



# 18<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΩΝ

## ΥΔΡΟΒΙΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ανάδειξη-Προστασία-Βιώσιμη ανάπτυξη

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- Αλιεία & Θαλάσσια Οικοσυστήματα
- Εσωτερικά ύδατα & Παράκτια Ζώνη
- Υδατοκαλλιέργειες, Εμπορία  
& Μεταποίηση Αλιευτικών προϊόντων

## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

3-6 Νοεμβρίου 2022, Μεσολόγγι

Επίδραση της διατροφικής χορήγησης των μυκοτοξινών δεοξυνιβαλενόλης και  
φουμονισίνης B1 σε δείκτες αύξησης και υγείας σε τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

**Χριστίνα Παπαδούλη<sup>1</sup>, Σοφία Βαρδαλή<sup>1</sup>, Θεόδωρος Καρατζίνος<sup>1</sup>, Φώτης Λυκοτραφίτης<sup>1</sup>,  
Μυρτώ Μανιάκη<sup>1</sup>, Παναγιώτα Παναγιωτάκη<sup>1</sup>, Δήμητρα Κογιάννου<sup>2</sup>, Χρυσάνθη  
Νικολουδάκη<sup>2</sup>, Ιωάννης Νέγκας<sup>2</sup>, Morgane Henry<sup>2</sup>, Γεώργιος Ρήγος<sup>2</sup>, Ελένη Γκολομάζου<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,  
Εργαστήριο Υδατοκαλλιέργειών, Οδός Φυτόκου, Τ.Κ. 38446, Ν. Ιωνία Βόλου, \*egolom@uth.gr

<sup>2</sup>Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιέργειών, Εργαστήριο  
Παθολογία και Φαρμακοκινητικής, Ανάβυσσος, 46,7km λεωφ. Αθηνών Σουνίου, 19013, Αττική, grigos@hcmr.gr

**ABSTRACT**

**Christina Papadouli<sup>1</sup>, Sofia Vardali<sup>1</sup>, Theodoros Karatzinos<sup>1</sup>, Fotis Lykotrafitis<sup>1</sup>, Myrto Maniaki<sup>1</sup>, Panagiota Panagiotaki<sup>1</sup>, Dimitra Kogiannou<sup>2</sup>, Chrysanthi Nikoloudaki<sup>2</sup>, Ioannis Nengas<sup>2</sup>, Morgane Henry<sup>2</sup>, Georgios Rigos<sup>2</sup>, Eleni Golomazou<sup>1\*</sup>: Effects of dietary mixed deoxynivalenol and fumonisin B1 on growth performance and health parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.)**

Plant-based ingredients have been increasingly replacing fishmeal in fish feeds raising the risk of contamination by fungi and mycotoxins. This study was designed to evaluate the effect of supplemented dietary fumonisin B1 (FB) and deoxynivalenol (DON) in various concentrations, on the growth and health of gilthead seabream (*Sparus aurata*). In the experiment, concentrations of 300, 2000, and 5000 ppb of DON and 5, 10, and 40 ppb of FB were tested compared to untreated controls for 7 weeks. Growth, haematological and immunological parameters, survival, and liver histopathology were considered. Both mycotoxins at medium and high concentrations showed a negative effect on the growth and health parameters of gilthead seabream, increased inflammatory reaction and oxidative stress (DON-C and FB-B), decreased anti-inflammatory and hematological responses (DON-B). Liver tissue lesions were observed in all groups in proportion to the increase in toxin concentration.

