστά από την τροφή, ήταν μεγαλύτερο ( $24,01 \pm 1,11$  %), σε σχέση με τις υπόλοιπες διατροφικές μεταχειρίσεις. Αντίθετα, τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το Γ σιτηρέσιο, το οποίο είχε το μεγαλύτερο ποσοστό ασβεστίου (35 %), ενσωματωμένο στην τροφή, εμφάνισαν το μεγαλύτερο ποσοστό κελύφους προς σώμα, σε σχέση με τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με τα σιτηρέσια Α και Β, τα οποία περιείχαν τα χαμηλότερα ποσοστά ασβεστίου.



Όμοια, οι Pelicia *et al.* (2009), στο πείραμα που πραγματοποίησαν σε πουλερικά, συμπέραναν ότι η αύξηση του ποσοστού ασβεστίου στα σιτηρέσια των πουλερικών, προκάλεσε αύξηση του ποσοστού κελύφους των αυγών. Επιπλέον, οι Pelicia *et al.* (2009) θεωρούν ότι η θετική ισορροπία του ασβεστίου στο σιτηρέσιο, μπορεί να είναι ευεργετική για τη μελλοντική ποιότητα των κελυφών των πουλερικών.

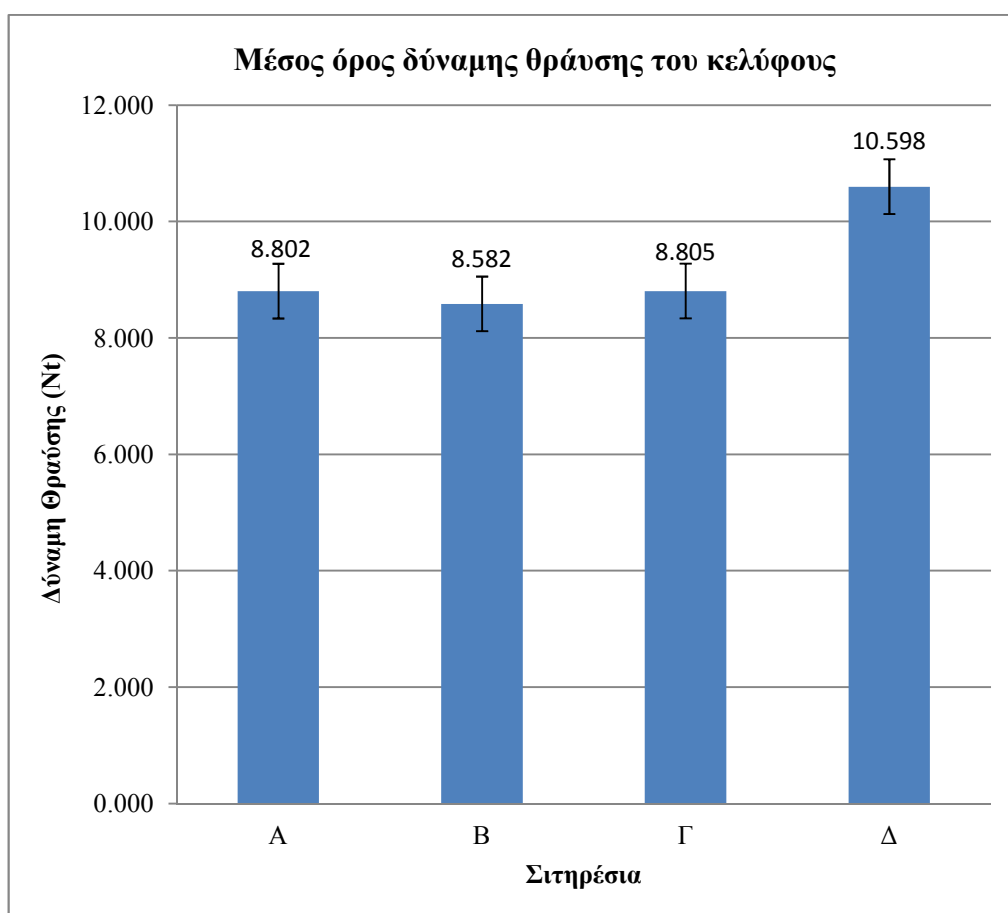


Σχήμα 3.3: Ποσοστό κελύφους προς το σώμα (%).

