



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ  
ΒΑΣΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΖΩΩΝ**

**Έκδοση 2<sup>η</sup>**

**Σωτήριος Κανδρέλης**  
Καθηγητής ΤΕΙ

**Χρήστος Ρούκος**  
Γεωπόνος M.Sc.

**Χαράλαμπος Κουτσούκης**  
Τεχνολόγος Γεωπονίας Ζ.Π. M.Sc.

**ΑΡΤΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009**



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

σελ.

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
Σκοπός .....	1
Ασφάλεια στο χημικό εργαστήριο .....	1
Βασικοί Κανόνες Εργαστηριακής Ασφάλειας.....	1
Τρόποι Αντιμετώπισης Ατυχημάτων .....	2
Απεσταγμένο / Απιονισμένο νερό .....	3
<b>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ (I)</b>	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b>	
<b>ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ &amp; ΣΩΜΑΤΟΣ ΖΩΩΝ .....</b>	<b>5</b>
Γενικά .....	5
Οι Ζωοτροφές.....	6
Βασικοί Ορισμοί .....	6
Διάκριση Ζωοτροφών.....	9
Απλές ζωοτροφές .....	9
Σύνθετες ζωοτροφές.....	12
Το νερό και ο ρόλος του .....	15
Χημική σύσταση του ζωικού σώματος .....	16
Χημική σύσταση ζωοτροφών .....	18
Σύγκριση χημικής σύστασης ζωικού σώματος & ζωοτροφών .....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>.....</b>	<b>20</b>
<b>ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ .....</b>	<b>20</b>
Η ανάγκη για εκτίμηση των ζωοτροφών .....	20
Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση των ζωοτροφών .....	21
Φυσική εκτίμηση ζωοτροφών .....	23
Εκτίμηση ζωοτροφών με χημική ανάλυση.....	24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b>	
<b>ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ &amp; ΑΛΕΣΗ ΠΡΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ.....</b>	<b>26</b>
Προετοιμασία Δειγμάτων & Άλεση προς ανάλυση ζωοτροφών .....	26
Μύλος Knifetec 1095 .....	27
Μύλος Kinematica Polymix.....	29
<b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ (II)</b>	
<b>ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ .....</b>	<b>30</b>
<b>Εισαγωγή στη μέθοδο Weende.....</b>	<b>31</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b>	
<b>Προσδιορισμός Υγρασίας – Ξηρής Ουσίας .....</b>	<b>34</b>
Εισαγωγή .....	34
Πορεία εργασίας.....	36

Υπολογισμοί.....	37
Παράδειγμα Υπολογισμού .....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°</b>	
<b>Προσδιορισμός οργανικής &amp; ανόργανης ουσίας (τέφρας) .....</b>	<b>39</b>
Πορεία εργασίας.....	40
Υπολογισμοί.....	41
Παράδειγμα Υπολογισμού .....	41
Προσδιορισμός τέφρας αδιάλυτης σε υδροχλωρικό οξύ.....	42
Ρόλος ανόργανων στοιχείων στον ζωικό οργανισμό.....	43
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°</b>	
<b>Προσδιορισμός Αζωτούχων Ουσιών .....</b>	<b>46</b>
Αρχή της μεθόδου Kjeldahl .....	48
Αντιδραστήρια .....	49
Πορεία εργασίας.....	49
Υπολογισμοί .....	50
Προσδιορισμός Αζωτούχων Ουσιών κατά Kjeldahl με χρήση της συσσκευής Varodest 40 .....	52
Αντιδραστήρια .....	52
Πορεία Εργασίας .....	52
Οδηγίες Χρήσης της συσκευής Varodest 40.....	55
Προγραμματισμός συσκευής Varodest 40 .....	55
Επιλογή Προγράμματος Απόσταξης.....	56
Καθαρισμός συσκευής απόσταξης.....	57
Οι πρωτεΐνες και η σημασία τους στις ζωοτροφές.....	59
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°</b>	
<b>Προσδιορισμός Λιπαρών Ουσιών κατά Soxhlet με χρήση της συσκευής Soxtherm.....</b>	<b>63</b>
Αντιδραστήρια .....	63
Πορεία Εργασίας .....	64
Οι λιπαρές ουσίες και η σημασία τους στις ζωοτροφές .....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8°</b>	
<b>Προσδιορισμός Ινωδών Ουσιών .....</b>	<b>69</b>
Προσδιορισμός Ινωδών Ουσιών κατά Weende με χρήση της συσσκευής FIBERTEC .....	70
Αντιδραστήρια .....	70
Πορεία εργασίας.....	70
Έννοια των Ινωδών Ουσιών της ζωοτροφής .....	72
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9°</b>	
<b>Προσδιορισμός Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών (ΕΝΕΟ).....</b>	<b>74</b>

Η έννοια των ΕΝΕΟ.....	74
Σημασία των μη αζωτούχων ουσιών στις ζωοτροφές .....	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10°</b>	
<b>Αδυναμίες μεθόδου Weende &amp; ανάπτυξη μεθόδου Van Soest and Moore .....</b>	<b>77</b>
Οι αδυναμίες της μεθόδου Weende.....	77
Μέθοδος Van Soest & Moore .....	78
Ινώδεις Ουσίες Ουδέτερου Διαλύματος Απορρυπαντικών (NDF) .....	79
Ινώδεις Ουσίες Όξινου Διαλύματος Απορρυπαντικών (ADF) .....	79
Αδιάλυτη Λιγνίνη (ADL).....	79
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11°</b>	
<b>Προσδιορισμός NDF .....</b>	<b>82</b>
Προσδιορισμός των αδιάλυτων σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών ουσιών (NDF) της τροφής.....	82
Αντιδραστήρια .....	82
Πορεία εργασίας.....	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12°</b>	
<b>Προσδιορισμός ADF .....</b>	<b>84</b>
Προσδιορισμός των αδιάλυτων σε όξινο διάλυμα απορρυπαντικών ουσιών (ADF) της τροφής.....	84
Αντιδραστήρια .....	84
Πορεία εργασίας.....	84
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13°</b>	
<b>Προσδιορισμός λιγνίνης.....</b>	<b>86</b>
Προσδιορισμός της αδιάλυτης σε 72% θειικό οξύ λιγνίνης (ADL) της τροφής.....	86
Αντιδραστήρια .....	86
Πορεία εργασίας.....	86
Σημασία των Ινώδων Ουσιών στις ζωοτροφές .....	88
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14°</b>	
<b>Άλλες Αναλύσεις .....</b>	<b>89</b>
Χρωματογραφία .....	89
Φασματομετρία .....	90
Χρωματομετρία .....	91
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15°</b>	
<b>Κανονικά Διαλύματα .....</b>	<b>92</b>
Παρασκευή κανονικού διαλύματος από στερεά ουσία.....	93
Παρασκευή κανονικού διαλύματος από υγρό.....	94
Συντελεστής Διόρθωσης Κανονικών Διαλυμάτων .....	95

## **ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ (ΙΙΙ)**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16°**

#### **ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ**

#### **ΤΡΟΦΩΝ ..... 97**

Εισαγωγή ..... 97

Ολική Ενέργεια (Θερμιδική Αξία Ζωοτροφών) ..... 98

Πεπτή Ενέργεια (Π.Ε.) ..... 100

    Προσδιορισμός Π.Ε. με πειράματα πεπτικότητας ..... 101

    Πεπτικότητα της ενέργειας ..... 101

Μεταβολιστέα Ενέργεια (Μ.Ε.) ..... 102

    Ενέργεια ούρων ..... 102

    Ενέργεια μεθανίου ..... 103

    Μεταβολισμότητα της ενέργειας ..... 103

Καθαρή Ενέργεια ..... 104

    Συντελεστής αξιοποίησης Μ.Ε. .... 105

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17°**

#### **ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΠΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ**

#### **ΤΡΟΦΩΝ & ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΤΟΥΣ ..... 108**

Η έννοια της πεπτικότητας ..... 108

    Παράδειγμα ..... 110

Προσδιορισμός Πεπτικότητας ..... 111

    Σύνθετο πείραμα πέψεως ..... 112

Πεπτικότητα ανόργανων στοιχείων ..... 114

Παράγοντες που επηρεάζουν την πεπτικότητα ..... 115

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ..... 117**

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

#### **ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΣΚΕΥΗ & ΣΥΣΚΕΥΕΣ ..... 119**

Όργανα μέτρησης όγκου (υγρών) ..... 119

Όργανα ζύγισης ..... 121

Βοηθητικά όργανα ζύγισης ..... 121

Όργανα και σκεύη γενικής χρήσης ..... 121

Εργαστηριακές Συσκευές ..... 123

    Το Αδιαβατικό Θερμιδόμετρο ..... 123

    Συσκευή SOXATHERM για τον προσδιορισμό του λίπους κατά

    Soxhlet ..... 125

    Συσκευή FIBERTEC για τον προσδιορισμό των Ινωδών Ουσιών ..... 126

    Μύλος άλεσης ..... 127

    Μύλος άλεσης ..... 127



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## *Σκοπός*

Οι εργαστηριακές ασκήσεις που θα πραγματοποιηθούν στα πλαίσια του μαθήματος της Βασικής Διατροφής Αγροτικών Ζώων, αποσκοπούν στην κατανόηση και εξοικείωση των φοιτητών με τη χρήση εργαστηριακών οργάνων και με τη διεξαγωγή πειραματικών αναλύσεων σε ζωοτροφές.

Η χημική ανάλυση των ζωοτροφών σε συνδυασμό με τον έλεγχο και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των αναλύσεών τους, αποτελούν την αναγκαία συνθήκη για να επιτευχθεί η βελτίωση της διατροφής των αγροτικών ζώων και των παραγόμενων από αυτά προϊόντων.

Ένα σύγχρονο εργαστήριο χημικής ανάλυσης και ελέγχου των ζωοτροφών, δύναται να αποτελέσει κομβικό σημείο στη προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων.

Στα πλαίσια των εργαστηριακών ασκήσεων του μαθήματος "Βασική Διατροφή Αγροτικών Ζώων" θα πραγματοποιηθούν απλά πειράματα ποιοτικής ανάλυσης δειγμάτων.

## *Ασφάλεια στο χημικό εργαστήριο*

Ο κάθε εργαζόμενος σε χημικό εργαστήριο πρέπει να έχει εις γνώση του ότι εργάζεται σε ένα περιβάλλον, όπου ενδεχομένως ορισμένες αντιδράσεις ή οι συγκεκριμένες συνθήκες κατά την εκτέλεση μιας εργασίας να εμπεριέχουν κίνδυνο πρόκλησης σωματικής ή υλικής βλάβης. Επομένως, ορισμένες προφυλάξεις είναι πάντοτε απαραίτητες, η δε τήρηση ορισμένων βασικών κανόνων και μέτρων ασφαλείας είναι αναγκαίες προϋποθέσεις για την ομαλή λειτουργία του εργαστηρίου.

## *Βασικοί Κανόνες Εργαστηριακής Ασφάλειας*

Η τήρηση των βασικών κανόνων ασφαλείας που δίνονται πιο κάτω αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του εργαστηριακού μαθήματος. Επομένως:

1. Απαγορεύεται το κάπνισμα και η κατανάλωση τροφίμων και ποτών.
2. Πρέπει όλοι να γνωρίζουν τη θέση των πυροσβεστήρων, των πηγών νερού, του φαρμακείου και των εξόδων κινδύνου.



- 3.** Επιβάλλεται η χρήση εργαστηριακής μπλούζας και συνιστάται η χρήση προστατευτικών γυαλιών, ειδικά για όσους φορούν φακούς επαφής. Επίσης, συνιστάται η χρήση κλειστών παπουτσιών και όχι σανδαλιών. Σε περίπτωση που κάποια χημική ουσία έρθει σε επαφή με τα μάτια ή το δέρμα, συνιστάται η πλύση τους με άφθονο νερό.
- 4.** Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή τοξικών ή διαβρωτικών ουσιών με το δέρμα. Σε περίπτωση επαφής, απαιτείται η έκπλυση με άφθονο νερό. Σε περίπτωση που η διαβρωτική ουσία προσβάλει το ρουχισμό, αυτός πρέπει να απομακρυνθεί.
- 5.** Να αποφεύγεται η επαφή των χημικών αντιδραστηρίων με το δέρμα. Δυνατή είναι και η χρήση κατάλληλων γαντιών. Όταν φεύγετε από το εργαστήριο, πλένετε τα χέρια σας με άφθονο νερό και σαπούνι.
- 6.** Να αποφεύγεται η εισπνοή ατμών οποιουδήποτε είδους.
- 7.** Όλες οι εργασίες που περιλαμβάνουν ή απελευθερώνουν ισχυρά οξέα, τοξικές ή πτητικές ουσίες πρέπει να εκτελούνται σε απαγωγούς.
- 8.** Η αραίωση πυκνών οξέων, και ιδιαίτερα του θειικού οξέως, γίνεται με προσθήκη του πυκνού οξέος στο νερό και όχι αντίστροφα.
- 9.** Τα υγρά απόβλητα πρέπει να απορρίπτονται στους κεντρικούς νεροχύτες κάθε πάγκου εργασίας. Στη συνέχεια να ανοίγονται οι βρύσες και να πλένονται με άφθονο νερό, προκειμένου να μη διαβρώνονται οι σωλήνες της αποχέτευσης. Τα στερεά απορρίμματα (ηθμοί, χαρτιά κ.λπ) να ρίχνονται στα δοχεία απορριμμάτων και όχι στους νεροχύτες.
- 10.** Απαγορεύεται η θέρμανση γυάλινων σκευών μέτρησης (π.χ. σιφώνια, ογκομετρικές φιάλες).
- 11.** Απαγορεύεται η παρουσία στο εργαστήριο, χωρίς ενημέρωση του υπεύθυνου εργαστηρίου και χωρίς την παρουσία του.
- 12.** Σε περίπτωση οποιουδήποτε ατυχήματος πρέπει να ενημερώνεται αμέσως ο υπεύθυνος εργαστηρίου.

### ***Τρόποι Αντιμετώπισης Ατυχημάτων***

- Ένα από τα συνηθέστερα ατυχήματα είναι οι αμυχές ή τραυματισμοί που προκαλούνται από τη θραύση γυάλινων σκευών ή κατά την εισδοχή γυάλινων σωλήνων σε διάτρητα πώματα από ελαστικό. Για την αποφυγή τέτοιων ατυχημάτων συνιστάται η διαβροχή των σκευών με νερό ή λιπαντικό και η χρήση υφάσματος.

- Σε περίπτωση απλών εγκαυμάτων, απλά ξεπλύνετε με άφθονο τρεχούμενο νερό. Για εγκαύματα μεγαλύτερης έκτασης είναι απαραίτητη η συνδρομή του γιατρού.
- Ο κίνδυνος πυρκαγιάς λόγω εύφλεκτων και πτητικών ενώσεων είναι υπαρκτός, γι' αυτό είναι απαραίτητη η γνώση της τοποθεσίας και του χειρισμού των πυροσβεστήρων με ποικίλες γομώσεις. Η χρήση νερού για τον έλεγχο της πυρκαγιάς δεν ενδείκνυται, μια και πολλές χημικές ουσίες αναφλέγονται με την παρουσία νερού (π.χ. Na, K, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Στο εργαστήριο υπάρχουν ειδικά σήματα κινδύνου και ειδικών μέτρων προστασίας που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια εργασίας στο εργαστήριο. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα αντίστοιχα σήματα και ενδείξεις που αναγράφονται στην ετικέτα συσκευασίας κάθε χημικής ουσίας που χρησιμοποιείται.

### ***Απεσταγμένο / Απιονισμένο νερό***

Για τις χημικές αντιδράσεις και διεργασίες που πραγματοποιούνται σ' ένα εργαστήριο χρησιμοποιείται πάντοτε το χημικά καθαρό νερό. Το κοινό πόσιμο νερό περιέχει, εκτός από διαλυμένα σε αυτό αέρια, και αρκετές ενώσεις κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου στη μορφή όξινων ανθρακικών αλάτων καθώς και ιόντα νατρίου, χλωρίου, σιδήρου, θειικά, κ.ά. Τα παραπάνω προκαλούν ανεπιθύμητες παρεμβολές στην εκτέλεση των χημικών αντιδράσεων και διεργασιών. Το νερό που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο μπορεί να ληφθεί:

- 1.** με απόσταξη, που επιτυγχάνεται με βρασμό και ψύξη των υδρατμών, και
- 2.** με απιονισμό (δηλαδή απομάκρυνση των αλάτων που περιέχονται στο νερό) που επιτυγχάνεται με τη δίοδο του νερού σε ειδικές ρητίνες (ιοντοεναλλακτικές) ή σε ειδικές μεμβράνες.

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ (I)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ & ΣΩΜΑΤΟΣ ΖΩΩΝ

#### *Γενικά*

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η διατροφή σήμερα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη ζωική παραγωγή καθώς δεν επηρεάζει μόνο την υγεία και την παραγωγικότητα των αγροτικών ζώων, αλλά και το κόστος παραγωγής των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων.

Η ορθή επιλογή των διαθέσιμων ζωοτροφών απαιτεί την ακριβή γνώση της θρεπτικής τους αξίας, ώστε να καλύπτουν επαρκώς τις διατροφικές ανάγκες των ζώων, συμπιέζοντας παράλληλα το κόστος παραγωγής. Αυτό ουσιαστικά προϋποθέτει τον ακριβή καθορισμό των αναγκών των ζώων σε ενέργεια και θρεπτικά συστατικά αλλά και την ακριβή γνώση της θρεπτικής αξίας των ζωοτροφών.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι η μετατροπή των θρεπτικών συστατικών σε τελικό προϊόν δεν μπορεί να είναι πλήρης, αφού μέρος αυτών διατίθεται για τη λειτουργία των διαφόρων οργάνων του ζώου. Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στους ζωικούς οργανισμούς και χαρακτηρίζουν τη ζωή, είναι το αποτέλεσμα μιας **διαρκούς μεταβολής της κατάστασης και της δομής της ύλης**. Η ζώσα ύλη φθείρεται κατά τις μεταβολές και αντικαθίσταται με την τροφή, τα συστατικά της οποίας ανήκουν από χημικής άποψης στις ίδιες κατηγορίες ενώσεων όπως και τα συστατικά του σώματος.

Επομένως, η εξέταση της χημικής σύνθεσης του ζωικού σώματος σε σχέση με την αντίστοιχη των τροφών που προορίζονται για αυτά, είναι σκόπιμη προκειμένου να κατανοηθούν καλύτερα όλα όσα αφορούν στις λειτουργίες της θρέψης και στην ικανοποίηση των θρεπτικών αναγκών των αγροτικών ζώων.

Τα βασικά συστατικά τόσο του ζωικού σώματος όσο και των ζωοτροφών είναι το **νερό** (υγρασία) και η **ξηρά ουσία**, η οποία διακρίνεται στα οργανικά και στα ανόργανα συστατικά.

Τα οργανικά συστατικά περιλαμβάνουν τους υδατάνθρακες, τα λίπη, τις πρωτεΐνες, τις βιταμίνες, τα οργανικά οξέα, κτλ., ενώ τα ανόργανα συστατικά περιλαμβάνουν μια σειρά ανόργανων στοιχείων, σπουδαιότερα από τα οποία είναι το **ασβέστιο (Ca)** και ο **φωσφόρος (P)** στα ζώα και το **κάλλιο (K)** και το **πυρίτιο (Si)** στα φυτά.

## Οι Ζωοτροφές

### Βασικοί Ορισμοί

Γενικά, ως **ζωοτροφή**, από φυσιολογική σκοπιά, ορίζεται κάθε ύλη η οποία μετά την πρόσληψή της μπορεί να πεφθεί, να απορροφηθεί και να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό του ζώου.

Ένας πιο πλήρης ορισμός του όρου ζωοτροφή παρέχεται από τον Καλαϊσάκη (1975) σύμφωνα με τον οποίο **ζωοτροφή** είναι κάθε ύλη φυτικής, ζωικής ή ανόργανης προέλευσης, η οποία παράγεται φυσικά ή τεχνητά και προάγει το φαινόμενο της θρέψης, χωρίς να θίγει την υγεία του ζώου.

Επομένως, οι ζωοτροφές προκειμένου να εκπληρώσουν τον φυσιολογικό τους ρόλο, πρέπει να περιέχουν **θρεπτικά συστατικά** και να μην περιέχουν **βλαπτικούς για την υγεία του ζώου παράγοντες** ή αν περιέχουν να βρίσκονται σε ποσότητα που να μην απαγορεύουν τη χρήση τους, ενώ μπορούν να περιέχουν **αδρανή** συστατικά.

**Θρεπτικά συστατικά** είναι οι ουσίες που εμπλέκονται στα μεταβολικά φαινόμενα του ζωικού οργανισμού και του επιτρέπουν την εκδήλωση μιας ή περισσοτέρων από τις φυσιολογικές του λειτουργίες. Τα θρεπτικά συστατικά διακρίνονται σε:

- i. Δομικά συστατικά: Περιλαμβάνονται οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι πρωτεΐνες, το νερό και τα μακροστοιχεία. Είναι τα θρεπτικά συστατικά που συμβάλλουν στη διάπλαση των ιστών του σώματος.
- ii. Δυναμικά συστατικά: Περιλαμβάνονται τα ιχνοστοιχεία και οι βιταμίνες. Τα συστατικά αυτά περιέχονται στις ζωοτροφές και στο ζωικό σώμα σε πολύ μικρές ποσότητες, ενώ η φυσιολογική τους δράση χαρακτηρίζεται από δυναμική παρέμβαση στον κυτταρικό μεταβολισμό.

Οι **αντιδιαιτητικοί παράγοντες** περιλαμβάνουν συστατικά των ίδιων των ζωοτροφών ή το αποτέλεσμα επιμολύνσεων αυτών και μπορεί να είναι τοξικά προκαλώντας προβλήματα στην υγεία του ζώου ή παρεμποδίζουν την ομαλή εξέλιξη των φαινομένων της θρέψης (π.χ. γλυκοζίτες, αλκαλοειδή, ταννίνες, κτλ).

Τα **αδρανή συστατικά** είναι ουσίες που μπορεί να περιέχονται στη ζωοτροφή αλλά δεν εμπλέκονται στα φαινόμενα της πέψης των ζώων και κατ' επέκταση στις μεταβολικές διαδικασίες του οργανισμού. Υπό αυτές τις συνθήκες δεν έχουν ούτε θετική ούτε αρνητική επίδραση στο ζώο.

Ως **πρόσθετες ύλες ζωοτροφών** ορίζονται οποιαδήποτε ουσίες οι οποίες προστίθενται στη ζωοτροφή με σκοπό να βελτιώσουν τα διαιτητικά της χαρακτηριστικά ή για να βελτιώσουν την ποσότητα ή την ποιότητα των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων. Οι πρόσθετες ύλες κατατάσσονται σε τέσσερις (4) κατηγορίες:

- 1. Συμπληρώματα θρεπτικών συστατικών:** Περιλαμβάνονται διάφορα θρεπτικά συστατικά που χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στις ζωοτροφές προκειμένου να τις συμπληρώσουν, είτε λόγω της ανεπάρκειάς τους στην περιεκτικότητα των αντίστοιχων συστατικών είτε λόγω ευαισθησίας αυτών και καταστροφής τους κατά το χρόνο συντήρησης ή κατά τη διάρκεια της ενδεχόμενης επεξεργασίας των ζωοτροφών. Τέτοια συστατικά είναι οι βιταμίνες, οι προβιταμινικές ενώσεις (π.χ. καροτίνη), συστατικά με δράση παρόμοια των βιταμινών, απαραίτητα αμινοξέα, απαραίτητα λιπαρά οξέα και τα διάφορα άλατα ιχνοστοιχείων.
- 2. Βοηθητικές ουσίες:** Ουσίες που προστίθενται στις ζωοτροφές για να βελτιώσουν τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά ή για να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα αντιοξειδωτικά, γαλακτωματοποιητές, βελτιωτικά της γεύσης των ζωοτροφών, συντηρητικές ουσίες, βελτιωτικά ροής και συγκολλητικές ουσίες. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι διάφορες χρωστικές που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη βελτίωση του χρώματος των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων (π.χ. ξανθοφύλλες και φυτικά εκχυλίσματα για τη χρώση της λεκίθου των αυγών).
- 3. Βελτιωτικά πέψης:** Οι ουσίες αυτές αποσκοπούν στην καλύτερη αξιοποίηση των συστατικών της τροφής στο πεπτικό σύστημα των ζώων, συμβάλλοντας στην καλύτερη εκμετάλλευση του σιτηρεσίου και στην αύξηση της παραγωγής του ζώου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι οξινιστές, τα ένζυμα, τα προβιοτικά και οι αυξητικοί παράγοντες.
- 4. Προληπτικοί των ασθενειών παράγοντες:** Είναι φαρμακευτικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την πρόληψη των ασθενειών των ζώων. (π.χ. κοκκιδιοστατικά).

Ο όρος που χρησιμοποιείται προκειμένου να υπάρχει ένα μέτρο αξιολόγησης και εκτίμησης της θρεπτικής αξίας μιας ζωοτροφής είναι η διαιτητική αξία. Η **Διαιτητική Αξία μιας Ζωοτροφής** εκφράζει τον βαθμό στον οποίο η ζωοτροφή αυτή ανταποκρίνεται στην προαγωγή του φαινομένου της θρέψης χωρίς να θίγει την υγεία του ζώου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαιτητική αξία είναι:

1. **Η θρεπτική αξία:** Εκφράζει το ενεργειακό περιεχόμενο της ζωοτροφής. Όσο μεγαλύτερη είναι η θρεπτική αξία τόσο μεγαλύτερη είναι και η συμβολή της ζωοτροφής στη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ζώου. Επίσης, εάν δεν καλυφθούν οι ανάγκες του ζώου σε ενέργεια, δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθούν σε ικανοποιητικό βαθμό όλα τα άλλα θρεπτικά στοιχεία.
2. **Η πεπτικότητα της οργανικής ουσίας (ΠΟΟ):** Αποτελεί γνώμονα της καταλληλότητας της ζωοτροφής για κάθε είδος ή κατηγορία ζώου. Η ΠΟΟ είναι συνάρτηση του τύπου πέψης του ζώου αλλά και της δομής και της υφής της ζωοτροφής.
3. **Η περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες:** Αποτελεί κριτήριο της διαιτητικής αξίας της ζωοτροφής επειδή ο οργανισμός των ζώων δεν μπορεί να συνθέσει πρωτεΐνες και άλλες απαραίτητες αζωτούχες ενώσεις εάν δεν έχει στη διάθεσή του άζωτο.
4. **Η περιεκτικότητα σε ορισμένα θρεπτικά συστατικά:** Θρεπτικά συστατικά όπως οι Ινώδεις Ουσίες, το ασβέστιο (Ca) και ο φωσφόρος (P), έχουν ευμενή ή δυσμενή επίδραση στη διαιτητική αξία μιας ζωοτροφής ανάλογα με την περιεκτικότητά τους. Για παράδειγμα, το χόρτο των ψυχανθών όταν χορηγείται σε μεγάλες ποσότητες στα ζώα έχει δυσμενή επίδραση στη σχέση Ca:P και κατά συνέπεια στη διαιτητική του αξία.
5. **Η παρουσία ειδικών παραγόντων:** Διάφοροι τοξικοί παράγοντες υποβιβάζουν τη διαιτητική αξία των ζωοτροφών, ενώ η παρουσία μη ταυτοποιηθέντων παραγόντων την αυξάνει. Στους ειδικούς αυτούς παράγοντες ανήκουν και οι διάφορες χρωστικές ουσίες, οι οποίες στην περίπτωση των ορνίθων ωοπαραγωγής βελτιώνουν την ποιότητα των αυγών και το χρωματισμό της λεκίθου.
6. **Η νωπότητα, η καθαρότητα και η ελκυστικότητα:** Η νωπότητα βρίσκεται σε στενή σχέση με την ελκυστικότητα. Όταν μειώνεται σημαντικά η νωπότητα μιας ζωοτροφής και κάτω από μη καλές συνθήκες διατήρησης, τότε συμβαίνουν αλλοιώσεις λόγω της ανάπτυξης μικροοργανισμών με αποτέλεσμα τη μείωση της ελκυστικότητας. Επίσης, η παρουσία ξένων οργανικών ή ανόργανων ουσιών, όπως είναι το χώμα, η σκόνη, κτλ. μειώνει τη διαιτητική αξία.
7. **Το ευστόμαχο της ζωοτροφής:** Η ιδιότητα αυτή εκφράζεται με την ευνοϊκή επίδραση της ζωοτροφής πάνω στη δραστηριότητα των αδένων του πεπτικού συστήματος καθώς και της μικροχλωρίδας και

καθορίζεται, κατά κύριο λόγο, από τη χημική σύνθεση και την υφή της ζωοτροφής.

## **Διάκριση Ζωοτροφών**

### **Απλές ζωοτροφές**

Απλή ζωοτροφή ορίζεται μια και μόνη ζωοτροφή με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που έχει ως φυσική ή τεχνητή πρώτη ύλη ή με αυτά που αποκτά μετά από ενδεχόμενη επεξεργασία. Επομένως, απλές είναι όλες οι επιμέρους ύλες που περιέχουν θρεπτικά συστατικά και χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων. Οι απλές ζωοτροφές υποδιαιρούνται σε **χονδροειδείς** και **συμπυκνωμένες**.

**Χονδροειδείς ζωοτροφές** είναι εκείνες που η μονάδα βάρους τους έχει μεγάλο όγκο και μικρή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Έχουν αποκλειστικά φυτική προέλευση. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής:

- Αποτελούνται από διάφορα τμήματα των καλλιεργούμενων ή αυτοφυών φυτών (φύλλα, στελέχη, άνθη), κόνδυλοι (γεώμηλα), αποθησαυριστικές ρίζες (τεύτλα), χυμώδεις καρποί κηπευτικών (τομάτες, κολοκύθες), χυμώδεις καρποί δένδρων (μήλα, σύκα, κτλ), υποπροϊόντα θεριζοαλωνισμού, κτλ.
- Χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες, που συνήθως ξεπερνά το 18% της ξηρής ουσίας. Ανάλογα με τον τρόπο συντήρησής τους διακρίνονται σε χλωρές, ενσιρωμένες και ξηρές, ύστερα από φυσική ή τεχνητή αποξήρανση.
- Οι χονδροειδείς ζωοτροφές παράγονται σε μεγάλες ποσότητες ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους και, κατά κανόνα, έχουν χαμηλό κόστος. Όμως δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από όλα τα αγροτικά ζώα παρά μόνο από τα μηρυκαστικά, τα οποία διαθέτουν τους προστόμαχους, όπου με τη βοήθεια των μικροοργανισμών γίνεται διάσπαση των κυτταρινών και ημικυτταρινών των κυτταρικών τοιχωμάτων.
- Για την καλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος, η συμμετοχή των χονδροειδών ζωοτροφών είναι απαραίτητη στο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών και σε ποσοστά που κυμαίνονται από 10 μέχρι και 100% της ξηρής ουσίας, ανάλογα με τη διατροφή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι χονδροειδείς ζωοτροφές είναι απαραίτητες και για τη διατροφή άλλων κατηγοριών ζώων, εκτός των μηρυκαστικών, όπως π.χ. τρυφερό χλωρό ή αποξηραμένο χόρτο για ωοτόκες όρνιθες ή για χοιρομητέρες.



**Συμπυκνωμένες ζωοτροφές** είναι εκείνες που η μονάδα βάρους τους έχει μικρό όγκο και μεγάλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Έχουν φυτική, ζωική ή ανόργανη προέλευση.

Οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές ταξινομούνται με βάση την προέλευσή τους (φυτική ή ζωική) και τα κύρια θρεπτικά τους συστατικά (ενέργεια ή πρωτεΐνη). Τα κύρια χαρακτηριστικά τους σχετίζονται άμεσα με την ταξινόμηση τους.

## **1. Φυτικής προέλευσης:**

**1.1. Οι Δημητριακοί καρποί** (αραβόσιτος, σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, κτλ) καλλιεργούνται για τους σπόρους τους. Έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (45 – 70%) και σχετικά μικρή σε αζωτούχες ουσίες (8 – 14%).

**1.2. Τα Σπέρματα.** Αυτά που προέρχονται από ψυχανθή, είτε χαρακτηρίζονται από την υψηλή περιεκτικότητά τους σε αζωτούχες και λιπαρές ουσίες (π.χ. σπέρματα σόγιας και αραχίδας, αντίστοιχα), είτε από υψηλή περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες και υδατάνθρακες (σπέρματα κουκιών, βίκου, λούπινων, κτλ). Τα σπέρματα άλλων φυτών (π.χ. ηλίανθου, λίνου, σησαμιού, κτλ.) περιέχουν υψηλό ποσοστό ινωδών ουσιών λόγω των περιβλημάτων στα οποία περικλείονται.

➤ **Υποπροϊόντα Γεωργικών Βιομηχανιών:** Κύρια προϊόντα είναι τα πίτυρα, τα κτηνάλευρα, οι πλακούντες και τα αλέσματα.

## **2. Ζωικής προέλευσης:**

**2.1. Γάλα & υποπροϊόντα επεξεργασίας γάλακτος,** είτε νωπό είτε αφυδατωμένο είτε μετά την αφαίρεση του λίπους (άπαχο γάλα) είτε ως τυρόγαλα.

**2.2. Κρεατάλευρα & οστεοκρεατάλευρα,** τα οποία παράγονται μετά από βρασμό υπό πίεση του σώματος ή μερών του σώματος των ζώων, αφαίρεση του μεγαλύτερου μέρους του περιεχόμενου λίπους, αφυδάτωση και άλεση, ενώ δεν περιέχουν το δέρμα των ζώων, τις τρίχες ή τα φτερά καθώς και το περιεχόμενο του πεπτικού σωλήνα. Ανάλογα με την αναλογία σάρκας προς οστά διακρίνονται σε κρεατάλευρα και οστεοκρεατάλευρα.

**2.3. Ιχθυάλευρα,** τα οποία παράγονται από ολόκληρα ψάρια ή από μέρη του σώματος μεγάλων ψαριών.

**2.4. Ζωικά λίπη & Έλαια,** τα οποία παράγονται κατά την παραγωγή κρεαταλεύρων ενώ τα έλαια κατά την παραγωγή ιχθυαλεύρων.

### **3. Ανόργανης προέλευσης:**

3.1. Περιλαμβάνονται όλες οι ανόργανες ύλες που χρησιμοποιούνται ως πηγή ανόργανων στοιχείων, τα οποία αποτελούν θρεπτικά συστατικά για τα ζώα.

3.2. Χρησιμοποιούνται μαρμαρόσκονη, κτηνοτροφικό φωσφορικό διασβέστιο και το μαγειρικό αλάτι.

3.3. Για τα ιχνοστοιχεία χρησιμοποιούνται κυρίως θειούχα ή χλωριούχα άλατα των αντίστοιχων ιχνοστοιχείων.

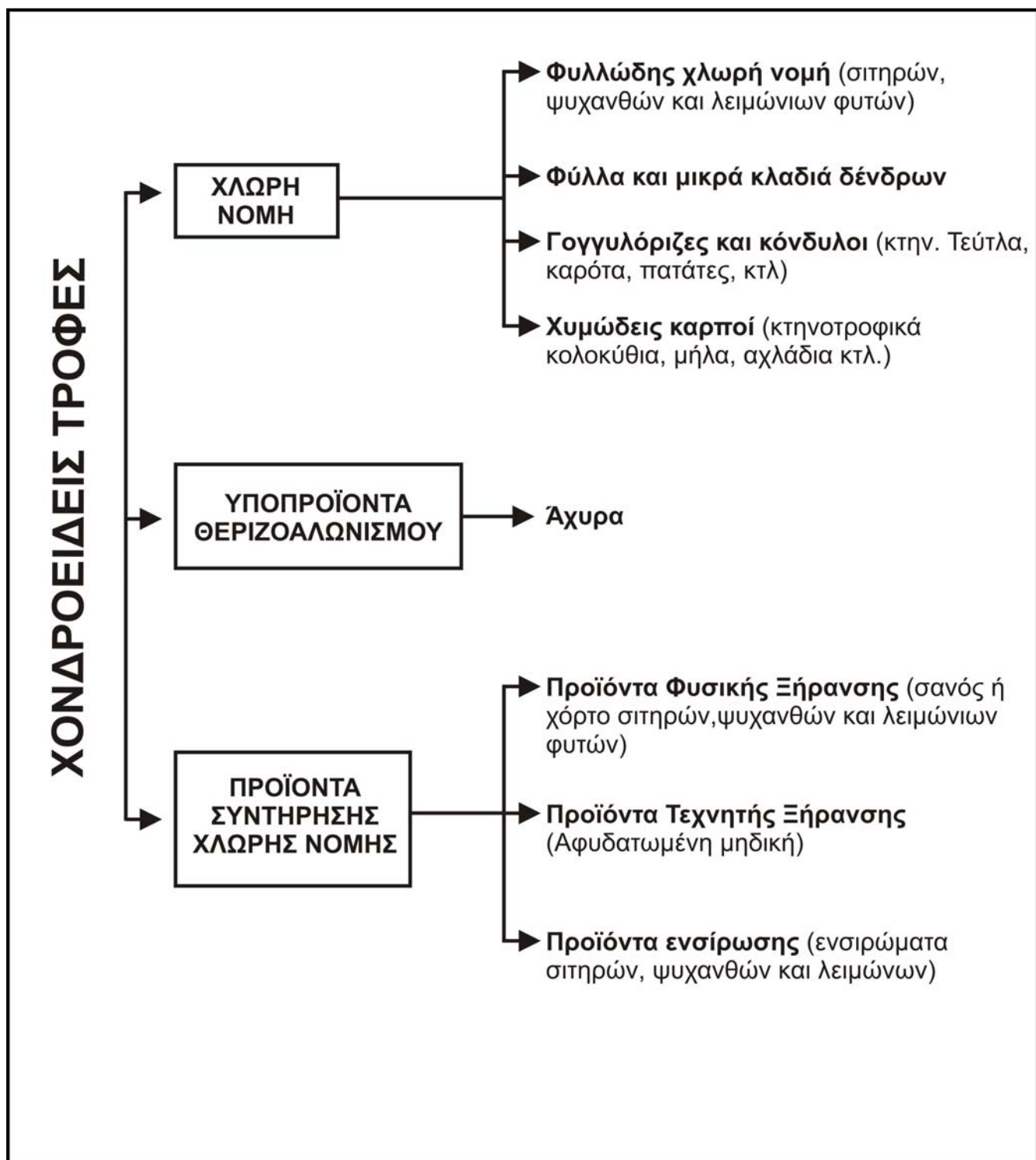
### **Σύνθετες ζωοτροφές**

Είναι οι ζωοτροφές που προέρχονται από ομοιογενή ανάμειξη δύο ή περισσότερων απλών ζωοτροφών.

