

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Σ. Γ. ΑΔΑΜΙΔΟΥ**

**Επίδραση διαφορετικών υδατανθράκων στην πεπτικότητα  
θρεπτικών συστατικών της τροφής από την τσιπούρα (*Sparus  
aurata*)**



**ΒΟΛΟΣ 2003**

**Επίδραση διαφορετικών υδατανθράκων στην πεπτικότητα θρεπτικών  
συστατικών της τροφής από την τσιπούρα (*Sparus aurata*)**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 4182/1  
Ημερ. Εισ.: 14-12-2004  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
639.307 2  
ΑΔΑ

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:**

**Σ. Κλαουδάτος.** Αν. καθηγητής του τμήματος Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επιβλέπων καθηγητής.

**Χ.Ν. Νεοφύτου.** Καθηγήτρια του τμήματος Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής.

**Μ. Αλέξη.** Ερευνήτρια Α του Ε.Κ.Θ.Ε.. Μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής.

## **Ευχαριστίες**

Η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας έγινε με τη σημαντική συμβολή πολλών προσώπων, τα οποία νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Καταρχήν, οφείλω θερμές ευχαριστίες στον Καθηγητή μου κ. Σ. Κλαουδάτο, που υπήρξε υπεύθυνος για την επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών των τμημάτων Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος και Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, ο οποίος στήριξε τις προσπάθειές μου, τόσο ακαδημαϊκά, όσο και ηθικά καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Στην ερευνήτρια και μέλος της τριμελούς επιτροπής Δρ. Μ. Αλέξη, υπεύθυνη του Εργαστηρίου Διατροφής του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ), νιώθω την ανάγκη να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες. Η βοήθειά της στο σχεδιασμό, την οργάνωση και εκτέλεση του πειράματος, αλλά και η καθοδήγηση σε ότι αφορούσε το ερευνητικό μέρος του πειράματος υπήρξε πολύτιμη και καθοριστική για την επιτυχή διεξαγωγή της διατριβής.

Επιθυμώ επίσης, να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και Πρόεδρο του Τμήματος Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος, κ. Χ.Ν. Νεοφύτου για τον καθοδηγητικό του ρόλο στην πορεία των σπουδών μου, για τη συνεχή συμπαράστασή του κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, αλλά και για τη βοήθειά του κατά τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, επιθυμώ να ευχαριστήσω το προσωπικό του Εργαστηρίου Διατροφής του ΕΚΘΕ και ιδιαίτερα τη χημικό Δ. Νικολοπούλου και τον Ιχθυοκόμο Π. Αρβανίτη, των οποίων η εμπειρία στην εκτέλεση των αναλύσεων, αλλά και των χειρισμών βοήθησε στην αποτελεσματικότερη και αρτιότερη διεξαγωγή τους.

Ξεχωριστή θέση στις ευχαριστίες μου έχει η οικογένειά μου, που συμμετείχε σε όλες τις φάσεις των σπουδών μου με την αμέριστη ηθική και οικονομική συμπαράσταση που μου προσέφερε. Τέλος, θα ήθελα να αναφέρω τη σημαντική συμβολή των φιλικών μου προσώπων Σ. Τζιαμίκα και Ν. Σαμαρά, αλλά και της Σ. Μεζίτη και της οικογένειάς της για τη διευκόλυνση που μου προσέφεραν για τη διαμονή μου στην Αθήνα κατά τη διάρκεια της πειραματικής εργασίας.

Στους γονείς μου,  
για την εμπιστοσύνη που μου δείχνουν

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	1
Abstract .....	2
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>3</b>
Γενικά.....	5
<b>1.1 Η τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i> L.).....</b>	<b>5</b>
<u>Συστηματική ταξινόμηση της τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i> L.) .....</u>	<u>5</u>
<u>Χαρακτηριστικά γνωρίσματα.....</u>	<u>5</u>
<u>Βιότοπος .....</u>	<u>7</u>
<u>Διατροφή στο φυσικό περιβάλλον.....</u>	<u>7</u>
<u>Αναπαραγωγή.....</u>	<u>7</u>
<b>1.2 Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα και η σημασία της τσιπούρας σε αυτές.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Η σημασία της διατροφής.....</b>	<b>9</b>
<u>Συμμετοχή υδατανθράκων στο σιτηρέσιο .....</u>	<u>10</u>
<u>Σημασία των υδατανθράκων .....</u>	<u>10</u>
<b>1.4 Προσδιορισμός πεπτικότητας.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5 Τρόποι συλλογής περιττωμάτων .....</b>	<b>14</b>
<b>1.6 Μεταβολισμός υδατανθράκων .....</b>	<b>16</b>
<b>1.7 Πέψη των υδατανθράκων .....</b>	<b>16</b>
<u>Μικροβιακή πέψη και κυτταρίνη .....</u>	<u>18</u>
<b>1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν την πεπτικότητα και το μεταβολισμό .....</b>	<b>19</b>
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>	<b>21</b>
Γενικά.....	22
<b>2.1 Έμβιο υλικό (ψάρια).....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Εξοπλισμός .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Προετοιμασία των τροφών.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Πειραματικός σχεδιασμός.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5 Τρόπος συλλογής περιττωμάτων και επεξεργασία .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6 Χημικές αναλύσεις των σιτηρεσίων και των περιττωμάτων - <u>Μέθοδοι υπολογισμού θρεπτικών και χρωμίου.....</u></b>	<b>34</b>

A) Προσδιορισμός <u>υδατανθράκων</u> .....	34
B) Προσδιορισμός <u>πρωτεϊνών</u> .....	35
Γ) Προσδιορισμός ολικών <u>λιπιδίων</u> .....	37
Δ) Προσδιορισμός <u>χρωμίου</u> .....	38
<b>2.7 Υπολογισμός των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας ....</b>	<b>39</b>
<b>2.8 Στατιστική επεξεργασία.....</b>	<b>39</b>
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Γενικά.....</b>	<b>41</b>
<u>Πεπτικότητα πρωτεϊνών</u> .....	48
<u>Πεπτικότητα ολικών λιπιδίων</u> .....	49
<u>Πεπτικότητα υδατανθράκων</u> .....	50
<b>3.2 Πρόβλεψη πεπτικότητας υδατανθράκων για το σιτηρέσιο Γ.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3 Εκτίμηση της πεπτής ενέργειας των σιτηρεσίων.....</b>	<b>53</b>
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Μέθοδοι συλλογής περιττωμάτων και δείκτες .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2 Πεπτικότητα υδατανθράκων .....</b>	<b>59</b>
<b>4.3 Πεπτικότητα κυτταρίνης .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4 Πεπτικότητα πρωτεΐνης .....</b>	<b>62</b>
<b>4.5 Πεπτικότητα ολικών λιπιδίων .....</b>	<b>64</b>
<b>4.6 Πεπτή ενέργεια και κατανάλωση τροφής .....</b>	<b>64</b>
<b>4.7 Επίδραση της θερμοκρασίας και αλατότητας .....</b>	<b>65</b>
<b>4.8 Συμπεράσματα.....</b>	<b>66</b>
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>67</b>
<b>6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>75</b>

## Περίληψη

Έξι ομάδες ιχθύων, τσιπούρας (*Sparus aurata*), ταΐστηκαν με τρεις πειραματικές δίαιτες, οι οποίες είχαν την ίδια σύσταση ως προς τα ποσοστά της πρωτεΐνης και του λίπους, αλλά διέφεραν στον τύπο της πηγής υδατανθράκων και στα ποσοστά υδατανθράκων που περιείχαν, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η επίδρασή τους στην πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών από τους ιχθείς. Η διαίτα Α περιείχε 38% ζελατινοποιημένο άμυλο καλαμποκιού (gelatinized corn starch), η διαίτα Β περιείχε 28% ακατέργαστο άμυλο καλαμποκιού (raw corn starch) και 10% ζελατινοποιημένο άμυλο καλαμποκιού και η διαίτα Γ 18,5% ακατέργαστο άμυλο, 10% ζελατινοποιημένο άμυλο καλαμποκιού και 10% κυτταρίνη. Οι δίαιτες αυτές προσφέρθηκαν για τη διατροφή των ψαριών για 3 εβδομάδες σε επίπεδο κορεσμού (ad libitum) και έπειτα για άλλες 2 εβδομάδες σε επίπεδο 1% του μέσου σωματικού βάρους των ψαριών (περιορισμένη διατροφή) και μετρήθηκαν οι συντελεστές πεπτικότητας για κάθε περίοδο. Η υψηλότερη απορρόφηση της τροφής σημειώθηκε στη διαίτα Γ και η χαμηλότερη στη διαίτα Α. Η πεπτικότητα των υδατανθράκων ήταν η υψηλότερη για τη διαίτα Α και η χαμηλότερη για τη διαίτα Β. Η πεπτικότητα των υδατανθράκων δεν παρουσίασε αλλαγή με τη μείωση του επιπέδου διατροφής. Η πεπτικότητα της πρωτεΐνης για τις δίαιτες Α και Γ δεν παρουσίασε εμφανή διαφορά στα διαφορετικά επίπεδα διατροφής. Η διαίτα Β είχε εμφανώς μικρότερη πεπτικότητα στην πρωτεΐνη σε σχέση με τις άλλες δύο δίαιτες. Η πεπτικότητα των ολικών λιπιδίων ήταν παρόμοια για όλες τις δίαιτες και δεν παρουσίασε διακυμάνσεις στα δύο επίπεδα διατροφής. Τέλος, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 95% ( $P < 0,05$ ) μεταξύ της έως κορεσμού και της περιορισμένης διατροφής σε ότι αφορούσε τις πεπτικότητες των υδατανθράκων, των ολικών λιπιδίων και της πρωτεΐνης.



## Abstract

Effect of dietary carbohydrate type on nutrient digestibility by gilthead bream (*Sparus aurata*).

Six groups of gilthead bream (*Sparus aurata*) were fed three experimental diets having the same proximate composition but differing in the type of carbohydrate source and carbohydrate ratio, in order to evaluate their influence on the digestibility of dietary nutrients by gilthead bream. The diets contained: Diet A, about 38% of gelatinized corn starch, diet B 28% raw corn starch and 10% gelatinized corn starch and diet C 18,5% raw starch, 10% gelatinized starch and 10% cellulose. These diets were fed for 3 weeks at an ad libitum level and then for 2 weeks at 1% of the fish weight and digestibility coefficients calculated for each period. The highest feed consumption was noted for diet C and the lowest for diet A. Carbohydrate digestibility was highest for diet A and lowest for diet B. Carbohydrate digestibility did not change with a reduction of feeding level. Protein digestibility of diet A and C did not appear to differ significantly at both feeding levels. Diet B indicated lower protein digestibility in comparison with the other two diets. Lipid digestibility was similar among diets and did not change significantly with the feeding level. No significant differences were found between the ad libitum feeding and the restricted feeding for 95% confident level ( $P < 0,05$ ) for the digestibility coefficients of carbohydrate, lipids and proteins.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υδατοκαλλιέργειες είναι κάτι περισσότερο από μία επιστήμη. Αυτή τη στιγμή παγκοσμίως αποτελούν βιώσιμες και κερδοφόρες επιχειρήσεις. Καθώς η τεχνολογία των υδατοκαλλιεργειών έχει αναπτυχθεί και η παραγωγή έχει εντατικοποιηθεί, έχει ανακύψει η ανάγκη για μεγαλύτερη παραγωγή με ταχεία σωματική αύξηση των ιχθύων και χαμηλότερο κόστος παραγωγής. Όμως, για να επιτευχθεί αυτό έπρεπε να αντικατασταθεί η φυσική τροφή από σιτηρέσια του εμπορίου. Σε πολλές μονάδες εντατικής παραγωγής το κόστος των ιχθυοτροφών ξεπερνά το 50% του συνόλου των διαφόρων λειτουργικών εξόδων. Για το λόγο αυτό η γνώση της διατροφής και των πρακτικών εκτροφής των ψαριών είναι πρωταρχικής σημασίας για την επιτυχία των ιχθυοκαλλιεργειών (Nutrient Requirements of Fish, 1993).

Η διατροφική αξία των υδατανθράκων ποικίλει μεταξύ των ιχθύων. Γενικά, έχει διαπιστωθεί ότι τα ψάρια των θερμών και γλυκών νερών μπορούν να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων, από τα ψάρια του αλμυρού νερού και τα ψάρια των ψυχρών υδάτων, αντίστοιχα. Οι απαιτήσεις των ψαριών σε υδατάνθρακες δεν έχουν ακόμα προσδιοριστεί με ακρίβεια. Οι υδατάνθρακες αποτελούν άμεση πηγή ενέργειας γι' αυτό και φαίνεται απαραίτητη η συμμετοχή τους στα σιτηρέσια, ώστε να μη καταβολίζονται οι πρωτεΐνες και τα λίπη για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες. Γι' αυτό και είναι σημαντικό να παρέχουμε τις κατάλληλες ποσότητες υδατανθράκων στα σιτηρέσια των εκτρεφόμενων ψαριών.

Για την πέψη των υδατανθράκων υπάρχουν ειδικά ένζυμα, που παράγονται από τον οργανισμό του ψαριού. Τα ένζυμα για τα μεγαλύτερα μεταβολικά 'μονοπάτια', όπως η γλυκόλυση, η γλυκονεογένεση, ο κύκλος των πεντοζών και η σύνθεση του γλυκογόνου, έχουν ανιχνευθεί (Nutrient Requirements of Fish, 1993).

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της πεπτικότητας των υδατανθράκων, αλλά και την επίδρασή των ινωδών ουσιών, κυρίως στην πεπτικότητα των άλλων συστατικών του σιτηρεσίου, πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη. Ταυτόχρονα, έγινε σύγκριση δύο διαφορετικών πηγών αμύλου και συγκρίθηκαν τα ποσοστά της ικανότητας απορρόφησής τους από την τσιπούρα. Στόχος λοιπόν, αυτής της έρευνας ήταν να δοθεί μία ακόμη απάντηση σε ότι αφορά την πέψη των υδατανθράκων και την επίδραση της κυτταρίνης στην πέψη, καθώς

είναι ένα αντικείμενο που διαχάζει και δεν έχει ακόμα καλυφθεί από ερευνητικής άποψης.

## Γενικά

### 1.1 Η τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

#### Συστηματική ταξινόμηση της τσιπούρας (*Sparus aurata* L.)

Η τσιπούρα (*Sparus aurata* L.), ανήκει στην οικογένεια των σπαρίδων (*Sparidae*), στην κλάση των οσειχθύων (*Teleostei*). Η συστηματική ταξινόμηση του είδους αυτού κατά τον Linnaeus (1758) είναι η εξής:

Βασίλειο: *Animalia*

Υποβασίλειο: *Metazoa*

Φύλο: *Chordata*

Υποφύλο: *Vertabrata*

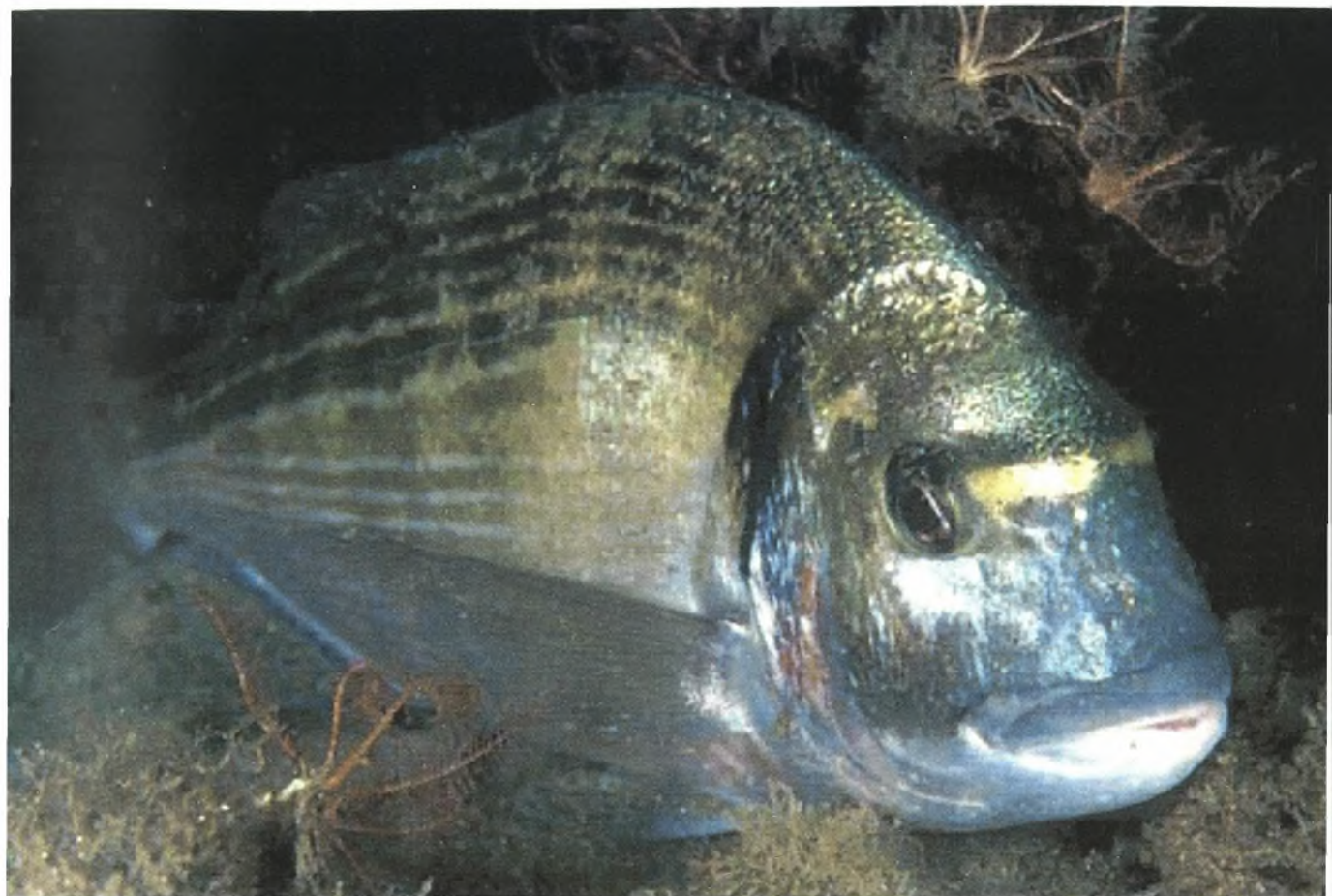
Κλάση: *Teleostei*

Υποκλάση: *Euteleostei*

Οικογένεια: *Sparidae*

#### Χαρακτηριστικά γνωρίσματα

Έχει σώμα ατρακτοειδές, πλευρικά πεπιεσμένο, κυρτή ράχη και κοντό ρύγχος (Εικ. 1). Έχει κεφαλή ισχυρή, χείλη χονδρά και μεγάλους οφθαλμούς. Το μπροστινό τμήμα των σιαγόνων χαρακτηρίζεται από την παρουσία έξι κωνοειδών δοντιών, ενώ πλευρικά στην πάνω σιαγόνα έχει τέσσερις σειρές μυλοειδών δοντιών και 3 – 4 σειρές στην κάτω σιαγόνα. Τα μπροστινά δόντια είναι δυνατά, κυριά και μυτερά. Στο μέτωπο ανάμεσα στα μάτια έχει μια λωρίδα σε σχήμα V και στην άκρη του βραγχιοκαλύμματος μια μαύρη κηλίδα. Γενικά, έχει χρώμα ασημένιο – γκρι με πιο σκούρη πλάτη και περισσότερο ανοιχτό χρώμα στις πλευρές και την κοιλιά. Οι παρυφές του ουραίου πτερυγίου είναι μαύρες (Miller & Loates, 1997). Έχει μεγάλου μεγέθους κτενοειδή λέπια και θωρακικά πτερύγια. Το μήκος φτάνει μέχρι τα 50 - 80 cm και βάρος πάνω από 5 Kg. Ο αριθμός των ακτινών του ραχιαίου και των εδρικών πτερυγίων είναι XI / 13 – 14 και III / 11 – 12, αντίστοιχα (Νεοφύτου, 2001).



**Εικόνα 1.** Τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

### Βιότοπος

Ζει μοναχικό ή σε μικρά κοπάδια στις παράκτιες περιοχές και προτιμά τα υφάλμυρα νερά. Η γεωγραφική της εξάπλωση εκτείνεται από τον Ατλαντικό μέχρι τη Μεγάλη Βρετανία, τη Σενεγάλη και τη Μεσόγειο θάλασσα (Νεοφύτου, 2001).

Ανήκει στα ευρύθερμα είδη και γι' αυτό συναντάται σε νερά με θερμοκρασίες από 5° - 27° C. Είναι το πρώτο είδος ψαριού που κατά το φθινόπωρο εγκαταλείπει τις λιμνοθάλασσες για να επιστρέψει στην ανοικτή θάλασσα. Οι τσιπούρες, που παραμένουν στις λιμνοθάλασσες μετά το κλείσιμο των εσοδευτικών στομιών των διβαριών, υποφέρουν από το κρύο του χειμώνα όταν η θερμοκρασία πολλές φορές στις αβαθείς αυτές υδάτινες εκτάσεις πλησιάζει τους 0° C. Γι' αυτό στις περιοχές αυτές παρατηρούνται πολλές φορές υψηλές θνησιμότητες κατά τους χειμερινούς μήνες (Πνευματικάτος, 1993).

Είναι ευρύαλο ψάρι με δυνατότητα επιβίωσης σε μεγάλο εύρος αλατότητας, ενώ το άριστο εύρος ανάπτυξης είναι από 25 - 40‰. Δεν είναι όμως το ίδιο ανεκτική στις τιμές του οξυγόνου. Φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε χαμηλές τιμές οξυγόνου. Γενικά, επιβιώνουν σε αβαθείς υδατοσυλλογές, αλλά προτιμούν νερά με βάθος μέχρι 50 - 60 m.

### Διατροφή στο φυσικό περιβάλλον

Η τσιπούρα ανήκει στην κατηγορία των σαρκοφάγων και αρπακτικών ψαριών. Ο τύπος πέψης, τα είδη των ενζύμων που εκκρίνονται στον πεπτικό σωλήνα και οι σειρές των δοντιών τους, δικαιολογούν την κατάταξή τους αυτή. Έρευνες που έγιναν σε φυσικούς πληθυσμούς σχετικά με τις τροφικές προτιμήσεις της τσιπούρας σε σχέση με το μέγεθος και την εποχή του έτους, έδειξαν ότι η βάση της διατροφής της συνίσταται από μαλάκια, τα οποία θρυμματίζει με τη βοήθεια των ισχυρών κυνοειδών δοντιών και τα οστρακόδερμα. Συμπληρωματικά, καταναλώνονται πολύχαιτοι, δακτυλιοσκώληκες και φύκη, ενώ ευκαιριακά χρησιμοποιεί ψάρια και έντομα.

### Αναπαραγωγή

Την άνοιξη εισέρχεται σε ημικλειστές παράκτιες περιοχές υφάλμυρων νερών. Κατά τα μέσα του φθινοπώρου τις εγκαταλείπουν και επιστρέφουν στην ανοικτή θάλασσα. Η έξοδος αυτή από τα ρηλά υφάλμυρα νερά συμπίπτει με την έναρξη της ωρίμανσης των γονάδων

τους, η οποία ολοκληρώνεται με την έναρξη της φυσικής αναπαραγωγής που πραγματοποιείται από τον Οκτώβριο μέχρι το Δεκέμβριο.

Η τσιπούρα είναι ερμαφρόδιτο είδος και μάλιστα είναι πρώτανδρο. Έχει παρατηρηθεί ότι οι γονάδες αποτελούνται τόσο από ορχικό όσο και από ωοθηκικό ιστό από πολύ νεαρό στάδιο της ηλικίας της. Στα νεαρά άτομα η πλαγιοκοιλιακή χώρα, που περιέχει του όρχεις υπερισχύει κατά πολύ έναντι της ωοθηκικής ζώνης, ενώ στα ώριμα άτομα υφίσταται αντιστροφή της αναλογίας αυτής και πραγματοποιείται μετάβαση προς το θηλυκό. Αυτό συμβαίνει μετά το 2<sup>ο</sup> έτος της ηλικίας της (Νεοφύτου, 2001).

Εξαιτίας της μεγάλης αντοχής της σε αντίξοες συνθήκες, η τσιπούρα, απέκτησε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις μεσογειακές υδατοκαλλιέργειες.

## **1.2 Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα και η σημασία της τσιπούρας σε αυτές**

Οι ευνοϊκές θερμοκρασίες, οι λοιπές φυσικοχημικές παράμετροι των θαλασσών μας, η μορφολογία των ακτών, το πλήθος των νησιών, καθώς και η επιτυχής εφαρμογή του συστήματος εκτροφής ιχθύων σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς, σε συνδυασμό με το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον και τις ευνοϊκές συνθήκες αγοράς, είχαν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη του κλάδου των θαλασσοκαλλιεργειών σε πολύ μεγάλο βαθμό, έτσι ώστε να βρισκόμαστε στην πρώτη θέση μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά την παραγωγή ανταγωνιστικών προϊόντων και να διαθέτουμε τεχνογνωσία υψηλού επιπέδου (Πράπας, 2000).

Τα κύρια είδη που καλλιεργούνται στην Ελλάδα και γενικότερα στη Μεσόγειο είναι ψάρια σαρκοφάγα, όπως η τσιπούρα και το λαβράκι και απαιτούν στην τροφή τους υψηλά ποσοστά πρωτεϊνών, στις οποίες όμως αποδίδεται και το μεγάλο κόστος των ιχθυοτροφών.

Οι μονάδες πάχυνσης το 2000 αριθμούνταν στις 282. Η συνολική παραγωγή ανήλθε στους 50.295 τόνους με αξία 76.140 εκατ. δραχμές, σημειώνοντας αύξηση κατά 17,9% και 16,24% στην παραγωγή και στη συνολική αξία, αντίστοιχα, σε σχέση με το 1999. Από τις παραπάνω αναφερόμενες ποσότητες, που παράχθηκαν, περίπου το 56,5% ήταν τσιπούρα και το 41% λαβράκι. Παράχθηκαν επίσης και 1232 τόνοι φαγκρί, μυτάκι και άλλα νέα είδη σημειώνοντας και αυτά αύξηση σε σχέση με το 1999 (<http://www.minagric.gr>, 2003).

Οι υδατοκαλλιέργειες ή η εκτροφή υδρόβιων οργανισμών, σε διάφορες μορφές και σε διαβαθμίσεις (από εκτατικά και ημι-εκτατικά μέχρι εντατικά), φαίνεται να έχουν τις ρίζες τους 2000 χρόνια πριν, στην περιοχή της Κίνας. Όμως, η επιστήμη, των υδατοκαλλιεργειών είναι πολύ πρόσφατη και φαίνεται να ξεκινά γύρω στο 1935. Παρά τη μεγάλη

ιστορία των υδατοκαλλιεργειών, η αποδοχή της πρωτεΐνης των ιχθύων, ως μια πολύ καλή πηγή πρωτεΐνης, ήρθε τις τρεις τελευταίες δεκαετίες. Την ίδια χρονική στιγμή άρχισε να γίνεται εμφανής και η μείωση των φυσικών ιχθυαποθεμάτων. Συνέπεια όλων αυτών ήταν να ξεκινήσει μια δυναμική πορεία ανάπτυξης των ιχθυοκαλλιεργειών (De Silva & Anderson, 1995).

### **1.3. Η σημασία της διατροφής**

Η διατροφική αξία των υδατανθράκων ποικίλει μεταξύ των ιχθύων. Τα ψάρια των θερμών νερών μπορούν να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων από τα θαλάσσια ψάρια και τα ψάρια των ψυχρών υδάτων και τα ψάρια των γλυκών υδάτων μπορούν να αξιοποιήσουν επίσης καλύτερα τους υδατάνθρακες από τα ψάρια των αλμυρών υδάτων. Οι απαιτήσεις των ψαριών σε υδατάνθρακες δεν έχουν ακόμα προσδιοριστεί με ακρίβεια (Wilson, 1994). Ωστόσο, όταν οι υδατάνθρακες παραλείπονται από το σιτηρέσιο, τότε οι πρωτεΐνες και τα λίπη καταβολίζονται για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες, αλλά και για να συντεθούν βιολογικά σημαντικές ενώσεις που προκύπτουν από τους υδατάνθρακες. Γι' αυτό και είναι σημαντικό να παρέχουμε τις κατάλληλες ποσότητες υδατανθράκων στα σιτηρέσια των εκτρεφόμενων ψαριών (Nutrient Requirements of Fish, 1993).

Ένα ισορροπημένο σιτηρέσιο είναι πρωταρχικής σημασίας για τις εντατικές εκτροφές ιχθύων. Τα ψάρια πρέπει να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξή τους και τη σωματική αύξηση από το σιτηρέσιό τους, το οποίο περιέχει διάφορα συστατικά στις κατάλληλες αναλογίες. Η θρεπτική αξία ενός σιτηρεσίου μετριέται από την παρουσία των κατάλληλων θρεπτικών συστατικών, δηλαδή των πρωτεϊνών, των λιπών και των υδατανθράκων, αλλά και από την παρουσία των απαραίτητων βιταμινών και μετάλλων. Η άριστη αναλογία ενέργειας και πρωτεΐνης μπορεί να μας εξασφαλίσει την άριστη αναβολική δραστηριότητα, η οποία περιλαμβάνει, εκτός από τη σωματική αύξηση, την παραγωγή αναπαραγωγικού υλικού και το σχηματισμό προϊόντων του οργανισμού (αιμογλοβίνη, ορμόνες, ένζυμα κλπ.) (Petihakis, 1989). Με τον όρο καταβολισμό, εννοούμε τη διάσπαση των θρεπτικών συστατικών και τη χρησιμοποίησή τους στη συνέχεια από τον οργανισμό, είτε σε αυτή την απλούστερη μορφή, είτε για τη σύνθεση (αναβολισμός) νέων συστατικών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη και τη συντήρησή του.



### Συμμετοχή υδατανθράκων στο σιτηρέσιο

Παρά το γεγονός ότι οι πραγματικές ανάγκες των ψαριών σε υδατάνθρακες δεν έχουν προσδιοριστεί, είναι σίγουρα πρωταρχικής σημασίας η παροχή κάποιου ποσοστού υδατανθράκων στο σιτηρέσιο, ώστε να μειώσουμε το ποσοστό καταβολισμού των πρωτεϊνών και των λιπιδίων για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, να παρέχουμε ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα για τη σύνθεση βιολογικά σημαντικών συστατικών, αλλά και για τη βελτίωση των ιδιοτήτων των σύμπληκτων (Wilson, 1994).

Στο φυσικό υδάτινο περιβάλλον των ψαριών οι πηγές των υδατανθράκων είναι σχετικά σπάνιες και γι' αυτό το πεπτικό και μεταβολικό τους σύστημα είναι προσαρμοσμένο να αξιοποιεί τις πρωτεΐνες και τα λίπη ως ενεργειακές πηγές. Τα παμφάγα ψάρια έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων από τα σαρκοφάγα ψάρια, εξαιτίας της μεγαλύτερης δραστηριότητας της αμυλάσης στον πεπτικό σωλήνα (Hidalgo *et al.*, 1999) και του μεγαλύτερου αριθμού υποδοχέων ινσουλίνης, που διαθέτουν τα ψάρια αυτά.

Τα περισσότερα ψάρια είναι σαρκοφάγα ή παμφάγα και οι υδατάνθρακες δεν αποτελούν μεγάλο ποσοστό της τροφής τους. Ωστόσο, πολλά ψάρια, τόσο του γλυκού, όσο και του θαλασσινού νερού έχουν εξειδικευτεί στο να προσλαμβάνουν και να πέπτουν φυτικής προέλευσης προϊόντα σε μεγάλες ποσότητες. Στο στομάχι διαφόρων ειδών ψαριών έχουν βρεθεί ένζυμα, που αποδομούν υδατάνθρακες, όπως η αμυλάση, η δισακχαριδάση, αλλά και ένζυμα που 'προσβάλλουν' την κυτταρίνη, την κυτίνη και τη λιγνίνη. Χαρακτηριστικές είναι ωστόσο, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των διαφόρων ειδών των ψαριών στην ικανότητά τους να πέπτουν και να απορροφούν τους πολυσακχαρίτες.

### Σημασία των υδατανθράκων

Οι υδατάνθρακες, που είναι γνωστοί και με την ονομασία σάκχαρα, αποτελούν ουσιώδη συστατικά όλων των ζωντανών οργανισμών καθώς χρησιμοποιούνται ως άμεση πηγή ενέργειας, ως μόρια που μεταφέρουν ενέργεια μέσα στον οργανισμό, αλλά και ως δομικά συστατικά. Η βασική μονάδα των υδατανθράκων είναι οι μονοσακχαρίτες, οι οποίοι στα βιολογικά συστήματα συντίθενται μέσω της διαδικασίας της γλυκονεογένεσης ή αποτελούν τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης (De Silva & Anderson, 1995).

Οι μονοσακχαρίτες είναι μονάδες ενός μορίου σακχάρου και σε αυτούς ανήκουν οι εξόζες (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη) και οι πεντόζες (αραβινόζη, ξυλόζη, ριβόζη). Με εξαίρεση τη γλυκόζη οι μονοσακχαρίτες υπάρχουν σε ελεύθερη μορφή μόνο στα φυτά. Οι

δισακχαρίτες συντίθενται από δύο μόνοσακχαρίτες και οι πιο σημαντικοί είναι η λακτόζη (ο μόνος δισακχαρίτης ζωικής προέλευσης), η σουκρόζη και η μαλτόζη, ενώ οι ολιγοσακχαρίτες αποτελούνται από τρία έως έξι μόρια μονοσακχαριτών (Steffens, 1989).

Οι πολυσακχαρίτες είναι πολυμερή μακρομόρια των μονοσακχαριτών αποτελούμενοι από εκατοντάδες η χιλιάδες μονομερή. Οι δύο σημαντικότεροι πολυσακχαρίτες για τη διατροφή των ζώων είναι το άμυλο και η κυτταρίνη, οι οποίοι είναι πολυμερή της γλυκόζης, με τη διαφορά ότι συντίθενται από διαφορετικά ισομερή της γλυκόζης (Lovell, 1989).

