

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΜΣ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

**Συγκριτική αξιολόγηση δύο μεθόδων σίτισης στην παραγωγικότητα της
εκτροφής του ευρωπαϊκού λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*): σίτιση σε
κορεσμό και σίτιση σε καθορισμένο επίπεδο διατροφής.**

ΧΑΡΙΣΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2025

«Συγκριτική αξιολόγηση δύο μεθόδων σίτισης στην παραγωγικότητα της εκτροφής του
ευρωπαϊκού λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*): σίτιση σε κορεσμό και σίτιση σε
καθορισμένο επίπεδο διατροφής»

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

1. Νικόλαος Βλάχος, Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών - Διατροφή Εκτρεφόμενων Ιχθύων, επιβλέπων
2. Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας - Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, μέλος
3. Ελένη Μεντέ, Καθηγήτρια, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Φυσιολογία Θρέψης υδρόβιων ζωικών οργανισμών, μέλος

Στον πατέρα μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσοι συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας τη παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη για την πολύτιμη βοήθειά του και για τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επίσης την κα. Ελένη Μεντέ και τον κ. Νίκο Βλάχο που με τις συμβουλές τους ολοκληρώθηκε η συγγραφή της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το επιχειρηματικό περιβάλλον της υδατοκαλλιέργειας ήταν πάντα ασταθές και ευμετάβλητο. Υπήρχαν όμως και παράγοντες οι οποίοι ήταν σταθεροί και είχαν βοηθήσει τους παραγωγούς, ιδιαίτερα εκείνων της μικρής κλίμακας, να δημιουργήσουν την στρατηγική με την οποία θα λειτουργούσαν προκειμένου να παραμένουν επιχειρηματικά βιώσιμοι. Οι αυξημένες ποσότητες πώλησης ιχθύων και ταυτόχρονα οι τιμές πώλησης σε συγκεκριμένες εποχές του έτους διαμόρφωναν τις εποχές εισαγωγής γόνου, αλλά και τον τρόπο σίτισης των ιχθυοπληθυσμών, ο οποίος και προκειμένου να επιτευχθεί ο εποχικός στόχος της παραγωγής παράβλεπε βιολογικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς συντελεστές φτάνοντας στον φαινόμενο κορεσμό των ιχθυοπληθυσμών. Παγκόσμιες οικονομικές, γεωπολιτικές και περιβαλλοντικές κρίσεις άλλαξαν αυτές τις σταθερές. Μεγάλες αυξήσεις στις πρώτες ύλες, αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών, αλλά και περιβαλλοντική ανησυχία έκαναν τους παραγωγούς να αναθεωρήσουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να μελετηθεί και να συγκριθεί η σίτιση σε κορεσμό και η σίτιση σε καθορισμένο επίπεδο διατροφής στην ανάπτυξη του ευρωπαϊκού λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) προκειμένου να κριθεί η αποτελεσματικότητα της τροφής στις δύο διαφορετικές μεθόδους σίτισης σε πειραματισμό στο πεδίο σε μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας.

Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της ΙΧΘΥΜΕ ΜΕΠΕ στον Αστακό Αιτωλοακαρνανίας, όπου 56.000 λαβράκια με μέσο βάρος 55 ± 2 g τυχαία χωρισμένα από την εισαγωγή τους στην μονάδα, τοποθετήθηκαν σε δυο ιχθυοκλωβούς όπου ο πρώτος ιχθυοπληθυσμός σιτίστηκε σε κορεσμό (*ad libitum*) και ο άλλος με συγκεκριμένα επίπεδα σίτισης ως εκατοστιαίο ποσοστό επί της βιομάζας (Feeding Rate,

FR%) τα οποία κυμάνθηκαν από 2,35% έως 1,51%. Η θερμοκρασία της θάλασσας κυμάνθηκε κατά την διάρκεια της δοκιμής από 30 °C έως 22 °C, ενώ το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό είχε τιμές μεγαλύτερες ή ίσες των 6,0 ppm.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό επιβίωσης των ιχθύων δεν επηρεάστηκε από τη μέθοδο σίτισης. Ο ιχθυοπληθυσμός που σιτίζονταν σε κορεσμό είχε υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης (SGR %/ημέρα) και ταυτόχρονα υψηλότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR). Στις υψηλές θερμοκρασίες νερού όμως, ο κορεσμός δίνει καλύτερα αποτελέσματα και στον συντελεστή μετατροπής της τροφής. Απαιτείται περεταίρω διερεύνηση στα επίπεδα σίτισης σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 27 °C, όπου οι ενδεικτικοί πίνακες σίτισης προτείνουν χαμηλότερες τιμές των επιπέδων σίτισης.

Λέξεις-κλειδιά: κορεσμός (ad libitum), επίπεδο σίτισης (FR %), λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής

ABSTRACT

In fishculture producers, especially small-scale ones, operate under the increase in their production, thus; increase quantities of fish that they sell to regulate their prices by increasing feed consumption reaching the phenomenon of saturation of the fish populations. However, the price of fish feeds, environmental concerns and the global economic crisis obliged them to evaluate their methods. The aim of this study was to investigate and compare two feeding strategies, feeding to satiety and feeding to a defined nutritional level as a percentage of fish wet body weight on growth of European sea bass (*D. labrax*) in the field. The experiment was carried out at the aquaculture farm of IXTHYME MEPE in Astakos, Aitolokarnania, where 56,000 sea bass (*D. labrax*) with an average weight: 55 ± 2 g were randomly divided into two cages, one was fed to satiety (*ad libitum*) and the other with a specific feeding rate (FR %) which ranged from 2.35% to 1.51%.. The sea temperature ranged from 30 °C to 22 °C during the trial, while the dissolved oxygen in the water was greater than or equal to 6.0 ppm. The results of the trial showed that survival was not affected by the feeding method. The fish population fed to saturation had faster growth, but a higher feed conversion ratio. In addition, at high water temperatures saturation gives better growth results and feed conversion ratio. Further research is required at feeding levels at temperatures greater than 27°C where feeding tables reduce the feeding ratio.

Keywords: saturation (*ad libitum*), feeding rate (FR %), sea bass (*Dicentrarchus labrax*), feed conversion ratio (FCR)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	11
1.1 Στοιχεία παγκόσμιας και ελληνικής ιχθυοκαλλιέργειας λαβρακιού	11
1.2 Βιολογία και εκτροφή του λαβρακιού.....	14
1.3 Διατροφή ιχθύων και ιχθυοτροφές στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια	16
1.4 . Επίπεδο σίτισης στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια.....	19
1.5. Σκοπός της έρευνας	22
2. Υλικά και Μέθοδοι	24
2.1 Πειραματική εκτροφή ιχθύων.....	24
2.2 Στοιχεία ιχθυοτροφής και σίτισης ιχθύων.....	25
2.2.1 Στοιχεία ιχθυοτροφής.....	25
2.2.2 Σίτιση ιχθύων.....	26
2.3 Δειγματοληψίες.....	28
2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	29
2.4.1 Επιβίωση (%).....	29
2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους (g).....	29
2.4.3 Κατανάλωση τροφής (g/ψάρι).....	29
2.4.4 Κατανάλωση τροφής (% Σ.Β. / ημέρα)	29
2.4.5 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (%/ημέρα).....	30
2.4.6 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR).....	30
2.4.7 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER).....	30
2.4.8 Συντελεστής θερμικής ανάπτυξης (TGC)	31
2.5 Στατιστική ανάλυση	31
3. Αποτελέσματα και συζήτηση	32
3.1 Κατά την έναρξη του πειράματος.....	32
3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	34
3.2.1 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 28η ημέρα του πειράματος.....	34
3.2.2 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 60η ημέρα του πειράματος.....	34
3.2.3 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 91η ημέρα του πειράματος.....	41
3.2.4 Τελική δειγματοληψία 110η ημέρα δοκιμής (18/11/24) για την επίτευξη στόχου μέσου βάρους και μόνο για κ03 fr%	44
3.2.5 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 91η για τον κ01 α.λ. και κατά την 110η ημέρα του πειράματος για τον κ03 fr%.	46

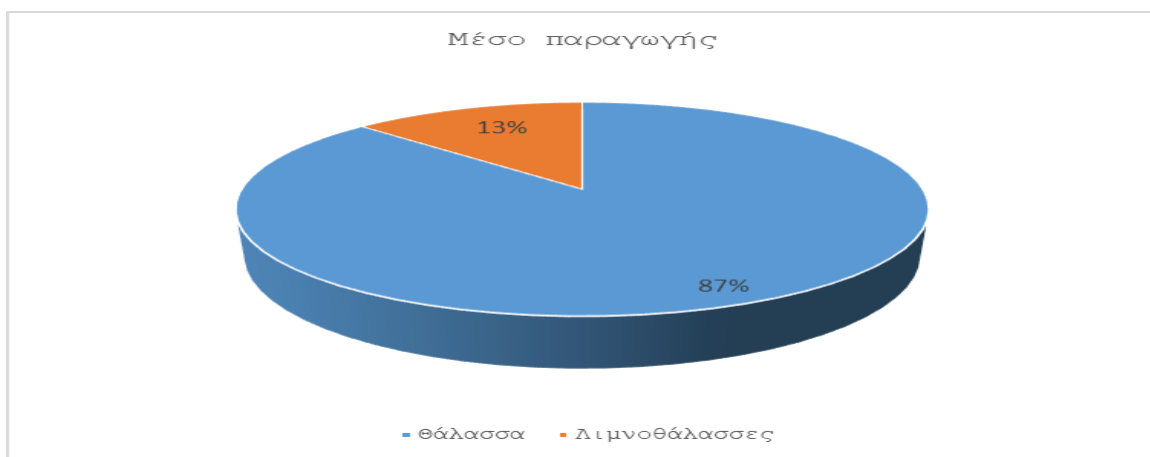
3.3 Λήψη τροφής, fr%.....	48
3.4 Επιβίωση-θνησιμότητες, sgr % / ημέρα, fcr	55
3.5 TGC, PER, CV%	58
4. Συμπεράσματα	64
5. Βιβλιογραφία.....	66
5.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	66
5.2 Ελληνική βιβλιογραφία	68
5.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	68

1.Εισαγωγή

1.1. Στοιχεία παγκόσμιας και ελληνικής ιχθυοκαλλιέργειας λαβρακιού

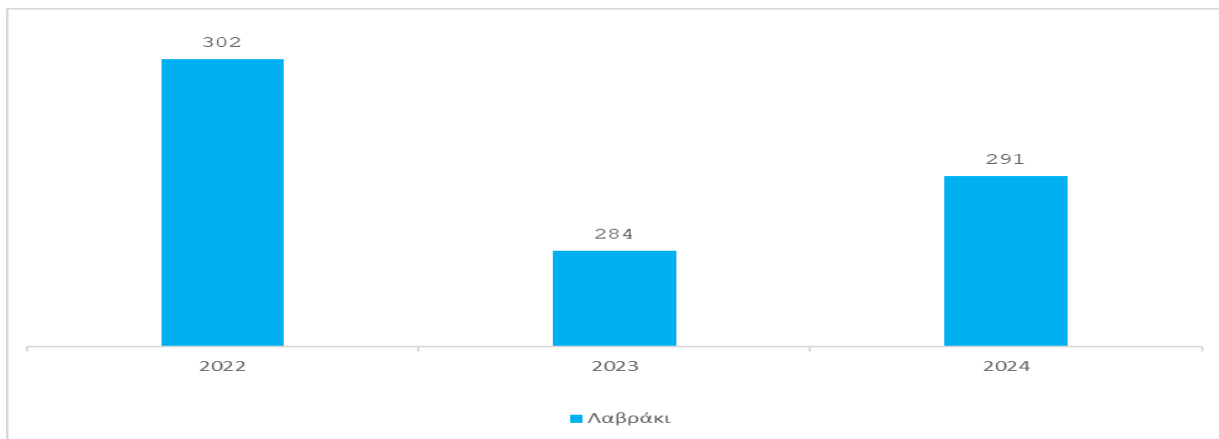
Η συνεχής ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας υποδεικνύει την ικανότητά της να συμβάλει περαιτέρω στην κάλυψη της αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης για υδρόβια τρόφιμα. Σήμερα, περίπου το 46% (60,24 εκατ. τόνοι) της παγκόσμιας υδατοκαλλιεργητικής παραγωγής καλλιεργείται σε θαλάσσιες εκτάσεις με τα ψάρια να αποτελούν σχεδόν το ήμισυ της παγκόσμιας παραγωγής (FAO 2024a).

Η εκτροφή λαβρακιού ξεκίνησε στην Ιταλία πριν από 50 χρόνια και από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη σε αρκετές χώρες στην ευρύτερη περιφέρεια της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής (FAO 2024b). Σήμερα, η ζήτηση αυτού του είδους καλύπτεται σχεδόν αποκλειστικά από την ιχθυοκαλλιέργεια. Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του FAO (2024b) το 98% της προσφοράς λαβρακιού προέρχεται από την υδατοκαλλιέργεια και μόλις το 2% προέρχονται από την συλλεκτική αλιεία, ενώ το 87% της εκτρεφόμενης ποσότητας παράχθηκε στη θάλασσα και το 13% σε λιμνοθάλασσες (Σχ. 1.1).



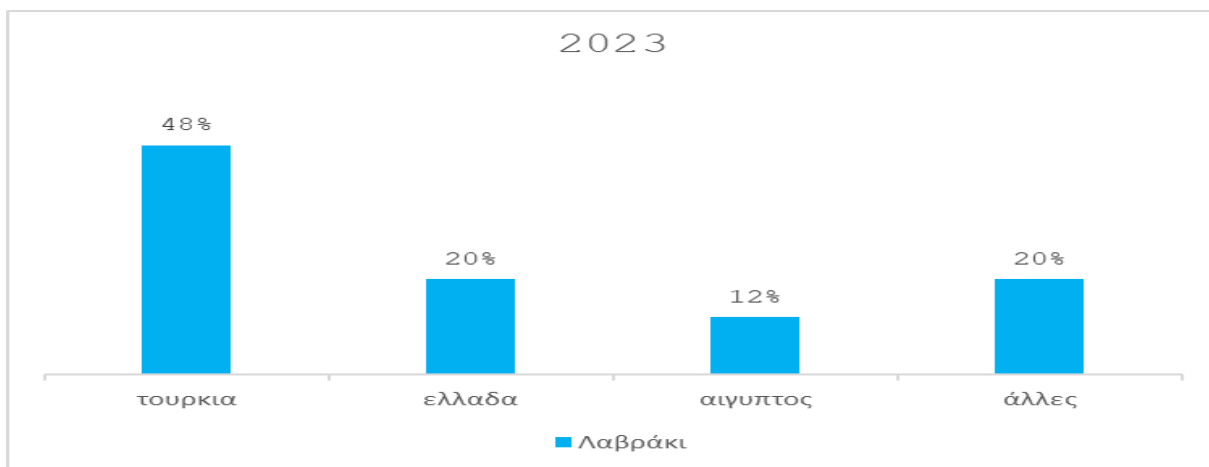
Σχήμα 1.1. Μέσο παραγωγής λαβρακιού. (Πηγή FAO 2024b)

Το 2023 η παραγωγή λαβρακιού κυμάνθηκε στους 284.000 τόνους καταγράφοντας πτώση 5,8% σε σχέση με το 2022 (302.650 τόνους) (FAO 2024b). Το 2024 εκτιμάται πως η παραγωγή λαβρακιού θα παρουσιάσει αύξηση 2,3% και θα κυμανθεί στους 291.000 τόνους (Σχ. 1.2).

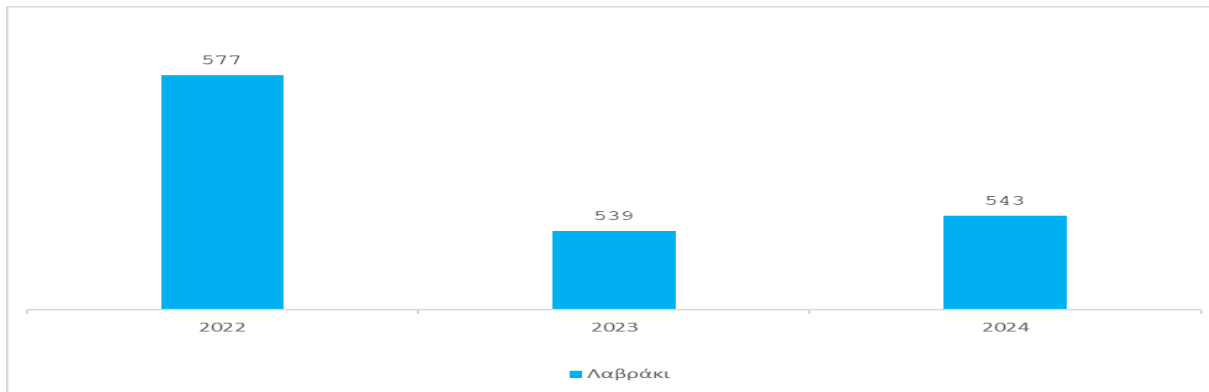


Σχήμα 1.2. Παραγωγή λαβρακιού 2022-2024 (χιλιάδες τόνους). (Πηγή FAO 2024b).

Για το λαβράκι οι μεγαλύτερες χώρες παραγωγοί ήταν η Τουρκία με 136.500 τόνους (48%), η Ελλάδα με 55.300 τόνους (20%) και η Αίγυπτος με 34.500 τόνους (12%)(Σχ. 1.3, ΕΛΟΠΥ 2023). Η παραγωγή γόνου λαβρακιού το 2023 (διαθέσιμα στοιχεία μόνο για ΕΕ και εκτιμήσεις για την Τουρκία) ήταν σε 539,19 εκατ. ιχθύδια παρουσιάζοντας μείωση 6,5% σε σχέση με το 2022 (577,26 εκατ. ιχθύδια). Το 2024 εκτιμάται πως η παραγωγή γόνου λαβρακιού θα παρουσιάσει αύξηση 0,7% και κυμανθεί στα 542,9 εκατ. ιχθύδια (Σχ. 1.4).

