



Περιεχόμενα

Κατάλογος συγγραφέων	xiii
Συντομογραφίες	xv
Σημείωμα στην ελληνική έκδοση	xvii
Πρόλογος	xix

Κεφάλαιο 1. Ισολογισμός ενέργειας και θρεπτικών συστατικών

Dominique P. Bureau, Sadasivam J. Kaushik & C. Young Cho

1.1. Εισαγωγή	2
1.2. Ιστορική αναδρομή	2
1.3. Ανταλλαγή ενέργειας στα βιολογικά συστήματα	4
1.4. Αξιοποίηση ενέργειας και ανάγκες	6
1.5. Πεπτή ενέργεια ζωοτροφών	13
1.6. Επίδραση βιολογικών και περιβαλλοντικών παραγόντων	15
1.7. Ενέργεια ούρων και βραγίων και μεταβολιστέα ενέργεια	17
1.8. Παράγοντες που επηρεάζουν τα απόβλητα μεταβολισμού	20
1.9. Παραγωγή θερμότητας	22
1.10. Ελάχιστος μεταβολισμός	27
1.11. Θερμικό αύξημα τροφής	32
1.12. Διαδικασίες πέψης και απορρόφησης (ΕΘπ)	35
1.13. Κατακρατηθείσα ενέργεια και ανάπτυξη	40
1.14. Αναπαραγωγή	43
1.15. Συμπεράσματα και πρακτική αξιοποίηση του ισολογισμού ενέργειας	45
1.16. Περιορισμοί και προοπτικές του ισολογισμού ενέργειας	49
Βιβλιογραφικές αναφορές	50



Κεφάλαιο 2. Βιταμίνες

John E. Halver

2.1.	Ιστορική εισαγωγή	58
2.2.	Υδατοδιαλυτές βιταμίνες	62
2.3.	Λιποδιαλυτές βιταμίνες	105
2.4.	Άλλοι παράγοντες	120
2.5.	Αναιμίες και αιμοποίηση	122
	Βιβλιογραφικές αναφορές	124

Κεφάλαιο 3. Αμινοξέα και πρωτεΐνες

Robert P. Wilson

3.1.	Εισαγωγή	134
3.2.	Απαιτήσεις σε πρωτεΐνη	135
3.3.	Ποιοτικές απαιτήσεις σε αμινοξέα	141
3.4.	Ποσοτικές απαιτήσεις σε αμινοξέα	142
	Βιβλιογραφικές αναφορές	169

Κεφάλαιο 4. Λίπη

John R. Sargent, Douglas R. Tocher & J. Gordon Bell

4.1.	Εισαγωγή	176
4.2.	Δομή και βιοσύνθεση	178
4.3.	Λειτουργίες	188
4.4.	Λιπαρά οξέα και ενέργεια μείγματος διατροφής	195
4.5.	Βέλτιστα επίπεδα και λόγοι ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων στο μείγμα διατροφής	200
4.6.	Φωσφογλυκερίδια του μείγματος διατροφής: ινοσιτόλη και χολίνη	224
4.7.	Υπεροξείδωση λιπαρών οξέων	228
4.8.	Πηγές λιπών των μειγμάτων διατροφής εκτρεφόμενων ιχθύων	236
4.9.	Προοπτικές	240
	Βιβλιογραφικές αναφορές	242

Κεφάλαιο 5. Ανόργανα στοιχεία

Santosh P. Lall

5.1.	Εισαγωγή	256
5.2.	Απαραίτητα ανόργανα στοιχεία για τους ιχθύς	268
5.3.	Συμπεράσματα	299
	Βιβλιογραφικές αναφορές	300



Κεφάλαιο 6. Διάμεσος μεταβολισμός

Konrad Dabrowski & Helga Guderley

6.1.	Εισαγωγή: Μηχανισμοί μεταβολικών κύκλων και μεταβολική ρύθμιση	308
6.2.	Μεταβολισμός υδατανθράκων	311
6.3.	Μεταβολισμός πρωτεΐνης και αμινοξέων	330
6.4.	Συμπεράσματα	357
	Βιβλιογραφικές αναφορές	359

