



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“Η χρήση των βιταμινών στη διατροφή των παραγωγικών ζώων”**

**Φοιτήτρια:** Δημητριάδου Ματένια Α.Μ. 1552-46

**Επιβλέπων καθηγητής:** Ζαραλής Κωνσταντίνος

Φλώρινα, 2024

## Δήλωση περί μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας με τίτλο «Οι χρήσεις των βιταμινών στην διατροφή των παραγωγικών ζώων» που συντάχθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας και παραδόθηκε το μήνα Σεπτέμβριο του 2024. Η αναφερόμενη εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σαφώς στη βιβλιογραφία και στο κείμενο ενώ κάθε εξωτερική βοήθεια, αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά.

ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΥ ΜΑΤΕΝΙΑ 1552-46 Υπογραφή:

Ημερομηνία:

06/9/2024

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ των προτέρων τον επιβλέπον καθηγητή μου, κ. Ζαραλή Κωνσταντίνο και το τμήμα γεωπονίας της Φλώρινας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας για τη βοήθεια που μου παρείχαν κατά την συγγραφή της εν λόγω πτυχιακής εργασίας. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης, στην οικογένεια μου και στους φίλους μου για την σημαντική ψυχική και υλική στήριξη τους κατά την φοιτητική μου περίοδο. Ακόμα, θέλω να ευχαριστήσω και τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις και τις δεξιότητες που μου έμαθαν στην διάρκεια της φοίτησης μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι βιταμίνες είναι μέρος της ομάδας των θρεπτικών συστατικών. Κάποια από αυτά είναι οι υδατάνθρακες, τα λίπη και οι πρωτεΐνες. Οι υδατάνθρακες και τα λίπη είναι πηγές ενέργειας ενώ οι πρωτεΐνες αποτελούν την μεγαλύτερη οργανική ουσία του αίματος. Οι βιταμίνες είναι οργανικές χημικές ενώσεις με μεγάλη σημαντικότητα οι οποίες χωρίζονται σε λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές. Υπάρχουν και κάποιες ενώσεις, οι προβιταμίνες, που μετατρέπονται σε βιταμίνες με χημική μεταβολή. Η ανακάλυψη τους ξεκίνησε τον 20<sup>ο</sup> αιώνα με την μεγάλη συμβολή του Funk, στην ονομασία τους. Άλλοι επιστήμονες που συνείσφεραν με τα πειράματα τους είναι οι Hopkins, Lind και Eijkmann. Αν η βιταμίνη είναι σε έλλειψη στον οργανισμό του ζώου ονομάζεται πενία και προκαλεί πολλές συνέπειες στην υγεία του ενώ αν είναι σε υπερβολική ποσότητα, τότε λέγεται υπερβιταμίνωση που εξίσου εμφανίζει προβλήματα. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατανόηση της χρήσης των βιταμινών και των αρνητικών αποτελεσμάτων που δημιουργούν οι ελλείψεις τους στα παραγωγικά ζώα.

**Λέξεις κλειδιά:** Θρεπτικά συστατικά, λιποδιαλυτές βιταμίνες, υδατοδιαλυτές βιταμίνες, προβιταμίνες, πενία, υπερβιταμίνωση, παραγωγικά ζώα



## **SUMMARY**

Vitamins are part of the nutrients group. Some of the nutrients are carbohydrates, fats and proteins. Carbohydrates and fats are energy sources and proteins are the biggest organic substance of blood. Vitamins are important organic chemical compounds that separated in fat-soluble and water-soluble. There are some other compounds, provitamins, which can behave like vitamins with some chemical change. The discovery of vitamins started in the 20th century with a big impact of Funk in their naming. Other scientists like Hopkins, Lind and Eijkmann helped too with their experiments. If a vitamin is not enough in the organism of an animal is called a deficiency and cause many consequences in its health and if it is too much, it called hypervitaminosis which is also cause problems on animals. The purpose of this thesis is to understand the use of vitamins and the negative results of each deficiency on farm animals.

**Key words:** Nutrients, fat-soluble vitamins, water-soluble vitamins, provitamins, deficiency, hypervitaminosis, farm animals

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

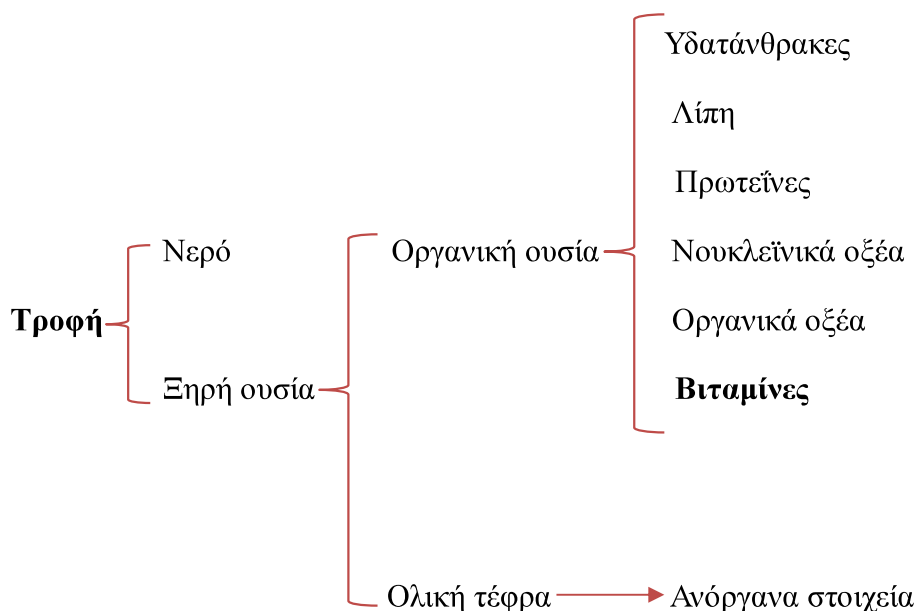
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8-10
II. ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ.....	11
1. Υδατάνθρακες, λίπη & πρωτεΐνες	
1.1. Υδατάνθρακες.....	11-12
1.2. Λίπη & λιπίδια.....	13-14
1.3. Πρωτεΐνες.....	15-16
2. Η ιστορία των βιταμινών	
2.1. Οι ανακαλύψεις των Hopkins, Lind και Eijkmann.....	17
2.2. Η ονομασία των βιταμινών.....	18
3. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες	
3.1. Βιταμίνη Α.....	19-23
3.2. Βιταμίνη D <sub>2</sub> & D <sub>3</sub> .....	24-26
3.3. Βιταμίνη Ε.....	27-30
3.4. Βιταμίνη Κ.....	31-32
4. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες	
4.1. Βιταμίνη Β <sub>1</sub> .....	33-35

4.2. Βιταμίνη Β <sub>2</sub> .....	36-38
4.3. Βιταμίνη Β <sub>6</sub> .....	39-40
4.4. Βιταμίνη Β <sub>12</sub> .....	41-43
4.5. Βιταμίνη C.....	44-45
4.6. Βιοτίνη.....	46-48
4.7. Νικοτιναμίδη.....	49-50
4.8. Παντοθενικό οξύ.....	51-52
4.9. Φυλλικό οξύ.....	53-54
4.10. Χολίνη.....	55
III. ΕΠΙΛΟΓΟΣ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	56
IV. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα βασικά συστατικά των φυτών, των ζώων και των τροφών είναι το νερό, οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι πρωτεΐνες, οι βιταμίνες, τα ανόργανα στοιχεία (π.χ. Ca, P, Na, Fe, Co, Se), τα νουκλεϊνικά και τα οργανικά οξέα. Πολλά από αυτά τα στοιχεία είναι επίσης σημαντικά να περιέχονται σε κάθε ζωοτροφή για την θρέψη των παραγωγικών ζώων και όχι μόνο. Σε αυτή τη παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναλυθεί το κομμάτι των βιταμινών οι οποίες θα αναφερθούν παρακάτω ξεχωριστά. Θα αναφερθούν επίσης οι χρήσεις αυτών στην πράξη, για τα παραγωγικά ζώα ακόμα και οι επιπτώσεις των ελλείψεων τους.

Οι βιταμίνες είναι χημικές οργανικές ενώσεις που έχουν μεγάλο και αναγκαίο ρόλο στην ανάπτυξη και συντήρηση όλων των οργανισμών, φυτικών και ζωικών. Διαχωρίζονται σε δύο μέρη, με βάση τον διαλυτή που μπορούν να διαλυθούν, στις λιποδιαλυτές και στις υδατοδιαλυτές. Δηλαδή, οι λιποδιαλυτές βιταμίνες είναι οι βιταμίνες οι οποίες μπορούν να διαλυθούν στο λίπος ενώ οι υδατοδιαλυτές είναι οι βιταμίνες που μπορούν να διαλυθούν στο νερό και οι οποίες συνήθως αποτελούν συστατικά συνενζύμων.



Σχήμα 1. Τα κυριότερα συστατικά της τροφής (Ζερβάς Γ, 2015)

Στην κατηγορία των *λιποδιαλυτών* ανήκουν οι βιταμίνες:

- A (ρετινόλη)
- D<sub>2</sub> (εργοκαλσιφερόλη)
- D<sub>3</sub> (χολοκαλσιφερόλη)
- E (τοκοφερόλες)
- K (φυλλοκινόνες)

Στην κατηγορία των *υδατοδιαλυτών* ανήκουν οι βιταμίνες:

- B<sub>1</sub> (θειαμίνη)
- B<sub>2</sub> (ριβοφλαβίνη)
- B<sub>12</sub> (κυανοκοβαλαμίνες)
- B<sub>6</sub> (πυριδοξίνη)
- C (ασκορβικό οξύ)
- Βιοτίνη
- Νικοτιναμίδη
- Παντοθενικό οξύ
- Φυλλικό οξύ
- Χολίνη

Υπάρχουν και κάποιες άλλες ενώσεις, οι οποίες λειτουργούν κανονικά ως βιταμίνες ύστερα από υποβολή σε κάποια χημική μεταβολή και ονομάζονται προβιταμίνες ή πρόδρομες ενώσεις. Τέτοιες ενώσεις είναι τα β-καροτίνια και μερικές στερόλες. Μπορεί να ειπωθεί ότι οι βιταμίνες, γενικά, βρίσκονται σε κάθε οργανισμό σε μικρότερες ποσότητες ή ότι οι ανάγκες σε αυτές είναι λιγότερες από τα άλλα αναφερόμενα διατροφικά στοιχεία. Έχουν χαρακτηριστεί όμως τελικά, το ίδιο απαραίτητες και σπουδαίες με τα υπόλοιπα θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται ένας οργανισμός.

Επίσης, είναι γνωστό ότι οι περισσότερες βιταμίνες δεν παράγονται αυτούσια από τον άνθρωπο ή από το ζώο αλλά διατίθενται κυρίως μέσω της διατροφής. Πλούσιες τροφές οπότε σε βιταμίνες για τα παραγωγικά ζώα, σε γενικό επίπεδο, είναι η χλωρά νομή, τα καλό συντηρημένα χόρτα, οι σανοί, τα ελαιούχα σπέρματα και οι πλακούντες αυτών, τα έμβρυα των δημητριακών καρπών, οι ζύμες, τα ιχθυάλευρα, τα αυγά, το ήπαρ και το μητρικό γάλα.

Αν όμως σε κάποια ζωοτροφή η ποσότητα των βιταμινών δεν είναι επαρκή, δηλαδή όσο έχει ανάγκη ο οργανισμός, τότε υπάρχει η έννοια της πενίας. Η πενία μιας ή πολλών διαφόρων βιταμινών μαζί προκαλεί αρκετά δυσάρεστα αποτελέσματα στα παραγωγικά ζώα όπως διαταραχές στον μεταβολισμό τους, ανορεξία (μείωση της όρεξης), ελάττωση ρυθμού ανάπτυξης, αναπαραγωγικής ικανότητας και παραγωγικότητας, μείωση της αντοχής στις ασθένειες και πολλά άλλα.

Το αντίθετο από την έλλειψη μιας βιταμίνης είναι η υπερβιταμίνωση, δηλαδή η υπερβολική περιεκτικότητα μια τροφής σε αυτή, που μπορεί εξίσου να προκαλέσει αρνητικά αποτελέσματα στην υγεία των ζώων. Για παράδειγμα, μεταξύ των λιποδιαλυτών βιταμινών επειδή οι μηχανισμοί αυτών είναι κοινοί, υπάρχει ανταγωνισμός και έτσι η υπερβολική χορήγηση μιας λιποδιαλυτής βιταμίνης π.χ. Α φέρει μεγαλύτερες ανάγκες στις υπόλοιπες λιποδιαλυτές βιταμίνες. (Ζερβάς Γ, 2015)

Βέβαια, μια τέτοια κατάσταση δεν μπορεί να γίνει τόσο απλά, κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Αν και υπάρχει η πιθανότητα, σε περίπτωση που αν χορηγηθεί σύνθεση πολλών βιταμινών και κατά την δημιουργία αυτής της σύνθεσης να γίνει κάποιο λάθος. Στο πρώτο, λοιπόν, κεφάλαιο της εργασίας περιγράφονται κάποια από τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, στο δεύτερο παρουσιάζεται το ιστορικό και η ανακάλυψη των βιταμινών, στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι βιταμίνες, οι λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές αντίστοιχα, και ολοκληρώνεται με τον επίλογο και τη βιβλιογραφία.

## **Κεφάλαιο 1. Υδατάνθρακες, λίπη & πρωτεΐνες**

### **1.1: Οι υδατάνθρακες**

Οι υδατάνθρακες είναι ουδέτερες χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα (C), υδρογόνο (H) και οξυγόνο (O) και έχουν τύπο  $(CH_2O)_n$ , όπου  $n \geq 3$ . Βέβαια, υπάρχουν κάποιες ενώσεις που ορίζονται ως υδατάνθρακες με τις ιδιότητες τους αλλά περιέχουν και άλλα στοιχεία όπως φώσφορο (P), άζωτο (N) ή θείο (S). Οι υδατάνθρακες ταξινομούνται σε σάκχαρα και σε μη σάκχαρα. Στα σάκχαρα ανήκουν οι μονοσακχαρίτες και οι ολιγοσακχαρίτες και αντίστοιχα στα μη σάκχαρα ανήκουν οι πολυσακχαρίτες και οι σύνθετοι υδατάνθρακες.