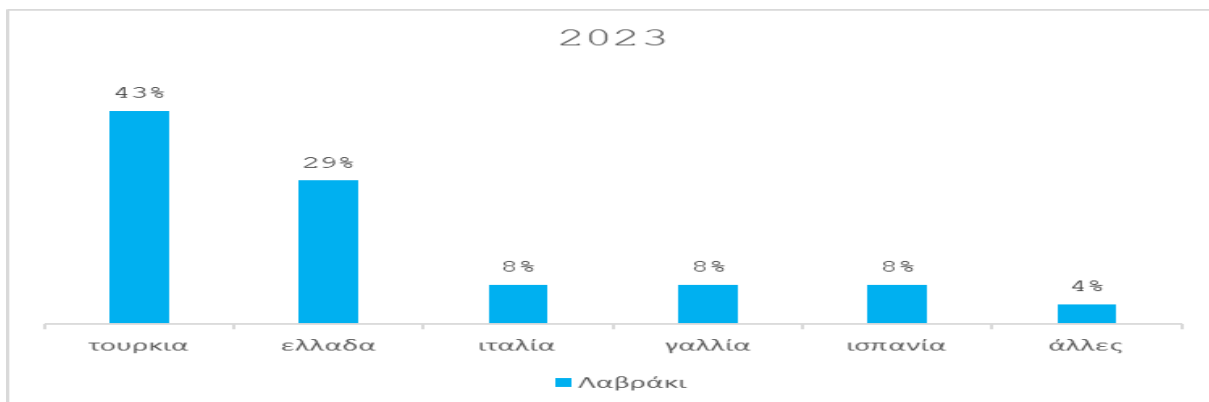


Σχήμα 1.3. Χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή λαβρακιού το 2023. (Πηγή ΕΛΟΠΥ2023)



Σχήμα 1.4. Παραγωγή γόνου λαβρακιού 2022-2024 (εκατομμύρια ιχθύδια). (Πηγή ΕΛΟΠΥ 2023).

Το 43% της παραγωγής γόνου έγινε από την Τουρκία (230 εκατ. ιχθύδια), το 29% από την Ελλάδα (157,9 εκατ. ιχθύδια), και από 8% η Ιταλία, η Γαλλία και η Ισπανία. Το υπόλοιπο 4% παράχθηκε από τις υπόλοιπες χώρες (ΕΛΟΠΥ 2023).



Σχήμα 1.5. Χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή γόνου λαβρακιού το 2023. (Πηγή ΕΛΟΠΥ 2023).

1.2. Βιολογία και εκτροφή του λαβρακιού

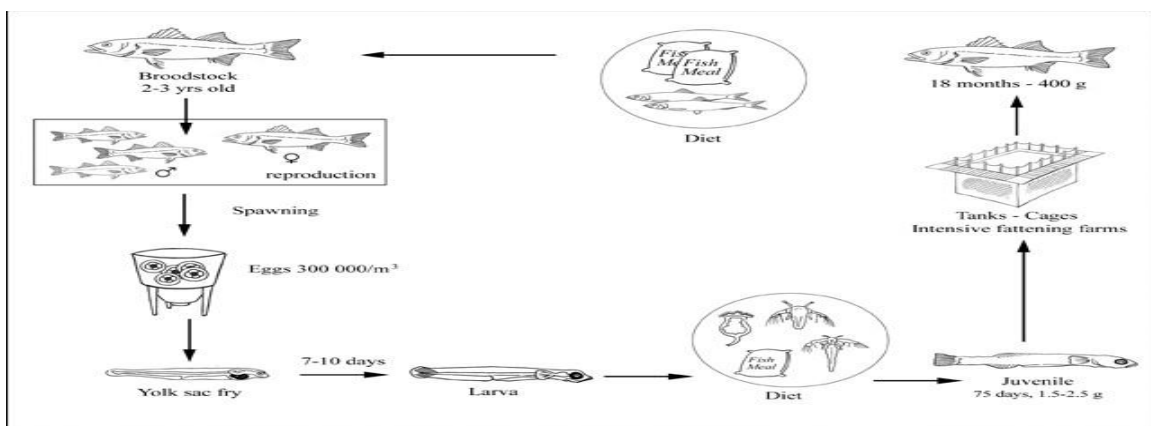
Το Ευρωπαϊκό λαβράκι ανήκει στην ομοταξία *Osteichthyes*, υφομοταξία *Actinopterygii*, τάξη *Perciformes*, Υπόταξη *Percoidei*, Οικογένεια *Moronidae*, γένος *Dicentrarchus*, είδος *labrax*. Το ευρωπαϊκό λαβράκι είναι ευρύθερμο και ευρύαλο. Όσον αφορά τη διαφοροποίηση του φύλλου είναι γονοχωριστικό. Έχει παρατηρηθεί ότι τα αρσενικά άτομα ωριμάζουν σε ηλικία 2-3 ετών και τα θηλυκά σε ηλικία 3-5 ετών. Υπάρχει μόνο μία αναπαραγωγική περίοδος ετησίως, η οποία λαμβάνει χώρα το χειμώνα στον πληθυσμό της Μεσογείου (Δεκέμβριος έως Μάρτιος) και έως τον Ιούνιο στους πληθυσμούς του Ατλαντικού (Χώτος & Ρογδάκης 2010).

Είναι το πρώτο θαλάσσιο μη σαλμονοειδές είδος που καλλιεργήθηκε εμπορικά στην Ευρώπη και επί του παρόντος είναι το σημαντικότερο εμπορικό ψάρι που καλλιεργείται ευρέως στις μεσογειακές περιοχές. Η παραγωγή του λαβρακιού πραγματοποιείται με εκτατική, ημιεντατική και εντατική μέθοδο (FAO 2024b).

Στην εντατική παραγωγή, οι μονάδες καλλιέργειας προμηθεύονται γόνο από εκκολαπτήρια και παρέχεται ελεγχόμενη διατροφή. Τα ιχθύδια εισάγονται στις μονάδες

σε μέγεθος μεγαλύτερο των 2,5 g και έως τα 15 g έπειτα από διαμονή σε μονάδες προ πάχυνσης και ιδιαίτερη διαχείριση όπως διαλογή και εμβολιασμός με εμβάπτιση ή και ενέσιμος στις δεξαμενές. Μετά την τοποθέτηση τους στις μονάδες πάχυνσης τα αναπτυσσόμενα ιχθύδια φτάνουν τα 400-450 g σε 18-24 μήνες. Η πάχυνση μπορεί να συμβεί σε δεξαμενές ή σε σύστημα ιχθυοκλωβών. Το Σχήμα 1.6 περιγράφει σχηματικά τον κύκλο παραγωγής του ευρωπαϊκού λαβρακιού σε εντατικά συστήματα.

Αν και εύρωστο είδος, το λαβράκι υπόκειται σε ένα ευρύ φάσμα ασθενειών υπό συνθήκες εκτροφής. Το stress θεωρείται σημαντικός παράγοντας συνυπεύθυνος για εκδήλωση ασθενειών. Τα παθολογικά προβλήματα που συναντώνται συνήθως στην παραγωγή είναι βακτηριακής, ιογενής αλλά και παρασιτικής φύσης FAO (2024b). Άλλα σημαντικά ζητήματα σχετίζονται με την αργή ανάπτυξη του είδους, και την κακή απόδοση μετατροπής του (>1,6 σε ψάρια μεγάλου μεγέθους). Ορισμένες από αυτές τις κρίσιμες πτυχές μπορούν να συνδεθούν με το γεγονός ότι στις συνθήκες καλλιέργειας υπάρχει περίσσεια αρσενικών (70% έως 95%) που παρουσιάζουν πρόωρη σεξουαλική ωρίμανση (<100 g) και βραδύτερη ανάπτυξη (Haffray et al. 2006).



Σχήμα 1.6. Ο κύκλος παραγωγής του ευρωπαϊκού λαβρακιού σε εντατικά συστήματα. (Πηγή FAO 2024b).

1.3. Διατροφή ιχθύων και ιχθυοτροφές στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια

Η εντατικοποίηση της υδατοκαλλιέργειας είναι άμεσο αποτέλεσμα της ευρείας διαθεσιμότητας τροφών υδατοκαλλιέργειας, παράλληλα με βελτιωμένες μεθόδους διαχείρισης της ποιότητας των υδάτων, ελέγχου ασθενειών και γενικών τεχνικών. Παλαιότερα, κατά την πρώιμη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας, νωπά φυσικά προϊόντα, όπως ψάρια χαμηλής αξίας και υπολείμματα από αλιευτικές δραστηριότητες, χρησιμοποιήθηκαν ως τροφές των εκτρεφόμενων λαβρακιών. Ένα σημαντικό βήμα στην ανάπτυξη τυποποιημένων ιχθυοτροφών ήρθε με την εισαγωγή του Oregon Moist Pellet στις αρχές της δεκαετίας του 1950 (Goddard 1996). Οι λεπτομερείς διατροφικές απαιτήσεις των οργανισμών προσδιορίστηκαν σταδιακά, και πραγματοποιήθηκαν συνθέσεις ξηρών ιχθυοτροφών οι οποίες τροποποιούνται με το χρόνο, υπό το φως νέων πληροφοριών.

Έχοντας πλέον γνώση των διατροφικών αναγκών των εκτρεφόμενων οργανισμών σε όλα τα στάδια ανάπτυξης τους, οι ιχθυοτροφές σήμερα καλύπτουν επαρκώς τις ποσοτικές ανάγκες τους σε θρεπτικά συστατικά όπως πρωτεΐνες και απαραίτητα αμινοξέα, λιπίδια και απαραίτητα λιπαρά οξέα, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία, καθώς επίσης και σε μεταβολική ενέργεια επιτυγχάνοντας μια ισορροπημένη διατροφή που εγγυάται τη βέλτιστη και υγιή ανάπτυξη των ψαριών. Η χρήση ξηρών σύνθετων ιχθυοτροφών είναι πλέον ευρέως διαδεδομένη λόγω της ευκολίας προμήθειας, μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής τους, καθώς και των βέλτιστων αποτελεσμάτων που επιτυγχάνονται στην ανάπτυξη των ψαριών αλλά και στο βαθμό μετατρεψιμότητας της τροφής. Για να επιτευχθεί η καλή υγεία και σωστή ανάπτυξη των ιχθύων και ανάλογα με το στάδιο εκτροφής υπάρχουν πλέον τροφές όπου:

- βοηθούν τα ψάρια να αντιμετωπίσουν τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου στο νερό και τις αρνητικές επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών, όπως το οξειδωτικό στρες,
- βοηθούν στην αντιμετώπιση της διαταραχής της μικροχλωρίδας και την εντερική φλεγμονή
- Βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα του εμβολιασμού (αυξημένη παραγωγή αντισωμάτων).
- Προστατεύουν τα ψάρια από δυσμενείς καταστάσεις όπως υψηλή ιχθυοφόρτιση και στρεσογόνες καταστάσεις που προκαλούνται από διαχειρίσεις
- Ενισχύουν τη γονιμότητα στους γεννήτορες
- Βοηθούν στην υψηλή ποιότητα γονάδων και σπέρματος στους γεννήτορες
- εξαλείφουν την ανάγκη για νωπά συμπληρώματα διατροφής στους γεννήτορες
- Βοηθούν στη βέλτιστη απορρόφηση, ενθυλάκωση και συγκράτηση ζωντανού θηράματος στις λάρβες.

Οι τροφές και η σίτιση είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την υδατοκαλλιεργητική παραγωγή, μιας και καθορίζουν το ρυθμό ανάπτυξης, την υγεία και την ευζωία των ψαριών, ρυθμίζουν τη διατροφική αξία των ψαριών, επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ιχθυοκαλλιεργητικής παραγωγής και ταυτόχρονα αντιπροσωπεύουν το πιο ακριβό κομμάτι του κόστους παραγωγής (Goddard 1996). Έτσι, η βελτίωση της στρατηγικής σίτισης των ψαριών είναι πρωταρχικής σημασίας για την

υδατοκαλλιέργεια. Αυτό, με τη σειρά του, προϋποθέτει την ανάπτυξη και χρήση αποδοτικών και οικονομικών τροφών. Ταυτόχρονα, απαιτεί καλύτερη γνώση των μηχανισμών που ρυθμίζουν τη συμπεριφορά σίτισης των ψαριών ώστε να παρέχονται τα βέλτιστα επίπεδα τροφής με βάση την όρεξη των ψαριών. Ένας ενδεχόμενος υποσιτισμός των ψαριών οδηγεί σε μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης, επιθετικότητα / κανιβαλισμό, αυξημένες θνησιμότητες, και ανομοιομορφία μεγεθών των ψαριών. Επίσης, ένας ενδεχόμενος υπερσιτισμός των ψαριών οδηγεί σε σπατάλη τροφών, αυξημένο κόστος σίτισης και υψηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Είναι επιθυμητό τα ψάρια να σιτίζονται καθημερινά με τόση ποσότητα όση θα αποδώσει το μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης στα ψάρια και, παράλληλα, τη μέγιστη αξιοποίηση των θρεπτικών ουσιών της με τις λιγότερες απώλειες στο υδάτινο περιβάλλον.

Για τη μέτρηση του ρυθμού ανάπτυξης των ιχθύων χρησιμοποιείται ένας συντελεστής που ονομάζεται «ειδικός ρυθμός ανάπτυξης - Specific Growth Rate» (SGR) που υποδηλώνει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του σωματικού βάρους του ψαριού στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{SGR (\%/ημέρα)} = (\text{Ln}W2 - \text{Ln}W1) \times 100 / \text{ημέρες σίτισης}$$

Όπου, $\text{Ln } W2$ = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού σωματικού βάρους

$\text{Ln } W1$ = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού σωματικού βάρους

Για τη μέτρηση της αξιοποίησης μιας τροφής από τα ψάρια, χρησιμοποιείται ένας συντελεστής που ονομάζεται «συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής, - Feed

Conversion Ratio (FCR), ο οποίος υποδηλώνει την ποσότητα της καταναλωθείσας τροφής που μετατράπηκε σε σωματικό βάρος από το ψάρι και δίνεται από τη σχέση:

$$FCR = \text{τροφή που κατανάλωσε ένα ψάρι} / \text{την αύξηση του βάρους του}$$

Το επίπεδο σίτισης (Feeding Rate) αναφέρεται στην ποσότητα τροφής που χορηγείται καθημερινά στα ψάρια και συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό (%) επί της βιομάζας ή του σωματικού βάρους των ψαριών (% Σ.Β./ημέρα).

1.4. Επίπεδο σίτισης στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια

Η ποσότητα του ημερήσιου γεύματος (επίπεδο σίτισης), καθώς και η συχνότητα και ο χρόνος των γευμάτων, είναι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ψαριών και το βαθμός μετατρεψιμότητας των τροφών. Ο υπολογισμός των ημερήσιων ποσοτήτων τροφής που θα χορηγηθούν στους υπό εκτροφή ιχθυοπληθυσμούς θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη παράγοντες, βιοτικούς και περιβαλλοντικούς. Σημαντικό ρόλο στον καταρτισμό σιτηρεσίου έχουν και οι στόχοι που έχουν τεθεί από την παραγωγή για την εποχή συγκομιδής, η οποία καθορίζετε από τη ζήτηση, αλλά και από τις οικονομικές υποχρεώσεις κάθε ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας. Η πρόσληψη τροφής και η ανάπτυξη των ψαριών συνδέονται με τους φυσικοχημικούς παράγοντες του νερού, κυρίως τη θερμοκρασία του νερού, τη φωτοπερίοδο και το μέγεθος των ψαριών.

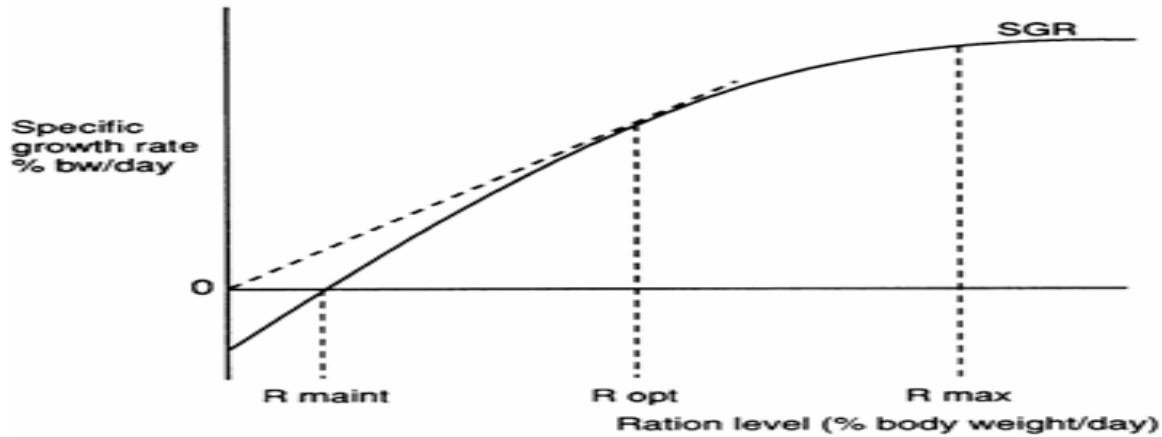
Η κατανόηση των σχέσεων μεταξύ της ποσότητας της χορηγούμενης τροφής (επίπεδο σίτισης), του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR %/ημέρα) των ψαριών και του

συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) είναι θεμελιώδης για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ιχθυοτροφών στην εντατική καλλιέργεια ψαριών. Γενικευμένα παραδείγματα καμπύλης απόκρισης μεταξύ του επιπέδου σίτισης και του ρυθμού ανάπτυξης των ψαριών, καθώς και μεταξύ του επιπέδου σίτισης και του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής απεικονίζονται στα Σχήματα 1.7 και 1.8, αντίστοιχα. Στα Σχήματα 1.7 και 1.8 διαφαίνεται ότι τα ψάρια χάνουν βάρος όταν το επίπεδο σίτισης είναι χαμηλότερο από αυτό που απαιτείται για την καθημερινή συντήρηση των σωματικών απωλειών (R_{maint}). Καθώς αυξάνεται το επίπεδο σίτισης αυξάνει και ο ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών φτάνοντας τη μέγιστη τιμή του σε εκείνο το επίπεδο σίτισης που αντιστοιχεί στη μέγιστη εθελούσια πρόσληψη τροφής (R_{max}) ή αλλιώς στο κορεσμό της ορέξεως των ψαριών.

