

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Νέες τεχνικές εκτροφής τροχοζώων σε Ιχθυογεννητικό Σταθμό»

Τούβλατση Παναγιώτα

ΒΟΛΟΣ 2013

**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT**

POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

**« Application of innovating techniques
rotifer cultivation in hatchery»**

Touvlatzi Panagiota

VOLOS 2013

«Νέες τεχνικές εκτροφής τροχοζώων σε ΙΧΣ»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπουσα,
- 2) **Ιωάννα Καθαρίου - Καστρίτση**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Εφαρμοσμένη Ζωολογία (Ταξινόμηση – Τοξικότητα - Υδατοκαλλιέργειες), Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος,
- 3) **Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος,

*Στον πατέρα μου,
Σοφοκλή Τούβλατζη*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία θα ήταν αδύνατον να ολοκληρωθεί χωρίς τη συμβολή ορισμένων ανθρώπων τους οποίους θα ήθελα θερμά να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην Επιβλέπουσα της παρούσας εργασίας κα Παναγιώτα Παναγιωτάκη για την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθεια της τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ιωάννα Καθαρίου - Καστρίτση και τον κύριο Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη, μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου για τις χρήσιμες παρατηρήσεις και επισημάνσεις τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κ. Δημήτρη Δημόπουλο, διευθυντή του Ιχθυογεννητικού Σταθμού «Δίας Ιχθυοκαλλιέργειες» τόσο για την κατανόηση του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, όσο και για τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Δεν θα ήθελα να παραβλέψω να ευχαριστήσω τους συνεργάτες μου στον Ιχθυογεννητικό Σταθμό, Νικόλαο Λιοπύρη, Βασίλη Λιανό και Δημήτρη Φασόλα για τη βοήθεια τους στη διεκπεραίωση του πειράματος.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Νικόλαο Παππά, εκπρόσωπο της εταιρείας «INVE ELLAS», για τις πολύτιμες συμβουλές του σε τεχνικά θέματα που αφορούσαν το πείραμα και τη δυνατότητα που μου πρόσφερε να έρθω σε επαφή με παρόμοιες πειραματικές εφαρμογές.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον αγαπημένο μου Ευάγγελο Μπάρδη για την κατανόηση και ηθική υποστήριξη του καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και για την πολύτιμη βοήθειά του στην διεξαγωγή πειραματικών αποτελεσμάτων.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αγάπη, την κατανόηση και τη συμπαράσταση που έδειξαν καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, έγινε αρχικά μια αναφορά στα τμήματα της ζωντανής τροφής που απαρτίζουν έναν ιχθυογεννητικό σταθμό. Παρουσιάστηκε η σπουδαιότητα και η λειτουργία του κάθε τμήματος ξεχωριστά, καθώς επίσης η αναγκαιότητα και η προσφορά τους στο σύνολο των εκτρεφόμενων προνυμφών τσιπούρας και λαυρακιού.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξεταστεί η εκτροφή τροχοζώων τα οποία αποτελούν βασικό οργανισμό για την επιτυχή εκτροφή των παραπάνω ειδών ψαριών σε συνθήκες μεγάλης κλίμακας παραγωγής ΙΧΣ. Στη συνέχεια εκτιμήθηκε αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ δύο συστημάτων εκτροφής (ημι-συνεχής έναντι διακοπτόμενου) τόσο από πλευράς κόστους όσο και πληθυσμιακής ανάπτυξης. Αναλύθηκε η ταξινομική κατάταξη του γένους που χρησιμοποιείται ευρέως σε μονάδες εκτροφής ψαριών, παρουσιάστηκε η μορφολογία του, ο τρόπος αναπαραγωγής του και η σημασία του στον χώρο υδατοεκτροφών.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν οι τεχνικές εκτροφής των τροχοζώων, οι οποίες εφαρμόζονται σε εκκολαπτήρια τα τελευταία χρόνια. Οι τεχνικές αυτές αφορούσαν ένα διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής, το οποίο διήρκησε από 4 έως 5 ημέρες και ένα ημι-συνεχές σύστημα, το οποίο έχει την δυνατότητα να διαρκέσει πάνω από 20 ημέρες, δίνοντας τη δυνατότητα εξοικονόμησης μεγαλύτερου αριθμού τροχοζώων. Αναλύθηκε ο τρόπος λειτουργίας του κάθε συστήματος ξεχωριστά, τα μέσα και η τεχνική υποστήριξης που απαιτεί το καθένα για την ορθή λειτουργία του, οι τροφές που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε περίπτωση, το πρωτόκολλο εκτροφής, ο τρόπος δειγματοληψίας για την καταμέτρηση του πληθυσμού και η διαδικασία συγκομιδής του στο τέλος (για το διακοπτόμενο σύστημα) ή κατά την διάρκεια (για το ημι-συνεχές σύστημα) της εκτροφής.

Ελήφθησαν δεδομένα 5 παραγωγικών κύκλων, οι οποίοι περιελάμβαναν 5 εφαρμογές σε ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής και 20 εφαρμογές στο διακοπτόμενο σύστημα, σε παράλληλα χρονικά διαστήματα.

Προσδιορίστηκαν η ημερησία παραγωγή τροχοζώων, ο ρυθμός αύξησής τους και η αποδοτικότητα του συστήματος, η οποία σχετίζεται με την κατανάλωση τροφής και την ημερήσια παραγωγή.

Τέλος, έγινε μια προσπάθεια προσέγγισης του κόστους λειτουργίας των δύο συστημάτων, βασισμένη αποκλειστικά στην κατανάλωση τροφής, σύμφωνα με τα αρχεία της εταιρείας παραγωγής ιχθυδίων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας προκύπτει ότι το ημι-συνεχές σύστημα υπερτερεί σε γενικές γραμμές σε σχέση με το διακοπτόμενο. Παρόλα αυτά, μπορεί και πρέπει να υποστεί περαιτέρω βελτίωση με στόχο να γίνει περισσότερο αποδοτικό ως προς την αύξηση του πληθυσμού τροχοζώων αλλά και ως προς την επιπλέον μείωση του κόστους εκτροφής τους.

Λέξεις κλειδιά: τροχόζωα, ζωντανή τροφή, διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής, ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής, ιχθυογεννητικός σταθμός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Ζωντανή τροφή και ο ρόλος της στις υδατοεκτροφές.....	1
1.2	Τροχόζωα	4
1.2.1	Ταξινομική κατάταξη του γένους <i>Brachionus</i>	6
1.2.2	Μορφολογία του γένους <i>Brachionus</i>	7
1.2.3	Αναπαραγωγή του γένους	9
1.3	Μέθοδοι εκτροφής τροχοζώων	11
1.4	Σκοπός εργασίας	16
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	17
2.1	Συνθήκες νερού	17
2.2	Τεχνική batch culture ή διακοπτόμενο σύστημα.....	20
2.2.1	Τεχνικό μέρος.....	20
2.2.2	Διατροφή	21
2.3	Τεχνική ημι - συνεχούς εκτροφής	23
2.3.1	Τεχνικό μέρος.....	23
2.3.2	Διατροφή	26
2.4	Δειγματοληψία και καταμέτρηση πληθυσμών	27
2.5	Προσδιορισμός ξηρού βάρους – υγρασίας.....	29
2.6	Επεξεργασία δεδομένων και στατιστική ανάλυση.....	30
2.7	Οικονομικά στοιχεία	32
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	33
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	51
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53
6.1	Ξένη.....	53
6.2	Ελληνική	57
6.3	Ηλεκτρονική.....	57
7.	ABSTRACT	58
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	60

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

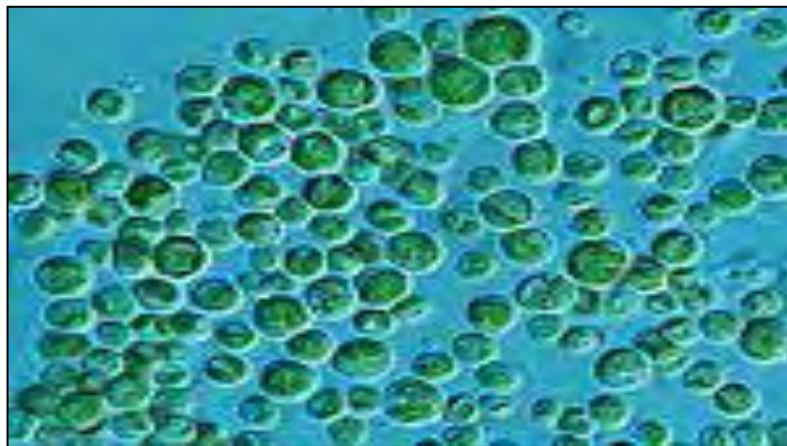
1.1 Ζωντανή τροφή και ο ρόλος της στις υδατοεκτροφές

Η ζωντανή τροφή αποτελεί το κύριο στοιχείο στην εκτροφή θαλάσσιων οργανισμών και έχει ιδιαίτερη σημασία για την ανάπτυξη και επιβίωση τους, όταν αυτά βρίσκονται σε προνυμφικά στάδια.

Αποτελείται από φυτοπλαγκτονικούς και ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς. Το φυτοπλαγκτόν αναφέρεται στα μικροάλγη ή μικροφύκη (Εικ. 1), τα οποία θεωρούνται ως ο πρώτος κρίκος της ωκεάνιας τροφικής αλυσίδας και έχουν την ικανότητα να συνθέτουν οργανικά μόρια χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια. Στον κλάδο των υδατοεκτροφών τα μικροφύκη παράγονται ως άμεση πηγή τροφής για τα προνυμφικά στάδια διάφορων οργανισμών, τα οποία έχουν την ιδιότητα να διηθούν την τροφή τους και γενικότερα το μέσο εκτροφής τους (μύδια, στρείδια, χτένια). Επίσης, χρησιμοποιούνται για τα προνυμφικά στάδια ορισμένων θαλάσσιων γαστερόποδων και γαρίδων της οικογένειας *Penaeidae* (Yufera & Lubian 1990). Τέλος, συχνά χρησιμοποιούνται ως τροφή για την παραγωγή ζωοπλαγκτόν, όπως τροχόζωα και *Artemia spp.*, το οποίο με την σειρά του αποτελεί την τροφή σαρκοφάγων προνυμφών πολλών θαλάσσιων ειδών ψαριών και γαρίδας.

Το ζωοπλαγκτόν που χρησιμοποιείται ευρέως ως θήραμα στην εκτροφή τσιπούρας και λαυρακιού σε εκκολαπτήρια, όπως αναφέρθηκε, αποτελείται κυρίως από τροχόζωα και *Artemia* (Εικ. 2). Η χρήση των τροχοζώων θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Η *Artemia* προέρχεται από φυσικούς πόρους και χρησιμοποιείται ως ζωντανή τροφή στον κλάδο των υδατοεκτροφών, μετά από μια περίοδο χορήγησης τροχοζώων. Στη συνέχεια ακολουθεί το στάδιο αποκοπής των νεαρών ψαριών από την ζωντανή

τροφή και το πέρασμά τους στην κατανάλωση συμπύκτων. Σε πολλές περιπτώσεις, όπως είναι ο σολομός και η πέστροφα, είναι το μοναδικό είδος θηράματος που χρησιμοποιείται ως αρχική τροφή σε προνύμφες ψαριών (Conceicao *et al.* 2010).



Εικόνα 1: Κύτταρα μικροφύκους *Chlorella minutissima*
(<http://www.cuni.cz/UKENG-1.html>)



Εικόνα 2: Ναύπλιοι καρκινοειδούς του γένους *Artemia* (FAO 1999)

Αρχικά οι προνύμφες τρέφονται από τον λεκιθικό τους σάκο μέχρι αυτός να εξαντληθεί. Κατά το στάδιο της πρώτης διατροφής τους, το πεπτικό σύστημα των οργανισμών είναι υποτυπώδες και ένα μεγάλο μέρος της πέψης πρωτεϊνών λαμβάνει χώρα σε επιθηλιακά κύτταρα (Govoni *et al.* 1986). Στις περισσότερες περιπτώσεις ένα τέτοιο πεπτικό σύστημα είναι αδύνατον να επεξεργαστεί τις τυποποιημένες τροφές και

να επιτρέψει την ανάπτυξη και επιβίωση των προνυμφών. Το αντίθετο παρατηρήθηκε σε περιπτώσεις κατά τις οποίες χορηγήθηκε ζωντανή τροφή στα πρώτα στάδια διατροφής προνυμφών ψαριών (Conceicao *et al.* 2010).

Τα τελευταία χρόνια σημειώθηκαν πολλές προσπάθειες χορήγησης συμπύκτων ως τροφή σε προνυμφικά στάδια ψαριών που εκτρέφονται σε εκκολαπτήρια και των οποίων η αρχική διατροφή βασιζόταν στη χρήση ζωντανής τροφής. Προϊόντα αντικατάστασης της *Artemia* έκαναν την εμφάνιση τους στο εμπόριο, αλλά και αυτά στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό ή παράλληλα με την ζωντανή τροφή (Cornow *et al.* 2006).

Οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε και συνεχίζεται ακόμα και σήμερα η χορήγηση ζωντανών τροφών στα προνυμφικά στάδια εκτρεφόμενων ψαριών, φαίνεται να ποικίλουν. Σημαντική αιτία, όπως ήδη αναφέρθηκε είναι η περιορισμένη πεπτική ικανότητα των προνυμφών. Ένας άλλος σημαντικός λόγος είναι πως τα θηράματα είναι σε θέση να κολυμπούν και να καταλαμβάνουν τη στήλη του νερού μέσα στις δεξαμενές εκτροφής. Το γεγονός αυτό τα καθιστά ικανά να βρίσκονται πολύ εύκολα στη διάθεση των προνυμφών. Τα σύμπηκτα έχουν το χαρακτηριστικό ότι διατίθενται στην επιφάνεια του νερού και επιπλέουν εκεί για αρκετό χρονικό διάστημα ή βυθίζονται μέσα σε λίγα λεπτά, άρα είναι λιγότερο διαθέσιμα στα νεαρά ψάρια σε αντίθεση με τις ζωντανές τροφές (Conceicao *et al.* 2010).

Μια επίσης σημαντική αιτία χορήγησης ζωντανών οργανισμών σε εκκολαπτήρια είναι ο χαρακτηρισμός των προνυμφών ως «οπτικών τροφοδοτών». Αυτό σημαίνει ότι είναι προσαρμοσμένες να επιτίθενται στην κινούμενη λεία τους στη φύση. Η κίνηση των ζωντανών τροφών στον νερό είναι πολύ πιθανό να ενισχύει την ανταπόκριση των προνυμφών για διατροφή (Fernandez *et al.* 1994). Παράλληλα, οι οργανισμοί αυτοί,

όπως είναι τα άτομα *Artemia* έχουν λεπτό εξωσκελετό και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (περίπου 80%), έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων και είναι πιο εύπεπτες για τις προνύμφες σε σύγκριση με τις τροφές υπό μορφή σύμπληκτων. Τέλος, σημαντικό ρόλο παίζει το μέγεθος κάθε μορφής τροφής, το οποίο πρέπει να είναι μικρότερο από το άνοιγμα του στόματος της προνύμφης και να είναι γρήγορα αποδεκτό ή να απορρίπτεται, με βάση την γευστικότητα του (Bengtson 2003).

Αξίζει να αναφερθεί ότι το κόστος της ζωντανής τροφής σε μονάδες εκτροφής ιχθυδίων (ΙΧ.Σ.) καταλαμβάνει σημαντική θέση στο τελικό κόστος παραγωγής. Συγκεκριμένα, ο Παππάς (2010) κατά την σύγκριση τριών διαφορετικών ιχθυογεννητικών σταθμών, επισήμανε πως η παραγωγή ζωντανής τροφής καταλαμβάνει την δεύτερη θέση στην κατηγορία δαπανών, μετά το εργατικό κόστος. Το ποσοστό συμμετοχής της κυμαίνεται από 18 έως 25% των συνολικών δαπανών ενός ΙΧ.Σ. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην επιλογή εκτρεφόμενου οργανισμού, δηλαδή τσιπούρας ή λαυρακιού, αλλά και στο γενικό πρωτόκολλο διατροφής που ακολουθεί η κάθε εταιρεία. Επίσης, βασικός παράγοντας του αυξημένου κόστους αποτελεί η επιλογή των τροφών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την εκτροφή των τροχοζώων, αλλά και των εμπλουτιστικών που θα χορηγηθούν.

1.2 Τροχόζωα

Για περισσότερο από 4 δεκαετίες τα τροχόζωα χρησιμοποιούνται ως τροφή στις εκτροφές θαλάσσιων ειδών ψαριών στα προνυμφικά τους στάδια (Hagiwara *et al.* 2007). Αποτελούν ένα συνεχές, σταθερό και αξιόπιστο διατροφικό εφόδιο, χαρακτηριστικό το οποίο οδήγησε στην άνθηση της εκτροφής πολλών ειδών ψαριών

παγκοσμίως. Τα συνηθέστερα είδη που στηρίζουν σήμερα την εκτροφή τους στα τροχόζωα είναι:

- ✓ *Seriola quinqueradiata*
- ✓ *Pagrus major*
- ✓ *Lates calcarifer*
- ✓ *Scophthalmus maximus*
- ✓ *Mugil cephalus*
- ✓ *Sparus aurata*
- ✓ *Dicentrarchus labrax*

Τα τροχόζωα σε πολλές περιπτώσεις δεν αποτελούν τη φυσική τροφή των θαλάσσιων ψαριών, τα οποία έχουν στη διάθεσή τους ένα ευρύ φάσμα οργανισμών στους οικοτόπους τους. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, κατά την διαδικασία εκτροφής θαλάσσιων ψαριών, οι προνύμφες τους τρέφονται με 2 ή 3 οργανισμούς τις πρώτες 10-30 ημέρες της ζωής τους. Οι οργανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν τροχόζωα του είδους *Brachionus rotundiformis* ή *Brachionus plicatilis* και ναύπλιους *Artemia*. Ένας άλλος οργανισμός που αποτελεί βασικό συστατικό της φυσικής διατροφής των νεαρών ψαριών είναι τα κωπήποδα (*copepods*). Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σοβαρές προσπάθειες για την εκτροφή τους, οι οποίες σημείωσαν σχετικά μεγάλη επιτυχία. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη το χαμηλό κόστος και την σχετικά εύκολη εκτροφή των τροχοζώων σε μεγάλες πυκνότητες, είναι απίθανο τα κωπήποδα να αντικαταστήσουν τα τροχόζωα ως μια οικονομικά βιώσιμη εναλλακτική λύση στο άμεσο μέλλον (Lubzens & Zmora 2003).

