



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**

**Ανατομικές και βιοχημικές διαφορές μεταξύ άγριου και εκτρεφόμενου
ευρωπαϊκού χελιού (*Anguilla anguilla*, Linnaeus, 1758)
της λιμνοθάλασσας του Αμβρακικού.**

Άννα Γ. Παπάζογλου

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Ναθαναηλίδης Κοσμάς, Επιβλέπων**
- 2. Κολύγας Μάρκος, Μέλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής**
- 3. Μπέζα Παρασκευή, Μέλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής**

ΚΑΡΔΙΤΣΑ, 2017



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**



**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
OF THE FACULTY OF VETERINARY MEDICINE
IN COOPERATION WITH THE T.E.I. OF EPIRUS**

**Anatomical and biochemical differences of Amvrakikos lagoon
wild and farmed European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus, 1758).**

Anna G. Papazoglou

ADVISOR COMMITTEE

- 1. Nathanailides Cosmas, Supervisor**
- 2. Kolygas Markos, Member of the advisor committee**
- 3. Mpeza Paraskevi, Member of the advisor committee**

KARDITSA, 2017

*Στον σύζυγό μου Κωνσταντίνο
και τα αγαπημένα μας παιδιά, Μάριο και Μελίνα.*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκτροφή του ευρωπαϊκού χελιού (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) γνώρισε μεγάλη άνθιση από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα και έπειτα. Στην Ελλάδα, το εμπόριο του χελιού είναι σημαντικό και στηρίζει την εξαγωγική δραστηριότητα της εγχώριας αλιευτικής παραγωγής. Επίσης σημαντική είναι η παραγωγή εκτρεφόμενου χελιού, όπου το μεγαλύτερο μέρος της επίσης εξάγεται.

Είναι ευρέως γνωστό ότι εκτρεφόμενα άτομα διαφεύγουν συχνά από τις εγκαταστάσεις εκτροφής λόγω τεχνικών και διαχειριστικών αποτυχιών, αλλά οι γνώσεις σχετικά με τις οικολογικές και γενετικές επιπτώσεις αυτών των διαφυγών στα διάφορα οικοσυστήματα, είναι ακόμα ανεπαρκείς. Τα ψάρια που διαφεύγουν από τις ιχθυοκαλλιέργειες, ζουν ανάμεσα στους άγριους πληθυσμούς και μπορούν να είναι παρόντα στις περιοχές αναπαραγωγής, επομένως μπορούν να διασταυρωθούν με αυτούς.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να συγκεντρώσει πληροφορίες και να συγκρίνει εκείνα τα μορφολογικά, ανατομικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά που μπορεί να διαφοροποιούνται μεταξύ των εκτρεφόμενων και των άγριων χελιών του είδους *A. anguilla*. Υπάρχουν πολλές εργασίες που αναδεικνύουν τις διαφορές στη μορφολογία και χημική σύσταση της σάρκας άγριων και εκτρεφόμενων ειδών ιχθύων, αλλά ελάχιστες αφορούν το χέλι.

Διαφορές μεταξύ των άγριων και εκτρεφόμενων ατόμων ενός είδους ιχθύων είναι πιθανόν να οφείλονται σε διάφορες παραμέτρους, με σημαντική συμβολή της διατροφής, αφού σε αντίθεση με τα άγρια άτομα, τα εκτρεφόμενα τρέφονται με ιχθυοτροφή. Αυτή και μόνο η διαφορά στη διατροφή των άγριων και των εκτρεφόμενων είναι καθοριστικής σημασίας για την χημική σύσταση της σάρκας τους, μια σημαντική παράμετρο ποιότητας των ιχθύων, ιδιαίτερα όσον αφορά την περιεκτικότητα και ποιότητα του λίπους. Η ποιότητα της σάρκας είναι ένα πολύπλοκο σύνολο από ενδογενείς παράγοντες, όπως είναι η υφή, η χημική σύνθεση, το χρώμα και η περιεκτικότητα σε λίπος και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι οι διάφορες παραγωγικές διαδικασίες, αλλά και οι διαδικασίες χειρισμού των ψαριών πριν και μετά τη θανάτωσή τους.

Σε γενικές γραμμές, η χημική σύσταση και οι οργανοληπτικές παράμετροι ποιότητας, διαφέρουν μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων ψαριών

ABSTRACT

European eel (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) has been widely farmed since the early 60's. In Greece, the eel market is important and supports the export activity of domestic fisheries production. Also important is the production of farmed eel where most of the production is also exported.

It is well known that reared individuals escape from farm facilities due to technical and operational failures, but the knowledge concerning ecological and genetic impacts of these escapees on different ecosystems is still sparse. Escaped fish could be present on spawning areas and could interbreed with native populations.

The objective of the present study is to assess and compare the information which can discriminate between farmed or wild origin European eel *A. anguilla*. There are many studies that highlight the differences in the morphology and chemical composition of the flesh of wild and farmed fish species, but only a few are concerning eel.

Differences between wild and farmed fish are likely to exist due to various parameters, with a significant contribution of the nutrition, since in contrast with the wild fish, farmed fish are fed on fish feed. This difference in nutrition for wild and farmed fish is crucial itself for the chemical composition of their flesh, an important parameter of fish quality, especially in terms of fat content. The quality of the flesh is a complex set of endogenous factors, such as its texture, chemical composition, color and fat content, and is heavily influenced by extrinsic factors such as various production processes and handling of the fish, before and after their killing.

In general, chemical composition and quality organoleptic parameters differ between wild and farmed fish.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ξεκίνησε πριν από δύο περίπου χρόνια και υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο «Υδατοκαλλιέργειες – Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδρόβιων Οργανισμών» του Τμήματος Κτηνιατρικής της Σχολής Επιστημών Υγείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε σύμπραξη με το Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Με αφορμή την παρούσα διατριβή, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με δίδαξαν, με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό το διάστημα, ώστε να φέρω σε πέρας την εργασία μου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον Δρ. Κοσμά Ναθαναηλίδη, επιβλέποντα της εργασίας μου και Καθηγητή του Τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος, για τη συμβολή του στην επιλογή του θέματος και την επιστημονική καθοδήγησή του με εποικοδομητικά σχόλια και προτάσεις καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων και της συγγραφής.

Επίσης ευχαριστώ τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής αξιολόγησης, τον Δρ. Μάρκο Κολύγα και την Δρ. Παρασκευή Μπέζα για την αποτελεσματική συνεργασία και συμβολή τους στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου, για την αμέριστη συμπαράστασή τους όλο αυτό το διάστημα και την υπομονή τους μέχρι να ολοκληρωθεί η εργασία αυτή. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον σύζυγό μου Κωνσταντίνο Καρίπογλου για την ενθάρρυνση και την βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής μου και κυρίως στη διαδικασία συλλογής των δειγμάτων. Σε αυτόν και στα αγαπημένα μας παιδιά, Μάριο και Μελίνα αφιερώνεται η παρούσα εργασία.

Άννα Γ. Παπάζογλου

Άρτα, 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2. ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΕΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΓΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΙΧΘΥΩΝ	14
2.1 Επιπτώσεις της διαφυγής εκτρεφόμενων ατόμων στο περιβάλλον	14
2.2 Ανατομικές και μορφολογικές διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ιχθύων	15
2.2.1 Σολομός του Ατλαντικού (<i>Salmo salar</i> L., 1758)	16
2.2.2 Ιριδίζουσα πέστροφα (<i>Oncorhynchus mykiss</i> , Walbaum, 1792)	17
2.2.3 Θαλάσσια τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i> L., 1758)	19
2.2.4 Ευρωπαϊκό λαβράκι (<i>Dicentrarchus labrax</i> L., 1758)	22
2.2.5 Οξύρρυγχος sterlet (<i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758)	23
2.3 Βιοχημικές διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ιχθύων	26
2.3.1 Μελέτες σχετικές με τις διαφορές στη σύνθεση των βιοχημικών παραμέτρων μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ιχθύων	26
3. ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΕΛΙ (<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758)	29
3.1 Γενικά	29
3.2 Συστηματική κατάταξη	30
3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	30
3.4 Γεωγραφική κατανομή	31
3.5 Βιολογικός κύκλος – Οικολογία	32
3.6 Ιστορική αναδρομή εκτροφής του Ευρωπαϊκού χελιού	33
3.7 Δυσκολίες στην εκτροφή χελιών	34
4. ΜΕΛΕΤΗ ΑΤΟΜΩΝ ΑΓΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΧΕΛΙΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΥ	35
4.1 Υπολογισμός ανατομικών παραμέτρων	35
4.1.1 Εξωτερικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά - Εσωτερικά όργανα	35
4.1.2 Μυϊκό σύστημα και μυϊκή κυτταρότητα στα ψάρια	40
4.2 Υπολογισμός βιοχημικών παραμέτρων	41

4.2.1 Ολική περιεκτικότητα πρωτεΐνης	42
4.2.2 Ολική περιεκτικότητα υγρασίας	42
4.2.3 Ολική περιεκτικότητα λίπους	43
5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	45
5.1 Χειρισμός δειγμάτων	45
5.2 Υπολογισμός σωματομετρικών δεικτών	48
5.3 Εκτίμηση μυϊκής κυτταρότητας	50
5.4 Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας πρωτεΐνης	52
5.5 Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας υγρασίας	54
5.6 Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας λίπους	54
5.7 Επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	55
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	56
6.1 Αποτελέσματα μετρήσεων μορφοανατομικών χαρακτηριστικών	56
6.2 Αποτελέσματα μετρήσεων μυϊκής κυτταρότητας	62
6.3 Αποτελέσματα ανάλυσης χημικής σύστασης	65
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70
Πηγές φωτογραφιών	78

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιχθυολογία που γενικά ορίζεται ως «η μελέτη των ψαριών» ή «ο κλάδος της ζωολογίας που ασχολείται με τα ψάρια», έχει μια μακρά ιστορία, που ξεκινά χιλιάδες χρόνια πριν, από τους αρχαίους Αιγύπτιους, Ινδιάνους, Κινέζους, Έλληνες και Ρωμαίους (Cuvier, 1828). Το μακροχρόνιο και συνεχές ενδιαφέρον για τα ψάρια οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελούν τους κατοίκους ενός συναρπαστικού και σχετικά άγνωστου κόσμου (Εικ. 1), αλλά επίσης αποτελούν και εξαιρετική τροφή για τον άνθρωπο. Με το πέρασμα των αιώνων συλλέχθηκαν και εξακολουθούν να συλλέγονται, πληροφορίες που αφορούν τα ψάρια, τόσο ταξινομικές, όσο και άλλες που αφορούν τις περιοχές που ζουν, την ηθολογία, την τροφή, τις περιβαλλοντικές αντοχές, τους θηρευτές τους κλπ.



Εικ. 1: Ο συναρπαστικός κόσμος του νερού.

Το αντικείμενο μελέτης της αλιευτικής βιολογίας σύμφωνα με τον Cushing (1970), είναι η φυσική ιστορία των ειδών (περιλαμβάνει την αύξηση, την αναπαραγωγή και τη διατροφή των ψαριών) και η δυναμική των ιχθυοπληθυσμών (περιλαμβάνει τη συλλογή πληροφοριών που αφορούν την αύξηση σε μήκος και βάρος, τις παραμέτρους αύξησης, τις διατροφικές συνήθειες, την αναπαραγωγή, τη γονιμότητα, τη θνησιμότητα, τη στρατολόγηση νεαρών ατόμων, καθώς και τη σχέση των παραπάνω παραγόντων με το περιβάλλον).

Η αύξηση των ψαριών είναι ένα από τα πιο μελετημένα θέματα της αλιευτικής βιολογίας. Οι περισσότερες έρευνες για τη δυναμική των ιχθυοπληθυσμών, την καλλιέργεια των ψαριών και

τον ρυθμό ανάπτυξής τους, έχουν στηριχτεί στις εκτιμήσεις αύξησης των αποθεμάτων (Calderon – Aguilera, 1991). Εξάλλου το μέγεθος είναι το βιολογικό χαρακτηριστικό των ψαριών που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη ζωή τους, αφού σχετίζεται άμεσα με την τροφή τους, την ενδεχόμενη θήρευσή τους, την ταχύτητα κολύμβησης κλπ. Η μελέτη της αύξησης στηρίζεται στον προσδιορισμό της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην αύξηση του σώματος ενός ψαριού (μήκος / βάρος) και την ηλικία του. Ποικίλλει ανάλογα με το είδος του ψαριού και είναι αποτέλεσμα του μεταβολισμού του οργανισμού (Nikolsky, 1963).

Η αύξηση που τελικά θα εμφανίσει το κάθε ψάρι εξαρτάται και επηρεάζεται τόσο από ενδογενείς, όσο κι από εξωγενείς παράγοντες. Οι ενδογενείς παράγοντες σχετίζονται άμεσα με το γενότυπο και τη φυσιολογική κατάσταση του ψαριού και περιλαμβάνουν, σύμφωνα με τον Ware (1975), τον βαθμό κληρονομικότητας και τη ρύθμιση της αύξησής του μέσω της αλλαγής του τρόπου με τον οποίο κινείται. Ξεκινούν να επιδρούν από το εμβρυικό στάδιο και συνεχίζονται μέχρι το ψάρι να ωριμάσει γεννητικά και να ενηλικιωθεί. Οι εξωγενείς παράγοντες σχετίζονται με το εξωτερικό περιβάλλον και περιλαμβάνουν την τροφή (ποσότητα και ποιότητα), τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το βάθος, τη συγκέντρωση οξυγόνου και αμμωνίας, το pH και την ταχύτητα των ρευμάτων (Wootton, 1990).

Η γνώση της ηλικίας, αλλά και του τρόπου που αυξάνεται ένα ψάρι, μπορούν να βρουν εφαρμογή στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων, όπως: α) μπορεί να υπολογιστεί η ηλικία στην οποία ένα είδος φτάνει σε διαστάσεις κατάλληλες για αλίευση, β) μπορεί να υπολογιστεί η ηλικία απόκτησης γεννητικής ωριμότητας του είδους, γ) είναι δυνατόν να διαπιστωθεί εάν ενδεχομένως ένα περιβάλλον είναι ακατάλληλο για τη διαβίωση του είδους, δ) δίνεται η δυνατότητα να εξακριβωθούν οι ευνοϊκές, αλλά και οι δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος και πώς αυτές μπορούν να επηρεάσουν τη μελλοντική πορεία του πληθυσμού, ε) μπορούν να προσδιοριστούν τα όρια εντός των οποίων ένα περιβάλλον καθίσταται κατάλληλο για κάποιο συγκεκριμένο είδος, στ) ενδέχεται να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τη βελτίωση των συνθηκών του περιβάλλοντος διαβίωσης και για την ορθολογική εκτίμηση της αναγκαιότητας ή μη της ενίσχυσης ενός ιχθυοποθέματος (Lagler, 1972).

Είναι ευρέως γνωστό ότι εκτρεφόμενα άτομα διαφεύγουν συχνά από τις εγκαταστάσεις εκτροφής λόγω τεχνικών και διαχειριστικών αποτυχιών (Εικ. 2), αλλά οι γνώσεις σχετικά με τις οικολογικές και γενετικές επιπτώσεις αυτών των διαφυγών στα διάφορα οικοσυστήματα, είναι ακόμα ανεπαρκείς. Η έκταση αυτού του φαινομένου δεν είναι εύκολο να αναφερθεί και να εκτιμηθεί, λόγω της δυσκολίας να γίνει διάκριση μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ατόμων. Τα

ψάρια που διαφεύγουν από τις ιχθυοκαλλιέργειες, ζουν ανάμεσα στους άγριους πληθυσμούς και μπορούν να είναι παρόντα στις περιοχές αναπαραγωγής, επομένως μπορούν να διασταυρωθούν με αυτούς (Naylor *et al.*, 2005; Uglem *et al.*, 2008).



Εικ. 2: Διαφυγή ψαριών από τις εγκαταστάσεις εκτροφής.

Ως εκ τούτου, η συμβολή της βιομάζας των διαφυγόντων ατόμων στα τοπικά ενδιαφέροντα, μπορεί να καθοριστεί προσδιορίζοντας τα άτομα αυτά, σαν πρώτο βήμα για την αξιολόγηση των πιθανών αρνητικών επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και της επιρροής τους στα άγρια αποθέματα και την αλιεία. Είναι μεγάλη η πιθανότητα να υπάρξουν αρνητικές οικολογικές επιπτώσεις μέσω της θήρευσης, του ανταγωνισμού ή της μετάδοσης παθογενειών μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων πληθυσμών (Dempster *et al.*, 2007).

Για την καλύτερη κατανόηση αυτών των δυνητικών αρνητικών συνεπειών, είναι σημαντικό να ποσοτικοποιηθεί ο αριθμός των ατόμων που διαφεύγουν από τις διάφορες εγκαταστάσεις και να εξεταστεί η κινητικότητα, η κατανομή και η επιβίωσή τους. Λόγω της δυσκολίας στην καταγραφή των περιπτώσεων όπου υπάρχει διαφυγή, είναι επιτακτική ανάγκη να γίνει διάκριση ανάμεσα σε άγριους πληθυσμούς και σε ψάρια διαφυγόντα από ιχθυοκαλλιέργειες, εκτιμώντας έτσι το ποσοστό που τα συναντάμε στην αλιεία, για παράδειγμα εξετάζοντας τα άτομα που συλλέχθηκαν από τους αλιείς μετά από κάποιο συμβάν διαφυγής σε μια συγκεκριμένη περιοχή (Arechavala–Lopez *et al.*, 2012a).

Οι μορφολογικές διαφοροποιήσεις των εκτρεφόμενων ψαριών σε σχέση με τα άγρια, θα μπορούσαν να οφείλονται είτε στα προγράμματα επιλεκτικής αναπαραγωγής που εφαρμόζονται

στην υδατοκαλλιέργεια, είτε στη διαφορετική προέλευση των ψαριών που χρησιμοποιούνται ως γεννήτορες (Karaiskou *et al.*, 2009). Όμως, οι φαινοτυπικές διαφορές δεν αποτελούν απαραίτητα ένδειξη για γενετική διαφοροποίηση μεταξύ πληθυσμών (Ihsen *et al.*, 1981). Η φαινοτυπική πλαστικότητα των ψαριών, τους επιτρέπει να ανταποκριθούν προσαρμοστικά σε κάθε περιβαλλοντική αλλαγή, με τροποποίηση στη φυσιολογία και την συμπεριφορά τους, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε αλλαγές στη μορφολογία, την αναπαραγωγή ή την επιβίωσή τους (Meyer, 1987). Σε αντίθεση με τους άγριους πληθυσμούς, τα εκτρεφόμενα ψάρια ζουν μέσα σε ελεγχόμενο περιβάλλον, με ένα περιοδικό ρυθμό σίτισης και με άμεσα διαθέσιμη τροφή. Έτσι μπορούμε εν μέρει να εξηγήσουμε τις διαφορές στο σώμα των ψαριών που προέρχονται από άγριους πληθυσμούς, εξαιτίας των διατροφικών αλλαγών που προκαλούν αλλαγές στο σχήμα του σώματος, επηρεάζοντας κατ' επέκταση την επιλογή της λείας και την αποτελεσματικότητα στη σύλληψη της τροφής (Mérigoux & Ponton, 1998).

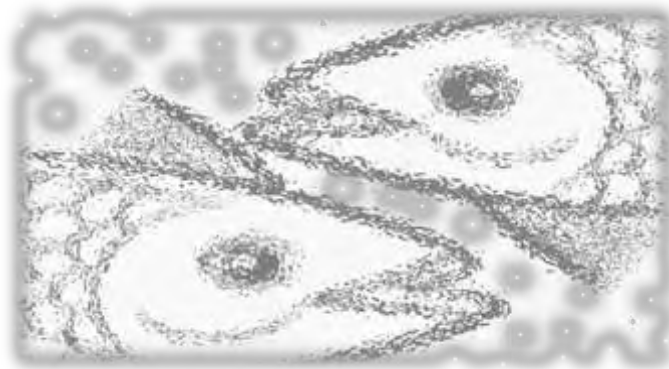
Φαίνεται πάντως ότι η χρήση των μορφοανατομικών δεικτών μπορεί να εφαρμοστεί ευρύτερα για τον εντοπισμό των άγριων και των εκτρεφόμενων ψαριών, χωρίς να απαιτείται μεγάλη επιστημονική ειδίκευση. Επομένως, είναι χρήσιμοι εκτός των άλλων και στους καταναλωτές, ώστε να μπορούν εύκολα να διακρίνουν τα ψάρια «ελευθέρως βοσκής» από τα εκτρεφόμενα και να μην πέφτουν θύματα απάτης επιτήδειων, που θα προσπαθήσουν πιθανόν να τους εξαπατήσουν, αφού είναι γνωστό ότι οι τιμές μεταξύ τους διαφέρουν αισθητά. Κυρίως όμως, αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο για την περιγραφή των αλλαγών στα χαρακτηριστικά του σχήματος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πεδίο, για τον εντοπισμό «δραπετών» μέσα στα άγρια αποθέματα και ως εκ τούτου για την παρακολούθηση ενδεχόμενων αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την αλιεία (Bell *et al.*, 2007).

Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ένα άτομο που έχει διαφύγει από την εκτροφή και επιβίωσε στη φύση, με την πάροδο του χρόνου μπορεί να μοιάζει με ένα άγριο άτομο, εξαιτίας των αλλαγών στο ενδιαίτημα και την τροφή. Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι αν θέλουμε πιο ακριβή αποτελέσματα, θα πρέπει να καταφύγουμε σε συνδυασμένη προσέγγιση μορφομετρίας, γενετικών και άλλων βιολογικών δεικτών.

Όσον αφορά τους εμπλουτισμούς, έχει δοθεί σημαντική προσοχή από την επιστημονική κοινότητα στις αρνητικές γενετικές επιπτώσεις τους στους άγριους πληθυσμούς, ενώ η επίδραση των συνθηκών εκτροφής των υδατοκαλλιεργειών στην καταλληλότητα των απελευθερούμενων ατόμων, δεν είναι σαφής. Τα ψάρια που προέρχονται από εκκολαπτήρια αντιμετωπίζουν

συνήθως πολύ διαφορετικές συνθήκες από τα άγρια, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορές συμπεριφοράς, μορφολογίας ή φυσιολογίας (Beecham *et al.*, 2007).

Φαίνεται ότι η επίδραση που έχει η εκτροφή σε εκκολαπτήρια στη μορφολογία του σώματος, τείνει να αυξηθεί ανάλογα με το χρόνο που το ψάρι έμεινε εκεί (von Cramon – Taubadel *et al.*, 2005). Πιθανόν μια περίοδος προσαρμογής σε κατάλληλο περιβάλλον, να μπορούσε να μειώσει την επιρροή των συνθηκών της υδατοκαλλιέργειας και να βελτίωνε την προσαρμοστικότητα και την επιβίωση των ψαριών που απελευθερώνονται. Δηλαδή θα μπορούσαν τα ψάρια να απελευθερώνονται αρχικά σε συγκεκριμένες μικρές και περιορισμένες περιοχές του φυσικού ενδιαιτήματος, ώστε να καταστεί δυνατή η προσαρμογή τους στις φυσικές συνθήκες, πριν από τον πραγματικό εμπλουτισμό (Lenhardt *et al.*, 2012).



ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΕΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΓΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΙΧΘΥΩΝ

2.1 Επιπτώσεις της διαφυγής εκτρεφόμενων ατόμων στο περιβάλλον

Η άνοδος της σύγχρονης υδατοκαλλιέργειας έχει προκαλέσει νέες επιπτώσεις στα παράκτια οικοσυστήματα. Κυριότερη μεταξύ αυτών στην καλλιέργεια ψαριών, είναι η διαφυγή των εκτρεφόμενων ατόμων από τις μονάδες εκτροφής και η διασπορά τους σε πληθυσμούς άγριων ψαριών. Όταν τα διαφυγόντα άτομα βρεθούν στη φύση, μπορεί να μεταδώσουν ασθένειες ή παράσιτα σε άλλες μονάδες ή άγριους πληθυσμούς που προσεγγίζουν (Arthington & Blühdorn, 1998) και έχουν οικολογικές και γενετικές συνέπειες για τους τοπικούς πληθυσμούς ψαριών (Naylor *et al.*, 2005).

Τα ψάρια διαφεύγουν από τις εγκαταστάσεις εκτροφής ως συνέπεια τεχνικών και λειτουργικών βλαβών (Jensen *et al.*, 2010). Είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστούν οι διαφυγές που οφείλονται σε καταιγίδες, τρύπες στα δίχτυα των ιχθυοκλωβών, φθορές στα σχοινιά, θηρευτές ή λάθη κατά τους χειρισμούς (Dempster *et al.*, 2007). Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις των διαφυγών στην εικόνα της βιομηχανίας υδατοκαλλιέργειας, τα εκτρεφόμενα ψάρια μπορούν να επηρεάσουν τους άγριους πληθυσμούς μέσω της θήρευσης και του ανταγωνισμού για τροφή, χώρο και αναπαραγωγή, της εξάπλωση παρασίτων και ασθενειών και της διασταύρωσης με άγρια ψάρια (Grigorakis & Rigos, 2011).