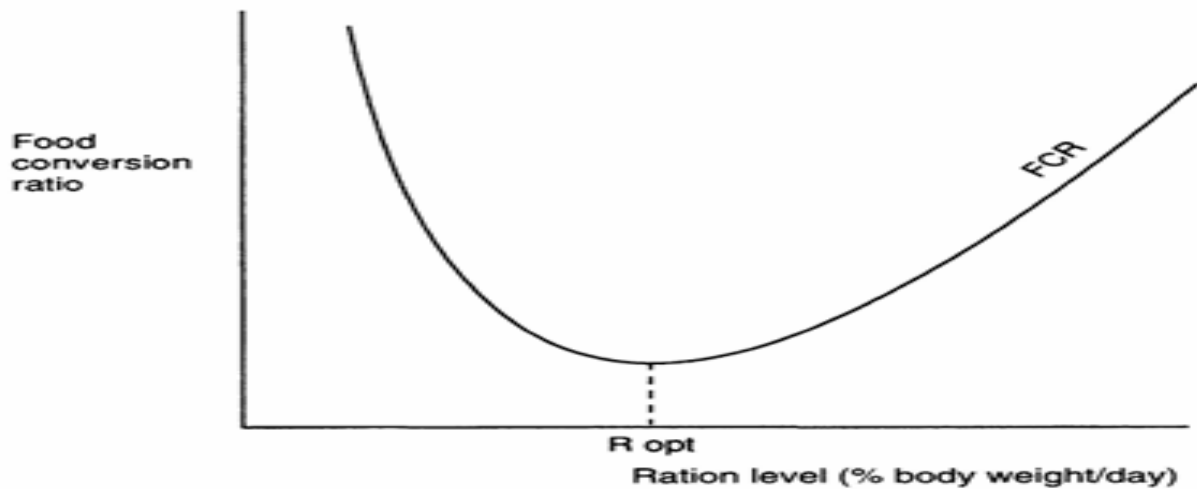
Εκείνο το επίπεδο σίτισης που αντιστοιχεί στο σημείο κάμψης της καμπύλης εκφράζεται συχνά ως το βέλτιστο επίπεδο σίτισης (R_{opt}), δεδομένου ότι αυτό αντιπροσωπεύει το σημείο της μέγιστης αποτελεσματικότητας μετατροπής της τροφής σε σωματικό βάρος ψαριών ή το σημείο στο οποίο η αύξηση του σωματικού βάρους ανά μονάδα πρόσληψης τροφής είναι μεγαλύτερη. Από τα σχήματα 1.7 και 1.8 προκύπτει ότι ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών και ο χαμηλότερος συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής δεν συμπίπτουν στο ίδιο επίπεδο σίτισης.

Η μέγιστη απόδοση μετατροπής (χαμηλότερο FCR) πραγματοποιείται σε επίπεδα σίτισης χαμηλότερα από εκείνα στα οποία παρατηρείται ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης των ψαριών. Βάσει αυτών των βασικών αρχών είναι προφανές ότι υπάρχει ένα εύρος κατάλληλων επιπέδων σίτισης, και η επιλογή ενός συγκεκριμένου εξαρτάται από το αν επιδιώκεται είτε η μέγιστη ανάπτυξη των ψαριών, είτε η βέλτιστη μετατρεψιμότητα της

τροφής, είτε εν τέλει η ισορροπία μεταξύ των δύο παραγωγικών παραμέτρων (Goddard 1996).



Σχήμα 1.7. Χαρακτηριστική επίδραση του επιπέδου σίτισης στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) των ψαριών. (Πηγή Goddard 1996).



Σχήμα 1.8. Χαρακτηριστική επίδραση του επιπέδου σίτισης στον συντελεστή μετατρεψιμότητας τροφής (FCR). (Πηγή Goddard 1996).

Στην παραγωγή (προ πάχυνση σε δεξαμενές, πάχυνση σε δεξαμενές, και πάχυνση σε κλωβούς) χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για την σίτιση των ιχθυοπληθυσμών όπως η σίτιση σε κορεσμό, η μέθοδος της αντιστάθμισης και η χρήση πινάκων σίτισης, που είναι η πιο διαδεδομένη. Ένας πίνακας σίτισης περιέχει τιμές εκφρασμένες ως

ποσοστιαία τιμή ανά 100 κιλά ζώντος βάρους, οι οποίες μεταβάλλονται στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των ψαριών και ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού χωρίς να λαμβάνετε υπόψιν καμιά άλλη παράμετρος. Οι τιμές αυτές χαρακτηρίζονται ως συντελεστές ταΐσματος % (feeding rate %) και αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας και μειώνονται με την αύξηση του μεγέθους των ψαριών.

Οι πίνακες παρέχονται από τις εταιρείες ιχθυοτροφών, ως ενδεικτικοί, όπου έχουν καταρτισθεί με βάση την επίτευξη του βέλτιστου συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής, χωρίς όμως να αποδίδουν τη μέγιστη ανάπτυξη των ψαριών ή δημιουργούνται σε κάθε μονάδα μέσα από τα αποτελέσματα της εκάστοτε παραγωγικής διαδικασίας, όπου στοχεύουν σε μια εξισορρόπηση ένας χαμηλού συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής και ενός υψηλού ρυθμού ανάπτυξης των ψαριών.

1.5. Σκοπός της έρευνας

Οι τροφές που δεν καταναλώνονται δυνητικά γίνονται ρύπος, πέραν της οικονομικής σπατάλης, ενώ και η καθυστέρηση στην κατανάλωση τους από τα ψάρια αυξάνει τον κίνδυνο διαλυτοποίησης των θρεπτικών ουσιών από τις τροφές με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδοτικότητας της τροφής στα ψάρια. Στην παραγωγή γενικά επιδιώκετε η μεγιστοποίηση του ρυθμού ανάπτυξης των ψαριών. Η μέγιστη ανάπτυξη επιτυγχάνετε με σίτιση σε επίπεδα κορεσμού ή πλησιάζοντας κοντά σε αυτά. Ταυτόχρονα επιδιώκεται η αποφυγή της σπατάλης των τροφών. Οι υψηλές προδιαγραφές θρεπτικών συστατικών που παρατηρούνται στις ιχθυοτροφές αντικατοπτρίζονται στο υψηλό κόστος των περισσότερων ιχθυοτροφών σε σύγκριση με το κόστος των συμβατικών ζωοτροφών. Το κόστος αυτό διογκώνεται περαιτέρω από τη πιθανότητα να χαθούν απροσδιόριστες ποσότητες διαλυτών συστατικών από την τροφή πριν

καταναλωθεί ή και απόφιεες ποσότητες τροφής. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις από πειράματα σίτισης και ανάπτυξης ότι η σίτιση με περιορισμένες μερίδες επιτρέπει μεγαλύτερο έλεγχο των αναλογιών μετατροπής της τροφής (Goddard 1996).

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να μελετηθεί και να συγκριθεί η επίδραση δύο διαφορετικών μεθόδων σίτισης των ψαριών στο πεδίο. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι επιδράσεις της σίτισης σε κορεσμό και της σίτιση σε καθορισμένο επίπεδο σίτισης με τιμές που κυμάνθηκαν από 2,35% έως 1,51% στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του ευρωπαϊκού λαβρακιού (*D. labrax*) και στον συντελεστή μετατρεψιμότητας.

Για τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιήθηκαν δυο ιχθυοκλωβοί της εταιρείας ΙΧΘΥΜΕ ΜΕΠΕ στον Αστακό Αιτωλοακαρνανίας, σε κάθε έναν εκ των οποίων τοποθετήθηκαν περίπου 28.000 λαβράκια μέσου βάρους 55 g όπου εφαρμόστηκε η παραπάνω μέθοδος σίτισης για συνολικό χρονικό διάστημα 110 ημερών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αφορούν διάφορες παραμέτρους ανάπτυξης των ιχθύων και την αξιοποίησης της τροφής από αυτούς, όπως τελικό βάρος, επιβίωση (%), συνολική κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ), επίπεδο σίτισης (FR, % βιομάζας/ημέρα), SGR (%/ημέρα), FCR, συντελεστής θερμικής ανάπτυξης (Thermal Growth Coefficient, TGC) και συντελεστή αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER).

2. Υλικά & μέθοδοι

2.1. Πειραματική εκτροφή ιχθύων

Στη μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν δυο στρογγυλοί κλωβοί Φ12 (περίμετρος 40 m) ο ένας δίπλα στον άλλο προκειμένου να υπάρχουν παρόμοιες συνθήκες ποιότητας νερού. Ο όγκος κάθε κλωβού ήταν 1.017 m^3 (Διάμετρος² x 3,14 x βάθος διχτιού). Στους κλωβούς τοποθετήθηκαν λαβράκια, ο αριθμός των οποίων ήταν τέτοιος ώστε όταν αποκτήσουν το εμπορεύσιμο μέσο βάρος (MB) των 400 g η πυκνότητα εκτροφής να είναι μικρότερη ή ίση των 13 Kg/m^3 . Οι πληθυσμοί τοποθετήθηκαν στην ιχθυοκαλλιεργητική μονάδα της εταιρείας ΙΧΘΥΜΕ ΜΕΠΕ στον Αστακό Αιτωλοακαρνανίας τον Φεβρουάριο του 2024 με προμηθευτή μια εταιρεία παραγωγής γόνου μεσογειακών ειδών. Οι πληθυσμοί των δύο κλωβών προέρχονταν από την ίδια παρτίδα γέννας (ίδια δεξαμενή στον ιχθυογεννητικό σταθμό). Οι κλωβοί εισαγωγής ήταν διαστάσεων 8 m x 8 m. Εκτός των θεραπειών και των αλλαγών διχτυών δεν πραγματοποιήθηκε καμία άλλη διαχείριση προκειμένου να μην μεταβληθούν τα χαρακτηριστικά των ιχθυοπληθυσμών. Οι πληθυσμοί πριν την έναρξη της δοκιμής σιτίζονταν σε κορεσμό και με την ίδια τροφή. Η έναρξη της δοκιμής ήταν στις 1/8/2024. Αφού έγινε εμβολιασμός, και καταμέτρηση, χωρίς όμως διαλογή, μεταφέρθηκαν στους κλωβούς πάχυνσης (κλωβός στον κλωβό). Κατά την διάρκεια της δοκιμής στοιχεία όπως ταΐσματα, θνησιμότητες, θερμοκρασία και οξυγόνο, καταγράφονταν σε καθημερινή βάση, ενώ η δειγματοληψία για την πραγματική μεταβολή του μέσου βάρους των ιχθυοπληθυσμών γίνονταν μηνιαία. Τα στοιχεία επεξεργάζονταν σε H/Y μέσω excel. Έπειτα από κάθε δειγματοληψία επαναπροσδιοριζόταν εάν χρειαζόνταν το επίπεδο

σίτισης στον κλωβό όπου τα ψάρια σιτίζονταν βάσει του ενδεδειγμένου συντελεστή σίτισης.

Οι κωδικές ονομασίες των κλωβών ήταν K01 a.l (*ad libitum*) όπου τα ψάρια σιτίζονταν σε κορεσμό και K03 fr% όπου τα ψάρια σιτίζονταν βάσει συγκεκριμένου επιπέδου σίτισης. Η θερμοκρασία της θάλασσας κυμάνθηκε κατά τη διάρκεια της δοκιμής από 30 °C έως 22 °C, ενώ το οξυγόνο στο νερό είχε τιμές μεγαλύτερες ή ίσες με 6.0 ppm.

2.2. Στοιχεία ιχθυοτροφής και σίτιση ιχθύων

2.2.1. Στοιχεία ιχθυοτροφής

Οι ιχθυοτροφές που χρησιμοποιήθηκαν είναι κοινές του εμπορίου, όπου παρασκευάζονται στην Ε.Ε. Καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής χρησιμοποιήθηκαν οι τροφές της ίδιας εταιρείας με αλλαγή όμως στο μέγεθος των κόκκων της όπου από 3 mm οι ιχθυοπληθυσμοί πέρασαν σε 4,5 mm και συγκεκριμένα για τα ψάρια του K01 a.l στις 11/10/24 και θεωρητικό μέσο βάρος 124 g και για τα ψάρια του K03 fr% στις 23/10/24 και θεωρητικό μέσο βάρος 120 g. Τα όρια αλλαγής του κόκκου της τροφής ήταν αυξημένα προς τα επάνω σε σχέση με τις εργοστασιακές οδηγίες. Αυτό είναι μια κοινή παραγωγική πρακτική, η οποία πραγματοποιείται για να αποφευχθεί η μη κατανάλωση τροφής από τα μικρότερα ψάρια του κλωβού, αφού τα ψάρια μέσα σε έναν κλωβό δεν έχουν όλα το ίδιο βάρος. Στους Πίνακες 2.1 και 2.2 δίνεται η θρεπτική σύσταση των ιχθυοτροφών που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία βάσει των ετικετών τους.

Πίνακας 2.1: Διατροφικά στοιχεία και συστατικά της ιχθυοτροφής 3mm

Ολική πρωτεΐνη	46%	Vitamin A	13.000 U.I/Kg
Ολικά λίπη	16%	Vitamin D	2.250 U.I/Kg
Ινώδη	2%	Vitamin E	195 mg/Kg
Τέφρα	8%	Vitamin C	300 mg/Kg
Αμυλούχες ενώσεις	8,5%	Fe	225 mg/Kg
NFE	18,3%		
Φώσφορος	1,3%	EPA	0,65%
Ασβέστιο	1,3%	DHA	0,85%
Ολική ενέργεια	20,95 MJ/Kg	Ολικά Ω-3 λιπάρα	2,90%

Πίνακας 2.2: Διατροφικά στοιχεία και συστατικά της ιχθυοτροφής 4.5mm

Ολική πρωτεΐνη	45%	Vitamin A	13.000 U.I/Kg
Ολικά λίπη	17%	Vitamin D	2.250 U.I/Kg
Ινώδη	2,9%	Vitamin E	195 mg/Kg
Τέφρα	9%	Vitamin C	300 mg/Kg
Αμυλούχες ενώσεις	10,1%	Fe	225 mg/Kg
NFE	18,3%		
Φώσφορος	1,15%	EPA	0,50%
Ασβέστιο	1,15%	DHA	0,80%
Ολική ενέργεια	20,95 MJ/Kg	Ολικά Ω-3 λιπάρα	2,25%

2.2.2 Σίτιση ιχθύων

Τα ψάρια του κλωβού K01 α.1 ταϊζόταν μέχρι κορεσμού. Η όρεξη που θα εμφανίσει ο ιχθυοπληθυσμός αποτελεί το κριτήριο για την ποσότητα τροφής που θα του χορηγηθεί. Ψάρια που τρέφονται στην επιφάνεια, όπως τα λαβράκια μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν και ένας έμπειρος ιχθυολόγος μπορεί να αναγνωρίσει τα διάφορα στάδια του κύκλου σίτισης. Η αρχική συμπεριφορά κατά τη διατροφή χαρακτηρίζεται από ενεργό κολύμπι και αναζήτηση τροφής, ακολουθούμενη από έντονη σίτιση και πάντα στην επιφάνεια της θάλασσας. Αυτή η φάση συνεχίζεται με προοδευτική μείωση της απόκρισης σίτισης. Η νωχελική αρπαγή τροφής και η κολύμβηση σχεδόν κάτω από την

επιφάνεια της θάλασσας και έχοντας το ραχιαίο πτερύγιο του ψαριού σε οπτική επαφή δηλώνει τον κορεσμό και την λήξη του τάϊσματος. Όταν το τάϊσμα γίνεται με κανονάκι κατά την έναρξη ο ιχθυοπληθυσμός δημιουργεί έναν μικρό κύκλο στο σημείο που πέφτει η τροφή. Όσο προχωράει το τάϊσμα ο ιχθυοπληθυσμός μεγαλώνει τον κύκλο και σε αυτό το σημείο παρέχεται η δυνατότητα να κρίνει την συμπεριφορά των ψαριών και να σταματήσει ή όχι το τάϊσμα.

Τα ψάρια του κλωβού K03 fr% ταΐζονταν με πίνακες σίτισης και σε συγκεκριμένα επίπεδα. Έπειτα από κάθε δειγματοληψία βάρους το επίπεδο σίτισης επαναπροσδιορίζονταν. Μέχρι την επόμενη δειγματοληψία, όπου και γίνονταν οι διορθώσεις, το σιτηρέσιο υπολογιζόταν σε εβδομαδιαία βάση ανά ημέρα όπου η ημερήσια μεταβολή του MB του κλωβού υπολογιζόταν από τη σχέση:

$$((1+(\text{καταναλωθείσα τροφή/βιομάζα κλωβού})) / ((dt)/(\text{θεωρητικό βιολογικό FCR})))^{(dt)} * (\text{MB προηγούμενης περιόδου}).$$

Οι τιμές βιολογικών FCR και FR% προέρχονταν από παραγωγικά στοιχεία της μονάδας. Δεν παρέχονταν μεγαλύτερη ποσότητα τροφής από την υπολογισμένη μετά από νηστεία για οποιοδήποτε λόγο. Το τάϊσμα και στους δυο κλωβούς πραγματοποιούνταν με κανονάκι από το ίδιο άτομο, την ίδια ώρα και μια φορά την ημέρα, καθημερινά εκτός Κυριακής.

2.3. Δειγματοληψίες

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες ζύγισης βάρους των ψαριών ανά κλωβό και μια ξεχωριστά για τον K03 ft%. Η πρώτη έγινε πριν την έναρξη της δοκιμής. Οι άλλες τρεις για να μελετηθεί η πορεία και τα μηνιαία αποτελέσματα της αύξησης των ιχθυοπληθυσμών. Η τελευταία δειγματοληψία που αφορούσε τον K03 ft% έγινε για να μελετηθούν τα αποτελέσματα με βάση την επίτευξη του ίδιου μέσου βάρους με τον K01 a.l. Για τη συλλογή των ψαριών, στις πρώτες δύο δειγματοληψίες μειωνόταν ο όγκος του διχτιού. Στις άλλες τρεις, επειδή η βιομάζα είχε αυξηθεί και ήταν επικίνδυνος ο χειρισμός του διχτιού, χρησιμοποιήθηκε αλιευτικό εργαλείο για την σύλληψη ψαριών (πραγάνι ή γρίπος για κλωβό διαμέτρου Φ12). Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν ψάρια από τρία διαφορετικά σημεία του κλωβού και τοποθετούνταν σε δεξαμενή, όπου σε μερική αναισθητοποίηση, και με την παροχή οξυγόνου μεταφέρονταν στη στεριά και σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο (να μην επηρεάζουν οι καιρικές συνθήκες τις ζυγίσεις) γίνονταν ατομικές ζυγίσεις με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας.