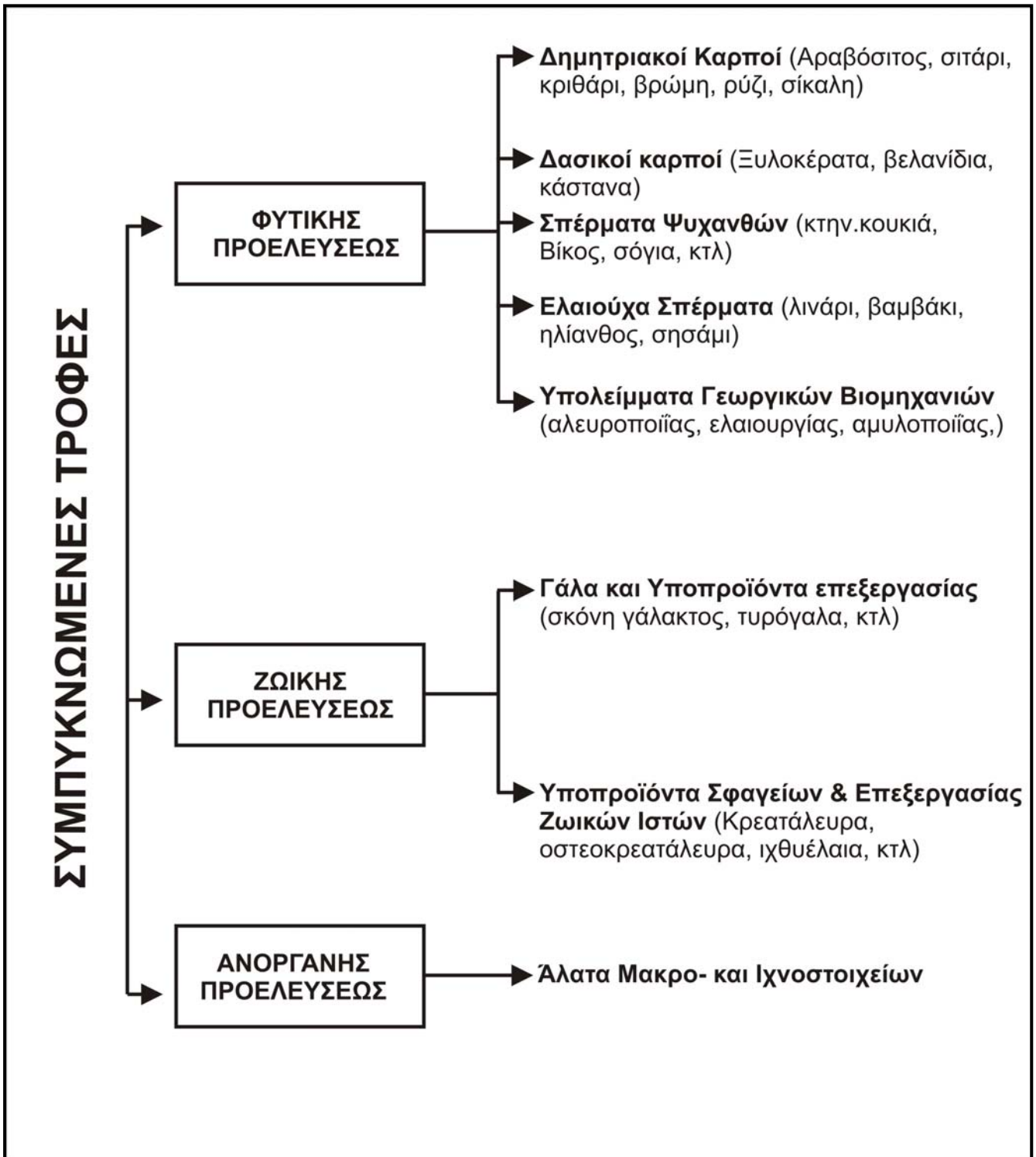
Τα χαρακτηριστικά των σύνθετων ζωοτροφών προέρχονται από τα χαρακτηριστικά των επιμέρους απλών ζωοτροφών που αναμειγνύονται μεταξύ τους.

Περισσότερη ανάλυση δεν είναι σκόπιμη στα πλαίσια του εργαστηρίου Βασικής Διατροφής καθώς καλύπτεται από το αντίστοιχο εργαστήριο του μαθήματος Τεχνολογία Ζωοτροφών.

## ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΩΝ ΤΡΟΦΩΝ



## ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΩΝ



## ***Το νερό και ο ρόλος του***

Το νερό είναι από τα πιο βασικά συστατικά του σώματος τόσο από ποσοτική όσο και από φυσιολογική άποψη. Η διατήρηση της ζωής του ζωικού οργανισμού προϋποθέτει την διατήρηση σε σταθερά επίπεδα της περιεκτικότητας του σώματος σε νερό. Ένα ζώο πεθαίνει γρηγορότερα εάν στερηθεί νερό παρά τροφή.

Το σώμα του ζώου μπορεί να χάσει πρακτικά όλο του το λίπος και πάνω από τη μισή ποσότητα των πρωτεϊνών του και να συνεχίσει να ζει, ενώ η απώλεια του 1/10 του νερού που περιέχει οδηγεί ασφαλέστερα στο θάνατο (**παρατήρηση Rubner**).

### **Ο φυσιολογικός ρόλος του νερού έγκειται στο ότι:**

- Χρησιμεύει ως διαλυτικό μέσο των ανόργανων καθώς και των περισσότερων μικρομοριακών οργανικών ενώσεων.
- Αποτελεί το μέσο διασποράς διάφορων κολλοειδών συστατικών του σώματος.
- Λειτουργεί στο ζωικό σώμα ως διαλυτικό μέσο, με τη βοήθεια του οποίου οι θρεπτικές ουσίες μεταφέρονται στους ιστούς και τα όργανα του σώματος, ενώ απεκκρίνονται τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού.
- Λόγω της υψηλής θερμοχωρητικότητάς του οι αλλαγές στη θερμοκρασία του σώματος είναι μικρές ακόμα και σε περιπτώσεις που λαμβάνουν χώρα μεγάλες αλλαγές στη παραγωγή θερμότητας μέσα στο ζωικό οργανισμό.
- Η εξάτμιση του νερού από τους πνεύμονες και το δέρμα συμβάλει στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος.

Το νερό που συμμετέχει στις ανωτέρω λειτουργίες, απαντάται με δύο μορφές: ***Εξωκυτταρικό:*** Είναι το νερό που βρίσκεται εκτός κυττάρου και ποσοτικά ανέρχεται στο 20% του σωματικού βάρους, και ***Ενδοκυτταρικό:*** Είναι το νερό που βρίσκεται μέσα στα κύτταρα και ποσοτικά ανέρχεται στο 45% του σωματικού βάρους.

Ο ζωικός οργανισμός εφοδιάζεται με νερό από τρεις κυρίως πηγές: 1) το πόσιμο νερό, 2) το νερό των τροφών, και 3) το μεταβολικό νερό που προέρχεται από την οξειδωση του υδρογόνου των οργανικών συστατικών.

## Χημική σύσταση ζωικού σώματος

Οι διαφορές ανάμεσα στα διάφορα είδη των ανεπτυγμένων αγροτικών ζώων ως προς τη χημική σύνθεση του σώματός τους είναι σχετικά μικρές και αφορούν κατά κύριο λόγο στο λίπος και το νερό (Πίνακας 1). Ανάμεσα στα είδη παραλλάσσει πλην όμως οι διαφορές μεταξύ των ειδών δεν είναι μεγάλες. Παρόλα αυτά, η παραλλακτικότητα που υπάρχει ως προς την περιεκτικότητα του ζωικού σώματος σε λίπος και νερό, μέσα στο ίδιο είδος, είναι σημαντική ανάλογα με την **ηλικία** και την **θρεπτική κατάσταση** του ζώου.

Η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες κυμαίνεται σε ποσοστό κάτω του 1% κυρίως με τη μορφή του **γλυκογόνου** (στο ήπαρ και μυς) και της **γλυκόζης** (στο αίμα).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι μεγαλύτερες διαφορές αφορούν το λίπος και το νερό, τα οποία εξαρτώνται από την **ηλικία** και τη **θρεπτική κατάσταση** του ζώου (Πίνακας 2). Έτσι, τα παχύτερα ζώα, εκτός από περισσότερο λίπος, περιέχουν λιγότερο νερό, ενώ τα νεαρά ζώα περιέχουν περισσότερο νερό και πρωτεΐνη αλλά και λιγότερο λίπος σε σχέση με τα μεγαλύτερα ζώα (του ίδιου είδους). Γενικά, με την αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του σώματος μειώνεται η περιεκτικότητά του σε νερό.

**Πίνακας 1.** Χημική σύνθεση (%) του ανεπτυγμένου ζωικού σώματος.

Είδος Ζώου	Νερό	Πρωτεΐνη	Λίπος	Τέφρα
Ευνουχισμένο βόδι	54	15	26	4,6
Χοίρος	50	14	33	2,8
Πρόβατο	58	16	22	3,4
Όρνιθα	56	21	19	3,2
Άλογο	60	17	17	4,5

Η περιεκτικότητα σε λίπος επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα των άλλων συστατικών. Γενικά όσο αυξάνεται το λίπος μειώνεται η περιεκτικότητα σε νερό και πρωτεΐνη. Για το λόγο αυτό, η χημική σύνθεση του ζωικού σώματος εκφράζεται σε **«ελεύθερη λίπους βάση»**. Τότε, η περιεκτικότητα στα άλλα συστατικά παραλλάσσει ελάχιστα με τη θρεπτική κατάσταση του ζώου και διαμορφώνεται ως εξής:

**Νερό 75%      Πρωτεΐνες 20%      Ανόργανες Ουσίες 5%**

Εάν η μέτρηση πραγματοποιηθεί με βάση την «**ελεύθερη λίπους ξηρά ουσία**» η σύνθεση του ζωικού σώματος διαμορφώνεται ως εξής:

**Πρωτεΐνες 80%      Ανόργανες Ουσίες 20%**

**Πίνακας 2.** Σύσταση % του ζωικού\* σώματος (Maynard et. Al. *Animal Nutrition*, 7<sup>th</sup> ed, 1979, p.10)

<b>Είδος Ζώου</b>	<b>Νερό</b>	<b>Πρωτεΐνη</b>	<b>Λίπος</b>	<b>Τέφρα</b>
Πρόβατο, παχύ	40	11	46	2,8
Πρόβατο, ισχνό	74	16	5	3,8
Χοιρίδιο 8 Kg	73	17	6	3,4
Χοιρίδιο 30 Kg	60	13	24	2,5
Χοιρίδιο 100 Kg	49	12	36	2,6
Όρνιθα	56	21	19	3,2
Άνθρωπος	59	18	18	4,3
Τυπική σύνθεση σώματος ανεπτυγμένου θηλαστικού	60	16	20	4

\*: Από το ζωικό σώμα έχει αφαιρεθεί το περιεχόμενο του πεπτικού σωλήνα.



## Χημική σύσταση ζωοτροφών

Σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στην περίπτωση των ζώων, οι ζωοτροφές εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ τους ως προς τη χημική τους σύνθεση (Πίνακας 3).

Τα φυτά αποτελούνται κυρίως από υδατάνθρακες (αποθηκεύουν ενέργεια με τη μορφή υδατανθράκων και κυρίως με τη μορφή του αμύλου). Η περιεκτικότητα σε νερό εμφανίζει πολύ μεγάλες διαφορές ανάμεσα στα διάφορα είδη φυτών. Στα αναπτυσσόμενα φυτά εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξής τους. Επίσης, η περιεκτικότητα των φυτών σε λίπη είναι κατά κανόνα χαμηλή. Εξαιρεση αποτελούν ορισμένα τμήματα (σπέρματα, καρποί, κτλ.) μερικών μόνο φυτών και κυρίως ψυχανθών (π.χ. καρπός σόγιας) όπου η περιεκτικότητα σε λίπη είναι σημαντική (18 – 20% περίπου).

Από την άλλη πλευρά, στα φυτά εμφανίζονται πολύ μεγάλες διαφορές σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε ανόργανες ουσίες (τέφρα), στις οποίες τα κυριότερα, από ποσοτική άποψη, στοιχεία είναι το **κάλιο** και το **πυρίτιο**. Όμως, τα φυτά περιέχουν όλες τις βιταμίνες σε ποσοστά που κυμαίνονται ευρέως (σε χαμηλά επίπεδα) και μπορούν να συνθέσουν όλες τις βιταμίνες που χρειάζονται για τις μεταβολικές λειτουργίες τους.

Για όλα τα παραπάνω, οι μεγάλες διαφορές που παρουσιάζονται ως προς τη χημική σύσταση των φυτών περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό όταν η περιεκτικότητα εκφραστεί % του βάρους της ξηράς ουσίας.

**Πίνακας 3.** Χημική σύνθεση % μερικών φυτικών τροφών

Είδος Ζώου	Νερό	Υδατάνθρακες	Πρωτεΐνη	Λίπος	Τέφρα
Χλωρός Αραβόσιτος	69	26	0,8	2,5	1,7
Καρπός αραβοσίτου	14	72	3,9	9,0	1,3
Χλωρή μηδική	73	19	0,8	5,2	2,4
Ξηρό χόρτο μηδικής	9,5	65	1,9	15,6	8,0
Καρπός σόγιας	8	34	18,1	34,9	4,7

## ***Σύγκριση χημικής σύστασης ζωικού σώματος & ζωοτροφών***

Η μεγαλύτερη και πιο εντυπωσιακή διαφορά, σε ότι αφορά τη χημική σύνθεση ζωικού σώματος και φυτών, είναι ότι η ξηρά ουσία των φυτών αποτελείται πρωταρχικά από υδατάνθρακες (75-80%) ενώ η ξηρά ουσία του ζωικού σώματος περιέχει υδατάνθρακες σε ποσοστό μικρότερο του 1%.

Ένας από τους σοβαρότερους λόγους που εξηγούν την ανωτέρω διαφορά είναι ότι, ενώ τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών αποτελούνται από υδατάνθρακες (κυρίως κυτταρίνη) τα τοιχώματα των ζωικών κυττάρων αποτελούνται, σχεδόν εξ' ολοκλήρου, από πρωτεΐνες.

Επίσης, τα φυτά αποθηκεύουν ενέργεια με τη μορφή των διαλυτών υδατανθράκων (κυρίως το άμυλο), ενώ ο ζωικός οργανισμός με τη μορφή του λίπους.

Στα φυτά οι αδιάλυτοι υδατάνθρακες (κυτταρίνη) χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά και για την εξασφάλιση της μηχανικής σταθερότητας, ενώ στα ζώα οι πρωτεΐνες αποτελούν δομικό συστατικό των μαλακών ιστών.

Ως προς την περιεκτικότητα σε ανόργανες ουσίες (τέφρα), στην ανόργανη ουσία των ζώων, τα κυριότερα ποσοτικά στοιχεία είναι το **ασβέστιο** και ο **φωσφόρος**, ενώ στην ανόργανη ουσία των φυτών τα κυριότερα ποσοτικά στοιχεία είναι το **κάλιο** και το **πυρίτιο**.

Η περιεκτικότητα του ζωικού σώματος σε νερό είναι σχετικά περιορισμένη σε σύγκριση με τη μεγάλη διακύμανση που παρουσιάζει στην περίπτωση των φυτών.

Τα φυτά μπορούν να συνθέσουν όλες τις **βιταμίνες** που χρειάζονται για τις μεταβολικές του λειτουργίες, ενώ τα ζώα δεν μπορούν ή έχουν περιορισμένη ικανότητα σύνθεσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ

#### *Η ανάγκη για εκτίμηση των ζωοτροφών*

Είναι γενικά αποδεκτό ότι ο καλύτερος εκτιμητής της ποιότητας μιας ζωοτροφής ή ενός σιτηρεσίου είναι η απόδοση του ζώου που χορηγείται. Όμως, η απόδοση του ζώου είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης της ζωοτροφής, με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της, στο φαινόμενο της θρέψης. Επομένως, είναι ανάγκη να εξευρεθούν μέθοδοι εκτίμησης των ζωοτροφών οι οποίες να στοχεύουν στην ικανοποιητική πρόβλεψη της απόδοσης του ζώου με σκοπό την οικονομική, κατά το δυνατό, παραγωγή ζωικών προϊόντων υψηλής βιολογικής αξίας.

Σήμερα, η εκτίμηση των ζωοτροφών περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση μεθόδων περιγραφής τους οι οποίες ιδιαίτερη έμφαση δίνουν στον προσδιορισμό συγκεκριμένων χημικών συστατικών, χωρίς ωστόσο να υποβαθμίζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης ζωοτροφής. Οι μέθοδοι αυτοί ουσιαστικά θα λέγαμε ότι αντανακλούν στο δυναμικό ή αλλιώς στην ικανότητα των ζωοτροφών να εφοδιάζουν τον ζωικό οργανισμό με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και να υποστηρίζουν έτσι διαφορετικά επίπεδα της ζωικής απόδοσης. Σε τελικό στάδιο, τα αποτελέσματα των μεθόδων εκτίμησης ζωοτροφών χρησιμοποιούνται στα διατροφικά συστήματα τα οποία συνδυάζονται με διάφορες εξισώσεις πρόβλεψης προκειμένου να προσδιοριστεί και επιτευχθεί ένα επιθυμητό επίπεδο της ζωικής απόδοσης από συγκεκριμένα σιτηρέσια.

Πρακτικά, ο σκοπός της εκτίμησης των ζωοτροφών είναι η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας χρησιμοποίησής τους εκ μέρους του ζωικού οργανισμού και τελικά το οικονομικό κέρδος στον παραγωγό. Για το σκοπό αυτό, είναι σημαντικός ο προσδιορισμός του θρεπτικού δυναμικού (δηλαδή όλων των επιμέρους θρεπτικών συστατικών) των κυριότερων ζωοτροφών και η ανάγκη εξεύρεσης των ενδεδειγμένων συμπληρωμάτων με σκοπό την αποφυγή θρεπτικής ανεπάρκειας στο ζωικό οργανισμό και τη βελτίωση της απόδοσης του ζώου.

Επίσης, οι περισσότερες ζωοτροφές δεν είναι σταθερές στην περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά συστατικά. Ελάχιστες μόνο ζωοτροφές είναι σταθερές στη σύνθεσή τους και δεν απαιτούν συνήθως χημική ανάλυση (Schingoethe, 1991).

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η χημική ανάλυση των ζωοτροφών παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για:

- τους κτηνοτρόφους ώστε να βελτιστοποιήσουν τη χρησιμοποίηση των θρεπτικών συστατικών που περιέχονται στις ζωοτροφές,
- τη βιομηχανία ζωοτροφών ώστε να παρασκευάσει μίγματα ζωοτροφών κατάλληλα για το εφαρμοζόμενο παραγωγικό σύστημα (π.χ. ορνίθια κρεοπαραγωγής εντατικής εκτροφής),
- τους ερευνητές ώστε να μπορούν να συσχετίζουν την απόδοση των αγροτικών ζώων με τα χημικά χαρακτηριστικά των ζωοτροφών, και
- τους ασχολούμενους με τη γενετική βελτίωση των φυτών ώστε να βελτιστοποιήσουν τη θρεπτική αξία των νέων ποικιλιών (Madsen et al. 1997; Wrigley, 1999).

Ο καθορισμός ενός επίπεδου απόδοσης των ζώων πραγματοποιείται με βάση την ποσότητα της τροφής που θα καταναλωθεί κατά βούληση και την αποδοτικότητα χρησιμοποίησης των κυριότερων θρεπτικών συστατικών, ιδίως της ενέργειας και της πρωτεΐνης. Επιπρόσθετα, η σύνθεση των ζωικών προϊόντων (π.χ. λίπος και πρωτεΐνη στο γάλα και το κρέας) είναι σημαντική, καθώς η ενέργεια που κατακρατείται από το ζωικό οργανισμό δεν είναι πλέον από μόνη της δείκτης της απόδοσης του ζώου ή της θρεπτικής αξίας της ζωοτροφής.

Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων, είναι απαραίτητη η γνώση των ζωοτροφών και ο προσδιορισμός των απαραίτητων συστατικών που περιέχονται σε αυτές και επιδρούν στην απόδοση του ζώου. Στο επόμενο κεφάλαιο, δίνεται βαρύτητα στην αναγνώριση των πιο σημαντικών συστατικών και ο φυσιολογικός ρόλος τους.

### ***Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση των ζωοτροφών***

Το πρώτο βήμα στη διατροφή των αγροτικών ζώων είναι ο προσδιορισμός των θρεπτικών τους αναγκών. Επομένως, θα πρέπει να καταρτιστεί ένα σιτηρέσιο που να παρέχει σε τέτοια αναλογία τα θρεπτικά συστατικά ώστε να καλύπτει τις ανάγκες του ζώου. Η κατάρτιση του σιτηρεσίου γίνεται ορθά μόνο όταν είναι διαθέσιμη επαρκής πληροφορία για τις ζωοτροφές που το απαρτίζουν. Οι ζωοτροφές, από την άλλη πλευρά, εμφανίζουν διακυμάνσεις σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε ότι οι απλές ζωοτροφές διακρίνονται σε χονδροειδείς και συμπυκνωμένες. Στη διατροφή των μηρυκαστικών δεσπόζουν οι χονδροειδείς ζωοτροφές και ειδικότερα το χόρτο βοσκής, είτε με την απευθείας βόσκηση είτε έπειτα από συντήρηση του χλωρού χόρτου βοσκής, συνήθως ως ενσίρωμα (silage). Τα περισσότερα ενσιρώματα γίνονται από χλωρό χόρτο ή από καλλιέργειες διαφόρων λιβαδικών φυτών και δημητριακών (π.χ. αραβόσιτος).

Οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (π.χ. δημητριακοί καρποί) ή σε πρωτεΐνη (π.χ. σογιάλευρο) και μπορούν να χορηγηθούν ανάλογα με το επιδιωκόμενο επίπεδο της ζωικής απόδοσης που έχει καθοριστεί. Εξαιτίας της φύσης τους, οι συμπυκνωμένες τροφές έχουν μικρή διακύμανση στη σύνθεσή τους σε αντίθεση με το χόρτο βοσκής που είναι η σύνθεσή του εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης κατά τη συγκομιδή (ή τη βόσκηση), τα φυτικά είδη που το συνθέτουν, την αναλογία φύλλων προς μίσχων, τη λίπανση κτλ. Έτσι, το νεαρό χόρτο, έπειτα από αζωτούχο λίπανση, έχει υψηλή συγκέντρωση σε πρωτεϊνικές και μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες αλλά χαμηλή σε διαλυτούς και αδιάλυτους (κυτταρικά τοιχώματα) υδατάνθρακες. Τα κυτταρικά τοιχώματα στο νεαρό χόρτο δεν έχουν λιγνινοποιηθεί και διασπώνται από τους μικροοργανισμούς των προστομάχων των μηρυκαστικών. Από την άλλη πλευρά, το ώριμο χόρτο βοσκής έχει υψηλή συγκέντρωση σε δομικούς υδατάνθρακες και τα κυτταρικά τοιχώματα έχουν πλέον λιγνινοποιηθεί αρκετά και είναι μικρής πεπτικότητας. Επιπρόσθετα, το ώριμο χόρτο βοσκής, παρόλο που γενικά είναι υψηλό σε διαθέσιμους υδατάνθρακες (π.χ. φρουκτάνες) έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.

Η σύνθεση του ενσιρώματος τείνει να αντανakλά αυτό των καλλιεργειών που αποτελείται κατά το χρόνο εναπόθεσης στο σιρό, τουλάχιστον σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε κυτταρικά τοιχώματα. Οι σημαντικές διαφορές, όταν παρατηρούνται, οφείλονται: **(i)** στη μείωση του pH του ενσιρώματος λόγω της ζύμωσης των διαλυτών υδατανθράκων για το σχηματισμό οργανικών οξέων (κυρίως γαλακτικού οξέος) από τα αντίστοιχα βακτήρια, και **(ii)** στο γεγονός ότι η πρωτεόλυση, δηλαδή η διάσπαση των πρωτεϊνών, η οποία μερικώς γίνεται από τα φυτικά ένζυμα, αυξάνει την αναλογία του μη πρωτεϊνικού αζώτου στο παραγόμενο ενσίρωμα.

## **Φυσική εκτίμηση ζωοτροφών**

Η φυσική εκτίμηση των ζωοτροφών περιλαμβάνει την εξέταση μιας σειράς παραγόντων που περιλαμβάνουν την εκτίμηση της νωπότητας και της καθαρότητας των ζωοτροφών.

- **Εκτίμηση της νωπότητας των ζωοτροφών.** Η νωπότητα των ζωοτροφών διατηρείται μέσα σε ένα χρονικό διάστημα, το εύρος του οποίου εξαρτάται από τη φύση της ζωοτροφής και τις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία). Η εκτίμηση της νωπότητας διενεργείται με έλεγχο της οσμής και της γεύσης τους, ο οποίος συμπληρώνεται με μικροβιακό έλεγχο.
- **Εκτίμηση της καθαρότητας των ζωοτροφών.** Η εκτίμηση της καθαρότητας έχει ως σκοπό την αναζήτηση και τον προσδιορισμό του ποσοστού των ξένων υλών στην εξεταζόμενη ζωοτροφή. Ο βαθμός καθαρότητας εκφράζεται με το ποσοστό (%) των ξένων υλών (π.χ. χώμα) στην ξηρή ουσία της ζωοτροφής. Η εκτίμηση της καθαρότητας γίνεται με κοσκίνισμα ή πλύση της εξεταζόμενης ζωοτροφής, ώστε να διαχωριστούν οι ξένες ύλες και από τη διαφορά του βάρους, πριν και μετά το διαχωρισμό των ξένων υλών, υπολογίζεται ο βαθμός καθαρότητας της ζωοτροφής.

Στη συνέχεια αναφέρονται, με βάση τα ανωτέρω, τα κυριότερα σημεία που εξετάζονται κατά τη φυσική εκτίμηση των συνηθισμένων ζωοτροφών.

### **Χαρακτηριστικά χόρτου**

- Προέλευση από νεαρούς φυτικούς ιστούς (μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, μεταλλικά στοιχεία και βιταμίνες => μεγαλύτερη πεπτικότητα).
- Υψηλή αναλογία φυλλώματος προς στελέχη.
- Χρώμα φυτού (λαμπερό πράσινο): προσδιορίζει την καλή συντήρηση, τη μεγάλη περιεκτικότητα σε καροτίνη (προβιταμίνη Α) και την ελκυστικότητα.
- Απουσία ξένων σωμάτων, σκόνης και μυκήτων.
- Ευχάριστο άρωμα & απουσία δυσάρεστης μυρωδιάς.

### **Χαρακτηριστικά Ενσιρώματος**

- Ευχάριστη υπόξινη – γαλακτική μυρωδιά.
- Ευχάριστη γεύση (όχι πικρή και ξινή).

- Απουσία μούχλας ή γλοιώδους εμφάνισης.
- Ομοιομορφία υγρασίας & χρώματος.
  - Γενικά πρασινωπό ή καστανό ενσίρωμα είναι καλό.
  - Το σκούρο καστανό χρώμα δείχνει ότι κατά τη διαδικασία παραγωγής εφαρμόστηκε υψηλή θερμοκρασία.
  - Το μαύρο χρώμα δείχνει ότι είναι χαλασμένο.

### **Χαρακτηριστικά Συμπυκνωμένων Τροφών**

- Ύπαρξη ολόκληρων καρπών ή σπερμάτων.
- Χαμηλό (<12%) ποσοστό υγρασίας.
- Καλό χρώμα καρπών & σπερμάτων (χαρακτηριστικό της ποικιλίας).
- Απουσία μούχλας και ξένων σωμάτων.
- Απουσία ζημιών προερχομένων από τρωκτικά και έντομα.
- Απουσία ταγγισμένης μυρωδιάς.

### ***Εκτίμηση ζωοτροφών με χημική ανάλυση***

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι αποδεκτό ότι ο καλύτερος εκτιμητής της ποιότητας μιας τροφής ή ενός σιτηρεσίου είναι η απόδοση του ζώου. Όμως, η πρόσληψη, η πεπτικότητα και η αποδοτικότητα χρησιμοποίησης της τροφής είναι χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την απόδοση του ζώου, με τη διακύμανση στην πρόσληψη της τροφής να ισοδυναμεί με το 60-90% της διακύμανσης της πεπτής ενέργειας (Mertens, 1994).

Επομένως είναι σκόπιμο να μετρηθούν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά της τροφής που σχετίζονται πιο στενά με την πρόσληψη και την πεπτικότητα. Τα χημικά κλάσματα που έχουν συνδεθεί με την πρόσληψη και την πεπτικότητα περιλαμβάνουν τις ινώδεις ουσίες (ακαθάριστη κυτταρίνη), τη λιγνίνη και την πρωτεΐνη (Cherney & Mertens, 1998).

Η χημική ανάλυση μιας ζωοτροφής θα πρέπει να περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των Ινωδών Ουσιών, της λιγνίνης και της πρωτεΐνης (αζωτούχες ουσίες) στη ξηρή ουσία της εξεταζόμενης ζωοτροφής. Σε αρκετές περιπτώσεις, ανάλογα με τους στόχους της έρευνας ή της παραγωγής, ο προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων (ελεύθερες αζώτου

εκχυλισματικές ουσίες), του αμύλου και των επιμέρους ινωδών ουσιών (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη) μπορεί να είναι ιδιαίτερης σημασίας.

Επίσης, οι χημικές αναλύσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να προσδιοριστούν παράγοντες στις ζωοτροφές που μπορεί να περιορίζουν την απόδοση του ζώου (Minson, 1981). Αυτό πραγματοποιείται μόνο όταν ένας αντιδιατροφικός παράγοντας περιορίζει την παραγωγή, καθώς τότε καθίσταται ο πιο σημαντικός παράγοντας για ανάλυση. Για παράδειγμα, με τη χημική ανάλυση μπορεί να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα μιας ζωοτροφής σε τανίνες, οι οποίες είναι αντιδιατροφικός παράγοντας.

Επιπλέον, οι χημικές αναλύσεις μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα πραγματικά χημικά συστατικά που επιδρούν στην πέψη (Van Soest, 1994). Η χημική ανάλυση κατά θρεπτικό συστατικό, παρά το γεγονός ότι είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, μπορεί να παρέχει σημαντικές βιοχημικές πληροφορίες, οδηγώντας έτσι στην καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που μπορεί να περιορίζουν την απόδοση του ζώου.

Παρόλα αυτά, οι χημικές μέθοδοι δεν μπορούν να δώσουν έναν απευθείας υπολογισμό της θρεπτικής αξίας, αλλά βασίζονται στη στατιστική συσχέτιση για τον υπολογισμό της πεπτικότητας και της πρόσληψης τροφής. Η χρησιμοποίηση των στατιστικών αυτών εξισώσεων πρόβλεψης, που μπορεί να προβλέψει με σχετική ακρίβεια την απόδοση του ζώου.

Συμπερασματικά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χημική ανάλυση αποτελεί το πρώτο βασικό στάδιο για τον προσδιορισμό της διαιτητικής αξίας μιας ζωοτροφής, η οποία επιτρέπει τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των ζωοτροφών σε διάφορες κατηγορίες θρεπτικών συστατικών ή την ύπαρξη τοξικών και άλλων αντιδιατροφικών παραγόντων που επηρεάζουν δυσμενώς τη διαιτητική αξία μιας ζωοτροφής. Επομένως, η χημική ανάλυση δεν δίνει μια πλήρη εικόνα της διαιτητικής αξίας μιας ζωοτροφής αλλά προσδιορίζει την αξία μιας ζωοτροφής σε ότι αφορά την ικανότητα προμήθειας στο ζώο ενός ή περισσότερων θρεπτικών συστατικών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ & ΑΛΕΣΗ ΠΡΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ

#### *Προετοιμασία Δειγμάτων & Άλεση προς ανάλυση ζωοτροφών*

Για να είναι μια ανάλυση ακριβής και τα δεδομένα της να αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικά το σύνολο της εξεταζόμενης ζωοτροφής, θα πρέπει πρώτα απ' όλα τα δείγματα να προέρχονται από το σύνολο της ποσότητας της υπό εξέταση ζωοτροφής και η μεταφορά στο εργαστήριο για τη ξήρανση και την άλεση να γίνει κατά τρόπο που να εξασφαλίζει την ακεραιότητά τους. Δηλαδή, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στον τρόπο δειγματοληψίας και κατόπιν στη διαδικασίες μεταχείρισης του δείγματος μέχρι να υποστεί χημική ανάλυση προκειμένου να μην υπάρξει απώλεια θρεπτικών συστατικών, διότι τότε η ανάλυση δεν θα δώσει ικανοποιητικά και χρήσιμα αποτελέσματα. Περισσότερες πληροφορίες αναφέρονται από τους AOAC (1995), Crosby (1995) και Wrigley (1999).

Πριν λάβει χώρα η περαιτέρω ανάλυση των ζωοτροφών είναι απαραίτητο να γίνει άλεση των προς εξέταση δειγμάτων τους. Γενικά, η άλεση είναι η πλέον κοινή μέθοδος επεξεργασίας ζωοτροφών και οδηγεί σε μια ουσιαστική μείωση του μεγέθους των μορίων και κατά συνέπεια την έκθεση πολύ μεγαλύτερης επιφάνειας της ζωοτροφής στη δράση των χημικών ουσιών.

Επομένως, η άλεση των δειγμάτων αποσκοπεί:

1. Στην μείωση του μεγέθους των μορίων και αύξηση της επιφάνειας έκθεσης των ζωοτροφών στις χημικές ουσίες, και
2. Στην ομογενοποίηση του προς εξέταση δείγματος της ζωοτροφής

Υπάρχουν διαφόρων τύπων μύλοι άλεσης, που περιλαμβάνουν μια σειρά από χειρωνακτικούς ή μηχανικούς χειρισμούς. Από τους διάφορους τύπους μύλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αλέσουν τις συνήθεις χονδροειδείς και συμπυκνωμένες ζωοτροφές, οι σφυρόμυλοι και οι κυλινδρόμυλοι είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι τόσο για εργαστηριακή όσο και για βιομηχανική χρήση.

Το Εργαστήριο Βασικής Διατροφής διαθέτει δύο μύλους άλεσης που περιγράφονται στη συνέχεια. Είναι ο μύλος Knifetec 1095 και ο μύλος KINEMATICA POLYMIX PX-MFC 90 D.

## **Μύλος Knifetec 1095**

Ο μύλος Knifetec 1095 σχεδιάστηκε για την προετοιμασία (άλεση) δειγμάτων τροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος, υγρασία και ινώδεις ουσίες πριν από την πραγματοποίηση χημικών αναλύσεων. Κατάλληλες κατηγορίες τροφών για άλεση είναι οι ελαιούχοι σπόροι, τα προϊόντα κρέατος, τα φρούτα και λαχανικά, τα σιτηρά και διάφοροι σπόροι.