Περιστασιακά, εμφανίζονται απάτες με εσφαλμένη σήμανση των ψαριών που διατίθενται στο εμπόριο, επηρεάζοντας την εγγύηση της ποιότητας των ψαριών για τον καταναλωτή. Ο πειρασμός να επισημανθούν τα εκτρεφόμενα ψάρια ως άγρια από ορισμένους εμπόρους ιχθύων, λιανοπωλητές και εστιατόρια, μπορεί να προκύψει εξαιτίας της καλύτερης εμπορικής τιμής των άγριων ψαριών. Ωστόσο, λίγη προσπάθεια έχει καταβληθεί για την ανάπτυξη επαληθεύσιμων και ισχυρών μεθόδων για τη διάκριση των εκτρεφόμενων από άγρια ψάρια για την καταπολέμηση της λανθασμένης σήμανσης και για τη συμμόρφωση με τη νομοθεσία (Bell *et al.*, 2007). Αυτά τα στοιχεία υπογραμμίζουν τη σημασία της ανάπτυξης οικονομικά αποδοτικών εργαλείων για την ανίχνευση των εκτρεφόμενων ατόμων μέσα στα άγρια αποθέματα. Με τον τρόπο αυτό θα βελτιωθεί η γνώση της συχνότητας και της έκτασης των περιστατικών διαφυγής και θα βοηθηθεί η εκτίμηση των πιθανών γενετικών και οικολογικών κινδύνων στους άγριους πληθυσμούς (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013).

Έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι ταυτοποίησης αποθεμάτων για εφαρμογές που σχετίζονται με την αλιεία και την μελλοντική διαχείριση της βιωσιμότητάς τους. Κάποιες από αυτές έχουν σκοπό τον εντοπισμό διαφυγόντων εκτρεφόμενων ατόμων μέσα στους άγριους πληθυσμούς για να βοηθήσουν στον προσδιορισμό των γενετικών και οικολογικών τους επιπτώσεων (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013). Η προσαρμογή αυτών των τεχνικών για τη διάκριση μεταξύ άγριων και διαφυγόντων εκτρεφόμενων ψαριών άρχισε στα μέσα της δεκαετίας του 1980, όταν για απλή και γρήγορη ταυτοποίηση χρησιμοποιήθηκε συστηματικά ένας συνδυασμός αρκετών τεχνικών για την έρευνα της ποσότητας των εκτρεφόμενων διαφυγών σε αλιεύματα σολομού (Fiske *et al.*, 2005). Πιο πρόσφατα, έχουν εκδοθεί αρκετές μελέτες σχετικά με τις διακρίσεις της εκτρεφόμενης και άγριας τσιπούρας και λαβρακιού που έχουν συγκρίνει τη γενετική, τα χημικά χαρακτηριστικά, τη σύνθεση λιπαρών οξέων, τα επίπεδα ορισμένων ιχνοστοιχείων, τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων, τις σταθερές συγκεντρώσεις ισοτόπων, τη μορφολογία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013).

2.2 Ανατομικές και μορφολογικές διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ιχθύων

Η εξωτερική εμφάνιση και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά σε κάποιο βαθμό αντανακλούν το ιστορικό ζωής των ψαριών (Grigorakis, 2007). Από μελέτες που έχουν γίνει, προκύπτει ότι η ανάπτυξη των ψαριών στις μονάδες εκτροφής είναι ταχύτερη απ' ό,τι στη φύση, κυρίως γιατί οι συνθήκες και το περιβάλλον που αναπτύσσονται, διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό. Αυτό το φαινόμενο έχει χρησιμοποιηθεί για να μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ψαριών και κυρίως έχει εφαρμοστεί στα σολομοειδή, με μεγάλο βαθμό βεβαιότητας (Fiske *et al.*, 2005).

Η διαφορική σχετική ανάπτυξη των τμημάτων του σώματος που εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό της ανάπτυξης των ψαριών. Μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές αναπτυξιακές τροποποιήσεις μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ψαριών, δεδομένου ότι αντιμετωπίζουν μεγάλες διαφορές στον τρόπο διατροφής και το περιβάλλον που ζουν (Loy *et al.*, 2001).

Ένα ευρύ φάσμα εργαλείων αναγνώρισης είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό της σωστής προέλευσης των συλλήψεων και της κατάλληλης σήμανσης των ψαριών που διατίθενται στο εμπόριο. Η εξωτερική εμφάνιση και η μορφομετρία χρησιμεύουν για ταχείες εκτιμήσεις και

μπορούν να επιτευχθούν με μεγάλη ακρίβεια και χαμηλό κόστος (ειδικά για την τσιπούρα). Αυτό καθιστά τις μεθόδους αυτές κατάλληλες για την ανίχνευση μεγάλων και πρόσφατων γεγονότων διαφυγής, που εφαρμόζονται σε αλιευτικές μελέτες, αλλά και για τη διασφάλιση ότι τα άγρια και τα εκτρεφόμενα ψάρια διαχωρίζονται στην αγορά (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013). Αυτές οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας στο πεδίο με υψηλή ακρίβεια, χωρίς εργαστηριακό ή ακριβό εξοπλισμό και δεν απαιτούν ειδικές γνώσεις ή εξειδίκευση. Ιδιαίτερα για την τσιπούρα και το λαβράκι, οι Arechavala – Lopez *et al.* (2013) προτείνουν να χρησιμοποιούνται τα εξωτερικά χαρακτηριστικά και η μορφολογία ως μέσο άμεσης ανίχνευσης ψαριών που έχουν διαφύγει από εκτροφείς, ψαράδες, πωλητές, καταναλωτές και επιστήμονες, χωρίς όμως να είναι γνωστός ο χρόνος που οι παράμετροι αυτές θα μείνουν αναλλοίωτες μετά το περιστατικό της διαφυγής.

2.2.1 Σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar* L., 1758)

Από μελέτες που έχουν γίνει στον σολομό του Ατλαντικού (Εικ. 3), έχουν καταγραφεί διαφορές στη μορφολογία της καρδιάς μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων ατόμων.

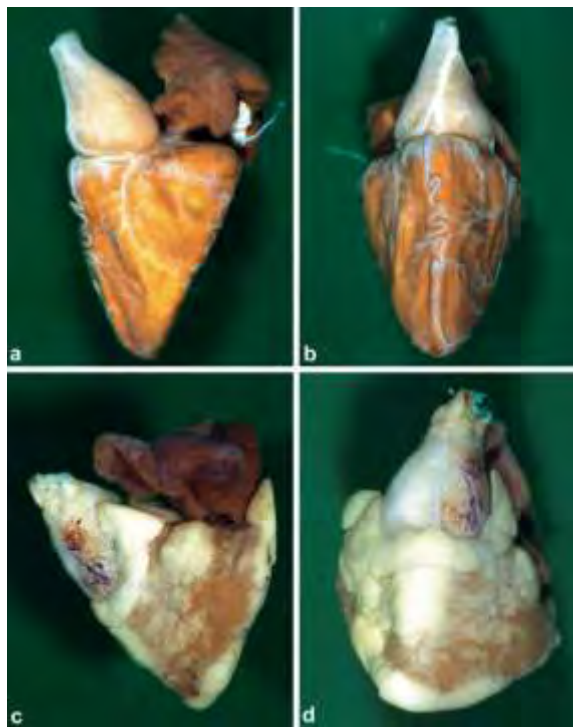


Εικ. 3: Ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar*, L.).

Η καρδιακή μορφολογία και λειτουργία έχουν μελετηθεί εκτενώς στους τελεόστεους ιχθύες, χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα μεθοδολογιών και έχει αποδειχθεί μια ισχυρά θετική συσχέτιση μεταξύ τους (Tota & Gattuso, 1996). Τα είδη που ζουν σε διαφορετικά φυσικά περιβάλλοντα έχουν διαφορετικά σχήματα καρδιάς, που αντανακλούν το ενδιαίτημα και τη δραστηριότητα των ψαριών.

Η κανονική μορφή της καρδιάς των σολομοειδών είναι μια τριγωνική πυραμίδα, με την κορυφή να βρίσκεται οπισθοκοιλιακά. Έχει αποδειχθεί μια ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ αυτού του σχήματος και της βέλτιστης καρδιακής απόδοσης και λειτουργίας. Παρ' όλα αυτά, τα

εκτρεφόμενα σολομοειδή φαίνεται ότι έχουν αναπτύξει μια πιο στρογγυλεμένη καρδιά και ότι η γωνία μεταξύ του κοιλιακού άξονα και του άξονα της αρτηριακής βαλβίδας είναι λιγότερο οξεία, σε σχέση με τα άγρια. Μακροσκοπικές παρατηρήσεις δεν αφήνουν καμία αμφιβολία ότι οι καρδιές των εκτρεφόμενων ατόμων του σολομού του Ατλαντικού *Salmo salar*, διέφεραν σημαντικά από αυτές των άγριων (Porpe *et al.*, 2003). Η Εικ. 4 δείχνει με σαφήνεια αυτές τις διαφορές, όπου διακρίνεται ξεκάθαρα το πιο στρογγυλεμένο σχήμα καρδιάς των εκτρεφόμενων ψαριών (c, d), καθώς και τα εμφανή αποθέματα λίπους στο επικάρδιό τους.



Εικ. 4: *Salmo salar*. Όψεις της καρδιάς άγριων (a, b) και εκτρεφόμενων (c, d) ατόμων. (Porpe *et al.*, 2003).

Αρκετές αναφορές από ιχθυοπαθολόγους υποδηλώνουν ότι τα ψάρια που δεν έχουν φυσιολογική καρδιακή μορφολογία, εμφανίζουν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας λόγω μειωμένης ανθεκτικότητας κατά τη διάρκεια στρεσογόνων καταστάσεων, όπως οι διαλογές, οι μεταφορές και οι θεραπείες με μπάνια (Porpe *et al.*, 2003).

2.2.2 Ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)

Από μελέτες που έχουν γίνει στην ιριδίζουσα πέστροφα (Εικ. 5), έχουν καταγραφεί διαφορές στη μορφολογία της καρδιάς μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων ατόμων, παρόμοιες με αυτές που έχουν εντοπιστεί στο σολομό του Ατλαντικού.



Εικ. 5: Η ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*, L.).

Η μορφολογία της καρδιάς εντός ενός είδους μπορεί να δείξει μεγάλη πλαστικότητα και μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής σαν αντίδραση στις περιβαλλοντικές και σωματικές απαιτήσεις. Στην Ιριδίζουσα πέστροφα *Oncorhynchus mykiss* οι Graham & Farrell (1992) έδειξαν ότι το πάχος του εξωτερικού συμπαγούς μυοκαρδίου ποικίλει ανάλογα με τον «τρόπο ζωής» και το περιβάλλον του ψαριού. Οι εκτρεφόμενες ιριδίζουσες πέστροφες είχαν παχύτερο εξωτερικό μυοκάρδιο από τις άγριες, στο ίδιο περιβάλλον. Επιπλέον, τα αρσενικά ψάρια είχαν σημαντικά μεγαλύτερο μέγεθος καρδιάς από τα θηλυκά.



Εικ. 6: *Oncorhynchus mykiss*. Όψεις της καρδιάς άγριων (a, b) και εκτρεφόμενων (c, d) ατόμων (Porpe *et al.*, 2003).

Η κανονική μορφή της καρδιάς της πέστροφας είναι όπως και των υπόλοιπων σολομοειδών, δηλαδή έχει σχήμα που μοιάζει με μια τριγωνική πυραμίδα, με την κορυφή να βρίσκεται

οπισθοκοιλιακά. Έχει αποδειχθεί μια ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ αυτού του σχήματος και της βέλτιστης καρδιακής απόδοσης και λειτουργίας. Παρ' όλα αυτά, οι εκτρεφόμενες πέστροφες φαίνεται ότι έχουν αναπτύξει μια πιο στρογγυλεμένη καρδιά και ότι η γωνία μεταξύ του κοιλιακού άξονα και του άξονα της αρτηριακής βαλβίδας είναι λιγότερο οξεία, σε σχέση με τις άγριες. Μακροσκοπικές παρατηρήσεις δεν αφήνουν καμία αμφιβολία ότι οι καρδιές των εκτρεφόμενων ατόμων της ιριδίζουσας πέστροφας *Oncorhynchus mykiss*, διέφεραν σημαντικά από αυτές των άγριων (Porre *et al.*, 2003). Η Εικ. 6 δείχνει με σαφήνεια αυτές τις διαφορές, όπου διακρίνεται ξεκάθαρα ότι τα εκτρεφόμενα ψάρια τείνουν να έχουν πιο στρογγυλεμένο σχήμα καρδιάς (c, d), σε σχέση με το πιο μυτερό και τριγωνικό σχήμα της καρδιάς των άγριων (a, b).

2.2.3 Θαλάσσια τσιπούρα (*Sparus aurata* L., 1758)

Από διάφορες συγκριτικές μορφολογικές μελέτες που έχουν γίνει στην θαλάσσια τσιπούρα *Sparus aurata* (Εικ. 7) στην περιοχή της Μεσογείου, έχουν προκύψει τα εξής συμπεράσματα:



Εικ. 7: Η θαλάσσια τσιπούρα (*Sparus aurata*, L.).

Η μορφολογία της άγριας τσιπούρας διαφέρει σημαντικά από αυτή των εκτρεφόμενων ατόμων, καθώς έχει χαμηλότερο ύψος σώματος, πιο έντονο ρύγχος και πιο συμπαγές σχήμα. Οι τσιπούρες εκτροφής έχουν μικρά, στρογγυλεμένα και λιγότερο αναπτυγμένα δόντια από τις άγριες, που έχουν μεγαλύτερα και πιο κοφτερά δόντια (Grigorakis *et al.*, 2002).

Τα χαρακτηριστικά του δέρματος μπορούν επίσης να διαφέρουν, αλλά οι διαφορές δεν έχουν ανιχνευθεί καθολικά. Οι εκτρεφόμενες θαλάσσιες τσιπούρες έχει βρεθεί ότι έχουν παχύτερο δέρμα, το οποίο είναι πιο σκούρο στις περιοχές της ράχης και της κεφαλής και τα χαρακτηριστικά χρώματα που είναι ιριδίζοντα είναι πολύ πιο σκούρα, ενώ καλύπτονται με

λιγότερα λέπια, που αποκολλώνται δυσκολότερα από το σώμα (Grigorakis *et al.*, 2002; Šimat *et al.*, 2012).

Συμφώνα με τους Grigorakis *et al.* (2003) ο μυϊκός ιστός της άγριας τσιπούρας έχει μια πιο σκούρα εμφάνιση σε σύγκριση με αυτόν της εκτρεφόμενης, αφού τα άγρια ψάρια πρέπει να κινούνται συνεχώς και έχουν μεγαλύτερη αναλογία κόκκινων μυών, που χρησιμοποιούνται για την διαρκή κολύμβηση, σε αντίθεση με τους λευκούς μύες, που χρησιμοποιούνται για απότομη και γρήγορη κολύμβηση.

Στην Γαλλία τα εκτρεφόμενα άτομα τσιπούρας που μελετήθηκαν, είχαν πιο λεπτό σχήμα σώματος και πιο αεροδυναμική μετωπική περιοχή από τα άγρια και επιπλέον, είχαν πιο στρογγυλεμένο κεφάλι, που δεν έμοιαζε με το τυπικό προφίλ που έχει το κεφάλι της τσιπούρας (Loy *et al.*, 1999).

Στην Ελλάδα τα εκτρεφόμενα ψάρια (Εικ. 8) που μελετήθηκαν, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές δείκτη ευρωστίας από τα άγρια. Επιπλέον το σώμα τους ήταν πιο χοντρό στην περιοχή της κοιλιάς και πιο ψηλό από τα άγρια, τα οποία χαρακτηρίζονταν από ένα πιο επίμηκες σχήμα σώματος. Επίσης τα εκτρεφόμενα ψάρια είχαν μακρύτερο κεφάλι και πιο κοντά πτερύγια σε σύγκριση με τα άγρια (Rogdakis *et al.*, 2011; Arechavala – Lopez *et al.*, 2012a).

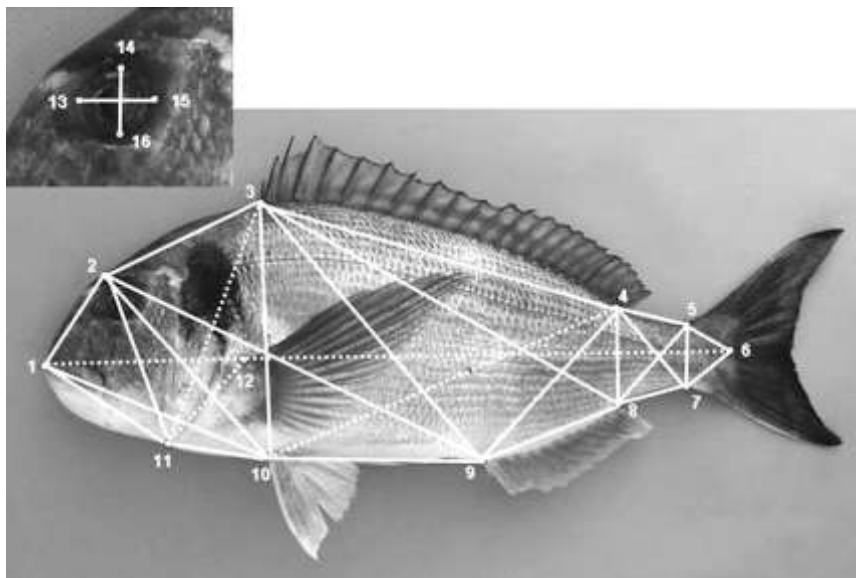


Εικ. 8: Πλωτή μονάδα εκτροφής τσιπούρας στην Ελλάδα.

Στην Κροατία, όσον αφορά τον δείκτη ευρωστίας, τα εκτρεφόμενα ψάρια που μελετήθηκαν, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από τα άγρια, όπως και στην Ελλάδα. Οι εκτρεφόμενες τσιπούρες εμφάνιζαν ένα πιο κοντόχοντρο σωματότυπο, ενώ οι άγριες είχαν πιο επίμηκες και λιγότερο πλατύ σώμα. Δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους, όσον αφορά τον

λόγο: μήκος κεφαλής / σταθερό μήκος σώματος, αν και τα εκτρεφόμενα ψάρια είχαν πιο πεπλατυσμένο κεφαλικό προφίλ σε σύγκριση με τα άγρια. Επιπλέον, τα άγρια ψάρια είχαν μακρύτερο εδρικό, ουραίο και θωρακικά πτερύγια και ψηλότερο ραχιαίο πτερύγιο (Séguić-Bubić *et al.*, 2014).

Σε συγκριτική μελέτη που πραγματοποιήθηκε μεταξύ εκτρεφόμενων και άγριων ατόμων τσιπούρας στην Ελλάδα και την Ισπανία (Εικ. 9), προέκυψε επίσης ότι υπάρχουν σαφείς διαφορές μεταξύ τους, κυρίως στην περιοχή του κρανίου και το κορμού. Χαρακτηριστικό των άγριων ψαριών ήταν το χαμηλό ύψος σώματος και το πιο ατρακτοειδές σχήμα. Ο δείκτης ευρωστίας αποδείχτηκε ότι διέφερε σημαντικά μεταξύ τους, με τα εκτρεφόμενα ψάρια και σε αυτή την περίπτωση να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές από τα άγρια. Αν και οι τιμές του δείκτη σχετικού προφίλ (relative profile index) ανάμεσα στα άτομα της τσιπούρας διαφορετικών προορισμών διέφεραν σημαντικά, με τα εκτρεφόμενα ψάρια να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές, εντούτοις, οι τιμές στον κεφαλικό δείκτη (cephalic index) δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές. Δηλαδή δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους, όσον αφορά τον λόγο: μήκος κεφαλής / σταθερό μήκος σώματος, αν και τα άγρια ψάρια είχαν πιο μυτερό ρύγχος από τα εκτρεφόμενα. Και στις δυο χώρες, οι πιο σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στο πρόσθιο τμήμα του σώματος, κυρίως στις μετρήσεις της κεφαλής και του ύψους σώματος (Arechavala – Lopez *et al.*, 2012a).



Εικ. 9: Τα 16 σημεία και οι αποστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφολογική ανάλυση της τσιπούρας (Arechavala – Lopez *et al.*, 2012a).

Προκύπτει λοιπόν από τα παραπάνω, ότι μεταξύ άγριας και εκτρεφόμενης τσιπούρας, υπάρχει μια σειρά διακριτών μορφομετρικών διαφορών, οι οποίες όχι μόνο υποδεικνύουν τη διατροφική κατάσταση και την ιστορία των ψαριών (Grigorakis, 2007), αλλά μπορεί επίσης να

είναι εύκολα, φτηνά και αξιόπιστα εργαλεία για τη διάκριση της προέλευσης των ψαριών, κατάλληλα για περιπτώσεις μεγάλων και πρόσφατων διαφυγών (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013).

2.2.4 Ευρωπαϊκό Λαβράκι (*Dicentrarchus labrax* L., 1758)

Το Ευρωπαϊκό λαβράκι (Εικ. 10) είναι ένα από τα πιο εμπορικά είδη θαλάσσιων ψαριών στη Μεσόγειο και στην ανατολική ακτογραμμή του Ατλαντικού. Ο Eaton (1996) πρότεινε ότι οι εξωτερικές διαφορές μεταξύ άγριων και καλλιεργημένων ψαριών δεν είναι έντονες και η ταυτοποίηση δεν μπορεί να βασίζεται στο σχήμα, το χρώμα ή τη γενική τους εμφάνιση. Η κατάσταση των λεπιών είναι επίσης δύσκολό να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της προέλευσης των ψαριών (Arechavala-Lopez *et al.*, 2012b), εντούτοις έχουν αποδειχθεί γενετικές παραμορφώσεις σε αρκετές ακτίνες πτερυγίων και σπονδύλων σε εκτρεφόμενα λαβράκια (Sola *et al.*, 1998).

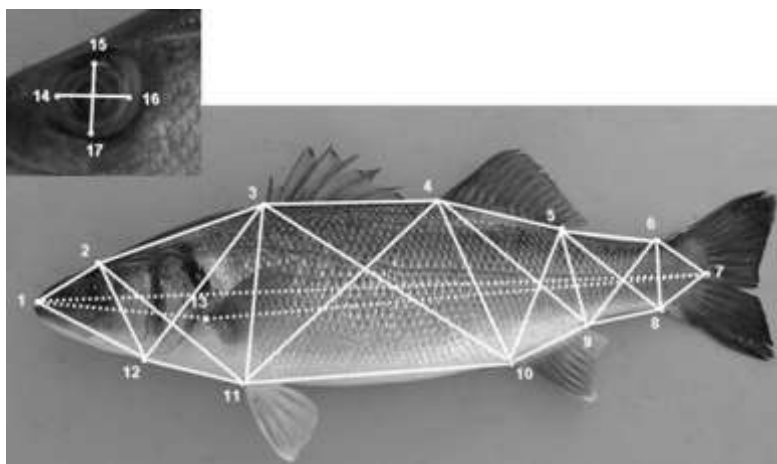
Σε συγκριτική μελέτη που πραγματοποιήθηκε μεταξύ εκτρεφόμενων και άγριων ατόμων λαβρακιού στην Ελλάδα και την Ισπανία (Arechavala – Lopez *et al.*, 2012a), προέκυψε ότι υπάρχουν σαφείς και σημαντικές μορφομετρικές διαφορές μεταξύ τους, κυρίως στην περιοχή του κρανίου και του κορμού.



Εικ. 10: Το Ευρωπαϊκό λαβράκι (*Dicentrarchus labrax* L.).

Ο δείκτης ευρωστίας αποδείχτηκε ότι διέφερε σημαντικά μεταξύ τους, με τα εκτρεφόμενα ψάρια να εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές. Αν και οι τιμές του κεφαλικού δείκτη (cephalic index) διέφεραν σημαντικά, με τα άγρια λαβράκια να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές και στις δυο χώρες, εντούτοις, οι τιμές στον δείκτη σχετικού προφίλ (relative profile index) δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα εκτρεφόμενα και τα άγρια άτομα. Δηλαδή δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους, όσον αφορά το μήκος του ρύγχους, αλλά τα άγρια ψάρια εμφάνιζαν μεγαλύτερο μήκος κεφαλής σε σχέση με το σταθερό μήκος σώματος. Και στις δυο χώρες, οι πιο σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στο πρόσθιο τμήμα του σώματος, κυρίως

στις μετρήσεις της κεφαλής και του ύψους σώματος (Arechavala–Lopez *et al.*, 2012a). Στην Εικ. 11 φαίνονται τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη των μετρήσεων.

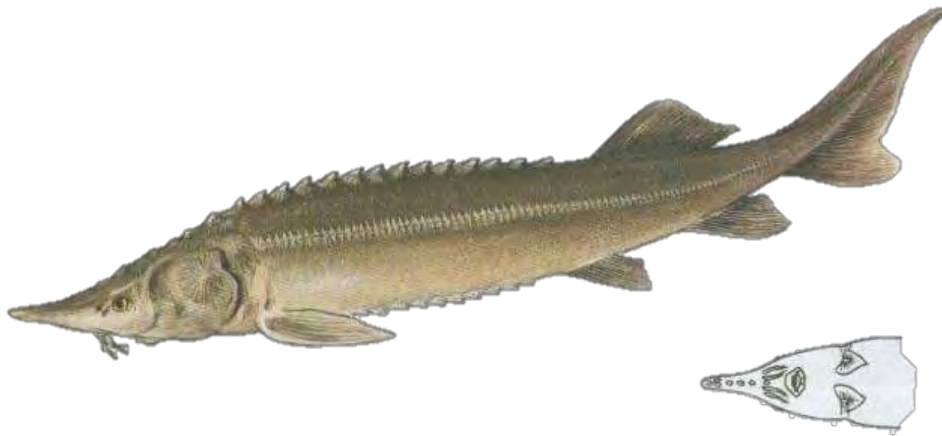


Εικ. 11: Τα 16 σημεία και οι αποστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφολογική ανάλυση του λαβρακιού (Arechavala – Lopez *et al.*, 2012a).

Από τα παραπάνω προκύπτει λοιπόν, ότι μεταξύ άγριου και εκτρεφόμενου λαβρακιού, υπάρχει μια σειρά διακριτών μορφομετρικών διαφορών, οι οποίες όχι μόνο υποδεικνύουν τη διατροφική κατάσταση και την ιστορία των ψαριών (Grigorakis, 2007), αλλά μπορεί επίσης να είναι εύκολα, φτηνά και αξιόπιστα εργαλεία για τη διάκριση της προέλευσης των ψαριών, κατάλληλα για περιπτώσεις μεγάλων και πρόσφατων διαφυγών (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013).