Τα ψάρια που προορίζονταν για να ζυγιστούν συλλέγονταν με απόχη από τη δεξαμενή μεταφοράς με τυχαίο τρόπο και μεταφέρονταν σε άλλη δεξαμενή όπου και αναισθητοποιούνταν πλήρως με ταυτόχρονη παροχή οξυγόνου ώστε να ζυγιστούν. Για την αναισθητοποίηση χρησιμοποιήθηκε εγκεκριμένο διάλυμα βενζοκαΐνης, και με εμπειρικό τρόπο (παρατηρώντας την συμπεριφορά των ψαριών). Με το πέρας της δειγματοληψίας τα ψάρια τοποθετούνταν σε δεξαμενή προσαρμογής και αφού το νερό της δεξαμενής είχε προσαρμοστεί σε θερμοκρασία και οξυγόνο παρόμοιο με το νερό της θάλασσας για την αποφυγή της περαιτέρω καταπόνησης και πιθανών θνησιμοτήτων σε κατάσταση μερικής αναισθητοποίησης τα ψάρια επανατοποθετούνταν στον κλωβό τους

2.4 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

2.4.1 Επιβίωση (%)

Η καταγραφή των θνησιμοτήτων πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση για κάθε κλωβό ξεχωριστά. Ο τύπος υπολογισμού της είναι:

$$\text{Επιβίωση (\%)} = 100 \times \frac{\text{τελικός αριθμός ψαριού}}{\text{αρχικός αριθμός ψαριού}}$$

2.4.2 Αύξηση ολικού βάρους (g)

Η αύξηση του ολικού βάρους είναι το καθαρό βάρος του σώματος των ψαριών που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

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

2.4.3 Κατανάλωση τροφής (g/ψάρι)

Η κατανάλωση τροφής (g/ψάρι) εκφράζει τη μέση κατανάλωση της τροφής ανά ψάρι κάθε κλωβού και υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Κατανάλωση τροφής (g/ψάρι)} = \frac{\text{ολική κατανάλωση τροφής κλωβού}}{\text{αριθμός ψαριών κλωβού}}$$

2.4.4 Κατανάλωση τροφής (% Σ.Β. / ημέρα)

Ο τύπος της κατανάλωσης τροφής (% Σ.Β./ημέρα) είναι:

$$\text{Κατανάλωση τροφής (\% Σ.Β./ημέρα)} = \frac{\text{μέσο Σωματικό Βάρος} \times 100}{\text{κατανάλωσή τροφής ανά ημέρα}}$$

2.4.5 Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) (%/ημέρα)

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (specific growth rate, SGR) εκφράζει την ημερήσια ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους του ψαριού στο χρονικό διάστημα που σιτίστηκε και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{SGR (\% / ημέρα)} = \{100 * [\text{Ln (W2)} - \text{Ln (W1)}] / \text{ημέρες σίτισης}\}$$

Όπου:

Ln (W2) = ο φυσικός λογάριθμος του τελικού ολικού βάρους

Ln (W1) = ο φυσικός λογάριθμος του αρχικού ολικού βάρους

2.4.6 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR)

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (food conversion ratio, FCR) εκφράζει το βαθμό αξιοποίησης της τροφής από τα ψάρια και δίνεται από τον λόγο της ποσότητας της τροφής που χορηγήθηκε προς την αύξηση του ολικού βάρους τους. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{FCR} = \text{τροφή που χορηγήθηκε (g)} / \text{αύξηση βιομάζας των ζωντανών ιχθύων (g)}.$$

2.4.7 Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών (PER)

Ο συντελεστής αποδοτικότητας των πρωτεϊνών (Protein Efficiency Ratio, PER) εκφράζει την αναλογία μεταξύ της αύξησης του σωματικού βάρους των ψαριών και της πρωτεΐνης που καταναλώθηκε και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{PER} = \text{αύξηση βάρους (g)} / \text{πρωτεΐνη που καταναλώθηκε (g)}$$

Όπου πρωτεΐνη που καταναλώθηκε = επίπεδο πρωτεΐνης στην τροφή * κατανάλωση

2.4.8 Συντελεστής θερμικής ανάπτυξης (TGC)

Ο συντελεστής θερμικής ανάπτυξης (TGC) είναι ένας δείκτης μέτρησης ανάπτυξης, καθώς τυποποιεί την ανάπτυξη λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της θερμοκρασίας (Lugert et al., 2016) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$TGC = ((\sqrt[3]{W2} - \sqrt[3]{W1}) / \sum t_i) * 1000$$

οπού $W1$, $W2$ δηλώνουν για το αρχικό και το τελικό σωματικό βάρος σε γραμμάρια, $\sum t_i$ αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία του νερού σε βαθμούς Κελσίου σε κάθε ημέρα. Ωστόσο, οι προβλέψεις ανάπτυξης που γίνονται χρησιμοποιώντας το TGC ισχύουν μόνο εντός ενός βέλτιστου εύρους θερμοκρασιών (Jobling, 2003).

2.5. Στατιστική ανάλυση

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής πραγματοποιήθηκαν τρεις μηνιαίες δειγματοληψίες για κάθε κλωβό και μια ξεχωριστά για τον K03 fit% για το τέλος της δοκιμής. Γινόταν εισαγωγή των μετρήσεων στο excel και ακολουθούσε η στατιστική ανάλυση, όπου ελέγχονταν η κανονικότητα των πληθυσμών με τον υπολογισμό της κύρτωσης και της ασυμμετρίας, η ομοιογένεια των διακυμάνσεων και ακολουθούσε ο έλεγχος των μέσων τιμών με χρήση του t-test. Οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές για τιμές $p < 0,05$.

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επιβίωσης, των παραμέτρων ανάπτυξης των ιχθύων και των παραμέτρων αξιοποίησης της τροφής από τους ιχθύες.

3.1 Κατά την έναρξη του πειράματος

Κατά την έναρξη της δοκιμής ελέγχθηκαν:

- I. η κανονικότητα των πληθυσμών υπολογίζοντας την κύρτωση και την ασυμμετρία (Πιν. 3.1.1)
- II. Η διαφορά των διακυμάνσεων (Πιν. 3.1.2) για να επιλεγθεί το test
- III. Η διαφορά του μέσου βάρους των πληθυσμών στους δυο ιχθυοκλωβούς (Πιν. 3.1.3)

Πίνακας 3.1.1: Περιγραφικά στατιστικά των πληθυσμών K01 και K03 κατά την έναρξη της δοκιμής

Περιγραφικά στατιστικά	κ01	κ03
Μέσος	55,14	55,53
Τυπικό σφάλμα	0,96	1,04
Διάμεσος	55	55,00
Επικρατούσα τιμή	50	55
Μέση απόκλιση τετραγώνου	12,72	12,34
Διακύμανση	161,90	152,22
Κύρτωση	-0,01	-0,21
Ασυμμετρία	-0,19	0,10
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	1,89	2,05
Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV %	23,08%	22,22%

Τόσο η κύρτωση όσο και η ασυμμετρία παρουσίασαν τιμές $< 1,96$. Τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και συνεπώς για τη στατιστική επεξεργασία τους εφαρμόστηκαν παραμετρικές μέθοδοι ανάλυσης.

Πίνακας 3.1.2: Έλεγχος των διακυμάνσεων των πληθυσμών K01 και K03 κατά την έναρξη της δοκιμής.

Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων	K01	K03
Μέσος	55,14	55,53
Διακύμανση	161,90	152,22
Μέγεθος δείγματος	176,00	141,00
βαθμοί ελευθερίας	175,00	140,00
F	1,06	
P(F<=f) μονόπλευρη	0,35	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	1,31	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$) μεταξύ των διακυμάνσεων των δυο πληθυσμών και έτσι για τον έλεγχο του μέσου βάρους πραγματοποιήθηκε έλεγχος t δύο δειγμάτων με ίσες διακυμάνσεις.

Πίνακας 3.1.3: Έλεγχος μέσων βαρών στους πληθυσμούς K01 και K03 κατά την έναρξη της δοκιμής.

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις	K01	K03
Μέσος	55,14	55,53
Διακύμανση	161,90	152,22
Μέγεθος δείγματος	176	141
Διάμεση διακύμανση	157,60	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	315	
t	-0,28	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,39	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,65	
P(T<=t) δίπλευρη	0,78	
t κρίσιμο, δίπλευρο	1,97	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$) στα βάρη των δυο πληθυσμών κατά την έναρξη του πειράματος.

3.2 Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

3.2.1 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 28^η ημέρα του πειράματος

Κατά την 28^η ημέρα της δοκιμής, η επιβίωση των ψαριών ήταν παρόμοια ($p > 0,05$) μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων και συγκεκριμένα ήταν 98,05% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και 97,41% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 (Πιν. 3.2.1). Το μέσο βάρος των ψαριών ήταν σημαντικά ($p < 0,05$) υψηλότερο ($74,83 \pm 2,70$ g) για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 συγκριτικά με εκείνο των ψαριών του ιχθυοκλωβού κ03 ($64,43 \pm 2,76$ g) (Πιν. 3.2.1). Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους κατά την 28^η ημέρα του πειράματος ήταν 19,69 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και 8,89 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03.

Η κατανάλωση τροφής (g/ψάρι) και ο ρυθμός κατανάλωσης τροφής (% Σ.Β./ημέρα) ήταν για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 39,26 g/ψάρι και 2,16 %/ημέρα, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ήταν 26,21 g/ψάρι και 1,56 %/ημέρα, αντίστοιχα.

Οι δείκτες FCR και SGR (%/ημέρα) για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 υπολογίστηκαν ως 1,99 και 1,09 %/ημέρα, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ήταν 2,95 και 0,53 %/ημέρα, αντίστοιχα.

Οι δείκτες TGC και PER για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 υπολογίστηκαν ως 0,52 και 1,14, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ως 0,25 και 0,77, αντίστοιχα (Πίνακας 3.2.1)

Πίνακας 3.2.1: Αποτελέσματα των παραμέτρων ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής κατά την 28^η ημέρα.

Παράμετροι αναπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	κ01 a.1	κ03 fr%
Μέση θερμοκρασία °C	28,14	28,14
ημέρες	28	28
Αρχικός πληθυσμός	28.500	28100
Τελικός πληθυσμός	27.944	27373
Αρχικό βάρος (g)	55,14	55,53
Τελικό βάρος (g)	74,83	64,42
Αρχική βιομάζα (Kgr)	1.571	1.560
Τελική βιομάζα (Kgr)	2.091	1.763
Αύξηση βάρους(gr)	19,69	8,89
Τροφή ανα μήνα	1.108	727
Επιβίωση %	98,05%	97,41%
Συνολική κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ)	39,26	26,21
Επίπεδο σίτισης (FR % βιομάζας ανα ημέρα)	2,16%	1,56%
SGR (%/ ημέρα)	1,09%	0,53%
FCR	1,99	2,95
TGC	0,52	0,25
PER	1,14	0,77

Κατά την 28^η ημέρα της δοκιμής ελέγχθηκαν:

- I. η κανονικότητα των πληθυσμών υπολογίζοντας την κύρτωση και η ασσυμετρία (πιν 3.2.2)
- II. Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV % (πιν 3.2.2)
- III. Η διαφορά των διακυμάνσεων (πιν 3.2.3) για να επιλεγθεί το test
- IV. Η διαφορά του μέσου βάρους των πληθυσμών στους δυο ιχθυοκλωβούς (πιν 3.2.4)

Πίνακας 3.2.2:Περιγραφικά στατιστικά των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 28^η ημέρα δοκιμής.

Περιγραφικά στατιστικά	κ01 a.l	κ03 fr%
Μέσος	74,84	69,43
Τυπικό σφάλμα	1,37	1,40
Διάμεσος	75	70
Επικρατούσα τιμή	82	73
Μέση απόκλιση τετραγώνου	17,67	17,44
Διακύμανση	312,17	304,23
Κύρτωση	-0,52	0,16
Ασυμμετρία	-0,10	-0,08
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	2,70	2,76
Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV %	23,61%	25,12%

Η κύρτωση και η ασυμμετρία παρουσίασαν τιμές < 1.96 . Τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή, και η ανάλυση πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας παραμετρικές στατιστικές μεθόδους.

Πίνακας 3.2.3:Έλεγχος των διακυμάνσεων των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 28^η ημέρα δοκιμής

Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	74,84	69,43
Διακύμανση	312,17	304,23
Μέγεθος δείγματος	167	156
βαθμοί ελευθερίας	166	155
F	1,03	
P(F<=f) μονόπλευρη	0,44	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	1,30	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$) μεταξύ των διακυμάνσεων των δυο πληθυσμών. Ο έλεγχος του μέσου βάρους θα πραγματοποιηθεί με χρήση του t-test δυο δειγμάτων με ίσες διακυμάνσεις.

Πίνακας 3.2.4:Έλεγχος μέσου βάρους των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 28^η ημέρα δοκιμής.

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	74,84	69,43
Διακύμανση	312,17	304,23
Μέγεθος δείγματος	167	156
Διάμεση διακύμανση	308,34	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	321	
t	2,77	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,003	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,65	
P(T<=t) δίπλευρη	0,01	
t κρίσιμο, δίπλευρο	1,97	

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) μεταξύ των βαρών των δυο πληθυσμών.

3.2.2 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 60^η ημέρα του πειράματος

Κατά την 60^η ημέρα της δοκιμής η επιβίωση των ψαριών ήταν 98,56% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και 98,21% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03. Το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $111,50 \pm 3,52$ g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και $95,34 \pm 3,24$ g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (g) ήταν 36,67 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και 30,92 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03. Η κατανάλωση τροφής (g/ψάρι) και ο ρυθμός κατανάλωσης τροφής (%/ημέρα) ήταν για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 57,17 g/ψάρι και 1,92 %/ημέρα αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ήταν 43,64 g/ψάρι και 1,71 %/ημέρα, αντίστοιχα. Οι δείκτες FCR και

SGR (%/ημέρα) για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 υπολογίστηκαν ως 1,56 και 1,25 %/ημέρα, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ως 1,41 και 1,23 %/ημέρα, αντίστοιχα. Οι δείκτες TGC και PER για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 υπολογίστηκαν ως 0,67 και 1,46, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ως 0,62 και 1,61, αντίστοιχα (Πίνακας 3.2.5)

Πίνακας 3.2.5: Αποτελέσματα των παραμέτρων ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης της τροφής κατά την 60^η ημέρα της δοκιμής

Παράμετροι ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	κ01 a.l	κ03 fr%
Μέση θερμοκρασία	28	28
ημέρες	32	32
Αρχικός πληθυσμός	27.944	27.373
Τελικός πληθυσμός	27.542	26.884
Αρχικό βάρος (g)	74,83	64,42
Τελικό βάρος (g)	111,50	95,34
Αρχική βιομάζα (Kgr)	2.091	1.763
Τελική βιομάζα (Kgr)	3.071	2.563
Άυξηση βάρους(g)	36,67	30,92
Τροφή ανα μήνα	1.586	1184
Επιβίωση %	98,56%	98,21%
Συνολική κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ)	57,17	43,64
Επίπεδο σίτισης (FR % βιομάζας ανα ημέρα)	1,92%	1,71%
SGR (%/ ημέρα)	1,25%	1,23%
FCR	1,56	1,41
TGC	0,67	0,62
PER	1,46	1,61

Κατά την 60^η ημέρα της δοκιμής ελέγχθηκαν:

- I. η κανονικότητα των πληθυσμών υπολογίζοντας την κύρτωση και η ασυμμετρία (πιν 3.2.6)
- II. Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV % (πιν 3.2.6)
- III. Η διαφορά των διακυμάνσεων (πιν 3.2.7) για να επιλεγθεί το test
- IV. Η διαφορά του μέσου βάρους των πληθυσμών στους δυο ιχθυοκλωβούς (πιν 3.2.8)

Πίνακας 3.2.6: Περιγραφικά στατιστικά των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 60^η ημέρα δοκιμής.

Περιγραφικά στατιστικά	κ01 a.l	κ03 fr%
Μέσος	74,84	69,43
Τυπικό σφάλμα	1,37	1,40
Διάμεσος	75	70
Επικρατούσα τιμή	82	73
Μέση απόκλιση τετραγώνου	17,67	17,44
Διακύμανση	312,17	304,23
Κύρτωση	-0,52	0,16
Ασυμμετρία	-0,10	-0,08
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	2,70	2,76
Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV %	23,61%	25,12%

Η κύρτωση και η ασυμμετρία παρουσίασαν τιμές < 1.96 και ως εκ τούτου τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή, εφαρμόζοντας ανάλυση με παραμετρικές στατιστικές μεθόδους.

Πίνακας 3.2.7: Έλεγχος των διακυμάνσεων των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 60^η ημέρα δοκιμής.

Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	74,84	69,43
Διακύμανση	312,17	304,23
Μέγεθος δείγματος	167	156
βαθμοί ελευθερίας	166	155
F	1,03	
P(F<=f) μονόπλευρη	0,44	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	1,30	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$) μεταξύ των διακυμάνσεων των δυο πληθυσμών και για τον έλεγχο του μέσου βάρους πραγματοποιήθηκε έλεγχος t-test δυο δειγμάτων με ίσες διακυμάνσεις .

Πίνακας 3.2.8: Έλεγχος μέσου βάρους των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 60^η ημέρα δοκιμής.

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	74,84	69,43
Διακύμανση	312,17	304,23
Μέγεθος δείγματος	167	156
Διάμεση διακύμανση	308,34	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	321	
t	2,77	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,003	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,65	
P(T<=t) δίπλευρη	0,01	
t κρίσιμο, δίπλευρο	1,97	

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$) μεταξύ των βαρών των πειραματικών μεταχειρίσεων.

3.2.3 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 91^η ημέρα του πειράματος

Κατά την 91^η ημέρα της δοκιμής η επιβίωση των ψαριών ήταν 97,71% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και 98,02% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 (Πίν. 3.2.9). Το μέσο βάρος των ψαριών ήταν $146,06 \pm 7,99$ g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και $95,34 \pm 6,74$ g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$). Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους ήταν 34,56 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 και 39,00 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03. Η κατανάλωση τροφής (g/ψάρι) και ο ρυθμός κατανάλωσης τροφής (%/ημέρα) ήταν για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 61,45 g/ψάρι και 1,54 % Σ.Β./ημέρα, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ήταν 51,47 g/ψάρι και 1,45 % Σ.Β./ημέρα, αντίστοιχα. Οι δείκτες FCR και SGR (%/ημέρα) για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 υπολογίστηκαν ως 1,78 και 1,54 %/ημέρα, αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ήταν 1,32 και 1,45 %/ημέρα, αντίστοιχα. Οι δείκτες TGC και PER για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 υπολογίστηκαν ως 0,63 και 1,28 αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 ήταν 0,77 και 1,72, αντίστοιχα (Πίν. 3.2.9).

Πίνακας 3.2.9: Αποτελέσματα των παραμέτρων ανάπτυξης των ιχθύων και των παραμέτρων ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 91^η ημέρα της δοκιμής.