Το πιο γνωστό και διαδεδομένο σάκχαρο πάντως στο σώμα των ζώων είναι η γλυκόζη. Η γλυκόζη αποτελεί άριστη πηγή ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Επίσης, βρίσκεται στο αίμα, στη λέμφο, στο υγρό των ιστών και σε όλα τα κύτταρα. Η συγκέντρωσή της διαφέρει σε κάθε είδος ζώου αλλά διατηρείται σταθερή μέσα σε αυστηρά όρια. Άλλα σάκχαρα που υπάρχουν αλλά σε μικρότερα ποσά είναι η γαλακτόζη, λακτόζη, μαννόζη, φρουκτόζη, ριβόζη και δεσοξυριβόζη.

Η γαλακτόζη παράγεται στα κύτταρα του μαστού, ενώνεται με την γλυκόζη και σχηματίζει την λακτόζη η οποία αποτελεί το μόνιμο και μεγαλύτερο συστατικό του γάλακτος. Εκτός από αυτό, η λακτόζη είναι συστατικό των εγκεφαλίδων στα κύτταρα του νευρικού συστήματος. Η μαννόζη βρίσκεται σε πολλές πρωτεΐνες ενώ η φρουκτόζη βρίσκεται σε μικρή συγκέντρωση στο υγρό του σπέρματος και στο αίμα των σχηματισμένων εμβρύων. Τέλος, η ριβόζη μαζί με την δεσοξυριβόζη υπάρχουν σε όλα τα κύτταρα.

Από την ομάδα των μη σακχάρων και συγκεκριμένα από τους πολυσακχαρίτες σπουδαίο είναι το γλυκογόνο. Το γλυκογόνο είναι η μορφή αποταμίευσης των υδατανθράκων στον οργανισμό του ζώου. Βρίσκεται σε όλα τα κύτταρα αλλά ιδιαίτερα στο ήπαρ και στους μύες. Στο ήπαρ το γλυκογόνο αποτελεί αποταμιευτική ύλη και είναι ενωμένο με πρωτεΐνες, με κύρια την γλοβουλίνη. Το γλυκογόνο των μυών, από την άλλη, λειτουργεί ως πηγή ενέργειας κατά την μυϊκή συστολή και με την άσκηση τους, η περιεκτικότητά του γλυκογόνου αυξάνεται.

Άλλοι πολυσακχαρίτες που υπάρχουν στο σώμα των ζώων είναι οι μουκοπολυσακχαρίτες. Αυτοί οι πολυσακχαρίτες απαρτίζονται από ένα αμινοσάκχαρο, από απλά σάκχαρα και ουρονικά οξέα. Βρίσκονται, κατά κύριο λόγο, στη θεμελιώδη ουσία του συνδετικού ιστού καθώς και στην βλέννα που επικαλύπτει τους βλεννογόνους του σώματος. Η βλέννα αυτή έχει ως ρόλο την προστασία των βλεννογόνων από μηχανικές ή χημικές επιδράσεις ακόμα και μικροβιακές διεισδύσεις.

Στις ζωοτροφές οι υδατάνθρακες αποτελούν σπουδαίο ποσοστό της ξηρής ουσίας (Ξ.Ο). Τα σάκχαρα, που υπάρχουν στις φυτικές ζωοτροφές είναι η γλυκόζη, μααννόζη, φρουκτόζη, ξυλόζη, αραβινόζη καθώς και μαλτόζη, κελλοβιόζη, βικιανόζη (ολιγοσακχαρίτες). Από τους πολυσακχαρίτες στις φυτικές ζωοτροφές συναντώνται η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες, οι πηκτινικές ύλες, το άμυλο και η ινσουλίνη. Στις ζωοτροφές που υπάρχουν ζωικά προϊόντα, συγκεκριμένα στα κρεατάλευρα, υπάρχει το γλυκογόνο, η χιτίνη (αν είναι από θαλάσσια ζώα), η ξυλάνη, η αραβάνη και οι γαλακτάνες. Πάντως οι ζωικές ζωοτροφές δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν καθόλου πλέον.

Η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και οι πηκτινικές ύλες εμφανίζουν μεγάλη σημασία στην διαδικασία της θρέψης των ζώων αφού αποτελούν συστατικά του τοιχώματος των φυτικών κυττάρων και άρα βρίσκονται σε όλες τις φυτικές ζωοτροφές, σε μεγάλες ποσότητες ή και μικρότερες. Όμως, τα ζώα για να λάβουν τα θρεπτικά συστατικά που εγκλείονται μέσα στην τροφή πρέπει να καταστρέψουν το κυτταρικό τοίχωμα. Η κυτταρίνη είναι δύσκολο να καταστραφεί και να πεμφτεί από τα περισσότερα ζώα (εκτός των μηρυκαστικών λόγω μικροοργανισμών) ενώ οι ημικυτταρίνες και οι πηκτινικές ύλες είναι εύπεπτες.



## 1.2: Λίπη & λιπίδια

Τα λίπη και τα λιπίδια είναι μια ομάδα ενώσεων, εστέρες λιπαρών οξέων, που μπορούν να βρεθούν στους φυτικούς αλλά και ζωικούς ιστούς και είναι αδιάλυτα στο νερό αλλά διαλυτά σε κοινούς οργανικούς διαλύτες. Έχουν πολλαπλές δράσεις, δηλαδή, ως δότες ηλεκτρονίων, μεταφορείς υποστρωμάτων σε ενζυμικές αντιδράσεις, συστατικά των βιολογικών μεμβρανών και ως φορείς ενέργειας. Τα λιπίδια είναι ο κυριότερος φορέας αποταμίευσης της ενέργειας στα ζώα (6 φορές περισσότερο του γλυκογόνου) με την μορφή λίπους το οποίο μπορεί να φτάσει μέχρι και το 97% του λιπώδους ιστού στα παχύσαρκα ζώα. Η ενέργεια που παράγεται κατά την οξείδωση του λίπους είναι 39 MJ/kg Ξ.Ο.

Από λειτουργικής άποψης το λίπος χωρίζεται σε αποταμιευτικό και οργανωτικό. Το αποταμιευτικό λίπος αποτελείται, σχεδόν, αποκλειστικά και μόνο από ουδέτερα λίπη και εκπροσωπεί τη κινητή μορφή λίπους εντός του οργανισμού. Η σύσταση του δεν είναι σταθερή καθώς επηρεάζεται από την σύσταση του λίπους που υπάρχει στην τροφή και ελαττώνεται ευκολότερα μετά τη ενηλικίωση του ζώου, αν αυτό δεν τρέφεται επαρκώς σε λίπη. Έτσι, η περιεκτικότητα του σώματος σε αυτό ανέρχεται στο 5% σε αδύνατα ζώα, στο 10-15% στα καλώς διατρεφόμενα ενώ στα παχύσαρκα ζώα μπορεί να φτάσει ως 50-60%.

Επίσης, βρίσκεται σε όλα τα κύτταρα αλλά ιδιαίτερος στον υποδόριο συνδετικό ιστό, στην κοιλιακή κοιλότητα, στον συνδετικό ιστό μεταξύ των μυών και στο μυελό των οστών. Συνήθως, το λίπος του υποδόριο συνδετικό ιστού περιέχει υψηλότερο ποσοστό ακόρεστων λιπαρών οξέων (ΑΚΛΟ) από ότι το ενδοκοιλιακό ή των υδρόβιων θηλαστικών συγκριτικά με των χερσαίων. Αυτό συμβαίνει επειδή το ζωικό λίπος διατηρεί μια πιο ήπια θερμοκρασία στον ιστό η οποία επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Το αποταμιευτικό λίπος χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό και σε μερικά θερμόαιμα ζώα, ως πηγή θερμότητας, προσφέρει στην διαδικασία της ομοιόστασης. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι σημαντικό για τα νεογέννητα ζώα που δεν έχουν τρίχα, διαχειμάζουν σε υγρό και ψυχρό περιβάλλον ή που έχουν προσαρμοστεί σε πολύ ψυχρό περιβάλλον. Αυτά, λοιπόν, διαθέτουν ειδικά αποθέματα φαιού λιπώδους ιστού, η οξειδωση του οποίου δεν έχει να κάνει με την παραγωγή ATP, οπότε η ενέργεια που έχει παραχθεί ελευθερώνεται υπό μορφή θερμότητας. Η παραγωγή θερμότητας ξεκινά με την βοήθεια ειδικών πρωτεϊνών οι οποίες αναστέλλουν την παραγωγή της λεπτίνης, μιας ορμόνης που συντίθεται στον λιπώδη ιστό, εκκρίνεται στο αίμα και ρυθμίζει το ενεργειακό ισοζύγιο του οργανισμού.

Όσον αφορά το οργανωτικό λίπος, είναι αντίθετο του αποταμιευτικού δηλαδή αποτελείται από λιποειδή και εκπροσωπεί τη μια κινητή μορφή λίπους στον οργανισμό. Η σύσταση του είναι σταθερή, διαφέρει όμως μεταξύ των ειδών των ζώων και μεταξύ των οργάνων. Πάντως η ποσότητα είναι ίδια, ασχέτως της σωματικής κατάστασης για κάθε παραγωγικό ζώο. Επιπλέον το οργανωτικό λίπος δεν επηρεάζεται σε σοβαρό βαθμό από την σύσταση του λίπους της τροφής. Τέλος, ως ρόλο έχει την συμμετοχή στην δομή των κυτταρικών μεμβρανών.

Τα ουδέτερα λίπη είναι μείγματα τριακυλογλυκερολών και εμπεριέχονται στο σώμα των ζώων αλλά και στις τροφές. Τα ουδέτερα λίπη που υπάρχουν στο σώμα των ζώων, έχουν αρκετές τριακυλογλυκερόλες πλούσιες σε τρία οξέα, το παλμιτικό, το στεατικό και το ελαϊκό οξύ. Το λίπος των μηρυκαστικών ζώων έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα από ότι των μονογαστρικών σε παλμιτικό και στεατικό οξύ ενώ είναι πτωχότερο σε ελαϊκό. Όσον αφορά τις ζωοτροφές, πλούσια σε λίπος είναι τα:

- Ελαιούχα σπέρματα
- Έμβρυα των δημητριακών καρπών
- Ιχθυάλευρα
- Ηπατάλευρα
- Κρεατάλευρα
- Αυτούσια λίπη & έλαια (φυτικής ή ζωικής προέλευσης)

### **1.3: Οι πρωτεΐνες**

Οι πρωτεΐνες είναι σπουδαίο συστατικό της ζώσας ύλης και συναντιούνται σε όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού. Επίσης, είναι η μεγαλύτερη, σε περιεκτικότητα, οργανική ουσία του αίματος. Ταξινομούνται αρχικά σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι οι απλές πρωτεΐνες και οι σύνθετες. Οι απλές, μετά από υδρόλυση, δίνουν τα αμινοξέα που διαχωρίζονται σε ινοπρωτεΐνες και σφαιροπρωτεΐνες. Οι ινοπρωτεΐνες (π.χ. κερατίνες, κολλαγόνο, ελαστίνη) έχουν δομική χρήση, είναι αδιάλυτες και αρκετά ανθεκτικές στα πεπτικά ένζυμα. Στην ομάδα των σφαιροπρωτεϊνών ανήκουν όλα τα ένζυμα, τα αντιγόνα καθώς και οι πρωτεϊνικής φύσεως ορμόνες.

Οι σύνθετες πρωτεΐνες, από την άλλη, απαρτίζονται από αμινοξέα αλλά και από μια προσθετική ομάδα η οποία μπορεί να απαρτίζεται από γλυκοπρωτεΐνες, λιποπρωτεΐνες, χρωμοπρωτεΐνες, φωσφοπρωτεΐνες καθώς και μεταλλοπρωτεΐνες. Το μόριο των πρωτεϊνών, λοιπόν, αποτελείται από αμινοξέα. Η παρουσία ή η απουσία ορισμένων αμινοξέων, η συχνότητα του κάθε αμινοξέος και η αλληλουχία των αμινοξέων εντός του μορίου της πρωτεΐνης δημιουργούν μεγάλο αριθμό διαφορετικών συνδυασμών και συνεπώς μεγάλο αριθμό ειδών πρωτεΐνης.

Τα αμινοξέα και οι πεπτιδικοί δεσμοί (που τα ενώνουν μεταξύ τους) σχηματίζουν το πολυπεπτιδικό μόριο της πρωτεΐνης που είναι η πρωτοταγής δομή της, δηλαδή η πιο απλή δομή. Υπάρχουν άλλες δύο κύριες δομές οι οποίες είναι η δευτεροταγής και η τριτοταγής. Η δευτεροταγής δομή της πρωτεΐνης αναφέρεται στην οργάνωσή της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στον χώρο με κανονικά επαναλαμβανόμενες διευθετήσεις. Η τριτοταγής είναι η παράπλευρη τοποθέτηση πτυχωτών ή ελικοειδών πολυπεπτιδικών αλυσίδων καθώς εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο τα μονομερή αυτά μόρια σχηματίζουν μορφές ανώτερης τάξης. Τέλος, η τριτοταγής δομή ορίζει την εξειδικευμένη βιολογική δράση κάθε πρωτεϊνικού μορίου.

Η διαλυτότητα των πρωτεϊνών επηρεάζεται από κάποιους παράγοντες οι οποίοι είναι:

- Η θερμοκρασία
- Το pH
- Η διηλεκτρική σταθερά του διαλυτικού μέσου
- Η ιοντική ισχύ του διαλύματος
- Το ποσοστό συγκέντρωσης της πρωτεΐνης

Επίσης ο όρος της διαλυτότητας είναι συνάρτηση της τριτοταγούς δομής οπότε η όποια μεταβολή που μπορεί να συμβεί στην τριτοταγή δομή της πρωτεΐνης επηρεάζει και την διαλυτότητα της. Αυτή η επιρροή είναι ικανή να προκαλέσει μη αναστρέψιμη διαταραχή της τριτοταγούς δομής με αποτέλεσμα την μετουσίωση της πρωτεΐνης. Με την μετουσίωση αυτή δηλώνεται η ακύρωση της ειδικότητας και της μορφής του πρωτεϊνικού μορίου. Ο παράγοντας της θερμοκρασίας έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την διατροφή των ζώων. Κατά την παραγωγή των ζωοτροφών απαιτεί σωστό χειρισμό και προσοχή στον βαθμό και στον τρόπο της θερμικής τους κατεργασίας.