Κεφάλαιο 7. Φυσιολογία θρέψης

Michael B. Rust

7.1.	Εισαγωγή	368
7.2.	Μακροσκοπική ανατομία νεαρών και ενήλικων ιχθύων	369
7.3.	Αισθητήρια όργανα	376
7.4.	Δομές και όργανα σύλληψης της τροφής	386
7.5.	Πεπτικά όργανα	389
7.6.	Ήπαρ	404
7.7.	Ανατομία και μείγματα διατροφής	405
7.8.	Διαδικασία πέψης	408
7.9.	Μεταφορά και μεταβολικές διεργασίες μετά την απορρόφηση	417
7.10.	Έλεγχος και ρύθμιση της πέψης	417
7.11.	Φυσιολογία θρέψης ατελών ιχθυδίων	419
	Βιβλιογραφικές αναφορές	433

Κεφάλαιο 8. Διατροφικά νοσήματα

Ronald J. Roberts

8.1.	Εισαγωγή	442
8.2.	Βασικές αρχές	443
8.3.	Νοσήματα που οφείλονται σε πενίες και μη ισόρροπα μείγματα διατροφής	446
8.4.	Μικρο-θρεπτικά συστατικά	452
8.5.	Πενίες ανόργανων στοιχείων και μη ισόρροπα μείγματα διατροφής	465
8.6.	Τοξικότητα ανόργανων στοιχείων του μείγματος διατροφής	469
8.7.	Μυκοτοξίνες	473
8.8.	Τοξικά φύκη	475
8.9.	Σπέρματα βαμβακιού	475
8.10.	Αλκαλοειδή του είδους <i>Senecio jacobaea</i>	477
8.11.	Τοξίνες φυτών του γένους <i>Leucaena</i>	477
8.12.	Ανθρωπογενείς χημικές ουσίες	477



8.13.	Συγκολλητικές ουσίες	478
8.14.	Ενώσεις που προκαλούν φωτοευαισθησία	478
8.15.	Νόσος Sekoke	481
8.16.	Καταρράκτης που οφείλεται στην πρόσληψη σπλάχνων	482
8.17.	Αλλοιώσεις από μονοκυτταρική πρωτεΐνη	482
8.18.	Τοξικότητα αντιβιοτικών και φαρμακευτικές ουσίες	482
	Βιβλιογραφικές αναφορές	483

Κεφάλαιο 9. Κατάρτιση και παρασκευή μειγμάτων διατροφής

Ronald W. Hardy & Frederick T. Barrows

9.1.	Εισαγωγή	490
9.2.	Στόχοι και στρατηγική παραγωγής μειγμάτων διατροφής για ιχθύς	499
9.3.	Ζωοτροφές	500
9.4.	Κατάρτιση μειγμάτων διατροφής	525
9.5.	Παρασκευή και αποθήκευση μείγματος διατροφής	547
9.6.	Αξιολόγηση ζωοτροφών και μειγμάτων διατροφής	566
9.7.	Γλωσσάρι	585
	Βιβλιογραφικές αναφορές	587

Κεφάλαιο 10. Τυχαίες τοξίνες

Jerry D. Hendricks

10.1.	Εισαγωγή	594
10.2.	Φυσικές τοξίνες στα μείγματα διατροφής των ιχθύων	594
10.3.	Μη φυσικά συστατικά και πρόσθετες ύλες ζωοτροφών	620
10.4.	Περίληψη	631
	Βιβλιογραφικές αναφορές	632

Κεφάλαιο 11. Ειδικά μείγματα διατροφής

George M. Pigott & Barbee W. Tucker

11.1.	Εισαγωγή	642
11.2.	Κατάρτιση ειδικών μειγμάτων διατροφής	642
11.3.	Παρασκευή μειγμάτων διατροφής.....	652
11.4.	Περίληψη	658
	Βιβλιογραφικές αναφορές	659

Κεφάλαιο 12. Διατροφή και υγεία ιχθύων

Delbert M. Gatlin III

12.1.	Εισαγωγή	662
12.2.	Παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία των ιχθύων	662



12.3.	Συστατικά των μειγμάτων διατροφής που επηρεάζουν την υγεία των ιχθύων	666
12.4.	Πρακτικές χορήγησης της τροφής που επηρεάζουν την υγεία των ιχθύων	687
12.5.	Συμπεράσματα και περαιτέρω έρευνα	691
	Βιβλιογραφικές αναφορές	692

Κεφάλαιο 13. Διατροφή και εκτροφή

Richard T. Lovell

13.1.	Εισαγωγή	698
13.2.	Γατόψαρο <i>Ictalurus punctatus</i>	702
13.3.	Είδη της οικογένειας Salmonidae	715
13.4.	Τιλάπιες	729
13.5.	Γαρίδες της οικογένειας Penaeidae	738
	Βιβλιογραφικές αναφορές	750