Παράμετροι αναπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	κ01 a.1	κ03 fr%
Μέση θερμοκρασία	23,15	23,15
ημέρες	31	31
Αρχικός πληθυσμός	27.542	26.884
Τελικός πληθυσμός	26.911	26.353
Αρχικό βάρος (g)	111,50	95,34
Τελικό βάρος (g)	146,06	134,34
Αρχική βιομάζα (Kgr)	3.071	2.563
Τελική βιομάζα (Kgr)	3.931	3.540
Αύξηση βάρους(g)	34,56	39,00
Τροφή ανα μήνα	1.673	1370
Επιβίωση %	97,71%	98,02%
Συνολική κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ)	61,45	51,47
Επίπεδο σίτισης (FR % βιομάζας ανα ημέρα)	1,54%	1,45%
SGR (%/ ημέρα)	0,87%	1,11%
FCR	1,78	1,32
TGC	0,63	0,77
PER	1,28	1,72

Κατά την 91^η ημέρα της δοκιμής ελέγχθηκαν:

- I. η κανονικότητα των πληθυσμών υπολογίζοντας την κύρτωση και η ασυμμετρία (πιν 3.2.6)
- II. Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV % (πιν 3.2.10)
- III. Η διαφορά των διακυμάνσεων (πιν 3.2.11) για να επιλεγθεί το test
- IV. Η διαφορά του μέσου βάρους των πληθυσμών στους δυο ιχθυοκλωβούς (πιν 3.2.12)

Πίνακας 3.2.10:Περιγραφικά στατιστικά των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 91^η ημέρα δοκιμής

Περιγραφικά στατιστικά	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	146,06	134,34
Τυπικό σφάλμα	4,02	3,40
Διάμεσος	140	132
Επικρατούσα τιμή	195	129
Μέση απόκλιση τετραγώνου	37,06	33,62
Διακύμανση	1373,70	1130,06
Κύρτωση	-0,25	0,73
Ασυμμετρία	0,29	0,43
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	7,99	6,74
Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV %	25,38%	25,02%

Και η κύρτωση και η ασυμμετρία παρουσίασαν τιμές < 1.96 και ως εκ τούτου τα δείγματα ακολουθούν την κανονική τιμή. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε εφαρμόζοντας παραμετρικές στατιστικές μεθόδους ανάλυσης.

Πίνακας 3.2.11:Έλεγχος των διακυμάνσεων των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 91^η ημέρα δοκιμής

Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	146,06	134,34
Διακύμανση	1373,70	1130,06
Μέγεθος δείγματος	85	98
βαθμοί ελευθερίας	84	97
F	1,22	
P(F<=f) μονόπλευρη	0,18	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	1,41	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$) μεταξύ των διακυμάνσεων των δυο πληθυσμών και για τον έλεγχο του μέσου βάρους πραγματοποιήθηκε t-test δυο δειγμάτων με ίσες διακυμάνσεις .

Πίνακας 3.2.12: Έλεγχος μέσων βάρους στους των πληθυσμών K01 και K03 κατά την 91^η ημέρα δοκιμής

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	146,06	134,34
Διακύμανση	1373,70	1130,06
Μέγεθος δείγματος	85	98
Διάμεση διακύμανση	1243,13	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	181	
t	2,24	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,01	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,65	
P(T<=t) δίπλευρη	0,03	
t κρίσιμο, δίπλευρο	1,97	

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) ανάμεσα στα βάρη των δυο πληθυσμών.

3.2.4 Τελική δειγματοληψία 110^η ημέρα δοκιμής (18/11/24) για την επίτευξη στόχου μέσου βάρους και μόνο για κ03 fr%

Κατά την 110^η ημέρα της δοκιμής έγινε δειγματοληψία στον κ03 ελέγχθηκαν:

- I. η κανονικότητα των πληθυσμών υπολογίζοντας την κύρτωση και η ασυμμετρία για το κ01 οι μετρήσεις βάρους στις 30/10/24 και για τον κ03 στις 18/11/24 (πιν 3.2.13)
- II. Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV % (πιν 3.2.13)
- III. Η διαφορά των διακυμάνσεων (Πιν. 3.2.14) για να επιλεγθεί το test
- IV. Η διαφορά του μέσου βάρους των πληθυσμών στους δυο ιχθυοκλωβούς (πιν 3.2.15)

Πίνακας 3.2.13: Περιγραφικά στατιστικά των πληθυσμών K01 και K03.

Περιγραφικά στατιστικά	K01 a.l 30/10/24	K03 fr% 18/11/24
Μέσος	146,06	153,95
Τυπικό σφάλμα	4,02	3,26
Διάμεσος	140	154
Επικρατούσα τιμή	195	177
Μέση απόκλιση τετραγώνου	37,06	32,73
Διακύμανση	1373,70	1071,20
Κύρτωση	-0,25	-0,15
Ασυμμετρία	0,29	-0,26
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	7,99	6,46
Συντελεστής Μεταβλητότητας, CV %	25,38%	21,26%

Η κύρτωση και η ασυμμετρία παρουσίασαν τιμές $< 1,96$ και ως εκ τούτου τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Εφαρμόζοντας παραμετρικές στατιστικές μεθόδους ανάλυσης.

Πίνακας 3.2.14: Έλεγχος των διακυμάνσεων των πληθυσμών K01 και K03.

Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	146,06	153,95
Διακύμανση	1373,70	1071,20
Μέγεθος δείγματος	85	101
βαθμοί ελευθερίας	84	100
F	1,28	
$P(F \leq f)$ μονόπλευρη	0,12	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	1,41	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0,05$) μεταξύ των διακυμάνσεων των δυο πληθυσμών και για τον έλεγχο του μέσου βάρους πραγματοποιήθηκε έλεγχος t δυο δειγμάτων με ίσες διακυμάνσεις .

Πίνακας 3.2.15: Έλεγχος μέσου βάρους των πληθυσμών K01 και K03.

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις	K01 a.l	K03 fr%
Μέσος	146,06	153,95
Διακύμανση	1373,70	1071,20
Μέγεθος δείγματος	85	101
Διάμεση διακύμανση	1209,30	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	184	
t	-1,54	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,06	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,65	
P(T<=t) δίπλευρη	0,12	
t κρίσιμο, δίπλευρο	1,97	

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$) στα βάρη των δυο πληθυσμών.

3.2.5 Δείκτες σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής κατά την 91^η για τον κ01 a.l. και κατά την 110^η ημέρα του πειράματος για τον κ03 fr%.

Κατά την 91^η ημέρα της δοκιμής η επιβίωση των ψαριών (%) ήταν 94,42% για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 a.l, και για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 fr% κατά την 110^η ημέρα η επιβίωση (%) ήταν 93,47%

Το μέσο βάρος των ψαριών (g) ήταν $146,06 \pm 7,99$ g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 a.l και $153,34 \pm 6,46$ g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 fr% δίχως να παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0,05$).

Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους (g) ήταν 90,92 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 a.l και 98,42 g για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 fr%.

Η κατανάλωση τροφής (g/ψάρι) και η κατανάλωση τροφής (%/ημέρα) ήταν για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 a.l. 157,62 g/ψάρι και 1,74 % ανά ημέρα αντίστοιχα, ενώ

για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 fr% 139,13 g/ψάρι και 1,23 % ανά ημέρα αντίστοιχα.

Οι δείκτες FCR και SGR (%/ημέρα) για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 a.l. υπολογίστηκαν ως 1,73 και 1,07 % ανά ημέρα αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 fr% ως 1,41 και 0,93 % ανά ημέρα αντίστοιχα .

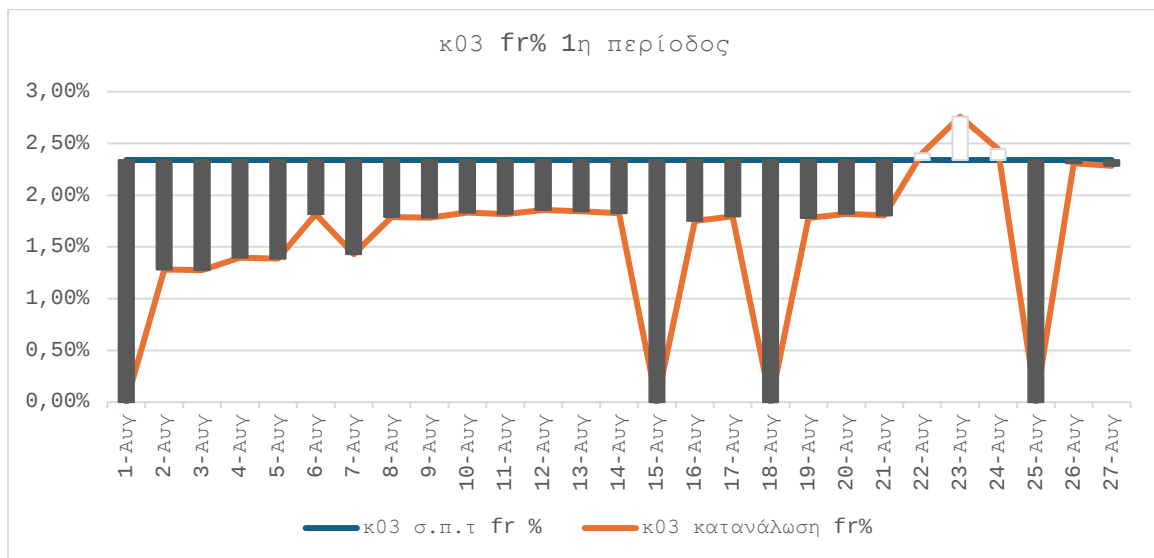
Οι δείκτες TGC και PER για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ01 a.l υπολογίστηκαν ως 0,61 και 1,31 αντίστοιχα, ενώ για τα ψάρια του ιχθυοκλωβού κ03 fr% ως 0,55 και 1,61 αντίστοιχα (Πίνακας 3.2.16).

Πίνακας 3.2.16: Τελικά αποτελέσματα των παραμέτρων ανάπτυξης των ιχθύων και των παραμέτρων ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

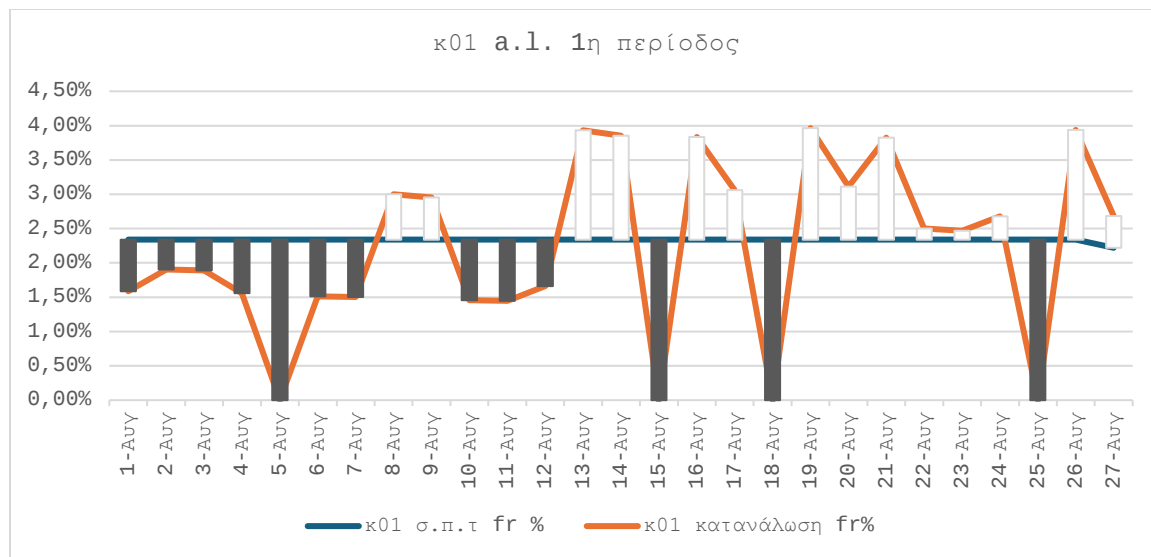
Παράμετροι αναπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	κ01 a.l	κ03 fr%
Μέση θερμοκρασία	26,25	25,59
ημέρες	91	110
Αρχικός πληθυσμός	28.500	28.100
Τελικός πληθυσμός	26.911	26.266
Αρχικό βάρος (g)	55,14	55,53
Τελικό βάρος (g)	146,06	153,95
Αρχική βιομάζα (Kgr)	1.571	1.560
Τελική βιομάζα (Kgr)	3.931	4.044
Αύξηση βάρους(gr)	90,92	98,42
Τροφή ανα μήνα	4.367	3.782
Επιβίωση %	94,42%	93,47%
Συνολική κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ)	157,62	139,13
Επίπεδο σίτισης (FR % βιομάζας ανα ημέρα)	1,74%	1,23%
SGR (%/ ημέρα)	1,07%	0,93%
FCR	1,73	1,41
TGC	0,61	0,55
PER	1,31	1,61

3.3 Κατανάλωση τροφής

Οι πληθυσμοί των δυο ιχθυοκλωβών που τέθηκαν στην δοκιμή πρώτα εμβολιάστηκαν με ενέσιμο ελαιώδες σκεύασμα, μετρήθηκαν και ζυγιστήκαν. Η επίδραση της διαχείρισης ήταν αρνητική κατά την σίτιση των πληθυσμών ιδιαίτερα της 1^{ης} περιόδου. Είναι λογικό να υποθέσουμε ότι ο εμβολιασμός μπορεί να προκαλέσει καταπόνηση του οργανισμού (stress) για λίγες ημέρες έως εβδομάδες μετά τη χρήση και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη πρόσληψη τροφής (Mohammadi et al. 2021). Η μειωμένη ζήτηση για τροφή από τους πληθυσμούς των ιχθυοκλωβών και ιδιαίτερα στον κλωβό κ03 fr%, όπου από λάθος χειρισμό υπήρξαν περισσότερες θνησιμότητες, φαίνεται στο Σχήμα 3.3.1 όπου απεικονίζετε η συνιστώμενη παροχή τροφής ανά ημέρα και η κατανάλωση της τροφής σε % Σ.Β στον κ03 fr% και στο Σχήμα 3.3.2 απεικονίζετε η συνιστώμενη παροχή τροφής ανά ημέρα σε % Σ.Β στον κ01 a.l. εάν δεν σιτίζονταν σε κορεσμό και η κατανάλωση της τροφής σε % Σ.Β στον κ01 a.l

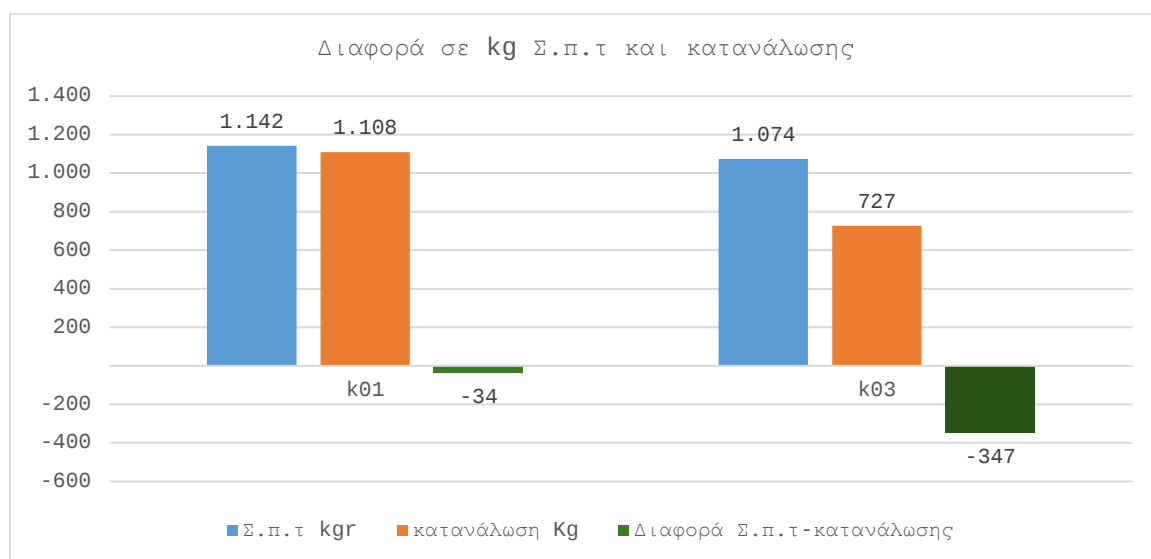


Σχήμα 3.3.1 Συνιστώμενη παροχή τροφής και κατανάλωση τροφής (%) την πρώτη περίοδο στον ιχθυοκλωβό K03 fr%.



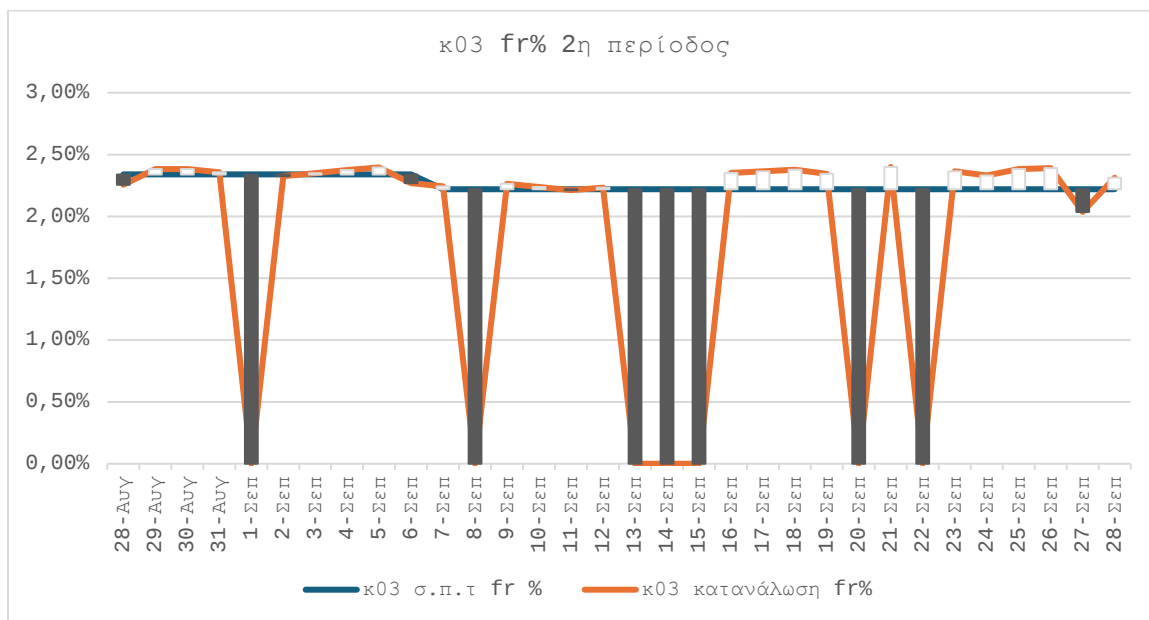
Σχήμα 3.3.2 Συνιστώμενη παροχή τροφής και κατανάλωση τροφής (%) την πρώτη περίοδο στον ιχθυοκλωβό K01 a.l.

Εάν μετατρέψουμε την ποσοστιαία συνιστώμενη παροχή τροφής σε (kg) και την χορηγούμενη τροφή ανά ημέρα σε kg τροφής ανά ημέρα θα παρατηρήσουμε ότι ο ιχθυοκλωβός K01 a.l. τελικά κατανάλωσε όσο θα έπρεπε να καταναλώσει εάν σιτίζονταν με συγκεκριμένο επίπεδο σίτισης και δεν εφαρμόζονταν αυτή η διαχείριση αλλά ούτε και οι νηστείες (3.3.3).