Το ενδοσπέρμιο των σπόρων των δημητριακών αποτελείται κυρίως από άμυλο. Δύο είναι οι μορφές των αμυλοκόκκων, που συναντάμε στους σπόρους: η αμυλόζη, που είναι διαλυτή σε ζεστό νερό και η αμυλοπηκτίνη. Οι αμυλόκοκοι διαφέρουν στη μορφολογία τους και στη διαλυτότητά τους μεταξύ των φυτικών ειδών. Μερικοί είναι ιδιαίτερα σταθεροί, διασπώνται δηλαδή δύσκολα, πράγμα που είναι σημαντικό για τη διαδικασία της πέψης. Η θερμική επεξεργασία, παρουσία υγρασίας, είτε διασπά, είτε ζελατινοποιεί τους κόκκους αυξάνοντας τη διαλυτότητά τους και την πεπτικότητα του αμύλου (Lovell, 1989).

Το σημείο τήξης της καθαρής αμυλόζης είναι σχετικά υψηλό και περίπου 150°C, πράγμα που σημαίνει ότι μία ειδική επεξεργασία πάνω από τους 130°C είναι απαραίτητη για να ζελατινοποιηθεί το υψηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη άμυλο καλαμποκιού (Ryu *et al.*, 2002). Έχει αποδειχθεί ότι το ζελατινοποιημένο άμυλο σε σχέση με το μη επεξεργασμένο άμυλο (raw starch) έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην αύξηση και στην αξιοποίηση της τροφής σε αρκετά ψάρια (Wilson, 1994). Κατά τη διαδικασία της πελλετοποίησης με ατμό, αλλά και της εξώθησης το άμυλο των σπόρων των δημητριακών με τη μετατροπή (ζελατινοποίηση), που αναφέρθηκε προηγουμένως, αποτελεί συστατικό που βελτιώνει τη συνεκτικότητα της τροφής (binder) (Nutrient Requirements of Fish, 1993).

Το γλυκογόνο είναι η μορφή αποθήκευσης ενέργειας (υδατανθράκων) στους ζωικούς ιστούς και κυρίως στο ήπαρ.

Οι υδατάνθρακες αποτελούν γενικά μαζί με τα λίπη πηγή ενέργειας για τους ζωικούς οργανισμούς και μάλιστα ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τον οργανισμό. Για πολλούς λόγους οι υδατάνθρακες φαίνεται να έχουν περιορισμένη χρησιμότητα ως ενεργειακή πηγή στα ψάρια (De Silva & Anderson, 1995). Παρότι είναι σημαντική πηγή ενέργειας και αποτελούν συστατικά πολλών μεταβολιτών του ζωικού οργανισμού, όπως η γλυκόζη του αίματος, τα νουκλεοτίδια και οι γλυκοπρωτεΐνες, από πολλούς δε θεωρούνται απαραίτητοι. Υπάρχουν μελέτες που δείχνει ότι τα ψάρια αναπτύσσονται ικανοποιητικά, χωρίς παθολογικά συμπτώματα όταν τρέφονται με

σιτηρέσια ελεύθερα υδατανθράκων (Lovell, 1989). Ωστόσο, αυτό δε σημαίνει ότι δεν κατέχουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή των ψαριών. Από πειραματικά δεδομένα προέκυψε ότι η μετατρεψιμότητα της πρωτεΐνης σε μυϊκή μάζα ήταν μεγαλύτερη στα ψάρια που τρέφονταν με σιτηρέσιο υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες (De Silva & Anderson, 1995).

Η χρησιμοποίηση των υδατανθράκων ενός σιτηρεσίου από τα ψάρια ποικίλει και έχει σχέση με την πολυπλοκότητα της δομής των υδατανθράκων (Nutrient Requirements of Fish, 1993), ενώ θεωρείται απαραίτητο στην παραγωγή των συμπηκτών γιατί προσδίδει συνεκτικότητα (binder).

Οι υδατάνθρακες ως πηγή ενέργειας για τα ψάρια, εξακολουθεί να είναι θέμα αντιπαράθεσης, κυρίως σε ότι αφορά την αντικατάσταση μέρους των πρωτεϊνών από υδατάνθρακες. Πάνω στο θέμα αυτό υπάρχουν αναφορές που έχουν σχέση με την αύξηση της αξιοποίησης πρωτεϊνών, όταν αυξήθηκε το ποσοστό των πεπτών υδατανθράκων στο σιτηρέσιο (Shiau και Peng, 1993: Grisdale-Helland και Helland, 1997).

#### **1.4 Προσδιορισμός πεπτικότητας**

Η πεπτικότητα μπορεί να οριστεί ως η ποσοτικοποίηση της διαδικασίας της πέψης. Δίνει ένα συγκρίσιμο μέγεθος για το ποσοστό των προϊόντων, τα οποία πέπτονται και απορροφούνται από το ζώο σε σχέση με την προσλαμβανόμενη ποσότητα του σιτηρεσίου (De Silva & Anderson, 1995). Ο υπολογισμός της πεπτικότητας με ακρίβεια είναι πολύ σημαντικός για την άριστη διατροφική διαχείριση των εκτρεφόμενων ιχθύων.

Μόνο ένα ποσοστό της τροφής, που προσλαμβάνεται πέπτεται και κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία απορροφώνται. Τα υπόλοιπα αποβάλλονται με τα περιτώματα, τα οποία μπορεί να περιέχουν επιπλέον ενδογενή πεπτικά ένζυμα και παρασυρόμενα κύτταρα του εντερικού βλενογόνου ή ακόμα κάποια αζωτούχα προϊόντα απέκκρισης, αλλά και άλατα προερχόμενα από το θαλασσινό νερό (De Silva & Anderson, 1995). Ένα σιτηρέσιο μπορεί να θεωρηθεί ισορροπημένο, όταν καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές και τις παραγωγικές ανάγκες (ανάπτυξης και αναπαραγωγής), είναι εύπεπτο και έχει καλή απορροφησιμότητα και μετατρεψιμότητα.

Η πεπτικότητα ενός σιτηρεσίου εξαρτάται από τη φύση και τον τύπο των συστατικών του, αλλά και την τελική του μορφή (σκληρότητα, σταθερότητα στο νερό) (De Silva & Anderson, 1995).

### Μέθοδοι προσδιορισμού της πεπτικότητας στους ιχθείς

Οι μέθοδοι προσδιορισμού της πεπτικότητας ενός σιτηρεσίου, περιλαμβάνουν είτε άμεσες είτε έμμεσες μετρήσεις των ποσοτήτων των θρεπτικών που προσλαμβάνονται και αποβάλλονται (Halver & Hardy, 2002: Nutrient Requirements of Fish, 1993).

Οι πρώτες μελέτες πεπτικότητας έγιναν στα αγροτικά ζώα, στα οποία η συλλογή των κοπράνων και ο ακριβής προσδιορισμός του καταναλωθέντος σιτηρεσίου δεν παρουσίασε ιδιαίτερες δυσκολίες.

Αντίθετα με τα αγροτικά ζώα, η μέτρηση της πεπτικότητας των σιτηρεσίων των ψαριών παρουσιάζει δυσκολίες, που έχουν σχέση με το υδάτινο περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν. Είναι για παράδειγμα αδύνατον να τοποθετηθούν συλλέκτες περιττωμάτων μέσα στις δεξαμενές, ενώ αμέσως μετά την απέκκρισή τους χάνονται κάποια συστατικά των περιττωμάτων, λόγω της διάλυσης τους (leaching) στο νερό. Κατά συνέπεια όλες οι εκτιμήσεις πεπτικότητας στο υγρό περιβάλλον, με οποιαδήποτε μέθοδο, εμπεριέχουν ένα ποσοστό λάθους, εκτός ίσως από την περίπτωση, κατά την οποία το ψάρι θανατώνεται και λαμβάνεται το περιεχόμενο του εντερικού σωλήνα (Halver & Hardy, 2002). Παρακάτω περιγράφονται οι μέθοδοι προσδιορισμού της πεπτικότητας.

#### 1. Άμεση μέθοδος προσδιορισμού πεπτικότητας

Κατά την άμεση μέθοδο, προσδιορίζεται η ποσότητα της τροφής, η οποία προσλαμβάνεται από το ψάρι (συνολική ή ενός συστατικού) και η ποσότητα των περιττωμάτων, που αποβάλλονται συνολικά από το ψάρι. Ο λόγος τους δίνει το ποσοστό της πεπτικότητας της τροφής συνολικά ή/και του υπό εξέταση θρεπτικού συστατικού. Ωστόσο, είναι δύσκολο να υπολογιστεί η ποσότητα της τροφής, που καταναλώνεται και η ποσότητα των περιττωμάτων που αποβάλλει το ψάρι, καθώς οι υπολογισμοί αυτοί εμπεριέχουν πάντα ένα ποσοστό λάθους. Ο βασικότερος λόγος είναι η διάλυση (leaching) των περιττωμάτων στο νερό, αλλά και η δυσκολία συλλογής όλων των περιττωμάτων, τα οποία με την πάροδο του χρόνου, με την παροχή του αέρα και την κίνηση των ψαριών, συχνά διασπώνται σε πολύ μικρά κομμάτια. Επίσης, υπάρχουν πολλά αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία δεν είναι δυνατόν να συλλεχθούν με σιφονισμό. Ακριβώς επειδή το σφάλμα μπορεί να οφείλεται είτε στη διαλυτότητα, είτε στην επαναπορρόφηση ή ακόμα στην ελλιπή συλλογή περιττωμάτων, ενδείκνυται η αυτόματη συλλογή περιττωμάτων σε αυτού του είδους τα πειράματα (De Silva & Anderson, 1995).

## 2. Έμμεση μέθοδος προσδιορισμού πεπτικότητας

Ο έμμεσος προσδιορισμός της πεπτικότητας, προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση κάποιου δείκτη μέσα στο σιτηρέσιο. Ο δείκτης είναι ένα υλικό το οποίο θεωρητικά είναι άπεπτο και το οποίο προστίθεται στο σιτηρέσιο σε πολύ μικρές ποσότητες ή μπορεί να είναι και ένα άπεπτο υλικό του ίδιου του σιτηρεσίου. Οι δείκτες αυτοί είναι γνωστοί ως εξωτερικοί και εσωτερικοί δείκτες αντίστοιχα. Ο δείκτης θα βρίσκεται στα περιττώματα σε ανάλογη ποσότητα με τα θρεπτικά που έχουν πεφθεί, ενώ ανάλογες ποσότητες δίνουν ένα συγκρίσιμο μέγεθος της πεπτικότητας του σιτηρεσίου και / ή κάποιου θρεπτικού συστατικού (De Silva & Anderson, 1995).

Η έμμεση μέθοδος βασίζεται στην υπόθεση ότι το ποσοστό ενός δείκτη, που αποβάλλεται μαζί με τα περιττώματα είναι το ίδιο μεταξύ ίσων χρονικών διαστημάτων. Οι δείκτες πρέπει να έχουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να είναι άπεπτοι, να μην επηρεάζουν κατά κανένα τρόπο τη φυσιολογία της πέψης των υπό εξέταση ψαριών, να μετακινούνται στον πεπτικό σωλήνα με την ίδια ταχύτητα που μετακινείται η τροφή και να μην είναι τοξικοί. Η χρησιμοποίηση εσωτερικών άπεπτων υλών ή η προσθήκη εξωτερικών άπεπτων δεικτών δίνει το πλεονέκτημα της μερικής συλλογής περιττωμάτων (αντιπροσωπευτική κάθε φορά ποσότητα). Ο εξωτερικός δείκτης που κατά κόρον χρησιμοποιείται στα πειράματα πεπτικότητας με υδρόβια ζώα είναι το  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (Vandenberg & De La Noüe, 2001). Το οξείδιο του τρισθενούς χρωμίου,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (που για λόγους συντομίας θα αναφέρεται ως οξείδιο του χρωμίου) χρησιμοποιήθηκε και στα πειράματα της παρούσας εργασίας.

### **1.5 Τρόποι συλλογής περιττωμάτων**

Τις μελέτες πεπτικότητας έχει απασχολήσει πολλές φορές ο τρόπος συλλογής περιττωμάτων και έχουν διεξαχθεί πολλά συγκριτικά πειράματα, για να βρεθεί η καταλληλότερη και πιο αξιόπιστη μέθοδος συλλογής (Windell *et al*, 1978: Smith *et al.*, 1979: Austreng, 1978: Cho & Slinger, 1979). Όπως προαναφέρθηκε, η συλλογή των περιττωμάτων από το υδάτινο περιβάλλον είναι μία πολύπλοκη διαδικασία. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μαζί με τα περιττώματα να συλλεχθούν και άλλα προϊόντα, αιωρούμενα μέσα στο νερό, όπως υπολείμματα τροφών ή ακόμα και γενετικό υλικό, με αποτέλεσμα να αλλοιώνονται τα συμπεράσματά μας για την πεπτικότητα. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο τα πειράματα πεπτικότητας για την τσιπούρα να γίνονται

εκτός περιόδου αναπαραγωγής, η οποία οριοθετείται χρονικά μεταξύ Οκτωβρίου και Δεκεμβρίου.

Πολλές μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα για τη συλλογή των περιπτώσεων των ψαριών, η κάθε μία με τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματά της. Μία μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο άμεσος 'σιφονισμός' των περιπτώσεων μόλις αποβάλλονται. Η διαδικασία αυτή απαιτεί πολύ χρόνο και γι' αυτό έχει εγκαταλειφθεί και έχει αντικατασταθεί από δεξαμενές με κωνικούς πυθμένες (η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα της παρούσας εργασίας), οι οποίοι καταλήγουν σε 'παγίδες' συσσώρευσης περιπτώσεων και περιγράφεται με λεπτομέρεια παρακάτω. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά, ακριβώς επειδή εφαρμόζεται εύκολα και η διάλυση (leaching) των περιπτώσεων είναι πολύ μικρή, καθώς μέσα στην 'παγίδα' έρχονται σε επαφή με πολύ μικρή ποσότητα νερού, ενώ πρακτικά δεν υφίσταται ανακίνηση του νερού.

Μία παραλλαγή του παραπάνω συστήματος περιλαμβάνει ένα συνεχώς περιστρεφόμενο σύστημα μεταλλικών 'παγίδων', οι οποίες δέχονται συνεχώς μία ποσότητα νερού και διαχωρίζουν από αυτό τα περιπτώματα, που περιέχει. Στη συνέχεια ρίχνουν τα περιπτώματα σε δοχεία που είναι κατάλληλα τοποθετημένα και ψύχονται μέχρι να συλλεχθούν για ανάλυση (Choubert *et al.*, 1979). Το νερό ρέει από το χαμηλότερο άκρο του κωνικού πυθμένα από ένα σωλήνα, που υψώνεται μέχρι τη σταθερή στάθμη του νερού και φιλτράρεται από τις παγίδες πριν περάσει στην απορροή. Αυτό το σύστημα ονομάζεται "αυτόματο σύστημα συλλογής" ή "σύστημα συλλογής Choubert".

Μία ακόμη μέθοδος συλλογής περιπτώσεων αποτελεί και η τεχνική της πίεσης της κοιλιάς του ψαριού μετά από νάρκωση, για την εκκένωση του εντέρου από την έδρα (Austreng, 1978). Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι επειδή το ψάρι πιέζεται στη θωρακική και την κοιλιακή περιοχή με φορά προς την έδρα, τα περιπτώματα μπορεί να είναι αναμεμιγμένα με βλέννα, ουρία ή αναπαραγωγικό υλικό. Επίσης, υπάρχει η πιθανότητα να μην έχουν προλάβει να πεφθούν κάποια συστατικά και συνεπώς μειώνεται η πεπτικότητα του σιτηρεσίου. Επομένως, τα δείγματα αυτά πρέπει να λαμβάνονται από το τμήμα εκείνο του εντέρου που βρίσκεται πλησιέστερα στην έδρα (Windell *et al.*, 1978). Παραλλαγή της μεθόδου αυτής αποτελεί η αναρρόφηση των περιπτώσεων με σύριγγα, αλλά και σε αυτή την περίπτωση δε βελτιώνουμε σε τίποτα την παραπάνω τεχνική. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται πολλές φορές και με θανάτωση των ψαριών, ωστόσο και η αναισθητοποίηση προκαλεί μεγάλη δοκιμασία (stress) στα ψάρια και αποτελεί μία ιδιαίτερα επίπονη διαδικασία.

## 1.6 Μεταβολισμός υδατανθράκων

Οι υδατάνθρακες απορροφώνται από τα τοιχώματα του πεπτικού σωλήνα και εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος με τη μορφή των μονοσακχαριτών (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη κλπ.). Στα σπονδυλωτά οι απορροφούμενες ουσίες μεταφέρονται στο ήπαρ όπου και γίνονται όλες οι εναρκτήριες διεργασίες. Ωστόσο, οι διεργασίες που περιγράφονται εδώ αφορούν όλους τους ιστούς. Από τους μονοσακχαρίτες, η γλυκόζη είναι ο πιο σημαντικός, δρώντας ως η μεγαλύτερη ενεργειακή πηγή στα σπονδυλωτά. Μερικοί ιστοί και όργανα, όπως ο εγκέφαλος χρησιμοποιούν μόνο γλυκόζη για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες και για το λόγο αυτό η σταθεροποίηση του επιπέδου γλυκόζης στο αίμα είναι πολύ σημαντική διεργασία (De Silva & Anderson, 1995).

Τα ψάρια έχουν πιο ασθενή έλεγχο των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα σε σχέση με τα θερμόαιμα ζώα. Στην πραγματικότητα τα ψάρια ανταποκρίνονται στη γλυκόζη, όπως ένα διαβητικό θηλαστικό. Ακολουθώντας την πρόσληψη γλυκόζης, το επίπεδο της γλυκόζης στο αίμα ανεβαίνει ταχύτατα στα ψάρια, αλλά περνάνε αρκετές ώρες για να πέσει (Lovell, 1989).

Οι υδατάνθρακες που απορροφούνται, με τη μορφή της γλυκόζης, μπορούν να διαδραματίσουν τρεις σημαντικούς ρόλους:

- α) να χρησιμοποιηθούν ως άμεση πηγή ενέργειας,
- β) να αποθηκευτούν ως γλυκογόνο (αποθήκη ενέργειας) και
- γ) να αποτελέσουν τη βάση για τη σύνθεση ουσιών, όπως τα τριγλυκερίδια, τα μη απαραίτητα αμινοξέα κ.ά. (Lovell, 1989).

Κατά τους De Silva και Anderson, (1995) υπάρχουν τέσσερα μονοπάτια για να γίνουν όλες αυτές οι διαδικασίες:

- α) η γλυκόλυση (διάσπαση της γλυκόζης με απελευθέρωση ενέργειας),
- β) η γλυκονεογένεση (σύνθεση γλυκόζης από άλλα μόρια),
- γ) η σύνθεση γλυκογόνου (αποθήκευση της περίσσειας γλυκόζης με τη μορφή του γλυκογόνου) και
- δ) η γλυκογονόλυση (η διάσπαση του γλυκογόνου για την παροχή ελεύθερης γλυκόζης).

## 1.7 Πέψη των υδατανθράκων

Ως πέψη μπορεί να χαρακτηριστεί η προετοιμασία της τροφής από το ζώο για να απορροφηθεί. Μπορεί να περιλαμβάνει τη μηχανική σύνθλιψη ή τεμαχισμό της τροφής (με τη βοήθεια των στοματικών και των φαρυγγικών δοντιών), τη διάλυση των οργανικών ουσιών με τη δράση των ενζύμων, την επίδραση του pH επί των ανόργανων συστατικών της

τροφής και τη γαλακτοματοποίηση των λιπιδίων. Η απορρόφηση περιλαμβάνει όλες εκείνες τις διαδικασίες, που επιτρέπουν στα ιόντα και στα μόρια να περάσουν διαμέσου των μεμβρανών του εντερικού σωλήνα στο αίμα ή στη λέμφο για να μεταβολιστούν από το ζώο (Lovell, 1989).

Σημαντικές διαφορές στην πεπτικότητα των υδατανθράκων μεταξύ των διαφόρων ειδών ψαριών είναι αναμενόμενες, καθώς υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην ανατομία του πεπτικού σωλήνα, αλλά και στις διατροφικές προτιμήσεις και συνήθειες (Steffens, 1989).

Ένας μεγάλος αριθμός πεπτικών ενζύμων των υδατανθράκων (υδρόλυση υδατανθράκων), κάθε ένα με ιδιαίτερα εξειδικευμένη λειτουργία, βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα του ψαριού. Τα ένζυμα αυτά, όπως και οι λιπάσες, έχουν βρεθεί στο παγκρεατικό υγρό, στο στομάχι, στο έντερο και στη χολή, αλλά όχι απαραίτητα σε όλα αυτά τα όργανα και σε όλα τα είδη των ψαριών. Ωστόσο, στα περισσότερα είδη, το πάγκρεας είναι ο κύριος παραγωγός ενζύμων που προκαλούν υδρόλυση υδατανθράκων (De Silva & Anderson, 1995).

Οι αμυλάσες και τα άλλα ένζυμα που διασπούν τους υδατάνθρακες έχουν εύρος ανοχής στη θερμοκρασία από 20° – 40° C, ενώ έχουν άριστη δράση σε pH 6 –8. Η πέψη των υδατανθράκων φαίνεται πως επηρεάζεται από το όξινο περιβάλλον του στομάχου, αλλά σημαντικότερη είναι η υδρόλυση των υδατανθράκων από πεπτικά ένζυμα (Herper, 1990).

Οι Hidalgo et al. (1999) μελέτησαν τα πεπτικά ένζυμα έξι διαφορετικών ειδών ιχθύων, μεταξύ αυτών και της τσιπούρας και διαπίστωσαν ότι τα παμφάγα ψάρια παρουσίασαν υψηλότερη αμυλολυτική δραστηριότητα σε σχέση με τα σαρκοφάγα, αλλά και ο λόγος της συνολικής αμυλολυτικής δραστηριότητας προς τη συνολική πρωτεολυτική δραστηριότητα ήταν υψηλότερος στα παμφάγα ψάρια. Από τα σαρκοφάγα ψάρια η τσιπούρα έδειξε υψηλότερη αμυλολυτική δραστηριότητα (στο ήπαρ και στον πεπτικό σωλήνα) σε σχέση με το χέλι και την πέστροφα.

Αν δεχτούμε ότι οι ποσότητες των πεπτικών ενζύμων είναι αντίστοιχες της ικανότητάς τους να επιδρούν πάνω στα θρεπτικά συστατικά, τότε και η αύξηση του λόγου της αμύλασης προς τις πρωτεάσες θα συνεπάγεται και καλύτερη πεπτικότητα των υδατανθράκων σε σχέση με τις πρωτεΐνες. Ωστόσο, αυτό δεν θα μπορούσε να σημαίνει ότι η πεπτικότητα των υδατανθράκων σε αυτά τα είδη (με υψηλή τιμή του παραπάνω λόγου) είναι υψηλότερη από την πεπτικότητα των υδατανθράκων.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η δραστηριότητα κάποιων ενζύμων, που υδρολύουν τους υδατάνθρακες, έδειξε να αυξάνεται με την αύξηση της πρόσληψης αμύλου σε νεαρά λαβράκια (Dias et al., 1998b).



Η δράση των ενζύμων αυτών ανταποκρίνεται στο επίπεδο των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο. Η δράση της αμυλάσης, για παράδειγμα, στην πέστροφα αυξάνει κατά την κατανάλωση τροφής, με την αύξηση της θερμοκρασίας ή της αλατότητας του νερού ή ακόμα με την κατανάλωση σιτηρεσίου πλούσιου σε πρωτεΐνη. Αντίθετα, ο κυπρίνος ανταποκρίνεται διαφορετικά από την πέστροφα στα διάφορα επίπεδα αμύλου στο σιτηρέσιο. Γενικά, η δραστηριότητα της αμυλάσης διαφέρει από είδος σε είδος και φαίνεται να έχει σχέση με τις διατροφικές τους συνήθειες (De Silva & Anderson, 1995).

Γενικά, τόσο η δράση των ενζύμων που υδρολύουν τους υδατάνθρακες, όσο και οι πρωτεάσες σχετίζονται με τις διατροφικές συνήθειες των ψαριών. Τα σαρκοφάγα είδη ψαριών έχουν μεγαλύτερα επίπεδα ενζύμων για την πέψη των πρωτεϊνών, ενώ τα φυτοφάγα έχουν χαμηλότερα. Ωστόσο, το μέγεθος της διαφοράς στη δράση των πρωτεολυτικών ενζύμων μεταξύ των διαφόρων ειδών, είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με τη δράση της αμυλάσης (Hepher, 1990; De Silva & Anderson, 1995).

Έχει ειπωθεί πολλές φορές η άποψη ότι τα σολομοειδή και γενικότερα τα σαρκοφάγα ψάρια δεν έχουν την ικανότητα να πέπτουν τους υδατάνθρακες, διότι λείπουν από τη φυσική τους διατροφή. Έχει ωστόσο, αποδειχθεί ότι τόσο η πέστροφα, όσο και ο σολομός είναι ικανά να πέπτουν τους υδατάνθρακες αν και σε μικρότερο βαθμό από ότι τις πρωτεΐνες (Steffens, 1989). Τα δύο αυτά είδη είναι σαρκοφάγα, όπως και η τσιπούρα, η οποία είναι πιθανόν να έχει την ίδια ικανότητα πέψης των υδατανθράκων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην πεπτικότητα του αμύλου. Έχει αποδειχθεί ότι το επεξεργασμένο με θερμότητα άμυλο πέπτεται καλύτερα από το ακατέργαστο (Steffens, 1989)

#### Μικροβιακή πέψη και κυτταρίνη

Η μικροβιακή πέψη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην πέψη της κυτταρίνης και τη σύνθεση πρωτεϊνών σε μερικά ζώα, η οποία γίνεται με τη βοήθεια των βακτηρίων τα οποία ενδημούν στον εντερικό σωλήνα. Τα ψάρια, ωστόσο, δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς πάνω στο θέμα αυτό. Οι Stickney και Shumway (1974) μελέτησαν 62 είδη, από 35 οικογένειες και τα 17 είδη από αυτά έδειξαν να έχουν κάποια πεπτική δραστηριότητα ως προς την κυτταρίνη. Η ύπαρξη ενζύμων, ωστόσο, δεν είχε σχέση με τη μορφολογία του εντέρου ή τις διατροφικές συνήθειες. Όλες οι ενδείξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η όποια πεπτική δραστηριότητα σε σχέση με την κυτταρίνη έχει να κάνει με την εντερική χλωρίδα.

Οι ινώδεις ουσίες (crude fiber) δεν περιλαμβάνουν μόνο τις κυτταρίνες, αλλά και τις ημικυτταρίνες και τη λιγνίνη (Καραλάζος κ.ά.,

1999). Μεγάλες ποσότητες φυτικών προϊόντων στο σιτηρέσιο, συνήθως έχει ως συνέπεια την παρουσία υψηλών επιπέδων ινωδών ουσιών (Steffens, 1989).

Οι φυτικές ίνες προσδίδουν στην τροφή όγκο και χρησιμοποιούνται πολλές φορές σε πειραματικά σιτηρέσια ως υλικό 'αραίωσης'. Επίσης, οι ινώδεις ουσίες βελτιώνουν τη συνεκτικότητα των σύμπληκτων (Nutrient Requirements of Fish, 1993).

Η απορρόφηση των θρεπτικών εξαρτάται από το χρόνο επαφής τους με το επιθήλιο του εντέρου. Είναι αναμενόμενο ότι οι ινώδεις ουσίες, επειδή ακριβώς επηρεάζουν την ταχύτητα διέλευσης των θρεπτικών από τον πεπτικό σωλήνα, θα επηρεάζουν και την απορρόφησή τους. Υπάρχουν δύο ειδών ινώδεις ουσίες, οι διαλυτές στο νερό, οι οποίες προκαλούν επιβράδυνση της διέλευσης της τροφής από τον πεπτικό σωλήνα και οι αδιάλυτες στο νερό, όπως είναι η κυτταρίνη που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη, οι οποίες προκαλούν επιτάχυνση της διέλευσης της τροφής με αποτέλεσμα την ταχύτερη εκκένωση του πεπτικού σωλήνα.

### **1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν την πεπτικότητα και το μεταβολισμό**

Από μελέτες, που έχουν γίνει ως τώρα σε διάφορα είδη ψαριών, φαίνεται πως η πεπτικότητα επηρεάζεται από την ποσότητα της χορηγούμενης τροφής, από τη συχνότητα των γευμάτων, από το σωματικό μέγεθος, την ηλικία του ψαριού και την ιχθυοπυκνότητα. Ακόμα, η πεπτικότητα επηρεάζεται από την περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες και ινώδεις ουσίες, αλλά και από τις μορφές, με τις οποίες βρίσκονται οι ουσίες αυτές στην τροφή. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και η μορφή του σιτηρεσίου και ο τρόπος που έχει επεξεργαστεί, αλλά και ο λόγος πρωτεΐνη / ενέργεια. Τέλος, είναι σημαντική η επίδραση κάποιων αβιοτικών παραγόντων, όπως η θερμοκρασία και ίσως και η αλατότητα (De Silva & Anderson, 1995).

Η μεταβολική δραστηριότητα, η οποία είναι καθοριστική για τις τιμές της πεπτικότητας των ιχθύων, καθορίζεται από διάφορους βιολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ο μεταβολισμός εξαρτάται από το μέγεθος του οργανισμού και πιο συγκεκριμένα από τον όγκο του και από τη μυϊκή του μάζα. Ο μεταβολικός ρυθμός μειώνεται σημαντικά με την αύξηση του σωματικού όγκου και μειώνεται περίπου αναλογικά με την αύξηση της σωματικής επιφάνειας του ψαριού. Επίσης, η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικά το μεταβολισμό των ποικιλόθερμων οργανισμών, παρότι η αντίδραση αυτή μπορεί να διαφέρει πολύ από είδος σε είδος. Ακόμα η κινητικότητα και οι

δραστηριότητες κάθε οργανισμού μπορεί να επηρεάζουν σημαντικά το ρυθμό μεταβολισμού. Ο βασικός μεταβολισμός συνήθως αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (μέσα στα ανεκτά όρια), δεδομένου ότι υπάρχει και ο κατάλληλος χρόνος εγκλιματισμού στις νέες συνθήκες (Steffens, 1989). Αναφορές για την επίδραση της θερμοκρασίας στο μεταβολισμό των ψαριών υπάρχουν για την πέστροφα (Kaushik, 1981) και για την τσιπούρα (Nengas *et al*, 1995).

Για τα ψάρια, που βρίσκονται σε κατάσταση κίνησης η μεταβολική ισχύς (μετρημένη σε σχέση με την κατανάλωση οξυγόνου) αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό και αντίστροφα, μειώνεται με τη μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε οξυγόνο. Υπάρχει, ωστόσο, μια ανώτερη τιμή της συγκέντρωσης οξυγόνου για κάθε είδος, που εξαρτάται από τα επίπεδα της θερμοκρασίας και της κινητικότητας, η οποία είναι γνωστή ως "κρίσιμη συγκέντρωση", πάνω από την οποία δε μεταβάλλεται ο ρυθμός αναπνοής των ιχθύων (Steffens, 1989).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ



## Γενικά

Τα πειράματα της παρούσας εργασίας έλαβαν χώρα στις εγκαταστάσεις του ΕΚΘΕ (Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών) κατά την περίοδο 22/7 – 6/9/ 2002. Χρησιμοποιήθηκαν εξωτερικές ειδικές κυλινδροκωνικές δεξαμενές, ενώ η παροχή του θαλασσινού νερού γινόταν με σύστημα ανοικτού κυκλώματος. Το πείραμα έγινε με σκοπό τη διερεύνηση της πεπτικότητας της τσιπούρας τριών διαφορετικών σιτηρεσίων, που περιείχαν διαφορετικές πηγές υδατανθράκων. Κατά την πρώτη περίοδο του πειράματος τα ψάρια ταΐζονταν έως κορεσμού και πιο συγκεκριμένα το σιτηρέσιο Α χορηγούνταν σε ποσοστό 1,25%, το σιτηρέσιο Β 1,75% και το σιτηρέσιο Γ 2% του μέσου σωματικού βάρους των ψαριών. Κατά τη δεύτερη περίοδο της περιορισμένης διατροφής όλα τα σιτηρέσια χορηγούνταν σε ποσοστό 1% επί του μέσου σωματικού βάρους. Το πείραμα έγινε εις διπλούν (Σχ. 1 και 2).

### Επανάληψη 1 – Εξωτερικές δεξαμενές, ad libitum διατροφή.



### Επανάληψη 2, ad libitum διατροφή.



**Σχήμα 1.** Τρόπος διεξαγωγής του πειράματος (οι δεξαμενές, οι δίαιτες και το ποσοστό διατροφής επί του σωματικού βάρους).

Επανάληψη 1 – Εξωτερικές δεξαμενές, περιορισμένη διατροφή (1%).



Επανάληψη 2, περιορισμένη διατροφή (1%).



**Σχήμα 2.** Τρόπος διεξαγωγής του πειράματος (οι δεξαμενές, οι δίαιτες και το ποσοστό διατροφής επί του σωματικού βάρους).

## 2.1 Έμβιο υλικό (ψάρια)

Οι τσιπούρες , που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα, χορηγήθηκαν από το ΕΚΘΕ και είχαν βάρος περίπου  $181 \pm 12g$  (αναλυτικά στο παράρτημα). Τα ψάρια τρέφονταν με ιχθυοτροφές του εμπορίου πριν να τους χορηγηθεί η πειραματική διαίτα και βρισκόταν κάτω από τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και ποιότητας νερού.

## 2.2 Εξοπλισμός

Τα πειράματα έλαβαν χώρα σε ειδικά σχεδιασμένες και τοποθετημένες, για την περίπτωση, δεξαμενές στους χώρους του ΕΚΘΕ. Το σύστημά μας περιελάμβανε έξι κυλινδροκωνικές δεξαμενές από υαλορρητίνη (fiberglass) όγκου 100 ℓ. Οι δεξαμενές σκεπάζονταν από πάνω με δίκτυα, έτσι ώστε να μη παρεμποδίζεται η πρόσπτωση του φωτός και ταυτόχρονα να αποφεύγεται ο κίνδυνος να πηδήξουν κάποια ψάρια έξω από τις δεξαμενές.

