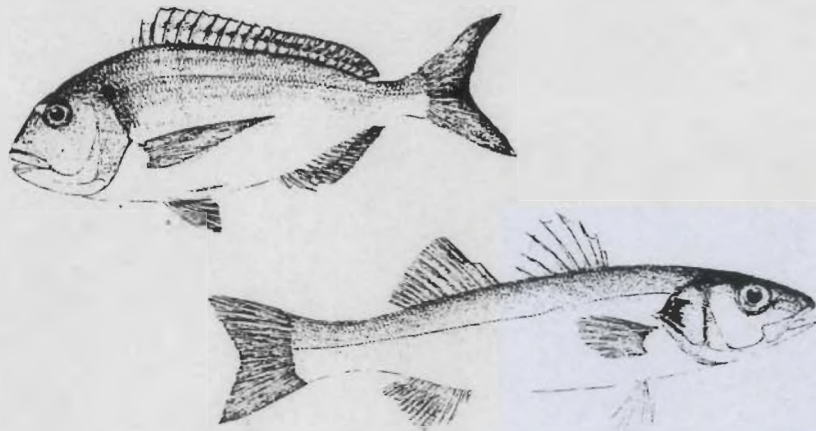


Τ. Ε. Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Ιχθυοκομίας Αλιείας

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΝΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

(Με έμφαση στα εκτρεφόμενα είδη Τσιπούρα - Λαβράκι)



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Τσολίσος Ευστράτιος
Κιναλής Αναστάσιος

Ευστράτιος
Κιναλής
16/11/95

Υπεύθυνη πτυχιακής εργασίας
Παρπούρα Άλκηστη
Έκτακτη Επίκουρη Καθηγήτρια

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ
Νοέμβριος 1995

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ -
Αριθ. Εισαγωγής: 214

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	Σελ. 3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	Σελ. 4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	Σελ. 7
ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	
A	Σελ. 18
D	" 22
E	" 26
K	" 32
ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	
Θειαμίνη (B ₁)	Σελ. 38
Ριβοφλαβίνη (B ₂)	" 42
Νιασίνη (B ₃)	" 45
Παντοθενικό οξύ (B ₅)	" 48
Πυριδοξίνη (B ₆)	" 52
Φολικό οξύ (B ₁₀)	" 57
Κυανοκοβαλαμίνη (B ₁₂)	" 60
Καρνιτίνη (B ₇)	" 63
Ινοσιτόλη	" 67
Χολίνη	" 70
Βιοτίνη(H)	" 74
Λιποϊκό οξύ	" 77
Παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ	" 79
Ασκορβικό οξύ (C)	" 80

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ	Σελ.105
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	Σελ.112
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ ΣΤΙΣ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΙΧΘΟΤΡΟΦΕΣ	Σελ.133
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ.155

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλουμε να ευχαριστήσουμε την εισηγήτρια της πτυχιακής μας εργασίας, Κυρία Παρπούρα Άλκηστη, για τις υποδείξεις της και τη γενικότερη καθοδήγησή της.

Επίσης ευχαριστούμε θερμά τον Κύριο Κουράκη Στέλιο, επιχειρηματία - ιχθυοκαλλιεργητή, για την πολύτιμη βοήθειά του, καθώς και όλους όσους συνετέλεσαν στη συγγραφή αυτής της εργασίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση του ανθρώπινου πληθυσμού σε τροφές υψηλής πρωτεϊνικής αξίας, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον των επιστημόνων στην έρευνα για παραγωγή πρωτεϊνικών τροφών από το υδρόβιο περιβάλλον. Τα ψάρια είναι τροφή πλούσια σε πρωτεΐνες και με μεγάλη διατροφική αξία για τον άνθρωπο. Εδώ και αρκετά χρόνια έχει αρχίσει η εκμετάλλευση του υδρόβιου περιβάλλοντος και σήμερα ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη. Στη χώρα μας, μια μεσογειακή χώρα με πολλά χιλιόμετρα ακτών και ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες για την ανάπτυξη υδατοκαλλιεργειών, έχει πραγματοποιηθεί αλματώδης ανάπτυξη στον τομέα αυτό και ιδιαίτερα στα πλέον εμπορικά είδη, όπως είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*).

Στα ψάρια, όπως και σε κάθε ζωικό οργανισμό, οι βιταμίνες αποτελούν βασικό διατροφικό παράγοντα, απαραίτητο για την ομαλή ανάπτυξη και τη σωστή λειτουργία του οργανισμού. Για το λόγο αυτό έγινε προσπάθεια συγκέντρωσης των μέχρι σήμερα γνώσεων πάνω στις ανάγκες σε βιταμίνες των συγκεκριμένων ειδών, μέσα από το πλήθος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Από την αρχή αυτής της προσπάθειας έγινε φανερό ότι οι γνώσεις μας στον τομέα αυτό της διατροφής είναι ελλειπείς, παρά τα χρόνια μελετών που έχουν προηγηθεί. Υπάρχουν βιταμίνες που δεν έχουν καν μελετηθεί, ενώ σε άλλες τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα δίστανται από ερευνητή σε ερευνητή. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα κατανοητό, κρίνοντας από τη μεγάλη δυσκολία που

χαρακτηρίζει τα πειράματα διατροφής. Η ηλικία και το βάρος των ψαριών, η θερμοκρασία, η αλατότητα, η οξυγόνωση του νερού, γεννητικοί παράγοντες, η φωτοπερίοδος και η γενικότερη διαχείριση των ψαριών είναι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Η αλληλεπίδραση μερικών βιταμινών τόσο μεταξύ τους όσο και με κάποια από τα υπόλοιπα συστατικά της τροφής, καθώς και η πιθανή παρουσία τους σε "άγνωστες" ποσότητες στη βασική δίαιτα (βασικό μείγμα, στο οποίο γίνεται προσθήκη ποικίλων ποσοτήτων της προς μελέτην ουσίας), αποτελούν εξ' ίσου σοβαρά προβλήματα για την πειραματική μελέτη κάποιας βιταμίνης. Το πρόβλημα της άγνωστης ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης της βασικής διαίτας σε αλληλοεπιδρούμενες ουσίες, μπορεί να προσπελασθεί με τη χρησιμοποίηση καθαρών διαιτών (δίαιτες οι οποίες συνίστανται από καθαρές ουσίες και όχι από μείγμα φυσικών πρώτων υλών), οι οποίες όμως ενδέχεται να μην είναι αρκετά ισορροπημένες, ώστε να εξασφαλίσουν τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Από τα προαναφερόμενα καταδεικνύεται η αναγκαιότητα μιας εργασίας με θέμα τις βιταμίνες στα θαλασσινά εκτρεφόμενα ψάρια, της οποίας σκοπός να είναι η ανάδειξη της σημαντικότητας των βιταμινών στο βιολογικό κύκλο των ψαριών και της σημασίας της σωστής διαχείρισής τους στον κύκλο εκτροφής των ψαριών. Στα πλαίσια αυτά κινείται και η παρούσα εργασία, προσπαθώντας να καλύψει το κενό που υπάρχει στη χώρα μας στο συγκεκριμένο θέμα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ερευνητές εδώ και μερικούς αιώνες έχουν παρατηρήσει την ύπαρξη κάποιων διατροφικών παραγόντων που εμφάνιζαν συγκεκριμένη θεραπευτική και προληπτική δράση. Ο πρώτος που κατόρθωσε να ανακαλύψει και να απομονώσει έναν από αυτούς, τους άγνωστους έως τότε διατροφικούς παράγοντες, ήταν ο Πολωνός χημικός Casimir Funk (1912). Ο Funk απομόνωσε από το φλοιό του ρυζιού μια οργανική ένωση, συγκεκριμένα μία αμίνη, και της έδωσε την ονομασία βιταμίνη, δηλαδή αμίνη απαραίτητη για τη ζωή (από το λατινικό "vita" που σημαίνει ζωή). Η ονομασία βιταμίνες έκτοτε διατηρήθηκε για όλους αυτούς τους διατροφικούς παράγοντες, παρά το γεγονός ότι πολλοί από αυτούς δεν ανήκουν στην κατηγορία των αμινών.

Οι βιταμίνες είναι βιοχημικές ενώσεις, των οποίων η δράση ανάγεται σε ξένο οργανισμό ως προς τον οργανισμό προέλευσής τους, σε αντίθεση με τις ορμόνες που δρουν μέσα στο ίδιο οργανισμό, όπου και παράγονται. Συντίθενται από τα φυτά και ορισμένα κατώτερα ζώα, είναι όμως απαραίτητο να λαμβάνονται από τα ανώτερα ζώα, τα οποία δεν μπορούν να τις συνθέσουν.

Οι βιταμίνες μπορεί να μην αποτελούν βασικό δομικό λίθο στην συγκρότηση του ζώντος οργανισμού, είναι όμως απαραίτητες για τον φυσιολογικό μεταβολισμό και συγκεκριμένα για τις πολύπλοκες σειρές αντιδράσεων σύνθεσης και αποσύνθεσης. Η απαραίτητη παρουσία τους για την επίτευξη αυτών των αντιδράσεων επιβάλλει να θεωρούνται ως

φυσικοί ετερογενείς καταλύτες. Οι περισσότερες από τις χημικές αντιδράσεις του οργανισμού είναι καταλυτικής μορφής και για τις πιο πολλές από αυτές απαιτείται η συμβολή καταλυτικών σωμάτων, όπως είναι τα ένζυμα και τα συνένζυμα. Οι βιταμίνες είναι απαραίτητες στο σχηματισμό των συνενζύμων και απαιτούνται ως καταλύτες μαζί με τα ένζυμα σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις του οργανισμού.

Μακροσκοπικά η δράση των βιταμινών ανάγεται στη διατήρηση της υγείας και της ζωτικότητας του οργανισμού, την προώθηση της ανάπτυξης και την εξασφάλιση της ομαλής αναπαραγωγικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα μερικές από τις βασικότερες θετικές δράσεις των βιταμινών είναι η διατήρηση της υγείας των ιστών, η εξασφάλιση της κανονικής λειτουργίας του πεπτικού συστήματος, η εξασφάλιση του φυσιολογικού μεταβολισμού των τροφικών ουσιών, η διατήρηση της ισορροπίας και της σταθερότητας του νευρικού συστήματος, η διατήρηση της ομαλής λειτουργίας του αιμοποιητικού συστήματος και η σθεναρή αντίσταση του οργανισμού στις βακτηριακές μολύνσεις. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι, όταν πολλές βιταμίνες συνεργάζονται μαζί για την ίδια βιολογική λειτουργία, όπως είναι ο αντιαιμορραγικός παράγοντας Η (βιταμίνη B₁₂ και φολικό οξύ), η απουσία έστω και μίας από τις εμπλεκόμενες βιταμίνες αναστέλλει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Οι βιταμίνες λόγω της καταλυτικής τους δράσης απαιτούνται από τον οργανισμό σε ελάχιστες ποσότητες, οι οποίες θεωρητικά έχουν ατέλειωτη δυναμικότητα. Στην πράξη όμως, χωρίς να φθείρεται η βιταμίνη από την ίδια την αντίδραση, μετά από μια μεγάλη σειρά βιοχημικών αντιδράσεων, χάνει τη δραστηριότητά της, κυρίως επειδή περικλείεται στα υποπροϊόντα της αντίδρασης και αποβάλλεται από τον

οργανισμό. Για το λόγο αυτό ο εφοδιασμός του οργανισμού με βιταμίνες επιβάλλεται να είναι συνεχής και αδιάκοπος.

Οι βιταμίνες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις λιποδιαλυτές και τις υδατοδιαλυτές. Οι λιποδιαλυτές έχουν ως μέσο διάλυσης τους διάφορους λιπαρούς διαλύτες και σ' αυτές περιλαμβάνονται οι βιταμίνες Α, D, Ε και Κ. Στις υδατοδιαλυτές, που έχουν ως μέσο διάλυσης το νερό, χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε την C και την ομάδα των βιταμινών Β. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε και την περίπτωση του λιποϊκού οξέος, το οποίο είναι τόσο λιποδιαλυτή όσο και υδατοδιαλυτή βιταμίνη (Halver, 1989).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1^{ος}

Συμβολισμοί και συνώνυμα των βιταμινών

Συμβολισμοί	Συνώνυμα
A	ρετινόλη, αξηροφθόλη, αντιξηροφθαλμική
B	ομάδα B
B συμπ.	σύμπλεγμα B (μείγμα πλίν της B ₁)
B₁	θειαμίνη, βιταμίνη F
B₂	ριβοφλαβίνη, λακτοφλαβίνη, βιταμίνη G
B₃	νικοτινικό οξύ, νιασίνη, νιακίνη
B₄	θρεπτικοί παράγοντες
B₅	παντοθενικό οξύ, βιταμίνη P
B₆	πυριδοξίνη, πυριδοξόλη, αδερμίνη
B₁₀	φολικό οξύ, φυλλικό οξύ, φολασίνη, βιταμίνη M
B₁₁	παράγωγα φολικού οξέος
B₁₂	κυανοκοβαλαμίνη, κοβαλαμίνη, αντιαναιμική
B_C	βιταμίνη B ₁₀ , φολικό οξύ
B_T	καρνιτίνη
B_x	παράγωγο βιταμίνης B ₁₀
C	ασκορβικό οξύ, ασκορβίνη
D	καλσιφερόλη, αντιραχίτικη, μείγμα D ₂ και D ₃
D₁	προβιταμίνες D ₂
D₂	εργοκαλσιφερόλη
D₃	χοληκαλσιφερόλη, δεϋδροκαλσιφερόλη
D₄	προβιταμίνες D ₃
E	τοκοφερόλη (α, β, γ, δ, ε, ζ ₁ , ζ ₂ , η)
E₂	παράγωγα βιταμίνης E
F	βιταμίνη B ₁
G	βιταμίνη B ₂

H	βιοτίνη, ναφθοκινόνη, βιταμίνη R
K	αντιαιμορραγική (K ₁ , K ₂ ,...K ₇), φυλλοκινόνη
K₁	φυλλοκινόνη
K₂	φαρνοκινόνη
K₃	μεναδιόνη
L	παράγοντας ζύμης
M	βιταμίνη B ₁₀
P	βιταμίνη B ₅
PP	νικοτιναμίδιο, B ₃ αμίδιο
R	βιταμίνη H
T	παράγοντας ανάπτυξης
U	μεθειονινοπαράγωγο
-	ινοσιτόλη, μυοϊνοσιτόλη, ινοσίτης
-	χολίνη
-	λιποϊκό οξύ
-	παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ

Ο προηγούμενος πίνακας προέρχεται από την εγκυκλοπαίδεια Υδρία (τόμος 15), έχει όμως συμπληρωθεί και με επιπλέον πληροφορίες προερχόμενες από άλλες πηγές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2^{ος}

Διεθνείς μονάδες (IU) δοσολογίας των κυριότερων βιταμινών

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	Αντιστοιχίες
A	1 IU-A = 0.6 μg β-καροτινίου
D	1 IU-D = 0.025 μg D ₂
E	1 IU-E = 1 mg οξικής E _a
K	1 IU-K = 1 mg K ₁
Θειαμίνη (B₁)	1 IU-B ₁ = 3 μg υδροχλωρικής B ₁
Ριβοφλαβίνη (B₂)	1 IU-B ₂ = 1 mg B ₂
Κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂)	1 IU-B ₁₂ = 1 μg B ₁₂
Ασκορβικό Οξύ (C)	1 IU-C = 1 mg C

Πηγή : Εγκυκλοπαίδεια Υδρία (τόμος 15)

Ο ρόλος των βιταμινών στα ψάρια έχει μελετηθεί εκτενώς τουλάχιστον στα σαλμονοειδή, όπου έχει αποδειχθεί ότι σε γενικές γραμμές αυτές οι ουσίες παίζουν τον ίδιο ρόλο τόσο στα ψάρια όσο και στα ανώτερα σπονδυλωτά (Halver, 1972). Παρ' όλα αυτά πρέπει να αναφερθούν μερικές μικροδιαφορές σ' αυτό το γενικό σχήμα. Η βιταμίνη D για παράδειγμα μοιάζει λιγότερο σημαντική, ενώ αντίθετα η χολίνη και η ινοσιτόλη, αν και θεωρούνται σημαντικές βιταμίνες για τα ψάρια, αναφέρονται ως απλοί διατροφικοί παράγοντες για τα θηλαστικά (Guillaume, 1987).

Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες έχουν μεγαλύτερο αριθμό βιταμερών και διαφορετική συσσωρευτική δράση από τις υδατοδιαλυτές. Οι υδατοδιαλυτές μεταβολίζονται και απεκκρίνονται γρήγορα, όταν η ποσότητα που λαμβάνεται από τον οργανισμό υπερβαίνει την ικανότητα αποθήκευσης του συκωτιού και των ιστών. Αυτό εξηγεί το γεγονός της ύπαρξης ελάχιστων αναφορών σε υπερβιταμίνωση από υδατοδιαλυτές βιταμίνες. Αντίθετα για όλες τις λιποδιαλυτές η υπερβιταμίνωση είναι συχνό φαινόμενο, όταν μεγάλες ποσότητες λαμβάνονται από τον οργανισμό. Ορισμένες φορές τα συμπτώματα υπερβιταμίνωσης είναι παρόμοια με τα συμπτώματα υποβιταμίνωσης, όπως στην περίπτωση των βιταμερών της Α και της D (Halver, 1989).

Όσον αφορά τις ποσοτικές απαιτήσεις των ψαριών σε βιταμίνες, οι τιμές που έως τώρα έχουν αναφερθεί, είναι συχνά εκτιμήσεις με πλεόνασμα, δηλαδή περισσότερο προτάσεις παρά οι πραγματικές απαιτήσεις. Για το λόγο αυτό παραμένουν ακόμα αμφιβολίες πάνω στην πληρότητα των γνώσεων μας για τις βιταμινικές απαιτήσεις των ψαριών.

Σχετικά με τα συμπτώματα έλλειψης βιταμινών που έχουν αναφερθεί στα ψάρια, πρέπει να επισημανθεί ότι όχι μόνο διαφέρουν έναντι αυτών των ζώων της ξηράς, αλλά φαίνεται να ποικίλουν και από το ένα είδος ψαριού στο άλλο (Guillaume, 1987).

Στο κύριο μέρος αυτής της εργασίας γίνεται αναφορά σε κάθε βιταμίνη ξεχωριστά. Αρχικά περιγράφεται η μορφή και οι φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας που αναφέρεται, με σκοπό την ταυτοποίησή της. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις θετικές δράσεις και τις λειτουργίες που επιτελεί η συγκεκριμένη βιταμίνη στον οργανισμό του ψαριού. Ακολουθεί αναφορά στις διατροφικές απαιτήσεις των συγκεκριμένων ειδών, οι οποίες δεν είναι επαρκώς προσδιορισμένες. Για το λόγο αυτό κάποιες φορές παρατίθενται οι απαιτήσεις κάποιων συγγενικών ειδών, όπως η Γιαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*) ή οι γενικές απαιτήσεις της υπεροικογένειας στην οποία ανήκουν. Μετά την αναφορά στις διατροφικές απαιτήσεις περιγράφονται τα συμπτώματα υποβιταμίνωσης/υπερβιταμίνωσης που έχουν παρατηρηθεί στα ψάρια. Στη συνέχεια αναφέρονται οι μορφές με τις οποίες χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη βιταμίνη στην παρασκευή βιομηχανικών ιχθυοτροφών. Στο σημείο αυτό γίνεται μια όσο το δυνατόν πληρέστερη περιγραφή των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων των συγκεκριμένων ουσιών, με σκοπό την ταυτοποίησή τους και κατ' επέκταση την πιθανή χρησιμοποίησή τους ως προσθήκη στην τροφή. Ακολούθως γίνεται αναφορά σε φυσικές ύλες, στις οποίες η συγκεκριμένη βιταμίνη απαντάται σε ικανές ποσότητες. Η αναφορά αυτή γίνεται με σκοπό τον προσδιορισμό της παρουσίας της βιταμίνης στη φύση και την ανεύρεση πιθανών πρώτων υλών κατάλληλων για την παρασκευή ιχθυοτροφών. Τέλος δίνεται ιδιαίτερη σημασία στις ευαισθησίες που εμφανίζει η βιταμίνη σε συγκεκριμένους φυσικοχημικούς παράγοντες και στις προφυλάξεις που απαιτεί η

συντήρησή της. Παράλληλα γίνεται επισημασμένη αναφορά στην προσοχή που πρέπει να δίνεται τόσο κατά την παρασκευή όσο και κατά την αποθήκευση των ιχθυοτροφών, έτσι ώστε η βιταμίνη να διατηρήσει τη μέγιστη δυνατή βιταμινική της δραστηριότητα.

Στο σημείο αυτό θεωρούμε βασικό να διευκρινίσουμε κάποιους όρους που αναφέρονται στην εργασία και πιθανόν να μην είναι απόλυτα κατανοητοί. Με τον όρο βιταμερή κάποιας βιταμίνης, εννοούνται ποικίλες μορφές της βιταμίνης, οι οποίες είναι ενώσεις με παρόμοια βιταμινική δραστηριότητα. Με τον όρο προβιταμίνες ή προπομποί βιταμινών εννοούνται οι ουσίες, από τις οποίες έμμεσα ή άμεσα ο οργανισμός σχηματίζει τις αντίστοιχες βιταμίνες. Με τον όρο ένζυμα ονομάζονται οι μεγαλομοριακές ενώσεις πρωτεϊνικής φύσης που δρουν ως βιολογικοί καταλύτες με απόλυτη εξειδίκευση σε κάθε χημική αντίδραση του κυττάρου και είναι απαραίτητες σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Η δράση των ενζύμων είναι ανάλογη των καταλυτών της ανόργανης χημείας, γι' αυτό ονομάζονται και βιοκαταλύτες. Τα κοινά σημεία καταλυτών και ενζύμων είναι ότι και οι δύο αυτές ομάδες δρούν σε ελάχιστες συγκεντρώσεις, επιταχύνουν ή και επιβραδύνουν τις αντιδράσεις και θεωρητικά μένουν αναλλοίωτες μετά το πέρας της αντίδρασης. Τέλος, τα περισσότερα ένζυμα απαιτούν για τη φυσιολογική τους δραστηριότητα την παρουσία ορισμένων μη πρωτεϊνικών οργανικών ενώσεων, οι οποίες αποκαλούνται συνένζυμα.

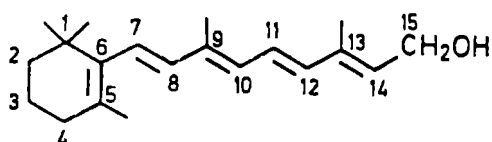
ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

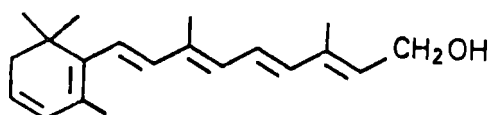
Βιταμίνες Α , D , Ε & Κ

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Ρετινόλη₁



Ρετινόλη₂

Στην κοινή ονομασία βιταμίνη Α, περιλαμβάνονται δύο κύριες παραλλαγές, η βιταμίνη Α₁ (ρετινόλη₁) και η βιταμίνη Α₂ (ρετινόλη₂). Είναι και οι δύο λιποδιαλυτές αλκοόλες με παρόμοια δράση και σύσταση και έχουν χημικούς τύπους C₂₀H₂₉OH και C₂₀H₂₇OH αντίστοιχα. Έχουν ως προβιταμίνες τα καροτένια και ειδικότερα τα β-καροτένια. Τα β-καροτένια είναι οργανικές ενώσεις με πορτοκαλόχρωμη κρυσταλλική δομή και με υδρόλυση στο συκώτι δίνουν τη βιταμίνη Α.

Η ρετινόλη₁ βρίσκεται κυρίως στα θαλασσινά ψάρια, ενώ η ρετινόλη₂ αφθονεί στα ψάρια του γλυκού νερού. Πάντως πρέπει να αναφερθεί ότι οι Braekkan et al. (1969), απέδειξαν την δυνατότητα ενδομετατροπής στον οργανισμό του ψαριού από την μία μορφή στην άλλη.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η βιταμίνη Α απαιτείται από τα σπονδυλωτά για την αναζωογόνηση της φωτοευαίσθητης ροδοψίνης στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Μαζί με την ρετινίνη (αλδεϋδική μορφή της βιταμίνης Α) είναι απαραίτητες για την κανονική όραση (Dam & Sondergaard, 1964; West et

al., 1966). Είναι σημαντική για την διατήρηση της καλής κατάστασης των επιθηλιακών κυττάρων. Αποτελεί διεγερτικό παράγοντα της αύξησης των νέων κυττάρων και σημαντικό βοήθημα της αντίστασης του οργανισμού στις μολύνσεις.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Η αναφορά που έχουμε πάνω στις απαιτήσεις των θαλασσινών περκοειδών σε βιταμίνη Α, είναι από τον Halver (1989), όπου αναφέρεται ότι οι απαιτήσεις της Γιαπωνέζικης τσιπούρας (*Chrysophrys major*), κυμαίνονται από 1000-2000 IU/kg ξηρής τροφής. Υπερβιταμίνωση σε βιταμίνη Α έχει αναφερθεί, όταν οι λαμβανόμενες ποσότητες υπερβαίνουν τις 1 εκατομμύριο IU/kg ξηρής τροφής (Poston et al., 1966).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Η υποβιταμίνωση σε βιταμίνη Α χαρακτηρίζεται από μειωμένη ανάπτυξη, μειωμένη όραση, κερατινοποίηση των επιθηλιακών ιστών, ξηροφθαλμία, νυκτερινή τυφλότητα (νυκταλωπία), αιμορραγία στον πρόσθιο θάλαμο του ματιού, αιμορραγία στη βάση των πτερυγίων και ανώμαλο σχηματισμό των οστών (Dam & Sondergaard, 1964; West et al., 1966; Aoe et al., 1968; Kitamura et al., 1967). Άλλα συμπτώματα είναι εξοφθαλμία, μετατόπιση του φακού του ματιού, οίδημα, ασκίτης, αποχρωματισμός, λέπτυνση και διαστολή του κερατοειδούς καθώς και εκφύλιση του αμφιβλοστροειδούς (Halver, 1985). Επίσης έχουν αναφερθεί φωτοφοβία, καταρράκτης και ανωμαλία στους χόνδρους (Halver, 1979). Τέλος, σε ψάρια εκτρεφόμενα για μεγάλο χρονικό

διάστημα με δίαιτα ελλειπή σε βιταμίνη Α, έχει παρατηρηθεί εκφύλιση των νευρικών ιστών (Halver, 1989).

Έχουν αναφερθεί επίσης συμπτώματα υπερβιταμίνωσης, τα οποία είναι : ανώμαλη ανάπτυξη, τοξικότητα του συκωτιού, διόγκωση του συκωτιού και της σπλήνας, δερματικά έλκη, επιθηλιακή κερατινοποίηση, υπερπλασία των χόνδρων της κεφαλής και ανώμαλος σχηματισμός οστών, ο οποίος έχει σαν αποτέλεσμα την αγκύλωση και συγκόλληση των σπονδύλων (Burrows et al., 1952; Halver, 1970; Poston et al., 1966; Poston & Levingston, 1969).

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Συνθετικά παρασκευάσματα βιταμίνης Α, τα οποία έχουν μορφή σκόνης, όπως είναι ο οξικός, ο παλμιτικός ή ο προπιονικός εστέρας της, είναι διαθέσιμα στο εμπόριο και συχνά χρησιμοποιούνται για την συμπλήρωση της βιταμίνης Α σε τροφές με χαμηλή περιεκτικότητα σε καροτένια, ιχθυάλευρα και εντόσθια ψαριών.

Ορισμένα είδη ψαριών δείχνουν ικανά να χρησιμοποιήσουν το β-καροτένιο σαν πηγή βιταμίνης Α, ενώ άλλα δείχνουν ανίκανα να διασπάσουν το μόριο του. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάγκη προσθήκης της βιταμίνης Α στην τροφή τους είτε με την μορφή ρετινόλης, είτε με τη μορφή ρετινίνης (αλδεϋδική μορφή της ρετινόλης) είτε τέλος με την μορφή του ρετινοϊκού οξέος (οξειδωμένη μορφή της ρετινόλης).

✓ Φυσικές πηγές

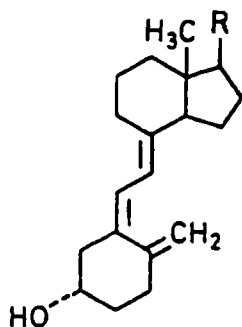
Φυσικές πηγές πλούσιες σε βιταμίνη Α και σε καροτένιο (ως προβιταμίνη της Α) είναι το συκώτι, το βούτυρο, τα αυγά, το γάλα, το τυρί, το καλαμπόκι, τα καρότα και όλα τα ιχθυέλαια. Στα ιχθυέλαια η βιταμίνη βρίσκεται με τη μορφή αλκοόλης ή εστέρος. Τυπικό παράδειγμα είναι το μουρουνέλαιο, το οποίο περιέχει σχετικά μικρές ποσότητες βιταμίνης Α, σε αντίθεση με τα έλαια του ξιφία (*Xiphias gladius*) και του σκαθαριού (*Mylio macrocephalus*), τα οποία περιέχουν εκατονταπλάσια ποσότητα.

✓ Ευσαιθησία - Συντήρηση

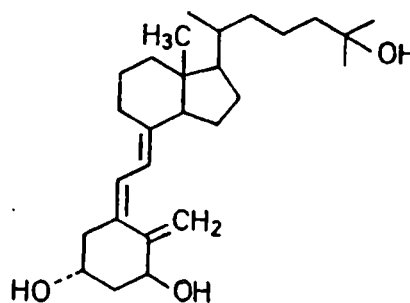
Η βιταμίνη Α, αν και σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα, είναι επιρρεπής στην οξείδωση από τον αέρα, σε υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης και παρουσία οξειδωτικών παραγόντων, όπως είναι τα ταγκισμένα έλαια. Οι απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά την διαδικασία παρασκευής ζωοτροφών (συμπυκτωποίηση με τη μέθοδο της διόγκωσης) και κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους για 6 μήνες σε θερμοκρασία δωματίου, είναι αντίστοιχα 20% και 53% (N.R.C. 1983). Το β-καροτένιο, ως προβιταμίνη της Α, είναι πιο σταθερό στη θέρμανση και την οξείδωση.

ΒΙΤΑΜΙΝΗ D

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Χοληκαλσιφερόλη



1α,25-διυδροξυ-χοληκαλσιφερόλη

Η βιταμίνη D απαντάται στην φύση με πολλές βιολογικά ενεργές μορφές. Οι πιο ενεργές βιολογικά μορφές της είναι η D₃ (χοληκαλσιφερόλη C₂₇H₄₄O) και D₂ (εργοκαλσιφερόλη C₂₈H₄₄O). Η D₃ είναι άσπρη κρυσταλλική ουσία διαλυτή στους λιπαρούς και οργανικούς διαλύτες. Σχηματίζεται στους περισσότερους ζωικούς ιστούς από τη διάσπαση ενός από τους δεσμούς αλυσίδας της 7-αφυδροχοληστερόλης (προβιταμίνη D), όταν η τελευταία βρίσκεται στο δέρμα και εκτίθεται στην υπεριώδη ακτινοβολία. Πάντως πρέπει να αναφερθεί ότι σχηματισμός βιταμερών της D, δεν έχει αποδειχθεί σε ψάρια που τράφηκαν με δίαιτες ελλειπείς σε βιταμίνη D ή προβιταμίνες της.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η βιταμίνη D₃ δρά ως προπομπός της 1α,25-διυδροξυ-χοληκαλσιφερόλης, η οποία διεγείρει την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο. Είναι βασική για τη διατήρηση της ομοιόστασης του ασβεστίου και του ανόργανου φωσφόρου. Η βιταμίνη D

συμμετέχει στη δραστηριότητα της αλκαλικής φωσφατάσης και επηρεάζει τη δράση της παραθυροειδικής ορμόνης στα κόκκαλα (Dam & Sondergaard, 1964; West et al., 1966). Παρ' όλα αυτά, η λειτουργία της βιταμίνης D μπορεί να μην είναι τόσο απαραίτητη για την ικανοποίηση των απαιτήσεων ασβεστίου στα ψάρια που ζουν σε νερά ικανής περιεκτικότητας σε ασβέστιο. Αυτό εξηγείται από την εργασία των Lovelace & Rodoliak (1956), οι οποίοι απέδειξαν την ικανότητα του ψαριού να προσλαμβάνει ασβέστιο από το νερό μέσω των βραγχιακών μεμβρανών.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις των ψαριών σε βιταμίνες D δεν μπορούν να προσδιοριστούν παρά μόνο, όταν τα ψάρια εκτρέφονται σε νερά πολύ χαμηλής ιοντικής συγκέντρωσης, οπότε το ασβέστιο πρέπει να απορροφηθεί περισσότερο μέσω του εντερικού σωλήνα, παρά μέσω των βραγχιακών ιστών (Poston, 1968). Για το λόγο αυτό, οι ακριβείς απαιτήσεις σε βιταμίνη D δεν έχουν ερευνηθεί ικανοποιητικά και μόνο κάποιες προτεινόμενες ποσότητες έχουν αναφερθεί. Αυτές οι ποσότητες για τα θαλασσινά περκοειδή είναι 2500 IU (D₃) ανά kg ξηρής τροφής (New, 1986). Ποσότητες μεγαλύτερες από 100,000 IU (D₃) ανά kg ξηρής τροφής μπορούν να προκαλέσουν υπερβιταμίνωση (Halver, 1985).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Η υποβιταμίνωση σε D έχει περιγραφεί πειραματικά από τους Barnett et al. (1979). Ραχτικά συμπτώματα και ανώμαλος σχηματισμός οστών παρατηρήθηκαν σε ψάρια που ταΐστηκαν με δίαιτα χαμηλής

περιεκτικότητας σε βιταμίνη D και παράλληλα εκτράφηκαν σε νερό χαμηλής συγκέντρωσης ασβεστίου. Διαταραγμένη ομοιόσταση του ασβεστίου με τετανικά συμπτώματα (μυϊκές συσπάσεις) στους λευκούς μύες και δομικές αλλαγές στις ίνες των λευκών μυών έχουν αναφερθεί (George et al., 1979). Τα συμπτώματα υπερβιταμίνωσης δεν έχουν επακριβώς προσδιοριστεί στα ψάρια. Σε μερικές περιπτώσεις έχει αναφερθεί υπερασβεσταιμία και μερική νέκρωση του συκωτιού.

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Η βιταμίνη D₃ (χοληκαλσιφερόλη) είναι η πλέον ενεργή μορφή της βιταμίνης D. Για το λόγο αυτό είναι η μορφή που χρησιμοποιείται κυρίως στην παρασκευή ιχθυοτροφών. Συνήθως προστίθεται με τη μορφή ξηρής λευκής σκόνης και είναι σταθερή στη θέρμανση και την οξείδωση σε μεσοαλκαλικά και όξινα διαλύματα (Dam & Sondergaard, 1964). Γενικά, είναι πολύ σταθερή σε πολυβιταμινούχα μείγματα, κατά τη διάρκεια παρασκευής της τροφής και κατά την αποθήκευση.

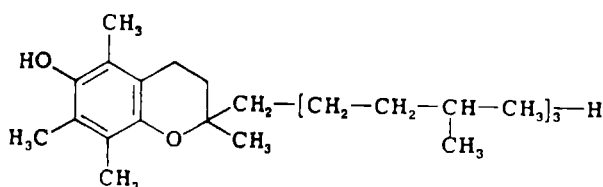
✓ Φυσικές πηγές

Όντας λιποδιαλυτή η βιταμίνη D περιέχεται σε σημαντικές ποσότητες στα ηπατέλαια των ψαριών. Η συγκέντρωσή της στα ηπατέλαια διαφέρει πολύ ανάλογα με το είδος του ψαριού από το οποίο προέρχονται. Για παράδειγμα το ηπατέλαιο ενός είδους καρχαρία του Ειρηνικού (*Galeorhinus galeus*) περιέχει μόνο 25 IU/g ελαίου σε βιταμίνη D, ενώ το αντίστοιχο του μακρύπτερου τόνου (*Thunnus alalunga*) περιέχει άνω των 200,000 IU/g ελαίου. Το γνωστό μουρουνέλαιο (*Gadus morhua*) περιέχει από 100 έως 500 IU/g ελαίου σε βιταμίνη D. Άλλες

φυσικές πηγές πλούσιες σε βιταμίνη D είναι γενικά τα ψάρια, το βούτυρο, το γάλα, τα αυγά και οι ξηροί καρποί.