**Keywords:** Mycotoxins, Fish, Aquaculture, Fumonisin, Deoxynivalenol, Growth, Health

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η περιορισμένη διαθεσιμότητα πηγών πρωτεΐνης θαλάσσιας προέλευσης έχει στρέψει το ενδιαφέρον στην παραγωγή ιχθυοτροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε συστατικά φυτικής προέλευσης, όπως φυτικά άλευρα και έλαια. Ωστόσο, οι φυτικές ζωοτροφές μπορούν να εισάγουν στην υδατοκαλλιέργεια μολυσματικές ουσίες, όπως οι μυκοτοξίνες που είναι φυσικοί επιμολυντές των δημητριακών και των ελαιούχων σπόρων. Οι μυκοτοξίνες είναι δευτερογενείς μεταβολίτες παραγόμενοι από μύκητες, που συχνά εντοπίζονται σε γεωργικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται για τη διατροφή των ζώων εκτροφής και αποτελούν κίνδυνο τόσο για την υγεία αυτών όσο και των καταναλωτών. Τα τοξινογόνα γένη μυκήτων που απομονώνονται συχνότερα από τρόφιμα και ζωοτροφές είναι τα *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* και *Claviceps* (Akbar *et al.* 2022). Η φουμονισίνη και η δεοξυνιβαλενόλη είναι από τις πιο συχνά ανιχνεύσιμες σε υψηλά επίπεδα μυκοτοξίνες στις ιχθυοτροφές (Gonçalves *et al.* 2020). Η φουμονισίνη B1 (FB), παράγεται από είδη του γένους *Fusarium* και αποτελεί το σημαντικότερο μέλος της οικογένειας (Akbar *et al.* 2022). Η δεοξυνιβαλενόλη (DON) αποτελεί το τριχοθήκιο το οποίο παράγεται από μύκητες του γένους *Fusarium* και παρατηρείται πιο συχνά (Matejova *et al.* 2017). Οι μυκοτοξίνες αυτές μπορεί δυνητικά να προκαλέσουν προβλήματα στις ιχθυοκαλλιέργειες, με σημαντικές οικονομικές απώλειες όπως θνησιμότητα, μείωση παραγωγικότητας, υψηλότερη ευαισθησία σε ασθένειες κ.α. (Koletsi *et al.* 2021). Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων διαφορετικών επιπέδων των μυκοτοξινών FB και DON σε παράγοντες αύξησης και δείκτες υγείας σε τσιπούρες (*Sparus aurata*), προκειμένου να καθοριστεί εάν η κατανάλωση τροφών μολυσμένων με αυτές τις μυκοτοξίνες θα μπορούσε να επηρεάσει την υγεία και την ευζωία τους.

**ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Για την πειραματική διαδικασία της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν νεαρά ιχθύδια τσιπούρας *S. aurata* (Μ.Β 3,40±0,5g) τα οποία μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Υδατοκαλλιέργειών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του

Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας και τοποθετήθηκαν τυχαία σε 21 γυάλινα ενυδρεία (125L, 30 άτομα/ενυδρείο). Στα ψάρια χορηγήθηκαν έξι πειραματικές δίαιτες-μεταχειρίσεις σε τριπλή επαναληψιμότητα: σιτηρέσια με τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις των μυκοτοξινών δεοξυνιβαλενόλης (Cayman Chemical), DON-A (300ppb), DON-B (2000ppb), DON-C (5000ppb) και φουμονισίνης B1 (Cayman Chemical), FB-A (5ppb), FB-B (10ppb), FB-C (40ppb). Στην ομάδα ελέγχου (CTRL) τα ψάρια ταΐζονταν με τροφή στην οποία δεν είχαν ενσωματωθεί μυκοτοξίνες. Οι παράμετροι ποιότητας του νερού παρακολουθούνταν συστηματικά με τη θερμοκρασία του νερού να διατηρείται σταθερή στους  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , το pH στο  $8,0 \pm 0,4$ , η αλατότητα στα  $33 \pm 0,5\text{g/L}$ , η ολική αμμωνία-άζωτο σε  $<0,1\text{ mg/L}$  και η φωτοπερίοδος στις 12:12 ώρες (φως:σκοτάδι). Τα ψάρια ταΐζονταν μέχρι κορεσμού, 6 ημέρες την εβδομάδα, 2 φορές την ημέρα για χρονικό διάστημα 7 εβδομάδων. Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος καταγράφονταν καθημερινά η ποσότητα της καταναλωθείσας τροφής και οι θνησιμότητες. Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας τα ψάρια παρέμειναν σε ασιτεία για 24 ώρες πριν την δειγματοληψία και θανατώθηκαν με υψηλή δόση αναισθητικού. Σε όλα τα ψάρια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών (ολικό μήκος και ολικό βάρος) και για κάθε μεταχείριση υπολογίστηκαν παράμετροι αύξησης (Πίνακας 1). Σε οκτώ ψάρια από την κάθε δεξαμενή (24 ψάρια/μεταχείριση) πραγματοποιήθηκε αιμοληψία από την ουραία φλέβα και προσδιορίστηκαν αιματολογικοί και ανοσολογικοί δείκτες: αιματοκρίτης (HCT), συνολικός αριθμός των ερυθρών (RBC) και των λευκών (WBC), συμπλήρωμα (complement), αντι-πρωτεάση (anti-protease), μυελοπεροξειδάση (myeloperoxidase), αλκαλική φωσφατάση (alkaline phosphatase) και σερουλοπλασμίνη (ceruloplasmin activity). Για την ιστολογική ανάλυση του ήπατος, συλλέχθηκαν δείγματα ήπατος από τρία ψάρια από κάθε μεταχείριση. Έγιναν τομές στα 4μm και χρωματίστηκαν με αιματοξυλίνη και ηωσίνη (HE). Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσος όρος  $\pm$  τυπική απόκλιση (SD) και αναλύθηκαν με one-way ANOVA, ακολουθούμενη από τη δοκιμασία Tukey's post hoc σε επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0,05$ , με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος IBM SPSS Statistics version 26. Το πειραματικό πρωτόκολλο εγκρίθηκε από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η χορήγηση μυκοτοξινών επηρέασε τις παραμέτρους αύξησης των πειραματικών ιχθύων (Πίνακας 1). Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η χορήγηση των μεγάλων συγκεντρώσεων μυκοτοξινών στις μεταχειρίσεις DON-C και FB-C προκάλεσε σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ποσότητας τροφής/άτομο συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στις ομάδες αυτές παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικά μικρότερα: μέσο ολικό ατομικό βάρος, μέσο ολικό ατομικό μήκος και αύξηση συνολικής βιομάζας. Σημαντικά μικρότερο μέσο ολικό ατομικό βάρος παρατηρήθηκε και στις ομάδες FB-A, FB-C συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Σε όλες τις μεταχειρίσεις DON και στη FB-A παρατηρήθηκε σημαντικά υψηλότερο FCR, ενώ στις μεταχειρίσεις DON-B, DON-C, FB-A και FB-C παρατηρήθηκε σημαντικά χαμηλότερο SGR, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Μειωμένη πρόσληψη τροφής και περιορισμένη αύξηση έχει παρατηρηθεί επίσης σε σολομό και κυπρίνο μετά από τη χορήγηση δεσοξυβαλενόλη, σε συγκεντρώσεις παρόμοιες με αυτές που δοκιμάστηκαν στην παρούσα έρευνα (Bernhofs *et al.* 2018). Επίσης, στην περίπτωση της τσιπούρας χορήγηση φουμονισίνης στην τροφή είχε αρνητική επίδραση στο τελικό σωματικό βάρος (Goncalves *et al.* 2020).

Οι μυκοτοξίνες δεοξυνιβαλενόλη (DON) και φουμονισίνη (FB) επηρέασαν τις εξεταζόμενες αιματολογικές (Πίνακας I) και ανοσολογικές παραμέτρους (Εικόνα 2). Σημαντικά χαμηλότερος αιματοκρίτης παρατηρήθηκε στην ομάδα DON-C συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Στα κύτταρα του αίματος παρατηρήθηκαν διαφορές οι οποίες δεν επιβεβαιώθηκαν στατιστικά. Και οι δύο μυκοτοξίνες επηρέασαν το ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών ειδικά στις μεταχειρίσεις DON όπου παρατηρήθηκε αυξημένη δραστηριότητα μυελοπεροξειδάσης και δραστηριότητα σερουλοπλασμίνης στις ομάδες DON-A και DON-C και μειωμένη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης και αλκαλικής φωσφατάσης στην ομάδα DON-B. Η φουμονισίνη έδειξε να επηρεάζει σημαντικά προκαλώντας αυξημένες δραστηριότητες μυελοπεροξειδάσης και σερουλοπλασμίνης στις μεταχειρίσεις FB-B και FB-C και τάση για μειωμένη δραστηριότητα αλκαλικής φωσφατάσης σε όλες τις συγκεντρώσεις που δοκιμάστηκαν. Καμία από τις μυκοτοξίνες που δοκιμάστηκαν δεν επηρέασε σημαντικά την αντιβακτηριακή δράση που προκαλείται από το συμπλήρωμα ή τη δράση κατά της πρωτεάσης του ορού. Η δραστηριότητα της μυελοπεροξειδάσης είναι ανάλογη με την παραγωγή υπεροξειδίου που είναι ένα ισχυρό ROS που μπορεί να προκαλέσει οξειδωτικό στρες στα κύτταρα των ιχθύων. Η σερουλοπλασμίνη υποδηλώνει κάποια