Δεξαμενές (Εικ. 2). Στο άκρο του κωνικού πυθμένα ήταν συνδεδεμένο ένα σύστημα (παγίδα συλλογής) από plexiglass (Εικ. 3), που μπορούσε να απομονωθεί με μια στρόφιγγα από τον υπόλοιπο όγκο της δεξαμενής. Στο άκρο του συστήματος αυτού τοποθετήθηκε με έναν σφιγκτήρα ένας σωλήνας από σιλικόνη, μήκους 10 cm. Τέλος ένας ακόμη σφιγκτήρας ήταν τοποθετημένος στο άκρο του σωλήνα σιλικόνης, ώστε να παρεμποδίζεται η ροή του νερού. Με ένα ειδικό ψαλίδι απομονωνόταν μέσα στο σωλήνα σιλικόνης τα περιττώματα που είχαν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ώστε να συλλεχθούν εύκολα και χωρίς απώλειες το επόμενο πρωί.



**Εικόνα 2.** Οι δεξαμενές που χρησιμοποιήθηκαν για τον πειραματισμό και οι οποίες βρίσκονται στους εξωτερικούς χώρους του Ε.Κ.Θ.Ε.



**Εικόνα 3.** Σύστημα συλλογής περιττωμάτων με παγίδες.

Σε κάθε δεξαμενή υπήρχε παροχή συμπιεσμένου αέρα από τις 8:00 έως 16:00 και από τις 16:00 έως τις 8:00 υπήρχε παροχή καθαρού οξυγόνου. Το νερό στις δεξαμενές προερχόταν από το πλησιέστερο προς την ακτή μέρος της θαλάσσιας περιοχής του Αγίου Κοσμά (Σαρωνικός κόλπος). Επομένως, η θερμοκρασία, η αλατότητα και όλα τα άλλα αβιοτικά χαρακτηριστικά του νερού ήταν όμοια για όλες τις δεξαμενές, αλλά και με αυτές του παράκτιου φυσικού περιβάλλοντος κατά την ίδια χρονική περίοδο. Το νερό πριν τη χρήση του περνούσε από μηχανικό φίλτρο άμμου με ικανότητα συγκράτησης των αιρούμενων σωματιδίων έως 30  $\mu\text{m}$ .

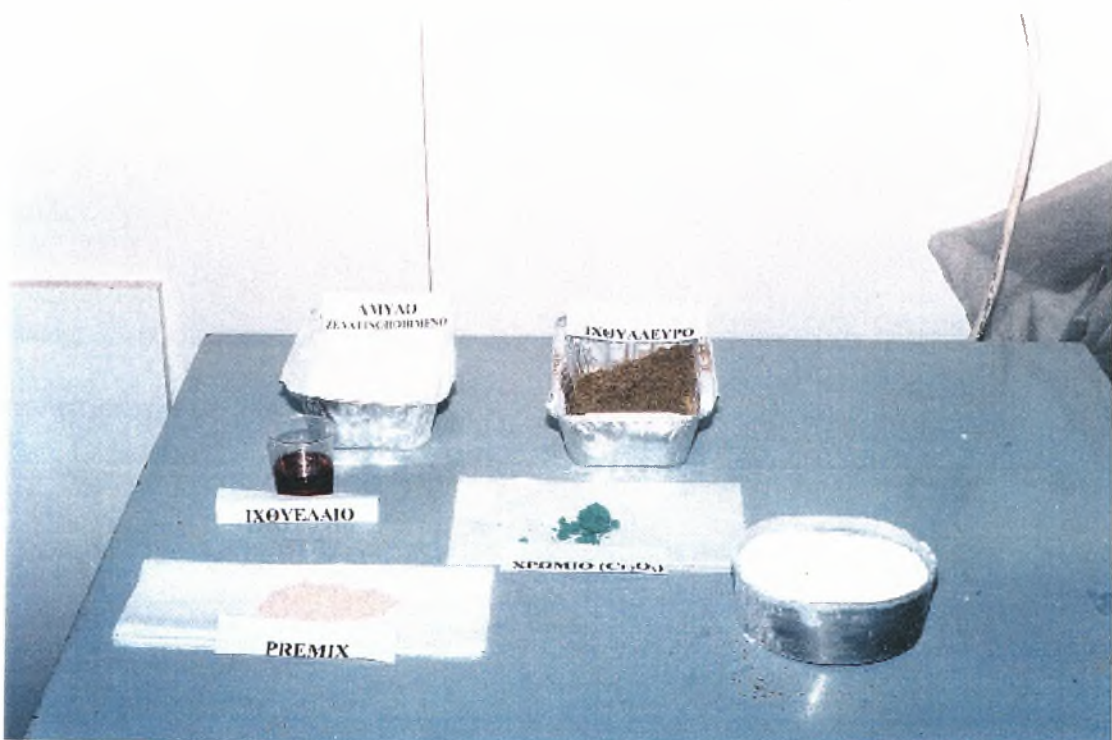
### **2.3 Προετοιμασία των τροφών**

Τα βασικότερα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των σιτηρεσιών ήταν ιχθυάλευρο, ιχθυέλαιο, άμυλο καλαμποκιού σε μη επεξεργασμένη μορφή (raw starch) και άμυλο καλαμποκιού θερμικά επεξεργασμένο (gelatinized starch) ως πηγή υδατανθράκων, κυτταρίνη, καθώς επίσης και πρόμιγμα ικνοστοιχείων και βιταμινών. Προστέθηκε, επίσης, οξείδιο του τρισθενούς χρωμίου

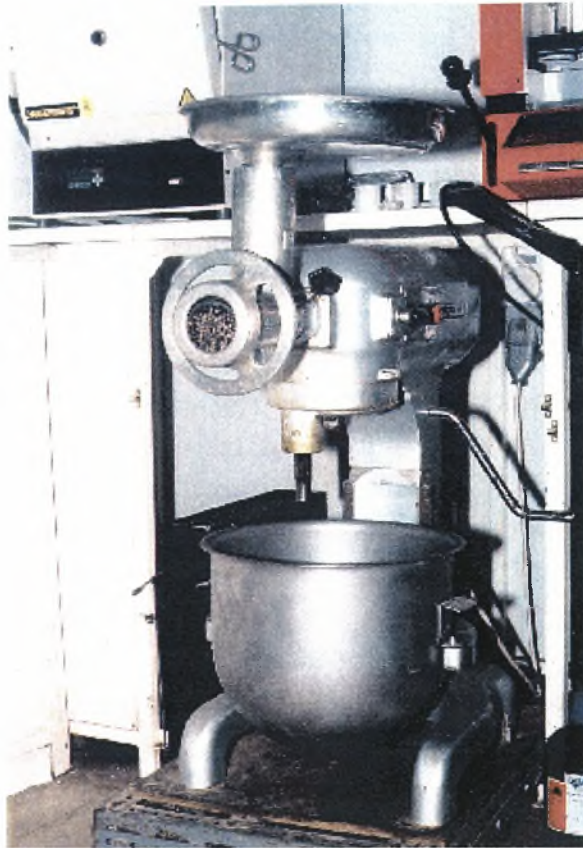


(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) σε ποσοστό 1% επί της τροφής (Εικ. 4). Παρακάτω παρατίθεται η σύσταση των πρώτων υλών, που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των τροφών, καθώς επίσης και η σύνθεση των τριών πειραματικών

σιτηρεσιών Α, Β και Γ. Τα υλικά των σιτηρεσιών αναμείχθηκαν για 30 min σε αναδευτήρα χωρητικότητας 10 ℓ με προσθήκη της κατάλληλης ποσότητας νερού, πελετοποιήθηκαν σε διάμετρο 4 mm (Εικ. 5) και ξηράθηκαν σε φούρνο (<40°C) για 15 h. Τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των σιτηρεσιών φαίνονται στον Πίνακα 1.



**Εικόνα 4.** Οι πρώτες ύλες, που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των σιτηρεσιών.



**Εικόνα 5.** Η συσκευή ανάμιξης των πρώτων υλών και της παρασκευής των pellet.

**Πίνακας 1.** Η σύσταση των πρώτων υλών (%) που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των σιτηρεσίων.

<u>Πρώτες ύλες</u>	<u>Υγρασία</u>	<u>Πρωτεΐνη</u>	<u>Υδατ/κες</u>	<u>Λίπος</u>	<u>Τέφρα</u>	<u>Ι.Ο.</u>
Ιχθυάλευρο	7,31	68,53	0	9,65	14,01	0,5
Άλευρο*	12	11,7	73,3	1,2	0,5	1,3
Ιχθυέλαιο	-	-	-	100	-	-
Πρόμιγμα**	2	33	30	0	35	0
Ι.Ο.***	-	-	-	-	-	100

\*Άλευρο καλαμποκιού

\*\*Μίγμα με απαραίτητα ιχνοστοιχεία και βιταμίνες

\*\*\*Ι.Ο. : Ινώδεις ουσίες

Τα τρία σιτηρέσια που παρασκευάστηκαν περιείχαν τα ίδια ποσοστά ιχθυαλεύρου (54%), ιχθυελαίου (5%), πρόμιγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων (1,5%), ενώ διέφεραν στην περιεκτικότητά τους σε ζελατινοποιημένο άμυλο (gel), μη επεξεργασμένο άμυλο (raw) και σε κυτταρίνη. Το σιτηρέσιο Α περιείχε 38,5% ζελατινοποιημένο άμυλο και καθόλου ακατέργαστο άμυλο και κυτταρίνη (ή ινώδεις ουσίες), όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Το σιτηρέσιο Β περιείχε 28,5% ακατέργαστο άμυλο, 10% ζελατινοποιημένο και καθόλου κυτταρίνη (Πίν. 3) και το σιτηρέσιο Γ περιείχε 18,5% ακατέργαστο άμυλο και 10% κυτταρίνη, περιείχε και 10% ζελατινοποιημένο άμυλο (Πίν. 4). Χωρίς το ζελατινοποιημένο άμυλο το σιτηρέσιο Γ δεν είχε καθόλου καλή συνοχή και διαλύονταν με την πύωση του στο νερό, γι' αυτό το λόγο αντικαταστάθηκε το ακατέργαστο άμυλο κατά 10% από ζελατινοποιημένο ως συγκολλητική ουσία (binder). Στον Πίνακα 5 φαίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της βασικής σύστασης των τριών σιτηρεσιών.

**Πίνακας 2.** Σύσταση της διαίτας Α

<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>%</b>	<b>Υγρασία</b>	<b>Πρωτεΐνη</b>	<b>Υδ/κες</b>	<b>Λίπος</b>	<b>Τέφρα</b>	<b>I.O.*</b>	<b>Σύνολο</b>
Ιχθυάλευρο	54	3,95	37	0	5,21	7,56	0,3	54
Άμυλο(raw)	-	-	-	-	-	-	-	-
Άμυλο(gel)	38,5	3,64		34,83	0	0,03	0	38,5
Ιχθυέλαιο	5	0	0	0	5	0	0	5
Πρόμιγμα	1,5	0,03	0,495	0,45	0	0,525	0	1,5
Κυτταρίνη	-	-	-	-	-	-	-	-
Χρόμιο	1					1		1
Σύνολο	100	7,62	37,5	35,28	10,21	9,12	0,3	100
Ενέργεια (Kj)			885	606,8	175,6			1895,1

\*I.O. : Ινώδεις Ουσίες (κυτταρίνη)

**Πίνακας 3.** Σύσταση της διαίτας Β

<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>%</b>	<b>Υγρασία</b>	<b>Πρωτεΐνη</b>	<b>Υδ/κες</b>	<b>Λίπος</b>	<b>Τέφρα</b>	<b>Ι.Ο.</b>	<b>Σύνολο</b>
Ιχθυάλευρο	54	3,95	37	0	5,21	7,56	0,3	54
Άμυλο(raw)	28,5	2,69	0	25,78	0	0,022	0	28,5
Άμυλο(gel)	10	0,95		9,05	0	0,008	0	10
Ιχθυέλαιο	5	0	0	0	5	0	0	5
Πρόμιγμα	1,5	0,03	0,495	0,45	0	0,525	0	1,5
Κυτταρίνη	-	-	-	-	-	-	-	-
Χρώμιο	1					1		1
Σύνολο	100	7,62	37,5	35,28	10,21	9,12	0,3	100
Ενέργεια (Kj)			885	606,8	403,3			1895,1

**Πίνακας 4.** Σύσταση της διαίτας Γ

<b>Σιτηρέσιο Γ</b>	<b>%</b>	<b>Υγρασία</b>	<b>Πρωτεΐνη</b>	<b>Υδ/κες</b>	<b>Λίπος</b>	<b>Τέφρα</b>	<b>Ι.Ο.</b>	<b>Σύνολο</b>
Ιχθυάλευρο	54	3,95	37	0	5,21	7,56	0,3	54
Άμυλο(raw)	18,5	1,89	0	18,1	0	0,015	0	18,5
Άμυλο(gel)	10	1,75	0	9,05	0	0,015	0	10
Ιχθυέλαιο	5	0	0	0	5	0	0	5
Πρόμιγμα	1,5	0,03	0,495	0,45	0	0,525	0	1,5
Κυτταρίνη	10	-	-	-	-	-	10	10
Χρώμιο	1					1		1
Σύνολο	100	7,62	37,5	27,6	10,21	9,12	10,3	100
Ενέργεια (Kj)			885	474,7	403,3			1763

**Πίνακας 5.** Τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση των τριών σιτηρεσιών εκφρασμένα σε g / 100 g τροφής.

<b>Συστατικά</b>	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
Ιχθυάλευρο	54	54	54
Άμυλο(raw)	0	28,5	18,5
Άμυλο(gel)	38,5	10	10
Ιχθυέλαιο	5	5	5
Πρόμιγμα	1,5	1,5	1,5
Κυτταρίνη	0	0	10
Χρώμιο	1	1	1
Ενέργεια*	2454,2	2454,2	2150,8

\*Σε kj/100gr σιτηρεσιού

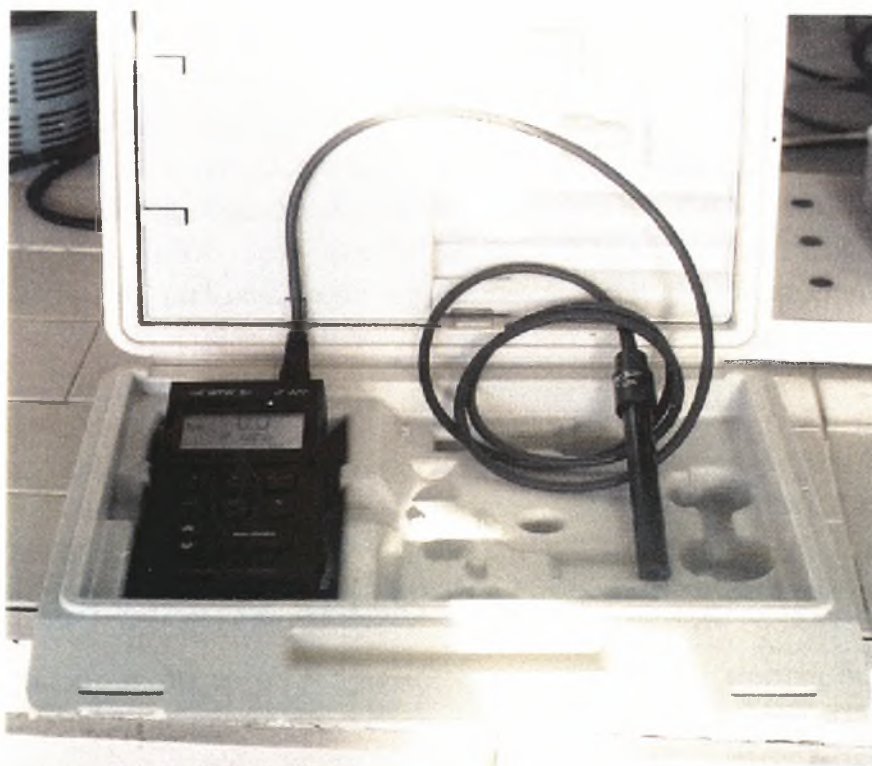
## 2.4 Πειραματικός σχεδιασμός

Για την πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 6 δεξαμενές, οι οποίες ανά δύο μεταχειρίζονταν κατά τον ίδιο τρόπο. Σε αυτές ισοκατανεμήθηκαν συνολικά 48 τσιπούρες μέσου βάρους  $181,6 \pm 12$  g (8 σε κάθε δεξαμενή). Κάθε δεξαμενή εφοδιάζονταν με θαλασσινό νερό, αλατότητας 36‰, μέσης ροής περίπου  $4 \text{ l. min}^{-1}$ , μέσης θερμοκρασίας  $26,5 \pm 1^\circ\text{C}$  και με συνεχή παροχή αέρα από τις 8:00 έως 16:00 και παροχή οξυγόνου από 16:00 έως 8:00. Οι μέσες τιμές του οξυγόνου ήταν  $5,35 \pm 0,7 \text{ mg/l}$  (παράρτημα). Οι μετρήσεις του οξυγόνου και της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκαν με το *Oxi 320 Oximeter (WTW)* μεταξύ των ωρών 11:00 και 12:00 σε όλες τις δεξαμενές, κατά τις περισσότερες ημέρες των πειραμάτων (Εικ. 6). Τα ψάρια ταΐζονταν δύο φορές ημερησίως, 8:30 και 13:00.

Οι τσιπούρες εγκλιματίστηκαν για 10 ημέρες και στη συνέχεια ταΐζονταν έως κορεσμού από 30/7 – 19/8/2003 (21 ημέρες), ενώ από 24/8 – 6/9/2003 (14 ημέρες) εφαρμόστηκε περιορισμένη διατροφή σε ποσοστό 1% του σωματικού τους βάρους. Κατά την πρώτη μεταχείριση τα ψάρια ταΐζονταν έως κορεσμού τόσο στις 8:30 όσο και στις 13:00,

περίπου με ισοκατανομή των ποσοτήτων. Αντίθετα, κατά τη δεύτερη μεταχείριση η μεγαλύτερη ποσότητα της τροφής καταναλώνονταν στο πρωινό τάισμα, με αποτέλεσμα να μένει μια μικρή ποσότητα για το δεύτερο τάισμα.

Κατά το χρονικό διάστημα, που μεσολάβησε μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (20/8 – 23/8) τα ψάρια προσαρμόζονταν στην περιορισμένη διατροφή, γι' αυτό και δε λάβαμε υπόψη τις μετρήσεις αυτού του συγκεντρωτικού δείγματος – pool (στο παράρτημα pool 5 ή P5 για τις δεξαμενές 1-3 και το P4 για τις δεξαμενές 4-6). Μετά τη λήξη της περιόδου προσαρμογής ξεκίνησε η συλλογή περιττωμάτων στις 6 δεξαμενές, όπως περιγράφεται παρακάτω.



**Εικόνα 6.** Το *Oxi 320 Oximeter (WTW)*, που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις του οξυγόνου και της θερμοκρασίας

## 2.5 Τρόπος συλλογής περιττωμάτων και επεξεργασία

Για τη συλλογή των περιττωμάτων στις έξι δεξαμενές χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα καταβύθισης των περιττωμάτων, που είναι τροποποίηση του συστήματος Guelph (Cho *et. al.*, 1982), που κατέληγε σε ένα σωλήνα σιλικόνης μήκους περίπου 10 cm, όπου τα περιττώματα κατακάθονταν (Εικ. 2 και 3). Μετά το πέρας 30 min από το τελευταίο τάισμα της ημέρας, η μονάδα καταβύθισης καθαριζόταν, ανοίγοντας τον ειδικό σφιγκτήρα και αφήνοντας να τρέξει ελεύθερα το νερό της δεξαμενής. Με τον τρόπο αυτό παρασύρονταν όλα τα υπολείμματα της τροφής και των περιττωμάτων από τη δεξαμενή και τις σωληνώσεις. Πριν το πρώτο τάισμα της επόμενης ημέρας, τα περιττώματα συλλέγονταν από το σωλήνα καταβύθισης συμπεριλαμβανομένων και των 5 cm της υπερκείμενης υδάτινης στήλης πάνω από τα περιττώματα. Η συλλογή των περιττωμάτων γινόταν καθημερινά, στις 8:30 π.μ. κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στη συνέχεια, έμπαιναν για φυγοκέντριση για 10 min στις 3000 rpm (SORVAL RC 2-B), ώστε να απορριφθεί το πλεονάζον υπερκείμενο νερό και αμέσως μετά αποθηκεύονταν στους -20°C μέχρι να λυοφιλιωθούν (VIRTIS Cardinel). Μετά τη λυοφιλίωση (freeze drying) τα δείγματα των περιττωμάτων ομαδοποιήθηκαν για κάθε δεξαμενή (συγκεντρωτικά δείγματα - pools) και για κάθε διατροφική μεταχείριση, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει επαρκής ποσότητα για την πραγματοποίηση των αναλύσεων. Τα λυοφιλιωμένα περιττώματα αλέστηκαν και περάστηκαν από κόσκινο διαμέτρου 0,5 mm, για να διαχωριστούν από λέπια ή άλλα ξένα σώματα, που μπορεί να υπήρχαν (Εικ. 7).

Θεωρούμε ότι η πρώτη μεταχείριση είναι η έως κορεσμού διατροφή (*ad libitum*) και η δεύτερη η περιορισμένη διατροφή (1% του σωματικού βάρους) και ότι ο κάθε χειρισμός έγινε εις διπλούν (επανάληψη Α και Β) για κάθε ένα από τα τρία σιτηρέσια. Από κάθε επανάληψη πάρθηκαν συνολικά 3 συγκεντρωτικά δείγματα - pools περιττωμάτων (συνένωση 4 ή 5 ημερών ανάλογα με τις ποσότητες, που υπήρχαν κάθε φορά), εκτός από την *ad libitum* μεταχείριση, που στην επανάληψη Α πάρθηκε ένα επιπλέον pool, από τις πρώτες έξι ημέρες του πειράματος, κατά τη διάρκεια των οποίων τα ψάρια της επανάληψης Β προσαρμόζονταν (καθώς η έναρξη της επανάληψης Β έγινε με διαφορά φάσης 6 ημερών σε σχέση με την Α). Για κάθε ένα από αυτά τα συγκεντρωτικά δείγματα - pools, μετρήσαμε την περιεκτικότητα του χρωμίου και τους συντελεστές πεπτικότητας για τις ολικές αζωτούχες ουσίες (πρωτεΐνες), τα ολικά λίπη και τους υδατάνθρακες.



**Εικόνα 7.** Τα συγκεντρωτικά δείγματα – rools των περιττωμάτων μετά από την επεξεργασία, προκειμένου να είναι κατάλληλα για τις αναλύσεις.





## 2.6 Χημικές αναλύσεις των σιτηρεσίων και των περιττωμάτων - Μέθοδοι υπολογισμού θρεπτικών και χρωμίου

### A) Προσδιορισμός υδατανθράκων

Ο προσδιορισμός υδατανθράκων στα σιτηρέσια και στα περιττώματα βασίστηκε στους Thivend *et al.* (1972).

#### Αρχή μεθόδου

Το άμυλο της ουσίας ζελατινοποιείται με θέρμανση και υδρολύεται και η παραγόμενη γλυκόζη προσδιορίζεται με τη χρήση αντιδραστηρίου γλυκόζης (Human, Glucose liquicolor, No 10260) και πρότυπων αντιδραστηρίων γλυκόζης. Τα έγχρωμα παράγωγα που δημιουργούνται μετρώνται στο φασματοφωτόμετρο (BECKMAN DU - 64 spectrophotometer) στα 500 nm.

#### Μεθοδολογία

Ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας 50 mg (εις διπλούν) καλά ομογενοποιημένου υλικού (αλεσμένη τροφή και λυοφιλιωμένα περιττώματα), τοποθετήθηκαν σε σωλήνες των 10 ml και προστέθηκαν 2,5 ml ρυθμιστικού διαλύματος κιτρικού οξέος (citric acid buffer), πωματίστηκαν με βαμβάκι και θερμάνθηκαν στους 135°C στο αυτόκαυστο (autoclave; Memmert 854 Schwabach) για 1 h, ώστε να γίνει δυνατή η ζελατινοποίηση του αμύλου. Τα διαλύματα αφέθηκαν να κρυώσουν και μετά προστέθηκαν 2,5 ml ρυθμιστικού διαλύματος κιτρικού οξέος και 150 μl αμυλογλυκοσιδάσης. Ακολούθησε ανάδευση στο Vortex και τοποθέτηση parafilm στο στόμιο. Τα δείγματα παρέμειναν σε μπάνιο σταθερής θερμοκρασίας 60°C, με σύστημα ανάδευσης 80 ταλαντεύσεις / min για 15 h για να υδρολυθεί το άμυλο σε γλυκόζη. Στη συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν στις 1000 rpm για 10 min. Από το υπερκείμενο ελήφθησαν 40 μl από τις δίαιτες και 80 μl από τα περιττώματα και σε αυτά προστέθηκαν 2,5 ml αντιδραστηρίου γλυκόζης επώαστηκαν για 10 min και μετά μετρήθηκαν στο φασματοφωτόμετρο στα 500 nm. Την ίδια διαδικασία ακολούθησαν και τρία πρότυπα (standard), στα οποία τοποθετήθηκε καθαρό άμυλο σε ποσότητες 20, 30 και 40 mg, με τη διαφορά ότι πριν από τη δεύτερη αραιώση ελήφθησαν 0,3 ml και αραιώθηκαν έως τα 5 ml με το ρυθμιστικό διάλυμα του κιτρικού οξέος. Χρησιμοποιήθηκε επίσης και ένα τυφλό δείγμα που περιείχε όλους τους διαλύτες και τις άλλες ενώσεις πλην του αμύλου. Για

τους ποσοτικούς υπολογισμούς κατασκευάστηκε πρότυπη καμπύλη διαλυμάτων με γλυκόζη βάση της οποίας υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις του αμύλου στα υπό εξέταση διαλύματα, τροφές και περιττώματα.

## **B) Προσδιορισμός πρωτεϊνών**

Ο προσδιορισμός πρωτεϊνών στα σιτηρέσια και στα περιττώματα έγινε σύμφωνα με το AOAC (1990).

### Αρχή μεθόδου

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των πρωτεϊνών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl. Το οργανικό άζωτο των πρωτεϊνών μετατρέπεται σε ανόργανη ουσία (θειϊκό αμμώνιο) με βρασμό του δείγματος με πυκνό θειϊκό οξύ παρουσία καταλύτη σεληνίου. Το θειϊκό αμμώνιο ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) μετά από αντίδραση με καυστικό νάτριο (NaOH) μετατρέπεται σε θειϊκό νάτριο ((Na)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) με ταυτόχρονη απελευθέρωση αμμωνίας, η οποία απομακρύνεται με απόσταξη με υδρατμούς και συλλέγεται σε ασθενές διάλυμα βορικού οξέος με δείκτη. Το διάλυμα που προκύπτει τιτλοδοτείται με HCl κανονικότητας 0,1N, οπότε υπολογίζεται το άζωτο της αμμωνίας και πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή 6,25 για να μετατραπεί σε ποσοστό ζωικών πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης έχουν περιεκτικότητα σε άζωτο 16% και γι' αυτό πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή αυτό (100/16=6,25). Ωστόσο, το νούμερο που δίνεται δεν είναι απόλυτα σωστό καθώς θεωρείται ότι όλο το άζωτο που μετράμε προέρχεται από ζωικές πρωτεΐνες, ενώ στην πραγματικότητα στο άζωτο που μετράμε μπορεί να υπάρχει και μη πρωτεϊνικό άζωτο. Έτσι, η σωστότερη ορολογία για αυτό το αποτέλεσμα είναι η ονομασία "ολικές αζωτούχες ουσίες". Όμως, σε πολλές περιπτώσεις, οι μη πρωτεϊνικής φύσης αζωτούχες ουσίες είναι ελάχιστες, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο όρος "ολική πρωτεΐνη".

### Μεθοδολογία

Ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας 200 – 250 mg λυοφυλιωμένου υλικού (εις διπλούν) στην περίπτωση των περιττωμάτων και καλά αλεσμένου υλικού στην περίπτωση των τροφών (με ακρίβεια της τάξης του 0,0001 g), και τοποθετήθηκε σε σωλήνες Kjeldahl των 100 ml. Στη συνέχεια προστέθηκε δισκίο καταλύτη σεληνίου των 1,7 g σε κάθε δείγμα. Επίσης προστέθηκαν 2 – 3 γυάλινες σφαίρες για καλύτερο βρασμό. Στη συνέχεια προστέθηκαν 6 ml πυκνού θειϊκού οξέος (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και τοποθετήθηκαν στην ειδική συσκευή καύσης για 1 ώρα στους 410<sup>0</sup>C παρουσία 1 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 35%) προς υποβοήθηση της

διαύγασης του μέσου (καθαρισμός υγρού από αιωρήματα ή από αφρό ως προϊόν καρβουνοποίησης), αλλά και για την ενίσχυση της κατάλυσης. Κατά τη διάρκεια του βρασμού το υπάρχον άζωτο μετατρέπεται σε θειϊκό αμμώνιο ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Τα δείγματα αφέθηκαν να κρυώσουν και στη συνέχεια προστέθηκαν 20 ml απιονισμένο νερό (για την πλήρη διαλυτοποίηση των θειϊκών αλάτων) και μεταφέρθηκαν στη συσκευή Kjeldahl.

Στη συσκευή Kjeldahl προστέθηκε καυστικό νάτριο (NaOH) στα δείγματα, οπότε το θειϊκό αμμώνιο μετατρέπεται σε θειϊκό νάτριο ((Na)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) με ταυτόχρονη απελευθέρωση αμμωνίας:



Η αμμωνία αποστάζεται με υδρατμούς και συλλέγεται σε ασθενές, υδατινό διάλυμα βορικού οξέος με δείκτη (20 ml κορεσμένου διαλύματος με βορικό οξύ με προσθήκη 3 – 4 σταγόνων δείκτη Methyl red 0,1% σε μεθανόλη προς Bromocresol green 0,2% σε μεθανόλη, σε αναλογία 1:5) μέσα σε ποτήρι ζέσεως των 250 ml.

Τέλος, παίρνουμε το απόσταγμα από τη συσκευή Kjeldahl, όταν το διάλυμα έχει γεμίσει το ποτήρι ζέσεως και έχει ποσότητα περίπου ίση με 120 ml. Την ίδια διαδικασία ακολουθούν και δύο τυφλά δείγματα. Στη συνέχεια τιτλοδοτείται το διάλυμα με HCl 0,1N. Ο υπολογισμός των ολικών αζωτούχων ουσιών γίνεται με τους παρακάτω υπολογισμούς:

$$(V_{HCl \text{ δείγματος}} - V_{HCl \text{ τυφλού}}) \times 0,1 \text{ meq/ml} \times 14 \text{ mg/meq} \times 6,25 \times (100/\text{mg}) = \% \text{ Πρωτεΐνη},$$

όπου % *Πρωτεΐνη* είναι το πρωτεϊνικό περιεχόμενο σαν ποσοστό του βάρους του δείγματος,

0,1 meq / ml είναι η κανονικότητα του HCl, 14 mg / meq είναι το ατομικό βάρος του αζώτου,

6,25 (100 / 16 = 6,25) είναι η σταθερά με την οποία το αζωτούχο περιεχόμενο πρέπει να πολλαπλασιαστεί για να δώσει το πρωτεϊνικό περιεχόμενο και

*W* είναι το βάρος της αλεσμένης διαίτας (mg) ή των λυοφιλιομένων περιττωμάτων.

## Γ) Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπιδίων στα σιτηρέσια και στα περιπτώματα έγινε με τη μέθοδο της φωσφοβανιλίνης

### Αρχή μεθόδου

Το λίπος του σιτηρεσίου και των περιπτώματων αποδεσμεύεται από το δείγμα και διαλύεται στο πτητικό υγρό (χλωροφόρμιο : μεθανόλη, 2 :1). Με προσθήκη θειϊκού οξέως και αντιδραστηρίου φωσφοβανιλίνης στο παραπάνω διάλυμα παίρνουμε έγχρωμα παράγωγα, τα οποία μετράμε στο φασματοφωτόμετρο BECKMAN DU-64 spectrophotometer στα 530 nm.

### Μεθοδολογία

Ζυγίστηκαν 70 mg δείγματος καλά τριμμένου υλικού (αλεσμένη τροφή και λυοφιλιωμένα περιπτώματα), τοποθετήθηκαν σε σωλήνες ομογενοποίησης και προστέθηκε 1,2 ml χλωροφόρμιο: μεθανόλη 2:1. Οι σωλήνες τοποθετήθηκαν μέσα σε πάγο, για να αποφύγουμε την εξάτμιση του πτητικού διαλύματος. Τα δείγματα ομογενοποιήθηκαν υπό ψύξη (με τοποθέτηση του κάθε σωλήνα μέσα σε ποτήρι με πάγο), ενώ ο ομογενοποιητής ξεπλένονταν με χλωροφόρμιο πριν τη χρησιμοποίησή του για το επόμενο δείγμα. Στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε το ομογενοποιημένο διάλυμα στις 3000 rpm για 12 – 13 min και μεταφέρθηκε όλο το υπερκείμενο (που είναι ίσο με 1 ml) σε άλλους σωλήνες. Οι σωλήνες αυτοί θερμάνθηκαν μέχρι να συμπυκνωθεί ο όγκος του διαλύματος έως τα 50 ml, αλλά επειδή η ποσότητα που θέλαμε να παραμείνει ήταν πολύ μικρή και σε κάποιες περιπτώσεις εξατμίστηκε όλο το διάλυμα προσθέσαμε στους σωλήνες αυτούς 30 ml χλωροφόρμιο : μεθανόλη, 2:1. Στο σημείο αυτό μπήκαν επιπλέον και τρεις σωλήνες με 50 ml σάνταρ λίπους (100 mg ιχθυελαίου σε 10 ml χλωροφόρμιο : μεθανόλη, 2:1) και ένα τυφλό δείγμα με 50 ml χλωροφόρμιο/μεθανόλη 2:1. Έπειτα, προστέθηκαν 2,5 ml πυκνό θειϊκό οξύ σε όλους τους σωλήνες, ανακατεύτηκαν στο vortex, πωματίστηκαν με βαμβάκι και έβρασαν σε bain marie για 10 min. Αφού έμειναν για να κρυώσουν, μεταφέρθηκαν με μεγάλη προσοχή (το υγρό είναι πολύ παχύρευστο και χρειάστηκε προσοχή στο πιπετάρισμα) 100 ml, ή 50 ml (μετά από δοκιμές, τα πιο πυκνά διαλύματα μετρήθηκαν με μικρότερη ποσότητα), σε αντίστοιχους σωλήνες. Στη συνέχεια προστέθηκαν 2,5 ml αντιδραστηρίου φωσφοβανιλίνης (189 ml πυκνό φωσφορικό οξύ + 11 ml νερό + 396 mg βανιλίνη, με διάλυση αρχικά της βανιλίνης στο νερό), αναδεύτηκαν στο vortex και έμειναν για επώαση 30 min. Τέλος,

για όλα τα δείγματα μετρήθηκαν οι απορροφήσεις στο φασματοφωτόμετρο, στα 530 nm. Η % περιεκτικότητα των τρωφών και των περιπρωμάτων σε ολικά λίπη υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\% \text{ Ολικά Λίπη} = A \times \frac{\text{Abs sample} - \text{Abs Blk}}{\text{Abs std} - \text{Abs Blk}} \times W \text{ sample,}$$

όπου A είναι μία σταθερά, που υπολογίζεται από τον όγκο του δείγματος που χρησιμοποιούμε στην τελευταία φάση, πριν την προσθήκη του αντιδραστηρίου της φωσφοβανιλίνης και εξαρτάται από τον όγκο του διαλύματος χλωροφόρμιο : μεθανόλη, 2:1, που προσθέτουμε αρχικά, τον όγκο του διαλύματος, που μεταφέρουμε μετά την ομογενοποίηση και την ποσότητα του θειϊκού οξέος που προσθέτουμε,

*Abs sample* είναι η απορρόφηση του υπό μέτρηση δείγματος,

*Abs Blk* είναι η απορρόφηση του τυφλού δείγματος,

*Abs std* είναι ο μέσος όρος της απορρόφησης των τριών πρότυπων διαλυμάτων και

W sample είναι το βάρος του δείγματος από την αρχική ζύγιση σε mg.