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



α-τοκοφερόλη

Τα βιταμερή Ε είναι ουσίες γνωστές ως τοκοφερόλες. Οκτώ φυσικά παράγωγα τοκοφερόλης έχουν απομονωθεί και ανήκουν όλες στην D σειρά. Οι α-,β-,γ-,δ-τοκοφερόλες είναι οι τέσσερις κυριότερες παραλλαγές της βιταμίνης Ε. Είναι υγρά ελαιώδη, πυκνόρευστα, υποκίτρινα, με δυσάρεστη οσμή και γεύση και είναι όλα παράγωγα της τοκόλης. Η κάθε τοκοφερόλη έχει διαφορετική βιολογική δραστηριότητα και η D-α-τοκοφερόλη είναι αυτή με την εντονότερη βιολογική δράση.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Οι τοκοφερόλες είναι φυσιολογικά αντιοξειδωτικά και προστατεύουν τις εύκολα οξειδωσιμες βιταμίνες και τα ασταθή ακόρεστα λιπαρά οξέα. Δρουν ως μέσο- και ενδοκυτταρικά αντιοξειδωτικά για την διατήρηση της ομοιόστασης των ασταθών μεταβολιτών στα κύτταρα και το πλάσμα των ιστών. Με τη δράση τους αυτή περιορίζουν την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που βρίσκονται στις βιολογικές μεμβράνες. Η υποβάθμιση των κυτταρικών μεμβρανών, λόγω οξείδωσης, ελαττώνει την διαπερατότητά τους και συνεπώς την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας του κυττάρου. Οι τοκοφερόλες, με την αντιοξειδωτική

τους ικανότητα, συμμετέχουν επίσης στη διατήρηση της κανονικής διαπερατότητας των τριχοειδών αγγείων και των μυών της καρδιάς.

Η βιταμίνη Ε λειτουργεί μαζί με το σελήνιο και το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), στα ένζυμα υπεροξειδάση της γλουταθειόνης και υπεροξειδίου της δισμουτάσης, με σκοπό την ανακοπή των αλυσιδωτών αντιδράσεων της υπεροξειδωσής των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Lehninger, 1977). Επίσης τα βιταμερή της Ε συμμετέχουν μαζί με το σελήνιο και τη βιταμίνη C στην κανονική αναπαραγωγική δραστηριότητα των ψαριών (Halver, 1989).

Η ευεργετική δράση της βιταμίνης Ε στην ωοτοκία, την εκκολαψιμότητα των αυγών και την ποιότητα των εκκολαφθέντων προνυμφών μελετήθηκε σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην Γιαπωνέζικη τοιπούρα (*Chrysophrys major*) από τον Watanabe και άλλους ερευνητές (1985, 1991). Σε αρχικό πείραμα γεννήτορες ταϊστήκαν με δίαιτα που περιείχε προσθήκη 200 mg D-L-α-οξικής τοκοφερόλης ανά 100 gr δίαιτας μάρτυρα, η οποία περιείχε 50 mg ανά 100 gr τροφής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό των επιπλέοντων αυγών (τα οποία έχουν υψηλά ποσοστά εκκόλαψης και φυσιολογικής ανάπτυξης των προνυμφών) αυξήθηκε με την προσθήκη της βιταμίνης Ε στη δίαιτα από 42,7% με τη δίαιτα μάρτυρα σε 77,9%. Το ποσοστό των ανώμαλων αυγών από 67% με τη δίαιτα μάρτυρα δε βελτιώθηκε σημαντικά. Μικρή ήταν και η διαφορά που παρατηρήθηκε στην ενσωμάτωση της βιταμίνης Ε στα αυγά (επιπλέοντα και μη), με τις δύο δίαιτες. Η αύξηση του ρυθμού εκκόλαψης ήταν σχετικά μικρή, αλλά το ποσοστό των φυσιολογικών προνυμφών που εκκολάφθηκαν ήταν αυξημένο, τουλάχιστον κατά 2 φορές, έναντι του ποσοστού που προέκυψε με τη δίαιτα μάρτυρα. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν από μεταγενέστερο πείραμα, στο

οποίο έγινε προσθήκη 150 mg τοκοφερόλης ανά 100 gr τροφής μάρτυρα, η οποία περιείχε 50 mg ανά 100 gr τροφής. Πάντως πρέπει να επισημανθεί ότι η τελική ποσότητα της βιταμίνης E, που βρέθηκε μετά από βιοχημικές αναλύσεις στην εμπλουτισμένη δίαιτα, ήταν μόνο 129.4 mg ανά 100 gr τροφής. Ο ρόλος της βιταμίνης E στην αναπαραγωγική διαδικασία δεν έχει προσδιορισθεί πλήρως και γι' αυτό θα χρειασθούν περισσότερες μελέτες.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ των βιταμινών E, C και A, μέσω της οποίας προστατεύεται η ευαίσθητη βιταμίνη A (Dam & Granados, 1945; Dam et al., 1952).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών σε βιταμίνη E εξαρτώνται άμεσα από τον τύπο και την ποσότητα των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που περιέχονται στη δίαιτα, καθώς επίσης και από το επίπεδο άλλων αντιοξειδωτικών ουσιών που βρίσκονται στους ιστούς των ψαριών. Κατά τους Jauncey & Ross (1982) η παρουσία λιπαρών οξέων με οξειδωτική δράση μεγαλύτερη των 4 mg/kg στην τροφή αυξάνει τις απαιτήσεις σε βιταμίνη E. Ειδικά οι τροφές για τα θαλασσινά ψάρια, που απαιτούν υψηλές ποσότητες ακόρεστων λιπαρών οξέων, πρέπει να περιέχουν υψηλές ποσότητες βιταμίνης E. Οι απαιτήσεις των θαλασσινών ψαριών σε βιταμίνη E δεν έχουν προσδιορισθεί επακριβώς. Ο New (1986) προτείνει ότι 100 mg/kg ξηράς τροφής είναι επαρκής ποσότητα για τα θαλασσινά περκοειδή. Τα επίπεδα βιταμίνης E (1500-2000 mg/kg τροφής) που έχουν αναφερθεί για γεννήτορες, στα πειράματα των Watanabe et al. (1985, 1991), είναι ιδιαίτερα υψηλά, πιθανώς λόγω των αυξημένων απαιτήσεων σε βιταμίνη E για την αναπαραγωγική διαδικασία.

Ακόμη όμως και τα 500 mg βιταμίνης E ανά κιλό τροφής, που χρησιμοποιήθηκαν στην δίαιτα μάρτυρα, ενδεχομένως να είναι επίπεδο υψηλό για την διαδικασία της ανάπτυξης και να υπερβαίνει τις φυσιολογικές απαιτήσεις του ψαριού. Περιπτώσεις υπερβιταμίνωσης θεωρούνται πιθανές για επίπεδα βιταμίνης E άνω του 1 gr/kg ξηράς τροφής (Halver, 1985).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Τα συμπτώματα έλλειψης της βιταμίνης E σε ψάρια που τρέφονται με κανονικές ποσότητες ακόρεστων λιπαρών οξέων είναι: αναιμία, ασκίτης, ξηροφθαλμία, μειωμένη ανάπτυξη, χαμηλή μετατρεψιμότητα, επικαρδίτιδα και κηροειδείς αποθέσεις στο σπλήνα και το συκώτι. Επίσης, σε θαλασσινά ψάρια που τράφηκαν με δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη E και υψηλής περιεκτικότητας σε έλαια με πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παρατηρήθηκε ρήξη των ερυθροκυττάρων, ασκίτης και σημαντική ευαισθησία στο "στρες" λόγω χειρισμών (Halver, 1989).

Συμπτώματα υπερβιταμίνωσης μπορούν να προκληθούν μόνο μετά από υπερβολική δοσολογία για μεγάλα χρονικά διαστήματα και είναι κυρίως η χαμηλή ανάπτυξη, η χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, η τοξική αντίδραση του συκωτιού και ο θάνατος του ψαριού (Watanabe et al., 1970; Poston, 1971a).

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Η σημαντικότερη τοκοφερόλη είναι η α-τοκοφερόλη (5,7,8,-τριμεθυλοτοκόλη), η οποία έχει μοριακό τύπο $C_{23}H_{50}O_2$. Η συνθετική

α-τοκοφερόλη είναι το ρακεμικό μείγμα των D και L-α-τοκοφερολών. Η συνθετική α-τοκοφερόλη με τη μορφή οξικού ή φωσφορικού εστέρα χρησιμοποιείται συχνά σαν προσθήκη στην τροφή. Αυτοί οι εστέρες είναι πολύ πιο σταθεροί από την ελεύθερη μορφή, η οποία εύκολα καταστρέφεται από την οξείδωση με τον αέρα, με την παρουσία ασταθών συμπλόκων, όπως των πολυακόρεστων ιχθυελαίων, και κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

✓ Φυσικές πηγές

Φυσικές πηγές των τοκοφερολών είναι το αραβοσιτέλαιο, το σογιέλαιο και το λάδι σιταριού. Αυτά τα λάδια είναι πολύ σταθερά και όταν ενσωματώνονται στην τροφή τείνουν να σταθεροποιήσουν και τα ασταθή λιπαρά οξέα που βρίσκονται σ' αυτή.

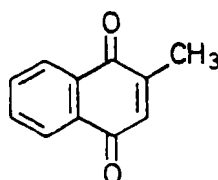
✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Η βιταμίνη E είναι σχετικά σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα, όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τη θερμοκρασία δωματίου. Είναι όμως επιρρεπής στην οξείδωση κατά την αποθήκευση της τροφής, σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και παρουσία οξειδωτικών ουσιών, όπως είναι τα οξειδωμένα έλαια. Ως εναλλακτικά αντιοξειδωτικά στην τροφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν η βουτυλ-υδροξυανισόλη (BHA), βουτυλ-υδροξυτολουόλη (BHT) και η αιθοξυκίνη (ethoxyquin), τα οποία προστατεύουν τα λιπαρά και άλλες ευαίσθητες ουσίες από την οξείδωση. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι τα αντιοξειδωτικά αυτά δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τη βιταμίνη E

ως ενδοκυτταρικό αντιοξειδωτικό στον οργανισμό του ψαριού και για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η λήψη της μέσω της τροφής.

ΒΙΤΑΜΙΝΗ Κ

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Μεναδιόλη (K₃)

Σε καθαρή κατάσταση η βιταμίνη Κ έχει μορφή κρυσταλλικού σώματος, με κίτρινο χρώμα, το οποίο έχει έντονο φθορισμό και είναι αδιάλυτο στο νερό. Έχουν αναφερθεί επτά παραλλαγές (K₁, K₂, ... K₇), από τις οποίες οι K₁, K₂ και K₃ είναι οι πιο σημαντικές. Όλες οι παραλλαγές είναι ενώσεις παράγωγες της ναφθοκινόνης.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Τα βιταμερή της Κ δρουν ως συνένζυμα στη σύνθεση ορισμένων πρωτεϊνών (προθρομβίνη, θρομβοπλαστίνη του πλάσματος, και προκομβερτίνη), οι οποίες είναι απαραίτητες για την πήξη του αίματος. Για το λόγο αυτό η βιταμίνη Κ παίζει πρωταρχικό ρόλο στη διατήρηση του γρήγορου ρυθμού της πήξης του αίματος, ο οποίος είναι πολύ σημαντικός για όλους τους οργανισμούς που ζουν στο υδάτινο περιβάλλον. Συμμετέχει μαζί με τις βιταμίνες Α, Ε και ασκορβικό οξύ στην ομοιοστάση των φυσιολογικά ενεργών βιταμινών Α και Ε (Dam & Sondergaard, 1964). Κάποιες υποκατάστατες μορφές της βιταμίνης Κ, είναι ισχυρά βακτηριοστατικά και χρησιμεύουν σαν εναλλακτικοί μηχανισμοί άμυνας σε βακτηριακές μολύνσεις.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις σε μεναδιόνη (K_3), για τα ψάρια που έχουν ερευνηθεί, κυμαίνονται από 0.5-1 mg/kg ξηράς τροφής. Ακόμη όμως και 2 gr/kg τροφής δεν έχουν επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη ούτε έχουν προκαλέσει συμπτώματα υπερβιταμίνωσης (Poston, 1971b). Για το λόγο αυτό στις δίαιτες των ψαριών περιέχονται 5-10 mg βιταμίνης K ανά κιλό, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο φυσιολογικός μηχανισμός πήξης του αίματος (Halver, 1985). Αντίστοιχα επίπεδα βιταμίνης K στην τροφή (10 mg/kg) προτείνονται από τον New (1986) για την κάλυψη των απαιτήσεων των θαλασσινών περκοειδών.

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Ψάρια τα οποία τράφθηκαν με δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη K, παρουσίασαν αύξηση του χρόνου πήξης του αίματος, χαμηλό αιματοκρίτη, αιμορραγίες, σοβαρή αναιμία και υψηλή θνησιμότητα μετά από τραυματισμούς. Επίσης αιμορραγικές περιοχές εμφανίστηκαν στα εντόσθια, τα πτερύγια και σε ευαίσθητους ιστούς, όπως είναι τα βράγχια και τα μάτια.

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Σαν προσθήκη στην τροφή, για εμπλουτισμό σε βιταμίνη K, χρησιμοποιούνται συνθετικά, υδατοδιαλυτά άλατα της μεναδιόνης (K_3), όπως είναι το διθειώδες νάτριο της μεναδιόνης (menadione sodium bisulphite) και η διθειώδης διμεθυλ-πυριμιδινόλη της μεναδιόνης (menadione dimethyl pyrimidinol bisulphite). Τα άλατα αυτά είναι αρκετά

σταθερά σε πολυβιταμινούχα μείγματα, με την προϋπόθεση ότι προστατεύονται από ικνοστοιχεία, θερμότητα, υγρασία και φως (N.R.C. 1983).

✓ Φυσικές πηγές

Φυσικές πηγές της βιταμίνης Κ είναι τα φυλλάδια των πράσινων φυτών. Τα φύλλα της μηδικής είναι μία από τις καλύτερες πηγές βιταμερών της βιταμίνης Κ. Τα σπορέλαια, ο κρόκος του αυγού και το χοιρινό λίπος, περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες (Τζάκου, 1967). Επίσης σε χαμηλά επίπεδα βρίσκεται στη σόγια και στο συκώτι των ζώων (Isler & Wiss, 1959).

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Η τροφή θα πρέπει να διατηρείται στεγνή, παρασκευασμένη με ελάχιστη έκθεση στην οξείδωση από τον αέρα και να παρέχεται στα ψάρια όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την παρασκευή της. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι απώλειες σε βιταμίνη Κ, λόγω της αποθήκευσης, των εσωτερικών αντιδράσεων και της οξείδωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3^{ος}

Συμπτώματα Υποβιταμίνωσης λιποδιαλυτών βιταμινών

ΒΙΤ/ΝΕΣ	ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ
A	Μειωμένη ανάπτυξη, μειωμένη όραση, φωτοφοβία, καταρράκτης, εξώφθαλμο, μετατόπιση του φακού του ματιού, υπερπλασία και διαστολή του κερατοειδούς, εκφύλιση του αμφιβληστροειδούς χιτώνα του ματιού, ξηροφθαλμία, νυκτερινή τυφλότητα, αιμορραγίες στα μάτια και τη βάση των περυγίων, ανώμαλος σχηματισμός οστών και χόνδρων, επιθηλιακή κερατινοποίηση.
D	Μειωμένη ανάπτυξη, τιτανία των λευκών μυών, διαταραγμένη ομοιόσταση του ασβεστίου, ανώμαλος σχηματισμός οστών.
E	Μειωμένη ανάπτυξη, μειωμένη επιβίωση, χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, υπεροξειδωση των λιπιδίων, αναιμία, ευαισθησία και ρήξη των ερυθροκυττάρων, ευαισθησία τριχοειδών αγγείων, διατροφική μυϊκή δυστροφία, επικαρδίτιδα, ξηροφθαλμία, αιμορραγίες στα μάτια.
K	Αύξηση του χρόνου πήξης του αίματος, αιμορραγίες στους ευαίσθητους ιστούς (βράγχια, περύγια κ.λ.π.), αναιμία, χαμηλός αιματοκρίτης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4^{ος}

Συμπτώματα Υπερβιταμίνωσης λιποδιαλυτών βιταμινών

ΒΙΤ/ΝΕΣ	ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΥΠΕΡΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ
A	Ανώμαλη ανάπτυξη, δερματικά έλκη, επιθηλιακή κερατινοποίηση, υπερπλασία χόνδρων κεφαλής, ανώμαλος σχηματισμός οστών, διόγκωση συκωτιού και σπλήνας, τοξικότητα συκωτιού.
D	(Δεν έχουν αναφερθεί).
E	Μειωμένη ανάπτυξη, μειωμένη επιβίωση, χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, τοξικότητα συκωτιού.
K	(Δεν έχουν αναφερθεί).

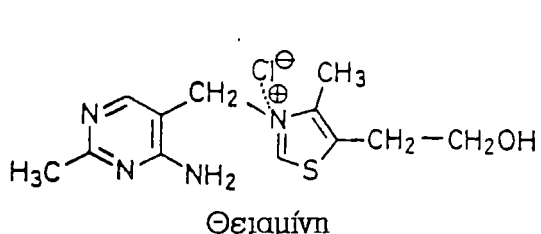
ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΕΣ

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

Ομάδα βιταμινών Β
& Ασκορβικό οξύ

ΘΕΙΑΜΙΝΗ (B₁)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Η θειαμίνη είναι σώμα κρυσταλλικό, άχρωμο, διαλυτό στο νερό και τις αλκοόλες, με μοριακό τύπο $C_{11}H_{15}ON_4SCl$. Είναι η μόνη βιταμίνη που περιέχει θείο, απ' όπου παίρνει και το όνομα θειαμίνη.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η θειαμίνη είναι προπομπός του συνένζυμου πυροφωσφορική θειαμίνη. Η τελευταία δρα στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, κάνοντας θετική και αναστροφική λειτουργία, δηλαδή οξειδωση και αναγωγή και επενεργεί μ' αυτό τον τρόπο άμεσα στην αναπνοή των κυττάρων και στη μετατροπή των υδατανθράκων σε ενέργεια και διοξείδιο του άνθρακα (Τζάκου, 1967). Πιο συγκεκριμένα, συμμετέχει στην οξειδωτική διαδικασία κατά το μεταβολισμό της γλυκόζης, ο οποίος λαμβάνει χώρα στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων (Handler, 1958). Επίσης απαιτείται για το μεταβολισμό των λιπαρών (Halver, 1985).

Η θειαμίνη είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική ανάπτυξη, τη γονιμότητα, τη διατήρηση του κανονικού μυϊκού τόνου, την όρεξη και τις κανονικές πεπτικές και γαστρεντερικές λειτουργίες (Τζάκου, 1967;

Halver, 1989). Είναι επίσης αναγκαία για την κανονική λειτουργία των νευρικών ιστών (Krampitz, 1969).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις του οργανισμού σε θειαμίνη καθορίζονται από τη θερμιδική αξία της τροφής (Krampitz, 1969). Τα σαρκοφάγα ψάρια, όπως είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*), μεταβολίζουν λιγότερο ικανοποιητικά τους υδατάνθρακες για την παραγωγή ενέργειας από τα φυτοφάγα και τα παμφάγα. Για το λόγο αυτό οι απαιτήσεις τους σε θειαμίνη είναι μεγαλύτερες και φαίνεται να ικανοποιούνται με 2 mg βιταμίνης B₁ ανά kg ξηρής τροφής, νούμερο αντίστοιχο του προτεινόμενου από το N.R.C. (Halver, 1985). Το N.R.C. εκτιμά ότι οι απαιτήσεις σε θειαμίνη των θηλαστικών είναι περίπου 0.5 mg ανά 1000 Kcal ενέργειας λαμβανομένης τροφής και οι απαιτήσεις στα σαρκοφάγα ψάρια δε φαίνεται να διαφέρουν πολύ (Halver, 1989).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Τα συμπτώματα έλλειψης της θειαμίνης στα σαλμονοειδή είναι μειωμένη όρεξη, μειωμένη ανάπτυξη, κακός μεταβολισμός των υδατανθράκων, νευρική δυσλειτουργία και αυξημένη ευαισθησία σε τεχνητούς παράγοντες "στρες", όταν τα ψάρια εκτρέφονται σε δεξαμενές (Schneberger, 1941; Wolf, 1942; Mc Laren et al., 1947a; Halver, 1953a,b, 1957; Coates & Halver, 1958). Παρόμοια συμπτώματα από έλλειψη βιταμίνης B₁ αναφέρθηκαν για πολλά θαλασσινά είδη ψαριών (Halver, 1989), όπως είναι η Γιαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*) (Yone & Fujii, 1974; Yone, 1975).

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Η υδροχλωρική θειαμίνη μαζί με τη μονονιτρική θειαμίνη είναι άλατα που έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σαν ενεργές μορφές της βιταμίνης σε πειραματικές ιχθυοτροφές. Η υδροχλωρική θειαμίνη είναι άχρωμο, κρυσταλλικό σύμπλοκο, με χαρακτηριστική μυρωδιά μαγιάς. Διαλύεται εύκολα στο νερό (περίπου 1 gr/ml) και έχει μοριακό τύπο $C_{12}H_{18}ON_4SCl_2$. Είναι σχετικά σταθερή στην ξηρή θέρμανση, αλλά καταστρέφεται γρήγορα σε ουδέτερα ή αλκαλικά διαλύματα και διασπάται από τα θειώδη άλατα. Η υδροχλωρική θειαμίνη είναι σχετικά σταθερή στον αέρα, όταν προστατεύεται από το φως και την υγρασία. Απ' την άλλη πλευρά η μονονιτρική θειαμίνη είναι πολύ λιγότερο διαλυτή στο νερό (περίπου 2.7 gr ανά 100 ml). Είναι αρκετά σταθερή στον αέρα, όταν προστατεύεται από το φως και είναι λιγότερο ευαίσθητη στην υγρασία από την υδροχλωρική θειαμίνη.

✓ Φυσικές πηγές

Η θειαμίνη απαντάται σε όλα σχεδόν τα φυτά. Στα δημητριακά εξαιρετικά πλούσιος είναι ο εξωτερικός φλοιός των καρπών. Συνήθεις πηγές είναι τα ξερά μπιζέλια, τα φασόλια, η σόγια, το καλαμπόκι, τα καρότα και η ξηρή μαγιά μπίρας. Σαν πηγές ζωικής προέλευσης μπορούν να αναφερθούν το γάλα και τα αυγά.

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

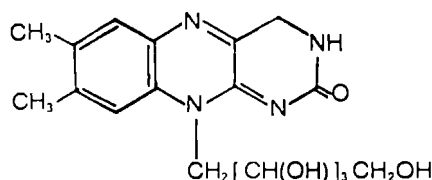
Η θειαμίνη είναι συνήθως σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα τα οποία δεν περιέχουν χολίνη και ιχνοστοιχεία. Καταστρέφεται

εύκολα σε αλκαλικές συνθήκες ή με παρουσία θειούχων ενώσεων, είναι όμως σχετικά σταθερή σε υψηλές θερμοκρασίες απουσία υγρασίας. Για το λόγο αυτό τα ξηρά σύμπκτα (pellets) μπορούν να διατηρήσουν τη βιταμίνη σε ικανοποιητικά επίπεδα, καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε υδατοστεγή συσκευασία. Υγρές ή νωπές τροφές, οι οποίες περιέχουν νωπό ψάρι ή σάρκα οστρακοειδών, πρέπει να χρησιμοποιούνται αμέσως, ειδάλλως υποφέρουν από απώλεια θειαμίνης λόγω υδρόλυσης με τη θειαμινάση που περιέχεται στους ιστούς (Deutsch & Ott, 1942; Agren, 1945; New, 1987). Για τον ίδιο λόγο, όταν αυτές οι πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σύμπκτων, το επίπεδο της θειαμίνης στο αρχικό μείγμα της τροφής συστήνεται να είναι 10-15 mg/kg, έτσι ώστε να καλυφθούν οι απώλειες.

Οι απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη διαδικασία παρασκευής βιομηχανικών ιχθυοτροφών (σύμπκτοποίηση απλή ή με τη μέθοδο της διόγκωσης) κυμαίνονται από 0-10%, ενώ για διάρκεια αποθήκευσης 7 μηνών σε θερμοκρασία δωματίου, ήταν 11-12% (Slinger et al., 1979). Στην ίδια δημοσίευση αναφέρθηκαν και απώλειες λόγω έκπλυσης, οι οποίες κυμαίνονταν από 0-17% μετά από εμβάπτιση διάρκειας 10 δευτερολέπων στο νερό.

ΡΙΒΟΦΛΑΒΙΝΗ (B₂)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Ριβοφλαβίνη

Η ριβοφλαβίνη είναι σώμα κρυσταλλικό, με κιτρινέρυθρη απόχρωση, δυσδιάλυτο στο νερό, μολονότι χαρακτηρίζεται ως υδατοδιαλυτή βιταμίνη. Είναι πολύ διαλυτή σε διαλύματα βάσεων και αδιάλυτη στους περισσότερους λιπαρούς διαλύτες εκτός από την αλκοόλη και το χλωροφόρμιο. Ο μοριακός της τύπος είναι C₁₇H₂₀N₄O₆.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η ριβοφλαβίνη ενωμένη με πρωτεΐνες σχηματίζει ένζυμα που λέγονται φλαβοπρωτεΐνες. Τα ένζυμα αυτά έχουν καταλυτική βιοχημική λειτουργία που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη ζωή των κυττάρων. Επιτελούν την αναπνευστική λειτουργία των κυττάρων που συνίσταται σε διαδοχικές οξειδώσεις και αναγωγές και αντίστοιχα ονομάζονται οξειδάσες ή ρεδουκτάσες. Στις λειτουργίες αυτές είναι συνδεδεμένη με τη θειαμίνη και κυρίως με τη νιασίνη. Είναι σημαντική για το μεταβολισμό των λιπαρών, των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών (Τζάκου, 1967). Συμμετέχει μαζί με την πυριδοξίνη στη μετατροπή της τρυπτοφάνης σε νικοτινικό οξύ, είναι πολύ σημαντική για την αναπνοή ιστών χαμηλής αιμάτωσης, όπως είναι ο κερατοειδής χιτώνας του ματιού και εμπλέκεται

στο χρωματισμό του αμφιβλοπρωτεϊνίου κατά τη διάρκεια της προσαρμογής στο φως (Halver, 1989). Τέλος η ριβοφλαβίνη είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη, την αντίσταση του οργανισμού σε μολύνσεις και τις λειτουργίες του νευρικού ιστού (Τζάκου, 1967).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις των ψαριών σε ριβοφλαβίνη μεταβάλλονται εξαρτώμενες από την ισορροπία της τροφής σε άλλα θρεπτικά συστατικά, την θερμιδική της αξία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες μεγαλώνουν τα ψάρια (Halver, 1989). Παρ' όλα αυτά, κάποιες προτεινόμενες ποσότητες για τα θαλασσινά περκοειδή είναι 20 mg/kg ξηράς τροφής (New, 1986).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Η έλλειψή της στα ψάρια προκαλεί μείωση της όρεξης και χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, ακολουθούμενες από φωτοφοβία, μονόπλευρο ή αμφίπλευρο καταρράκτη, αποχρωματισμό της ίριδας, ξηροφθαλμία, μειωμένη όραση, τύφλωση, αιμορραγίες στο μάτι, τις ρινικές κοιλότητες και τα βραγχιακά επικαλύμματα, έλλειψη συντονισμού, γενική αναιμία και θνησιμότητα. Προσθήκη ριβοφλαβίνης στην τροφή μειώνει τα συμπτώματα, εκτός από τις περιπτώσεις ανεπτυγμένου καταρράκτη και τις περιπτώσεις απώλειας της δομής των κρυσταλλικών πρωτεϊνών του φακού του ματιού (Halver, 1957).

✓ Φυσικές πηγές

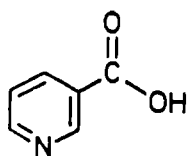
Η ριβοφλαβίνη απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στο καλαμπόκι, τα καρότα, τα όσπρια, το σιτάρι, τη μαγιά μπύρας, τα αυγά, το γάλα, τα νεφρά και το συκώτι του βοδινού και το κρέας γενικότερα.

✓ Ευσαιθησία - Συντήρηση

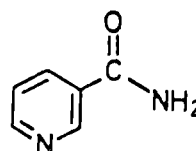
Η ριβοφλαβίνη είναι σταθερή σε οξειδωτικούς παράγοντες ισχυρών οξέων μετάλλων και σε ουδέτερα υδατικά διαλύματα. Υπό ξηρή μορφή είναι σταθερή στη θέρμανση. Είναι γενικά σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα κατά τη διάρκεια παρατεταμένης αποθήκευσης και όταν αναμιγνύεται με μείγματα ανόργανων ουσιών και με άλλα συστατικά της τροφής. Η τάση της να αποσυντίθεται σε λουμιφλαβίνη υπό την επίδραση υπεριωδών ακτίνων ή ακόμη και έντονου ορατού φωτός και η ευσαιθησία της σε αλκαλικές συνθήκες δημιουργούν την ανάγκη προστασίας των πρώτων υλών. Για το λόγο αυτό αντίστοιχη προσοχή πρέπει να δοθεί τόσο κατά την παρασκευή της τροφής όσο και κατά την αποθήκευσή της. Απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη διαδικασία παρασκευής ζωοτροφών (συμπληκτοποίηση με τη μέθοδο της διόγκωσης) κυμαίνονταν γύρω στο 26% (N.R.C. 1983).

ΝΙΑΣΙΝΗ (B₃)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Νικοτινικό οξύ



Νικοτιναμίδιο

Η νιασίνη ή νικοτινικό οξύ είναι το πυριδινό-3-καρβοξυλικό οξύ και έχει μοριακό τύπο C₆H₅O₂N. Είναι άσπρη κρυσταλλική ουσία διαλυτή στο νερό και την αλκοόλη και περισσότερο διαλυτή στα αλκάλια.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η νιασίνη συμμετέχει στο μεταβολισμό των λιπιδίων, των αμινοξέων και των πρωτεϊνών. Υπάρχει μια εσωτερική σχέση μεταξύ της νιασίνης και της θειαμίνης, εφόσον και οι δύο συμμετέχουν σαν συνένζυμα στο μεταβολισμό των υδατανθράκων σε συστήματα παραγωγής ενέργειας του ενδιάμεσου μεταβολισμού. Στον ενδιάμεσο μεταβολισμό οι τροφικές ουσίες οξειδώνονται για να παράσχουν ενέργεια, για να διατηρήσουν την ομοιόσταση ή για να παραχθούν φωσφατικοί δεσμοί υψηλής ενέργειας απαραίτητοι για αλυσιδωτές φυσιολογικές αντιδράσεις του ζωντανού οργανισμού.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις των θαλασσινών περκοειδών σε νιασίνη φαίνεται να ικανοποιούνται με 150 mg/kg ξηράς τροφής (New, 1986). Στα ψάρια φαίνεται να υφίσταται η μετατροπή της τρυπτοφάνης σε νιασίνη, η οποία καθυστερεί την εμφάνιση των συμπτωμάτων έλλειψης, δεν γίνεται όμως σε ικανοποιητικό βαθμό, έτσι ώστε να τα αποτρέψει, ακόμα και όταν η διαίτα είναι πλούσια σε τρυπτοφάνη. Για το λόγο αυτό, η νιασίνη πρέπει να εμπεριέχεται στην τροφή, για να προληφθούν συμπτώματα υποβιταμίνωσης και διαταραγμένης ανάπτυξης. Παρ' όλα αυτά υπερβολική ποσότητα νιασίνης προκαλεί αναστολή της ανάπτυξης (Poston, 1969a).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Σαν πρώτα συμπτώματα υποβιταμίνωσης αναφέρονται η απώλεια όρεξης και η χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, ακολουθούμενες από μειωμένη ανάπτυξη. Αργότερα το ψάρι αποκτά σκουρόχρωμη απόχρωση και παύει να σπίζεται. Σε παρατεταμένη σίτιση με τροφές ελλειπείς σε βιταμίνη B₃, εμφανίζεται ασάθεια στην κίνηση, πληγές στο δέρμα και το έντερο, οίδημα στο στομάχι και το έντερο, αναιμία, μυϊκή αδυναμία και σπασμοί (Mc Laren et al., 1947a; Wolf, 1951; Halver, 1953a,b, 1957).

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Εκτός από το νικοτινικό οξύ στις τροφές χρησιμοποιείται και η νικοτιναμίδη ή νικοτιναμίδιο (βιταμίνη PP). Είναι κρυσταλλική σκόνη,

διαλυτή στο νερό και την αλκοόλη, με μοριακό τύπο $C_6H_8N_2O$. Είναι η συνήθης μορφή, με την οποία η βιταμίνη είναι φυσιολογικά δραστική.

✓ Φυσικές πηγές

Η νιασίνη βρίσκεται στους περισσότερους φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Φυσικές πηγές πλούσιες σε νιασίνη είναι τα δημητριακά, οι ξηροί καρποί, τα όσπρια, τα πράσινα λαχανικά, η μαγιά μπύρας, το συκώτι, τα νεφρά, η καρδιά, το κρέας, το ψάρι και τα πουλερικά. Τα φρούτα, το γάλα και τα αυγά αντίθετα, περιέχουν μικρές ποσότητες νικοτινικού οξέος.

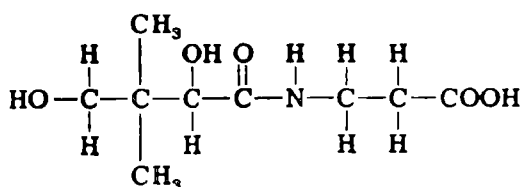
✓ Ευσαιθησία - Συντήρηση

Η νιασίνη είναι σταθερή σε ξηρή κατάσταση και μπορεί να θερμανθεί υπό πίεση (σε αυτόκαυστο), για μικρό χρονικό διάστημα, χωρίς να καταστραφεί. Είναι επίσης σταθερή στην οξείδωση από τον αέρα και κατά τη θέρμανση σε οξέα μετάλλων και αλκάλια. Το νικοτιναμίδιο σε ξηρή μορφή είναι σταθερό στη θέρμανση μέχρι τους $60^{\circ}C$. Σε υδατικά διαλύματα είναι επίσης σταθερό σε θέρμανση υπό πίεση (σε αυτόκαυστο) για μικρά χρονικά διαστήματα. Γενικά η νιασίνη είναι σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα.

Απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη διαδικασία παρασκευής βιομηχανικών ζωοτροφών (συμπυκτωποίηση με τη μέθοδο της διόγκωσης) είναι της τάξης του 20% (N.R.C. 1983), οι οποίες όμως φαίνονται να είναι σχετικά υψηλές, λαμβανομένης υπ' όψιν της γενικής σταθερότητας της βιταμίνης.

ΠΑΝΤΟΘΕΝΙΚΟ ΟΞΥ (B₅)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Παντοθενικό οξύ

Το παντοθενικό οξύ μπορεί να θεωρηθεί σαν το διυδροξυ-διμεθυλ-βουτυρικό οξύ συνδεδεμένο με τη β-αλανίνη. Είναι κίτρινο, παχύρευστο έλαιο, δύσοσμο, διαλυτό στο νερό και έχει μοριακό τύπο C₉H₁₂O₅N.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Το παντοθενικό οξύ είναι μέρος του ακετυλοσυνένζιμου Α, το οποίο παίζει μεγάλο ρόλο στις λειτουργίες του μεταβολισμού, στο σχηματισμό των στερολών, στη σύνθεση άλλων ενζύμων και ορισμένων ορμονών. Το ακετυλοσυνένζιμο Α συναντάται επίσης σε πολλές ενζυματικές διαδικασίες, συμμετέχει σε πολλά στάδια ενδιάμεσου μεταβολισμού των υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών και είναι βασικό για την ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος. Το παντοθενικό οξύ συμμετέχει επίσης στη λειτουργία των επινεφριδίων αδένων και στην παραγωγή χοληστερόλης.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις στα ψάρια που μας αφορούν δεν έχουν προσδιοριστεί επαρκώς και η αναφορά που γνωρίζουμε είναι του New (1986), σύμφωνα με την οποία στα θαλασσινά περκοειδή οι απαιτήσεις κυμαίνονται γύρω στα 50 mg/kg ξηράς δίαιτας.