Ο έλεγχος των υψηλής ταχύτητας λεπίδων και η χρονομέτρηση εξασφαλίζουν γρήγορη προετοιμασία των δειγμάτων των τροφών. Ο συνήθης χρόνος προετοιμασίας των δειγμάτων είναι από 2 έως 10 δευτερόλεπτα.



Στο καπάκι υπάρχει ένας διακόπτης ασφαλείας, ο οποίος αποτρέπει την περίπτωση ατυχήματος αν για οποιαδήποτε λόγο αφαιρεθεί το καπάκι ενώ ο μύλος είναι σε λειτουργία.

Ο μύλος Knifetec είναι εξοπλισμένος με έναν ειδικό χώρο όπου πληρώνεται με κρύο νερό, γεγονός που του επιτρέπει να συνδεθεί με μια παροχή νερού ή άλλες εργαστηριακές συσκευές ψύξης.

Τα δείγματα που περιέχουν υψηλά επίπεδα λίπους έχουν μια τάση να κολλούν στα τοιχώματα του χώρου άλεσης καθώς το λίπος μαλακώνει κατά το άλεσμα, αποτρέποντας έτσι την επίτευξη ομογενοποίησης. Ακόμη, τα ινώδη δείγματα μπορούν να παράγουν θερμότητα λόγω της τριβής. Η χρησιμοποίηση της ψύξης υπερνικά και τα δύο αυτά προβλήματα και έτσι εξασφαλίζεται ικανοποιητική προετοιμασία των δειγμάτων. Έτσι, τα κύρια πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου μύλου είναι:

1. Ενιαίο σύστημα άλεσης με πλήρως μετακινούμενες λεπίδες που διευκολύνει τον καθαρισμό μετά από κάθε άλεση δείγματος.
2. Η επιλογή για ψύξη του μεταλλικού χώρου άλεσης μειώνει την προσκόλληση του δείγματος της τροφής στα τοιχώματα του μύλου.
3. Η θερμότητα που παράγεται από την άλεση είναι ελάχιστη, καθιστώντας τα δείγματα κατάλληλα για τον περαιτέρω προσδιορισμό της υγρασίας.

Ο μύλος Knifetec, όπως προαναφέρθηκε, σχεδιάστηκε για τη γρήγορη προετοιμασία πλούσιων σε λίπη - έλαια (κυρίως) αλλά και σε ινώδεις ουσίες δειγμάτων τροφής πριν από τις περαιτέρω χημικές αναλύσεις.

Η υψηλής ταχύτητας περιστρεφόμενη λεπίδα (20.000 στροφές/λεπτό), εξασφαλίζει γρήγορη άλεση και υψηλή απόδοση δειγμάτων. Ο αυτόματος έλεγχος του χρόνου άλεσης εξασφαλίζει ταχεία επανάληψη της άλεσης των προς εξέταση δειγμάτων και έτσι ο κανονικός χρόνος προετοιμασίας ενός δείγματος είναι από 2 έως 10 δευτερόλεπτα.

Η ενσωματωμένη ψύξη του χώρου άλεσης μειώνει την παραγωγή θερμότητας και ελαχιστοποιεί την απώλεια υγρασίας (σε νωπά δείγματα). Παράλληλα βελτιώνει την ομοιομορφία των δειγμάτων καθώς μειώνεται η προσκόλλησή τους στα τοιχώματα του χώρου άλεσης.

Ο καθαρισμός του χώρου άλεσης διευκολύνεται από την ύπαρξη ενός ενιαίου συστήματος που παρέχει τη δυνατότητα της κάθετης μετατόπισης του κυρίως χώρου άλεσης και της αποσπώμενης λεπίδας που απαντάται επάνω στο στροφέα.

Έτσι ο μύλος Knifetec είναι πιο γρήγορος και ευκολότερος στη χρήση και στο καθαρισμό από τους παραδοσιακούς μύλους.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Μέγιστη ποσότητα δείγματος προς άλεση: 100 ml (50 – 150 g)
- Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής: 20.000 rpm
- Χρονοδιακόπτης
- Χρόνος άλεσης: 2 – 5 – 10 sec
- Η ψύξη του χώρου άλεσης διατηρεί τα δείγματα σε θερμοκρασία που επιτρέπει την ομογενοποίηση και μειώνει την προσκόλληση των δειγμάτων στο τοίχωμα του χώρου άλεσης.
- Διακόπτης ασφαλείας που σταματά τον στροφέα με τις λεπίδες σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο
- Εύκολος καθαρισμός από το ενιαίο σύστημα άλεσης, των αποσπώμενων λεπίδων και του μετακινούμενου καπακιού.

## **Μύλος Kinematica Polymix**

Ο μύλος KINEMATICA POLYMIX PX-MFC 90D. Ο μύλος είναι κατάλληλος να επεξεργάζεται και ταυτόχρονα να ομογενοποιεί διάφορες χονδροειδείς ή συμπυκνωμένες ζωοτροφές. Η ιδανική χρήση του μύλου είναι για άλεση αποξηραμένων τροφών.

Ο βασικός του σχεδιασμός περιλαμβάνει έναν ενσωματωμένο αναστροφέα με οθόνη LED και έναν χώρο άλεσης με αποσπώμενα κόσκινα διαφόρων διαμετρημάτων.

Η τροφή τοποθετείται στον ειδικό υποδοχέα στο άνω μέρος της συσκευής (1) και εισέρχεται σταδιακά στον κυρίως χώρο άλεσης (2), ενώ υπάρχει και η δυνατότητα ελέγχου της ποσότητας που εισέρχεται στον κυρίως χώρο άλεσης (3). Στο κάτω μέρος της συσκευής (4) προσαρμόζονται ειδικά πλαστικά φιαλίδια για τη συλλογή του δείγματος που αλέστηκε, αποφεύγοντας έτσι τη δημιουργία σκόνης αλλά και την απώλεια ποσότητας δείγματος.

Ο μύλος θα πρέπει να καθαρίζεται σχολαστικά έπειτα από κάθε άλεση. Αυτό πρέπει να γίνεται ώστε να αποφεύγεται η ανάμιξη υπολείμματος της προηγούμενης τροφής με το δείγμα της επόμενης (π.χ. αποξηραμένου χόρτου βοσκής και καρπού αραβοσίτου), καθώς αυτό θα δημιουργήσει σοβαρό σφάλμα στην μετέπειτα χημική ανάλυση του δείγματος της τροφής. Η συσκευή παρέχει τη δυνατότητα να καθαρίζεται με ασφάλεια ο κυρίως χώρος άλεσης τοποθετώντας παράλληλα το επιθυμητό κάθε φορά κόσκινο.

Ο μέγιστος όγκος δείγματος προς άλεση κάθε φορά δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 500 ml ενώ η ταχύτητα περιστροφής της κεφαλής κυμαίνεται από 50 – 6000 rpm (στροφές/λεπτό). Η τελική διάμετρος του αλεσμένου υλικού για τις περαιτέρω αναλύσεις θα πρέπει να είναι κάτω από τα 0,5 mm και συνήθως κάτω από 0,2 mm. Η τελική διάμετρος ρυθμίζεται από το κόσκινο που θα χρησιμοποιηθεί στην έξοδο. Τα διατιθέμενα κόσκινα είναι διαμέτρων 0,2 mm, 0,5 mm, 0,8 mm, 1,0 mm, 1,5 mm, 2,0mm, 3,0 mm, 4,00 mm, 5,0 mm και 6,0 mm.



**ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ (II)**  
**ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ**

## Εισαγωγή στη μέθοδο Weende

Η γνώση της χημικής σύνθεσης των ζωοτροφών, οι οποίες παρέχουν στα ζώα τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες καθώς και την ενέργεια για την ικανοποίηση των αναγκών τους, συγκεντρώνει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μιας και αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών της θρέψης. Επομένως, είναι αναγκαία η γνώση των μεθόδων με τις οποίες πραγματοποιείται η χημική ανάλυση των ζωοτροφών.

Σήμερα υπάρχουν μέθοδοι αναλύσεως των τροφών που βασίζονται στη χρησιμοποίηση χρωματογραφικών και φασματομετρικών τεχνικών, οι οποίες επιτρέπουν το λεπτομερειακό προσδιορισμό των υδατανθράκων, πρωτεϊνών, λιπών, βιταμινών και ανόργανων ουσιών. Η εφαρμογή όμως των μεθόδων αυτών αποτελεί κοπιαστική αναλυτική εργασία καθώς και χρησιμοποίηση δαπανηρών αναλυτικών συσκευών που δεν είναι εύκολο να τις διαθέτει ένα κλασικό Εργαστήριο Διατροφής Αγροτικών Ζώων παρά μόνο εξειδικευμένα εργαστήρια.

Το μεγαλύτερο μέρος των γνώσεων που αφορούν τη χημική σύσταση των τροφών, στηρίζεται σε μια αναλυτική τεχνική που επινοήθηκε το 1865 από τους Γερμανούς επιστήμονες Hennenberg & Stohman στον πειραματικό σταθμό Weende της Γερμανίας.

Η μέθοδος αυτή, γνωστή σαν **"αναλυτική μέθοδος Weende"** διαχωρίζει τα βιολογικά υλικά (τροφές, κόπρανα, ούρα, σωματικοί ιστοί, σωματικά υγρά) σε βασικές ομάδες θρεπτικών ουσιών, οι οποίες σαν πηγές ενέργειας για τον ζωικό οργανισμό καθορίζουν το ενεργειακό περιεχόμενο της τροφής με το οποίο εκφράζεται η θρεπτική αξία της τροφής.

Η μέθοδος Weende εξακολουθεί και σήμερα να αποτελεί τη συνηθισμένη μέθοδο αναλύσεως και τη βάση της χημικής σύνθεσης των ζωοτροφών και αποτελεί το εναρκτήριο σημείο για οποιαδήποτε λεπτομερειακή ανάλυση που αφορά στον προσδιορισμό ειδικών θρεπτικών ουσιών οι οποίες επιτελούν ειδική φυσιολογική λειτουργία στον οργανισμό, όπως π.χ. οι βιταμίνες, οι απαραίτητες ανόργανες ουσίες, τα απαραίτητα αμινοξέα, κτλ.

Το πρώτο βήμα της αναλύσεως κατά Weende είναι ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των τροφών ή άλλων βιολογικών υλικών σε υγρασία, γεγονός που επιτρέπει τον προσδιορισμό της ξηράς ουσίας της τροφής. Η

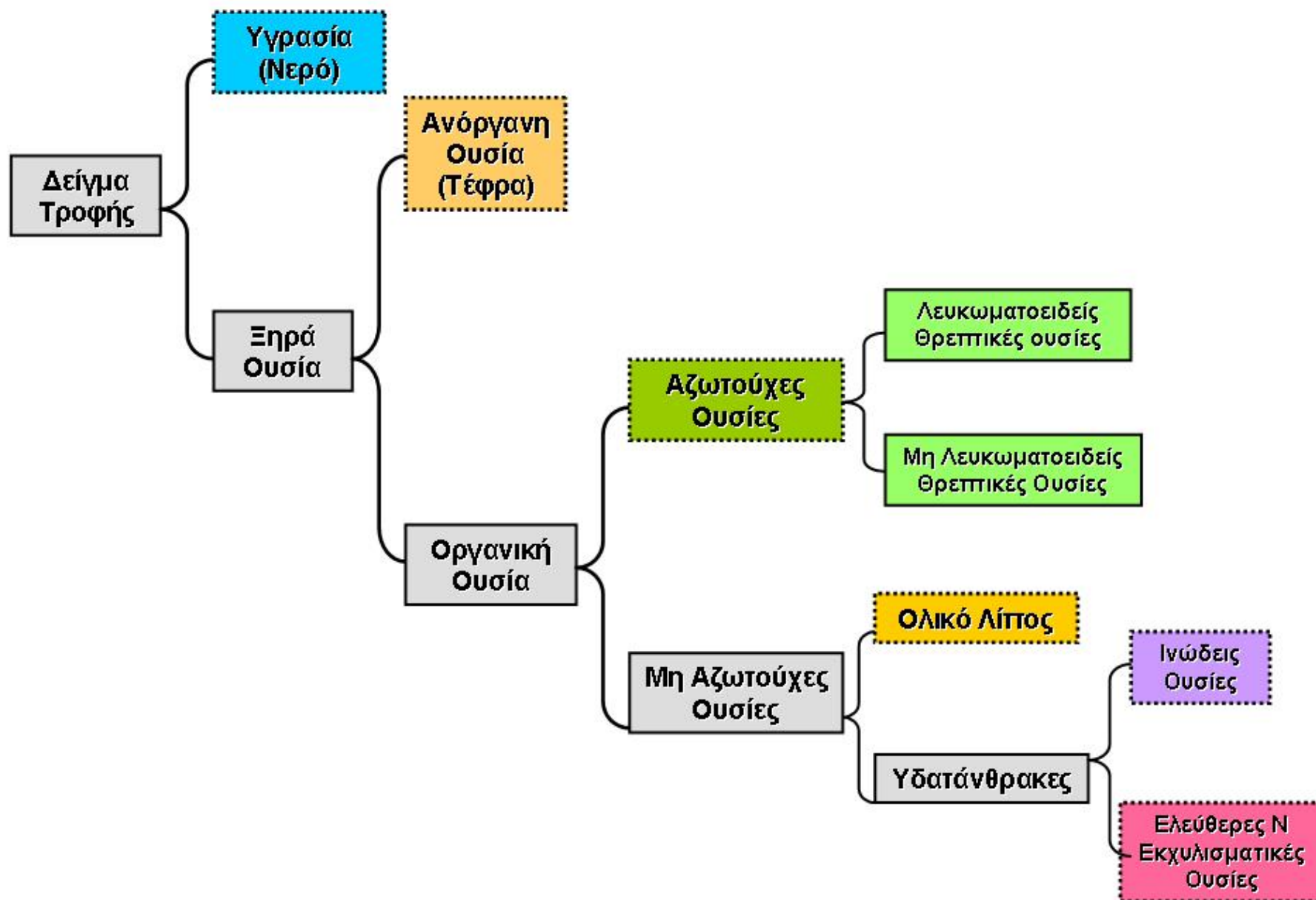
ξηρά ουσία αποτελεί το μέτρο κορεσμού των ζώων, δηλαδή είναι το μέτρο της χωρητικότητας του στομάχου τους.

Σε δεύτερο στάδιο, η μέθοδος διαχωρίζει την ξηρά ουσία σε οργανική και ανόργανη. Στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός της οργανικής ουσίας σε αζωτούχες και μη αζωτούχες θρεπτικές ουσίες. Οι αζωτούχες ουσίες υποδιαιρούνται σε λευκωματοειδείς και μη λευκωματοειδείς θρεπτικές ουσίες, ενώ οι μη αζωτούχες ουσίες σε λίπη και υδατάνθρακες. Τέλος, οι υδατάνθρακες διακρίνονται σε ινώδεις ουσίες και σε ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες.

Έτσι, λοιπόν σύμφωνα με τη μέθοδο Weende, οποιαδήποτε τροφή ή βιολογικό υλικό διαχωρίζεται στα εξής **έξι (6) επιμέρους τελικά κλάσματα:**

- 1. Νερό (Υγρασία),**
- 2. Ανόργανη Ουσία (Τέφρα)**
- 3. Αζωτούχες Ουσίες (Ολική Πρωτεΐνη)**
- 4. Αιθέριο εκχύλισμα (Ολικό λίπος)**
- 5. Ινώδεις Ουσίες, και**
- 6. Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες (ΕΝΕΟ)**

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΟΦΩΝ ΚΑΤΑ WEEENDE





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός Υγρασίας - Ξηρής Ουσίας

#### *Εισαγωγή*

Παρόλο που από πολλούς ερευνητές ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας (ΞΟ) μιας ζωοτροφής δεν θεωρείται ως καθ' αυτό χημικός προσδιορισμός, ο ακριβής προσδιορισμός της ΞΟ είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό των οποιονδήποτε άλλων χημικών συστατικών. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων θα πρέπει να αναφέρονται με βάση τη ΞΟ προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση των ζωοτροφών. Επιπλέον, ο ακριβής προσδιορισμός της ΞΟ είναι ένα κρίσιμο κριτήριο για τον ισόρροπο καταρτισμό σιτηρεσίων στα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα.

Οι Clancy et al. (1977) απέδειξαν ότι τυχόν μικρά λάθη στον προσδιορισμό της ΞΟ διευρύνονται στον επακόλουθο υπολογισμό ποιοτικών παραμέτρων (π.χ. Αζωτούχες Ουσίες) από τη χημική ανάλυση. Έτσι όμως προκύπτουν σημαντικές αποκλίσεις στον προσδιορισμό της ποιότητας των ζωοτροφών οι οποίες οφείλονται αποκλειστικά στη μέθοδο προσδιορισμού της ΞΟ. Με άλλα λόγια, ανάλογα με τη μέθοδο προσδιορισμού της ξηρής ουσίας προκύπτουν διαφορές, σημαντικές ή μη, στον μετέπειτα υπολογισμό των επιμέρους θρεπτικών συστατικών μιας ζωοτροφής.

Επομένως στα δείγματα τροφών που προέρχονται από το χλωρό χόρτο βοσκής ή από διάφορους σανούς, ο προσδιορισμός της ΞΟ μπορεί να γίνει με περισσότερους από έναν τρόπους, ενώ τα δείγματα που προέρχονται από ενσιρωμένες ζωοτροφές θα πρέπει να μετρηθούν και για πτητικές ενώσεις. Οι διάφοροι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ΞΟ δίνονται στον Πίνακα 4. Είναι κοινά αποδεκτό ότι η μέθοδος ξήρανσης μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ανάλυση των σακχάρων, των βιταμινών και ορισμένων ιχνοστοιχείων (F, Se, B) στις συνήθεις ζωοτροφές καθώς και της περιεκτικότητας σε αμμωνία και πτητικά λιπαρά οξέα του ενσιρώματος (MAFF, 1986).

Για τον προσδιορισμό της ΞΟ χρησιμοποιείται συνήθως η ξήρανση σε φούρνο. Όταν η θερμοκρασία ξήρανσης είναι 100°C, το μηχανικά παγιδευμένο νερό (ελεύθερο νερό) εξατμίζεται, αφήνοντας το χημικά δεσμευμένο νερό (νερό που βρίσκεται στις χημικές ενώσεις) (Brusewitz et al., 1993). Το ποσό του νερού που μετακινήθηκε από το δείγμα της ζωοτροφής εξαρτάται απευθείας από την θερμοκρασία ξήρανσης, παρόλο που ένα μικρό ποσό χημικά δεσμευμένου νερού παραμένει στο δείγμα και ξηραίνεται σε

θερμοκρασία της τάξεως των 135°C. Οι επίσημα αποδεκτές μέθοδοι ξήρανσης με τη χρήση φούρνου, σύμφωνα με το Association of Official Analytical Chemists (AOAC), περιλαμβάνουν:

- Ξήρανση στους 100°C κάτω από πίεση  $1,3 \times 10^4$  Pa για 5 ώρες (AOAC-934.01, 1990),
- Ξήρανση των δειγμάτων σε φούρνο με αέρα υπό πίεση στους 135°C για 2 ώρες (AOAC-930.15, 1990), ή
- Ξήρανση στους 105°C για 16 ώρες (AOAC-967.03, 1990) ή στους 125°C για 4 ώρες ή στους 135°C για 3 ώρες (AOAC, 1995).
- Μια αποδεκτή μέθοδο στο Ηνωμένο Βασίλειο περιλαμβάνει την ξήρανση σε φούρνο με αέρα υπό πίεση στους 100°C για 18 ώρες (MAFF-1,1986).

**Πίνακας 4.** Σύγκριση εργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού της περιεκτικότητας σε υγρασία (από Bruswitz et al., 1993).

Μέθοδος	Αρχή που βασίζεται	Διακύμανση υγρασίας	Ακρίβεια *
Φούρνος θερμού αέρα	Ξήρανση	0 – 1000	Καλή για αποξηραμένο χόρτο βοσκής Μη ικανοποιητική για ενσιρώματα
Φούρνος θερμού αέρα	Ξήρανση με διόρθωση για πτητικές ουσίες	0 – 1000	Καλή
Απόσταξη με τολουόλιο	Βρασμός	0 – 900	Καλή
Απόσταξη με τολουόλιο	Βρασμός με διόρθωση	0 – 900	Πολύ καλή για ενσιρώματα
Σαπωνοποίηση	Χημική δέσμευση νερού	0 – 1000	Πολύ καλή
Karl Fischer	Τιτλομέτρηση	0 – 1000	Εξαιρετική
Αέρια χρωματογραφία	Φυσικός διαχωρισμός του νερού από τα άλλα χημικά συστατικά	0 – 1000	Εξαιρετική
Near-infrared Reflectance Spectroscopy	Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες	0 – 400	Πολύ καλή

\* Η ακρίβεια για όλες τις διαδικασίες είναι στο  $\pm 10 \text{ g kg}^{-1}$

Ειδικά στο χόρτο βοσκής, έπειτα από τον προσδιορισμό της ξηρής ουσίας με κάποια από τις παραπάνω μεθόδους, δεν θα πρέπει να γίνονται πρόσθετες

αναλύσεις στα αποξηραμένα δείγματα καθώς η ξήρανση στους 100°C μεταβάλλει μερικά στοιχεία του χόρτου βοσκής κάνοντάς τα λιγότερο διαθέσιμα (Van Soest, 1994).

Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιείται μια μέθοδος που περιλαμβάνει δύο (2) βήματα. Τα νωπά δείγματα ξηραίνονται σε φούρνο με αέρα υπό πίεση στους 55 ή 60°C για 12 ώρες και προσδιορίζεται μια μερική τιμή ΞΟ. Τα δείγματα μετά αλέθονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο 2<sup>ο</sup> βήμα στον προσδιορισμό της συνολικής ΞΟ ή για άλλες αναλύσεις. Το 2<sup>ο</sup> βήμα της διαδικασίας συνήθως εμπλέκει μία από τις διαδικασίες της ΑΟΑC.

Για την αποφυγή της απώλειας πτητικών ενώσεων από δείγματα τροφών που κυρίως προέρχονται από το χλωρό χόρτο βοσκής ή από ενσιρωμένες τροφές, αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι οι οποίες βασίζονται στην απευθείας μέτρηση του νερού που περιέχεται στις τροφές και κατόπιν στον έμμεσο προσδιορισμό της Ξηρής Ουσίας. Οι μέθοδοι αυτοί δίδονται στον Πίνακα 4 αλλά η αναλυτική περιγραφή τους δεν εμπίπτει στους σκοπούς του εργαστηρίου.

Στα πλαίσια του εργαστηρίου Βασικής Διατροφής Αγροτικών Ζώων, η περιεκτικότητα μιας τροφής σε Ξηρή Ουσία, υγρασία ή νερό προσδιορίζεται με ξήρανση γνωστού βάρους δείγματος της τροφής μέχρι λήψεως σταθερού βάρους, κάτω από ειδικές συνθήκες οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με τη φύση της ζωοτροφής.

Η απώλεια βάρους, αφού αναχθεί επί τοις εκατό (%) του αρχικού βάρους του δείγματος της τροφής, εκφράζει την περιεκτικότητα της τροφής σε υγρασία. Αυτό που απομένει μετά την απομάκρυνση της υγρασίας, ονομάζεται Ξηρή Ουσία της τροφής (Ξ.Ο.).

### ***Πορεία εργασίας***

- 1.** Τοποθετούνται στο πυριαντήριο, σε θερμοκρασία 100°C και για μια ώρα, καθαρές κάψες πορσελάνης διαμέτρου 6 περίπου εκατοστών.
- 2.** Οι κάψες μεταφέρονται με τη βοήθεια πυράγρας σε υάλινο ξηραντήριο μέχρι να αποκτήσουν την θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- 3.** Ζυγίζουμε τις κάψες και αμέσως μετά προσθέτουμε, ανάλογα με το είδος της εξεταζόμενης τροφής, 2 – 10 γραμμάρια δείγματος σε κάθε κάψα.
- 4.** Τοποθετούμε τις κάψες στο πυριαντήριο. Υπάρχουν 2 μέθοδοι ανάλογα με τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η ξήρανση:

- 4.1.** Ταχεία ξήρανση που πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 105°C για 5 ώρες ή σε θερμοκρασία 135°C για 3 ώρες.
- 4.2.** Ήπια ξήρανση που πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 60 – 65°C για 48 ώρες.
- 5.** Οι κάψες μεταφέρονται με τη βοήθεια πυράγρας σε υάλινο ξηραντήριο μέχρι να αποκτήσουν την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια γίνεται ζύγιση των δειγμάτων. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα, επανατοποθετούνται οι κάψες στο πυριαντήριο για μια ώρα και επαναλαμβάνεται η ζύγιση. Εάν το δεύτερο ζύγισμα διαφέρει κατά πολύ από το πρώτο, επανατοποθετούνται οι κάψες στο πυριαντήριο για μια ακόμη ώρα και έπειτα γίνεται ζύγιση.
- 6.** Η ξήρανση θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί όταν το αποτέλεσμα των δύο διαδοχικών ζυγίσεων είναι το ίδιο (διαφορά μικρότερη των 2 mg).

### *Υπολογισμοί*

Η απώλεια βάρους του δείγματος που επήλθε κατά την ξήρανση εκφράζει την ποσότητα νερού που περιείχε και η αναγωγή της επί τοις εκατό (%) εκφράζει την περιεκτικότητα της τροφής σε νερό. Δηλαδή:

$$\frac{B_A - B_T}{B_A} \times 100 = \% \text{ υγρασία}$$

Όπου:

**B<sub>A</sub>:** Αρχικό βάρος δείγματος

**B<sub>T</sub>:** Τελικό βάρος δείγματος

Για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας % της τροφής σε ξηρή ουσία χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\frac{B_T}{B_A} \times 100 = \% \text{ Ξηρή ουσία}$$

Όπου:

**B<sub>A</sub>:** Αρχικό βάρος δείγματος

**B<sub>T</sub>:** Τελικό βάρος δείγματος

### **Παράδειγμα Υπολογισμού**

Να υπολογιστεί η περιεκτικότητα ενός δείγματος τροφής σε υγρασία και ξηρή ουσία έχοντας υπόψη τα ακόλουθα δεδομένα:

α) Αρχικό βάρος δείγματος ζωοτροφής: 3,5785 γρ.

β) Τελικό βάρος δείγματος ζωοτροφής: 3,1620 γρ.

#### ΛΥΣΗ

$$\text{Υγρασία (\%)} = \frac{\text{Αρχικό Βάρος} - \text{Τελικό Βάρος}}{\text{Αρχικό Βάρος}} \times 100 = \frac{3,5785 - 3,1620}{3,5785} \times 100 = 11,64$$

$$\text{Ξηρή ουσία (\%)} = \frac{\text{Τελικό Βάρος}}{\text{Αρχικό Βάρος}} \times 100 = \frac{3,1620}{3,5785} \times 100 = 88,36$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός οργανικής & ανόργανης ουσίας (τέφρας)

Με τον όρο ανόργανα στοιχεία νοούνται τα στοιχεία που βρίσκονται στον οργανισμό με τη μορφή ανόργανων αλάτων ή τα στοιχεία που λαμβάνονται με τη μορφή αυτή κατά την αποτέφρωση του εξεταζόμενου δείγματος τροφής.

Η περιεκτικότητα του ζωικού σώματος σε τέφρα κυμαίνεται μεταξύ 2 – 5% και ποικίλει ανάλογα με τη φυλή, το είδος, την ατομικότητα, την ηλικία και την παχυντική κατάσταση του ζώου.

Τόσο στο ζωικό σώμα όσο και στις ζωοτροφές απαντώνται περί τα 45 ανόργανα στοιχεία. Από αυτά, τα απαραίτητα για τον οργανισμό ανόργανα στοιχεία, μιας και εξυπηρετούν βασικές φυσιολογικές λειτουργίες, διακρίνονται σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους τόσο στο σώμα των ζώων όσο και στα σιτηρέσιά τους.

Ένα στοιχείο μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητο αν:

- i. Η πολύ μικρή συγκέντρωσή του σε ένα σιτηρέσιο προκαλεί ορισμένες βιοχημικές μεταβολές στους ιστούς και εκδήλωση συμπτωμάτων πενίας στα ζώα, και
- ii. Τα συμπτώματα αυτά αίρονται ή τουλάχιστον περιορίζονται με την προσθήκη του στοιχείου αυτού στο σιτηρέσιο.

Συνήθως, η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων στο σώμα των ζώων δεν ξεπερνά τα 50 mg/kg και οι ανάγκες των ζώων είναι μικρότερες από 100 mg/kg Ξηράς Ουσίας σιτηρεσίου. Τα απαραίτητα αυτά στοιχεία είναι τα εξής:

<b>Μακροστοιχεία</b>	<b>Ιχνοστοιχεία</b>	
Ca	Fe	I
P	Cu	F
Mg	Zn	Cr
K	Mn	Ni
Na	Se	V
Cl	Co	Mo
S		

Η γνώση της περιεκτικότητας της τροφής σε τέφρα εμφανίζει μεγάλη θρεπτική σημασία, ανάλογα με το είδος της υπό εξέταση τροφής. Για παράδειγμα, στις τροφές ζωικής προέλευσης, η περιεκτικότητα σε τέφρα, εξαιτίας της σχετικά σταθερής σύνθεσής τους, αποτελεί δείκτη της περιεκτικότητάς τους σε ασβέστιο (Ca) και φωσφόρο (P), γεγονός που δεν συμβαίνει στις τροφές φυτικής προέλευσης, διότι πολλές από αυτές περιέχουν ανόργανες ουσίες μικρής ή μηδαμινής θρεπτικής σημασίας για το ζωικό οργανισμό. Κοινό παράδειγμα τέτοιας ανόργανης ουσίας είναι το πυρίτιο, το οποίο και απαντά σε σημαντικό ποσοστό σε όλες τις φυτικές τροφές.

Σε πολλές φυτικές τροφές, όπως στο χόρτο βοσκής, η περιεκτικότητά τους σε τέφρα εμφανίζει υψηλές τιμές εξαιτίας της προσκόλλησης επάνω σε αυτές άμμου ή χώματος. Από τις ζωοτροφές, οι χονδροειδείς είναι πλούσιες σε ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg) και κάλλιο (K), ενώ οι συμπυκνωμένες είναι πλούσιες σε φωσφόρο (P). Η περιεκτικότητά τους σε ιχνοστοιχεία παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα, επειδή επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες.

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας της τροφής σε ανόργανη ουσία το δείγμα της τροφής υποβάλλεται σε υψηλές (600°C) θερμοκρασίες έτσι ώστε να επέλθει η πλήρης καύση της οργανικής ουσίας και στη συνέχεια ζυγίζεται το υπόλειμμα.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι το περιεχόμενο σε τέφρα που υπολογίζεται με την καύση της οργανικής ουσίας του δείγματος στους 600°C, δεν αντιπροσωπεύει ποσοτικά τα ανόργανα συστατικά της τροφής γιατί μπορούν να συμβούν απώλειες πτητικών υλικών υπό μορφή Na, Cl, K, P, S, Se και I. Επίσης, η τέφρα μπορεί να περιέχει και υλικά οργανικής προέλευσης, όπως το θείο (S) και ο φωσφόρος (P) των πρωτεϊνών.

Σε κάθε περίπτωση, συνίσταται η καύση να γίνεται στους 600°C για δύο ώρες και να συνεχίζεται για 1 ώρα ακόμη στην περίπτωση που η τέφρα δεν έχει απαλλαγεί πλήρως από τεμαχίδια άνθρακα.

Επίσης, ο προσδιορισμός της τέφρας από μόνος του δεν είναι αρκετός για να μας δώσει μια σαφή εικόνα σχετικά με την ποσότητα, το είδος και τον τρόπο ένωσης με άλλες ουσίες των διαφόρων ανόργανων στοιχείων της τροφής.

### ***Πορεία εργασίας***

1. Καθαρά χωνευτήρια πορσελάνης διαμέτρου 3 – 5 cm και βάθους όχι μεγαλύτερου των 5 cm τοποθετούνται στο πυριαντήριο σε θερμοκρασία 100°C για μια ώρα.

2. Τα χωνευτήρια, μαζί με τη βοήθεια πυράγρας, μεταφέρονται σε υάλινο ξηραντήρα μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
3. Ζυγίζονται τα χωνευτήρια και αμέσως μετά προσθέεται, ανάλογα με το είδος της υπό εξέταση τροφής, 2 – 5 γραμμάρια δείγματος στο καθένα.
4. Τοποθετούμε τα χωνευτήρια στον κλίβανο αποτέφρωσης στους 600°C για 2 ώρες ή στους 500 – 550°C για 12-16 ώρες (Pettersen et al, 1999).
5. Τα χωνευτήρια, μετά την πάροδο των τριών ωρών, μεταφέρονται με τη βοήθεια πυράγρας σε υάλινο ξηραντήρα και στη συνέχεια ζυγίζονται.

**Σημείωση:** Η αποτέφρωση θεωρείται πλήρης όταν το υπόλειμμα έχει χρώμα λευκό ή γκριζό.

### **Υπολογισμοί**

Το ευρισκόμενο μετά την ενέργεια 5 βάρος μείον το απόβαρο του χωνευτηρίου αντιστοιχεί στο ποσό της ανόργανης ουσίας που περιέχεται στην ποσότητα του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε.

Το αποτέλεσμα ανάγεται επί τοις εκατό (%) και παρέχει την περιεκτικότητα πλέον της τροφής σε ανόργανα συστατικά (τέφρα), δηλαδή:

$$\frac{(\text{Βάρος χωνευτηρίου} + \text{τέφρα}) - \text{βάρος χωνευτηρίου}}{\text{Βάρος δείγματος τροφής}} \times 100 = \% \text{ Τέφρα}$$

### **Παράδειγμα Υπολογισμού**

Να υπολογιστεί η περιεκτικότητα ενός δείγματος τροφής σε τέφρα έχοντας υπόψη τα ακόλουθα αναλυτικά δεδομένα:

α) Βάρος κενού χωνευτηρίου:	25,1245 gr
β) Βάρος χωνευτηρίου + βάρος τέφρας:	25,3755 gr
γ) Βάρος δείγματος τροφής:	2,5035 gr

### **ΛΥΣΗ**

Σύμφωνα με τον τύπο υπολογισμού, θα είναι:

$$\text{Τέφρα (\%)} = \frac{25,3755 - 25,1245}{2,5035} \times 100 = 10,03 \%$$



## ***Προσδιορισμός τέφρας αδιάλυτης σε υδροχλωρικό οξύ***

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

1. Στην περίπτωση απλών ζωοτροφών ή συνδυασμού αυτών, το δείγμα αποτεφρώνεται, η τέφρα υποβάλλεται σε βρασμό με διάλυμα υδροχλωρικού οξέος 3N και το αδιάλυτο υπόλειμμα διηθείται και ζυγίζεται.
2. Στην περίπτωση ισορροπιστών, ανόργανων αλάτων ή μιγμάτων αυτών, καθώς και στην περίπτωση συνδυασμού ζωοτροφών που το περιεχόμενο του μίγματος σε ουσίες αδιάλυτες σε HCl όπως προσδιορίζονται με την προηγούμενη μέθοδο, είναι μεγαλύτερο από 1%, το δείγμα υποβάλλεται αρχικά σε κατεργασία με διάλυμα HCl 3N και το διάλυμα διηθείται. Στη συνέχεια, το υπόλειμμα αποτεφρώνεται και η τέφρα που λαμβάνεται, υποβάλλεται σε κατεργασία, σύμφωνα με την προηγούμενη μέθοδο.

**Παρατήρηση:** Κατά τη μέθοδο αυτή το HCl διαλύει την πλειοψηφία των ανόργανων ουσιών, εκτός από άμμο και χώμα. Επομένως, η μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την ανίχνευση ρυπάνσεως των δειγμάτων με χώμα ή νοθείας μιγμάτων δια προσθήκης άμμου.