Να σημειωθεί, τέλος, ότι η μέση απορρόφηση των προτύπων διαλυμάτων (standards) θα πρέπει να βρίσκεται περίπου στο 0,3 – 0,4.

#### Δ) Προσδιορισμός χρωμίου

Ο προσδιορισμός του χρωμίου στα σιτηρέσια και στα περιπτώματα έγινε σύμφωνα με τους Bollin *et al.* (1952).

##### Αρχή μεθόδου

Ο προσδιορισμός πραγματοποιείται με την οξείδωση του χρωμίου με οξειδωτικό διάλυμα, που περιέχει υπερχλωρικό οξύ, θειϊκό οξύ και μολυβδαινικό νάτριο (sodium molybdate), οπότε δημιουργείται έγχρωμο παράγωγο, του οποίου μετράται η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 410 nm.

##### Μεθοδολογία

Ζυγίστηκαν 50 – 70 mg δείγματος (εις διπλούν), τοποθετήθηκαν σε σωλήνες των 30 ml και προστέθηκαν 2,5 ml οξειδωτικού διαλύματος μολυβδαινικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ) 0,02 M. Τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 220°C μέχρι την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε διαυγές πορτοκαλί. Αφέθηκαν να κρυώσουν και προστέθηκε 1 ml υπερχλωρικό οξύ (60%) και θερμάνθηκαν πάλι για 5 min. Στη συνέχεια αραιώθηκαν

και φυγοκεντρήθηκαν για 10 min στις 1000 rpm. Την ίδια διαδικασία ακολούθησαν και τρία πρότυπα δείγματα, στα οποία τοποθετήθηκε γνωστή ποσότητα οξειδίου του χρωμίου (4% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> σε καθαρό άμυλο) σε ποσότητες 25, 50 και 100 mg. Η απορρόφηση όλων των δειγμάτων έγινε στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 410 nm. Σύμφωνα με τις απορροφήσεις των προτύπων σε σχέση με την ποσότητά τους καταρτίζεται γραμμική εξίσωση παλινδρόμησης της μορφής  $y = a + bx$ , όπου  $y$  είναι η ποσότητα του χρωμίου,  $a$  και  $b$  είναι σταθερές και  $x$  η απορρόφηση. Στον τύπο εισάγονται οι απορροφήσεις των άγνωστων δειγμάτων και προσδιορίζεται η ποσότητα του χρωμίου που περιέχουν.

## 2.7 Υπολογισμός των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας

Ο υπολογισμός των συντελεστών της φαινομενικής πεπτικότητας έγινε σύμφωνα με τον τύπο από τους Cho *et al.* (1982):

$$\Sigma\Phi\Pi = 100 \times \{1 - [(\Theta_{\Pi}/\Theta_{\Gamma}) \times (\Delta_{\Gamma}/\Delta_{\Pi})]\},$$

Όπου  $\Theta_{\Pi}$  = % θρεπτικό συστατικό (ή Kj / g ολικής ενέργειας) στα περιττώματα,  $\Theta_{\Gamma}$  = % θρεπτικό συστατικό (ή Kj / g ολικής ενέργειας) στην τροφή,  $\Delta_{\Gamma}$  = % δείκτης πεπτικότητας (χρώμιο) στην τροφή,  $\Delta_{\Pi}$  = δείκτης πεπτικότητας (χρώμιο) στα περιττώματα (παράρτημα).

## 2.8 Στατιστική επεξεργασία

Μετά το τέλος των αναλύσεων και όλων των υπολογισμών, οι οποίοι έγιναν μέσω του Excel, συγκεντρώθηκαν όλα τα αποτελέσματα, δηλαδή οι τιμές για τις πεπτικότητες των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools.

Οι τιμές αυτές επεξεργάστηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα *Statgrafics plus (version 2.1 for Windows)*. Εφαρμόστηκε η μέθοδος της ανάλυσης παραλλακτικότητας με ένα παράγοντα ή One Way ANOVA, για να προσδιοριστεί η συσχέτιση των τιμών μας μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (της έως κορεσμού και της περιορισμένης διατροφής) και των πεπτικότητων των θρεπτικών συστατικών των τριών σιτηρεσιών. Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν για να βρεθεί που υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 95% ( $P < 0,05$ ). Για τη σύγκριση των μέσων όρων εφαρμόστηκε η μέθοδος του *multiple range-test Duncan*.

Επίσης, εξετάστηκαν και καταγράφηκαν σε πίνακες (παράρτημα) το τυπικό σφάλμα (standard error), το P-value και το F-ratio. Το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου είναι επιθυμητό να είναι όσο το δυνατόν

μικρότερο. Αυτό προσεγγίζεται όσο λιγότερο διαφέρουν οι (απόλυτες) τιμές της μεταβλητής και όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μεταβλητών.

Το F-ratio δίνει μία εκτίμηση των τιμών μεταξύ της ίδιας ομάδας και των τιμών μεταξύ των ομάδων. Στατιστικά σημαντικό F σημαίνει ότι κάποιοι μέσοι όροι διαφέρουν μεταξύ τους

Το P-value προέρχεται από το F-test και όταν αυτό είναι μικρότερο του 0,05 τότε υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων των δύο ομάδων σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Γενικά

Οι συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας της πρωτεΐνης, των ολικών λιπιδίων και των υδατανθράκων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των τριών σιτηρεσιών, για την έως κορεσμού (ad libitum) διατροφή και για την περιορισμένη διατροφή (1% του σωματικού βάρους), καθώς επίσης και οι τιμές για τις δύο επαναλήψεις, φαίνονται στους *Πίνακες 6, 7 και 8* αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές προέρχονται από τους μέσους όρους των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools μαζί με την τυπική απόκλιση, η οποία υπολογίστηκε μέσω του Excel (Παράρτημα).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του χρωμίου στις τροφές, έδωσαν τιμές από 0,73 έως 0,76%, ενώ οι συγκεντρώσεις του χρωμίου στα περιττώματα ήταν 1,7 – 3,5% για το σιτηρέσιο Α, 1,3 – 2% για το σιτηρέσιο Β και 1,8 – 2,3% για το σιτηρέσιο Γ.

Η σύγκριση της πεπτικότητας των τριών σιτηρεσιών Α, Β και Γ έγινε με βαθμό σημαντικότητας 95% ( $P < 0,05$ ) για τους μέσους όρους των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools, για κάθε μεταχείριση. Μετά τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις, όπως φαίνονται στους *Πίνακες 6, 7 και 8*.

**Πίνακας 6.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) της πρωτεΐνης των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιττωμάτων, για τα τρία σιτηρέσια κατά την έως κορεσμού και την περιορισμένη διατροφή στην τοιπούρα.

	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Έως κορεσμού</b>			
Επανάληψη 1	88,63 $\pm$ 2,52	82,12 $\pm$ 2,12	87,71 $\pm$ 1,27
Επανάληψη 2	84,8 $\pm$ 1,66	78,16 $\pm$ 1,00	88,89 $\pm$ 0,42
<b>Μ.Ο.</b>	86,71 $\pm$ 2,71	80,14 $\pm$ 2,81	88,30 $\pm$ 0,84
<b>Περιορισμένη</b>			
Επανάληψη 1	87,15 $\pm$ 1,25	80,86 $\pm$ 1,84	89,13 $\pm$ 2,47
Επανάληψη 2	86,27 $\pm$ 1,65	81,10 $\pm$ 1,73	91,75 $\pm$ 0,59
<b>Μ.Ο.</b>	86,71 $\pm$ 1,3	80,98 $\pm$ 0,17	90,44 $\pm$ 1,85



**Πίνακας 7.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) των ολικών λιπιδίων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια την έως κορεσμού και την περιορισμένη διατροφή στην τσιπούρα.

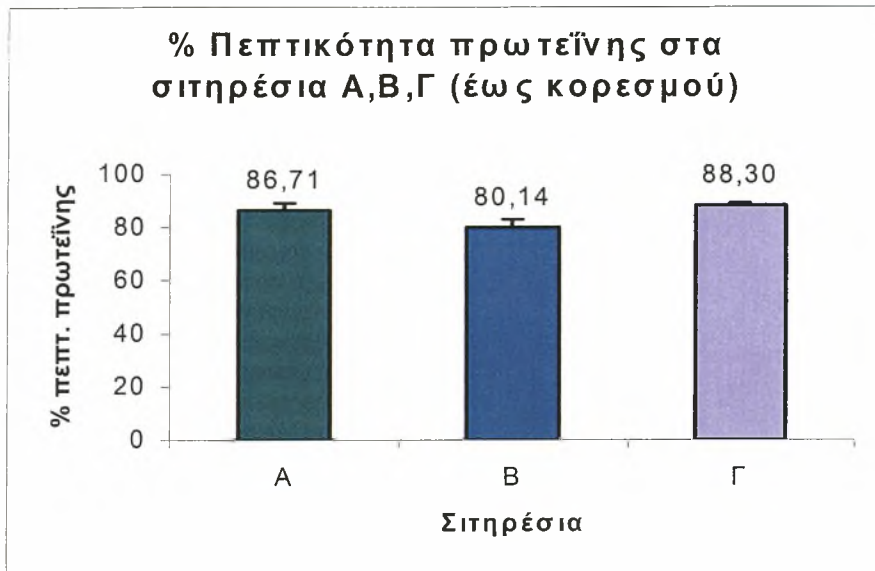
	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Έως κορεσμού</b>			
Επανάληψη 1	89,46 $\pm$ 1,12	88,46 $\pm$ 2,56	92,38 $\pm$ 4,59
Επανάληψη 2	85,42 $\pm$ 1,22	88,05 $\pm$ 0,12	93,67 $\pm$ 1,85
<b>Μ.Ο.</b>	87,44 $\pm$ 2,86	88,26 $\pm$ 0,28	93,02 $\pm$ 0,91
<b>Περιορισμένη</b>			
Επανάληψη 1	90,25 $\pm$ 1,95	90,02 $\pm$ 6,01	92,61 $\pm$ 1,75
Επανάληψη 2	89,72 $\pm$ 0,45	87,71 $\pm$ 2,54	94,70 $\pm$ 4,61
<b>Μ.Ο.</b>	89,98 $\pm$ 1,42	88,87 $\pm$ 1,63	93,66 $\pm$ 1,48

**Πίνακας 8.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) των υδατανθράκων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια κατά την έως κορεσμού και την περιορισμένη διατροφή στην τσιπούρα.

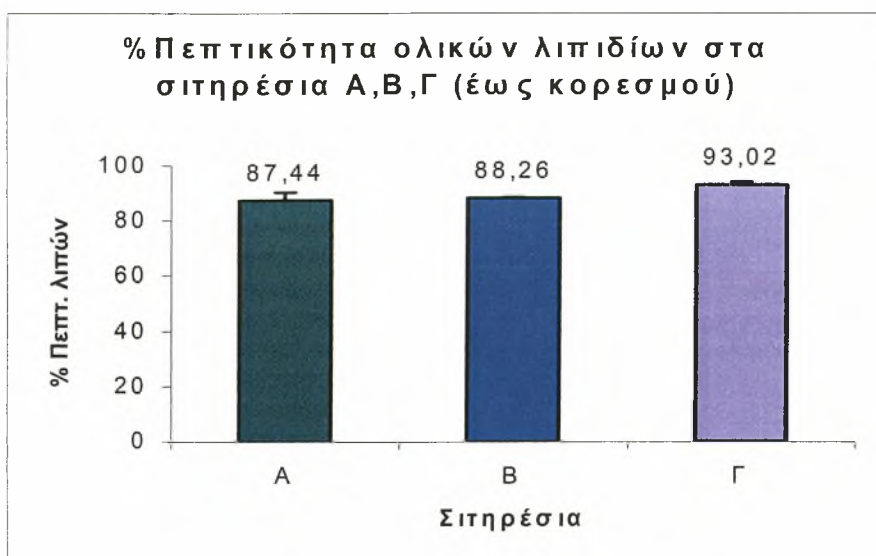
	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Έως κορεσμού</b>			
Επανάληψη 1	98,27 $\pm$ 0,05	68,33 $\pm$ 2,54	86,35 $\pm$ 0,58
Επανάληψη 2	97,96 $\pm$ 0,30	67,68 $\pm$ 4,73	88,96 $\pm$ 3,14
<b>Μ.Ο.</b>	98,12 $\pm$ 0,22	68,01 $\pm$ 0,46	87,65 $\pm$ 1,85
<b>Περιορισμένη</b>			
Επανάληψη 1	98,57 $\pm$ 0,22	70,62 $\pm$ 4,58	87,85 $\pm$ 0,5
Επανάληψη 2	98,39 $\pm$ 0,05	65,85 $\pm$ 2,8	92,80 $\pm$ 0,28
<b>Μ.Ο.</b>	98,49 $\pm$ 0,18	68,23 $\pm$ 3,37	90,32 $\pm$ 2,73

Στα *Γραφήματα 1, 2 και 3* συγκρίνονται, αντίστοιχα, οι μέσοι όροι της πεπτικότητας των πρωτεϊνών, των ολικών λιπιδίων και των υδατανθράκων σε κάθε ένα από τα σιτηρέσια Α, Β και Γ, για την έως κορεσμού διατροφή.

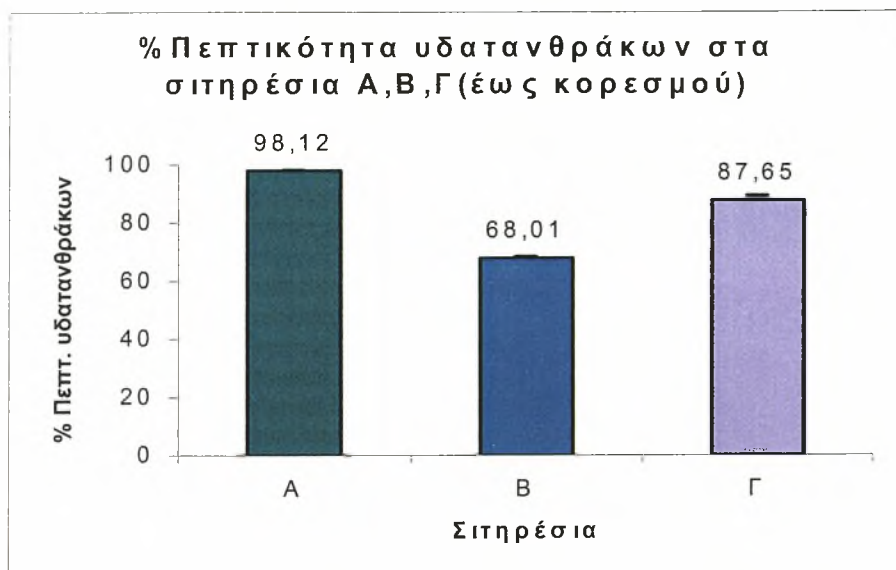
**Γράφημα 1.** Σύγκριση των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) της πρωτεΐνης των συγκεντρωτικών δειγμάτων – rools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην έως κορεσμού διατροφή.



**Γράφημα 2.** Σύγκριση των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) των ολικών λιπιδίων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – rools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην έως κορεσμού διατροφή.



**Γράφημα 3.** Σύγκριση των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) των υδατανθράκων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην έως κορεσμού διατροφή.



Στον Πίνακα 9 συγκεντρώνονται όλες οι τιμές των μέσων όρων των Γραφημάτων 1, 2 και 3.

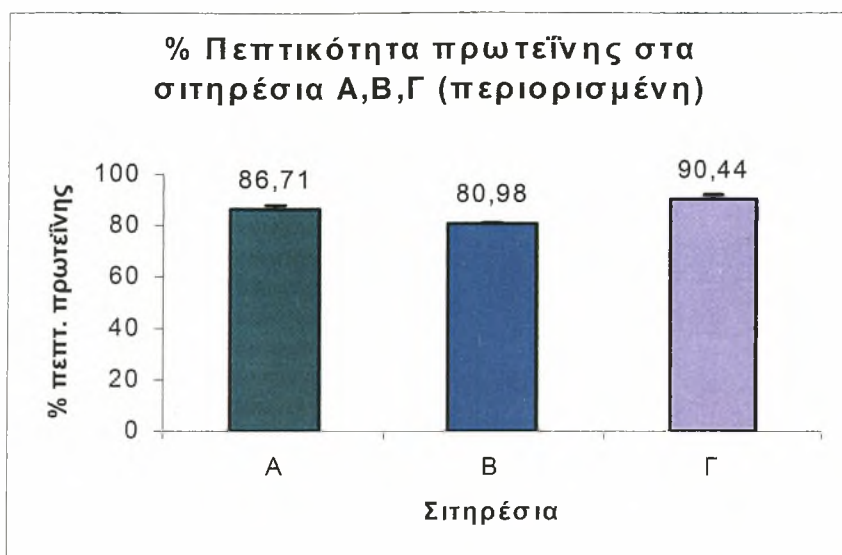
**Πίνακας 9.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας (%). Οι μέσοι όροι στην περίπτωση της έως κορεσμού διατροφής

	Σιτηρέσιο Α	Σιτηρέσιο Β	Σιτηρέσιο Γ
<b>%Πεπτικότητα</b>			
Μ.Ο. Πρωτεΐνης	86,71 $\pm$ 2,71 <sup>αβ</sup>	80,14 $\pm$ 2,81 <sup>α</sup>	88,30 $\pm$ 0,84 <sup>β</sup>
Μ.Ο. Ολ. Λιπιδίων	87,44 $\pm$ 2,86 <sup>α</sup>	88,26 $\pm$ 0,28 <sup>αβ</sup>	93,02 $\pm$ 0,91 <sup>β</sup>
Μ.Ο. Υδατ/κών	98,12 $\pm$ 0,22 <sup>γ</sup>	68,01 $\pm$ 0,46 <sup>α</sup>	87,65 $\pm$ 1,85 <sup>β</sup>

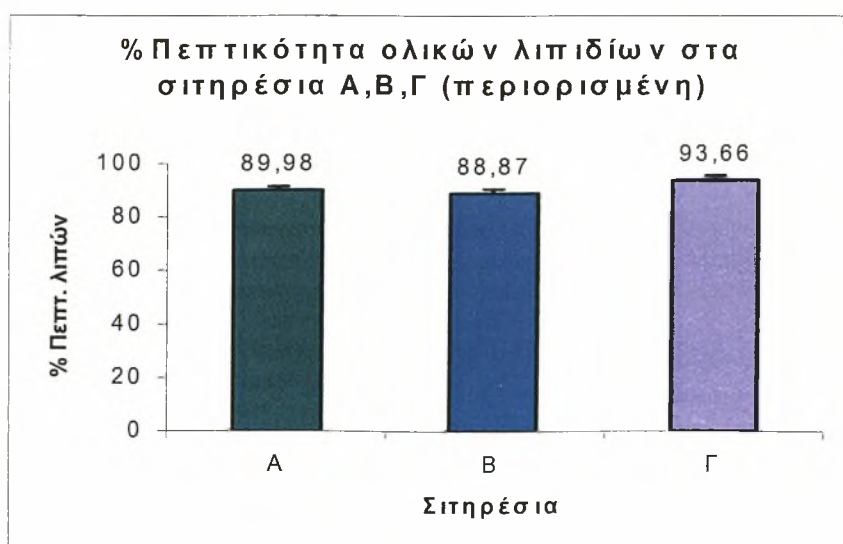
Τιμές στις κολώνες ακολουθούμενες από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ( $P < 0,05$ ). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρωτικών δειγμάτων-pools της κάθε δίαιτας (σε κάθε επανάληψη ξεχωριστά)

Στα *Γραφήματα 4, 5 και 6* συγκρίνονται οι μέσοι όροι της πεπτικότητας των πρωτεϊνών, των ολικών λιπιδίων και των υδατανθράκων σε κάθε ένα από τα σιτηρέσια Α, Β και Γ, για την περιορισμένη διατροφή.

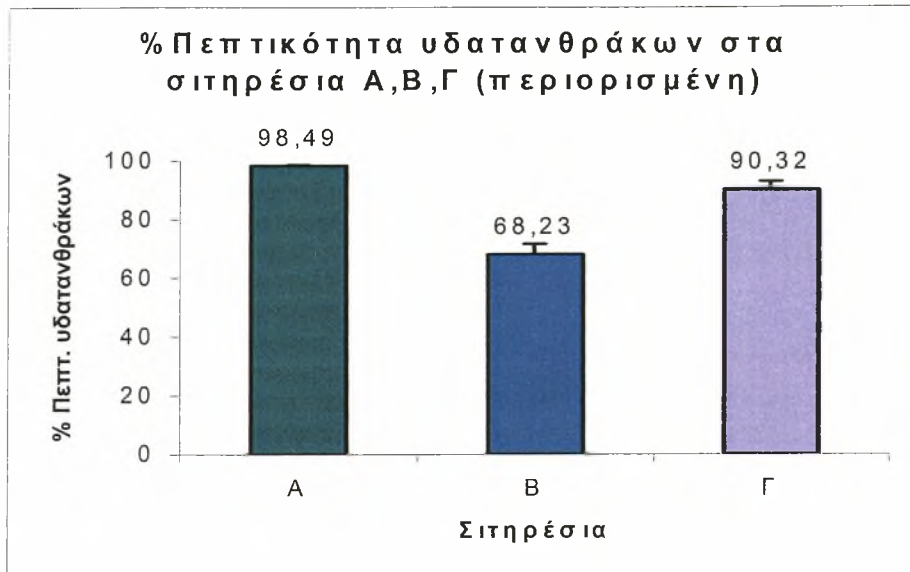
**Γράφημα 4.** Σύγκριση των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) της πρωτεΐνης των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην περιορισμένη διατροφή.



**Γράφημα 5.** Σύγκριση των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) των ολικών λιπιδίων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην περιορισμένη διατροφή.



**Γράφημα 6.** Σύγκριση των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι  $\pm$  τυπική απόκλιση) των υδατανθράκων των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιττωμάτων, για τα τρία σιτηρέσια στην περιορισμένη διατροφή.



Στον Πίνακα 10 συγκεντρώνονται όλες οι τιμές των μέσων όρων των Γραφημάτων 4, 5 και 6.

**Πίνακας 10.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας (%). Οι μέσοι όροι στην περίπτωση της περιορισμένης διατροφής

	Σιτηρέσιο Α	Σιτηρέσιο Β	Σιτηρέσιο Γ
<b>%Πεπτικότητα</b>			
Μ.Ο. Πρωτεΐνης	86,71 $\pm$ 1,3 <sup>β</sup>	80,98 $\pm$ 0,17 <sup>α</sup>	90,44 $\pm$ 1,85 <sup>γ</sup>
Μ.Ο. Ολ. Λιπιδίων	89,98 $\pm$ 1,42 <sup>αβ</sup>	88,87 $\pm$ 1,63 <sup>α</sup>	93,66 $\pm$ 1,48 <sup>β</sup>
Μ.Ο. Υδατ/κων	98,49 $\pm$ 0,18 <sup>β</sup>	68,23 $\pm$ 3,37 <sup>α</sup>	90,32 $\pm$ 2,73 <sup>β</sup>

Τιμές στις κολώνες ακολουθούμενες από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ( $P < 0,05$ ). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρωτικών δειγμάτων-pools της κάθε διαίτας (σε κάθε επανάληψη ξεχωριστά)

Μετά από στατιστική επεξεργασία (one way ANOVA) φάνηκε ότι μεταξύ της έως κορεσμού και της περιορισμένης διατροφής δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 95% ( $P < 0,05$ ). Έτσι, μπορούμε να συντάξουμε τον *Πίνακα 11* στον οποίο φαίνονται οι μέσοι όροι της πεπτικότητας των δύο μεταχειρίσεων για κάθε σιτηρέσιο. Ακολουθούν και τα αντίστοιχα γραφήματα (ραβδογράμματα) με τους μέσους όρους της πεπτικότητας των πρωτεϊνών, των ολικών λιπιδίων και των υδατανθράκων για κάθε ένα από τα σιτηρέσια Α, Β και Γ (*Γραφ. 7, 8 και 9*).

**Πίνακας 11.** Οι μέσοι όροι της πεπτικότητας των δύο μεταχειρίσεων για τα σιτηρέσια Α, Β και Γ.

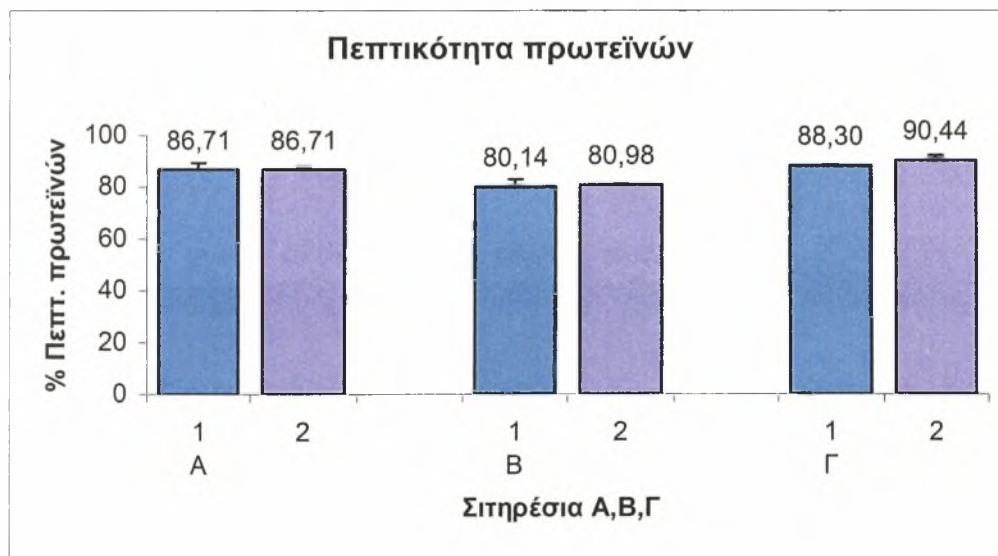
	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>%Πεπτικότητα</b>			
Μ.Ο. Πρωτεΐνης	85,72	80,56	89,37
Μ.Ο. Ολ. Λιπιδίων	86,97	88,56	93,34
Μ.Ο. Υδατανθράκων	97,83	68,12	88,45

### Πεπτικότητα πρωτεϊνών

Όσον αφορά τις πρωτεΐνες, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων, ενώ σε μία περίπτωση, στο σιτηρέσιο Γ, διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της περιορισμένης και της έως κορεσμού διατροφής. Για το σιτηρέσιο Α οι πεπτικότητες κυμάνθηκαν περίπου στο 85%, για το Β ήταν κοντά στο 80% και για το Γ κυμάνθηκαν μεταξύ 88 – 91%.

Η σύγκριση της πεπτικότητας των πρωτεϊνών μεταξύ των τριών σιτηρεσίων έδειξε σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 95%. Κατά συνέπεια το σιτηρέσιο Γ έδειξε να έχει σημαντικά μεγαλύτερη πεπτικότητα πρωτεϊνών σε σχέση με το σιτηρέσιο Α και το Α σημαντικά υψηλότερη από το σιτηρέσιο Β (Γράφ. 7).

**Γράφημα 7.** Συγκριτικά αποτελέσματα των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι) της πρωτεΐνης, μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (1=έως κορεσμού, 2=περιορισμένη) των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην τοιπούρα.

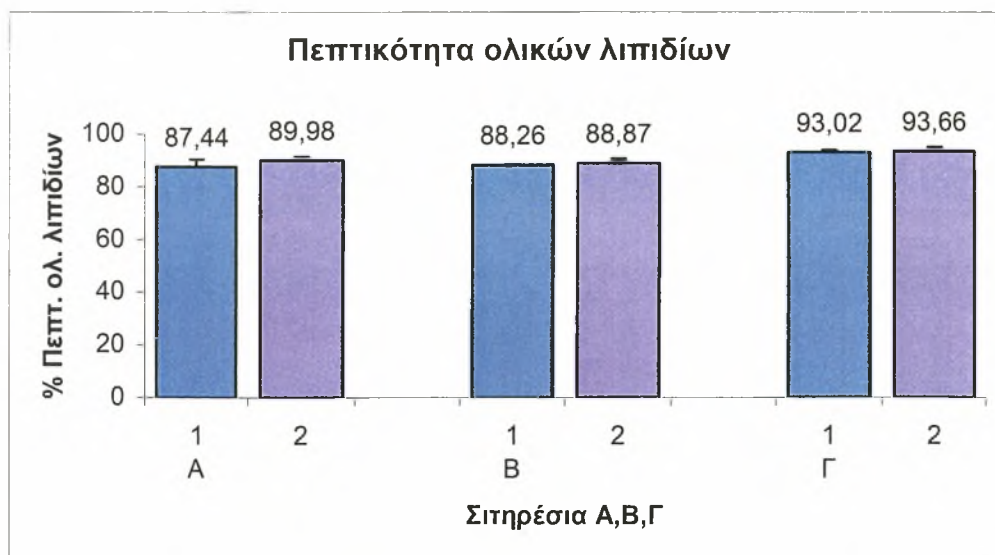


### Πεπτικότητα ολικών λιπιδίων

Η σύγκριση της πεπτικότητας των λιπών έδειξε μη σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων αλλά και μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (της έως κορεσμού και της περιορισμένης διατροφής σε ποσοστό 1% του μέσου σωματικού βάρους). Οι πεπτικότητες που σημειώθηκαν κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα (πάνω από 85%) με πολλές τιμές πάνω από 90%. Οι υψηλές αυτές τιμές οφείλονται αφενός στην ούτως ή άλλως υψηλή πεπτικότητα των λιπών και αφετέρου στο σχετικά χαμηλό ποσοστό λίπους (~10%), που περιείχαν οι τροφές.

Η σύγκριση της πεπτικότητας των λιπών μεταξύ των τριών σιτηρεσίων έδειξε στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές μεταξύ των σιτηρεσίων Α και Β, αλλά σημαντικές διαφορές αυτών των δύο σε σχέση με το σιτηρέσιο Γ. Πιο συγκεκριμένα η πεπτικότητα των λιπών για το σιτηρέσιο Γ ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την πεπτικότητα των λιπών των σιτηρεσίων Α και Β (Γραφ. 8).

**Γράφημα 8.** Συγκριτικά αποτελέσματα των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι) των ολικών λιπιδίων, μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (1=έως κορεσμού, 2=περιορισμένη) των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην τοιπούρα.



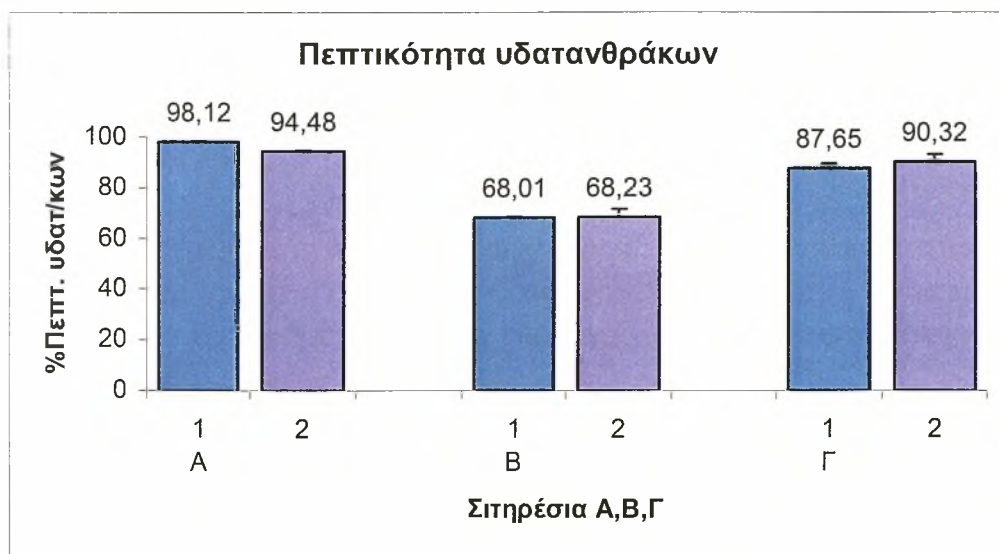


### Πεπτικότητα υδατανθράκων

Σε ότι αφορά τους υδατανθράκες, διαπιστώθηκε πολύ υψηλή πεπτικότητα στο σιτηρέσιο Α, το οποίο περιείχε ζελατινοποιημένο άμυλο και η τιμή της πεπτικότητας κυμάνθηκε από 96 – 98%. Το μη επεξεργασμένο (raw) άμυλο του σιτηρεσίου Β είχε πολύ χαμηλότερη πεπτικότητα, με τιμές από 65 –70%, όπως ήταν αναμενόμενο. Το σιτηρέσιο Γ είχε πιο υψηλές τιμές από το Β, παρά το γεγονός ότι περιείχε και 10% κυτταρίνη. Σε δύο περιπτώσεις, για τα σιτηρέσια Α και Γ, η στατιστική ανάλυση έδωσε σημαντική διαφορά (επίπεδο σημαντικότητας 95%) μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Η σύγκριση της πεπτικότητας των υδατανθράκων μεταξύ των τριών σιτηρεσίων έδειξε ότι οι τιμές της πεπτικότητας του ζελατινοποιημένου αμύλου του σιτηρεσίου Α ήταν σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές στο σιτηρέσιο Β. Τέλος, οι τιμές του σιτηρεσίου Γ ήταν και αυτές σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με τις τιμές πεπτικότητας του μη ζελατινοποιημένου αμύλου του σιτηρεσίου Β (Γραφ. 9).