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Αρχικά συμπτώματα της έλλειψης παντοθενικού οξέος είναι η άρνηση λήψης τροφής και η νωχέλεια των ψαριών, ακολουθούμενες από χαμηλή ανάπτυξη και αυξημένη θνησιμότητα. Ιδιαίτερα για τη Γιαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*), έχει αναφερθεί υψηλή θνησιμότητα σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά από τη χορήγηση καθαρής δίαιτας, απουσία παντοθενικού οξέος (Yone, 1976). Κατά την παρατήρηση των βραγχίων σε μικροσκόπιο ή μεγενθυνητικό φακό παρατηρείται υπερπλασία της επιθηλιακής επιφάνειας, οίδημα και συγκόλληση των βραγχιακών νηματίων και ελασμάτων, ενώ συχνά παρατηρείται και συσσώρευση βλέννας στην επιφάνειά τους. Σε παρατεταμένη έλλειψη της βιταμίνης, ο Halver (1953a,b, 1957) αναφέρει νεκρωτικές επιφάνειες και πληγές στα βράγχια καθώς επίσης και εμφάνιση αναιμίας.

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Το παντοθενικό οξύ στην παρασκευή της τροφής χρησιμοποιείται με τη μορφή αλάτων ασβεστίου ή νατρίου, τα οποία είναι μορφές σχετικά σταθερές και έχουν τη δυνατότητα να ενσωματωθούν τόσο σε υγρά όσο

και σε ξηρά σύμπκτα (pellets). Το παντοθενικό άλας του ασβεστίου είναι άσπρη κρυσταλλική σκόνη. Είναι εύκολα διαλυτό στο νερό και σε ήπα οξέα και σχεδόν αδιάλυτο στους λιπαρούς διαλύτες. Είναι σταθερό σε οξειδωτικούς και αναγωγικούς παράγοντες, αλλά είναι ευαίσθητο στην ξηρή θέρμανση, τα θερμά αλκάλια ή τα θερμά οξέα. Με τη μορφή ρακεμικού μείγματος έχει μειωμένη δραστικότητα (46%), ενώ με τη D μορφή η δραστικότητά του είναι διπλάσια (92%).

✓ Φυσικές πηγές

Φυσικές πηγές πλούσιες σε παντοθενικό οξύ είναι οι ίνες των δημητριακών, τα όσπρια, η μαγιά μπύρας, τα αυγά, το κρέας, το συκώτι, τα νεφρά, η καρδιά, η σπλήνα και οι πνεύμονες. Η σάρκα του ψαριού, αν και πλούσια πηγή παντοθενικού οξέος, περιέχει μόνο το 20% της ποσότητας που απαντάται στους ζωικούς αδένες. Ο βασιλικός πολτός θεωρείται ως η πλουσιότερη φυσική πηγή του παντοθενικού οξέος.

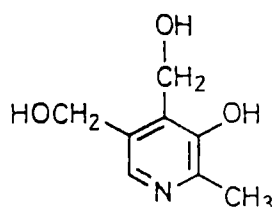
✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Το παντοθενικό οξύ είναι σχετικά σταθερό στον αέρα και το φως, όταν προστατεύεται από την υγρασία. Λόγω της σχετικής του ευαισθησίας στην υπερβολική θερμοκρασία πρέπει να περιορίζεται η υπερβολική θέρμανση κατά τη διάρκεια της παρασκευής της τροφής. Όταν χρησιμοποιείται με τη μορφή του ελεύθερου οξέος, το οποίο είναι επιρρεπές στη θέρμανση και στα όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα, πρέπει να αναμένονται ορισμένες απώλειες κατά τη διάρκεια της παρασκευής υγρής και θερμής τροφής ή κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε υγρές και θερμές συνθήκες. Οι απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη

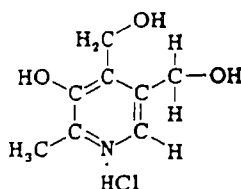
διάρκεια παρασκευής βιομηχανικών ιχθυοτροφών (συμπηκτοποίηση απλή ή με τη μέθοδο της διόγκωσης) ήταν της τάξης του 10% (Slinger et al., 1979). Στην ίδια ανακοίνωση έχουν αναφερθεί απώλειες λόγω έκπλυσης, οι οποίες κυμαίνονται από 5-20% μετά από εμβάπτιση της τροφής στο νερό για 10 δευτερόλεπτα. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε προγενέστερη εργασία των Murai & Andrews (1975), οι απώλειες που είχαν αναφερθεί μετά από εμβάπτιση επίσης 10 δευτερολέπων στο νερό, ήταν της τάξης του 50% σε τροφή αρχικής περιεκτικότητας 500 mg παντοθενικού οξέος ανά κιλό.

ΠΥΡΙΔΟΞΙΝΗ (B₆)

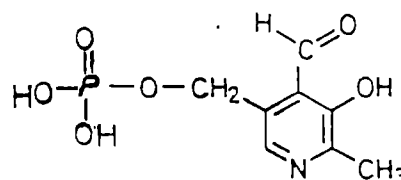
✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Πυριδοξίνη



Υδροχλωρική πυριδοξίνη



Φωσφορική πυριδοξίνη

Η πυριδοξίνη είναι ουσία κρυσταλλικής μορφής και έχει μοριακό τύπο C₆H₁₁O₃N. Είναι πολύ διαλυτή στο νερό (20 gr ανά 100 ml νερού) και έχει γεύση αλμυρή.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Είναι σημαντική για τη χρήση της τρυπτοφάνης και το μεταβολισμό του γλουταμινικού οξέος, της λυσίνης, της μεθειονίνης, της ιστιδίνης, της κυστεΐνης και της αλανίνης. Συμμετέχει στο μεταβολισμό των λιπών και ειδικά των βασικών λιπαρών οξέων. Επίσης πολλές νευροορμόνες απαιτούν πυριδοξίνη σαν συνένζυμο στη σύνθεσή τους.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Λόγω του πρωτεύοντα ρόλου των βιταμερών B₆ στον μεταβολισμό των πρωτεϊνών, τα σαρκοφάγα ψάρια έχουν αυστηρές απαιτήσεις και τα αποθέματά τους εξαντλούνται γρήγορα (Hardy et al, 1979). Εφόσον οι απαιτήσεις σε πυριδοξίνη σχετίζονται με τη λήψη πρωτεϊνών, ικανές

ποσότητες πυριδοξίνης στη δίαιτα είναι απαραίτητες για την καλή υγεία των ψαριών και τη γρήγορη ανάπτυξή τους. Τα θαλασσινά ψάρια φαίνεται να έχουν υψηλότερες απαιτήσεις, όταν ταιΐζονται με δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (Halver, 1982; Jurss, 1978).

Τα πρώτα πειράματα για τον προσδιορισμό των διατροφικών απαιτήσεων της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε πυριδοξίνη (B₆) έγιναν από τον Kissil (1979). Πραγματοποιήθηκαν δύο παράλληλα πειράματα, τετράμηνης περίπου διάρκειας, σε ψάρια των 2.7 gr και 70 gr. Τα ψάρια τράφηκαν με διαφορετικά επίπεδα πυριδοξίνης που κυμαίνονταν από 0.0 έως 25 mg/kg ξηρής τροφής για τα μικρά ψάρια και από 0.0 έως 31.25 mg/kg ξηρής τροφής για τα μεγάλα ψάρια. Λαμβάνοντας υπ' όψη τα στοιχεία της αύξησης βάρους, της θνησιμότητας και τη συμπεριφορά των ψαριών, έγινε φανερό ότι το διατροφικό επίπεδο του 1.25 mg/kg ξηρής τροφής ήταν ικανοποιητικό και για τα δύο μεγέθη ψαριών, ώστε να μην έχουν καθυστερημένη ανάπτυξη. Σ' αυτό το διατροφικό επίπεδο η υπολογιζόμενη ημερήσια κατανάλωση πυριδοξίνης ήταν 0.09 mg/kg βάρους σώματος για τα μικρά ψάρια και 0.02 mg για τα μεγάλα. Λαμβάνοντας όμως υπ' όψη τη δραστηριότητα της αμινοτρανσφεράσης της αλανίνης στο συκώτι, οι απαιτήσεις εμφανίζονται υψηλότερες από τις προαναφερόμενες (5 έως 12.5 mg/kg ξηράς τροφής ή 0.08 έως 0.09 mg/kg βάρους σώματος ημερησίως).

Δύο χρόνια αργότερα ο Kissil σε συνεργασία με άλλους ερευνητές πραγματοποίησε παρόμοια ομάδα πειραμάτων σε ψάρια ίδιου μεγέθους, για το ίδιο περίπου χρονικό διάστημα, με διαφορετικές όμως περιεκτικότητες πυριδοξίνης στις δίαιτες. Συγκεκριμένα για τα ψάρια των 2.7 gr το επίπεδο της πυριδοξίνης κυμαίνονταν από 1.15 έως 21.51 mg/kg ξηράς τροφής, ενώ για τα ψάρια των 70 gr κυμαίνονταν από 1.15

έως 26.65 mg. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το χαμηλότερο επίπεδο πυριδοξίνης στη δίαιτα που έδωσε φυσιολογική ανάπτυξη και υγιή ψάρια, κατά τη διάρκεια του πειράματος, ήταν και για τα δύο μεγέθη ψαριών 1.97 mg/kg τροφής. Η διαφορά των 1.97 mg από τα 1.25 mg που έχουν αναφερθεί στην προηγούμενη εργασία, σύμφωνα με τους ερευνητές, οφείλεται στην ποσότητα πυριδοξίνης που υπήρχε στην καζεΐνη που χρησιμοποιήθηκε στις δίαιτες, η οποία δεν ήταν γνωστή στην προηγούμενη εργασία. Όταν όμως, και σ' αυτό το πείραμα, χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο η δραστηριότητα της αμινοτρανσφεράσης της αλανίνης στο συκώτι, εκτιμήθηκε ότι τα επίπεδα της πυριδοξίνης πρέπει να είναι μεγαλύτερα στην τροφή. Στην προκειμένη περίπτωση επίπεδα πυριδοξίνης 3.00 mg και 5.06 mg/kg ξηράς τροφής, για τα μικρά και τα μεγάλα ψάρια αντίστοιχα, κρίθηκαν απαραίτητα.

Αντίστοιχα για τη Γιαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*), κατά τους Takeda & Yone (1971), οι απαιτήσεις της σε πυριδοξίνη στην τροφή κυμάνθηκαν από 2-5 mg/kg τροφής, ανάλογα με το αν τα ιχθύδια ταΐστηκαν πριν το πείραμα με συκώτι βοδινού ή συνθετική δίαιτα. Στο ίδιο πείραμα χρησιμοποιώντας σαν κριτήριο τη δραστηριότητα των τρανσαμινασών (GOT, GPT) στο συκώτι, οι απαιτήσεις σε πυριδοξίνη εκτιμήθηκαν ότι είναι περίπου 0.1 mg/kg βάρους σώματος ημερήσιως (5-6 mg/kg ξηράς τροφής). Αργότερα ο Yone (1976) ανέφερε ότι οι απαιτήσεις σε πυριδοξίνη γι' αυτό το είδος, κυμαίνονταν από 2-6 mg/kg ξηράς τροφής.

Γενικά για τα θαλασσινά Περκοειδή έχει αναφερθεί ότι ποσότητα 20 mg/kg τροφής καλύπτει τις διατροφικές τους απαιτήσεις (New, 1986), ποσότητα η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτές που αναφέρονται στα πειράματα που περιγράψαμε.

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Σε ψάρια που τράφηκαν με δίαιτες ελλειπείς σε πυριδοξίνη, παρουσιάστηκαν συμπτώματα ανορεξίας, μειωμένης ανάπτυξης, υψηλής θνησιμότητας, υπερευαισθησίας, σπασμωδικής κολύμβησης και μειωμένης εκμετάλλευσης της τροφής (Kissil, 1979). Λόγω της συμμετοχής της πυριδοξίνης στο μεταβολισμό του εγκεφάλου και την ομοιοστάση της σεροτονίνης, η έλλειψή της επιφέρει συμπτώματα επιληπτικού τύπου. Επίσης παρουσιάζονται νευρικές διαταραχές, υπερευαισθησία και διαταραχή στον έλεγχο της συστολής των μελανοφόρων. Η μεταθανάτια νεκρική ακαμψία επέρχεται πολύ γρήγορα. Τέλος, σε κάποια πειράματα, ορισμένα ψάρια εμφάνισαν γρήγορη και ασθματική αναπνοή και οίδημα στην περιτονιακή κοιλότητα με άχρωμο υγρό (Halver, 1953a, 1957; Coates & Halver, 1958). Η αποθεραπεία των ψαριών που δεν έχουν πάψει να τρώνε, είναι εξαιρετικά γρήγορη με τη χορήγηση υδροχλωρικής πυριδοξίνης στην τροφή. Τα συμπτώματα έλλειψης εξαφανίζονται μέσα σε μία ή δύο μέρες μετά την επάνοδο του απαιτούμενου επιπέδου πυριδοξίνης στην τροφή.

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Η πιο ενεργή μορφή της πυριδοξίνης είναι η φωσφορική πυριδοξάλη με αυτή κυρίως τη μορφή απαντάται στους ζωικούς ιστούς. Η υδροχλωρική πυριδοξίνη είναι άλλη μορφή της πυριδοξίνης, η οποία είναι ευδιάλυτη στο νερό, σταθερή στη θερμοκρασία και σε διαλύματα με οξέα ή βάσεις. Με τη μορφή αυτή προστίθεται κυρίως στις τροφές. Τα σύμπλοκα της πυριδοξίνης που εμπεριέχονται σε αγροτικά προϊόντα είναι

σχετικά σταθερά αλλά ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, γι' αυτό πρέπει να προστατεύονται από έκθεσή τους στον ήλιο.

✓ Φυσικές πηγές

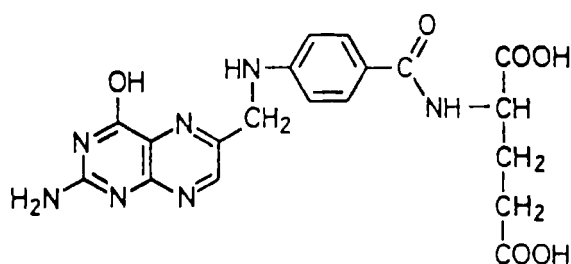
Πηγές πλούσιες σε ουσίες με βιταμινική δραστηριότητα σε B₆, είναι η μαγιά μύρας, οι ίνες και σπόροι δημητριακών, τα όσπρια, ο κρόκος του αυγού, το σικώτι και ο αδενικός ιστός.

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Η πυριδοξίνη είναι αρκετά σταθερή στον αέρα και τη θέρμανση, όταν προστατεύεται από το φως και την υγρασία. Είναι σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα τα οποία δεν περιέχουν ιχνοστοιχεία. Οι απώλειες βιομηχανικών ιχθυοτροφών, σε πυριδοξίνη, κατά τη διάρκεια της παρασκευής και αποθήκευσής τους για δέκα μήνες, έχει αναφερθεί ότι κυμαίνονται από 7% έως 10% (Slinger et al., 1979). Στην ίδια ανακοίνωση έχει αναφερθεί ότι προέκυψε ελάττωση 3% έως 13% στην δραστηριότητα της πυριδοξίνης, λόγω έκπλυσης, μετά από εμβάπτιση της τροφής για 10 δευτερόλεπτα στο νερό.

ΦΟΛΙΚΟ ΟΞΥ (B₁₀, B₉, M)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Πτερινικό οξύ

Γλουταμινικό οξύ

Πτεροϋγλουταμινικό οξύ = Φολικό οξύ

Το φολικό οξύ ή φυλλικό οξύ ή φολασίνη είναι το πτεροϋλογλουταμινικό οξύ και έχει μοριακό τύπο C₁₉H₁₉N₇O₆. Κρυσταλλοποιείται με τη μορφή μικρών, βαθύ πορτοκαλοκίτρινων λογχοειδών φύλλων. Διαλύεται αργά στο νερό, είναι αδιάλυτο στις λιπαρές ουσίες, αλλά διαλυτό στην αραιή αλκοόλη. Παρουσία βαρέων μετάλλων καθιζάνει.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Το φολικό οξύ, μαζί με την κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂), απαιτείται για τον φυσιολογικό σχηματισμό των κυττάρων του αίματος. Συμμετέχει σαν συνένζυμο σε πολλές μεταβολικές δραστηριότητες, όπως είναι η ενδομετατροπή της σερίνης και γλυκίνης, η σύνθεση μεθειονίνης-ομοκυστεΐνης, η σύνθεση ιστιδίνης και η σύνθεση πυριμιδίνης και πουρίνης ως βάσεις των νουκλεοτιδίων DNA και RNA (Hartman & Buchanan, 1959). Επίσης παίζει ρόλο στη ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα,

βελτιώνει τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών και την εκκολλασιμότητα των αυγών.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών σε φολικό οξύ είναι γενικά χαμηλές. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένη ποσότητα φολικού οξέος μπορεί να συντεθεί από τα εντερικά βακτήρια, ιδιαίτερα σε ορισμένα είδη ψαριών των θερμών υδάτων (Kashiwada et al., 1971). Για την Γιαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*), σε πείραμα διάρκειας 102 ημερών, όπου χρησιμοποιήθηκαν καθαρές δίαιτες, δεν παρατηρήθηκαν συμπτώματα έλλειψης σε φολικό οξύ, πιθανόν λόγω των εξαιρετικά χαμηλών απαιτήσεών της και της ποσότητας που συντίθεται από τα εντερικά βακτήρια (Yone, 1976). Παρ' όλα αυτά, γενικά για τα θαλασσινά περκοειδή, οι ποσότητες που προτείνονται για την κάλυψη των απαιτήσεων σε φολικό οξύ, είναι 5 mg/kg ξηρής τροφής (New, 1986).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Μακροκυτταρική νορμοχρωμική αναιμία εμφανίστηκε σε πολλά ψάρια, όταν ταΐστηκαν με τροφές που δεν περιείχαν βιταμερή φολικού οξέος (Phillips et al., 1963; Aoe et al., 1967; Smith, 1968; Smith & Halver, 1969). Καθώς αυξανόταν η έλλειψη στη βιταμίνη, παρατηρήθηκαν αυξανόμενοι αριθμοί γηρασμένων κυττάρων, μέχρι που μόνο λίγα γηρασμένα και εκφυλισμένα κύτταρα απέμειναν στο αίμα των ψαριών. Η φυσιολογική αιμοποιητική διαδικασία επανήλθε σταδιακά με την επάνοδο του επιπέδου της βιταμίνης στον οργανισμό του ψαριού. Άλλα συμπτώματα που παρατηρήθηκαν είναι μειωμένη ανάπτυξη, ανορεξία,

χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, σκούρος χρωματισμός του δέρματος, γενική αναιμία, ληθαργία, ευαισθησία στα πτερύγια και ρήξη της σπλήνας (Arai et al., 1972; John & Mahajan, 1979).

✓ Φυσικές πηγές

Το φολικό οξύ απαντάται σε ικανές ποσότητες στη μαγιά μπίρας, τα πράσινα λαχανικά, τα όσπρια, τους ξηρούς καρπούς, το κρέας, το συκώτι, τα νεφρά, τους αδενικούς ιστούς, τη σάρκα και τα εντόσθια των ψαριών.

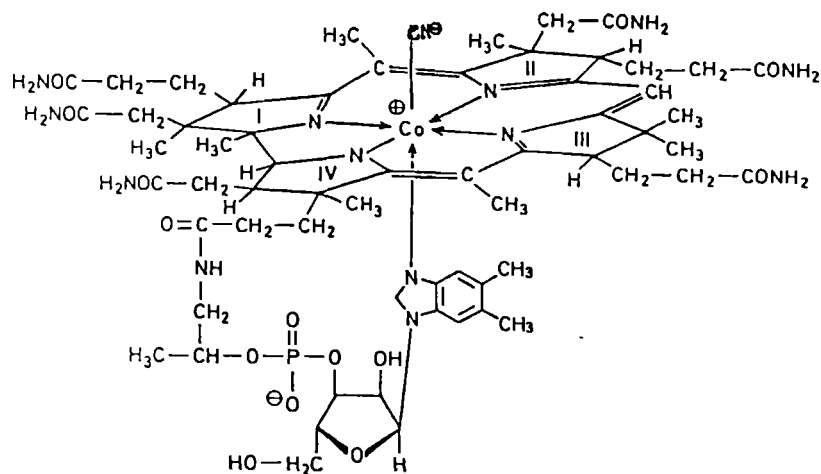
✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Το φολικό οξύ, αν και σταθερό στην οξειδωση από τον αέρα, καταστρέφεται με τη θέρμανση και το όξινο περιβάλλον και αλλοιώνεται κατά τη διάρκεια παρατεταμένης αποθήκευσης ή όταν το υλικό εκτίθεται στον ήλιο. Γι' αυτό το λόγο τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην ξηρή τροφή θα πρέπει να προστατεύονται προσεκτικά. Αντίστοιχη προσοχή στη συντήρηση απαιτεί και η υγρή τροφή. Και οι δύο τύποι τροφών θα πρέπει να ταϊζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την παρασκευή τους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αρχική δραστηριότητα του φολικού οξέος.

Απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη διάρκεια της παρασκευής και της αποθήκευσης βιομηχανικών ιχθυοτροφών κυμαίνονταν από 3-10% (Slinger et al., 1979). Απώλειες λόγω έκπλυσης που έχουν αναφερθεί από τους ίδιους ερευνητές, κυμαίνονταν από 0-27%, μετά από εμβάπτιση 10 δευτερολέπων στο νερό.

ΚΥΑΝΟΚΟΒΑΛΑΜΙΝΗ (B₁₂)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Κυανοκοβαλαμίνη

Η κυανοκοβαλαμίνη είναι κόκκινη κρυσταλλική ουσία, μέτρια διαλυτή στο νερό, με μοριακό τύπο περίπου $C_{63}H_{90}O_{14}N_{14}PCo$ και μοριακό βάρος περίπου 1500, τα οποία εξαρτώνται από το βαθμό ενυδάτωσης (Smith, 1960). Είναι η μόνη βιταμίνη που περιέχει κοβάλτιο (Co), από το οποίο παίρνει και το όνομά της.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η κυανοβαλαμίνη συμμετέχει μαζί με το φολικό οξύ στην κανονική ανάπτυξη των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος. Συμμετέχει στο συνένζυμο για τη μεθυλοποίηση της ομοκυστεΐνης στο σχηματισμό της μεθειονίνης. Συμμετέχει στη βιοσύνθεση της πουρίνης και της πυριμιδίνης, το μεταβολισμό της χολοστερόλης και το μεταβολισμό των γλυκολών (Chow, 1964). Επίσης συμμετέχει στο μεταβολισμό λιπαρών

οξέων με περιπτώ αριθμό αλυσίδων άνθρακα και στην ανακύκλωση του τετραϋδροφολικού οξέος (N.R.C. 1983).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Με βάση τις υπάρχουσες αναφορές, οι απαιτήσεις των ψαριών σε κυανοκοβαλαμίνη κυμαίνονται από 0.01-0.02 mg/kg ξηράς τροφής. Στο ίδιο επίπεδο (0.02 mg/kg) κυμαίνονται και οι απαιτήσεις των θαλασσινών περκοειδών (New, 1986).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Η έλλειψη της κυανοκοβαλαμίνης (B_{12}) προκαλεί κακοήθη αναιμία. Το επίπεδο της αιμογλοβίνης είναι χαμηλό, τα ερυθροκύτταρα είναι διασπασμένα και παρατηρούνται πολλές ανώμαλες μορφές. Επίσης παρατηρείται μειωμένη όρεξη, μειωμένη ανάπτυξη και χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, πριν εντοπισθεί η αναιμία (Halver, 1957).

✓ Φυσικές πηγές

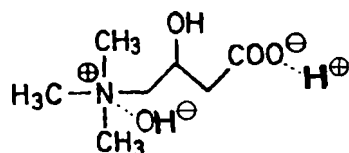
Φυσικές πηγές πλούσιες σε βιταμερή B_{12} είναι το συκώτι, το ιχθυάλευρο, τα εντόσθια ψαριών, το κρέας, τα νεφρά, οι αδενικοί ιστοί, τα υποπροϊόντα σφαγείων, το γάλα, τα αυγά, η μαγιά μπύρας και τα όσπρια. Ορισμένες ποσότητες της B_{12} συντίθενται από εντερικά βακτήρια στα ψάρια (Kashiwada et al., 1970) και μπορούν να συνεισφέρουν στη διαθέσιμη B_{12} για το μεταβολισμό των ψαριών. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τη συμπλήρωση της τροφής των ψαριών με ίχνη Co (Limsuwan & Lowell, 1981).

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Η βιταμίνη B₁₂ καταστρέφεται εύκολα με τη θέρμανση στα αραιά όξινα ή βασικά διαλύματα, οπότε πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην παρασκευή τροφών, οι οποίες περιέχουν σάρκα ή υπολείμματα κρεάτων κακώς αποθηκευμένα, με χαμηλό ΡΗ και τα οποία ακολούθως παστεριώνονται ή αποστειρώνονται. Επίσης είναι ευαίσθητη στο φως και την οξείδωση κατά την αποθήκευση. Συνεπώς για την διατήρηση της μέγιστης δραστηριότητας της βιταμίνης B₁₂, η τροφή πρέπει να αποθηκεύεται σε χαμηλή θερμοκρασία και για μικρό χρονικό διάστημα. Σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα είναι αρκετά σταθερή κάτω από φυσιολογικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

ΚΑΡΝΙΤΙΝΗ (B₁)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Καρνιτίνη

Η καρνιτίνη θεωρείται βιταμίνη για ορισμένους οργανισμούς (Εγκυκλοπαίδεια Υδρία τόμος 31). Είναι κρυσταλλική ένωση με βασικές ιδιότητες, διαλύεται εύκολα στο νερό και την αλκοόλη και έχει συντακτικό τύπο $(\text{CH}_3)_3\text{NCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$.

Η βιοσύνθεση της καρνιτίνης ρυθμίζεται από τη διαίτα, την ηλικία και την ορμονική κατάσταση του οργανισμού. Δύο βασικά αμινοξέα (λυσίνη και μεθειονίνη), τρεις βιταμίνες (ασκορβικό οξύ, νιασίνη και πυριδοξίνη) και ένα μεταλλικό ιόν (ανηγμένος σίδηρος) απαιτούνται για τη βιοσύνθεση της καρνιτίνης (Borum, 1983). Η L-καρνιτίνη συντίθεται ενεργά από τα μεταζωικά κύτταρα (Bremer, 1961) και τα επίπεδά της στους διάφορους ιστούς εξαρτώνται από τη μεταβολική δραστηριότητα των ιστών. Η καρνιτίνη έχει ανιχνευθεί σε όλους τους ιστούς, όμως υψηλή μεταβολική δραστηριότητα και η υψηλότερη συγκέντρωσή της, έχουν βρεθεί στους συσταλτούς ιστούς (Battistella et al., 1979), οι οποίοι χρησιμοποιούν την ενέργεια που προκύπτει από την οξείδωση των λιπαρών οξέων (Shug & Shrago, 1973).

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η καρνιτίνη δρα ως φορέας ριζών λιπαρών οξέων μέσω της μεμβράνης των μιτοχονδρίων (Bremer, 1983). Η χορήγησή της στην τροφή ενισχύει το ποσοστό των λιπαρών οξέων που οξειδώνονται, έναντι αυτών που συσσωρεύονται με τη μορφή τριγλυκεριδίων (Siliprandi & Ramacci, 1980). Οι ιστοί πρέπει να περιέχουν ικανές ποσότητες καρνιτίνης, ειδάλως παρεμποδίζεται η β-οξείδωση των μακράς αλυσίδας λιπαρών οξέων και διαταράσσεται ο μεταβολισμός της ενέργειας του κυττάρου (Borum, 1983). Η καρνιτίνη επίσης αυξάνει το ρυθμό μεταβολισμού στον κύκλο του Krebs και ενισχύει τη σύνθεση των πρωτεϊνών προμηθεύοντας σκελετούς ανθράκων για τη βιοσύνθεση ορισμένων αμινοξέων (Emaus & Bieber, 1983). Η οξείδωση των βασικών αμινοξέων, η οποία μπορεί να παρουσιαστεί κάτω από συνθήκες έλλειψης ενέργειας με επακόλουθη αναστολή της σύνθεσης των πρωτεϊνών, επίσης μειώνεται με προσθήκη L-καρνιτίνης (Border et al., 1976). Μελέτες στα ψάρια (Santulli & D'Amelio, 1986a) απέδειξαν ότι η παροχή L-καρνιτίνης σε γόνο λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), προερχόμενο από εκκολαπτήριο, διεγείρει τον καταβολισμό των λιπαρών, αυξάνοντας ταυτόχρονα το ρυθμό ανάπτυξης και την πρωτεΐνη που περιέχεται στους ιστούς. Η παρατηρούμενη μείωση των επιπέδων των λιπών στους ιστούς δείχνει να οφείλεται στην επιλογή του μεταβολισμού να χρησιμοποιεί την οξείδωση των λιπαρών οξέων για την παραγωγή ενέργειας (Maebashi et al., 1978). Το πλέον εμφανές αποτέλεσμα της επιλογής αυτής του μεταβολισμού είναι η αύξηση της ανάπτυξης, η οποία προκύπτει από την εξοικονόμηση των διαιτητικών πρωτεϊνών που πλέον χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ιστών (Santulli & D'Amelio, 1986a). Τα έμβρυα, κυρίως αυτά των τελολεκθικών αυγών, όπως είναι τα αυγά των ψαριών, περιέχουν μεγάλες ποσότητες

λιποπρωτεϊνών, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την κύρια πηγή των μεταβολικών αναγκών κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της ανάπτυξης. Για το λόγο αυτό είναι κατανοητό ότι η L-καρνιτίνη παίζει ένα σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου της οντογένεσης (Santulli & D' Amelio, 1985).

Οι Santulli & D' Amelio (1986b) σύγκριναν τη δράση της καρνιτίνης D και L σε γόνιο λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) προερχόμενο από εκκολαπτήριο. Ψάρια βάρους 22-45 gr τράφηκαν για 7 μήνες με δίαιτες που περιείχαν ανάλογη προσθήκη D και L-καρνιτίνης, ώστε τα ψάρια να λαμβάνουν ημερησίως 250 mg/kg υγρού βάρους σώματος. Κατόπιν στατιστικής σύγκρισης μεταξύ των ομάδων των ψαριών παρατηρήθηκε ότι η ομάδα που τράφηκε με L-καρνιτίνη εμφάνισε χαμηλότερη περιεκτικότητα λιπών στους ιστούς. Το γεγονός αυτό γίνεται εμφανές μόλις ένα μήνα μετά την παροχή καρνιτίνης και η συγκέντρωση των λιπών συνεχίζει να μειώνεται κατά τη διάρκεια τριών ακόμα μηνών παροχής. Τότε επέρχεται ελάττωση του ρυθμού μείωσης των λιπών, μέχρι να επιτευχθεί το κατώτερο οριακό επίπεδο στους ιστούς, πιθανόν λόγω της δράσης κάποιου ορμονορυθμιστικού μηχανισμού. Αντίθετα με την L, η D-καρνιτίνη έδειξε τα χειρότερα αποτελέσματα, προκαλώντας τη μεγαλύτερη συγκέντρωση λιπιδίων σ' όλους τους ιστούς που αναλύθηκαν.

Συμπερασματικά, η L-καρνιτίνη δείχνει να είναι μια αποτελεσματική λύση για τον περιορισμό ανεπιθύμητης συσσώρευσης λιπών στους ιστούς εκτρεφόμενων ψαριών.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

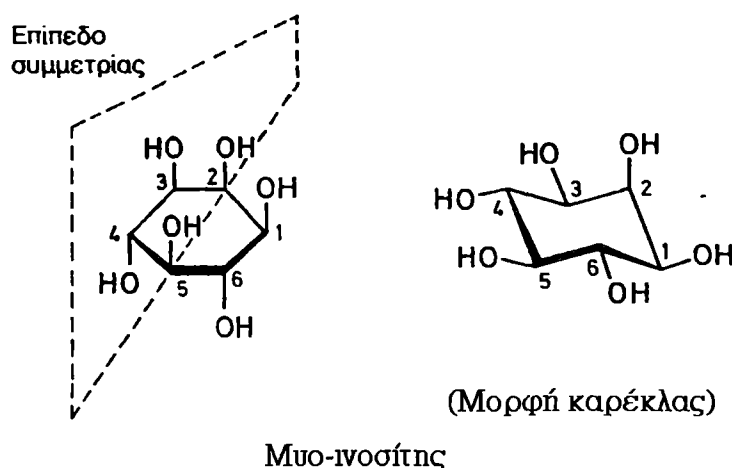
Αργότερα οι Santulli et al. (1988), μελέτησαν τα αποτελέσματα της παροχής L-καρνιτίνης, σε λαβράκια (*Dicentrarchus labrax*) που ταϊστήκαν με τροφή που περιείχε επιπλέον ποσότητα λιπαρών. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έδειξε ότι τα ψάρια που θυσιάστηκαν πριν την αρχή του πειράματος (τα οποία ταϊζονταν με δίαιτα χωρίς επιπλέον ποσότητα λιπαρών), δεν έδειξαν σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση λιπαρών σε σχέση με αυτά που ταϊστήκαν με οποιαδήποτε ποσότητα καρνιτίνης. Αντιθέτως αυτά που ταϊστήκαν με τη δίαιτα μάρτυρα (δίαιτα με επιπλέον λιπαρά χωρίς όμως προσθήκη καρνιτίνης), είχαν στατιστικά αυξημένη συγκέντρωση λιπαρών συγκρινόμενα με όλα τα υπόλοιπα. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι ακόμα και η μικρή ποσότητα καρνιτίνης της τάξης των 100 mg/kg υγρού βάρους σώματος, αν και κάπως λιγότερο αποτελεσματική έναντι των 250 mg, επεμβαίνει ουσιαστικά στο μεταβολισμό των λιπαρών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα και χαμηλότερο κόστος. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι απαιτούνται περισσότερες πληροφορίες για τον προσδιορισμό της ελάχιστης αποτελεσματικής δόσης.

✓ Φυσικές πηγές

Οι πλουσιότερες φυσικές πηγές της καρνιτίνης είναι το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η παρουσία της έχει επίσης διαπιστωθεί σε βακτήρια και φυτά.

ΙΝΟΣΙΤΟΛΗ

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Η ινοσιτόλη ανήκει στην ομάδα των βιταμινών Β. Είναι πολυθενής κυκλική αλκοόλη, παράγωγο του κυκλοεξανίου με μοριακό τύπο $C_6H_{12}O_6$. Υπάρχουν 8 στερεοϊσομερείς ενώσεις της ινοσιτόλης, από τις οποίες οι 7 είναι οπτικά αδρανείς και η μία εμφανίζεται με δύο οπτικούς αντίποδες (D και L). Απ' όλα τα στερεοϊσομερή το πιο ενεργό και το πιο διαδεδομένο στη φύση είναι η μυο-ινοσιτόλη και συνήθως αυτή υπονοείται με την ονομασία ινοσιτόλη. Η μυο-ινοσιτόλη πρωτοανακαλύφθηκε στις μυϊκές ίνες απ' όπου πήρε και το όνομά της. Η πλήρης επιστημονική της ονομασία είναι 1,2,3,5-σις-4,6-τρανς-κυκλοεξανεξόλη. Είναι λευκή κρυσταλλική σκόνη, με γλυκιά γεύση, διαλυτή στο νερό (14 gr ανά 100 ml στους 25°C), αδιάλυτη στους οργανικούς διαλύτες και ελάχιστα διαλυτή στην αλκοόλη.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η μυο-ινοσιτόλη είναι δομικό συστατικό των ζωντανών ιστών. Συγκεκριμένα αποτελεί βασικό δομικό συστατικό στις δομές των φωσφολιπιδίων στους ζωικούς ιστούς (Stetten & Stetten, 1946). Ο πρωταρχικός της ρόλος σαν δομικό συστατικό είναι η χρήση της στο σχηματισμό τμημάτων της κυτταρικής μεμβράνης. Η στερεοδομή των τμημάτων αυτών της κυτταρικής μεμβράνης πιθανόν να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη διαπερατότητά της από ιόντα και μόρια (West et al., 1966). Η μυο-ινοσιτόλη έχει λιποτροπική δράση, προλαμβάνοντας τη συσσώρευση χοληστερόλης σε ένα τύπο λιπώδους εκφύλισης του συκωτιού και συμμετέχει μαζί με τη χολίνη στην ομοίωση του κανονικού μεταβολισμού των λιπαρών (West et al., 1966). Επίσης αποτελεί πηγή υδατανθράκων για τους μύες σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης (Stetten & Stetten, 1946). Τέλος έχει αναφερθεί ως ουσία που προάγει την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Wolley, 1940).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Σε πείραμα πάνω στη Γαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*), όπου χρησιμοποιήθηκαν καθαρές δίαιτες με περιεχόμενη γλυκόζη 10 έως 40%, έχουν αναφερθεί διατροφικές απαιτήσεις σε ινοσιτόλη, οι οποίες κυμαίνονταν από 550-900 mg/kg δίαιτας (Yone et al., 1971). Σε αντίστοιχο επίπεδο (600 mg/kg ξηρής τροφής) κυμαίνονται και οι απαιτήσεις των θαλασσινών περκοειδών (New, 1986).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Ψάρια που ταΐστηκαν για μεγάλο χρονικό διάστημα με πειραματικές δίαιτες ελλειπείς σε ινοσιτόλη, παρουσίασαν χαμηλή ανάπτυξη, μειωμένη όρεξη, αύξηση του χρόνου εκκένωσης του στομάχου, διεσταλμένα στομάχια, οίδημα και σκούρο χρωματισμό (Halver, 1970; Yone et al., 1971). Τα βασικότερα από τα συμπτώματα είναι η ανεπαρκής κώνεση και εκμετάλλευση της τροφής, με παράλληλη χαμηλή ανάπτυξη, τα οποία οδήγησαν σε έναν αριθμό ψαριών με διεσταλμένες κοιλίες.