## ***Ρόλος ανόργανων στοιχείων στον ζωικό οργανισμό***

Σχεδόν όλα τα απαραίτητα ανόργανα στοιχεία έχουν μια ή περισσότερες καταλυτικές λειτουργίες στα κύτταρα. Ο ρόλος των ανόργανων στοιχείων είναι (Ζέρβας, 2000):

- 1. Δομικός.** Η ανάπτυξη ενός ζωικού οργανισμού συνδέεται με την εναπόθεση ανόργανων στοιχείων στο σώμα. Τα στοιχεία αυτά υπό τη μορφή διαφόρων αλάτων λαμβάνουν μέρος στη δομή των διαφόρων ιστών του οργανισμού, όπως για παράδειγμα
  - το Ca, ο P και το Mg στα οστά
  - ο Fe στο αίμα
  - το S στις πρωτεΐνες
- 2. Η διατήρηση της ωσμωτικής πίεσης.** Η ωσμωτική πίεση μέσα στον οργανισμό είναι ένας σπουδαίος φυσιολογικός παράγοντας, που ελέγχει την κατανομή του νερού εντός του σώματος. Το μέγεθος της ωσμωτικής πίεσης στα εξωκυτταρικά υγρά καθορίζεται από τη συγκέντρωση του Cl, του Na και των ανθρακικών ιόντων, ενώ μέσα στα κύτταρα κυρίως από τη συγκέντρωση του K, του Mg και των οργανικών ουσιών.
- 3. Η διατήρηση του οξεοβασικού ισοζυγίου.** Στοιχεία, όπως το Na, το K και το Cl έχουν βασικά μια ηλεκτροχημική λειτουργία και συμβάλλουν τα μέγιστα στη διατήρηση του οξεοβασικού ισοζυγίου στο αίμα και στους ιστούς του ζωικού οργανισμού. Το οξεοβασικό ισοζύγιο επηρεάζεται από το είδος του χορηγούμενου σιτηρεσίου και λαμβάνεται υπόψη στη διατροφή των ζώων γιατί η διατάραξη του μειώνει την παραγωγικότητα και επηρεάζει δυσμενώς την αναπαραγωγή αυτών. Το οξεοβασικό ισοζύγιο επηρεάζεται από τα στοιχεία P, Cl, S, Ca, Mg, K και Na.
- 4. Η λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών.** Τα ανόργανα στοιχεία υπό μορφή συνθέτων οργανικών ενώσεων και κυρίως υπό μορφή ιόντων, συνδέονται άμεσα με τη δομή και τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών (π.χ. ο P).
- 5. Η κατάλυση ενζυμικών συστημάτων.** Διάφορες οργανικές ενώσεις και μεταλλικά ιόντα δρουν ως συνένζυμα. Πολλά ένζυμα απαιτούν την παρουσία μετάλλων για να φθάσουν το μέγιστο της ενζυμικής τους ενεργότητας και διακρίνονται σε: α) μεταλλοένζυμα και β) ένζυμα ενεργοποιούμενα από την παρουσία ανόργανων στοιχείων. Η καταλυτική τους δράση εξαρτάται από τα αν το ανόργανο στοιχείο μετέχει στη δομή του ενεργού κέντρου του ενζύμου ή συμπληρώνει τη λειτουργία του.

- 6. Η σχέση με τις ορμόνες.** Η σχέση αυτή απορρέει από: i) την απευθείας συμμετοχή του ανόργανου στοιχείου στη δομή της ορμόνης (I και θυροξίνη), ii) το σχηματισμό ασταθών ενώσεων μεταξύ ανόργανου στοιχείου και ορμόνης (Zn και ινσουλίνη), και iii) τη συμμετοχή τους κατά το σχηματισμό ενζυμικών συστημάτων. Οι ορμόνες αντιδρούν με μεταλλικά ιόντα που συμμετέχουν στη δομή πολλών ενζυμικών συστημάτων. Π.χ. η θυροξίνη δεσμεύει ιόντα Cu, Mg, Co και Zn και δρα ως φορέας ιόντων.
- 7. Η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος.** Μερικά στοιχεία όπως τα Cu, Se, Co, Zn κ.ά. τροποποιούν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος επηρεάζοντας τα κύτταρα Tα και B, τα ουδετερόφιλα και τα μακροφάγα. Η χορήγηση των στοιχείων αυτών, σε ποσότητα που δεν καλύπτει τις ανάγκες του οργανισμού ή υπερκαλύπτει αυτές κατά πολύ, μειώνει την αντίσταση του οργανισμού σε διάφορες μολύνσεις.
- 8. Η έμμεση επίδραση στο μεταβολισμό μέσω της μικροχλωρίδας του πεπτικού συστήματος.** Η συγκέντρωση των διαφόρων ανόργανων στοιχείων επηρεάζει τον αριθμό και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και κατ' επέκταση τη σύνθεση της μικροβιακής πρωτεΐνης, ιδιαίτερα στα μηρυκαστικά ζώα. Η ένωση ανόργανων ιόντων με οργανικές ενώσεις και ο σχηματισμός μεγαλομοριακών συμπλόκων τροποποιεί την απορρόφηση των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων και κυρίως των πρωτεϊνών του σιτηρεσίου.

Ο ρόλος ορισμένων στοιχείων είναι μοναδικός, όπως του Co που είναι συστατικό της βιταμίνης B<sub>12</sub> και του I που μετέχει στο μόριο της ορμόνης θυροξίνης. Κάποια έχουν περισσότερους ρόλους, όπως το Mg, το οποίο λειτουργεί καταλυτικά, δομικά και ηλεκτροχημικά.

Εκτός όμως από το σπουδαιότερο αυτό ρόλο των ανόργανων στοιχείων στο μεταβολισμό του ζωικού οργανισμού, θα πρέπει να τονιστεί και η τοξική δράση μερικών ιχνοστοιχείων όπως των Cu, Se, Mo, Cr, Pd, As κ.ά., όταν χορηγούνται σε υψηλότερες των ανεκτών δόσεις. Πέραν των κατεξοχήν τοξικών στοιχείων που αναφέρθηκαν παραπάνω θα μπορούσε να λεχθεί ότι όλα τα στοιχεία, και εφ' όσον η ποσότητα που χορηγείται υπερβαίνει κάποια όρια, είναι τοξικά είτε άμεσα είτε έμμεσα.

Τοξικά φαινόμενα από κατακράτηση και εναπόθεση ενός στοιχείου A μπορούν να εμφανιστούν όχι μόνο από πλεονασματική χορήγηση του στοιχείου αυτού αλλά και στην περίπτωση που η συγκέντρωση ενός άλλου στοιχείου B, που αλληλεπιδρά με το A, είναι πολύ μικρότερη της

απαιτούμενης. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μεταξύ των ανόργανων στοιχείων μπορεί να προκαλέσουν «δευτερογενείς πενίες», οι οποίες ευθύνονται για έναν αριθμό μεταβολικών νόσων. Επίσης, κάποια ανόργανα στοιχεία (Cu, Se, Mo, As, F) είναι τοξικά αν η συγκέντρωσή τους στο σιτηρέσιο υπερβεί ορισμένα όρια.

Τα σιτηρέσια των ζώων, συνήθως, συμπληρώνονται με ένα ισορροπιστή ανόργανων στοιχείων και βιταμινών. Οι κυριότερες πηγές ανόργανων στοιχείων για τους ισορροπιστές αυτούς είναι η μαρμαρόσκονη για το Ca, το φωσφορικό διασβέστιο για το P, το αλάτι για το Na και Cl και διάφορα ανθρακικά, θειικά ή νιτρικά άλατα για τα περισσότερα ιχνοστοιχεία. Δύο βασικοί παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι η καθαρότητα του άλατος που χρησιμοποιείται και η βιοδιαθεσιμότητα του στοιχείου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός Αζωτούχων Ουσιών

Ο προσδιορισμός των διαφόρων μορφών αζώτου που περιέχονται στις διάφορες ζωτροφές παρουσιάζει αξιόλογο ενδιαφέρον.

Οι αζωτούχες ουσίες της τροφής διακρίνονται σε λευκωματοειδείς και μη. Οι λευκωματοειδείς ουσίες αποτελούν συνήθως το 95 – 98% των αζωτούχων ουσιών της τροφής ενώ στις μη λευκωματοειδείς ανήκουν οι αμίνες, τα πεπτίδια, κτλ.

Στην πράξη, προσδιορίζεται το ολικό άζωτο με τη κλασσική μέθοδο Kjeldahl, η οποία και οφείλεται στον Δανό Johan Kjeldahl που τον Μάρτιο του 1883 παρουσίασε μια μέθοδο προσδιορισμού αζώτου στη Danish Chemical Society. Από τότε, η μέθοδος του μελετήθηκε εκτενώς, τροποποιήθηκε και βελτιώθηκε σημαντικά.

Σήμερα, η μέθοδος Kjeldahl είναι η πλέον διαδεδομένη για τον προσδιορισμό του οργανικού αζώτου των πρωτεϊνών στις τροφές που προορίζονται τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τα αγροτικά ζώα.

Με βάση τη μέθοδο Kjeldahl ο προσδιορισμός των αζωτούχων ουσιών της τροφής **πραγματοποιείται από την μέτρηση του ολικού αζώτου της τροφής και κατόπιν με το πολλαπλασιασμό του με τον συντελεστή 6,25, δηλαδή:**

$$\text{Αζωτούχες Ουσίες} = (\text{ολικό άζωτο τροφής}) \times 6,25$$

Η τιμή του αζώτου που βρίσκεται με την μέθοδο Kjeldahl όταν πολλαπλασιαστεί επί τον συντελεστή 6,25 μας δίνει αυτό που καλούμε αζωτούχες ουσίες. Ο συντελεστής 6,25 δεν είναι τυχαίος αλλά προκύπτει από το **πηλίκο  $100 / 16 = 6,25$** .

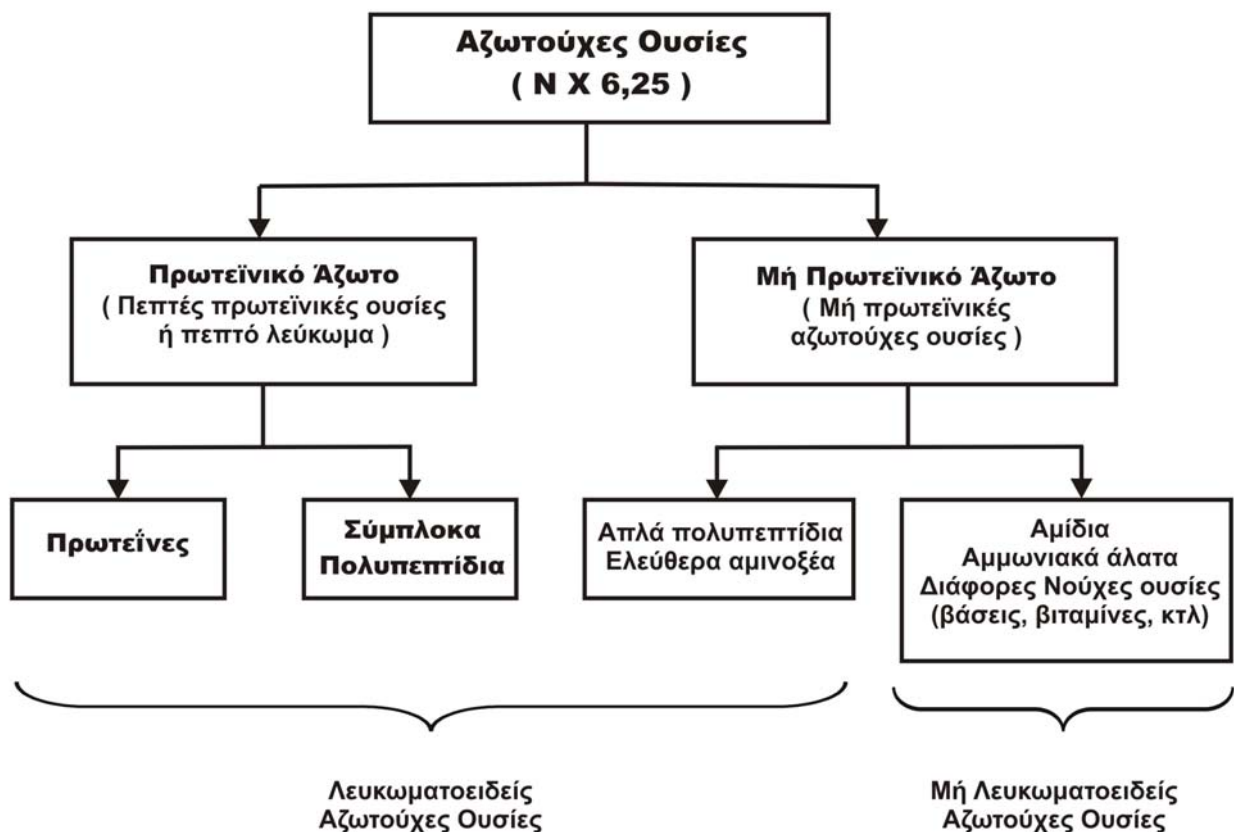
Ειδικότερα, η τιμή του συντελεστή προκύπτει κάνοντας αποδεκτές τις εξής δύο (2) παραδοχές:

- **1<sup>η</sup> Παραδοχή:** θεωρείται ότι όλο το άζωτο της τροφής απαντάται υπό πρωτεϊνική μορφή, και
- **2<sup>η</sup> Παραδοχή:** οι πρωτεΐνες της τροφής περιέχουν κατά μέσο όρο 16% άζωτο. Δηλαδή στα 100 gr μιας πρωτεΐνης τα 16 gr είναι άζωτο (N).

Στην πράξη, οι παραδοχές αυτές δεν είναι απόλυτα ορθές διότι ορισμένες ζωτροφές περιέχουν ικανό ποσοστό μη πρωτεϊνικού αζώτου, όπως είναι εκείνο των αμιδίων. Για παράδειγμα, τα ριζίδια της κριθοβύνης περιέχουν περίπου 35% μη πρωτεϊνικό άζωτο και η πραγματική πρωτεΐνη των γογγυλόριζων της κτηνοτροφικής ελαιοκράμβης είναι μόνο το 40% των αζωτούχων ουσιών.

Η μέτρηση της αληθούς πρωτεΐνης θα μπορούσε να γίνει κατακρημνίζοντάς την με τριχλωροοξικό οξύ. Όμως, η μέθοδος αυτή δεν είναι συνηθισμένη στην πράξη καθώς τα μηρυκαστικά χρησιμοποιούν το μη πρωτεϊνικό άζωτο, ενώ οι συνηθισμένες ζωτροφές των παμφάγων δεν περιέχουν σημαντικά ποσά αμιδίων.

Επίσης, στην πράξη ενδιαφέρει η βιολογική αξία της πρωτεΐνης του σιτηρεσίου, η οποία εξαρτάται από το οριακό αμινοξύ. Έτσι, η έρευνα στράφηκε στην εκτίμηση της ποιότητας των πρωτεϊνών και ειδικότερα στον προσδιορισμό των αμινοξέων μιας τροφής ή σιτηρεσίου.



**Εικόνα 1.** Οι διάφορες μορφές του αζώτου των ζωτροφών.

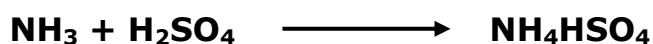
Συμπερασματικά, μπορεί να λεχθεί ότι **η μέτρηση των αζωτούχων ουσιών κατά Kjeldahl είναι μια χρήσιμη ένδειξη του περιεχομένου των αζωτούχων ουσιών μιας ζωοτροφής ή σιτηρεσίου αλλά δεν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα του αζώτου αυτών.**

Για παράδειγμα, η ουρία είναι αμίδιο. Η προσθήκη ουρίας σε ένα σιτηρέσιο θα προκαλέσει αυξημένη τιμή αζωτούχων ουσιών, οι οποίες θα απέχουν κατά πολύ από το να είναι πρωτεϊνικής φύσεως. Στην πραγματικότητα, η ουρία, όπως χρησιμοποιείται στη διατροφή των αγροτικών ζώων, περιέχει 42% άζωτο, το οποίο αντιστοιχεί σε 262% αζωτούχες ουσίες κατά Kjeldahl. Επομένως, θα πρέπει να αποφεύγεται να αποκαλούμε "πρωτεΐνη" το γινόμενο  $N \times 6,25$  αλλά να καλείται "αζωτούχες ουσίες" γνωρίζοντας τους ισχύοντες περιορισμούς.

### **Αρχή της μεθόδου Kjeldahl**

Η μέθοδος στηρίζεται στη μετατροπή οποιασδήποτε μορφής οργανικού αζώτου σε ανόργανο άζωτο (ανοργανοποίηση οργανικού αζώτου).

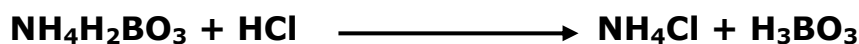
Ορισμένη ποσότητα τροφής θερμαίνεται επί αρκετό χρονικό διάστημα μέσα σε ειδική φιάλη (Kjeldahl) με πυκνό θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) παρουσία θειικού χαλκού ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) και θειικού καλίου ( $K_2SO_4$ ). Κατά τη θέρμανση το υδρογόνο και ο άνθρακας των οργανικών ουσιών της τροφής οξειδώνεται προς νερό ( $H_2O$ ) και διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), αντίστοιχα, ενώ το άζωτο ανάγεται προς αμμωνία ( $NH_3$ ). Η τελευταία δεσμεύεται από την περίσσεια του πυκνού θειικού οξέος και σχηματίζεται όξινο θειικό αμμώνιο ( $NH_4HSO_4$ ):

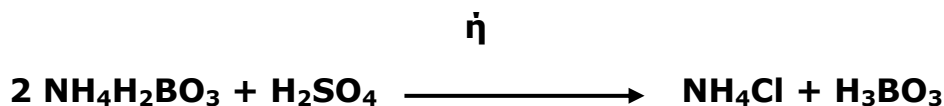


Με την προσθήκη πυκνού διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου ( $NaOH$ ) ακολουθεί απελευθέρωση της δεσμευμένης αμμωνίας, η οποία παραλαμβάνεται ποσοτικά με απόσταξη μέσα σε διάλυμα βορικού οξέος ( $H_3BO_3$ ), οπότε και σχηματίζεται δισόξινο βορικό αμμώνιο ( $NH_4H_2BO_3$ ):



Το σχηματιζόμενο δισόξινο βορικό αμμώνιο, η ποσότητα του οποίου είναι ανάλογη της αμμωνίας που αποστάχθηκε και δεσμεύτηκε, ογκομετρείται μετά το τέλος της απόσταξης με πρότυπο (συνήθως 0,1N) διάλυμα υδροχλωρικού ή θειικού οξέος:





Από την ποσότητα (ml) του διαλύματος υδροχλωρικού ή θειικού οξέος υπολογίζεται η επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα της τροφής σε ολικό άζωτο.

### **Αντιδραστήρια**

1. Θειικό κάλιο ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
2. Θειικός χαλκός ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
3. Πυκνό θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 95-97%, ειδικό βάρος 1,84
4. Διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου: Παρασκευάζεται με διάλυση 500 gr υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ) και 12 gr θειούχου νατρίου ( $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) σε 1000 ml απεσταγμένου νερού.
5. Διάλυμα βορικού οξέος: Παρασκευάζεται με διάλυση 40 gr βορικού οξέος ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) σε 1000 ml απεσταγμένου νερού.
6. Διάλυμα δείκτη: Παρασκευάζεται με διάλυση 0,2 gr ερυθρού του μεθυλίου και 0,1 gr κυανού του μεθυλενίου σε 100 ml αιθανόλης (96% κ.ο.).
7. Διάλυμα δεκατοκανονικό υδροχλωρικού (ή θειικού) οξέος 0,1 N: Μία (1) αμπούλα N/10 HCl διαλύεται σε ογκομετρική φιάλη η οποία γεμίζεται με απεσταγμένο νερό μέχρι της ενδείξεως των 1000 ml.

### **Πορεία εργασίας**

Τοποθετούμε σε μια φιάλη Kjeldahl 0,9 – 1 gr δείγματος μέσα σε διηθητικό χαρτί, μερικά γυάλινα σφαιρίδια ή τεμαχίδια πορσελάνης, 10 gr θειικού καλίου και 1 gr θειικού χαλκού. Σε μια άλλη φιάλη προσθέτουμε τα ίδια αντιδραστήρια αλλά χωρίς την προσθήκη τροφής (λευκός προσδιορισμός). Σε κάθε φιάλη ενεργούμε ως εξής:

- Προσθέτουμε 20-25 ml πυκνού θειικού οξέος και αναδεύουμε. Θερμαίνουμε προσεκτικά μέχρις ότου το περιεχόμενο σταματήσει να βγάζει ατμούς. Συνεχίζουμε την καύση μέχρι να γίνει διαυγές και άχρωμο το περιεχόμενο της φιάλης. Κατά τη διάρκεια της καύσης αναδεύουμε κατά τακτά χρονικά διαστήματα την φιάλη. Κατόπιν συνεχίζουμε την καύση για μιάμιση (1½) ώρα και αφήνουμε να ψυχθεί στη θερμοκρασία



του περιβάλλοντος. Προσθέτουμε περίπου 150 ml απεσταγμένου νερού και μερικά κομμάτια ελαφρόπετρας.

- Σε κωνική φιάλη των 250 ml προσθέτουμε με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου 50 ml διαλύματος βορικού οξέος και 4 σταγόνες δείκτη. Αφού αναδεύουμε την κωνική φιάλη, την τοποθετούμε στο κάτω άκρο του ψυκτήρα κατά τέτοιο τρόπο ώστε το ράμφος του να βυθίζεται στο διάλυμα του βορικού οξέος.
- Με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου προσθέτουμε στη φιάλη Kjeldahl 80 ml διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου. Η προσθήκη αυτή γίνεται από τις παρειές έχοντας τη φιάλη σε πλάγια θέση για να εμποδιστεί η γρήγορη ανάμιξη του καυστικού νατρίου με το περιεχόμενο της φιάλης.
- Συνδέουμε τη φιάλη με τον ψυκτήρα. Αναμιγνύουμε το περιεχόμενο της φιάλης και θερμαίνουμε με προσοχή μέχρι βρασμού αποφεύγοντας το άφρισμα. Συνεχίζουμε την απόσταξη μέχρι ώσπου το περιεχόμενο της φιάλης παρουσιάσει αναπηδήματα.
- Μετά το τέλος της απόσταξης βγάζουμε το εμβαπτισμένο ράμφος του ψυκτήρα από το διάλυμα του βορικού οξέος και το ξεπλένουμε με λίγο απεσταγμένο νερό. Ογκομετρούμε το περιεχόμενο της κωνικής φιάλης με διάλυμα υδροχλωρικού ή θειικού οξέος 0,1N και σημειώνουμε τα ml του υδροχλωρικού ή θειικού οξέος που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση.

### Υπολογισμοί

Το ολικό άζωτο (%) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικό άζωτο (\%)} = \frac{1,40 \times N (V_1 - V_0)}{P}$$

- Όπου:
- N** : Η κανονικότητα του υδροχλωρικού ή θειικού οξέος
  - V<sub>1</sub>** : Τα καταναλωθέντα ml υδροχλωρικού ή θειικού οξέος κατά τον προσδιορισμό του αζώτου στο δείγμα της τροφής
  - V<sub>0</sub>** : Τα καταναλωθέντα ml υδροχλωρικού ή θειικού οξέος κατά τον λευκό προσδιορισμό
  - P** : Το βάρος του δείγματος σε γραμμάρια

Οι αζωτούχες ουσίες (%) της τροφής βρίσκονται πολλαπλασιάζοντας το ολικό άζωτο (%) με το συντελεστή 6,25.

### **Παράδειγμα**

Να υπολογιστεί η περιεκτικότητα ενός δείγματος τροφής σε αζωτούχες ουσίες έχοντας υπόψη τα ακόλουθα αναλυτικά δεδομένα:

- α)** Η δέσμευση της αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ) έγινε σε διάλυμα βορικού οξέος ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )
- β)** Το βάρος του δείγματος της τροφής ήταν 1,325 gr
- γ)** Τα καταναλωθέντα ml υδροχλωρικού οξέος 0,1N κατά τον προσδιορισμό του αζώτου της τροφής ήταν 35.
- δ)** Τα καταναλωθέντα ml υδροχλωρικού οξέος 0,1N κατά τον λευκό προσδιορισμό ήταν 1,75.

### **ΛΥΣΗ**

$$\text{Ολικό N (\%)} = \frac{1,40 \times N (V_1 - V_0)}{P} = \frac{1,40 \times 0,1 (35-1,75)}{1,325} = 3,513$$

Επομένως, οι αζωτούχες ουσίες της τροφής θα είναι:

$$\text{Αζωτούχες ουσίες (\%)} = \text{ολικό άζωτο} \times 6,25 = 3,513 \times 6,25 = 21,95$$

## ***Προσδιορισμός Αζωτούχων Ουσιών κατά Kjeldahl με χρήση της συσκευής VaroDest 40***

Η μέθοδος βασίζεται στη μετατροπή όλου του αμμωνιακού αζώτου σε θειικό αμμώνιο  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , τη μετατροπή του  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  σε υδροείδιο του αμμωνίου  $\text{NH}_4\text{OH}$  και εν συνεχεία μεταφορά, μέσω απόσταξης της αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ) και του  $\text{NH}_4\text{OH}$  σε περίσσεια βορικού οξέος  $\text{H}_3\text{BO}_3$  από το οποίο προσδιορίζουμε το N ογκομετρικώς με  $\text{HCl}$  ή  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### ***Αντιδραστήρια***

- 1.** Θειικό κάλιο ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
- 2.** Θειικός χαλκός ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
- 3.** Πυκνό θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 95-97%, ειδικό βάρος 1,84
- 4.** Διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου: Παρασκευάζεται με διάλυση 500 gr υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ) και 12 gr θειούχου νατρίου ( $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) σε 1000 ml απεσταγμένου νερού.
- 5.** Διάλυμα βορικού οξέος: Παρασκευάζεται με διάλυση 40 gr βορικού οξέος ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) σε 1000 ml απεσταγμένου νερού.
- 6.** Διάλυμα δείκτη: Παρασκευάζεται με διάλυση 0,2 gr ερυθρού του μεθυλίου και 0,1 gr κυανού του μεθυλενίου σε 100 ml αιθανόλης (96% κ.ο.).
- 7.** Διάλυμα δεκατοκανονικό υδροχλωρικό (ή θειικό) οξύ 0,1 N: Μία (1) αμπούλα N/10  $\text{HCl}$  διαλύεται σε ογκομετρική φιάλη η οποία γεμίζεται με απεσταγμένο νερό μέχρι της ενδείξεως των 1000 ml.

### ***Πορεία Εργασίας***

- I.** Τοποθετούμε σε κάθε μία από τις οκτώ γυάλινες ειδικές φιάλες (φιάλες πέψεως) 0,9 – 1,0 gr δείγματος της υπό εξέτασης ζωοτροφής μαζί με 15 – 20 gr θειικού καλίου και 1 gr θειικού χαλκού.
- II.** Προσθέτουμε στη φιάλη πέψεως (φιάλη Kjeldahl) 20 – 25 ml πυκνού θειικού οξέος 95-97%, ειδ. Βάρους 1,84.
  - Προκειμένου να αποφευχθεί η επικόλληση της τροφής στα τοιχώματα της φιάλης κατά τη διάρκεια της θέρμανσης, ενδείκνυται η τοποθέτησή της σε διηθητικό χαρτί.
- III.** Τοποθετούμε τις φιάλες με τη σειρά στην ειδική μεταλλική υποδοχή της συσκευής πέψεως και κατόπιν προσεχτικά στη συσκευή πέψεως εντός της εστίας του απαγωγού.

**IV.** Θέρμανση της φιάλης πέψεως για περίπου δύο (2) ώρες.

- Θέτουμε τη συσκευή θέρμανσης σε λειτουργία και την προθερμαίνουμε στους 150 – 200°C. Όταν τοποθετήσουμε το σταντ με τις 8 φιάλες πέψεως προσεχτικά στη συσκευή και εφαρμόσουμε το καπάκι εξαγωγής των αερίων, ανοίγουμε στα  $\frac{3}{4}$  το διακόπτη του νερού και ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία στους 250 - 300°C για 45 – 60 min. Κατά τακτά χρονικά διαστήματα ανακινούμε ελαφρά τη φιάλη, ώστε το θειικό οξύ να διαβρέχει τα τοιχώματα της φιάλης για την επίτευξη πλήρους καύσεως της υπό εξέτασης ζωοτροφής.
- Παρακολουθούμε με προσοχή το βρασμό του περιεχομένου της φιάλης για την επίτευξη της πλήρους καύσεως του και όταν περάσει το στάδιο του αφρισμού, κατά το οποίο απαιτείται προσοχή ώστε αν ο αφρός ανεβαίνει μέχρι το λαιμό πρέπει να χαμηλώσουμε τη θερμοκρασία ή να ανασηκώσουμε το σταντ με τις φιάλες με προσοχή και να το τοποθετήσουμε στην ειδική θέση της συσκευής, παρατηρούμε ότι οι ατμοί του θειικού οξέος αρχίζουν να υγροποιούνται πάνω στα τοιχώματα της φιάλης (εφίδρωση). Στο στάδιο αυτό και όταν ο αφρισμός υποχωρήσει αυξάνουμε τη θερμοκρασία σταδιακά (ανά 20 min περίπου) στους 350°C, για την επιτάγχυνση του βρασμού.
- Με την έναρξη αλλαγής χρώματος του περιεχομένου της φιάλης από καφέ σε πρασινωπό, αυξάνουμε στο μέγιστο τη θερμοκρασία (όχι πάνω από 375°C) και σημειώνουμε την ώρα, καθώς έπειτα από 10 λεπτά πρέπει να σβηστεί η εστία και να απομακρυνθεί η φιάλη από αυτή.

**V.** Απομάκρυνση της φιάλης από τη θερμαντική εστία και παραμονή επί μερικά λεπτά ώστε να κρυώσει ελαφρά.

**VI.** Τοποθέτηση της φιάλης στη συσκευή απόσταξης Varodest 40.

- Τοποθετούμε τη φιάλη πέψεως με προσοχή ώστε να εφάπτεται κανονικά στην υποδοχή της συσκευής.
- Τοποθετούμε μια καθαρή κωνική φιάλη 250 ml (φιάλη Erlenmeyer) στη συσκευή.
- Επιλέγουμε το κατάλληλο πρόγραμμα που ήδη έχουμε ρυθμίσει.
- Η συσκευή εκτελεί αυτόματα την απόσταξη.
- Μόλις τελειώσει η απόσταξη, με τη βοήθεια γαντιού, απομακρύνουμε τη φιάλη από τη συσκευή τοποθετώντας την στην αντίστοιχη θέση στο σταντ και την γεμίζουμε με νερό, προκειμένου να διευκολύνουμε τον μετέπειτα καθαρισμό της.
- Συνεχίζουμε με την επόμενη φιάλη πέψεως και τοποθετούμε νέα καθαρή κωνική φιάλη στη συσκευή.

**VII.** Τιτλομέτρηση του περιεχομένου της κωνικής φιάλης με δεκατοκανονικό (N/10) διάλυμα υδροχλωρικού οξέος.

- Παίρνουμε την κωνική φιάλη (φιάλη Erlenmeyer) και προσθέτουμε 3-4 σταγόνες διαλύματος δείκτη και ανακινούμε ελαφρώς. Το περιεχόμενο της φιάλης αποκτά πρασινωπό χρώμα.
- Τοποθετούμε τη φιάλη κάτω από το στόμιο της προχοϊδας και τη σημειώνουμε την ένδειξη της στάθμης του HCl.
- Στο σημείο όπου αλλάζει το χρώμα, σημειώνουμε την ένδειξη. Από τη διαφορά των ενδείξεων (τελική-αρχική) υπολογίζουμε τα ml του HCl που καταναλώθηκαν.

**VIII.** Υπολογίζουμε την ποσότητα αζώτου της τροφής σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ολικό άζωτο (\%)} = \frac{1,40 \times N \times V_1}{P}$$

Όπου:     **N** : Η κανονικότητα του υδροχλωρικού ή θειικού οξέος

**V<sub>1</sub>** : Τα καταναλωθέντα ml υδροχλωρικού ή θειικού οξέος κατά τον προσδιορισμό του αζώτου στο δείγμα της τροφής

**P** : Το βάρος του δείγματος σε γραμμάρια

## Οδηγίες Χρήσης της συσκευής Varodest 40

### Προγραμματισμός συσκευής Varodest 40

Ανοίγουμε τη συσκευή, αφού πρώτα βεβαιωθούμε ότι έχει γίνει ορθή σύνδεση της παροχής νερού. Εμφανίζεται η παρακάτω ένδειξη στην οθόνη:

<b>Distillation (απόσταξη)</b>	=	<b>1</b>
<b>Programming (προγραμματισμός)</b>	=	<b>2</b>

Επιλέγουμε το (2) – Programming.

Εμφανίζεται η παρακάτω ένδειξη στην οθόνη:

<b>Program</b>	<b>No</b>	<b>0</b>
----------------	-----------	----------

Επιλέγουμε ένα πρόγραμμα πατώντας από το 1 – 9 (π.χ. 2)

Εμφανίζονται, κατά σειρά, οι εξής επιλογές ρύθμισης της ποσότητας του  $H_3BO_3$ , του  $H_2O$  και του  $NaOH$ . Επισημαίνεται ότι ένα sec αντιστοιχεί σε 10 ml διαλύματος. Έτσι η προσθήκη της επιθυμητής ποσότητας διαλυμάτων θα έχει ως εξής:

#### **Προσθήκη Βορικού Οξέος:**

<b>Add <math>H_3BO_3</math></b>	<b>4-6 sec</b>	=	<b>40-60 ml</b>
---------------------------------	----------------	---	-----------------

#### **Προσθήκη νερού:**

<b>Add <math>H_2O</math></b>	<b>15 sec</b>	=	<b>150 ml</b>
------------------------------	---------------	---	---------------

#### **Προσθήκη καυστικού νατρίου:**

<b>NaOH</b>	<b>7-9 sec</b>	=	<b>70-90 ml</b>
-------------	----------------	---	-----------------

Έπειτα εμφανίζεται η ένδειξη "Reaction time" (Χρόνος αντίδρασης). Είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από την προσθήκη ύδατος μέχρι και την έναρξη της απόσταξης.

**Reaction time = 10 sec**

Στο επόμενο βήμα, εμφανίζεται η ένδειξη "Distillation time" (Χρόνος απόσταξης). Είναι ο χρόνος που πραγματοποιείται η απόσταξη της αμμωνίας ή όπως απλά λέγεται ο βρασμός.

**Distillation time = 3min 30sec - 4 min 00 sec**

Τέλος, εμφανίζονται κατά σειρά, οι εξής ενδείξεις, τις οποίες και ρυθμίζουμε αντίστοιχα:

**Steam power (Ισχύς ατμού) = 100%**

**Suction time (Αναρρόφηση περιεχομένου της φιάλης πέψεως) = 25 sec**

Όταν ολοκληρωθεί ο προγραμματισμός εμφανίζεται η εξής ένδειξη στην οθόνη:

<b>Programming finished</b>
---------------------------------

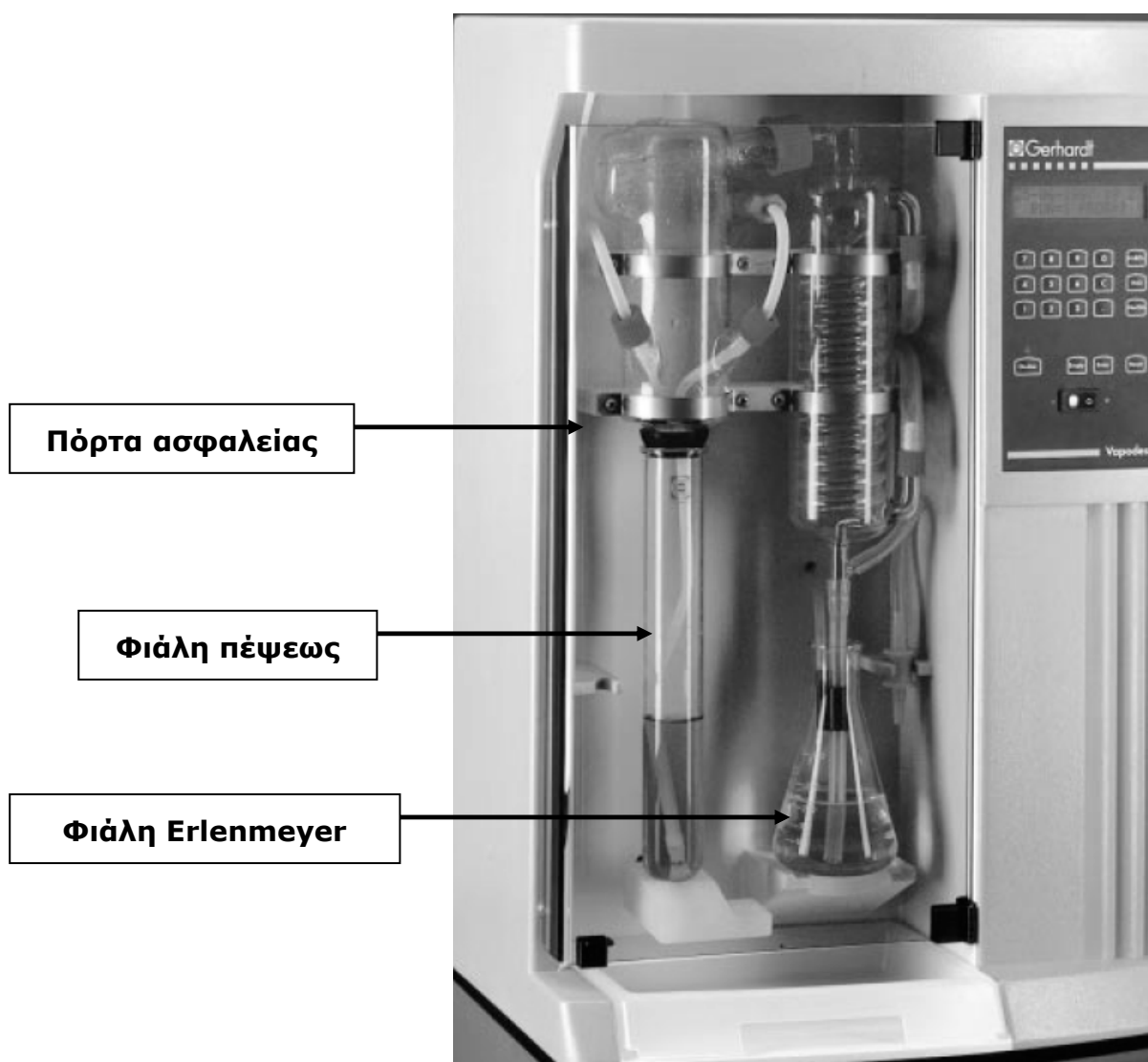
## Επιλογή Προγράμματος Απόσταξης

Μόλις ολοκληρώσουμε τον προγραμματισμό πατώντας το κουμπι **"Reset"** η συσκευή μας οδηγεί στην αρχική οθόνη:

<b>Distillation (απόσταξη)</b>	=	<b>1</b>
<b>Programming (προγραμματισμός)</b>	=	<b>2</b>

Παρατηρούμε προσεχτικά τη στάθμη από τα δοχεία αποθήκευσης των διαλυμάτων (NaOH, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> και H<sub>2</sub>O) ώστε, αν χρειαστεί (στάθμη κάτω από την κόκκινη γραμμή), να συμπληρώσουμε το αντίστοιχο διάλυμα, καθώς και τη στάθμη στο δοχείο με τα απόβλητα της συσκευής (Waste box) ώστε να το αδειάσουμε εφόσον η στάθμη του περιεχομένου είναι πάνω από την κόκκινη γραμμή.