Αυτή η προσοχή συμβαίνει γιατί αν η τροφή κατεργαστεί με λάθος τρόπο, μπορεί να μειώσει κατά πολύ την πεπτικότητα των πρωτεϊνών της ζωοτροφής μέχρι και το μηδενισμό τους. Ωστόσο, η υγρή ή η πιο ήπια θέρμανση ίσως σε μερικές περιπτώσεις να είναι καλύτερη και πάλι όμως προκαλεί κάποια μετουσίωση σε μικρότερο ποσοστό. Μια τέτοια μετουσίωση γίνεται να μεταβάλλει τις πρωτεΐνες και τις κάνει ευαίσθητες στην υδρόλυση, δηλαδή μπορεί να υδρολυθούν πιο εύκολα και πιο γρήγορα από ότι συνήθως.

Ζωοτροφές ζωικής προέλευσης πλούσιες σε περιεκτικότητα πρωτεΐνης είναι τα ιχθυάλευρα, τα κρεατάλευρα, το αιματάλευρο και τα γαλακτοκομικά υποπροϊόντα ενώ από την κατηγορία των φυτικών ζωοτροφών είναι τα ελαιούχα σπέρματα, και συγκεκριμένα τα υποπροϊόντα από την βιομηχανική επεξεργασία τους, τα σπέρματα των ψυχανθών, οι ζύμες και τα έμβρυα των δημητριακών καρπών. Τέλος, κάποια από τα συνηθέστερα αμινοξέα που μπορούν να βρεθούν μέσα στις ζωοτροφές είναι η αργινίνη, η αλανίνη, η λευκίνη, η μεθειονίνη, η τρυπτοφάνη, η λυσίνη και το γλουταμινικό οξύ.

## **Κεφάλαιο 2. Η ιστορία των βιταμινών**

### **2.1: Οι ανακαλύψεις των Hopkins, Lind και Eijkmann**

Πολλές από τις βιταμίνες ξεκίνησαν να ανακαλύπτονται κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα από διάφορα πειράματα που έγιναν σε αρουραίους. Ο Hopkins το 1912, ανάμεσα σε πολλούς επιστήμονες, χρησιμοποίησε και αυτός την ίδια τεχνική με τους υπόλοιπους. Συγκεκριμένα, παρείχε στα ζώα διατροφή γεμάτη με πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες και ανόργανα άλατα. Το αποτέλεσμα της ενέργειας αυτής ήταν ότι αυτά δεν αναπτύσσονταν φυσιολογικά. Όταν όμως συμπλήρωσε στις τροφές ένα ποσοστό γάλακτος, οι αρουραίοι άρχισαν να έχουν κανονική ανάπτυξη. Ο Hopkins κατέληξε στο συμπέρασμα, μέσω αυτού το πειράματος, ότι στο γάλα που δόθηκε υπήρχε κάποιος παράγοντας ή κάποιοι παράγοντες που βοήθησαν σε αυτό. (McDonald et al., 2022)

Πάντως, από πιο νωρίς υπήρχε η συσχέτιση κάποιων νοσημάτων με μια πιθανή διατροφική έλλειψη. Για παράδειγμα το 1753 ο Lind, ένας γιατρός του ναυτικού, δημοσίευσε την διατριβή του αποδεικνύοντας δύο πράγματα. Το πρώτο ήταν ότι η ασθένεια του σκορβούτου μπορεί να εμποδιστεί αν υπάρχουν στην διατροφή πολλά λαχανικά και φρούτα, ιδιαίτερα του καλοκαιριού και το δεύτερο ότι τα έλαια των ψαριών, ειδικώς του βακαλάου, έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν στην ραχίτιδα. Ο Eijkmann, από την άλλη, ήξερε ότι η γνωστή πλέον ασθένεια Beri-Beri που είχε εξαπλωθεί στην ανατολή μπορούσε να θεραπευτεί αν ο άνθρωπος έτρωγε ρύζι καστανού αλευριού (λόγω κάποιου άγνωστου χαρακτηριστικού) αντί του λευκού.

## 2.2: Η ονομασία των βιταμινών

Την ίδια περίοδο με τον Hopkins, ο Funk ήταν ο πρώτος που μπόρεσε και διευκρίνισε αυτούς τους άγνωστους μέχρι τότε διατροφικούς παράγοντες οι οποίοι έδιναν θετικά αποτελέσματα στον οργανισμό. Κατάφερε να απομονώσει την πρώτη βιταμίνη, χαρακτηρίζοντας την, αρχικά, ως αμίνη για να δηλώσει τον αζωτούχο χαρακτήρα της. Τελικά, έμεινε στην ιστορία ονομάζοντας αυτό το στοιχείο βιταμίνη από τις λέξεις αμίνη (*amine*) και ζωτικός (*vital*) λόγω της σημαντικότητας της. Αργότερα, το 1914 οι McCollum και Davis βρήκαν ότι ακόμα μια βιταμίνη υπήρχε και στα λίπη του βουτύρου. Μέχρι το 1919 τέσσερις βιταμίνες είχαν υποτυπωθεί, από όλες αυτές τις ανακαλύψεις, ως εξής:

- Μια βιταμίνη που βρισκόταν στα ζωικά λίπη (π.χ. γάλα και βούτυρο) και την χαρακτήρισαν διαλυτή στο λίπος με την ονομασία βιταμίνη A
- Μια βιταμίνη που βρισκόταν στις φυτικές τροφές και ήταν διαλυτή στο νερό, με την ονομασία βιταμίνη B
- Ένας παράγοντας ενάντια του σκορβούτου ο οποίος αργότερα ονομάστηκε βιταμίνη C
- Μια βιταμίνη που εμποδίζει την ασθένεια της ραχίτιδας, διαλυτή στο λίπος με την ονομασία βιταμίνη D

Στα μετέπειτα χρόνια, σιγά σιγά, άρχισαν να διευκρινίζονται μέσω εργαστηριακών μεθόδων, που έκαναν οι επιστήμονες, και οι υπόλοιπες βιταμίνες. Έχοντας, λοιπόν, όλες τις βιταμίνες καταγραμμένες οι ειδικοί τις χώρισαν, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, σε δύο μεγάλες ομάδες στις λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες. Ακόμα, συνέχισαν την ονομασία τους με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή από τα γράμματα του αλφάβητου, εκτός από κάποιες βιταμίνες του συμπλέγματος B που κράτησαν την χημική τους ονομασία. Έψαξαν επίσης, περαιτέρω για να μάθουν και άλλους ρόλους και λειτουργίες που μπορούσαν να επιτελέσουν σε ανθρώπους, στα διάφορα φυτά, στα παραγωγικά αλλά και στα κατοικίδια ζώα.

## Κεφάλαιο 3. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες

### 3.1: Βιταμίνη Α

Η βιταμίνη Α έχει πρωταρχικό ρόλο στην όραση των ζώων. Συγκεκριμένα, στα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα του οφθαλμού, από trans ρετινόλη οξειδώνεται σε αλδεΐδη, δηλαδή 11-trans ρετιναλδεΐδη η οποία μετά μετατρέπεται στο ισομερές 11-cis. Στην συνέχεια, η 11-cis ρετιναλδεΐδη σε συνδυασμό με την πρωτεΐνη οψίνη, που την μετατρέπει σε ροδοψίνη (δέκτης του σήματος του φωτός για την όραση σε χαμηλή ένταση φωτός) και με την επίδραση του φωτός, γυρνάει στην αρχική της μορφή και απελευθερώνεται από την οψίνη. Το αποτέλεσμα της ενέργειας αυτής είναι η μεταβίβαση του νευρικού ερεθίσματος στο οπτικό νεύρο και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Εκτός από την χρήση της στη ικανότητα της όρασης, η βιταμίνη Α βοηθάει στον σχηματισμό και την προστασία των οστών, του επιθήλιου του δέρματος, του γεννητικού συστήματος ακόμα και πολλών βλεννογόνων. Επίσης, η βιταμίνη Α μπορεί να αποταμιευτεί από το ήπαρ και από το λιπώδη ιστό. Πλούσιες πηγές ρετινόλης είναι τα ζωικά προϊόντα, ειδικότερα, το ήπαρ από τα ψάρια, συγκεκριμένα από βακαλάο και ιπόγλωσσα, ο κρόκος του αυγού και το λίπος του γάλακτος.

Μπορεί ακόμα, να παραχθεί και από την μετατροπή των καροτένιων σε ρετινόλη, μέσω υδρόλυσης τους, στο επιθήλιο του εντέρου και στο ήπαρ. Τα καροτένια βρίσκονται σε φυτικούς ιστούς άρα μπορούν και τα φυτά να γίνουν πηγή βιταμίνης Α. Για παράδειγμα, στα μηρυκαστικά η μετατροπή είναι 6 μόρια καροτίνη:1 μόριο βιταμίνης Α, στους χοίρους 2:1 και στα πτηνά 3:1. Η βιταμίνη Α παρασκευάζεται συνθετικά και μπορεί να ληφθεί στην καθαρή μορφή της. Μονάδα μέτρησης είναι  $\Delta M = 0,3 \mu g$  κρυσταλλικής ρετινόλης.

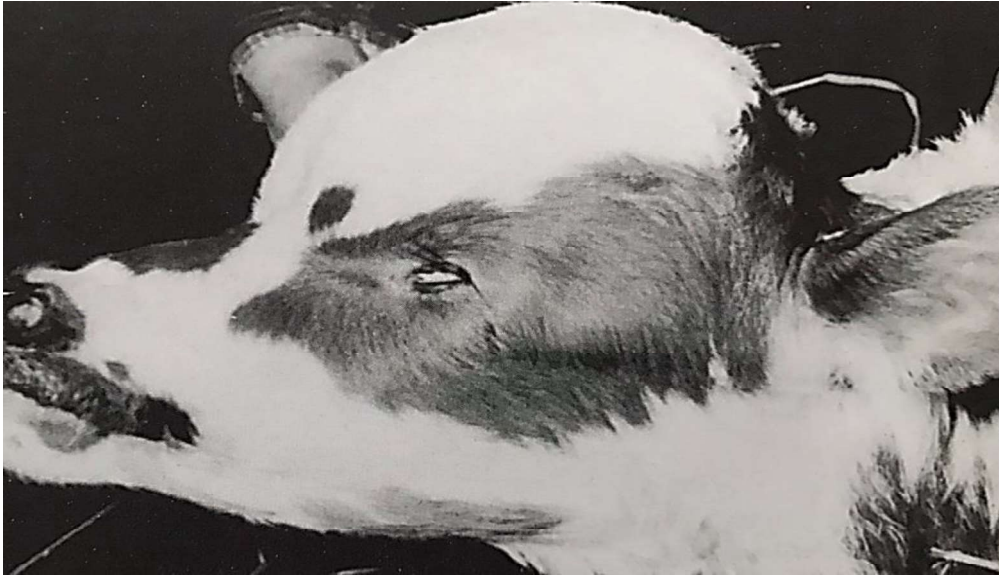
Κατά την περίπτωση της πενίας στην βιταμίνη Α, εκδηλώνονται σε όλα τα παραγωγικά ζώα πάνω κάτω τα ίδια συμπτώματα. Τέτοια συμπτώματα είναι στην όραση όπως, ξηροφθαλμία, εξοφθαλμία, μικροφθαλμία και τυφλότητα, σκλήρυνση του δέρματος, εύθραστα νύχια, μεταβολές στο σχήμα και το πάχος των μη αποτιτανωθέντων οστών, μειωμένη γονιμότητα καθώς και αποβολές, αυξημένη θνησιμότητα, γέννηση αδύναμων ή τυφλών νεογνών, μείωση της παραγωγικότητας και τέλος, παρακερατώσεις και υπερκερατώσεις διαφόρων βλεννογόνων.

Αντίστοιχα, αν υπάρξει κατάσταση περίσσειας της βιταμίνης Α στον οργανισμό, δηλαδή υπερβιταμίνωση, εμφανίζονται στα πτηνά μείωση της όρεξης, διάρροια, μειωμένη ανάπτυξη, κρούστα γύρω από το ράμφος και κοκκίνισμα στα βλέφαρα ενώ οι επιπτώσεις στους χοίρους είναι τραχύ τρίχωμα, λεπιδώδες δέρμα, υπερευερευθιστότητα και τα πιο βαριά συμπτώματα αιμοραγίες στα άκρα και στην κοιλιά, τρόμος και τέλος θάνατος. Στα μηρυκαστικά σπάνιο να συμβεί γιατί ότι έχουν υψηλή ανοχή στην ρετινόλη αφού αποικοδομείται από τους μικροοργανισμούς της μεγάλης κοιλίας.