✓ Φυσικές πηγές

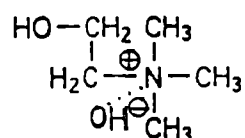
Η μυο-ινοσιτόλη βρίσκεται οπουδήποτε υπάρχει βιολογικός ιστός. Ο εγκέφαλος, η καρδιά και οι αδενικοί ιστοί περιέχουν μεγάλες ποσότητες βιολογικά ενεργής ινοσιτόλης. Σε μεγάλες ποσότητες επίσης απαντάται στα ξερά μπιζέλια, τα φασόλια και το φύτρο του σιταριού. Η σάρκα των εσπεριδοειδών και η ξηρή μαγιά μπύρας περιέχουν μικρότερες ποσότητες ινοσιτόλης.

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Η μυο-ινοσιτόλη τόσο σε καθαρή μορφή όσο και σε πολυβιταμινούχα μείγματα είναι σταθερή, έτσι ώστε υπό φυσιολογικές συνθήκες παρασκευής και αποθήκευσης της τροφής εξασφαλίζεται επαρκή λήψη της από τα ψάρια.

ΧΟΛΙΝΗ

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Χολίνη

Η χολίνη θεωρείται βιταμίνη της ομάδας βιταμινών Β. Είναι αμινοαλκοόλη με συντακτικό τύπο $[\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3]\text{OH}$. Απαντάται με τη μορφή σώματος υγρού, ελαιώδους, πολύ υδροσκοπικού και πολύ διαλυτού στο νερό. Είναι πολύ ισχυρή οργανική βάση και σχηματίζει πολλά παράγωγα, τα οποία υπάρχουν ευρέως σε φυτικούς και ζωικούς ιστούς.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Ένα μέρος του μορίου της χολίνης είναι παρόμοιο με μέρος των αμινοξέων μεθειονίνη και κυστίνη και φαίνεται ότι όλα έχουν με τη μεθυλική τους ομάδα ενεργό δράση στον καθολικό μεταβολισμό των αμινοξέων (Τζάκου, 1967). Η χολίνη δρα σαν δότης μεθυλίου στις αντιδράσεις μεθυλίωσης του ενδιάμεσου μεταβολισμού (Halver, 1985). Είναι συστατικό ορισμένων τύπων φωσφολιπιδίων και συγκεκριμένα των λεκιθινών και των σφιγγομυελινών, τα οποία απαντώνται στις ευαίσθητες κυτταρικές μεμβράνες των ιστών. Συνεργεί γενικά στη σύνθεση των φωσφολιπιδίων και τη μεταφορά των λιπών. Είναι λιποτροπική και αντιαμωραγικός παράγοντας, αποτρέποντας την ανάπτυξη λιπώδους

εκφύλισης του συκωτιού. Ένα παράγωγο της, η ακετυλοχολίνη, συμμετέχει στη μεταφορά των νευρικών σημάτων μέσω των γαγγλιακών συνάψεων και των νευρομυϊκών συνδέσμων (Griffith & Nye, 1954; West et al., 1966). Τέλος η χολίνη είναι σημαντική για την ανάπτυξη και την καλή μετατρεψιμότητα της τροφής στα ψάρια.

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις των ψαριών σε χολίνη εξαρτώνται από το ρυθμό ανάπτυξης, τη λήψη μεθειονίνης και κυστίνης, καθώς και τον τύπο των λιπαρών τα οποία λαμβάνει το ψάρι (Halver, 1985). Για τα θαλασσινά περκοειδή έχει αναφερθεί ότι ποσότητα χολίνης της τάξης των 2000 mg/kg ξηρής τροφής φαίνεται να καλύπτει τις διατροφικές τους απαιτήσεις (New, 1986).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Τα κυριότερα συμπτώματα της έλλειψης σε χολίνη είναι η μειωμένη ανάπτυξη, η ανορεξία, ο χαμηλός συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής και ο διαταραγμένος μεταβολισμός λιπαρών. Έχουν αναφερθεί επίσης συσσώρευση λιπαρών στο συκώτι, αύξηση του χρόνου εκκένωσης του γαστρικού σωλήνα, αιμορραγίες στα νεφρά και το έντερο και αναιμία. Σε πείραμα πάνω στη Γιαπωνέζικη τοπούρα (*Chrysophrys major*), όπου χρησιμοποιήθηκαν καθαρές δίαιτες απουσία χολίνης, εκτός των άλλων συμπτωμάτων, εμφανίστηκε και υψηλή θνησιμότητα, σε σύντομο χρονικό διάστημα (47 ημέρες) (Yone, 1976). Μετά την επάνοδο του απαραίτητου επιπέδου χολίνης στην τροφή, τα

ψάρια επανέρχονται στη φυσιολογική τους κατάσταση με πολύ αργό ρυθμό (Halver, 1979).

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Η υδροχλωρική χολίνη είναι συνηθισμένη μορφή συμπληρώματος που χρησιμοποιείται στην παρασκευή ιχθυοτροφών. Αντιδρά όμως με τα παρασκευάσματα α-τοκοφερόλη (βιταμίνη Ε) και βιταμίνη Κ, τις οποίες απενεργοποιεί και γι' αυτό το λόγο η χολίνη πρέπει να προστίθεται με τη μορφή υδατικού διαλύματος, ενώ οι λιποδιαλυτές βιταμίνες πρέπει να προστίθενται με τη μορφή ελαιώδους διαλύματος στη τροφή. Κατ' αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η αντίδραση που πραγματοποιείται, όταν έρχονται σε άμεση επαφή υψηλές συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων βιταμινών με αυτή την ισχυρή βάση. Η χολίνη χρησιμοποιείται στην τροφή είτε με υγρή (70% δραστηριότητα) είτε με ξηρή μορφή (25-60% δραστηριότητα) (Tacon, 1992).

✓ Φυσικές πηγές

Η χολίνη απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στο φύτρο του σιταριού, το σογιάλευρο και άλλα άλευρα οσπρίων, τη μαγιά μπύρας, τον κρόκο του αυγού, το συκώτι, τον εγκέφαλο και τον καρδιακό ιστό.

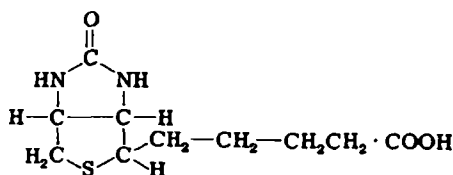
✓ Ευσαιθησία - Σύντηξη

Η χολίνη είναι σταθερή στη θέρμανση και στα όξινα διαλύματα, αλλά αποσυντίθεται στα αλκαλικά. Είναι σταθερή σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα, αλλά μειώνει τη σταθερότητα άλλων

βιταμινών, οι οποίες είναι παρούσες. Για το λόγο αυτό πρέπει να προστίθεται μόνη της και τελευταία στην διαδικασία ανάμειξης των συστατικών της τροφής. Κατά τη διάρκεια της παρασκευής και της αποθήκευσης της τροφής είναι σχετικά σταθερή (N.R.C. 1983).

ΒΙΟΤΙΝΗ (Η)

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Βιοτίνη

Η βιοτίνη είναι μονοκαρβοξυλικό οξύ με μοριακό τύπο $C_{10}H_{16}O_3N_2S$. Είναι λευκή, κρυσταλλική ουσία, διαλυτή στο νερό και την αλκοόλη και αδιάλυτη στους λιπαρούς διαλύτες.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Η βιοτίνη απαιτείται σε πολλές ειδικές αντιδράσεις καρβοξυλίωσης και αποκαρβοξυλίωσης (Lardy & Peanasky, 1953; Vagelos, 1964; Knappe, 1970). Αποτελεί μέρος του συνένζυμου πολλών καρβοξυλιωτικών ενζύμων, τα οποία καταλύουν την ενσωμάτωση του CO_2 σε πολλά οργανικά σύμπλοκα. Συμμετέχει στη σύνθεση της πουρίνης και την επιμήκυνση των λιπαρών οξέων (Waite & Wakil, 1966). Συμμετέχει στη γενική σύνθεση λιπαρών ουσιών στα ζώα (Halver, 1989). Επίσης συμμετέχει στη μετατροπή των ακόρεστων λιπαρών οξέων στη σταθερή σις-μορφή τους, κατά τη σύνθεση βιολογικά ενεργών λιπαρών οξέων (Halver, 1989).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Η αναφορά που έχουμε σε προτεινόμενες ποσότητες στην τροφή, είναι από τον New (1986), ο οποίος υποδεικνύει ποσότητα 1 mg/kg ξηρής τροφής γενικά για τα θαλασσινά περκοειδή.

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Συμπτώματα έλλειψης που έχουν αναφερθεί είναι ανορεξία, χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, χαμηλή ανάπτυξη, γενική ατονία, μυϊκή ατροφία, πληγές στο έντερο, διαταραγμένη σύνθεση λιπαρών, συσσώρευση λιπαρών στο συκώτι, θνησιμότητα, ενώ αιματολογικά έχει παρατηρηθεί ρήξη των ερυθροκυττάρων και αναιμία (Mc Laren et al., 1947; Phillips et al., 1949; Wolf, 1951; Halver, 1953). Όσον αφορά την Γιαπωνέζικη τσιπούρα (*Chrysophrys major*), σε πείραμα διάρκειας 102 ημερών, όπου χρησιμοποιήθηκαν καθαρές δίαιτες, δεν παρατηρήθηκαν συμπτώματα έλλειψης σε βιοτίνη, πιθανόν λόγω των εξαιρετικά χαμηλών απαιτήσεών της και της ποσότητας που συντίθεται από τα εντερικά βακτήρια (Yone, 1976).

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Οι συνηθισμένες μορφές με τις οποίες χρησιμοποιείται η βιοτίνη, είναι η δ-βιοτίνη και τα άλατά της. Η δ-βιοτίνη είναι ελαφρά διαλυτή στο νερό και την αλκοόλη και αδιάλυτη στους λιπαρούς διαλύτες. Τα άλατά της είναι επίσης διαλυτά στο νερό. Τα υδατικά διαλύματα τους και η ξηρή μορφή είναι σταθερά στους 100°C και το φως.

✓ Φυσικές πηγές

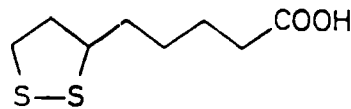
Η βιοτίνη απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στο συκώτι, τα νεφρά, τη μαγιά μπύρας, τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τον κρόκο του αυγού. Η καρυδόψυχα περιέχει αρκετές ποσότητες βιοτίνης (Halver, 1989). Το ασπράδι του αυγού, όταν είναι ωμό, περιέχει έναν αντιμεταβολικό παράγοντα, ο οποίος καθιστά τη βιοτίνη μη διαθέσιμη για τον οργανισμό.

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Η βιοτίνη καταστρέφεται με τα οξέα και τις βάσεις καθώς επίσης και με άλλους οξειδωτικούς παράγοντες, όπως τα υπεροξειδία και το άλας του υπερμαγγανικού οξέος. Σε ξηρά πολυβιταμινούχα μείγματα είναι σχετικά σταθερή στον αέρα και τη θέρμανση, αλλά ευαίσθητη στο φως και την υψηλή υγρασία. Η τροφή πρέπει να προστατεύεται από ισχυρούς οξειδωτικούς παράγοντες ή συνθήκες που βοηθούν την οξείδωση των συστατικών της. Οι αναφερόμενες απώλειες, κατά τη διαδικασία παρασκευής ζωοτροφών (συμπυκτωποίηση με τη μέθοδο της διόγκωσης) είναι 10% (N.R.C. 1983).

ΛΙΠΟΙΚΟ ΟΞΥ

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Λιποϊκό οξύ

Το λιποϊκό οξύ θεωρείται ότι ανήκει στην ομάδα των βιταμινών Β. Έχει μοριακό τύπο $C_8H_{12}O_2S_2$ και είναι ουσία τόσο υδατοδιαλυτή, όσο και λιποδιαλυτή.

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Το λιποϊκό οξύ είναι εξαιρετικά ενεργός βιολογικός καταλύτης. Έχει αποδειχθεί βασικό συστατικό πολυενζυμικών μονάδων (Wagner & Folkers, 1964). Συγκεκριμένα είναι ένα από τα συνένζυμα που συμμετέχουν στην αποκαρβοξυλοποίηση του πυροσταφυλικού οξέος από την πυροσταφυλική αφυδρογενάση. Αυτή η αντίδραση λαμβάνει χώρα ακριβώς πριν εισέλθουν οι υδατάνθρακες στον κύκλο του Krebs κατά τη διαδικασία της αερόβιας αναπνοής του κυττάρου. Η πολυενζυμική μονάδα επίσης περιέχει την πυροφωσφορική θειαμίνη, το συνένζυμο Α και το φλαβινοαδενινο-δινουκλεοτίδιο. Για το λόγο αυτό, είναι στενά συνδεδεμένο με τη θειαμίνη σε πολλές οξειδωτικές αποκαρβοξυλιώσεις των α-κετοοξέων (λευκίνη, φαινυλαλανίνη, τυροσίνη) (Lehninger, 1977).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Ποσοτικές απαιτήσεις

Ο μεταβολισμός του λιποϊκού οξέος στους ιστούς των ψαριών δεν έχει μελετηθεί επαρκώς και δεν έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα έλλειψης σε κανένα από τα είδη ψαριών που έχουν μελετηθεί (Halver, 1979). Κατά συνέπεια διατροφικές απαιτήσεις σε λιποϊκό οξύ δεν έχουν προσδιορισθεί.

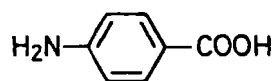
✓ Φυσικές πηγές

Βιταμερή του λιποϊκού οξέος απαντώνται στη φύση σε μεγάλες ποσότητες στους αδενικούς ιστούς, το συκώτι και τη μαγιά μπύρας.

ΠΑΡΑ-ΑΜΙΝΟΒΕΝΖΟΙΚΟ ΟΞΥ

Το παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ, αν και θεωρείται βιταμίνη, δεν φαίνεται να είναι απαραίτητο στα ψάρια, καθώς δεν έχουν παρατηρηθεί θετικές δράσεις και συμπτώματα έλλειψης και δεν έχουν προσδιορισθεί απαιτήσεις για κανένα από τα είδη ψαριών που έχουν μελετηθεί (Halver, 1989).

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ

Το παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ είναι παράγωγο του βενζοϊκού οξέος και αποτελεί συστατικό του παντοθενικού οξέος (Halver, 1985). Είναι λευκή κρυσταλλική σκόνη, διαλυτή στο νερό με μοριακό τύπο $C_7H_7O_2N$. Υπό μορφή υδατικών και μεσοαλκαλικών διαλυμάτων είναι σταθερό στη θέρμανση και το φως.

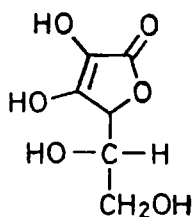
✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Το παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ είναι βιταμινικός παράγοντας ανάπτυξης για μικροοργανισμούς (Wagner & Folkers, 1964). Στα ψάρια η βιταμινική του δράση περιορίζεται στο να προάγει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό της εντερικής χλωρίδας, στην οποία και χρησιμοποιείται για τη σύνθεση συμπλόκων φολασίνης (Halver, 1985, 1989).

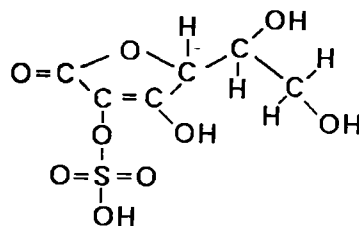
ΑΣΚΟΡΒΙΚΟ ΟΞΥ (C)

Το ασκορβικό οξύ είναι βιοχημικός παράγοντας απαραίτητος για κάθε ζωντανό οργανισμό. Η δράση του ως βιταμίνη περιορίζεται κυρίως σε μερικά ανώτερα ζώα, όπως είναι ο άνθρωπος και τα ψάρια, τα οποία δεν έχουν την ικανότητα να το συνθέσουν ή το συνθέτουν σε μη ικανές ποσότητες για την κάλυψη των αναγκών τους. Η αδυναμία αυτή οφείλεται στην έλλειψη του ενζύμου οξειδάση της L-γουλανολακτόνης (Scott, 1975), η οποία καταλύει το τελικό στάδιο της σύνθεσης του ασκορβικού οξέος από τη γλυκόζη.

✓ Μορφή - Φυσικές και χημικές ιδιότητες



Ασκορβικό οξύ



Θειικός ασκορβικός εστέρας

Το ασκορβικό οξύ στη δραστική του κατάσταση (L-ασκορβικό οξύ) απαντάται ουσιαστικά με δύο μορφές, το υδροξυασκορβικό οξύ (L-ασκορβικό οξύ) και τον εσωτερικό του εστέρα (L-θρεο-2-εξενονο-1,4-λακτόνη). Συνήθως απαντάται με την άνυδρη μορφή του (λακτόνη), αν και έχει επικρατήσει η χρήση της ονομασίας L-ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C₁). Έχει συντακτικό τύπο $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}\text{C}(\text{OH})\text{C}(\text{OH})\text{CO}$ και είναι λευκή, άοσμη, κρυσταλλική ένωση, με ξινή γεύση, εύκολα διαλυτή στο νερό (30 gr ανά 100 ml) και αδιάλυτη στους λιπαρούς διαλύτες.

Τα κυριότερα σημεία ανίχνευσης του ασκορβικού οξέος στο σώμα του ψαριού είναι ο εγκέφαλος, το συκώτι, οι μύες και το δέρμα. Ιστολογικές μελέτες σε πολλά είδη ψαριών, συμπεριλαμβανομένου και του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), απέδειξαν ότι το ασκορβικό οξύ βρίσκεται στα ψάρια βασικά με δύο μορφές, την ελεύθερη μορφή (L-ασκορβικό οξύ) και μια δεσμευμένη μορφή, η οποία θεωρείται ως αποθηκευτική μορφή της βιταμίνης. Αυτή η αποθηκευτική μορφή, κατά την άποψη ορισμένων ερευνητών, είναι ο θειικός ασκορβικός εστέρας (ascorbate-2-sulfate) $[\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{O})\text{C}(\text{HSO}_4)\text{CO}]$ (Halver et al., 1975; Tolbert et al., 1975; Omaye et al., 1982). Πρέπει όμως να αναφερθεί ότι σε μεταγενέστερες μελέτες, όπου χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μέθοδοι ανάλυσης του θειικού ασκορβικού εστέρα (βιταμίνη C₂), η αποθηκευτική μορφή της βιταμίνης C που ανιχνεύθηκε στο σώμα των ψαριών δεν ήταν ο θειικός ασκορβικός εστέρας (Dabrowski & Hinterleitner, 1989; Sandnes et al., 1990).

✓ Ρόλος στη φυσιολογία των ψαριών

Το ασκορβικό οξύ δρα σαν βιολογικός αναγωγικός παράγοντας. Είναι απαραίτητο σε πολλές οξειδωαναγωγικές αντιδράσεις του μεταβολισμού του κυττάρου. Ένας από τους σημαντικότερους βιοχημικούς του ρόλους είναι η συμμετοχή του στις αντιδράσεις υδροξυλίωσης για το σχηματισμό του κολλαγόνου. Το ασκορβικό οξύ συμμετέχει στο σχηματισμό ορισμένων ορμονών, όπως είναι τα επινεφριδιακά στεροειδή (Who, 1970). Απαιτείται για το σχηματισμό της ενεργής μορφής του συνένζυμου που δρα στη μετατροπή του φολικού οξέος σε φολανικό (Wolbach & Home, 1926; Woodruff, 1964). Υποβοηθά στις αντιδράσεις υδροξυλίωσης για τη σύνθεση της καρνιτίνης (Tucker &

Halver, 1984). Επίσης δρα συνεργαστικά με τη βιταμίνη Ε για τη διατήρηση των ενδοκυτταρικών αντιοξειδωτικών (Halver, 1989). Η αντιοξειδωτική του αυτή δράση πιθανόν να δικαιολογεί το γεγονός της μεγάλης του συγκέντρωσης στους πλούσιους σε λιπαρά ιστούς.

Το ασκορβικό οξύ συμμετέχει στην ωρίμανση των ερυθροκυττάρων για τη διατήρηση της φυσιολογικής αιματολογίας του αίματος (Johnson et al., 1971). Προάγει τη δέσμευση του ελεύθερου σιδήρου από το αίμα καθώς και την απορρόφησή του από το έντερο (Blazer, 1982). Ρυθμίζει γενικά την απορρόφηση μεταλλικών ιόντων από τον οργανισμό, εξασφαλίζει τη σωστή λήψη του ασβεστίου και τη χρησιμοποίησή του από τους ιστούς (Mahajan & Agrawal, 1979). Είναι απαραίτητο για το σχηματισμό των χόνδρων, των δοντιών, το σχηματισμό και την επιδιόρθωση των οστών και την επούλωση των πληγών (Knox & Goswami, 1961; Gould, 1960).

Το ασκορβικό οξύ αυξάνει σημαντικά το ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών, βελτιστοποιεί το συντελεστή μετατρεψιμότητας και τη χρησιμοποίηση των διατροφικών ουσιών. Επίσης βελτιώνει σημαντικά τη γονιμότητα, την εκκολαψιμότητα των αυγών, καθώς και την επιβίωση των νεαρών ψαριών.

Υπάρχει πληθώρα στοιχείων για την ευεργετική δράση του ασκορβικού οξέος στη φαγοκυττάρωση και γενικότερα στην ανοσολογία και την αντίσταση του ψαριού σε βακτηριδιακές και παρασιτικές μολύνσεις. Πειράματα σε ψάρια που είχαν προσβληθεί από βακτηριδιακές και παρασιτικές μολύνσεις έδειξαν ότι η προσθήκη στην τροφή εκατονταπλάσιας από τις φυσιολογικές απαιτήσεις ποσότητας ασκορβικού οξέος οδήγησε σε εκμηδένιση της παρατηρούμενης

θνησιμότητας, χωρίς να γίνει χρήση αντιβίωσης (Li & Lovell, 1985; Wahli et al., 1986; Navarre & Halver, 1989).

Θετική επίδραση του ασκορβικού οξέος έχει αναφερθεί και στις περιπτώσεις "στρές". Αυξημένες ποσότητες ασκορβικού οξέος στη τροφή βελτιώνουν κατά πολύ τα αποτελέσματα της προσαρμογής του ψαριού στις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας και της αλατότητας και αυξάνουν την αντοχή του στους διάφορους χειρισμούς (αλλαγή δικτιών, μεταφορές, διαλογές μεγεθών κ.λ.π.). Επίσης συμμετέχει στην αποτοξικοποίηση των αρωματικών ενώσεων, αυξάνοντας την αντοχή του ψαριού σε ουσίες όπως είναι τα φυτοφάρμακα, τα μυκητοκτόνα και τα εντομοκτόνα (Mayer, 1978; Agrawal et al., 1978). Ασκει προστατευτική δράση έναντι ρυπογόνων και τοξικών παραγόντων, όπως είναι τα νιτρώδη άλατα, τα υδατοδιαλυτά μέρη του πετρελαίου και τα διάφορα βαρέα μέταλλα, των οποίων αυξάνει την αποβολή από τον οργανισμό (Wise et al., 1988; Thomas, 1987; Hilton, 1984). Τέλος μπορεί να αναφερθεί ότι η βιταμίνη C βοηθά στην εξοικονόμηση (sparing effect) βιταμινών της ομάδας B, καθώς και της βιταμίνης E (Fenster, 1989).

✓ Ποσοτικές απαιτήσεις

Η βιταμίνη C είναι ίσως η πιο ευαίσθητη βιταμίνη και η περιεκτικότητά της δύσκολα παραμένει σταθερή, τόσο στην τροφή, όσο και στον οργανισμό των ψαριών. Για το λόγο αυτό, ο ακριβής προσδιορισμός των διατροφικών απαιτήσεων αποτελεί δύσκολα εφικτή πειραματική διαδικασία.

Λόγω της ιδιαιτερότητας του ασκορβικού οξέος, οι διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών σ' αυτή τη βιταμίνη επηρεάζονται σημαντικά από

μία πληθώρα παραγόντων, όπως είναι η ηλικία και το μέγεθος των ψαριών, η θερμοκρασία και η ποιότητα του νερού, διάφορες διατροφικές ουσίες και γενικά παράγοντες που προκαλούν στρές. Υπάρχουν αποδείξεις ότι οι ανάγκες σε διαιτητική βιταμίνη C μειώνονται καθώς αυξάνεται το μέγεθος και η ηλικία των ψαριών (Sato et al., 1978a; Hilton et al., 1978; Waagbo et al., 1989). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει έλλειψη σε ακριβείς πληροφορίες πάνω στις διατροφικές απαιτήσεις σε βιταμίνη C των ψαριών κατά την περίοδο της πάχυνσης έως την γεννητική ωριμότητα, καθώς τα πειράματα πραγματοποιούνται κυρίως σε ψάρια μικρής ηλικίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αντίστοιχη αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης και του μεταβολισμού των ψαριών με επακόλουθη αύξηση των απαιτήσεων σε βιταμίνη C. Στις χαμηλές θερμοκρασίες, παρά την μείωση του μεταβολισμού, οι απαιτήσεις παραμένουν υψηλές, λόγω της ευεργετικής επίδρασης του ασκορβικού οξέος στην αποτελεσματικότητα του ανοσοποιητικού συστήματος και τη φυσική αντίσταση του οργανισμού στις μολύνσεις, λειτουργίες οι οποίες είναι μειωμένες στις χαμηλές θερμοκρασίες (Lovell, 1984). Υψηλές ποσότητες ασκορβικού οξέος απαιτούνται και για την επούλωση πληγών. Επίσης φαίνεται ότι χαμηλό επίπεδο τρυπτοφάνης στην τροφή αυξάνει τις ανάγκες σε ασκορβικό οξύ (West et al., 1966). Τέλος, αυξημένες εμφανίζονται οι απαιτήσεις των ψαριών σε ασκορβικό οξύ και κατά την παρουσία άλλων παραγόντων που προκαλούν στρές, όπως είναι η παρουσία τοξικών ουσιών στο νερό και διάφοροι χειρισμοί στα ψάρια.

Τα ψάρια είναι τα μοναδικά, μεταξύ των ζώων που απαιτούν ασκορβικό οξύ, τα οποία έχουν την ικανότητα αποθήκευσης μιας χημικά σταθερής μορφής της βιταμίνης (Tucker & Halver, 1984). Η ικανότητα αυτή φαίνεται ότι τους δίνει τη δυνατότητα της βέλτιστης εκμετάλλευσης

της βιταμίνης για την κάλυψη των αναγκών του μεταβολισμού τους. Τα ψάρια κατά τη διάρκεια του χειμώνα τρέφονται με περιορισμένες ποσότητες τροφής λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών. Έτσι στην αρχή της άνοιξης τα αποθέματά τους σε βιταμίνη C πιθανόν να είναι περιορισμένα. Με την άνοδο λοιπόν των θερμοκρασιών, όπου αυξάνεται ο μεταβολισμός και η ευπάθεια των ψαριών σε βακτηριακές μολύνσεις, θεωρείται σκόπιμη η συμπλήρωση των εμπορικών ιχθυοτροφών με πλεονάζουσα ποσότητα βιταμίνης.

Μία προσπάθεια προσδιορισμού των διατροφικών απαιτήσεων του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), έγινε από τους Boonyaratpalin et al. (1989), σε ψάρια μέσου βάρους 1 gr που εκτράφηκαν τόσο σε αλμυρά, όσο και σε γλυκά νερά. Τα αποτελέσματα του πειράματος οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ποσότητα βιταμίνης C 700 mg/kg δίαιτας ήταν αρκετή για βέλτιστη ανάπτυξη και πρόληψη των εξωτερικών συμπτωμάτων έλλειψης. Παρ' όλα αυτά, 1100 mg/kg δίαιτας απαιτούνταν για τη διατήρηση του βέλτιστου επιπέδου ασκορβικού οξέος στο συκώτι (το οποίο είναι το κατ' εξοχήν όργανο όπου μετριέται η ποσότητα της βιταμίνης C για την εξαγωγή συμπερασμάτων) και τη διατήρηση ενός αποθέματος ασφαλείας. Σε μία άλλη αναφορά ο Guillaume (1987) προτείνει ότι ποσότητα 500 mg/kg τροφής, ικανοποιεί τις απαιτήσεις του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), καλύπτοντας και τις πιθανές απώλειες της βιταμίνης.

Οι πληροφορίες που μπορούμε να αναφέρουμε για τις διατροφικές απαιτήσεις της τσιπούρας (*Sparus aurata*) είναι αυτές που αντλούμε από την εργασία των Καρανικόλα et al. (1990), στην οποία μελετήθηκαν οι επιπτώσεις της χρησιμοποίησης διαφόρων διατροφικών ποσοτήτων βιταμίνης C στη γενική φυσική κατάσταση ψαριών αρχικού

μέσου βάρους 0.6 gr. Από τα αποτελέσματα της εργασίας συμπεραίνουμε ότι ποσότητα βιταμίνης C της τάξης των 100 mg/kg τροφής είναι ικανή να αποτρέψει την εμφάνιση εσωτερικών συμπτωμάτων έλλειψης, τα οποία είναι και τα πρώτα που εμφανίζονται. Αναφέρεται όμως ότι για την επίτευξη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων στην επούλωση πληγών απαιτείται ποσότητα 600 mg/kg τροφής.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι γενικά για τα θαλασσινά περκοειδή η προτεινόμενη ποσότητα διαιτητικής βιταμίνης C είναι 200 mg/kg ξηράς τροφής (New, 1986).

✓ Συμπτώματα έλλειψης - Παθολογία

Η εμφάνιση των συμπτωμάτων έλλειψης σχετίζεται με το ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών, από τον οποίο και εξαρτάται ο ρυθμός εξάντλησης των αποθεμάτων του ασκορβικού οξέος των ιστών. Ο ρυθμός με τον οποίο εμφανίζονται τα συμπτώματα εξαρτάται από το είδος των ψαριών και από τη θερμοκρασία του νερού στο οποίο αναπτύσσονται (Halver et al., 1975).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα περισσότερα συμπτώματα έλλειψης που εμφανίζονται στα ψάρια προκαλούνται κυρίως από το διαταραγμένο σχηματισμό του καλλαγόνου και των χόνδρων στήριξης (Halver et al., 1975; Wilson & Poe, 1973; Lim & Lovell, 1978; Sandnes et al., 1991), η υπερπλασία των οποίων είναι το αρχικό σύμπτωμα που εμφανίζεται (Halver et al., 1969). Στη συνέχεια εμφανίζεται σκολίωση, λόρδωση, βράχυνση των βραγχιακών επικαλυμμάτων, παραμορφωτική υπερπλάσια του χόνδρου των βραγχιακών αψίδων, των ακανθών, των πτερυγίων, του ρύγχους και των σιαγόνων (Halver et al., 1969). Άλλα συμπτώματα είναι

ανώμαλη ιστολογία του σπληνικού χόνδρου του ματιού, αιμορραγική εξωφθαλμία, ενδομυϊκή αιμορραγία, αιμορραγικές πετέχειες, αναιμία, ασκίτης και διαταραγμένη επούλωση των πληγών (Halver, 1985). Επίσης κατά τους Tucker & Halver (1984), η έλλειψη ασκορβικού οξέος προκάλεσε συμπτώματα ληθαργίας και κούρασης, πράγμα που δείχνει να οφείλεται στην προκαλούμενη μείωση της μυϊκής καρνιτίνης. Τέλος τα κοινά συμπτώματα της μειωμένης όρασης, της χαμηλής ανάπτυξης και της αυξημένης θνησιμότητας, έχουν επίσης παρατηρηθεί κατά την έλλειψη σε ασκορβικό οξύ.

Εκτός από τα προαναφερόμενα, τόσο για το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), όσο και για την τσιπούρα (*Sparus aurata*), πρέπει να αναφερθούν και μερικά χαρακτηριστικά συμπτώματα. Για το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) έχουν αναφερθεί απώλεια λεπών, σκούρος χρωματισμός του δέρματος, επίσχυση, τύφλωση, κολύμβηση στην επιφάνεια, αυξημένη θνησιμότητα (Gallet de Saint Aurin et al., 1989), καθώς και ευαισθησία των βραγχιακών νημάτων, αιμορραγία των βραγχίων και απώλεια ισορροπίας (Boonyaratpalin et al., 1989).

Σε πείραμα των Καρανικόλα et al. (1990), τσιπούρες (*Sparus aurata*) αρχικού μέσου βάρους 0.6 gr, οι οποίες εκτράφηκαν με 7 δίαιτες διαφορετικής περιεκτικότητας σε βιταμίνη C (0-3200 mg/kg τροφής), εμφάνισαν κλινικά συμπτώματα που για το μηδενικό επίπεδο βιταμίνης C, ήταν απολέπιση, αλλαγή χρωματισμού, εσωτερικές και εξωτερικές αιμορραγίες, καθώς και υψηλή θνησιμότητα, η οποία σε χρονικό διάστημα μόνο 36 ημερών έφτασε το 57.7%. Χαρακτηριστικές είναι και οι παθολογικές αλλοιώσεις στα ουροφόρα σωληνάρια και στο νεφρικό ιστό, με συμπτώματα όμοια της νεφρικής κοκκιωμάτωσης, τα οποία για πρώτη φορά στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) αποδόθηκαν στην έλλειψη βιταμίνης

C. Τα ψάρια που διατράφηκαν με τα υπόλοιπα επίπεδα ασκορβικού οξέος, έδωσαν ποσοστά θνησιμότητας που κυμάνθηκαν από 11.1% έως και 26.3%, για το ίδιο χρονικό διάστημα, χωρίς την παράλληλη ύπαρξη κλινικών συμπτωμάτων όπως αυτών με το μηδενικό επίπεδο βιταμίνης. Το γεγονός της ύπαρξης παθολογικών ευρημάτων στο νεφρό χωρίς την παράλληλη ύπαρξη κλινικών συμπτωμάτων στα ψάρια που διατρέφονταν με το μικρότερο διατροφικό επίπεδο βιταμίνης C (50 mg/kg τροφής), φανερώνει ότι οι βλάβες από έλλειψη της βιταμίνης μπορεί να αρχίζουν πριν την εμφάνιση κλινικών συμπτωμάτων και πολύ γρηγορότερα από την εμφάνιση της οποιασδήποτε θνησιμότητας. Επίσης ο χαμηλός βαθμός επούλωσης τραυμάτων των ψαριών φανερώνει την προδιάθεση που έχουν τα ψάρια για την εμφάνιση ασθενειών, όταν το επίπεδο βιταμίνης είναι χαμηλό.

✓ Χρησιμοποιούμενες μορφές

Τό κρυσταλλικό L-ασκορβικό οξύ (C₁) είναι η ενεργή αναγωγική μορφή του υδροξυασκορβικού οξέος. Αποτελεί τη δραστικότερη και ευκολότερα μεταβολήσιμη μορφή της βιταμίνης C, αλλά είναι πολύ ευαίσθητο και χάνει εύκολα τη βιταμινική του δραστηριότητα. Η οξειδωμένη του μορφή για παράδειγμα, με χημικό τύπο $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{C}(\text{O})\text{C}(\text{O})\text{CO}$, είναι πολύ λιγότερο βιολογικά ενεργή μορφή. Το γεγονός αυτό έχει ωθήσει τους ερευνητές στην ανεύρεση άλλων μορφών της βιταμίνης, οι οποίες θα συνδυάζουν ικανοποιητική βιταμινική δραστηριότητα με αυξημένη σταθερότητα.