**Γράφημα 9.** Συγκριτικά αποτελέσματα των συντελεστών φαινομενικής πεπτικότητας % (μέσοι όροι) των υδατανθράκων, μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (1=έως κορεσμού, 2=περιορισμένη) των συγκεντρωτικών δειγμάτων – pools των περιπτώσεων, για τα τρία σιτηρέσια στην τσιπούρα.



### 3.2 Πρόβλεψη πεπτικότητας υδατανθράκων για το σιτηρέσιο Γ

Είναι δυνατόν να κάνουμε μια πρόβλεψη με μαθηματικό τρόπο για να δούμε πόσο επηρεάζει την πεπτικότητα των υδατανθράκων η κυτταρίνη ή/και η αλλαγή των ποσοστών των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο Γ. Θα υπολογίσουμε δηλαδή τη φαινόμενη πεπτικότητα του ζελατινοποιημένου αμύλου και του μη επεξεργασμένου αμύλου από τις πεπτικότητες των σιτηρεσίων Β και Γ και στη συνέχεια θα κάνουμε μία σχετική πρόβλεψη για την πεπτικότητα των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο Γ. Στόχος μας είναι να συγκρίνουμε το αποτέλεσμα της εκτίμησης με το μαθηματικό τρόπο, με αυτό που έχουμε πάρει πειραματικά. Έτσι έχουμε:

Για την περίπτωση της έως κορεσμού διατροφής (ad libitum):

(Χρησιμοποιούνται στοιχεία από τους Πίνακες 2, 3, 4 και 9)

Η φαινόμενη πεπτικότητα του ζελατινοποιημένου αμύλου από τα αποτελέσματα του σιτηρεσίου Α είναι 98,12%

Τη φαινόμενη πεπτικότητα του μη ζελατινοποιημένου αμύλου (X) την υπολογίζουμε ως εξής:

$$9,05 \cdot 0,9812 + 25,78X = 35,28 \cdot 0,6801$$

$$X = 0,5875 \text{ ή } 58,75\%$$

Κατά συνέπεια στο σιτηρέσιο Γ αναμένουμε να πεφθούν

$18,1 \cdot 0,5875 + 9,05 \cdot 0,9812 = 19,51\text{gr}$  του συνολικού αμύλου, που είναι 27,15gr (18,1% raw και 9,05% gel)

Άρα αναμένουμε ότι φαινόμενη πεπτικότητα (Y) των υδατανθράκων συνολικά στο σιτηρέσιο Γ θα είναι:

$$Y = (19,51/25,78) \cdot 100 = 75,68\%$$

Όμως η πεπτικότητα στο σιτηρέσιο Γ από τα πειραματικά μας δεδομένα είναι ίση με 87,65%. Αυτό σημαίνει ότι η αλλαγή σύστασης στο σιτηρέσιο Γ συγκριτικά με το Β αύξησε την πεπτικότητα των υδατανθράκων.

Για την περίπτωση της περιορισμένης διατροφής:

(Χρησιμοποιούνται στοιχεία από τους Πίνακες 2, 3, 4 και 10)

Η φαινόμενη πεπτικότητα του ζελατινοποιημένου αμύλου από τα αποτελέσματα του σιτηρεσίου Α είναι 98,49%

Τη φαινόμενη πεπτικότητα του μη ζελατινοποιημένου αμύλου (X) την υπολογίζουμε ως εξής:

$$9,05 \cdot 0,9849 + 25,78X = 35,28 \cdot 0,6823$$

$$X = 0,5881 \text{ ή } 58,81\%$$

Κατά συνέπεια στο σιτηρέσιο Γ αναμένουμε να πεφθουν

$18,1 \cdot 0,5881 + 9,05 \cdot 0,9849 = 19,55 \text{ gr}$  του συνολικού αμύλου, που είναι 27,15gr (18,1% raw και 9,05% gel)

Άρα, αναμένουμε ότι φαινόμενη πεπτικότητα (Y) των υδατανθράκων συνολικά στο σιτηρέσιο Γ θα είναι:

$$Y = (19,55/25,78) \cdot 100 = 75,84\%$$

Όμως η πεπτικότητα στο σιτηρέσιο Γ από τα πειραματικά μας δεδομένα είναι ίση με 90,32%. Αυτό σημαίνει ότι η αλλαγή σύστασης στο σιτηρέσιο Γ συγκριτικά με το Β αύξησε την πεπτικότητα των υδατανθράκων και σε αυτή την περίπτωση.

Με την ίδια αλληλουχία λογισμού και μαθηματικών πράξεων είναι δυνατόν να εκτιμήσουμε την πεπτικότητα του ακατέργαστου αμύλου για κάθε ένα συγκεντρωτικό – pool, για τις δεξαμενές 2 και 4 (επαναλήψεις 1 και 2), 3 και 6 (επαναλήψεις 1 και 2). Οι υπολογισμοί αυτοί γίνονται λαμβάνοντας ως δεδομένη την τιμή της πεπτικότητας του ζελατινοποιημένου αμύλου από το σιτηρέσιο Α για κάθε μία μεταχείριση (98,12% για την έως κορεσμού και 98,49% για την περιορισμένη διατροφή). Έτσι, προκύπτει ο Πίνακας 12.

**Πίνακας 12.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας (%) του ακατέργαστου αμύλου (raw).

	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Έως κορεσμού</b>		
Επανάληψη 1	59,07±3,48	82,60±0,89
Επανάληψη 2	58,18±6,47	86,60±4,79
<b>Μ.Ο.</b>	58,63±0,63	84,6±2,83
<b>Περιορισμένη</b>		
Επανάληψη 1	62,06±6,27	84,72±0,77
Επανάληψη 2	55,54±3,84	92,27±0,43
<b>Μ.Ο.</b>	58,8±4,61	88,49±5,34

Ακολουθεί ο Πίνακας 13 με συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις πεπτικότητες του ακατέργαστου και του ζελατινοποιημένου αμύλου. Στον πίνακα αυτό φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πεπτικοτήτων του αμύλου των τριών σιτηρεσίων. Φαίνεται πως το ακατέργαστο άμυλο έχει τη μικρότερη πεπτικότητα στο σιτηρέσιο Β, ενώ είναι αρκετά αυξημένη για το σιτηρέσιο Γ. Όπως ήταν αναμενόμενο η πεπτικότητα του ζελατινοποιημένου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του ακατέργαστου αμύλου, όπως φαίνεται από το σιτηρέσιο Α.

**Πίνακας 13.** Συντελεστές φαινομενικής πεπτικότητας (%) του ακατέργαστου αμύλου (raw) (B, Γ) και του ζελατινοποιημένου αμύλου (A).

	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Διατροφή</b>			
<b>Έως κορεσμού</b>	98,12±0,22 <sup>γ</sup>	58,63±0,63 <sup>α</sup>	84,6±2,83 <sup>β</sup>
<b>Περιορισμένη</b>	98,49±0,18 <sup>β</sup>	58,8±4,61 <sup>α</sup>	88,49±5,34 <sup>β</sup>

Τιμές στις κολώνες ακολουθούμενες από το ίδιο γράμμα (α, β ή γ) δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ( $P < 0,05$ ). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μεταξύ των μέσων όρων των συγκεντρωτικών δειγμάτων-pools της κάθε διαίτας (σε κάθε επανάληψη ξεχωριστά)

### 3.3 Εκτίμηση της πεπτής ενέργειας των σιτηρεσίων

Η πεπτή ενέργεια υπολογίστηκε με βάση τους συντελεστές πεπτικότητας της πρωτεΐνης, των λιπών και των υδατανθράκων και τους συντελεστές 23,6 kJ g<sup>-1</sup> για τις πρωτεΐνες, 39,5 kJ g<sup>-1</sup> για τα λίπη και για τους υδατάνθρακες 17,2 kJ g<sup>-1</sup> (Tacon, 1987). Στους Πίνακες 14, 15 και 16 παρατίθενται τα σχετικά αποτελέσματα.

**Πίνακας 14.** Η ολική ενέργεια (Gross energy) των σιτηρεσίων Α, Β και Γ σε kJ ανά g τροφής.

	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Ολική Ενέργεια</b>			
Πρωτεΐνη	8,85	8,85	8,85
Ολ.Λίπη	4,03	4,03	4,03
Υδατάνθρακες	6,07	6,07	4,75
<b>Σύνολο</b>	<b><u>18.95</u></b>	<b><u>18.95</u></b>	<b><u>17.63</u></b>

**Πίνακας 15.** Η πεπτή ενέργεια των σιτηρεσίων Α, Β και Γ σε kJ ανά g τροφής, στην περίπτωση της έως κορεσμού διατροφής

	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Πεπτή Ενέργεια</b>			
Πρωτεΐνη	7,67	7,1	7,81
Ολ.Λίπη	3,52	3,56	3,75
Υδατάνθρακες	5,95	4,13	4,16
<b>Σύνολο</b>	<b><u>17.14</u></b>	<b><u>14.79</u></b>	<b><u>15.72</u></b>

**Πίνακας 16.** Η πεπτή ενέργεια των σιτηρεσίων Α, Β και Γ σε kJ ανά g τροφής, στην περίπτωση της περιορισμένης διατροφής

	<b>Σιτηρέσιο Α</b>	<b>Σιτηρέσιο Β</b>	<b>Σιτηρέσιο Γ</b>
<b>Πεπτή Ενέργεια</b>			
Πρωτεΐνη	7,67	7,16	8,00
Ολ.Λίπη	3,63	3,58	3,77
Υδατάνθρακες	5,73	4,14	4,29
<b>Σύνολο</b>	<b><u>17.03</u></b>	<b><u>14.88</u></b>	<b><u>16.06</u></b>

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως έχει προαναφερθεί η διατροφή είναι ο σημαντικότερος παράγοντας, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει την οικονομικότητα μιας μονάδας παραγωγής ιχθύων σε ποσοστό ακόμη και μεγαλύτερο του 50% του συνόλου. Τα ψάρια ως ποικιλόθερμοι οργανισμοί πλεονεκτούν έναντι των χερσαίων ζώων στο ότι δε χρειάζεται να καταβάλουν ενέργεια για να διατηρήσουν τη θερμοκρασία του σώματός τους σταθερή. Στις περισσότερες και εν μέρει ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής, τα απαραίτητα ενεργειακά αποθέματα για μέγιστη ανάπτυξη πρέπει να παρέχονται μέσω των τροφών. Για να είναι τα εκτρεφόμενα ψάρια σε καλή κατάσταση και να έχουν ανταγωνιστική ανάπτυξη, θα πρέπει τα σιτηρέσια να είναι επαρκή σε θρεπτικά συστατικά και ενέργεια.

Ένας από τους τρόπους, που μπορούμε να ελέγξουμε την οικονομικότητα μιας τροφής, αλλά και το θεμελιώδες βήμα για την αξιολόγηση των σιτηρεσίων είναι η μελέτη των συντελεστών της φαινόμενης πεπτικότητας. Ακόμη, σημαντική είναι η ανάλυση της πεπτικότητας των επιμέρους συστατικών ενός σιτηρεσίου, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη την τιμή τους, την αλληλεπίδραση των συστατικών μεταξύ τους, αλλά και το ποσοστό της ανάπτυξης και την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Πειράματα πεπτικότητας έχουν γίνει σε πάρα πολλά είδη ιχθύων των ψυχρών και των θερμών υδάτων, των γλυκών και θαλασσινών υδάτων, τόσο σε σαρκοφάγα, όσο και σε φυτοφάγα. Για την τσιπούρα υπάρχουν αρκετές αναφορές (Nengas *et al.*, 1995: Aksnes *et al.*, 1997: Robaina *et al.*, 1997: Fernandez *et al.*, 1998: Koukouras, 1999: Nengas *et al.*, 1999), αλλά και για το λαβράκι (Peres και Oliva-Teles, 2002: Gouveia και Davies, 1998), τα δύο σημαντικότερα είδη της μεσογειακής θαλασσοκαλλιέργειας. Ωστόσο, η μέχρι σήμερα έρευνα δεν έχει καλύψει όλες τις απαιτήσεις που έχει μια άριστα διαχειριζόμενη μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας στη Μεσόγειο, ενώ ακόμα υπάρχουν πάρα πολλά συστατικά, που χρειάζονται διερεύνηση και αφορούν στην πεπτικότητα και την καλή ανάπτυξη των ψαριών.

##### 4.1 Μέθοδοι συλλογής περιττωμάτων και δείκτες

Η παλαιότερη μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών της φαινόμενης πεπτικότητας θρεπτικών συστατικών στα ψάρια βασίζεται στη συλλογή και

ανάλυση όλων των περιπτώσεων, μια διαδικασία πολύ χρονοβόρα και επίπονη. Στην εργασία αυτή, για τον υπολογισμό των συντελεστών φαινόμενης πεπτικότητας χρησιμοποιήθηκε η έμμεση μέθοδος, η οποία βασίζεται στη χρησιμοποίηση άπεπτου δείκτη, ο οποίος ενσωματώνεται στο σιτηρέσιο των ψαριών (Austreng, 1978) και μας απαλλάσσει από τη συνολική συλλογή των περιπτώσεων.

Η συλλογή των περιπτώσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μιας τροποποιημένης μεθόδου των Cho *et al.* (1982), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το σύστημα συλλογής του Πανεπιστημίου του Guelph, κατά το οποίο οι παγίδες συλλογής ήταν τοποθετημένες πλευρικά της πειραματικής δεξαμενής. Στις πειραματικές εγκαταστάσεις του Ε.Κ.Θ.Ε. το σύστημα είναι τροποποιημένο ως προς την τοποθέτηση των παγίδων, οι οποίες είναι τοποθετημένες κάτω από τις πειραματικές δεξαμενές. **Το τροποποιημένο αυτό σύστημα φαίνεται να έχει το πλεονέκτημα ότι τα περιττώματα που κατακάθονται στον κάθετο σωλήνα έρχονται σε πολύ μικρότερη επαφή με το νερό, οπότε ελαττώνεται η πιθανότητα διάλυσης (leaching) των διαφόρων ουσιών των περιπτώσεων.**

Εκτός από την παραπάνω μέθοδο συλλογής, επίσης συνηθίζεται τα περιττώματα να συλλέγονται με αυτόματο σύστημα συνεχούς συλλογής των Choubert *et al.* (1979, 1982). Τέλος, άλλη μια μέθοδος συλλογής περιπτώσεων πραγματοποιείται με νάρκωση ή θανάτωση των ψαριών πριν την αφόδευση, οπότε αφαιρούνται τα περιττώματα με πίεση της κοιλιακής χώρας (stripping), με αναρρόφηση (anal suction) ή με ανατομή (dissection) (Austreng, 1978; Windel *et al.*, 1978). Είναι φανερό ότι στην περίπτωση της νάρκωσης τα ψάρια στρεσάρονται πολύ, ενώ κατά τη θανάτωση, αφενός χάνουμε το πειραματικό μας υλικό και αφετέρου δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και πάλι τον ίδιο πληθυσμό.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η έμμεση μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών φαινόμενης πεπτικότητας με τη χρησιμοποίηση οξειδίου του χρωμίου ως άπεπτου εσωτερικού δείκτη ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Η χρησιμοποίηση του οξειδίου του χρωμίου ως άπεπτου δείκτη είναι η πιο διαδεδομένη (Vandenberg και De La Noue, 2001) και έχει γίνει πολλές φορές αντικείμενο μελέτης.

Ορισμένες επιφυλάξεις έχουν εκφραστεί τελευταία για τη χρήση του χρωμίου καθώς φαίνεται να επηρεάζει το μεταβολισμό της γλυκόζης. Ο Shiau (1997) βρήκε ότι προσθήκη χρωμίου στην τροφή σε μορφή  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  βελτιώνει την αξιοποίηση της γλυκόζης από την τιλάπια σε επίπεδα παρόμοια με αυτά του αμύλου. Ωστόσο, οι Pan *et al.* (2003) βρήκαν ότι το χρώμιο δεν επηρεάζει το μεταβολισμό των υδατανθράκων στην τιλάπια (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*), όταν αυτό είναι συνδεδεμένο

με οργανικά μόρια (chromium picolinate). Οι Ng και Wilson (1997) παρατήρησαν ότι το χρώμιο δεν επηρεάζει την ανάπτυξη στην τιλάπια όταν αυτό χρησιμοποιείται ως εξωτερικός δείκτης. Επίσης, δεν διαπιστώθηκε διαφορά στην ανάπτυξη της τσιπούρας (*Sparus aurata*), όταν της χορηγήθηκε σιτηρέσιο με δείκτη χρώμιο εμπλουτισμένο με ένζυμα (Gatta *et al.*, 2001). Κατά τους Fernandez *et al.* (1999) το Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την πεπτικότητα των οργανικών ενώσεων αλλά μπορεί να επηρεάσει τις μετρήσεις πεπτικότητας των ανόργανων αλάτων στην τσιπούρα.

Εναλλακτικοί δείκτες του οξειδίου του χρωμίου έχουν χρησιμοποιηθεί και έχουν γίνει και συγκριτικές μελέτες μεταξύ τους. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές χρησιμοποίησης ως δείκτη της αδιάλυτης τέφρας σε οξέα (Acid Insoluble Ash) και διοξείδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>), των οποίων η σύγκριση με το οξείδιο του χρωμίου δεν έδωσε ξεκάθαρα αποτελέσματα (Vandenberg and De La Noüe, 2001). Οι Vandenberg and De La Noüe (2001) στην ίδια μελέτη σύγκριναν τους τρεις δείκτες, χρωμίου, τιτανίου και αδιάλυτης τέφρας σε οξέα, αλλά και συνδυασμό των τριών και διαπίστωσαν ότι οι συντελεστές της φαινόμενης πεπτικότητας για τα εξεταζόμενα στοιχεία ήταν πάντα υψηλότεροι για τους συνδυασμένους δείκτες, ενώ ήταν παρόμοια τα αποτελέσματα για το χρώμιο και την αδιάλυτη τέφρα. Το οξείδιο του τιτανίου έδωσε υψηλότερες τιμές σε σχέση με το χρώμιο.

Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί οξείδιο του υτρίου (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), του οποίου ο προσδιορισμός απαιτεί ιδιαίτερα ακριβό εξοπλισμό (Sugiura *et al.*, 1998: Storebakken *et al.*, 1998: Carter *et al.*, 2003: Hemre *et al.*, 2003), πολυαιθυλένιο (Tacon και Rodrigues, 1984), οξείδιο του βαρίου (Riche *et al.*, 1995), αλλά και οξείδιο του λανθανίου (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Hillestad *et al.*, 1999). Από όλα όσα αναφέρονται παραπάνω φαίνεται ότι το χρώμιο είναι ο πλέον αξιόπιστος δείκτης, που απαιτεί μικρές ποσότητες υλικού για τον προσδιορισμό του, απλή σχετικά χημική ανάλυση, φθινό εργαστηριακό εξοπλισμό και επιπλέον δίνει συγκρίσιμα αποτελέσματα, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των μελετών πραγματοποιείται με οξείδιο του χρωμίου. Έτσι, το οξείδιο του χρωμίου παραμένει σήμερα ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος εσωτερικός δείκτης για πειράματα πεπτικότητας στα ψάρια και θεωρείται αξιόπιστος για τον υπολογισμό των συντελεστών πεπτικότητας. Επίσης, ως δείκτης έχουν χρησιμοποιηθεί και οι ινώδεις ουσίες (Crude Fiber), οι οποίες έχουν δώσει παρόμοιες τιμές πεπτικότητας με αυτές που έδωσε το οξείδιο του χρωμίου (Morales *et al.*, 1999). Ωστόσο, ο προσδιορισμός των ινώδων ουσιών απαιτεί μεγάλες σχετικά ποσότητες υλικού (περιττωμάτων), πράγμα που είναι πρακτικά επίπονο και χρονοβόρο να επιτευχθεί.



Στην παρούσα μελέτη, οι χημικές αναλύσεις έδειξαν ότι στις τροφές το χρώμιο ήταν 0,73 – 0,77 %, με μικρή απόκλιση μεταξύ των εξεταζόμενων τροφών, αλλά και σχετικά με τις χορηγούμενες συγκεντρώσεις (1%). Οι τιμές αυτές δείχνουν την επαρκή ανάμιξη του δείκτη κατά την παρασκευή των τροφών. Οι τιμές του χρωμίου στα περιττώματα, όπως αναμενόταν, ήταν υψηλότερες από το χορηγούμενο ποσοστό στην τροφή (1%). Αυτό εξηγείται εύκολα, καθώς ο δείκτης είναι άπεπτος και συνεπώς παραμένει ανεπηρέαστος και συγκεντρώνεται στα περιττώματα κατά την πέψη των θρεπτικών συστατικών. Κατά συνέπεια, όσο μεγαλύτερες τιμές βρίσκουμε στα ποσοστά του χρωμίου στα περιττώματα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών της τροφής και αντίστροφα. Οι τιμές των ποσοστών του χρωμίου που πήραμε για το σιτηρέσιο Α ήταν 2,3 – 2,5%, για το σιτηρέσιο Β 1,5 – 1,7% και για το σιτηρέσιο Γ 1,9 – 2,1%.

Υπάρχει σημαντική πιθανότητα απόκλισης στον υπολογισμό των συντελεστών φαινόμενης πεπτικότητας των διαφόρων θρεπτικών συστατικών με τη μέθοδο, που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα έρευνα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόκλισης είναι πολλοί, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι η χρονική στιγμή και η ακρίβεια συλλογής των περιττωμάτων, η καθαριότητα των δεξαμενών και των παγίδων, το χρονοδιάγραμμα και ο σχεδιασμός των ταΐσμάτων καθώς και η προσεκτική χορήγηση της τροφής. Είναι σαφές ότι όλα αυτά έχουν να κάνουν με τη διάλυση των θρεπτικών συστατικών στο νερό, η οποία αυξανόμενη μας οδηγεί σε υπερεκτίμηση των φαινόμενων συντελεστών πεπτικότητας. Για παράδειγμα, η αποφυγή ανάμειξης της τροφής με τα περιττώματα μπορεί να επιτευχθεί με το αργό και προσεκτικό τάισμα σε συνδυασμό με πολύ καλές συνθήκες καθαριότητας στις δεξαμενές και τις παγίδες.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές σε σχέση με τη διαλυτότητα των περιττωμάτων όταν αυτά μένουν εκτεθειμένα στο νερό και πως αυτή επηρεάζεται από την πάροδο του χρόνου. Έχει αναφερθεί ότι η διαλυτότητα των συστατικών στο νερό αυξάνεται τις πρώτες 4 ώρες, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό διαλύεται κατά την πρώτη ώρα επαφής τους με το νερό (Windel *et al.*, 1978).

Στο παρόν πείραμα η συλλογή των περιττωμάτων γινόταν το πρωί, ακολουθούσαν τα δύο ταΐσματα και μετά το δεύτερο τάισμα γινόταν καθάρισμα της δεξαμενής. Με την τακτική αυτή μειώναμε κατά το μέγιστο την πιθανότητα ανάμειξης της τροφής με τα περιττώματα. Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό των περιττωμάτων έμενε εκτεθειμένο για περισσότερες από 12 ώρες, αλλά η επίδραση του χρόνου δεν ήταν σημαντική, καθώς το σημείο όπου συγκεντρωνόταν τα περιττώματα μέσα στο σωλήνα σιλικόνης (Εικ. 3) ήταν τέτοιο, ώστε η επαφή που είχαν με το νερό ήταν μικρή σε

σχέση με την επιφάνεια έκθεσής τους, αλλά και η ανακίνηση του νερού πρακτικά μηδενική.

#### 4.2 Πεπτικότητα υδατανθράκων

Η πεπτικότητα των υδατανθράκων και συγκεκριμένα του αμύλου, που μελετάται στην παρούσα εργασία, είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Η πηγή του αμύλου είναι ένας από αυτούς τους παράγοντες (Pfeffer *et al.*, 1991: Bergot, 1993: Venou *et al.*, 2003).

Η κατεργασία του αμύλου είναι επίσης ένας από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες. Το σημείο τήξης της καθαρής αμυλόζης είναι σχετικά υψηλό και περίπου 150°C, πράγμα που σημαίνει ότι μία ειδική επεξεργασία πάνω από τους 130°C είναι απαραίτητη για να ζελατινοποιηθεί το υψηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη άμυλο καλαμποκιού (Ryu *et al.*, 2002). Είναι γνωστό ότι η θερμική επεξεργασία των υδατανθράκων βελτιώνει σημαντικά την πεπτικότητά τους στα ψάρια (Inaba *et al.*, 1963: Smith, 1971: Bergot και Breque, 1983: Pfeffer *et al.*, 1991: Kim και Kaushik, 1992: Hajen *et al.*, 1993: Podoskina *et al.*, 1997: Peres και Oliva-Teles, 2002), καθώς το μόριο του αμύλου ενυδατώνεται και η δομή του ανοίγει, εξαιτίας των μορίων νερού, που προσκολλώνται πάνω του καθιστώντας το πιο ευπρόσβλητο από τα πεπτικά ένζυμα.

Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι οι τροφές που παρασκευάζονται μετά από εξώθηση παρουσιάζουν καλύτερη μετατρεψιμότητα σε σχέση με τις μη επεξεργασμένες τροφές (Aksnes *et al.*, 1997: Gouveia και Davies, 2000). Κατά τους Venou *et al.* (2003), η εξώθηση βελτίωσε τα θρεπτικά χαρακτηριστικά τόσο του καλαμποκιού όσο και του σιταριού, με πολύ εντονότερη τη βελτίωση στο καλαμπόκι, καθώς η μη επεξεργασμένη του μορφή (raw) δεν παρουσιάζει καλά θρεπτικά χαρακτηριστικά, έχει δηλαδή χαμηλή πεπτικότητα και είναι φτωχή πηγή ενέργειας για τα ψάρια.

Το επίπεδο του αμύλου στην τροφή επηρεάζει επίσης την πεπτικότητά του, καθώς αυτή μειώνεται με αύξηση των διατροφικών του επιπέδων (Singh και Nose, 1967: Rychly και Spannhof, 1979: Kaushik και Medale, 1994: Wilson, 1994). Τέλος το επίπεδο διατροφής των ψαριών επηρεάζει την πεπτικότητα με μειωμένη πεπτικότητα να παρατηρείται σε υψηλότερα επίπεδα διατροφής (Windell *et al.*, 1978: Bergot και Breque, 1983).

Οι τροφές στην παρούσα μελέτη παρασκευάστηκαν με τα ίδια ποσοστά ιχθυαλεύρου, ιχθυελαίου, προμίγματος και χρωμίου (Πίν. 5). Ως πηγή υδατανθράκων χρησιμοποιήθηκε άμυλο καλαμποκιού δύο ειδών, θερμικά επεξεργασμένο ή ζελατινοποιημένο και μη επεξεργασμένο (raw). Η βελτίωση

της πεπτικότητας του αμύλου του καλαμποκιού με την ζελατινοποίηση ήταν εμφανής στην παρούσα εργασία καθώς στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρχαν τόσο ανάμεσα στις δίαιτες Α και Β όσο και στην πεπτικότητα του μη επεξεργασμένου αμύλου που υπολογίστηκε για την τροφή Β συγκριτικά με το ζελατινοποιημένο άμυλο (*Πίν. 9, 10, 12 και 13*).

Οι τσιπούρες που τρέφονταν με την τροφή που περιείχε μόνο ζελατινοποιημένο άμυλο προσλάμβαναν πολύ λιγότερη τροφή κατά την έως κορεσμού διατροφή τους συγκριτικά με τα επίπεδα διατροφής των δύο άλλων τροφών. Το ποσοστό αυτό ήταν περίπου 1,5% του μέσου σωματικού βάρους, για τα άλλα δύο σιτηρέσια το επίπεδο κορεσμού ήταν 2-2,5% και 2,25 - 2,75% για τα σιτηρέσια Β και Γ, αντίστοιχα. Η μείωση των επιπέδων διατροφής από τα ανωτέρω επίπεδα σε 1% (περιορισμένη διατροφή) δεν φάνηκε εν τούτοις να μεταβάλλει σημαντικά την πεπτικότητα του αμύλου (*Πίν. 12*), σε αντίθεση με άλλες εργασίες που προαναφέρθηκαν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι στην περιορισμένη διατροφή τα ψάρια ελάμβαναν τη μεγαλύτερη ποσότητα της τροφής στο ένα γεύμα ενώ στην έως κορεσμού σημαντική ποσότητα τροφής καταναλωνόταν και στο δεύτερο γεύμα, με απόσταση 4.30 ωρών από το πρώτο, γεγονός που πιθανόν να διευκόλυne την πέψη και εξομοίωνε έως ένα βαθμό τα αποτελέσματα.

Άμεσα συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση των διατροφικών επιπέδων του αμύλου, στην πεπτικότητά του, δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν καθώς δε χρησιμοποιήθηκαν σιτηρέσια με διαφορετικά ποσοστά. Εν τούτοις η βελτίωση της πεπτικότητας του ακατέργαστου αμύλου που παρατηρήθηκε μεταξύ των τροφών Β και Γ μπορεί να οφείλεται στην μείωση της περιεκτικότητας της Γ τροφής σε ακατέργαστο άμυλο, όπως και στην συνέχεια θα συζητηθεί.

### **4.3 Πεπτικότητα κυτταρίνης**

Οι ινώδεις ουσίες είναι κυρίως υδατάνθρακες, που περιέχονται στους ιστούς των φυτών και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από την πλειονότητα των ψαριών λόγω έλλειψης των απαιτούμενων πεπτικών ενζύμων. Η κυτταρίνη ανήκει σε αυτές τις ενώσεις. Η πέψη μπορεί να γίνει μόνον με τη βοήθεια μικροοργανισμών, κυρίως πρωτόζωα και βακτήρια, που βρίσκονται στους προστομάχους των μηρυκαστικών, αλλά και στον εντερικό σωλήνα πολλών άλλων ζωικών οργανισμών (Λιαμάδης, 1984). Στα ψάρια έχει βρεθεί ότι η γαστροεντερική χλωρίδα είναι απλούστερη αυτής των θερμόαιμων οργανισμών. Ενώ στους θερμόαιμους οργανισμούς ο πεπτικός σωλήνας

φιλοξενεί υποχρεωτικά αναερόβιους μικροοργανισμούς, τα κυρίαρχα βακτήρια, τα οποία έχουν απομονωθεί από το έντερο των περισσότερων ψαριών είναι αερόβια ή προαιρετικά αερόβια.

Το βακτηριακό φορτίο του εντέρου των ψαριών συμβάλλει στην πέψη των μη πρωτεϊνικών αζωτούχων ουσιών και στην παραγωγή βιταμινών κυρίως του συμπλέγματος Β. Επίσης, υπάρχουν υποψίες ότι ίσως να παράγονται και κάποια απαραίτητα αμινοξέα, όπως η μεθειονίνη (Herper, 1990). Δυνατότητα πέψης της κυτταρίνης έχει αναφερθεί μόνο για μερικά φυτοφάγα ψάρια θερμών νερών (Shiau *et al.* 1988).

Για την τσιπούρα δεν έχει αναφερθεί η ύπαρξη ενζύμων, τα οποία να υδρολύουν την κυτταρίνη. Στην παρούσα εργασία δε μετρήθηκε η πεπτικότητα της κυτταρίνης, η οποία αναμένεται να είναι μηδενική. Από τις πεπτικότητες όμως των άλλων θρεπτικών συστατικών και την σχετική βιβλιογραφία μπορεί να γίνει μία προσπάθεια κατανόησης της επίδρασής της στην πεπτικότητα των άλλων θρεπτικών συστατικών.

Τα αποτελέσματα της χρησιμοποίησης κυτταρίνης στα σιτηρέσια ψαριών είναι αντιφατικά. Χαμηλές περιεκτικότητες των σιτηρεσίων σε ινώδεις ουσίες (3–5%) μπορεί να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στη σωματική αύξηση των ψαριών (Nutrient Requirements of Fish, 1993), όπως διαπιστώθηκε και από τους Nengas *et al.* (2000) για το μυτάκι (*Puntazzo puntazzo*) για σιτηρέσιο που περιείχε 5% κυτταρίνη. Αρνητική επίδραση έχει παρατηρηθεί στην ανάπτυξη της τιλάπια (Dioundick και Stom, 1990: Shiau, 1997) και της πέστροφας (Hilton *et al.*, 1983). Υψηλά επίπεδα ιωδών ουσιών (16 –27%) έχει διαπιστωθεί ότι παρεμποδίζουν τη γρήγορη σωματική αύξηση στην τιλάπια, ενώ μειώνουν και την αξιοποίηση των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων, κυρίως των υδατανθράκων, όχι όμως και των πρωτεϊνών (Ulloa Rojas και Verreth, 2003). Μικρότερη σωματική αύξηση διαπιστώθηκε για νεαρά άτομα *Paralichthys olivaceus* (flounder), από τους Lee *et al.* (2003) όταν χορηγήθηκε διαίτα με 15% κυτταρίνη σε σχέση με δίαιτες, οι οποίες περιείχαν το ίδιο ποσοστό υδατανθράκων, αλλά δεν περιείχαν καθόλου κυτταρίνη. Οι McGoogan και Reigh (1996) διαπίστωσαν ότι το *Sciaenops ocellatus* (red drum) παρουσίασε μείωση της πεπτικότητας της ξηράς ουσίας και της ολικής ενέργειας με την αύξηση των ιωδών ουσιών στο σιτηρέσιο, δεν παρουσίασε όμως, μείωση η πεπτικότητα της πρωτεΐνης. Κατά τον Shiau (1997) η εντερική απορρόφηση των υδατανθράκων είναι χαμηλή όταν οι δίαιτες περιέχουν κυτταρίνη, ανεξάρτητα από την προέλευσή τους.