Για επαλήθευση της έλλειψης σε βιταμίνης Α, εκτός των εμφανιζομένων συμπτωμάτων, υπάρχει και η κλινική εξέταση. Η κλινική εξέταση μπορεί να περιλαμβάνει τα εξής:

- Οφθαλμοσκοπική εξέταση
- Βιοψία και χημική εξέταση ήπατος
- Εξέταση αίματος
- Έλεγχος πίεσης νωτιαίου υγρού

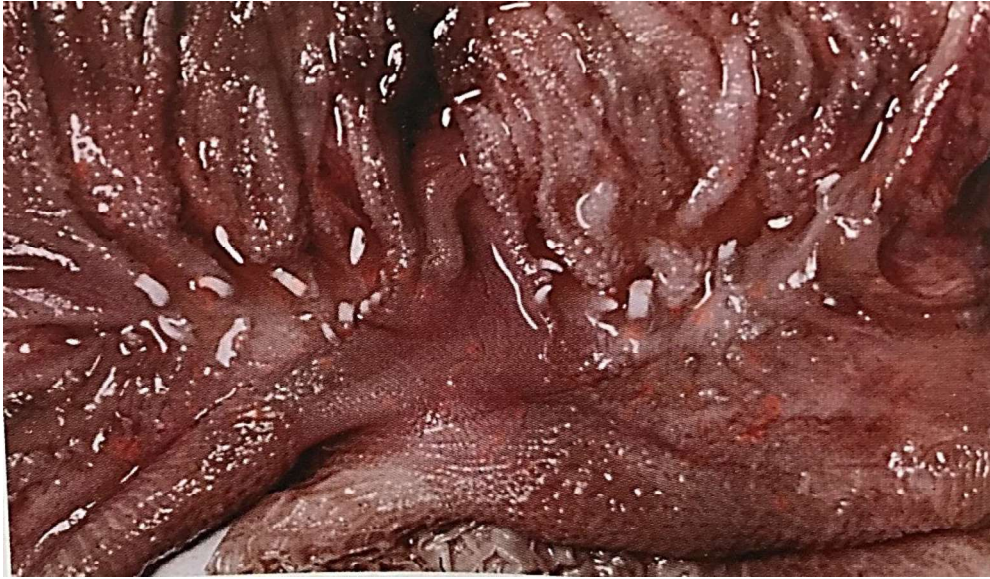




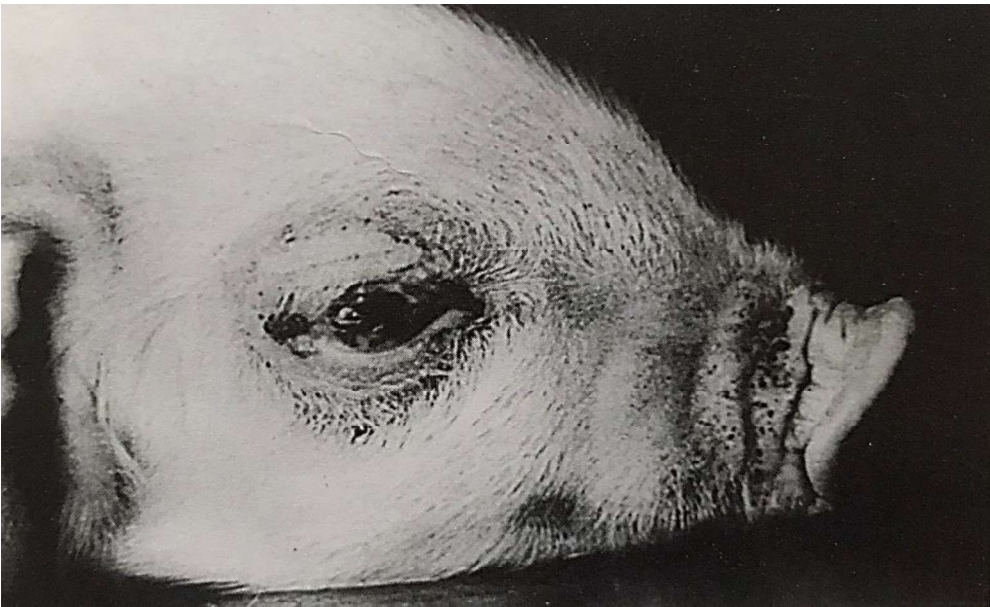
*Εικόνα 3.1 Μοσχάρι με μικροφθαμία*



*Εικόνα 3.2 Μοσχάρι με εξόφθαλμο & τυφλότητα*



*Εικόνα 3.3 Υπερκεράτωση βλεννογόνου μεγάλης κοιλίας μοσχარიού*



*Εικόνα 3.4 Θόλωση κερατοειδούς και εκφύλιση αμφιβληστροειδούς σε χοιρίδιο*





*Εικόνα 3.5 Αδύναμα χοιρίδια με πάρεση & αταξία των οπίσθιων άκρων*



*Εικόνα 3.6 Υπερκεράτωση των βλεννογόνου του στόματος και του οισοφάγου σε όρνιθα*

### **3.2:Βιταμίνη D<sub>2</sub> & D<sub>3</sub>**

Η βιταμίνη D χωρίζεται σε μορφές και οι κυριότερες είναι η D<sub>2</sub> (εργοκαλσιφερόλη) και η D<sub>3</sub> (χολοκαλσιφερόλη). Το μεγαλύτερο ρόλο όμως, έχουν οι πρόδρομες ενώσεις αυτών των δύο δηλαδή η εργοστερόλη (για την D<sub>2</sub>) και η 7-δεϋδροχοληστερόλη (για την D<sub>3</sub>) οι οποίες, για να αποκτήσουν την ιδιότητα της βιταμίνης, μετατρέπονται σε εργοκαλσιφερόλες με την βοήθεια της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλιακού φωτός ή του τεχνητού. Για τα μηρυκαστικά ζώα οι βιταμίνες D<sub>2</sub> και D<sub>3</sub> είναι το ίδιο αλλά όχι για όλα τα παραγωγικά ζώα, για παράδειγμα στα πτηνά η D<sub>3</sub> έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από την D<sub>2</sub>. Τέλος, οι βιταμίνες D εκφράζονται με 1ΔΜ = ενεργότητα 0,025 μg κρυσταλλικής βιταμίνης D<sub>3</sub>.

Όσον αφορά την 7-δεϋδροχοληστερόλη, συντίθεται στο ήπαρ και συγκεντρώνεται στο σμήγμα του δέρματος όπου δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία και έτσι μετατρέπεται σε βιταμίνη D. Επίσης, σε αυτό το σημείο, η 7-δεϋδροχοληστερόλη υδροξυλιώνεται σε 25-υδροξυκαλσιφερόλη η οποία μεταφέρεται στους νεφρούς με το αίμα, και με παρουσία της παραθορμόνης, υδροξυλιώνεται ξανά προς 1,25 διυδροξυκαλσιφερόλη που αποτελεί την βιολογικά ενεργό μορφή της βιταμίνης.

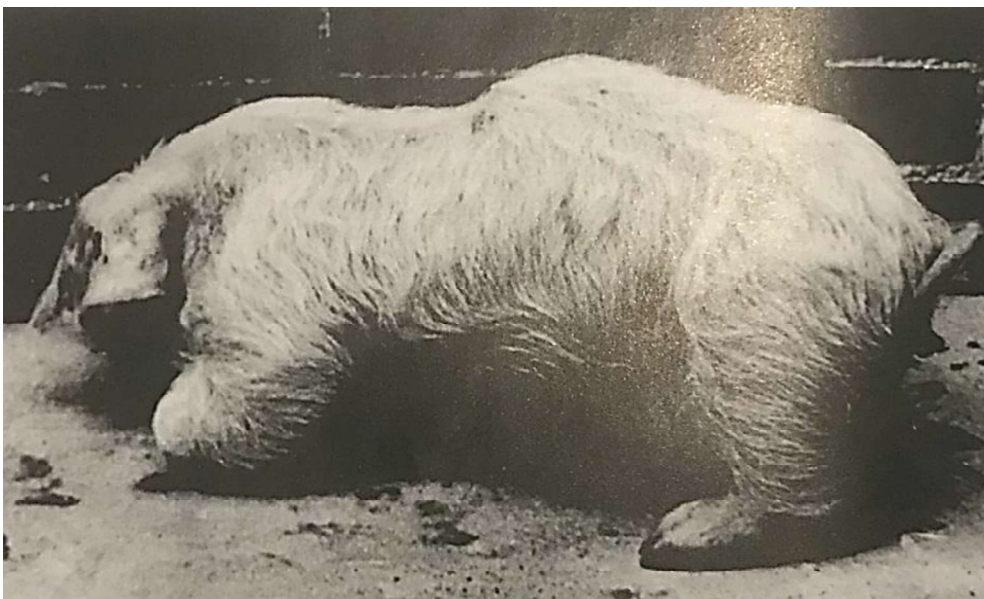
Βιολογικά ενεργό μορφή της βιταμίνης D είναι και η 24-25 διυδροξυκαλσιφερόλη, η οποία παράγεται μετά από την υδροξυλίωση της 25-υδροξυκαλσιφερόλης, αν δεν υπάρχει παραθορμόνη, και δρα στο έντερο. Από την άλλη, η 1,25 διυδροξυκαλσιφερόλη δρα στο έντερο αλλά και στα οστά και παίζει ρόλο στην απορρόφηση του ασβεστίου (Ca). Όταν η συγκέντρωση του Ca στο αίμα είναι χαμηλή, ο παραθυρεοειδής αδένας διεγείρεται και εκκρίνει μεγαλύτερες ποσότητες παραθορμόνης.

Αυτή η πράξη έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή της 1,25 διυδροξυκαλσιφερόλης στους νεφρούς που στην συνέχεια μεγαλώνει την απορρόφηση του Ca από το έντερο, καθώς και την απορρόφηση του φωσφόρου (P). Τέλος, επηρεάζεται θετικά και η επαναπορρόφηση του Ca και του P από τα οστά και τους νεφρούς. Πηγές της βιταμίνης D είναι ο ήλιος, ο κρόκος του αυγού, τα ηπατέλαια, οι υπό φυσική ξήρανση χονδροειδείς ζωοτροφές, τα νεκρά φύλλα των αναπτυσσόμενων φυτών και το ιχθυάλευρο.

Κατά την πενία της βιταμίνης στα νεαρά ζώα προκαλεί ραχίτιδα, μια μεταβολική νόσος κατά την οποία διαταράσσεται ο μεταβολισμός του ασβεστίου (Ca) και του φωσφόρου (P), με την επίπτωση τα οστά να είναι μαλακά και εύθραυστα ενώ τα πόδια παίρνουν καμπυλόγραμμο σχήμα. Ειδικότερα, στα νεαρά βοοειδή παρατηρείται οίδημα στα γόνατα και κύρτωση της ράχης τους ενώ στα νεαρά χοιρινά εξοιδημένες αρθρώσεις, θραύση οστών, δυσκολία βάδισης και πιο σπάνια, ως τελικό σύμπτωμα, η παράλυση.

Για τα ενήλικα ζώα η πενία των βιταμινών D προκαλεί οστεομαλακία, κατά την οποία διαταράσσεται η μετακίνηση ασβεστίου (Ca) και φωσφόρου (P) από τα οστά. Συγκεκριμένα, όταν δεν υπάρχει αρκετή συγκέντρωση της βιταμίνης, δεν πραγματοποιείται η έξοδος του ασβεστίου (Ca) και του φωσφόρου (P) από τα οστά προς το αίμα και παρεμποδίζεται η εναπόθεση αυτών στα οστά, με αποτέλεσμα αυτά να γίνονται μαλακά. Στην περίπτωση των ορνίθων αυγοπαραγωγής μειώνεται η ωοτοκία, το πάχος του κελύφους των αυγών και επηρεάζεται αρνητικά η εκκολαπτικότητα.

Όσον αφορά την υπερβιταμίνωση, αν υπάρξει δημιουργείται γενικά στα παραγωγικά ζώα, πρώτα από όλα υπερασβεστιαμία δηλαδή ανεξήγητα μεγάλη ποσότητα ασβεστίου (Ca) στο αίμα του οργανισμού και αυτό συνεπάγεται με την εμφάνιση οστεομαλάκυνσης και της αφαλάτωσης διαφόρων οστών του σώματος. Εκτός από αυτά τα δύο συμπτώματα, κατά την αυξημένη συγκέντρωση βιταμίνης D εκδηλώνεται επίσης απώλεια όρεξης και μείωση του βάρους.



*Εικόνα 3.7 Χοιρίδιο με ραχίτιδα, αδύνατα άκρα & τραχύ τρίχωμα*



*Εικόνα 3.8 Εκτεταμένη οστεομαλάκυνση κατά κόμβους και μεγέθυνση των χόνδρων των αρθρώσεων σε πτηνό*



*Εικόνα 3.9 Νεοσσός με πενία βιταμίνης D*



### **3.3: Βιταμίνη E**

Η βιταμίνη E περιλαμβάνει έναν αριθμό από ενεργές ενώσεις από τις οποίες οι 8 βρίσκονται στη φύση και είναι οι πιο σημαντικές. Οι ενώσεις αυτές χωρίζονται σε 4 κορεσμένες (α, β, γ και δ - τοκοφερόλες) και σε 4 ακόρεστες (α, β, γ και δ τοκοτριενόλες), με την α-τοκοφερόλη να έχει το μεγαλύτερο ρόλο. Οι β, γ και δ τοκοφερόλες έχουν το 45%, 13% και 0,4% αντίστοιχα, της ενεργότητας της α. Όσο για την ομάδα των τοκοτριενόλων, μόνο η α έχει μια μικρή δράση που ισούται με το 13% της α τοκοφερόλης. Η μονάδα μέτρησης της βιταμίνης E είναι ΔM=1 mg συνθετικής ολικής α-τοκοφερόλης.

Η βιταμίνη E μπορεί να αποταμιευτεί όπως την βιταμίνη A, δηλαδή, στο ήπαρ και στο λιπώδη ιστό με την βασική διαφορά όμως ότι γίνεται σε μικρότερο βαθμό. Πηγές της βιταμίνης είναι η χλωρά νομή, με τα φύλλα να έχουν περισσότερο, τα έμβρυα των δημητριακών καρπών και τα ελαιούχα σπέρματα. Ζωικά προϊόντα είναι πτωχά σε συγκέντρωση βιταμίνης. Επίσης, πρέπει να δίνεται μια περαιτέρω προσοχή στην φυσική ξήρανση αυτών διότι προκαλείται μεγάλη απώλεια σε βιταμίνη E, μέχρι και 90%.

Αυτή η απώλεια συμβαίνει λόγω ότι η σταθερότητα της βιταμίνης E επηρεάζεται αρκετά εύκολα από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες και όχι μόνο. Τέτοιοι παράγοντες είναι η θερμότητα, η υγρασία, το οξυγόνο, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα ιχνοστοιχεία και τα νιτρικά άλατα. Άρα οι φυσικές αλλαγές κατά την αποθήκευση κάποιας ζωοτροφής μπορούν να επηρεάσουν την συγκέντρωση της βιταμίνης. Οι τροφές που περιέχουν υψηλή υγρασία, από την άλλη, έχουν το αρνητικό στοιχείο ότι χάνουν γρήγορα την ποσότητα της βιταμίνης E.