Τέλος, μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα κελύφη των σαλιγκαριών, των τεσσάρων διατροφικών μεταχειρίσεων, για τον προσδιορισμό της σκληρότητας αυτών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το ειδικό μηχάνημα ανάλυσης δομής, έδειξαν ότι τα κελύφη των σαλιγκαριών της Δ διατροφικής μεταχείρισης εμφάνισαν τη μεγαλύτερη

σκληρότητα (δύναμη θραύσης  $10,60 \pm 6,07$  Nt), ενώ εκείνα του Β σιτηρεσίου εμφάνισαν τη μικρότερη σκληρότητα (δύναμη θραύσης  $8,58 \pm 6,43$  Nt) (Σχ. 3.4). Στα κελύφη των σαλιγκαριών του Α σιτηρεσίου απαιτήθηκαν  $8,80 \pm 5,12$  Nt για τη θραύση, ενώ σε εκείνα του Γ σιτηρεσίου απαιτήθηκαν  $8,80 \pm 6,41$  Nt.

Επομένως, παρατηρείται μια μικρή τάση ανθεκτικότερου κελύφους στα σαλιγκάρια που σιτίστηκαν με το Δ σιτηρέσιο, στα οποία το ασβέστιο προσφέρθηκε ξεχωριστά από την τροφή, χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική. Σε παρόμοιο διατροφικό πείραμα που τέλεσε ο Ireland (1991), δεν παρατήρησε διαφορές στη σκληρότητα του κελύφους του σαλιγκαριού *Achatina fulica*, με την αύξηση του ποσοστού ασβεστίου στα σιτηρέσια.



Σχήμα 3.4: Δύναμη θραύσης (Nt) του κελύφους για τις 4 διατροφικές μεταχειρίσεις.

### 3.4. Χημική σύσταση σωμάτων

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι τιμές της υγρασίας των σωμάτων, καθώς και το ποσοστό της ξηρής ουσίας αυτών. Η σχετική υγρασία των σωμάτων των σαλιγκαριών που σιτίστηκαν με το Α σιτηρέσιο υπολογίστηκε στα 68 %, εκείνα του Β σιτηρεσίου στα 67 %, στο Γ σιτηρέσιο υπολογίστηκε στα 66 %, ενώ εκείνα που σιτίστηκαν με το Δ σιτηρέσιο εμφάνισαν σχετική υγρασία σώματος 67 % (Πιν. 3.4). Τα σαλιγκάρια που σιτίστηκαν με το Α σιτηρέσιο επομένως, είχαν τη μεγαλύτερη σχετική υγρασία σώματος. Ωστόσο, οι τιμές της υγρασίας των σωμάτων κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα και δεν εμφάνισαν διαφορές μεταξύ των διατροφικών μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.4:** Συνολική υγρασία και ξηρή ουσία που περιείχαν τα σώματα των σαλιγκαριών.

Όνομα δείγματος	Αριθμός Ζώων	Υγρασία Δειγμάτων	Υγρασία (%)	Ξηρή Ουσία (%)
A	51	0,77	68,32 ± 2,52	31,68
B	45	0,69	66,79 ± 1,69	33,21
Γ	38	0,56	65,78 ± 3,11	34,22
Δ	27	0,36	66,92 ± 3,49	33,08