1.2.1 Ταξινομική κατάταξη του γένους *Brachionus*

Τα τροχόζωα αναφέρονται σε μια ταξινομική ομάδα μικροσκοπικών υδρόβιων ασπόνδυλων οργανισμών, στην οποία κατατάσσονται περισσότερα από 1850 είδη. Διατυπώθηκαν διάφορες αντίθετες μεταξύ τους απόψεις σχετικά με την κατάταξη τους σε κλάσεις (Segers 2002). Παρά το γεγονός αυτό, τα τελευταία χρόνια παραμένει και επικρατεί η άποψη ότι τα τροχόζωα ανήκουν σε ένα ξεχωριστό φύλο, το οποίο αποτελείται από τρεις βασικούς κλάδους:

- i. Κλάση Seisonidea (ή Pararotatoria)
- ii. (Υπο)Κλάση Bdelloidea (ή Eurotatoria), η οποία αποτελείται από είδη που διαθέτουν δύο γονάδες, και
- iii. (Υπο)Κλάση Monogononta (ή Eurotatoria), στην οποία ανήκει το *Brachionus*, που πρόκειται να μελετηθεί (Segers 2002).

Η κλάση Monogononta περιέχει πάνω από το 90% των ειδών τροχόζωων, με περισσότερα από 1600 είδη και με περίπου 95 γένη βενθικών οργανισμών. Όλα υποτίθεται ότι είναι δίοικα με μία γονάδα. Τα θηλυκά έχουν μια ωοθήκη και τα αρσενικά, αν υπάρχουν, είναι μικρότερα και φέρουν υποτυπώδες έντερο. Τα αρσενικά παρουσιάζονται για μικρή χρονική περίοδο λίγων ημερών ή εβδομάδων (Lubzens & Zmora 2003).

Το γένος *Brachionus* σύμφωνα με τον Segers (2002) ταξινομείται ως εξής:

Φύλο: Rotifera (Cuvier 1817)

Κλάση: Eurotatoria (De Ridder 1957)

Υποκλάση: Monogononta (Plate 1889)

Υπερτάξη: Pseudotrocha (Kutikova 1970)

Τάξη: Ploima (Hudson & Gosse 1886)

Οικογένεια: Brachionidae (Ehrenberg 1838)

Γένος: *Brachionus* (Pallas 1766)

Η ταξινομική κατάταξη ανάμεσα στα είδη του γένους *Brachionus* βασίζεται κυρίως στο σχήμα, στα χαρακτηριστικά του σώματος του ζώου, στη δομή του ποδίσκου προσκόλλησης και τέλος στη δομή της περιοχής της στεφάνης (Ruttner – Kolisko 1974).

1.2.2 Μορφολογία του γένους *Brachionus*

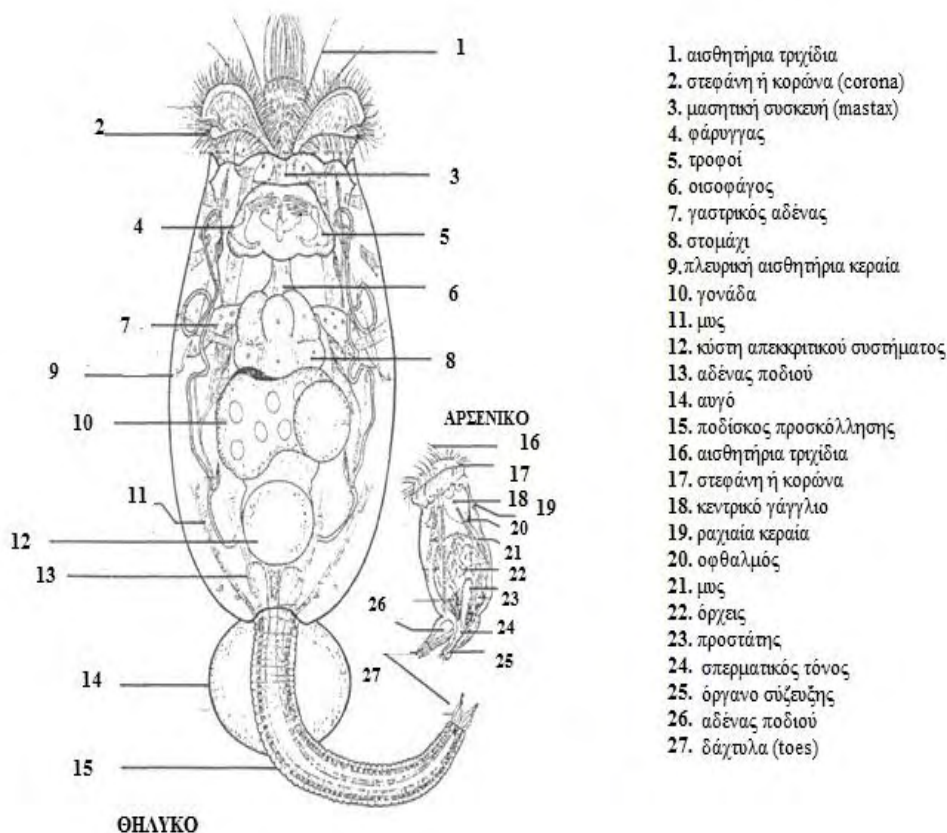
Η μορφολογία του γένους *Brachionus* έχει περιγραφεί από τους Voigh & Koste (1978) με βάση την οποία τα άτομα διαθέτουν νωτιοκοιλιακά πλατυσμένο σώμα. Το μέγεθός τους μπορεί να ποικίλει και να κυμαίνεται από 100 έως 500μm. Συνήθως τα πιο μεγαλόσωμα είναι τα θηλυκά άτομα.

Η επιδερμίδα τους περιέχει ένα πυκνό στρώμα κερατίνης (όπως πρωτεΐνη) και καλείται σωματικό τοίχωμα (*lorica*). Το σχήμα του σωματικού τοιχώματος και το προφίλ των ακάνθων επιτρέπουν τον προσδιορισμό των διαφόρων ειδών και μορφοτύπων (Voigh & Koste 1978).

Το σώμα των τροχοζώων είναι διαφοροποιημένο σε τρία ξεχωριστά τμήματα, που αποτελούνται από το κεφάλι, τον κορμό και τα πόδια. Το κεφάλι φέρει το περιστροφικό όργανο ή στέμμα ή στεφάνη (*corona*), το οποίο είναι εύκολα αναγνωρίσιμο από το δακτυλοειδή τριχωτό της και ευθύνεται για την προέλευση του ονόματος *Rotatoria* (*bearing wheels*). Η κορώνα εξασφαλίζει μετακίνηση και στροβιλιζόμενη κίνηση του νερού, η οποία διευκολύνει την απορρόφηση των μικρών σωματιδίων τροφής, κυρίως φύκια και τρίμματα άλλων τροφών (Dhert 1996).

Παρατηρώντας στο μικροσκόπιο τα τροχοζώα (Σχήμα 1) μπορεί να διακριθεί με ευκολία το εσωτερικό του κορμού τους, στο οποίο βρίσκεται το πεπτικό σύστημα, το απεκκριτικό σύστημα και τα όργανα αναπαραγωγής. Ένα χαρακτηριστικό όργανο του πεπτικού συστήματος των τροχοζώων είναι η μασητική συσκευή (mastax), δηλαδή μια ασβεστοποιημένη συσκευή στην περιοχή του στόματος, που είναι πολύ αποτελεσματική στην κατάποση σωματιδίων (Dhert 1996).

Το τελευταίο τμήμα του σώματος των τροχοζώων είναι το πόδι ή αλλιώς ο ποδίσκος προσκόλλησης. Το πόδι είναι τύπου δακτυλιδιού με αναδιπλούμενη δομή και καταλήγει σε 1 έως 4 δάχτυλα (toes) (Dhert 1996). Κατά την αναδίπλωση του ποδίσκου το ζώο έχει την δυνατότητα να μετακινηθεί, ενώ με την βοήθεια του εκκρίματος που παράγεται από τον αδένα του ποδίσκου προσκόλλησης, μπορεί να προσκολληθεί σε κάποιο υπόστρωμα (Voigh & Koste 1978).



Σχήμα 1: Απεικόνιση θηλυκού και αρσενικού ατόμου του γένους *Brachionus* (Nogrady *et al.* 1993)

1.2.3 Αναπαραγωγή του γένους

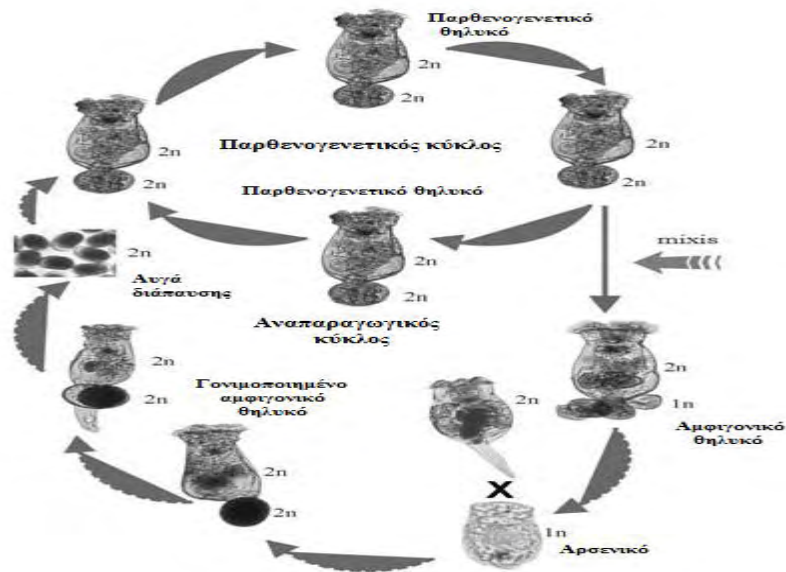
Τα περισσότερα τροχόζωα στη φύση είναι θηλυκά. Τα αρσενικά εμφανίζονται για σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ σε ορισμένα είδη δεν έχουν παρατηρηθεί ποτέ. Τα θηλυκά άτομα είναι πάντα διπλοειδή και τα αρσενικά αν υπάρχουν είναι απλοειδή και συγκριτικά πολύ μικρότερα σε μέγεθος και περισσότερο κινητικά από τα πρώτα (Gilbert 2003 & Wallace *et al.* 2006).

Τα είδη που ανήκουν στην (Υπο)Κλάση Monogononta είναι κυρίως κυκλικά παρθενογενετικοί οργανισμοί, αλλά μπορούν να αναπαραχθούν και με αμφιγονία κάτω

από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Στο Σχήμα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται σχηματικά ο αναπαραγωγικός κύκλος των τροχοζώων.

Αμειωτικά θηλυκά παράγουν με παρθενογένεση αυγά, τα οποία αναπτύσσονται μητωτικά σε νέα θηλυκά, ενώ τα μειωτικά θηλυκά παρθενογενετικά δίνουν απλοειδή αυγά μέσω μείωσης. Έτσι είναι εύκολο να επιτευχθούν γενετικοί κλώνοι που προέρχονται από ένα αμειωτικό θηλυκό. Αν ένα μειωτικό θηλυκό δεν ζευγαρώσει και δεν γονιμοποιηθεί, τότε τα απλοειδή αυγά σχηματίζουν αρσενικά άτομα. Στην αντίθετη περίπτωση το θηλυκό αυτό θα δώσει διπλοειδή αυγά διάπαυσης (resting eggs).

Τα απλοειδή ή διπλοειδή αυγά που προήλθαν από παρθενογένεση θα αναπτυχθούν άμεσα σε νέα άτομα τροχοζώων. Τα αυγά διάπαυσης θα εκκολαφθούν σε κατάλληλες συνθήκες σε αμειωτικά θηλυκά μετά από μια περίοδο αδράνειας (Dhert 1996).



Σχήμα 2: Αναπαραγωγικός και παρθενογενετικός κύκλος τροχοζώων (Dhert 1996).

1.3 Μέθοδοι εκτροφής τροχοζώων

Τα τροχοζώα είναι μια ανανεώσιμη πηγή και η αλυσίδα παραγωγής τους μπορεί και πρέπει να είναι εντελώς εγκατεστημένη στο εκκολαπτήριο, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την εξάρτηση από εξωτερικές εισροές / προμήθειες.

Οι κυριότερες δυσκολίες και προβλήματα που προκύπτουν κατά την εκτροφή τροχοζώων προέρχονται από τις περιστασιακές καταρρεύσεις των πληθυσμών, καθώς και από την προσπάθεια που απαιτείται για τη διατήρηση του συνόλου της τροφικής αλυσίδας (Conceicao *et al.* 2010).

Με το πέρασμα των χρόνων και την απόκτηση όλο και περισσότερης τεχνογνωσίας σε θέματα εκτροφής ζωντανών μικροοργανισμών, αναπτύχθηκαν διαφορετικές τεχνικές μαζικής παραγωγής των *Brachionus*, οι οποίες εξασφαλίζουν υψηλούς πληθυσμούς (Dhert *et al.* 2001). Το σύμπλεγμα των ειδών και βιοτύπων των *Brachionus plicatilis* αναπαράγονται κυρίως με παρθενογένεση. Όταν επικρατούν οι κατάλληλοι αβιοτικοί και διατροφικοί παράγοντες ένα παρθενογενετικό θηλυκό άτομο μπορεί να δημιουργήσει πολλούς απογόνους σε λίγες ημέρες εκτροφής. Όμως, έχει παρατηρηθεί πως σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να υπάρξει εγγενής φάση. Οι οργανισμοί αυτοί εμφανίζουν υψηλά ποσοστά γονιμότητας, τα οποία επιτρέπουν τον πολλαπλασιασμό του πληθυσμού σε διάστημα 24 έως 48 ωρών (Korstad *et al.* 1989).

Οι τεχνικές παραγωγής που αναπτύχθηκαν για τα τροχοζώα βασίζονται στο χαρακτηριστικό της αναπαραγωγικής τους βιολογίας. Οι πληθυσμοί των *Brachionus* ακολουθούν μια εκθετική αύξηση, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν πάντα ευνοϊκές συνθήκες. Στη συνέχεια παρατηρείται μείωση και παύση της ανάπτυξης, κάτι που

συμβαίνει όταν η τροφή έχει εξαντληθεί ή όταν οι χημικές και μικροβιολογικές συνθήκες ξεπεράσουν το εύρος της ανοχής.

Είναι προφανές ότι όλες οι τεχνικές στοχεύουν στο να διατηρήσουν την εκθετική αύξηση, μέσω της παροχής τροφών υψηλής διατροφικής αξίας και της πρόληψης απέναντι στην υπερβολική συσσώρευση αζωτούχων αποβλήτων. Οι πιο αξιόπιστοι παράγοντες που μπορούν να εκφράσουν την κατάσταση και την ανάπτυξη του εκτρεφόμενου πληθυσμού είναι η αναλογία των αυγών, ο βαθμός κατάποσης της τροφής και η ταχύτητα κολύμβησης (Snell *et al.* 1984). Όπως και με τα πιο εξελιγμένα ζώα, η μείωση των φυσιολογικών λειτουργιών στα τροχοζώα μπορεί να αποτελέσει μια από τις αρχικές επιρροές που ασκεί η περιβαλλοντική καταπόνηση. Αυτή η μείωση μπορεί να επιφέρει αλλαγές στην διατροφή και στην κολυμβητική συμπεριφορά και τελικά να οδηγήσει στη μείωση της επιβίωσης και της αναπαραγωγής. Έτσι, η σωστή παρατήρηση της διατροφής και της κολυμβητικής ικανότητας μπορεί να επιτρέψουν τη λήψη ταχείας διάγνωσης σε ένα εκτρεφόμενο πληθυσμό τροχοζώων. Παρόλα αυτά, σε δοκιμές τοξικότητας αναφέρεται ότι ο προσδιορισμός του βαθμού καταπόνησης προκύπτει καλύτερα από την εκτίμηση της αύξησης του πληθυσμού από ότι με την παρατήρηση της ταχύτητας κολύμβησης (Juchelka & Snell 1994).

Ξεκινώντας τη διαδικασία εκτροφής των τροχοζώων, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός ανεξάρτητου συστήματος με σκοπό να αναπτυχθεί μια πλήρη αλυσίδα παραγωγής. Η σειρά που συνήθως ακολουθείται είναι η εξής (πρωτόκολλο συγγραφέα):

- i. Διατήρηση σε όγκο 50 έως 500ml, με στόχο να αποθηκευτούν τα γενετικά στελέχη σε ιδανικές και ελεγχόμενες συνθήκες. Συχνά αυτό το στάδιο αναφέρεται ως προκαλλιέργεια.