Η κύρια δράση της βιταμίνης E είναι η αντιοξειδωτική. Για την ακρίβεια, μαζί με το ένζυμο υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GSH-Px) και με κάποιες άλλες βιταμίνες και ένζυμα, τα οποία περιέχουν ιχνοστοιχεία, αποτρέπουν τα κύτταρα από την οξειδωτική καταστροφή που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες. Η βιταμίνη E προσλαμβάνει το οξυγόνο (O<sub>2</sub>) από το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ή από τις ελεύθερες ρίζες ή από τα υπεροξείδια προστατεύοντας έτσι, τις ομάδες των πρωτεϊνών από οξείδωση και εμποδίζοντας την αυτοοξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων (ΑΚΛΟ) από τα λιπίδια των βιολογικών μεμβρανών.

Το ένζυμο υπεροξειδάση της γλουταθειόνης περιέχει, ως βασικό στοιχείο, σελήνιο (Se) και έχει σημαντικό ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις των κυττάρων καθώς και παρόμοια οξειδωτική δράση της βιταμίνης E. Άρα ο συνδυασμός αυτών των δύο δημιουργεί τα θετικά αποτελέσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Μια ακόμα αξιοσημείωτη δράση της βιταμίνης E είναι ότι βοηθάει στην ανάπτυξη και στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Η χορήγηση βιταμίνης E στο σιτηρέσιο των ζώων προσφέρει προστασία εναντίον παθογόνων μικροοργανισμών π.χ. σε μεγάλες δόσεις μπορεί να μειώσει το ποσοστό της μαστίτιδας. Τέλος, προσφέρει καλύτερη ποιότητα κρέατος για τη περίπτωση της σφαγής. (DSM Hellas, 2022)

Σε κατάσταση πενίας της βιταμίνης E, τα νεαρά μηρυκαστικά ζώα εμφανίζουν διαιτητική μυοπάθεια ή αλλιώς μυϊκή δυστροφία όταν βόσκουν. Αυτό γίνεται λόγω της ελλιπούς ποσότητας βιταμίνης E και σεληνίου κατά την χειμερινή περίοδο και της υψηλής συγκέντρωσης ΑΚΛΟ της νεαρής γλώης στην εποχή της άνοιξης. Η ασθένεια της μυοπάθειας ξεκινάει από τους σκελετικούς μύες επηρεάζοντας αρνητικά την έγερση και την δυνατότητα του ζώου να σταθεί όρθιο. Στην συνέχεια, η σάρκα γίνεται ωχρή και εξιδρωματική ή παρατηρούνται λευκές ζώνες, ο καρδιακός μυς αλλοιώνεται και καταλήγει στο θάνατο. Επίσης, στα θηλυκά ζώα αυξάνεται η πιθανότητα για εκδήλωση μαστίτιδας.

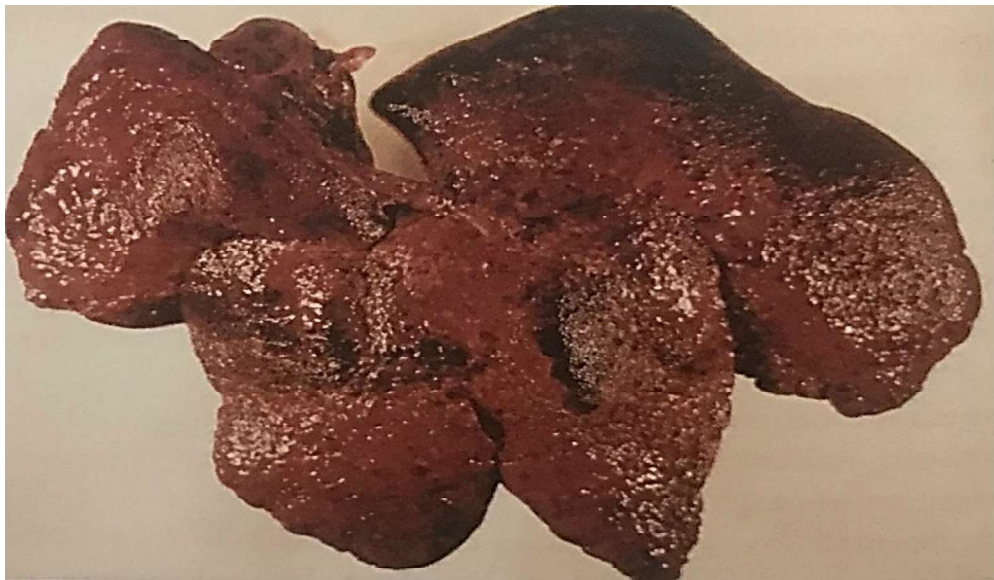
Όσον αφορά τους χοίρους, τα αποτελέσματα της πενίας είναι παρόμοια με αυτά των νεαρών μηρυκαστικών με ελάχιστες διαφορές. Αυτές οι διαφορές είναι ότι επηρεάζεται πιο πολύ ο καρδιακός μυς (μοροειδής καρδιά), αντί του σκελετικού, και ότι δημιουργείται ενδολοβική νέκρωση του ήπατος. Τα αποτελέσματα αυτά εμφανίζονται κυρίως στα νεαρά ταχέως αναπτυσσόμενα χοιρίδια και κατά τη νεκροτομή μπορεί να διακριθεί μεγάλη ποσότητα υγρού περί της καρδιάς και των πνευμόνων, καθώς και αιμορραγικά στίγματα και αποχρωματισμένες περιοχές στους μύς της καρδιάς.

Στα πτηνά η πενία της βιταμίνης E προκαλεί και πάλι μυοπάθεια αλλά στους μύς του στήθους, εγκεφαλομαλάκυνση και εξιδρωματική διάθεση. Η εγκεφαλομαλάκυνση εκδηλώνεται, αν προσβληθούν τα αγγεία του εγκεφάλου, ως αιμορραγία, οίδημα και εκφυλιστικές αλλοιώσεις της παρεγκεφαλίδας μαζί με νευρικές διαταραχές όπως συστροφή κεφαλής, οπισθότονος ή οπισθο-πλαγιοβασία. Η εξιδρωματική διάθεση είναι η ασθένεια των αιμοφόρων αγγείων η οποία ακολουθείται από γενικό οίδημα του υποδόριου λιπώδους ιστού και από εκφυλιστικές αλλοιώσεις του τοιχώματος των τριχοειδών αγγείων και την είσοδο εξιδρώματος στους ιστούς.

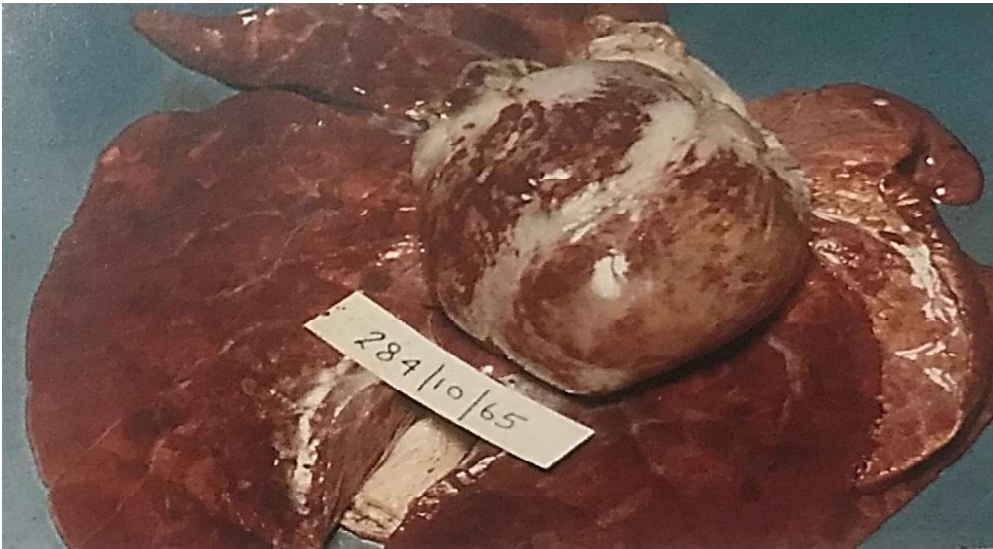




*Εικόνα 3.10 Χοιρίδιο με αδυναμία οπίσθιων άκρων*



*Εικόνα 3.11 Ήπαρ χοιριδίου μετά από πολλαπλή διαιτητική ηπάτωση*



*Εικόνα 3.12 Μοροειδής καρδιά χοίρου από πενία βιταμίνης E*



*Εικόνα 3.13 Δυστροφικό ήπαρ χοίρου*

### **3.4: Βιταμίνη Κ**

Η βιταμίνη Κ έχει διάφορους τύπους από τους οποίους οι δύο είναι οι γνωστότεροι. Ο ένας τύπος βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στα φυτά ως φυλλοκινόνη ή Κ<sub>1</sub> και ο άλλος τύπος υπάρχει στο ιχθυάλευρο ως μενακινόνες ή αλλιώς Κ<sub>2</sub> που συντίθεται από βακτήρια. Για την ακρίβεια, η φυλλοκινόνη μπορεί να βρεθεί στα πράσινα μέρη της φυλλώδους χλωράς νομής, στον κρόκο του αυγού στο ήπαρ και στα ιχθυάλευρα ενώ οι μενακινόνες δημιουργείται από τα βακτήρια που ζουν μέσα στους ζυμωτικούς χώρους του πεπτικού συστήματος των παραγωγικών ζώων.

Επίσης, οι βιταμίνες Κ απορροφώνονται από το έντερο του οργανισμού και φέρονται στο ήπαρ αλλά δεν αποταμιεύονται εκεί. Η δόση της βιταμίνης Κ πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή διότι σε υπερβολικό βαθμό μειώνεται η απορρόφηση της. Ο ρόλος της βιταμίνης είναι η σύνθεση των προθρομβινών στο ήπαρ και στη ουσία η βοήθεια στην πήξη του αίματος. Στην διαδικασία της πήξης του αίματος, η προθρομβίνη είναι η πρόδρομη ένωση του ενζύμου θρομβίνη η οποία θρομβίνη μετατρέπει το ινωδογόνο στο πλάσμα του αίματος σε ινώδες (μια αδιάλυτη πρωτεΐνη που συγκρατεί ενωμένο το πήγμα του αίματος)

Αν όμως η βιταμίνη δεν είναι αρκετή και υπάρχει πενία, η προθρομβίνη δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί. Οι συνέπειες αυτού, στα ζώα, είναι η αύξηση του χρόνου πήξης του αίματος και αν υπάρξει τραυματισμός μπορεί να προκληθούν υποδόριες ή εσωτερικές αιμορραγίες. Εν συνεχεία υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης αναιμίας. Εξαίρεση είναι τα μηρυκαστικά τα οποία λόγω των εκτεταμένων ζυμωτικών χώρων παράγουν αρκετή ποσότητα βιταμίνης Κ μέσω των επίσης πολλών βακτηρίων που κατέχουν και έτσι η περίπτωση πενίας είναι σχεδόν αδύνατη.

Παρά μόνο όταν καταναλώνουν αυξημένη τροφή χόρτου ή ενσίρωματος τριφυλλιού χρειάζονται πρόσθετη χορήγηση βιταμίνης Κ γιατί ενδεχομένως να έχουν χαμηλή συγκέντρωση προθρομβίνης στο αίμα. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτό το είδος τριφυλλιού περιέχει κάποιες ενώσεις που λέγονται κουμαρίνες οι οποίες μετατρέπονται στο χόμα ή στο ενσίρωμα από κάποιους μύκητες σε δικουμαρόλη που μειώνει τη συγκέντρωση της προθρομβίνης στο αίμα. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν υπάρχει υπερβιταμίνωση, τα συμπτώματα είναι αναιμίες και μείωση της ανάπτυξης.



*Εικόνα 3.14 Λειρί όρνιθας με αναιμική εμφάνιση*

## **Κεφάλαιο 4. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες**

### **4.1: Βιταμίνη B<sub>1</sub>**

Η βιταμίνη B<sub>1</sub> ή αλλιώς θειαμίνη έχει σημαντική χρήση στον ενδιάμεσο μεταβολισμό των θρεπτικών συστατικών και ιδιαίτερα των υδατανθράκων και συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος. Τις περισσότερες φορές λειτουργεί ως συνένζυμο της κοκαρβοξυλάσης. Η βιταμίνη B<sub>1</sub> βρίσκεται στα εξωτερικά στρώματα των σπερμάτων, στα έμβρυα και στις αναπτυσσόμενες περιοχές των ριζών, των φύλλων και των βλαστών. Επίσης, υπάρχει στα προϊόντα ζυμώσεων (π.χ. ζύμες της ζυθοποιίας), στο ήπαρ, στον κρόκο του αυγού, στους νεφρούς και στο χοιρινό κρέας. Μπορεί να δοθεί στο εμπόριο ως συνθετική υδροχλωρική μορφή της θειαμίνης.

Κατά την πενία σε θειαμίνη, τα πρώτα συμπτώματα που εμφανίζονται στα μηρυκαστικά ζώα είναι η απώλεια όρεξης, αδυνάτισμα, μυϊκή αδυναμία και προχωρημένη δυσλειτουργία του νευρικού συστήματος γνωστή και ως πολυνευρίτιδα. Στην ασθένεια της πολυνευρίτιδας συμβαίνουν ακούσιες κινήσεις, σπασμοί των μυών, αταξία, οπισθότονος (συστροφή της κεφαλής), συστροφικές κράμπες, απώλεια της ισορροπίας και παράλυση. Επιπλέον, διαταράσσεται η λειτουργία της καρδιάς, εκδηλώνονται γαστρεντερικές διαταραχές, κόπωση και μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος του ζώου.