Μία από τις προσπάθειες αντιμετώπισης του προβλήματος της αστάθειας του ασκορβικού οξέος είναι η χρησιμοποίηση μικροεγκυστευμένου ή επικαλυμμένου κρυσταλλικού ασκορβικού οξέος.

Οι επικαλύψεις που κυρίως χρησιμοποιούνται είναι από αιθυλκυτταρίνη, λιπαρές ουσίες (γλυκερίδια), σιλικόνη, ζελατίνη και συνθετικά πολυμερή. Το επικαλυμμένο με κυτταρίνη ασκορβικό οξύ είναι λευκή έως ελαφρά κιτρινωπή λεπτόκοκκη σκόνη με ελάχιστη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ 97.5%. Πειραματικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι η μορφή αυτή είναι πλήρως βιολογικά εκμεταλλεύσιμη. Το επικαλυμμένο με γλυκερίδια ασκορβικό οξύ απαντάται στο εμπόριο με δύο ή τρεις παραλλαγές που ποικίλουν σε περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος από 50-70%, ανάλογα με το ποσοστό επικάλυψης. Αυτή η επικαλυμμένη μορφή έχει μειωμένη διαλυτότητα στο νερό και αυξημένη στους λιπαρούς διαλύτες.

Ως εναλλακτικές μορφές του ασκορβικού οξέος στις εμπορικές ιχθυοτροφές έχουν χρησιμοποιηθεί άλατα νατρίου και ασβεστίου του ασκορβικού οξέος. Τα άλατα αυτά είναι λευκές έως ελαφρά κιτρινωπές κρυσταλλικές σκόνες. Το άλας του ασκορβικού νατρίου είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο και έχει βιταμινική δραστηριότητα 89% αυτής του ασκορβικού οξέος. Έχει τριπλάσια διαλυτότητα στο νερό (90 gr ανά 100 ml) και δίνει γεύση ελαφρά αλμυρή σε αντίθεση με την έντονα ξινή γεύση του ασκορβικού οξέος.

Άλλα παράγωγα του ασκορβικού οξέος που έχουν μελετηθεί είναι οι εστέρες του από το θειικό, το φωσφορικό και το παλμιτικό οξύ, καθώς και τα άλατά τους. Ο θειικός εστέρας του ασκορβικού οξέος (C₂) πρωτοαπομονώθηκε στις κύστες της αρτέμιας (*Artemia salina*) (Mead & Finamore, 1969) και θεωρείται ως αποθηκευτική μορφή της βιταμίνης C για τα ψάρια (Halver et al., 1975; Tolbert et al., 1975; Omaye et al., 1982). Στα σαλμονοειδή, και ιδιαίτερα στην πέστροφα, έχουν ανιχνευθεί ορισμένα ένζυμα, τα οποία θεωρούνται ότι καταλύουν την ενδομετατροπή του C₁ σε C₂ και αντίστροφα. Η σουλφοτρανοσφοράση του ασκορβικού

οξέος καταλύει τη σύνθεση του C₂ από το C₁ (Faroogui, 1980). Αντίστοιχα η σουλφοϋδρολάση του C₂ είναι το υπεύθυνο ένζυμο για την υδρόλυση του C₂ σε C₁ και θεωρείται υπεύθυνη για τη διαμόρφωση του κυτταρικού επιπέδου του C₁ στο σώμα της πέστροφας (Benitez & Halver, 1982). Για το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) έχει αναφερθεί ότι η διαιτητική βιταμίνη C μετατρέπεται εύκολα στην αποθηκευτική μορφή C₂, δείχνοντας ότι τα ίδια ένζυμα δρουν όπως και στην περίπτωση των σαλμονοειδών (Αλέξη et al., 1989). Η βιταμινική δραστηριότητα του C₂ δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς και οι απόψεις των ερευνητών δίστανται. Υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν ότι τα σαλμονοειδή σε ισομοριακή βάση εκμεταλλεύονται τον θειικό εστέρα του ασκορβικού οξέος (C₂) το ίδιο αποτελεσματικά με το L-ασκορβικό οξύ (C₁) (Tucker & Halver, 1984a,b; Halver et al., 1975; Tucker & Halver, 1986). Άλλες μελέτες δεν έχουν επιβεβαιώσει αυτά τα αποτελέσματα και υποδεικνύουν ότι το C₂ έχει μικρότερη βιταμινική δραστηριότητα από το C₁ (Sandnes et al., 1990; Dabrowski et al., 1990a). Αντίστοιχες μελέτες για άλλα είδη ψαριών έχουν αναφέρει ότι πολλαπλάσιες ποσότητες C₂ από C₁, απαιτούνται για αντίστοιχη βιταμινική δραστηριότητα (Murai et al., 1978; Tsujimura et al., 1978, 1981; Soliman et al., 1986a). Από αυτό συμπεραίνεται ότι ο μεταβολισμός του C₂ πιθανώς να διαφέρει από είδος σε είδος (Αλέξη et al., 1989). Τέλος το μόνο που μπορεί να αναφερθεί με βεβαιότητα είναι ότι κατά κοινή ομολογία, ο διαιτητικός θειικός ασκορβικός εστέρας είναι μορφή ικανοποιητικά εκμεταλλεύσιμη από το ψάρι και δεδομένης της σταθερότητας του, αποτελεί πιθανό υποκατάστατο του ασκορβικού οξέος στις τροφές των ψαριών.

Όσον αφορά τους φωσφορικούς εστέρες του ασκορβικού οξέος, πρόσφατες μελέτες έχουν αποδείξει την ικανοποιητική βιταμινική τους δραστηριότητα (Grant et al., 1989; Robinson et al., 1989; Wilson et al.,

1989; Sandnes et al., 1989; Sandnes & Waagbo, 1991a,b; Sandnes et al., 1991). Ελάχιστες αναφορές έχουν δημοσιευθεί για τη χρήση του παλμιτικού εστέρα του ασκορβικού οξέος, ως μορφή της βιταμίνης C στην τροφή. Από τις μελέτες αυτές συμπεραίνεται ότι ο εστέρας αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην τροφή, χωρίς όμως να έχει το ίδιο ικανοποιητικά αποτελέσματα με το L-ασκορβικό οξύ (Brandt et al., 1985; Soliman et al., 1986a; Albrektsen et al., 1988). Καταλήγοντας μπορούμε να αναφέρουμε ότι, λαμβανομένης υπ' όψιν της σταθερότητας της τροφής και της βιταμινικής βιοδραστηριότητας, τα στοιχεία που έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής υποστηρίζουν ότι τα φωσφορικά παράγωγα του ασκορβικού οξέος είναι ανώτερα τόσο από τον παλμιτικό και θειικό εστέρα του όσο και από το ίδιο το L-ασκορβικό οξύ, ως πηγές της βιταμίνης C για τις δίαιτες των ψαριών (Sandnes & Utne, 1991).

✓ Φυσικές πηγές

Το ασκορβικό οξύ είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση και γενικώς απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στα πράσινα φρέσκα λαχανικά, στον αρακά, στις πιπεριές και ιδιαίτερα στα εσπεριδοειδή. Στους ζωικούς ιστούς απαντάται κυρίως στο συκώτι και τα νεφρά. Υψηλά επίπεδα βιταμίνης C₂ απαντώνται στο δέρμα των ψαριών και ικανές ποσότητες υπάρχουν στα ιχθυάλευρα που παρασκευάζονται από ολόκληρα ψάρια.

✓ Ευαισθησία - Συντήρηση

Το ασκορβικό οξύ είναι ένα από τα πιο ευαίσθητα συστατικά των τροφών λόγω των πολυάριθμων παραγόντων που το επηρεάζουν τόσο

κάτα τη διάρκεια της παρασκευής όσο και κατά τη διάρκεια της συντήρησης της τροφής (Adams, 1973; Hilton et al., 1977a).

Το L-ασκορβικό οξύ και τα άλατά του είναι σχετικά σταθερά στον αέρα, το φως και τη θέρμανση, με την προϋπόθεση ότι διατηρούνται υπό συνθήκες παντελούς απουσίας υγρασίας. Ακόμα όμως και πολύ μικρά ποσοστά υγρασίας οδηγούν σε γρήγορη οξειδωση κατά αρχάς προς τις δίδυρες μορφές του και στη συνέχεια σε άλλες μη ενεργές βιταμινικές μορφές. Ο ρυθμός αυτής της οξειδωσης επηρεάζεται άμεσα από την αύξηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας, την παρουσία οξυγόνου, αλκαλίων και άλλων οξειδωτικών παραγόντων, όπως είναι τα μεταλλικά ιόντα (χαλκού, σιδήρου κ.λ.π.). Για το λόγο αυτό το L-ασκορβικό οξύ, όταν περιέχεται σε πολυβιταμινούχα μείγματα παρουσία ιχνοστοιχείων, εμφανίζει απώλειες, οι οποίες μπορούν να φτάσουν το 50% σε ένα μήνα, τη στιγμή που σε απλά πολυβιταμινούχα μείγματα οι απώλειες σπάνια υπερβαίνουν το 3% ανά μήνα. Το φως, ως παράγοντας που επηρεάζει την σταθερότητα του ασκορβικού οξέος, παίζει σημαντικό ρόλο κυρίως κατά την διάρκεια της συντήρησης.

Κατά τη διαδικασία παρασκευής της τροφής έχουν αναφερθεί απώλειες σε L-ασκορβικό οξύ τόσο κατά τη διάρκεια της ανάμειξης των πρώτων υλών όσο και κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των συμπύκτων (pelleting). Οι απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη διάρκεια της ανάμειξης των πρώτων υλών εξαρτώνται άμεσα από το αν η ανάμειξη γίνεται με προσθήκη νερού ή όχι και κυμαίνονται συνήθως από 10-30% (Vitec A₄, 1988). Οι απώλειες κατά τη διάρκεια του σχηματισμού συμπύκτων εξαρτώνται άμεσα από την ποσότητα του ατμού που χρησιμοποιείται, καθώς και από τη θερμοκρασία του θαλάμου συμπυκτοποίησης. Οι συνολικές απώλειες κατά τη διάρκεια παρασκευής

της τροφής μπορεί να ανέλθουν μέχρι και το ποσοστό του 85-90% της προστιθέμενης ποσότητας του ασκορβικού οξέος, αν και οι συνήθειες απώλειες είναι 60-75%, είτε πρόκειται για απλή συμπυκνοποίηση είτε πρόκειται για συμπυκνοποίηση με εξώθηση (extrusion) (Vitec A₄, 1988). Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι σε προγενέστερες μελέτες των Lovell & Lim (1978) οι απώλειες που αναφέρθηκαν διέφεραν ανάλογα με τη μέθοδο συμπυκνοποίησης που χρησιμοποιήθηκε. Στην απλή συμπυκνοποίηση με ατμό οι απώλειες κυμάνθηκαν από 23-34%, ενώ στη συμπυκνοποίηση με εξώθηση, όπου συνήθως η υγρασία και η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερες, κυμάνθηκαν από 55-69%. Άλλες απώλειες που μπορούμε να αναφέρουμε για το L-ασκορβικό οξύ είναι αυτές που επισημαίνουν οι Hilton et al. (1977a), οι οποίες είναι της τάξης του 70%, χωρίς να διευκρινίζεται ποια μέθοδος συμπυκνοποίησης χρησιμοποιήθηκε, ποσοστό που συμφωνεί με το 66% που αναφέρεται από τους Soliman et al. (1987) για συμπυκνοποίηση εν ψυχρώ.

Οι απώλειες κατά τη διάρκεια της συντήρησης, όπως και κατά τη διάρκεια της παρασκευής της τροφής, εξαρτώνται άμεσα από την ένταση των παραγόντων που επηρεάζουν τη σταθερότητα του ασκορβικού οξέος. Οι διαφορές λοιπόν στα νούμερα των απωλειών που αναφέρονται στις διάφορες μελέτες πιθανόν να οφείλονται στις διαφορετικές πειραματικές συνθήκες. Επίσης πρέπει να διευκρινιστεί ότι τα ποσοστά των απωλειών συντήρησης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, αναφέρονται συνήθως επί της αρχικής προστιθέμενης ποσότητας της βιταμίνης και σπανιότερα, οπότε και αναφέρεται, επί της εναπομείνουσας ποσότητας μετά την παρασκευή της τροφής.

Σε πείραμα των Hilton et al. (1977a) αναφέρεται ότι αρχική προσθήκη 1280 mg L-ασκορβικού οξέος ανά kg τροφής καταστράφηκε

ολοσχερώς μετά από αποθήκευση 6 εβδομάδων σε θερμοκρασία δωματίου. Δεδομένου ότι αναφέρονται απώλειες κατά την παρασκευή της τροφής της τάξης του 70%, υπολογίζεται ότι στην πραγματικότητα η βιταμίνη που καταστράφηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης ήταν το εναπομείναν 30%, δηλαδή 380 mg βιταμίνης. Μια ιδιαίτερα εμπειριστομένη μελέτη πάνω στη σταθερότητα του ασκορβικού οξέος και των διάφορων μορφών του είναι αυτή των Soliman et al. (1987). Στο πρώτο μέρος της εργασίας μελετήθηκε η συντήρηση τροφών με κυμαινόμενες ποσότητες L-ασκορβικού οξέος (250-4000 mg/kg τροφής), σε διάφορες θερμοκρασίες (θερμοκρασία δωματίου, ψύξη και κατάψυξη). Για προστιθέμενες ποσότητες L-ασκορβικού οξέος, οι οποίες κυμαίνονταν στα πλαίσια των τιμών που συνήθως χρησιμοποιούνται στις βιομηχανικές ιχθυοτροφές (250-750 mg/kg τροφής), παρατηρήθηκε ότι η τελική συγκράτηση L-ασκορβικού οξέος μετά από 50 ημέρες συντήρησης σε θερμοκρασία δωματίου ήταν κατά μέσο όρο 8% και 12%, όταν η τροφή συσκευάστηκε σε διαφανείς και μαύρες σακούλες αντίστοιχα. Στην επόμενη μέτρηση κατά την 90^η ημέρα συντήρησης, για καμιά από τις προαναφερόμενες ποσότητες προσθήκης δεν ανιχνεύτηκε ποσότητα L-ασκορβικού οξέος. Οι ελάχιστες ποσότητες προσθήκης για τις οποίες ανιχνεύθηκε βιταμίνη την 90^η ημέρα ήταν οι ποσότητες των 1000 και 1250 mg, για τις οποίες βρέθηκε ποσοστό συγκράτησης 9% και 11% αντίστοιχα και αυτό μόνο για συσκευασία σε μαύρες σακούλες. Για όλες τις προστιθέμενες ποσότητες βιταμίνης η συντήρηση της τροφής σε συνθήκες ψύξης ή κατάψυξης οδήγησε σε σαφώς μεγαλύτερα ποσοστά συγκράτησης, τα οποία για την 182^η ημέρα συντήρησης κυμάνθηκαν από 12% έως 15% σε συνθήκες ψύξης και από 18% έως 29% σε συνθήκες κατάψυξης (για 250 mg και 1250 mg προσθήκης αντίστοιχα). Στη μελέτη αυτή αναφέρονται τα ποσοστά συγκράτησης L-ασκορβικού οξέος (επί

της αρχικής προστιθέμενης ποσότητας), μια και αυτά είναι το ζητούμενο για τον υπολογισμό της εναπομείνουσας βιταμίνης στην τροφή, η οποία και τελικά παρέχεται στο ψάρι. Κάποιες άλλες ενδιαφέρουσες αναφορές, στις οποίες όμως δεν διευκρινίζονται οι συνθήκες συντήρησης, είναι η εκτίμηση της ημίσειας ζωής του εναπομείναντος μετά την παρασκευή της τροφής L-ασκορβικού οξέος σε 2.6 μήνες (Lovell & Lim, 1978), καθώς και η εκτίμηση των απωλειών του σε μια μέση τιμή 10% ανά μήνα (Vitec A₄, 1988).

Μια βιταμίνη τόσο ευαίσθητη στο νερό είναι αναμενόμενο να έχει και μεγάλες απώλειες λόγω έκπλυσης. Για τροφή σε μέγεθος κόκκου (crumble) έχουν μετρηθεί απώλειες της τάξης του 10% για διάρκεια εμφάπτισης 10 δευτερολέπτων (Hilton et al., 1977a). Για το ίδιο χρονικό διάστημα εμφάπτισης και για μέγεθος συμπύκτων 1.2-2.4 mm, οι Slinger et al. (1979) ανέφεραν απώλειες έκπλυσης από 50-70%. Για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (0.5-3 λεπτά) και για δύο διαφορετικές θερμοκρασίες νερού (20°C και 28°C), οι απώλειες που έχουν αναφερθεί για τα 0.5 λεπτά ήταν 13% (20°C) και 15% (28°C) και για το 1 λεπτό ήταν 21% (20°C) και 29% (28°C) (Soliman et al., 1987).

Πριν αναφερθούμε στη σταθερότητα των εναλλακτικών μορφών προσθήκης του L-ασκορβικού οξέος στην τροφή, κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστεί ότι οι αναφερόμενες ως ποσότητες προσθήκης της κάθε μορφής είναι οι αντίστοιχες ισομοριακές (ισοδύναμες) ποσότητες L-ασκορβικού οξέος.

Η σταθερότητα του άλατος νατρίου του L-ασκορβικού οξέος, μελετήθηκε στο δεύτερο μέρος της εργασίας των Soliman et al. (1987), όπου συγκρίθηκε με αυτή τριών άλλων μορφών προσθήκης της βιταμίνης

C στην τροφή, του L-ασκορβικού οξέος, του επικαλυμμένου με γλυκερίδια ασκορβικού οξέος και του άλατος του βαρίου του θειικού εστέρα του ασκορβικού οξέος. Οι τέσσερις μορφές προστέθηκαν στην τροφή σε ισομοριακές ποσότητες L-ασκορβικού οξέος (1250 mg/kg τροφής) και μελετήθηκε η σταθερότητά τους μετά από συμπυκνωποίηση εν ψυχρώ και συντήρηση σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες (θερμοκρασία δωματίου σε μαύρες και διαφανείς σακούλες, ψύξη και κατάψυξη). Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το άλας νατρίου του ασκορβικού οξέος είχε μικρότερη συγκράτηση από το L-ασκορβικό οξύ μετά την παρασκευή της τροφής, καθώς και καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης, κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες και για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα έως 182 ημέρες. Κρίνεται λοιπόν ότι το άλας νατρίου του L-ασκορβικού οξέος, δεδομένου και της μικρότερης του L-ασκορβικού οξέος βιταμινικής δραστηριότητάς του, δεν αποτελεί ικανοποιητική εναλλακτική μορφή για χρήση στις ιχθυοτροφές.

Το επικαλυμμένο με αιθυλκυτταρίνη L-ασκορβικό οξύ παρουσίασε απώλειες κατά τη διάρκεια της παρασκευής της τροφής, οι οποίες κυμαίνονταν από 10-24% μετά από συμπυκνωποίηση με ατμό και 40-55% μετά από συμπυκνωποίηση με εξώθηση (Lovell & Lim, 1978). Στην ίδια εργασία οι απώλειες του L-ασκορβικού οξέος, τις οποίες έχουμε προαναφέρει, παρουσιάζονται κατά μέσο όρο 10% μεγαλύτερες, και για τις δύο μεθόδους συμπυκνωποίησης. Σε μεταγενέστερη εργασία, αυτή των Sandnes & Utne (1982), μελετήθηκαν οι απώλειες του επικαλυμμένου με κυτταρίνη L-ασκορβικού οξέος κατά τη διάρκεια παρασκευής δύο εμπορικών ιχθυοτροφών με συμπυκνωποίηση εν θερμώ (χρήση ατμού) και μιας πειραματικής τροφής με συμπυκνωποίηση εν ψυχρώ. Η μία από τις εμπορικές τροφές (Νορβηγικής προέλευσης) περιείχε σταθερή ποσότητα προσθήκης 440 mg/kg τροφής σε τρία μεγέθη τροφής, χονδρό

άλευρο, σύμπκτο των 2.4 mm και κόκκο, τα οποία παρουσίασαν απώλειες 50%, 58% και 61% αντίστοιχα. Η δεύτερη ιχθυοτροφή (Δανέζικης προέλευσης) περιείχε διαφορετικές ποσότητες προσθήκης βιταμίνης 600, 1200 και 2400 mg/kg τροφής, σε ίδιο μέγεθος συμπέκτου (3.5 mm) και παρουσίασε απώλειες 48%, 46% και 44% αντίστοιχα. Η εργαστηριακή τροφή περιείχε ποσότητα προσθήκης βιταμίνης 400 mg/kg τροφής, είχε μέγεθος συμπέκτου 2.5 mm και παρουσίασε απώλειες 23%. Κάποιες από τις αιτίες που δικαιολογούν τις μεγαλύτερες απώλειες που παρουσιάζει η Νορβηγική τροφή, πιθανόν να είναι ο μεγαλύτερος χρόνος ψύχρασης του συμπέκτου, 70 λεπτά έναντι 20 της Δανέζικης τροφής και η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρά, 18.3% έναντι των 11.3% της Δανέζικης.

Οι απώλειες συντήρησης που έχουν αναφερθεί στην προηγούμενη εργασία αφορούν μόνο τη Νορβηγική τροφή, η οποία συντηρήθηκε σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες (4°C και 20°C). Μετά από 16 εβδομάδες παραμονής της τροφής σε θερμοκρασία δωματίου (20°C), δεν είχε παραμείνει σχεδόν καθόλου βιταμίνη, ανεξάρτητα από το μέγεθος της τροφής. Μετά από 24 εβδομάδες συντήρησης της τροφής στους 4°C οι απώλειες που αναφέρθηκαν, υπολογιζόμενες επί της ποσότητας βιταμίνης που απέμεινε μετά την παρασκευή της τροφής, ήταν 35%, 27% και 45%, για μέγεθος τροφής χονδρού αλεύρου, συμπέκτου των 2.4 mm και κόκκου αντίστοιχα. Επιπρόσθετα μπορεί να αναφερθεί ότι, χωρίς να είναι γνωστές οι συνθήκες συντήρησης, η ημίσεια ζωή του επικαλυμμένου με κυτταρίνη L-ασκορβικού οξέος, υπολογίστηκε σε 2.9 μήνες, λαμβάνοντας υπ' όψη την εναπομείνουσα ποσότητα μετά την παρασκευή της τροφής (Lovell & Lim, 1978).

Το επικαλυμμένο με γλυκερίδια L-ασκορβικό οξύ φαίνεται να αποτελεί μια σταθερότερη επικαλυμμένη μορφή του L-ασκορβικού οξέος. Όσον αφορά την παρασκευή της τροφής κάποιες γενικές απώλειες που έχουν αναφερθεί κυμαίνονται από 30-50% (O'Keefe & Grant, 1991). Μία πιο ακριβής εκτίμηση έγινε στο δεύτερο μέρος της εργασίας των Soliman et al. (1987) (η οποία έχει ήδη περιγραφεί), όπου αναφέρονται απώλειες 42% τη στιγμή που για το μη επικαλυμμένο L-ασκορβικό οξύ αναφέρονται απώλειες 66%. Στην ίδια εργασία τα τελικά ποσοστά συγκράτησης, μετά από συντήρηση 50 ημερών σε θερμοκρασία δωματίου, ήταν 29% και 35% για συσκευασία σε διαφανείς και μαύρες σακούλες αντίστοιχα, ενώ η συγκράτηση του L-ασκορβικού οξέος ήταν 3% και 8% για τις ίδιες συνθήκες. Μετά από 182 ημέρες συντήρησης είχε εναπομείνει το 5% στη συσκευασία σε διαφανείς σακούλες και το 10% στη συσκευασία σε μαύρες σακούλες, τη στιγμή που το L-ασκορβικό οξύ δεν ανιχνεύθηκε ούτε στη μέτρηση της 90^{ης} ημέρας συντήρησης. Υπό συνθήκες ψύξης και κατάψυξης τα ποσοστά συγκράτησης είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερα καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι, όπως υπολογίζεται από τα αποτελέσματα της εργασίας, οι ποσοστιαίες απώλειες των δύο μορφών, για ίδιο διάστημα συντήρησης, κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα και το διαφορετικό ποσοστό συγκράτησης οφείλεται κατά κύριο λόγο στη διαφορετική εναπομείνουσα ποσότητα βιταμίνης μετά τη διαδικασία παρασκευής της τροφής. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται σε καταστροφή της επικάλυψης κατά τη διάρκεια της παρασκευής, αφήνοντας έτσι το καθαρό L-ασκορβικό οξύ εκτεθειμένο στις συνθήκες συντήρησης. Η άποψη αυτή έχει διατυπωθεί για το επικαλυμμένο με αιθυλκυτταρίνη L-ασκορβικό οξύ από τους Sandnes & Utne (1982) και Hilton et al. (1977a).

Οι πληροφορίες μας για τις άλλες μορφές επικάλυψης περιορίζονται στη μελέτη των Skelbaek et al. (1990), όπου αναφέρεται ότι η επικάλυψη με κάποιο συνθετικό πολυμερές αύξησε τη σταθερότητα του L-ασκορβικού οξέος σε σχέση με τις προαναφερόμενες μορφές επικάλυψης κυρίως κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Σε γενικές γραμμές η χρησιμοποίηση επικαλυμμένων μορφών του L-ασκορβικού οξέος, φαίνεται να αυξάνει τη σταθερότητά του, κυρίως κατά την παρασκευή της τροφής και όχι τόσο κατά τη διάρκεια της συντήρησης.

Από τους εστέρες του L-ασκορβικού οξέος αυτοί που έχουν ερευνηθεί ικανοποιητικά ως προς τη σταθερότητά τους κατά την παρασκευή και συντήρηση της τροφής, είναι ο θειικός και οι φωσφορικοί εστέρες. Ο L-ασκορβικός-2-θειικός εστέρας (L-ascorbyl-2-sulfate), είναι σταθερός κατά τη θέρμανση στον αέρα και τα υδάτινα διαλύματα. Είναι από τις πιο σταθερές εναλλακτικές μορφές του ασκορβικού οξέος και οι απώλειες που έχουν αναφερθεί κατά τη διαδικασία παρασκευής της τροφής είναι από 4-28% (Schuerp et al., 1989). Στο δεύτερο μέρος της εργασίας των Soliman et al. (1987) γίνεται φανερό ότι η μεγάλη διαφορά στη σταθερότητα της συγκεκριμένης μορφής, σε σχέση με όλες τις προαναφερόμενες, επικεντρώνεται ως επί το πλείστον κατά την παρασκευή της τροφής, όπου εμφανίζονται απώλειες της τάξης του 5% μόνο. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης οι απώλειες του θειικού ασκορβικού εστέρα, υπολογιζόμενες πάντα επί της αρχικής προσθήκης, ήταν σε γενικές γραμμές οι μισές των άλλων μορφών. Κατά τη συντήρηση της τροφής σε θερμοκρασία δωματίου τα ποσοστά συγκράτησης που μετρήθηκαν δεν διέφεραν κατά πολύ μεταξύ της διαφανής και της μαύρης συσκευασίας. Όσον αφορά τη συντήρηση σε ψύξη και κατάψυξη οι απώλειες ήταν και σ' αυτή τη μορφή σαφώς μικρότερες αυτών της συντήρησης σε θερμοκρασία δωματίου.

Οι πληροφορίες που έχουμε για τους φωσφορικούς εστέρες είναι λιγότερο συγκεκριμένες και περιορίζονται σε κάποιες γενικές αναφορές απωλειών. Μείγμα το οποίο περιέχει 1% μονο-, 3% δι- και 96% τριφωσφορικό ασκορβικό εστέρα και ονομάζεται L-ασκορβικός-2-πολυφωσφορικός εστέρας, αναφέρθηκε ότι είχε μεγαλύτερη σταθερότητα από το L-ασκορβικό οξύ στη διαδικασία παρασκευής της τροφής, κατά 4-55 φορές στους 25°C και κατά 13-100 φορές στους 40°C. Το ίδιο μείγμα σε τροφές με υψηλή υγρασία (25-30%) ήταν 16 φορές πιο σταθερό από το L-ασκορβικό οξύ σε συνθήκες παρασκευής και αποθήκευσης υπό ψύξη για 10 εβδομάδες (O'Keefe & Blake, 1991). Σε διάφορες άλλες τροφές παρουσίασε απώλειες κατά την παρασκευή 5-20% και επιπρόσθετες απώλειες 0-30% μετά από αποθήκευσή τους για 180 ημέρες (Grant et al., 1989). Τέλος, μείγμα που περιείχε 93% μονοφωσφορικό εστέρα (L-ασκορβικό-2-φωσφορικό μαγνήσιο) αναφέρθηκε ότι είχε απώλειες κατά τη διάρκεια της παρασκευής της τροφής 10-20% και μετά την αποθήκευσή της για 20 μήνες οι απώλειες σ'αυτό ήταν μόνο 30% (Shigueno & Itoh, 1988).

Οι εναλλακτικές μορφές της βιταμίνης C έχουν αναφερθεί με σειρά σταθερότητας, αρχίζοντας από την πλέον ευαίσθητη μορφή (άλας νατρίου του L-ασκορβικού οξέος) και καταλήγοντας στη φαινομενικά σταθερότερη μορφή (φωσφορικοί εστέρες του L-ασκορβικού οξέος). Το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης των εναλλακτικών μορφών είναι η σταθερότητά τους κατά τη διάρκεια παρασκευής της τροφής, καθώς εδώ εμφανίζονται υπερβολικά μεγάλες διαφορές στις απώλειες ανάλογα με την εκάστοτε χρησιμοποιούμενη μορφή, ενώ οι αντίστοιχες διαφορές κατά τη συντήρηση είναι σχετικά μικρές.

Έχοντας υπ' όψην τους παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα της βιταμίνης C, αντιλαμβάνεται κανείς ότι οι απώλειες κατά τη διάρκεια της παρασκευής της τροφής εξαρτώνται άμεσα από τη μέθοδο που ακολουθείται. Για παράδειγμα, όταν ακολουθείται η μέθοδος της συμπυκτοποίησης εν ψυχρώ, όπου η θερμοκρασία παραμένει σχετικά χαμηλή, οι απώλειες διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ αυξάνονται κατά τη συμπυκτοποίηση εν θερμώ λόγω χρήσης ατμού και μεγιστοποιούνται κατά τη συμπυκτοποίηση με εξώθηση, όπου πλέον η θερμοκρασία ανέρχεται γύρω στους 120°C. Επίσης παράλληλη αύξηση της υγρασίας στην τροφή επιφέρει ακόμη μεγαλύτερη αύξηση των απωλειών. Οι απώλειες παρασκευής της τροφής φαίνεται να επηρεάζονται και από την αρχική ποσότητα προσθήκης της βιταμίνης στην τροφή, όπου όσο αυξάνονται οι ποσότητες προσθήκης τόσο μειώνονται οι ποσοστιαίες απώλειες της βιταμίνης (Hilton et al., 1977a; Soliman et al., 1987).

Η μεγάλη ευαισθησία της βιταμίνης C επιβάλλει την ελαχιστοποίηση της διάρκειας συντήρησης και θέτει συγκεκριμένους περιοριστικούς παράγοντες που πρέπει να ακολουθηθούν. Συγκεκριμένα η τροφή πρέπει να διατηρείται στη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία, συσκευασμένη σε αεροστεγείς αδιαφανείς συσκευασίες, προστατευμένη από οξειδωτικούς παράγοντες, υγρασία και φως. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψην το γεγονός ότι οι απώλειες επηρεάζονται από το μέγεθος και το είδος της τροφής. Σε γενικές γραμμές τα μικρά μεγέθη τροφής παρουσιάζουν αυξημένες απώλειες, ενώ τα εξωθημένα σύμπηκτα παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες από τα απλά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5^{ος}

Συμπτώματα υποβιταμίνωσης υδατοδιαλυτών βιταμινών

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΥΠΟΒΙΤΑΜΙΝΩΣΗΣ
Θειαμίνη (B₁)	Ανορεξία, μειωμένη ανάπτυξη, διαταραγμένος μεταβολισμός υδατανθράκων, μυϊκή ατροφία, σπασμοί, νευρικές διαταραχές, αστάθεια και απώλεια ισορροπίας, δερματικά έλκη.
Ριβοφλαβίνη (B₂)	Μειωμένη όρεξη, μειωμένη ανάπτυξη, αιμορραγικά μάτια, θολότητα του φακού, θολή όραση, φωτοφοβία, ξηροφθαλμία, ανώμαλος χρωματισμός της ίριδας, καταρράχτης, αναιμία.
Νιασίνη (B₃)	Ανορεξία, μειωμένη ανάπτυξη, χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, σπασμωδικές κινήσεις, σπασμοί των μυών κατά την ανάπαυση, μυϊκή αδυναμία, αναιμία, πληγές στο έντερο, οίδημα στο στομάχι και το έντερο.
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	Μειωμένη ανάπτυξη, ανορεξία, υπερπλασία και συσσωμάτωση των βραγχίων, συσσώρευση βλέννας και εμφάνιση νεκρώσεων και ουλών στα βράγχια, αναιμία, υψηλή θνησιμότητα.
Πυριδοξίνη (B₆)	Ανορεξία, νευρικές διαταραχές, επιληπτικά συμπτώματα, γρήγορη και σπασμωδική αναπνοή, κάμψη των βραγχιακών επικαλυμμάτων, οίδημα στην περιτονιακή κοιλότητα με άχρωμο υδαρές υγρό, αναιμία, γρήγορη νεκρική ακαμψία, υψηλή θνησιμότητα.

Φολικό Οξύ (B₁₀)	Ανορεξία, μειωμένη ανάπτυξη, ληθαργία, σκούρος χρωματισμός του δέρματος, ευθραυστότητα των περυγίων, μακροκυτταρική αναιμία, ρήξη της σπλήνας.
Κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂)	Ανορεξία, μειωμένη ανάπτυξη, χαμηλό επίπεδο αιμογλοβίνης στο αίμα, ρήξη των ερυθροκυττάρων, μακροκυτταρική και κακοήθη αναιμία.
Καρνιτίνη (B_r)	Ληθαργία, εξάντληση, συσσώρευση λιπαρών στο συκώτι και τη σάρκα.
Ινοσιτόλη	Απώλεια όρεξης, μειωμένη ανάπτυξη, διεσταλμένο στομάχι, αύξηση του χρόνου εκκένωσης του στομάχου, έλκη στο δέρμα.
Χολίνη	Μειωμένη ανάπτυξη, χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής, διαταραγμένος μεταβολισμός λιπαρών, αύξηση του χρόνου εκκένωσης του στομάχου, αιμορραγικό νεφρό και έντερο, υψηλή θνησιμότητα.
Βιοτίνη (H)	Αρεξία, μειωμένη ανάπτυξη, πληγές στο έντερο, μυϊκή ατροφία, σπασμοί, ρήξη των ερυθροκυττάρων, αναιμία, γενική ατονία.
Λιποϊκό Οξύ	(Δεν έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα).
Παρα-Αμινοβενζοϊκό Οξύ	(Δεν έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα).

**Ασκορβικό
Οξύ (C)**

Διαταραγμένος σχηματισμός κολλαγόνου, αλλοίωση χόνδρων, σκολίωση, λόρδωση, πληγές στα μάτια, εξώφθαλμο, τύφλωση, εκτεταμένες αιμορραγίες στο δέρμα, τα περύγια και τα βράχια, αιμορραγικό συκώτι, νεφρό, έντερο και μύες, νεφρική κοκκιωμάτωση, απολέπιση, αργή επούλωση πληγών, σκούρος χρωματισμός του δέρματος, αναιμία, υψηλή θνησιμότητα.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ

ΠΙΝΑΚΕΣ

Ο ακόλουθος πίνακας δίνει την δυνατότητα σύγκρισης των βιταμινικών απαιτήσεων διαφόρων ειδών. Χαρακτηριστική είναι η έλλειψη προσδιορισμού των βιταμινικών απαιτήσεων της Γιαπωνέζικης τσιπούρας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6^{ος}

Βιταμινικές απαιτήσεις για πάχυνση

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Πέστροφα	Σολορός	Κυπρίνος	Γατόψαρο	Γιαπ/κπ Τσιπούρα
A	2000-2500	2000-2500	1000-2000	1000-2000	1000-2000
D	2400	2400	N	500-1000	;
E	30	30	80-100	30	;
K	10	10	R	R	;
Θειαμίνη (B₁)	10-12	10-15	2-3	1-3	R
Ριβοφλαβίνη (B₂)	20-30	20-25	7-10	9	R
Νιασίνη (B₃)	120-150	150-200	30-50	14	R
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	40-50	40-50	30-40	25-50	R
Πυριδοξίνη (B₆)	10-15	15-20	5-10	3	5-6
Φολικό Οξύ (B₁₀)	6-10	6-10	N	R	R
Κυανοκοβαλα- μίνη (B₁₂)	R	0.015-0.02	N	R	R
Ινοσιτόλη	200-300	300-400	200-300	R	300-900
Χολίνη	R	600-800	1500-2000	R	R
Βιοτίνη	1-1.2	1-1.5	1-1.5	R	N
Ασκορβικό Οξύ (C)	100-150	100-150	30-50	60	R

R : Απαιτείται αλλά το επίπεδο δεν είναι γνωστό.