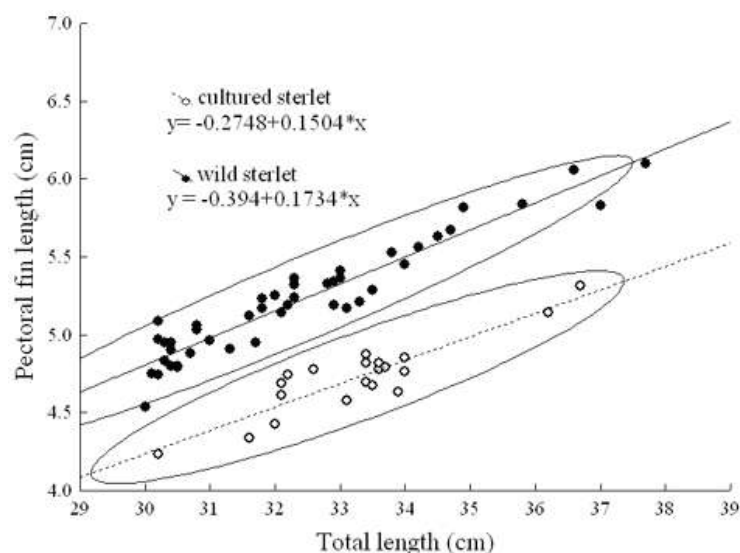
2.2.5 Οξύρρυγχος sterlet (*Acipenser ruthenus* L., 1758)

Οι πληθυσμοί του οξύρρυγχου starlet (Εικ. 12) έχουν υποστεί σοβαρή μείωση κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα στον ποταμό Δούναβη και σε σημαντικές περιοχές της κατανομής τους είναι πλέον εξαρτώμενοι από την εκτροφή και τους διαρκείς εμπλουτισμούς. Παρά τη σημερινή ευρεία προσπάθεια εμπλουτισμών (κυρίως από την Ουγγαρία), υπάρχουν λίγες μελέτες που ασχολούνται με την αποτελεσματικότητα αυτών και κυρίως με την επίδραση των συνθηκών εκτροφής στην καταλληλότητα των απελευθερωμένων ατόμων. Οι Lenhardt *et al.* (2012) πραγματοποίησαν μια μελέτη κάνοντας προσπάθεια να εκτιμήσουν τις μορφολογικές αλλαγές στους εκτρεφόμενους οξύρρυγχους sterlet, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις κολυμβητικές επιδόσεις τους, μειώνοντας έτσι και την επιβίωση των ατόμων που απελευθερώθηκαν.



Εικ. 12: Ο οξύρρυγχος sterlet (*Acipenser ruthenus* L.).

Από τη συγκεκριμένη μελέτη προέκυψε ότι έξι γνωρίσματα που σχετίζονται με το μήκος ήταν σημαντικά μεγαλύτερα στα άγρια δείγματα, ενώ δυο χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το πλάτος (απόσταση μεταξύ των ματιών και το πλάτος κεφαλής στη βάση του μουστακιού) ήταν μεγαλύτερα στα εκτρεφόμενα άτομα. Ο δείκτης ευρωστίας ήταν σημαντικά υψηλότερος στα άγρια άτομα, όπως ευρύτερο ήταν σε αυτά και το φάσμα της μάζας σώματος ($145 \pm 38,4$ g, έναντι $111,2 \pm 15,7$ g στα εκτρεφόμενα) (Lenhardt *et al.*, 2012). Επίσης, τα άτομα που προέρχονταν από καλλιέργειες είχαν σημαντικά μικρότερα θωρακικά πτερύγια από τα άγρια άτομα του ίδιου μεγέθους (Εικ. 13), γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα άλλων συγγραφέων (Berejikian & Tezak, 2005).

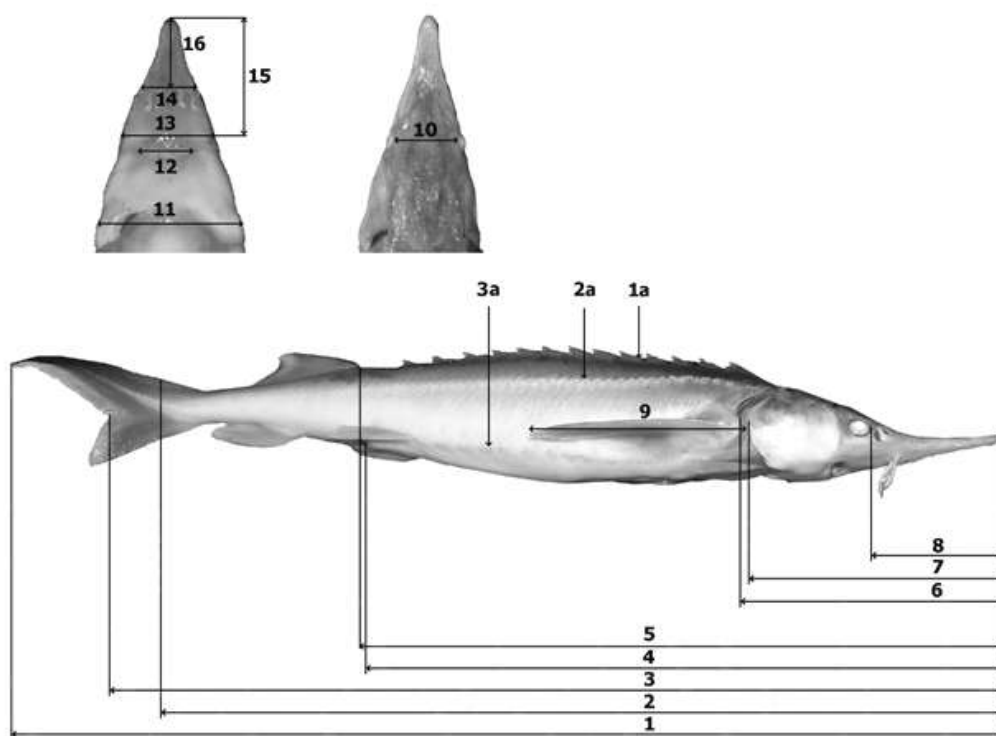


Εικ. 13: Το μήκος των θωρακικών πτερυγίων των δυο ομάδων (άγριων και εκτρεφόμενων sterlet), παρουσιαζόμενα ως συνάρτηση του ολικού μήκους (Lenhardt *et al.*, 2012).

Τα εκτρεφόμενα άτομα είχαν σημαντικά μικρότερο αριθμό πλαγιοκοιλιακών οστέινων πλακών, γεγονός που μπορεί να ερμηνευθεί από τις διαφορετικές θερμοκρασίες νερού κατά τα

πρώτα στάδια της εκτροφής. Ο αριθμός των οστέινων πλακών στον οξύρρυγχο μπορεί να διαφέρει λόγω της θερμοκρασίας του νερού κατά τα πρώτα στάδια της εκτροφής και η καθυστερημένη ανάπτυξη κατά το στάδιο της προνυμφικής ανάπτυξης (λόγω χαμηλής θερμοκρασίας) μπορεί να οδηγήσει σε έναν μεγαλύτερο αριθμό χαρακτηριστικών, όπως είναι οι οστέινες πλάκες, επειδή έχουν περισσότερο χρόνο να πάρουν μορφή (Brannon *et al.*, 1987).

Στην Εικ. 14 φαίνονται οι μεριστικοί και μορφομετρικοί χαρακτήρες που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη των μετρήσεων.



Εικ. 14: Μεριστικοί και μορφομετρικοί χαρακτήρες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφολογική ανάλυση του *Acipenser ruthenus*:

1-Ολικό μήκος, **2**-Σταθερό μήκος, **3**-Μεσουραίο μήκος, **4**-Προερδικό μήκος, **5**-Προραχιαίο μήκος, **6**-Προθωρακικό μήκος, **7**-Μήκος κεφαλής, **8**-Προσοφθάλμιο μήκος, **9**-Μήκος θωρακικού πτερυγίου, **10**-Απόσταση μεταξύ οφθαλμών, **11**-Μέγιστο πλάτος κεφαλής, **12**-Πλάτος στόματος, **13**-Πλάτος κεφαλής στο επίπεδο του στόματος, **14**-Πλάτος κεφαλής στο επίπεδο του μουστακιού, **15**-Προστοματικό μήκος, **16**- Προμουστακικό μήκος, **1a**- Αριθμός ραχιαίων οστέινων πλακών, **2a**- Αριθμός πλευρικών οστέινων πλακών, **3a**- Αριθμός πλαγιοκοιλιακών οστέινων πλακών (Lenhardt *et al.* 2012).

2.3 Βιοχημικές διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ιχθύων

Οι οργανοληπτικές ιδιότητες και η θρεπτική αξία είναι δύο σύνολα χαρακτηριστικών τα οποία, μαζί με τη φρεσκάδα (ποιότητα εμφάνισης, γεύσης και υφής), χρησιμοποιούν οι καταναλωτές για να καθορίσουν την ποιότητα των ψαριών (Grigorakis, 2007). Αυτά τα χαρακτηριστικά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη χημική σύνθεση των ψαριών, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τα εγγενή χαρακτηριστικά των ψαριών (π.χ. είδος, ηλικία, φύλο), τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. θερμοκρασία, αλατότητα) και το ιστορικό σίτισης (π.χ. σύσταση τροφής, ρυθμός λήψης τροφής) (Grigorakis, 1999).

Επομένως, αφού οι συνθήκες εκτροφής έχουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτών των χαρακτηριστικών, είναι αναμενόμενες οι διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ψαριών. Οι τροφές που παρασκευάζονται για τα ψάρια εκτροφής, παρέχουν ένα ευρύ φάσμα θρεπτικών συστατικών, τα οποία όχι μόνο καθορίζουν τον ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών, αλλά και τη σύνθεση της σάρκας, ιδίως την περιεκτικότητα σε λιπίδια, η οποία μπορεί να τροποποιηθεί ποσοτικά και ποιοτικά. Υπάρχουν μελέτες που αποκαλύπτουν την ύπαρξη διαφορών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μεταξύ της άγριας και της εκτρεφόμενης τσιπούρας (Grigorakis *et al.*, 2002; Šimat *et al.*, 2012).

Βάσει του γεγονότος ότι τα εκτρεφόμενα ψάρια ζουν σε εντελώς διαφορετικά περιβάλλοντα από τα άγρια, με διαφοροποιημένες συνθήκες διατροφής και πυκνότητας, έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές που βοηθούν στην διάκριση της προέλευσης των ψαριών. Επειδή είναι άγνωστος ο χρόνος παραμονής των μορφομετρικών παραμέτρων μετά από κάποιο περιστατικό διαφυγής, έχουν αναπτυχθεί τεχνικές ολιστικής προσέγγισης, που χρησιμοποιούν άλλες φυσικοχημικές παραμέτρους για εφαρμογές έρευνας και διαχείρισης (όπου απαιτείται εντοπισμός των διαφυγόντων ατόμων σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα) (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013). Αυτές οι τεχνικές ποσοτικοποιούν τις διαφορές μεταξύ γενετικών και χημικών χαρακτηριστικών, συνθέσεων λιπαρών οξέων, ιχνοστοιχείων, ρύπων κλπ, πέραν των μορφολογικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Οι τεχνικές ανίχνευσης που βασίζονται στις διαφορές χημικής ή γενετικής σύνθεσης είναι πιο χρήσιμες για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, καθώς έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια και μπορούν να ανιχνεύσουν περιστατικά διαφυγών, πολύ αργότερα από τη στιγμή που αυτά συνέβησαν (Arechavala – Lopez *et al.*, 2013).

2.3.1 Μελέτες σχετικές με τις διαφορές στη σύνθεση των βιοχημικών παραμέτρων μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ιχθύων

Οι σκελετικοί μύες είναι το μεγαλύτερο σύστημα οργάνων στα ψάρια και αντιστοιχούν στην πραγματικότητα στο βρώσιμο μέρος των περισσότερων εμπορικών ψαριών, αφού αποτελούν περίπου το 60-70% του βάρους τους (López –Albors *et al.*, 2008) (Εικ. 15). Η μυϊκή σύνθεση είναι μια σημαντική πτυχή της ποιότητας στα φρέσκα ψάρια. Οι αλλαγές στη σύνθεση μυών των ψαριών μπορεί να έχουν συνέπειες για την εμπορική τους αξία. Τα λιπίδια στο βρώσιμο τμήμα των ψαριών είναι σημαντικά επειδή επηρεάζουν την αίσθηση της γεύσης και τη γενική αίσθηση της μαγειρεμένης σάρκας στο στόμα. (Grigorakis, 2007). Σε είδη ψαριών που δεν αποθηκεύουν λίπος στους μύες τους (όπως το καλκάνι *Psetta maxima*), ακόμη και μια μικρή αύξηση με ποσοστό 2% μπορεί να μεταβάλλει την ποιότητα του προϊόντος, ενώ παρόμοιες μεταβολές σε ψάρια που τείνουν να αποθηκεύουν λίπος στους μύες, όπως τα σολομοειδή, δεν θα επηρέαζαν την αποδοχή τους στην αγορά (Love, 1992).



Εικ. 15: Φιλέτα χελιού.

Σε μελέτη που έγινε στο ευρωπαϊκό χέλι από τους Lie *et al.* (1990), σκοπός ήταν να εξεταστεί η επίδραση της διατροφής και του μεγέθους στη σύνθεση του ήπατος, του λίπους της σπλαχνικής κοιλότητας και του μυϊκού ιστού, ιδιαίτερα όσον αφορά τα λιπίδια. Φιλέτα, συκώτι και σπλαχνικό λίπος από άγρια χέλια της Βόρειας Θάλασσας (μέσου βάρους 101 g και 335 g) και εκτρεφόμενα (μέσου βάρους 482 g) αναλύθηκαν για την ολική σύνθεση και για τη σύνθεση των λιπιδίων των λιπαρών οξέων.

Τα περιεχόμενα των λιπιδίων και η ξηρά ουσία στο φιλέτο αυξήθηκαν με το μέγεθος και τη σίτιση, ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και γλυκογόνο. Η περιεκτικότητα σε γλυκογόνο στο ήπαρ αυξήθηκε έως περίπου το 5% του βάρους του ήπατος με το μέγεθος και τη διατροφή, γεγονός που δείχνει ότι το χέλι αποθηκεύει το γλυκογόνο κυρίως στο ήπαρ. Ένα υψηλότερο επίπεδο 18:1ω9 στο φιλέτο και το ήπαρ στα μεγαλύτερα χέλια σε σύγκριση με τα μικρότερα, υποδηλώνει μια ενεργή *de novo* σύνθεση. Τα επίπεδα 18:2ω6 και 20:1ω9 σε φιλέτα και στη σπλαχνική κοιλότητα χελιού έδειξαν την επίδραση της διατροφής. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων των λιπιδίων του ήπατος δείχνει κάποιο μετασχηματισμό από 18:2ω6 σε 20:4ω6 μέσω αποκορεσμού και επιμήκυνσης και μια προτιμώμενη ενεργειακή χρήση του διαιτητικού 22:1ω11 (Lie *et al.*, 1990).

Η συντριπτική πλειοψηφία των μελετών που ασχολούνται με τη μυϊκή σύσταση της τσιπούρας, έχει διαπιστώσει ότι τα άγρια άτομα έχουν χαμηλότερα ποσοστά λιπιδίων και υψηλότερα ποσοστά υγρασίας από τις εκτρεφόμενες θαλάσσιες τσιπούρες (Carpenne *et al.*, 1998; Grigorakis *et al.*, 2002, 2003; Orban *et al.*, 2003). Αυτές οι δύο παράμετροι είναι συνήθως αντιστρόφως συσχετισμένες και τέτοιες αναλογίες αποδίδονται στο υψηλό επίπεδο διατροφικού λίπους στην τροφή και στη μειωμένη κινητικότητα και δραστηριότητα των εκτρεφόμενων ψαριών (Alasalvar *et al.*, 2002b).

Το αν τα επίπεδα πρωτεϊνών διαφέρουν μεταξύ των εκτρεφόμενων και άγριων ψαριών είναι πιο αβέβαιο. Μερικές μελέτες έχουν τεκμηριώσει υψηλότερες συγκεντρώσεις πρωτεϊνών σε μύες άγριας τσιπούρας σε σύγκριση με αυτούς των εκτρεφόμενων (Carpenne *et al.*, 1998; Grigorakis *et al.*, 2002; Orban *et al.*, 2003), ενώ άλλοι δεν έχουν βρει σημαντικές διαφορές (Alasalvar *et al.*, 2002a; Grigorakis *et al.*, 2003; Nasoroulou *et al.*, 2007). Η ολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη μπορεί να καθορίζεται όχι μόνο από τη διατροφή, αλλά και από το είδος ψαριού, τα γενετικά χαρακτηριστικά του και το μέγεθός του (Grigorakis, 2007).

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί για το λαβράκι: τα εκτρεφόμενα άτομα έχουν υψηλότερα επίπεδα λιπιδίων από τα άγρια, ενώ δεν υπάρχουν σαφείς διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και υγρασία (Alasalvar *et al.*, 2002b; Orban *et al.*, 2003; Nasoroulou *et al.*, 2007).

3. ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΕΛΙ (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758)

3.1 Γενικά

Η αύξηση της παραγωγής χελιών παγκοσμίως, ήταν ένας συνδυασμός της επέκτασης των περιοχών εκτροφής και της τεχνολογικής προόδου. Δυστυχώς όμως, οι φυσικοί πληθυσμοί γίνονται αντικείμενο υπερεκμετάλλευσης, λόγω της έντονης αλιευτικής προσπάθειας για τη συλλογή γόνου. Αυτό σε αλληλεπίδραση με άλλους ανθρωπογενείς παράγοντες, όπως η απώλεια βιοτόπων, η ρύπανση και η μεταφορά των παρασίτων και των ασθενειών, έχει συμβάλλει στη μείωση των συλλήψεων των γυαλόχελων (ICES, 2005).

Από τα 19 είδη *Anguilla* spp, τέσσερα εκτρέφονται συνήθως: το ιαπωνικό χέλι (*A. japonica*), το ευρωπαϊκό χέλι (*A. anguilla*), το αμερικάνικο χέλι (*A. rostrata*) και το αυστραλιανό χέλι (*A. australis*) (Tesch, 2003).

Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες η αλιεία των χελιών αποτελεί μια σημαντική δραστηριότητα, γεγονός που οφείλεται στο ότι το ευρωπαϊκό χέλι (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) (Εικ. 16), είναι ένα είδος, που χαίρει ιδιαίτερης εκτίμησης στην αγορά τροφίμων. Τόσο οι καταναλωτές στην Ευρώπη, όσο και στην ανατολική Ασία, εκτιμούν τις θρεπτικές ιδιότητες, αλλά και την ιδιαίτερη γεύση του χελιού, που αποτελεί ένα προϊόν υδατοκαλλιέργειας μεγάλης αξίας (Liao, 2002).



Εικ. 16: Το Ευρωπαϊκό χέλι *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)

3.2 Συστηματική κατάταξη

Η συστηματική κατάταξη του *A. anguilla* (Linnaeus, 1758) είναι η εξής (Eschmeyer, 2014):

Υπέρκλαση:	Osteichthyes
Κλάση:	Actinopterygii
Υπόκλαση:	Teleostei
Υπέρταξη:	Neopterygii
Τάξη:	Anguilliformes
Υπόταξη:	Anguilloidei
Οικογένεια:	Anguillidae
Γένος:	Anguilla
Είδος:	<i>Anguilla anguilla</i>

3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το Ευρωπαϊκό είδος χελιού (*A. anguilla*) συναντάται τόσο σε γλυκά, όσο και σε αλμυρά νερά. Το σώμα του είναι λεπτό και επίμηκες, με οφιοειδές σχήμα, κυλινδρικό στο μπροστινό τμήμα και κάπως πεπλατυσμένο στο πίσω. Μπορεί να φτάσει μέχρι το 1,5 m μήκος. Το μήκος των αρσενικών είναι μικρότερο από των θηλυκών (Kastelein, 1983).

Η κάτω γνάθος του είναι μακρύτερη από την άνω και προτεταμένη. Διαθέτει λεπτά δόντια, τα οποία βρίσκονται στις σιαγόνες. Τα μάτια έχουν στρογγυλό σχήμα, είναι μικρά στα νεαρά και κίτρινα χέλια (κιτρινόχελα) και μεγάλα στα ασημένια χέλια (ασημόχελα). Τα χέλια έχουν σχετικά περιορισμένες οπτικές και ακουστικές ικανότητες, αλλά έχουν εξαιρετικά ανεπτυγμένη την αίσθηση της όσφρησης. Η ξεχωριστή αυτή ικανότητά τους έχει αυξήσει, όπως είναι λογικό, το ενδιαφέρον και έχει οδηγήσει στην υπόθεση ότι το χέλι χρησιμοποιεί τα όργανα της όσφρησης, όχι μόνο για να εντοπίσει την τροφή του, αλλά και για να εντοπίσει διαφορετικές τοποθεσίες (Tesch, 2003).

Το δέρμα του είναι ανθεκτικό και καλύπτεται από βλέννα. Η ύπαρξη της βλέννας είναι απαραίτητη για την προστασία κατά της αφυδάτωσης, ενώ παράλληλα προστατεύει από προσβολές παρασίτων και παθογόνων μικροοργανισμών. Τα λέπια είναι μικρά, κυκλοειδή και βυθισμένα μέσα στο δέρμα, στις ανώτερες στοιβάδες του χορίου, κάτω από την επιδερμίδα (Tesch, 2003). Λόγω των μικρών του λεπιών, το χέλι μπορεί να αναπνέει εκτός από τα βράγχια και

με τη βοήθεια των πόρων του δέρματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να μπορεί να επιβιώνει για μεγάλες περιόδους έξω από το νερό, καθιστώντας το πολύ ανθεκτικό σε σχέση με άλλα ψάρια. Αυτές οι ιδιότητες έχουν ιδιαίτερη αξία κατά τη διαλογή και την πώληση (White & Knights, 1994).

Το ραχιαίο και το εδρικό πτερύγιο είναι ενωμένα με το ουραίο πτερύγιο. Τα θωρακικά πτερύγια είναι πολύ μικρά και στρογγυλεμένα. Ο αριθμός των σπονδύλων κυμαίνεται από 110 έως 119. Η πλευρική γραμμή είναι ευδιάκριτη κατά μήκος του σώματος.

Στο στάδιο του λεπτοκέφαλου και του γυαλόχελου (Εικ. 17) το σώμα είναι διάφανο, τα ανοδικά χέλια (elvers) έχουν χρωματισμό πρασινωπό – καφέ, ενώ πολύ σπάνια αναφέρονται πορτοκαλί χρωματισμένα δείγματα (Usui, 1974). Τα ενήλικα άτομα έχουν χρωματισμό πρασινωπό - καφετί έως μαύρο, κιτρινωπό στην κοιλιά (στάδιο κιτρινόχελου), μεταβάλλεται σε μαυριδερό πίσω και φωτεινό προς αργυροειδές στις πλευρές και την κοιλιά (στάδιο ασημόχελου).



Εικ. 17: Γυαλόχελα

Πολλές φορές είναι δύσκολο να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των διαφορετικών ειδών χελιού και ιδιαίτερα στο στάδιο της νύμφης. Τα χέλια αλλάζουν συνεχώς σχήμα και χρωματισμό κι έτσι τα χαρακτηριστικά των διαφόρων οντογενετικών σταδίων δεν είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους. Πολύ λίγα χαρακτηριστικά παραμένουν αμετάβλητα κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων, πριν και μετά τη μεταμόρφωση (Tesch, 2003).

3.4 Γεωγραφική κατανομή

Το *A. anguilla* μπορεί να βρεθεί στα περισσότερα βόρεια άκρα της Ευρώπης, στους ποταμούς που εκβάλλουν στο Βόρειο Ατλαντικό, τη Βαλτική και τη Μεσόγειο Θάλασσα. Απαντάται επίσης, κατά μήκος των ακτών της Ευρώπης έως τη Μαύρη Θάλασσα. Πιθανώς η

ύπαρξη τέτοιας κατανομής να συσχετίζει την παρουσία του γένους με ωκεανογραφικούς χαρακτήρες (Deelder, 1984).

3.5 Βιολογικός κύκλος – Οικολογία

Το ευρωπαϊκό χέλι είναι ένα ανάδρομο και σαρκοφάγο είδος ψαριού. Όλα τα χέλια γεννούν στη θάλασσα, αλλά μόνο για το αμερικάνικο και ευρωπαϊκό είδος είναι γνωστές οι περιοχές όπου γεννούν. Και τα δύο αναπαράγονται στη Θάλασσα των Σαργασσών στον Ατλαντικό Ωκεανό, όπου ωτοκοούν μια φορά από Ιανουάριο έως Απρίλιο. Δεν έχει παρατηρηθεί επιστροφή ώριμων ατόμων από τη θάλασσα των Σαργασσών, συμπεραίνεται συνεπώς ότι τα ενήλικα χέλια αναπαράγονται μόνο μια φορά, δεν φεύγουν πλέον από την περιοχή και πεθαίνουν εκεί (Dekker, 2002). Οι απόγονοί τους όμως, οι προνύμφες με σχήμα φύλου (λεπτοκέφαλοι), παρασύρονται από το Ρεύμα του Κόλπου (Gulf Stream) και εμφανίζονται στις ακτές της Ευρώπης, ένα ταξίδι που διαρκεί 200 – 300 ημέρες (Usui, 1974).