- ii. Ακολουθεί η διατήρηση σε όγκο 5 έως 50l, που προέρχεται απευθείας από τον γενετικό στέλεχος. Η συγκεκριμένη εκτροφή χρησιμοποιείται για τον εμβολιασμό μεγαλύτερων όγκων, όπως είναι τα 300 έως 500l, αλλά και της μαζικής παραγωγής, δηλαδή σε δεξαμενές περισσότερων κυβικών. Είναι προφανές ότι αυτή η βασική αλυσίδα μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κάθε εκκολαπτηρίου.
- iii. Τέλος, επιλέγεται το σύστημα μαζικής εκτροφής που θα εφαρμοστεί και εξαρτάται πάντα από τις ανάγκες της παραγωγής, τις εγκαταστάσεις αλλά και τις διαθέσιμες πρώτες ύλες. Εκείνα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι:
- ✓ Το διακοπτόμενο σύστημα (batch culture)
 - ✓ Το ημι-συνεχές σύστημα (semi-continuous) και
 - ✓ Το συνεχές σύστημα (continuous)

Στο διακοπτόμενο σύστημα (batch culture) πραγματοποιείται εμβολιασμός πληθυσμού τροχοζώων με σχετικά χαμηλή πυκνότητα σε ένα πυκνό διάλυμα μικροφυκών. Σημειώνεται αύξηση του πληθυσμού αυτού σε διάστημα αρκετών ημερών μέχρι να επέλθει η εξάντληση των κυττάρων των φυκών. Αυτό το αναπτυξιακό μοντέλο ακολουθεί μια σιγμοειδή καμπύλη και η μέγιστη πυκνότητα των οργανισμών επιτυγχάνεται με αύξηση της αρχικής συγκέντρωσης της τροφής. Το σύνολο της παραγωγής συλλέγεται στο τέλος της εκθετικής φάσης και χρησιμοποιείται. Συνήθως ένα μικρό μέρος αυτής της παραγωγής χρησιμοποιείται ως αρχικός πληθυσμός στον επόμενο κύκλο παραγωγής σε δύο ή τρεις φορές. Η ποιότητα του αρχικού πληθυσμού που χρησιμοποιήθηκε για τον εμβολιασμό είναι αποφασιστικής σημασίας για την επιτυχημένη πορεία της εκτροφής τροχοζώων. Η περιοδική χρήση του εγγυάται την

υγεία του εκτρεφόμενου πληθυσμού και τη σταθερότητα της παραγωγής (Dhert *et al* 2001).

Στο ημι-συνεχές (semi-continuous) σύστημα ακολουθείται η διαδικασία της συγκομιδής και η ανανέωση του μέσου εκτροφής σχεδόν καθημερινά. Η ποσότητα της συγκομιδής κυμαίνεται από 10% έως 50% του συνολικού όγκου και η συχνότητα της φτάνει από 1 σε 3 ημέρες. Η εκτροφή αυτή μπορεί να διαρκέσει για αρκετές εβδομάδες. Στην περίπτωση που η συχνότητα ανανέωσης είναι κάθε 24h ή λιγότερο και ο ανανεώσιμος όγκος είναι σταθερός, τότε αυτή μπορεί να σχετίζεται με ένα συνεχές σύστημα (Schluter *et al.* 1987). Το ημι-συνεχές σύστημα όπως και το διακοπτόμενο σύστημα (batch culture) συναντώνται ευρέως σε εκκολαπτήρια και συνήθως συνδυάζονται μεταξύ τους (Olsen 2004).

Τα συστήματα συνεχούς παραγωγής τροχοζώων (continuous) βασίζονται στη μεθοδολογία «chemostat» (James & Abu Rezeq 1989), δηλαδή στην προσπάθεια διατήρησης των φυσικοχημικών συνθηκών σε σταθερά επίπεδα. Σε αυτά τα συστήματα ο ρυθμός ανανέωσης είναι σταθερός. Μετά την αρχική ανάπτυξη, ο πληθυσμός φτάνει σε μια σταθερή κατάσταση, διατηρώντας μια σχεδόν σταθερή πυκνότητα τροχοζώων για εβδομάδες. Κατά τη διάρκεια της σταθερής φάσης, ο ρυθμός ανάπτυξης είναι ίσος με το ρυθμό ανανέωσης, ενώ η πυκνότητα των θηλυκών και κατά συνέπεια η παραγωγή, εξαρτάται από το επίπεδο της τροφής (Schluter *et al.* 1987).

Οι τροφές που χρησιμοποιούνται συνήθως σε παρόμοια συστήματα εκτροφής είναι σκευάσματα πυκνής πάστας διαφόρων ειδών μικροφυκών, ξηρά μικροφύκη και βιομηχανικές τροφές. Τα προϊόντα αυτά μπορούν να προσφέρουν υψηλότερα επίπεδα κυττάρων και συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία πρέπει να επιτευχθούν στο μέσο εκτροφής και να ξεπεράσουν τα επίπεδα εκείνα που συνήθως

εξασφαλίζουν οι καλλιέργειες μικροφυκών στα εκκολαπτήρια. Μια ανάλογη τακτική αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη τεχνικών στις οποίες η πυκνότητα των τροχοζώων και η παραγωγή θα είναι ιδιαίτερα υψηλότερες από εκείνες που λαμβάνονται με τις παραδοσιακές μεθόδους (Suantika *et al.* 2001).

Το είδος της μαζικής εκτροφής που σχετίζεται με συνεχή ή παρόμοια συστήματα, στηρίζεται στη μόνιμη προσθήκη τροφής υψηλής ποιότητας, η οποία μπορεί να εξασφαλίσει ταχεία ανάπτυξη των τροχοζώων. Η συνεχής παροχή τροφής έχει στόχο να ενισχύσει την αναπαραγωγή των τροχοζώων και να αυξήσει τα ποσοστά παραγωγής αυγών, άρα και το σύνολο του πληθυσμού. Η αποτυχία της προσφοράς τροφής μετά από μια περίοδο μεγάλης παραγωγής αυγών μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση της παραγωγής. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται σε παρόμοια συστήματα και συνδέεται με την υψηλή πυκνότητα παραγωγής τροχοζώων είναι η δημιουργία αμμωνίας και η αφαίρεσή της. Κατά καιρούς έχουν προταθεί πολλές τεχνικές όπως είναι η μείωση του pH, η εφαρμογή ιοντοανταλλάκτη, τα φίλτρα μεμβρανών ή η χρήση συστημάτων ανακύκλωσης (Conceicao *et al.* 2010).

1.4 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η σύγκριση των διαφορετικών μεθόδων εκτροφής ως προς την αύξηση του πληθυσμού των τροχοζώων χρησιμοποιώντας δυο προϊόντα διατροφής σε εντατικές συνθήκες παραγωγής. Στόχος είναι να καλυφθούν πλήρως οι απαιτήσεις ενός εκκολαπτηρίου υψηλής δυναμικότητας (π.χ. δυναμικότητας 40.000.000 ιχθυδίων).

Λόγω της συμμετοχής τους στο κόστος παραγωγής ιχθυδίων σε ΙΧΣ, θα διερευνηθούν και οικονομικοί δείκτες. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η συμμετοχή της εκτροφής τροχοζώων στο κόστος του συνόλου της παραγωγής ανέρχεται περίπου στο 6 με 7%, ποσοστό που εξαρτάται άμεσα από το είδος ψαριού προς εκτροφή, καθώς και από τον πρωτόκολλο που πρόκειται να ακολουθηθεί.

Με τον τρόπο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια προσέγγισης της πιο συμφέρουσας τεχνικής εκτροφής τροχοζώων για την εταιρεία, με σκοπό να μειώσει το κόστος της ως προς την παραγωγή αυτών των οργανισμών. Παράλληλα όμως πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν η αναγκαιότητα των τροχοζώων στην εκτροφή ιχθυδίων θαλάσσιων ειδών ψαριών.

Άρα η τελική πρόταση που θα δοθεί θα περιλαμβάνει τόσο το οικονομικό όφελος της εταιρείας όσο και της παραγωγής, ως προς την συνεχή διάθεση των οργανισμών, καλύπτοντας κάθε απαίτηση των προνυμφών για άρτια σίτιση και χωρίς αυτή να επηρεάζει αρνητικά το εργατικό δυναμικό.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 5 πειραματικοί κύκλοι, κατά τους οποίους τα δύο συστήματα λειτούργησαν παράλληλα. Σε κάθε πειραματικό κύκλο του ημι – συνεχούς συστήματος, δηλαδή για την περίοδο 20 ημερών της λειτουργίας του, λειτούργησαν παράλληλα 4 συνεχόμενοι κύκλοι για το διακοπτόμενο σύστημα. Ο καθένας από αυτούς διαδέχτηκε τον επόμενο και για τα δυο συστήματα εκτροφής, άρα τελικά απαιτήθηκαν 100 ημέρες εκτροφής τροχοζώων με 5 πειραματικούς κύκλους των 20 ημερών στο ημι - συνεχές σύστημα και 20 των 5 ημερών στο διακοπτόμενο σύστημα. Ο κάθε κύκλος στο ημι – συνεχές περιελάμβανε 4 διαδοχικούς κύκλους στο διακοπτόμενο. Συνεπώς για το τελευταίο χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 20 δεξαμενές εκτροφής.

Οι δεξαμενές που χρησιμοποιήθηκαν και για τους δύο τρόπους εκτροφής ήταν οι ίδιες. Είναι κατασκευασμένες από υλικό πολυαιθυλενίου, ο όγκος τους φτάνει τα $2,7\text{m}^3$, η διάμετρος τους είναι 167cm και το ύψος τους 230cm.

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και η τεχνική που ακολουθήθηκε για την διεκπεραίωση του συγκεκριμένου πειράματος καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του νερού που χρησιμοποιήθηκε. Γίνεται επίσης αναφορά στο χώρο μέσα στον οποίο πραγματοποιήθηκε η εργασία και περιγράφεται η χωροταξική κατανομή των δεξαμενών μέσα σε αυτόν.

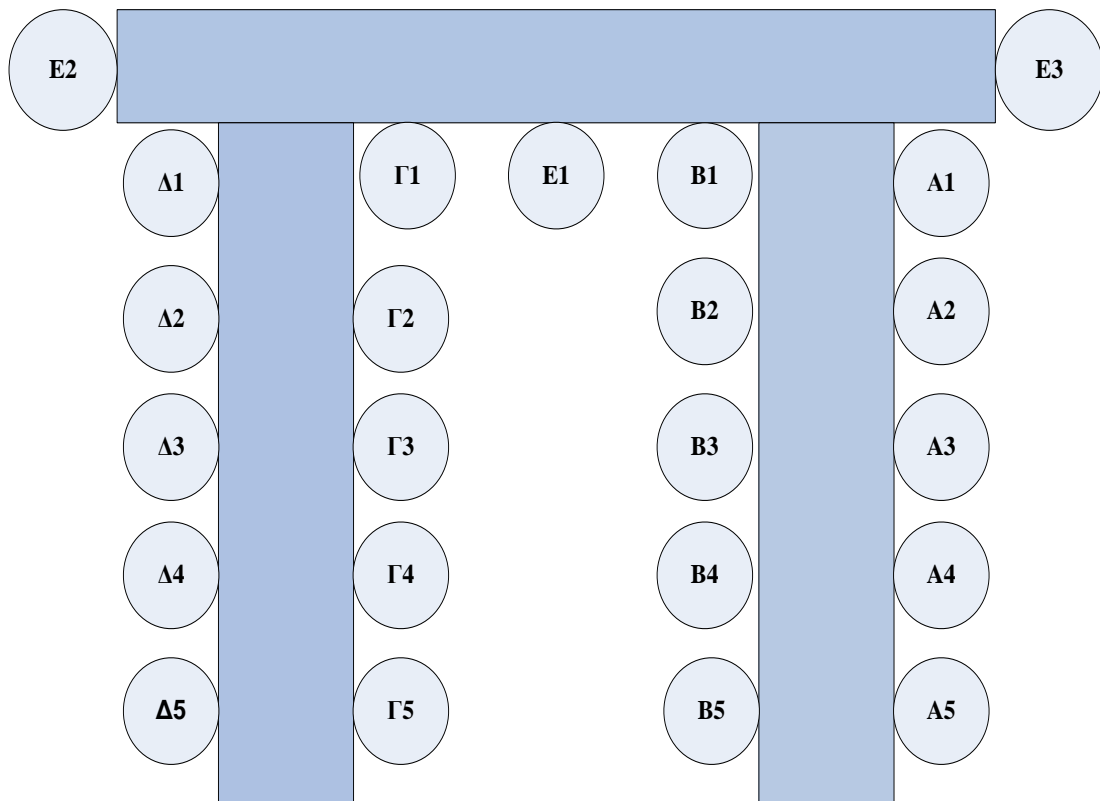
2.1 Συνθήκες νερού

Το νερό που χρησιμοποιείται προέρχεται από γεώτρηση με άντληση και έχει σταθερή αλατότητα σε όλη τη διάρκεια παραγωγής στο 25 %. Μέτα την άντλησή του μέσω της ειδικής αντλίας, το νερό κατευθύνεται μέσα σε δεξαμενή απαέρωσης (Degaser), στην οποία πραγματοποιείται διάσπαση αερίων που τυχόν υπάρχουν.

Πριν την εισαγωγή του στις εγκαταστάσεις του ΙΧ.Σ., ελάμβανε χώρα διαδικασία φιλτραρίσματος μέσω μηχανικών φίλτρων 5 μm , 1 μm και 0,45 μm και τέλος αποστείρωση με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV. Στην συνέχεια εισέρχεται στο δωμάτιο εκτροφής τροχοζώων, μέσω σωληνώσεων και διανέμεται στο πάνω μέρος κάθε δεξαμενής.

Ο τρόπος θέρμανσης ρυθμίστηκε με σύστημα τύπου καλοριφέρ, το οποίο αποτελείται από σωληνώσεις βυθισμένες σε κάθε δεξαμενή. Στην κάθε μια από αυτές υπήρχε αισθητήριο όργανο καταμέτρησης θερμοκρασίας, το οποίο ήταν συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό πίνακα και εκεί απεικονίζονταν όλες οι μετρήσεις του. Τα θερμοστοιχεία ήταν ρυθμισμένα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, οπότε όταν το μέσο εκτροφής φτάσει στην επιθυμητή τιμή το όργανο έπαυε να λειτουργεί και να παράγει θερμότητα. Η θερμοκρασία μετρήθηκε με χρήση θερμομέτρου οينوπνεύματος (0-50 $^{\circ}\text{C}$ ανά 0,5 $^{\circ}\text{C}$).

Για την καταμέτρηση του οξυγόνου στις δεξαμενές εκτροφής χρησιμοποιήθηκε το ίδιο όργανο μέτρησης (DO 200 EcoSense) και στα δύο συστήματα εκτροφής με την ίδια συχνότητα μετρήσεων (3 ανά ημέρα). Η μόνη διαφορά που υπήρχε μεταξύ των δύο συστημάτων ήταν στο μέσο οξυγόνωσης τους, δηλαδή στον διαχυτή οξυγόνου. Για το ημι – συνεχές σύστημα απαιτήθηκε κεραμική πλάκα τύπου DF-500, μεγέθους 47*8cm, η οποία λειτουργεί σε υψηλή πίεση της τάξης των 3bar, ενώ για το διακοπτόμενο χρειάστηκε πέτρα τύπου FPW με μέγεθος 8*4*4 όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.



Σχήμα 3: Διάταξη δεξαμενών εκτροφής τροχοζώων

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3 το δωμάτιο εκτροφής τροχοζώων αποτελείται από 20 δεξαμενές εκτροφής, οι οποίες αναφέρονται στις σειρές Α, Β, Γ, Δ από 1 έως 5 και 3 δεξαμενές εμπλουτισμού. Στις τελευταίες μεταφέρονται τα τροχόζωα και παραμένουν εκεί για λίγες ώρες, ταΐζονται με ειδικές τροφές (εμπλουτιστικά) και στην συνέχεια χορηγούνται σε προνύμφες ιχθυδίων ως τροφή.

Οι δεξαμενές που βρίσκονται στην αρχή κάθε σειράς, δηλαδή οι Α1, Β1, Γ1, Δ1, χρησιμοποιήθηκαν για εκτροφή στο ημι – συνεχές σύστημα, ενώ όλες οι υπόλοιπες δεξαμενές, εκτός εκείνες του εμπλουτισμού, χρησιμοποιήθηκαν για το διακοπτόμενο σύστημα. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι οι 4 πρώτοι πειραματικοί κύκλοι και για τα δύο συστήματα εκτροφής πραγματοποιήθηκαν παράλληλα και μετά το πέρασμα του πρώτου κύκλου, ακολούθησε η έναρξη και εξέλιξη του τελευταίου. Αυτό οφείλεται

στην έλλειψη δεξαμενών μέσα στον χώρο και έτσι καθίσταται δύσκολη η ταυτόχρονη εφαρμογή των πειραματικών κύκλων στο σύνολό τους.

2.2 Τεχνική batch culture ή διακοπτόμενο σύστημα

2.2.1 Τεχνικό μέρος

Ο αρχικός πληθυσμός που χρησιμοποιήθηκε για τον εμβολιασμό κάθε δεξαμενής εκτροφής ήταν περίπου 700-900mill τροχοζώων με συγκέντρωση 390-550 ind/ml. Καθημερινά παρακολουθείται η ανάπτυξη κάθε πληθυσμού.

Ο αρχικός όγκος των δεξαμενών που πήραν μέρος στο πείραμα ξεκινά από τα $1,8\text{m}^3$ και καθημερινά γίνεται προσθήκη νερού, ανάλογα με την αύξηση του πληθυσμού. Γενικά οι αυξήσεις στον όγκο νερού είναι οι εξής (όπου d συμβολίζεται η ημέρα εκτροφής, ακολουθούμενη από τον αύξοντα αριθμό κάθε ημέρας):

d0: $1,8\text{m}^3$

d1: προσθήκη 400l, τελικός όγκος $2,2\text{m}^3$

d2: προσθήκη 300l, τελικός όγκος $2,5\text{m}^3$

d3: προσθήκη 200l, τελικός όγκος $2,7\text{m}^3$

d4: συγκομιδή τροχοζώων

Η προσθήκη νερού στις δεξαμενές εκτροφής πραγματοποιείται διότι προσφέρεται ένα καθαρότερο περιβάλλον, μέσα στο οποίο αναπτύσσεται ο πληθυσμός και βοηθά στην συνεχή αύξηση του. Οι πληθυσμοί που προκύπτουν μέσω της συγκεκριμένης τεχνικής μπορούν να αποτελέσουν το σύνολο σε νέα δεξαμενή εκτροφής ή να εμπλουτιστούν με ειδικές τροφές υψηλής θρεπτικής αξίας και στην συνέχεια να χορηγηθούν σε λάβρες ιχθυδίων.