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αύξηση του διαιτητικού ασβεστίου από 9 % σε 13 %, δεν επηρέασε τη σωματική ανάπτυξη ούτε και τη διάμετρο του κελύφους του σαλιγκαριού *Helix aspersa*.
- Παρουσιάστηκε αύξηση κατανάλωσης της τροφής, με την αύξηση του ποσοστού ασβεστίου στις διατροφικές μεταχειρίσεις.
- Με εξαίρεση την κατανάλωση της τροφής, οι υπόλοιπες παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης των σιτηρεσίων, εμφάνισαν καλύτερες τιμές στη διατροφική μεταχείριση με το χαμηλότερο ποσοστό ασβεστίου (9 %).
- Αντίθετα, όσον αφορά το κέλυφος των σαλιγκαριών, η μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου παρουσιάστηκε στα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο (Γ) που περιείχε το μεγαλύτερο ποσοστό ασβεστίου (13 %).
- Παράλληλα, τα σαλιγκάρια που διατράφηκαν με το σιτηρέσιο (Δ), στο οποίο το ασβέστιο προσφέρθηκε ξεχωριστά και όχι ενσωματωμένο στην τροφή, εμφάνισαν τις καλύτερες τιμές ποσοστού βάρους κελύφους προς βάρος σώματος, καθώς και τις καλύτερες τιμές σκληρότητας του κελύφους, χωρίς ωστόσο οι διαφορές να είναι στατιστικά σημαντικές.
- Ένας πιθανός συνδυασμός σιτηρεσίου για σαλιγκάρια, ο οποίος θα μπορούσε να μελετηθεί, είναι η προσθήκη ασβεστίου στην τροφή σε συνδυασμό με την χορήγηση ασβεστίου ξεχωριστά, εφόσον η παροχή εξωτερικής πηγής ασβεστίου στα σαλιγκάρια, έδειξε μια τάση για καλύτερη ποιότητα κελύφους.
- Ωστόσο, οι γνώσεις μας σχετικά με τις διαιτητικές απαιτήσεις του σαλιγκαριού *Helix aspersa* σε ασβέστιο, παραμένουν ελλιπείς και καθίσταται αναγκαία περαιτέρω μελέτη για την κατανόηση του μεταβολισμού του ασβεστίου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη Βιβλιογραφία

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990) Official Methods of Analysis. AOAC, Arlington, USA, pp 684.
- Bank, R.A., P. Bouchet, G. Falkner, E. Gittenberger, B. Hausdorf, T. von Proschwitz & T.E.F. Ripken. 2001. CLECOM-PROJECT: Supraspecific classification of European non-marine Mollusca (CLECOM Sections I & II). *Heldia*, 4:77-128.
- Barker G.M. (2001) The biology of terrestrial molluscs. CABI Publishing, pp 558
- Beeby, A., Richmond, L. (2001) Calcium provision to eggs in two populations of *Helix aspersa* by parents fed a diet high in Lead. *Journal of Molluscan Studies*, 67:1-6.
- Born, I. (1778) Index rerum naturalium Musei Caesarei Vindobonensis. Verzeichniss der Natürlichen Seltenheiten des K.K. Naturalien Kabinets zu Wien. Erster Theil, Schalthiere. Pars 1, Testacea. Vindobonae, Vienna, pp 458.
- Boschi, C., Baur, B. (2007). Effects of management intensity on land snails in Swiss nutrient-poor pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 120:243–249.
- Burch, J.B. (1960) Some snails and slugs of quarantine significance to the United States. Department of Agriculture Research Service, 82:1-70.
- Burton, M., Burton, R., (2002) International wildlife encyclopedia. Marshall Cavendish Corporation, New York, pp 576.
- Çağiltay, F., Erkan, N., Tosun, D., Selçuk, A., (2011) Amino acid, fatty acid, vitamin and mineral contents of the edible garden snail (*Helix aspersa*). *Journal of Fisheries Science*, 5:354-363.
- Crowell, H.H. (1973) Laboratory study of calcium requirements of the brown garden snail *Helix aspersa* Müller. *Proceedings of the Malacological Society of London*, 40:491-503.
- Daguzan, J. (1981) Contribution a l'élevage de l'escargot Petit Gris : *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gasteropode Pulmone Stylommatophore). *Annales de Zootechnie*, 30:249-272.
- Daguzan, J. (1989) Snail rearing or heliciculture of *Helix aspersa* Müller. *British Crop Protection Council Monograph*, 41:3-10.
- Dekle, G.W., Fasulo T.R. (2001) Brown garden snail, *Helix aspersa* Müller (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae). Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Florida, pp 4.
- Dupont-Nivet, M., Mallard, J., Bonnet, J.C., Blanc, J.M. (2000) Direct and correlated responses to individual selection for large adult weight in the edible snail *Helix aspersa* Müller. *Journal of Experimental Zoology*, 287:80–85.
- Egonmwan, R.I. (2008) Effects of dietary calcium on growth and oviposition of the African land snail *Limicolaria flammea* (Pulmonata: Achatinidae). *International Journal of Tropical Biology*, 56:333-343.
- Elmslie, L.J. (1989) Snail farming in field pens in Italy. *British Crop Protection Council Monograph*, 41:19-25.
- Fournié, J., Chétail, M. (1984) Calcium Dynamics in Land Gastropods. *American Zoologist*, 24:857-870.