Πριν εισέλθουν στις παράκτιες ζώνες και τις εκβολές των ποταμών, οι προνύμφες μεταμορφώνονται σε διαφανή χέλια (γυαλόχελα), με μήκος 5,5 – 6,5 εκατοστά. Σταδιακά, με την αύξηση της διατροφής τους στα γλυκά νερά, έχουμε εμφάνιση των χρωστικών του δέρματος, οι οποίες τελικά εξαπλώνονται και καλύπτουν όλη την επιφάνειά του. Τα γυαλόχελα αναπτύσσονται στο στάδιο elver (ανοδικά χέλια) (Εικ. 18) και περνούν μέσω διάφορων σταδίων μεταμόρφωσης, μέχρι το κίτρινο στάδιο (κιτρινόχελα), όπου και εμφανίζεται η διαφοροποίηση του φύλου (Dekker, 2002).



Εικ. 18: Ανοδικά χέλια (elvers) του είδους *A. anguilla*.

Σε αντίθεση με τα περισσότερα είδη ψαριών, δεν μπορούμε να επέμβουμε στον βιολογικό κύκλο του χελιού. Μια μεγάλη ερευνητική προσπάθεια έγινε στην Ιαπωνία, την Ιταλία και τη Δανία, χωρίς αξιοσημείωτη επιτυχία στην παραγωγή νυμφών, που να μπορούν να επιζήσουν. Οι προνύμφες πεθαίνουν συνήθως μετά την απορρόφηση του λεκιθικού σάκου (Dekker, 2002).

3.6 Ιστορική αναδρομή εκτροφής του Ευρωπαϊκού χελιού

Η εκτροφή των χελιών ξεκίνησε σε χώρες όπου αποτελούσαν μια τροφή ξεχωριστής νοστιμιάς. Η εκτροφή τους άρχισε το 1879 στην Ιαπωνία (Matsui, 1952) και σχεδόν το ίδιο διάστημα στην Ιταλία και τη Γαλλία (Ciccotti & Fontenelle, 2000). Αρχικά, το χέλι εκτράφηκε σε συστήματα πολυκαλλιέργειας σε χωμάτινες δεξαμενές (Gousset, 1992). Η μεγάλης κλίμακας εμπορική παραγωγή άρχισε στις αρχές της δεκαετίας του '60, όταν διατέθηκαν στο εμπόριο οι τυποποιημένες τροφές.

Η χρήση των εντατικών συστημάτων άρχισε πειραματικά στην Ευρώπη στα μέσα της δεκαετίας του '70, ενώ η εμπορική τους χρήση άρχισε στη βόρεια Ευρώπη, κυρίως στην Ολλανδία, τη Δανία και τη Γερμανία στις αρχές της δεκαετίας του '80 (ICES, 2000). Το εντατικό κλειστό σύστημα εκτροφής χελιών (Εικ. 19), δημιουργήθηκε εξαιτίας της αδυναμίας της εκτροφής σε θερμοκήπια να λύσει το πρόβλημα των εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών, κατά την διάρκεια των βόρειων ευρωπαϊκών χειμώνων.



Εικ. 19: Εντατικό κλειστό σύστημα εκτροφής χελιών.

Η μεταφορά των τεχνικών εκτροφής συνέβαλλε στην επέκταση της βιομηχανίας της χελοκαλλιέργειας. Γενικότερα, η ανάπτυξη και η εξέλιξη των τεχνικών συστημάτων εκτροφής των χελιών, ξεκίνησαν όχι μόνο από την ανάγκη να αντιμετωπισθούν οι περιορισμοί θερμοκρασίας, αλλά και για να ενισχυθεί η παραγωγικότητα και να υπάρξει συμμόρφωση με τους όλο και περισσότερο αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς, μειώνοντας το κόστος εκτροφής. Οι πρωτόγονες μέθοδοι και οι παραδοσιακές τεχνικές έχουν εξελιχθεί, περνώντας στα εντατικά και φθάνοντας στα ιδιαίτερα περίπλοκα υπερεντατικά συστήματα εκτροφής.

3.7 Δυσκολίες στην εκτροφή χελιών

Η εκτροφή του Ευρωπαϊκού χελιού (*A. anguilla*) γνώρισε μεγάλη άνθιση από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα και μετά. Το σημαντικότερο πρόβλημα στην καλλιέργεια των χελιών είναι ότι δεν υπάρχουν μέθοδοι για τον έλεγχο της αναπαραγωγής σε κατάσταση αιχμαλωσίας, οπότε δεν μπορεί να προκύψει καμία βιώσιμη προνύμφη ή λαμβάνονται μόνο λίγες κι έτσι η εκτροφή εξαρτάται αποκλειστικά από την εισαγωγή των άγριων γυαλόχελων (Kamstra *et. al.*, 1998) (Εικ. 20).



Εικ. 20: Γόνος χελιού (γυαλόχελα).

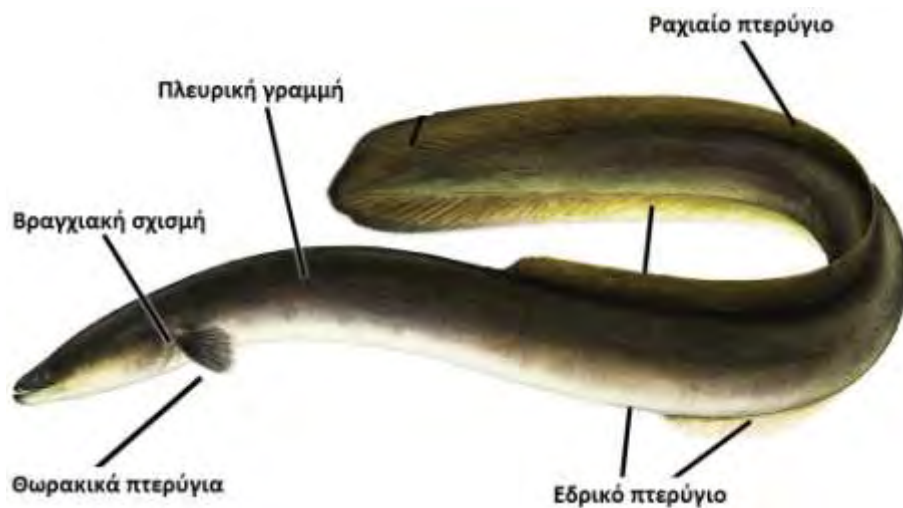
Άλλες δυσκολίες με τις οποίες έρχονται αντιμέτωπες συνεχώς οι μονάδες εκτροφής χελιού, έχουν να κάνουν με την αλίευση του γόνου (γυαλόχελου), την ασταθή προμήθεια μεγαλύτερου μεγέθους χελιού (elver), τα πολύπλοκα περιστατικά ασθενειών κλπ. Η πρόκληση είναι να αντιμετωπισθούν ακόμα πιο αποτελεσματικά αυτά τα προβλήματα, κατά τρόπο βιώσιμο με τις τεχνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές εκτιμήσεις (Liao, 2002).

Επιπλέον, μια σύγχρονη μονάδα εκτροφής χελιού θα πρέπει να διαθέτει υψηλή τεχνολογία και τεχνογνωσία, ώστε να μπορεί να παράγει χέλια εξαιρετικής ποιότητας και με χαμηλό κόστος παραγωγής. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία προηγμένων συστημάτων χελοκαλλιέργειας, θα πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τα υψηλότερα διεθνή πρότυπα (περιβαλλοντικά, υγείας, ασφάλειας και ποιότητας). Τα κλειστά συστήματα νέας τεχνολογίας, προϋποθέτουν υψηλό κόστος επένδυσης και μπορεί να δώσουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα, αφού αποτελούν ιδιαίτερα αποδεκτά οικονομικά και βιολογικά συστήματα (Losordo & Hobbs, 2000).

4. ΜΕΛΕΤΗ ΑΤΟΜΩΝ ΑΓΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΧΕΛΙΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΥ

4.1 Υπολογισμός ανατομικών παραμέτρων

Για την διερεύνηση των διαφορών στα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά, αλλά και την καλύτερη κατανόηση της τελικής ποιότητας της σάρκας των ατόμων του ευρωπαϊκού είδους χελιού (*A. anguilla*) που προέρχονται από εκτροφή σε σύγκριση με τα άγρια, μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, διάφορα εξωτερικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά (Εικ. 21), ορισμένα εσωτερικά όργανα και η μυϊκή κυτταρότητα των λευκών μυών δυο πληθυσμών: ενός εκτρεφόμενου πληθυσμού από μονάδα εκτροφής χελιών στην Άρτα κι ενός άγριου πληθυσμού με άτομα που συνελήφθησαν στην λιμνοθάλασσα του Αμβρακικού Κόλπου.

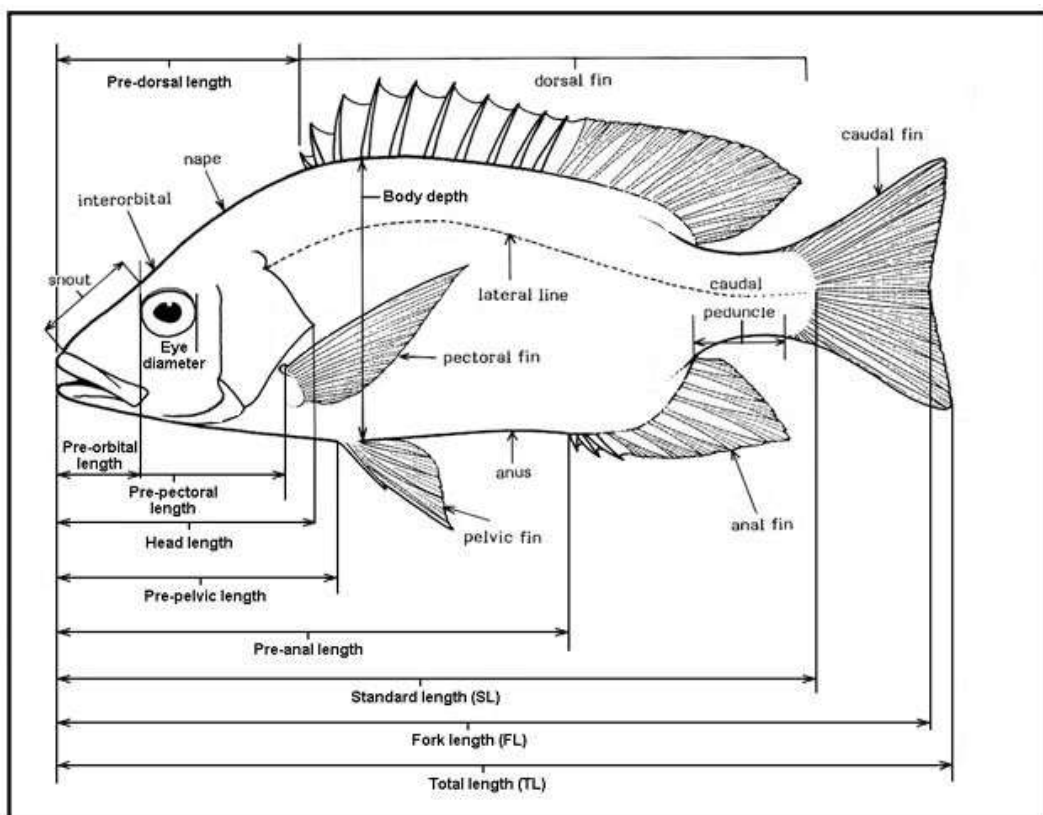


Εικ. 21: Ορισμένα εξωτερικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά του *A. anguilla*.

4.1.1 Εξωτερικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά - Εσωτερικά όργανα

Με τον όρο «Μορφομετρία» εννοούμε τη μέτρηση των επιμέρους χαρακτηριστικών του σώματος του ψαριού, που εκφράζει ποσοτικά την ποικιλομορφία των χαρακτηριστικών αυτών. Μορφομετρικοί ονομάζονται οι χαρακτήρες της μορφής του σώματος που μπορούν να μετρηθούν και να εκφραστούν σε μετρικές μονάδες (π.χ. cm, mm) και λαμβάνονται από μετρήσεις τμημάτων του σώματος των ψαριών. Μεριστικοί χαρακτήρες είναι τα απαριθμήσιμα μορφολογικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα (π.χ. αριθμός ακτινών πτερυγίων, ακάνθων, σπονδύλων) (Μίνος, 2015).

Η ποικιλομορφία των μορφομετρικών χαρακτηριστικών δημιουργεί συνδυασμούς που κάνουν το σώμα κάθε ψαριού μοναδικό και αναγνωρίσιμο, που όμως μπορεί να περιγραφεί από κοινά πρότυπα. Η μορφή του σώματος, καθώς και των επιμέρους χαρακτηριστικών του, φαίνεται να καθορίζεται από την αλληλεπίδραση γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Οι μορφολογικές διαφορές μεταξύ διαφόρων πληθυσμών ή ειδών, συνήθως περιγράφονται ως διαφορές στη μορφή του σώματος ή σε συγκεκριμένα ανατομικά χαρακτηριστικά. Για να εντοπίσουμε αυτές τις διαφορές, πρέπει να αναλύσουμε τους μορφομετρικούς χαρακτήρες, αφού επιλέξουμε τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουμε. Σε κάθε άτομο γίνονται αρκετές μετρήσεις (Εικ. 22), οι συνηθέστερες εκ των οποίων είναι οι εξής:



Εικ. 22: Απεικόνιση της εξωτερικής μορφολογίας και των σημαντικότερων μορφομετρικών μετρήσεων στα ψάρια.

- **Ολικό μήκος σώματος** (Total Length, TL): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι την άκρη των λοβών του ουραίου πτερυγίου.
- **Σταθερό μήκος σώματος** (Standard Length, SL): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι το τέλος της σπονδυλικής στήλης ή μέχρι τη βάση έκφυσης της πρώτης ακτίνας του ουραίου πτερυγίου.
- **Μεσουραίο μήκος** (Fork Length, FL): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι την κορυφή της γωνίας των λοβών του ουραίου πτερυγίου.

- **Μήκος κεφαλής** (Head Length, HL): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι το τελικότερο οπίσθιο σημείο του βραγχιακού επικαλύμματος.
- **Προραχιαίο μήκος** (D): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι το σημείο έναρξης της βάσης του πρώτου (D₁), του δεύτερου (D₂) και του τρίτου (D₃) ραχιαίου πτερυγίου.
- **Προκοιλιακό μήκος** (DV): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι την αρχή έκφυσης των κοιλιακών πτερυγίων.
- **Προεδρικό μήκος** (DA): Είναι η απόσταση από την άκρη του ρύγχους μέχρι την αρχή έκφυσης του εδρικού πτερυγίου.
- **Μέγιστο ύψος σώματος** (Maximum Body Height, MBH): Είναι η κατακόρυφη απόσταση από τη βάση του 1^{ου} ραχιαίου πτερυγίου ως το κατώτερο μέρος του σώματος του ψαριού

Επίσης μετράται το **Ολικό Βάρος Σώματος** (Total Body Weight, TBW) και το **Καθαρό Σωματικό Βάρος**, ανάλογα με το είδος της μελέτης. Η εκτίμηση του **Όγκου** του σώματος γίνεται με τη μέτρηση του όγκου του νερού που εκτοπίζεται μετά από βύθιση του ψαριού σε βαθμονομημένη ογκομετρική φιάλη.

Σχέση μήκους – βάρους σώματος ψαριού

Μια χρήσιμη μέτρηση για την αλιευτική βιολογία είναι και η σχέση μήκους – βάρους των διαφόρων ειδών ψαριών. Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα δυο αυτά μεγέθη αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο, αφενός για την εκτίμηση της βιομάζας ανά ηλικία σε αλιευτικά δεδομένα που καταχωρούνται ως ολική βιομάζα και κατανομή μήκους και αφετέρου για την παροχή πληροφοριών για τις στρατηγικές της ζωής των πληθυσμών σε διαφορετικές περιοχές. Επιπλέον συνδέεται με την εκτίμηση της ευρωστίας του ψαριού (Bagenal & Tesch, 1978) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μορφομετρική σύγκριση διαφόρων πληθυσμών ή τη σύγκριση πληθυσμών του ίδιου είδους που προέρχονται από διαφορετικές περιοχές ή βιότοπους (Goncalves *et al.*, 1996). Η σχέση μεταξύ του μήκους και του βάρους του ψαριού έχει μεγάλη πρακτική, αλλά και βιολογική σημασία, αφού καθιστά δυνατή τη μετατροπή του μήκους σε βάρος και αντίστροφα. Σύμφωνα με τον Le Cren (1951), η σχέση μήκους – βάρους στα ψάρια, αντιπροσωπεύεται σχεδόν πάντα από την εκθετική εξίσωση:

$$W = a * TL^b$$

όπου **W**= το βάρος του ψαριού, **TL**= το ολικό μήκος σώματος και **a,b**= σταθερές.

Το b είναι ένας αριθμός ο οποίος έχει σχεδόν πάντα τιμές μεταξύ 2.5 και 4, που συνήθως πλησιάζουν το 3. Όταν $b=3$ σημαίνει ότι υπάρχει ισομετρική αύξηση, ενώ όταν $b \neq 3$, υπάρχει αλλομετρική αύξηση. Όταν $b > 3$, αυτό σημαίνει ότι τα ψάρια καθώς μεγαλώνουν γίνονται βαρύτερα σε σχέση με το μήκος τους, ενώ όταν $b < 3$, αυτό σημαίνει ότι τα ψάρια γίνονται ελαφρύτερα σε σχέση με το μήκος τους.

Για να υπολογιστούν οι σταθερές a και b στην εξίσωση του Le Cren, λογαριθμείται αρχικά, δίνοντας σε γραμμική μορφή την εξίσωση:

$$W = a * TL^b \rightarrow \log(W) = \log(a) + b * \log(TL)$$

Δείκτης ευρωστίας

Η εποχιακή περιγραφή της σωματικής κατάστασης των ψαριών γίνεται με τον δείκτη ευρωστίας (Condition Factor, CF), που αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη μέτρηση του σχήματος του σώματος και λειτουργεί ως καλός δείκτης της διατροφικής κατάστασης (Grigorakis, 2007). Κατά τον Tesch (1971) ο Hile το 1936 για να προσδιορίσει τις εποχικές διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των ψαριών ενός πληθυσμού, την καταλληλότητα του περιβάλλοντος για τον οργανισμό, την ανάπτυξη των γονάδων κτλ, παραθέτει τον τύπο του συντελεστή ευρωστίας:

$$K = W/L^3 * 100$$

όπου K = ο συντελεστής ευρωστίας, W = το βάρος ψαριού και L = το μήκος ψαριού.

Σύμφωνα με τον Le Cren (1951) ο δείκτης ευρωστίας εξαρτάται από τις εποχιακές αλλαγές της ανάπτυξης των γονάδων, της αύξησης του σώματος, καθώς και από τη μεταβολή που επιφέρει το στομαχικό περιεχόμενο στο βάρος του ψαριού.

Γοναδοσωματικός δείκτης

Για την εκτίμηση της επίδρασης του βάρους σώματος στο μέγεθος των γονάδων και προκειμένου να εκτιμηθεί καλύτερα ο χρόνος αναπαραγωγής των ψαριών, υπολογίζουμε τον γοναδοσωματικό δείκτη (gonadosomatic index, GSI), που είναι γνωστός και ως συντελεστής ωρίμανσης (maturity coefficient). Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το βάρος των γονάδων εκφρασμένο σαν εκατοστιαίο ποσοστό του σωματικού βάρους πριν την αφαίρεση του βάρους των γονάδων και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$GSI = (GW/W) * 100$$

όπου GSI = ο γοναδοσωματικός δείκτης, GW = το βάρος γονάδων και W = το σωματικό βάρος του ψαριού.

Με τον γοναδοσωματικό δείκτη προκύπτει μια διαφορετική προσέγγιση στον προσδιορισμό του βαθμού ωρίμανσης της γονάδας. Ο δείκτης αυτός μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου μέσα στον ετήσιο κύκλο, σε συνάρτηση με την ανάπτυξη των γονάδων, αλλά και με τον δείκτη ευρωστίας, ο οποίος σχετίζεται με τις εποχιακές μεταβολές της αύξησης του ψαριού. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο γοναδοσωματικός δείκτης στα είδη των Ελληνικών θαλασσών, αποδίδει πιστά την περίοδο αναπαραγωγής, αφού ο όγκος και το βάρος των γονάδων αλλάζουν σημαντικά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής τους (Καλλιανιώτης, 2001).

Ηπατοσωματικός δείκτης

Ένας έμμεσος τρόπος μέτρησης της διατροφικής και ενεργειακής κατάστασης, καθώς και του ρυθμού αύξησης του ψαριού, είναι ο ηπατοσωματικός δείκτης (HIS), ο οποίος εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{HIS} = (W_L / B) * 100$$

όπου **HIS**= ο ηπατοσωματικός δείκτης, **W_L** = το βάρος του ήπατος και **B** = το ολικό βάρος. Επιπλέον, με βάση την τιμή που δίνει ο ηπατοσωματικός δείκτης μπορεί να παρατηρηθεί η περίοδος ωοτοκίας των ψαριών (Di Giacomo *et al.*, 1994).

Κεφαλικός δείκτης

Ο κεφαλικός δείκτης (Cephalic index, CI), ορίζεται ως το μέγιστο πλάτος της κεφαλής εκφρασμένο σαν εκατοστιαίο ποσοστό του μέγιστου μήκους της (Εικ. 23) και εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{CI} = (\text{BPD} / \text{OFD}) * 100$$

όπου **CI**= ο κεφαλικός δείκτης, **BPD** = το μέγιστο πλάτος κεφαλής και **OFD**= το μέγιστο μήκος κεφαλής.



Εικ. 23: Περιοχή της κεφαλής εκτρεφόμενου χελιού.

4.1.2 Μυϊκό σύστημα και μυϊκή κυτταρότητα στα ψάρια

Ο μυϊκός ιστός είναι το κύριο βρώσιμο τμήμα των ψαριών και είναι υπεύθυνος για την διατροφική τους αξία (Εικ. 24). Οι μύες των ψαριών που βρίσκονται γύρω από τη σπονδυλική στήλη, αποτελούνται από δυο κύριους τύπους ινών, που ομαδοποιούνται σε δυο μυϊκά στρώματα: το επιφανειακό στρώμα (κόκκινος μύς) και το βαθύτερο (λευκός μύς) (Rowlerson *et al.*, 1985). Επίσης, πολλές φορές υπάρχει μεταξύ τους ένα λεπτό στρώμα (ροζ μύς) (Lopez – Albors *et al.*, 1998).



Εικ. 24: Μυϊκός ιστός από μαγειρεμένο φιλέτο ψαριού.

Η ανάπτυξη των μυών των ψαριών εμφανίζεται συνήθως με δυο πιθανούς μηχανισμούς: υπερτροφία και υπερπλασία των μυϊκών ινών. Η υπερτροφική ανάπτυξη συμβαίνει σε όλη την μετα - εμβρυϊκή ζωή, μέχρι οι μυϊκές ίνες να αποκτήσουν μια λειτουργικά μέγιστη διάμετρο (Egginton & Johnston, 1982). Η υπερπλασία των μυϊκών ινών, αναφέρεται στην αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινών, λόγω της πρόσληψης νέων ινών (Periago *et al.*, 2005).

Τα ποσοστά των υπερτροφικών και υπερπλαστικών μυϊκών ινών που αποκτούν μια δεδομένη περίμετρο, ποικίλλουν μεταξύ των διαφόρων ειδών, αλλά και των διαφορετικών φυλών του ίδιου είδους (Weatherley *et al.*, 1979) και μπορεί να επηρεαστούν από ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής, όπως είναι η διατροφή (Kießling *et al.*, 1991), η κίνηση (Johnston & Moon, 1980) και η θερμοκρασία (Nathanailides *et al.*, 1996). Ως εκ τούτου, η εκτροφή ψαριών μπορεί να παράγει ένα ευρύ φάσμα αριθμών και διαμέτρων των μυϊκών ινών στη σάρκα (μυϊκή κυτταρότητα), που σχετίζεται με το ιστορικό ανάπτυξης του ψαριού. Επίσης, στα άγρια ψάρια οι περιβαλλοντικές και διατροφικές συνθήκες μπορεί να καθορίσουν διαφορετική μυϊκή κυτταρότητα, σχετιζόμενη με τον συγκεκριμένο τρόπο ζωής τους (Periago *et al.*, 2005).

Η κυτταρότητα των λευκών μυών είναι ένας σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας των χαρακτηριστικών της υφής που έχει η σάρκα. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ του μεγέθους των μυϊκών ινών και της συνεκτικότητας της σάρκας (Hatae *et al.*, 1990), που θα μπορούσε επίσης να επηρεάσει τη γεύση και τα χαρακτηριστικά κατά τη μεταποίηση της σάρκας (Johnston, 1999) (Εικ. 25).

Τα προϊόντα διατροφής που προέρχονται από εκτρεφόμενα ψάρια έχουν ένα πλεονέκτημα σε σχέση με αυτά που προέρχονται από άγρια ψάρια που αλιεύονται, δεδομένου ότι παράγονται και συλλέγονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Για το λόγο αυτό θα μπορούσαν να μειωθούν οι κίνδυνοι που συνδέονται με την κατανάλωση ψαριών (Periago *et al.*, 2005). Ο κλάδος της ιχθυοκαλλιέργειας εμφανίζει μια ραγδαία ανάπτυξη σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης των ψαριών, λόγω της χαμηλότερης τιμής τους στις αγορές και της επιθυμητής τους ποιότητας (FAO, 1998).



Εικ. 25: Φιλέτο πέστροφας.

Η σύγκριση της μυϊκής κυτταρότητας μεταξύ των εκτρεφόμενων και των άγριων χελιών είναι σημαντική και η μελέτη αυτή μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της διατροφικής ποιότητας του χελιού και της αποδοχής του από τους καταναλωτές.