Σε όλες τις δεξαμενές υπήρχε συνεχής αερισμός χαμηλής παροχής, που διατίθεται στο εσωτερικό τους με 4 αερόπετρες τύπου MPW $5*2,5*2,5$ τοποθετημένες

περιμετρικά. Στο κέντρο τους διοχετεύτηκε μέσω ειδικής πέτρας τύπου FPW με μέγεθος 8*4*4 υγρό οξυγόνο σε αέρια μορφή σε 24ωρη κλίμακα.

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται δεξαμενή εκτροφής τροχοζώων σε διακοπτόμενο σύστημα



Εικόνα 3: Δεξαμενή εκτροφής στο διακοπτόμενο σύστημα (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέα)

2.2.2 Διατροφή

Η βιομηχανία παραγωγής φυτοπλαγκτού ανέπτυξε ένα συμπυκνωμένο φυτοπλαγκτονικό προϊόν κατάλληλο για την διατροφή τροχοζώων μαζικής εκτροφής. Το προϊόν αυτό έδωσε την δυνατότητα αποδέσμευσης των εκκολαπτηρίων από την επιπλέον παραγωγή μικροφυκών.

Το περισσότερο διαδεδομένο είδος που χρησιμοποιείται στα ελληνικά αλλά και ευρωπαϊκά εκκολαπτήρια είναι η *Chlorella vulgaris* γνωστή και ως fresh *Chlorella*, το οποίο συναντάται σε γλυκά νερά. Παράγεται στην Ιαπωνία και διακινείται στην Ευρώπη μέσω της PTC (Pacific Trading Co, Ltd). Διανέμεται στο εμπόριο σε συσκευασία των 20l μέσα σε ειδικά πακέτα διατήρησης χαμηλής θερμοκρασίας, προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα του προϊόντος. Η πυκνότητα των κυττάρων

της φτάνει τα 20 δισεκατομμύρια κύτταρα ανά ml (billion cells per ml) και το κόστος της αγγίζει τα 18 ευρώ ανά 1l.

Κατά την παραγωγική διαδικασία της *Chlorella* τα κύτταρα της εμπλουτίζονται με βιταμίνη B12, συστατικό βιολογικής προέλευσης, το οποίο αποτελεί στοιχείο ζωτικής σημασίας για την αύξηση του πληθυσμού των τροχοζώων. Χαρακτηριστικό της *Chlorella* είναι ότι μπορεί να αναπτυχθεί με μια πηγή οργανικού άνθρακα, όπως είναι η γλυκόζη ή το οξικό οξύ, με αποτέλεσμα να μειώνει σημαντικά το κόστος φωτισμού. Ένα άλλο γνώρισμα της είναι η μικρή χρονική περίοδος που απαιτείται για τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων της σε σχέση με άλλα είδη μικροφυκών, όπως για παράδειγμα του *N. oculata* (Hegiwara *et al.* 2001).

Η χορήγηση της *Chlorella* πραγματοποιήθηκε καθημερινά από την έναρξη της δεξαμενής εκτροφής, ημέρα d0 σε 5 ταΐσματα ανά 24ωρο και συνεχίστηκε σε όλη τη διάρκεια της μέχρι την ημέρα d4, όπου επιτεύχθηκε η συγκομιδή του πληθυσμού. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των ταϊσμάτων κυμάνθηκε από 4 έως 5 ώρες, έτσι ώστε να υπάρχει μια ομαλή κατανομή κατά την διάρκεια της ημέρας. Ο τρόπος χορήγησης της τροφής έγινε με ζύγιση του προϊόντος σε ειδικό ογκομετρικό ποτήρι ζέσεως και στην συνέχεια ακολουθήθηκε αραίωση της ποσότητας με νερό, όμοιο με εκείνο που χρησιμοποιήθηκε στις δεξαμενές εκτροφής. Η αραίωση λαμβάνει χώρα έτσι ώστε το προϊόν να διαλυθεί γρήγορα και ομοιόμορφα σε όλη την έκταση και στήλη του μέσου εκτροφής.

Το πρωτόκολλο των ταϊσμάτων που ακολουθήθηκε για αυτού του είδους εκτροφή τροχοζώων με χορήγηση της πυκνής πάστας *Chlorella*, έχει δοκιμαστεί και χρησιμοποιηθεί σε διάφορες δόσεις επί σειρά ετών στο συγκεκριμένο εκκολαπτήριο και έχει κατοχυρωθεί στην εξής δοσολογία:

d0: 500ml / τάισμα ή 3l

d1: 600ml / τάισμα ή 3,5l

d2: 700ml / τάισμα ή 4l

d3: 800ml / τάισμα ή 4,5l

d4: συγκομιδή πληθυσμού

Ο λόγος που χρησιμοποιούνται οι παραπάνω δοσολογίες τροφής και όχι κάποιες μεγαλύτερες ή μικρότερες είναι κυρίως οικονομικού χαρακτήρα. Δηλαδή πρέπει να γίνεται χρήση όσο το δυνατόν λιγότερης ποσότητας τροφής για μείωση του κόστους των τροχοζώων, αλλά και ταυτόχρονα να παρουσιάζεται μια ικανοποιητική πληθυσμιακή αύξηση.

2.3 Τεχνική ημι - συνεχούς εκτροφής

2.3.1 Τεχνικό μέρος

Κατά την συγκεκριμένη τεχνική εκτροφής αξιοποιείται σχεδόν όλος ο όγκος της δεξαμενής από την αρχή της λειτουργίας της. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης εκτροφής είναι η διάθεση υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμού τροχοζώων για την έναρξη της. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο της εταιρείας παραγωγής της τροφής, που χρησιμοποιείται κατά την εν λόγω εκτροφή, απαιτείται η συγκέντρωση των τροχοζώων να ξεκινά από τουλάχιστον 3.000 ind/ml.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της είναι η συνεχής χορήγηση τροφής σε 24ωρη βάση. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η χρήση περισταλτικής αντλίας, η οποία είναι σε θέση να εξασφαλίζει την συνεχόμενη παροχή τροφής με σταθερό ρυθμό. Στο δεδομένο πείραμα η αντλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου SDP και ήταν ρυθμισμένη να χορηγεί 3ml διαλυμένης τροφής / 5sec.

Επίσης, χρειάζεται να είναι εφαρμοσμένα στη δεξαμενή 2 ειδικά μεταλλικά φίλτρα (Εικ. 4). Τα φίλτρα αυτά είναι ανοξείδωτα και γνωστά με την ονομασία rotifilter ή trislot stainless steel filter και έχουν άνοιγμα μεταξύ των μετάλλων 45μm, διάμετρο φ200 και ύψος 56cm. Έχουν τη δυνατότητα να συγκρατούν τα τροχόζωα και να επιτρέπουν το πέρασμα του νερού της δεξαμενής προς την απορροή. Πρέπει να βρίσκονται σε απέναντι σημεία.



Εικόνα 4: Ανοξείδωτο φίλτρο (rotifilter) για το συνεχές σύστημα καλλιέργειας τροχόζωων (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέα).

Επίσης, στο εσωτερικό της δεξαμενής πρέπει να υπάρχουν βυθισμένα 4 ζευγάρια φίλτρων, τα οποία λειτουργούν ως αυτόματοι καθαριστές. Αυτό σημαίνει ότι με αναρρόφηση του μέσου καλλιέργειας έχουν τη δυνατότητα να συγκρατούν στο εσωτερικό τους τα αιωρούμενα σωματίδια, που προέρχονται από τα υπολείμματα της τροφής και να επιτρέπουν στα τροχόζωα να επιστρέψουν πάλι στο περιβάλλον της

δεξαμενής. Το σύστημα αυτό έχει ονομαστεί *matrioska* και αποτελείται από τα εξής φίλτρα:

- ✓ Φίλτρο από σωλήνα ελαφρύ τύπου PVC, διαμέτρου φ200 και ύψους 63cm.
Στο εξωτερικό του μέρος έχει εφαρμοστεί πλαγκτονικό δίχτυ 300μm.
- ✓ Φίλτρο από σωλήνα ελαφρύ τύπου PVC, διαμέτρου φ160 και ύψους 59cm.
Στο εξωτερικό του έχει εφαρμοστεί φίλτρο τύπου Scotch Brite.
- ✓ Φίλτρο από σωλήνα ελαφρύ τύπου PVC, διαμέτρου φ125 και ύψους 55cm.
Στο εξωτερικό του έχει εφαρμοστεί φίλτρο τύπου Scotch Brite.

Τα τρία παραπάνω φίλτρα τοποθετούνται το ένα μέσα στο άλλο και κρεμιούνται αιωρούμενα στο εσωτερικό της δεξαμενής. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6, στο εξωτερικό φίλτρο εφαρμόζεται σωλήνας φ32, ύψους 90cm, μέσα στον οποίο εισέρχεται λάστιχο αέρα φ4, που δίνει ώθηση στο νερό του μέσου εκτροφής να περάσει μέσα από το σύστημα των φίλτρων. Ανά τακτά διαστήματα τα φίλτρα αυτά πρέπει να καθαρίζονται και να απολυμαίνονται έτσι ώστε να καθίστανται ικανά να διατηρήσουν καθαρό το περιβάλλον της εκτροφής.



Εικόνα 5: Επιμέρους φίλτρα που αποτελούν τον αυτόματο καθαριστή (*matrioska*) (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέα).

Το ημι - συνεχές σύστημα εκτροφής σε κατάσταση λειτουργίας φαίνεται στην Εικόνα 6. Αναφέρεται σε εκτροφή τροχοζώων μερικών ημερών, σε μέγιστο όγκο (κατά μέσο όρο $2,5\text{m}^3$) και συγκέντρωση που κυμαίνεται μεταξύ 4.000 και 5.000 ind/ml.



Εικόνα 6: Σύστημα ημι-συνεχούς καλλιέργειας τροχοζώων με συνεχή ανανέωση νερού (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέα)

Κατά την ημι - συνεχή εκτροφή υπάρχει καθημερινή δυνατότητα συγκομιδής τροχοζώων σε ποσοστό περίπου 15 έως 20% του συνολικού πληθυσμού. Η ποσότητα αυτή χρησιμοποιείται ως χορήγηση τροφής σε λάρβες ιχθυδίων, μετά από μια χρονική περίοδο εμπλουτισμού με την ανάλογη τροφή.

2.3.2 Διατροφή

Στο συνεχές σύστημα χρησιμοποιείται ξηρή τροφή βιομηχανικού τύπου με την ονομασία S. treatm της εταιρείας INVE. Είναι πλούσια σε βιταμίνες (A, D3, E και C), πρωτεΐνες (40%), ολικά έλαια και λιπαρά (13%), $\Sigma\omega 3$ HUFA, DHA και EPA. Η συγκεκριμένη διαίτα ενδείκνυται για εκτροφή τροχοζώων μόνο σε παρόμοιου τύπου συστήματα και μάλιστα με 24ωρη ανανέωση του νερού της δεξαμενής σε όλη τη

διάρκεια της καλλιέργειας (100 έως 150%/ημέρα), όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω (Pappas *et al.* 2012).

Η συνολική ημερήσια διαίτα των τροχοζώων υπολογίστηκε με βάση τον συνολικό πληθυσμό που βρίσκεται μέσα στην δεξαμενή, πολλαπλασιασμένο με τον συντελεστή ταΐσματος που προτείνει η εταιρεία παραγωγής και κυμαίνεται από 0,3 έως 0,4gr/million rotifers. Η ποσότητα αυτή μοιράστηκε σε 5 ισομερή ταΐσματα για όλη την ημέρα και χορηγήθηκε για το καθένα ξεχωριστά. Το κάθε ταΐσμα αναμίχθηκε και διαλύθηκε με ειδικό αναδευτήρα και τοποθετήθηκε σε δοχείο, μέσα στο οποίο υπήρχε συνεχής αερισμός για την ανάδευση του μίγματος τροφής-νερού, για όσο διάστημα παρέμεινε εκεί. Τέλος, προστέθηκε στον ανάλογο χρόνο μέσω της περισταλτικής αντλίας στο μέσο εκτροφής του πληθυσμού.

2.4 Δειγματοληψία και καταμέτρηση πληθυσμών

Πραγματοποιήθηκαν καθημερινές μετρήσεις των πληθυσμών και των δυο διαφορετικών συστημάτων με τον ίδιο τρόπο, κατά τις πρωινές ώρες 8:00 με 9:00 ή διαφορετικά 2-3h πριν το 1^ο ταΐσμα.

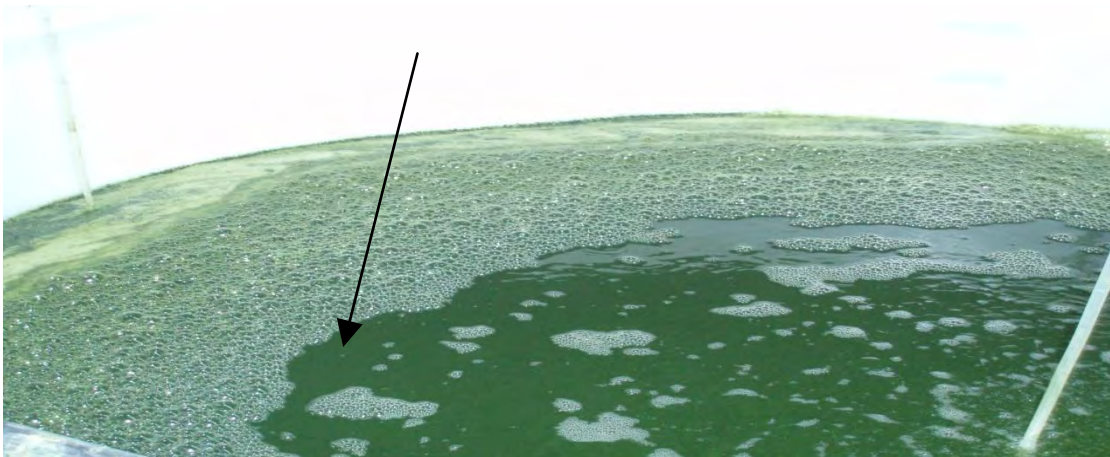
Τρόπος δειγματοληψίας:

Πρέπει να αναφερθεί ότι όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο μια φορά ανά ημέρα, λαμβάνοντας μόνο ένα δείγμα από την δεξαμενή καλλιέργειας. Είναι κατανοητό ότι δεν είναι δυνατή η καταμέτρηση περισσότερων δειγμάτων στα πλαίσια μεγάλης κλίμακας παραγωγής ιχθυδίων.

Για τον σκοπό της λήψης δειγμάτων των τροχοζώων ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

- ✓ Χρήση πλαστικού ποτηριού χωρητικότητας 200ml

- ✓ Το σημείο της δειγματοληψίας συνηθίζεται να είναι ένα «νεκρό» σημείο μεταξύ των κύκλων που σχηματίζονται από την παροχή του οξυγόνου και του αέρα (Εικ. 7). Το δείγμα λαμβάνεται σε σημείο κάτω από την επιφάνεια του νερού της δεξαμενής με βύθισμα του ποτηριού.



Εικόνα 7: Σημείο δειγματοληψίας (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέα).

Μετά την λήψη των δειγμάτων από τις δεξαμενές εκτροφής, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο της μονάδας και ακολούθησε η προετοιμασία τους για καταμέτρηση.

Τρόπος μέτρησης:

- ✓ Ανάδευση του δείγματος με παροχή αέρα μέσω γυάλινης πιπέτας 1ml με χρήση πουαρ.
- ✓ Λήψη δείγματος με την ίδια πιπέτα με αναρρόφηση με τη βοήθεια του πουαρ.
- ✓ Τοποθέτηση της ποσότητας του δείγματος σε ειδική πλάκα Sedgewick rafter cell S50 (microlitre), κατάλληλη για καταμέτρηση μικροοργανισμών και σωματιδίων σε υγρό μέσο.
- ✓ Προσθήκη 2-3 σταγόνων διαλύματος Lugol (διάλυμα ιωδίου και καλίου) για ακινητοποίηση των τροχοζώων.

- ✓ Κάλυψη του δείγματος με καλυπτρίδα.
- ✓ Τοποθέτηση και καταμέτρηση του δείγματος σε οπτικό μικροσκόπιο, μοντέλου Nikon eclipse 50i (Εικ. 8).



Εικόνα 8: Το οπτικό μικροσκόπιο Nikon που χρησιμοποιήθηκε κατά την διεξαγωγή του πειράματος (Πηγή: προσωπικό αρχείο συγγραφέα).

Ο αριθμός που προκύπτει από την παραπάνω διαδικασία αναφέρεται στην συγκέντρωση τροχοζώων (ind/ml) σε κάθε δεξαμενή εκτροφής. Στην συνέχεια με τον πολλαπλασιασμό αυτού και του όγκου της δεξαμενής προκύπτει το σύνολο του κάθε πληθυσμού. Όλες οι μετρήσεις καταγράφονται καθημερινά σε ειδικά διαμορφωμένο αρχείο excel και ακολουθεί διεξαγωγή και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

2.5 Προσδιορισμός ξηρού βάρους – υγρασίας

Με στόχο την όσο το δυνατή πλήρη διεξαγωγή αποτελεσμάτων που αφορούν τη συγκεκριμένη μελέτη, κρίθηκε αναγκαίος ο προσδιορισμός ξηρού βάρους και υγρασίας του οργανισμού που έλαβε μέρος στην διαδικασία του πειράματος, καθώς και των τροφών που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτροφή του.

Το ξηρό βάρος των τροχοζώων και των τροφών προσδιορίστηκε με ξήρανση 6 δειγμάτων για κάθε τύπο (τροχόζωα, *S.tream*, *Chlorella*). Τα δείγματα ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε φούρνο για 24 ώρες στους 105⁰C (AOAC 1995).