Στους χοίρους μειώνεται η όρεξη τους και ο ρυθμός ανάπτυξης, καθώς κάνουν εμετούς και έχουν προβλήματα αναπνευστικού επιπέδου. Στα πτηνά συμβαίνει περίπου ότι και στα μηρυκαστικά ζώα δηλαδή, έχουν απώλεια όρεξης, αδυνάτισμα και μετά από δέκα μέρες εμφανίζεται και η πολυνευρίτιδα. Παρόλα αυτά, λόγω διατροφής πλούσιας σε θειαμίνη, πενία της βιταμίνης είναι σχεδόν αδύνατο να συμβεί. Μια ξεχωριστή περίπτωση είναι των μηρυκαστικών, διότι, έχουν μερικά βακτήρια που παράγουν θειαμινάσες οι οποίες καταστρέφουν την θειαμίνη της μεγάλης κοιλίας. Αίτιο μεγάλης παραγωγής θειαμινασών είναι το νόσημα της γαλακτικής οξέωσης.





*Εικόνα 4.1 Αμνός με νέκρωση του φλοιού του εγκεφάλου*



*Εικόνα 4.2 Νεοσσός με πολυνευρίτιδα, παράλυση και οπισθότονο*



*Εικόνα 4.3 Μοσχόρι με παράλυση οπίσθιας μοίρας του σώματος & οπισθότονο*



*Εικόνα 4.4 Εγκάρσια τομή εγκεφάλου με νέκρωση του φλοιού σε μοσχόρι*

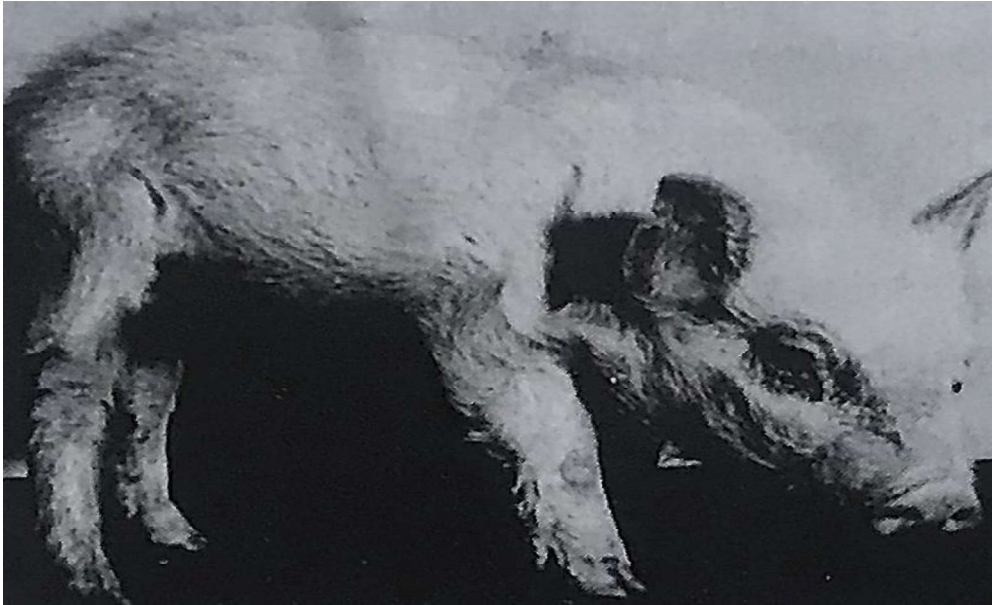
## **4.2: Βιταμίνη B<sub>2</sub>**

Η βιταμίνη B<sub>2</sub> (ριβοφλαβίνη) ανήκει στην ομάδα των φλαβοπρωτεϊνών και ασκεί τον ρόλο της ως μέρος του συνενζύμου των φλαβινικών ενζύμων που είναι δύο, το φλαβινομονο-νουκλεοτίδιο και το φλαβινοαδενοδινουκλεοτίδιο. Οι φλαβοπρωτεΐνες βρίσκονται στον οργανισμό των ζώων και πολλές από αυτές συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις οι οποίες μεταφέρουν υδρογόνο H<sup>+</sup>. Για αυτό, έχουν σπουδαία χρήση στις βιολογικές οξειδώσεις και στην παραγωγή ενέργειας. Η ριβοφλαβίνη συντίθεται από τα φυτά, τις ζύμες, τους μύκητες και από τα περισσότερα βακτήρια, εκτός των γαλακτοβάκιλλων. Οπότε, πηγές της βιταμίνης B<sub>2</sub> είναι η ζύμη, το ήπαρ, το γάλα και τα πράσινα μέρη των φυτών.

Κατάσταση πενίας συμβαίνει σε μεγαλύτερο ποσοστό στους χοίρους και στα πτηνά, ενώ, στα μηρυκαστικά είναι πολύ σπάνιο να συμβεί αφού η βιταμίνη (μαζί με τις περισσότερες υδατοδιαλυτές βιταμίνες) συντίθεται από τους μικροοργανισμούς της μεγάλης κοιλίας και έτσι δεν υπάρχει έλλειψη. Στους χοίρους, τα συμπτώματα είναι η μειωμένη όρεξη, μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης, εμετοί, τριχόπτωση, ανωμαλίες στους οφθαλμούς και δερματίτιδα. Επιπτώσεις μπορούν να συμβούν και στην αναπαραγωγική ικανότητα του ζώου, καθώς και στα νεογέννητα χοιρίδια. Άρα, η B<sub>2</sub> είναι απαραίτητη στις χοιρομητέρες για την εκδήλωση οίστρου και για φυσιολογικό τοκετό.

Στα πτηνά, προκαλείται πάλι μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης αλλά και εκφυλισμός των μυελικών ινών του ισχιακού νεύρου στους νεοσσούς, με τελικό αποτέλεσμα την συσπείρωση των δακτύλων. Φαινομενικά οι νεοσσοί αυτοί, έχουν κατεβασμένο κεφάλι και ανορθωμένες πτέρυγες ή βαδίζουν επί των μεταταρσίων οστών του ποδιού. Τέλος, για τις όρνιθες που ωστοκούν μειώνεται η εκκολαπτικότητα των αυγών και αυξάνεται σε μεγάλο ποσοστό ο βαθμός εμβρυϊκής θνησιμότητας.





*Εικόνα 4.5 Χοιρίδιο καχεκτικό με ξηρό ανορθωμένο τρίχωμα*



*Εικόνα 4.5 Χοιρίδιο με ξηρό ανορθωμένο τρίχωμα & δύσκαμπτα αδύνατα άκρα*



*Εικόνα 4.6 Νεογέννητο χοιρίδιο με υποδόριο οίδημα στα πρόσθια άκρα*

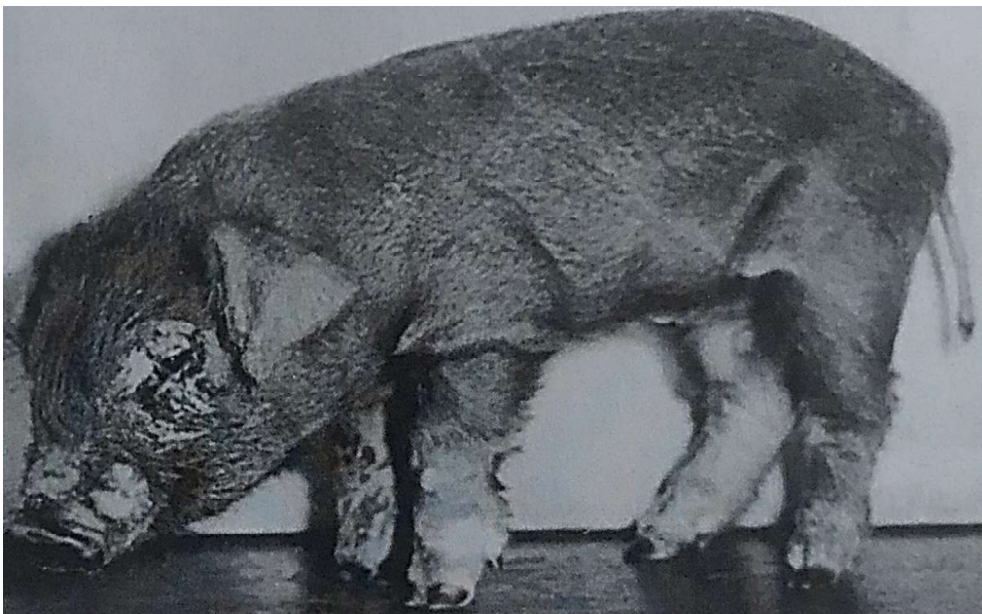


*Εικόνα 4.7 Νεοσσός με παράλυση & συσπείρωση δακτύλων*

### **4.3: Βιταμίνη B<sub>6</sub>**

Η βιταμίνη B<sub>6</sub> έχει ως πρωταρχική μορφή τη πυριδοξίνη η οποία βρίσκεται στα φυτά. Έχει ακόμα δύο μορφές την πυριδοξάλη και την πυριδοξαμίνη που είναι λιγότερο σταθερές από την πρώτη. Η πυριδοξάλη θεωρείται το αλδεϋδικό παράγωγο και υπάρχει στα ζωικά προϊόντα ενώ η πυριδοξαμίνη είναι το αμινικό παράγωγο που πάλι υπάρχει στα ζωικά προϊόντα. Ως βιταμίνη B<sub>6</sub> εκφράζονται και οι τρεις μορφές αφού μπορούν να αλληλομετατραπούν στους διάφορους ιστούς του οργανισμού ανάλογα και περιέχεται σε ζύμες, ελαιούχα σπέρματα, δημητριακούς καρπούς, ήπαρ και στο γάλα. Ο ρόλος της είναι ότι συμβάλει στην απορρόφηση αμινοξέων, λιπών και υδατανθράκων μέσω εντέρου καθώς είναι και απαραίτητη στη σύνθεση DNA/RNA.

Οπότε, σε κατάσταση πενίας επηρεάζεται αρνητικά κυρίως ο μεταβολισμός των αμινοξέων και εν τέλη ο ρυθμός ανάπτυξης του ζώου. Σε όλα τα παραγωγικά ζώα παρατηρούνται πάνω κάτω τα ίδια αποτελέσματα, δηλαδή αναιμίες, νευρικές διαταραχές και μειωμένη γονιμότητα. Στους χοίρους εμφανίζεται επιπλέον η μείωση της όρεξης για τροφή. Τα πτηνά, από την άλλη, κάνουν απότομες κινήσεις και οι ωοτόκες όρνιθες αποκτούν μειωμένη αυγοπαραγωγή και μειωμένη εκκολαπτικότητα. Η συνθήκη της πενίας, όμως, είναι πολύ σπάνιο να συμβεί διότι όπως διατυπώθηκε, βρίσκεται στις ζωοτροφές σε μεγάλο βαθμό.



*Εικόνα 4.8 Χοιρίδιο με δερματίτιδα περί τους οφθαλμούς και το ρύγχος*





*Εικόνα 4.9 Νεοσσός με ερεθισμένο οίδημα βλεφάρων*



*Εικόνα 4.10 Νεοσσός με πενικό πτέρωμα, έλλειψη συντονισμού κινήσεων & παράλυση*

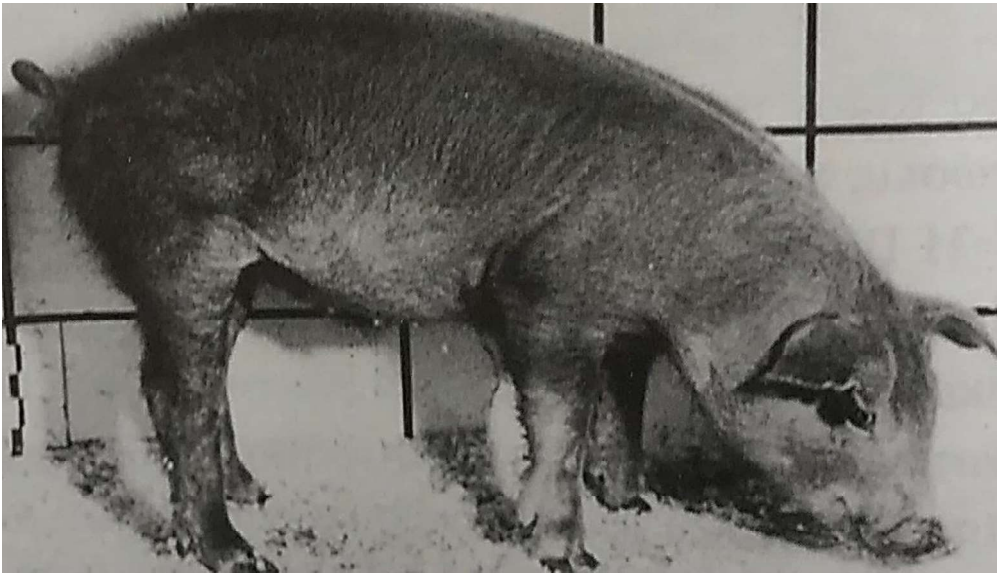
#### **4.4: Βιταμίνη B<sub>12</sub>**

Η βιταμίνη B<sub>12</sub> έχει την πιο σύνθετη μορφή από όλες τις βιταμίνες. Η βασική μονάδα είναι ο πυρήνας ο οποίος αποτελείται από δακτυλίους που περιέχουν άζωτο (N). Στο ενεργό κέντρο του πυρήνα υπάρχει ένα άτομο κοβαλτίου (Co) που συνήθως συνδέεται με μια ομάδα κυανίου (CN). Αυτή είναι η κύρια μορφή της βιταμίνης, η κυανοκοβαλαμίνη, που είναι και η πιο σταθερή και παράγεται εμπορικά. Στα ζώα, το κυάνιο μπορεί να αντικατασταθεί από διάφορα ιόντα και έτσι προκύπτουν ενώσεις οι οποίες δρουν ως συνένζυμα π.χ. μεθυλοκοβαλαμίνη. Αυτό γίνεται και στα φυτά με το συνένζυμο αδενουσυλκοβαλαμίνη.