Εν τούτοις οι Bromley και Atkins (1984) και Alliot *et al.* (1979) δεν παρατήρησαν καμία επίδραση στην ανάπτυξη της πέστροφας για επίπεδα έως 30% και για το λαβράκι για επίπεδα έως 15%, αντίστοιχα. Πρόσφατη

εργασία των Dias *et al.* (1998a), στην οποία η ενεργειακή απώλεια λόγω χρησιμοποίησης κυτταρίνης καλύφθηκε από αυξημένη χορήγηση τροφής, δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στην ανάπτυξη ή στην αξιοποίηση της τροφής για το λαβράκι, για επίπεδα έως και 20%. Στην ίδια εργασία δεν παρατηρήθηκαν επίσης επιδράσεις στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης.

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, στην παρούσα μελέτη, η πεπτικότητα του μη επεξεργασμένου αμύλου, για το σιτηρέσιο Β, κυμάνθηκε στο 58 – 59%, ενώ σημείωσε σημαντική αύξηση για το σιτηρέσιο Γ με τιμές 84,5 – 88,5%. Επίσης, παρατηρήθηκε μικρή έως σημαντική βελτίωση στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης καθώς και του λίπους σε σύγκριση με τις άλλες τροφές και για τα δύο επίπεδα διατροφής. Η βελτίωση της πεπτικότητας του αμύλου δεν μπορεί να αποδοθεί μόνο στην ύπαρξη της κυτταρίνης καθώς για να προστεθεί η κυτταρίνη στην τροφή μειώθηκε η ποσότητα του ακατέργαστου αμύλου. Έτσι, η βελτίωση της πεπτικότητας του αμύλου πιθανότατα οφείλεται στη μείωση του ποσοστού συμμετοχής του ακατέργαστου αμύλου από 28,5% στο σιτηρέσιο Β, σε 18,5% στο Γ. Οι μεταβολές στην πεπτικότητα των άλλων θρεπτικών πιθανόν να οφείλονται επίσης έως ένα βαθμό στις αλλαγές στη σύσταση του αμύλου της τροφής και συζητούνται στην συνέχεια.

#### **4.4 Πεπτικότητα πρωτεΐνης**

Η περιεκτικότητα όλων των τροφών σε πρωτεΐνη καθώς και λίπη ήταν παρόμοια. Συνεπώς η όποια αλλαγή στην πεπτικότητά τους θα πρέπει να συνδέεται με επιδράσεις από τα επίπεδα υδατανθράκων, αμύλου και κυτταρίνης, της τροφής.

Υπάρχει ένας μικρός αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών σχετικά με την επίδραση των επιπέδων των άπεπτων υδατανθράκων στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης της τροφής, οι οποίες είναι εν τούτοις αντιφατικές. Οι Mundheim και Opstvedt (1989) παρατήρησαν αύξηση της πεπτικότητας όταν ποσοστό της πρωτεΐνης αντικαθίστατο από κυτταρίνη, έως και 8%, στον σολομό ενώ καμία διαφορά δεν ήταν εμφανής για την πέστροφα. Οι Dias *et al.* (1998a) δεν παρατήρησαν επίσης καμία διαφορά στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης από το λαβράκι όταν το επίπεδο της κυτταρίνης στην τροφή αυξανόταν σε 10 ή και 20%. Οι Storebakken *et al.* (1998) παρατήρησαν μείωση της πεπτικότητας της πρωτεΐνης στην πέστροφα σε θαλασσινό νερό, όταν το ποσοστό της δεξτρίνης στην τροφή αυξανόταν από 10 σε 20%, με πλέον εν τούτοις έντονη διαφορά όταν αντί δεξτρίνης χρησιμοποιήθηκε

γλυκόζη. Οι Peres και Oliva-Teles (2002) δεν βρήκαν καμία επίδραση της μορφής του αμύλου, ακατέργαστου ή κατεργασμένου, στην πεπτικότητα πρωτεΐνης από το λαβράκι και για ποσοστό 25% ενσωμάτωσης στην τροφή, ενώ οι Venou *et al.* (2003) βρήκαν σημαντική αύξηση της πεπτικότητας της πρωτεΐνης τροφής, που περιείχε 38% καλαμπόκι, μετά από εξώθηση, η οποία ως γνωστό προκαλεί ζελατινοποίηση του αμύλου.

Από τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος φαίνεται βελτιωμένη πεπτικότητα της πρωτεΐνης στο σιτηρέσιο Γ, η οποία είναι σημαντικά μεγαλύτερη αυτής του σιτηρεσίου Β στην έως κορεσμό διατροφή. Η διαφορά του σιτηρεσίου Γ από το Β έγκειται στο ότι το Γ περιέχει κυτταρίνη αλλά και λιγότερο άπεπτο άμυλο από το Β. Οι άπεπτοι υδατάνθρακες από το άμυλο αυξάνουν την ταχύτητα διέλευσης της τροφής από τον πεπτικό σωλήνα (Spannhof και Plantikow, 1983) και αυξάνουν το ιξώδες του (Ikegami *et al.* 1990) έτσι αναμένεται να μειώνουν την πεπτικότητα και των άλλων θρεπτικών συστατικών και σε αυτό μπορεί να οφείλεται και η μειωμένη πεπτικότητα πρωτεΐνης στην τροφή Β. Αρνητική επίδραση της κυτταρίνης θα αναμενόταν βάσει αυτού του σκεπτικού και στην τροφή Γ καθώς η κυτταρίνη είναι αδιάλυτος υδατάνθρακας και θα αναμενόταν να αυξάνει την ταχύτητα γαστρικής εκκένωσης. Εν τούτοις οι Dias *et al.* (1998a) παρατήρησαν αύξηση του χρόνου γαστρικής εκκένωσης στο λαβράκι με αύξηση της ποσότητας της κυτταρίνης στην τροφή. Εάν αυτό ισχύει και για την τσιπούρα τότε μπορεί να εξηγήσει την καλύτερη πεπτικότητα πρωτεΐνης λόγω του μεγαλύτερου χρόνου επαφής της τροφής με τα πεπτικά ένζυμα στον πεπτικό σωλήνα.

Μείωση των ποσοστών διατροφής επέφερε μικρή περαιτέρω βελτίωση στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης της τροφής Γ ενώ δεν επέδρασε στην πεπτικότητα πρωτεΐνης των άλλων τροφών. Η βελτίωση αυτή ήταν αναμενόμενη καθώς η μείωση της κατανάλωσης τροφής για την τροφή αυτή ήταν η μεγαλύτερη ανάμεσα σε όλες τις τροφές (κάτω από το μισό) και αύξηση της κατανάλωσης τροφής έχει βρεθεί να επιδρά αρνητικά στην πεπτικότητα (Windell *et al.*, 1978: Bergot και Breque, 1983: Hudon και De La Noüe, 1985: Fernandez *et al.*, 1998). Το αποτέλεσμα αυτής της διαφοροποίησης ήταν να υπάρχει σημαντική διαφορά στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης ανάμεσα στην Γ και την Α τροφή. Είναι πιθανόν τα υψηλά ποσά αμύλου που χρησιμοποιήθηκαν (35%) να επιδρούν αρνητικά στην πεπτικότητα της πρωτεΐνης ακόμη και στην περίπτωση που αυτό είναι ζελατινοποιημένο.

#### 4.5 Πεπτικότητα ολικών λιπιδίων

Όπως και στην περίπτωση των πρωτεϊνών, διαφορές στην πεπτικότητα των λιπών μπορούν να αποδοθούν μόνο στην περιεκτικότητα της τροφής σε άμυλο και κυτταρίνη καθώς τα ποσοστά πρωτεΐνης και λίπους ήταν σταθερά. Οι άπεπτοι διαλυτοί υδατάνθρακες, όπως είναι τα προϊόντα μερικής υδρόλυσης του αμύλου, έχουν βρεθεί να μειώνουν την πεπτικότητα των λιπών (Storebakken *et al.*, 1998: Venou *et al.*, 2003), λόγω της παρεμπόδισης δημιουργίας μικκυλίων και διάλυσης των λιπών (Levrat *et al.*, 1996). Η διαφοροποίηση της πεπτικότητας ανάμεσα στις τροφές Β και Γ μπορεί συνεπώς να οφείλεται στη μικρότερη περιεκτικότητα της τροφής Γ σε άπεπτο άμυλο. Η σημαντική διαφορά ανάμεσα στις πεπτικότητες λίπους στις τροφές Α και Γ στην έως κορεσμό διατροφή είναι δύσκολο να εξηγηθεί καθώς η πεπτικότητα υδατανθράκων της τροφής Α ήταν υψηλή. Είναι εν τούτοις πιθανόν το αυξημένο ιξώδες που αναμένεται να υπάρχει λόγω της υψηλής συγκέντρωσης ζελατινοποιημένου αμύλου, να μειώνει και στην περίπτωση αυτή την πεπτικότητα των λιπών.

#### 4.6 Πεπτή ενέργεια και κατανάλωση τροφής

Η πεπτή ενέργεια της τροφής θεωρείται ο κύριος παράγοντας που επιδρά στην κατανάλωση της τροφής από τα ψάρια (Jobling και Wandsvik, 1983: Kaushik και Luquet, 1984: Kaushik και Oliva Teles, 1985: Boujard και Medale, 1994: Paspatis και Boujard, 1996). Το ίδιο έχει αποδειχτεί επίσης και για την τσιπούρα με χρήση ταϊστών αυτοδιαχείρησης (Kentouri *et al.*, 1995). Στο παρόν πείραμα η κατανάλωση τροφής ήταν διαφορετική για τις τρεις τροφές στην έως κορεσμού διατροφή. Οι τσιπούρες κατά τη διάρκεια της έως κορεσμού διατροφής κατανάλωναν τις περισσότερες ημέρες συγκεκριμένο ποσοστό τροφής. Για το σιτηρέσιο Α η κατανάλωση ήταν περίπου 1,25% επί του μέσου σωματικού βάρους, ενώ ποτέ δεν ξεπέρασε το 1,5%. Για το σιτηρέσιο Β η κατανάλωση ήταν περίπου στο 1,75%, ενώ για το Γ περίπου 2%, αρκετές φορές και περισσότερο (έως 2,25%). Η υπόθεση της κατανάλωσης σε συνάρτηση με την πεπτή ενέργεια της τροφής φαίνεται να ισχύει για την τροφή Β σε σύγκριση με την Α καθώς αυτή περιέχει χαμηλότερη ποσότητα πεπτής ενέργειας (Πίν. 15). Δεν φαίνεται εν τούτοις να δικαιολογεί την κατανάλωση της τροφής Γ σε σύγκριση με αυτή της Β καθώς η τροφή Γ περιέχει ελαφρώς αυξημένη πεπτή ενέργεια σε σύγκριση με την Β. Ο μόνος παράγοντας, που πιθανό να ευθύνεται για αυτή τη διαφοροποίηση, είναι η παρουσία κυτταρίνης.

Η κυτταρίνη ανήκει στις μη διαλυτές ινώδεις ουσίες και η παρουσία της έχει βρεθεί να επιταχύνει τη γαστρική εκκένωση στην πέστροφα (Bromley και Adkins, 1983; Hilton *et al.*, 1983). Επιτάχυνση της γαστρικής εκκένωσης μπορεί να επιφέρει αύξηση της κατανάλωσης της τροφής και αυτό μπορεί να δικαιολογεί την αυξημένη κατανάλωση στην τροφή Γ παρά το αυξημένο πεπτό ενεργειακό της περιεχόμενο σε σχέση με την Β. Εν τούτοις οι Dias *et al.* (1998a) παρατήρησαν αυξημένο χρόνο γαστρικής εκκένωσης στο λαβράκι παρουσία 20% κυτταρίνης στην τροφή.

Είναι εμφανές ότι η επίδραση της χρήσης ινωδών ουσιών στην φυσιολογία της πέψης της τσιπούρας είναι ένα θέμα που παρουσιάζει ενδιαφέρον και χρειάζεται περαιτέρω μελέτη.

#### **4.7 Επίδραση της θερμοκρασίας και αλατότητας**

Η ικανότητα των ψαριών να απορροφούν τα θρεπτικά στοιχεία ενός σιτηρεσίου επηρεάζεται σημαντικά από το ρυθμό μεταβολισμού σε συνάρτηση με τη γαστρική εκκένωση. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού προσδίδει αύξηση και στους δύο αυτούς μηχανισμούς, οι οποίοι δρουν ανταγωνιστικά σε σχέση με τη μετρούμενη πεπτικότητα. Ωστόσο, ο ρυθμός μεταβολισμού στα ψάρια φαίνεται να επηρεάζεται πολύ περισσότερο από τη γαστρική εκκένωση, με συνέπεια την αύξηση της πεπτικότητας. Έχει υπολογιστεί ότι αύξηση της θερμοκρασίας του νερού κατά 1° C αντιστοιχεί σε αύξηση του μεταβολικού ρυθμού κατά 10% στα ψάρια, ενώ η αντίστοιχη αύξηση για τη γαστρική εκκένωση είναι σημαντικά μικρότερη (<0,1%).

Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού βελτίωσε τους συντελεστές πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της πρωτεΐνης και της ενέργειας σε νεαρά λαβράκια μεταξύ 18° και 25°C, ενώ η σωματική ανάπτυξη και η μετατρεψιμότητα της τροφής ήταν υψηλότερα στις υψηλές θερμοκρασίες (Peres και Oliva-Teles, 1999).

Στο παρόν πείραμα η θερμοκρασία του νερού κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα (26,5±1 °C), δεδομένου ότι το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου, ενώ η άντληση του νερού γινόταν από το πλησιέστερο προς την ακτή τμήμα της θάλασσας. Είναι επομένως πιθανό οι υψηλές θερμοκρασίες να έχουν συμβάλει στην αύξηση της πεπτικότητας των υδατανθράκων και όχι μόνο, των πειραματικών σιτηρεσίων.

Αναφορές υπάρχουν και για την επίδραση της αλατότητας στην ταχύτητα διέλευσης της τροφής από τον εντερικό σωλήνα της πέστροφας (*Onchorchynchus mykiss*) και του σολομού του ατλαντικού (*Salmo salar L.*)



από τους Nordrum *et al.* (2000). Γενικά, υποστηρίζεται ότι η απορρόφηση των θρεπτικών γίνεται καλύτερα, όταν τα ψάρια ζουν σε γλυκό νερό, αλλά παρόλα αυτά δεν είναι σαφής η εικόνα της απορρόφησης των επιμέρους θρεπτικών συστατικών (αμινοξέων) σε σχέση με τα επίπεδα αλατιότητας. Πέστροφες που διατράφηκαν σε γλυκό νερό έδειξαν πολύ καλύτερους συντελεστές πεπτικότητας λιπών, υδατανθράκων και ενέργειας σε σχέση με αντίστοιχες ομάδες ψαριών που διατρέφονταν σε θαλασσινό νερό (Sterebakken *et al.*, 1998).

#### 4.8 Συμπεράσματα

Σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθεί η πεπτικότητα των υδατανθράκων και πιο συγκεκριμένα του ζελατινοποιημένου αμύλου και του μη επεξεργασμένου αμύλου καλαμποκιού, η επίδρασή τους στην πεπτικότητα των άλλων θρεπτικών, αλλά και η επίδραση της κυτταρίνης στην πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών του σιτηρεσίου. Επίσης, διερευνήθηκαν δύο επίπεδα διατροφής, έως κορεσμού και περιορισμένη.

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε πως οι μετρήσεις, που έγιναν με τη μέθοδο του χρωμίου, μας έδωσαν καλά αποτελέσματα στις πεπτικότητες και σύμφωνα με αυτές καταλήξαμε στα παρακάτω πορίσματα:

- Το ζελατινοποιημένο άμυλο παρουσίασε πολύ υψηλή πεπτικότητα στα δύο σιτηρέσια, στα οποία χρησιμοποιήθηκε.
- Το ακατέργαστο άμυλο (raw) παρουσίασε γενικά χαμηλή πεπτικότητα. Ωστόσο, ήταν χαμηλότερη, όταν το ακατέργαστο άμυλο συμμετείχε σε υψηλό ποσοστό στο σιτηρέσιο και υψηλότερη, όταν το ποσοστό συμμετοχής του αμύλου ήταν χαμηλό.
- Γενικά, δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ της έως κορεσμού και της περιορισμένης διατροφής για τα λίπη, την πρωτεΐνη και τους υδατάνθρακες.
- Η κατανάλωση της τροφής στην έως κορεσμού διατροφή, φάνηκε να σχετίζεται με την περιεκτικότητα της τροφής σε πεπτή ενέργεια αλλά και με την παρουσία της κυτταρίνης.
- Η κυτταρίνη είναι πιθανότατα ουδέτερη ή και θετική, σε ότι αφορά την επίδρασή της στις πεπτικότητες των άλλων θρεπτικών συστατικών. Η επίδρασή της στην κατανάλωση τροφής όχι και στην ταχύτητα διέλευσης της τροφής από τον πεπτικό σωλήνα χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists Inc, Arlington, VA.
- Aksnes, A., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Vergara, J.M. and Montero, D., 1997. Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in guilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 153: 239 – 249.
- Alliot, E., Pastoureaud, A., Nedelec, J., 1979. Etude de l'apport calorique et du rapport calorico-azoté dans l'alimentation du bar (*Dicentrarchus labrax*). Influence sur la croissance et la composition corporelle. In: Halver, J.E., Tiews, K., (Eds), Proc. Word Symp. On Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, vol. I. Heeneman Verlag, Berlin, pp 241 – 255.
- Austreng, E., 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, 13: 265 – 272.
- Bergot, F., 1993. Digestibility of native starches of various botanical origins by rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). In: Kaushik, S.J., Luquet, P., (Eds), Fish Nutrition in Practise, Biarritz (France), June 24 –27, 1991. Ed. INRA, Paris (Les Colloques, no. 61), pp 857 – 865.
- Bergot, F. and Breque, J., 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, 22: 81 – 96.
- Bolin, D.W., King, R.P., and Klosterman, W.W., 1952. A simplified method for the determination of chromic oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) when used as an inert substance. *Science*, 116: 634 – 235.
- Boujard, T. and Medale, F., 1994. Regulation of voluntary feed intake in juvenile rainbow trout fed by hand or by self feeders with diets containing two different protein/energy ratios. *Aquat. Living Resour.*, 4: 211 – 215.
- Bromley, P.J. and Adkins, T.C., 1983. The influence of cellulose filler on feeding, growth and utilization of protein and energy in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.*, 24: 235-244.
- Carter, C.G., Lewis, T.E. and Nichols, P.D., 2003. Comparison of cholestane and yttrium oxide as digestibility markers for lipid

- components in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) diets. Aquaculture, Article in Press.
- Cho, C.Y. and Slinger, S.J., 1979. Apparent Digestibility Measurements in Feedstuffs for Rainbow trout. From Proc. World Symp. On Finfish and Fishfeed Technology, Humburg 20 – 23 June, 1978. Vol. II. Berlin.
- Cho, C.Y., Slinger, S.J. and Bayley, H.S., 1982. Bioenergetics of salmonid fish: energy intake, expenditure and productivity. Comparative Biochemistry and Physiology, 73B: 25-41.
- Choubert, G., de la Noüe, J. and Luquet, P., 1979. Continuous Quantitative Automatic Collector for Fish Feces. The Progressive Fish Culturist, Vol. 41, (No2): 65 – 67.
- Choubert, G., de la Noüe, J. and Luquet, P., 1982. Digestibility in fish: improved device for the automatic collection of feces. Aquaculture, 29: 185 – 189.
- De Silva, S.S. & Anderson, T.A., 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall Aquaculture Series 1, London. pp 1, 44, 119 – 142.
- Dias, J., Huelvan, C., Dinis, M.T., Metailler, R., 1998a. Influence of dietary bulk agents (silica, cellulose and natural zeolite) on protein digestibility, growth, feed intake and feed transit time in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. Aquat. Living Resour., 11: 219 – 226.
- Dias, J., Alvarez, M.J., Diez, A., Arzel, J., Corraze, G., Bautista, M.J. and Kaushik, S.J., 1998b. Regulation of hepatic lipogenesis by dietary protein/energy in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, 161: 169 – 186.
- Dioundick, O.B. and Stom, D.I., 1990. Effects of dietary cellulose levels on the juvenile tilapia, *Oreochromis mosambicus* (Peters). Aquaculture, 91: 311 – 315.
- Fernandez, F., Miquel, A.G., Guinea, J., Martinez, R., 1998. Digestion and digestibility in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): the effect of diet composition and ration size. Aquaculture, 166: 67 – 84.
- Fernandez, F., Miquel, A.G., Martinez, R., Serra, E., Guinea, J., Narbaiza, F. J., Caseras, A., Baanante, I.V., 1999. Dietary chromic oxide does not affect the utilization of organic compounds but can alter the utilization of mineral salts in gilthead seabream *Sparus aurata*. The Journal Nutrition, 129: 1053 – 1059.
- Gatta, P.P., Piva, A., Paolini, M., Testi, S., Bonaldo, A., Antelli, A., Mordenti, A., 2001. Effects of dietary organic chromium on

- gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.) performances and liver microsomal metabolism. *Aquac. Res.*, 32: 60 – 69.
- Gouveia, A. and Davies, S.J., 1998. Preliminary nutritional evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 166: 311 – 320.
- Gouveia, A. and Davies, S.J., 2000. Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile european sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 182: 183 – 193.
- Grisdale-Helland, B. and Helland, S.J., 1997. Replacement of protein by fat and carbohydrate in diets for atlantic salmon (*Salmo salar*) at the end of the freshwater stage. *Aquaculture*, 152: 167 – 180.
- Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beams, R.M., Dosanjh, B.S., 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water: 1. Validation of technique, 2. Measurements of digestibility. *Aquaculture*, 112: 321 – 348.
- Halver, J.E. and Hardy, R.W., 2002. FISH NUTRITION. Academic Press. An Imprint of Elsevier Science. Third Edition. pp 313 – 332.
- Hemre, G.I., Karlsen, O., Mangor-Jensen, A., Rosenlund, G., 2003. Digestibility of dry matter, protein, starch and lipid by cod, *Gadus morhua*: comparison of sampling methods. *Aquaculture*, 225: 225 – 232.
- Hepher, B., 1990. Nutrition of Pond Fishes. Cambridge University Press. pp 34 – 42.
- Hidalgo, M.C., Urea, E., Sanz, A., 1999. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture*, 170: 267 – 283.
- Hillestad, M., Asgard, T. and Berge, G., 1999. Determination of digestibility of commercial salmon feeds. *Aquaculture*, 179: 81 –94.
- Hilton, J.W., Atkinson, J.L., Slinger, S.J., 1983. Effect of increased dietary fibre on the growth of Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fisf Aquat. Sci.*, 40: 81 – 85.
- <http://www.minagric.gr>, 2003. Αλιεία 2000 – 2006, Γενική Διεύθυνση Αλιείας, Υδατ/γειες και Εσωτ. Υδατα, Στατιστικά στοιχεία.
- Hudon, B. and de la Noue, J., 1985. Amino acid digestibility in Rainbow trout: Influence of temperature, meal size and type of food. *J. World Maricul. Soc.*, 16, 101 –103.
- Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E., Innami, S., 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharides on

- pancreatic-biliari secretion and digestive organs in rat. *J. Nutr.*, 120: 353 – 360.
- Inaba, D., Ogino, C., Takamatsu, C., Ueda, T. and Kurokawa, K., 1963. Digestibility of dietary componenets of fishes. II Digestibility of dietary protein and starch in rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 29: 242 – 244.
- Jobling, M. and Wandsvik, A., 1983. An investigation of factors controlling food intake in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish Biol.*, 23: 397 – 404.
- Καραλάζος, Α., Ντότας, Δ., Μπάλιος, Ι., 1999. Περιγραφή, συντήρηση και τεχνολογία ζωοτροφών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη. Σελ 13
- Kaushik, S.J., 1981. Influence of a rise I temperature on nitrogen excretion in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) In: Tiews, K. (Ed) *Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems Vol. I*, pp 77 - 89.
- Kaushik, S.J. and Luquet, P., 1984. Relationship between protein and voluntary energy intake as affected by body weight with an estimation of maintaenance needs in rainbow trout. *Z. Tierphysiol. Tierernahr. Futtermittelkd*, 51: 57 – 69.
- Kaushik, S.J. and Oliva – Teles, A., 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, 50: 89 – 101.
- Kaushik, S.J. and Médale, F., 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, 124: 81 – 97.
- Kentouri, M., Divanach, P., Geurden, I. and Anthouard, M., 1995. Mise en evidence du comportement adaptif de la daurade (*Sparus aurata*) en relation avec la composition de la ration dans une situation de nourrissage auto – controle. *Ichthyophysiol. Acta*, 18: 125 – 143.
- Kim, J.D. and Kaushik, S.J., 1992. Contribution of digestible energy for carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 179: 351 – 364.
- Koukouras, S. 1999. Apparent digestibility coefficients of gilthead sea bream, *Sparus aurata* L., fed on two diets at two feeding levels. BSc Project, University of N. Wales, Bangor.
- Λιαμάνης, Δ.Γ., 1984. Εισαγωγή στην πέψη και το μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών. Πεπτικές και μεταβολικές ιδιομορφίες των

- μηρυκαστικών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη. Σελ. 40 –44.
- Lee, S.M., Kim, K.D. and Lall, S.P., 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 221: 427 – 438.
- Levrat, M.A., Moundras, C., Younnes, H., Morand, C., Demigné, C., Révész, C., 1996. Effectiveness of resistant starch, compared to guar gum, in depressing plasma cholesterol and enhancing fecal steroid excretion. *Lipids*, 31: 1069 – 1075.
- Lovell, T., 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Auburn University. Published by Van Nostrand Reinhold, New York.
- McGoogan B.B. and Reigh, R.C., 1996. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, 141: 233 – 244.
- Miller, P.J. & Loates M.J., 1997. *Fish of Britain and Europe*. Collins pocket guide. Harper Collins Publishers, London. pp 194 - 196.
- Morales, A.E., Cardenete, G., Sanz, A., de la Higuera, M., 1999. Re-evaluation of crude fibre and acid insoluble ash as inert markers, alternative to chromic oxide, in digestibility studies with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 179: 71 – 79.
- Mundheim, H. and Opstvedt, J., 1989. Effect of dietary level of protein and fiber on apparent protein digestibility in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and salmon (*Salmo salar*) and comparison of protein digestibility in mink (*Mustela vison*), rainbow trout and salmon. In: M. Takeda and T. Watanabe (Editors), *The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture*. Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo, Japan, pp 195 – 200.
- Nengas, I., Alexis, M., Davies, S.J. and Petichakis, G., 1995. Investigation to determine digestibility coefficients of various raw materials in diets for guilthead sea bream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture Research*, 26: 185 – 194.
- Nengas, I., Alexis, M. and Davies, S.J., 1999. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for guilthead seabream *Sparus aurata* L.. *Aquaculture*, 179: 13 –23.
- Nengas, I., Alexis, M.N., Koutsodimou, M., Athanasopoulou, F., Dotsika, E., Karagouni, E., Kourtis, G., Anastasiou, S., Fountoulaki, E. and Rigos, G., 2000. Effect of diet composition on growth feed utilization and immune system of the sheephead seabream (*Puntazzo puntazzo*). The 9th International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish. Miyazaki, Japan, May 21-25.

- Νεοφύτου, Χ., 2001. Βιολογία Θαλάσσιων Οργανισμών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. Σελ. 20.
- Ng, W.K. & Wilson, R.P., 1997. Chromium oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 127: 2357 – 2362.
- Nordum, S., Bakke-McKellep, A.M., Krogdahl, A. and Buddington, R.K., 2000. Effects of soybean meal and salinity on intestinal transport of nutrients in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part. B: Biochemistry and Molecular Biology*, 125: 317 –335.
- Nutrient Requirements of Fish, 1993. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Research Council. National Academy Press. Washington.
- Pan, Q., Liu, S., Tan, Y.G., Bi, Y.Z., 2003. The effect of chromium picolinate on growth and carbohydrate utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 225: 421 – 429.
- Paspatis, M., Boujard, T., 1996. A comparative study of automatic feeding and self-feeding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with different energy levels. *Aquaculture*, 145: 245 –247.
- Peres, H. and Oliva – Teles, A., 1999. Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 170: 337 – 348.
- Peres, H. and Oliva – Teles, A., 2002. Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 205: 287 – 299.
- Petihakis, G., 1989. The digestibility characteristics of selected animal by-products in test diets for adult gilthead seabream (*Sparus aurata*). . BSc Project (Hons) Ecology Lond. Department of Applied Fish Biology, Plymouth Polytechnic.
- Pfeffer, E., Beckmann-Toussaint, J., Henrichfreise, B., Jansen, H.D., 1991. Effect of extrusion on efficiency of utilization of maize starch by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 96: 293 – 303.
- Πνευματικός, Γ.Η., 1993. Ιχθυοτροφία και Ιχθυοπαθολογία. Εκδοτικός οίκος αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Podoskina, T.A., Podoskin, A.G. and Bekina, E.N., 1997. Efficiency of utilization of some potato starch modifications by rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 152: 235 –248.

- Πράπας, Α., 2000. Πρακτικός Οδηγός Ιχθυοπαθολογίας Εκτρεφόμενων στην Ελλάδα ειδών και Οστρακόδερμων. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Δ/νση Αλιείας. Αθήνα. Σελ. 13
- Riche, M., White, M.R. and Brown, P.B., 1995. Barium carbonate as an alternative indicator to chromic oxide for use in digestibility experiments with rainbow trout. *Nutrition Research*, 15: 1323 – 1331.
- Robaina, L., Moyano, F.J., Izquierdo, M.S., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., 1997. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for guilthead sea bream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 157: 347 – 359.
- Rychly, J. and Spannhof, L., 1979. Nitrogen balance in trout: 1. Digestibility of diets containing varying levels of protein and carbohydrate. *Aquaculture*, 16: 39 – 46.
- Ryu, S.Y., Rhium, J.W., Roh, H.J. and Kim, S.S., 2002. Preparation and Physical Properties of Zein-Coated High-Amylose Corn Starch Film. *Lebensm. – Wiss. u. – Technol.*, 35: 680 – 686.
- Shiau, S.Y., Yu, H.L., Hwa, S., Chen, S.Y. and Hsu, S.I., 1988. The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body Composition of *Tilapia*. *Aquaculture*, 70: 345 – 354.
- Shiau, S.Y. and Peng, C.Y., 1993. Protein –sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, 117: 327 – 334.
- Shiau, S.Y., 1997. Utilization of carbohydrates in warmwater fish with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, 151: 79 –96.
- Singh, R.P. and Nose, T, 1967. Digestibility of carbohydrates in young rainbow trout. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. (Japan)*, 17 (1): 21 – 25.
- Smith, R.R., Peterson, M.C. and Allred, A.C., 1979. Effect of Leaching on Apparent Digestion Coefficients of Feedstuffs for Salmonids. U.S. Fish and Wildlife Service, Tunison Laboratory of Fish Nutrition, Vol. 42, (No 4).
- Spannhof. L., Plantikow, H, 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, 30: 95 –108.
- Steffens, W., 1989. Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood Limited, England, pp 53, 155 – 167.



- Stickney, R.R. and Shumway, S.E., 1974. Occurrence of cellulase activity in the stomach of fishes. *Journal of Fish Biology*, 6: 779-90.
- Storebakken, T., Shearer, K.D., Refstie, S., Lagocki, S., Mc Cool, J., 1998. Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 163: 347- 359.
- Sugiura, S.H., Dong, F.M., Rathbone, C.K., Hardy, R.W., 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmon feeds. *Aquaculture*, 159: 177 – 202.
- Tacon, A.G.J. and Rodriques, A.M.P., 1984. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. *Aquaculture*, 159: 391 – 399.
- Tacon, A.G.J., 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp – A Training Manual: 1. The Essential Nutrients. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Brazil, p. 117. GCP/RLA/075/ITA.
- Thivend, P., Mercier, C., Guilbot, A., 1972. Determination of starch with glucoamylase. In: Whistler, R.L. and Bemler, I.N. (Eds). *Methods in carbohydrate chemistry*. Vol. VI, Academic Press. N.Y. pp. 100-105.
- Ulloa Rojas, J.B. and Verreth, J.A.J., 2003. Growth of *Oreochromis aureus* fed with diets containing graded levels of coffee pulp and reared in two culture systems. *Aquaculture*, 217: 275 – 283.
- Vandenberg, G.W. and De La Noüe, J., 2001. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. *Aquaculture Nutrition*, 7: 237 – 245.
- Venou, B., Alexis, M.N., Fountoulaki, E., Nengas, I., Apostolopoulou, M., Castritsi-Cathariou, I., 2003. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. *Aquaculture*, 225: 207 – 223.
- Wilson, R.P., 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124: 67 – 80.
- Windell, J.T., Jeffrey W.F. and Sarokon, J.A., 1978. *Methods of Faecal Collection and Nutrient leaching in Digestibility Studies*. Department of Environmental, Population and Organismic Biology University of Colorado, Vol. 40, (No 2): pp 51 – 55.