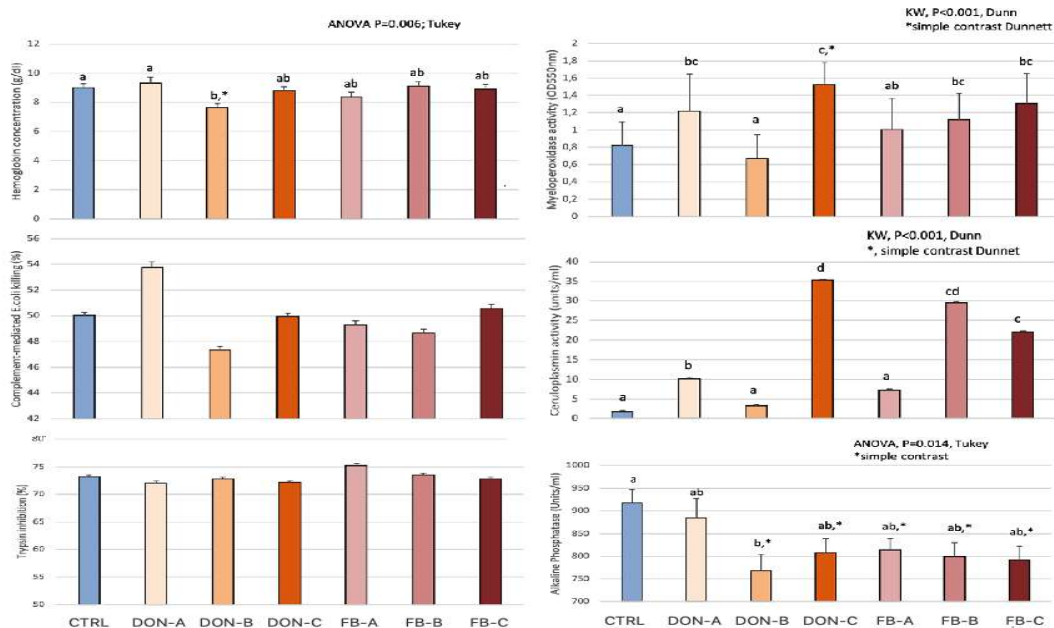
φλεγμονώδη απόκριση ενώ η δράση της αλκαλικής φωσφατάσης συνδέεται με την αντιφλεγμονώδη απόκριση.

Εικόνα 1. Ανοσολογικές παράμετροι. Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση από

Πίνακας 1. Παράμετροι αύξησης και αιματολογίας  
Table 1. Growth and haematology parameters