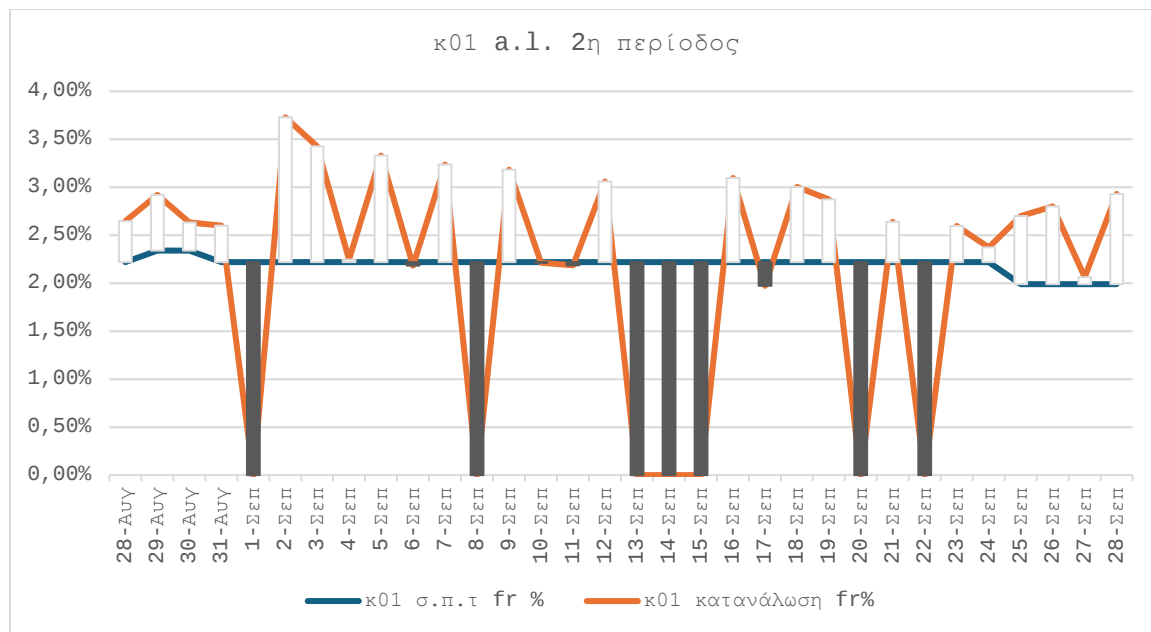


Σχήμα 3.3.3 Συνιστώμενη παροχή τροφής σε (kg) και κατανάλωση τροφής κατανάλωση σε (kg) την πρώτη περίοδο

Κατά την δεύτερη περίοδο και αφού οι ιχθυοπληθυσμοί έχουν ξεπεράσει το stress της διαχείρισης η λήψη της τροφής πραγματοποιήθηκε κανονικά (Σχ. 3.3.4 και 3.3.5).

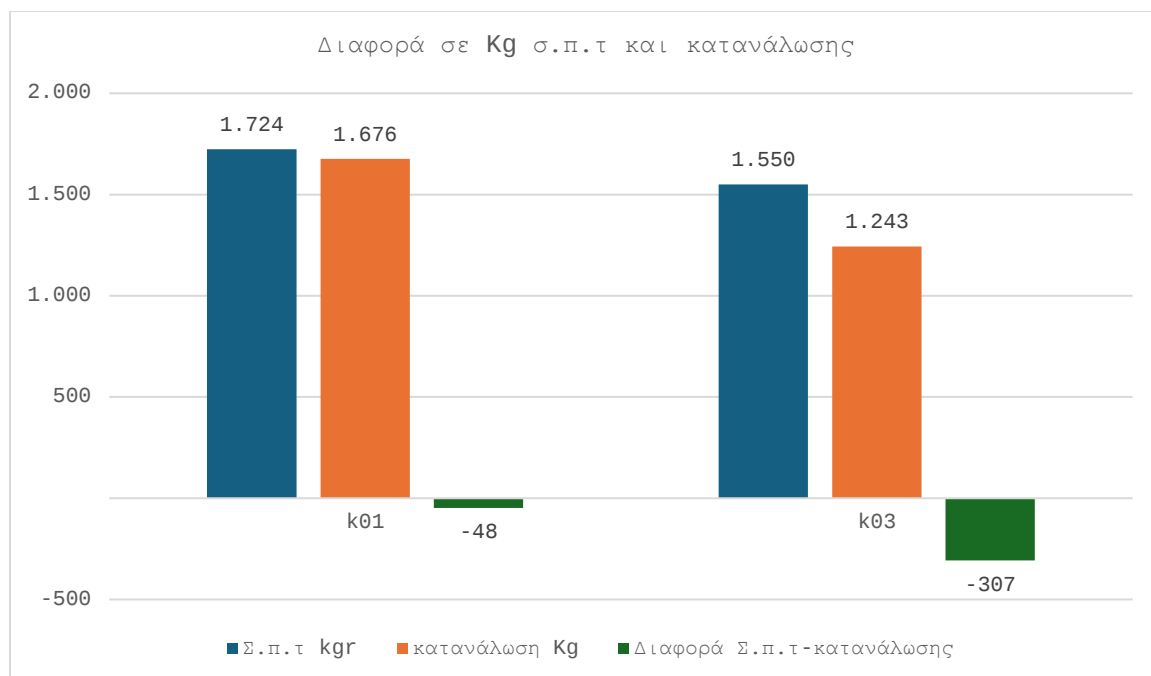


Σχήμα 3.3.4 Συνιστώμενη παροχή τροφής και κατανάλωση τροφής (%) την δεύτερη περίοδο στον ιχθυοκλωβό K03 fr%. (%)



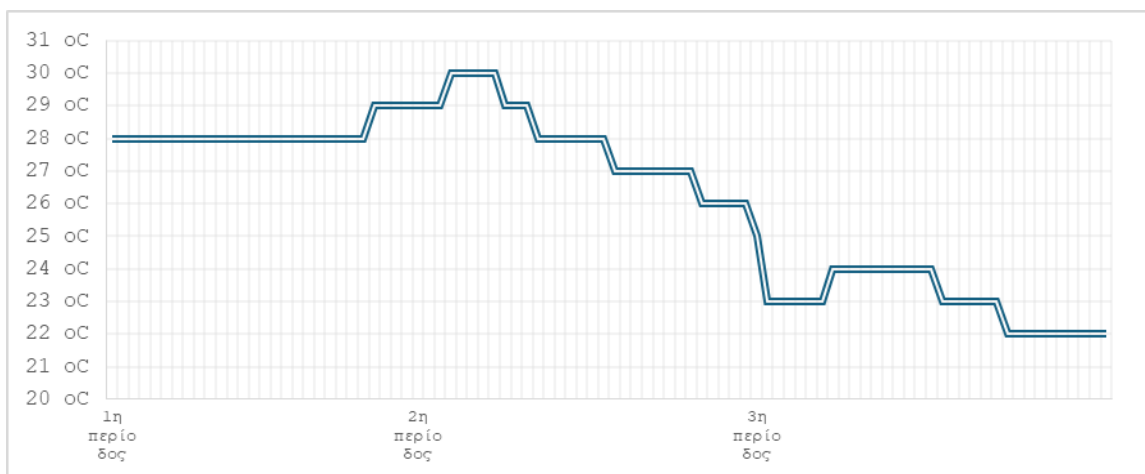
Σχήμα 3.3.5 Συνιστώμενη παροχή τροφής και κατανάλωση τροφής (%) την δεύτερη περίοδο στον ιχθυοκλωβό K01 a.l.

Προγραμματισμένες νηστείες, δυσμενείς καιρικές συνθήκες αλλά και απασχόληση του προσωπικού σε άλλες υποχρεώσεις της μονάδας είχαν ως αποτέλεσμα να υπάρξουν επτά ημέρες νηστείας μέσα στην δεύτερη περίοδο και η κατανάλωση να είναι χαμηλότερη από την προγραμματισμένη (Σχ. 3.3.6). Παρατηρούμε ότι ο κλωβός K01 που σιτίζετε σε κορεσμό κατανάλωσε την ποσότητα της τροφής που θα κατανάλωνε εάν σιτίζονταν με συντελεστή και δεν υπήρχαν νηστείες.

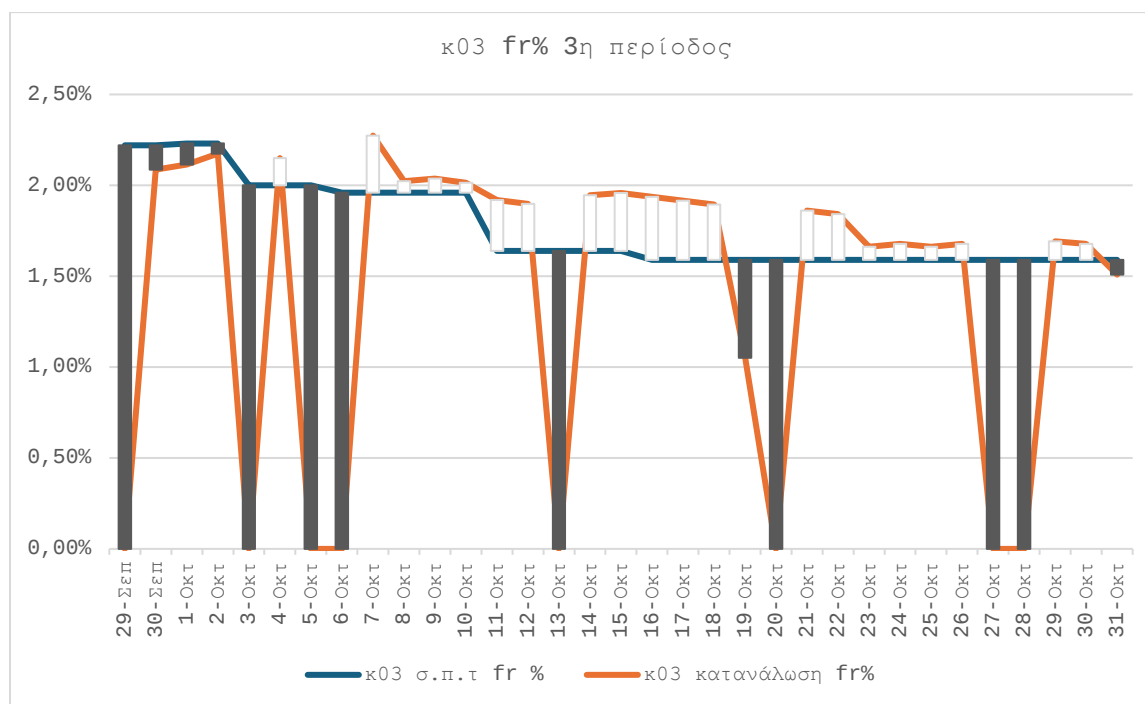


Σχήμα 3.3.6 Συνιστώμενη παροχή τροφής σε (kg) και κατανάλωση τροφής κατανάλωση σε (kg) την δεύτερη περίοδο

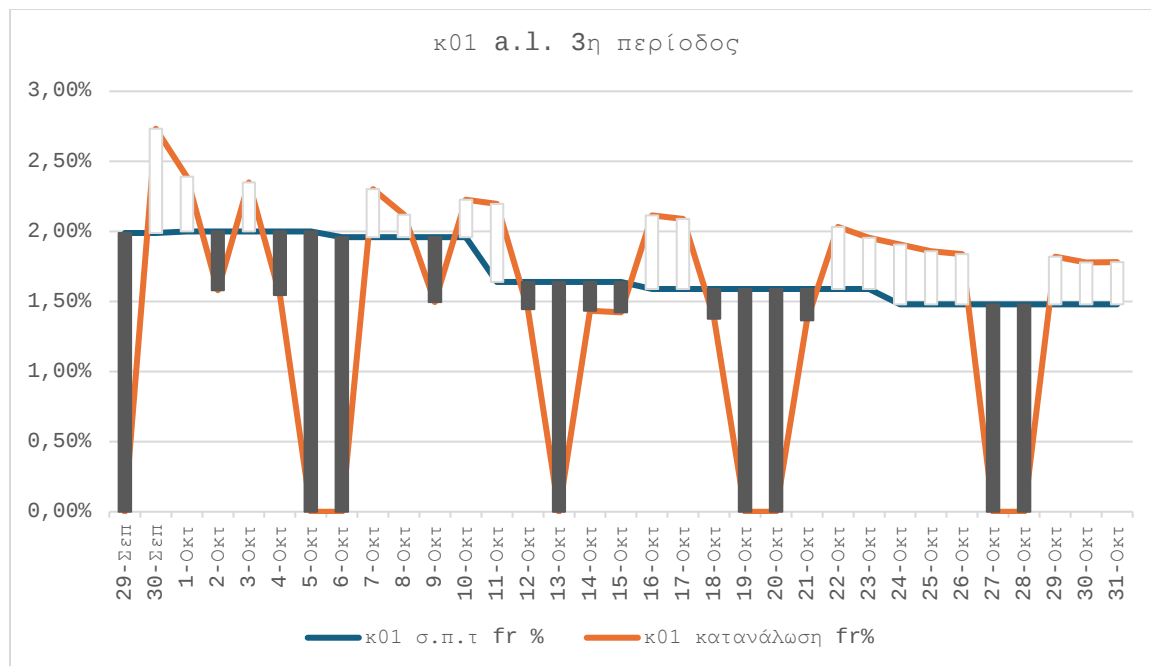
Την τρίτη περίοδο η ζήτηση τροφής στον κλωβό κ01 α.λ. μειώθηκε σε σχέση με τον κλωβό κ03 fr% γεγονός που περιγράφει και ο Hossu et al. (2005). Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους σίτισης, ο ρυθμός κατανάλωσης της τροφής των ψαριών μειώθηκε όταν η τροφή χορηγούνταν *ad libitum*, ενώ η θερμοκρασία του νερού διατηρήθηκε περίπου 23,5 ° C. Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της δοκιμής φαίνεται στο Σχήμα 3.3.7, ενώ στα Σχήματα 3.3.8, 3.3.9 και 3.3.10 παρουσιάζεται η ζήτηση της τροφής και η συνολική κατανάλωση τροφής.



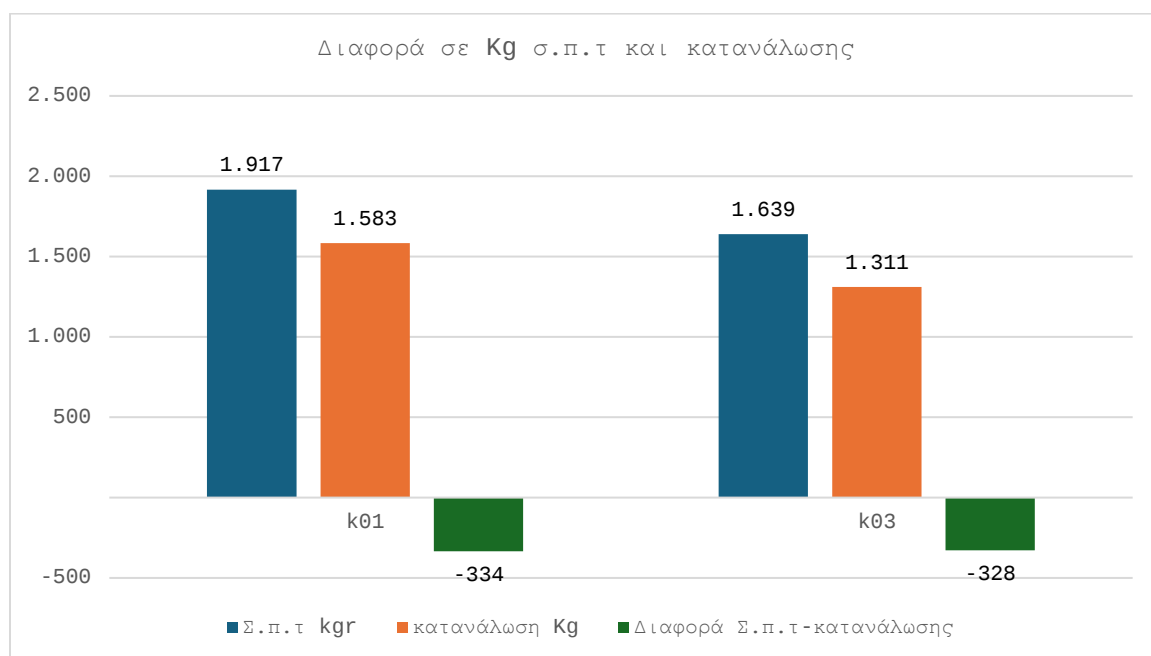
Σχήμα 3.3.7 Διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη δοκιμή



Σχήμα 3.3.8 Συνιστώμενη παροχή τροφής και κατανάλωση τροφής (%) την τρίτη περίοδο στον ιχθυοκλωβό K03 fr%



Σχήμα 3.3.9 Συνιστώμενη παροχή τροφής και κατανάλωση τροφής (%) την τρίτη περίοδο στον ιχθυοκλωβό K01 α.λ.



Σχήμα 3.3.10 Συνιστώμενη παροχή τροφής σε (kg) και κατανάλωση τροφής κατανάλωση σε (kg) την τρίτη περίοδο.

Παρατηρούμε ότι εκτός από τις νηστείες που είναι ίδιες με τον κλωβό K03 έχουμε και οχτώ φορές μικρότερη ζήτηση από το θεωρητικό συντελεστή ταΐσματος. Είναι η πρώτη φορά από τις τρεις περιόδους όπου ο κλωβός K01, αν και σε κορεσμό, καταναλώνει λιγότερη ποσότητα και από τη συνιστώμενη παροχή τροφής. Από την ανάλυση των παραπάνω συμπεραίνεται ότι η ποσότητα της τροφής που λαμβάνουν οι ιχθυοπληθυσμοί σε μια ιχθυοκαλλιέργεια οι οποίοι σιτίζονται είτε με τη μέθοδο μέχρι κορεσμού είτε με τη μέθοδο επιπέδου διατροφής (% του ζ.β/ημέρα) ή και συνδυαστικά αυτών επηρεάζεται από:

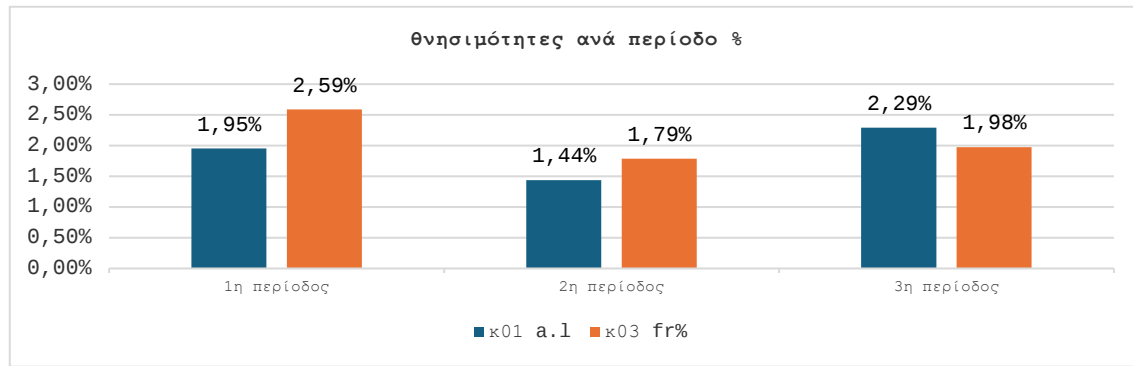
- Το stress που προκαλείτε από χειρισμούς ρουτίνας (Mohammadi 2021), λάθος χειρισμούς, ακραίες τιμές θερμοκρασίας και οξυγόνου (Lanari 2002)
- τις ημέρες ασιτίας που είτε είναι προγραμματισμένες είτε λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, μηχανολογικών προβλημάτων ή έλλειψης προσωπικού δεν επιτρέπουν την σίτιση των ιχθυοπληθυσμών
- Τη θερμοκρασία η οποία επηρεάζει από συγκεκριμένες τιμές και μετά τη μέθοδο κορεσμού (Hossu 2005) ή τη μέθοδο συγκεκριμένων επιπέδων παροχής τροφής % ζ.β/ ημέρα με διαφορετικούς όμως τρόπους.