Στην συνέχεια, μετά την πάροδο του χρόνου ξήρανσης, τα δείγματα βγήκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5min ώστε να ψυχθούν. Ακολούθησε ο υπολογισμός της ποσότητας ξηρής ουσίας και του ποσοστού της υγρασίας / ξηρής ουσίας με βάση τους παρακάτω τύπους:

$$W_{\text{ξηρής ουσίας}} = W_{\text{δείγματος μετά την ξήρανση μαζί με το δισκίο}} - W_{\text{δισκίου}}$$

$$\text{Ξηρή ουσία \%} = (W_{\text{ξηρής ουσίας}} \times 100) / W_{\text{δειγματος}}$$

Όμοια,

$$W_{\text{υγρασία}} = W_{\text{δείγματος}} - (W_{\text{δείγματος μετά την ξήρανση}} - W_{\text{δισκίου}})$$

$$\text{Υγρασία \%} = (W_{\text{υγρασία}} \times 100) / W_{\text{δείγματος}}$$

Στους Πίνακες 1 και 2 του παραρτήματος παρουσιάζονται αναλυτικά οι ζυγίσεις των δειγμάτων, οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά την ξήρανσή τους.

2.6 Επεξεργασία δεδομένων και στατιστική ανάλυση

Με στόχο την ανάλυση των δεδομένων του πειράματος, τα οποία προέκυψαν από την καθημερινή παρακολούθηση και καταμέτρηση των πληθυσμών στα δύο συστήματα, χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικές εξισώσεις. Συγκεκριμένα, οι εξισώσεις αυτές αναφέρονται στον ρυθμό αύξησης r (άτομα / ημέρα) των πληθυσμών και στην ημερήσια παραγωγή Y (άτομα / ημέρα / δεξαμενή εκτροφής).

Για το διακοπτόμενο σύστημα (batch culture) ο ρυθμός αύξησης r_{batch} υπολογίστηκε από την εκθετική εξίσωση ανάπτυξης

$$\mathbf{r}_{\text{batch}} = \ln N_t - \ln N_{t-1}$$

όπου $\ln N_t$ και $\ln N_{t-1}$ είναι ο φυσικός λογάριθμος της συνολικής ποσότητας τροχοζώων την ημέρα t και $t-1$, όπου t είναι η ημέρα εκτροφής (Kostopoulou & Vadstein 2007).

Η ημερήσια παραγωγή $\mathbf{Y}_{\text{batch}}$ υπολογίστηκε ως εξής:

$$\mathbf{Y}_{\text{batch}} = (\mathbf{Q}_f - \mathbf{Q}_i) / \sum t \Delta \mathbf{V}_{\text{batch}}$$

όπου

\mathbf{Q} , δηλώνει την συνολική ποσότητα τροχοζώων

f , αντιπροσωπεύει την τελική ημέρα εκτροφής

i , αντιπροσωπεύει την αρχική ημέρα εκτροφής

t , αναφέρεται στην συνολική διάρκεια εκτροφής σε ημέρες και

$\Delta \mathbf{V}$, δηλώνει την διαφορά του όγκου \mathbf{V} μεταξύ της αρχικής και τελικής ημέρας, i και f αντίστοιχα (Kostopoulou *et al.* 2012).

Στην περίπτωση του ημι-συνεχούς συστήματος εκτροφής (semi-continuous) χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εξισώσεις

$$\mathbf{r}_{\text{sc}} = -\ln(1 - \Delta \mathbf{V} / \mathbf{V})$$

όπου $\Delta \mathbf{V}$ είναι η μεταβολή του όγκου, δηλαδή ο όγκος της δεξαμενής που απομακρύνθηκε και στην συνέχεια αντικαταστάθηκε

\mathbf{V} είναι ο συνολικός όγκος της δεξαμενής (Navarro & Yufera 1998a).

Η ημερήσια παραγωγή για το συγκεκριμένο σύστημα υπολογίστηκε με βάση της

$$\mathbf{Y}_{\text{sc}} = \text{αφαιρούμενα τροχόζωα} / \Delta \mathbf{V}_{\text{sc}}$$

όπου $\Delta \mathbf{V}_{\text{sc}}$ είναι η μεταβολή του όγκου της δεξαμενής (Kostopoulou *et al.* 2012).

Η αποδοτικότητα ($\mathbf{A}\%$) των συστημάτων εκτροφής εκτιμήθηκε με βάση τον μαθηματικό τύπο των Navarro & Yufera 1998a και Navarro & Yufera 1998b:

$$A = \frac{\text{ημερησίως παραγόμενα τροχόζωα (10}^6\text{/ημ.) * ξηρό βάρος τροχοζώων (10}^{-6}\text{g) /}}{\text{ημερήσια ποσότητα τροφής σε ξηρό βάρος (g/ημερ.)}} * 100$$

2.7 Οικονομικά στοιχεία

Για τον υπολογισμό του κόστους της παραγωγής τροχοζώων σε ημι-συνεχές και διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τα αρχεία του ΙΧΣ. Οι τιμές των προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αφορούν μόνο την συγκεκριμένη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μελέτη και τον συγκεκριμένο ΙΧ.Σ. Ως εκ τούτου τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι σημειακά εφόσον οι τιμές των δεδομένων προϊόντων μεταβάλλονται κατά περίπτωση (έτους ή/και εταιρείας).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

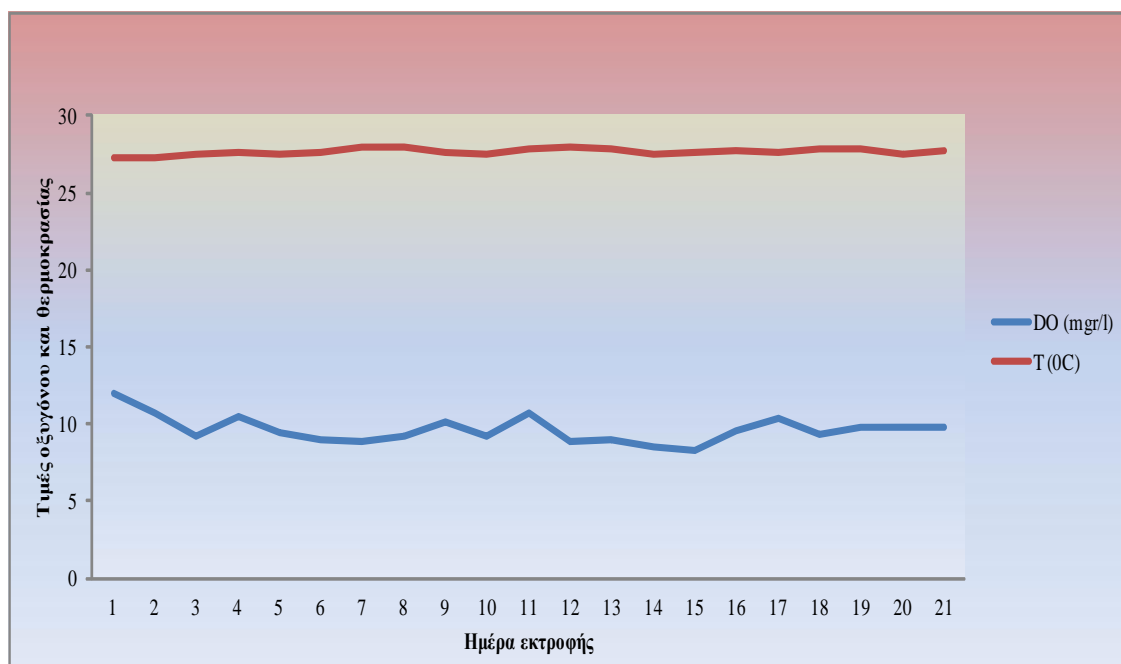
Κατά την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση του νερού από ιδιωτικό χημικό εργαστήριο ειδικό για χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις, τα αποτελέσματα της οποίας παρατίθενται στον Πίνακα 1.

Η θερμοκρασία του μέσου εκτροφής για τα δύο συστήματα κυμάνθηκε μεταξύ 26 έως 28⁰C. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι όπως στο διακοπτόμενο έτσι και στο ημι – συνεχές σύστημα το οξυγόνο κυμάνθηκε από 5mg/l και πάνω. Σε όλη την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν καθημερινά μετρήσεις τόσο της θερμοκρασίας, όσο και του οξυγόνου του μέσου εκτροφής και στα δύο συστήματα. Οι τιμές καταγράφηκαν σε ειδικό έντυπο, για το αρχείο της εταιρείας.

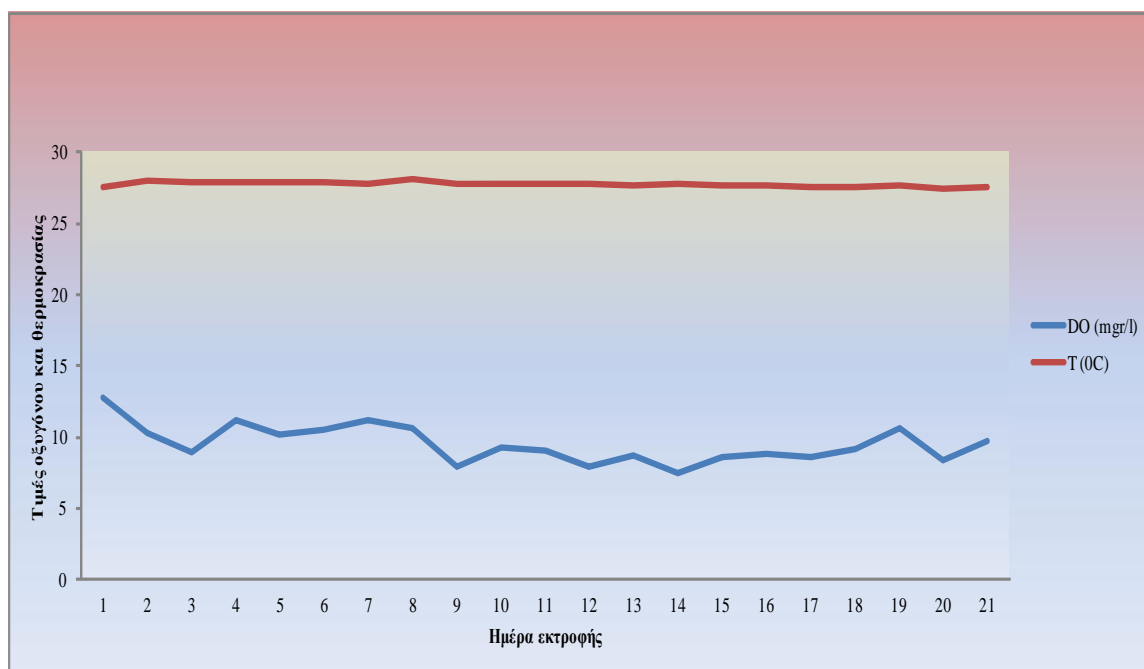
Στη συνέχεια δίδονται σχηματικά οι διακυμάνσεις του οξυγόνου και των θερμοκρασιών κατά μέσο όρο, για όλες τις δοκιμές για τα δύο συστήματα εκτροφής (Σχ. 4, Σχ. 5).

Πίνακας 1: Χημική ανάλυση του νερού γεώτρησης

ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
ph	7,73	ph Units
Αγωγιμότητα	36100	μS/cm
Σκληρότητα	5083	ppm CaCO ₃
Αλκαλικότητα	245	mg/l
Ελ. Χλώριο		
Κάλιο	350	mg/l
Νάτριο	10500	mg/l
Ασβέστιο	950	mg/l
Μαγνήσιο	650	mg/l
Θολερότητα		
Αμμωνία	<0,12	mg/l
Νιτρώδη	<0,02	mg/l
Φθοριούχα	2,5	mg/l
Χλωριούχα	20000	mg/l
Βρωμιούχα	7,6	mg/l
Νιτρικά	1,5	mg/l
Θειικά	3000	mg/l
Ορθοφωσφορικά	<0,09	mg/l
Σίδηρος	0,08	mg/l
Μαγγάνιο	0,01	mg/l
Ψευδάργυρος	0,01	mg/l
Χαλκός	0,01	mg/l
Κάδμιο	<0,0002	mg/l
Μόλυβδος	0,01	mg/l
Χρώμιο ολικό	<0,04	mg/l



Σχήμα 4: Διακυμάνσεις οξυγόνου και θερμοκρασίας στο διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής



Σχήμα 5: Διακυμάνσεις οξυγόνου και θερμοκρασίας στο ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής

Οι πέντε επαναλήψεις και στα δύο συστήματα εκτροφής τροχοζώων, τα οποία εφαρμόστηκαν στην παρούσα διατριβή, δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους (one-way

ANOVA, $P > 0.05$) και ως εκ τούτου για την ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων ομογενοποιήθηκαν.

Τα αποτελέσματα του διακοπτόμενου συστήματος εκτροφής τροχοζώων για το διάστημα εκτροφής δίνονται στους Πίνακες 2, 3, 4 και 5, ενώ παράλληλα απεικονίζεται σχηματικά η μέση συνολική απόδοση του συστήματος, όσον αφορά τον αριθμό τροχοζώων που συγκεντρώθηκαν συνολικά σε διάστημα 20 ημερών (Σχ. 6).

Πίνακας 2: Αποτελέσματα παραγωγής τροχοζώων δεξαμενής I και κατανάλωση τροφής

ΗΛΙΚΙΑ (day)	ΟΓΚΟΣ (m ³)	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (ind/ml)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ind*10 ⁶)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΡΟΦΗΣ (ml)
0	1,8	527,6	950	2.500
1	1,8	624	1.123	3.000
2	2,2	861,2	1.895	3.500
3	2,48	880,4	2.183	4.000
4	2,68	762,4	2.043	
				13.000

Πίνακας 3: Αποτελέσματα παραγωγής τροχοζώων δεξαμενής II και κατανάλωση τροφής

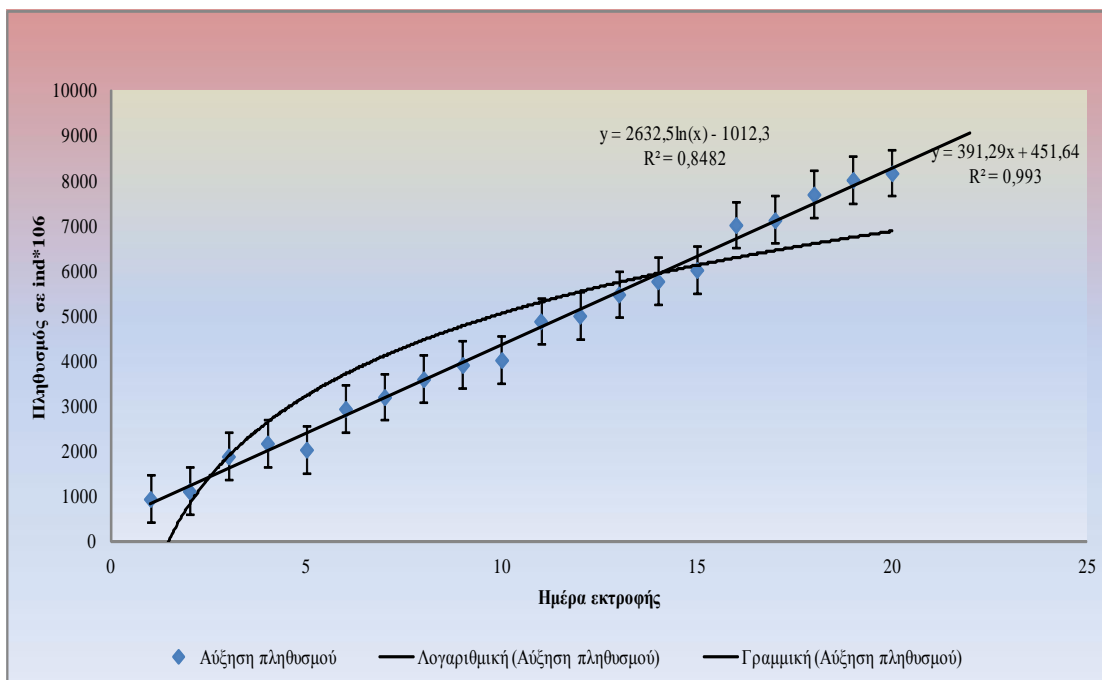
ΗΛΙΚΙΑ (day)	ΟΓΚΟΣ (m ³)	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (ind/ml)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ind*10 ⁶)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΡΟΦΗΣ (ml)
0	1,8	503,2	906	2.500
1	1,8	648,8	1.168	3.000
2	2,2	711,4	1.565	3.500
3	2,5	752	1.880	4.000
4	2,7	736,8	1.989	
				13.000

Πίνακας 4: Αποτελέσματα παραγωγής τροχοζώων δεξαμενής III και κατανάλωση τροφής

ΗΛΙΚΙΑ (day)	ΟΓΚΟΣ (m ³)	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (ind/ml)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ind*10 ⁶)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΡΟΦΗΣ (ml)
0	1,8	477,6	860	2.500
1	1,8	545,6	982	3.000
2	2,2	661,2	1.455	3.500
3	2,52	693,6	1.748	4.000
4	2,68	745,6	1.998	
				13.000

Πίνακας 5: Αποτελέσματα παραγωγής τροχοζώων δεξαμενής IV και κατανάλωση τροφής

ΗΛΙΚΙΑ (day)	ΟΓΚΟΣ (m ³)	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (ind/ml)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ind*10 ⁶)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΡΟΦΗΣ (ml)
0	1,8	554,8	999	2.500
1	1,8	614	1.105	3.000
2	2,2	762	1.676	3.500
3	2,5	800	2.000	4.000
4	2,68	800,8	2.146	
				13.000

**Σχήμα 6:** Εξέλιξη πληθυσμού τροχοζώων στο διακοπτόμενο σύστημα

Στο Σχήμα 6 δίνεται η εξέλιξη πληθυσμού τροχοζώων στο διακοπτόμενο σύστημα. Ο πληθυσμός των τροχοζώων που συγκεντρώθηκαν στο διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής, σε διάστημα 20 ημερών, είχε αυξητική τάση, ξεκινώντας από τα $950 \text{ ind} \cdot 10^6$ και φτάνοντας την τελευταία ημέρα του πειραματικού κύκλου στα $8.177 \text{ ind} \cdot 10^6$.