Κεφάλαιο 14. Ροή και κατακράτηση θρεπτικών συστατικών

John E. Halver & Ronald W. Hardy

14.1.	Εισαγωγή	754
14.2.	Μεταβολισμός υδατανθράκων	755
14.3.	Γλυκόλυση	755
14.4.	Σύνθεση υδατανθράκων	757
14.5.	Κύκλος φωσφοπεντοζών	757
14.6.	Γλυκογονόλυση	758
14.7.	Μείγμα διατροφής και μεταβολισμός υδατανθράκων	758
14.8.	Μεταβολισμός λιπών	759
14.9.	Οξείδωση λιπαρών οξέων με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα	760
14.10.	Μεταφορά ηλεκτρονίων	761
14.11.	Μεταβολισμός αμινοξέων	761
14.12.	Επίδραση του μείγματος διατροφής στον διάμεσο μεταβολισμό	764
14.13.	Μέτρηση εναπόθεσης και αποικοδόμησης πρωτεΐνης	764
14.14.	Πρόσληψη τροφής και μεταβολισμός	765
14.15.	Γεννητική ωρίμαση και μεταβολισμός	766
14.16.	Προοπτικές βελτίωσης της κατακράτησης πρωτεΐνης	766
	Βιβλιογραφικές αναφορές	768

Παράρτημα	769
-----------------	-----



Σημείωμα στην ελληνική έκδοση

Το βιβλίο *Διατροφή ιχθύων* αποτελεί το πρώτο της νέας σειράς «Υδατοκαλλιέργειες» των εκδόσεων Πεδίο, και αυτό καθόλου τυχαία, αφού αποτελεί σταθμό για την επιστήμη της διατροφής των εκτρεφόμενων ιχθύων και διαχρονική αναφορά για φοιτητές, ερευνητές αλλά και όσους ασχολούνται με τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών. Η τρίτη έκδοση του βιβλίου (2002), σε σχέση με τις δύο προηγούμενες (1972, 1989), είναι πλήρως αναθεωρημένη και επικαιροποιημένη, που σημαίνει ότι καλύπτει επιτυχώς την πληθώρα των συνεχώς αυξανόμενων ερευνητικών δεδομένων. Παρά το γεγονός ότι έχουν περάσει δεκατρία χρόνια από αυτή την τρίτη έκδοση, το βιβλίο *Διατροφή ιχθύων* εξακολουθεί να αποτελεί μέχρι σήμερα κορυφαίο εγχειρίδιο μεταξύ των διαθέσιμων συναφών έργων της ξενόγλωσσας βιβλιογραφίας. Πρόκειται για το βιβλίο εκείνο όπου αποτυπώθηκαν για πρώτη φορά οι αρχές της διατροφής και της φυσιολογίας θρέψης των εκτρεφόμενων ιχθύων. Οι Αμερικανοί επιμελητές του τόμου, J. E. Halver και R. W. Hardy, είναι κορυφαίοι επιστήμονες εξειδικευμένοι στη διατροφή των ιχθύων. Μάλιστα το πρωτοποριακό ερευνητικό έργο του Halver (μόνος επιμελητής των δύο πρώτων εκδόσεων) στις αρχές της δεκαετίας του 1950 είναι εκείνο που οδήγησε στην παρασκευή των μειγμάτων διατροφής των ιχθύων στη σημερινή τους μορφή.

Ο τομέας των υδατοκαλλιεργειών στη χώρα μας αποτελεί βασικό τομέα της πρωτογενούς παραγωγής με σημαντικό εξαγωγίμο χαρακτήρα. Η θεαματική εξέλιξη του τομέα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην επιτυχή εφαρμογή των γνώσεων και των τεχνολογικών επιτευγμάτων των πρωτοπόρων χωρών στην εκτροφή των ιχθύων (χώρες της βόρειας Ευρώπης, ΗΠΑ). Παρ' όλα αυτά, η ελληνόγλωσση βιβλιογραφία υστερεί κατά πολύ της ξενόγλωσσας, ενώ κανένα από τα βασικά βιβλία περί υδατοκαλλιεργειών δεν έχει μεταφραστεί στην ελληνική γλώσσα. Η έκδοση του βιβλίου στην ελληνική γλώσσα εμπλουτίζει τη βιβλιογραφία μας με ένα από τα βασικότερα βιβλία αναφοράς, το οποίο θα φανεί χρήσιμο και ταυτόχρονα χρηστικό στους φοιτητές/σπουδαστές του αντικείμενου της διατροφής των ιχθύων, στους ερευνητές και διδάσκοντες, αλλά και σε όσους εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με την ελεγχόμενη εκτροφή ιχθύων.



Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις εκδόσεις Πεδίο για την άψογη συνεργασία σε όλα τα στάδια της έκδοσης και να τις συγχαρούμε για την πρωτοβουλία να δημιουργήσουν ειδική σειρά για τις υδατοκαλλιέργειες, που πιστεύουμε ότι θα καλύψει ένα σημαντικό κενό της ελληνόγλωσσας βιβλιογραφίας.

Ναυσικά Καρακατσούλη
Επίκουρη Καθηγήτρια,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών



Πρόλογος

Η τρίτη έκδοση του βιβλίου *Διατροφή ιχθύων* αναθεωρήθηκε και ενημερώθηκε με επιλογές από τις αναρίθμητες δημοσιεύσεις που εμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία σχετικά με τη διατροφή των ιχθύων από την προηγούμενη έκδοση του βιβλίου το 1989. Κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας η εκτροφή ιχθύων συνέχισε να εξελίσσεται ταχύτερα από οποιονδήποτε άλλο τομέα ζωικής παραγωγής στον κόσμο και αναμένεται να συνεχίσει να επεκτείνεται, με σκοπό να παράγονται ιχθύες για τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό του πλανήτη. Καθώς η παραγωγή εκτρεφόμενων ιχθύων αυξάνεται, οι υδατοκαλλιέργειες πρέπει να αντιμετωπίσουν τον πεπερασμένο χαρακτήρα ορισμένων σημαντικών ζωοτροφών καθώς και την αυξανόμενη ευαισθησία για τις επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον. Πολλές από αυτές τις επιπτώσεις σχετίζονται με τα μείγματα διατροφής, οπότε η έρευνα στη διατροφή των ιχθύων πρέπει να επικεντρωθεί στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω της αύξησης της κατακράτησης των θρεπτικών συστατικών. Αυτό θα παράσχει ασφαλή και θρεπτικά προϊόντα με έναν αειφόρο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Έχουν μελετηθεί περισσότερα από 200 είδη ιχθύων με σκοπό την πιθανή ένταξή τους στις υδατοκαλλιέργειες, στο πλαίσιο της αξιοποίησης των πλεονεκτημάτων ενός ζώου που αναπτύσσεται αποτελεσματικά σε νερό ποικίλης θερμοκρασίας και αλατότητας. Πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και διάφοροι κυβερνητικοί φορείς έχουν αναγνωρίσει τους ιχθύς ως σημαντικά παραγωγικά ζώα, ενώ πολυάριθμες επιστημονικές δημοσιεύσεις από πολλές χώρες του κόσμου εστιάζονται σε όλο και περισσότερα είδη ιχθύων και στις διατροφικές απαιτήσεις τους. Επειδή είναι αδύνατον να συμπεριληφθούν όλες αυτές οι αναφορές σε τούτο το βιβλίο, οι συγγραφείς επικεντρώθηκαν σε επιλεγμένα δεδομένα σχετικά με τις διατροφικές απαιτήσεις και τον μεταβολισμό, τα οποία συνοψίζουν τις βασικές και εφαρμοσμένες αρχές της διατροφής των ιχθύων.

Το κεφάλαιο «Ισολογισμός ενέργειας και θρεπτικών συστατικών» αναδιαμορφώθηκε πλήρως για να συμπεριλάβει τις ταχείες εξελίξεις που σημειώθηκαν από την προηγούμενη έκδοση του βιβλίου. Το κεφάλαιο «Βιταμίνες» αναθεωρήθηκε και αφήνει να διαφανεί το συμπέρασμα ότι πολλές από τις αρχές που διατυπώθηκαν παλαιότερα εξακολουθούν να ισχύουν, ακόμη και κατά τη μελέτη νέων ειδών ιχθύων. Η αρχική εστίαση στους Τελεόστε-