## **6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

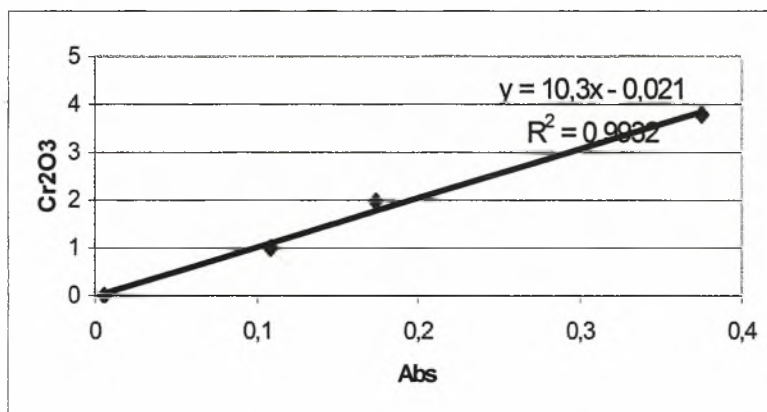
## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ

Σιτηρέσια	α/α	W (mg) Δείγματος	Abs*	Abs-blk**	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Σιτηρέσιο 1	1	56,8	0,064	0,058	0,638	0,638
	2	54,7	0,064	0,058	0,638	
Σιτηρέσιο 2	3	56,5	0,07	0,064	0,700	0,695
	4	58,4	0,069	0,063	0,690	
Σιτηρέσιο 3	5	55,5	0,068	0,062	0,679	0,664
	6	55,5	0,065	0,059	0,649	

\*Abs: Absorption, απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 410nm

\*\*Abs-blk: Absorption-Blank, απορρόφηση-απορρόφηση του τυφλού δείγματος

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Τυφλό		0,006	0
S1	26,3	0,108	0,9994
S2	51,8	0,174	1,9684
S3	99,4	0,375	3,7772



Δεξαμενή/ Pool*	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ1/P1	1	51,5	0,208	0,184	2,179	2,164
Δ1/P1	2	51,6	0,205	0,181	2,149	
Δ1/P2	3	51,2	0,172	0,148	1,811	1,811
Δ1/P2	4	50,4	0,172	0,148	1,811	
Δ1/P3	5	51,5	0,178	0,154	1,872	1,846
Δ1/P3	6	50,8	0,173	0,149	1,821	
Δ1/P4	7	50,5	0,212	0,188	2,220	2,210
Δ1/P4	8	50,3	0,21	0,186	2,200	
Δ1/P5	9	50,9	0,285	0,261	2,968	3,009
Δ1/P5	10	51,4	0,293	0,269	3,050	
Δ1/P6	11	51	0,287	0,263	2,989	2,999
Δ1/P6	12	50,7	0,289	0,265	3,009	
Δ1/P7	13	51,5	0,347	0,323	3,603	3,619
Δ1/P7	14	51,1	0,35	0,326	3,634	
Δ1/P8	15	51,1	0,276	0,252	2,876	2,940
Δ1/P8	16	51,6	0,279	0,255	3,005	

\*Δεξαμενή/Pool: Το συγκεντρωτικό δείγμα-Pool των περιπτώσεων για κάθε δεξαμενή.

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Τυφλό</b>		<b>0,024</b>	
S1	25,9	0,102	0,9615
S2	51,2	0,188	1,9231
S3	101,9	0,384	3,8462

Δεξαμενή /Pool	a/a	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ2/P1	1	50,7	0,138	0,132	1,462	1,452
Δ2/P1	2	50,9	0,136	0,13	1,442	
Δ2/P2	3	51,2	0,187	0,181	1,964	1,954
Δ2/P2	4	51,7	0,185	0,179	1,944	
Δ2/P3	5	51,7	0,174	0,168	1,831	1,836
Δ2/P3	6	51,2	0,175	0,169	1,841	
Δ2/P4	7	52,2	0,181	0,175	1,903	1,918
Δ2/P4	8	52	0,184	0,178	1,933	
Δ2/P5	9	51,6	0,194	0,188	2,036	2,026
Δ2/P5	10	51,5	0,192	0,186	2,015	
Δ2/P6	11	50,1	0,199	0,193	2,087	2,103
Δ2/P6	12	51,3	0,202	0,196	2,118	
Δ2/P7	13	51,1	0,166	0,16	1,749	1,770
Δ2/P7	14	51,3	0,17	0,164	1,790	
Δ2/P8	15	52	0,148	0,142	1,565	1,565
Δ2/P8	16	51,9	0,148	0,142	1,565	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Τυφλό</b>		<b>0,006</b>	
S1	25,9	0,102	0,9615
S2	51,2	0,188	1,9231
S3	101,9	0,384	3,8462

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ3/P1	7	52	0,188	0,182	1,915	1,941
Δ3/P1	8	53,9	0,193	0,187	1,967	
Δ3/P2	9	57,5	0,226	0,22	2,307	2,230
Δ3/P2	10	54,1	0,211	0,205	2,152	
Δ3/P3	11	52,6	0,175	0,169	1,782	1,818
Δ3/P3	12	52,9	0,182	0,176	1,854	
Δ3/P4	13	52,5	0,198	0,192	2,018	2,080
Δ3/P4	14	54,4	0,21	0,204	2,142	
Δ3/P5	15	54,3	0,198	0,192	2,018	1,931
Δ3/P5	16	51,8	0,181	0,175	1,843	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Τυφλό		0,006	0
S1	26,3	0,108	0,9994
S2	51,8	0,174	1,9684
S3	99,4	0,375	3,7772

Δεξαμενή /Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ3/P6	1	51,5	0,172	0,166	1,811	1,862
Δ3/P6	2	52,7	0,182	0,176	1,913	
Δ3/P7	3	52	0,2	0,194	2,097	2,159
Δ3/P7	4	53,1	0,212	0,206	2,220	
Δ3/P8	5	51,8	0,188	0,182	1,974	1,990
Δ3/P8	6	52,2	0,191	0,185	2,005	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Τυφλό		0,006	0
S1	25,1	0,1	0,9615
S2	51,2	0,188	1,9231
S3	100,12	0,382	3,8462

Δεξαμενή /Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
<b>Δ4/P1</b>	1	51,6	0,217	0,21	2,145	2,140
Δ4/P1	2	51,7	0,216	0,209	2,135	
Δ4/P2	3	51,8	0,208	0,201	2,053	2,038
Δ4/P2	4	50,9	0,205	0,198	2,023	
Δ4/P3	5	51,6	0,236	0,229	2,339	2,339
Δ4/P3	6	51,9	0,236	0,229	2,339	
Δ4/P4	7	52,4	0,214	0,207	2,115	2,084
Δ4/P4	8	51,8	0,208	0,201	2,053	
Δ4/P5	9	51,5	0,196	0,189	1,931	1,900
Δ4/P5	10	50,7	0,19	0,183	1,869	
Δ4/P6	11	51,3	0,299	0,292	2,983	2,978
Δ4/P6	12	51,8	0,298	0,291	2,973	
Δ4/P7	13	52	0,297	0,29	2,963	2,943
Δ4/P7	14	51,8	0,293	0,286	2,922	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Τυφλό</b>		<b>0,007</b>	0
S1	25,3	0,099	0,9615
S2	50,8	0,199	1,9231
S3	100,6	0,382	3,8462

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ5/P1	5	50,6	0,13	0,106	1,380	1,380
Δ5/P1	6	50,3	0,13	0,106	1,380	
Δ5/P2	7	50,4	0,135	0,111	1,432	1,452
Δ5/P2	8	50,9	0,139	0,115	1,473	
Δ5/P3	9	51,1	0,148	0,124	1,565	1,539
Δ5/P3	10	50,5	0,143	0,119	1,513	
Δ5/P4	11	50,7	0,161	0,137	1,698	1,698
Δ5/P4	12	50,9	0,161	0,137	1,698	
Δ5/P5	13	50,9	0,169	0,145	1,780	1,775
Δ5/P5	14	51,2	0,168	0,144	1,770	
Δ5/P6	15	50,4	0,161	0,137	1,698	1,703
Δ5/P6	16	50,8	0,162	0,138	1,708	
Δ5/P7	17	51,2	0,147	0,123	1,554	1,570
Δ5/P7	18	52,8	0,15	0,126	1,585	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Τυφλό		0,024	0
S1	25,1	0,1	0,9615
S2	51,2	0,188	1,9231
S3	100,12	0,382	3,8462



Δεξαμενή/ Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ6/P1	7	53	0,191	0,185	2,005	1,980
Δ6/P1	8	52,8	0,186	0,18	1,954	
Δ6/P2	9	53,4	0,216	0,21	2,261	2,246
Δ6/P2	10	51,8	0,213	0,207	2,231	
Δ6/P3	11	53,6	0,21	0,204	2,200	2,174
Δ6/P3	12	52,8	0,205	0,199	2,149	
Δ6/P4	13	51,9	0,213	0,207	2,231	2,220
Δ6/P4	14	53,8	0,211	0,205	2,210	
Δ6/P5	15	53,5	0,227	0,221	2,374	2,400
Δ6/P5	16	53,4	0,232	0,226	2,425	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Τυφλό</b>		<b>0,006</b>	<b>0</b>
S1	25,1	0,1	0,9615
S2	51,2	0,188	1,9231
S3	100,12	0,382	3,8462

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	Abs	Abs-blk	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M.O.
Δ6/P6	1	51,9	0,227	0,203	2,374	2,369
Δ6/P6	2	51,3	0,226	0,202	2,364	
Δ6/P7	3	52,5	0,212	0,188	2,220	2,200
Δ6/P7	4	52,7	0,208	0,184	2,179	

Standard	W (mg) υλικού	Abs	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Τυφλό</b>		<b>0,024</b>	<b>0</b>
S1	25,1	0,1	0,9615
S2	51,2	0,188	1,9231
S3	100,12	0,382	3,8462

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ**

Σιτηρέσια	α/α	W (mg) Δειγματος	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
Σιτηρέσιο 1	1	216,2	9,06	9	36,42		Blk 1=0,07
	2	223,4	9,41	9,35	36,62		Blk 2=0,05
	3	217,9	9,23	9,17	36,82	36,62	<b>M.O.=0,06</b>
Σιτηρέσιο 2	4	224,9	9,83	9,77	38,01		
	5	221	9,75	9,69	38,37		
	6	221,7	9,64	9,58	37,81	38,06	
Σιτηρέσιο 3	7	230,8	9,71	9,65	36,58		
	8	223,6	9,38	9,32	36,47		
	9	226,9	9,44	9,38	36,17	36,41	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W (mg) Δειγματος	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ1/P1	1	201,4	3,27	2,57	11,17		Blk=0,7
Δ1/P1	2	201,3	3,29	2,59	11,26	11,212	
Δ1/P2	3	200,7	2,95	2,25	9,81		
Δ1/P2	4	200,9	2,98	2,28	9,93	9,870	
Δ1/P3	5	200,8	3,09	2,39	10,41		
Δ1/P3	6	200,7	3,05	2,35	10,25	10,330	

Δ1/P4	1	200,5	4,03	3,96	17,28	17,28	Blk=0,07
Δ1/P5	2	160,1	4	3,93	21,48		
Δ1/P5	3	168,1	4,2	4,13	21,50	21,488	
Δ1/P6	4	170,1	3,93	3,86	19,86		
Δ1/P6	5	183,8	4,09	4,02	19,14	19,497	
Δ1/P7	6	181	4,22	4,15	20,06	20,06	
Δ1/P8	7	195,5	4,35	4,28	19,16		
Δ1/P8	8	191,5	4,25	4,18	19,10	19,128	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ2/P1</b>	1	200,1	3,95	3,2	13,99		Blk 1=0,7
Δ2/P1	2	200,9	3,97	3,22	14,02	14,009	Blk 2=0,8
Δ2/P2	3	201,7	4,02	3,27	14,19		<b>M.O.=0,75</b>
Δ2/P2	4	201,4	4,09	3,34	14,51	14,348	
Δ2/P3	5	203,8	4,23	3,48	14,94		
Δ2/P3	6	201,6	4,38	3,63	15,76	15,348	
Δ2/P4	7	202,6	4,48	3,73	16,11		
Δ2/P4	8	204,4	4,55	3,8	16,27	16,188	
Δ2/P5	9	203	4,97	4,22	18,19		
Δ2/P5	10	203,1	4,93	4,18	18,01	18,099	
Δ2/P6	11	201,2	4,65	3,9	16,96		
Δ2/P6	12	201,8	4,85	4,1	17,78	17,369	
Δ2/P7	13	203,3	4,45	3,7	15,92		
Δ2/P7	14	202,3	4,45	3,7	16,00	15,964	

Δ2/P8	15	205,2	4,38	3,73	15,91		Blk=0,65
Δ2/P8	16	204,3	4,15	3,5	14,99	15,448	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ3/P1</b>	1	202,6	2,49	2,43	10,49		Blk=0,06
Δ3/P1	2	205,5	2,61	2,55	10,86	10,676	
Δ3/P2	3	206,8	3,02	2,96	12,52		
Δ3/P2	4	203,7	3,07	3,01	12,93	12,727	
Δ3/P3	5	202,1	2,94	2,88	12,47		
Δ3/P3	6	202,2	2,98	2,92	12,64	12,553	
Δ3/P4	7	204,7	2,89	2,83	12,10		
Δ3/P4	8	205,1	3,09	3,03	12,93	12,512	
Δ3/P5	9	203,4	3,15	3,09	13,29		
Δ3/P5	10	203,8	3,15	3,09	13,27	13,280	
Δ3/P6	11	206,1	2,83	2,77	11,76		
Δ3/P6	12	200,3	2,69	2,63	11,49	11,625	
Δ3/P7	13	209,4	2,82	2,76	11,53		
Δ3/P7	14	207,6	2,8	2,74	11,55	11,541	

Δ3/P8	15	208,5	2,47	1,82	7,64		Blk=0,65
Δ3/P8	16	207	2,54	1,89	7,99	7,814	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ4/P1</b>	1	202,9	4,01	3,36	14,49		Blk=0,65
Δ4/P1	2	201,1	3,96	3,31	14,40	14,446	
Δ4/P2	3	190,3	3,65	3,58	16,46		
Δ4/P2	4	190,3	3,68	3,61	16,60	16,530	
Δ4/P3	5	171,8	3,93	3,86	19,66		Blk=0,07
Δ4/P3	6	173,5	3,85	3,78	19,06	19,361	
Δ4/P4	7	201,2	5,8	5,73	24,92		
Δ4/P4	8	201,1	5,73	5,66	24,63	24,773	
Δ4/P5	9	200,4	5,8	5,73	25,02		
Δ4/P5	10	200,4	5,7	5,63	24,58	24,800	
Δ4/P6	11	201,1	4,33	4,26	18,54		
Δ4/P6	12	200,6	4,48	4,41	19,24	18,886	
Δ4/P7	13	200,1	4,74	4,67	20,42		
Δ4/P7	14	200,4	5,53	5,46	23,84	22,130	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ5/P1</b>	1	201,9	3,87	3,17	13,74		Blk 1=0,8
Δ5/P1	2	200,7	4,08	3,38	14,74	14,237	Blk 2=0,6
Δ5/P2	3	200	3,97	3,27	14,31		<b>M.O.=0,7</b>
Δ5/P2	4	201,2	3,89	3,19	13,87	14,090	
Δ5/P3	5	200,9	4,45	3,75	16,33		
Δ5/P3	6	200,7	4,47	3,77	16,44	16,384	
Δ5/P4	7	201,5	4,31	3,61	15,68		
Δ5/P4	8	201,1	4,2	3,5	15,23	15,452	
Δ5/P5	9	200,4	4,02	3,32	14,50		
Δ5/P5	10	200,7	3,9	3,2	13,95	14,224	
Δ5/P6	11	201,6	4,52	3,82	16,58		
Δ5/P6	12	201,8	4,38	3,68	15,96	16,268	
Δ5/P7	13	203,7	4,09	3,44	14,78		
Δ5/P7	14	202,1	3,89	3,24	14,03	14,402	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	ml HCl	ml HCl- Blk	% Πρωτεΐνη	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ6/P1</b>	1	206,6	2,63	2,57	10,88		Blk=0,06
Δ6/P1	2	201,7	2,54	2,48	10,76	10,822	
Δ6/P2	3	200,2	2,7	2,64	11,54		
Δ6/P2	4	204,1	2,71	2,65	11,36	11,450	
Δ6/P3	5	209,8	2,81	2,75	11,47		
Δ6/P3	6	208,6	2,87	2,81	11,79	11,628	

Δ6/P4	7	208,4	2,89	2,14	8,99		Blk=0,75
Δ6/P4	8	210,1	3,08	2,33	9,70	9,344	
Δ6/P5	9	201,4	2,81	2,06	8,95		
Δ6/P5	10	206,4	2,97	2,22	9,41	9,181	
Δ6/P6	11	201,6	2,8	2,05	8,90		
Δ6/P6	12	201,8	2,8	2,05	8,89	8,893	

Δ6/P7	13	200,9	2,78	2,13	9,28		Blk=0,65
Δ6/P7	14	203,7	2,86	2,21	9,49	9,385	

## ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΛΙΠΩΝ ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ

Σιτηρέσια	α/α	W δείγματος (mg)	Abs* (100μl)	Abs-Blk**	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Σιτηρέσιο 1	1	101	0,618	0,582	8,77	9,54	0,036
	2	100,3	0,691	0,655	9,93		
	3	101,1	0,696	0,66	9,93		
Σιτηρέσιο 2	4	101,1	0,834	0,798	12,01	11,20	
	5	101	0,729	0,693	10,44		
	6	101,1	0,778	0,742	11,16		
Σιτηρέσιο 3	7	100,8	0,883	0,847	12,78	11,76	
	8	101	0,796	0,76	11,45		
	9	101,4	0,772	0,736	11,04		

\*Abs: Absorption, απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 530nm

\*\*Abs-blk: Absorption-Blank, απορρόφηση-απορρόφηση του τυφλού δείγματος

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,398	0,362	0,3287
S2	0,357	0,321	
S3	0,339	0,303	
$\alpha = 0,025 \cdot 3 / 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 100 = 500^*$			

Για 100μl	$\alpha=0,025 \cdot 1,2/1 \cdot 2,5 \cdot 0,1 \cdot 100=75^*$
Για 50μl	$\alpha=0,025 \cdot 1,2/1 \cdot 2,5 \cdot 0,05 \cdot 100=150^*$

\*α: σταθερά που εξαρτάται από τους όγκους των υγρών (χλωροφόρμιο:μεθανόλη 2:1 και θειικό οξύ) που χρησιμοποιούνται κατά τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ1/P1</b>	1	70,8	0,732	0,707	3,151		
Δ1/P1	2	71,1	0,754	0,729	3,236	3,194	0,025
Δ1/P2	3	70,4	0,568	0,543	2,434		
Δ1/P2	4	70,5	0,52	0,495	2,216	2,325	
Δ1/P3	5	71,2	0,616	0,591	2,620		
Δ1/P3	6	71	0,545	0,52	2,311	2,465	
Δ1/P4	7	70,1	0,663	0,638	2,872		
Δ1/P4	8	70,4	0,508	0,483	2,165	2,519	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,517	0,492	<u>0.4753</u>
S2	0,485	0,46	
S3	0,499	0,474	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ1/P5</b>	9	71,1	0,878	0,853	5,933		0,025
Δ1/P5	10	70,7	0,92	0,895	6,261	6,097	
Δ1/P6	11	71,1	0,512	0,487	3,387		
Δ1/P6	12	70,3	0,772	0,747	5,255	4,321	
Δ1/P7	13	70,6	0,514	0,489	3,425		
Δ1/P7	14	70,5	0,532	0,507	3,557	3,491	
Δ1/P8	15	70,8	0,56	0,535	3,737		
Δ1/P8	16	70,5	0,551	0,526	3,690	3,714	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,312	0,287	<u>0.3033</u>
S2	0,324	0,299	
S3	0,349	0,324	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ2/P1	1	71,6	0,684	0,659	2,905		0,025
Δ2/P1	2	70,4	0,741	0,716	3,210	3,057	
Δ2/P2	3	72	0,652	0,627	2,748		
Δ2/P2	4	70,6	0,733	0,708	3,165	2,957	
Δ2/P3	5	71,3	0,606	0,581	2,572		
Δ2/P3	6	71,4	0,664	0,639	2,824	2,698	
Δ2/P4	7	70,6	0,564	0,539	2,409		
Δ2/P4	8	71	0,631	0,606	2,694	2,552	
Δ2/P5	9	71	0,766	0,741	3,294		
Δ2/P5	10	70,9	0,708	0,683	3,040	3,167	
Δ2/P6	11	70,9	0,588	0,563	2,506		
Δ2/P6	12	71,6	0,542	0,517	2,279	2,392	
Δ2/P7	13	71,3	0,534	0,509	2,253		
Δ2/P7	14	711	0,633	0,608	0,270	1,261	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,517	0,492	<u>0.4753</u>
S2	0,485	0,46	
S3	0,499	0,474	
T	0,025		

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ2/P8	15	70,6	0,565	0,54	3,783		0,025
Δ2/P8	16	70,2	0,514	0,489	3,445	3,614	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,312	0,287	<u>0.3033</u>
S2	0,324	0,299	
S3	0,349	0,324	



Δεξαμενή /Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λιπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ3/P1</b>	1	72,3	0,199	0,172	1,203		T1=0,042
Δ3/P1	2	73	0,288	0,261	1,808	1,505	T2=0,012
Δ3/P2	3	72	0,302	0,275	1,931		M.O.=0,027
Δ3/P2	4	72,5	0,324	0,297	2,071	2,001	
Δ3/P3	5	73,9	0,625	0,598	4,091		
Δ3/P3	6	72,8	0,639	0,612	4,250	4,171	
Δ3/P4	7	73,3	0,248	0,221	1,524		
Δ3/P4	8	73,3	0,327	0,3	2,069	1,797	
Δ3/P5	9	72,5	0,312	0,285	1,987		
Δ3/P5	10	71	0,408	0,381	2,713	2,350	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,364	0,337	<u>0.2967</u>
S2	0,289	0,262	
S3	0,318	0,291	

Δεξαμενή /Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (100μl)	Abs-Blk	% λιπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ3/P6	11	73,2	0,528	0,503	2,586		0,025
Δ3/P6	12	73	0,555	0,53	2,732	2,659	
Δ3/P7	13	71,5	0,459	0,434	2,284		
Δ3/P7	14	73,5	0,482	0,457	2,340	2,312	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,231	0,206	<u>0.1993</u>
S2	0,225	0,2	
S3	0,217	0,192	

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λιπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ3/P8	15	70,8	0,29	0,265	1,851		0,025
Δ3/P8	16	71	0,277	0,252	1,755	1,803	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,312	0,287	<u>0.3033</u>
S2	0,324	0,299	
S3	0,349	0,324	

Δεξαμενή /Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ4/P1</b>	1	70,8	0,497	0,492	4,191		0,005
Δ4/P1	2	70,6	0,543	0,538	4,596	4,394	
Δ4/P2	3	70,7	0,401	0,396	3,378		
Δ4/P2	4	70,6	0,443	0,438	3,742	3,560	
Δ4/P3	5	70,8	0,571	0,566	4,822		
Δ4/P3	6	70,6	0,525	0,52	4,442	4,632	
Δ4/P4	7	70,5	0,774	0,769	6,579		
Δ4/P4	8	70,6	0,826	0,821	7,014	6,796	
Δ4/P5	9	70,3	0,963	0,958	8,219		
Δ4/P5	10	70,1	0,876	0,871	7,494	7,857	
Δ4/P6	11	70,6	0,433	0,428	3,656		
Δ4/P6	12	70,9	0,493	0,488	4,151	3,904	
Δ4/P7	13	70,8	0,481	0,476	4,055		
Δ4/P7	14	70,8	0,492	0,487	4,149	4,102	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,262	0,257	<u>0.2487</u>
S2	0,262	0,257	
S3	0,237	0,232	

Δεξαμενή /Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δ5/P1</b>	1	72,7	0,613	0,588	2,553		0,025
Δ5/P1	2	71,6	0,484	0,459	2,023	2,288	
Δ5/P2	3	70,4	0,564	0,539	2,416		
Δ5/P2	4	70,6	0,543	0,518	2,316	2,366	
Δ5/P3	5	70,4	0,664	0,639	2,865		
Δ5/P3	6	71	0,522	0,497	2,209	2,537	
Δ5/P4	7	71,3	0,76	0,735	3,253		
Δ5/P4	8	71,4	0,619	0,594	2,625	2,939	
Δ5/P5	9	71,2	0,662	0,637	2,823		
Δ5/P5	10	71,3	0,613	0,588	2,603	2,713	
Δ5/P6	11	71,9	0,659	0,634	2,783		
Δ5/P6	12	71,8	0,54	0,515	2,264	2,523	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,517	0,492	<u>0.4753</u>
S2	0,485	0,46	
S3	0,499	0,474	

Δεξαμενή /Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (50μl)	Abs-Blk	% λίπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ5/P7	13	70,3	0,528	0,503	3,539		0,025
Δ5/P7	14	70,6	0,463	0,438	3,068	3,303	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,312	0,287	<u>0.3033</u>
S2	0,324	0,299	
S3	0,349	0,324	

Δεξαμενή / Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (100μl)	Abs-Blk	% λιπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ6/P1	1	73,2	0,518	0,493	2,534		0,025
Δ6/P1	2	73,5	0,525	0,5	2,560	2,547	
Δ6/P2	3	70,9	0,325	0,3	1,592		
Δ6/P2	4	71,5	0,35	0,325	1,711	1,651	
Δ6/P3	5	72,6	0,405	0,38	1,970		
Δ6/P3	6	72,8	0,405	0,38	1,964	1,967	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,231	0,206	<u>0.1993</u>
S2	0,225	0,2	
S3	0,217	0,192	

Δεξαμενή / Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (100μl)	Abs-Blk	% λιπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ6/P4	7	71,9	0,531	0,506	1,110		0,025
Δ6/P4	8	73,4	0,517	0,492	1,058	1,084	
Δ6/P5	9	73	0,457	0,432	0,934		
Δ6/P5	10	73,5	0,476	0,451	0,968	0,951	
Δ6/P6	11	72,2	0,466	0,441	0,964		
Δ6/P6	12	73,5	0,506	0,481	1,033	0,998	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,517	0,492	<u>0.4753</u>
S2	0,485	0,46	
S3	0,499	0,474	

Δεξαμενή / Pool	α/α	W δειγματος (mg)	Abs (100μl)	Abs-Blk	% λιπος	M.O.	Blank (Τυφλό)
Δ6/P7	13	70,6	0,543	0,518	3,629		0,025
Δ6/P7	14	70,7	0,537	0,512	3,582	3,605	

Standard	Abs(100μl)	Abs-Blk	M.O.
S1	0,312	0,287	<u>0.3033</u>
S2	0,324	0,299	
S3	0,349	0,324	

## ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ (ΑΜΥΛΟΥ) ΣΤΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ

Σιτηρέσια	a/a	W δείγματος	Abs*	Abs-blk **	mg/tube ***	% Άμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Αραίωση 1:3, 40μl</b>								
Σιτηρέσιο 1		51,6	1,065	0,827	0,0495	35,96	36,84	0,238
		52,3	1,117	0,879	0,0526	37,73		
Σιτηρέσιο 2		51,8	1,089	0,851	0,0509	36,87	38,45	
		50,6	1,14	0,902	0,0540	40,02		

10μl								
Σιτηρέσιο3		51,7	0,685	0,457	0,028	26,80	26,75	0,028
		51,9	0,685	0,457	0,028	26,70		

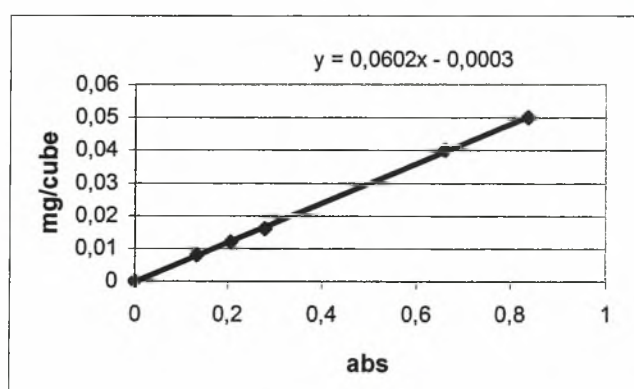
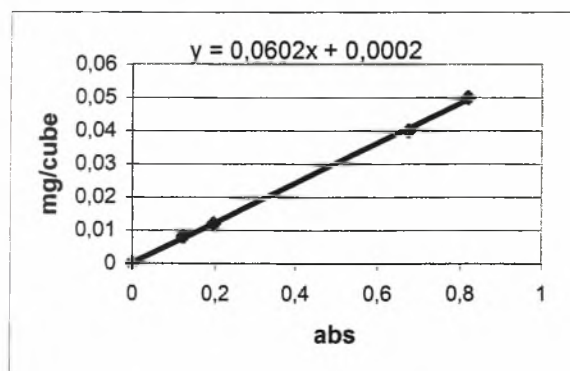
\*Abs: Absorption, απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 500nm

\*\*Abs-blk: Absorption-Blank, απορρόφηση-απορρόφηση του τυφλού δείγματος

\*\*\*mg/tube: mg του αμύλου, που υπάρχει σε κάθε σωλήνα (δείγμα)

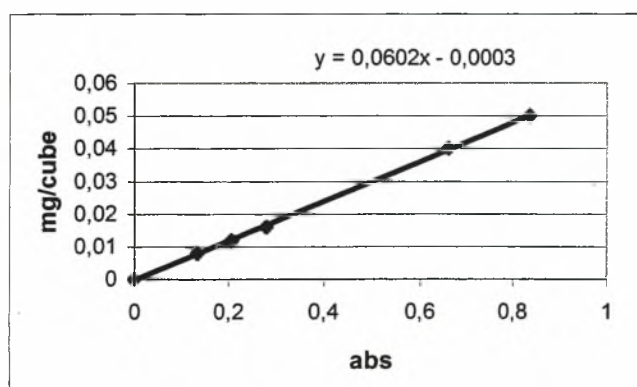
Standard	abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,165	0	0
S <sub>1</sub>	0,289	0,124	0,008
S <sub>2</sub>	0,362	0,197	0,012
S <sub>3</sub>	0,388	0,223	0,016
S <sub>4</sub>	0,84	0,675	0,04
S <sub>5</sub>	0,983	0,818	0,05

Standard	Abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,17	0	0
S <sub>1</sub>	0,304	0,134	0,008
S <sub>2</sub>	0,376	0,206	0,012
S <sub>3</sub>	0,45	0,28	0,016
S <sub>4</sub>	0,831	0,661	0,04
S <sub>5</sub>	1,007	0,837	0,05



Δεξαμενή /Pool	a/a	W Δειγματος (mg)	Abs	Abs-blk	mg/tube	% Άμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δεξαμενή 1, 80μl</b>								
Δ1/P1	1	50,6	0,477	0,239	0,0141	1,740	1,8494	0,238
Δ1/P1	2	51,1	0,509	0,271	0,0160	1,959		
Δ1/P2	3	51,3	0,451	0,213	0,0125	1,526	1,5154	
Δ1/P2	4	51	0,447	0,209	0,0123	1,505		
Δ1/P3	5	51	0,446	0,208	0,0122	1,498	1,4693	
Δ1/P3	6	50,4	0,436	0,198	0,0116	1,441		
Δ1/P4	7	51,1	0,489	0,251	0,0148	1,811	1,8260	
Δ1/P4	8	50,7	0,491	0,253	0,0149	1,841		
Δ1/P5	9	50,1	0,547	0,309	0,0183	2,283	2,2985	
Δ1/P5	10	50,9	0,556	0,318	0,0188	2,314		
Δ1/P6	11	50,6	0,556	0,318	0,0188	2,327	2,3479	
Δ1/P6	12	51	0,564	0,326	0,0193	2,368		
Δ1/P7	13	50,4	0,531	0,293	0,0173	2,150	2,1070	
Δ1/P7	14	50,5	0,52	0,282	0,0167	2,064		
Δ1/P8	15	51	0,505	0,267	0,0158	1,933	2,1122	
Δ1/P8	16	51,4	0,556	0,318	0,0188	2,291		

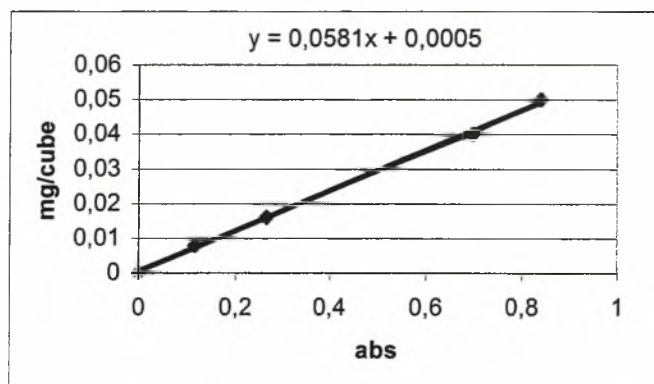
Standard	Abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,17	0	0
S <sub>1</sub>	0,304	0,134	0,008
S <sub>2</sub>	0,376	0,206	0,012
S <sub>3</sub>	0,45	0,28	0,016
S <sub>4</sub>	0,831	0,661	0,04
S <sub>5</sub>	1,007	0,837	0,05



<b>Απορροφήσεις καθαρού αμύλου 20,30,40mg</b>				
mg	Abs	Abs-blk	mg/tube	mg
20,3	0,57	0,38	0,0125	13,060
30,4	0,73	0,54	0,0222	23,077
40,4	0,92	0,73	0,0336	34,972
blank	0,238			

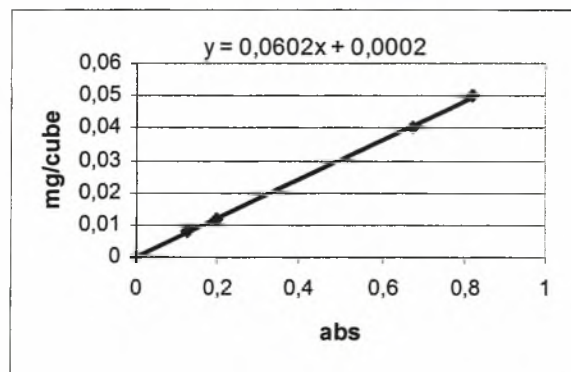
Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	Abs	Abs-blk	mg/tube	% Αμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δεξαμενή 2, 20μl</b>								
Δ2/P1	1	51,4	0,947	0,757	0,0445	21,635	23,43	0,19
Δ2/P1	2	251,3	1,072	0,882	0,0517	25,216		
Δ2/P2	3	51,4	1,174	0,984	0,0577	28,050	29,11	
Δ2/P2	4	51,7	1,255	1,065	0,0624	30,163		
Δ2/P3	5	50,9	1,187	0,997	0,0584	28,696	29,09	
Δ2/P3	6	51,5	1,227	1,037	0,0607	29,490		
Δ2/P4	7	52,1	1,245	1,055	0,0618	29,652	29,56	
Δ2/P4	8	51,6	1,228	1,038	0,0608	29,461		
Δ2/P5	9	50,8	1,345	1,155	0,0676	33,270	30,76	
Δ2/P5	10	51,1	1,175	0,985	0,0577	28,243		
Δ2/P6	11	50,8	1,309	1,119	0,0655	32,241	30,60	
Δ2/P6	12	51,1	1,2	1,01	0,0592	28,954		
Δ2/P7	13	50,8	1,328	1,138	0,0666	32,784	31,36	
Δ2/P7	14	50,5	1,222	1,032	0,0605	29,930		
Δ2/P8	15	50,3	0,964	0,774	0,0455	22,599	23,23	
Δ2/P8	16	51,1	1,021	0,831	0,0488	23,866		