Τέτοια συνένζυμα συμμετέχουν στην λειτουργία πολλών σημαντικών ενζυμικών συστημάτων όπως οι ισομεράσες και τα ένζυμα που εμπλέκονται στην βιοσύνθεση της μεθειονίνης (από την ομοκυστεΐνη) ή στη σύνθεση και ανάπτυξη ερυθρών αιμοσφαιρίων. Η βιταμίνη B<sub>12</sub> απορροφάται από το έντερο, αλλά πριν γίνει αυτό, πρέπει να δεσμευτεί με μια γλυκοπρωτεΐνη η οποία ονομάζεται ενδογενής παράγων και εκκρίνεται από το γαστρικό βλεννογόνο. Επιπλέον, πηγές της βιταμίνης είναι οι τροφές ζωικής προέλευσης ειδικά το ήπαρ στο οποίο κιάλας γίνεται η αποταμίευση της ήδη συντιθέμενης βιταμίνης.

Αν υπάρξει πενία, τα νεαρά ζώα επηρεάζονται παραπάνω από ζώα μεγαλύτερης ηλικίας. Η περίπτωση των μηρυκαστικών είναι λίγο ιδιαίτερη, καθώς και πάλι, σπάνια να βρεθούν σε κατάσταση πενίας. Η βιταμίνη συντίθεται μόνο από τους μικροοργανισμούς της μεγάλης κοιλίας εφόσον έχουν στην διάθεση τους κοβάλτιο (Co), αν δεν έχουν, δημιουργούνται επιπτώσεις στην γαλακτοπαραγωγή. Έτσι, για να μην υπάρξει έλλειψη πρέπει να χορηγηθεί στο ζώο κοβάλτιο με την τροφή. Πάντως, η ποσότητα του κοβαλτίου με την ποσότητα της βιταμίνης συνδέονται και πολλές φορές είναι δύσκολο να διακρίνει κάποιος, ανάμεσα στα δύο, που υπάρχει η έλλειψη.

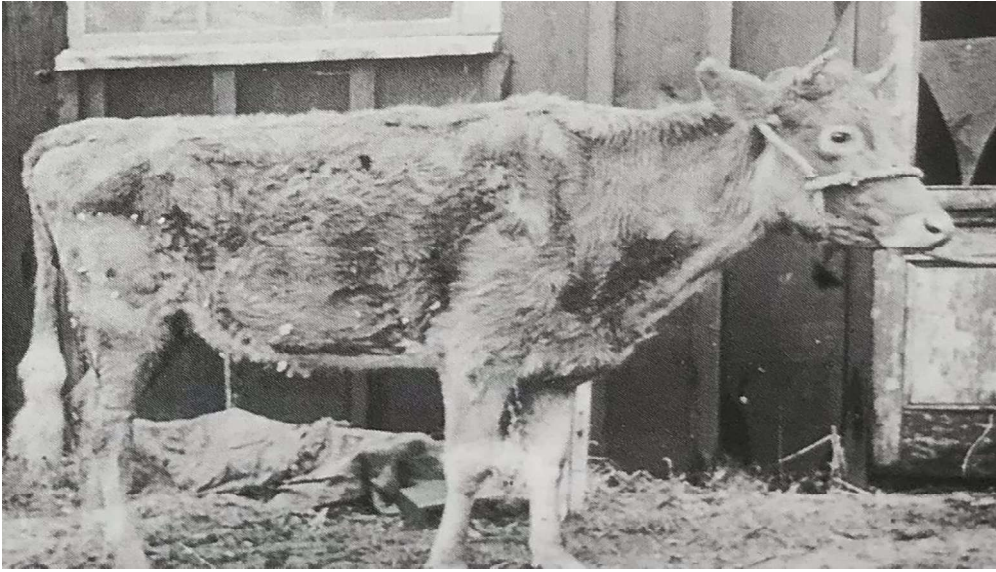
Γενικά, τα τρία κύρια αποτελέσματα της πενίας στα νεαρά παραγωγικά ζώα είναι ο μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης, η ανορεξία και η υψηλή θνησιμότητα. Τα χοιρίδια, εκτός από αυτά, παρουσιάζουν αδυναμία συντονισμού των οπίσθιων άκρων ενώ τα ενήλικα χοιρινά δερματίτιδα και τραχύ τρίχωμα. Στα πτηνά υπάρχει, επίσης, αδυναμία συντονισμού αλλά των κινήσεων και παράλυση καθώς υποβαθμίζεται η ποιότητα του πτερώματος και επηρεάζεται αρνητικά η εκκολαπτικότητα των αυγών.



*Εικόνα 4.11 Χοιρίδιο χαμηλής ανάπτυξης με τραχύ τρίχομα*



*Εικόνα 4.12 Έλλειψη συντονισμού κινήσεων & συστροφή δακτύλων σε νεοσσός*



*Εικόνα 4.13 Αγελάδα με απίσχναση & ξηρό ανορθωμένο τρίχωμα.*



## **4.5: Βιταμίνη C**

Η βιταμίνη C, αλλιώς ως ασκορβικό οξύ, συντίθεται στα ζώα από την D-γλυκόζη και πρώτα από όλα έχει οξειδοαναγωγικές ιδιότητες. Ειδικότερα, μπορεί να σταθεροποιήσει οξειδοαναγωγικά συστήματα των κυττάρων και χαρακτηρίζεται ως γενικός ενεργοποιητής του κυτταρικού μεταβολισμού, αυξάνοντας έτσι την αντίσταση του οργανισμού σε μολύνσεις. Μια άλλη χρήση είναι η συμμετοχή στη σύνθεση του κολλαγόνου και της ελαστίνης και έχει σημαντικό ρόλο στην μεταφορά των ιόντων σιδήρου (Fe) από την τρανσφερίνη στην αποφερρίνη, για σχηματισμό της φερριτίνης.

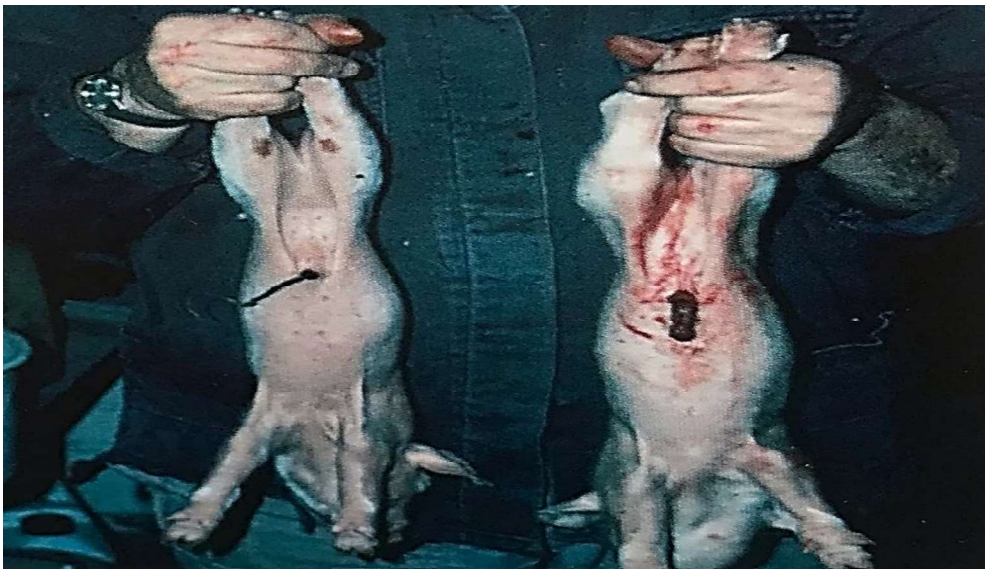
Η φερριτίνη είναι μια πρωτεΐνη η οποία αποθηκεύει το σίδηρο (Fe) στο μυελό των οστών, στο ήπαρ και στο σπλήνα. Εκτός από αυτά, η βιταμίνη C βοηθάει και στη μετατροπή της προλίνης σε υδροξυπρολίνη η οποία συμβάλλει στην δομή του συνδετικού ιστού, χόνδρων και οστών. Ακόμα, μαζί με την βιταμίνη E, προστατεύει τα κύτταρα από την οξειδωτική καταστροφή που προκαλείται από τις ελεύθερες ρίζες. Τέλος, συμμετέχει στην μετατροπή της βιταμίνης D<sub>3</sub> στην ενεργό μορφή της, 1,25 διυδροξυκαλσιφερόλης, δηλαδή, εν παρουσία παραθορμόνης.

Το ασκορβικό οξύ είναι θερμοσταθερό σε όξινο διάλυμα αλλά αποσυντίθεται γρήγορα με την παρουσία αλκαλίων και η καταστροφή της επιτυγχάνεται με την έκθεση του ηλίου. Καλές πηγές βιταμίνης C είναι τα εσπεριδοειδή φρούτα και τα λαχανικά με πλούσιο πράσινο φύλλωμα. Πενία της βιταμίνης συμβαίνει αν στα ζώα προκληθεί άγχος λόγω δύσκολων συνθηκών (π.χ. χαμηλές/υψηλές θερμοκρασίες). Τα συμπτώματα που εμφανίζονται στα παραγωγικά ζώα είναι αδυναμία, κόπωση, δύσπνοια και αιμορραγίες δέρματος, μυών και οργάνων.





*Εικόνα 4.15 Δυσπλασία οδοντών μοσχαριού*



*Εικόνα 4.16 Χοιρίδιο με αιμορραγικό ομφαλό από μητέρα με πενία βιταμίνης C (δεξιά)*

#### **4.6: Βιοτίνη**

Η βιοτίνη (ή βιταμίνη B<sub>7</sub>) είναι προσθετική ομάδα των καρβοξυλασών και οι ρόλοι της είναι η παραλαβή του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από το διττανθρακικό ανιόν (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), η ενεργοποίηση αυτού δια μέσου αδενινο-τρι-φωσφορικού (ATP) και η απόδοση του στα διάφορα υποστρώματα. Εκτός από αυτά, η βιοτίνη ελέγχει τρία σημαντικά ένζυμα που υπάρχουν στον οργανισμό των ζώων, τα οποία είναι η καρβοξυλάση του πυροσταφυλικού οξέος, η καρβοξυλάση του ακετολοσυνενζύμου Α και τελευταίο η καρβοξυλάση του προπιονυλοσυνενζύμου Α.

Η χρήση του πρώτου ενζύμου είναι η σύνθεση υδατανθράκων από το γαλακτικό οξύ, του δεύτερου ενζύμου είναι η σύνθεση λιπαρών οξέων, ο αναβολισμός των λιπών, καθώς και η συμβολή στην ένωση του διοξειδίου του άνθρακα με την αμμωνία (NH<sub>3</sub>), στα πρώτα στάδια του σχηματισμού της ουρίας. Τέλος, η χρήση του τρίτου είναι η συμμετοχή στην μεταβολική διαδικασία μετατροπής του προπιονικού σε ηλεκτρυλο-συνένζυμο Α.

Η βιοτίνη μπορεί να βρεθεί σε πολλές πηγές όπως στο ήπαρ, στο γάλα, στις ζύμες, στα ελαιούχα σπέρματα και στα λαχανικά. Ένα σημαντικό στοιχείο για την βιοτίνη είναι ότι σε μερικές τροφές είναι δεσμευμένη, δηλαδή, δεν μπορεί να απελευθερωθεί κατά την διαδικασία της πέψης οπότε δεν είναι βιοδιαθέσιμη για το ζώο. Για παράδειγμα, η βιοδιαθεσιμότητα της βιοτίνης του κριθαριού και του σίτου για τους χοίρους και τα πτηνά είναι χαμηλή, ενώ του αραβόσιτου και του σογιάλευρου είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Σε κατάσταση πενίας, στα μηρυκαστικά αλλά και στους χοίρους προκαλεί ρωγμές και εξελκώσεις στις χηλές, δερματίτιδα, τριχόπτωση και φλεγμονές στην στοματική κοιλότητα και βλέφαρα. Στα χοιρίδια ελαττώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης και η μετατρεψιμότητα της τροφής ενώ στις χοιρομητέρες επηρεάζεται αρνητικά η αναπαραγωγική τους ικανότητα. Στα πτηνά δημιουργείται πάλι μειωμένη ανάπτυξη, δερματίτιδα στο κεφάλι και στα πέλματα των ποδιών και ελάττωση της εκκολαπτικότητας. Επίσης, υπάρχουν παραμορφώσεις των εκκολαπτόμενων νεοσσών (π.χ. βραχεία κνήμη ή κυρτό ράμφος), πτωχή πτεροφυΐα και εκδήλωση του συνδρόμου του λιπαρού ήπατος και των νεφρών.

Πενία βιοτίνης δεν γίνεται μόνο από διατροφική έλλειψη αλλά και από άλλα αίτια. Ένα αίτιο είναι η τροφή του ωμού αυγού, επειδή το αυγό περιέχει μια πρωτεΐνη την αβιδίνη η οποία συνδυάζεται με την βιοτίνη και μπορεί να εμποδίσει την απορρόφηση της από το έντερο. Άλλο αίτιο είναι κάποια βακτήρια (*Streptomyces spp.*) που ζουν στο έδαφος και στο κόπρο, τα οποία βακτήρια παράγουν δύο πρωτεΐνες, την στρεπταβιδίνη και τη στραβιδίνη, που έχουν δράση ανάλογη της αβιδίνης. Σε μια τέτοια περίπτωση υπάρχει η λύση της θερμικής κατεργασίας η οποία αδρανοποιεί όλες αυτές τις πρωτεΐνες.



*Εικόνα 4.17 Υπερκερατινοποίηση χηλών και δέρματος χοίρου*



*Εικόνα 4.18 Νεοσσοί με πενία βιοτίνης*

#### **4.7: Νικοτιναμίδη**

Η νικοτιναμίδη ονομάζεται αλλιώς νικοτιναμίδιο ή νιασίνη και είναι το αμιδικό παράγωγο του νικοτινικού οξέος και αποτελεί μέρος των συνενζύμων των πυριδινικών ενζύμων NAD (νικοτινάμιδο-αδένινο-δινουκλεοτίδιο) και NADP (φωσφορικό NAD). Τα συνένζυμα αυτά παραλαμβάνουν υδρογόνο ( $H^+$ ) από το υπόστρωμα και το NAD το αποδίδει στα φλαβινικά ένζυμα ενώ το NADP σε άλλο υπόστρωμα. Επίσης, σαν νικοτιναμίδη, είναι απαραίτητη για την ακεραιότητα διαφόρων ιστών ειδικότερα στο δέρμα και στον γαστρεντερικό σωλήνα. Πλούσιες πηγές νικοτιναμίδης είναι το ήπαρ, οι ζύμες, το ηλιόλευρο και το αραχιδάλευρο.