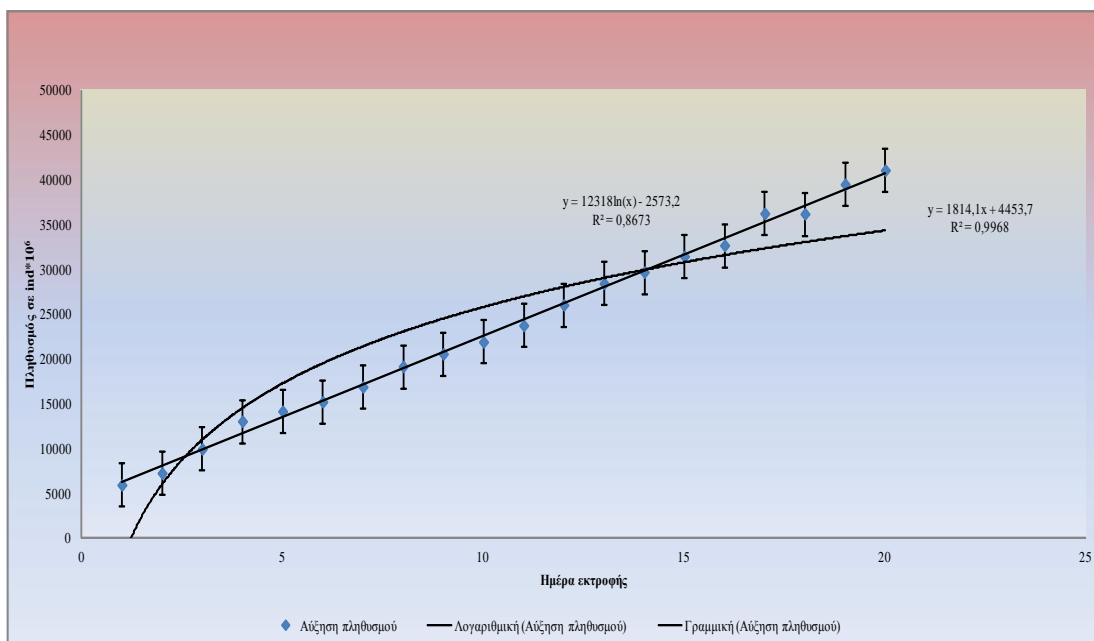
Αντίστοιχα στο ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής τροχοζώων, ομογενοποιώντας τα αποτελέσματα από τους 5 πειραματικούς κύκλους, προκύπτει ένα μέσο ημι-συνεχές σύστημα του οποίου οι καθημερινές μετρήσεις, η καθημερινή συγκομιδή και η διατροφή του παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα παραγωγής τροχοζώων και κατανάλωση τροφής στο ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής

ΗΛΙΚΙΑ (day)	1η ΜΕΤΡΗΣΗ					2η ΜΕΤΡΗΣΗ			ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΡΟΦΗΣ (kg)
	ΟΓΚΟΣ (m^3)	ΣΥΓΚ/ΣΗ (ind/ml)	ΠΑ/ΜΟΣ ($\text{ind} \cdot 10^6$)	ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ($\text{ind} \cdot 10^6$)	ΑΦΑΙ/ΝΟΣ ΟΓΚΟΣ (m^3)	ΟΓΚΟΣ (m^3)	ΣΥΓΚ/ΣΗ (ind/ml)	ΠΑ/ΜΟΣ ($\text{ind} \cdot 10^6$)	
d0	2,50	2.399	5.997						2,27
d1	2,52	2.904	7.317						2,56
d2	2,50	4.003	10.008	1.829	0,47	2,29	3.572	8.179	2,49
d3	2,51	4.491	11.273	2.286	0,53	2,25	3.994	8.987	2,78
d4	2,50	4.041	10.102	1.762	0,51	2,36	3.534	8.340	2,66
d5	2,50	3.757	9.392	1.702	0,5	2,30	3.344	7.690	2,54
d6	2,53	3.700	9.361	2.136	0,45	2,28	3.169	7.225	2,53
d7	2,55	3.724	9.497	1.488	0,41	2,37	3.380	8.010	2,61
d8	2,53	3.720	9.412	1.253	0,45	2,37	3.443	8.159	2,58
d9	2,56	3.708	9.492	1.741	0,39	2,31	3.356	7.752	2,60
d10	2,55	3.762	9.592	2.047	0,52	2,27	3.324	7.545	2,59
d11	2,55	3.858	9.837	2.300	0,43	2,33	3.415	7.957	2,68
d12	2,53	3.926	9.933	1.780	0,44	2,31	3.529	8.153	2,69
d13	2,48	3.795	9.411	1.508	0,44	2,34	3.377	7.903	2,55
d14	2,52	3.834	9.661	1.594	0,34	2,28	3.538	8.067	2,66
d15	2,51	3.702	9.292	3.424	0,37	2,28	3.493	7.964	2,68
d16	2,50	3.773	9.433	1.094	0,38	2,31	3.610	8.339	2,67
d17	2,50	3.314	8.286	1.694	0,35	2,39	3.054	7.300	2,46
d18	2,53	3.908	9.888	2.148	0,53	2,33	3.322	7.741	2,41
d19	2,53	3.683	9.318	1.342	0,4	2,25	3.535	7.954	2,36
d20	2,51	3.357	8.426	8.426					
									51,36

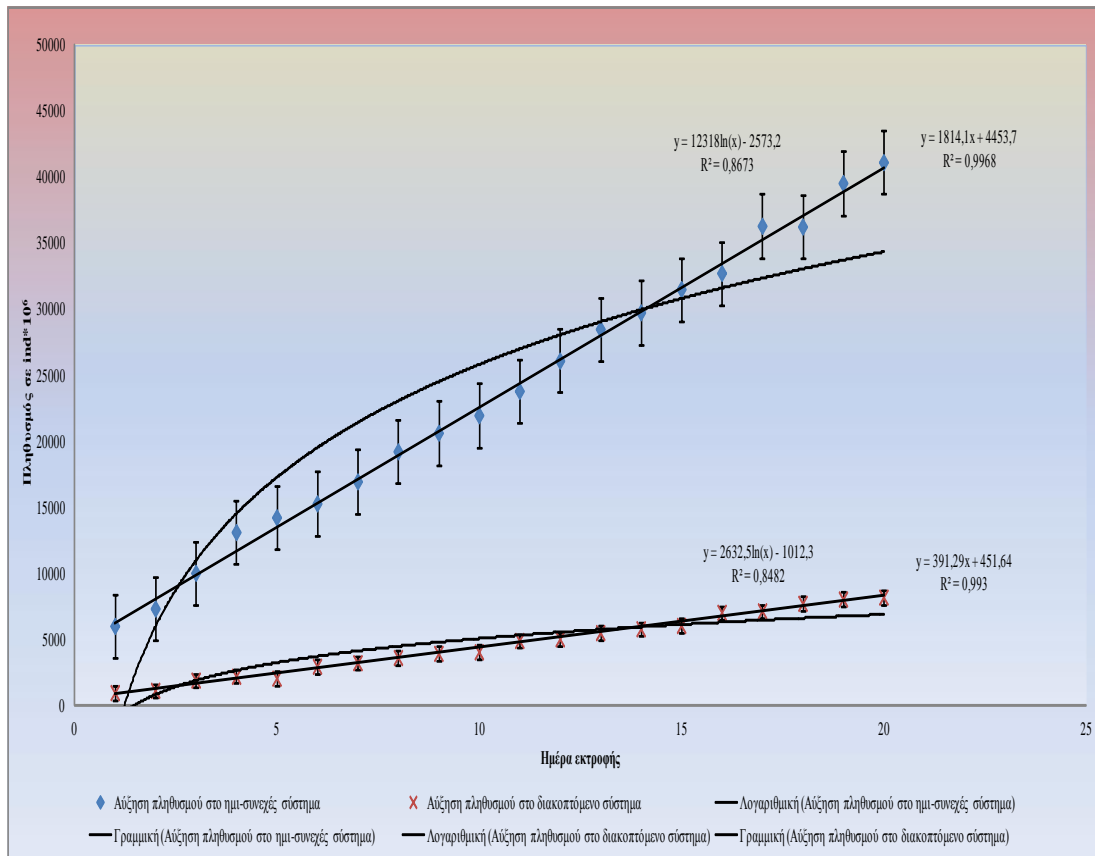
Στο Σχήμα 7 απεικονίζεται η εξέλιξη πληθυσμού τροχοζώων στο ημι-συνεχές σύστημα, κατά το οποίο ο πληθυσμός των τροχοζώων που συγκεντρώθηκαν στο

διάστημα 20 ημερών, κατάφερε να φτάσει από τα $5.997 \text{ ind} \cdot 10^6$ την ημέρα 0 στα $41.101 \text{ ind} \cdot 10^6$ την τελευταία ημέρα εκτροφής.



Σχήμα 7: Εξέλιξη πληθυσμού τροχοζώων στο ημι-συνεχές σύστημα

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται παράλληλα εξέλιξη των πληθυσμών τροχοζώων στα δύο συστήματα εκτροφής. Με βάση το συγκεκριμένο σχήμα μπορούν να προκύψουν αξιόλογα συμπεράσματα, τα οποία αφορούν τον αριθμό των τροχοζώων που μπορούν να συλλεχθούν από κάθε σύστημα και ταυτόχρονα να γίνει μια πρώτη εκτίμηση ως προς την αποδοτικότητα τους.

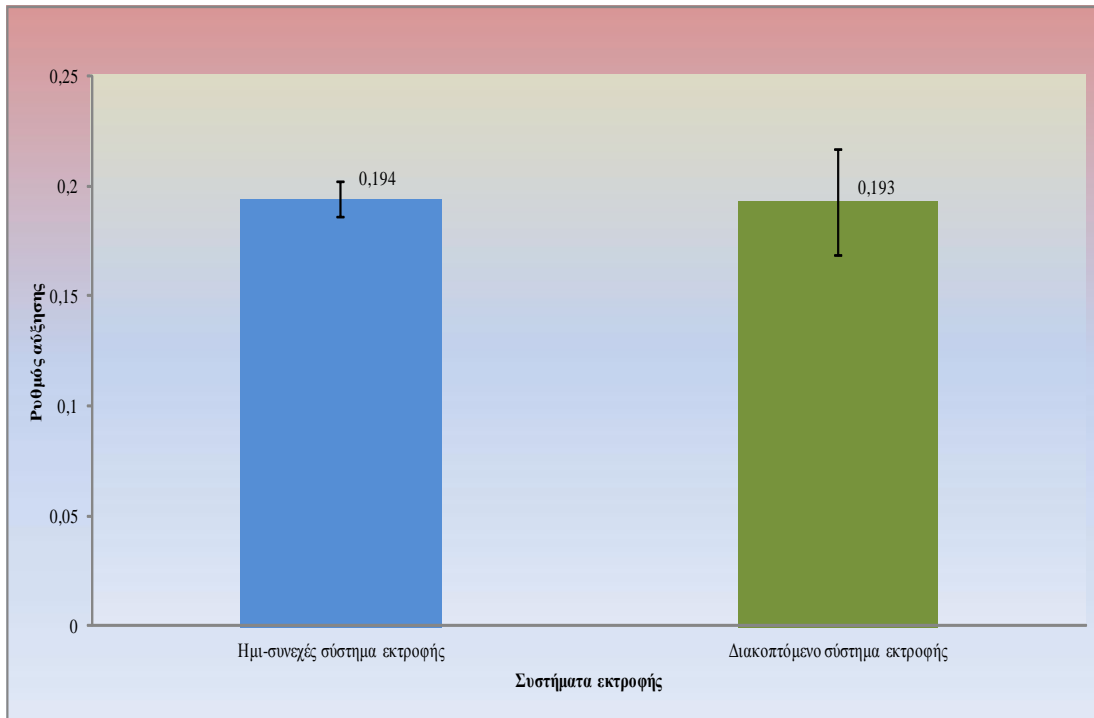


Σχήμα 8: Εξέλιξη πληθυσμού τροχοζώων στα δύο συστήματα εκτροφής

Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο ρυθμός αύξησης των τροχοζώων (r) για τα δύο συστήματα εκτροφής, σύμφωνα με τις εξισώσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 2.4. Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν και στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και τα τυπικά σφάλματα για το κάθε σύστημα ξεχωριστά.

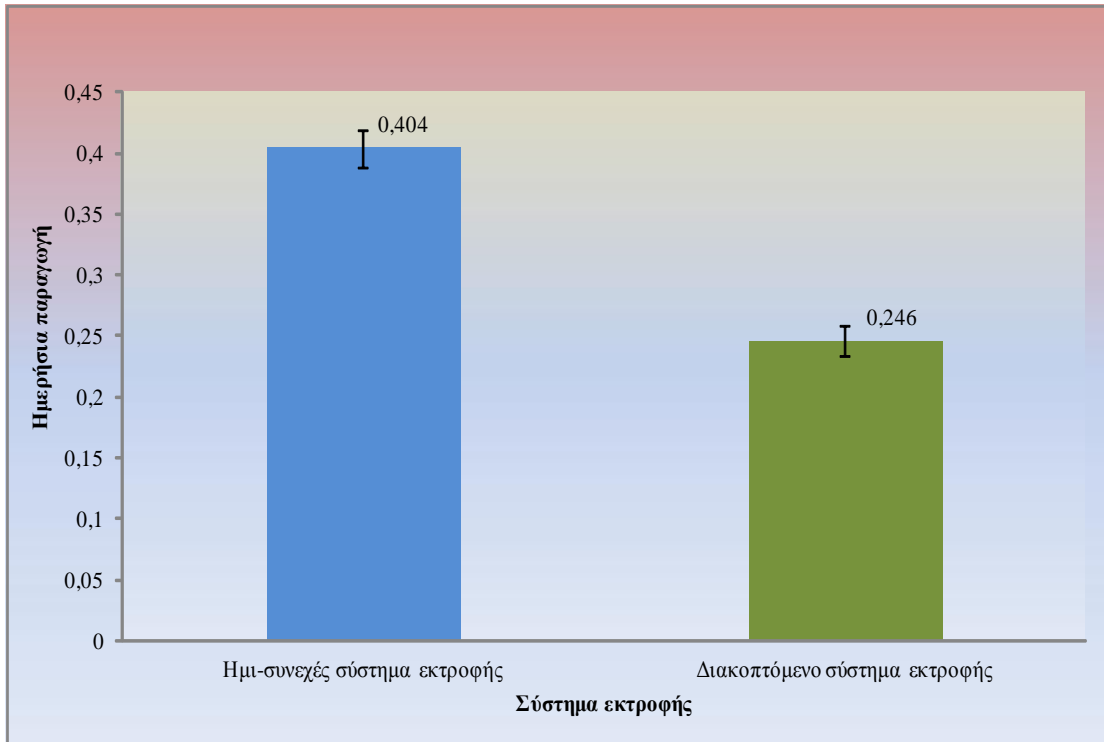
Οι πληθυσμοί αυξάνονται σχεδόν με τον ίδιο ρυθμό και στα δύο συστήματα εφόσον δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (t-test, $P > 0,05$, Σχ. 7).

Επίσης, υπολογίστηκε η ημερήσια παραγωγή (Y) του κάθε συστήματος εκτροφής με βάση τους τύπους της παραγράφου 2.4.



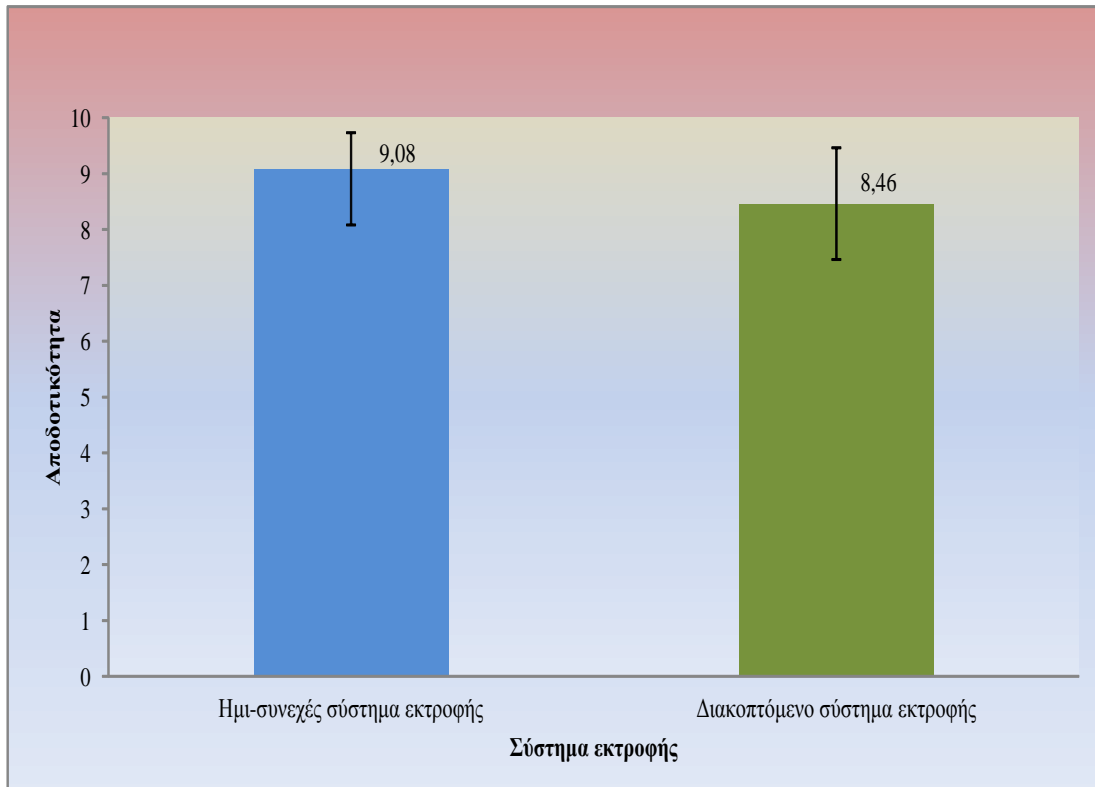
Σχήμα 9: Ρυθμός αύξησης για τα δύο συστήματα εκτροφής (με κάθετες μπάρες παρουσιάζεται το τυπικό σφάλμα).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση και συγκεκριμένα έλεγχος μεταξύ των δυο μέσων όρων (δοκιμασία t-test) με στόχο να συγκριθούν τα δύο συστήματα σε επίπεδο ημερήσιας παραγωγής. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν την υπεροχή του ημι-συνεχούς συστήματος έναντι του διακοπόμενου με στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$, Σχ. 10).