4.2 Υπολογισμός βιοχημικών παραμέτρων

Τα ψάρια μπορεί να παρουσιάζουν μια σημαντική διακύμανση στην χημική τους σύσταση, η οποία οφείλεται σε διάφορους παράγοντες (συμπεριλαμβανόμενων της ηλικίας και του μεγέθους, αλλά και της μεταβολής της ποσότητας και της χημικής σύνθεσης της τροφής). Το

ελάχιστο εμπορεύσιμο μέγεθος για τα χέλια στην Ευρώπη είναι περίπου 150 γραμμάρια και η επίδραση του μεγέθους στη σύνθεση του σώματος (λιπίδια, πρωτεΐνες και ξηρά ουσία) διαφόρων ειδών χελιού έχει επικεντρωθεί σε αρκετές μελέτες (Dave *et al.*, 1974; Gallagher *et al.*, 1984).

Στην παρούσα εργασία έγινε μελέτη υπολογισμού βιοχημικών παραμέτρων σε δυο πληθυσμούς: ενός εκτρεφόμενου πληθυσμού από μονάδα εκτροφής χελιών στην Άρτα κι ενός άγριου πληθυσμού με άτομα που συνελήφθησαν στην λιμνοθάλασσα του Αμβρακικού Κόλπου. Συγκεκριμένα μελετήθηκαν η ολική περιεκτικότητα πρωτεΐνης, η ολική περιεκτικότητα υγρασίας και η ολική περιεκτικότητα λίπους.

4.2.1 Ολική περιεκτικότητα πρωτεΐνης

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες καθορίζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και επηρεάζουν τις βιοχημικές παραμέτρους των άγριων ψαριών. Ωστόσο, η περιεκτικότητα της σάρκας σε πρωτεΐνη επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από το τάισμα, δεδομένου ότι εξαρτάται κυρίως από ενδογενείς παράγοντες, όπως είναι το είδος του ψαριού, η ποικιλία και το μέγεθος (Shearer, 1994; Huss, 1999).

Η περιεκτικότητα πρωτεϊνών στους μύες μπορεί να μην έχει την πρωταρχική σημασία του λίπους, αλλά συμβάλλει επίσης στην οργανοληπτική ποιότητα στις περιπτώσεις πρωτεϊνών που αλληλεπιδρούν με το νερό (Zayas, 1997). Επιπλέον και σε περιπτώσεις μακροχρόνιας νηστείας, η μείωση της μυϊκής πρωτεΐνης συνδετικού ιστού δίνει στη μαγειρεμένη σάρκα μια μη ικανοποιητική υφή (Love, 1992).

4.2.2 Ολική περιεκτικότητα υγρασίας

Το νερό είναι απαραίτητο για πολλές λειτουργίες του κάθε οργανισμού και καθώς αποτελεί το κύριο συστατικό των τροφίμων, συμβάλλει στη δομή, τη μικροβιολογική και χημική σταθερότητα, τα φυσικά χαρακτηριστικά, την εμφάνιση, τις τεχνολογικές διαδικασίες (επεξεργασία, αποθήκευση και διανομή) και τη διάρκεια ζωής τους (Mota da Silva, 2008).

Η μέτρηση της υγρασίας των τροφίμων είναι ιδιαιτέρως σημαντική για τους παρακάτω λόγους:

- Απαιτήσεις νομοθεσίας: υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια για τη μέγιστη ή την ελάχιστη περιεκτικότητα υγρασίας ανάλογα με το είδος του τροφίμου.

- Οικονομικοί λόγοι: το νερό αποτελεί το φθηνότερο και το συνηθέστερο μέσο νόθευσης των τροφίμων. Επίσης το περιεχόμενο νερό επιβαρύνει το κόστος του τροφίμου.
- Μικροβιακή σταθερότητα: η ανάπτυξη των μικροοργανισμών στα τρόφιμα εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους σε υγρασία.
- Ποιότητα τροφίμων: η υφή, η γεύση, η εμφάνιση και η σταθερότητα των τροφίμων εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία.
- Επεξεργασία τροφίμων: η γνώση της περιεκτικότητας τροφίμου σε υγρασία είναι απαραίτητη ώστε να προβλεφθεί η συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του, π.χ. ανάμιξη, ξήρανση, ρευστότητα ή συσκευασία (Σινάνογλου, 2016).

Σε γενικές γραμμές, παρόλο που ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε νερό είναι μια από τις πιο συχνά διεξαχθείσες αναλύσεις στα τρόφιμα, δεν είναι εύκολη διαδικασία, δεδομένου ότι τα τρόφιμα είναι πολύ περίπλοκα και αποτελούνται συνήθως από ένα μείγμα πολικών πρωτεϊνών και υδατανθράκων και απολικών ουσιών (λιπιδίων). Αυτό απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την παρασκευή δειγμάτων που προορίζονται για ανάλυση (Coultrate, 1996).

Η περιεκτικότητα της σάρκας των ψαριών σε νερό, ποικίλλει πολύ μεταξύ των διαφόρων ειδών και είναι γενικά αντιστρόφως ανάλογη προς την περιεκτικότητα σε λίπος και πρωτεΐνες και κυμαίνεται από 28% μέχρι 90% (Γεωργουλάκης, 2006).

4.2.3 Ολική περιεκτικότητα λίπους

Η ποιότητα της σάρκας είναι ένα πολύπλοκο σύνολο από ενδογενείς παράγοντες, όπως είναι η υφή, η χημική της σύνθεση, το χρώμα και η περιεκτικότητα σε λίπος (Fauconneau *et al.*, 1995) και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι οι διάφορες παραγωγικές διαδικασίες, αλλά και οι διαδικασίες χειρισμού των ψαριών πριν και μετά τη θανάτωσή τους (Gjerdrem, 1997) και διαφέρουν μεταξύ των αγορών. Σε γενικές γραμμές, η σύσταση και οι παράμετροι που έχουν να κάνουν με τις αισθήσεις μας, διαφέρουν μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων ψαριών (Netteleton & Exler, 1992).

Οι χημικές παράμετροι των άγριων ψαριών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της θάλασσας, οι οποίες καθορίζουν εν τέλει και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών. Στα εκτρεφόμενα ψάρια, το τάισμα με τεχνητές τροφές παρέχει ένα ευρύ φάσμα θρεπτικών ουσιών και το γεγονός αυτό δεν καθορίζει μόνο το ρυθμό αύξησης των ψαριών, αλλά και τη σύσταση της σάρκας, (Izquierdo *et al.*, 2003), αφού η υψηλή λιπιδική

περιεκτικότητα της δίαιτας και το εντατικό καθεστώς διατροφής επηρεάζουν τη χημική σύνθεση των ψαριών, οδηγώντας σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά (Lopparelli *et al.*, 2004).

Όσον αφορά τις οργανοληπτικές ιδιότητες, μια αυξημένη περιεκτικότητα σε λίπος στα εκτρεφόμενα ψάρια, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μικρότερη συνεκτικότητα, αλλά αυτή σχετίζεται επίσης και με άλλους παράγοντες, όπως η περιεκτικότητα της σάρκας σε κολλαγόνο, και το μέγεθος των μυϊκών ινών (Johnston *et al.*, 2000).

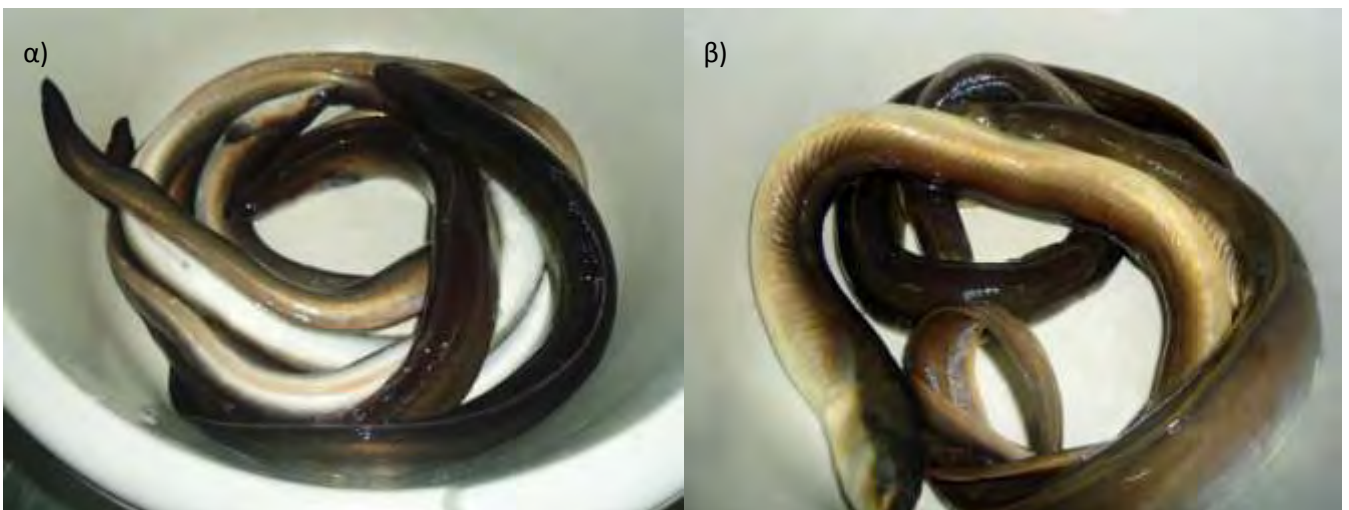
Η περιεκτικότητα σε λιπαρά επηρεάζει έντονα την εντύπωση γεύσης στο στόμα και οι διαφορές στην υφή των μυών των ψαριών έχουν συσχετιστεί με τα λιπίδια, τις πρωτεΐνες και την υγρασία (Venugopal & Shahidi, 1996). Οι ιστοί που είναι πλούσιοι σε λιπαρά συνήθως έχουν πολύ απαλή και χυμώδη γεύση, ενώ η αίσθηση της «ξηρότητας» ή της «ινώδους υφής» περιγράφει καλύτερα τον ιστό όταν τα επίπεδα λίπους είναι χαμηλά (Grigorakis *et al.*, 2003). Οι θαλάσσιες τροφές αποτελούν σημαντική πηγή ω-3 λιπαρών οξέων, των οποίων οι επιδράσεις στην υγεία (καθώς και άλλες διατροφικά σημαντικές πτυχές των θαλασσίων τροφών) δικαιολογούν την αυξημένη κατανάλωση (Otwell & Rickards, 1981/82).

Συγκεκριμένα για τα χέλια, η σύνθεση των θρεπτικών συστατικών των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών, αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Τα χέλια αποθηκεύουν λιπίδια σε μυϊκούς ιστούς, στο ήπαρ και στη σπλαχνική κοιλότητα. Η υψηλή περιεκτικότητα λιπιδίων στο φιλέτο χελιού επηρεάζει την τιμή του προϊόντος, αφού ευνοείται η εμπορική του αξία και η αποδοχή των καταναλωτών (Otwell & Rickards, 1981/82).

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Χειρισμός δειγμάτων

Το πείραμα διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Ιχθυολογίας, του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου. Για τον υπολογισμό των ανατομικών παραμέτρων (πλην της μυϊκής κυτταρότητας), μελετήθηκαν συνολικά 30 άτομα του ευρωπαϊκού χελιού (*Anguilla anguilla* L., 1758): 15 χέλια που προέρχονταν από μονάδα εκτροφής στην περιοχή της Άρτας στην Ήπειρο (Εικ. 26α) και 15 χέλια που συνελήφθησαν στην λιμνοθάλασσα του Αμβρακικού Κόλπου, επίσης στην Ήπειρο (άγριος πληθυσμός) (Εικ. 26β). Για τον υπολογισμό της μυϊκής κυτταρότητας και των βιοχημικών παραμέτρων, μελετήθηκαν συνολικά 12 άτομα: 6 εκτρεφόμενα και 6 άγρια χέλια, αντίστοιχα.



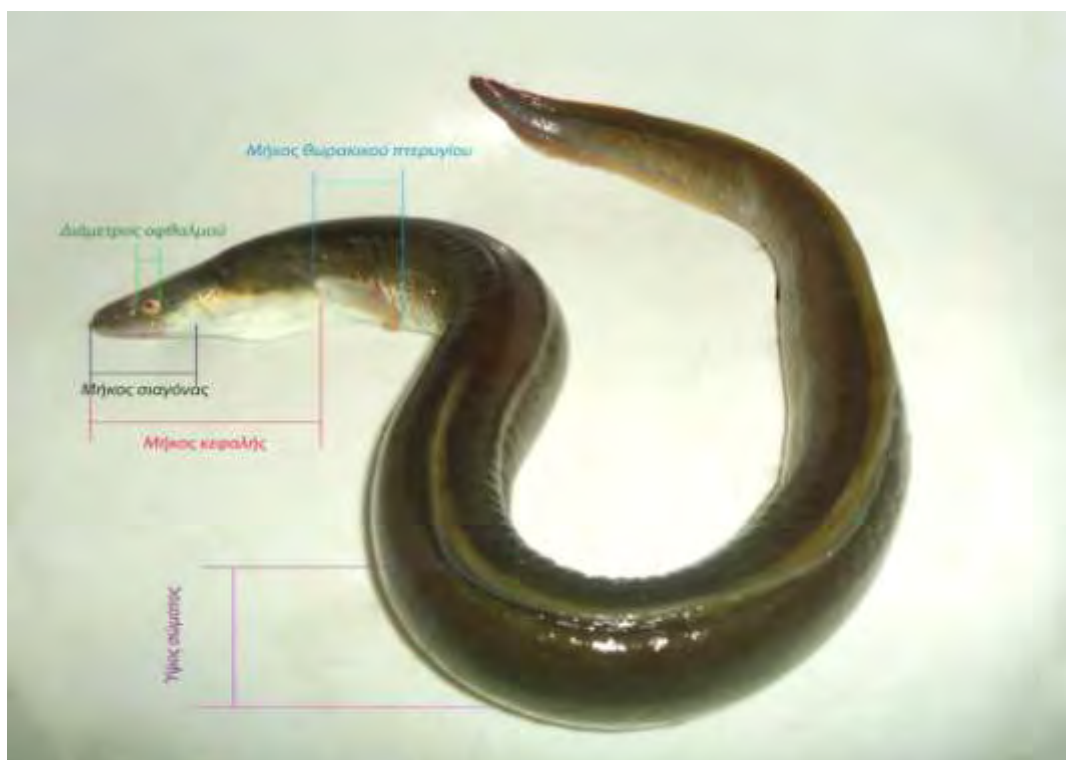
Εικ. 26: Χέλια της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις: α) Εκτρεφόμενα β) Άγρια.

Η επιλογή των δειγμάτων έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεγέθους μεταξύ των άγριων και των εκτρεφόμενων ατόμων, για να μπορεί να έχει και νόημα η μεταξύ τους σύγκριση. Υπήρχαν και στις δυο ομάδες μεγαλύτερα και μικρότερα χέλια. Το μέγεθος των δειγμάτων κυμαινόταν κατά προσέγγιση, κοντά στο εμπορικό μέγεθος. Συγκεκριμένα για τα άγρια χέλια το βάρος κυμάνθηκε από 95 g έως 398 g με μέσο βάρος 220,13 g ($\pm 82,84$) και για τα εκτρεφόμενα από 106 g έως 323 g με μέσο βάρος 199,80 g ($\pm 60,81$).

Τα ψάρια μεταφέρθηκαν οδικώς στο εργαστήριο, μέσα σε κιβώτια από φελιζόλ με πάγο. Αρχικά πλύθηκαν με νερό βρύσης και σκουπίστηκαν με απορροφητικό χαρτί, για την

απομάκρυνση του νερού και όλων των υπολειμμάτων βλέννας. Η δειγματοληψία ιστού από κάθε ψάρι, καθώς και η κατάψυξη και η αποθήκευση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν την ίδια ημέρα, αμέσως μόλις τα άτομα έφτασαν στο χώρο του εργαστηρίου. Ακολούθησε αποκεφαλισμός, εκσπλαχνισμός, αφαίρεση του δέρματος και φιλετοποίηση όλου του εδώδιμου μέρους της σάρκας του κάθε χελιού, με χρήση οργάνων ανατομίας, όπως ψαλίδι, νυστέρι και λαβίδα. Το ψαλίδι και το νυστέρι χρησιμοποιήθηκαν για την διάνοιξη των ψαριών, καθώς επίσης και για την κοπή τμημάτων της σάρκας τους και η λαβίδα χρησιμοποιήθηκε για την λήψη τμημάτων της σάρκας και την αποδερμάτωση.

Στις επόμενες ημέρες ολοκληρώθηκαν και οι μετρήσεις των μορφοανατομικών παραμέτρων (Εικ. 27) στα άτομα και των δυο κατηγοριών, κατά τη διάρκεια των οποίων τα δείγματα διατηρούνταν σε συνθήκες ψύξης. Για τον υπολογισμό των ανατομικών παραμέτρων, ελήφθησαν οι εξής μετρήσεις: ολικό μήκος σώματος (TL), βάρος σώματος (W), μέγιστο ύψος σώματος (MBH), μήκος κεφαλής (HL), μήκος σιαγόνας (JL), μήκος θωρακικού πτερυγίου (PFL), διάμετρος οφθαλμού (ED), βάρος καρδιάς (W_H), μήκος καρδιάς (L_H), πλάτος καρδιάς (Wd_H), βάρος ήπατος (W_L). Οι μετρήσεις βάρους πραγματοποιήθηκαν με ζυγούς ακριβείας ZENITH και ANDGF-200 (Εικ. 28), ενώ για τις μετρήσεις μήκους χρησιμοποιήθηκαν ιχθυόμετρο (Εικ. 29) και ηλεκτρονικό παχύμετρο (Εικ. 30).



Εικ. 27: Ορισμένες από τις μετρήσεις των μορφοανατομικών παραμέτρων.



Εικ. 28: Ζυγοί ακριβείας που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις βάρους.



Εικ. 29: Ιχθυόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ολικού μήκους των δειγμάτων.



Εικ. 30: Ηλεκτρονικό παχύμετρο που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις μήκους των δειγμάτων.

Για την αφαίρεση της καρδιάς και του ήπατος, πραγματοποιήθηκε μια τομή κατά μήκος της κοιλιάς του κάθε ατόμου (Εικ. 31). Η καρδιά βρίσκεται πίσω και κάτω από την βραγχιακή κοιλότητα και ακολουθεί το ήπαρ. Η μορφή της καρδιάς των χελιών είναι μια πυραμίδα με στρογγυλεμένες γωνίες.



Εικ. 31: Τομή στην κοιλιακή περιοχή χελιού και αποκάλυψη των εσωτερικών του οργάνων.

Ακολούθως προσδιορίστηκαν η ολική περιεκτικότητα λίπους, υγρασίας, και πρωτεΐνης (AOAC, 1984) της σάρκας στα φιλέτα των δειγμάτων.

5.2 Υπολογισμός σωματομετρικών δεικτών

Για τη σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των άγριων και των εκτρεφόμενων χελιών της παρούσας μελέτης, υπολογίστηκαν οι εξής σωματομετρικοί δείκτες:

α) Δείκτης ευρωστίας

Ο δείκτης ευρωστίας (Condition Factor, CF) χρησιμοποιείται για να γίνει η εποχιακή περιγραφή της σωματικής κατάστασης του ψαριού (Tesch, 1971) και αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη μέτρηση του σχήματος του σώματος. Ταυτόχρονα λειτουργεί ως ένας καλός δείκτης της διατροφικής κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα ψάρια (Grigorakis, 2007). Χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος του συντελεστή ευρωστίας:

$$K = W/TL^3 * 100$$

όπου **K** = ο συντελεστής ευρωστίας, **W**= το βάρος ψαριού και **TL** = το ολικό μήκος ψαριού.

β) Ηπατοσωματικός δείκτης

Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HIS) είναι ένας έμμεσος τρόπος μέτρησης της διατροφικής και ενεργειακής κατάστασης, καθώς και του ρυθμού αύξησης του ψαριού και εκφράζεται από τη σχέση:

$$\mathbf{HIS = (W_L / W) * 100}$$

όπου **HIS**= ο ηπατοσωματικός δείκτης, **W_L** = το βάρος του ήπατος και **W**= το βάρος ψαριού

γ) Κεφαλικός δείκτης

Ο κεφαλικός δείκτης (Cephalic index, CI), στην παρούσα μελέτη ορίστηκε ως το μήκος της κεφαλής εκφρασμένο σαν εκατοστιαίο ποσοστό του ολικού μήκους σώματος και χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\mathbf{CI = (HL / TL) * 100}$$

όπου **CI**= ο κεφαλικός δείκτης, **HL**= το μήκος κεφαλής και **TL**= το ολικό μήκος σώματος.

δ) Δείκτης διαμέτρου οφθαλμού

Ο δείκτης διαμέτρου οφθαλμού (Eye diameter index, EDI), ορίστηκε ως η διάμετρος του οφθαλμού εκφρασμένη σαν εκατοστιαίο ποσοστό του ολικού μήκους σώματος και χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\mathbf{EDI = (ED / TL) * 100}$$

όπου **EDI**= ο δείκτης διαμέτρου οφθαλμού, **ED**= η διάμετρος του οφθαλμού και **TL**= το ολικό μήκος σώματος.

ε) Δείκτης σιαγόνας

Ο δείκτης σιαγόνας (Jaw index, JI), ορίστηκε ως το μήκος της σιαγόνας εκφρασμένο σαν εκατοστιαίο ποσοστό του ολικού μήκους σώματος και χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\mathbf{JI = (JL / TL) * 100}$$

όπου **JI**= ο δείκτης σιαγόνας, **JL**= το μήκος σιαγόνας και **TL**= το ολικό μήκος σώματος.

στ) Καρδιακός δείκτης

Ο καρδιακός δείκτης (Heart index, HI), ορίστηκε ως το βάρος της καρδιάς εκφρασμένο σαν εκατοστιαίο ποσοστό του ολικού βάρους σώματος και χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\mathbf{HI = (H_w / W) * 100}$$

όπου **HI**= ο καρδιακός δείκτης, **H_w** = το βάρος της καρδιάς και **W**= το βάρος ψαριού.

5.3 Εκτίμηση μυϊκής κυτταρότητας

Για την εκτίμηση της μυϊκής κυτταρότητας των λευκών μυών χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες παράμετροι: ο αριθμός και η διάμετρος των μυϊκών ινών, καθώς και η κατανομή του μεγέθους τους, στο σύνολο της διατομής της σάρκας.

Δειγματοληψία ιστού

Αρχικά, σε κάθε ψάρι έγινε καθαρισμός και απομάκρυνση των λεπιών στο πίσω μέρος του σώματος. Εν συνεχεία, με τη βοήθεια ενός νυστεριού έγινε μια κάθετη τομή στη σάρκα στην περιοχή πίσω από την έδρα και μπροστά από το εδρικό πτερύγιο, σε όλο το ύψος του σώματος. Επίσης, κάτω από την πλευρική γραμμή και στο ύψος των σπονδύλων έγιναν δύο μικρές παράλληλες τομές και μία κάθετη, δημιουργώντας ένα μικρό δείγμα ιστού σε τετράγωνο σχήμα.

Το δείγμα ιστού αποσπάστηκε κόβοντας το κάτω μέρος του δείγματος στην περιοχή πάνω από τους σπονδύλους με νυστέρι και απομακρύνθηκε από το υπόλοιπο σώμα με τη βοήθεια μιας λαβίδας. Απομακρύνθηκε το κομμάτι του δείγματος που αποτελούνταν από κόκκινο μυ (ξεχωρίζει εύκολα λόγω χρώματος) κι έτσι στο τελικό δείγμα παρέμεινε μόνο λευκός μυς από τη σάρκα του χελιού.

Διαδικασία κατάψυξης ιστών - Αποθήκευση

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι τομές και οι δειγματοληψίες σε όλα τα άτομα, στη συνέχεια τοποθετήθηκε υγρό άζωτο σε ειδικό μονωτικό δοχείο, ενώ μέσα σε αυτό βυθίστηκε ένα μικρότερο δοχείο που περιείχε εξάνιο (το οποίο σταθεροποιείται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία, παραμένει υγρό και δίνει καλύτερη ψύξη των δειγμάτων). Κατά την βύθιση του δοχείου με το εξάνιο στο υγρό άζωτο, παρουσιάστηκε κοχλασμός και από τα δύο υγρά. Έτσι, αφέθησαν να «ηρεμήσουν» για λίγη ώρα, ενώ το δοχείο που περιείχε το εξάνιο πάγωσε.

Αμέσως μετά, το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε ένα μικρό ειδικό σκεύος, που το κάτω μέρος του είναι επενδυμένο με ειδικό δίχτυ, ενώ το επάνω μέρος του είναι προσαρμοσμένο σε μια λαβίδα. Το κάθε σκεύος (που περιείχε ένα δείγμα) τοποθετήθηκε μέσα στο δοχείο με το εξάνιο και παρέμεινε βυθισμένο εκεί για 30sec. Κατά τη χρονική διάρκεια αυτή, το σκεύος ανακινούνταν ελαφρά. Αμέσως μετά, το δείγμα απομακρύνθηκε από το εξάνιο και τοποθετήθηκε αμέσως στην κατάψυξη μέσα σε αριθμημένο ουροσυλλέκτη. Η όλη διαδικασία έγινε για όλα τα δείγματα ξεχωριστά.

Εν συνεχεία τοποθετήθηκε αλουμινοχαρτο πάνω από τη μάζα τομής ώστε να καλυφθεί το δείγμα, ο ουροσυλλέκτης σφραγίστηκε με καπάκι και τοποθετήθηκε σε ειδικό πλαστικό ψυγείο

με θέσεις υποδοχής. Όλοι οι ουροσυλλέκτες με τα δείγματά τους μεταφέρθηκαν και τοποθετήθηκαν σε καταψύκτη βαθιάς ψύξης στους -70°C , όπου και διατηρήθηκαν.