Το αμινοξύ τρυπτοφάνη σχετίζεται με την νικοτιναμίδη γιατί η νικοτιναμίδη είναι πρόδρομη ένωση του αμινοξέος και έτσι μπορεί να την συνθέσει. Άρα αν υπάρχει επαρκή ποσότητα τρυπτοφάνης στον οργανισμό του ζώου, η πιθανότητα εκδήλωσης πενίας νικοτιναμίδης είναι λιγοστή. Για παράδειγμα, στον οργανισμό των πτηνών 45 mg τρυπτοφάνης ισοδυναμεί με 1 mg νικοτιναμίδης και έτσι προκύπτει η αναλογία 45:1. Σε τροφές οι αναλογίες είναι πολύ μεγαλύτερες π.χ. στο σογιάλευρο είναι 60 mg τρυπτοφάνης:1 mg νικοτιναμίδης.

Σε πενία νικοτιναμίδης οι χοίροι έχουν μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης, ανορεξία, εντερίτιδα, εμετούς, αλλοιώσεις του παχέος εντέρου και δερματίτιδα. Στην περίπτωση των πτηνών, εκδηλώνονται απώλειες στην όρεξη, δυσπλασίες στα οστά (π.χ. στρέβλωση των ποδιών), ανωμαλίες στην περοφυΐα και φλεγμονές στη στοματική κοιλότητα και το επάνω τμήμα του οισοφάγου. Πάντως, συμπτώματα εμφανίζονται συχνότερα σε πτηνά και χοίρους που τρέφονται με υψηλό ποσοστό καρπού αραβοσίτου, ο οποίος αραβόσιτος έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε νικοτιναμίδη αλλά και σε τρυπτοφάνη. Τα μηρυκαστικά μόνο αν είναι σε νεαρή ηλικία μπορεί να βρεθούν σε έλλειψη.



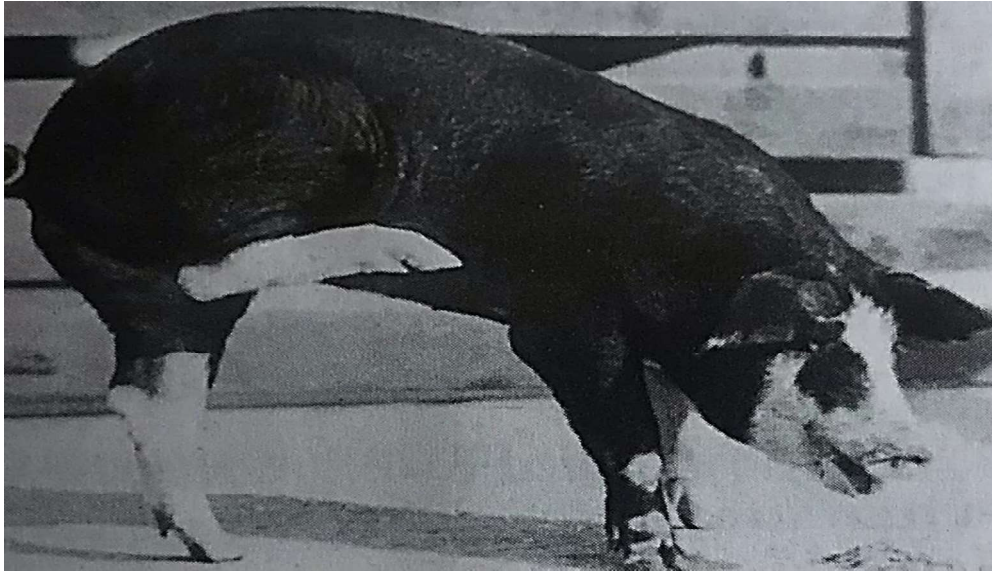


*Εικόνα 4.19 Συμπτώματα δερματίτιδας σε νεοσσό*

#### **4.8: Παντοθενικό οξύ**

Το παντοθενικό οξύ, ή βιταμίνη B<sub>5</sub>, είναι αμίδιο του παντοϊκού οξέος και της β-αλανίνης λειτουργώντας ως προσθετική ομάδα του συνενζύμου A. Το συνένζυμο A, και εν συνεχεία το παντοθενικό οξύ, συμμετέχει στην διαδικασία της οξειδωσης των λιπαρών οξέων, στον μεταβολισμό του οξικού και στην σύνθεση χοληστερόλης και στεροειδών ορμονών. Το παντοθενικό οξύ μόνο του είναι ασταθές και για αυτό κυκλοφορεί στο εμπόριο ως συνθετικό σκεύασμα, μαζί με ασβέστιο (Ca). Η ονομασία του οφείλεται στο ότι βρίσκεται παντού και κάποιες κύριες πηγές είναι το ήπαρ, ο κρόκος του αυγού, τα σπέρματα της αραχίδας, οι ζύμες, μελάσα, οι δημητριακοί καρποί και η πατάτα.

Κατάσταση πενίας παντοθενικού οξέος είναι σπάνιο να δημιουργηθεί. Αν υπάρξει όμως τα συμπτώματα που εμφανίζονται στους χοίρους είναι μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης, διάρροια, πτώση τριχών, διάφορες δερματίτιδες, μη φυσιολογικός βηματισμός (σαν χήνας) και αδυναμία ορθή στάσης σε ακραίες περιπτώσεις. Στα πτηνά, από την άλλη, προκαλείται πάλι δερματίτιδα, μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης αλλά και αποχρωματισμός των πτερών, κρούστα στην γωνία του ράμφους, μειωμένη εκκολαπτικότητα των αυγών καθώς και πρόωμη θνησιμότητα για τους νεοσσούς.



*Εικόνα 4.20 Χοιρίδιο με διαταραχές στην κίνηση, άκαμπο βηματισμό*



*Εικόνα 4.21 Αδυναμία στήριξης σε όρθια στάση σε χοιρίδιο*



#### **4.9: Φυλλικό οξύ**

Το φυλλικό οξύ έχει πολλά ενεργά παράγωγα σε διάφορα φυτικά εκχυλίσματα ενώ βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στα φύλλα των φυτών από το οποίο πήρε αυτή την ονομασία. Βέβαια, εκτός από αυτά τα μέρη, υπάρχει σε δημητριακούς καρπούς καθώς και σε άλευρα εκχυλισμένων ελαιούχων σπερμάτων. Επίσης, το φυλλικό οξύ μετά την απορρόφηση του από τον οργανισμό μετατρέπεται σε τετραϋδροφυλλικό οξύ, το οποίο είναι το συνένζυμο F.

Αυτό το συνένζυμο χρησιμοποιείται στην μετακίνηση και χρησιμοποίηση των απλών ομάδων φορμυλίου και μεθυλίου που προστίθενται ή μετακινούνται από τους μεταβολίτες σαν την ιστιδίνη, σερίνη, γλυκίνη, μεθειονίνη και τις πουρίνες. Μια άλλη χρήση είναι η συμμετοχή στην σύνθεση των DNA και RNA αλλά και των νευροδιαβιβαστών.

Ακόμα, έχει μια αρνητική ιδιότητα η οποία είναι ότι επηρεάζεται πολύ εύκολα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, μπορεί να γίνει αποικοδόμηση του οξέος από την υγρασία, ειδικά υπό υψηλές θερμοκρασίες, και από το τις ακτίνες του υπεριώδους φωτός. Αν όμως η οποιαδήποτε τροφή αποθηκευτεί σε ένα μέρος με ξηρότητα, το φυλλικό οξύ θα είναι αρκετά σταθερό.

Όσον αφορά την πενία, παρατηρείται σε όλα τα παραγωγικά ζώα μακροκυτταρική αναιμία, τριχόπτωση, μειωμένη ανάπτυξη και υψηλό ποσοστό θνησιμότητας που οφείλεται στην αναστολή της διαίρεσης των κυττάρων. Στα πτηνά ένα ακόμα σύμπτωμα πενίας είναι η επιβράδυνση στην ανάπτυξη των οστών και των πτερών και μειωμένη εκκολαπτικότητα των αυγών.



*Εικόνα 4.22 Νεοσσοί με μειωμένη ανάπτυξη & κακή ποιότητα πτερώματος*

#### **4.10: Χολίνη**

Η χολίνη μπορεί και βιοσυντίθεται, αλλά σε αντίθεση με τις υπόλοιπες βιταμίνες του συμπλέγματος Β, δεν αποτελεί μεταβολικό καταλύτη και παρόλα αυτά είναι απαραίτητο δομικό συστατικό των ιστών του σώματος. Είναι συστατικό των λεκιθινών οι οποίες έχουν ζωτική χρήση στη δομή και δραστηριότητα των κυττάρων. Επίσης, βοηθάει στο μεταβολισμό των λιπιδίων στο ήπαρ μετατρέποντας την περίσσεια λίπους σε λεκιθίνη ή αυξάνοντας τα λιπαρά οξέα, προλαμβάνοντας έτσι τη συσσώρευση λίπους στο ήπαρ.

Η χολίνη, επιπλέον, προέρχεται από την ακετυλοχολίνη η οποία ένωση είναι ένας από τους νευρομεταβιβαστές, δηλαδή είναι υπεύθυνη για τη μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων. Μια τελευταία χρήση είναι η δράση της ως δότης μεθυλικών ομάδων κατά τον διάμεσο μεταβολισμό όπου μπλέκεται το φυλλικό οξύ και η Β<sub>12</sub>. Από τους πρώτους δότες μεθυλικών ομάδων είναι η μεθειονίνη και η βεταΐνη αλλά δεν μπορούν να αντικαταστήσουν την χολίνη στις άλλες αναφερόμενες λειτουργίες της.

Πηγές πλούσιες σε χολίνη είναι η χλωρά νομή, οι ζύμες, ο κρόκος του αυγού και οι δημητριακοί καρποί. Η χολίνη συντίθεται στο ήπαρ από την μεθειονίνη, άρα η ποσότητα της επηρεάζεται από την ποσότητα της μεθειονίνης. Οπότε, λόγω αυτού, πενία παρατηρείται σπάνια. Αν υπάρξει, τα δύο κοινά μεγάλα συμπτώματα στους χοίρους και τα πτηνά είναι επιβράδυνση της ανάπτυξης και ο λιπώδης εκφυλισμός του ήπατος.

Εκτός από αυτά, στους χοίρους αναπαραγωγής μειώνεται η ικανότητα της γονιμότητας, αυξάνεται η θνησιμότητα των νεογνών ενώ κάποια νεογνά μπορεί να παρουσιάσουν παράλυση των οπίσθιων άκρων και δυσκαμψία των αρθρώσεων στα πρόσθια άκρα. Στα πτηνά, από την άλλη, εκδηλώνεται ακόμα ένα σύμπτωμα το οποίο είναι η πήρωση δηλαδή η ανώμαλη διάπλαση όλων των άκρων.

Αξίζει να διατυπωθεί ότι οι ανάγκες ενός οργανισμού σε χολίνη είναι συνεχείς διότι υπάρχει αδιάκοπη απώλεια CH<sub>3</sub> υπό μορφή κρεατινίνης με τα ούρα και υπό μορφή κρεατίνης κατά την κυοφορία ενός θηλυκού ζώου. Επομένως χορήγηση χολίνης πραγματοποιείται όταν η λιποσύνθεση σε έναν οργανισμό είναι έντονη, η μυϊκή κατάσταση είναι μεγάλη, το ζώο κυοφορεί και τέλος, όταν η μεθειονίνη υπάρχει σε ποσότητα τέτοια που καλύπτει μόνο τις ανάγκες ως αμινοξύ.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ**

Συμπερασματικά, οι βιταμίνες υπάρχουν σε όλους τους οργανισμούς, από τους κατώτερους μέχρι τους ανώτερους, και είναι πολύ σημαντικές και χρήσιμες για τους ανθρώπους, τα φυτά και τα ζώα ασχέτως της μικρής συγκέντρωσης τους. Ένα χαρακτηριστικό των βιταμινών είναι ότι δεν μπορούν να σχηματιστούν από τον οργανισμό. Οπότε, όσον αφορά τα παραγωγικά ζώα θα πρέπει να τους προσφέρεται καθημερινό σιτηρέσιο πλούσιο σε όλα τα θρεπτικά συστατικά (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες, ανόργανα στοιχεία), ακόμα και σε βιταμίνες, γιατί όπως φάνηκε μια πιθανή έλλειψη μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο την υγεία και την ικανότητα παραγωγής οποιουδήποτε ζώου. Εξαίρεση στον κανόνα είναι η κατηγορία των μηρυκαστικών διότι μέσω των μικροοργανισμών της μεγάλης κοιλίας μπορούν να παράγουν κυρίως τις βιταμίνες του συμπλόκου Β, αν και σε μικρή ηλικία δεν έχουν σχηματίσει όλους τους προστόμαχους και σε συνέπεια αυτούς τους μικροοργανισμούς, ως αποτέλεσμα να χρειάζεται πάλι η χορήγηση όλων των βιταμινών μέσω της διατροφής.

## **Βιβλιογραφία**

### **Ελληνική:**

Γεώργιος Π. Ζερβάς, Φυσιολογία Θρέψης Παραγωγικών Ζώων, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, 2015.

DSM Nutritional Products Hellas, Optimum Vitamin Nutrition: Οδηγίες για θρέψη βιταμινών, Αθήνα, 2022.

### **Ξένη:**

McDonald, Peter, R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh, C.A. Morgan, L.A. Sinclair, and R.G. Wilkinson. Animal nutrition. Harlow, England: Pearson, 2022.

### **Εικόνες:**

Του βιβλίου Γεώργιος Π. Ζερβάς, Φυσιολογία Θρέψης Παραγωγικών Ζώων, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, 2015.