Ανοίγουμε την πόρτα ασφαλείας και τοποθετούμε με προσοχή μια φιάλη πέψεως στην ειδική θέση και μια κωνική φιάλη Erlenmeyer στη διπλανή υποδοχή της συσκευής.



Κλείνουμε την πόρτα ασφαλείας και επιλέγουμε **(1) – Distillation** (Απόσταξη).

Εμφανίζεται η παρακάτω ένδειξη στη συσκευή:

**Program No 0**

Επιλέγουμε το κατάλληλο πρόγραμμα που έχουμε ρυθμίσει, όπως περιγράφηκε προηγουμένως (π.χ. το 1).

Εμφανίζεται η παρακάτω ένδειξη στη συσκευή:

**Program No 1**  
**Run=Enter**

Πατώντας το πλήκτρο **“Enter”** η συσκευή θα ξεκινήσει την απόσταξη εκτελώντας το πρόγραμμα 1. Πατάμε **“Enter”** οπότε ξεκινά η απόσταξη.

Όταν ολοκληρωθεί η απόσταξη θα παρουσιαστεί στην οθόνη η ένδειξη:

**Program**  
**Finished**

Απομακρύνουμε προσεχτικά τη φιάλη πέψεως και την κωνική φιάλη και τοποθετούμε νέες, αρχίζοντας νέο κύκλο απόσταξης κ.ο.κ.

### ***Καθαρισμός συσκευής απόσταξης***

Όταν τελειώσουμε την απόσταξη σε όλα τα δείγματα και πριν κλείσουμε τη παροχή ρεύματος, είναι σημαντικό να εκτελεστεί το πρόγραμμα καθαρισμού της συσκευής.

Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται κάθε πιθανή παρεμπόδιση της ομαλής λειτουργίας της συσκευής από τυχόν κρυσταλλοποίηση των χρησιμοποιούμενων αντιδραστηρίων στα εσωτερικά των σωλήνων τροφοδότησης της συσκευής.



Οι ρυθμίσεις για το πρόγραμμα καθαρισμού είναι οι εξής:

Add H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> :	0 sec
Add H <sub>2</sub> O:	13 sec
Add NaOH:	0 sec
Reaction time:	0 sec
Distillation time:	7 min
Steam capacity:	100 %
Suction time:	20 sec

Ο καθαρισμός εκτελείται τοποθετώντας μια άδεια φιάλη πέψεως και μια άδεια κωνική φιάλη στις αντίστοιχες υποδοχές.

Όταν ολοκληρωθεί το πρόγραμμα καθαρισμού, συμπληρώνουμε απεσταγμένο ή απιονισμένο νερό στις φιάλες ώστε να καλύπτουν επαρκώς τα στόμια των πλαστικών σωλήνων. Τώρα, μπορούμε με ασφάλεια να κλείσουμε τη συσκευή μέχρις ότου την επαναχρησιμοποιήσουμε.

## **Οι πρωτεΐνες και η σημασία τους στις ζωοτροφές**

Οι πρωτεΐνες αποτελούν σπουδαιότατο συστατικό του ζωικού σώματος, συναντώνται σε όλα τα κύτταρα του οργανισμού και στο αίμα και αποτελούν ποσοτικά το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής του ουσίας.

Το μόριο των πρωτεϊνών αποτελείται από αμινοξέα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ορισμένη αλληλουχία με πεπτιδικούς δεσμούς. Ανάλογα με τον αριθμό των αμινοξέων που ενώνονται σχηματίζονται διπεπίδια, τριπεπίδια και πολυπεπίδια.

Οι πεπτιδικοί δεσμοί και η αλληλουχία των αμινοξέων στο πολυπεπτιδικό μόριο συνιστούν την **πρωτοταγή** δομή των πρωτεϊνών, η πτύχωση του πολυπεπτιδίου τη **δευτεροταγή** και η παράπλευρη τοποθέτηση των πτυχωτών ή ελικοειδών πεπτιδικών αλυσίδων, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο τα μονομερή αυτά μόρια σχηματίζουν μορφές ανώτερης τάξης, συνιστούν την **τριτοταγή** δομή των πρωτεϊνών.

Η διαλυτότητα των πρωτεϊνών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το pH, τη διηλεκτρική σταθερά του διαλυτικού μέσου, την ιοντική ισχύ του διαλύματος και τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης και είναι κατά μεγάλο ποσοστό συνάρτηση της τριτοταγούς δομής του μορίου της πρωτεΐνης. Γι' αυτό κάθε μεταβολή στην τριτοταγή δομή επηρεάζει τη διαλυτότητα της πρωτεΐνης.

Η επίδραση ορισμένων δυσμενών παραγόντων μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμη διαταραχή της τριτοταγούς δομής των πρωτεϊνών με αποτέλεσμα την μετουσίωσή τους που χαρακτηρίζεται από την εξαφάνιση της ειδικότητας και της μορφής του πρωτεϊνικού μορίου. Από τα αίτια που προκαλούν μετουσίωση ιδιαίτερη σημασία για τη διατροφή των ζώων έχει η θερμότητα.

Η μετουσίωση με απλά λόγια είναι η εξαφάνιση της ειδικότητας και της μορφής του πρωτεϊνικού μορίου υπό την επίδραση δυσμενών παραγόντων οι οποίοι και προκαλούν τη μη αναστρέψιμη (συνήθως) διαταραχή της τριτοταγούς δομής.

*Γι' αυτό ο βαθμός και ο τρόπος θερμικής κατεργασίας των ζωοτροφών κατά τη βιομηχανική τους παραγωγή αποτελεί χειρισμό που μπορεί να επηρεάσει (μέχρι και μηδενισμού) την πεπτικότητα των πρωτεϊνών των ζωοτροφών αυτών. Η υγρή και ήπια θέρμανση των πρωτεϊνών, όμως, προκαλεί **μετουσίωση** τέτοια ώστε οι πρωτεΐνες υδρολύονται πιο εύκολα.*

Στον ζωικό οργανισμό, οι σπουδαιότερες λειτουργίες που επιτελούν οι πρωτεΐνες είναι οι εξής:

- Αποτελούν θεμελιώδες συστατικό των κυττάρων, του αίματος, τις λέμφου, κ.ά.

- Είναι συστατικό των διαφόρων ενζύμων (απένζυμα) και ορισμένων ορμονών (π.χ. θυροξίνη, ινσουλίνη, κτλ).
- Είναι απαραίτητες για τη σύνθεση των νεοσχηματιζόμενων ιστών στα αναπτυσσόμενα ζώα και επιδρούν ευνοϊκά στη σωματική αύξηση και διάπλαση. Επίσης, συμμετέχουν στη δόμηση των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων (γάλα, κρέας, έριο, αυγά).
- Όταν η ενέργεια που λαμβάνουν τα ζώα από τα λίπη και τους υδατάνθρακες είναι ανεπαρκής, τότε προσφέρουν και ενέργεια στον οργανισμό: από 1 gr πρωτεΐνης που οξειδώνεται στο σώμα παράγονται περίπου 4,1 Kcal ενέργειας.
- Με τη μορφή των γ-σφαιρινών, διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην προάσπιση του οργανισμού εναντίον των διαφόρων λοιμώξεων και στην επούλωση των τραυμάτων.
- Υπάρχουν στο γενετικό υλικό και συμβάλλουν στην κανονική αναπαραγωγική λειτουργία του οργανισμού.

## **I. Πρωτεϊνικές δαπάνες συντήρησης**

Όταν ένας ζωικός οργανισμός, υπό κανονικές συνθήκες διαβίωσης και βρισκόμενος σε μη παραγωγική φάση, υποχρεωθεί να λάβει τροφή η οποία είναι επαρκής σε όλα τα θρεπτικά συστατικά εκτός από τις αζωτούχες ουσίες, τότε παρατηρείται ότι συνεχίζει να αποβάλλει άζωτο με τα κόπρανα, τα ούρα και τα επιδερμικά εξαρτήματα.

- Η παρουσία αζώτου στα κόπρανα οφείλεται στο ότι υπάρχουν μέσα σε αυτά απεκκρίματα, αποσπασμένα κύτταρα κ.ά. του πεπτικού σωλήνα. Το άζωτο αυτό αποτελεί το λεγόμενο **“μεταβολικό άζωτο κοπράνων”**.
- Η παρουσία του αζώτου στα ούρα απορρέει από τον συνεχή καταβολισμό των αζωτούχων ουσιών του σώματος και την αποβολή των τελικών προϊόντων μέσω των ούρων. Το άζωτο αυτό έχει αποδειχτεί ότι με τη συνέχιση λήψης τροφής δίχως αζωτούχες ουσίες, ελαττώνεται προοδευτικά μέχρι μια ορισμένη ποσότητα. Η ποσότητα αυτή αποτελεί το ονομαζόμενο **“ενδογενές άζωτο ούρων”** και υποδηλώνει ουσιαστικά τον ελάχιστο πρωτεϊνικό καταβολισμό.
- Το λεγόμενο **“άζωτο επιδερμικών εξαρτημάτων”** περιλαμβάνει το άζωτο εκείνο που διατίθεται για την αντικατάσταση των ημερησίων φθορών των τριχών, νυχιών, επιδερμίδας, κ.ά.

Το άθροισμα του ενδογενούς αζώτου των ούρων, του μεταβολικού των κοπράνων και εκείνου των επιδερμικών εξαρτημάτων υποδηλώνει τις

αζωτούχες δαπάνες στις οποίες υπόκειται ο οργανισμός για να συντηρηθεί και να διατηρηθεί στη ζωή.

Με άλλα λόγια, εκφράζει την “φυσιολογική ελάχιστη δαπάνη των πρωτεϊνών του οργανισμού”, η οποία είναι άκρως απαραίτητη για τη διατήρηση των ζωτικών λειτουργιών του.

## **II. Πρωτεϊνικές δαπάνες παραγωγής**

Όταν το ζώο βρίσκεται σε παραγωγική φάση, τότε υπόκειται σε επιπρόσθετες αζωτούχες δαπάνες, όπως για:

- Σωματική ανάπτυξη – πάχυνση,
- Παραγωγή γάλακτος και άλλων εκκριμάτων (σπέρμα, γαστρικό υγρό, ένζυμα, κτλ)
- Σχηματισμό επιδερμικών εξαρτημάτων (μαλλί, πτέρωμα, οπλές, κτλ.)
- Αυγοπαραγωγή
- Κυοφορία
- Εργασία (όταν η παραγωγή ενέργειας από την καύση λιπιδίων και υδατανθράκων είναι ανεπαρκής).

Οι δαπάνες αζωτούχων ουσιών από το ζωικό οργανισμό δημιουργούν σε αυτόν την ανάγκη για πρόσληψη πρωτεϊνών, οι οποίες λαμβάνονται μέσω των ζωοτροφών του σιτηρεσίου.

Στις τροφές φυτικής και ζωικής προέλευσης οι πρωτεΐνες απαντώνται σε μεγάλη ποικιλία και αναλογία. Αυτές που τελικά θα πεφθούν και απορροφηθούν από τον ζωικό οργανισμό παρέχουν αμινοξέα τα οποία μετά την απορρόφησή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- Σύνθεση πρωτεϊνών, ώστε να αναπληρώνονται οι πρωτεΐνες που καταβολίζονται,
- Σύνθεση πρωτεϊνών για τη παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων,
- Σύνθεση ενζύμων και ποικίλων εκκριμάτων που σχετίζονται με φυσιολογικές δραστηριότητες του σώματος, και
- Παραγωγή ενέργειας.

Εκτός από τις πρωτεΐνες, στις ζωοτροφές περιέχονται και μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες, όπως αμίδια, αμίνες, ουρία, παράγωγα πουρίνης, αμινοξέα, αμμωνιακά άλατα, νιτρικά άλατα κτλ.

Οι ουσίες αυτές διαδραματίζουν αξιόλογο θρεπτικό ρόλο και μπορούν να συμβάλλουν στη κάλυψη των αναγκών του οργανισμού σε άζωτο. Ο θρεπτικός τους όμως ρόλος φαίνεται ότι εξαρτάται από τη χημική σύσταση και

το είδος των ζώων που τις καταναλώνουν. Έτσι, σε ότι αφορά τα παμφάγα ζώα αποδίδεται σε αυτές μικρή σημασία, αν και πρόσφατες έρευνες τείνουν να αποδείξουν το αντίθετο. Στα μηρυκαστικά, όμως, διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο επειδή σε αυτά με τη παρεμβολή της μικροχλωρίδας της μεγάλης κοιλίας το μη πρωτεϊνικό άζωτο των τροφών μετατρέπεται σε μικροβιακές πρωτεΐνες, οι οποίες με την πέψη παρέχουν αμινοξέα, που χρησιμοποιούνται όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός Λιπαρών Ουσιών κατά Soxhlet με χρήση της συσκευής Soxtherm

Για τον προσδιορισμό των λιπαρών ουσιών, στο σύνολο σχεδόν των ζωοτροφών, το δείγμα της τροφής εκχυλίζεται με οργανικό διαλύτη (π.χ. διαιθυλικό αιθέρα, πετρελαϊκό αιθέρα, κτλ) στη συσκευή Soxhlet για χρονικό διάστημα 16 – 18 ώρες.

Στη συνέχεια ο διαλύτης αποστάζεται και το υπόλειμμα ξηραίνεται και ζυγίζεται. Το υπόλειμμα που επιτυγχάνεται μετά την εξάτμιση του οργανικού διαλύτη αποτελεί το λεγόμενο «**αιθέριο εκχύλισμα**» (ether extract) ή ολικό λίπος.

Το κλάσμα λιπών και ελαίων λέγεται αιθέριο εκχύλισμα διότι εκτός των ανωτέρω ουσιών, εκχυλίζονται με τον αιθέρα και άλλες ουσίες όπως κηροί, οργανικά οξέα, αλκοόλες, βιταμίνες καθώς και χρωστικές.

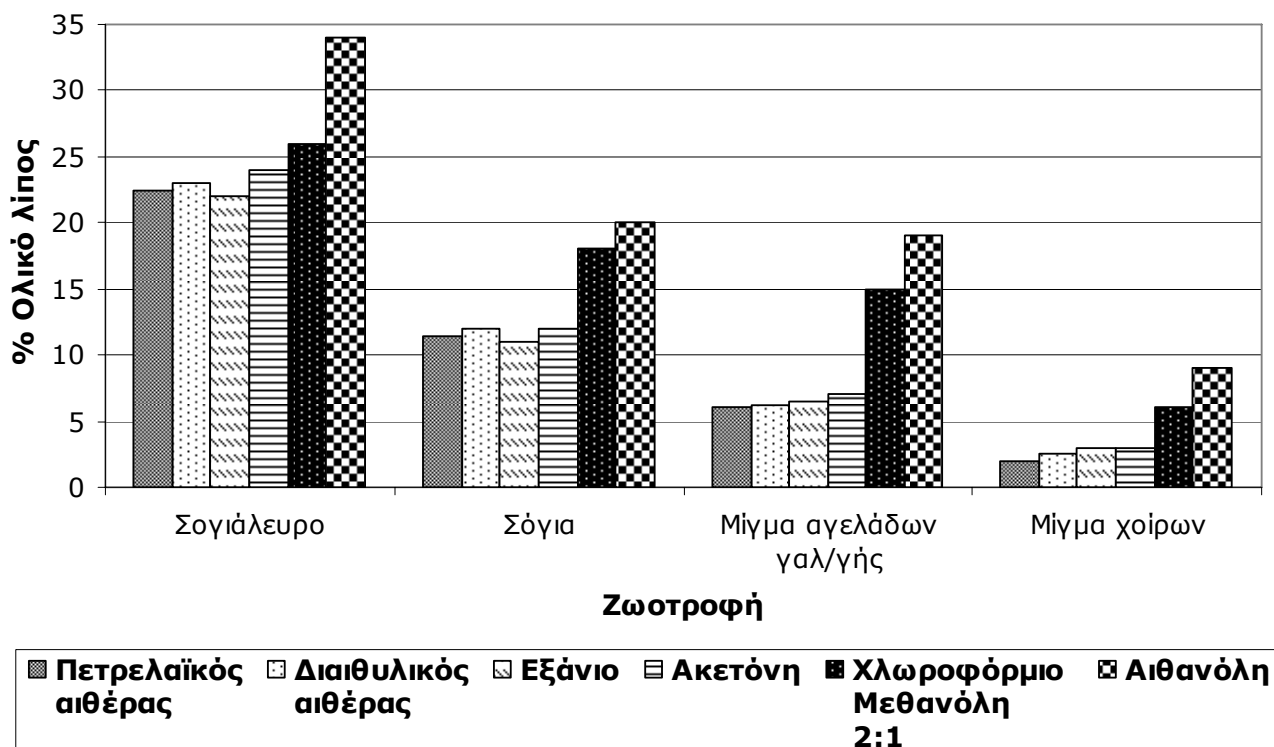
Η χρήση της συσκευής Soxtherm συντομεύει κατά πολύ τον απαιτούμενο χρόνο με την κλασσική μέθοδο και καθιστά τη διαδικασία εκχύλισης πιο ασφαλή.

#### **Αντιδραστήρια**

Οποιοσδήποτε οργανικός διαλύτης όπως πετρελαϊκός αιθέρας, διαιθυλικός αιθέρας, αιθανόλη, ακετόνη, μεθανόλη, χλωροφόρμιο, κτλ.

Σημειώνεται ότι κάθε ένας από τους οργανικούς διαλύτες έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά διαλυτότητας, γεγονός που επηρεάζει σε ορισμένο βαθμό την ποσότητα του λίπους που εκχυλίζεται από το δείγμα της τροφής. Στο Σχήμα 1 παριστάνεται η σχέση μεταξύ διαλύτη και ποσοστού λίπους της τροφής.

Τελευταία υιοθετείται η χρησιμοποίηση του πετρελαϊκού αιθέρα αντί του διαιθυλικού αιθέρα επειδή έχει υψηλότερο σημείο ζέσεως και επομένως είναι λιγότερο επικίνδυνος στη χρήση.



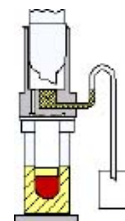
**Γράφημα 1.** Σχέση μεταξύ είδους οργανικού διαλύτη και ποσοστού ολικού λίπους που εκχυλίζεται από διάφορες ζωοτροφές (εκχύλιση 45 min).

### Πορεία Εργασίας

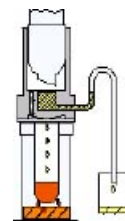
1. Τοποθετούμε τα ειδικά γυάλινα ποτήρια ζέσεως στον φούρνο για τουλάχιστον 1 ώρα στους 100 °C και κατόπιν, χρησιμοποιώντας την λαβίδα, τα τοποθετούμε στον ξηραντήρα προκειμένου να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος (15 – 20 λεπτά).
2. Προσθέτουμε σε κάθε ένα από τα κύπελλα – ηθμούς τουλάχιστον 1 γραμμάριο ( $W_1$ ) δείγματος μέσα σε διηθητικό χαρτί.
3. Σε κάθε γυάλινο ποτήρι ζέσεως τοποθετούμε μερικά χαλίκια και αμέσως ζυγίζουμε ( $W_2$ ).
4. Τοποθετούμε τα κύπελλα στον μεταλλικό υποδοχέα και εν συνεχεία εντός του ποτηριού ζέσεως.
5. Προσθέτουμε σε κάθε ένα ποτήρι ζέσεως τόση ποσότητα οργανικού διαλύτη ώστε να επικαλύψει ελαφρώς το εξεταζόμενο δείγμα.
6. Τοποθετούμε προσεχτικά τα ποτήρια στους υποδοχείς της συσκευής.
7. Ξεκινάμε το κατάλληλο πρόγραμμα εκχύλισης της συσκευής Soxhtherm.

8. Η εκχύλιση περιλαμβάνει 5 στάδια:

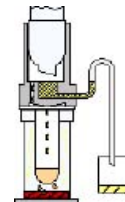
(i) **1ο Στάδιο – Θερμή Εκχύλιση:** Το δείγμα βυθίζεται στον υπό βρασμό διαλύτη και το λίπος αρχίζει να ελευθερώνεται από το δείγμα.



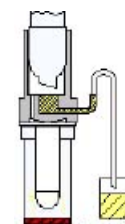
(ii) **2ο Στάδιο – Εξάτμιση:** Το επίπεδο του διαλύτη μειώνεται κάτω από το κύπελλο εκχύλισης. Ο διαλύτης που περισσεύει συλλέγεται στην δεξαμενή ανάκτησης στο πίσω μέρος της συσκευής.



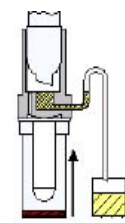
(iii) **3ο Στάδιο – Εκχύλιση:** Το λίπος εκχυλίζεται από την επανυγροποίηση και συμπύκνωση των ατμών του διαλύτη και συλλέγεται στο διαλύτη από το ποτήρι ζέσεως.



(iv) **4ο Στάδιο – Εξάτμιση Β:** Ο επιπλέον όγκος του διαλύτη αποστάζεται στη δεξαμενή αποθήκευσης για μελλοντική ανάκτηση.



(v) **5ο Στάδιο – Εξάτμιση Γ:** Τα ποτήρια ζέσεως ανυψώνονται από τις εστίες θέρμανσης αυτόματα. Μια μικρή ποσότητα διαλύτη που παραμένει στα ποτήρια εκχύλισης μπορεί να απομακρυνθεί με θέρμανση.



9. Με το πέρας της εκχύλισης (ανοίγει αυτόματα το γυάλινο προστατευτικό της συσκευής) αφαιρούμε προσεχτικά τα ποτήρια ζέσεως από τους υποδοχείς και τα τοποθετούμε στο πυριαντήριο για 30 λεπτά σε θερμοκρασία 100°C.
10. Έπειτα τοποθετούμε τα ποτήρια ζέσεως στον γυάλινο ξηραντήρα προκειμένου να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος (15 - 20 λεπτά) και κατόπιν ζυγίζουμε ( $W_3$ ).



11. Η επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα του δείγματος σε λίπος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικό λίπος (\%)} = \frac{(W_3 - W_2)}{W_1} \times 100$$

### *Οι λιπαρές ουσίες και η σημασία τους στις ζωοτροφές*

Οι λιπαρές ουσίες αποτελούν ομάδα θρεπτικών ουσιών που απαντάται τόσο στους φυτικούς όσο και στους ζωικούς ιστούς. Διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο στον οργανισμό και απαντώνται σε όλα τα κύτταρά του. Οι λιπαρές ουσίες έχουν μια κοινή ιδιότητα: είναι αδιάλυτες στο νερό και διαλυτές στους οργανικούς διαλύτες (π.χ. πετρελαϊκός αιθέρας). Από λειτουργικής πλευράς το λίπος διακρίνεται σε αποταμιευτικό και οργανωτικό.

Το **αποταμιευτικό** λίπος αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ουδέτερα λίπη και εκπροσωπεί την κινητή μορφή λίπους εντός του οργανισμού. Αυξάνεται, όταν το ζώο διατρέφεται πλούσια και ιδιαίτερα από την ενηλικίωση του και πέρα και ελαττώνεται, όταν το ζώο διατρέφεται ανεπαρκώς. Γι' αυτό η περιεκτικότητα του σώματος σε λίπος, η οποία ανέρχεται σε 5% στα πολύ ισχνά ζώα και σε 10-15% στα καλώς στα καλώς διατρεφόμενα, μπορεί να φθάσει στο 50-60% στα παχύσαρκα. Η σύσταση του αποταμιευτικού λίπους δεν είναι σταθερή, αλλά επηρεάζεται από τη σύσταση του λίπους της τροφής. Βρίσκεται σε όλα τα κύτταρα, αλλά ιδιαίτερα στον υποδόριο συνδετικό ιστό, την κοιλιακή κοιλότητα, στον μεταξύ των μυών συνδετικό ιστό και τον μυελό των οστών, τα κύτταρα του οποίου περιέχουν 65% λίπος.

Το **οργανωτικό** λίπος, αντίθετα, αποτελείται αποκλειστικά από λιποειδή και εκπροσωπεί τη μη κινητή μορφή λίπους στον οργανισμό. Έχει σταθερή σύσταση που διαφέρει, όμως, μεταξύ των ειδών των ζώων και μεταξύ των οργάνων, χωρίς να επηρεάζεται σοβαρά από τη σύσταση του λίπους της τροφής. Μετέχει στη δομή των κυτταρικών μεμβρανών και η ποσότητά του είναι σταθερή.

Από τις ζωοτροφές πλούσια σε λίπος είναι τα ελαιούχα σπέρματα, τα έμβρυα των δημητριακών καρπών, τα ιχθυάλευρα, τα ηπατάλευρα, μερικά κρεατάλευρα και βέβαια τα αυτούσια λίπη και έλαια, φυτικής ή ζωικής προέλευσης, που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων. Τα έλαια είναι πλούσια σε λινελαϊκό και ελαϊκό οξύ και μάλλον πτωχά σε κεκορεσμένα

λιπαρά οξέα, ενώ τα λίπη που περιέχονται στα κρεατάλευρα ή τους καρπούς ορισμένων φοινικοειδών έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα.

**Πίνακας 5.** Οι λιπαρές ουσίες στο ζωικό και φυτικό οργανισμό.

<b>Οργανισμός</b>	<b>Λειτουργία</b>	<b>Κυριότερα Χαρακτηριστικά</b>
<b>Ζωικός οργανισμός</b>	<b>Αποταμιευτική</b>	Αποτελούν την κυριότερη μορφή αποθηκευμένης ενέργειας (9,3 Mcal/Kg ΞΟ έναντι 4 Mcal/Kg ΞΟ από το γλυκογόνο).
	<b>Οργανωτική</b>	Συμμετέχει στη δομή των κυτ. μεμβρανών Η μη κινητή μορφή λίπους. Έχει σταθερή σύνθεση και δεν επηρεάζεται από τη σύνθεση του λίπους της τροφής.
<b>Φυτικός οργανισμός</b>	<b>Αποταμιευτική</b>	Απαντούν στα φρούτα και τα σπέρματα (κυρίως έλαια).
	<b>Οργανωτική</b>	Συστατικά μεμβρανών (γλυκολιπίδια, φωσφολιπίδια) & προστατευτικά επιφανειών (κηροί).

Στους περισσότερους από τους δημητριακούς καρπούς και στα προϊόντα ζωικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται σαν ζωοτροφές, τα λίπη και τα έλαια που παραλαμβάνονται με μηχανικά μέσα (σύνθλιψη) είναι σχεδόν τα ίδια με αυτά που παραλαμβάνονται κατά τη διαδικασία προσδιορισμού των ουσιών αυτών στο εργαστήριο και αποτελούνται από:

- Γλυκερίδια λιπαρών οξέων,
- Ελεύθερα λιπαρά οξέα,
- Χοληστερόλη,
- Λεκιθίνη,
- Χλωροφύλλη,
- Αλκαλικές ουσίες,
- Πτητικά (αιθέρια) έλαια, και
- Ρητίνες

Αν και η χλωροφύλλη, τα πτητικά έλαια, οι αλκαλικές ουσίες και οι ρητίνες δεν θεωρούνται ως θρεπτικά συστατικά, εν τούτοις, ανευρίσκονται μέσα στο κλάσμα των ζωοτροφών που ονομάζονται λιπαρές ουσίες.

### **Η σημασία των λιπαρών ουσιών έγκειται στο ότι:**

- Αποτελούν συμπυκνωμένες μορφές ενέργειας για το ζώο καθώς περιέχουν 2 ¼ φορές περισσότερη ενέργεια από την αντίστοιχη των υδατανθράκων. Έτσι όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό των λιπαρών ουσιών στην τροφή τόσο υψηλότερο θα είναι το ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους της τροφής αυτής.
- Ωστόσο κατά την προσθήκη λιπών και ελαίων ή λιπαρών πρώτων υλών στα μίγματα των ζωοτροφών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η ευληπτότητα ή οργανοληπτική ικανότητα του ζώου, η βιοδιαθεσιμότητα των λιπαρών ουσιών, η συγκέντρωση των άλλων θρεπτικών ουσιών στην τροφή και η πιθανότητα επίδρασης των λιπαρών ουσιών στο βαθμό χρησιμοποίησης από το ζώο των υπόλοιπων θρεπτικών συστατικών.
- Είναι φορείς των απαραίτητων λιπαρών οξέων (λινολεϊκού, λινολενικού και αραχιδονικού οξέος) και των λιποδιαλυτών βιταμινών A, D, E & K.
- Ο βαθμός αξιοποίησης (μετρατρεψιμότητας) της τροφής σε προϊόντα είναι υψηλότερος όταν η τροφή περιέχει υψηλά ποσοστά λιπαρών ουσιών.
- Αποτελούν θεμελιώδες συστατικό των κυττάρων, του αίματος και της λέμφου.
- Συμμετέχουν στο σχηματισμό νέων ιστών στους οργανισμούς που βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης.
- Συμμετέχουν στη δόμηση των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων (γάλα, κρέας, αυγά).
- Αποτελούν, με τη μορφή των λιποαποθηκών (π.χ. υποδόριος ιστός) του σώματος, "ενεργειακή παρακαταθήκη".
- Προστατεύουν τον οργανισμό από την επίδραση χαμηλών ή υψηλών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος, λόγω της μικρής τους θερμοαγωγιμότητας.
- Συμβάλλουν με την παρουσία τους στην καλύτερη απορρόφηση ανόργανων ουσιών (Ca, P) και βιταμινών (A, D, E, K, καροτένια).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός Ινωδών Ουσιών

Η κλασσική μέθοδος Weende δεν χρησιμοποιείται στα σύγχρονα εργαστήρια πλέον λόγω της επικινδυνότητας από τη χρήση του αμιάντου. Βασίζεται στη διαλυτοποίηση και απομάκρυνση των μη κυτταρινούχων συστατικών της προς ανάλυση ζωοτροφής με την βοήθεια αραιών διαλυμάτων θειικού οξέος ( $H_2SO_4$ ) και υδροξειδίου του νατρίου ( $NaOH$ ).

Το δείγμα της ζωοτροφής αρχικά υπόκειται σε βρασμό με διάλυμα  $H_2SO_4$  και κατόπιν, στο 2<sup>ο</sup> στάδιο, υπόκειται σε βρασμό με διάλυμα  $NaOH$ , κατά απομίμηση της πεπτικής δράσης των γαστρικών εκκρίσεων.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα εργαστήρια, βασίζεται στη διαλυτοποίηση και απομάκρυνση των μη κυτταρινούχων συστατικών της προς ανάλυση ζωοτροφής με την βοήθεια αραιών διαλυμάτων θειικού οξέος ( $H_2SO_4$ ) και υδροξειδίου του καλίου ( $KOH$ ) αντί του υδροξειδίου του νατρίου ( $NaOH$ ).

Το υπόλειμμα που μένει μετά τους 2 βρασμούς, διηθείται, εκπλύνεται με ζεστό νερό και με οινόπνευμα, ζυγίζεται και κατόπιν αποτεφρώνεται. Η διαφορά του βάρους του υπολείμματος πριν και μετά την αποτέφρωση εκφράζει την ποσότητα των ινωδών ουσιών που περιέχονται στο δείγμα της τροφής. Δηλαδή:

$$\text{Ινώδεις ουσίες (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100$$

Όπου  **$W_1$** : Το βάρος των ποτηριών μετά την κατεργασία με  $H_2SO_4$  και  $KOH$

**$W_2$** : Το βάρος των ποτηριών μετά την αποτέφρωση

**$W_0$** : Το βάρος του δείγματος της ζωοτροφής σε gr

Το αδιάλυτο, σε όξινο και αλκαλικό μέσο, υπόλειμμα που απομένει περιέχει ολόκληρη την ποσότητα της κυτταρίνης και το σημαντικότερο μέρος των ημικυτταρινών και της λιγνίνης.

## ***Προσδιορισμός Ινωδών Ουσιών κατά Weende με χρήση της συσκευής FIBERTEC***

Η μέθοδος βασίζεται στη διαλυτοποίηση και απομάκρυνση των μη κυτταρινούχων συστατικών της προς ανάλυση ζωοτροφής με τη βοήθεια αραιών διαλυμάτων θειικού οξέος και υδροξειδίου του καλίου (ΚΟΗ).

### ***Αντιδραστήρια***

- i) Θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) 1,25% -  $0,2555 \pm 0,005 N$ : 12,5 gr πυκνού  $H_2SO_4$  διαλελυμένο σε 1000 ml απεσταγμένου νερού.
- ii) Υδροξείδιο του καλίου (ΚΟΗ) 1,25% -  $0,223 \pm 0,005N$ : 12,5 gr ΚΟΗ διαλελυμένο σε 1000 ml απεσταγμένου νερού.
- iii) Οκτανόλη
- iv) Ακετόνη

### ***Πορεία εργασίας***

1. Ζυγίζουμε με ακρίβεια περίπου 1 gr δείγματος ( $W_0$ ) και το μεταφέρουμε προσεχτικά σε κάθε ένα από τα έξι ειδικά, με πορώδη πάτο, ποτηράκια που είναι ήδη τοποθετημένα στον ειδικό υποδοχέα.
2. Με τη βοήθεια του υποδοχέα μεταφέρουμε τα ποτηράκια στη συσκευή εκχύλισης και τα σταθεροποιούμε στη σωστή θέση τους.
3. Μέσω της ειδικής βαλβίδας προσθέτουμε σε κάθε ποτηράκι 150 ml προθερμασμένου θειικού οξέος.
4. Προσθέτουμε 4-5 σταγόνες οκτανόλης για να παρεμποδιστεί ο σχηματισμός υπερβολικής ποσότητας αφρού και ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία έτσι ώστε να έχουμε έναν συνεχή και ήπιο βρασμό.
5. Αφήνουμε το δείγμα να βράσει για 30 λεπτά ακριβώς.
6. Με τη βοήθεια του συστήματος κενού που φέρει η συσκευή απομακρύνουμε το θειικό οξύ μαζί με τα εν αυτό διαλελυμένα, μη κυτταρινούχα, συστατικά του δείγματος.
7. Ξεπλένουμε το δείγμα 3 φορές με ζεστό, απεσταγμένο νερό.
8. Προσθέτουμε σε κάθε ποτηράκι (δείγμα) 150 ml προθερμασμένου διαλύματος υδροξειδίου του καλίου.
9. Προσθέτουμε 4-5 σταγόνες οκτανόλης και επαναλαμβάνουμε το βρασμό του δείγματος για ακόμα 30 λεπτά.