Τομές

Ένα περίπου μήνα μετά την κατάψυξη των δειγμάτων στους -70°C , οι ουροσυλλέκτες μεταφέρθηκαν με θερμομονωτικό ψυγείο στην κρουτόμο και τοποθετήθηκαν μέσα στο κουβούκλιό της, όπου η θερμοκρασία ήταν ρυθμισμένη στους -25°C . Αμέσως μετά, τοποθετήθηκε πάνω στην αποσπώμενη βάση της κρουτόμου λίγη κόλλα για κρουτομές (GSV1) και ένα μικρό στρογγυλό κομμάτι φελλού. Μόλις στέγνωσε η κόλλα, από υγρή έγινε άσπρη και σταθερή. Στη συνέχεια, από έναν ουροσυλλέκτη απομακρύνθηκε το δείγμα και ερευνήθηκε το σημείο όπου θα γίνονταν οι τομές. Αμέσως μετά τοποθετήθηκε κόλλα στην απέναντι πλευρά του δείγματος από αυτή που θα γινόταν η τομή και το δείγμα με τη σειρά του τοποθετήθηκε πάνω στο φελλό. Μόλις στέγνωσε η κόλλα, όλη η αποσπώμενη βάση μαζί με το δείγμα τοποθετήθηκαν στο ακίνητο σύστημα, ακριβώς απέναντι από το μαχαίρι της κρουτόμου. Ξεκίνησε η κοπή χωρίς αρχικά να λαμβάνονται τομές, αλλά για να λειανθεί η περιοχή όπου θα γίνονταν οι κανονικές τομές.

Αμέσως μετά την λείανση του δείγματος, έγινε καθαρισμός με πινέλο, της μεταλλικής πλάκας που βρίσκεται πίσω από το μαχαίρι της κρουτόμου. Στην συνέχεια, πάνω από την μεταλλική αυτή πλάκα, εφαρμόστηκε ένα ρυθμιζόμενο πλαστικό ορθογώνιο κάλυμμα και έγινε λήψη μιας τομής 10μ. Η τομή πέρασε μεταξύ της μεταλλικής πλάκας και του πλαστικού καλύμματος. Πλησιάζοντας μια αντικειμενοφόρο πλάκα πάνω στη μεταλλική πλάκα που βρίσκεται η τομή, η τομή κόλλησε πάνω στην αντικειμενοφόρο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.

Αυτή η διαδικασία για τη λήψη τομών έγινε αρκετές φορές στο ίδιο δείγμα και σε διαφορετικές αντικειμενοφόρες πλάκες για την κάθε τομή. Στη συνέχεια, αφέθηκαν οι αντικειμενοφόρες ώστε να στεγνώσουν οι τομές, αφού πρώτα σημειώθηκε με μολύβι πάνω τους ο αριθμός του χελιού. Αμέσως μετά, τοποθετήθηκαν μέσα σε ειδικό κουτί φύλαξης, το οποίο στο τέλος κάθε εργασίας αποθηκεύονταν στην κατάψυξη. Το δείγμα καλύφθηκε αυτή τη φορά με αλουμινόχαρτο, επανατοποθετήθηκε στον ουροσυλλέκτη και μεταφέρθηκε πάλι στη βαθιά κατάψυξη. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για κάθε δείγμα χωριστά.

Χρώση τομών

Η χρώση των τομών πραγματοποιήθηκε με βάση την παρακάτω μέθοδο:

- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε *Toluidine blue* για 3min

- Ξέπλυμα των αντικειμενοφόρων με νερό βρύσης (από την ανάποδη μεριά)
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε απεσταγμένο νερό για 5min ώστε να απομακρυνθεί το περίσσιο χρώμα
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 70% για 5min
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 90% για 5min
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 95% για 5min
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε διάλυμα αιθανόλης 100% για 5min
- Στέγνωμα των αντικειμενοφόρων πάνω σε διηθητικό χαρτί
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων σε ειδική θήκη και εμβάπτισή τους στο Neoclear για 3min
- Στέγνωμα των αντικειμενοφόρων σε διηθητικό χαρτί και τοποθέτηση των επικαλυπτρίδων δίπλα τους
- Τοποθέτηση 1 σταγόνας mounting medium (μέσο μονιμοποίησης) πάνω στην τομή
- Τοποθέτηση των αντικειμενοφόρων πάνω στις επικαλυπτρίδες για επικάλυψη της τομής
- Στέγνωμα των αντικειμενοφόρων πλακών και αποθήκευσή τους σε κλίβανο

5.4 Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας πρωτεΐνης

Προσδιορίστηκε η ολική περιεκτικότητα πρωτεΐνης με την μέθοδο Kjeldahl (AOAC, 1984) σε δείγματα φιλέτων άγριων (n=6) και εκτρεφόμενων (n=6) χελιών.

Υλικά και Αντιδραστήρια

- Απιονισμένο νερό
- Υπεροξειδίο υδρογόνου (H₂O₂), 50%
- Πυκνό Θειικό οξύ 95-97 %
- NaOH (60% w/v)
- Ταμπλέτα καταλύτη που περιέχει θειικό κάλιο (K₂SO₄) και σελήνιο (Se) (Foss Tecator 1527-0001)
- Μείγμα δεικτών: Ερυθρό μεθυλίου (0,1%w/v σε αλκοόλη) και πράσινο της βρωμοκρεσόλης (0.2%w/v σε αλκοόλη) σε αναλογία 1:5
- Διάλυμα κορεσμένου βορικού οξέος (H₃BO₃)
- Πρότυπο διάλυμα HCl 0,1N

Με τη μέθοδο Kjeldahl υπολογίζονται οι ολικές πρωτεΐνες σε λυοφιλιωμένα δείγματα ιστού. Η μέθοδος στην πραγματικότητα υπολογίζει την περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο. Το περιεχόμενο άζωτο μετατρέπεται σε όξινο θειικό αμμώνιο κατά την υγρή χώνευση (wet digestion) του δείγματος με πυκνό θειικό οξύ, παρουσία καταλύτη. Ακολουθεί εξουδετέρωση του πυκνού H₂SO₄ με πυκνό καυστικό νάτριο (NaOH) που διασπά τα αμμωνιακά άλατα και απελευθερώνει αμμωνία, η οποία αποστάζει με υδρατμούς και συλλέγεται σε κορεσμένο διάλυμα βορικού οξέος. Τέλος πραγματοποιείται ογκομέτρηση της περίσσειας βορικού (οπισθοογκομέτρηση) με χρήση υδροχλωρίου 0,1N και δείκτη. Η διαδικασία πραγματοποιείται εις τριπλούν για κάθε δείγμα.

Διαδικασία

- Τοποθέτηση σε ειδικό σωλήνα μικρο-Kjeldahl, 200 mg δείγματος, ταμπλέτα καταλύτη (1,7 g), 2-3 γυάλινα σφαιρίδια (ώστε να αποφευχθεί υστέρηση βρασμού και να εξασφαλισθεί ομοιόμορφος βρασμός), 6 ml πυκνού θειικού οξέος και 1 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου.
- Πραγματοποίηση τυφλού προσδιορισμού με όλα τα αντιδραστήρια χωρίς την παρουσία του δείγματος.
- Τοποθέτηση του δείγματος σε ειδική συσκευή θέρμανσης (προθερμασμένη στους 110°C) για 1 ώρα.
- Αφού ψυχθεί το δείγμα, προστίθενται 20 ml απιονισμένου νερού και NaOH 60%.
- Τοποθέτηση των σωλήνων σε συσκευή απόσταξης με υδρατμούς και συλλογή του αποστάγματος σε ποτήρι ζέσεως των 250ml που περιέχει 5 σταγόνες δείκτη σε 20 ml κορεσμένου βορικού οξέος.
- Μετά τη συλλογή περίπου 120 ml αποστάγματος, τιτλοδοτείται το διάλυμα στο ποτήρι ζέσεως με HCl 0,1N.

Έκφραση αποτελεσμάτων

$$\% N = (V_{HCl} - v_{HCl}) / 1000 \times 14,01 / W(g)$$

Όπου: V_{HCl}= ml HCl για το δείγμα, v_{HCl}=ml HCl για το τυφλό, W=βάρος δείγματος σε g.

Από το άζωτο (%) υπολογίζεται η πρωτεΐνη (%) με πολλαπλασιασμό επί το συντελεστή 6.25, δεδομένου ότι οι πρωτεΐνες θεωρείται ότι περιέχουν κατά μέσο όρο 16% N.

$$Pr (\%) = N(\%) \times 6,25$$

Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή της % πρωτεΐνης επί ξηρού σε πρωτεΐνη επί νωπού μέσω της υγρασίας του νωπού δείγματος.

5.5 Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας υγρασίας

Προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα της υγρασίας με ξήρανση σε δείγματα φιλέτων άγριων (n=6) και εκτρεφόμενων (n=6) χελιών, με τη χρήση αποξηραντικού κλιβάνου βάσει της παρακάτω μεθόδου (AOAC, 1984):

- Τοποθέτηση 5 g δείγματος σε προζυγισμένη κάψα πορσελάνης και τεμαχισμός του για μεγιστοποίηση της επιφάνειας εξάτμισης
- Τοποθέτηση της κάψας σε κλίβανο στους 103 °C για 24 ώρες.
- Ζύγισμα εκ νέου της κάψας και υπολογισμός της διαφοράς βάρους.

Έκφραση αποτελεσμάτων

Η τελική διαφορά βάρους ανάγεται επί % και μας δίνει την περιεκτικότητα του δείγματος σε νερό επί %.

5.6 Προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας λίπους

Ο προσδιορισμός ολικής περιεκτικότητας λίπους σε δείγματα φιλέτων άγριων (n=6) και εκτρεφόμενων (n=6) χελιών, πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση προζυγισμένου δείγματος με πετρελαϊκό αιθέρα σε συσκευή επαναλαμβανόμενων εκχυλίσεων Soxhlet βάσει της παρακάτω μεθόδου (AOAC, 1984):

- Τοποθέτηση 50 ml πετρελαϊκού αιθέρα σε προζυγισμένες κυλινδρικές φιάλες μαζί με πέτρες βρασμού.
- Τοποθέτηση ποσότητας λυοφιλιωμένου δείγματος (3g) σε ειδικές χάρτινες φύσιγγες στη συσκευή Soxhlet.
- Οι χάρτινες φύσιγγες και οι σφαιρικές φιάλες με τον διαλύτη τοποθετούνται στην προθερμασμένη συσκευή Soxhlet και εκτελείται σειρά εκχυλίσεων.
- Μετά το πέρας των εκχυλίσεων, απομάκρυνση του αιθέρα με περιστροφικό εξατμιστήρα (rotary evaporator) υπό ελαττωμένη πίεση.
- Τοποθέτηση των σφαιρικών φιαλών σε φούρνο για 1 ώρα στους 60°C.
- Μετά το πέρας του χρόνου θέρμανσης ακολουθεί η τοποθέτηση τους σε ξηραντήρα μέχρι να κρυώσουν και να ζυγιστούν σε αναλυτικό ζυγό.

Έκφραση αποτελεσμάτων

Το λίπος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\% \text{ λίπος} = 100 * (\text{βάρους φιάλης με λίπος} - \text{αρχικό βάρους φιάλης}) / w$$

Όπου: w= βάρους λυοφυλιωμένου δείγματος (g)

Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή του % λίπους.

5.7 Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή σε πρόγραμμα EXCEL για την εύρεση της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης των μορφομετρικών παραμέτρων και δεικτών, του μέσου όρου του μεγέθους των μυϊκών ινών, την ταξινόμησή τους σε κλάσεις μεγέθους και την δημιουργία των διαγραμμάτων.

Η σύγκριση των μέσων όρων των μορφομετρικών παραμέτρων μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων χελιών έγινε με τη χρήση του t-test, ενώ η αντίστοιχη σύγκριση των ανατομικών δεικτών έγινε με τη χρήση του χ^2 test, για να διαπιστωθεί η ύπαρξη στατιστικώς σημαντικών διαφορών μεταξύ των δυο ομάδων.

Η σύγκριση των διασπορών της κατανομής συχνότητας μεγέθους των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών δύο πληθυσμών, έγινε με την δοκιμασία ομογένειας (Kolmogorov–Smirnov).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Αποτελέσματα μετρήσεων μορφοανατομικών χαρακτηριστικών

Από την πραγματοποίηση μετρήσεων των μορφοανατομικών χαρακτηριστικών σε 15 άγρια (Α) και 15 εκτρεφόμενα (Ε) χέλια του είδους *Anguilla anguilla* στην περιοχή του Αμβρακικού Κόλπου, προέκυψαν οι τιμές που αναγράφονται στους Πίνακες 1 και 2.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν για κάθε χέλι, οι κάτωθι δείκτες, οι τιμές των οποίων αναγράφονται αντίστοιχα στους Πίνακες 3 και 4:

- α) Δείκτης ευρωστίας
- β) Ηπατοσωματικός δείκτης
- γ) Κεφαλικός δείκτης
- δ) Δείκτης διαμέτρου οφθαλμού
- ε) Δείκτης σιαγόνας
- στ) καρδιακός δείκτης

Στον Πίνακα 5 έχει γίνει ο υπολογισμός της Μέσης Τιμής και της Τυπικής Απόκλισης των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανατομικών δεικτών, καθώς και η σύγκριση μεταξύ των άγριων και εκτρεφόμενων ατόμων, με τη χρήση t-test και χ^2 test.

Πίνακας 1: Μετρήσεις μορφοανατομικών χαρακτηριστικών σε άγρια χέλια του είδους *A. anguilla* της λιμνοθάλασσας του Αμβρακικού Κόλπου, Ήπειρος.

Αριθμός Δείγματος	Ολικό μήκος (TL) (cm)	Βάρος (W)(g)	Ύψος (ΜΒΗ) (cm)	Μήκος κεφαλής (ΗL) (cm)	Μήκος σιαγόνας (JL) (cm)	Μήκος θωρ.πτερυγίου (PFL) (cm)	Διάμετρος οφθαλμού (ED) (mm)	Βάρος καρδιάς (W _H) (g)	Μήκος καρδιάς (L _H) (mm)	Πλάτος καρδιάς (WdH) (mm)	Βάρος ήπατος (W _L) (g)
A1	42,4	120	2,6	4,9	1,3	2,2	5,50	0,24	11,87	7,50	1,25
A2	42,5	114	2,4	5,2	1,4	1,7	4,80	0,20	10,03	6,95	1,33
A3	41,8	95	2,2	5,7	1,6	1,7	5,30	0,18	11,77	5,42	1,33
A4	47,1	171	2,7	5,5	1,6	2,2	5,00	0,44	16,42	9,70	1,31
A5	47,4	187	3,0	5,5	1,3	1,9	5,04	0,29	14,85	6,94	2,08
A6	51,6	268	3,6	6,0	1,8	2,2	5,60	0,90	19,79	10,26	3,46
A7	47,0	179	3,0	5,5	1,6	2,2	4,72	0,42	14,88	8,79	2,75
A8	50,6	269	3,3	6,4	1,9	2,3	5,49	0,79	18,87	12,25	5,04
A9	51,7	236	3,3	6,0	1,5	2,4	5,78	0,44	17,20	8,70	2,76
A10	50,7	248	3,4	5,8	1,6	2,4	6,15	0,31	15,45	7,10	2,38
A11	52,7	249	3,1	6,2	1,6	2,4	5,88	0,56	17,21	10,23	4,16
A12	49,7	210	3,1	6,1	1,6	2,2	5,42	0,20	11,57	6,57	2,26
A13	50,0	213	3,0	5,7	1,5	2,1	5,95	0,53	17,13	9,74	2,79
A14	57,8	398	4,0	7,2	2,1	2,8	6,69	0,60	16,04	10,86	5,38
A15	55,7	345	3,6	7,0	2,2	2,6	7,36	0,54	17,90	9,33	3,92

Πίνακας 2: Μετρήσεις μορφοανατομικών χαρακτηριστικών σε εκτρεφόμενα χέλια του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, Ήπειρος.

Αριθμός Δείγματος	Ολικό μήκος (TL) (cm)	Βάρος (W)(g)	Ύψος (ΜΒΗ) (cm)	Μήκος κεφαλής (HL) (cm)	Μήκος σιαγόνας (JL) (cm)	Μήκος θωρ.πτερυγίου (PFL) (cm)	Διάμετρος οφθαλμού (ED) (mm)	Βάρος καρδιάς (W _H) (g)	Μήκος καρδιάς (L _H) (mm)	Πλάτος καρδιάς (WdH) (mm)	Βάρος ήπατος (W _L) (g)
E1	37,6	106	2,5	4,5	1,5	2,2	7,21	0,22	12,56	7,46	1,00
E2	43,5	156	2,8	5,6	1,4	1,9	8,57	0,34	13,46	7,51	1,39
E3	43,5	173	3,1	5,0	1,4	2,2	8,25	0,51	14,95	8,98	1,72
E4	40,8	150	2,9	5,1	1,3	1,9	7,60	0,39	13,95	8,23	1,55
E5	38,8	123	2,8	4,9	1,2	1,6	7,90	0,32	13,30	8,04	1,32
E6	41,6	166	3,2	5,0	1,5	2,1	8,19	0,33	14,36	8,34	1,58
E7	44,4	206	3,4	5,3	1,4	2,1	8,20	0,47	14,78	9,02	2,41
E8	45,7	180	3,0	5,0	1,3	1,9	7,69	0,46	14,64	8,66	1,57
E9	50,3	239	3,5	5,9	1,7	2,1	8,10	0,38	13,30	8,28	2,87
E10	46,1	192	3,1	5,4	1,6	2,7	8,20	0,49	13,20	8,17	2,21
E11	45,2	200	3,2	5,4	1,4	2,0	7,36	0,49	16,02	9,76	2,14
E12	48,3	223	3,7	5,6	1,7	2,5	7,20	0,41	17,78	9,15	2,30
E13	52,0	323	3,9	7,1	2,0	2,4	7,80	0,45	16,55	10,28	4,27
E14	49,2	270	3,7	5,9	1,7	2,0	6,70	0,37	16,57	8,59	3,74
E15	51,3	290	4,0	6,7	2,1	2,2	6,27	0,35	17,60	8,86	5,43

Πίνακας 3: Υπολογισμός ανατομικών δεικτών σε άγρια χέλια του είδους *A. anguilla* της λιμνοθάλασσας του Αμβρακικού Κόλπου, Ήπειρος.

Αριθμός Δείγματος	Ολικό μήκος (TL) (cm)	Δείκτης ευρωστίας (Κ)	Ηπατοσωματικός δείκτης (HIS)	Κεφαλικός δείκτης (CI)	Δείκτης διαμέτρου οφθαλμού (EDI)	Δείκτης σιαγόνας (JI)	Καρδιακός δείκτης (HI)
A1	120	0,16	1,04	11,56	12,97	3,07	0,20
A2	114	0,15	1,17	12,24	11,29	3,29	0,18
A3	95	0,13	1,40	13,64	12,68	3,83	0,19
A4	171	0,16	0,77	11,68	10,62	3,40	0,26
A5	187	0,18	1,11	11,60	10,63	2,74	0,16
A6	268	0,20	1,29	11,63	10,85	3,49	0,34
A7	179	0,17	1,54	11,70	10,04	3,40	0,23
A8	269	0,21	1,87	12,65	10,85	3,75	0,29
A9	236	0,17	1,17	11,61	11,18	2,90	0,19
A10	248	0,19	0,96	11,44	12,13	3,16	0,13
A11	249	0,17	1,67	11,76	11,16	3,04	0,22
A12	210	0,17	1,08	12,27	10,91	3,22	0,10
A13	213	0,17	1,31	11,40	11,90	3,00	0,25
A14	398	0,21	1,35	12,46	11,57	3,63	0,15
A15	345	0,20	1,14	12,57	13,21	3,95	0,16

Πίνακας 4: Υπολογισμός ανατομικών δεικτών σε εκτρεφόμενα χέλια του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, Ήπειρος.

Αριθμός Δείγματος	Ολικό μήκος (TL) (cm)	Δείκτης ευρωστίας (Κ)	Ηπατοσωματικός δείκτης (HIS)	Κεφαλικός δείκτης (CI)	Δείκτης διαμέτρου οφθαλμού (EDI)	Δείκτης σιαγόνας (JI)	Καρδιακός δείκτης (HI)
E1	120	0,20	0,94	11,97	19,18	3,99	0,21
E2	114	0,19	0,89	12,87	19,70	3,22	0,22
E3	95	0,21	0,99	11,49	18,97	3,22	0,29
E4	171	0,22	1,03	12,50	18,63	3,19	0,26
E5	187	0,21	1,07	12,63	20,36	3,09	0,26
E6	268	0,23	0,95	12,02	19,69	3,61	0,20
E7	179	0,24	1,17	11,94	18,47	3,15	0,23
E8	269	0,19	0,87	10,94	16,83	2,84	0,26
E9	236	0,19	1,20	11,73	16,10	3,38	0,16
E10	248	0,20	1,15	11,71	17,79	3,47	0,26
E11	249	0,22	1,07	11,95	16,28	3,10	0,25
E12	210	0,20	1,03	11,59	14,91	3,52	0,18
E13	213	0,23	1,32	13,65	15,00	3,85	0,14
E14	398	0,23	1,39	11,99	13,62	3,46	0,14
E15	345	0,21	1,87	13,06	12,22	4,09	0,12

Πίνακας 5: Μέση Τιμή, Τυπική Απόκλιση και Σύγκριση των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανατομικών δεικτών μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, Ήπειρος.

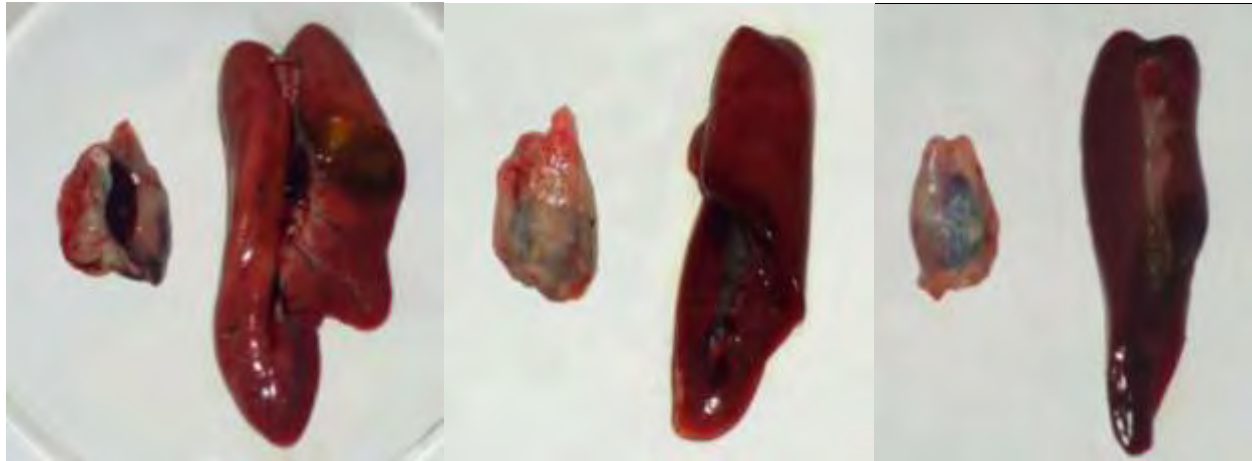
Παράμετρος	Μέση Τιμή και Τυπική Απόκλιση		Σύγκριση
	Άγρια άτομα	Εκτρεφόμενα άτομα	
			t-test
Ολικό μήκος (TL) (cm)	49,25 (±4,66)	45,22 (±4,42)	P<0,05
Βάρος (W) (g)	220,13 (±82,84)	199,80 (±60,81)	ΜΣΔ
Ύψος (MBH) (cm)	3,09 (±0,48)	3,25 (±0,44)	ΜΣΔ
Μήκος κεφαλής (HL) (cm)	5,91 (±0,62)	5,49 (±0,69)	ΜΣΔ
Μήκος σιαγόνας (JL) (cm)	1,64 (±0,26)	1,55 (±0,26)	ΜΣΔ
Μήκος θωρ.πτερυγίου (PFL) (cm)	2,22 (±0,30)	2,12 (±0,27)	ΜΣΔ
Διάμετρος οφθαλμού (ED) (mm)	5,65 (±0,71)	7,68 (±0,64)	P<0.05
Βάρος καρδιάς (W_H) (g)	0,44 (±0,22)	0,40 (±0,08)	ΜΣΔ
Μήκος καρδιάς (L_H) (mm)	15,40 (±2,91)	14,87 (±1,67)	ΜΣΔ
Πλάτος καρδιάς (WdH) (mm)	8,69 (±1,89)	8,62 (±0,76)	ΜΣΔ
Βάρος ήπατος (W_L) (g)	2,81 (±1,34)	2,37 (±1,24)	ΜΣΔ
			X² test
Δείκτης ευρωστίας (K)	0,18 (±0,02)	0,21 (±0,02)	P<0.05*
Ηπατοσωματικός δείκτης (HIS)	1,26 (±0,28)	1,13 (±0,25)	ΜΣΔ
Κεφαλικός δείκτης (CI)	12,01 (±0,62)	12,14 (±0,69)	ΜΣΔ
Δείκτης διαμέτρου οφθαλμού (EDI)	11,47 (±0,93)	17,18 (±2,44)	P<0.05*
Δείκτης σιαγόνας (JI)	3,32 (±0,36)	3,41 (±0,35)	ΜΣΔ
Καρδιακός δείκτης (HI)	0,20 (±0,06)	0,21 (±0,05)	ΜΣΔ
ΜΣΔ = δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων			

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μέσων όρων των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανατομικών δεικτών μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων χελιών από την περιοχή του Αμβρακικού Κόλπου υποδεικνύουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς (P<0,05) στο ολικό μήκος, τη διάμετρο οφθαλμού, τον δείκτη ευρωστίας και τον δείκτη διαμέτρου οφθαλμού.