	DON-A	DON-B	DON-C	FB-A	FB-B	FB-C	CTRL
Καταναλωθείσα τροφή (g)	500,88 ±26,01 <sup>b</sup>	452,75 ±22,97 <sup>b</sup>	373,10 ±8,98 <sup>a</sup>	499,87 ±14,28 <sup>b</sup>	463,13 ±25,94 <sup>b</sup>	438,49 ±44,78 <sup>b</sup>	500,44 ±30,7 <sup>b</sup>
Καταναλωθείσα τροφή/άτομο (g)	17,11 ±1,47 <sup>b</sup>	15,09 ±0,77 <sup>b</sup>	12,44 ±0,30 <sup>a</sup>	16,66 ±0,48 <sup>b</sup>	15,47 ±1,31 <sup>b</sup>	14,62 ±1,49 <sup>a</sup>	16,86 ±0,76 <sup>b</sup>
Ολικό μήκος/άτομο (cm)	11,10 ±0,17 <sup>bc</sup>	10,57 ±0,15 <sup>ab</sup>	10,20 ±0,17 <sup>a</sup>	10,80 ±0,17 <sup>bc</sup>	10,80 ±0,20 <sup>bc</sup>	10,83 ±0,31 <sup>bc</sup>	11,23 ±0,35 <sup>c</sup>
Ολικό βάρος/άτομο (g)	17,67 ±0,58 <sup>bc</sup>	15,33 ±0,58 <sup>ab</sup>	13,67 ±0,58 <sup>a</sup>	16,67 ±0,58 <sup>b</sup>	17,33 ±1,53 <sup>bc</sup>	16,33 ±2,08 <sup>ab</sup>	19,67 ±1,15 <sup>c</sup>
Αύξηση Βιομάζας (kg)	389,36 ±7,97 <sup>b</sup>	360,79 ±23,95 <sup>a</sup>	307,10 ±8,87 <sup>a</sup>	391,69 ±26,75 <sup>b</sup>	408,03 ±26,21 <sup>b</sup>	386,39 ±51,56 <sup>b</sup>	385,32 ±38,38 <sup>b</sup>
Αύξηση βάρους/άτομο (g)	14,18 ±0,80 <sup>bc</sup>	12,15 ±0,63 <sup>ab</sup>	10,23 ±0,30 <sup>a</sup>	13,23 ±0,62 <sup>b</sup>	13,63 ±1,45 <sup>bc</sup>	13,07 ±1,83 <sup>b</sup>	16,11 ±1,08 <sup>c</sup>
FCR	1,21 ±0,05 <sup>bc</sup>	1,24 ±0,05 <sup>bc</sup>	1,22 ±0,03 <sup>bc</sup>	1,26 ±0,06 <sup>c</sup>	1,14 ±0,05 <sup>abc</sup>	1,12 ±0,05 <sup>ab</sup>	1,05 ±0,05 <sup>a</sup>
SGR	4,11 ±0,12 <sup>bc</sup>	3,80 ±0,10 <sup>ab</sup>	3,47 ±0,05 <sup>a</sup>	3,97 ±0,09 <sup>bc</sup>	4,02 ±0,21 <sup>bc</sup>	3,93 ±0,19 <sup>b</sup>	4,37 ±0,14 <sup>c</sup>
HTC	32,6 ±1,53 <sup>ab</sup>	30,71 ±1,42 <sup>ab</sup>	32,07 ±1,3 <sup>ab</sup>	30,06 ±1,18 <sup>a</sup>	32 ±0,86 <sup>ab</sup>	32,2 ±1,28 <sup>ab</sup>	36,13 ±1,54 <sup>b</sup>
RBC (10 <sup>6</sup> μL <sup>-1</sup> )	0,62 ±0,15	0,62 ±0,1	0,74 ±0,13	0,64 ±0,1	0,63 ±0,14	0,76 ±0,14	0,88 ±0,14
WBC (10 <sup>3</sup> μL <sup>-1</sup> )	42,42 ±2,93	70,3 ±15,67	69,58 ±10,9	52,07 ±6,32	51,7 ±9,59	56,8 ±9,67	57,56 ±4,69

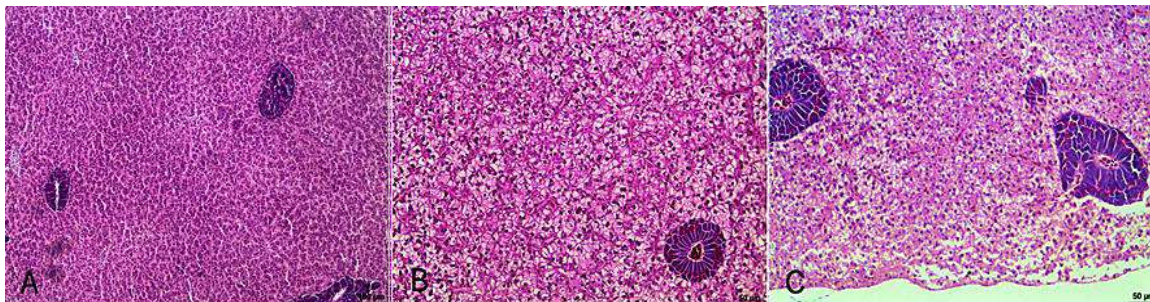
Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση από τις τρεις επαναληπτικές ομάδες της κάθε μεταχείρισης. Σε κάθε παράμετρο που εξετάζεται συμβολισμός με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (P<0,05)



τις τρεις επαναληπτικές ομάδες της κάθε μεταχείρισης. Σε κάθε παράμετρο που εξετάζεται, συμβολισμός με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (P<0,05)