- García, A., Perea, J., Martín, R., Acero, R., Mayoral, A., Peña, F., Luque, M. (2005) Effect of two diets on the growth of the *Helix aspersa* Müller during the juvenile stage. 56th Annual Meeting EAAP, Session 30, Uppsala, p 1-9.
- Gomot, A. (1998) Biochemical composition of *Helix* snails: Influence of genetic and physiological factors. *Journal of Molluscan Studies*, 64:173-181.
- Gregoire, C. (1972) Structure of the molluscan shell. *Chemical zoology*, 7:45-102.
- Heller, J., Magaritz, M. (1983) From where do land snails obtain the chemicals to build their shells? *Journal of Molluscan Studies*, 49:116-121.
- Iglesias, J., Castillejo, J. (1999) Field observations on feeding of the land snail *Helix aspersa* Müller. *Journal of Molluscan Studies*, 65:411-423.
- Ireland, M.P. (1991) The effect of dietary calcium on growth, shell thickness and tissue calcium distribution in the snail *Achatina fulica*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 98A:111-116.
- Ireland, M.P. (1993) The effect of diamox at two dietary calcium levels on growth, shell thickness and distribution of Ca, Mg, Zn, Cu, P in the tissues of the snail *Achatina fulica*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 104C:21-28.
- Jauncey, K. (1999) *Tilapia: Feeds and Feeding*. Pisces Press Ltd, Scotland, pp 241.
- Jess, S., Marks, R.J. (1989) The interaction of diet and substrate on the growth of *Helix aspersa* (Müller) var. *Maxima*. *Slugs and Snails in World Agriculture*, 41:311-317.
- Kehavarz, K., Nakajima, S. (1993) Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 72:144-153.
- Kerney, M.P., Cameron, R.A.D. (1979) *A Field Guide to the Land Snails of Britain and North-West Europe*. Harpercollins Pub Ltd., London, pp 288.
- Lazaridou-Dimitriadou, M. and Kattoulas, M.E. (1985). Edible and Commercialized Snails of Greece- Heliciculture. *Haliotis*. 11:129-137.
- Lazaridou-Dimitriadou, M., Alpoyni, E., Baka, M., Brouziotis, T., Kifonidis, N., Mihaloudi, E., Sioula D., Vellis, G. (1998) Growth, mortality and fecundity in successive generations of *Helix aspersa* Müller cultured indoors and crowding effects on fast-, medium-and slow-growing snails of the same clutch. *Journal of Molluscan Studies*, 64:67-74.
- Milinsk, M.C., Padre, R.G., Hayashi, C., Souza, N.E., Matsushita, M. (2003) Influence of diets enriched with different vegetable oils on the fatty acid profiles of snail *Helix aspersa maxima*. *Food Chemistry*, 82:553-558
- Milinsk, M.C., Padre, R.G., Hayashi, C., Oliveira, C.C., Visentainer, J.V., Souza, N.E., Matsushita, M. (2006) Effects of feed protein and lipid contents on fatty acid profile of snail (*Helix aspersa maxima*) meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:212-216
- Murphy, B. (2001). *Breeding and Growing Snails on a commercially level in Australia*. Rural Industries Research and Development Corporation Publication, Moruya, pp 46.
- Müller, O.F. (1774) *Vermium Terrestrium et Fluviatilium, seu Animalium Infusorium, Helminthicorum, et Testaceorum, non marinorum, Succincta Historia*. Havniae & Lipsiae : Heineck & Faber, New York, pp 214.
- Peake, J. (1978) *Distribution and ecology of the Stylommatophora*. Academic Press, 2A:429-526.