10. Απομακρύνουμε το υδροξείδιο του καλίου μαζί με τα εν αυτό διαλελυμένα συστατικά του δείγματος και ξεπλένουμε το δείγμα 3 φορές με ζεστό νερό.
11. Με τη βοήθεια του υποδοχέα μεταφέρουμε τα ποτήρια στη συσκευή ψυχρής εκχύλισης και ξεπλένουμε τα δείγματα 3 φορές με ακετόνη ενεργοποιώντας ταυτόχρονα το σύστημα απορρόφησης υπό κενό που φέρει η συσκευή.
12. Μεταφέρουμε τα ποτηράκια σε ειδικό υποδοχέα και τα τοποθετούμε στον κλίβανο ξήρανσης στους 100°C για 12 ώρες ή στους 130°C για 2 ώρες.
13. Αμέσως μετά την εξαγωγή τους από τον κλίβανο ξήρανσης τοποθετούμε τα ποτηράκια σε υάλινο ξηραντήρα για 20 λεπτά περίπου και στη συνέχεια τα ζυγίζουμε σε ζυγό ακριβείας (**W<sub>1</sub>**).
14. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στον κλίβανο αποτέφρωσης στους 500°C για τρεις (3) ώρες.
15. Αφού αφήσουμε τα ποτηράκια να κρυώσουν μέχρι τους 100°C περίπου τα τοποθετούμε στον υάλινο ξηραντήρα για 20 λεπτά περίπου και στη συνέχεια τα ζυγίζουμε στον ίδιο ζυγό που είχαμε χρησιμοποιήσει προηγουμένως (**W<sub>2</sub>**).
16. Υπολογίζουμε την περιεκτικότητα του δείγματος σε ινώδεις ουσίες με τον τύπο:

$$\text{Ινώδεις Ουσίες (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100$$

## Έννοια των Ινώδων Ουσιών της Ζωοτροφής

Το κλάσμα που προσδιορίζεται με τη μέθοδο αυτή είναι η ελεύθερη λίπους οργανική ουσία που είναι αδιάλυτη σε όξινο και αλκαλικό μέσο και περιγράφεται ως "ινώδεις ουσίες". Στον Πίνακα 6 δίδονται μερικές ενδεικτικές τιμές περιεκτικότητας σε ινώδεις ουσίες μερικών ζωοτροφών.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι ινώδεις ουσίες μιας ζωοτροφής αντιπροσωπεύουν μια χημική ταυτότητα που έχει οριστεί κάπως αυθαίρετα και που η μέθοδος προσδιορισμού της δεν είναι στοιχειομετρική αλλά εμπειρική.

**Πίνακας 6.** Ενδεικτικές τιμές περιεκτικότητας ινώδων ουσιών (κατά Weender) σε διάφορες ζωοτροφές.

Ζωοτροφή	Ινώδεις Ουσίες (%)
Μηδική	31,72
Πίτυρα σίτου	9,35
Κριθάρι	4,07
Σιτάρι I	1,92
Σιτάρι II	1,98
Πίτυρα σίκαλης	30,67
Μίγμα τροφής ορνίθων	4,21
Μίγμα τροφής χοίρων	6,52

Με τον όρο "ινώδεις ουσίες" νοούνται τα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών, δηλαδή περιέχει κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και λιγνίνη:

- Η **κυτταρίνη** προέρχεται από πολυμερισμό της β-D-γλυκόζης (το μόριό τους αποτελείται από μακριές και μη διακλαδισμένες αλυσίδες που σχηματίζονται από 200 – 2000 ρίζες β-D-γλυκόζης). Η διάσπαση της κυτταρίνης στο πεπτικό σύστημα γίνεται με ένζυμα που παράγουν οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στους προστομάχους των μηρυκαστικών και στο τυφλό έντερο του ίππου. Η μικροβιακή διάσπαση της κυτταρίνης δίνει ως τελικά προϊόντα τα Πτητικά Λιπαρά Οξέα καθώς και τα αέρια CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub>
- Οι **ημικυτταρίνες** με υδρόλυση με αραιά οξέα και αλκάλια αποδίδουν εξόζες, πεντόζες και συχνά ουρονικά οξέα, τα οποία χρησιμεύουν ως αποτοξινωτικοί παράγοντες για τον οργανισμό. Δεν προσβάλλονται από

τα πεπτικά ένζυμα παρά μόνο από τα ένζυμα των μικροοργανισμών των προστομάχων των μηρυκαστικών.

- Η **λιγνίνη** είναι ένα άμορφο υλικό, το οποίο παρέχει χημική και βιολογική αντοχή στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα καθώς και μηχανική σταθερότητα στο φυτό. Είναι μια άκρως αδρανής ουσία, παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στη χημική διάσπαση και επομένως είναι ανθεκτική στη δράση των πεπτικών ενζύμων. Πρακτικά θεωρείται εντελώς άπεπτη για όλα τα είδη ζώων.

Πρέπει να τονιστεί ότι το κλάσμα των ινωδών ουσιών δεν περιέχει όλη την ποσότητα της κυτταρίνης, των ημικυτταρινών και της λιγνίνης της ζωοτροφής. Μια ποσότητα από τα ανωτέρω αυτά συστατικά, η οποία εξαρτάται από το είδος και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, περιέχεται τελικά στο κλάσμα των Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών (ΕΝΕΟ).

Επομένως, οι ινώδεις ουσίες αρχικά προορίζονται να αποτελέσουν ένα ενδεικτικό μέσο του άπεπτου, σχετικά, μέρους της τροφής με τη διαφορά ότι ένα μεγάλο μέρος αυτών μπορεί να πεφθεί από τα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα. Επίσης μια μικρής έκτασης πέψη της κυτταρίνης και άλλων ανώτερων πολυσακχαριτών ορισμένων τροφών λαμβάνει χώρα στο τυφλό τμήμα του παχέος εντέρου των μονογαστρικών μετά από μικροβιακή δραστηριότητα.

Γενικά, η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών μιας ζωοτροφής εξαρτάται από την περιεκτικότητα της τροφής σε λιγνίνη καθώς και από την επίδρασή της στο ρυθμό διόδου του σιτηρεσίου μέσω του πεπτικού σωλήνα.

Ο προσδιορισμός των ινωδών ουσιών κατά Weender, παρά τα αρνητικά του σημεία, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο λόγω της σημαντικής αρνητικής συσχέτισης που υπάρχει μεταξύ αυτού και της πεπτικότητας της οργανικής ουσίας της τροφής. Δηλαδή, η **πεπτικότητα σχετίζεται αρνητικά με το ποσοστό των Ινωδών Ουσιών (κυρίως στην περίπτωση των μονογαστρικών). Στα μηρυκαστικά περισσότερο σχετίζεται με την περιεκτικότητα σε λιγνίνη, η οποία είναι πρακτικά άπεπτη.**

Επειδή είναι ιδιαίτερα δαπανηρό να διεξαχθούν πειράματα πεπτικότητας in vivo με μεγάλο αριθμό ζώων ή σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων, καταβάλλονται προσπάθειες ώστε να υπολογιστεί η πεπτικότητα μιας ζωοτροφής από τα αποτελέσματα της εργαστηριακής ανάλυσης χρησιμοποιώντας εξισώσεις παλινδρόμησης οι οποίες προκύπτουν μετά από λεπτομερή στατιστική ανάλυση και που συσχετίζουν χημικά συστατικά με εκτιμήσεις θρεπτικής αξίας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών (ΕΝΕΟ)

#### *Η έννοια των ΕΝΕΟ*

Οι ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες αντιπροσωπεύουν ένα σύνολο οργανικών ουσιών για το οποίο δεν υπάρχει ειδική ανάλυση και ο προσδιορισμός τους πραγματοποιείται έμμεσα από την εξίσωση:

$$\text{ΕΝΕΟ} = 100 - (\% \text{ Υγρασία} + \% \text{ Τέφρα} + \% \text{ Ολική Πρωτεΐνη} + \% \text{ Ολικό Λίπος} + \% \text{ Ολικές Ινώδεις Ουσίες})$$

Για παράδειγμα, η χημική ανάλυση μιας τροφής είχε τα εξής αποτελέσματα:

Κλάσμα	% Ξ.Ο.
Υγρασία	11,15
Αζωτούχες ουσίες	13,22
Ολικό λίπος	5,82
Ινώδεις ουσίες	17,35
Τέφρα	3,25
Σύνολο	50,79

$$\text{Τότε οι Ε.Ν.Ε.Ο. θα είναι } 100 - 50,79 = 49,21$$

Οι Ε.Ν.Ε.Ο. θεωρούνται ότι αποτελούν το πλέον εύπεπτο από τα μη αζωτούχα συστατικά της τροφής. Αυτό βέβαια θα ήταν αληθές εάν η ομάδα αυτών των ουσιών δεν περιείχε κάποια ποσοστά λιγνίνης και ημικυτταρίνης. Οι πραγματικές Ε.Ν.Ε.Ο. αποτελούνται από άμυλο, σάκχαρα, οργανικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ, γαλακτικό οξύ), ένα μικρό ποσοστό κυτταρίνης και κάποιους υδατάνθρακες που δεν προσδιορίζονται με τις συνήθεις μεθόδους χημικής ανάλυσης.

Ο βαθμός πεπτικότητας των ΕΝΕΟ είναι πολύ υψηλός, όμως η αναπόφευκτη παρουσία κάποιων ποσοστών ημικυτταρίνης και λιγνίνης καθιστά τις ουσίες αυτές ένα κλάσμα της τροφής με συντελεστή πεπτικότητας κυμαινόμενα ανάλογα με τα ποσοστά της ημικυτταρίνης και της λιγνίνης που περιέχονται σε αυτό.

## Σημασία των μη αζωτούχων ουσιών στις ζωοτροφές

Προκειμένου να υπάρχει αντίληψη της φύσης, της σύστασης και της σημασίας του κλάσματος της τροφής που ονομάζεται "Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες", μπορούν να θεωρηθούν ως η ομάδα των υδατανθράκων.

Οι υδατάνθρακες είναι μια ομάδα ουσιών που σχηματίζονται, μέσω της φωτοσύνθεσης, από τα φυτά. Οφείλουν την ονομασία τους στο γεγονός ότι περιέχουν, εκτός από τον άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο στην ίδια αναλογία με την οποία τα δυο αυτά στοιχεία συμμετέχουν στη δομή του μορίου του ύδατος (υπάρχουν εξαιρέσεις).



Οι υδατάνθρακες είναι η κύρια πηγή ενέργειας στις διάφορες ζωοτροφές, αλλά τα διάφορα μέλη της ομάδας διαφέρουν ως προς την ικανότητά τους να προσάγουν καθαρή ενέργεια στον οργανισμό, λόγω διαφορών στο βαθμό πεπτικότητάς τους και, δευτερευόντως, λόγω των διαφορετικών προϊόντων που προκύπτουν από τη διάσπασή τους στο πεπτικό σύστημα των ζώων.

Οι υδατάνθρακες ταξινομούνται ανάλογα με τον αριθμό των βασικών μονάδων (σακχάρων ή μη) που περιέχουν στο μόριό τους. Οι υδατάνθρακες που περιέχουν σάκχαρα υποδιαιρούνται σε:

<b><u>Μονοσακχαρίτες</u></b>	<b><u>Δισακχαρίτες</u></b>	<b><u>Πολυσακχαρίτες</u></b>
Δυόζες	Καλαμοσάκχαρο	Άμυλο
Τριόζες	Μαλτόζη	Δεξτρίνες
Τετρώζες	Γαλακτοσάκχαρο	Φλυκογόνο
Αραβινόζη	Κελλοβιόζη	Μανάνες
Ξυλόζη		Αραβάνες
Ριβόζη		Ξυλάνες
Εξόζες	<b><u>Τρισακχαρίτες</u></b>	Κυτταρίνη
Γλυκόζη	Ραφινόζη	
Μανόζη		
Φαλακτόζη		
Φρουκτόζη		

Μερικοί από τους ανωτέρω υδατάνθρακες εκτός του ότι αποτελούν πηγή ενέργειας για το ίδιο το ζώο, εξυπηρετούν ορισμένες εξειδικευμένες λειτουργίες στο σώμα. Κατά το μεγαλύτερο μέρος τους, τα σάκχαρα

διασπώνται σε γλυκόζη και ως εκ τούτου συχνά κατατάσσονται ως μια λειτουργική ομάδα.

Οι πολυσακχαρίτες περιλαμβάνουν τις μανάνες, τις αραβάνες και τις ξυλάνες, οι οποίες συχνά αναφέρονται και ως "ημικυτταρίνες". Οι ημικυτταρίνες, μαζί με την κυτταρίνη αποτελούν τα κύρια μέρη των φυτικών τοιχωμάτων. Επομένως, οι τροφές φυτικής προέλευσης περιέχουν συνήθως έναν συνδυασμό ενώσεων των τεσσάρων αυτών κατηγοριών υδατανθράκων.

Με βάση τον τρόπο υπολογισμού των Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών προκύπτει ότι το κλάσμα αυτό της τροφής αποτελείται από μίγμα αμύλου, δεξτρινών, μονο-, δι- και τρισακχαριτών, καθώς και ένα μικρό ποσοστό ημικυτταρινών και λιγνίνης.

Άρα, πρακτικά το κλάσμα αυτό αποτελεί έναν δείκτη του περιεχομένου της τροφής σε υδατάνθρακες εκτός κυτταρίνης και χρησιμεύει πρωταρχικά στο να προσάγει ενέργεια στο ζώο.

Ο συντελεστής πεπτικότητας των ΕΝΕΟ αν και παρουσιάζει κάποια παραλλακτικότητα είναι συνήθως υψηλότερος αυτών της πρωτεΐνης, του λίπους και των ινωδών ουσιών της ίδιας τροφής.

Συμπερασματικά, η σημασία των ΕΝΕΟ ως πηγή ενέργειας για το ζώο έγκειται στο γεγονός ότι το κλάσμα αυτό της τροφής αποτελεί περίπου το 40% της ξηράς ουσίας των χονδροειδών ζωοτροφών και περίπου το 70% της ξηράς ουσίας των συμπυκνωμένων ζωοτροφών.

Το ποσοστό των ΕΝΕΟ είναι αντιστρόφως ανάλογα συνδεδεμένο με το ποσοστό των πρωτεϊνών στις συμπυκνωμένες ζωοτροφές, διότι ορισμένες πρωτεϊνούχες πρώτες ύλες (π.χ. βαμβακάλευρα, σογιάλευρα, κτλ.) μπορεί να περιέχουν ΕΝΕΟ σε ποσοστό μικρότερο και από αυτό των χονδροειδών ζωοτροφών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10<sup>ο</sup>

### Αδυναμίες μεθόδου Weende & ανάπτυξη μεθόδου Van Soest and Moore

#### *Οι αδυναμίες της μεθόδου Weende*

Το κλασσικό σύστημα ανάλυσης των ζωοτροφών σύμφωνα με τη μέθοδο Weende, χρησιμοποιείται εδώ και 150 περίπου έτη και συνέβαλε αρκετά στην εκτίμηση της θρεπτικής τους αξίας. Παρά το γεγονός ότι η μέθοδος Weende είναι απλή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως και είναι σχετικά μη δαπανηρή, υπάρχουν ορισμένες αδυναμίες που τη συνοδεύουν, οι οποίες και απασχόλησαν σοβαρά τους επιστήμονες της Ζωικής Παραγωγής.

Οι αδυναμίες αυτές εντοπίζονται στα σφάλματα των μετρήσεων που έχουν σχέση με τον προσδιορισμό των κυτταρινούχων ουσιών, της λιγνίνης και των ελεύθερων αζώτου εκχυλισματικών ουσιών (ΕΝΕΟ).

Το κυριότερο μειονέκτημα της μεθόδου Weende είναι ότι ένα μέρος της ημικυτταρίνης, της κυτταρίνης και της λιγνίνης υπολογίζεται στις Ινώδεις Ουσίες και ένα σημαντικό μέρος των ουσιών αυτών προσμετράται ως Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες (ΕΝΕΟ).

Περισσότερο ενδιαφέρει η περίπτωση της λιγνίνης, η οποία αν και είναι άπεπτη από όλα τα αγροτικά ζώα, με την κατεργασία με NaOH διαλύεται μια μικρή ποσότητα και προσμετράται στις ΕΝΕΟ (Πίνακας 7). Κατά συνέπεια στον βαθμό κατά τον οποίο η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη εμφανίζονται σαν συστατικά των ΕΝΕΟ, η περιεκτικότητα της τροφής σε ΕΝΕΟ λανθασμένα εμφανίζεται υψηλότερη, ενώ παράλληλα η θρεπτική αξία τους είναι μικρότερη από αυτή που θα ήταν εάν αποτελούνταν μόνο από σάκχαρα ή άμυλο. Ταυτόχρονα, το κλάσμα "ινώδεις ουσίες" δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική περιεκτικότητα της τροφής σε ημικυτταρίνη και λιγνίνη.

Επομένως, ο προσδιορισμός των Ινωδών Ουσιών δεν αντιπροσωπεύει ικανοποιητικά το λιγότερο εύπεπτο μέρος των ινωδών ουσιών της τροφής σε πολλές περιπτώσεις (Sollenberger και Cherney, 1995).

Από την άλλη πλευρά, το κλάσμα των Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών (ΕΝΕΟ) δεν είναι πάντα μια ορθή εκτίμηση των πολύ πεπτών υδατανθράκων. Μάλιστα, φαίνεται ότι η πεπτικότητα των Ινωδών Ουσιών υπερβαίνει αυτή των Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών στο 30% περίπου των ζωοτροφών (Van Soest, 1994), με το μεγαλύτερο λάθος να εμφανίζεται στα τροπικά αγρωστώδη και τα άχυρα.

Επιπλέον, η χρησιμοποίηση αιθέρα κατά τη διαδικασία προσδιορισμού του Ολικού Λίπους, έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση των κηρών και μερικών άλλων ενώσεων που δεν θεωρούνται εύπεπτες.

Ο προσδιορισμός των Αζωτούχων Ουσιών βασίζεται στην υπόθεση ότι όλο το άζωτο (N) απαντάται υπό μορφή πρωτεΐνης με περιεκτικότητα 16%, γεγονός που είναι ανακριβές.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, οι Ινώδεις Ουσίες και το κλάσμα των Ελεύθερων Αζώτου Εκχυλισματικών Ουσιών (ΕΝΕΟ) δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ευρέως. Αντιθέτως, οι Αζωτούχες Ουσίες αποτελούν εδώ και αρκετό καιρό τη βάση για την αξιολόγηση της πρωτεϊνικής αξίας μιας τροφής και είναι ακόμα αποδεκτή μέθοδος για πολλές περιπτώσεις (Verite, 1980).

### ***Μέθοδος Van Soest & Moore***

Με σκοπό την εξάλειψη των σφαλμάτων της μεθόδου Weende για τον προσδιορισμό των κυτταρινούχων ουσιών της τροφής, αναπτύχθηκε από τον Van Soest και τους συνεργάτες του η ομώνυμη μέθοδος στο Πανεπιστήμιο Cornell της Νέας Υόρκης. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει ευρεία αποδοχή και εφαρμόζεται από όλα τα εργαστήρια ανάλυσης ζωοτροφών ανά τον κόσμο.

Κατά τη μέθοδο αυτή, η ξηρά ουσία της τροφής διαχωρίζεται σε δύο κλάσματα: το ένα υψηλής θρεπτικής αξίας και το άλλο χαμηλότερης θρεπτικής αξίας, με την υποβολή του δείγματος της τροφής σε βρασμό μέσα σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών.

Με τη μέθοδο Van Soest ουσιαστικά όλη η λιγνίνη και η ημικυτταρίνη του δείγματος της τροφής συμπεριλαμβάνεται στο κλάσμα NDF.

Επειδή όμως η θρεπτική αξία των ουσιών που απαρτίζουν το NDF επηρεάζονται σημαντικά από το ποσοστό της λιγνίνης που περιέχεται στο κλάσμα αυτό, ο Van Soest θεώρησε απαραίτητο να προσδιοριστεί και το ποσοστό της λιγνίνης που υπάρχει σε αυτό.

Για τον προσδιορισμό της λιγνίνης σε ένα δείγμα τροφής, το δείγμα υποβάλλεται μέσα σε ένα όξινο διάλυμα απορρυπαντικών (ADS). Το μη διαλυτό μέρος του δείγματος, γνωστό ως ADF, αποτελείται κατά κύριο λόγο από την κυτταρίνη, τη λιγνίνη και διοξειδίο του πυριτίου.

Το ADF διαφέρει από το NDF στο ότι το NDF περιέχει όλη την ημικυτταρίνη του δείγματος και ελάχιστο ποσό πρωτεΐνης.

Επομένως, η διαφορά μεταξύ του ποσοστού NDF και ADF εκφράζει το ποσοστό της ημικυτταρίνης.

#### ***Ινώδεις Ουσίες Ουδέτερου Διαλύματος Απορρυπαντικών (NDF)***

- Βασίζεται στη διαλυτοποίηση (μέσω του διαλύματος απορρυπαντικών) και το διαχωρισμό της τροφής σε δύο κλάσματα:
  - (1) **Διαλυτό μέρος (Neutral Detergent Solubles – NDS):** Αντιπροσωπεύει το πολύ πεπτό μέρος της τροφής και αποτελείται από πρωτεΐνες, λίπη, διαλυτούς υδατάνθρακες (άμυλο, σάκχαρα) και άλλα διαλυτά συστατικά.
  - (2) **Αδιάλυτο μέρος (Neutral Detergent Fiber – NDF):** Αντιπροσωπεύει το λιγότερο πεπτά κλάσματα της τροφής και αποτελείται κυρίως από τα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη).

#### ***Ινώδεις Ουσίες Όξινου Διαλύματος Απορρυπαντικών (ADF)***

- Βασίζεται στη διαλυτοποίηση (μέσω του διαλύματος απορρυπαντικών) και το διαχωρισμό της τροφής σε δύο κλάσματα:
  - (1) **Διαλυτό μέρος (Acid Detergent Solubles – ADS):** Περιλαμβάνει την ημικυτταρίνη.
  - (2) **Αδιάλυτο μέρος (Acid Detergent Fiber – ADF):** Περιλαμβάνει το λιγότερο πεπτό μέρος της τροφής το οποίο αποτελείται από κυτταρίνη και λιγνίνη.

➤ **Επομένως, η διαφορά NDF – ADF αντιπροσωπεύει την ημικυτταρίνη.**

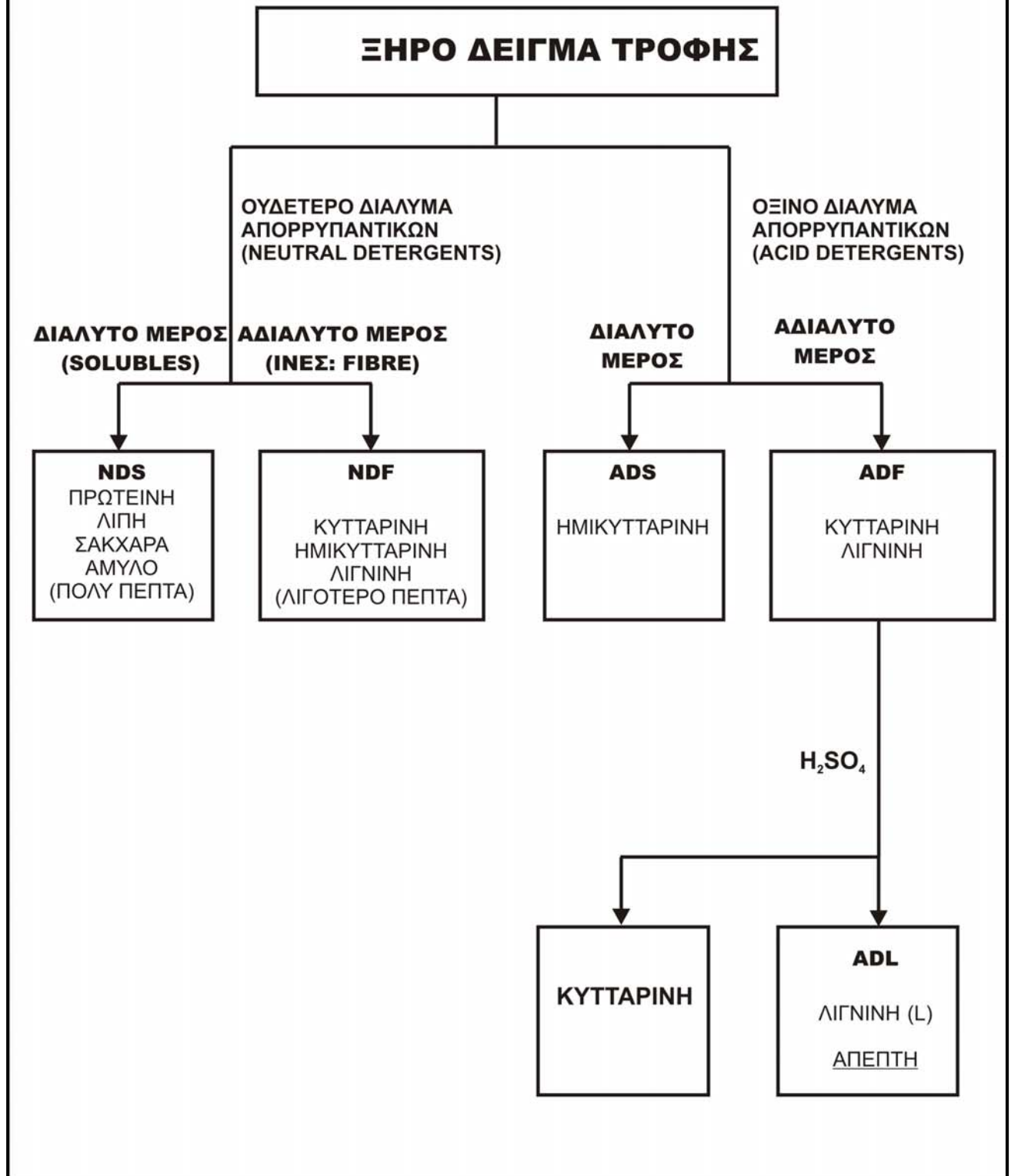
#### ***Αδιάλυτη Λιγνίνη (ADL)***

- Έπειτα από την εφαρμογή όξινου διαλύματος απορρυπαντικών ουσιών (ADF) στο δείγμα της τροφής, στο ίδιο δείγμα κατεργάζεται με θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) το οποίο διαχωρίζει το ADF σε δύο κλάσματα:
  - (1) Διαλυτό μέρος: Κυτταρίνη
  - (2) Αδιάλυτο μέρος: Λιγνίνη

**Πίνακας 7.** Σύγκριση των μεθόδων Weende και Van Soest για την ανάλυση των χημικών συστατικών της τροφής (από Fisher et al., 1995).

Κλασσική Μέθοδος Weender	Χημικό Συστατικό	Ανάλυση κατά Van Soest	
Αζωτούχες Ουσίες – ΑΟ (Crude Protein – CP)	Πρωτεΐνη (Protein)	Neutral-detergent solubles NDS	
	Μη πρωτεϊνικό Άζωτο (Non-protein N)		
Αιθέριο Εκχύλισμα ή Ολικό Λίπος - ΟΛ (Ether extract - EE)	Λιπίδια (Lipids)		
	Χρωστικές ουσίες (Pigments)		
Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες (Nitrogen-free extract)	Σάκχαρα (Sugars)		
	Οργανικά οξέα (Organic acids)		
	Πηκτίνη (Pectin)		
	Ημικυτταρίνη (Hemicellulose)		
	Λιγνίνη διαλυτή σε αλκάλια (Alkali-soluble lignin)		
Ινώδεις Ουσίες - ΙΟ (Crude fibre – CF)	Λιγνίνη μη διαλυτή σε αλκάλια (Alkali-insoluble lignin)		} Λιγνίνη (Lignin)
	Άζωτο δεσμευμένο στις ΙΟ (Fibre-bound Nitrogen)	} ADF	
	Κυτταρίνη (Cellulose)		
Τέφρα (Ash)	Τέφρα αδιάλυτη σε διάλυμα απορρυπαντικών (Detergent-insoluble minerals)	}	
	Τέφρα διαλυτή σε διάλυμα απορρυπαντικών (Detergent-soluble minerals)		

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΟΦΩΝ ΚΑΤΑ VAN SOEST





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός NDF

#### *Προσδιορισμός των αδιάλυτων σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών ουσιών (NDF) της τροφής*

Η μέθοδος βασίζεται στη διαλυτοποίηση, μέσω ενός ουδέτερου διαλύματος απορρυπαντικών:

- i)** των διαλυτών υδατανθράκων, συμπεριλαμβανομένης και της πεκτίνης,
- ii)** του συνόλου σχεδόν των πρωτεϊνών,
- iii)** των λιπών, και
- iv)** των διαλυτών ανοργάνων αλάτων και μέρους του διοξειδίου του πυριτίου.

Τα διάφορα συστατικά του δείγματος χαρακτηρίζονται σαν ουσίες διαλυτές σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών.

Τα μη διαλυτά συστατικά του δείγματος χαρακτηρίζονται σαν ουσίες αδιάλυτες σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών (NDF) και αποτελούνται από: ημικυτταρίνη, κυτταρίνη, λιγνίνη, κουτίνη, αδιάλυτα ανόργανα άλατα και ελάχιστη πρωτεΐνη.

#### **Αντιδραστήρια**

- 1.** Ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών (NDF):
  - a. Ένυδρο τετραβορικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), 6.81 γραμμάρια.
  - b. Δινάτριο άλας του αιθυλενοδιαμινοτετραοξικού οξέος ή δινάτριο άλας του EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8$ ), 18.61 γραμμάρια
  - c. Δωδεκυλοθειικό νάτριο ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaO}_4\text{S}$ ), 30 γραμμάρια
  - d. 2 – αιθοξυ – αιθανόλη ( $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ ), 10 ml
  - e. Μονόξινο φωσφορικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), 5,46 γραμμάρια
  - f. Απεσταγμένο  $\text{H}_2\text{O}$ , 1000 ml

Προσθέτουμε το τετραβορικό νάτριο (a) και το δινάτριο άλας του EDTA (b) σε ένα ποτήρι και τα διαλύουμε με μέρος του απεσταγμένου νερού (f) υπό ταυτόχρονη θέρμανση του διαλύματος. Προσθέτουμε το δωδεκυλοθειικό νάτριο (c) και την 2-αιθοξυ-αιθανόλη (d). Ξεχωριστά διαλύουμε το φωσφορικό νάτριο (e) σε μέρος του απεσταγμένου νερού

(f) υπό θέρμανση. Αναμιγνύουμε τα δύο διαλύματα και το υπόλοιπο απεσταγμένο νερό και ελέγχουμε το pH (6,9-7,1).

2. Οκτανόλη (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>O)
3. Άνυδρο θειώδες νάτριο (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)
4. Ακετόνη

### **Πορεία εργασίας**

1. Αλέθουμε το δείγμα της τροφής χρησιμοποιώντας κόσκινο με οπές του 1 χιλιοστού.
2. Μέσα στο ειδικό ποτηράκι ζυγίζουμε περίπου 1 γραμμάριο δείγματος τροφής.
3. Σε κάθε ένα από τα ποτηράκια που έχουν ήδη τοποθετηθεί στον υποδοχέα της συσκευής, προσθέτουμε 100 ml διαλύματος, 0,5 γραμμάρια θειώδους νατρίου και 4-5 σταγόνες οκτανόλης.
4. Ρυθμίζουμε την συσκευή έτσι ώστε να επιτύχουμε έναν ήπιο βρασμό και βράζουμε το δείγμα για ακριβώς 60 λεπτά.
5. Απομακρύνουμε το υγρό με τα εν αυτό διαλελυμένα συστατικά και εν συνεχεία ξεπλένουμε το υπόλειμμα 3 φορές με ζεστό απεσταγμένο νερό και δύο φορές με κρύα ακετόνη.
6. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στο πυριαντήριο για 8 ώρες στους 105°C και εν συνεχεία τα αφήνουμε να κρυώσουν μέσα στον υάλινο ξηραντήρα.
7. Ζυγίζουμε (B<sub>1</sub>).
8. Υπολογίζουμε τις αδιάλυτες σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών ουσίες (NDF) ως εξής:

$$\text{NDF \%} = \frac{\text{βάρους ποτηριού} + \text{βάρους υπολείμματος} - \text{βάρους ποτηριού}}{\text{βάρους αρχικού δείγματος}} \times 100$$

9. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στον κλίβανο αποτέφρωσης για τρεις ώρες στους 550°C και στη συνέχεια αφήνουμε να κρυώσουν στον υάλινο ξηραντήρα.
10. Ζυγίζουμε (B<sub>2</sub>).
11. Υπολογίζουμε την αδιάλυτη σε ουδέτερο διάλυμα απορρυπαντικών τέφρα ως εξής:

$$\text{τέφρα \%} = \frac{B_1 - B_2}{\text{βάρους αρχικού δείγματος}} \times 100$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός ADF

#### *Προσδιορισμός των αδιάλυτων σε όξινο διάλυμα απορρυπαντικών ουσιών (ADF) της τροφής*

Η μέθοδος βασίζεται στη διαλυτοποίηση, μέσω ενός όξινου διαλύματος απορρυπαντικών:

- i)** των διαλυτών υδατανθράκων, συμπεριλαμβανομένης και της πεκτίνης.
- ii)** του συνόλου σχεδόν των πρωτεϊνών
- iii)** των διαλυτών ανοργάνων αλάτων.

Τα μη διαλυτά συστατικά του δείγματος αποτελούνται από: κυτταρίνη, λιγνίνη και ανόργανα άλατα (κυρίως διοξείδιο του πυριτίου) και χαρακτηρίζονται σαν ουσίες αδιάλυτες σε όξινο διάλυμα απορρυπαντικών (ADF). Η διαφορά μεταξύ NDF και ADF αντιπροσωπεύει κατά κύριο λόγο την ημικυτταρίνη.

#### **Αντιδραστήρια**

**1.** Όξινο διάλυμα απορρυπαντικών (ADS):

**a.** Δεκαεξυλο-τριμέθυλο-αμμωνιοβρωμίδιο ( $C_{19}H_{42}BrN$ ) 20 gr.

**b.** Θειικό οξύ 1N ( $H_2SO_4$  49,04 gr/1000 ml  $H_2O$ ) 1000 ml.

Διαλύουμε το αμμωνιοβρωμίδιο μέσα στο θειικό οξύ με ταυτόχρονη ανάδευση του διαλύματος.

**2.** Οκτανόλη ( $C_8H_{18}O$ )

**3.** Ακετόνη

#### **Πορεία εργασίας**

- 1.** Αλέθουμε το δείγμα της τροφής χρησιμοποιώντας κόσκινο με οπές του 1 χιλιοστού.
- 2.** Μέσα στο ειδικό ποτηράκι ζυγίζουμε περίπου 1 γραμμάριο δείγματος τροφής.

3. Σε κάθε ένα από τα ποτηράκια που έχουν ήδη τοποθετηθεί στον υποδοχέα της συσκευής, προσθέτουμε 100 ml διαλύματος και 4-5 σταγόνες οκτανόλης.
4. Ρυθμίζουμε την συσκευή έτσι ώστε να επιτύχουμε έναν ήπιο βρασμό και βράζουμε το δείγμα για ακριβώς 60 λεπτά.
5. Απομακρύνουμε το υγρό με τα εν αυτό διαλελυμένα συστατικά και εν συνεχεία ξεπλένουμε το υπόλειμμα 3 φορές με ζεστό απεσταγμένο νερό και δύο φορές με κρύα ακετόνη.
6. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στο πυριαντήριο για 8 ώρες στους 105°C και εν συνεχεία τα αφήνουμε να κρυώσουν μέσα στον υάλινο ξηραντήρα.
7. Ζυγίζουμε (B<sub>1</sub>).
8. Υπολογίζουμε τις αδιάλυτες σε όξινο διάλυμα απορρυπαντικών ουσίες (ADF) ως εξής:

$$\text{ADF \%} = \frac{(\text{βάρος ποτηριού} + \text{βάρος υπολείμματος}) - \text{βάρος ποτηριού}}{\text{βάρος αρχικού δείγματος}} \times 100$$

9. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στον κλίβανο αποτέφρωσης για τρεις ώρες στους 550°C και στη συνέχεια αφήνουμε να κρυώσουν στον υάλινο ξηραντήρα.
10. Ζυγίζουμε (B<sub>2</sub>).
11. Υπολογίζουμε την αδιάλυτη σε όξινο διάλυμα απορρυπαντικών τέφρα ως εξής:

$$\text{τέφρα \%} = \frac{B_1 - B_2}{\text{βάρος αρχικού δείγματος}} \times 100$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13<sup>ο</sup>

### Προσδιορισμός λιγνίνης

#### *Προσδιορισμός της αδιάλυτης σε 72% θειικό οξύ λιγνίνης (ADL) της τροφής*

Η μέθοδος βασίζεται στη διαλυτοποίηση, μέσω 72% θειικού οξέος της κутταρίνης που απομένει μετά τη διαδικασία προσδιορισμού του ADF του δείγματος.

Το μη διαλυτό μέρος του δείγματος αποτελείται από: λιγνίνη, κουτίνη και ανόργανα άλατα (κυρίως SiO<sub>2</sub>).

#### **Αντιδραστήρια**

1. Θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 24 N) με πυκνότητα 1,634 στους 20°C.