Σχήμα 10: Ημερήσια παραγωγή για τα δύο συστήματα εκτροφής (με κάθετες μπάρες παρουσιάζεται το τυπικό σφάλμα).

Ακολουθεί στατιστική ανάλυση και συγκεκριμένα έλεγχος μεταξύ των δυο μέσω όρων (δοκιμασία t-test) με στόχο να συγκριθούν τα δύο συστήματα σε επίπεδο αποδοτικότητας (A%). Με αυτόν τρόπο προσεγγίστηκε η απόδοση της κάθε τροφής που χρησιμοποιήθηκε στα δύο συστήματα εκτροφής σε σχέση με τα ημερησίως παραγόμενα τροχόζωα ($P < 0,05$, Σχ. 11).



Σχήμα 11: Αποδοτικότητα για τα δύο συστήματα εκτροφής (με κάθετες μπάρες παρουσιάζεται το τυπικό σφάλμα)

Πρέπει να αναφερθεί ότι για τον υπολογισμό της αποδοτικότητας στα δύο συστήματα, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός του ξηρού βάρους των τροφών και των τροχοζώων, όπως καταγράφεται στην παράγραφο 2.5. Στον Πίνακα 7 δίνονται τα αποτελέσματα του ξηρού βάρους της κάθε ουσίας.

Πίνακας 7: Ξηρό βάρος ουσιών

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΟΥΣΙΑΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΟΥΣΙΑΣ
Τροχοζώα	$1 \cdot 10^3$ ind	$1,22 \cdot 10^{-4}$ g
S. tream	1g	0,95g
Chlorella	1ml	0,13g

Πρέπει να σημειωθεί ότι για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους τροχοζώων χρησιμοποιήθηκαν $35 \cdot 10^3$ ind, τα οποία συλλέχθηκαν με την βοήθεια πλαγκτονικού

διχτυού από δεξαμενή εκτροφής. Με αυτόν τον τρόπο αφαιρέθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα νερού και τα τροχόζωα πήραν την μορφή πάστας.

Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζεται συγκεντρωτικά ο μέσος όρος και το τυπικό σφάλμα των κυρίων παραμέτρων των δύο συστημάτων εκτροφής.

Πίνακας 8: Ρυθμός αύξησης, ημερήσια παραγωγή και αποδοτικότητα στο ημι-συνεχές και στο διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής (μέσος όρος \pm τυπικό σφάλμα)

	ΗΜΙ-ΣΥΝΕΧΕΣ (semi-continuous)	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΟ (batch culture)	P
Ρυθμός αύξησης (ind/day)	0,194 \pm 0,008	0,193 \pm 0,023	ns
Ημερήσια παραγωγή (ind*10⁶)	0,40 \pm 0,015	0,25 \pm 0,012	***
Αποδοτικότητα (%)	9,08 \pm 0,65	8,46 \pm 1,00	***

Στον Πίνακα 9 πραγματοποιήθηκε μια σχετική προσέγγιση του κόστους των δύο συστημάτων, υπολογίζοντας μόνο το κόστος τροφής, η οποία καταναλώθηκε σε όλη την διάρκεια λειτουργίας του κάθε συστήματος, σε συνάρτηση με την ημερήσια και τελική παραγωγή τους.

Πίνακας 9: Κόστος τροφών των συστημάτων εκτροφής σε σχέση με την παραγωγή

	ΚΟΣΤΟΣ ΤΡΟΦΩΝ / kg (euro)	
	ΤΡΟΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ
	S.tream	58,8
	Πάστα <i>Chlorella</i>	18,5
	ΗΜΙ-ΣΥΝΕΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ
Συνολική κατανάλωση τροφής (kg ή l)	51,36	52
Συνολική συγκομιδή τροχοζώων (million ind.)	33.125,89	
Κατανάλωση τροφής / 10 ⁶ ind. (kg ή l)	1,6	11,7
Συνολικό κόστος τροφής (euro)	3020,20	962
Κόστος τροφής / 10 ⁶ ind. (euro)	91,17	216

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα δύο συστήματα εκτροφής τροχοζώων που διερευνήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι αλληλένδετα και οφείλουν να συνυπάρχουν σε συνθήκες παραγωγής μεγάλης κλίμακας ΙΧΣ. Αυτό συμβαίνει διότι για να εφαρμοστεί η τεχνική καλλιέργειας ημι-συνεχούς συστήματος απαιτείται μεγάλος αριθμός τροχοζώων. Οι πληθυσμοί αυτοί προέρχονται από 3 δεξαμενές, συνήθως, στις οποίες εφαρμόζεται το διακοπτόμενο σύστημα εκτροφής. Παρόλα αυτά, τα δύο συστήματα λειτουργούν διαφορετικά, άρα μπορούν να αναλυθούν και ξεχωριστά με σκοπό να φανούν τυχόν διαφορές και ομοιότητες.

Το πρωτόκολλο εκτροφής τροχοζώων που χρησιμοποιήθηκε στο ημι-συνεχές σύστημα μπορεί να συγκριθεί με ανάλογα πρωτόκολλα παρόμοιων συστημάτων. Στο συγκεκριμένο σύστημα η πυκνότητα των τροχοζώων βρέθηκε στο ανώτερο σημείο των αναφερόμενων τιμών και ο ρυθμός αύξησης ήταν παρόμοιος με τις βιβλιογραφικές αναφορές (Navarro & Yufera 1998a, Makridis & Olsen 1999). Η μέγιστη διάρκεια εκτροφής κυμάνθηκε στα ίδια πλαίσια με τις βιβλιογραφικές τιμές (Lubzens *et al.* 2001) και θα μπορούσε ενδεχομένως να υπερβεί την πλειοψηφία των τιμών αυτών με περαιτέρω εξέλιξη της λειτουργίας του συστήματος. Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και σε μελέτες που χορηγήθηκε ως τροφή φυτοπλαγκτόν σε συνδυασμό με ξηρή σκόνη μαγιάς. Σε μια από αυτές τις αναφορές η εκτροφή διατηρήθηκε περισσότερες ημέρες, αλλά η πυκνότητα των τροχοζώων ήταν σε χαμηλά επίπεδα (93 ± 30 ind/ml) σε σχέση με την παρούσα (Hirata *et al.* 1983).

Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από μια σειρά πειραματικών κύκλων, φαίνεται πως οι δύο τεχνικές παρουσιάζουν ομοιότητες και διαφορές. Συγκεκριμένα, ο ρυθμός αύξησης (r) των πληθυσμών δεν διαφέρει

στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δυο συστημάτων (Σχ. 9). Αντίθετα, η ημερήσια παραγωγή (Y) των συστημάτων φαίνεται να διαφέρει σημαντικά με εκείνη του ημι-συνεχούς να υπερτερεί ως προς το διακοπτόμενο.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 8, το ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με το διακοπτόμενο, τα οποία παρατηρούνται στην ημερήσια παραγωγή (Y), όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αλλά και στη διάρκεια εκτροφής, το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία (Navarro & Yufera 1997, Dhert *et al.* 2001, Lubzens *et al.* 2001). Η διαφορά αυτή μπορεί πιθανόν να αποδοθεί στην καθημερινή ανανέωση του μέσου εκτροφής του ημι-συνεχούς συστήματος. Δηλαδή, η καθημερινή συγκομιδή ποσότητας τροχοζώων από το ημι-συνεχές σύστημα και η συμπλήρωση του αφαιρούμενου όγκου στα επίπεδα που ήταν πριν την συγκομιδή, βοήθησε στη βελτίωση της ποιότητας του μέσου εκτροφής. Ένας άλλος παράγοντας που βοήθησε στη διατήρηση του μέσου εκτροφής σε πολύ καλή κατάσταση είναι η συνεχής παροχή νερού μέσα στη δεξαμενή εκτροφής, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση τμήματος νερού από την απορροή, μέσω των μεταλλικών φίλτρων. Επίσης, η κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων από τα φίλτρα Matrioska, προσθέτει άλλο ένα θετικό στοιχείο στην αναβάθμιση του μέσου εκτροφής.

Στην περίπτωση του διακοπτόμενου συστήματος, οι συνθήκες παρουσίασαν μεγάλες διακυμάνσεις, παρόλη την καθημερινή προσθήκη νερού, κυρίως λόγω της συνεχούς συσσώρευσης μεταβολικών προϊόντων, υπολειμμάτων τροφής και της δημιουργίας μιας ασταθούς μικροβιακής κοινότητας (Dhert *et al.* 2001). Αυτό ενδεχομένως συνέβη διότι δεν πραγματοποιήθηκε αφαίρεση και προσθήκη του μέσου εκτροφής, όπως εφαρμόστηκε στο ημι-συνεχές σύστημα.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη βλεφαριδοφόρων κρατήθηκε σε χαμηλά επίπεδα στο ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής σε σχέση με το διακοπτόμενο. Σε δεξαμενές μαζικής εκτροφής τροχοζώων τα βλεφαριδοφόρα τρέφονται κυρίως με νεκρά τροχόζωα και τα περιττώματά τους (Cheng *et al.* 2004, Olsen 2004). Ως εκ τούτου ο μικρός αριθμός βλεφαριδοφόρων παρέχει μια απόδειξη ότι η συνεχής παροχή τροφής βοήθησε στη μείωση των βλεφαριδοφόρων, συνέβαλλε στη μείωση της θνησιμότητας των τροχοζώων και στην ανάπτυξη νεκροφάγων υλικών. Η μείωση των βλεφαριδοφόρων μπορεί επίσης να οφείλεται στην συνεχή παροχή νερού στο μέσο εκτροφής και στην απορροή αυτού από την δεξαμενή μέσω των φίλτρων, αλλά και στην απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων από τα φίλτρα *matrioska*.

Όσον αφορά την απόδοση (A) των συστημάτων βρέθηκε να είναι χαμηλότερη ή παρόμοια με την αντίστοιχη που αναφέρεται στη βιβλιογραφία, εξαρτώμενη σε κάθε περίπτωση από τη χορηγούμενη τροφή (James *et al.* 1983) και ήταν σχεδόν η ίδια και στα δύο συστήματα εκτροφής (Σχ. 11) στην συγκεκριμένη μελέτη. Η χρήση φυτοπλαγκτού και μαγιάς έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα, λαμβάνοντας υπόψη ότι το φυτό είναι περισσότερο αποτελεσματικό. Φαίνεται ότι ο τύπος της τροφής επηρεάζει το ρυθμό μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και ότι το φυτοπλαγκτόν θα πρέπει να προτιμάται από την ξηρή τροφή όπου είναι δυνατόν. Το συμπέρασμα αυτό είναι σε συμφωνία με την ευρέως αποδεκτή άποψη ότι το φυτοπλαγκτόν δίνει καλύτερα αποτελέσματα στις εκτροφές τροχοζώων σε σύγκριση με τη ξηρή τροφή (Lubzens *et al.* 2001). Όμως, στη συγκεκριμένη μελέτη το ημι-συνεχές σύστημα απέφερε μεγαλύτερη ποσότητα ημερησίως παραγόμενων τροχοζώων για μια σημαντική χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας ξηρή τροφή για τη διατροφή τους. Είναι αναμενόμενο ότι τα

χαρακτηριστικά του συστήματος θα μπορούσαν να βελτιωθούν με διατροφή βασισμένη στο φυτοπλαγκτόν.

Με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας του ημι-συνεχούς συστήματος είναι κατανοητό ότι πρέπει να αυξηθεί ο ρυθμός ανανέωσης του μέσου εκτροφής και κατά συνέπεια το ποσοστό της χορηγούμενης τροφής. Στη συγκεκριμένη μελέτη η ποσότητα της ξηρής τροφής που χορηγήθηκε ήταν λίγο χαμηλότερη από τη δοσολογία που συνιστά η εταιρεία παραγωγής της. Αυτό επιτρέπει την περαιτέρω αύξηση της ποσότητας ξηρής τροφής που χρησιμοποιείται. Από την άλλη πλευρά, ο ρυθμός ανανέωσης σχετίζεται θετικά με το ρυθμό αύξησης του πληθυσμού. Σε υψηλά επίπεδα ανανέωσης όλη η ενέργεια που λαμβάνει ο οργανισμός χρησιμοποιείται για την αναπαραγωγή, δίνοντας αυξημένη γονιμότητα. Με βάση τα παραπάνω, αν ο ρυθμός ανανέωσης του μέσου εκτροφής και η συχνότητα χορήγησης της τροφής αυξηθούν μέχρι ένα σημείο, ο ρυθμός ανάπτυξης και η απόδοση του συστήματος θα μπορούσαν να βελτιωθούν περισσότερο. Αυτό αποτελεί ένα από τα πλεονεκτήματα του ημι-συνεχούς συστήματος, το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή στις απαιτήσεις της παραγωγής ενός ΙΧ.Σ.

Επιπλέον ο τρόπος που χορηγήθηκε η τροφή σε κάθε σύστημα εκτροφής, έδωσε τη δυνατότητα του πλεονεκτήματος στο ημι-συνεχές έναντι του διακοπτόμενου. Η συχνή χορήγηση τροφής σε μικρές ποσότητες συνέβαλλε θετικά στη σταθερότητα του συστήματος. Αυτό πραγματοποιήθηκε με χρήση δοσομετρικής αντλίας για την επίτευξη των ταϊσμάτων. Ένα βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται σχεδόν καθημερινά στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς και αφορά τις μαζικές εκτροφές τροχοζώων, πηγάζει από τη χορήγηση τροφής σε αραιά χρονικά διαστήματα. Το αποτέλεσμα είναι τα επίπεδα της τροφής να είναι υψηλά αμέσως μετά την χορήγησή της και να μειώνονται μέχρι το

επόμενο τάισμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην καλύπτονται οι συνεχείς απαιτήσεις των τροχοζώων ανάμεσα σε δυο τάϊσματα. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την ξαφνική αύξηση της τροφής σε μια δεξαμενή, η οποία ενισχύει την ανάπτυξη μικροζωοπλαγκτονικών οργανισμών (κυρίως βλεφαριδοφόρων), μείωση των επιπέδων του οξυγόνου και πρόκληση αρνητικών επιπτώσεων στην ποιότητα του μέσου εκτροφής.

Παράλληλα, είναι πιθανόν τα επίπεδα τροφής να είναι μικρότερα από τα απαιτούμενα πριν την χορήγηση του επόμενου σιτηρεσίου. Αυτή η μείωση της τροφής μπορεί να οδηγήσει σε υποσιτιζόμενα τροχόζωα και κατά συνέπεια να επιβραδύνει την ανάπτυξη τους, προκαλώντας άμεσες συνέπειες στο ρυθμό παραγωγής (Olsen 2004).

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που μπορεί να παίζει βασικό ρόλο στην ημερήσια παραγωγή μιας δεξαμενής εκτροφής τροχοζώων είναι ο χρόνος παραμονής του συγκεκριμένου πληθυσμού στη δεδομένη δεξαμενή, χωρίς να ανανεωθεί από νεότερες παρτίδες τροχοζώων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ένα μεγάλο χρονικό διάστημα παραμονής της εκτροφής έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη ημερήσια παραγωγή κατά την κύρια φάση της παραγωγής. Με άλλα λόγια η πάροδος του χρόνου έχει σχετικά αρνητική επιρροή στην απόδοση των τροχοζώων. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως διατροφικούς, μικροβιολογικούς ή ακόμα και γενετικούς. Η αλλαγή στην διατροφή των τροχοζώων από πάστα φυτοπλαγκτού, που χορηγείται στις αρχικές εκτροφές (διακοπτόμενο σύστημα), σε ξηρή τροφή, που χορηγείται στο ημι-συνεχές σύστημα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα τροχόζωα. Όπως ήδη αναφέρθηκε το φυτοπλαγκτόν παρουσιάζεται να είναι τροφή καλύτερης ποιότητας για τα τροχόζωα. Ως εκ τούτου, αντικαθιστώντας το φυτοπλαγκτόν με ξηρή τροφή κατά την διάρκεια μαζικής

εκτροφής, μπορεί να έχει αθροιστικά αρνητική επίδραση στην απόδοση των τροχοζώων. Επίσης, μπορεί να σημειωθεί αύξηση του βακτηριακού φορτίου ως αποτέλεσμα της αλλαγής στην διατροφή και κατά συνέπεια να επηρεαστεί η απόδοση των τροχοζώων.

Η εκτίμηση του κόστους παραγωγής των τροχοζώων για τα δυο συστήματα εκτροφής όπως αναγράφεται στον Πίνακα 9 υπολογίστηκε με βάση την παραγωγή του εκτρεφόμενου πληθυσμού σε συνάρτηση με την τροφή που καταναλώθηκε. Αυτό συμβαίνει διότι σε συνθήκες μαζικής παραγωγής ιχθυδίων ενός ΙΧ.Σ. είναι γενικά δύσκολο να επιμεριστούν τα τμήματα που απαρτίζουν τον ΙΧ.Σ. και να υπολογιστεί ξεχωριστά για το καθένα από αυτά το κόστος λειτουργίας του. Η δυσκολία έγκειται κυρίως στον διαχωρισμό της κατανάλωσης ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, καύσιμα) από το σύνολο του ΙΧ.Σ., κάτι το οποίο αποτελεί σημαντικό κομμάτι του κόστους παραγωγής. Η παράμετρος αυτή και γενικότερα όλες οι παράμετροι (οξυγόνο, κ.τ.λ.) που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία ενός ΙΧ.Σ., συνυπολογίζονται στο τελικό κόστος παραγωγής, το οποίο σε τελική φάση αντιπροσωπεύει την τιμή ανά τεμάχιο παραγόμενου ιχθυδίου. Η μόνη πληροφορία που μπορεί να εξαχθεί σε πρώτη φάση είναι το ποσοστό συμμετοχής της παραγωγής τροχοζώων στο σύνολο όλης της παραγωγής του ΙΧ.Σ., το οποίο ανέρχεται περίπου στο 7% του συνολικού κόστους σύμφωνα με τα αρχεία του ΙΧ.Σ..