N : Δεν έχουν αποδειχθεί απαιτήσεις.

(;): Δεν υπάρχουν στοιχεία.

Στις βιταμίνες A και D οι ποσότητες είναι εκφρασμένες σε I.U.

Πηγή : J. E. HALVER (1989)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7^{ος}

Προτάσεις διατροφικών βιταμινικών επιπέδων, τροφών
σχεδιασμένων για θαλασσινά Περκοειδή

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg ξηρής διαίτας)	Προτεινόμενο επίπεδο
A	6000
D	2500
E	200
K	10
Θειαμίνη (B₁)	20
Ριβοφλαβίνη (B₂)	20
Νιασίνη (B₃)	150
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	50
Πυριδοξίνη (B₆)	20
Φολικό Οξύ (B₁₀)	5
Κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂)	0.02
Ινοσιτόλη	600
Χολίνη	2000
Βιοτίνη (H)	1
Παρα-Αμινοβενζοϊκό Οξύ	—
Ασκορβικό Οξύ (C)	200

Στις βιταμίνες A και D οι ποσότητες είναι εκφρασμένες σε I.U.
Πηγή : M. B. NEW (1986)

Σημειώνεται ότι τα επίπεδα αυτά έχουν εξαχθεί από κάποιες εργασίες πάνω στις βιταμινικές απαιτήσεις των θαλασσιών Περκοειδών και κυρίως από επίπεδα που εφαρμόζονται σε άλλα εκτρεφόμενα είδη ψαριών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8^{ος}

Απαιτούμενα επίπεδα βιταμίνης

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg ξηρής τροφής)	Θερμά νερά	Ψυχρά νερά
A	2000-3000	2000-3000
D	2000-3000	2000-3000
E	20-40	20-40
K	5-10	5-10
Θειαμίνη (B₁)	5-10	3-5
Ριβοφλαβίνη (B₂)	5-15	5-10
Νιασίνη (B₃)	100-150	100-150
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	10-20	15-20
Πυριδοξίνη (B₆)	5-10	5-10
Φολικό Οξύ (B₁₀)	2-5	1-3
Κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂)	0.01-0.02	0.01-0.02
Ινοσιτόλη	200-400	200-300
Χολίνη	2000-3000	3000-5000
Βιοτίνη	0.5-1.0	0.3-0.5
Ασκορβικό Οξύ (C)	100-800	200-600

Στις βιταμίνες A και D οι ποσότητες είναι εκφρασμένες σε I.U.
Πηγή : TROUVIT, HENDRIX SpA, ITALY (1991)

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, οι απαιτήσεις σε βιταμίνες των ψαριών των θερμών και ψυχρών νερών δεν διαφέρουν σημαντικά. φαίνεται λοιπόν ότι οι απαιτήσεις σε βιταμίνες δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία διαβίωσης των ψαριών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9^{ος}

Συνιστώμενα διατροφικά επίπεδα βιταμινών για σαρκοφάγα
είδη ψαριών⁽¹⁾

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής) ⁽²⁾	Γόνος	Ιχθύδια	Υπομεγέθη	Αναπυσοσό- μενα	Γεννίτορες
A	3000 (6000)	2500 (5000)	2000 (4000)	1500 (3000)	3000 (6000)
D	1500 (3000)	1250 (2500)	1000 (2000)	750 (1500)	1500 (3000)
E	150 (300)	125 (250)	100 (200)	75 (150)	150 (300)
K	10 (12)	8 (10)	6 (8)	5 (6)	10 (12)
Θειαμίνη (B₁)	24 (48)	20 (40)	16 (32)	12 (24)	24 (48)
Ριβοφλαβίνη (B₂)	30 (60)	25 (50)	20 (40)	15 (30)	30 (60)
Νιασίνη (B₃)	120 (240)	100 (200)	80 (160)	60 (120)	120 (240)
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	60 (180)	50 (150)	40 (120)	30 (90)	60 (180)
Πυριδοξίνη (B₆)	24 (48)	20 (40)	16 (32)	12 (24)	24 (48)
Φολικό Οξύ (B₁₀)	6 (12)	5 (10)	4 (8)	3 (6)	6 (12)
Κυανοκοβαλα- μίνη (B₁₂)	0.03 (0.06)	0.025 (0.05)	0.02 (0.04)	0.015 (0.03)	0.03 (0.06)
Ινοσιτόλη	250 (500)	200 (400)	150 (300)	100 (200)	250 (500)
Χολίνη⁽³⁾	1500 (3000)	1250 (2500)	1000 (2000)	750 (1500)	1500 (3000)
Βιοτίνη	0.3 (0.6)	0.25 (0.5)	0.2 (0.4)	0.2 (0.4)	0.3 (0.6)
Ασκορβικό Οξύ (C)⁽³⁾	400 (1200)	333 (1000)	266 (800)	200 (600)	400 (1200)

-
- (1) Προτεινόμενα διαιτητικά επίπεδα για εντατικά συστήματα εκτροφής σε καθαρά νερά (δεξαμενές, κλωβοί, μακρόστενες δεξαμενές (raceways)).
 - (2) Ελάχιστες προτεινόμενες απαιτούμενες ποσότητες για να προληφθούν συμπτώματα έλλειψης. Οι τιμές στις παρενθέσεις υποδεικνύουν προτεινόμενες διαιτητικές ποσότητες λαμβάνοντας υπ' όψην απώλειες κατά την παρασκευή, την αποθήκευση και την έκπλυση από το νερό.
 - (3) Αυτές οι βιταμίνες πρέπει να προστίθενται ξεχωριστά στην τροφή και να μην συμπεριλαμβάνονται στα πολυβιταμινικά μείγματα. Η βιταμίνη C πρέπει να προστίθεται υπό λιπαρή επικαλυμμένη μορφή έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες από τη διαδικασία παρασκευής της τροφής και την έκπλυση.

Κατάταξη μεγέθους ψαριών : γόνος 0-0.5g, ιχθύδια 0.5-10g, υπομεγέθη 10-50g, αναπτυσσόμενα 50g+, γεννήτορες 1kg+ (ποικίλει ανάλογα με το είδος του ψαριού).

Στις βιταμίνες A και D οι ποσότητες είναι εκφρασμένες σε I.U.

Πηγή : A. G. J. Tacon, Standard Methods for the Nutrition of Farmed Fish and Shrimp; (1990) - Με την άδεια των Argent Laboratories, Inc.).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά από την εκτενή παρουσίαση όλων των βιταμινών, δικαιολογείται απόλυτα ο χαρακτηρισμός τους ως απαραίτητων διατροφικών παραγόντων για τον οργανισμό των ψαριών. Η σημαντικότητα των βιταμινών έγκειται στην πληθώρα και τη βαρύτητα των λειτουργιών που επιτελούν στον οργανισμό, την ανικανότητα του οργανισμού να τις συνθέσει και την ευαισθησία τους.

— o —

Εκτός από κάποιους γενικούς ρόλους, κοινούς για τις περισσότερες βιταμίνες (προώθηση της ανάπτυξης, διατήρηση της καλής φυσικής κατάστασης του ψαριού κ.λ.π.), η κάθε βιταμίνη επιτελεί και έναν αριθμό συγκεκριμένων λειτουργιών. Οι λειτουργίες αυτές χαρακτηρίζουν κάθε βιταμίνη, ακόμη και όταν αυτή συνεργάζεται, με μία ή περισσότερες βιταμίνες, για τη διεκπεραίωση μιας γενικότερης λειτουργίας του οργανισμού. Η κάθε βιταμίνη έχει τη δική της βαρύτητα και θα πρέπει να της δίνεται ιδιαίτερη σημασία. Για το λόγο αυτό η τροφή απαιτείται να είναι πλήρης και να περιέχει όλες τις βιταμίνες σε επαρκείς ποσότητες.

Στην προσπάθειά μας να ομαδοποιήσουμε τις βιταμίνες με βάση τις κύριες λειτουργίες του οργανισμού, στις οποίες συμβάλλει η κάθε μία, παρατηρούμε ότι η κάθε βιταμίνη συντελεί συνήθως σε περισσότερες από μία λειτουργίες.

Στο μεταβολισμό και τη σύνθεση των πρωτεϊνών και των λιπών, καθώς και στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, συμβάλλουν όλες οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Η έλλειψη έστω και μίας απ' αυτές προκαλεί σοβαρές διαταραχές στις συγκεκριμένες βασικές λειτουργίες και κατ' επέκταση στην ανάπτυξη του ψαριού.

Οι βιταμίνες C και E με την έντονη αντιοξειδωτική τους δράση είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών, στην οποία συμβάλουν επίσης και οι βιταμίνες φολικό οξύ (B_{10}), ινσιτόλη και χολίνη. Σε μια άλλη λειτουργία των κυττάρων και συγκεκριμένα στην αναπνοή, χαρακτηριστική είναι η συμβολή της θειαμίνης (B_1), της ριβοφλαβίνης (B_2) και του λιποϊκού οξέος.

Για το φυσιολογικό σχηματισμό των βασικών συστατικών του αίματος απαραίτητες είναι οι βιταμίνες C, φολικό οξύ (B_{10}) και κυανοκοβαλαμίνη (B_{12}). Για τη σωστή όμως αιματολογία του αίματος φαίνεται να συμβάλλουν και οι βιταμίνες E, K, ριβοφλαβίνη (B_2), νιασίνη (B_3), παντοθενικό οξύ (B_5), χολίνη και βιοτίνη (H), των οποίων η έλλειψη έχει αναφερθεί ότι επιφέρει και αναιμία.

Για το σχηματισμό των οστών και των χόνδρων του σκελετικού συστήματος είναι απαραίτητες οι βιταμίνες D, C και A, των οποίων η έλλειψη οδηγεί σε σοβαρές παραμορφώσεις του σκελετού.

Στην ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος συμβάλλουν οι βιταμίνες θειαμίνη (B_1), ριβοφλαβίνη (B_2), παντοθενικό οξύ (B_5), πυριδοξίνη (B_6) και χολίνη. Η έλλειψή τους επιφέρει σοβαρές νευρικές διαταραχές, εκφύλιση και δυσλειτουργία του νευρικού συστήματος, συμπτώματα τα οποία έχουν αναφερθεί και για την έλλειψη σε βιταμίνη A.

Οι βιταμίνες Α και ριβοφλαβίνη (B₂) είναι απαραίτητες για την κανονική λειτουργία του ματιού. Η έλλειψή τους, καθώς και η έλλειψη των βιταμινών C και E, επιφέρει σοβαρές διαταραχές στην όραση, οι οποίες εξελικτικά καταλήγουν σε τύφλωση.

Για τη φυσιολογική αναπνοή του ψαριού και την καλή λειτουργία των βραγχίων απαραίτητες φαίνεται να είναι οι βιταμίνες πυριδοξίνη (B₆) και παντοθενικό οξύ (B₅), καθώς η έλλειψή τους προκαλεί σοβαρές διαταραχές στις συγκεκριμένες λειτουργίες.

Για τη διατήρηση και την ενίσχυση της άμυνας του οργανισμού υπεύθυνες είναι οι βιταμίνες C, A, K, ριβοφλαβίνη (B₂) και χολίνη, των οποίων η παρουσία είναι απαραίτητη για την αποτροπή και θεραπεία μολύνσεων, τη φυσιολογική πήξη του αίματος, τη γρήγορη επούλωση των πληγών και την αποφυγή εμφάνισης αιμορραγιών.

Τέλος στην αναπαραγωγική διαδικασία καθοριστικός φαίνεται να είναι ο ρόλος των βιταμινών C, E, θειαμίνη (B₁) και φολικό οξύ (B₁₀).

Λαμβάνοντας υπ' όψη την ευαισθησία των βιταμινών μπορούμε να τις κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες, των οποίων τα όρια δεν είναι εύκολο να καθοριστούν. Κρίνοντας από τον αριθμό των παραγόντων (αυξημένη θερμοκρασία και υγρασία, έντονο φως, παρουσία οξειδωτικών παραγόντων κ.λ.π.) και το βαθμό στον οποίο επηρεάζονται απ' αυτούς, ως πολύ ευαίσθητες βιταμίνες χαρακτηρίζονται οι Α, Ε, ριβοφλαβίνη (B₂), κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂), με πλέον ευαίσθητη τη βιταμίνη C. Με το ίδιο σκεπτικό λιγότερο ευαίσθητες μπορούν να χαρακτηριστούν οι βιταμίνες Κ, θειαμίνη (B₁), παντοθενικό οξύ (B₅), πυριδοξίνη (B₆), φολικό οξύ (B₁₀) και βιοτίνη (Η). Σχετική σταθερότητα παρουσιάζουν οι βιταμίνες D, νιασίνη (B₃), ινοσιτόλη και χολίνη, στις οποίες δεν χρειάζεται να δοθεί

ιδιαίτερη προσοχή τουλάχιστον κατά τη διαδικασία παρασκευής της τροφής.

Οι βιταμίνες με βάση την παρουσία τους στις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται συνήθως στην παρασκευή των εμπορικών ιχθυοτροφών, μπορούν να διαχωριστούν σε δύο ομάδες. Οι βιταμίνες D, νιασίνη (B₃), παντοθενικό οξύ (B₅), πυριδοξίνη (B₆), κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂), ινσοιτόλη, χολίνη, βιοτίνη (H) και λιποϊκό οξύ, απαντώνται συνήθως σε αρκετές ποσότητες. Αντίθετα, οι βιταμίνες A, E, K, θειαμίνη (B₁), ριβοφλαβίνη (B₂), φολικό οξύ (B₁₀) και C, απαντώνται συνήθως σε μέτριες ποσότητες. Η παρουσία της καρνιτίνης στις συγκεκριμένες πρώτες ύλες θεωρείται ιδιαίτερα μικρή. Η ποσότητα φυσικά, με την οποία απαντώνται οι βιταμίνες στις πρώτες ύλες, εξαρτάται κυρίως από το βαθμό ευαισθησίας της κάθε βιταμίνης και τον τρόπο συντήρησης των πρώτων υλών.

Με βάση τα προαναφερόμενα απαραίτητες για τα ψάρια κρίνονται τρεις λιποδιαλυτές και δώδεκα υδατοδιαλυτές βιταμίνες. Οι σημαντικότερες από αυτές, όσον αφορά την παρασκευή ιχθυοτροφών, φαίνεται να είναι οι C, E, A, ριβοφλαβίνη (B₂), χολίνη, K, καρνιτίνη και παντοθενικό οξύ (B₅).

Η βιταμίνη C συμμετέχει σε μια πληθώρα βασικών λειτουργιών του οργανισμού και η έλλειψή της έχει σοβαρότατες επιπτώσεις. Ο βασικότερος όμως λόγος του χαρακτηρισμού της ως η σημαντικότερη βιταμίνη κατά την προσθήκη της στις ιχθυοτροφές είναι αναμφισβήτητα η μεγάλη της ευαισθησία, η οποία και επιβάλλει την εφαρμογή ιδιαίτερης προσοχής κατά τη χρήση της. Η παρουσία της στις πρώτες ύλες των εμπορικών ιχθυοτροφών δεν είναι ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις των

ψαριών και για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η συμπλήρωση της τροφής με κανή προσθήκη βιταμίνης C υπό μια σταθερή μορφή.

Η βιταμίνη E αποτελεί το σημαντικότερο φυσιολογικό αντιοξειδωτικό του οργανισμού. Η έλλειψή της προκαλεί σοβαρά προβλήματα, ενώ εξ' ίσου σοβαρά είναι και τα προβλήματα που δημιουργεί η λήψη της σε υπερβολικές ποσότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η φυσική μορφή της βιταμίνης E είναι πολύ επιρρεπής στην οξείδωση και για το λόγο αυτό θα πρέπει να προστίθεται στην τροφή με τη σταθερή συνθετική της μορφή.

Η δεύτερη σημαντική λιποδιαλυτή βιταμίνη είναι η A, η οποία έχει σημαντικότερους ρόλους και η έλλειψή της προκαλεί σοβαρές ανωμαλίες στον οργανισμό του ψαριού, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ενώ παράλληλα είναι μία από τις πλέον ευαίσθητες βιταμίνες. Παρήγορο βέβαια είναι το γεγονός της ικανοποιητικής παρουσίας της σε μερικές από τις πρώτες ύλες, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν περιπτώσεις, όπου η προσθήκη της στην τροφή κρίνεται απαραίτητη.

Η ριβοφλαβίνη (B₂) είναι ίσως η σημαντικότερη υδατοδιαλυτή βιταμίνη, από άποψη προσθήκης στην τροφή, μετά τη βιταμίνη C. Η ριβοφλαβίνη έχει χαρακτηριστική ευαισθησία στο φως και μεγάλες απώλειες κατά τη διαδικασία παρασκευής της τροφής. Κατά συνέπεια δεν θα ήταν άσκοπη η προσθήκη της στην τροφή, παρά το γεγονός ότι απαντάται σε ικανές ποσότητες σε μια πληθώρα πρώτων υλών.

Η χολίνη αν και από μερικούς ερευνητές θεωρείται απλά διατροφικός παράγοντας, έχει μεγάλη βιταμινική δραστηριότητα και προκαλεί εξ' ίσου σημαντικά συμπτώματα υποβιταμίνωσης. Συγκαταλέγεται στις μη ευαίσθητες βιταμίνες και απαντάται σε αρκετές

ποσότητες στις πρώτες ύλες. Λόγω όμως των υψηλών απαιτήσεων των ψαριών σε χολίνη, δικαιολογείται η προσθήκη της στην τροφή.

Η βιταμίνη Κ χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα σημαντική, παρ' όλο που η χρησιμότητά της φαίνεται κυρίως κατά τη διάρκεια τραυματισμών. Είναι μια από τις ευαίσθητες βιταμίνες και θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική παρουσία της στην τροφή. Παρήγορο είναι το γεγονός της ικανής περιεκτικότητά της σε μια πληθώρα πρώτων υλών.

Η καρνιτίνη είναι ουσία με έντονη καταλυτική δράση και συμμετέχει σε βασικές λειτουργίες του οργανισμού. Συντίθεται στον οργανισμό από δύο βασικά αμινοξέα, τρεις βασικές βιταμίνες και ένα μεταλλικό ιόν και γι' αυτό το λόγο η τροφή απαιτείται να περιέχει επαρκείς ποσότητες των συγκεκριμένων ουσιών. Στις συνήθεις συνθήκες καλλιέργειας, όπου η τροφή πιθανόν να μην είναι ισορροπημένη και το ψάρι συνήθως λαμβάνει μεγάλες ποσότητες λιπαρών, έχει παρατηρηθεί ότι η σύνθεσή της δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του οργανισμού. Για το λόγο αυτό συστήνεται η προσθήκη καρνιτίνης στην τροφή, ώστε να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις της έλλειψής της.

Το παντοθενικό οξύ (B_5) απαντάται σε αρκετές ποσότητες στις πρώτες ύλες και δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα ευαίσθητη βιταμίνη. Η προσθήκη της στην τροφή δικαιολογείται λόγω των μεγάλων απωλειών έκπλυσης που εμφανίζει.

Ως λιγότερο σημαντικές κατά την παρασκευή των ιχθυοτροφών θεωρούνται οι βιταμίνες πυριδοξίνη (B_6), θειαμίνη (B_1), ινσιπόλη, φολικό οξύ (B_{10}), κυανοκοβαλαμίνη (B_{12}), βιοτίνη (H) και νιασίνη (B_3). Ο χαρακτηρισμός λιγότερο σημαντικές βιταμίνες απορρέει κυρίως από τη σχετική σταθερότητά τους, την έντονη παρουσία τους στις πρώτες ύλες ή

την δυνατότητα μερικής σύνθεσής τους στον οργανισμό και σε καμία περίπτωση δεν υποδηλώνει ότι επιτελούν λιγότερο σημαντικές λειτουργίες στον οργανισμό του ψαριού.

Η πυριδοξίνη (B_6) συγκαταλέγεται στις λιγότερο σημαντικές βιταμίνες. Η έλλειψή της επιφέρει σοβαρές διαταραχές στον οργανισμό, οι οποίες φτάνουν μέχρι του σημείου της εμφάνισης υψηλής θνησιμότητας. Ο χαρακτηρισμός της ως λιγότερο σημαντική έγκειται στην παρουσία της στις πρώτες ύλες και στο γεγονός ότι δεν θεωρείται ιδιαίτερα ευαίσθητη βιταμίνη με απώλειες που παραμένουν σχετικά χαμηλές τόσο κατά τη διάρκεια της παρασκευής όσο και κατά τη διάρκεια της συντήρησης της τροφής.

Η θειαμίνη (B_1) περιέχεται σε αρκετές ποσότητες σε όλες τις φυτικές πρώτες ύλες. Σε γενικές γραμμές είναι σταθερή βιταμίνη και διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα για αρκετούς μήνες, όταν φυλάσσεται σε υδατοστεγή συσκευασία.

Η ινοσιτόλη αποτελεί δομικό συστατικό της κυτταρικής μεμβράνης και συμβάλλει σε σημαντικές λειτουργίες του οργανισμού. Τα συμπτώματα όμως που προκαλεί η έλλειψή της, δεν θεωρούνται τόσο σοβαρά, ενώ επίσης απαντάται σε όλους τους βιολογικούς ιστούς και είναι ιδιαίτερα σταθερή βιταμίνη.

Το φολικό οξύ (B_{12}) δεν θεωρείται τόσο σημαντική βιταμίνη, καθώς απαντάται σχεδόν σε όλες τις πρώτες ύλες, συντίθεται εν μέρει στον οργανισμό από εντερικά βακτήρια και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες απώλειες.

Η κυανοκοβαλαμίνη (B₁₂) είναι αρκετά ευαίσθητη βιταμίνη, αλλά απαιτείται σε ελάχιστες ποσότητες, υπάρχει δυνατότητα σύνθεσής της στον οργανισμό από εντερικά βακτήρια και απαντάται στις περισσότερες πρώτες ύλες πρωτεϊνικής φύσης.

Η βιοτίνη (H) είναι μία από τις σχετικά ευαίσθητες βιταμίνες, απαιτείται όμως σε πολύ μικρές ποσότητες και έχει αναφερθεί η δυνατότητα σύνθεσής της από εντερικά βακτήρια.

Η νιασίνη (B₃) παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των κύριων διατροφικών ουσιών (πρωτεΐνες-λιπαρά-υδατάνθρακες), αλλά εμφανίζει χαρακτηριστικά παθολογικά συμπτώματα μόνο μετά από παρατεταμένη έλλειψη. Απαντάται σε όλες τις πρώτες ύλες φυτικής και ζωικής προέλευσης, ενώ υπάρχει και δυνατότητα μερικής σύνθεσής της από την τρυπτοφάνη. Η νιασίνη είναι μία από τις σταθερότερες βιταμίνες, μια και εμφανίζει χαρακτηριστική σταθερότητα υπό αντίξοες συνθήκες.

Ως μη απαραίτητες βιταμίνες θεωρούνται οι βιταμίνες D, λιποϊκό οξύ και παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ, καθώς για καμιά από αυτές δεν έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα έλλειψης, εκτός ίσως από τη βιταμίνη D σε υπερβολικά ακραίες (πειραματικές) συνθήκες εκτροφής.

Οι βασικές λειτουργίες της βιταμίνης D (απορρόφηση ασβεστίου από το έντερο, ομοίωση ασβεστίου-φωσφόρου κ.λ.π.) φαίνεται να υποβιβάζονται στα ψάρια, λόγω της αποδεδειγμένης ικανότητας απορρόφησης των ιόντων ασβεστίου και φωσφόρου από το νερό. Συμπτώματα έλλειψης σε βιταμίνη D παρατηρήθηκαν μόνο σε ψάρια που εκτράφηκαν σε νερά χαμηλής συγκέντρωσης σε ασβέστιο και παράλληλα ταΐζονταν με δίαιτα ελλειπή σε βιταμίνη D. Απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στα ιχθυάλευρα και κυρίως στα ιχθυέλαια, ενώ παράλληλα

είναι ιδιαίτερα σταθερή βιταμίνη, οπότε στο μόνο που πρέπει να δοθεί προσοχή, είναι η περίπτωση υπερβιταμίνωσης.

Για το λιποϊκό οξύ, παρά τις λειτουργίες που φαίνεται να επιτελεί στον οργανισμό του ψαριού, δεν έχουν προσδιοριστεί διατροφικές απαιτήσεις και ουδέποτε παρατηρήθηκαν συμπτώματα έλλειψης.

Όσον αφορά το παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ, δεν έχουν αναφερθεί συγκεκριμένες λειτουργίες και συμπτώματα έλλειψης ούτε έχουν προσδιοριστεί διατροφικές απαιτήσεις.

— o —

Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες είναι οι μόνες, για τις οποίες έχει παρατηρηθεί υπερβιταμίνωση στα ψάρια. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά πρώτο λόγο στη μεγάλη συσσωρευτική ικανότητα των λιπαρών ιστών στις συγκεκριμένες βιταμίνες και κατά δεύτερο λόγο στη μεγάλη περιεκτικότητα των βασικών πρώτων υλών της τροφής σε αυτές. Ένας επιπλέον λόγος πρόκλησης υπερβιταμίνωσης είναι η συχνή προσθήκη τους σε πλεονάζουσες ποσότητες στην τροφή, λόγω του χαμηλού κόστους των εμπορικών σκευασμάτων των λιποδιαλυτών βιταμινών. Το πλέον κοινό σύμπτωμα της υπερβιταμίνωσης σε όλες τις λιποδιαλυτές βιταμίνες είναι η τοξικότητα του συκωτιού, καθώς είναι το κύριο όργανο συσσώρευσης των βιταμινών. Θα πρέπει επίσης να υπογραμμιστεί ότι υπάρχουν περιπτώσεις, όπου έχουν αναφερθεί κάποια κοινά συμπτώματα μεταξύ της υπερβιταμίνωσης και της υποβιταμίνωσης στην ίδια βιταμίνη.

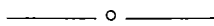
Αντίθετα με τις λιποδιαλυτές, οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες εμπεριέχονται συνήθως σε πολύ μικρότερες ποσότητες στις πρώτες ύλες των ιχθυοτροφών, είναι σε γενικές γραμμές πιο ευαίσθητες, ενώ

παράλληλα το υψηλό κόστος των εμπορικών σκευασμάτων είναι αποτρεπτικό για την προσθήκη τους σε πλεονάζουσες ποσότητες. Ακόμα όμως και στη μάλλον σπάνια περίπτωση της λήψης τους σε υπερβολικές ποσότητες, οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες μεταβολίζονται εύκολα και απεκρίνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα από τον οργανισμό, όταν λαμβάνονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που μπορούν να αποθηκευθούν στο συκώτι και τους ιστούς. Απ' όλους τους προηγούμενους λόγους πιθανόν να δικαιολογείται η απουσία αναφορών σε περιπτώσεις υπερβιταμίνωσης για οποιαδήποτε από τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες.

Η κάθε βιταμίνη, ως οργανική ουσία, φαίνεται να έχει τους ίδιους ρόλους σε όλους τους οργανισμούς. Τα συμπτώματα όμως υπο/υπερβιταμίνωσης που παρατηρούνται, πολλές φορές διαφέρουν από είδος σε είδος πιθανόν λόγω της διαφορετικής φυσιολογίας του κάθε ψαριού. Έτσι για παράδειγμα, η νεφρική κοκκιωμάτωση, πάθηση που προκαλείται από έλλειψη βιταμίνης C στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το καλκάνι (*Scophthalmus maximus*), δεν έχει παρατηρηθεί σε κανένα άλλο είδος ψαριού, τουλάχιστον με βάση τις υπάρχουσες μελέτες.

Συνήθη συμπτώματα της διαταραγμένης φυσιολογικής λειτουργίας του οργανισμού, όπως είναι η ανορεξία, η μειωμένη ανάπτυξη, η χαμηλή μετατρεψιμότητα της τροφής και η αυξημένη θνησιμότητα είναι κοινά συμπτώματα σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις έλλειψης βιταμινών. Τόσο όμως τα κοινά όσο και κάποια από τα ειδικά συμπτώματα της υπο/υπερβιταμίνωσης έχουν αναφερθεί ως συμπτώματα προκαλούμενα και από άλλα παθολογικά αίτια (μικροβιακές μολύνσεις, μυκητιάσεις, παρασιτώσεις κ.λ.π.). Κατά συνέπεια, πριν τα συμπτώματα που

παρατηρούνται αποδοθούν σε βιταμινικά αίτια, θα πρέπει να αποκλειστεί η πιθανή ύπαρξη κάποιου άλλου παθολογικού παράγοντα.



Οι βιταμίνες είναι ουσίες των οποίων η δράση στον οργανισμό του ψαριού επηρεάζεται έντονα από μια πληθώρα βιολογικών, φυσικοχημικών και άλλων παραγόντων. Η ηλικία και το βάρος του ψαριού, κάποιιοι γεννητικοί παράγοντες, η θερμοκρασία, η αλατότητα, η οξυγόνωση του νερού, διάφοροι ρυπογόνοι-τοξικοί-μολυσματικοί παράγοντες, η φωτοπερίοδος, η σύνθεση της τροφής και η διαχείριση των ψαριών είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των βιταμινών και κατ' επέκταση τις ποσοτικές απαιτήσεις του ψαριού σ' αυτές.

Με την αύξηση της ηλικίας και την παράλληλη αύξηση του βάρους του ψαριού, οι ποσοτικές απαιτήσεις σε βιταμίνες ανά μονάδα βάρους σώματος φαίνεται να μειώνονται, πιθανόν λόγω της μείωσης του μεταβολισμού και του ρυθμού ανάπτυξης και την αύξηση της αποθηκευτικής ικανότητας του ψαριού σε βιταμίνες.

Με την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού αυξάνεται ο ρυθμός του μεταβολισμού και της ανάπτυξης του ψαριού με επακόλουθη αύξηση των ποσοτικών απαιτήσεων του ψαριού σε βιταμίνες.

Η μη επαρκής οξυγόνωση του νερού είναι σοβαρός παράγοντας που προκαλεί "στρες", διαταράσσει το μεταβολισμό του ψαριού και συνεπώς αυξάνει τις απαιτήσεις του σε βιταμίνες.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού από την αύξηση ρυπογόνων, τοξικών ή μολυσματικών παραγόντων προκαλεί κατ' αρχάς

"στρες" και αυξάνει τις απαιτήσεις του ψαριού, τουλάχιστον σε ορισμένες βιταμίνες, ιδιαίτερα αυτές που απαιτούνται για την άμυνα του οργανισμού.

Ένας άλλος παράγοντας που προκαλεί "στρες" στα ψάρια, με επακόλουθη αύξηση των απαιτήσεών τους σε βιταμίνες, είναι οι διάφοροι χειρισμοί (αλλαγή δικτυών, μεταφορές κ.λ.π.) κατά τη διάρκεια της εκτροφής.

Επίσης η σύνθεση της τροφής επηρεάζει τις απαιτήσεις του ψαριού σε βιταμίνες και ιδιαίτερα σε εκείνες που παίζουν βασικό ρόλο στο μεταβολισμό διαφόρων διατροφικών ουσιών.

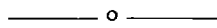
Οι συνδυασμοί της ταυτόχρονης μεταβολής έστω και δύο μόνο από τους προαναφερόμενους παράγοντες, είναι επόμενο να δημιουργούν ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών συνθηκών σε κάθε περίπτωση. Τα πειράματα που πραγματοποιούνται για τον προσδιορισμό των βιταμινικών απαιτήσεων των ψαριών, συνήθως διεξάγονται με τέσσερις μεταβλητούς παράγοντες (ηλικία, θερμοκρασία, αλατότητα και σύνθεση της τροφής), των οποίων οι διαφορετικοί συνδυασμοί που χρησιμοποιούνται δυσχεραίνουν κατά πολύ την εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων. Από την άλλη πλευρά, ο ελάχιστος αριθμός πειραμάτων, στα οποία έχουν συμπεριληφθεί οι υπόλοιποι παράγοντες, δεν επιτρέπει τη σαφή γνώση της επιρροής τους στη διαμόρφωση των ποσοτικών απαιτήσεων του ψαριού σε βιταμίνες. Ακόμη όμως και για τους τέσσερις παράγοντες που συνήθως μεταβάλλονται, η μεταβολή είναι περιορισμένου εύρους. Τα πειράματα αυτά διεξάγονται συνήθως με ψάρια μικρής ηλικίας, σε θερμοκρασίες κοντά στη θερμοκρασία δωματίου και σε αλατότητες παραπλήσιες του θαλασσινού νερού. Για μεγαλύτερα ψάρια,

διαφορετικές θερμοκρασίες και αλατότητες τα στοιχεία είναι ελάχιστα ή και ανύπαρκτα.

Ο συνήθης τρόπος με τον οποίο εκφράζονται οι ποσοτικές απαιτήσεις των ψαριών σε βιταμίνες, είναι ποσότητα βιταμίνης ανά κιλό παρεχόμενης τροφής. Ο συγκεκριμένος τρόπος έκφρασης των απαιτήσεων φαίνεται να είναι κατάλληλος για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών των ψαριών σε βιταμίνες, καθώς η απαιτούμενη ποσότητα της παρεχόμενης τροφής μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο μεταβολής των βιταμινικών απαιτήσεων υπό την επίδραση των βασικών παραγόντων ηλικία και θερμοκρασία. Διατηρώντας λοιπόν σταθερή την περιεκτικότητα της τροφής σε βιταμίνες, όταν καλύπτονται οι εκάστοτε απαιτήσεις των ψαριών σε τροφή, όπως αυτές καθορίζονται από τους συγκεκριμένους παράγοντες, καλύπτονται παράλληλα και οι αντίστοιχες βιταμινικές απαιτήσεις. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου αυτός ο τρόπος έκφρασης των απαιτήσεων κρίνεται μη ικανοποιητικός. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου μειώνονται κατά πολύ οι απαιτήσεις του ψαριού σε τροφή, λόγω της πολύ μικρής ποσότητας τροφής που λαμβάνει το ψάρι, πιθανό να μην παρέχεται αρκετή ποσότητα βιταμινών για την κάλυψη του ελάχιστου απαιτούμενου επιπέδου, οπότε και κρίνεται σκόπιμη η προσθήκη επιπλέον ποσότητας βιταμινών στην τροφή. Η ύπαρξη αυτών των περιπτώσεων πιθανό να δικαιολογεί την έκφραση των απαιτήσεων ως ποσότητα βιταμίνης ανά κιλό ζώντος βάρους σώματος ψαριού, τρόπος έκφρασης που χρησιμοποιείται από ορισμένους ερευνητές.

Οι ποσότητες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, ως απαραίτητες για την κάλυψη των απαιτήσεων των ψαριών σε βιταμίνες, είναι συνήθως ποσότητες ικανές να εξασφαλίσουν φυσιολογική ανάπτυξη με δεδομένη

την απουσία συμπτωμάτων έλλειψης. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου γίνεται αναφορά είτε στην ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα βιταμίνης, κάτω από την οποία εμφανίζονται χαρακτηριστικά συμπτώματα έλλειψης, είτε στη μέγιστη ποσότητα πάνω από την οποία δεν παρατηρείται περαιτέρω αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης. Τέλος υπάρχουν εργασίες, στις οποίες γίνεται ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και οι ποσότητες που αναφέρονται είτε είναι μέσος όρος των ποσοτήτων που έχουν ανακοινωθεί σε διάφορα πειράματα είτε ακόμη είναι κατ' εκτίμηση ποσότητες, οι οποίες λαμβάνουν υπ' όψη και κάποιες πιθανές απώλειες.



Οι βιταμίνες είναι από τις πλέον ευαίσθητες διατροφικές ουσίες. Επηρεάζονται από μια πληθώρα φυσικοχημικών παραγόντων, όπως είναι η υψηλή θερμοκρασία, η υγρασία, το φως, διάφοροι οξειδωτικοί παράγοντες, κάποια ιχνοστοιχεία, το όξινο ή βασικό περιβάλλον και η παρουσία αντιβιταμινικών παραγόντων.