Η ιστοπαθολογική εξέταση τμημάτων ήπατος των ιχθύων της ομάδας ελέγχου εμφάνισε φυσιολογικό ηπατικό παρέγχυμα και ηπατοπάγκρεας. Οι ομάδες ιχθύων που έλαβαν τροφή επιμολυσμένη με τις μυκοτοξίνες έδειξαν ορισμένα παθολογικά σημεία, όπως ήπιες (DON-A, DON-B, FB-A, FB-B) έως εκτεταμένες (DON-C, FB-C) εκφυλιστικές αλλοιώσεις των ηπατοκυττάρων, με εμφάνιση διάφορου βαθμού υδρωπικής και λιπώδους εκφύλισης, καθώς και πρώιμες νεκρωτικές μεταβολές, με

πύκνωση και συρρίκνωση των πυρήνων των ηπατοκυττάρων. Σε ορισμένες εξετασθείσες τομές, παρατηρήθηκε ήπια συμφόρηση των ηπατοπυλαίων αιμοφόρων αγγείων. Στα δείγματα που εξετάστηκαν, οι παγκρεατικές κυψέλες εμφανίζονται φυσιολογικές. Ηπατικές αλλοιώσεις έχουν επιβεβαιωθεί και στην περίπτωση χορήγησης δεοξυβαλενόλης σε πέστροφα (Gonçalves *et al.* 2018).



**Εικόνα 2.** Μικροφωτογραφίες τομών ήπατος Α. Ομάδα ελέγχου CTRL. Φυσιολογικό ηπατικό παρέγχυμα (χρώση HE, 100x). Β. Ομάδα DON-C. Διάχυτη εκφύλιση του ηπατικού παρεγχύματος, με κενοτοπίωση των ηπατοκυττάρων (χρώση HE, 200x). Γ. Ομάδα FB-C. Εκτεταμένες εκφυλιστικές αλλοιώσεις του ηπατικού παρεγχύματος, με εμφάνιση κενοτοπίωσης σε πολυάριθμα ηπατικά κύτταρα, περιοχές με νεκρωτικές αλλοιώσεις και καταστροφή της φυσιολογικής δομής του ήπατος (χρώση HE, 200x).

Συμπερασματικά, οι μυκοτοξίνες δεοξυβαλενόλη και φουμινισίνη B1 στις μεσαίες και μεγάλες συγκεντρώσεις, έδειξαν αρνητική επίδραση στην αύξηση και στην υγεία της τσιπούρας με αυξημένη φλεγμονώδη αντίδραση και οξειδωτικό στρες (DON-C και FB-B), μειωμένες αντιφλεγμονώδεις και αιματολογικές αποκρίσεις (DON-B) και εκφυλιστικές αλλοιώσεις των ηπατοκυττάρων.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από Εθνικούς και Κοινοτικούς πόρους μέσω του Ε.Π.ΑΛΘ 2014 – 2020 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων) στο πλαίσιο του έργου «Μυκοτοξίνες στις υδατοκαλλιέργειες: Καινοτόμες διαχειριστικές πρακτικές για την προστασία της υγείας ιχθύων και καταναλωτών».



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akbar A., MAJEED, F. A., Sadiq, M. B., Khan, S. A., & Rabaan, A. A. (2022). Mycotoxins occurrence in food commodities, their associated hazards, and control strategies. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 73(1), 3853–3866.
- Bernhoft A., Høgåsen H.R., Rosenlund G., Moldal T., Grove S., Berntssen M. H. G., Thoresen S. I., Alexander J. (2018) Effects of dietary deoxynivalenol or ochratoxin A on performance and selected health indices in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Chem. Toxicol.*: 121, p. 374-386
- Gonçalves R.A., S. Menanteau-Ledouble, Schöller M., Eder A., Schmidt-Posthaus H., Mackenzie S., El-Matbouli M. (2018) Effects of Deoxynivalenol Exposure Time and Contamination Levels on Rainbow Trout. *World Aquaculture Soc*, p. 1-18
- Gonçalves R.A., Schatzmayr D., Albalat A., Mackenzie S. (2020) Mycotoxins in aquaculture: feed and food Volume12, Issue1: p. 45-175
- Koletsis P., Schrama J.W., Graat E.A.M., Wiegertjes G.F., Lyons P., Pietsch C. (2021) The Occurrence of Mycotoxins in Raw Materials and Fish Feeds in Europe and the Potential Effects of Deoxynivalenol (DON) on the Health and Growth of Farmed Fish Species—A Review *Toxins*, 13(6), 403
- Matejova I., Svobodova Z., Vakula J., Mares J., Modra H. (2017) Impact of Mycotoxins on Aquaculture Fish Species: A Review Volume48, Issue2: p. 186-20.