Για εξοικονόμηση χρόνου και θέλοντας να συγκρίνουμε τις δυο μεθόδους σίτισης ως προς το τελικό μέσο βάρος του ιχθυοκλωβού δεν ορίστηκε το αλιεύσιμο μέσο βάρος των 400 g, αλλά ορίστηκε ως τελικό μέσο βάρος ιχθυοκλωβού τα 150g. Ο ιχθυοκλωβός K01 σταμάτησε να ελέγχετε στις 91 ημέρες, ενώ ο K03 στις 110 ημέρες όπου κατανάλωσε ακόμα 501 Kg τροφής. Οι τελικές τιμές του συντελεστή κατανάλωσης τροφής (% Σ.Β. /

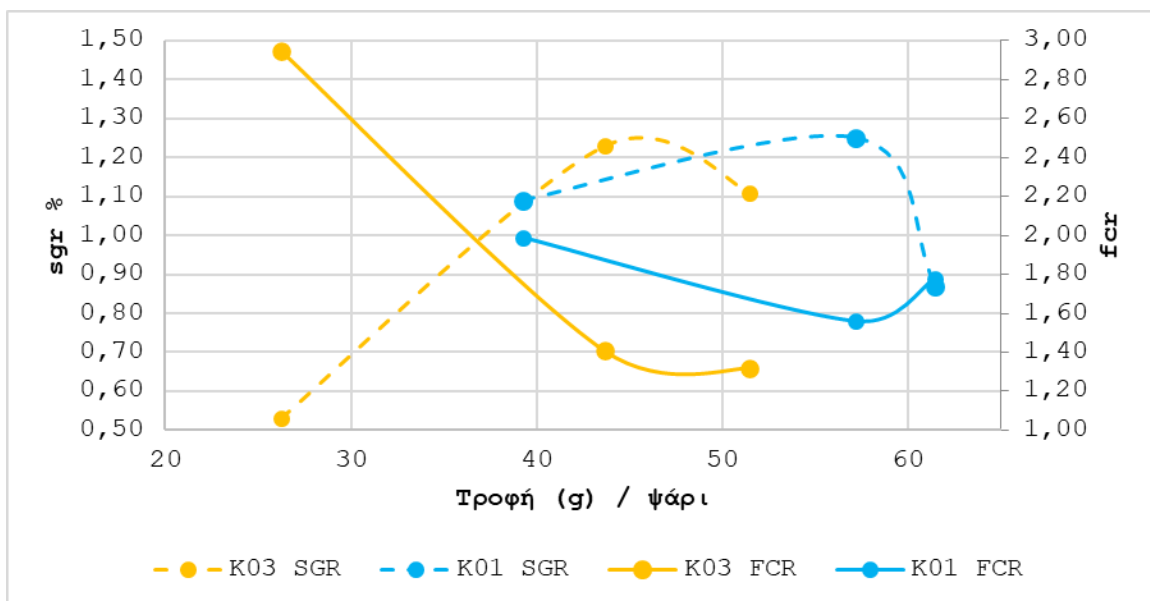
ημέρα), καθώς και η συνολική κατανάλωση τροφής (g/ιχθύ) και για τους δυο ιχθυοκλωβούς παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.16.

3.4. Επιβίωση-θνησιμότητες, συντελεστές SGR και FCR

Τα διαφορετικά πρωτόκολλα σίτισης που δοκιμάστηκαν δεν είχαν αξιοσημείωτη επίδραση στην επιβίωση των ψαριών. Δεν εμφανίστηκαν φαινόμενα κανιβαλισμού στα ψάρια του ιχθυοκλωβού K03 fr% όπου η παροχή τροφής ήταν συγκεκριμένη. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ανάπτυξη των ψαριών, αλλά και διαφορά στον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής. Όπως αναφέρθηκε, προηγήθηκε εμβολιασμός πριν την έναρξη της δοκιμής, γεγονός που δεν οδήγησε μόνο σε μειωμένη ζήτηση τροφής, αλλά και σε χαμηλό ρυθμό ανάπτυξης ταυτόχρονα με πολλή υψηλές τιμές FCR για το μέγεθος των ψαριών. Οι δυσμενείς επιπτώσεις του εμβολιασμού στην ανάπτυξη, την πρόσληψη τροφής, την αποτελεσματικότητα μετατροπής της τροφής, στις βλάβες των ιστών και στις ενδοκοιλιακές συμφύσεις έχουν αναφερθεί βιβλιογραφικά (Maricchiolo et al. 2008). Ωστόσο, αυτό το φαινόμενο μπορεί να είναι παροδικό επειδή τα ψάρια έχουν την ικανότητα αντισταθμιστικής ανάπτυξης (Mohammadi et al. 2021). Όλες αυτές οι επιπτώσεις και η αντισταθμιστική ενέργεια των ψαριών ήταν ξεκάθαρες στη διάρκεια της παρούσας δοκιμής και ιδιαίτερα στον κλωβό K03, όπου από λάθος χειρισμό υπήρξαν περισσότερες θνησιμότητες (Σχ. 3.4.1). Στους Πίνακες 3.2.1, 3.2.5 και 3.2.9 παρουσιάστηκαν οι τιμές των παραμέτρων σωματικής ανάπτυξης των ψαριών και της αξιοποίησης της τροφής κατά τους παράλληλους ελέγχους των ιχθυοκλωβών, ενώ στον Πίνακα 3.2.16 παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα μέχρι επίτευξης του τελικού μέσου βάρους. Συγκεντρωτικά οι τιμές αυτές εμφανίζονται στο Σχήμα 3.4.2.



Σχήμα 3.4.1 Θνησιμότητες κατά την διάρκεια της δοκιμής.



Σχήμα 3.4.2 Τιμές παραμέτρων ανάπτυξης των ιχθυοκλωβών K01, K03 σε 91 ημέρες δοκιμής.

Παρατηρώντας τις παραγόμενες καμπύλες από τις τιμές των SGR και FCR ο ιχθυοκλωβός K03 εμφανίζει απόλυτη ανάκαμψη και αντιστάθμιση. Η τιμή όμως του SGR δεν έφτασε την τιμή του K01. Ταυτόχρονα παρατηρούμε ότι η τιμή FCR του K03 ήταν πολύ χαμηλότερη από το FCR του K01. Για τον ιχθυοκλωβό K03, ένα επίπεδο σίτισης κοντά στα 45 g τροφής ανά ψάρι οδηγεί τις καμπύλες του SGR και του FCR σε μέγιστες και ελάχιστες τιμές αντίστοιχα, προσδιορίζοντας έτσι το βέλτιστο επίπεδο

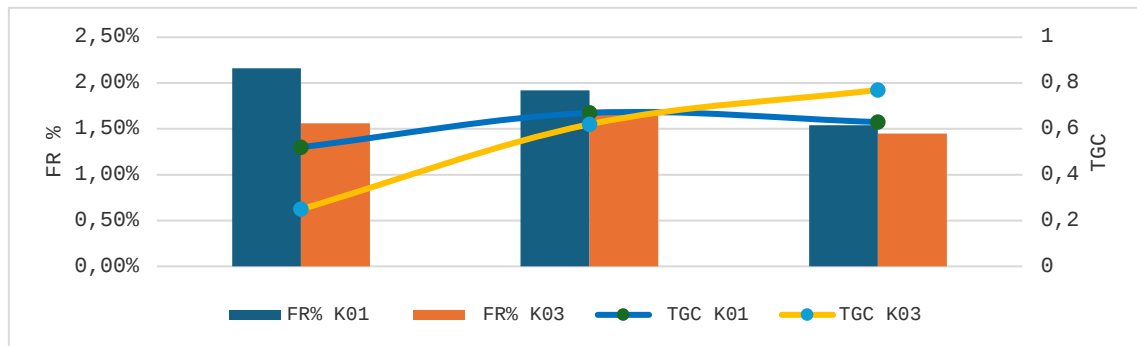
σίτισης. Για τον ιχθυοκλωβό K01, η αντίστοιχη βέλτιστη τιμή του επιπέδου σίτισης είναι κοντά στα 57 g τροφής ανά ψάρι. Το βέλτιστο επίπεδο σίτισης για τον κλωβό K03 επιτευχθεί όταν η χορηγούμενη ποσότητα τροφής αντιπροσώπευε το 76% - 83% της χορηγούμενης τροφής (σε κορεσμό) του K01. Οι τιμές αυτές ομοιάζουν με τα ευρήματα των Mettaller et al. (1980) που διεξήγαγαν παρόμοια έρευνα με το λαβράκι και ανέφεραν ότι οι παράμετροι του σώματος και της διατροφής βελτιώθηκαν όταν η πρόσληψη της τροφής μειώθηκε στο 70%-80% του επιπέδου κορεσμού και ότι η ανάπτυξη βελτιωνόταν πάντα με την αύξηση της πρόσληψης τροφής, αλλά έτεινε να σταθεροποιηθεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο (Mettaller et al.1980).

Κατά την παρούσα μελέτη, κατά την επίτευξη του στόχου μέσου βάρους 150 g των ψαριών, η κατανάλωση τροφής της ομάδας K03 που διατράφηκε με συγκεκριμένο επίπεδο σίτισης ήταν μειωμένη κατά -11,7%, ο συντελεστής FCR μειώθηκε κατά 18,5%, και ο συντελεστής SGR μειώθηκε κατά 13,08% σε σύγκριση με την ομάδα K01 που διατράφηκε σε κορεσμό, ενώ υπήρξε και χρονική υστέρηση στην παραγωγή κατά 17,2%.

3.5 Συντελεστές TGC, PER, CV%

Ο συντελεστής θερμικής ανάπτυξης TGC είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης για την πρόβλεψη της αύξησης του προγραμματισμού παραγωγής, καθώς προσαρμόζεται τόσο στη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού όσο και στο μέγεθος των ψαριών. Ο TGC έχει αποδειχθεί ότι είναι ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία εντός εύρους θερμοκρασιών 7.5-16 °C (Jobling, 2003). Στην παρούσα μελέτη, οι τιμές του συντελεστή TGC του ευρωπαϊκού λαβρακιού δείχνουν μέση τιμή που είναι αρκετά σταθερή ανεξάρτητα από το μέγεθος του σώματος ($TGC \cdot 1000$: 0,4–0,8), όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της ιριδίζουσας πέστροφας. Ο μέσος όρος $TGC \cdot 1000$ στις

τρέχουσες αναθεωρημένες μελέτες για τη βέλτιστη απόδοση του ευρωπαϊκού λαβρακιού ήταν 0,68, (TGC*1000: 0,67) (Kousoulaki et al. 2015). Το τελικό σωματικό βάρος και ο TGC διέφεραν ανάλογα με τους διαφορετικούς ρυθμούς σίτισης (Jauralde et al. 2021). Τα αποτελέσματα από την δοκιμή των ιχθυοκλωβών K01 και K03 συμφωνούν εν μέρη με τους παραπάνω ερευνητές (Σχ. 3.5.1.)



Σχήμα (3.5.1.) Μεταβολή του TGC με βάση την μεταβολή του fr% στους κλωβούς K01 και K03.

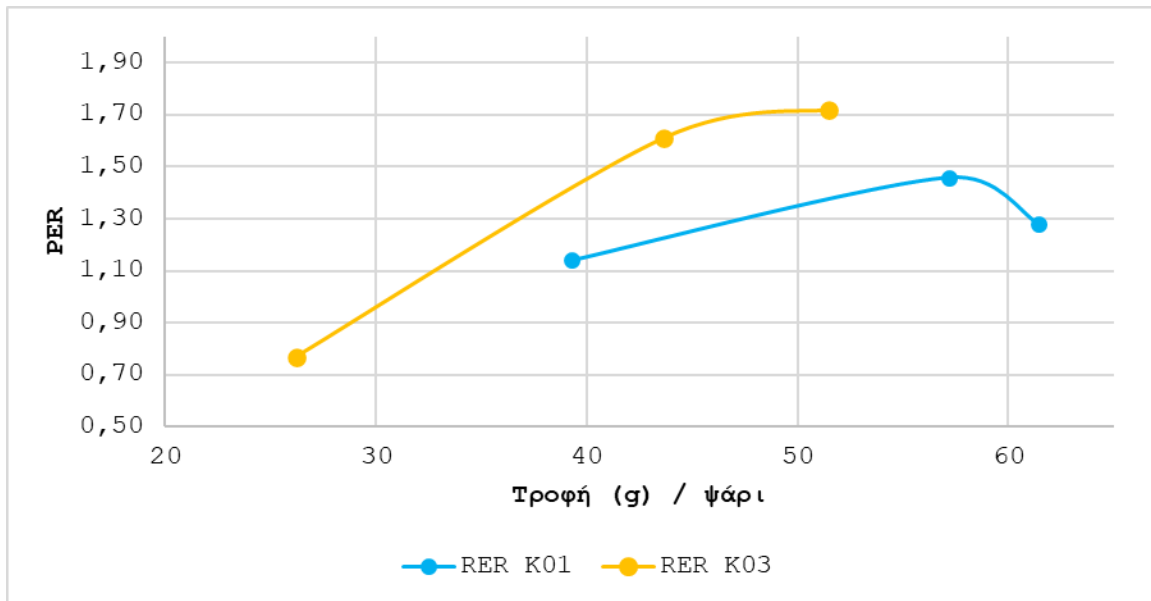
Έπειτα από 110 ημέρες σίτισης, μέχρι ο K03 να φτάσει τον στόχο των 150 g, ο TGC του K03 συνολικά ήταν μικρότερος κατά 9,8% από τον TGC του K01. Στις πρώτες 28 ημέρες η τιμή του TGC του K03 ήταν 0,25 και αρκετά μικρότερος από την ελάχιστη μέση τιμή που αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Kousoulaki et al. 2015). Κατά τον κοινό έλεγχο των 91 ημερών των δυο ιχθυοκλωβών, η αντισταθμιστική ικανότητα των ψαριών μετέβαλε τον TGC του K03. Έτσι, στις 60 ημέρες οι δύο κλωβοί είχαν σχεδόν ίδιο TGC και στις 91 ημέρες ο TGC του K03 ήταν μεγαλύτερος διαγράφοντας μια έντονη και σταθερή ανοδική πορεία, σε αντίθεση με τον TGC του K01 του οποίου η αυξητική του τάση δεν ήταν μεγάλη, και από τις 60 ημέρες και μετά ακολουθεί μείωση.

Οι τιμές των TGC των ιχθυοκλωβών ήταν μέσα στο εύρος της μέση τιμής που αναφέρεται βιβλιογραφικά (Kousoulaki et al. 2015). Πιθανοί λόγοι για τις διαφορετικές

τιμές υποθέτουμε ότι είναι το έντονο stress της πρώτης περιόδου, η διαφορά μέσου βάρους των ψαριών στους δυο ιχθυοκλωβούς και η διαφορετική μέθοδος σίτισης όπως έχει προταθεί από τους Jauralde et al. (2021). Οι ιχθυοκλωβοί βρίσκονταν στο ίδιο σημείο της μονάδας δεχόμενοι την ίδια επίδραση της θερμοκρασίας του νερού. Ο Jobling (2003) αναφέρει ότι από τη στιγμή που προτάθηκε το 1981 το μοντέλο συντελεστή θερμικής ανάπτυξης (μοντέλο TGC) έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για προγνωστικούς σκοπούς στον προγραμματισμό παραγωγής. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει σε όλο το φάσμα των συνθηκών στις οποίες μπορούν να εκτραφούν τα ψάρια, και η άκριτη χρήση του μοντέλου TGC μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά σφάλματα υπολογισμού (Jobling, 2003).