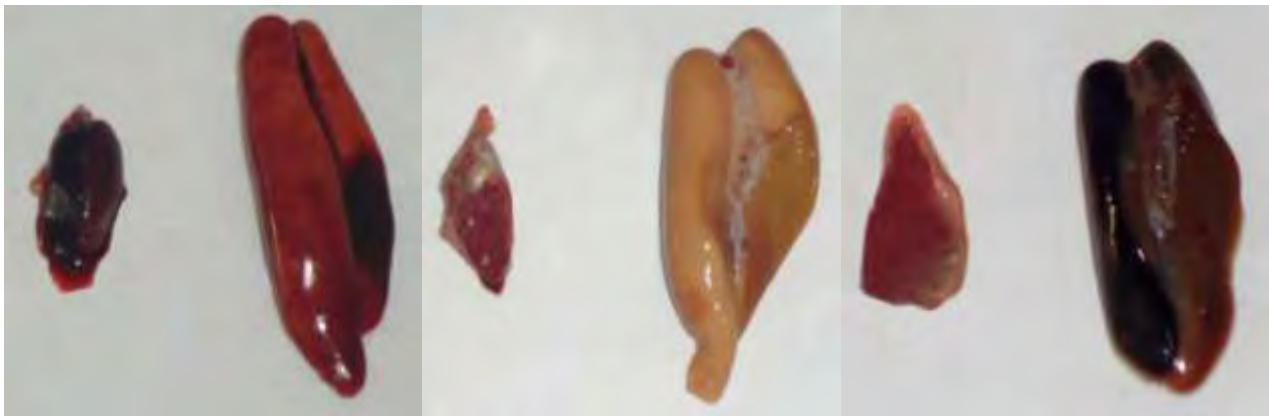
Η μακροσκοπική παρατήρηση της καρδιάς σε όλα τα δείγματα του ευρωπαϊκού χελιού (*A. anguilla* L., 1758) της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι στα

εκτρεφόμενα άτομα το ποσοστό όσων είχαν εμφανή αποθέματα λίπους στο επικάρδιό τους, ήταν μεγαλύτερο από αυτό των άγριων ατόμων. Πιο συγκεκριμένα, τα εκτρεφόμενα άτομα παρουσίασαν εμφανή αποθέματα λίπους γύρω από την καρδιά σε ποσοστό 60%, ενώ αντίθετα το αντίστοιχο ποσοστό των άγριων ατόμων ήταν 33%.

Στην Εικ. 32 απεικονίζονται το ήπαρ και η καρδιά εκτρεφόμενων ατόμων με εμφανή αποθέματα λίπους στο επικάρδιο, ενώ στην Εικ. 33 απεικονίζονται το ήπαρ και η καρδιά άγριων ατόμων χωρίς ιδιαίτερα αποθέματα λίπους.



Εικ. 32: Ήπαρ και καρδιά εκτρεφόμενων ατόμων του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, με εμφανή αποθέματα λίπους στο επικάρδιο.



Εικ. 33: Ήπαρ και καρδιά άγριων ατόμων του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, χωρίς ιδιαίτερα αποθέματα λίπους στο επικάρδιο.

6.2 Αποτελέσματα μετρήσεων μυϊκής κυτταρότητας

Από τις μετρήσεις που έγιναν με την παρατήρηση των τομών στο μικροσκόπιο, προέκυψαν 1037 αποτελέσματα για τα άγρια και 1022 για τα εκτρεφόμενα χέλια. Αυτά ταξινομήθηκαν ακολούθως σε 10 κλάσεις μεγέθους, με εύρος 100 μm η κάθε μια. Στον Πίνακα 6 αναγράφεται ο

αριθμός των μυϊκών ινών που μετρήθηκε σε κάθε μια από τις κλάσεις μεγέθους, τόσο για τα άγρια, όσο και για τα εκτρεφόμενα χέλια.

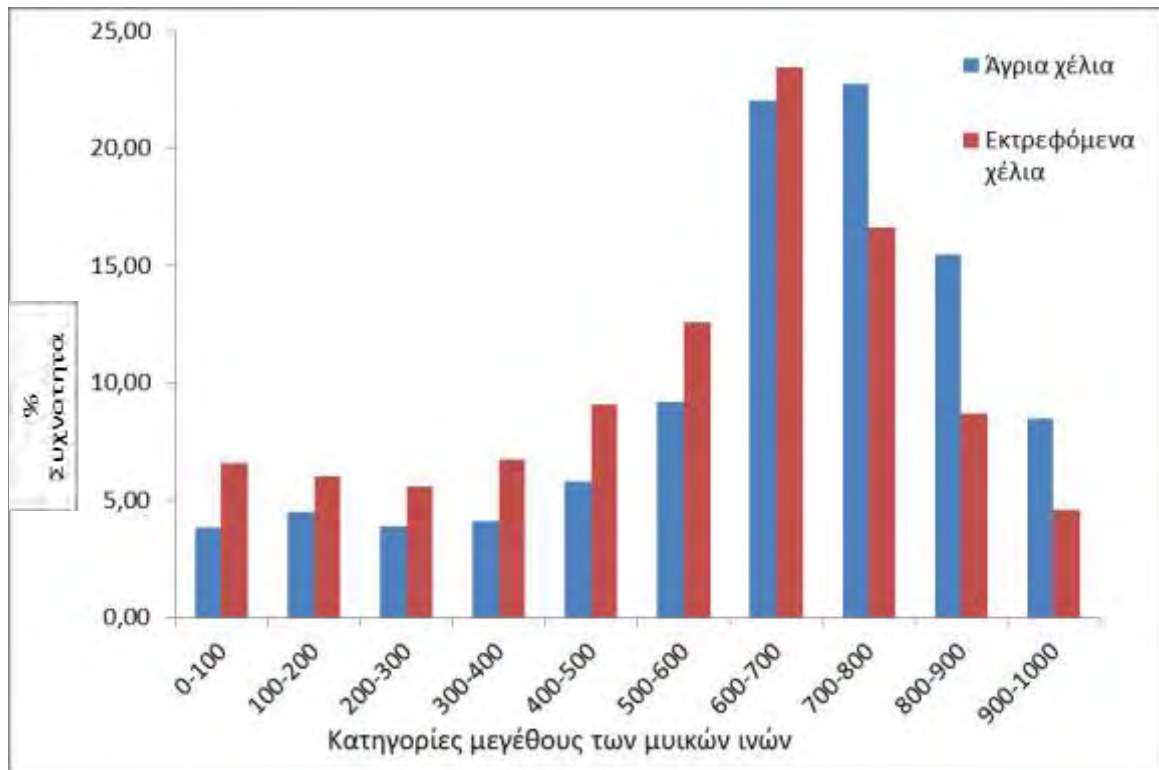
Πίνακας 6: Κατανομή μυϊκών ινών, ανά κλάση μεγέθους άγριων και εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου.

Κλάσεις μεγέθους (μm)	Άγρια χέλια	Εκτρεφόμενα χέλια
0-100	27	79
100-200	72	59
200-300	22	25
300-400	14	44
400-500	24	68
500-600	45	63
600-700	117	392
700-800	546	275
800-900	155	12
900-1000	15	5
Σύνολο	1037	1022

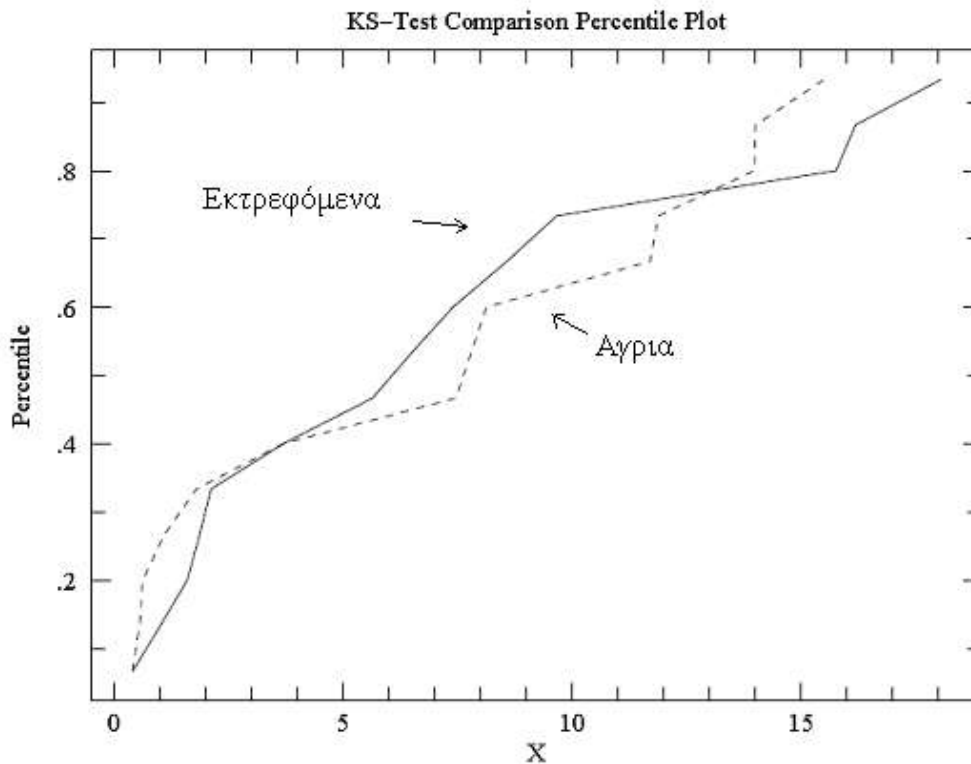
Στον Πίνακα 7 αναγράφεται η ποσοστιαία κατανομή των μυϊκών ινών της κάθε κλάσης μεγέθους, για τα άγρια και τα εκτρεφόμενα χέλια αντιστοίχως και πώς αυτά ομαλοποιήθηκαν με την διαδικασία εξομάλυνσης Kernel Function (Periago *et al.*, 2005).

Πίνακας 7: Ποσοστιαία κατανομή μυϊκών ινών, ανά κλάση μεγέθους άγριων και εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου.

Κλάσεις μεγέθους (μm)	% κατανομής		% μετά από εξομάλυνση	
	Άγρια χέλια	Εκτρεφόμενα χέλια	Άγρια χέλια	Εκτρεφόμενα χέλια
0-100	2,6	7,73	3,85	6,60
100-200	6,94	5,77	4,48	6,03
200-300	2,12	2,45	3,87	5,59
300-400	1,35	4,31	4,14	6,72
400-500	2,32	6,65	5,80	9,06
500-600	4,34	6,16	9,20	12,60
600-700	11,28	38,36	22,02	23,46
700-800	52,65	26,91	22,72	16,61
800-900	14,95	1,17	15,46	8,72
900-1000	1,45	0,49	8,46	4,61
Σύνολο	100	100	100	100



Διάγραμμα 1: Κατανομή συχνότητας μεγέθους των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου.

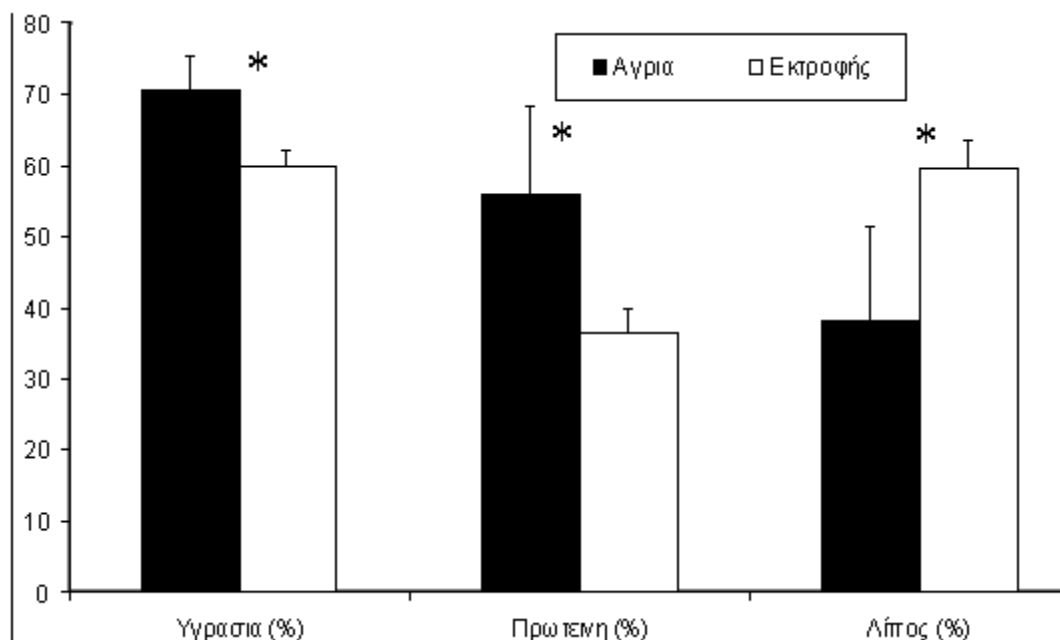


Διάγραμμα 2: Σύγκριση της κατανομής συχνότητας μεγέθους των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των δυο κατανομών με την μέθοδο Kolmogorov - Smirnov δεν υποδεικνύουν την ύπαρξη διαφοράς στην κατανομή συχνότητας μεγέθους των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών ($P= 0.975$).

6.3 Αποτελέσματα ανάλυσης χημικής σύστασης

Από την ανάλυση της χημικής σύστασης της σάρκας των άγριων και των εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* στην περιοχή της λιμνοθάλασσας του Αμβρακικού κόλπου, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα, όπως απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3, που ακολουθεί.



Διάγραμμα 3: Χημική σύσταση της σάρκας των άγριων και των εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου. Οι αστερίσκοι υποδεικνύουν στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων (χ^2 -τεστ, $P<0,05$).

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μορφοανατομικά χαρακτηριστικά

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των μέσων όρων των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανατομικών δεικτών μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων χελιών από την περιοχή του Αμβρακικού Κόλπου, υποδεικνύουν την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς ($P < 0,05$) στο ολικό μήκος, τη διάμετρο οφθαλμού, τον δείκτη ευρωστίας και τον δείκτη διαμέτρου οφθαλμού (Πίνακας 5). Αντιθέτως, από την στατιστική ανάλυση δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη στατιστικώς σημαντικής διαφοράς σε κανένα από τα υπόλοιπα μορφομετρικά χαρακτηριστικά και τους ανατομικούς δείκτες που μελετήθηκαν.

Στα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν και που είχαν το συγκεκριμένο εύρος τιμών, προέκυψε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ολικό μήκος του σώματος, με τα άγρια χέλια να εμφανίζονται μακρύτερα από τα εκτρεφόμενα, αλλά όχι βαρύτερα, αφού το βάρος σώματος δεν ανήκει σε εκείνες τις παραμέτρους που διαφοροποιούνται μεταξύ των δυο ομάδων. Αντιστοίχως, ο δείκτης ευρωστίας που περιγράφει τη σωματική κατάσταση των ψαριών, παρουσίασε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων. Έτσι, τα άγρια χέλια εμφανίζονται να έχουν ένα μακρύτερο και λεπτότερο σχήμα σώματος, σε αντίθεση με τα εκτρεφόμενα που έχουν ένα πιο κοντό και χοντρό σώμα.

Ο δείκτης διαμέτρου οφθαλμού διαφέρει σημαντικά και εμφανίζεται μεγαλύτερος στα εκτρεφόμενα χέλια, ανεξάρτητα από το τι συμβαίνει με το μήκος σώματος. Η διαφορά αυτή είναι πιθανόν να οφείλεται στις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν σε μια εκτροφή και στη φύση. Σε αντίθεση με τα εκτρεφόμενα ψάρια, που ζουν μέσα σε σχεδόν πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον, οι άγριοι πληθυσμοί βρίσκονται διαρκώς εκτεθειμένοι στις εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της φωτοπεριόδου. Είναι γνωστό ότι οι συνθήκες του περιβάλλοντος που ζουν τα ψάρια, αλλά και οι ορμονικές συνθήκες που επικρατούν κάθε φορά, είναι δυνατόν να επηρεάσουν την αλλομετρική αύξηση της διαμέτρου του οφθαλμού (Nowosad *et al.*, 2014).

Από τη μακροσκοπική παρατήρηση της καρδιάς και στα 30 δείγματα του ευρωπαϊκού χελιού, προέκυψε το συμπέρασμα ότι στα εκτρεφόμενα άτομα το ποσοστό όσων είχαν εμφανή αποθέματα λίπους στο επικάρδιό τους, ήταν σαφώς μεγαλύτερο από αυτό των άγριων ατόμων. Είναι πολύ πιθανό, το γεγονός αυτό να οφείλεται στο ότι τα χέλια σε συνθήκες εκτροφής, ζουν μέσα σε ελεγχόμενο περιβάλλον και η σίτισή τους γίνεται με περιοδικό ρυθμό και με άμεση

διαθεσιμότητα τροφής, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στη φύση (Mérigoux & Ponton, 1998). Επίσης, η σύσταση της προσλαμβανόμενης τροφής είναι διαφορετική στις δυο περιπτώσεις. Επιπλέον, τα ψάρια στη φύση, αναγκάζονται να κολυμπούν συνεχώς για να μπορούν να εξασφαλίσουν την τροφή τους ή για να αποφύγουν τους πιθανούς θηρευτές, καταναλώνοντας μεγαλύτερη ενέργεια, γεγονός που αποτρέπει τη συσσώρευση λίπους στο σώμα τους. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων μπορεί να εξηγήσει τη διαφορά που διαπιστώνεται ως προς την εναπόθεση λίπους στο επικάρδιο των δυο ομάδων χελιών της μελέτης.

Επιπροσθέτως, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αν και το παραπάνω φαίνεται ότι είναι ένα πολύ διαδεδομένο πρόβλημα στην ιχθυοκαλλιέργεια, μέχρι στιγμής έχει παραβλεφθεί και δεν του έχει δοθεί η δέουσα σημασία, παρ' όλο που σχετίζεται άμεσα με την ευζωία των ψαριών και θα έπρεπε να απασχολεί τόσο τους επιστήμονες, όσο και τους ίδιους τους παραγωγούς. Η μη φυσιολογική καρδιακή μορφολογία και κατ' επέκταση η μειωμένη καρδιαγγειακή ικανότητα, μειώνουν την ανθεκτικότητα του οργανισμού και θα μπορούσαν να προκαλέσουν σοβαρές απώλειες, εξαιτίας της αυξημένης θνησιμότητας και του μειωμένου ρυθμού ανάπτυξης. Υπάρχει επίσης ένα μεγάλο ηθικό δίλημμα που εμπλέκεται στην εκτροφή των ψαριών που δεν είναι ικανά να χειριστούν φυσιολογικούς (σε μια παραγωγική διαδικασία) στρεσογόνους παράγοντες και καταστάσεις κατά τους διάφορους χειρισμούς των υδατοκαλλιεργειών, όπως είναι οι διαλογές, οι μεταφορές και οι θεραπείες (Porpe *et al.*, 2003).

Μυϊκή κυτταρότητα

Η σύγκριση των διασπορών της κατανομής συχνότητας μεγέθους των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών του είδους *A. anguilla* δύο πληθυσμών από την περιοχή του Αμβρακικού κόλπου με την δοκιμασία ομογένειας Kolmogorov-Smirnov, έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Διαγράμματα 1 και 2).

Τα χέλια που προέρχονται από εκτροφή ζουν σε ελεγχόμενες συνθήκες διατροφής, κίνησης, θερμοκρασίας κ.ά., σε αντίθεση με τα άγρια χέλια των οποίων οι αντίστοιχες διατροφικές και περιβαλλοντικές συνθήκες ποικίλλουν και σχετίζονται με τον τρόπο ζωής της εκάστοτε χρονικής περιόδου. Θα περίμενε λοιπόν κανείς να διαπιστώσει σημαντική διαφορά στην κατανομή συχνότητας μεγέθους των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού μεταξύ των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών, που θα μπορούσε να σχετίζεται με το ιστορικό ανάπτυξης του κάθε ψαριού.

Η στατιστική ανάλυση της κατανομής των μεγεθών των μυϊκών κυττάρων του σκελετικού μυϊκού ιστού δεν έδειξε σημαντική διαφορά. Παρ' όλα αυτά όμως, υπάρχει μια μεγαλύτερη συχνότητα των μεγάλων (με μέγεθος >700 μm) μυϊκών κυττάρων των άγριων χελιών, που ίσως να

αντανακλά μια σημαντική διαφορά σε αυτό μόνο το μέγεθος των μυϊκών ινών. Αυτό θα πρέπει να διερευνηθεί με κάποια επιπλέον στατιστική ανάλυση, ώστε να εξακριβωθεί αν υπάρχουν πράγματι κάποιες διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων χελιών σε αυτό το επίπεδο.

Όπως προαναφέρθηκε, τα χαρακτηριστικά της υφής της σάρκας επηρεάζονται και καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την κυτταρότητα των λευκών μυών. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι εφ' όσον η μυϊκή κυτταρότητα μεταξύ των άγριων και εκτρεφόμενων χελιών δεν διαφέρει σημαντικά, η συνεκτικότητα της σάρκας, που αποτελεί μια σημαντική οργανοληπτική παράμετρο, ίσως να μην διαφέρει επίσης (Hatae *et al.* 1990).

Χημική σύσταση

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, η διερεύνηση της χημικής σύστασης της σάρκας των άγριων και των εκτρεφόμενων χελιών και τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης στην παρούσα εργασία, έδειξαν πως υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ψαριών (Διάγραμμα 3). Σε σύγκριση με τα χέλια εκτροφής, τα άγρια χέλια είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης και υγρασίας και χαμηλότερη περιεκτικότητα λίπους, γεγονός που υποδεικνύει τη θρεπτική υπεροχή τους.

Η χημική σύνθεση των ψαριών εξαρτάται από τα εγγενή χαρακτηριστικά τους, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και το ιστορικό σίτισης (Grigorakis, 1999), επομένως είναι αναμενόμενες οι διαφορές μεταξύ άγριων και εκτρεφόμενων ψαριών. Έτσι, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορούν να ερμηνευθούν και βάσει των διαφορετικών συνθηκών διατροφής και πυκνότητας, που επικρατούν μεταξύ εκτρεφόμενων και άγριων ψαριών. Τα χέλια που ζουν μέσα σε ελεγχόμενο περιβάλλον, τρέφονται σε τακτά χρονικά διαστήματα με ιχθυοτροφές υψηλής ενεργειακής αξίας και λιπιδικού περιεχομένου, προκειμένου να εμφανίσουν όσο το δυνατόν ταχύτερη ανάπτυξη. Παράλληλα όμως με το ρυθμό αύξησης των ψαριών επηρεάζεται και η σύσταση της σάρκας, (Izquierdo *et al.*, 2003), αφού η υψηλή λιπιδική περιεκτικότητα της διαίτας και το εντατικό καθεστώς διατροφής επηρεάζουν τη χημική σύνθεση των ψαριών, οδηγώντας σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά (Lorparelli *et al.*, 2004). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την περιορισμένη τους κολυμβητική ικανότητα και δραστηριότητα μέσα στις δεξαμενές εκτροφής, οδηγεί σε αυξημένη εναπόθεση λίπους στο σώμα των εκτρεφόμενων χελιών, σε σύγκριση με τα άγρια (Alasalvar *et al.*, 2002b).

Η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι συνήθως αντιστρόφως συσχετισμένη με την περιεκτικότητα σε λίπος (Alasalvar *et al.*, 2002b), ενώ αντιθέτως η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και υγρασία είναι δυο άμεσα αλληλοεξαρτώμενα χαρακτηριστικά, αφού στην πραγματικότητα η

ικανότητα συγκράτησης νερού αναφέρεται στην ικανότητα της πρωτεΐνης να απορροφά το νερό και να το συγκρατεί ενάντια στις βαρυτικές δυνάμεις μέσω αλληλεπίδρασης με αμινοξέα (Damodarn, 1996). Επομένως στα άγρια χέλια που η περιεκτικότητα πρωτεΐνης ήταν αυξημένη, ήταν αναμενόμενο να εμφανίζεται αυξημένη και η περιεκτικότητα υγρασίας.

Εν κατακλείδι

Οι δυνατότητες που παρέχονται στην εκτροφή χελιών μέσω των διαφόρων διατροφικών χειρισμών μπορούν να προσφέρουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των άγριων, που δεν είναι άλλο από την προμήθεια της αγοράς με χέλια εμπορεύσιμου μεγέθους καθ 'όλη τη διάρκεια του έτους, με ελεγχόμενη χημική σύνθεση και βελτιωμένη οργανοληπτική ποιότητα (Grigorakis *et al.* 2002; 2003). Οι ιχθυοτροφές παρέχουν ένα ευρύ φάσμα θρεπτικών συστατικών, τα οποία όχι μόνο καθορίζουν τον ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών, αλλά επηρεάζουν και τη σύνθεση της σάρκας, ιδίως την περιεκτικότητα σε λιπίδια, η οποία μπορεί να τροποποιηθεί ποσοτικά και ποιοτικά (Grigorakis *et al.*, 2002; Šimat *et al.*, 2012).

Οποιοσδήποτε χειρισμός γίνεται στη διατροφή τους, πρέπει να προσβλέπει στην παραγωγή ψαριών που να ανταποκρίνονται στα πρότυπα και τις προσδοκίες των καταναλωτών και να μεγιστοποιεί τα διατροφικά οφέλη με την κατανάλωση εκτρεφόμενων ψαριών, σύμφωνα με τις συστάσεις των κλινικών επιστημόνων (Lenas *et al.*, 2011). Η ποιότητα των εκτρεφόμενων χελιών είναι μια σημαντική παράμετρος και η σύγκριση με τα άγρια άτομα θα είναι δυνατόν να δώσει μια εικόνα, που ίσως να κάνει ευκολότερη την αποδοχή των εκτρεφόμενων ψαριών από τους καταναλωτές, οι οποίοι συχνά εμφανίζονται επιφυλακτικοί απέναντι στα ψάρια που προέρχονται από υδατοκαλλιέργειες (Verbeke *et al.*, 2007).