Με βάση τον Πίνακα 9 είναι προφανές ότι η διαφορά του κόστους μεταξύ των δύο συστημάτων εκτροφής είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό συμβαίνει όμως μόνο στην περίπτωση που το ημι-συνεχές σύστημα επεκτείνεται χρονικά, δηλαδή διαρκεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Έτσι η διαφορά γίνεται ακόμα πιο σημαντική. Στην αντίθετη περίπτωση όμως, όταν το ημι-συνεχές σύστημα δεν καταφέρει να ξεπεράσει περίπου τις

15 ημέρες εκτροφής, παρουσιάζεται να είναι περισσότερο δαπανηρό από το διακοπτόμενο σύστημα. Ως εκ τούτου, για έναν ολόκληρο κύκλο παραγωγής το ημι-συνεχές σύστημα αναμένεται να έχει χαμηλότερο κόστος σε σύγκριση με το διακοπτόμενο. Χαμηλότερο κόστος έχει αναφερθεί και σε άλλα ημι-συνεχή συστήματα, όπως επίσης σε συνεχή και σε κλειστά κυκλώματα εκτροφής τροχοζώων, κυρίως λόγω του υψηλότερου αποθέματος τροχοζώων και λόγω της πυκνότητας, μεταξύ άλλων παραγόντων (Fu et al. 1997, Lubzens et al. 1997, Suantika et al. 2003). Συνεπώς προτείνεται ότι η περαιτέρω μείωση του κόστους θα μπορούσε να επιτευχθεί με την αύξηση της πυκνότητας των τροχοζώων ή ακόμα και με την αύξηση του όγκου της δεξαμενής εκτροφής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την μελέτη που πραγματοποιήθηκε και την ανάλυση των αποτελεσμάτων γίνεται κατανοητό ότι το ημι-συνεχές σύστημα εκτροφής τροχοζώων, όπως παρουσιάζεται εδώ είναι πιο αποτελεσματικό σε σύγκριση με το διακοπτόμενο. Αυτό αποδίδεται κυρίως στη μεγαλύτερη διάρκεια εκτροφής που σημειώνεται στο ημι-συνεχές σύστημα, στην υψηλότερη ημερήσια παραγωγή του, στο χαμηλότερο κόστος εκτροφής αλλά και στην πιο αποτελεσματική καθημερινή διαχείριση του.

Το ημι-συνεχές σύστημα έχει χαρακτηριστεί από τη λιγότερη αποτελεσματική χρήση της τροφής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως, η εφαρμογή αυτόματου τροφοδότη (δοσομετρική αντλία), επέδρασε θετικά στη σταθερότητα της μαζικής εκτροφής τροχοζώων. Η καθημερινή ανανέωση του 25 με 30% του μέσου εκτροφής και η προσθήκη μικρών ποσοτήτων ξηρής τροφής σε τακτά χρονικά διαστήματα, είχαν ως αποτέλεσμα επιμήκυνση της διάρκειας της εκτροφής φτάνοντας στο μέγιστο των 20 ημερών. Επίσης, το γεγονός της σχετικά μεγάλης χρονικής διάρκειας εκτροφής οφείλεται στην συνεχή προσθήκη νερού στην δεξαμενή εκτροφής, η οποία μπορεί να φτάσει στην πλήρη ανανέωση του συνολικού όγκου της δεξαμενής (100%) ανά ημέρα. Δεν πρέπει να παραληφθεί η χρήση των ειδικών φίλτρων τύπου Matrioska, τα οποία δίνουν την δυνατότητα απομάκρυνσης αιωρούμενων σωματιδίων και μικροοργανισμών από το μέσο εκτροφής, προσφέροντας έτσι πιο καθαρό περιβάλλον διαβίωσης στους εκτρεφόμενους πληθυσμούς τροχοζώων, γεγονός που συνεισφέρει και αυτό με την σειρά του στην διατήρηση της εκτροφής όσο το δυνατόν περισσότερες ημέρες.

Η περαιτέρω βελτίωση του ημι-συνεχούς συστήματος μπορεί να επιτευχθεί μέσω του χειρισμού του ρυθμού ανανέωσης και του ρυθμού ταΐσματος, τον όγκο και την χρονική διάρκεια της εκτροφής, αλλά και από την συχνότητα αντικατάστασης των

φίλτρων που παίρνουν μέρος στην συγκεκριμένη εκτροφή. Συμπερασματικά, η χρήση αυτών των δύο συστημάτων μπορεί να συμβάλλει σε μια πιο σταθερή και πιο προβλέψιμη μαζική εκτροφή τροχοζώων σε εκκολαπτήρια.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ξένη

AOAC (1995) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Arligton. VA, USA, 16th ed.

Bengtson D.A. (2003) Status of marine aquaculture in relation to live prey: past, present and future. Live Feeds in Marine Aquaculture (ed. by J.G. Strottrup & L.A. McEvoy), pp.1-16. Blackwell publishing, Oxford, UK.

Cheng S-H., Aoki S., Maeda M., Hino A. (2004) Competition between the rotifer *Brachionus rotundiformis* and the ciliate *Euplotes vannus* fed on two different algae. *Aquaculture* 200: 129-146

Conceicao L. E C, Yufera M., Makridis P., Morais S., Dinis M. T. (2010) Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research* 41: 613-640

Cornow J., King J., Bosmans J., Kolkovski S. (2006) The effect of reduced *Artemia* and rotifer use facilitated by a new microdiet in the rearing of barramundi *Lates calcarifer* (*BLOCH*) larvae. *Aquaculture* 257: 204-213

Dhert P. (1996) Manual on the production and use of live food for aquaculture, unit 3, “Rotifers”, pp 49-52, ed. by Lavens P. & Sorgeloos P. Rome 1996, by FAO 1996

Dhert P., Rombaut, Suantika G., Sorgeloos P. (2001) Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture* 200: 129-146

FAO (1999) Manual on Hatchery Production of Seabass and Gilthead Seabream. Volume 1, unit 3.2 Production of live feeds. Rome 1999

Fernandez-Diaz C., Pascual E., Yufera M. (1994) Feeding behavior and prey size selection of gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae fed on inert and live food. *Marine Biology* 118: 323-328

Fu Y., Hada A., Yamashita T., Yoshida Y., Hino A. (1997) Development of a continuous system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia* 358: 145-151

Gilbert J.J. (2003a) Environmental and endogenous control of sexuality in a rotifer life cycle: developmental population biology. *Evolution and Development*, 5: 19-24.

Govoni J.J., Boehlert G.W. , Watanabe Y. (1986): The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fishes* 16: 59-77

Hagiwara A., Gallardo W.G., Assavaaree M., Kotani T., de Araujo A.B. (2001) Live food production in Japan: recent progress and future aspects. *Aquaculture* 200: 111-127

Hagiwara A., Kooushiro S., Akazawa A., Kotani T., Sakakura Y. (2007) Development of rotifer strains with useful traits for rearing fish larvae. *Aquaculture* 268: 44-52

Hirata H., Yamasaki S., Kawagushi T., Ogara M. (1983) Continuous culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed recycled algal diets. *Hydrobiologia* 104: 71-75

James C.M., Bou-Abbas M., Al-Khars A.M., Al-Hinty S., Salman A.E. (1983) Production of rotifer *Brachionus plicatilis* for aquaculture in Kuwait. *Hydrobiologia* 104: 77-84

James C.M. & Abu Rezeq T. (1989a) Intensive rotifer cultures using chemostats. *Hydrobiologia* 186/187: 423-430

- Juchelka C.M., Snell T.W. (1994) Rapid Toxicity Assessment Using Rotifer Ingestion Rate. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 26: 549-554
- Korstad J., Olsen Y., Vadstein O. (1989) Life history characteristics of *Brachionus plicatilis* (Rotifera) fed different algae. *Hydrobiologia* 186: 43-50
- Kostopoulou V., Vadstein O. (2007) Growth performance of the rotifers *Brachionus plicatilis*, *B. 'Nevada'* and *B. 'Cayman'* under different food concentrations. *Aquaculture* 273: 449-458
- Kostopoulou V., Vasilakis M., Divanach P. (2012) Semi-continuous mass culture of rotifers (*Brachionus plicatilis*) using an automatic feeder. *Aquaculture Research* 43: 91-98
- Lubzens E., Minkoff G., Barr Y., Zmora O. (1997) Mariculture in Israel – past achievements and future directions in raising rotifers as food of marine fish larvae. *Hydrobiologia* 358: 13-20
- Lubzens E., Zmora O., Barr Y. (2001) Biotechnology and aquaculture of rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 337-353
- Lubzens E., Zmora O. (2003) Production and Nutritional Value of Rotifers. In *Live Feeds in Marine Aquaculture*. Chapter 2, pp 17-19, ed. by Stottrup J.G. and McEvoy, 2003, Blackwell Science Ltd
- Makridis P. & Olsen Y. (1999) Protein depletion of the rotifer *Brachionus plicatilis* during starvation. *Aquaculture* 174: 343-353
- Navarro N., Yufera M. (1998a) Population dynamics of rotifers (*Brachionus plicatilis* and *Brachionus rotundiformis*) in semicontinuous culture fed freeze-dried microalgae: influence of dilution rate. *Aquaculture* 166: 297-309

Navarro N., Yufera M. (1998b) Influence of the food ration and individual density on production efficiency of semi-continuous cultures of *Brachionus*-fed microalgae dry powder. *Hydrobiologia* 387/388: 483-487

Nogrady T., Wallace R.L., Snell T.W. (1993) Rotifera, Volume 1: Biology, Ecology and Systematics. In: Dumont H.J.F. (Co-ordinating Ed), Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental water of the world. Vol. 4 SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, 142 pp.

Olsen Y. (2004): Live food technology of cold-water marine fish larvae. Culture of Cold-Water Marine Fish (ed. by E. Mokness, E. Kjorsvik & Y. Olsen), pp.73-128. Blackwell Publishing, Oxford, UK

Ruttner – Kolisko A. (1974) Plankton Rotifers. Biology and Taxonomy. *Binnengewasser* 26, Suppl., Schweizerbarts'sche verlag., Stuttgart, 146p

Schluter M., Soeder C.J., Grownweg J. (1987) Growth and food conversion of *Brachionus rudens* in continuous culture. *Journal of Plankton Research* 9: 761-783

Segers H. (2002) The nomenclature of the *Rotifera*: annotated checklist of valid family and genus-group names. In *Journal of Natural History* 36: 631-640

Snell T.W., Carrillo K. (1984) Body size variation among strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 37: 359-367

Suantika G., Dhert P., Rombaut G., Vandenberghe J., De Wolf T., Sorgeloos P. (2001) The use of ozone in a high density recirculation system for rotifers. *Aquaculture* 201: 35-49

Suantika G., Dhert P., O'Brien E., Sorgeloos P. (2003) Technical and economical feasibility of a rotifer recirculation system. *Aquaculture* 227: 173-189

Voigt M. & Koste W. (1978): *Rotatoria*. Die radertiere Mitteleuropa, Geb. Borntraeger, Berlin, vol I pp 673- vol II pp 476

Wallace R.L., Snell T.W., Ricci C., Nogrady T. (2006) Volume 1: Biology, ecology and systematics, 2nd edition, In: H. Segers (ed.) *Rotifera*, Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, 299 p.

Yufer M., Lubian L.M. (1990) Effects of microalgal diet on growth and development of invertebrates in marine aquaculture. In *An Introduction to Applied Phycology* (ed. by I. Akatsuka), pp. 209-227. *An Introduction to Applied Phycology*, The Hague, the Netherlands

Pappas, N*, De Wolf T., Dimopoulos D., Touvlatzi G., Panagiotaki P., Moretti A. *Inve Aquaculture* (2012) Use of a semi-continuous rotifer culture system in a Greek bream & bass hatchery. AQUA, Prague, Czech Republic, 2012

6.2 Ελληνική

Παππάς, Ν. (2010) Διερεύνηση διαμόρφωσης κόστους ιχθυδίων τσιπούρας και λαυρακιού σε Ιχθυογεννητικούς Σταθμούς. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 68

6.3 Ηλεκτρονική

Charles University in Prague. (2008): Phycology research Group (<http://botany.natur.cuni.cz/skaloud/Treb/Chlmin.htm>) by Pavel Skaloud (Πρόσβαση 10-5-2011)

7. ABSTRACT

In this paper, firstly, were described the parts of live food that comprise a hatchery. The importance and function of each part separately were introduced, as well as their necessity and offer as a whole to the total farmed sea bream and sea bass larvae.

The main objective of the study was to examine in the best possible way the culture of rotifers, which constitute a key organism for the successful rearing of the above-mentioned fish species in conditions of large-scale hatchery production. Then, was made an assessment of whether there are differences between the two farming systems (semi-continuous culture versus batch culture) with regards to both cost and population growth. The taxonomic classification of the genus analyzed, which is widely used in fish farms; were presented its morphology, the mode of reproduction and its importance in aquaculture.

Then, a presentation about culture techniques of rotifers took place, which has been applied in hatcheries in the last years. These techniques involved a batch culture system, which lasted from 4-5 days, and a semi-continuous culture system, which has the potential to last for more than 20 days, thus saving a larger number of rotifers. The way each system functions, the required resources and technical support for their proper functioning, the kind of food that was used in each case, the culture protocol, the sampling procedure for the population count and the process of harvesting at the end (for the batch culture system), or during the culture (for the semi-continuous culture system) were separately analyzed.

Data were obtained from five production cycles, which included five trials in the semi-continuous culture system and 20 applications in the batch culture system at the same period.

The daily yield of rotifers, the growth rate and the efficiency, which is related to food intake and daily production of the systems, were determined.

Finally, an attempt was made to estimate the approximate operating costs of the two systems, based exclusively on food consumption, in accordance with the records of the specific hatchery production company.

According to the results of the study, the semi-continuous culture system is, in general terms, superior to the batch culture system. However, it can and should be further improved, in order to become more efficient in terms of rotifer population increase and reduction of culture cost.

Keywords: rotifers, live feed, batch culture, semi-continuous

8. Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α

Πίνακας 1: Προσδιορισμός ξηρού βάρους - υγρασίας τροχοζώνων και S. tream

Όνομα Δείγματος	Αριθμός Δισκίου	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z
		Βάρος Κενού Δισκίου	Καθαρό Βάρος Δείγματος	Μικτό Βάρος Δισκίου + δείγμα μετά τη ξήρανση	Καθαρό Βάρος Ξηρού Δείγματος Γ - Α	Υγρασία δείγματος Β - Δ	Υγρασία % $E \times 100 / B$	Ξηρά Ουσία % $100 - \Sigma T$
Πάστα τροχοζώνων	1	0,1939	6,2029	0,9057	0,7118	5,4911	88,52	11,48
Πάστα τροχοζώνων	2	0,3963	6,3740	1,0810	0,6847	5,6893	89,26	10,74
Πάστα τροχοζώνων	3	0,3830	6,2610	1,1146	0,7316	5,5294	88,31	11,69
Πάστα τροχοζώνων	4	0,3359	6,0857	1,0364	0,7005	5,3852	88,49	11,51
Πάστα τροχοζώνων	5	0,3442	6,6165	1,0935	0,7493	5,8672	88,68	11,32
Πάστα τροχοζώνων	6	0,2801	5,9563	0,9718	0,6917	5,2646	88,39	11,61
S.tream	1	0,2992	2,2145	2,3958	2,0966	0,1179	5,32	94,68
S.tream	2	0,3362	2,6059	2,8022	2,4660	0,1399	5,37	94,63
S.tream	3	0,2815	2,8401	2,9763	2,6948	0,1453	5,12	94,88
S.tream	4	0,3523	3,2150	3,4045	3,0522	0,1628	5,06	94,94
S.tream	5	0,3416	2,4818	2,6960	2,3544	0,1274	5,13	94,87
S.tream	6	0,2444	2,9458	3,0360	2,7916	0,1542	5,23	94,77

Πίνακας 2: Προσδιορισμός ξηρού βάρους - υγρασίας *Chlorella*

Όνομα Δείγματος	Αριθμός Δισκίου	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z
		Βάρος Κενού Δισκίου	Καθαρό Βάρος Δείγματος	Μικτό Βάρος Δισκίο + δείγμα μετά τη ξήρανση	Καθαρό Βάρος Ξηρού Δείγματος Γ - Α	Υγρασία δείγματος Β - Δ	Υγρασία % $E \times 100 / B$	Ξηρά Ουσία % $100 - \Sigma T$
<i>Chlorella</i>	1	49,5760	30,2651	53,5337	3,9577	26,3074	86,92	13,08
<i>Chlorella</i>	2	43,5907	31,2240	47,6740	4,0833	27,1407	86,92	13,08
<i>Chlorella</i>	3	41,0720	29,6673	44,9507	3,8787	25,7886	86,93	13,07
<i>Chlorella</i>	4	50,8997	29,6192	54,7620	3,8623	25,7569	86,96	13,04
<i>Chlorella</i>	5	44,2995	29,6415	48,1754	3,8759	25,7656	86,92	13,08
<i>Chlorella</i>	6	42,3496	29,8158	46,2450	3,8954	25,9204	86,94	13,06
<i>Chlorella</i>	7	44,6066	29,8230	48,5086	3,9020	25,9210	86,92	13,08
<i>Chlorella</i>	8	43,3625	29,9877	47,2842	3,9217	26,0660	86,92	13,08
<i>Chlorella</i>	9	40,3995	29,8671	44,3187	3,9192	25,9479	86,88	13,12
<i>Chlorella</i>	10	44,1881	30,1548	48,1292	3,9411	26,2137	86,93	13,07
<i>Chlorella</i>	11	40,5721	29,6327	44,4442	3,8721	25,7606	86,93	13,07