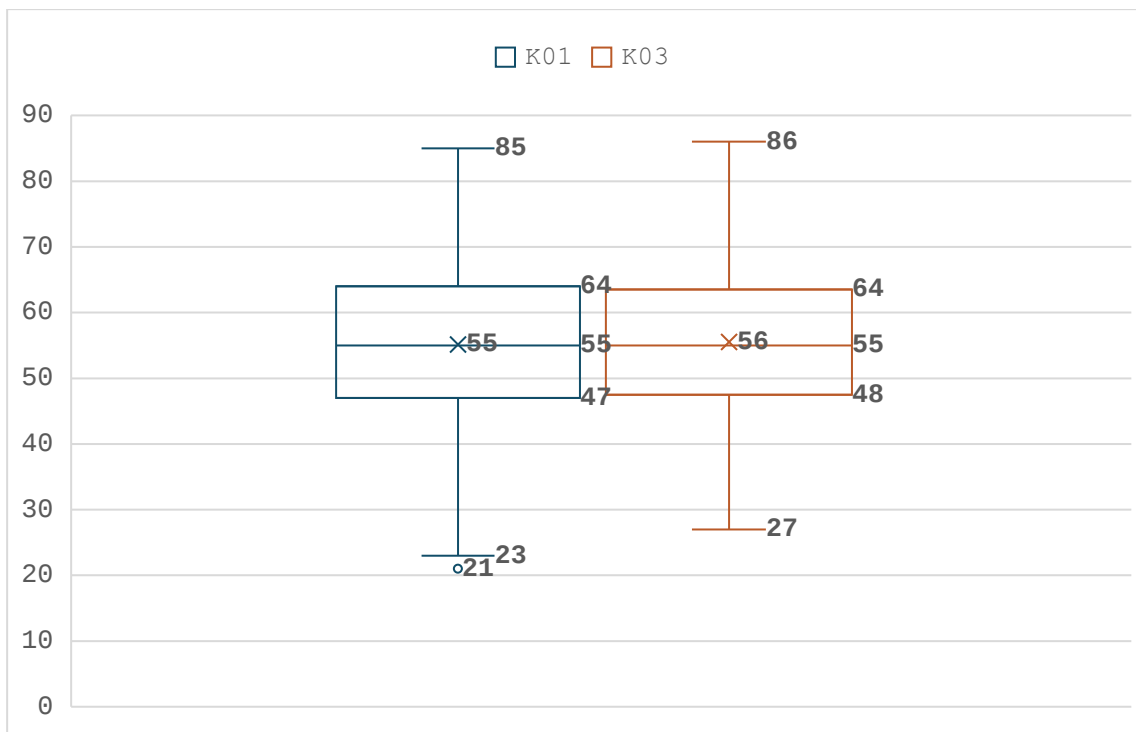
Ο Δείκτης Αποδοτικότητας Πρωτεΐνης (PER) είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας με την οποία ένα ψάρι μετατρέπει την προσλαμβανόμενη πρωτεΐνη σε σωματική μάζα. Για το ευρωπαϊκό λαβράκι μελέτες έχουν δείξει ότι ο PER μπορεί να ποικίλει ανάλογα με παράγοντες όπως η σύνθεση της τροφής και τα επίπεδα διατροφής (Ballestrazzi et al. 1998). Στην μελέτη των Ballestrazzi et al. (1998) αναφέρεται PER ίσο με 1,28 έως 1,48. Σε αντίστοιχη μελέτη, οι Bonaldo (et al. 2010) για την τσιπούρα διαπίστωσε ότι ο δείκτης PER επηρεάστηκε σημαντικά μόνο από το καθεστώς διατροφής και όχι από τη σύνθεση της τροφής (Bonaldo et al. 2010). Στις 91 ημέρες, όπου ο ιχθυοκλωβός K01 έφτασε τον στόχο των 150 g, η τιμή του PER έφτασε στο 1,31 ενώ στις 110 ημέρες που έφτασε ο ιχθυοκλωβός K03 τα 150 g η τιμή του PER έφτασε στο 1,61 που σημαίνει ότι ο ιχθυοκλωβός K03 με την περιορισμένη σίτιση δημιούργησε 22,9% περισσότερη σωματική μάζα από τις πρωτεΐνες που προσέλαβε. Κατά τη διάρκεια των 91 ημερών

όπου είχαμε τον ταυτόχρονο έλεγχο των ιχθυοπληθυσμών, ο PER του K03 ήταν υψηλότερος από αυτόν του K01 με εξαίρεση τις πρώτες 28 ημέρες (Σχ. 3.5.2).



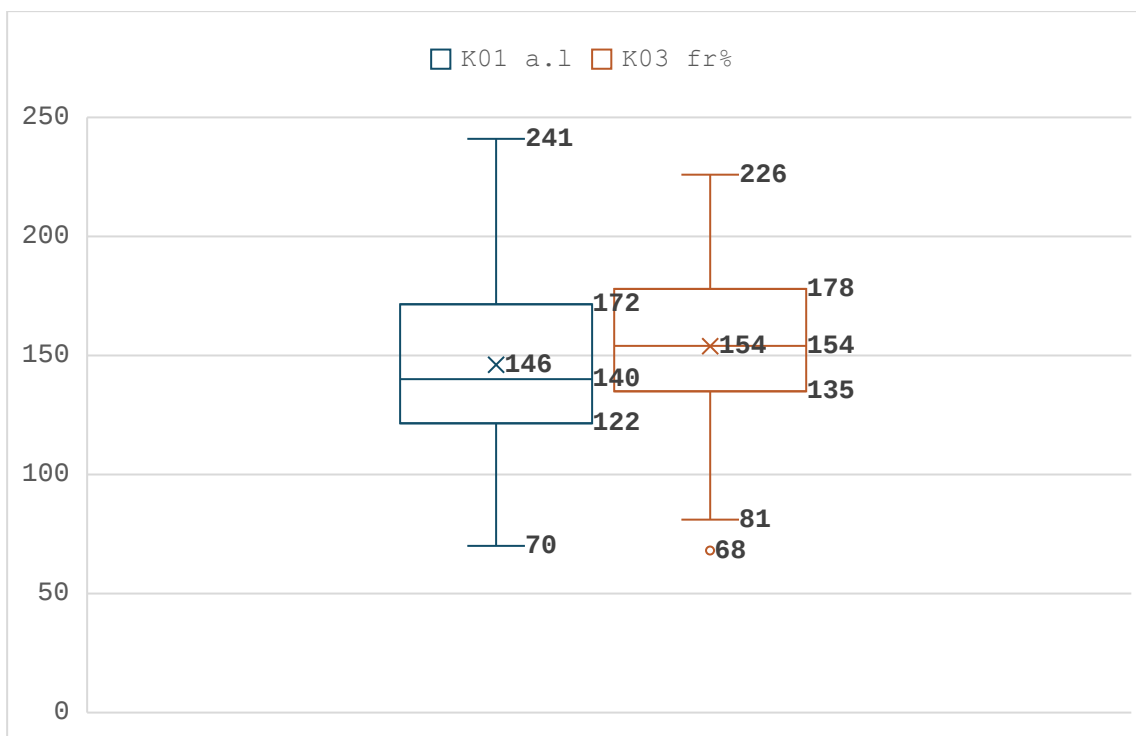
Σχήμα (3.5.2) Μεταβολή του PER μεταξύ των μεταχειρίσεων K01 και K03 σε σχέση με την ποσότητα τροφής.

Μία από τις μεγαλύτερες ανησυχίες των ιχθυοκαλλιεργειών μικρής κλίμακας είναι η ανομοιομορφία που μπορεί να δημιουργηθεί στα μεγέθη των ιχθυοπληθυσμών που σιτίζονται με τη μέθοδο του οριζόμενου επιπέδου σίτισης. Οι ιχθυοκαλλιεργητές έχουν συμφέρον να μειώσουν την ετερογένεια μεγεθών καθώς οι δυνάμεις της αγοράς απαιτούν ένα προϊόν υψηλής ποιότητας ομοιόμορφου μεγέθους (Noble et al. 2008). Ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV %) αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη για τον υπολογισμό της ομοιομορφίας των μεγεθών. Η διατήρηση του CV% στα επίπεδα του 30% κατά την πάχυνση προφυλάσσει από καννιβαλιστικές τάσεις και επιτρέπει μια καλού επιπέδου διαχείριση (Χώτος & Ρογδάκης 2010). Κατά την έναρξη της δοκιμής έγινε έλεγχος του CV% και οι τιμές ήταν για το K01 23,08% και για τον K03 22,22 % (Πιν. 3.1.1). Από τις μετρήσεις δημιουργήθηκε το θηκόγραμμα των ιχθυοκλωβών K01 και K03 (Σχ. 3.5.3).



Σχήμα (3.5.3) Θηκόγραμμα ιχθυοκλωβών K01,K03 κατά την έναρξη της δοκιμής

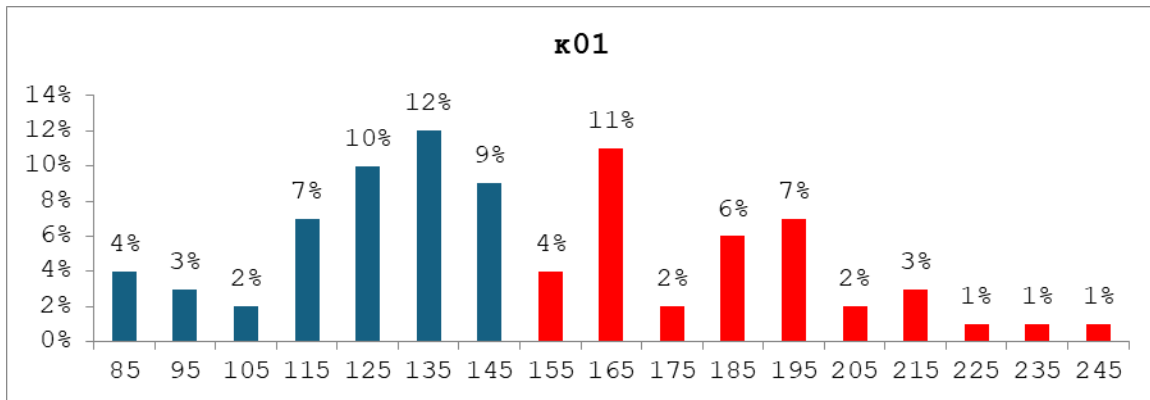
Από το θηκόγραμμα αντιλαμβανόμαστε την ομοιότητα των δύο ιχθυοπληθυσμών (μέσος όρος, διάμεσος, ανώτερες και κατώτερες τιμές, ακραίες τιμές). Κατά την 91^η ημέρα της δοκιμής, όπου ο ιχθυοκλωβός K01 απέκτησε το θεωρητικό μέσο βάρος των 150 g (146,06 g), η τιμή του CV% της ομάδας ήταν 25,38%, ενώ στις 110 ημέρες όπου ο ιχθυοκλωβός K03 απέκτησε το θεωρητικό μέσο βάρος των 150 g (153,95 g) η τιμή του CV% ήταν 21,26%. Ο ιχθυοπληθυσμός που σιτίστηκε μέχρι κορεσμό (K01) έτεινε να αποκτήσει μεγαλύτερη ανομοιογένεια από τον ιχθυοπληθυσμό που σιτίστηκε με συγκεκριμένο επίπεδο σίτισης. Η ανομοιομορφία των μεγεθών που προέκυψε ανάμεσα στους δυο κλωβούς φαίνεται χαρακτηριστικά στο (Σχ. 3.5.4)



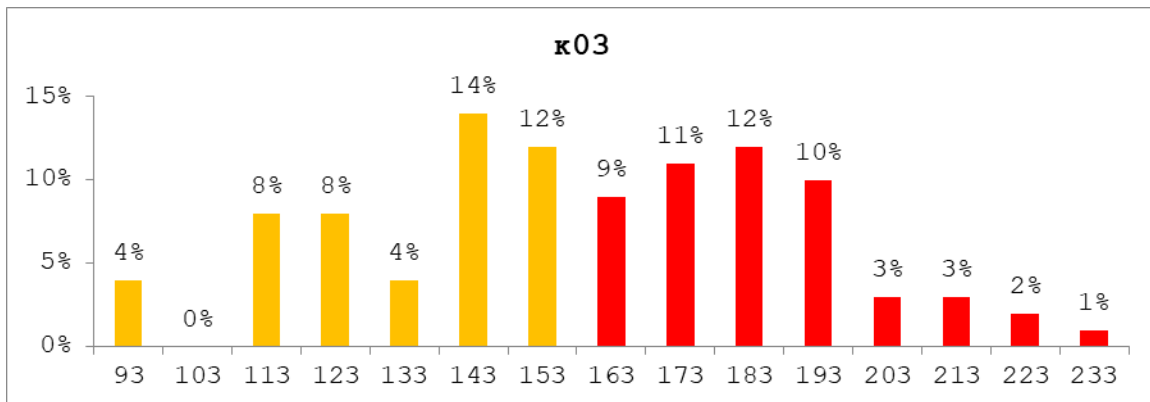
Σχήμα (3.5.4) Θηκόγραμμα των ιχθυοκλωβών K01, K03 κατά την επίτευξη του στόχου των 150 g.

Παρατηρούμε ότι το εύρος των ανώτερων και κατώτερων τιμών που ενσωματώνονται είναι μεγαλύτερο στον K01, ενώ η διάμεσος των μετρήσεων του K01 είναι μικρότερη από τον μέσο όρο σε αντίθεση με τον K03 που ο διάμεσος και ο μέσος όρος είναι ίδιοι. Στην τρέχουσα μελέτη η ομοιογένεια μεγέθους δεν επηρεάστηκε αρνητικά από τον περιορισμό της τροφής. Σύμφωνα με τους Noble et al. (2008) αυτό υποδηλώνει ότι το μέγεθος της ομάδας ή η υψηλή ενδο-ειδική διακύμανση στον μεταβολικό ρυθμό παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη ρύθμιση της ετερογένειας της ανάπτυξης από τις συμπεριφορές αλληλεπιδράσεις και τον ανταγωνισμό υπό εμπορικές συνθήκες. Υποθέτοντας ότι το μέσο βάρος των 150 g είναι το αλιεύσιμο, η σίτιση σε κορεσμό (K01) θα οδηγούσε σε ένα ποσοστό 38% των ψαριών να έχουν βάρος υψηλότερο του

αλιεύσιμου βάρους (Σχ. 3.5.5), ενώ η σίτιση με συγκεκριμένο επίπεδο (K03) θα οδηγούσε σε ένα υψηλότερο ποσοστό, ίσο με 51% (Σχ. 3.5.6).



Σχήμα (3.5.5). Ιστόγραμμα ιχθυοκλωβού K01. Οι κόκκινες μπάρες δείχνουν τα ποσοστά των μεγεθών που είναι υψηλότερα από το αλιεύσιμο βάρος.



Σχήμα (3.5.6) Ιστόγραμμα ιχθυοκλωβού K03. Οι κόκκινες μπάρες δείχνουν τα ποσοστά των μεγεθών που είναι υψηλότερα από το αλιεύσιμο βάρος.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν πως η διαφορετική μέθοδος σίτισης του λαβρακιού δεν επηρέασε την επιβίωση των ψαριών, αλλά επηρέασε σημαντικά τις παραμέτρους σωματικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής. Συγκεκριμένα, η σίτιση σε κορεσμό οδήγησε σε υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης (SGR) των ψαριών, αλλά ταυτόχρονα μείωσε την αποτελεσματικότητα της τροφής, τόσο ως προς την μετατρεψιμότητα της σε βιομάζα (υψηλότερο FCR), όσο και ως προς την αποδοτικότητα των πρωτεϊνών της τροφής σε βιομάζα (χαμηλότερο PER).

Παράλληλα, η παρούσα εργασία εξήγε σημαντικά ευρήματα τα οποία θα βοηθήσουν τους ιχθυοκαλλιεργητές στο πεδίο αλλά χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση της κατανάλωσης τροφής κάτω από τους 24 °C με τη μέθοδο σίτισης σε κορεσμό. Επίσης παρατηρήθηκε και αύξηση της κατανάλωσης της τροφής σε θερμοκρασίες πάνω από 26 °C όταν η μέθοδος σίτισης βασίστηκε σε πίνακες διατροφής όπου οι προτεινόμενοι συντελεστές μειώνονται έως και 20% ανάλογα με την εταιρεία τροφής, και εφόσον το οξυγόνο δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Οι βέλτιστες τιμές των SGR-FCR επιτεύχθηκαν όταν το επίπεδο σίτισης εφαρμόστηκε στο 75% έως 80% του κορεσμού και με μέση τιμή οξυγόνου 6 ppm και με θερμοκρασία από 28 °C έως 30 °C . Επίσης, είναι σημαντική η ροή και όχι μόνο η ποσότητα τροφής (αποφυγή άναρχων ταϊσμάτων), η δυναμική ενός ιχθυοπληθυσμού -αντιστάθμιση- μετά από περίοδο μειωμένης σίτισης, όπως τις πρώτες 21 ημέρες της δοκιμής λόγω stress και τραυματισμών ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο, καθώς επίσης και οι αρνητικές συνέπειες μιας κακής διαχείρισης.

5. Βιβλιογραφία

5.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Ballestrazzi R, Lanari D., D'Agaro E. (1998) Performance, nutrient retention efficiency, total ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea-bass *Dicentrarchus labrax*, L. as affected by diet processing and feeding level Aquaculture vol 161: 55-65
- Bonaldo A., Isani G., Fontanillas R., Parma L., Grilli E., Gatta P.G. (2010). Growth and feed utilization of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed to satiation and restrictively at increasing dietary energy levels. Aquacult Int (2010) 18:909–919
- Goddard S. (1996). Feed Management in Intensive Aquaculture
- Haffray P, Tsigenopoulos C.S, Bonhomme F, Chatain B, Magoulas A, Rye M, Triantafyllidis A., Triantaphyllidis C (2006) GENIMPACT Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native populations. A European network.
- Hossu B., Korkut A.Y., Salnur S. (2005) Investigation on feeding tables for sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in net-cage (Pinar Marine Company) culture Mediterranean Options Papers; n 63: 35-43
- Jauralde I. Velazco-Vargas J. Tomás-Vidal A. Jover Cerdá M., Martínez-Llorens S. (2021) Protein and Energy Requirements for Maintenance and Growth in Juvenile *Meagre* *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Sciaenidae) Animals 2021, 11, 77
- Jobling M. (2003) SHORT COMMUNICATION The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. Aquaculture research 34, 2003, 581-584

- Kousoulaki K., Saether B., Albrektsen S., Noble C. (2015) Review on European sea bass (*dicentrarchus labrax Linnaeus 1758*) nutrition and feed management: a practical guide for optimizing feed formulation and farming protocols *Aquaculture nutrition* 21: 129-151
- Lanari D., D'Agaro E., Ballestrazzi R. (2002) Growth parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*): effects of live weight and water temperature *Italian journal of animal science* vol 1, is 3 : 181 -185
- Lugert V., Thaller G., Tetens J., Schulz C., Krieter J. (2016) A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application *Reviews in aquaculture* vol 8, is 1: 30-42
- Maricchiolo G., Caruso G., Genovese L. (2008) Haematological and immune responses in juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) after short-term acute stress *The open fish science journal* 1: 28-35
- Metailler R., Dehapiot T., Huelvan T., Vendeville J.E. (1980) Influence of the feeding level on growth, feed conversion, protein efficiency and chemical composition of juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) *Journal of the world aquaculture society* 11 (1-4):436-444
- Mohammadi Y., Mesbah M., Chelemal Dezfoulnejad M., Shamsaie Mergan M., Rajabi Islami H. (2021) Growth yield, blood biochemical parameters, immune response and antioxidant defense of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) exposed to monovalent and bivalent vaccines against *Streptococcus iniae* and *Vibrio harveyi* *Aquaculture International* (2021) 29:2751–2767

Noble C, Kadri S., Mitchell D., Huntingford F. (2008) Growth, production and damage of wings in cages of 0+ Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fed either (a) on demand or (b) at a fixed saturation containment regime: Commercial farm data Aquaculture vol 275 is (1-4): 163-168

5.2 Ελληνική βιβλιογραφία

ΕΛΟΠΥ (2023). Ετήσια Έκθεση Υδατοκαλλιέργειας, 2023. 8, 32-33.

Χώτος Γ. & Ρογδάκης Ι. (2010). Υδατοκαλλιέργειες Ευρύαλων Ειδών. Εκδόσεις “ΙΩΝ”: Αθήνα σελ (25-427,428)

5.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/dicentrarchus_labrax/en