Χαρακτηριστικοί οξειδωτικοί παράγοντες είναι τα οξειδωμένα έλαια, το οξυγόνο, τα υπεροξειδία μετάλλων, τα μεταλλικά ιόντα (χαλκού, σιδήρου κ.λ.π.) και το υπερμαγγανικό κάλιο.

Οι αντιβιταμινικοί παράγοντες είναι ουσίες, οι οποίες άλλοτε έχουν αντίθετη δράση από κάποια συγκεκριμένη βιταμίνη στον οργανισμό του ψαριού, άλλοτε την καταστρέφουν και άλλοτε την απενεργοποιούν. Οι αντιβιταμινικοί παράγοντες που μας αφορούν, είναι κυρίως αυτοί που απαντώνται στις πρώτες ύλες παρασκευής ιχθυοτροφών. Οι γνωστότεροι απ' αυτούς είναι ο αντιβιταμινικός παράγοντας της Α (λιποοξειδάση) και της D που απαντώνται στο σογάλευρο· ο αντιβιταμινικός της Ε που

απαντάται στο σογιάλευρο και τα φασόλια· ο αντιβιταμινικός της B₁ (θειαμινάση) που απαντάται στο ωμό ψάρι, στα οστρακόδερμα, στο λιναρόσπορο κ.λ.π· ο αντιβιταμινικός της B₆ (λινατίνη) που απαντάται επίσης στο λιναρόσπορο· ο αντιβιταμινικός της B₁₂ που απαντάται στο σογιάλευρο και ο αντιβιταμινικός της βιοτίνης (αβιδίνη), ο οποίος απαντάται στο ωμό ασπράδι του αυγού. Όλοι οι προαναφερόμενοι αντιβιταμινικοί παράγοντες απενεργοποιούνται ή καταστρέφονται με τη θέρμανση.

Η χορήγηση αντιβιοτικών στο ψάρι είναι παράγοντας που επίσης επηρεάζει τόσο τη δραστηριότητα των βιταμινών όσο και την σύνθεση ορισμένων απ' αυτές, καθώς καταστρέφει μέρος της εντερικής χλωρίδας που τις συνθέτουν.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη σταθερότητα των βιταμινών είναι η αρνητική αντίδραση ορισμένων βιταμινών μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η χολίνη απενεργοποιεί κάποιες βιταμίνες, όπως είναι οι E, K και B₁, και για το λόγο αυτό συστήνεται η προσθήκη της στην τελευταία φάση της ανάμειξης των συστατικών της τροφής.

Δεδομένου της ιδιαίτερης ευαισθησίας των βιταμινών είναι αναμενόμενη η εμφάνιση σοβαρών απωλειών λόγω των αντίξωων συνθηκών κατά τη διαδικασία παρασκευής της τροφής. Συστήνεται λοιπόν η διατήρηση της υγρασίας στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα, με την προσθήκη του νερού όσο το δυνατόν αργότερα κατά τη φάση της ανάμειξης των πρώτων υλών. Επίσης η προσθήκη των βιταμινών, τουλάχιστον των πλέον ευαίσθητων, καλό είναι να γίνεται μετά τη φάση της έντονης θέρμανσης της τροφής. Πάντως η θερμοκρασία συμπυκνωποίησης θα πρέπει να διατηρείται έτσι κι αλλιώς στα

χαμηλότερα δυνατά επίπεδα, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται (απλή συμπικτοποίηση, εξώθηση, διόγκωση) και ο χρόνος παραμονής του μείγματος στην αντίστοιχη θερμοκρασία θα πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός. Σχετικά σύντομος πρέπει να είναι και ο χρόνος ψύξης και ξήρανσης του τελικού προϊόντος πριν αυτό συσκευασθεί.

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης της τροφής ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε παράγοντες, όπως η αυξημένη θερμοκρασία, η υψηλή υγρασία και το έντονο φως. Προς αποφυγή των απωλειών λόγω των συγκεκριμένων παραγόντων, η τροφή κρίνεται απαραίτητο να συσκευάζεται σε αδιαφανείς ανοιχτόχρωμες σακούλες, στεγανές στο νερό και τον αέρα. Η φύλαξη της τροφής καλό είναι να γίνεται σε χώρους θερμομονωμένους, υπό συνθήκες ψύξης ή τουλάχιστον σε θερμοκρασία δωματίου (20°C). Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, επιβάλλεται τουλάχιστον η φύλαξη της τροφής σε μέρος σκιερό, δροσερό, μακριά από υγρασία και άλλους επιβλαβείς ή καταστροφικούς παράγοντες (τροφικά, έντομα κ.λ.π.). Ανάλογα με τις συνθήκες φύλαξης, η διάρκεια συντήρησης των ιχθυοτροφών πρέπει να είναι τόσο, ώστε η εναπομείνουσα ποσότητα κάθε βιταμίνης να είναι ικανή για την κάλυψη των αναγκών του ψαριού, λαμβανομένων υπ' όψη και των απωλειών έκπλυσης. Σε γενικές γραμμές, κρίνοντας από τις απώλειες των πλέον ευαίσθητων εκ των βιταμινών (C, E, A κ.λ.π.), η διάρκεια συντήρησης της τροφής, ανεξάρτητα από τις συνθήκες φύλαξης, καλό είναι να μην υπερβαίνει τους τρεις μήνες από την ημερομηνία παρασκευής της, ενώ σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το χρονικό διάστημα της εγγύησης που δίνεται από την εταιρία παρασκευής της τροφής. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται νωπή τροφή, απαιτείται η ελαχιστοποίηση της διάρκειας συντήρησης και επιβάλλεται η φύλαξή της υπό συνθήκες ψύξης ή κατάψυξης.

Υπό συνθήκες ψύξης ή κατάψυξης πρέπει να φυλάσσονται και τα πολυβιταμινούχα μείγματα, ιδιαίτερα μετά από το άνοιγμα της συσκευασίας τους. Τα μείγματα αυτά συνήθως χρησιμοποιούνται από τους ιχθυοκαλλιεργητές περιστασιακά σε περιπτώσεις ασθενειών, παραγόντων "στρες", κακής διατροφής των ψαριών κ.λ.π., γι' αυτό πολλές φορές χρειάζεται να παραμείνουν ακρρησιμοποιήτα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Απαιτούνται λοιπόν οι κατάλληλες συνθήκες συντήρησης για τη διατήρηση της μέγιστης βιταμινικής τους δραστηριότητας. Τα μείγματα αυτά καλό είναι να μην περιέχουν χολίνη και ιχνοστοιχεία, καθώς αυτοί είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα των βιταμινών.

Ανεξάρτητα από το είδος της τροφής που χρησιμοποιείται, οι γενικοί κανόνες προστασίας των βιταμινών που διέπουν τη συντήρηση της τροφής, πρέπει να ακολουθούνται και κατά τη γενικότερη διαχείρισή της. Κάποιοι πρακτικοί κανόνες που πρέπει να επισημανθούν, είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου παραμονής της τροφής στο χώρο εκτροφής και η προφύλαξή της από αντίξοες συνθήκες. Συγκεκριμένα η ποσότητα της τροφής που ταιΐζεται θα πρέπει να μεταφέρεται σε ημερήσια βάση στο χώρο εκτροφής, έτσι ώστε να αποφεύγεται η παραμονή της για δεύτερη ημέρα στο συγκεκριμένο χώρο, όπου οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι ακατάλληλες. Η διαβροχή της τροφής λόγω κυματισμού ή αδέξιων χειρισμών, κάτι που δεν είναι σπάνιο υπό συνήθειες συνθήκες εκτροφής, θα πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται. Επίσης η παρατεταμένη έκθεση της τροφής σε έντονο ηλιακό φως, όπου εκτός των άλλων αυξάνει τη θερμοκρασία της, καλό είναι να αποφεύγεται. Η χρησιμοποίηση κάποιων αδιαφανών ανοιχτόχρωμων στεγανών δοχείων για τη φύλαξη της τροφής, τουλάχιστον μετά το άνοιγμα της συσκευασίας της, θα μπορούσε να αποτελέσει μια καλή λύση για την αποφυγή των προαναφερόμενων προβλημάτων. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να δίνεται

σε τροφή, στην οποία έχει γίνει προσθήκη αντιβίωσης και επιπλέον ποσότητας βιταμινών, οπότε εκτός των προαναφερόμενων μέτρων προφύλαξης που πρέπει να λαμβάνονται, η συγκεκριμένη τροφή θα πρέπει να χορηγείται στα ψάρια εντός ολίγων ωρών από τη στιγμή της παρασκευής της.

Υλικά όπως τα ιχθυέλαια, τα ιχθυάλευρα, το σογιάλευρο και άλλα, τα οποία αποτελούν τις πρώτες ύλες της τροφής, απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στη συντήρησή τους. Οι κανόνες που διέπουν τη συντήρησή τους είναι οι ίδιοι με αυτούς που έχουν αναφερθεί για τη συντήρηση της τροφής. Οι κατάλληλες συνθήκες συντήρησης των πρώτων υλών εξασφαλίζουν τη διατήρηση της μέγιστης δυνατής βιταμινικής δραστηριότητας των βιταμινών που εμπεριέχονται σ' αυτές. Ακόμη όμως και υπό τις καλύτερες συνθήκες συντήρησης των πρώτων υλών, δεν είναι σίγουρο ότι εξασφαλίζεται η κάλυψη των απαιτήσεων των ψαριών σε βιταμίνες, καθώς δεν πρέπει να λησμονείται η ύπαρξη απωλειών κατά την παρασκευή, συντήρηση και έκπλυση της τροφής. Γίνεται λοιπόν κατανοητή η δυσκολία του να προσδιοριστεί το κατά πόσο απαιτείται ποσότητα προσθήκης βιταμινών και το ποια ποσότητα είναι η κατάλληλη για την κάλυψη των απαιτήσεων του ψαριού σε αυτές. Μια πιθανή λύση του συγκεκριμένου προβλήματος, όχι απαραίτητα και η πιο οικονομική, είναι η προσθήκη ποσότητας βιταμινών τουλάχιστον ίσης με αυτή των απαιτήσεων του ψαριού για τις σταθερότερες βιταμίνες, ενώ για τις πλέον ευαίσθητες προτείνεται η προσθήκη ακόμη μεγαλύτερης ποσότητας.

— o —

Οι βιταμίνες είναι ίσως οι ακριβότερες διατροφικές ουσίες είναι όμως άκρως απαραίτητες και πρέπει να παρέχονται, τουλάχιστον στο χαμηλότερο επίπεδο που απαιτείται για την αποτροπή της εμφάνισης συμπτωμάτων υποβιταμίνωσης. Το χαμηλό αυτό επίπεδο είναι αυτονόητο ότι δεν εξασφαλίζει τη σωστή ανάπτυξη των ψαριών και την καλή μετατρεψιμότητα της τροφής. Κατά συνέπεια η επιλογή της παροχής του χαμηλότερου δυνατού διατροφικού επιπέδου βιταμινών, με σκοπό τη μείωση του κόστους της τροφής, φαίνεται να οδηγεί σε αύξηση του συνολικού κόστους εκτροφής, λόγω της παράτασης του κύκλου παραγωγής, της αύξησης των λειτουργικών εξόδων εκτροφής, της υποβάθμισης της ποιότητας των ψαριών και της τελικά μεγαλύτερης ποσότητας τροφής που απαιτείται. Από την άλλη πλευρά, η επιλογή της παροχής πλεονάζουσας ποσότητας βιταμινών στο ψάρι, χωρίς φυσικά να φτάνουμε σε σημεία υπερβολής, επιφέρει κορυφαία αποτελέσματα στην εκτροφή, ενδέχεται όμως να μην είναι η πλέον οικονομικά συμφέρουσα λύση, λόγω της μεγάλης αύξησης του κόστους της τροφής. Ως η πλέον ενδεδειγμένη λύση θεωρείται η επιλογή της παροχής μιας μέσης ποσότητας, η οποία συνήθως συμπίπτει με την ποσότητα που αναφέρεται ότι καλύπτει τις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών για φυσιολογική ανάπτυξη. Επίσης ο ακριβής προσδιορισμός της περιεκτικότητας των πρώτων υλών σε βιταμίνες και η μείωση στο ελάχιστο δυνατό των απωλειών παρασκευής, συντήρησης και έκπλυσης ελαττώνει κατά πολύ την απαιτούμενη ποσότητα προσθήκης, περιορίζοντας στο ελάχιστο το κόστος της τροφής.

Η δαπάνη αγοράς της τροφής αποτελεί σημαντικότατο μέρος του κόστους εκτροφής. Η επιλογή όμως μιας φθηνής τροφής, η οποία ενδέχεται να μην περιέχει ικανοποιητικές ποσότητες για κάποιες από τις βιταμίνες, αν και δεν είναι απαραίτητο να προκαλέσει χαρακτηριστικά

συμπώματα υποβιταμίνωσης, πιθανό να επιφέρει μη ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των ψαριών και τη μετατρεψιμότητα της τροφής, με επακόλουθο αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους παραγωγής. Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να οδηγήσει και η πλημελής συντήρηση κάποιας τροφής παρά την αρχική της περιεκτικότητα σε ενδεικνυόμενες ποσότητες βιταμινών. Γίνεται λοιπόν φανερή η σημαντικότητα της εξασφάλισης των καλύτερων δυνατών συνθηκών συντήρησης στην έμμεση μείωση του κόστους παραγωγής.

Οι άριστες συνθήκες συντήρησης της τροφής είναι σίγουρα η συντήρηση υπό συνθήκες κατάψυξης, μέθοδος η οποία είναι οικονομικά ασύμφορη. Η χρυσή τομή μεταξύ της καλύτερης δυνατής συντήρησης και του μικρότερου δυνατού κόστους φαίνεται να είναι η χρήση θερμομονωμένου χώρου εξοπλισμένου με σχετικά απλή κλιματιστική συσκευή για τη φύλαξη της τροφής το πολύ σε θερμοκρασία δωματίου (20°C). Υπό τις κλιματολογικές συνθήκες Μεσογειακής χώρας με έντονη ηλιοφάνεια και υψηλό μέσο όρο ετήσιας θερμοκρασίας, η επιλογή της προηγούμενης μεθόδου συντήρησης θεωρείται επιβεβλημένη, ιδιαίτερα όταν η συντήρηση πρόκειται να διαρκέσει περισσότερο από δύο μήνες. Το διάστημα αυτό είναι εφικτό, όταν ακολουθείται η τακτική της αγοράς μεγάλων ποσοτήτων τροφής, με σκοπό τη μείωση του κόστους αγοράς της.

Καταλήγοντας, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η διαχείριση των βιταμινών από οικονομικής πλευράς, είναι θέμα που περικλείει μια πληθώρα παραμέτρων, οι οποίες πρέπει να υπολογιστούν με ιδιαίτερη ακρίβεια, πριν αποφασιστεί η καταλληλότερη τακτική που πρέπει να ακολουθηθεί.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ
ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ
ΣΤΙΣ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ
ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΣ

Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται οι απαιτούμενες ποσότητες βιταμινών, οι απώλειές τους κατά τη διάρκεια παρασκευής, συντήρησης και έκπλυσης της τροφής και η προτεινόμενη ελάχιστη ποσότητα προσθήκης.

Ακολουθούν πίνακες, στους οποίους παρατίθενται οι ποσότητες βιταμινών που αναφέρονται στις εμπορικές ιχθυοτροφές από τις παρασκευάστριες εταιρίες. Τα νούμερα αυτά προέρχονται, είτε από ενημερωτικά φυλλάδια των εταιριών, είτε από τις καρτέλες που συνοδεύουν τις συσκευασίες της τροφής. Σε γενικές γραμμές τα νούμερα αυτά αναφέρονται στην ενσωμάτωση (integration) ή στην προσθήκη βιταμινών που γίνεται στην τροφή, ενώ σπάνια αναφέρονται σε ανάλυση του τελικού προϊόντος, χωρίς αυτό να διευκρινίζεται πάντα.

Ποσότητες βιταμινών στην τροφή και απώλειές τους

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Απαι/νες ⁽¹⁾ ποσότητες	Απώλειες παρασκευής	Απώλειες συντήρησης	Απώλειες έκλυσης	Προτ/μενη ⁽²⁾ ποσότητα
A	1000-2000	20%	53% ⁽⁴⁾	-	2660-5320
D	2500	-	-	-	2500
E	100	-	-	-	100
K	1	-	-	-	10
Θειαμίνη (B₁)	2	0-10%	11-12% ⁽⁵⁾	0-17%	3
Ριβοφλαβίνη (B₂)	20	26%	-	-	27
Νιασίνη (B₃)	150	20%	-	-	190
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	50	10%	-	5-20%	70
Πυριδοξίνη (B₆)	5-6	7 - 10% ⁽⁶⁾		3-13%	8
Φολικό Οξύ (B₁₀)	5	3 - 10% ⁽⁷⁾		0-27%	8
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.01-0.02	-	-	-	0.02
Ινσοπτόλη	600	-	-	-	600
Χολίνη	2000	-	-	-	2000
Βιοτίνη	1	-	-	-	1
Καρνιτίνη	150	-	-	-	150
Ασκορβικό Οξύ (C)⁽³⁾	200	20%	30% ⁽⁸⁾	10%	400

-
- (¹) Απαραίτητες ποσότητες βιταμινών που πρέπει να λαμβάνει το ψάρι.
 - (²) Ελάχιστη προτεινόμενη ποσότητα προσθήκης βιταμινών στην τροφή, λαμβάνοντας υπ' όψιν και όλες τις πιθανές απώλειες (για όποιες βιταμίνες είναι αυτές γνωστές), θεωρώντας αμελητέες τις ποσότητες που πιθανόν να περιέχονται στις πρώτες ύλες.
 - (³) Ως μορφή της βιταμίνης C θεωρείται ο πολυφωσφορικός εστέρας, ο οποίος είναι από τις σταθερότερες μορφές.
 - (⁴) Συντήρηση για 6 μήνες σε θερμοκρασία δωματίου (20°C).
 - (⁵) Συντήρηση για 7 μήνες σε θερμοκρασία δωματίου (20°C).
 - (⁶) Απώλειες παρασκευής και συντήρησης για 10 μήνες.
 - (⁷) Απώλειες παρασκευής και συντήρησης χωρίς να διευκρινίζεται η διάρκεια συντήρησης.
 - (⁸) Συντήρηση για 6 μήνες.

Για όλους τους ακόλουθους πίνακες πρέπει να σημειωθούν τα εξής

- α) Η πρώτη στήλη του κάθε πίνακα είναι η στήλη που έχει προαναφερθεί, στην οποία αναφέρονται οι ελάχιστες προτεινόμενες ποσότητες προσθήκης με σκοπό την ύπαρξη κάποιου σημείου αναφοράς.
- β) Το σύμβολο (+) υποδηλώνει την προσθήκη της συγκεκριμένης ουσίας σε ποσότητα που δεν ανακοινώνεται.
- γ) Στις τροφές για τις οποίες υπάρχουν σαφή στοιχεία ότι οι ποσότητες αποτελούν ενσωμάτωση (integration) ή προσθήκη στο αρχικό μείγμα και όχι ανάλυση του τελικού προϊόντος, αυτό αναφέρεται.
- δ) Στις περιπτώσεις όπου τα στοιχεία προέρχονται από καρτέλες που συνοδεύουν τις συσκευασίες, επίσης αναφέρεται.
- ε) Όπου αναφέρεται ημερομηνία, υποδηλώνει την ημερομηνία που συνοδεύει τα στοιχεία που παρατίθενται. Πιθανόν τα στοιχεία αυτά να έχουν αλλάξει έκτοτε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/νπ ποσότητα	1	2	3	4	5	6
A	2700-5400	30,000	25,000	23,000	21,000	21,000	19,000
D	2,500	3,000	2,800	2,700	2,400	2,200	2,200
E	150	250	220	220	220	220	200
K	10						
Θειαμίνη (B₁)	3	25	30	20	20	20	16
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27	25	42	25	20	20	15
Νιασίνη (B₃)	190	120	120	100	90	90	70
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70	65	60	60	60	60	40
Πυριδοξίνη (B₆)	8	30	25	30	20	20	20
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8	4	4	15	4.2	3.5	3.5
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02
Ινσιπτόλη	600						
Χολίνη	2,000						
Βιοτίνη	1	0.2	0.4	0.4	0.15	0.15	0.15
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	200	200	140	100	100	100
Αντιοξει/κό		BHT	BHT	BHT	BHT	BHT	BHT

-
- 1: TROUVIT Larvit B-C (κόκκοι) (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 2: TROUVIT Marine Response 00000 (κόκκοι <0.4mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 3: TROUVIT Marine Response 0000, 000, 00, 0 (κόκκοι με αντίστοιχα μεγέθη σε mm 0.4, 0.7, 1.0, 1.4), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 4: TROUVIT Marine 1A (σύμπικτα 1.7mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 5: TROUVIT Marine 2A-2B (σύμπικτα 2.2-2.8mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 6: TROUVIT Marine 3-4 (σύμπικτα 3.5-4.8mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].

ΠΙΝΑΚΑΣ 2^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/νη Ποσότητα	7	8	9	10	11	12
A	2700-5400	30,000	25,000	25,000	21,000	21,000	20,000
D	2,500	3,000	3,000	2,700	2,500	2,400	2,000
E	150	400	350	260	250	230	200
K	10						
Θειαμίνη (B₁)	3	30	28	23	20	18	18
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27	28	27	22.5	25	19	17
Νιασίνη (B₃)	190	120	115	100	100	85	80
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70	90	80	70			
Πυριδοξίνη (B₆)	8	100	80	35			
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8	5	5	5			
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02	0.02	0.02	0.02			
Ινοσιτόλη	600				150	150	150
Χολίνη	2,000						
Βιοτίνη	1	0.3	0.3	0.3			
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	1200	1000	500	120	100	100
Αντιοξ/κό		BHT	BHT	BHT	BHT	BHT	BHT

-
- 7: TROUVIT Perla Marine Response 000000 (εξωθημένοι κόκκοι <0.2mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) .
 - 8: TROUVIT Perla Marine Response 00000, 0000, (εξωθημένοι κόκκοι με αντίστοιχα μεγέθη σε mm 0.2-0.3, 0.3-0.4), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) .
 - 9: TROUVIT Perla Marine Response 000, 00, 0, 1 (εξωθημένοι κόκκοι με αντίστοιχα μεγέθη σε mm 0.4-0.7, 0.7-1.0, 1.0-1.5, 1.5-2.0), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) .
 - 10: TROUVIT Europa Marine 1(εξωθημένα σύμπκτα), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 11: TROUVIT Europa Marine 2 (εξωθημένα σύμπκτα), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
 - 12: TROUVIT Europa Marine 3-5-7 (εξωθημένα σύμπκτα), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].

ΠΙΝΑΚΑΣ 3^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/vn Ποσότητα	13	14	15	16	17	18
A	2700-5400	21,000	33,000	30,000	22,000	11,000	20,000
D	2,500	2,500	6,000	2,400	4,000	2,000	2,000
E	150	240	24	300	16	100	100
K	10		6	12	4	17	18
Θειαρίνη (B₁)	3	27	3	10	2	44	50
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27	30	13.5	10	9	50	50
Νιασίνη (B₃)	190	135	81	40	54	+	250
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70		30	20	20	+	120
Πυριδοξίνη (B₆)	8	40	3	3	2	22	30
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8	5		1		+	10
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02	0.03	0.04		0.03	33	0.04
Ινσοπόλη	600	200					200
Χολίνη	2,000		1,500		1,000	+	2,000
Βιοτίνη	1	0.3				+	0.9
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	125				2000	600
Αντιοξ/κό		BHT	+	+	+	+	(E324) 100

-
- 13: TROUVIT Marine R (σύμπηκτα για γεννήτορες), για θαλασσινά είδη ψαριών (ενσωμάτωση) [11/93].
- 14: BRUNO DALLA GRANA Mangimi Λαβράκι (σύμπηκτα 1mm) (καρτέλα συσκευασίας) (ενσωμάτωση) [10/94].
- 15: BRUNO DALLA GRANA Mangimi (σύμπηκτα 4mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (καρτέλα συσκευασίας) (ενσωμάτωση) [4/94].
- 16: BRUNO DALLA GRANA Mangimi (σύμπηκτα 5mm), για θαλασσινά είδη ψαριών (καρτέλα συσκευασίας) (ενσωμάτωση) [10/94].
- 17: PAULS AQUACULTURE Τσιπούρα/Λαβράκι
Απογαλακτιζόμενα 0, 1 (κόκκοι 0.6-0.72, 0.72-0.85mm)
Γόνος 2 (" 0.85-1.35mm)
Ιχθύδια 3, 4, 5 (" 1.35-1.6, 1.6-2.4, 2.4-2.8mm)
Νεαρά 2, 3 (σύμπηκτα 1.5, 2.0mm)
Αναπτυσσόμενα 4, 5, 6, 7 (εξωθημένα σύμπηκτα 2.5, 3.0, 5.0, 8.0mm)
(προσθήκη)
- 18: DIBAQ - DIPROTEG. S. A. Τροφή για γόνο Τσιπούρας/Λαβρακιού (κόκκοι 0.2-0.4, 0.4-0.6, 0.6-1.0, 1.0-1.4, 1.4-1.8mm) [8/93].

ΠΙΝΑΚΑΣ 4^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/υη Ποσότητα	19	20	21	22	23	24
A	2700-5400	20,000	22,000	24,000	36,000	18,000	12,000
D	2,500	2,000	1,800	2,000	3,000	1,500	2,200
E	150	100	95	125	185	125	150
K	10	18	5.5	6	11	5	
Θειαμίνη (B₁)	3	30	15	17	23	15	
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27	30	18	20	30	19	
Νιασίνη (B₃)	190	250	150	175	300	150	
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70	83	37	43	75	38	
Πυριδοξίνη (B₆)	8	20	11	13	22	11	
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8	10	3	3.5	6	3	
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02	0.03	0.015	0.017	0.03	0.015	
Ινοσιτόλη	600	200	225	260	450	225	
Χολίνη	2,000	2,000	1,500	1,500	1,500	1,500	
Βιοτίνη	1	0.9	0.75	0.85	1.5	0.75	
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	600	150	175	300	150	400
Αντιοξ/κό		(E324) 100					

-
- 19: DIBAQ - DIPROTEG. S. A. ECOBAQ Τσιπούρα/Λαβράκι (εξωθημένα σύμπηκτα 1.9, 2.5, 3.2, 4.5, 7.0mm) [8/93].
- 20: KRONEN FISH Standard Τσιπούρα/Λαβράκι (σύμπηκτα 2, 3, 4mm) (προσθήκη).
- 21: KRONEN FISH Finisher Τσιπούρα/Λαβράκι (σύμπηκτα 2, 3, 4mm) (προσθήκη) [10/95].
- 22: KRONEN FISH Marine Starter Feed Τροφή γόνου (εξωθημένοι κόκκοι 0.2-0.6, 0.6-0.9, 1.1-1.6, 1.6-2.0mm) (προσθήκη) [10/95].
- 23: KRONEN FISH Marine Finisher Extruded Τσιπούρα/Λαβράκι (εξωθημένα σύμπηκτα 2, 3, 4, 6mm) (προσθήκη) [10/95].
- 24: SEA FARM Τσιπούρα/Λαβράκι Τροφή για γόνο (διογκωμένα ή εξωθημένα σύμπηκτα 0.2-0.5, 0.5-0.8, 0.8-1.5, 1.5-2.4mm) [5/94].

ΠΙΝΑΚΑΣ 5^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/υη Ποσότητα	25	26	27	28	29	30
A	2700-5400	12,000	23,000	25,000	30,000	30,000	30,000
D	2,500	2,200	2,500	2,500	2,000	2,000	10,000
E	150	150	100	100	75	100	100
K	10						
Θειαμίνη (B₁)	3						
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27						
Νιασίνη (B₃)	190						
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70						
Πυριδοξίνη (B₆)	8						
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8						
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02						
Ινοσιτόλη	600						
Χολίνη	2,000						
Βιοτίνη	1						
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	250					
Αντιοξ/κό							

25: SEA FARM Τσιπούρα/Λαβράκι Τροφή για ανάπτυξη
(διογκωμένα ή εξωθημένα σύμπηκτα 2, 3, 4mm) [5/94].

26: AQUALIM

Alevinage Τσιπούρα/Λαβράκι (εξωθημένοι κόκκοι
0.5, 0.8, 1.2, 1.8mm)

Sea bream 14 (σύμπηκτα 4, 5, 6mm)

Sea bass 14 (σύμπηκτα 4, 5, 6mm)

Sea bream 15 (" 1.5, 2, 3.2, 4.5, 6mm)

Sea bass 15 (" 1.5, 2, 3.2, 4.5, 6mm)

Sea bream 16 (εξωθημένα σύμπηκτα 4, 5, 7mm)

Ecolife Sea bass 17 (εξωθημένα σύμπηκτα 4, 5, 7mm)
[5/93]

27: AQUALIM Sea bass (σύμπηκτα 1.5, 2, 3.2, 4.5, 6mm)
[4/92].

28: PROVIMI Τροφή για γόνο I, II, III, IV, V (κόκκοι με
αντίστοιχα μεγέθη σε mm 0.3-0.5, 0.5-0.8, 0.8-1.2, 1.2-1.7
και σύμπηκτα 1.5mm), για θαλασσινά είδη ψαριών
[1/88].

29: PROVIMI Τροφή για ανάπτυξη VI, VII, VIII, IX
(σύμπηκτα με αντίστοιχα μεγέθη σε mm 2.2, 3.0, 4.5,
6.0mm), για θαλασσινά είδη ψαριών [1/88].

30: COPPENS INTERNATIONAL

Τροφή για γόνο (εξωθημένοι κόκκοι 0.5-0.8, 0.8-1.2,
1.2-1.5, 1.5-2.0mm), για θαλασσινά είδη ψαριών

Τροφή για ανάπτυξη (σύμπηκτα 2.2, 3.5, 5.0mm), για
θαλασσινά είδη ψαριών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/νη Ποσότητα	31	32	33	34	35	36
A	2700-5400	25,000	20,000	20,000	21,600	10,000	20,000
D	2,500	2,500	2,000	2,000	2,400	2,000	2,500
E	150	250	220	100	120	150	250
K	10						
Θειαμίνη (B₁)	3						
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27						
Νιασίνη (B₃)	190						
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70						
Πυριδοξίνη (B₆)	8						
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8						
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02						
Ινοσιτόλη	600						250
Χολίνη	2,000						2,000
Βιοτίνη	1						
Ασκορβικό Οξύ (C)	400					150	150
Αντιοξ/κό						BHT & Ethox.	BHT & BHA 125

-
- 31: FARMIX Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για γόνο - ιχθύδια (κόκκοι 0.3, 0.4mm, σύμπηκτα 1.7, 2.5mm) (καρτέλα συσκευασίας) (ενσωμάτωση) [10/94].
- 32: FARMIX Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για αναπτυσσόμενα ψάρια (σύμπηκτα 3.5, 4.5mm) (καρτέλα συσκευασίας) (ενσωμάτωση) [10/94].
- 33: ALMA Λαβράκι (καρτέλα συσκευασίας) [8/89].
- 34: SOFRADA Τσιπούρα/Λαβράκι
Τροφή για γόνο - ιχθύδια (κόκκοι 0.30-0.50, 0.50-0.60, 0.60-0.75, 0.75-1.00, 1.0-1.5, 1.5-2.0mm)
Τροφή για αναπτυσσόμενα ψάρια (σύμπηκτα 1.8, 2.6, 3.4, 4.8, 6.0mm)
[8/93]
- 35: ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΣ (σύμπηκτα N°7)
(καρτέλα συσκευασίας) [7/95].
- 36: ΖΩΟΤΕΧΝΙΚΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ Α. Ε.
Ιχθύς Α₃ Τσιπούρα/Λαβράκι (σύμπηκτα 3.2mm)
Ιχθύς Α₄ Τσιπούρα/Λαβράκι (σύμπηκτα 4.5mm)
(καρτέλα συσκευασίας) (προσθήκη) [1/95]

ΠΙΝΑΚΑΣ 7^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/νη Ποσότητα	37	38	39	40	41	42
A	2700-5400	25,000	22,000	30,000	42,000	36,000	30,000
D	2,500	2,500	2,200	3,000	2,800	2,400	2,000
E	150	450	350	400	350	300	250
K	10	25	10	30	42	36	30
Θειαμίνη (B₁)	3	40	30	60	84	72	60
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27	40	30	60	84	72	60
Νιασίνη (B₃)	190	180	120	500	630	540	450
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70	75	50	150	225	190	160
Πυριδοξίνη (B₆)	8	35	25	30	42	36	30
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8	8	5	8	14	12	10
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02	0.07	0.05	0.05	0.1	0.1	0.08
Ινοσιτόλη	600	350	350	300	140	120	100
Χολίνη	2,000	2,700	2,000	2,500	3,000	2,500	2,000
Βιοτίνη	1	1.5	1	1	0.7	0.6	0.5
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	340	250	200	280	240	200
Αντιοξει/κό		250	250	BHT & BHA	100	100	100

-
- 37: ΖΩΟΤΕΧΝΙΚΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ Α. Ε. Ιχθύς Τσιπούρα/
Λαβράκι, τροφή για ιχθύδια (σύμπλεκτα 1.6, 2.2mm)
[10/95].
- 38: ΖΩΟΤΕΧΝΙΚΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ Α. Ε. Ιχθύς Τσιπούρα/
Λαβράκι, τροφή για ανάπτυξη (σύμπλεκτα 3.3, 4.5,
6.0mm) [10/95].
- 39: ΖΩΟΤΕΧΝΙΚΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ Α. Ε. Ιχθύς Τσιπούρα/
Λαβράκι, τροφή για γεννήτορες (σύμπλεκτα 6, 8mm)
(προσθήκη) [10/95].
- 40: ΒΙΤΕΜΑ Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για γόνο
(εξωθημένοι κόκκοι 0.2-0.7, 0.7-1.2, 1.2-1.6, 1.6-2.0mm)
[11/94].
- 41: ΒΙΤΕΜΑ Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για ιχθύδια
(εξωθημένα σύμπλεκτα 2.2, 2.8mm) [11/94].
- 42: ΒΙΤΕΜΑ Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για αναπτυσσόμενα
ψάρια (εξωθημένα σύμπλεκτα 3.5, 4.7mm) [11/94].

ΠΙΝΑΚΑΣ 8^{ος}

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ (mg/kg τροφής)	Προτ/νη Ποσότητα	43	44	45	46
A	2700-5400	36,000	45,000	35,000	30,000
D	2,500	2,400	2,500	2,200	2,200
E	150	300	400	300	250
K	10	36	30	25	20
Θειαμίνη (B₁)	3	72	85	70	65
Ριβοφλαβίνη (B₂)	27	72	80	65	60
Νιασίνη (B₃)	190	540	600	500	430
Παντοθενικό Οξύ (B₅)	70	190	200	150	130
Πυριδοξίνη (B₆)	8	36	50	45	40
Φολικό Οξύ (B₁₀)	8	12	15	10	8
Κυανοκοβα- λαμίνη (B₁₂)	0.02	0.1	0.1	0.08	0.06
Ινοσιτόλη	600	120	150	140	130
Χολίνη	2,000	3,000	2,500	2,200	2,000
Βιοτίνη	1	0.6	1	0.9	0.8
Ασκορβικό Οξύ (C)	400	240	300	280	250
Αντιοξ/κό		100	++	100	100

-
- 43: VITEMA Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για γεννήτορες (εξωθημένα σύμπληκτα 6.5, 8mm) [11/94].
- 44: LAKY A. E. Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για γόνο (εξωθημένοι κόκκοι 0.3-0.5, 0.6-0.9, 1.0-1.4, 1.5-1.9mm) (προσθήκη) [10/95].
- 45: LAKY A. E. Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για ιχθύδια (εξωθημένα σύμπληκτα 1.5, 2mm) (προσθήκη) [10/95].
- 46: LAKY A. E. Τσιπούρα/Λαβράκι, τροφή για αναπτυσσόμενα ψάρια (εξωθημένα σύμπληκτα 3, 4, 5mm) (προσθήκη) [10/95].