Standard	Abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,163	0	0
S <sub>1</sub>	0,278	0,115	0,008
S <sub>2</sub>	0,386	0,223	0,012
S <sub>3</sub>	0,428	0,265	0,016
S <sub>4</sub>	0,86	0,697	0,04
S <sub>5</sub>	1,002	0,839	0,05



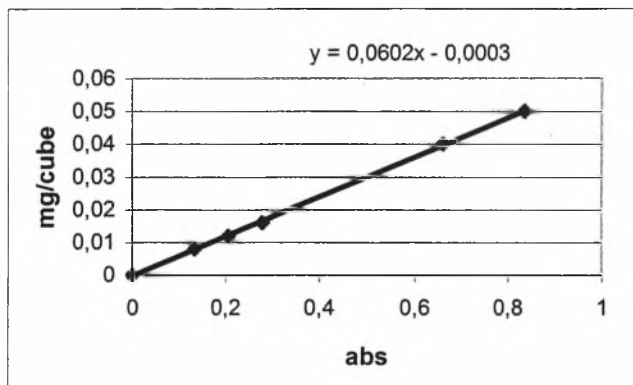
Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δείγματος (mg)	Abs	Abs-blk	mg/tube	% Άμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δεξαμενή 3, 40μl</b>								
Δ3/P1	1	51,6	0,88	0,652	0,0391	9,472	9,17	0,228
Δ3/P1	2	50,9	0,831	0,603	0,0361	8,865		
Δ3/P2	3	51,6	1,05	0,822	0,0493	11,943	10,96	
Δ3/P2	4	51,2	0,91	0,682	0,0409	9,985		
Δ3/P3	5	52,7	0,831	0,603	0,0361	8,563	8,79	
Δ3/P3	6	52,4	0,86	0,632	0,0378	9,017		
Δ3/P4	7	53	0,971	0,743	0,0445	10,495	10,85	
Δ3/P4	8	52,2	1,008	0,78	0,0468	11,207		
Δ3/P5	9	52,1	0,864	0,636	0,0381	9,141	10,71	
Δ3/P5	10	51,3	1,068	0,84	0,0504	12,281		
Δ3/P6	11	52,2	0,794	0,566	0,0339	8,118	8,11	
Δ3/P6	12	51,8	0,79	0,562	0,0336	8,108		
Δ3/P7	13	52,1	0,827	0,599	0,0359	8,613	8,95	
Δ3/P7	14	51,6	0,867	0,639	0,0383	9,278		
Δ3/P8	15	51,5	0,747	0,519	0,031	7,53	7,53	

Standard	abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,165	0	0
S <sub>1</sub>	0,289	0,124	0,008
S <sub>2</sub>	0,362	0,197	0,012
S <sub>3</sub>	0,388	0,223	0,016
S <sub>4</sub>	0,84	0,675	0,04
S <sub>5</sub>	0,983	0,818	0,05



Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	Abs	Abs-blk	mg/tube	% Άμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δεξαμενή 4, 80μl</b>								
Δ4/P1	1	51	0,557	0,319	0,0189	2,317	2,3290	0,238
Δ4/P1	2	50,3	0,556	0,318	0,0188	2,341		
Δ4/P2	3	51,4	0,491	0,253	0,0149	1,816	1,7761	
Δ4/P2	4	50,7	0,477	0,239	0,0141	1,737		
Δ4/P3	5	50,8	0,592	0,354	0,0210	2,585	2,7231	
Δ4/P3	6	50,5	0,627	0,389	0,0231	2,861		
Δ4/P4	7	50,1	0,618	0,38	0,0226	2,816	2,8562	
Δ4/P4	8	50,8	0,634	0,396	0,0235	2,896		
Δ4/P5	9	50,2	1,196	0,958	0,0574	7,143	7,0477	
Δ4/P5	10	50,6	1,178	0,94	0,0563	6,953		
Δ4/P6	11	50,9	0,588	0,35	0,0208	2,550	2,3825	
Δ4/P6	12	50,8	0,542	0,304	0,0180	2,215		
Δ4/P7	13	50,8	0,521	0,283	0,0167	2,059	2,4591	
Δ4/P7	14	50,8	0,629	0,391	0,0232	2,859		

Standard	Abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,17	0	0
S <sub>1</sub>	0,304	0,134	0,008
S <sub>2</sub>	0,376	0,206	0,012
S <sub>3</sub>	0,45	0,28	0,016
S <sub>4</sub>	0,831	0,661	0,04
S <sub>5</sub>	1,007	0,837	0,05



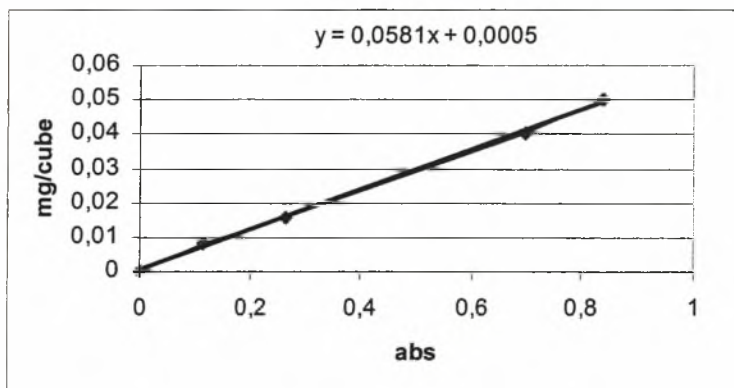


Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	Abs	Abs-blk	mg/tube	% Άμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δεξαμενή 5, 20μl</b>								
Δ5/P1	1	51,3	0,76	0,57	0,0336	16,383	17,53	0,19
Δ5/P1	2	51,4	0,842	0,652	0,0384	18,668		
Δ5/P2	3	51,3	0,998	0,808	0,0474	23,121	23,42	
Δ5/P2	4	50,5	1,006	0,816	0,0479	23,718		
Δ5/P3	5	51,4	1,163	0,973	0,0570	27,739	26,17	
Δ5/P3	6	50,8	1,042	0,852	0,0500	24,607		
Δ5/P4	7	51	1,42	1,23	0,0720	35,276	36,06	
Δ5/P4	8	51,3	1,483	1,293	0,0756	36,853		
Δ5/P5	9	51,5	1,099	0,909	0,0533	25,880	26,65	
Δ5/P5	10	51,1	1,146	0,956	0,0560	27,419		
Δ5/P6	11	51,4	1,241	1,051	0,0616	29,943	27,60	
Δ5/P6	12	51,1	1,07	0,88	0,0516	25,258		
Δ5/P7	13	50,9	1,134	0,944	0,0553	27,184	27,59	
Δ5/P7	14	50,6	1,157	0,967	0,0567	28,005		

Standar d	abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,163	0	0
S <sub>1</sub>	0,278	0,115	0,008
S <sub>2</sub>	0,386	0,223	0,012
S <sub>3</sub>	0,428	0,265	0,016
S <sub>4</sub>	0,86	0,697	0,04
S <sub>5</sub>	1,002	0,839	0,05

Δεξαμενή/ Pool	α/α	W Δειγματος (mg)	Abs	Abs-blk	mg/tube	% Άμυλο	M.O.	Blank (Τυφλό)
<b>Δεξαμενή 6, 40μl</b>								
Δ6/P1	1	51,4	0,9	0,71	0,0418	10,153	10,14	0,19
Δ6/P1	2	51,2	0,896	0,706	0,0415	10,136		
Δ6/P2	3	51,8	0,683	0,493	0,0291	7,033	7,22	
Δ6/P2	4	52,1	0,713	0,523	0,0309	7,410		
Δ6/P3	5	52,4	0,71	0,52	0,0307	7,326	7,10	
Δ6/P3	6	51,2	0,666	0,476	0,0282	6,874		
Δ6/P4	7	51,5	0,706	0,516	0,0305	7,398	7,65	
Δ6/P4	8	52,6	0,754	0,564	0,0333	7,906		
Δ6/P5	9	51,3	0,612	0,422	0,0250	6,096	6,17	
Δ6/P5	10	51,1	0,621	0,431	0,0255	6,248		
Δ6/P6	11	52	0,615	0,425	0,0252	6,056	6,18	
Δ6/P6	12	50,8	0,623	0,433	0,0257	6,313		
Δ6/P7	13	52	0,586	0,396	0,0235	5,651	5,32	
Δ6/P7	14	51,7	0,536	0,346	0,0206	4,981		

Standard	Abs	Abs-So	γλυκόζη mg/cube
S <sub>0</sub>	0,163	0	0
S <sub>1</sub>	0,278	0,115	0,008
S <sub>2</sub>	0,386	0,223	0,012
S <sub>3</sub>	0,428	0,265	0,016
S <sub>4</sub>	0,86	0,697	0,04
S <sub>5</sub>	1,002	0,839	0,05



Δεξαμενή / Pool	ΣΥΤΗΡΕΣΙΟ			ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ			ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑ				
	%Πρωτεΐνη	%Υδ/κες	%Λίπη	%Χρώμιο	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κες	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κες	
<b>Δεξαμενή 1 – Σιτηρέσιο Α</b>											
Δ1/P1	36,62	36,84	9,543	0,734	2,074	11,212	3,194	1,849	89,17	88,16	98,22
Δ1/P1											
Δ1/P2	36,62	36,84	9,543	0,734	1,722	9,870	2,325	1,515	88,51	89,62	98,25
Δ1/P2											
Δ1/P3	36,62	36,84	9,543	0,734	1,757	10,330	2,465	1,469	88,22	89,21	98,33
Δ1/P3											
Δ1/P4	36,62	36,84	9,543	0,734	2,120	17,280	2,519	1,826	83,66**	90,86	98,28
Δ1/P4								<b>M.O.1</b>	88,63	89,46	98,27
Δ1/P4											
Δ1/P5*	36,62	36,84	9,543	0,734	2,916	21,488	6,097	2,298	85,23	83,92	98,43
Δ1/P5											
Δ1/P6	36,62	36,84	9,543	0,734	2,905	19,497	4,321	2,348	86,55	88,56	98,39
Δ1/P6											
Δ1/P7	36,62	36,84	9,543	0,734	3,523	20,060	3,491	2,107	88,59	92,38	98,81
Δ1/P7											
Δ1/P8	36,62	36,84	9,543	0,734	2,798	19,128	3,714	2,112	86,30	89,80	98,50
Δ1/P8								<b>M.O.2</b>	87,15	90,25	98,57
<b>M.O.</b>					<b>2,471</b>				<b>87,89</b>	<b>89,80</b>	<b>98,40</b>

\*Η σκιασμένη γραμμή αντιστοιχεί στην περίοδο προσαρμογής και τα νούμερα δεν έχουν ληφθεί υπόψη στους μέσους όρους και στη στατιστική επεξεργασία.

\*\*Το σκιασμένο κελί του πίνακα δεν ελήφθη υπόψη στους υπολογισμούς, γιατί είχε μεγάλη απόκλιση από τις άλλες τιμές

Δεξαμενή / Pool	ΣΥΓΧΡΕΣΙΟ					ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ					ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑ	
	%Πρωτεΐνη	%Υδ/κες	%Λίπη	%Χρώμιο	%Χρώμιο	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κες	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Λίπη	%Υδ/κες
<b>Δεξαμενή 2 - Σιτηρέσιο Β</b>												
Δ2/P1	38,06	38,45	11,203	0,765	1,364	14,009	3,057	23,43	79,38	84,71		65,86
Δ2/P1												
Δ2/P2	38,06	38,45	11,203	0,765	1,865	14,348	2,957	29,11	84,54	89,18		68,96
Δ2/P2												
Δ2/P3	38,06	38,45	11,203	0,765	1,747	15,348	2,698	29,09	82,36	89,46		66,89
Δ2/P3												
Δ2/P4	38,06	38,45	11,203	0,765	1,829	16,188	2,552	26,10	82,22	90,48		71,62
Δ2/P4								<b>M.O.1</b>	82,12	88,46		68,33
Δ2/P4												
Δ2/P5*	38,06	38,45	11,203	0,765	1,936	18,099	3,167	22,98	81,22	88,84		76,39
Δ2/P5												
Δ2/P6	38,06	38,45	11,203	0,765	2,013	17,369	2,392	24,45	82,66	91,89		75,84
Δ2/P6												
Δ2/P7	38,06	38,45	11,203	0,765	1,681	15,964	1,261	27,65	80,92	94,88		67,29
Δ2/P7												
Δ2/P8	38,06	38,45	11,203	0,765	1,477	15,448	3,614	23,23	78,99	83,30		68,72
Δ2/P8								<b>M.O.2</b>	80,86	90,02		70,62
<b>M.O.</b>					<b>1,711</b>				<b>81,58</b>	<b>89,13</b>		<b>69,31</b>

\*Η σκιασμένη γραμμή αντιστοιχεί στην περίοδο προσαρμογής και τα νούμερα δεν έχουν ληφθεί υπόψη στους μέσους όρους και στη στατιστική επεξεργασία.

Δεξαμενή / Pool	ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ			ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ			ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑ				
	%Πρωτεΐνη	%Υδ/ κες	%Λίπη	%Χρώμιο	%Χρώμιο	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/ κες	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/ κες
	<b>Δεξαμενή 3 - Σιτηρέσιο Γ</b>										
Δ3/P1	36,41	26,75	11,756	0,730	1,910	10,676	1,505	9,165	88,79	95,11	86,90
Δ3/P1											
Δ3/P2	36,41	26,75	11,756	0,730	2,196	12,727	2,001	10,955	88,37	94,34	86,38
Δ3/P2											
Δ3/P3	36,41	26,75	11,756	0,730	1,788	12,553	4,171	8,795	85,92	85,51	86,57
Δ3/P3											
Δ3/P4	36,41	26,75	11,756	0,730	2,048	12,512	1,797	10,850	87,75	94,55	85,53
Δ3/P4								<b>M.O.1</b>	87,71	92,38	86,35
Δ3/P5*	36,41	26,75	11,756	0,730	1,900	13,280	2,350	10,705	85,98	92,32	84,62
Δ3/P5											
Δ3/P6	36,41	26,75	11,756	0,730	1,773	11,625	2,659	8,115	86,84	90,68	87,50
Δ3/P6											
Δ3/P7	36,41	26,75	11,756	0,730	2,069	11,541	2,312	8,935	88,81	93,06	88,21
Δ3/P7											
Δ3/P8	36,41	26,75	11,756	0,730	1,900	7,814	1,803	12,976	91,75	94,10	81,35**
Δ3/P8								<b>M.O.2</b>	89,13	92,61	87,85
<b>M.O.</b>					<b>1,955</b>				<b>88,32</b>	<b>92,48</b>	<b>86,85</b>

\*Η σκιασμένη γραμμή αντιστοιχεί στην περίοδο προσαρμογής και τα νούμερα δεν έχουν ληφθεί υπόψη στους μέσους όρους και στη στατιστική επεξεργασία.

\*\*Το σκιασμένο κελί του πίνακα δεν ελήφθη υπόψη στους υπολογισμούς, γιατί είχε μεγάλη απόκλιση από τις άλλες τιμές

Δεξαμενή /Pool	ΣΤΗΡΕΣΙΟ			ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ			ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑ				
	%Πρωτεΐνη	%Υδ/κες	%Λίπη	%Χρώμιο	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κες	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κες	
<b>Δεξαμενή 4 – Σιτηρέσιο Α</b>											
Δ4/P1	36,62	36,84	9,543	0,734	2,176	14,446	4,394	2,329	86,70	84,47	97,87
Δ4/P1											
Δ4/P2	36,62	36,84	9,543	0,734	2,074	16,530	3,560	1,776	84,03	86,80	98,29
Δ4/P2											
Δ4/P3	36,62	36,84	9,543	0,734	2,375	19,361	4,632	2,723	83,66	85,00	97,72
Δ4/P3								<b>M.O.1</b>	84,80	85,42	97,96
Δ4/P4*	36,62	36,84	9,543	0,734	2,120	24,773	6,796	2,856	76,58	75,34	97,32
Δ4/P4											
Δ4/P5	36,62	36,84	9,543	0,734	1,936	24,800	7,857	7,048	74,33**	68,79**	92,75**
Δ4/P5											
Δ4/P6	36,62	36,84	9,543	0,734	3,013	18,886	3,904	2,383	87,44	90,04	98,42
Δ4/P6											
Δ4/P7	36,62	36,84	9,543	0,734	2,977	22,130	4,102	2,459	85,10	89,40	98,35
Δ4/P7								<b>M.O.2</b>	86,27	89,72	98,39
<b>M.O.</b>					<b>2,425</b>				<b>85,39</b>	<b>87,14</b>	<b>98,13</b>

\*Η σκιασμένη γραμμή αντιστοιχεί στην περίοδο προσαρμογής και τα νοήματα δεν έχουν ληφθεί υπόψη στους μέσους όρους και στη στατιστική επεξεργασία.

\*\*Το σκιασμένο κελί του πίνακα δεν ελήφθη υπόψη στους υπολογισμούς, γιατί είχε μεγάλη απόκλιση από τις άλλες τιμές

Δεξαμενή / Pool	ΕΠΙΧΡΗΣΙΟ				ΠΕΡΙΤΤΟΜΑΤΑ				ΔΙΑΣΤΟΜΕΝΗ ΠΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ				
	%Πρωτεΐνη	%Υδ/κας	%Λίπη	%Χρώμιο	%Χρώμιο	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κας	%Πρωτεΐνη	%Λίπη	%Υδ/κας	%Πρωτεΐνη	%Υδ/κας
<b>Δεξαμενή 5 - Σιτηρέσιο Β</b>													
Δ5/P1	38,06	38,45	11,203	0,765	1,293	14,237	2,288	17,525	77,88	87,93	73,05		
Δ5/P1													
Δ5/P2	38,06	38,45	11,203	0,765	1,364	14,090	2,366	23,419	79,26	88,17	65,87		
Δ5/P2													
Δ5/P3	38,06	38,45	11,203	0,765	1,451	16,384	2,537	26,173	77,32	88,07	64,14		
Δ5/P3								<b>M.O.1</b>	78,16	88,05	67,68		
Δ5/P4*	38,06	38,45	11,203	0,765	1,609	15,452	2,939	29,981	80,71	87,54	62,95		
Δ5/P4													
Δ5/P5	38,06	38,45	11,203	0,765	1,686	14,224	2,713	26,649	83,05	89,02	68,57		
Δ5/P5													
Δ5/P6	38,06	38,45	11,203	0,765	1,615	16,268	2,523	27,601	79,76	89,33	66,00		
Δ5/P6													
Δ5/P7	38,06	38,45	11,203	0,765	1,482	14,402	3,303	27,595	80,48	84,79	62,97		
Δ5/P7								<b>M.O.2</b>	81,10	87,71	65,85		
<b>M.O.</b>					<b>1,482</b>				<b>80,45</b>	<b>87,88</b>	<b>66,77</b>		

\*Η οικιασμένη γραμμή αντιστοιχεί στην περίοδο προσαρμογής και τα νοήμερα δεν έχουν ληφθεί υπόψη στους μέσους όρους και στη στατιστική επεξεργασία.

Δεξαμενή / Pool	ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ				ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΑ				♦ ΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑ					
	% Πρωτεΐνη	% Υδ/κς	% Λίπη	% Χρώμιο	% Πρωτεΐνη	% Λίπη	% Υδ/κς	% Πρωτεΐνη	% Πρωτεΐνη	% Λίπη	% Υδ/κς	% Πρωτεΐνη	% Λίπη	% Υδ/κς
<b>Δεξαμενή 6 - Σιτηρόσιο Γ</b>														
Δ6/P1	36,41	26,75	11,756	0,730	1,890	10,822	2,547	10,14	88,51	91,63				85,34
Δ6/P1														
Δ6/P2	36,41	26,75	11,756	0,730	2,155	11,450	1,651	7,22	89,34	95,24				90,85
Δ6/P2														
Δ6/P3	36,41	26,75	11,756	0,730	2,084	11,628	1,967	7,10	88,81	94,14				90,70
Δ6/P3								<b>M.O.1</b>	88,89	93,67				88,96
Δ6/P4*	36,41	26,75	11,756	0,730	2,130	9,344	1,084	7,65	91,20	96,84				90,19
Δ6/P4														
Δ6/P5	36,41	26,75	11,756	0,730	2,308	9,181	0,951	6,17	92,02	97,44				92,70
Δ6/P5														
Δ5/P6	36,41	26,75	11,756	0,730	2,278	8,893	0,998	6,18	92,17	97,28				92,59
Δ6/P6														
Δ6/P7	36,41	26,75	11,756	0,730	2,109	9,385	3,605	5,32	91,07	89,38				93,12
Δ6/P7								<b>M.O.2</b>	91,75	94,70				92,80
<b>M.O.</b>					<b>2,138</b>				<b>90,32</b>	<b>94,18</b>				<b>90,88</b>

\*Η σκιασμένη γραμμή αντιστοιχεί στην περίοδο προσαρμογής και τα νοήμερα δεν έχουν ληφθεί υπόψη στους μέσους όρους και στη στατιστική επεξεργασία.



## Οι τιμές που προέκυψαν μετά από στατιστική ανάλυση.

**Πίνακας 1α.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των πρωτεϊνών στο σιτηρέσιο Α.

Σιτηρέσιο Α	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,6312</b>	<b>21,1</b>	<b>0,0059</b>	<b>Σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>0,5466</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,8092</b>	<b>0,47</b>	<b>0,5424</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>0,9911</b>			

\* Στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

**Πίνακας 1β.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των πρωτεϊνών στο σιτηρέσιο Β.

Σιτηρέσιο Β	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,8782</b>	<b>8,77</b>	<b>0,0315</b>	<b>Σημαντική**</b>
Επανάληψη 2	<b>1,01408</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>1,02968</b>	<b>0,03</b>	<b>0,8771</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2				

\*\*Στατιστικώς σημαντική διαφορά

**Πίνακας 1γ.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των πρωτεϊνών στο σιτηρέσιο Γ.

Σιτηρέσιο Γ	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,5079</b>	<b>2,31</b>	<b>0,1891</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>0,5865</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>1,03773</b>	<b>3,19</b>	<b>0,1488</b>	<b>Μη σημαντική</b>
Επανάληψη 2				

**Πίνακας 2α.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των **Λιπών στο σιτηρέσιο Α.**

Σιτηρέσιο Α	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,5797</b>	<b>20,81</b>	<b>0,006</b>	<b>Σημαντική</b>
Επανάληψη 2				
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,9309</b>	<b>0,13</b>	<b>0,7442</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>1,1402</b>			

**Πίνακας 2β.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των **Λιπών στο σιτηρέσιο Β.**

Σιτηρέσιο Β	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,9922</b>	<b>0,07</b>	<b>0,802</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>1,1457</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>2,6636</b>	<b>0,38</b>	<b>0,5729</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2				

**Πίνακας 2γ.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των **Λιπών στο σιτηρέσιο Γ.**

Σιτηρέσιο Γ	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>1,8714</b>	<b>0,20</b>	<b>0,6701</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>2,1609</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>2,0127</b>	<b>0,54</b>	<b>0,5042</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2				

**Πίνακας 3α.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο Α.

Σιτηρέσιο Α	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,09518</b>	<b>4,55</b>	<b>0,0862</b>	<b>Μη σημαντική</b>
Επανάληψη 2	<b>0,1099</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,1039</b>	<b>1,22</b>	<b>0,3498</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>0,1273</b>			

**Πίνακας 3β.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο Β.

Σιτηρέσιο Β	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>1,7894</b>	<b>0,06</b>	<b>0,8226</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>2,0662</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>2,1920</b>	<b>2,37</b>	<b>0,1987</b>	<b>Μη σημαντική</b>
Επανάληψη 2				

**Πίνακας 3γ.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των υδατανθράκων στο σιτηρέσιο Γ.

Σιτηρέσιο Γ	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
<b>Έως κορεσμού</b>				
Επανάληψη 1	<b>1,0311</b>	<b>2,87</b>	<b>0,151</b>	<b>Μη σημαντική*</b>
Επανάληψη 2	<b>1,1906</b>			
<b>Περιορισμένη</b>				
Επανάληψη 1	<b>0,26093</b>	<b>215,78</b>	<b>0,0007</b>	<b>Σημαντική</b>
Επανάληψη 2	<b>0,21305</b>			

**Πίνακας 4.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των πρωτεϊνών μεταξύ των σιτηρεσιών Α, Β και Γ στην περίπτωση της έως κορεσμού διατροφής (ad libitum).

Σιτηρέσια	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
Σιτηρέσιο Α	0,9266	24,66	0,0003	Σημαντική
Σιτηρέσιο Β	0,8668			
Σιτηρέσιο Α	0,6791	3,40	0,0899	Μη σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				
Σιτηρέσιο Β	0,7716	50,96	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				

**Πίνακας 5.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των λιπών μεταξύ των σιτηρεσιών Α, Β και Γ στην περίπτωση της έως κορεσμού διατροφής (ad libitum).

Σιτηρέσια	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
Σιτηρέσιο Α	0,8066	0,24	0,6358	Μη σημαντική*
Σιτηρέσιο Β				
Σιτηρέσιο Α	1,1318	10,55	0,007	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				
Σιτηρέσιο Β	1,05151	9,76	0,0088	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				

**Πίνακας 6.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των υδατανθράκων μεταξύ των σιτηρεσιών Α, Β και Γ στην περίπτωση της έως κορεσμού διατροφής (ad libitum).

Σιτηρέσια	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
Σιτηρέσιο Α	0,8803	583,79	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Β				
Σιτηρέσιο Α	0,6344	140,84	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				
Σιτηρέσιο Β	1,0813	161,47	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				

**Πίνακας 7.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των πρωτεϊνών μεταξύ των σιτηρεσιών Α, Β και Γ στην περίπτωση της περιορισμένης διατροφής.

Σιτηρέσια	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
Σιτηρέσιο Α	0,6603	42,35	0,0001	Σημαντική
Σιτηρέσιο Β	0,6028			
Σιτηρέσιο Α	0,8169	10,87	0,0093	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ	0,7457			
Σιτηρέσιο Β	0,8114	60,24	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ	0,8889			

**Πίνακας 8.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των λιπών μεταξύ των σιτηρεσιών Α, Β και Γ στην περίπτωση της περιορισμένης διατροφής.

Σιτηρέσια	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
Σιτηρέσιο Α	1,5002	0,33	0,5795	Μη σημαντική*
Σιτηρέσιο Β	1,3695			
Σιτηρέσιο Α	1,1858	5,09	0,0506	Μη σημαντική*
Σιτηρέσιο Γ	1,0825			
Σιτηρέσιο Β	1,5296	6,19	0,0346	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ	1,6756			

**Πίνακας 9.** Οι τιμές του τυπικού σφάλματος, F-ratio, P-value και σε ποια περίπτωση υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επαναλήψεων (για επίπεδο σημαντικότητας 95% ή  $P < 0,05$ ), για τις πεπτικότητες των υδατανθράκων μεταξύ των σιτηρεσιών Α, Β και Γ στην περίπτωση της περιορισμένης διατροφής.

Σιτηρέσια	Stand. Error	F-ratio	P-value	Σημαντική διαφορά
Σιτηρέσιο Α	1,4292	244,53	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Β	1,3047			
Σιτηρέσιο Α	0,8649	39,31	0,0002	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ				
Σιτηρέσιο Β	1,5005	103,04	0,0000	Σημαντική
Σιτηρέσιο Γ	1,6437			

## ΒΑΡΗ ΨΑΡΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

α/α	Βάρη Ψαριών σε γραμμάρια (gr.)		
	Δεξαμενή 1	Δεξαμενή 2	Δεξαμενή 3
1	199,77	207,40	186,00
2	175,97	184,40	166,86
3	195,14	194,20	160,06
4	145,55	196,32	191,18
5	162,58	198,27	219,82
6	163,18	172,31	176,28
7	205,25	223,64	170,35
8	135,96	181,90	147,79
<b>Μ.Ο.</b>	<b>172,925</b>	<b>194,772</b>	<b>177,292</b>

α/α	Βάρη Ψαριών σε γραμμάρια (gr.)		
	Δεξαμενή 4	Δεξαμενή 5	Δεξαμενή 6
1	192,25	271,19	155,25
2	191,35	251,23	229,65
3	176,98	252,65	160,12
4	171,52	151,68	97,95
5	209,68	201,41	203,45
6	196,87	140,10	213,10
7	235,08	175,00	208,47
8	215,12	163,23	192,59
<b>Μ.Ο.</b>	<b>198,606</b>	<b>200,811</b>	<b>182,572</b>

**Συνολικός Μ.Ο. για όλες τις δεξαμενές: ~187,33gr.**

**ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΚΑΙ % ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ  
ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΕ ΚΑΘΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ  
ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**

Ημερομηνία	Μετρήσεις	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6	Μ.Ο.
30/7/2002	Θερμοκρασία (°C)	27,2	27,2	27,2				27,2
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,9	5,45	5,96				5,77
	%O <sub>2</sub>	89,9	83,5	91,5				88,3
31/7/2002	Θερμοκρασία (°C)	27,5	27,5	27,4				27,47
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,55	5,41	5,77				5,58
	%O <sub>2</sub>	83,8	82	88,3				84,7
1/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	27,4	27,3	27,3				27,33
	O <sub>2</sub> (mg/l)	3,56	3,91	4,78				4,08
	%O <sub>2</sub>	56,3	59,6	82,2				66,03
5/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	28,1	28	28,2	29	28	27,9	28,2
	O <sub>2</sub> (mg/l)	3,91	3,56	3,5	3,85	3,58	3,96	3,73
	%O <sub>2</sub>	60,1	55,5	54,8	62	56,1	61,5	58,33
6/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	28,3	28,2	28,2	28,2	28,2	28,4	28,25
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,26	4,85	3,79	4,2	4,38	4,25	4,455
	%O <sub>2</sub>	83	73,1	59,5	64,9	68	71	69,92
7/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	29,4	29,2	29,2	29,2	29,1	29	29,18
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,35	4,58	4,43	5,15	4,6	4,78	4,82
	%O <sub>2</sub>	82	78,3	66,8	79,3	78,7	73,4	76,42
8/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	26	25,9	26	26,5	26	25,9	26,05
	O <sub>2</sub> (mg/l)	6,21	5,67	5,46	5,6	5,73	5,49	5,69
	%O <sub>2</sub>	94	82,4	80	82,9	87	82,9	84,87
11/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	27,1	26,8	26,9	27	27	26,8	26,93
	O <sub>2</sub> (mg/l)	4,42	3,59	3,39	5,49	5,33	5,1	4,55
	%O <sub>2</sub>	67	55	52,1	85	82	78,5	69,93
13/8/2002	θ	26,1	25,9	25,9	26,1	26	25,9	25,98
16/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	26,9	26,8	27	27,6	26,9	26,8	27
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,41	5,66	5,82	5,67	5,31	6,24	5,69
	%O <sub>2</sub>	76,7	82,3	85,2	74,2	78,5	89	80,98
18/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	27	26,9	27	27,4	27	26,8	27,02
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,76	6,11	5,83	5,78	5,38	5,7	5,76
	%O <sub>2</sub>	85,1	88,7	85,6	83,4	79,8	86,7	84,88
19/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	26	25,9	25,9	26,2	25,9	25,9	25,97
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,28	6,23	6,11	5,28	5,79	5,61	5,72
	%O <sub>2</sub>	75,5	90,2	87,9	74,6	83,4	82,1	82,28

Ημερομηνία	Μετρήσεις	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6	Μ.Ο.
21/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,7	25,5	25,6	25,9	25,6	25,5	25,63
	O <sub>2</sub> (mg/l)	6,93	6,55	6,3	7,01	6,06	6,76	6,60
	%O <sub>2</sub>	98	93,1	90,5	98,5	86,3	97,5	93,98
23/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	26,5	26,3	26,3	27,2	26,3	26,3	26,48
	O <sub>2</sub> (mg/l)	6,29	6,3	5,95	5,43	5,5	6,5	6,00
	%O <sub>2</sub>	90,8	89,7	86,3	82,3	80,5	93,7	87,22
24/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	26,6	26,5	26,6	26,8	26,5	26,5	26,58
	O <sub>2</sub> (mg/l)	6,32	6	5,53	6,1	6,08	6,13	6,03
	%O <sub>2</sub>	91,8	88,4	81,7	89	88,7	92,5	88,68
25/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	26,5	26,3	26,5	26,8	26,4	26,3	26,47
	O <sub>2</sub> (mg/l)	6,28	5,45	6,08	5,97	5,68	5,75	5,87
	%O <sub>2</sub>	89,8	81	88,1	89,4	83	82,4	85,62
26/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,3	25,4	25,7	25,5	25,3	25,4	25,43
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,86	6,21	5,98	6,26	5,38	6,16	5,98
	%O <sub>2</sub>	84,3	90,1	87,9	89,5	78,4	88,8	86,50
27/8/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,1	24,9	25	25,6	24,9	24,8	25,05
	O <sub>2</sub> (mg/l)	6,1	5,66	6,02	5,72	6,63	5,51	5,94
	%O <sub>2</sub>	88,2	80,2	86,5	82,9	95,8	80,7	85,72
1/9/2002	θ	25,2						
2/9/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,4	25,2	25,3	25,1	25,1	25,1	25,20
	O <sub>2</sub>	5,47	5,13	5,03	5,47	4,8	4,64	5,09
	%O <sub>2</sub>	79,2	74,2	72,8	79,7	70,6	67	73,92
3/9/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,7	25,5	25,7	25,7	25,6	25,5	25,62
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,04	5,35	5,15	5,3	5,38	4,63	5,14
	%O <sub>2</sub>	73,3	77,8	75,6	77,2	79	67,9	75,13
4/9/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,6	25,6	25,7	26,1	25,7	25,6	25,72
	O <sub>2</sub> (mg/l)	4,44	4,68	4,24	4,98	4,94	4,63	4,65
	%O <sub>2</sub>	64,5	67,3	62,3	72,6	73,4	68,3	68,07
5/9/2002	Θερμοκρασία (°C)	25,9	25,8	25,7	26	25,7	25,6	25,78
	O <sub>2</sub> (mg/l)	5,34	5,41	5,16	5,41	5,35	4,9	5,26
	%O <sub>2</sub>	77,6	77,5	73,9	80,3	78,7	71,2	76,53

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα			
	Θερμοκρασία	O <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>
Std.	1,0737	0,7351	9,1184
Deviation			
M.O.	26,57	5,352381	79,42905



Η τιμή της αλατιότητας του νερού μετρήθηκε τρεις μόνο φορές δίνοντας μέσο όρο **36‰**.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν με το οξυγονόμετρο **Oxi 320 Oximeter (WTW)** μεταξύ των ωρών 11:00 και 12:00 π.μ.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074264