Για την παρασκευή του, τοποθετούμε σε μια ογκομετρική φιάλη των 1000 ml, 1200 γραμμάρια πυκνού θειικού οξέος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%, πυκνότητα 1,84) σε 440 ml απεσταγμένο νερό αφού προηγουμένως έχουμε εμβαπτίσει την φιάλη σε μια λεκάνη με κρύο νερό.

#### **Πορεία εργασίας**

1. Εάν ξεκινήσουμε με ένα δείγμα τροφής το οποίο δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί σε καμία επεξεργασία, επαναλαμβάνουμε με την ίδια ακριβώς σειρά τις ενέργειες στις οποίες προβήκαμε για τον προσδιορισμό του ADF από το 1 μέχρι και το 5.
2. Εναλλακτικά, μπορούμε να ξεκινήσουμε, αφού το δείγμα έχει υποστεί την ενέργεια 5 της μεθόδου προσδιορισμού του ADF.
3. Προσθέτουμε 25 ml θειικού οξέος 72% σε κάθε ένα από τα ποτηράκια και αφήνουμε το οξύ να δράσει επί του υπολείμματος για 3 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου ανακατεύοντας ελαφρά με υάλινη ράβδο κάθε μια ώρα.

4. Με τη βοήθεια φιάλης κενού απομακρύνουμε το οξύ και τα εν αυτό διαλυμένα συστατικά του δείγματος και ξεπλένουμε το υπόλειμμα 3-4 φορές με ζεστό απεσταγμένο νερό.
5. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στο πυριαντήριο για 8 ώρες στους 105°C και στη συνέχεια τα αφήνουμε να κρυώσουν μέσα στον υάλινο ξηραντήρα.
6. Ζυγίζουμε.
7. Υπολογίζουμε την λιγνίνη (ADL) ως εξής:

$$\text{ADL \%} = \frac{(\text{βάρους ποτηριού} + \text{βάρους υπολείμματος}) - \text{βάρους ποτηριού}}{\text{βάρους αρχικού δείγματος}} \times 100$$

8. Τοποθετούμε τα ποτηράκια στον κλίβανο αποτέφρωσης για τρεις ώρες στους 550°C και στη συνέχεια τα αφήνουμε να κρυώσουν στον υάλινο ξηραντήρα.
9. Ζυγίζουμε.
10. Υπολογίζουμε τα αδιάλυτα σε 72% θειικό οξύ ανόργανα άλατα και διοξείδιο του πυριτίου, ως εξής:

$$\begin{array}{l} \text{Ανόργανα} \\ \text{άλατα} + \\ \text{SiO}_2 \% = \end{array} \frac{(\text{βάρους ποτηριού} + \text{βάρους υπολείμματος}) - \text{βάρους ποτηριού}}{\text{βάρους αρχικού δείγματος}} \times 100$$

Τέλος, για τον προσδιορισμό του διοξειδίου του πυριτίου (SiO<sub>2</sub>), που μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις είναι επιθυμητός, μετά από την τελευταία ενέργεια της προαναφερόμενης πορείας εργασίας, τοποθετούμε σε κάθε ποτηράκι 4 ml υδροβρωμικού οξέος 48% κατά βάρος και αφήνουμε το οξύ να δράσει επί της τέφρας για 90 λεπτά. Στη συνέχεια, απομακρύνουμε το οξύ, ξεπλένουμε το υπόλειμμα μια φορά με ακετόνη και τοποθετούμε τα ποτηράκια στον κλίβανο αποτέφρωσης για 3 ώρες στους 550°C.

Αφού κρυώσουν τα ποτηράκια στον ξηραντήρα, ζυγίζουμε και υπολογίζουμε το διοξείδιο του πυριτίου (SiO<sub>2</sub>) ως εξής:

$$\text{SiO}_2 \% = \frac{(\text{βάρους ποτηριού} + \text{βάρους τέφρας}) - \text{βάρους ποτηριού}}{\text{βάρους αρχικού δείγματος}} \times 100$$

## *Σημασία των Ινωδών Ουσιών στις Ζωοτροφές*

Με την κλασσική του έννοια, ο όρος "ινώδεις ουσίες" αναφέρεται στο υπόλειμμα που λαμβάνεται έπειτα από την επεξεργασία του δείγματος της ζωοτροφής με αραιά διαλύματα θειικού οξέος και υδροξειδίου του καλίου. Η βιολογική και κατ' επέκταση διατροφική σημασία των ινωδών ουσιών δεν έχει ακόμα πλήρως διευκρινιστεί παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη μελέτη της επίδρασης των ουσιών αυτών στη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων.

Ινώδεις ουσίες είναι το μέρος εκείνο από το σύνολο των υδατανθράκων της τροφής που αντιστέκεται στη δράση οξέων και αλκάλων και γι' αυτό αρχικά θεωρήθηκε ως το ελάχιστο έως καθόλου πεπτό μέρος της ζωοτροφής.

Αυτό όμως έχει αναθεωρηθεί και σήμερα είναι γνωστό ότι οι ινώδεις ουσίες όχι μόνο είναι πεπτές αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ο συντελεστής πεπτικότητάς τους είναι το ίδιο υψηλός όσο και αυτός των απλούστερων υδατανθράκων (σακχάρων).

Η σπουδαιότητα των ινωδών ουσιών ως μέσου προσαγωγής ενέργειας στο ζώο είναι για τα μηρυκαστικά πολλαπλάσια της αντίστοιχης των λοιπών θηλαστικών. Ο λόγος που τα μηρυκαστικά αξιοποιούν σε υψηλό βαθμό τις ινώδεις ουσίες από τα άλλα αγροτικά ζώα είναι ότι οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στη μεγάλη κοιλία διασπούν την κυτταρίνη, κύριο συστατικό των ινωδών ουσιών, για να προμηθευτούν ενέργεια για το σώμα τους, ενώ παράλληλα κατά τη διαδικασία αυτή παράγονται οξικό, βουτυρικό και προπιονικό οξύ, τα οποία το ζώο τα χρησιμοποιεί για να καλύψει τις δικές του ανάγκες. Το ίδιο, αλλά σε αρκετά μικρότερο βαθμό, συμβαίνει για το άλογο, το κουνέλι, τον χοίρο και τα πουλερικά.

Η γνώση του ποσοστού των ινωδών ουσιών στις ζωοτροφές είναι απαραίτητη γιατί το κλάσμα αυτό της ζωοτροφής έχει υψηλή συσχέτιση με τον όγκο της τροφής, ειδικά στην περίπτωση που η τροφή έχει υποστεί άλεση, καθώς ο όγκος της τροφής αποτελεί έναν δείκτη της ενεργειακής και θρεπτικής της αξίας.

Επίσης, πρέπει να αναφερθεί και η σπουδαιότητα των ινωδών ουσιών της ζωοτροφής και ως μηχανικού μέσου για την εύρυθμη λειτουργία του πεπτικού συστήματος. Το μέρος εκείνο, των τροφών φυτικής προέλευσης, που δεν πέπτεται από το ζώο και αποβάλλεται με τα κόπρανα είναι κατά κύριο λόγο υπολείμματα ινωδών ουσιών. Έτσι το μέρος αυτό αποτελεί το υλικό που δίνει στις ζωοτροφές τον απαραίτητο, για τη σωστή λειτουργία της πέψης, όγκο. Η ικανότητα της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης να συγκρατούν νερό, συντελεί στη διατήρηση της μάζας των κοπράνων υπό συνθήκες ώστε να καθίσταται εύκολη η δίοδος τους μέσα από το παχύ έντερο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14<sup>ο</sup>

### Άλλες Αναλύσεις

#### *Χρωματογραφία*

Η χρωματογραφική ανάλυση, γνωστή ως χρωματογραφία, περιλαμβάνει σειρά τεχνικών φυσικού διαχωρισμού και προσδιορισμού των συστατικών μίγματος ανόργανων ή οργανικών ουσιών. Ο διαχωρισμός βασίζεται στις διαφορές που υπάρχουν σε ορισμένες ιδιότητες των συστατικών ενός μίγματος, όπως είναι το σημείο ζέσεως, η πολικότητα, τα ηλεκτρικά φορτία, το μέγεθος των φορτίων κ.ά.

Η χρωματογραφία ως τεχνική ανάλυσης προσδιορισμού και διαχωρισμού ενώσεων ξεκίνησε το 1906 στη Βαρσοβία από το Ρώσο Βοτανολόγο Michael Tswett, στην προσπάθεια του να διαχωρίσει τις χρωστικές των φύλλων με εκχύλιση χρωστικών ουσιών. Σήμερα η χρωματογραφία αποτελεί την καλύτερη τεχνική διαχωρισμού, αναλύσεως πολύπλοκων μειγμάτων και απομονώσεως ουσιών, με εφαρμογές σε πολλές επιστήμες, όπως στην Βιολογία, στην Ιατρική, στη Χημεία, στην Επιστήμη των Τροφίμων, Περιβάλλοντος.

Στη Διατροφή των Αγροτικών Ζώων χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό και προσδιορισμό, ποσοτικά, των διαφόρων συστατικών (πρωτεΐνες, αμινοξέα, σάκχαρα, κτλ.) χρησιμοποιώντας στερεά, υγρά και αέρια. Επίσης, υιοθετείται για τον προσδιορισμό υπολειμμάτων, φαρμάκων, ορμονών και άλλων προσθετικών των τροφών.

Η χρωματογραφία βασίζεται στις διαφορετικές κατανομές των συστατικών ενός μίγματος μεταξύ δύο φάσεων. Η μια φάση παραμένει σταθερή και λέγεται **στάσιμη φάση** (static phase), ενώ η άλλη λέγεται **κινητή φάση** (mobile phase) και διέρχεται μέσα από την σταθερή ή στάσιμη φάση. Το υλικό που χρησιμοποιείται στη στάσιμη φάση λέγεται και **υλικό πλήρωσης** και είναι συνήθως το πυρίτιο ή ενώσεις του (silica or silica gels). Η κινητή φάση προκαλεί μετατόπιση των συστατικών του μίγματος σε διαφορετικές θέσεις μέσα στη χρωματογραφική στήλη, οπότε εξέρχονται από τη στήλη σε διαφορετικούς χρόνους, με αποτέλεσμα το διαχωρισμό τους.

Η κινητή φάση μπορεί να είναι κάποιο αέριο οπότε η χρωματογραφία ονομάζεται **αέρια** (gas) ή υγρό οπότε ονομάζεται **υγρή** (liquid).



## Φασματομετρία

Η φασματομετρία συγκαταλέγεται στις οπτικές μεθόδους ανάλυσης όπως η φασματοσκοπία ακτίνων x φθορισμού κ.α. Η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει την μέτρηση της απορροφημένης ακτινοβολίας από άτομα στη θεμελιώδη κατάσταση για το στοιχείο που εξετάζεται. Η διάταξη της μεθόδου περιλαμβάνει μία πηγή ακτινοβολίας, ένα κελί ατομοποίησης του δείγματος και ένα ανιχνευτή μονοχρωμάτορα.

Η πηγή της ακτινοβολίας αποτελείται συνήθως από μία κυλινδρική καθοδική λυχνία. Το εσωτερικό του κυλίνδρου αποτελείται από το στοιχείο προς ανίχνευση. Εφαρμόζοντας τάση στη λυχνία ιονίζουμε το αέριο που υπάρχει στο εσωτερικό της. Τα κατιόντα του αερίου κατευθύνονται προς την κάθοδο της λυχνίας όπου συγκρούονται με τα άτομα του προς ανίχνευση στοιχείου. Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα τα άτομα από την κάθοδο να απομακρύνονται ιονισμένα και τελικά να εκπέμπουν ακτινοβολία (μήκους κύματος από ορατό έως υπεριώδες) η οποία είναι χαρακτηριστική για το στοιχείο που ανιχνεύουμε

Για κάθε στοιχείο που ανιχνεύουμε συνήθως απαιτείται διαφορετική λυχνία. Έχουν κατασκευαστεί λυχνίες με τις οποίες μπορούν να ανιχνευτούν περισσότερα από ένα διαφορετικά στοιχεία.

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την λυχνία είναι η ακτινοβολία που απαιτείται για να ιονίσει τα άτομα που παράγονται στο καυστήρα (ατομοποίηση). Τα άτομα απορροφούν την ακτινοβολία που απαιτείται για την μετάπτωση από μία θεμελιώδη κατάσταση σε μία διεγερμένη. Η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ατόμων του προς ανίχνευση στοιχείου και ακολουθεί το νόμο του Lambert-Beer.

$$A = \log \frac{P_0}{P} = -\log T = \epsilon \cdot b \cdot c$$

όπου

**A** είναι η απορρόφηση της ακτινοβολίας από το δείγμα

**P<sub>0</sub>** είναι η ισχύς της εξερχόμενης ακτινοβολίας

**T** είναι η διαπερατότητα

**b** είναι η απόσταση που διανύει η δέσμη της ακτινοβολίας

**ε** μοριακή απορροφητικότητα

**c** συγκέντρωση (Πεντάρη 2002)

## ***Χρωματομετρία***

Το χρώμα είναι μια φυσική ιδιότητα των σωμάτων, η οποία γίνεται μεν κατανοητή με απόλυτη ακρίβεια από το ανθρώπινο μάτι, πλην όμως δεν είναι δυνατό να μετρηθεί.

Η ακρίβεια μεγέθους αντίληψης της ιδιότητας αυτής εξαρτάται όχι μόνο από την ακρίβεια διέγερσης των φωτοευαίσθητων κυττάρων του παρατηρητή, αλλά και από τον τρόπο φωτισμού και τις συνθήκες παρατήρησης. Έτσι, ένας παρατηρητής με σωστή και ακριβή όραση θα αντιλαμβάνεται κατά το ίδιο ποσοστό τυχόν αύξηση ή μείωση της έντασης του φωτός και για τα R (Red), G (Green) και B (Blue) πράγμα το οποίο όμως είναι σχεδόν αδύνατο.

Το αποτέλεσμα συνεπώς εντοπίζεται εκτός των άλλων και στην ικανότητα του φωτός να διεγείρει τα φωτοευαίσθητα κύτταρα, ώστε να γεννηθούν οι σωστές διεγέρσεις R, G και B.

**Χρωματομετρία** (colorimetry) είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και την φυσική περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος.

Η χρωματομετρία ως επιστήμη εμφανίστηκε το 1930 από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE (*COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE*) με την διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής. Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μόνα παγκοσμίως αποδεκτά για την μέτρηση του χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά που ορίζονται από αυτή.

Το χρώμα εκφράζεται από την CIE με μαθηματικές τιμές οι οποίες προκύπτουν από μαθηματικές εξισώσεις. Η προσπάθεια να προσδιοριστεί επακριβώς το χρώμα ξεκίνησε στις αρχές του 19ου αιώνα με την δημιουργία *χρωματικών μοντέλων*, χώρων δηλαδή που σε κάθε χρώμα αντιστοιχούν αριθμητικές συντεταγμένες. Τελικά, περίπου το 1930, η CIE εισαγάγει το χρωματικό μοντέλο RGB με βάση την αρχή των τριών διεγέρσεων του ανθρώπινου οφθαλμού στο κόκκινο (Red) στο πράσινο (Green) και στο μπλε (Blue).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15<sup>ο</sup>

### Κανονικά Διαλύματα

**Κανονικό** ονομάζεται το διάλυμα μιας ουσίας που περιέχει 1 γραμμοίσοδύναμο της ουσίας σε ένα λίτρο διαλύματος.

**Γραμμοίσοδύναμο** ενός στοιχείου ή μιας ένωσης είναι το βάρος αυτού σε γραμμάρια, το οποίο μπορεί να αντικατασταθεί σε μια ένωση ή να ενωθεί με 1 γραμμάριο υδρογόνου.

**Κανονικότητα** ενός διαλύματος ονομάζεται ο αριθμός των γραμμοίσοδυνάμων της ουσίας που περιέχονται σε 1 λίτρο διαλύματος.

Στα οξέα το γραμμοίσοδύναμό τους είναι το γραμμομόριό τους διηρημένο δια του σθένους, το οποίο είναι ίσο με τον αριθμό των ατόμων υδρογόνου που περιέχονται στο μόριο (σθένος οξέος).

#### Παράδειγμα 1.

Το υδροχλωρικό οξύ (HCl) που έχει μοριακό βάρος 36,5 θα έχει γραμμοίσοδύναμο ίσο με:

$$\frac{36,5}{1} = 36,5 \text{ γραμμάρια}$$

#### Παράδειγμα 2.

Το θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) με μοριακό βάρος 98 θα έχει γραμμοίσοδύναμο ίσο με

$$\frac{98}{2} = 49 \text{ γραμμάρια}$$

Οι βάσεις έχουν την ρίζα του υδροξυλίου (OH) η οποία μπορεί να ενωθεί με ένα γραμμάριο υδρογόνου. Επομένως, το γραμμοίσοδύναμο των βάσεων είναι το γραμμομόριό τους διηρημένο δια του αριθμού των ριζών υδροξυλίου που περιέχουν στο μόριό τους (σθένος της βάσεως).

#### Παράδειγμα 3.

Το καυστικό νάτριο (NaOH) με μοριακό βάρος 40, θα έχει γραμμοίσοδύναμο ίσο με

$$\frac{40}{1} = 40 \text{ γραμμάρια}$$

Τα κανονικά διαλύματα είναι πολύ χρήσιμα στις ογκομετρικές αναλύσεις. Δύο κανονικά διαλύματα της ίδιας κανονικότητας αντιδρούν κατά ίσους όγκους.

Δηλαδή, 100 ml 1N HCl θα εξουδετερωθούν από 100 ml 1N NaOH.

Για τα κανονικά διαλύματα ισχύει η σχέση:

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

- Όπου, **N<sub>1</sub>**: Η κανονικότητα στο αρχικό διάλυμα  
**V<sub>1</sub>**: Ο όγκος του αρχικού διαλύματος  
**N<sub>2</sub>**: Η κανονικότητα του τελικού διαλύματος  
**V<sub>2</sub>**: Ο όγκος του τελικού διαλύματος

Η σχέση αυτή είναι πολύ σημαντική ειδικά όταν από ένα διάλυμα γνωστής κανονικότητας θέλουμε να παρασκευάσουμε διάλυμα διαφορετικής κανονικότητας.

### ***Παρασκευή κανονικού διαλύματος από στερεά ουσία***

Έστω ότι θέλουμε να παρασκευάσουμε ένα λίτρο 1N NaOH.

$$\text{Γραμμοϊσοδύναμο NaOH} = \frac{MB}{\Sigma\Theta} = \frac{40}{1} = 40 \text{ γραμμάρια}$$

Ζυγίζουμε ακριβώς 40 γραμμάρια NaOH και τα ρίχνουμε σε ογκομετρική φιάλη του 1 λίτρου. Προσθέτουμε σιγά σιγά αποσταγμένο νερό προσέχοντας να ξεπλύνουμε τον λαιμό της φιάλης και ανακατεύουμε συνέχεια μέχρι να διαλυθεί το NaOH, συμπληρώνουμε με αποσταγμένο νερό μέχρι κάτω από την χαραγή και αφήνουμε να κρυώσει.

Μετά προσθέτουμε νερό σταγόνα – σταγόνα μέχρι την χαραγή και αφού κλείσουμε με το πώμα την φιάλη ανακατεύουμε το διάλυμα.

## ***Παρασκευή κανονικού διαλύματος από υγρό***

Έστω ότι θέλουμε να παρασκευάσουμε κανονικό διάλυμα 1N θειικού οξέος από πυκνό θειικό οξύ το οποίο είναι 95,5% καθαρό και έχει ειδικό βάρος 1,84.

Αρχικά, υπολογίζουμε την κανονικότητα του πυκνού θειικού οξέος.

Σε 1 λίτρο πυκνού θειικού οξέος έχουμε:

955 ml καθαρό οξύ (95,5% καθαρότητα)

ή

$955 \times 1,84 = 1.757,2$  γραμμάρια.

Η κανονικότητα του πυκνού θειικού οξέος βρίσκεται ως εξής:

$$\begin{array}{l} \mathbf{1\ N} \qquad \qquad \frac{98,08}{2} = 49,04 \text{ γραμμάρια} \\ \mathbf{X ;} \qquad \qquad \qquad \qquad 1757,2 \text{ γραμμάρια} \end{array}$$

Επομένως, θα είναι  $\mathbf{X} = \frac{1 \times 1.757,2}{49,04} = 35,83 \text{ N}$

Εφαρμόζοντας τον τύπο  $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$  θα έχουμε:

$$35,8 \times \mathbf{V_1} = 1 \times 1000 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{V_1} = \frac{1000}{35,8} = 27,9 \text{ ml}$$

Άρα, θα πάρουμε 27,9 ml πυκνού θειικού οξέος σε ογκομετρική φιάλη 1 λίτρου και θα το αραιώσουμε με αποσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή.

➤ **!!Προσοχή!!** Προσθέτουμε πάντα οξύ στο νερό και όχι το αντίθετο.

## **Συντελεστής Διόρθωσης Κανονικών Διαλυμάτων**

Πρώτα παρασκευάζουμε κανονικό διάλυμα 1N NaOH αφού ζυγίσουμε 40 γραμμάρια NaOH και τα διαλύσουμε με απεσταγμένο νερό, σε ογκομετρική φιάλη του ενός λίτρου. Από αυτό παίρνουμε 40 ml και τα αραιώνουμε μέχρι της χαραγής με αποσταγμένο νερό σε φιάλη 100 ml.

Το νέο διάλυμα που προκύπτει έχει κανονικότητα 0,1N.

Γεμίζουμε την προχοΐδα με διάλυμα 0,1N NaOH και σε μια κωνική φιάλη βάζουμε 20 ml 0,1N HCl (από αμπούλα) και 2 - 3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης\*. Αμέσως με το διάλυμα 0,1N NaOH ογκομετρούμε τα 20 ml 0,1N HCl.

Στο σημείο που αλλάζει το χρώμα από λευκό στο ροζ, έχουμε εξουδετέρωση.

Αν καταναλώθηκαν 19,5 ml 0,1N NaOH τότε θα έχουμε:

τα 19,5 ml 0,1N NaOH εξουδετερώνονται με 20 ml 0,1N HCl  
το 1 ml - >> - **X;**

$$\text{Επομένως, } \mathbf{X} = \frac{20 \times 1}{19,5} = 1,025 \text{ ml } 0,1\text{N HCl}$$

Ο αριθμός 1,025 ονομάζεται συντελεστής διόρθωσης και τον χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να υπολογίζουμε πόσα ml ενός ακριβώς κανονικού διαλύματος χρησιμοποιήθηκαν σε μια αντίδραση.

(\*): Για την παρασκευή του δείκτη αναμιγνύουμε σε 100 ml καθαρού οινόπνεύματος 1 gr δείκτη (σε σκόνη).

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ (III)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16<sup>ο</sup>

### ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΩΝ

#### Εισαγωγή

Η **ενέργεια** ορίζεται ως η ικανότητα να παραχθεί έργο. Το **έργο** είναι το αποτέλεσμα μιας ορισμένης δύναμης που ασκείται για ορισμένο χρονικό διάστημα.

Η μέτρηση της ενέργειας που περιέχεται σε μια τροφή ή ένα θρεπτικό συστατικό, πραγματοποιείται μέσω μετατροπής αυτής σε θερμότητα (θερμική ενέργεια). Αυτό γίνεται διότι η θερμότητα μπορεί εύκολα να μετρηθεί ποσοτικά.

Επομένως, η χημική ενέργεια των ζωοτροφών μετατρέπεται σε θερμική (θερμότητα) και μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

- **Θερμίδα (cal):** ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός γραμμαρίου ύδατος από τους 14,5°C στους 15°C.
- **Joule (J):** η ενέργεια που απαιτείται για να επιταχύνει μια μάζα 1 kg σε  $1\text{ms}^{-1}$  και σε απόσταση 1 m.
  - Το Joule εκφράζει τόσο τη μηχανική, χημική ή ηλεκτρική ενέργεια όσο και την έννοια της θερμότητας (θερμική ενέργεια).
  - Η σχέση μεταξύ Joule και cal είναι:  $1\text{ cal} = 4,184\text{ Joules}$
- Στην πράξη χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες μονάδες μέτρησης, οι οποίες είναι οι παρακάτω:

Χιλιοθερμίδα	=	1 Kcal	=	1.000 cal	=	$10^3$ cal	=	4.184 J
Μεγαθερμίδα	=	1 Mcal	=	1.000.000 cal	=	$10^6$ cal	=	4.184 KJ
Kilojoule	=	1 KJ	=	1.000 J	=	$10^3$ J	=	239 cal
MegaJoule	=	1 MJ	=	1.000.000 J	=	$10^6$ J	=	239 Kcal

Το ζώο, σαν μηχανή (ζωική μηχανή), δεν είναι παρά ένας μετασχηματιστής ενέργειας, αφού χρησιμοποιεί τη χημική ενέργεια των θρεπτικών ουσιών της τροφής για να την μετασχηματίσει σε διάφορες άλλες μορφές ενέργειας με σκοπό την ικανοποίηση των ενεργειακών δαπανών του.



Επομένως, ένας από τους βασικότερους ρόλους των θρεπτικών ουσιών των τροφών είναι ότι καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού.

Οι ενεργειακές δαπάνες του ζώου επιμερίζονται σε δαπάνες συντήρησης, η ικανοποίηση των οποίων εξασφαλίζει στο ζώο την εξασφάλιση των βασικών λειτουργιών για τη συνέχιση της ζωής του και σε δαπάνες παραγωγής, οι οποίες προκύπτουν από το γεγονός ότι το ζώο παράγει χρήσιμα για τον άνθρωπο ζωοκομικά προϊόντα (κρέας, γάλα, αυγά, κτλ).

Η ζωική μηχανή, υπακούοντας στα γνωστά αξιώματα της θερμοδυναμικής, δεν μπορεί ποτέ να εργάζεται με απόδοση 100%. Έτσι λοιπόν, αξιοποιεί τη χημική ενέργεια των τροφών αφού, αναπόφευκτα, απολέσει ένα σημαντικό μέρος της με τα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια (στην περίπτωση των μηρυκαστικών).

### ***Ολική Ενέργεια (Θερμιδική Αξία Ζωοτροφών)***

Η ενέργεια που περιέχεται στις διάφορες τροφές, με τη μορφή χημικής ενέργειας, είναι γνωστή με τον όρο Ολική Ενέργεια. Δηλαδή, η **Ολική Ενέργεια** είναι το ποσό της θερμότητας που παράγεται από την πλήρη οξείδωση (καύση) της τροφής ή των θρεπτικών συστατικών.

Η ενέργεια αυτή προσδιορίζεται με τη βοήθεια της θερμιδομετρικής οβίδας ή υπολογίζεται με βάση την περιεκτικότητα της τροφής σε θρεπτικές ουσίες.

Πιο συγκεκριμένα, η ολική ενέργεια μιας τροφής προσδιορίζεται εργαστηριακά με τους εξής δύο τρόπους:

- (i) **Άμεσος:** το αποτέλεσμα της πλήρους καύσης των συστατικών των ζωοτροφών σ' ένα αδιαβατικό θερμιδόμετρο. Από το ποσό της θερμότητας που παράγεται, το οποίο παραλαμβάνεται από το νερό του θερμιδομέτρου, μετράται η ανύψωση της θερμοκρασίας σε kcal ξηρής ουσίας.
- (ii) **Έμμεσος:** προσδιορίζονται με χημικές μεθόδους και οι τιμές του λίπους, των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων που περιέχουν οι ζωοτροφές. Έπειτα πολλαπλασιάζονται με σταθερές που αντιπροσωπεύουν το παραγόμενο ποσό ενέργειας στο σώμα από ένα γραμμάριο των παραπάνω συστατικών. Το άθροισμα των γινομένων είναι το ποσό θερμίδων που έχει η ζωοτροφή. Για παράδειγμα θα είναι:

$$\text{O.E.} = \text{O.A.O} \times a + \text{O.L.} \times b + \text{O.K.} \times c + \text{E.N.E.O.} \times d$$

Kcal/g                      (g)                      (g)                      (g)                      (g)

- Όπου    O.A.O.    : Ολικές Αζωτούχες Ουσίες (g/kg τροφής)  
           O.L.        : Ολικό Λίπος (g/kg τροφής)  
           O.K.        : Ολική Κυτταρίνη (g/kg τροφής)  
           E.N.E.O. : Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες (g/kg τροφής)

Κατά τον υπολογισμό της Ολικής Ενέργειας μιας τροφής στο θερμιδόμετρο (άμεσος τρόπος) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Οι θερμίδες που μπορεί να απορροφήσει ο ζωικός οργανισμός είναι λιγότερες από αυτές που παράγονται κατά την καύση της ίδιας ζωοτροφής σε ένα θερμιδόμετρο. Αυτό οφείλεται στην ενέργεια που παράγεται κατά την καύση των θρεπτικών συστατικών (πρωτεΐνες, λίπος και υδατάνθρακες). Τα συστατικά αυτά δεν πέπτονται πλήρως από τον οργανισμό και το ποσοστό των πρωτεϊνών που απορροφώνται δεν οξειδώνεται πλήρως.
- Σε ότι αφορά τα **λίπη και τους υδατάνθρακες**, η καύση τους δίνει τα ίδια ακριβώς προϊόντα (CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O) είτε πραγματοποιείται στο θερμιδόμετρο είτε στον οργανισμό. Όμως, στην περίπτωση των **πρωτεϊνών** στο θερμιδόμετρο η καύση δίνει CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> και οξείδια του αζώτου ενώ στον οργανισμό δίνει CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και το άζωτο αποβάλλεται υπό μορφή αζωτούχων ενώσεων.

Το ενεργειακό περιεχόμενο των διαφόρων θρεπτικών συστατικών των τροφών ποικίλλει. Τυπικές τιμές τους χρησιμοποιούνται οι εξής:

- Υδατάνθρακες:            4,10 Kcal/g
- Πρωτεΐνες:                5,65 Kcal/g
- Λίπη:                        9,45 Kcal/g

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η Ολική Ενέργεια χαρακτηρίζει κατά τρόπο ανεπαρκή την ενεργειακή και κατ' επέκταση τη θρεπτική αξία μιας τροφής, για τον λόγο ότι η χρησιμοποιήσιμη από το ζωικό οργανισμό ποσότητα ενέργειας είναι αυτή που απομένει εάν από την Ολική Ενέργεια αφαιρεθεί η ενέργεια που χάνεται με τα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια.

Η Ολική Ενέργεια μιας τροφής είναι η ίδια για τις διάφορες κατηγορίες αγροτικών ζώων, δηλαδή τόσο για τα μηρυκαστικά όσο και για τα παμφάγα.

Είναι επίσης, σχεδόν ίδια, για όλες τις τροφές. Για παράδειγμα, ο καρπός αραβοσίτου έχει την ίδια ολική ενέργεια με το άχυρο βρώμης (4,430 kcal/kg).

### ***Πεπτή Ενέργεια (Π.Ε.)***

**Πεπτή** είναι η ενέργεια που απομένει όταν από την ολική ενέργεια αφαιρεθεί η ενέργεια των κοπράνων (ποσότητα κοπράνων σε gr x θερμότητα καύσης κοπράνων), τα οποία προκύπτουν από την πέψη της τροφής. Αντιπροσωπεύει το τμήμα της τροφής που απορροφάται από τον ζωικό οργανισμό για περαιτέρω χρησιμοποίηση. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\mathbf{Π.Ε. = Ολική Ενέργεια - Ενέργεια κοπράνων}$$

ή

$$\mathbf{Π.Ε. = Ο.Ε. - Εκ}$$

Στην περίπτωση των μηρυκαστικών η Πεπτή Ενέργεια που υπολογίζεται από την ανωτέρω σχέση, δεν αντιστοιχεί με ακρίβεια στην ενέργεια των οργανικών ουσιών που απορροφήθηκαν, γιατί η ενέργεια του μεθανίου, το οποίο παράγεται στο εσωτερικό του πεπτικού σωλήνα σαν προϊόν των ζυμώσεων που συμβαίνουν εκεί, δεν είναι διαθέσιμη ενώ συμπεριλαμβάνεται στην διαφορά Ο.Ε. – Εκ της εξίσωσης.

Η Πεπτή Ενέργεια μιας ζωοτροφής δεν είναι η ίδια στην περίπτωση που καταναλωθεί από ένα μηρυκαστικό ή μονογαστρικό ζώο. Η ενέργεια των κοπράνων είναι, κατά κανόνα, μεγαλύτερη στα μηρυκαστικά σε σύγκριση με τα μονογαστρικά, πράγμα που εξηγεί γιατί η πεπτικότητα μιας τροφής είναι, κατά κανόνα, μικρότερη στα μηρυκαστικά.

Από τον κανόνα αυτό εξαιρούνται οι χονδροειδείς και γενικότερα οι κυτταρινούχες τροφές, για τις οποίες η πεπτικότητα είναι υψηλότερη στα μηρυκαστικά, σε σύγκριση με τα μονογαστρικά, λόγω της ικανότητάς τους να διασπούν την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες (όχι όμως και τη λιγνίνη η οποία θεωρείται πρακτικά άπεπτη από όλα τα αγροτικά ζώα) με τη βοήθεια των μικροοργανισμών των προστομάχων.

### **Προσδιορισμός Π.Ε. με πειράματα πεπτικότητας**

Για τη μέτρηση της Πεπτής Ενέργειας μιας ζωτροφής ή σιτηρεσίου είναι απαραίτητη η διενέργεια πειραμάτων πεπτικότητας. Τα πειράματα αυτά προϋποθέτουν τη χρησιμοποίηση κλωβών πεπτικότητας, ο οποίος εξασφαλίζει τη χωριστή συλλογή κοπράνων και ούρων.

Έτσι, χορηγώντας στο ζώο μια καθορισμένη ποσότητα τροφής και μετρώντας μόνο την παραγόμενη ποσότητα κοπράνων, ανά 24ωρο, προσδιορίζεται η Π.Ε. της τροφής. Προϋπόθεση αυτού είναι να μετρηθεί η θερμότητα καύσης (Θ.Κ.) αντιπροσωπευτικού δείγματος τροφής που καταναλώθηκε και κοπράνων που αποβλήθηκε. Δηλαδή:

$\text{Π.Ε.} = \frac{\text{Ποσότητα τροφής/24ωρο} \times \text{Θ.Κ. τροφής} - \text{Ποσότητα κοπράνων/24ωρο} \times \text{Θ.Κ. κοπράνων}}{\text{(Kcal/24ωρο)}}$
---

Η Πεπτή Ενέργεια που προσδιορίζεται με τον τρόπο αυτό, αντιπροσωπεύει τη λεγόμενη φαινομένη πεπτικότητα για το λόγο ότι δεν αφαιρέθηκε από την ολική ενέργεια των κοπράνων η ενέργεια των θρεπτικών ουσιών που περιέχονται στα κόπρανα, αλλά έχουν μεταβολική την προέλευσή τους. Για να υπολογιστεί η πραγματικά Πεπτή Ενέργεια απαιτείται ο προσδιορισμός των συστατικών των κοπράνων που δεν έχουν διατροφική, αλλά μεταβολική προέλευση.

### **Πεπτικότητα της ενέργειας**

Με τον όρο “**πεπτικότητα της ενέργειας μιας τροφής ή ενός σιτηρεσίου**” νοείται η ιδιότητα της Ολικής Ενέργειας της τροφής να αξιοποιείται κατά το δυνατό καλύτερα ως Πεπτή Ενέργεια και εκφράζεται ποσοτικά με το συντελεστή πεπτικότητας της ενέργειας (Σ.Π<sub>Ε</sub>). Δηλαδή:

$$\text{Σ.Π}_E = \frac{\text{Ολική Ενέργεια τροφής} - \text{Ολική Ενέργεια κοπράνων}}{\text{Ολική Ενέργεια τροφής}} \times 100$$

## **Μεταβολιστέα Ενέργεια (Μ.Ε.)**

Η **Μεταβολιστέα Ενέργεια** μιας τροφής ή ενός σιτηρεσίου είναι η ενέργεια που απομένει όταν από την Ολική Ενέργεια αφαιρεθεί η ενέργεια που χάνεται υπό μορφή κοπράνων, ούρων και των αερίων (μεθανίου). Δηλαδή:

$$\text{Μ.Ε.} = \text{Ολική Ενέργεια} - (\text{Ενέργεια κοπράνων} + \text{Ενέργεια ούρων} + \text{Ενέργεια αερίων})$$

ή

$$\text{Μ.Ε.} = \text{Ο.Ε.} - (\text{Ε}_{\text{κοπράνων}} + \text{Ε}_{\text{ούρων}} + \text{Ε}_{\text{αερίων}})$$

Η μεταβολιστέα ενέργεια αντιπροσωπεύει το τμήμα της Ολικής Ενέργειας της τροφής που τελικά απομένει για χρησιμοποίηση στο ζωικό οργανισμό.

### **Ενέργεια ούρων**

Οι ενεργειακές απώλειες με τα ούρα οφείλονται, κατά κύριο λόγο, στην απομάκρυνση με τα ούρα αζωτούχων ουσιών. Επομένως το μέγεθος των απωλειών εξαρτάται από την ποιότητα και ποσότητα των αζωτούχων ουσιών της τροφής που καταναλώνει το ζώο καθώς επίσης και από το μέγεθος των αναγκών που το σιτηρέσιο καλείται να ικανοποιήσει.