- Pelicia, K., Garcia, E.A., Faitarone, A.B.G., Silva, A.P., Berto, D.A., Molino, A.B., Vercese, F. (2009) Calcium and Available Phosphorus Levels for Laying Hens in Second Production Cycle. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11:39-49.
- Ports D.C. (1975) Persistence and Extinction of Local Populations of the Garden Snail *Helix aspersa* in Unfavorable Environments. Springer-Verlag, *Oecologia*. 21:313-334.
- Ryder, T.A., Bowen, I.D. (1977) The slug foot as a site of uptake of copper molluscicide. *Journal of Invertebrate Pathology*, 30:381-386.
- Solem A. (1978) Classification of the land Mollusca. In: Fretter, V., Peale, J. (eds) (1978). *Pulmonates*. Academic Press, 2A:49-97.
- Thompson, R., Cheney, S. (2007). Raising Snails. U.S. Department of Agriculture Research Service. National Agricultural Library Beltsville, Maryland. : [http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC\\_pubs/srb96-05.html](http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC_pubs/srb96-05.html). (Πρόσβαση: 23-04-2011)
- Tompa, A.S., Watabe, N. (1976) Calcified arteries in a gastropod. *Calcified Tissue International*, 22:159-172.
- Tompa, A.S., Wilbur, K.M. (1977) Calcium mobilization during reproduction in snail *Helix aspersa*. *Nature*, 270:53-54.
- Wagge, L.E. (1952) Quantitative studies of calcium metabolism in *Helix aspersa*. *Journal of Experimental Zoology*, 120:311-342.
- Ward, D., Slotow, R. (1992). The effects of water availability on the life history of the desert snail, *Trochoidea seetzeni*. *Oecologia*, 90:572-580.

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Μαρκάκης Σ. (1986) Το σαλιγκάρι και η εκτροφή του. Κεγραφ Ε.Π.Ε., Αθήνα.
- Μαρκάκης Σ. (1990) Το σαλιγκάρι και η εκτροφή του. 2η έκδοση. Χρονοπρές Α.Ε., Αθήνα.
- Χατζιωάννου, Μ.Ζ. (2007) Πανεπιστημιακές παραδόσεις στο μάθημα εκτροφές γαστερόποδων, αμφιβίων, ερπετών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος, σελ. 66.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of different dietary calcium levels on growth and quality of the shell of *Helix aspersa*. This experiment committed the rearing of snails under laboratory conditions.

A total number of three hundred snails *Helix aspersa* of initial body weight  $0.32 \pm 0.03$  g and of initial shell diameter  $9.6 \pm 0.2$  mm were randomly assigned into 12 plastic cages of 8 L capacity (25 individuals per cage, 3 replicates per dietary treatment) and were divided into four dietary groups. The three groups of snails were fed for 98 days with three isoenergetic (12 MJ / Kg) and isoproteinic (13%) diets, which differed in their calcium content: diet A contained 9%, diet B contained 11% and diet C contained 13%, on as fed basis. Limestone as well as monocalcium phosphate were used as dietary calcium sources. The fourth group was fed with a diet (D) of the same protein and energy content as the above, but the calcium was offered separately (*ad libitum*), instead of incorporated in the ration.

During the experiment, three measurements took place, where it was calculated the growth of the snails and the utilization of the experimental foods. The results processed using the Analysis of Variance Unidirectional (one-way ANOVA).

On the 31st day of the experiment, the shell measurements that took place, showed that the largest increase in shell diameter occurred in the snails of the C dietary group ( $2,29 \pm 0,15$  %), which contained the highest percentage of calcium (13 %), while the smallest increase in shell diameter occurred in the snails of the A dietary group ( $2,07 \pm 0,40$  %), with the smallest percentage of calcium (9 %).



Furthermore, at the end of the experiment, the 98th day, the weight of the shell of snails was measured. The largest shell weight occurred in the snails that were fed with diet D ( $101,15 \pm 32,03$  mg), in which calcium was offered individually at will, while the lower shell weight, was presented to the snails of the A dietary group ( $92.02 \pm 21,97$  mg), which contained the lowest percentage of calcium (9 %).

No significant differences were found in any growth parameters examined among the different dietary treatments. The shells of snails which were fed with diet D showed the greatest resistance to fracture, although these differences were not statistically significant, again.

Further studies are necessary for the understanding of calcium metabolism in *Helix aspersa* and the determination of the dietary needs for improving the quality of snail's shell under rearing conditions.

*Keywords: Helix aspersa, shell, calcium, snail farming*