Είναι προφανές ότι σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο να γίνουν επιπλέον μελέτες που θα συγκρίνουν διαφορετικά μεγέθη εκτρεφόμενων και άγριων πληθυσμών χελιών, από διαφορετικές εποχές του χρόνου. Αυτό θα συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση και αποσαφήνιση των διαφορών μεταξύ τους ως προς τα μορφοανατομικά χαρακτηριστικά και την χημική σύνθεση, αλλά και στην ανάπτυξη μιας στρατηγικής για τη διατήρηση των φυσικών αποθεμάτων παράλληλα με τη βελτίωση των υδατοκαλλιεργειών.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Alasalvar C., Taylor K.D.A., Shahidi F., 2002a. Comparative quality assessment of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 2039–2045.
- Alasalvar C., Taylor K.D.A., Zubcov E., Shahidi F., Alexis M., 2002b. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry* 79: 145–150.
- AOAC, 1984. *Official methods of analysis* (14th ed.). Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemist.
- Arechavala–Lopez P., Sanchez–Jerez P., Bayle–Sempere J., Sfakianakis D., Somarakis S., 2012a. Morphological differences between wild and farmed Mediterranean fish. *Hydrobiologia* 679: 217-231.
- Arechavala–Lopez P., Sanchez–Jerez P., Izquierdo–Gomez D., Toledo–Guedes K., Bayle–Sempere J.T., 2012b. Does fin damage allow discrimination among wild, escaped and farmed *Sparus aurata* (L.) and *Dicentrarchus labrax* (L.)? *Journal of Applied Ichthyology* (in press).
- Arechavala–Lopez P, Fernandez –Jover D., Black K.D., Ladoukakis E., Bayle–Sempere J., Sanchez–Jerez P., Dempster T., 2013. Differentiating the wild or farmed origin of Mediterranean fish: a review of tools for sea bream and sea bass. *Reviews in Aquaculture* 4, 1–21.
- Arthington A.H., Blühdorn D.R., 1998. The effects of species interactions resulting from aquaculture operations. *Asian Fisheries Society* 11: 71–95.
- Bagenal T.B. and Tesch F.W., 1978. Age and growth. In: T.B. Bagenal, editor. *Methods for assessment of Fish Production in Fresh Waters*. IBp Handbook No3, 3rd ed. Blackwell Scientific, Oxford, 101-136.
- Beecham R.V., Minchew C.D., Parsons G.R., 2007. Comparative swimming performance of juvenile pond–cultured and wild–caught channel catfish. *North Am J Fish Manag.* 27:729-34.
- Bell J.G., Preston T., Henderson R.J., Strachan F., Bron J.E., Cooper K. *et al*, 2007. Discrimination of wild and cultured European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) using chemical and isotopic analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 5934–5941.
- Berejikian B.A. and Tezak E.P., 2005. Rearing in enriched hatchery tanks improves dorsal fin quality of juvenile steelhead. *North Am J Aquaculture*, 67: 289 – 93.

- Brannon E., Setter A., Altick J., Miller M., 1987. Columbia River white sturgeon genetics and early life history. Population segregation and juvenile feeding behavior. Project No. 1983-31600, Portland, Oregon, USA: Bonneville Power Administration.
- Calderon–Aguilera L.E., 1991. An autoregressive model of temperature – growth relationship for the Western Mediterranean blue whiting *Micromesistius poutassou*. *Ecol. Modeling*, 56:47-61.
- Carpene E., Martin B., Dalla Libera L., 1998. Biochemical differences in lateral muscle of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 19: 229–238.
- Ciccoti E. and Fontenelle G., 2000. Aquaculture of European eel (*Anguilla anguilla*) in Europe: a review. Pp. 9–11 In: *Abstracts of the 3rd East Asian Symposium on Eel Research–Sustainability of Resources and Aquaculture of Eels*. Keelung: Taiwan Fisheries Research Institute.
- Coultate, T., 1996. Food – the chemistry of its components series of The Royal Society of Chemistry Paper backs, 3rd ed., Royal Society of Chemistry: London.
- Cushing D.H., 1970. Fisheries Biology. A study In Population Dynamics. The Univ. of Wisconsin Press, Ltd. Madison, Milwaukee and London.
- Cuvier G., 1828. Historical portrait of the progress of ichthyology, from its origin to our own time. Ed. T.W. Pietsch (1995). The John’s Hopkins University press, Baltimore, 366.
- Damodarn S., 1996. Amino acids, peptides and proteins. In *Food Chemistry*: 3ed edition; Fennema, O.R., Ed.; Dekker: New York.
- Dave G., Johansson M.L., Larsson N., Lewander K. and Lidman U., 1974. Metabolic and hematological studies on the yellow and silver phases of the European eel, *Anguilla anguilla* L.-11. Fatty acid composition. *Comp. Biochem. Physiol.* 53B, 509-515.
- Deelder C.L., 1984. Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). FAO Fisheries Synopsis No. 80, Rev.1.73p.
- Dekker W., 2002. Monitoring of glass eel recruitment. Report C007/02-WD, Netherlands Institute of Fisheries Research, IJmuiden, 256 pp.
- Dempster T., Moe H., Fredheim A., Jensen Ø., Sanchez – Jerez P., 2007. Escapes of marine fish from sea–cage aquaculture in the Mediterranean Sea: status and prevention. *CIESM Workshop Monographics*, 32: 55 - 60.
- Di Giacomo E.E. and Perier M.R., 1994. Reproductive biology of the cockfish, *Callorhynchus callorhynchus* (Holocephali: Callorhynchidae), in Patagonian waters (Argentina). *Fishery Bulletin*, 92: 531-539.

- Eaton D.R., 1996. The Identification and Separation of Wild-Caught and Cultivated Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). MAFF Fisheries Research Technical Report, vol. 103. MAFF, Lowestoft.
- Egginton S. and Johnston I.A., 1982. Muscle fibre differentiation and vascularization in the juvenile European eel (*Anguilla anguilla*, L). Cell Tissue Res. 222, 563-577.
- Eschmeyer W.N., 2014. Catalog of Fishes. Updated 10 March 2014. Available at: <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalogfishcatmain.asp>.
- FAO, 1998. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma.
- Fauconneau B., Alami-Durante H., Laroche M., Marcel J., Vallot D., 1995. Growth and meat quality relations in carp. Aquaculture 129, 265–297.
- Fiske P., Lund R.A., Hansen L.P., 2005. Identifying fish farm escapees. In Cadrin S.X., Friedland K.D. & Waldman J.R. (eds), Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science. Elsevier, Amsterdam: 659 – 680.
- Gallagher M.L., Kane E. and Beringer R., 1984. Effect of size on composition of the American eel, *Anguilla rostrata*. Comp. Biochem. Physiol., 78A, 533-536.
- Gjerdrem T., 1997. Flesh quality improvement in fish through breeding. Aquac. Int. 5, 197–206.
- Goncalves J.M.S., Bentes L., Lino P.G., Ribeiro J., Canario A.V.M., Erzini K., 1996. Weight –length relationships for selected fish species of the small – scale demersal fisheries of the south and south–west coast of Portugal. Fish. Res., 30: 253-256.
- Gousset B., 1992. Culture in Japan. Bulletin No. 10. L’Institut Oceanographique. Monaco.
- Graham M.S. and Farrell A.P., 1992. Environmental influences on cardiovascular variables in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J Fish Biol, 41: 851 – 853.
- Grigorakis K., 1999. Quality of Cultured and Wild Gilt-Head Sea Bream (*Sparus aurata*) and Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) (PhD Thesis). University of Lincolnshire and Humberside.
- Grigorakis K., 2007. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: a review. Aquaculture 272: 55–75.
- Grigorakis K., Rigos G., 2011. Aquaculture effects on environmental and public welfare – the case of Mediterranean mariculture. Chemosphere 855: 899–919.
- Grigorakis K., Alexis M.N., Taylor K.D.A., Hole M., 2002. Comparison of wild and cultured gilthead sea bream; composition, appearance and seasonal alterations. International Journal of Food Science and Technology 37: 477–484.

- Grigorakis K., Taylor K.D.A., Alexis M.N., 2003. Organoleptic and volatile aroma compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream: sensory differences and possible chemical basis. *Aquaculture* 225: 109–119.
- Hatae K., Yoshimatsu F., Matsumoto J.J., 1990. Role of muscle fibres in contributing firmness of cooked fish. *J. Food Sci.* 55, 693–696.
- Huss H.H., 1999. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. Documento Técnico de pesca 348. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma, Italia.
- ICES, 2000. International Council for the Exploration of the Sea. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. *ICES CM 2000/ACFM: 6.* 87.
- ICES, 2005. International Council for the Exploration of the Sea. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. *ICES CM 2005/ACFM: 01.* Ireland. 71
- Ihssen P.E., Booke H.E., Mc Glade J.M., Payne N.R., Utter F.M., 1981. Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 1838 -1855.
- Izquierdo M.S., Obach A., Arantzamendi L., Montero D., Robaina L., Roselund G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquac. Nutr.* 9, 397–407.
- Jensen Ø., Dempster T., Thorstad E., Uglem I., Fredheim A., 2010. Escapes of fish from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions*1: 71–83.
- Johnston I.A., 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture* 177, 99– 115.
- Johnston I.A. and Moon T.W., 1980. Endurance exercise training in the fast and slow muscles of a teleost fish (*Pollachius virens*). *J. Comp. Physiol.* 135, 147-156.
- Johnston I.A., Alderson R., Sandham C., Dingwall A., Mitchell D., Selkirk C., Nickell D., Baker R., Robertson B., Whyte D., Springate J., 2000. Muscle fibre density in relation to the colour and textural of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 189, 335– 349.
- Kamstra A., Vanderheul J.W. and Nijhofm M., 1998. Performance and optimisation of trickling filters on eel farms. *Aquaculture Engineering*, 17, 175-192.
- Karaiskou N., Triantafyllidis A., Katsares V., Abatzopoulos T., Triantaphyllidis C., 2009. Microsatellite variability of wild and farmed populations of *Sparus aurata*. *Journal of Fish Biology*, 74Q 1816 – 1825.

- Kastelein P., 1983. Survival and growth of eels (*A. anguilla*, L.) reared on an expended granulated diet. *Aquaculture*, 30: 155-172.
- Kiessling A., Storebakken T., Asgard T., Kiessling K.H., 1991. Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. I. Growth dynamics. *Aquaculture* 93, 335-356.
- Lagler K.F., 1972. *Freshwater Fishery Biology*. 2nd edition. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, USA, 421p.
- Le Cren E.D., 1951. The determination of the age and growth of the perch *Perca fluviatilis* from the opercular bone. *Anim. Ecol.*, 16, 188-204.
- Lenas D.S., Triantafyllou D.J., Chatziantoniou S., Nathanailides C., 2001. Fatty acid profile of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Journal of Consumer Protection and Food Safety*. 6:435–440.
- Lenhardt M., Jarić I., Cvijanović G., Kolarević J., Gačić Z., Smederevac–Lalić M., Višnjić–Jeftić Z., 2012. Comparison of morphological characters between wild and cultured sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). *Slov. Vet. Res.*, 49 (4); 177 – 184.
- Liao I.C., Hsu Y.- K., Lee W.C., 2002. Technical innovations in eel culture systems. *Rev. Fish. Sci.* 10: 433-450.
- Lie Ø., Hemre G.I. and Lambertsen G., 1990. A comparison of the composition of cultured and wild caught European eel (*Anguilla anguilla*) particularly regarding lipids. *Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernering*, Vol. 111, No 2, 3-11.
- López–Albors O., Gil F., Ramírez Zarzosa G., Vázquez J.M., Latorre R., García Alcázar A., Arencibia A., Moreno F., 1998. Muscle development in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*, L.) and Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*, L.): further histochemical and ultrastructural aspects. *Anat. Histol. Embryol.* 27, 223-229.
- López–Albors O., Abdel I., Periago M.J., Ayala M.D., Alcázar A.G., Graciá C.M., Nathanailides C., Vázquez J.M., 2008. Temperature influence on the white muscle growth dynamics of the sea bass *Dicentrarchus labrax*, L. Flesh quality implications at commercial size. *Aquaculture* 277 (2008) 39–51.
- Lopparelli R.M., Segato S., Corato A., Fasolato L., Andrighetto I., 2004. Sensory evaluation of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed two diets differing in fat content. *Veterinary Research Communications* 28: 225–227.

- Losordo T. and Hobbs A., 2000. Using computer spreadsheets for water flow and biofilter sizing in recirculating aquaculture production systems. *Aquaculture Engineering*. 23, 95-102.
- Love R.M., 1992. Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. In: Hall, G.M. (Ed.), *Fish Processing Technology*. Balckie Academic, NY, pp. 1–30.
- Loy A., Boglione C., Cataudella S., 1999. Geometric morphometrics and morpho–anatomy: a combined tool in the study of sea bream (*Sparus aurata*) shape. *Jour. of Appl. Ichthyology*, 15: 104 – 110.
- Loy A., Bertelletti M., Costa C., Ferlin L., Cataudella S., 2001. Shape changes and growth trajectories in the early stages of three species of the genus *Diplodus* (Perciformes, Sparidae). *Journal of Morphology*, 250: 24 – 33.
- Matsui I., 1952. Studies on the morphology, ecology and pond-culture of the Japanese eel (*Anguilla japonica* Temminck & Schlegel). *J. Shimonoseki College of Fisheries*.
- Mota da Silva V., Silva L.A., Andrade J.B., Veloso M.C., Santos G.V., 2008. Determination of moisture content and water activity in algae and fish by thermoanalytical techniques. *Quím. Nova* vol.31 no.4 São Paulo.
- Mérigoux S. and Ponton D., 1998. Body shape, diet and ontogenetic diet shifts in young fish of the Sinnamary River, French Guiana, South America. *Journal of Fish Biology*, 52: 556 – 569.
- Meyer A., 1987. Phenotypic plasticity and heterochrony in *Cichlasoma managuense* (Pisces, Cichlidae) and their implication for speciation in cichlid fishes. *Evolution*, 41: 1357 – 1369.
- Nasopoulou C., Nomikos T., Demopoulos C.A., Zabetakis I., 2007. Comparison of antiatherogenic properties of lipids obtained from wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Chemistry* 100: 560–567.
- Nathanailides C., López – Albors O., Abellán E., Vázquez J.M., Tyler D.D., Rowleron A., Stickland N.C., 1996. Muscle cellularity in relation to somatic growth in the European sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquac. Res.* 27, 885-889.
- Naylor R., Hindar K., Fleming I.A., Goldberg R., Williams S., Volpe J., Whoriskey F., Eagle J., Kelso D., Mangel M., 2005. Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net – pen aquaculture. *Bio Science*, 55 (5): 427 – 437.
- Netteleton J.A. and Exler J., 1992. Nutrients in wild and farmed fish and shellfish. *J. Food Sci.* 57, 257–260.
- Nikolsky G.V., 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, Inc. London and New York, 352 pp.

- Nowosad J., Kucharczyk D., Czarkowski T.K., Kwasek K., 2014. Changes in Body Weight and Eye Size in Female European Eel Kept in Fresh and Salt Water. Italian Journal of Animal Science Vol. 13, Iss. 2,
- Orban E., Navigato T., Di Lena G., Casini I., Marzetti A., 2003. Differentiation in the lipid quality of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Journal of Food Science 68: 128–132.
- Otwell W .S. and Rickard W. S., 1981/1982. Cultured and wild American eels, (*Anguilla rostrata*): fat content and fatty acid composition. Aquaculture, 26, 67-76.
- Periago M.J., Ayala M.D., López – Albors O., Abdel I., Martínez C., García Alcázar A., Ros G., Gil F., 2005. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass *Dicentrarchus labrax* L. Aqyac. 249, 175-188.
- Poppe T.T., Johansen R., Gunnes G., Tørud B., 2003. Heart morphology in wild and farmed Atlantic salmon *Salmo salar* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Dis Aquat Org., 57: 103-108.
- Rogdakis Y., Koukou K., Ramfos A., Dimitriou E., Katselis G., 2011. Comparative morphology of wild, farmed and hatchery – released gilthead sea bream (*Sparus aurata*) in western Greece. Int. J. Fish Aquaculture, 3: 1 – 9.
- Rowlerson A., Scapolo P.A., Mascarello F., Caprene E., Veggetti A., 1985. Comparative study of myosin present in the lateral muscle of some fish: species variations in myosin isoforms and their distribution in red, pink and white muscle. J. Muscle Res. Cell Motil. 6, 601-640.
- Šegvić–Bubić T., Talijančić I., Grubišić L., Izquierdo–Gomez D., Katavić I., 2014. Morphological and molecular differentiation of wild and farmed gilthead sea bream *Sparus aurata*: implications for management. Aquaculture Envir. Interactions, 6:43 -54 (2014).
- Shearer K.D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. Aquaculture 119, 63– 88.
- Šimat V., Bogdanović T., Krželj M., Soldo A., Marsić Lucić J., 2012. Differences in chemical, physical and sensory properties during shelf life assessment of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.). Journal of Applied Ichthyology 28: 95–101.
- Sola L., De Innocentiis S., Rossi A.R., Crosetti D., Scardi M., Boglione C. *et al.*, 1998. Genetic variability and fingerling quality in wild and reared stocks of European sea bass. Cahiers Options Méditerrané ennes 34: 273–280.
- Tesch F.W., 1971. Age and Growth. In: Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, by: Richer W.E., Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

- Tesch F.W. (Thorpe, J.E., ed.), 2003. The eel, 5th ed. Blackwell Science, Oxford, England. 408 pp.
- Tota B. and Gattuso A., 1996. Heart ventricle pumps in teleosts and elasmobranches: a morphodynamic approach. *J. Exp. Zool*, 275: 162 -171.
- Uglem I., Bjørn P.A., Dale T., Kerwath S., Økland F., Nilsen R., Aas K., Fleming I., McKinley R.S., 2008. Movements and spatiotemporal distribution of escaped farmed and local wild Atlantic cod (*Gadus morhua*, L.). *Aquaculture Research*, 39: 158 – 170.
- Usui A., 1974. Eel Culture. Fishing News Books, Limited Farnham, Surrey, England.
- Venugopal V., Shahidi F., 1996. Structure and composition of fish muscle. *Food Reviews International* 12: 175–197.
- Verbeke W., Sioen I., Brunsø K., De Henauw S., Van Camp J., 2007. Consumer perception versus scientific evidence of farmed and wild fish: exploratory insights from Belgium. *Aquaculture International*, 15(2), 121-136.
- von Cramon–Taubadel N.V., Ling E.N., Cotter D., Wilkins N.P., 2005. Determination of body shape variation in Irish hatchery–reared and wild Atlantic salmon. *J Fish Biol.* 66: 1471-82.
- Ware D.M., 1975. Growth, metabolism and optimal swimming speed of pelagic fish. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 32: 33-41.
- Weatherley A.H., Gill H.S., Rogers S.C., 1979. Growth dynamics of muscle fibres, dry weight, and condition in relation to somatic growth rate in yearling rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Zool.* 57, 2385-2392.
- White E.M. and Knights B., 1994. Elver and eel stock assessment in the Severn and Avon. RandD project Record 256/13/ST. National Rivers Authority, Bristol, England, p.141.
- Wootton R.J., 1990. Ecology of teleost fish. London, Chapman & Hall.
- Zayas J.F., 1997. Functionality of Proteins in Food. Springer, Berlin. 430 pp.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Γεωργουλάκης Ι.Ε., 2005. Συντήρηση με ψύχος ή κατάψυξη. Υγιεινή και Συντήρηση Εδώδιμων Αλιευμάτων. 1^ο Κεφ. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος: 25-30
- Καλλιανιώτης Α., 2001. Ωρίμανση γονάδων και καθορισμός γονιμότητας. Σεμινάρια Αλιευτικής Βιολογίας, Καβάλα.
- Μίνος Γ., 2015. Μορφομετρία εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών. Σημειώσεις εργαστηριακής Άσκησης, Άρτα.
- Σινάνογλου Β., 2016. Βοηθητικές σημειώσεις ανάλυσης τροφίμων, Τ.Ε.Ι. Αθήνας.

Πηγές φωτογραφιών

σελ. 8: Ο συναρπαστικός κόσμος του νερού.

<http://www.candianews.gr/http://www.candianews.gr/2015/05/30/ine-kathari-i-thalassa-pos-tha-to-katalavis/>

σελ. 10: Διαφυγή ψαριών από τις εγκαταστάσεις εκτροφής. <https://i.ytimg.com>

<https://i.ytimg.com/vi/etQjBq0yX-w/maxresdefault.jpg>

σελ. 15: Ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo salar*, L.). <http://ec.europa.eu/>

http://ec.europa.eu/fisheries/marine_species/farmed_fish_and_shellfish/salmon/index_el.htm

σελ. 16: *Salmo salar*. Όψεις της καρδιάς άγριων (a, b) και εκτρεφόμενων (c, d) ψαριών (Poppe *et al.*, 2003).

σελ. 17: Η ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*, L.). <http://www.grandriver.ca/>

<http://www.grandriver.ca/index/document.cfm?Sec=31&Sub1=4>

σελ. 17: *Oncorhynchus mykiss*. Όψεις της καρδιάς άγριων (a, b) και εκτρεφόμενων (c, d) ψαριών (Poppe *et al.*, 2003).

σελ. 18: Η θαλάσσια τσιπούρα (*Sparus aurata*, L.). <http://ec.europa.eu/>

http://ec.europa.eu/fisheries/marine_species/farmed_fish_and_shellfish/seabream/index_en.htm

σελ. 19: Πλωτή μονάδα εκτροφής τσιπούρας στην Ελλάδα. <http://www.enet.gr/>

<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=342428>

σελ. 20: Τα 16 σημεία και οι αποστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφολογική ανάλυση της τσιπούρας (Arechavala–Lopez *et al.*, 2012).

σελ. 21: Ευρωπαϊκό λαβράκι (*Dicentrarchus labrax* L.). <http://ec.europa.eu/>

http://ec.europa.eu/fisheries/marine_species/farmed_fish_and_shellfish/seabass/index_en.htm

σελ. 22: Τα 16 σημεία και οι αποστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφολογική ανάλυση του λαβρακιού (Arechavala–Lopez *et al.*, 2012).

σελ. 23: Οξύρρυγχος sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). <http://www.guh.cz/>, P. Horčíčko, I. Lysoněk

2004 http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_obratlovci/html01/foto_008.html

σελ. 23: Το μήκος των θωρακικών πτερυγίων των δυο ομάδων (άγριων και εκτρεφόμενων sterlet), παρουσιαζόμενα ως συνάρτηση του ολικού μήκους (Lenhardt *et al.*, 2012).

σελ. 24: Μεριστικοί και μορφομετρικοί χαρακτήρες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφολογική ανάλυση του *Acipenser ruthenus* (Lenhardt *et al.*, 2012).

σελ. 26: Φιλέτα χελιού. <http://www.kingcrab.co.uk>

<http://www.kingcrab.co.uk/acatalog/Smoked-Eel-x-3kgs-231.html>

- σελ. 28: Το Ευρωπαϊκό χέλι *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758).
<http://masc.sru.ac.th/~wir/shoal/e.html>
- σελ. 30: Γυαλόχελα. <http://www.maineeeels.com/>
- σελ. 31: Ανοδικά χέλια (elvers) του είδους *A. anguilla*.
<http://europeaneel.com/2014/01/14/european-eel-recovery/>
- σελ. 32: Εντατικό κλειστό σύστημα εκτροφής χελιών. <http://aquapure2u.com>
<http://aquapure2u.com/en/encyclopedia.html>
- σελ. 33: Γόνος χελιού (γυαλόχελα). <https://gr.pinterest.com>
<https://gr.pinterest.com/pin/445434219366483576/>
- σελ. 34: Ορισμένα εξωτερικά μορφομετρικά χαρακτηριστικά του *A. anguilla*. <http://nyfalls.com/>
<http://nyfalls.com/wildlife/fish/eels/>
- σελ. 35: Απεικόνιση της εξωτερικής μορφολογίας και των σημαντικότερων μορφομετρικών μετρήσεων στα ψάρια. <http://aquaticnation.org/>
http://aquaticnation.org/library/Lib_Gen_Fishbodypart_02.php
- σελ. 38: : Περιοχή της κεφαλής εκτρεφόμενου χελιού. Φωτογραφία της συγγραφέως.
- σελ. 39: Μυϊκός ιστός από μαγειρεμένο φιλέτο ψαριού. <http://caruso.gr/psari-psito-fourno/>
- σελ. 40: Φιλέτο πέστροφας <https://www.euclidfish.com>
<https://www.euclidfish.com/news/looking-ahead-for-a-sustainable-future-28359>
- σελ. 44: Χέλια της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου, που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις. α) Εκτρεφόμενα β) Άγρια. Φωτογραφία της συγγραφέως.
- σελ. 45: Ορισμένες από τις μετρήσεις των μορφοανατομικών παραμέτρων. Φωτογραφία της συγγραφέως.
- σελ. 46: Ζυγοί ακριβείας που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις βάρους.
Ιχθυόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ολικού μήκους των δειγμάτων.
Ηλεκτρονικό παχύμετρο που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις μήκους των δειγμάτων.
Φωτογραφίες της συγγραφέως.
- σελ. 47: Τομή στην κοιλιακή περιοχή χελιού και αποκάλυψη των εσωτερικών του οργάνων.
Φωτογραφία της συγγραφέως.
- σελ. 61: Ήπαρ και καρδιά εκτρεφόμενων ατόμων του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου με εμφανή αποθέματα λίπους στο επικάρδιο.
Ήπαρ και καρδιά άγριων ατόμων του είδους *A. anguilla* της περιοχής του Αμβρακικού Κόλπου χωρίς ιδιαίτερα αποθέματα λίπους στο επικάρδιο.
Φωτογραφίες της συγγραφέως.