Τα στοιχεία που γνωρίζουμε για τις ποσότητες των βιταμινών στις εμπορικές ιχθυοτροφές δεν είναι επαρκή για μια σαφή κριτική της ποιότητάς τους, καθώς περιορίζονται κυρίως στις ποσότητες προσθήκης και μας είναι άγνωστη η ποιοτική και ποσοτική σύσταση, των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, σε βιταμίνες. Σε γενικές γραμμές οι συγκεκριμένες τροφές φαίνεται να περιέχουν ικανές ποσότητες βιταμινών για την κάλυψη των απαιτήσεων των ψαριών. Για μερικές όμως από τις βιταμίνες μπορούν να επισημανθούν κάποιες αποκλίσεις από τις προτεινόμενες ποσότητες. Η βιταμίνη Α, για παράδειγμα, προστίθεται πάντα σε θεωρητικά πολλαπλάσιες ποσότητες από τις απαιτήσεις, κάτι που ισχύει συνήθως και για την θειαμίνη (Β1) και την πυριδοξίνη (Β6). Αντίθετα, η Κ, η C και η Ε δεν φαίνεται να προστίθενται πάντα σε ικανοποιητικές ποσότητες για καλή ανάπτυξη, δεδομένου της μεγάλης ευαισθησίας τους. Κάτι άλλο που μπορεί να επισημανθεί, είναι ότι η ινοσιτόλη, η οποία στα θαλασσινά σαρκοφάγα ψάρια των θερμών υδάτων φαίνεται να απαιτείται σε μεγαλύτερες ποσότητες απ' ό,τι στα άλλα είδη ψαριών, δεν φαίνεται να προστίθεται σε αρκετές ποσότητες. Είναι βέβαια σχετικά σταθερή και θεωρητικά απαντάται σε αρκετές ποσότητες στις πρώτες ύλες ζωϊκής προέλευσης.

Τέλος, σε γενικές πάντα γραμμές, πρέπει να τονισθεί ότι οι ελληνικές εταιρείες ιχθυοτροφών, λαμβάνοντας ίσως υπ' όψη τις συνθήκες εκτροφής των ψαριών και τις συνθήκες συντήρησης της τροφής στα ελληνικά ιχθυοτροφεία, καθώς και τις υψηλές θερμοκρασίες της Ελλάδας, συνήθως προσθέτουν πολλαπλάσιες ποσότητες της κάθε βιταμίνης, λαμβάνοντας υπ' όψη και όλες τις πιθανές απώλειες, ανεξάρτητα από την ποσότητα που πιθανόν να περιέχεται στις πρώτες ύλες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-
- Adams, (1973). [As Cited By Saroglia & Scarano (1989) P.40].
- Agrawal, N. K., Juneja, C. J. & Mahajan, C. L., (1978). Protective Role Of Ascorbic Acid In Fishes Exposed To Organochlorine Pollution. *Toxicology*, 11. P.369-375 [As Cited By Sandnes & Utne, (1991) P.20].
- Agren, G., (1945). *Acta Physiol. Scand.* 9, P.221-233 [As Cited By Halver (1989) P.43].
- Albreksten, S., Lie, O. & Sandnes, K., (1988). Ascorbil Palmitate As A Dietary Vitamin C Source For Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *Aquaculture* 71, P.359-368 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11].
- Alexis, M. N., Kalogeropoulos, N. & Argyropoulou, V., (1989). Ascorbic Acid Distribution In Tissues Of Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) In Relation To Dietary Levels And Feeding Period. *Proc. Third Jnt. Symp. On Feeding And Nutr. In Fish.* Toba Aug. 28-Sept. 1, Japan (1989) P.401-409.
- Alliot, E. & Pastoureaud, A., (1984). Les Besoins Alimentaires Et Leur Couverture Chez Le Bar Et La Daurade. In "*L' Aquaculture Du Bar Et Des Sparides*". (G. Barnabe & R. Billard, Eds). I.N.R.A. Publ., Paris, (1984). P.337-349.
- Aoe, H. & Masuda, J. (1967). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 33, P.674-680 [As Cited By Halver (1989) P.61].
- Aoe, H., Masuda, J., Saito, T. & Komo, A. (1968). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 34, P.959-964 [As Cited By Halver (1989) P.86].
- Arai, S., Nose, T. & Hashimoto, H. (1972). Qualitative Requirements Of Young Eels *Anguilla Japonica* For Water Soluble Vitamins And

-
- Their Deficiency Symptoms. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, Tokyo 22, P.69-83 [As Cited By Halver (1989) P.62].
- Barnett, B. J., Cho, C. Y. & Slinger, S. J., (1979). *Comp. Biochem. Physiol.* 63, P.291-297 [As Cited By Halver (1989) P.88].
- Battistella, P. A., Vergani, L. & Angelini, C., (1979). Tissue Levels Of Carnitine In Human Growth. *Perspect. Inher. Met. Dis.* 3, P.151 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1985) P.49].
- Benitez, L. V. & Halver, J. E., (1982). Ascorbic Acid Sulfate Sulfohydrolase (C₂ Sulfatase) : The Modulator Of Cellular Levels Of L-Ascorbic Acid In Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 79, P.5445-5449 [As Cited By Alexis Et Al. (1989) P.401].
- Blazer, V., (1982). Effects Of Vitamin C And E On Immune Responses In Rainbow Trout. *Doctoral Dissertation University Of Rhode Island* Kingston, R. I. P.121 [As Cited By Lovell (1984) P.203].
- Boonyaratpalin, M., Unprasert, N. & Buranapanidgit, (1989). Optimal Supplemental Vitamin C Level In Sea Bass Fingerling Diet. *Proc. Third. Int. Symp. On Feeding And Nutrition In Fish.* Toba, Japan (1989). P.149-157.
- Border, J. R., Chenier, R., Mc Menamy, R. H., La Duka, J., Seibel, R., Birkham, E. & Yu, L., (1976). Multiple System Organ Failure: Muscle Fuel Deficit With Visceral Protein Malnutrition. *Surg. Clin. N. Am.* 56, P.1147-1167 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1986B) P.178].
- Borum, P. R., (1983), Carnitine, *Ann. Rev. Nutr.* 3, P.233-259.
- Braekkan, O. R., Ingerbrigsten, O. & Myklestad, H. (1969). *Int. Z. Vitaminforsch.* 39, P.123-130 [As Cited By Halver (1989) P.84].
-

-
- Brandt, T. M., Deyoe, C. W. & Seib, P. A., (1985). Alternate Sources Of Vitamin C For Channel Catfish. *Prog. Fish Cult.* 47(1), P.55-59 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11].
- Bremer, J., (1961). Biosynthesis Of Carnitine In Vivo. *Biochim. Biophys. Acta.* 48, P.622-624 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1985) P.49].
- Bremer, Y., (1983), Carnitine. Metabolism And Functions. *Physiol. Rev.* 63, P.1420-1480 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1986B) P.178].
- Burrows, R. E., Palmer, D. D., Newman, H. W. & Azevedo, R. (1952). *U. S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep.* 86, P.1 [As Cited By Halver (1989) P.86].
- Chow, B. F., (1964). In "*Nutrition*" (Beaton, C. H. & Mc Henry, E. W., Eds), Vol 2, P.208, 219, 241, 242. Academic Press, New York. [As Cited By Halver (1989) P.67].
- Coates, J. A. & Halver, J. E., (1958). *U. S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep.* 281, P.1 [As Cited By Halver (1989) P.38,48].
- Creswell, L. A., (1993). Recommended Dietary Nutrient Levels For Carnivorous Fish Species. In "*Aquaculture Desk Reference*" (R. Leroy, Creswell, Eds). A.V.I. Book. P.110-111.
- Dabrowski, K. & Hinterleitner, S., (1989). Applications Of A Simultaneous Assay Of Ascorbic Acid, Dehydroascorbic Acid And Ascorbic Sulfate In Biological Materials. *Analyst.* 114, 83-87 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.9].
- Dabrowski, K., Et-Fiky, N., Frigg, M. & Wieser, W., (1990A). Requirement And Utilisation Of Ascorbic Acid And Ascorbic Sulfate In Juvenile Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *Aquaculture* 91, P.317-337 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
-

-
- Dam, H. & Sondergaard, E., (1964). In "Nutrition" (C. H. Beaton & E. W. Mc Henry, Eds), Vol 2, P.1, 60. Academic Press, New York. [As Cited By Halver (1989) P.85-88, 94].
- Deutsch, H. F. & Ott, G. L., (1942). *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 51, P.119-122 [As Cited By Halver (1989) P.43].
- Emaus, R. K. & Bieber, L. L., (1983). A Biosynthetic Role For Carnitine In The Yeast *Torulopsis Bovina*. *J. Biol. Chem.* 258, P.13160-13165 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1986B) P.178].
- Farooqui, A. A., (1980). 3'-Phosphoadenosine 5'-Phosphosulfate Metabolism In Mamalian Tissues. *Int. J. Biochem.* 12, P.529-536 [As Cited By Alexis Et Al. (1989) P.401].
- Fenster, R., (1989). Vitamin C In Fish Nutrition. In Animal Nutrition Events: *Roche Seminar In Vitamin Nutrition In Fish*, Trondheim, August (1987) P.1-15.
- Funk, C., (1912). *J. State Med.* 20, P.341 [As Cited By Halver (1989) P.32].
- Gallet De Saint Aurin, Raymond & Vianas (1989) [As Cited By Tacon (1992) P.26].
- George, J. C., Burnett, C. Y., Cho, C. Y. & Slinger, S. L., (1979). *J. Nutrition* 109, Xxiii (Abstract) [As Cited By Halver (1989) P.88].
- Gould, B. S., (1960). *Vitam. Horm.* 18, P.89 [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Grant, B. F., Seib, P. A., Liao, M. L. & Corpron, K. E., (1989). Polyphosphorylated L-Ascorbic Acid : A Stable Form Of Vitamin C For Aquaculture Feeds. *J. W. Aquac. Soc.* 20(3), P.143-157 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11 - O' Keefe & Grant (1991) P.4].
-

-
- Griffith, W. H. & Nye, J. F., (1954). In *"The Vitamins"* (W. H. Sebrell, Jr & R. S. Harris, Eds) P.15. Academic Press, New York [As Cited By Halver (1989) P.80].
- Guillaume, J. C., (1986). Alimentation Des Poissons Marins. I I Besoins Des Especies Mediteraneennes. Fasc. 27 P.P. [Personal Communication].
- Guillaume, J. C., (1987). Nutrition Des Poissons Marins : Donnees Et Tendances Recentes. *Oceanis* Vol 13, Fasc. 1, P.89-104.
- Halver, J. E., (1953A). *Ph. D. Thesis Univ. Washington*, Seattle, Washington [As Cited By Halver (1989) P.38, 48, 56, 59].
- Halver, J. E., (1953B). *Trans. Am. Fish Soc.* 83, P.254 [As Cited By Halver (1989) P.38, 56, 59].
- Halver, J. E., (1957). *J. Nutrition* 62, P.225 [As Cited By Halver (1989) P.45, 48, 56, 59, 68].
- Halver, J. E., (1970). In *"Marine Aquaculture"* (W. J. Mc Neil, Ed) P.75. Oregon State University Press Corvallis [As Cited By Halver (1989) P.86].
- Halver, J. E., (1972). *"Fish Nutrition"*. Academic Press N. Y., P.P.490 [As Cited By Guillaume (1987) P.95].
- Halver, J. E., (1979). Vitamin Requirements Of Finfish. In Proc. *World Symp. On Finfish Nutrition And Finfeed Tecnology*, Hamburg 20-23 June, 1978. In *"Fish Nutrition And Fish Feed Technology"*. (John E. Halver & Klaus Tiews, Eds). Vol 1, Berlin 1979.
- Halver, J. E., (1982). *Comp. Biochem. Physiol.* 73B, P.43-50 [As Cited By Halver (1985) P.418].
- Halver, J. E., (1985). Recent Advances In Vitamin Nutrition And Metabolism In Fish. In *"Nutrition And Feeding In Fish"*. P.415-429, Academic Press, London.
-

-
- Halver, J. E., (1989). The Vitamins, P.31-109. In *"Fish Nutrition 2nd Edition"*. (John E. Halver, Editor). Academic Press, Inc. London.
- Halver, J. E., Ashley, L. M. & Smith, R. R., (1969). Ascorbic Acid Requirements Of Coho Salmon And Rainbow Trout. *Trans. Am. Fish. Soc.* 98, P.762-771 [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Halver, J. E., Smith, R. R., Tolbert, B. M. & Baker, E. M., (1975). Utilization Of Ascorbic Acid In Fish. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 258, P.81-102.
- Handler, P., (1958). *Fed. Proc. Fed. Am. Soc. Exp. Biol.* 17, P.31 [As Cited By Halver (1989) P.38].
- Hardy, R. W., Halver, J. E. & Brannon, E. L., (1979). In *"Finfish Nutrition And Fish Feed Tecnology"* (J. E. Halver & K. Tiews, Eds) 1, P.253-260, Heeneman, Berlin [As Cited By Halver (1989) P.48].
- Hartman, S. H. & Buchanan, J. M., (1959). *Annu Rev. Biochem.* 28, P.365 [As Cited By Halver (1989) P.61].
- Hilton, J. W., (1984). Ascorbic Acid - Mineral Interactions In Fish. In *"Ascorbic Acid In Domestic Animal Proceedings"*. (Wegger, I., Tagwerker, F. J., Moustgaard, J., Eds). The Royal Danish Agriculture Society, Copenhagen, (1984) [As Cited By Fenster (1987) P.12].
- Hilton, J. W., Cho, C. Y. & Slinger, S. J., (1977A). Factors Affecting The Stability Of Supplemental Ascorbic Acid In Practical Trout Diets. *J. Fish. Res. Board Can.* 34, P.683-687 [As Cited By Sandnes & Utne (1982) P.42-43 - Tucker & Halver (1984) P.174 - Soliman Et Al. (1987) P.73, 79 - Saroglia & Scarano (1989) P.10].
- Hilton, J. W., Cho, C. Y. & Slinger, S. J., (1978). Effect Of Granded Levels Of Supplemental Ascorbic Acid In Practical Diets Fed To Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *J. Fish Res. Brd. Can.* 35, P.431-436 [As
-

-
- Cited By Tucker & Halver (1984) P.174, Sandnes & Utne (1991)P.13].
- Isler, O. & Wiss, O., (1959). *Vitam. Horm.* 17, P.53 [As Cited By Halver (1989) P.96].
- Jauncey & Ross (1982) [As Cited By New (1986) P.118].
- John, M. J. & Mahajan, C. L., (1979). *J. Fish. Biol.* 14,P.122-133 [As Cited By Halver (1989) P.62].
- Johnson, C. L., Hammer, D. C., Halver, J. E. & Baker, E. M., (1971). *Fed. Proc. Fed. Am. Soc. Exp. Biol.* 30, (Abstra)Ct P.1822 [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Jurss, K., (1978). *Comp. Biochem. Physiol.* 61B, P.385-389 [As Cited By Halver (1985) P.418].
- Karanikolas, K., Richards, R. H., Alexis, M., Anastassopoulou, G. & Kyriakakos, L., (1990). Pathological Alterations In Seabream (*Sparus Aurata*, L.) Due To The Lack Of Vitamin C (Ascorbic Acid). *Annals Of The Third Greek Symp. Of Oceanogr. And Fisheries.* P.692-699.
- Kashiwada, K., Kanazawa, A. & Teshima, S., (1971). *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 20, P.185-189 [As Cited By Halver (1989) P.63].
- Kashiwada, Teshima, S. & K., Kanazawa, A., (1970). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 36, P.421-424 [As Cited By Halver (1989) P.68].
- Kissil, G. Wm., (1979). Pyridoxine Requirements Of The Gilthead Bream (*Sparus Aurata*, Linnaeus) - Preliminary Results. In "*Finfish Nutrition And Fishfeed Technology*". (John E. Halver & Klaus Tiews, Eds) Berlin Vol 1 P.275-280.
- Kissil, G. Wm., (1991). Gilthead Seabream, (*Sparus Aurata*). In "*Handbook Of Nutrient Requirements Of Finfish*". (Wilson R. P., Edr). C.R.S. Press Inc. P.83-88.
-

-
- Kissil, G. Wm, Cowey, C. B., Adron, J. W. & Richards, R. H., (1981). Pyridoxine Requirements Of The Gilthead Bream (*Sparus Aurata*, Linnaeus). *Aquaculture* 23, P.243-255.
- Kitamura, S., Suwa, T., Ohara, S. & Nakagawa, (1965). Studies On Vitamin Requirements Of Rainbow Trout, (*Salmo Gairdneri*, L.). On The Ascorbic Acid. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 31, (10) : P.818-826 [As Cited By Halver (1989) P.86].
- Knappe, J., (1970). *Annu. Rev. Biochem.* 32, P.759 [As Cited By Halver (1989) P.58].
- Knox, W. E. & Goswami, M. N. D., (1961). *Adv. Clin. Chem.* 4, P.122 [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Krampitz, L. O., (1969). *Annu. Rev. Biochem.* 38, P.213 [As Cited By Halver (1989) P.38].
- Lardy, H. A. & Peanasky, R., (1953). *Physiol. Rev.* 33, P.560 [As Cited By Halver (1989) P.58].
- Lehninger, A. L., (1977). *Biochemistry* 347, P.357 [As Cited By Halver (1989) P.82, 91].
- Li, Y. & Lovell, R. T., (1985). Elevated Level Of Dietary Ascorbic Acid Increase Immune Responces In Channel Catfish. *J. Nutrition* 115, P.123-131 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.21].
- Lim, C. & Lovell, R. T., (1978). Pathology Of Vitamin C Deficiency Syndrome In Channel Catfish (*Ictalurus Punctatus*). *J. Nutr.* 108, P.1137-1146 [As Cited By Sandnes (1991) P.12].
- Limsuwan, T. & Lovell, R. T., (1981). *J. Nutrition* 111, P.2125-2132 [As Cited By Halver (1989) P.68].
- Lovelace, F. E. & Podoliak, H. A., (1952). *Prog. Fish Cult.* 14, P.154 [As Cited By Halver (1989) P.88].
-

-
- Lovell, R. T., (1984). Ascorbic Acid Metabolism In Fish. In "*Ascorbic Acid In Domestic Animals*" (Wegger, J., Tagwerker, F. J. & Maustgaard, Eds). The Royal Danish Agricultural Society. Copenhagen (1984). P.96-205.
- Lovell, R. T. & Lim, C., (1978). Vitamin C In Pond Diets For Channel Catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107, P.321-325 [As Cited By Lovell (1984) P.203].
- Maebashi, M., Kawamura, N., Sato, M., Imamura, A. & Yoshinaga, K., (1978). Lipid Lowering Effect Of Carnitine In Patients With Type-Iv Hyperlipoproteinaemia. *Lancet* 14, P.805-807 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1988) P.346].
- Mayer, F. L., Mehrle, P. M. & Crutcher, P. L., (1978). Interactions Of Toxaphenes And Vitamin C In Channel Catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107, P.326-333 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.20].
- Mc Laren, B. A., Keller, E., O' Donnell, D. J. & Elvehjem, C. A., (1947A). *Arch. Biochem. Biophys.* 15, P.169 [As Cited By Halver (1989) P.38, 56, 59].
- Mead, C. G. & Finamore, F. J., (1969). The Occurrence Of Ascorbic Acid Sulfate In Brine Shrimp. *Biochemistry* 8, P.2652-2655 [As Cited By Alexis Et Al. (1989) P.401].
- Murai & Andrews, (1975) [As Cited By Tacon (1992) P.34].
- Murai, T., Andrews, J. W. & Bauernfeind, J. C., (1978). Use Of L-Ascorbic Acid, Ethocel Coated Ascorbic Acid And Ascorbate-2-Sulfate In Diets For Channel Catfish (*Ictalurus Punctatus*). *J. Nutr.* 108, P.1761-1766 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Navarre, O. & Halver, J. E., (1989). Disease Resistance And Humoral Antibody Production In Rainbow Trout Fed High Levels Of Vitamin
-

-
- C. *Aquaculture* 79, P.207-221 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.22].
- New, M. B., (1986). Vitamins. *Aquaculture Diets Of Postlarval Marine Fish Of The Super-Family Percoidae, With Special Reference To Sea Bass, Sea Breams, Groupers And Yellowtail : A Review. Kuwait Bulletin Of Marine Science* 7, P.114-119.
- New, M. B., (1987). *Adcp/Rep/87/26 F.A.O.*, Rome [As Cited By Halver (1989) P.43].
- N.R.C. (1983). "Nutritional Requirements Of Warmwater Fishes And Shellfishes", *N.A.S./N.R.C., Academic Press, Wash. D. C.*, P.102 [As Cited By Halver (1989) P.67 - Tacon (1992) P.30-32].
- O' Keefe, T. & Grant, B. F., (1991). Stable Forms Of Vitamin C : Essentiality, Stability And Bioavailability. *A.S.A. Technical Bulletin. Vol Aq. 29* (1991), P.P.12.
- Omaye, S. T., Tillotson, J. A. & Sauberlich, H. E., (1982). Metabolism Of L-Ascorbic Acid In The Monkey. In "*Ascorbic Acid. Chemistry, Metabolism And Uses*" (P. A. Seib & B. M. Tolbert, Eds). American Chemical Society, Washington, D. C., P.317-334 [As Cited By Alexis Et Al. (1989) P.401].
- Phillips, A. M. Jr., Brockway, D. R., Bryant, M., Rodgers, E. O. & Maxwell, J. M., (1949). *Fish. Res. Bull.* 13, P.1 [As Cited By Halver (1989) P.59].
- Phillips, A. M. Jr., Podoliak, H. A., Poston, H. A. & Livingston, D. L., (1963). *Fish. Res. Bull.* 26, P.15 [As Cited By Halver (1989) P.63].
- Poston, H. A., (1968). Effects Of Massive Doses Of Vitamin D₃ On Fingerling Brook Trout. *N. Y. State Conserv. Dept. Fish Res. Bull.* 32, P.48-50 [As Cited By Halver (1979) P.52].
-

-
- Poston, H. A., (1969A). *Fish. Res. Bull.* 31, P.9 [As Cited By Halver (1989) P.56].
- Poston, H. A., (1971A). *Fish. Res. Bull.* 33, P.9 [As Cited By Halver (1989) P.92].
- Poston, H. A., (1971B). *Fish. Res. Bull.* 34, P.41-42. St. Of N. Y. Conserv. Dept., Albany N. Y. [As Cited By Halver (1985) P.427].
- Poston, H. A., Livingston, D. L., (1969). *N. Y. State Cons. Dept. Fish. Res. Bull.* 33, P.9-12 [As Cited By Halver (1989) P.86].
- Poston, H. A., Livingston, D. L., Pyle, E. A. & Phillips, A. M., (1966). *Fish Res. Bull.* 29, P.20-24 St. Of N. Y. Conserv. Dept., Albany, N. Y. [As Cited By Halver (1985) P.424 & Halver (1989) P.86].
- Robinson, E. H., Brent, J. R. & Crabtree, J. T., (1989). Aspp, An Ascorbic Acid, Resists Oxidation In *Fish Feed. Feedstuffs* 10, P.64-70 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11].
- Sandnes, K. & Utne, F., (1982). Processing Loss And Storage Stability Of Ascorbic Acid In Dry Fish Feed. *Fisk. Dir. Skr. Ser. Ernaering* Vol 2, N^o 2, P.39-44.
- Sandnes, K. & Utne, F., (1991). Vitamin C In Fish Nutrition. A Review. *Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernaering.* Vol 4, N^o 1, P.3-32.
- Sandnes, K. & Waagbo, R., (1991A). Enzymatic Hydrolysis Of Ascorbate-2-Monophosphate And Ascorbate-2-Sulfate In Vitro And Bioactivity Of Ascorbate-2-Monophosphate In Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *Fisk. Dir. Skr. Ser. Ernaering* 3, P.33-39 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11].
- Sandnes, K. & Waagbo, R., (1991B). Effects Of Dietary Vitamin C And Physical Stress On Head, Kidney And Liver Ascorbic Acid, Serum Cortisol, Glucose And Hematology In Atlantic Salmon (*Salmo*

-
- Salar). *Fisk. Dir. Skr. Ser. Emaering* 3, P.41-49 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11].
- Sandnes, K., Hansen, T., Killie, J. E. A. & Waagbo, R., (1990). Ascorbate-2-Sulfate As A Dietary Vitamin C Source For Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) : 1. Growth, Bioactivity, Haematology And Humoral Immune Response. *Fish Physiol. And Biochem.* 8 (6), P.419-427 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Sandnes, K., Oines, S., Barbard, S. & Waagbo, R., (1989). Different Sources Of Vitamin C In Feed For Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). Abstract, *The Third Intern. Symp. On Feeding And Nutr. In Fish*, Toba, Japan [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Sandnes, K., Torrissen, O. & Waagbo, R., (1991). Requirements Of Vitamin C In Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) Using Ascorbate-2-Monophosphate As Dietary Source. To Be Published [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11, 12].
- Santulli, A. & D' Amelio, V., (1985). Preliminary Data On Free Carnitine Levels In Fish Tissues (Skeletal Muscle, Heart And Plasma). *Rev. Int. Oceanogr. Med.* Tomes Lxxvii-Lxxviii, P.49-58.
- Santulli, A. & D' Amelio, V., (1986A). The Effects Of Carnitine On The Growth Of Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*, L.). *Fry. J. Fish Biol.* 28, P.81-86.
- Santulli, A. & D' Amelio, V., (1986B). Effects Of Supplemental Dietary Carnitine On Growth And Lipid Metabolism Of Hachery-Reared Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*, L.). *Aquaculture* 59, P.177-186.
- Santulli, A., Modica, A., Curatolo, A. & D' Amelio, V., (1988). Carnitine Administration To Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*, L.) During Feeding On A Fat Diet : Modification Of Plasma Lipid Levels And Lipoprotein Pattern. *Aquaculture* 68, P.345-351.
-

-
- Saroglia, M. G. & Scarano, G., (1984). The Vitamin C Requirement in The Diet Of The Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Farmed In Marine Water. *Rivista Italiana Piscicoltura Ittiopathologica* A XIX P.9-10.
- Sato, M., Yoshinaka, R. & Ikeda, S., (1978A). Dietary Ascorbic Acid Requirement Of Rainbow Trout For Growth And Collagen Formation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 44 (9), P.1029-1035 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.13].
- Schneberger, E., (1941). *Prog. Fish. Cult.* 56, P.14 [As Cited By Halver (1989) P.38].
- Schuep, W., Marmet, J. & Studer, W., (1989). Stability Of Ascorbic-2-Sulfate In Trout Feed Measured By H.P.L.C. *Aquaculture* 79, P.249-258 [As Cited By O'keefe & Grant (1991) P.4].
- Scott, M. L., (1975). Environmental Influences On Ascorbic Acid Requirements In Animals. *Annals New York Academy Of Sciences.* P.151-155.
- Shigueno, K. & Itoh, S., (1988). Use Of Mg-L-Ascorbil-2-Phosphate As Vitamin C Source In Shrimp Diets. *J. World Aquac. Soc.* 19(4), P.169-175 [As Cited By O'keefe & Grant (1991) P.5].
- Shung, A. L. & Shrago, E., (1973). A Proposed Mecanism For Fatty Acids Effects Of Energy Metabolism Of The Heart. *J. Lab. Clin. Med.* 81, P.214 [As Cited By Santulli & D' Amelio (1985) P.49].
- Siliprandi & Ramacci, (1980) [As Cited By Santulli & D' Amelio (1986B) P.178.
- Skelbaek, T., Andersen, N. G., Winning, M. & Westergaard, S., (1990). Stability In Fish Feed And Bioavailability To Rainbow Trout Of Two Ascorbic Acidw Forms. *Aquaculture* 84, P.335-343 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.7].
-

-
- Slinger, S. J., Razzaque, A. & Cho, C. Y., (1979). Effect Of Feed Processing And Leaching On The Losses Of Certain Vitamins In Fish Diets. In "*Finfish Nutrition And Feeding Tecnology*". (J. E. Halver & K. Tiews, Eds). Schr. Bundesforschungsanst Fisch. Hamb., Vol 2, P.425-434 [As Cited By Tacon (1992) P.30-31, 34].
- Smith, E. L., (1960). "*Vitamin B₁₂*", Methuen, London [As Cited By Halver (1989) P.66].
- Smith, C. E., (1968). *J. Fish. Res. Board Can.* 25, P.151-156 [As Cited By Halver (1989) P.61].
- Smith, C. E. & Halver, J. E., (1969). *J. Fish. Res. Board Can.* 26, P.111 [As Cited By Halver (1989) P.61].
- Soliman, A. K., Jauncey, K. & Roberts, R. J., (1986A). The Effect Of Varying Forms Of Dietary Ascorbic Acid On The Nutrition Of Juvenile Tilapias (*Oreochromis Niloticus*). *Aquaculture* 52, P.1-10 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10-11].
- Soliman, A. K., Jauncey, K. & Roberts, R. J., (1987). Stability Of L-Ascorbic Acid (Vitamin C) And Its Forms In Fish Feeds During Processing, Storage And Leaching. *Aquaculture* 60, P.73-83.
- Stetten, M. R. & Stetten, D. W. Jr., (1946). *J. Biol. Chem.* 164, P.85 [As Cited By Halver (1989) P.77-78].
- Takeda, T. & Yone, Y., (1971). Studies On Nutrition Of Red Sea Bream. I I Comparison Of Vitamin B₆ Requirement Level Between Fish Fed A Synthetic Diet And Fish Fed Beef Liver During Prefeeding Period. *Rept. Fish Res. Lab. Kyushu Univ.* 1, P.37-47 [As Cited By Yone (1975) P.53].
- Tacon, A. G. J., (1990). *Standard Methods For The Nutrition Of Farmed Fish And Shrimp* [As Cited By Creswell L. R. (1993) P.110].
-

-
- Tacon, A. G. J., (1992). *Nutritional Fish Pathology*. F. A. O. Technical Paper 330, Rome (1992).
- Thomas, P., (1987). Influence Of Some Environmental Variables On The Ascorbic Acid Status Mullet (*Mugil Cephalus*, L.) Tissues. I Effect Of Salinity, Capture Stress And Temperature. *J. Fish Biol.* 25, P.711-720 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.20].
- Tolbert, B. M., Downing, M., Carlson, R. W., Knight, M. K. & Baker, E. M., (1975). Chemistry And Metabolism Of Ascorbic Acid And Ascorbate Sulfate. *Ann. N. Y. Acad Sci.* 258, P.48-69 [As Cited By Alexis Et Al. (1989) P.401].
- Trouvit, Hendrix, Sp. A., Italy (1991) [Όπως Αναφέρεται Από Τον Χατζνευσταθίου (1992) P.130].
- Tsujimura, M., Fukada, T., Kasai, T. & Kitamura, S., (1981). Hydrolysis Of L-Ascorbic Acid 2-Sulfate To L-Ascorbic Acid In Freshwater Fishes. *Bull. Jpn.Soc. Sci. Fish.* 47(3), P.435 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Tsujimura, M., Yoshikawa, H., Hasegawa, T., Sujuki, T., Kasai, T., Suwa, T. & Kitamura, S., (1978). Studies On The Vitamin C Activity Of Ascorbic Acid 2-Sulfate On The Feeding Test Of Newborn Rainbow Trout. *Vitamins* (Japan) 52(1), P.35-43 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Tucker, B. W. & Halver, J. E., (1984A). Distribution Of Ascorbate-2-Sulfate And Distribution, Half-Life And Turnover Rates Of (L-¹⁴C) Ascorbic In Rainbow Trout. *J. Nutr.* 114, P.991-1000 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Tucker, B. W. & Halver, J. E., (1984B). Ascorbate-2-Sulfate Metabolism In Fish. *Nutrition Reviews*. Vol 42, N^o 5, P.173-179.
-

-
- Tucker, B. W. & Halver, J. E., (1986). Utilisation Of Ascorbate-2-Sulfate In *Fish. Physiol. Biochem.* 2, P.151-160 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.10].
- Τζάκου Πέπη, (1967). Βιταμίνες. *Διατροφή Και Υγεία*. P.135-173.
- Vagelos, P. R., (1964). *Annu. Rev. Biochem.* 33, P.139 [As Cited By Halver (1989) P.58].
- Vitec A₄-2 (1988) *Φυλλάδιο Roche* P.4.
- Vitec A₄-1 (1989) *Φυλλάδιο Roche* P.7.
- Waagbo, R., Thorsen, T. & Sandnes, K., (1989). Role Of Dietary Ascorbic Acid In Vitellogenesis In Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *Aquaculture* 80, P.301-314 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.14].
- Wagner, A. F. & Folkers, K., (1964). *Vitam. Coenzymes* 278, P.330 [As Cited By Halver (1989) P.82].
- Wahli, T., Meier, W. & Pfister, K., (1986). Ascorbic Acid Induced Immune-Mediated Decrease In Mortality In Ichthyophthirius Multifiliis Infected Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *Acta Tropica* 43, P.287-289 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.22].
- Watanabe, T., (1982). Lipid Nutrition In Fish. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol 73B, N^o 1, P.3-15.
- Watanabe, T., (1985). Importance Of The Study Of Broodstock Nutrition For Further Development Of Aquaculture. In *"Nutrition And Feeding In Fish"*. Academic Press, London, P.395-414.
- Watanabe, T., Koizumi, T., Sujuki, H., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T. & Tsukashima, Y., (1985). Improvement Of Quality Of Red Sea Bream (*Pagrus Major*) Eggs By Feeding Broodstock On A Diet Containing Cuttlefish Meal Or On Raw Krill Shortly Before Spawning. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 51(9), P.1511-1521.
-

-
- Watanabe, T., Lee, Mj., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeushi, T., Yoshida, N., Kitada, T. & Arakawa, T., (1991). Effective Components In Cuttlefish Meal And Raw Krill For Improvement Of Quality Of Red Sea Bream (*Pagrus Major*) Eggs. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57(4), P.681-694.
- Watanabe, T., Takashima, F., Ogino, C. & Hibiya, T., (1970). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 36, P.972 [As Cited By Halver (1989) P.92].
- West, E. S., Todd, W. R., Mason, H. S. & Van Brugen, J. T., (1966). "Textbook Of Biochemistry". P.734, 749, 760, 765, 778, 787, 798, 810, 816, 820, 823, 959, 1185, 1252. Mac Millan, New York [As Cited By Halver (1989) P.76-78, 80, 85, 86, 88].
- Who, (1970). *Tech. Rep. Ser.* 452, P.25 [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Wilson, R. P. & Poe, W., (1973). Impaired Collagen Formation In The Scorbutic Channel Catfish. *J. Nutr.* 103, P.1359-1364 [As Cited By Sandnes (1991) P.12].
- Wilson, R. P., Poe, W. E. & Robinson, E. H., (1989). Evaluation Of L-Ascorbil-2-Polyphosphate (Aspp) As A Dietary Ascorbic Acid Source For Channel Catfish. *Aquaculture* 81, P.129-136 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.11].
- Wise, D. J., Tomasso, J. R. & Brandt, T. M., (1988). Ascorbic Acid Inhibition Of Nitrite-Induced Methemoglobinaemia In Channel Catfish. *Prog. Fish Cult.* 50, P.77-80 [As Cited By Sandnes & Utne (1991) P.20].
- Wolbach, S. B. & Home, P. R., (1926). *Arch. Pathol.* 1, P.1 [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Wolf, L. E., (1942). *Fish. Res. Bull.* 7, P.1 [As Cited By Halver (1989) P.38].
- Wolf, L. E., (1951). *Prog. Fish. Cult.* 13, P.17 [As Cited By Halver (1989) P.56, 59].
-

-
- Wolley, D. W., (1940). *Science* 92, P.384 [As Cited By Halver (1989) P.77].
- Woodruff, C. W., (1964). In "*Nutrition*" (C. W. Beaton & E. W. Mc Henry, Eds), Vol I I, P.265. Academic Press, New York [As Cited By Halver (1989) P.71].
- Χατζνευσταθίου, Μ., (1992). *Η Σημασία Των Βιταμινών Στην Διατροφή Των Ψαριών*. Αλιευτικά Νέα, Τεύχος 129, P.130-131.
- Yone, Y., (1976). Nutritional Studies Of Red Sea Bream. Vitamins. *Proceedings Of The First International Conference On Aquaculture Nutrition*. October (1975). P.52-57.
- Yone, Y., (1976). Nutritional Studies Of Red Sea Bream. In "*Aquaculture Nutrition*". Newmark, Delaware, Univ. Of Delaware, P.39-64 [As Cited By Guillaume (1987) P.95].
- Yone, Y. & Fujii, M., (1974). Studies On Nutrition Of Red Sea Bream. X Qualitative Requirements For Water Soluble Vitamins. *Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ.* 2, P.25-32 [As Cited By Halver (1979) P.50].
- Yone, Y., Furuichi, M. & Shitanda, (1971B). Vitamin Requirements Of Red Sea Bream. I Relationship Between Inositol Requirements And Glucose Levels In The Diet. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 37, P.149-155 [As Cited By Yone (1976) P.53 & Halver (1989) P.78].
- Υδρία, Τόμος 15, (1980). Εταιρία Ελληνικών Εκδόσεων.