ους ιχθύς στις προηγούμενες εκδόσεις του βιβλίου διευρύνθηκε, ώστε να συμπεριληφθούν και άλλα είδη υδρόβιων οργανισμών με μοναδικές ή διαφορετικές μεταβολικές ικανότητες. Το κεφάλαιο «Αμινοξέα και πρωτεΐνες» επίσης διευρύνθηκε για να συμπεριλάβει τα διάφορα νέα είδη ιχθύων που έχουν μελετηθεί. Το κεφάλαιο «Λίπη» αναθεωρήθηκε εκτενώς καθώς, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, η έρευνα στοχεύει στην κατανόηση αυτών των ενώσεων και των επιδράσεών τους στον μεταβολισμό και στην υγεία των ζώων. Στο κεφάλαιο «Ανόργανα στοιχεία» προστέθηκαν περισσότερες πληροφορίες, ώστε να αναδειχθεί η σημασία των ανόργανων στοιχείων ως ενεργοποιητών πολλών αναβολικών και καταβολικών αντιδράσεων και να αναφερθούν οι βασικές πληροφορίες σχετικά με τη σπουδαιότητα της σωστής ισορροπίας των ανόργανων στοιχείων, ιδιαίτερα του φωσφόρου, στην ελάττωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υδατοκαλλιέργειών. Το κεφάλαιο «Διάμεσος μεταβολισμός» περιορίστηκε στις βασικές αρχές που τον διέπουν, ενώ πιο εκτενής ανάλυση γίνεται στα άλλα κεφάλαια. Η «Φυσιολογία θρέψης» αναδιαμορφώθηκε πλήρως ώστε, εκτός από το στάδιο ανάπτυξης των νεαρών ατόμων και των ιχθύων κύριας εκτροφής, να συμπεριληφθούν και τα πρώτα βιολογικά στάδια πολλών ειδών ιχθύων. Επίσης, τα κεφάλαια «Διατροφικά νοσήματα» και «Διατροφή και υγεία ιχθύων» αναδιαμορφώθηκαν πλήρως. Το κεφάλαιο «Τυχαίες τοξίνες» αναθεωρήθηκε και πλέον αναφέρεται και ο ρόλος νέων τοξινών. Το κεφάλαιο «Κατάρτιση και παρασκευή μειγμάτων διατροφής» διευρύνθηκε για να συμπεριλάβει ορισμένες από τις πιο πρόσφατες μεθόδους εκτροφής ιχθύων και διαδικασίες παρασκευής ιχθυοτροφών, ενώ το κεφάλαιο «Ειδικά μείγματα διατροφής» τονίζει τις νέες δυνατότητες όσον αφορά τα μείγματα διατροφής για νέα εκτρεφόμενα είδη ιχθύων. Τέλος, η πρακτική εφαρμογή της διατροφής των ιχθύων στο κεφάλαιο «Διατροφή και εκτροφή» επεκτάθηκε σε νέους τομείς της παραγωγής ιχθύων.

Στο Παράρτημα αναδεικνύονται οι πολλές διαφορές στα διάφορα είδη ιχθύων και στη συγκρότηση βάσης δεδομένων μειγμάτων διατροφής κατά την περασμένη δεκαετία.

Ελπίζουμε ότι αυτή η πραγματεία θα συνεχίζει να εξετάζει «ό,τι γνωρίζουμε και ό,τι γνωρίζουμε ότι δεν γνωρίζουμε», ώστε να ενθαρρύνει την έρευνα, την καλύτερη κατανόηση των διατροφικών απαιτήσεων και του ρόλου τους στην ανάπτυξη, στην αναπαραγωγή και στην υγεία των ιχθύων, καθώς η προσπάθεια επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στην αξιοποίηση των ιχθύων ως των καλύτερων ζώων για την παραγωγή πρωτεΐνης και τροφίμων. Η κατανόηση ορισμένων στοιχείων του μεταβολισμού θρεπτικών συστατικών στους ιχθύς σε κυτταρικό επίπεδο μπορεί να επεκταθεί σε παρόμοιες λειτουργίες των χερσαίων ζώων, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου.

Το βιβλίο αυτό δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί χωρίς την αφοσίωση και την προσπάθεια των συγγραφέων να συμπυκνώσουν αποσπασματικές και συχνά αντιφατικές πληροφορίες της βιβλιογραφίας και των εργαστηρίων τους σε συνοπτικές αναφορές και παρουσιάσεις των αρχών των διατροφικών απαιτήσεων και του μεταβολισμού των ιχθύων. Οι προσπάθειές τους εκτιμώνται ειλικρινά. Ο αναγνώστης ενθαρρύνεται να συγκρίνει τις εξελίξεις στη διατροφή των ιχθύων οι οποίες έχουν λάβει χώρα μετά την πρώτη έκδοση του βιβλίου το 1972.

John E. Halver & Ronald W. Hardy