Είναι αποδεκτό ότι για κάθε gr πεπτών αζωτούχων ουσιών που οξειδώνεται, προκαλείται ενεργειακή απώλεια ούρων ίση με 1,2 kcal όταν η ενεργειακή αξία των αζωτούχων ενώσεων ανέρχεται σε 5,6 kcal.

Επομένως, τα αγροτικά ζώα από κάθε γραμμάριο αζωτούχων ουσιών που οξειδώνεται, εξοικονομούν  $5,6 - 1,2 = 4,4$  kcal ενέργεια. Όταν, αντίθετα, οι αζωτούχες ουσίες χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό για την ικανοποίηση των αναγκών συντήρησης, η ενεργειακή τους αξία παραμένει 5,6 kcal/gr.

Στην περίπτωση των μηρυκαστικών οι ενεργειακές απώλειες με τα ούρα είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τα μονογαστρικά αγροτικά ζώα, λόγω της ιδιαίτερης σύνθεσης της ξηρής ουσίας των ούρων των μηρυκαστικών, η οποία περιέχει, εκτός των άλλων, ιππουρικό οξύ, άλατα του γλυκουρονικού οξέος και διάφορα άλλα προϊόντα αποτοξίνωσης.

## **Ενέργεια μεθανίου**

Στα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα, οι ενεργειακές απώλειες με το μεθάνιο, αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό 8% περίπου της ολικής ενέργειας του σιτηρεσίου, το οποίο ο οργανισμός καταναλώνει και επομένως είναι αρκετά σημαντικές.

Το ανωτέρω ποσοστό μπορεί να μειωθεί στην περίπτωση των τροφών που χαρακτηρίζονται από υψηλό συντελεστή πεπτικότητας, γεγονός που υποδηλώνει ότι υπάρχει αρκετά στενή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής του μεθανίου και της φαινομένης πεπτικότητας.

Για παράδειγμα, στην εναρκτήρια φάση της γαλακτοπαραγωγής των αγελάδων οι ενεργειακές απώλειες με το μεθάνιο μπορούν να ανέλθουν έως και το 6% της ολικής ενέργειας του σιτηρεσίου, όταν σαν βάση το σιτηρέσιο έχει τον ενσιρωμένο αραβόσιτο.

Αντίθετα, στα μονογαστρικά αγροτικά ζώα, οι ενεργειακές απώλειες με το μεθάνιο είναι πολύ πιο μικρές έως ασήμαντες (5,5 φορές μικρότερες από των μηρυκαστικών).

## **Μεταβολισιμότητα της ενέργειας**

Με τον όρο **“μεταβολισιμότητα της ενέργειας”** νοείται η ικανότητα της τροφής να εξασφαλίζει ένα κατά το δυνατό υψηλότερο ποσοστό της Ο.Ε. ως διαθέσιμη για τον ζωικό οργανισμό μεταβολική ενέργεια.

Η ποσοτική μέτρηση της παραμέτρου αυτής πραγματοποιείται με το συντελεστή  $q$  ο οποίος εκφράζει το ποσοστό της Ο.Ε. της τροφής που μετασχηματίζεται σε Μ.Ε., δηλαδή:

$$q = \frac{\text{Μ.Ε. τροφής ή σιτηρεσίου}}{\text{Ο.Ε. τροφής ή σιτηρεσίου}} \times 100$$

## **Καθαρή Ενέργεια**

Η **“Καθαρή Ενέργεια μιας τροφής ή ενός σιτηρεσίου”** αντιστοιχεί στο μέρος της Μεταβολικής Ενέργειας της τροφής που δεν χάνεται για τον οργανισμό ως θερμότητα από την κατανάλωση τροφής, την λειτουργία της πέψης και την χρησιμοποίηση θρεπτικών ουσιών. Δηλαδή:

$$\text{Καθαρή Ενέργεια} = \text{Μεταβολιστέα Ενέργεια} - \text{Θερμότητα}$$

ή

$$\text{Κ.Ε.} = \text{Μ.Ε.} - \text{Q}$$

Η απώλεια ενέργειας υπό μορφή θερμότητας (Q) είναι αποτέλεσμα των φυσικών και χημικών διεργασιών που συνδέονται με την πέψη και το μεταβολισμό, όπως είναι για παράδειγμα οι ζυμωτικές διεργασίες εντός της μεγάλης κοιλίας.

Η Καθαρή Ενέργεια είναι η “παραγωγική” ενέργεια της τροφής, δηλαδή το μέρος της τροφής που ικανοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού για συντήρηση και παραγωγή.

Στις ανάγκες συντήρησης περιλαμβάνονται οι ανάγκες για την κίνηση, για τη συντήρηση – ανανέωση φθαρμένων κυττάρων και για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας σώματος.

Στις ανάγκες παραγωγής περιλαμβάνονται οι ανάγκες για την ανάπτυξη των ιστών, για την παραγωγή ζωοκομικών προϊόντων (γάλατος, κρέατος, αυγών), οι αναπαραγωγικές ανάγκες καθώς και οι ανάγκες για την παραγωγή έργου (π.χ. στην περίπτωση του ίππου ή παλαιότερα των βοοειδών).

Μια βασική έννοια που χρησιμοποιείται είναι ο **βασικός μεταβολισμός**. Με τον όρο αυτό περιγράφεται η ενέργεια που απαιτείται για τη συντήρηση ενός ζώου που δεν καταναλώνει τροφή. Η ενέργεια αυτή καλύπτεται από την κινητοποίηση των σωματικών εφεδρειών, κυρίως του σωματικού λίπους, και από την ενέργεια των επιμέρους διασπώμενων συστατικών του σώματος που χάνεται ως θερμότητα. Οι αιτίες παραγωγής θερμικής ενέργειας είναι οι εξής:

- (1)** Από τις διεργασίες μεταβολισμού των θρεπτικών συστατικών, η μη πλήρης αξιοποίηση της ενέργειας που απελευθερώνεται από τις οξειδωτικές αντιδράσεις από μέρος του οργανισμού οδηγεί στην παραγωγή θερμότητας.
- (2)** Η θερμότητα που προκύπτει λόγω των διεργασιών της πέψης: η μάσηση της τροφής και η προώθησή της δια μέσου του πεπτικού σωλήνα καθώς και η ζύμωση της τροφής στη μεγάλη κοιλία των μηρυκαστικών.

**(3)** Η θερμότητα ως το αποτέλεσμα αυξημένης μυικής δραστηριότητας των διαφόρων οργάνων λόγω του μεταβολισμού των θρεπτικών συστατικών.

Από τα διάφορα θρεπτικά συστατικά, ενδιαφέρον παρουσιάζει η θερμική ενέργεια των πρωτεϊνών, η οποία είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την θερμική ενέργεια των άλλων συστατικών. Αυτό οφείλεται στη σύνθεση και απέκκριση της ουρίας, στην ενεργειακή δαπάνη για τη συγκέντρωση και αποβολή των άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού δια μέσου των νεφρών, αλλά και στο μεταβολισμό του άνθρακα των αμινοξέων.

### **Συντελεστής αξιοποίησης Μ.Ε.**

Ο **συντελεστής αξιοποίησης της μεταβολιστέας ενέργειας** εκφράζει το ποσοστό της Μεταβολιστέας Ενέργειας που μετασχηματίζεται σε Καθαρή Ενέργεια και συμβολίζεται διεθνώς με το γράμμα *k*, δηλαδή:

$$\text{Συντελεστής } k = \frac{\text{Κ.Ε.}}{\text{Μ.Ε.}} \times 100 = \frac{\text{Μ.Ε.} - Q}{\text{Μ.Ε.}} \times 100$$

Ένα ισόρροπο, από ενεργειακή πλευρά, σιτηρέσιο πρέπει να παρέχει στο ζωικό οργανισμό μια ποσότητα Κ.Ε. τέτοια ώστε να καλύψει τις ανάγκες συντήρησης και παραγωγής. Δηλαδή:

$$\text{Κ.Ε. σιτηρεσίου} = \text{Ενεργειακές Ανάγκες Συντήρησης} \\ + \\ \text{Ενεργειακές Ανάγκες Παραγωγής}$$

Επομένως, η Καθαρή Ενέργεια αποτελεί το καλύτερο κριτήριο τόσο για την αξιολόγηση, από ενεργειακή άποψη, των διαφόρων ζωοτροφών, όσο και για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του ζωικού σώματος.

Η Καθαρή Ενέργεια για μια ορισμένη τροφή (σε οποιοδήποτε σύστημα μέτρησης) είναι μικρότερη στα μηρυκαστικά σε σχέση με τα μονογαστρικά και αυτό γιατί:

- (i) Η Μεταβολιστέα Ενέργεια είναι μικρότερη στα μηρυκαστικά από ότι στα μονογαστρικά, και
- (ii) Η θερμότητα *Q* είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη στα μηρυκαστικά σε σύγκριση με τα μονογαστρικά.

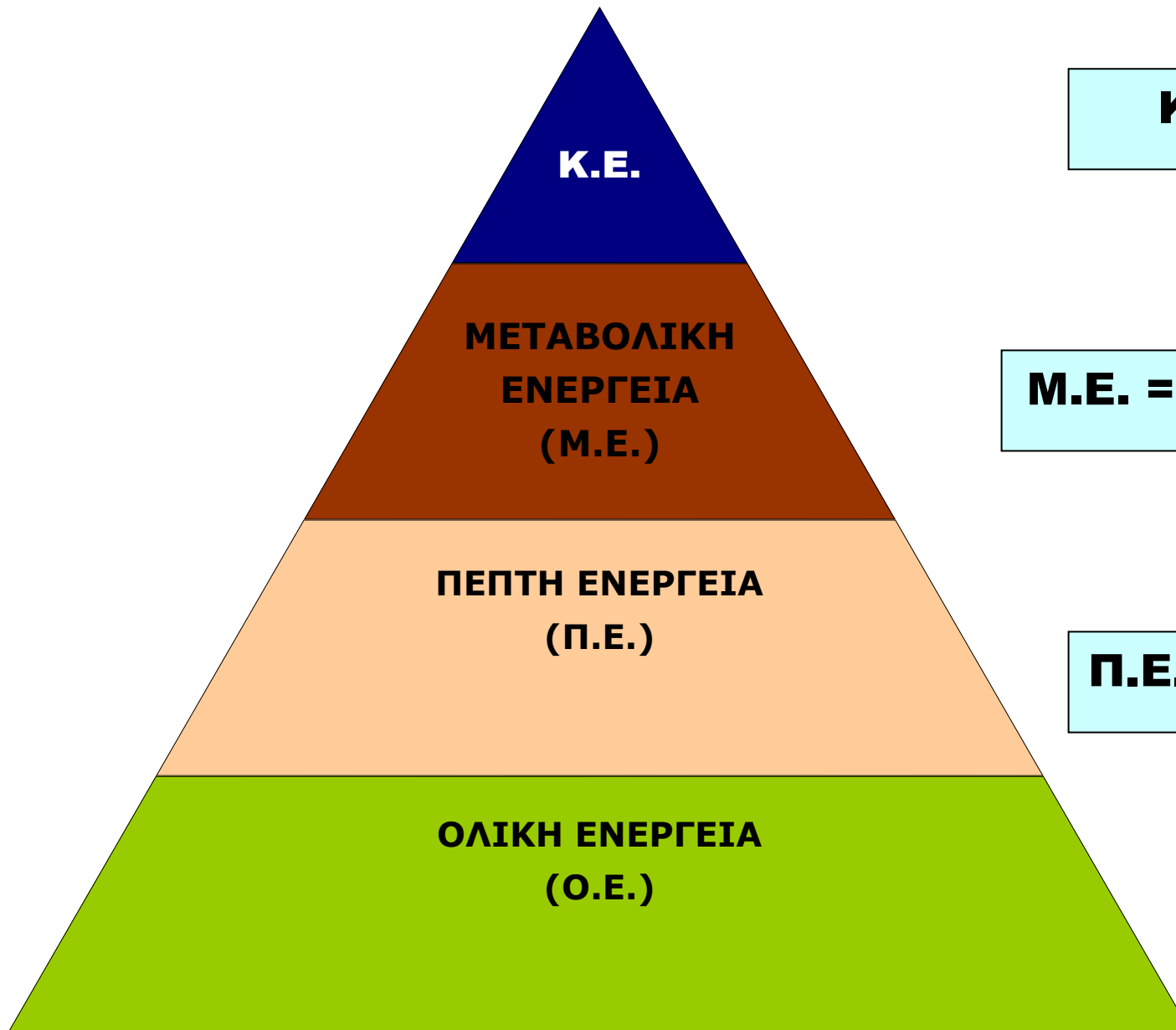


Γενικά, είναι αποδεκτό ότι η χρησιμοποίηση της Μεταβολιστέας Ενέργειας και η απόδοσή της σε Καθαρή Ενέργεια εξαρτάται από:

1. Το είδος του ζώου,
2. Την παραγωγική κατεύθυνση, και
3. Τη σύνθεση του σιτηρεσίου.

Η απόδοση της Μεταβολιστέας Ενέργειας σε Καθαρή Ενέργεια, δηλαδή ο συντελεστής  $k$ , εξαρτάται από τη χρησιμοποίηση εκ μέρους του ζωικού οργανισμού της Μεταβολιστέας Ενέργειας:

- Όταν η Μεταβολιστέα Ενέργεια χρησιμοποιείται για κάλυψη αναγκών συντήρησης τότε η απόδοσή της είναι σχετικά υψηλή και κυμαίνεται κ.μ.ο στο 74%.
- Όταν όμως η Μεταβολιστέα Ενέργεια χρησιμοποιείται για κάλυψη αναγκών παραγωγής (γαλακτοπαραγωγή, κτλ) τότε η απόδοσή της είναι σημαντικά μικρότερη από ότι για την κάλυψη αναγκών συντήρησης.



$$\mathbf{Κ.Ε. = Μ.Ε. - Q}$$



$$\mathbf{Μ.Ε. = Π.Ε. - E_{ούρων} - E_{αερίων}}$$



$$\mathbf{Π.Ε. = Ο.Ε. - E_{κοπράνων}}$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17<sup>ο</sup>

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΠΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΩΝ & ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΤΟΥΣ

Το πρώτο βήμα για την εκτίμηση της θρεπτικής αξίας μιας τροφής, είναι η χημική ανάλυση κατά την οποία πραγματοποιείται προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ολικές θρεπτικές ουσίες.

Όπως είναι γνωστό, τα διάφορα θρεπτικά συστατικά, από τη λήψη της τροφής μέχρι τη χρησιμοποίησή από τον ζωικό οργανισμό, συνοδεύονται από απώλειες. Οι απώλειες αυτές αναφέρονται είτε στα συστατικά της τροφής που για τον οποιοδήποτε λόγο δεν διασπάστηκαν ώστε να μπορούν να απορροφηθούν από το πεπτικό σύστημα είτε στα προϊόντα της πέψης που ενώ διασπάστηκαν δεν απορροφήθηκαν και αποβάλλονται με την κόπρα.

#### *Η έννοια της πεπτικότητας*

Ο όρος "**πεπτικότητα**" είναι η ποσοτική έκφραση των πεπτικών διεργασιών και αποδίδει μια συγκριτική μέτρηση της έκτασης κατά την οποία η καταναλωθείσα τροφή και τα θρεπτικά συστατικά της έχουν πεφθεί ή απορροφηθεί από το ζώο.

Έτσι, κάθε τροφή έχει ένα μέτρο που προσδιορίζει το μέγεθος κατά το οποίο τα θρεπτικά συστατικά της απορροφούνται στο τοίχωμα του πεπτικού σωλήνα, ενώ το υπόλοιπο μέρος απομακρύνεται με τα κόπρανα, είτε γιατί είναι πραγματικά άπεπτο είτε γιατί δεν πρόλαβε για καθαρά μηχανικούς λόγους να πεφθεί.

Στην πράξη χρησιμοποιείται ο όρος "**Φαινομένη Πεπτικότητα (ΦΠ)**". Η πεπτικότητα χαρακτηρίζεται φαινομένη, διότι συμπεριλαμβάνει στα κόπρανα και τα ενδογενούς προέλευσης συστατικά και συνεπώς δεν εκφράζει το μέρος των συστατικών της τροφής που πραγματικά απορροφήθηκε αλλά μόνο εκείνο που φαίνεται ότι απορροφήθηκε από τη διαφορά τροφής και κοπράνων (T – K). Η φαινομένη πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών, όπως και η πεπτικότητα, αναφέρεται στα επιμέρους θρεπτικά συστατικά, π.χ. πρωτεΐνες, λιπίδια, αμινοξέα, υδατάνθρακες απλών ή σύνθετων τροφών.

Αν από την ποσότητα T (gr/ημέρα) κάθε κατηγορίας θρεπτικών συστατικών που καταναλώνει ένα ζώο αφαιρεθεί η αντίστοιχη ποσότητα K

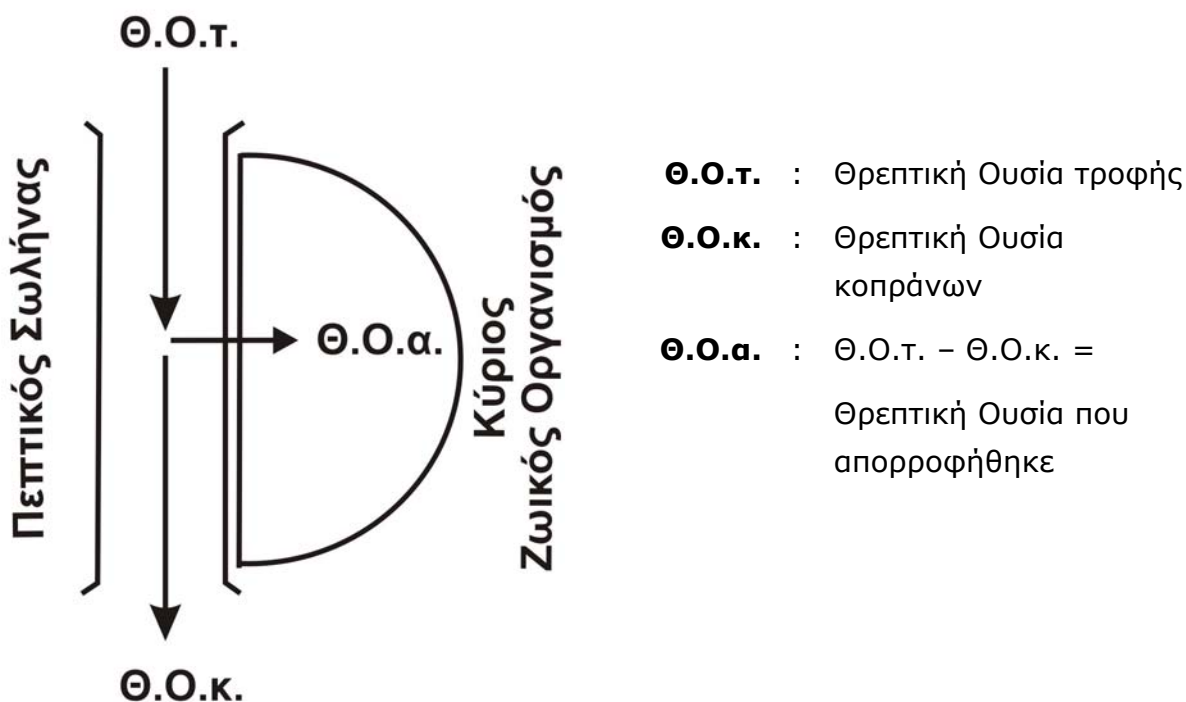
(gr/ημέρα) που περιέχεται στην κόπρο, η διαφορά T – K αναγόμενη στην καταναλωθείσα ποσότητα (T), εκφράζει τη φαινομένη πεπτικότητα (ΦΠ) του εξεταζόμενου συστατικού, δηλαδή:

$$\text{Φ.Π.} = \frac{\text{Ξ.Ο. τροφής} - \text{Ξ.Ο. κοπράνων}}{\text{Ξ.Ο. τροφής}}$$

Μέτρο της φαινομένης πεπτικότητας αποτελεί ο **συντελεστής φαινομένης πεπτικότητας (ΣΦΠ)**, ο οποίος προσδιορίζει την εκατοστιαία αναλογία του θρεπτικού συστατικού της ζωοτροφής που απορροφήθηκε. Δηλαδή, ο συντελεστής αντιπροσωπεύει το ποσοστό (%) της ξηράς ουσίας της τροφής ή του κάθε επιμέρους θρεπτικού συστατικού που προσλήφθηκε και απορροφήθηκε από τον ζωικό οργανισμό. Η τιμή του υπολογίζεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\text{Σ.Φ.Π.Ξ.Ο.} = \frac{\text{Ξ.Ο. τροφής} - \text{Ξ.Ο. κοπράνων}}{\text{Ξ.Ο. τροφής}} \times 100$$

Όπου Σ.Φ.Π.Ξ.Ο. : Συντελεστής Φαινομένης Πεπτικότητας Ξηράς Ουσίας  
 Ξ.Ο. : Ξηρά Ουσία



Επομένως, τα απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό του συντελεστή (φαινομένης) πεπτικότητας της ξηράς ουσίας ή οποιασδήποτε θρεπτικής ουσίας της τροφής είναι:

1. Το βάρος της τροφής που καταναλώθηκε,
2. Το βάρος των κοπράνων που αποβλήθηκαν,
3. Η χημική σύσταση της τροφής, και
4. Η χημική σύσταση των κοπράνων.

### **Παράδειγμα**

Ένα ζώο κατανάλωνε ημερησίως 4,5 kg μιας ζωοτροφής για χρονικό διάστημα τριών εβδομάδων. Κατά τις τελευταίες 7 ημέρες, ο μέσος όρος του βάρους των αποβληθέντων κοπράνων ήταν 7,135 kg/ημέρα. Δείγματα της τροφής και των κοπράνων υποβλήθηκαν σε χημική ανάλυση, τα αποτελέσματα της οποίας δίδονται στον Πίνακα 8.

**Πίνακας 8.** Χημική σύσταση τροφής και κοπράνων.

<b>Θρεπτική Ουσία</b>	<b>Ζωοτροφή (%)</b>	<b>Κόπρανα (%)</b>
Υγρασία	12,15	75,65
Τέφρα	5,52	1,75
Αζωτούχες Ουσίες	13,25	3,05
Ινώδεις Ουσίες	27,12	11,35
Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες	36,67	7,35
Λιπαρές Ουσίες	5,29	0,85
<b>Σύνολο</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Επομένως, τα 4,5 kg ζωοτροφής περιείχαν 3,953 kg ξηράς ουσίας, ενώ τα 7,135 kg κοπράνων περιείχαν 1,737 kg ξηράς ουσίας. Άρα, το ποσό της ξηράς ουσίας της τροφής που απορροφήθηκε από τον ζωικό οργανισμό είναι η διαφορά 3,953 - 1,737 kg, δηλαδή πέφθηκε 2,215 kg ξηράς ουσίας. Το ποσό αυτό αποτελεί το 56,1% των 3,953 kg, το οποίο είναι η ποσότητα της ξηράς ουσίας της τροφής που κατανάλωσε το ζώο.

Κατά ανάλογο τρόπο, υπολογίζεται ο συντελεστής πεπτικότητας για τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία, όπως φαίνεται στον Πίνακα 9. Δηλαδή, αρχικά

αφαιρούνται οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων στα κόπρανα από τις ποσότητες των ίδιων θρεπτικών στοιχείων στη τροφή. Το υπόλοιπο ( $\gamma$ ) είναι η ποσότητα από κάθε θρεπτικό στοιχείο που απορροφήθηκε από το ζώο. Αυτό εάν διαιρεθεί με την αντίστοιχη ποσότητα στη σειρά ( $\alpha$ ) και εκφραστεί %, δίνει τον αντίστοιχο συντελεστή πεπτικότητας ( $\delta$ ).

**Πίνακας 9.** Αποτελέσματα πειράματος πεπτικότητας.

Ημερήσιος Μέσος Όρος	Ξηρά Ουσία (gr)	Αζωτούχες Ουσίες (gr)	Ινώδεις Ουσίες (gr)	E.N.E.O. (gr)	Ολικό Λίπος (gr)
α) 4,5 kg ζωοτροφής	3.953,25	596,25	1.220,40	1.650,15	238,05
β) Κόπρανα	1.737,37	217,62	824,09	524,42	46,38
γ) Ποσότητα που πέφθηκε	2.215,88	378,63	396,31	1.125,73	191,67
δ) Συντελεστής Πεπτικότητας	56,1	63,5	32,5	68,2	80,5

### ***Προσδιορισμός Πεπτικότητας***

Η πεπτικότητα προσδιορίζεται με τη διεξαγωγή ειδικού πειράματος που είναι γνωστό σαν πείραμα πέψης. Αυτό σημαίνει ότι ο προσδιορισμός πρέπει να γίνει κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες. Σε ένα πείραμα πέψης χρησιμοποιούνται πάντα περισσότερα από ένα ζώα για δύο κυρίως λόγους:

1. Τα ζώα της ίδιας ηλικίας, της ίδιας φυλής και του ίδιου φύλου διαφέρουν ως προς ένα βαθμό ως προς την πεπτική τους ικανότητα, και
2. Οι επαναλήψεις δίνουν περισσότερες δυνατότητες για εξακρίβωση σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις.

Στα περισσότερα πειράματα πέψεως χρησιμοποιούνται αρσενικά ζώα για καθαρά πρακτικούς λόγους και ειδικότερα διότι στα ζώα αυτά είναι πολύ ευκολότερη η ξεχωριστή συλλογή ούρων και κόπρου. Τα ζώα θα πρέπει να είναι υγιή και ήρεμα.

Για τη διεξαγωγή ενός πειράματος πεπτικότητας, χρησιμοποιούνται ειδικές διατάξεις γνωστές σαν κλωβοί πεπτικότητας, οι οποίοι επιτρέπουν τη χωριστή συλλογή ούρων και κόπρου.

Κατά τη κλασική μέθοδο προσδιορισμού της πεπτικότητας, χορηγείται στο ζώο, στη διάρκεια μιας προκαταρκτικής περιόδου, μια σταθερή ποσότητα της υπό εξέταση τροφής. Η περίοδος αυτή διαρκεί συνήθως 7 – 10 ημέρες και έχει σκοπό την ολοκληρωτική, κατά το δυνατόν, απομάκρυνση από τον πεπτικό σωλήνα όλων των υπολειμμάτων των τροφών που έφαγε το ζώο πριν την έναρξη του πειράματος.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η κύρια πειραματική περίοδος. Για έναν καθορισμένο αριθμό ημερών (συνήθως 10), γίνεται συλλογή των κοπράνων, τα οποία αντιπροσωπεύουν τα άπεπτα υπολείμματα της σταθερής ποσότητας τροφής που καταναλώνεται ημερησίως. Η παραδοχή αυτή γίνεται για δύο λόγους:

1. Όταν μια σταθερή ημερήσια ποσότητα τροφής καταναλώνεται επί περισσότερες ημέρες, η ημερήσια ποσότητα κοπράνων που αποβάλλεται θα είναι επίσης πρακτικά σταθερή, και
2. Η ποσότητα κοπράνων που θα συλλεχθεί σε δύο καθορισμένες προθεσμίες, θα αντιστοιχεί στην ποσότητα της τροφής που καταναλώθηκε στη χρονική αυτή περίοδο.

Καθημερινά, σε όλη τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα, ύστερα από πλήρη ανάμιξη της κόπρου, τα οποία αφού διατηρηθούν κατάλληλα, αναμιγνύονται στο τέλος της περιόδου αυτής και δίνουν το τελικό δείγμα που θα χρησιμοποιηθεί για χημική ανάλυση.

Όταν η υπό εξέταση τροφή μπορεί να δοθεί στο ζώο σαν αποκλειστικό σιτηρέσιο, όπως π.χ. κάποιο χόρτο στα μηρυκαστικά, ο προσδιορισμός της πεπτικότητας γίνεται με τον ανωτέρω τρόπο. Αντίθετα, όταν η υπό εξέταση τροφή δεν μπορεί να αποτελέσει το αποκλειστικό σιτηρέσιο του ζώου, όπως συμβαίνει στη περίπτωση των συμπυκνωμένων τροφών στα μηρυκαστικά, ο προσδιορισμός της πεπτικότητας γίνεται με το λεγόμενο “σύνθετο πείραμα πέψεως”.

### **Σύνθετο πείραμα πέψεως**

Το πείραμα αυτό περιλαμβάνει δύο επιμέρους πειραματικές μεθόδους. Στη διάρκεια της πρώτης προσδιορίζεται, όπως προηγουμένως, η πεπτικότητα μιας βασικής τροφής που μπορεί να χορηγηθεί σαν αποκλειστικό σιτηρέσιο στο ζώο, ενώ στη δεύτερη περίοδο μαζί με τη βασική χορηγείται και η υπό εξέταση τροφή. Έτσι, με αφαίρεση από τις συνολικές θρεπτικές ουσίες, που αποβλήθηκαν με την κόπρη και που

προέρχονταν από το μίγμα της βασικής και της υπό εξέταση τροφής, των άπεπτων ποσοτήτων θρεπτικών ουσιών, που αντιστοιχούν στη βασική τροφή και που υπολογίστηκαν με βάση τους συντελεστές πεπτικότητας της βασικής τροφής (από την πρώτη περίοδο), υπολογίζονται εύκολα οι άπεπτες ποσότητες θρεπτικών ουσιών της κόπρου, που αντιστοιχούν στην υπό εξέταση τροφή.

Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την παραδοχή ότι η πεπτικότητα της βασικής τροφής δεν επηρεάζεται από την παρουσία της συμπυκνωμένης τροφής που προστίθεται, κάτι που δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα. Για παράδειγμα, η συμπληρωματική τροφή μπορεί να προκαλέσει μείωση της πεπτικότητας της βασικής τροφής, γεγονός που αποδίδεται σε αλληλεπιδράσεις των τροφών σε ότι αφορά τον επηρεασμό των συντελεστών πεπτικότητας όλων των θρεπτικών ουσιών.

Στη μέθοδο αυτή, έγινε η παραδοχή ότι όλες οι θρεπτικές ουσίες που απαντούν στα κόπρανα αντιπροσωπεύουν το άπεπτο μέρος των θρεπτικών ουσιών της τροφής, ενώ το υπόλοιπο μέρος τους που δεν εμφανίζεται στα κόπρανα αντιπροσωπεύει το τμήμα των θρεπτικών ουσιών της τροφής που απορροφήθηκε από το τοίχωμα του λεπτού εντέρου. Η παραδοχή αυτή εμφανίζει δύο πολύ σημαντικά σφάλματα:

- **Σφάλμα 1<sup>ο</sup>:** Στα κόπρανα, εκτός από τα άπεπτα μέρη των θρεπτικών ουσιών μιας τροφής, απαντούν και προϊόντα μεταβολικής προέλευσης, όπως π.χ. υπολείμματα εκκρίσεων πεπτικών αδένων, επιθηλιακά κύτταρα που προήλθαν από την απολέπιση του εσωτερικού τοιχώματος του λεπτού εντέρου, βακτήρια, καθώς και ανόργανες ουσίες που αποβλήθηκαν. Όλα τα προϊόντα μεταβολικής προέλευσης υπολογίζονται, σύμφωνα με την μέθοδο που περιγράφηκε, στα άπεπτα συστατικά με άμεση συνέπεια τη λήψη χαμηλότερων από την πραγματικότητα συντελεστών πεπτικότητας. Το γεγονός αυτό οδήγησε στο να χαρακτηριστεί η πεπτικότητα σαν «φαινομένη πεπτικότητα».
- ο Για λόγους απλοποίησης αλλά επειδή και ο συντελεστής φαινομένης πεπτικότητας είναι μικρότερος από το συντελεστή πραγματικής πεπτικότητας, εξασφαλίζοντας έτσι ένα «περιθώριο ασφαλείας», στην εφαρμοσμένη διατροφή χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε ο συντελεστής φαινομένης πεπτικότητας. Επίσης, αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι στην πράξη ενδιαφέρει κυρίως το τελικό καθαρό αποτέλεσμα, δηλαδή το υπόλοιπο που απομένει μετά την αφαίρεση από τις θρεπτικές ουσίες της τροφής που απορροφήθηκαν όλων των απωλειών των πεπτικών αδένων για την πέψη.



- Σφάλμα 2<sup>ο</sup>: Τα έρια που παράγονται κατά τη βακτηριακή διάσπαση συνυπολογίζονται με το μέρος των θρεπτικών ουσιών που πέφθηκε, ενώ στην πραγματικότητα αποβλήθηκαν από τον οργανισμό με τις ερυγές ή από τον πρωκτό δια μέσου του απευθυσμένου. Συνέπεια του σφάλματος αυτού είναι ότι οι συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας που υπολογίζονται να είναι πολύ υψηλότεροι από τους πραγματικούς.

### *Πεπτικότητα ανόργανων στοιχείων*

Τα ανόργανα στοιχεία των ιστών του ζωικού σώματος εισέρχονται στον πεπτικό σωλήνα και αποβάλλονται με τα κόπρανα, γεγονός που δυσκολεύει τον διαχωρισμό σε αυτά του άπεπτου μέρους κάποιου ανόργανου στοιχείου της τροφής από εκείνο που επαναπορροφάται.

Η ποσότητα του ανόργανου στοιχείου που επαναπορροφάται είναι άλλοτε μεγάλη (ασβέστιο, φωσφόρος, μαγνήσιο, σίδηρος) και άλλοτε μικρότερη, αλλά πάντα υπολογίσιμη.

Για το λόγο αυτό στα ανόργανα στοιχεία βρίσκεται η αληθινή πεπτικότητα (Σπα) για το καθένα, η οποία στην προκειμένη περίπτωση αποκαλείται **διαθεσιμότητα** ή **απορροφητικότητα**.

Το όνομα αυτό δόθηκε διότι οι ανόργανες ουσίες δεν πέπτονται αλλά δίνουν ιόντα στην υγρή φάση του πεπτικού περιεχομένου, τα οποία με ευκολία απορροφώνται από το έντερο. Για παράδειγμα το αλάτι (NaCl) δίνει ιόντα Na και Cl στο χυλό της τροφής, τα οποία στη συνέχεια απορροφούνται.

Κάθε ανόργανο στοιχείο μπορεί να απαντάται στο χυλό της τροφής στον πεπτικό σωλήνα με τη μορφή: α) ιόντων, β) οργανικών συμπλόκων, και γ) αδιάλυτων ουσιών. Από τις μορφές αυτές, τα ιόντα των στοιχείων είναι αμέσως απορροφήσιμα από το έντερο, οι αδιάλυτες ουσίες τους δεν απορροφούνται καθόλου, ενώ τα οργανικά σύμπλοκα απορροφούνται μερικώς, εξαρτώμενα από την παρουσία άλλων δεσμευτικών ουσιών (π.χ. φυτάσες).

## *Παράγοντες που επηρεάζουν την πεπτικότητα*

- (1) **Τύπος πέψεως του ζώου:** Τα μηρυκαστικά ζώα πέπτουν καλύτερα τις ινώδεις ουσίες καλύτερα από τα φυτοφάγα μονογαστρικά και αυτά καλύτερα από τα παμφάγα, ενώ τα σαρκοφάγα ζώα παρουσιάζουν εξαιρετικά περιορισμένη ικανότητα πέψης των ινωδών ουσιών από τους μικροοργανισμούς του τελευταίου τμήματος του εντέρου.
- (2) **Ηλικία ζώου:** Στα ενήλικα άτομα η ΦΠ μειώνεται έπειτα από ορισμένη ηλικία αλλά δεν επηρεάζεται από τη φυσιολογική κατάσταση του ζώου.
- (3) **Εθισμός ζώων:** Η χορήγηση της ίδιας τροφής για μακρό χρονικό διάστημα σε ένα ζώο αυξάνει σταδιακά έως ένα μέγιστο την πεπτικότητα της τροφής, ενώ η συχνή αλλαγή του σιτηρεσίου επηρεάζει αρνητικά την πεπτικότητα της τροφής.
- (4) **Φαινόμενο κοπροφαγίας:** Αποτελεί φυσιολογικό φαινόμενο σε μερικά ζώα (π.χ. στο κουνέλι και σε μερικά γουνοφόρα ζώα). Συνίσταται σε επανάληψη της πέψης της τροφής με σκοπό τη βελτίωση των θρεπτικών συστατικών (κυρίως των πρωτεϊνών και των υδατοδιαλυτών βιταμινών).
- (5) **Κατάσταση εντερικού βλεννογόνου:** Η πεπτικότητα της τροφής μειώνεται με την μείωση της επιφάνειας απορρόφησης. Αυτό συμβαίνει όταν δημιουργούνται φλεγμονές από μολύνσεις ή από την παρουσία ερεθιστικών ή διαβρωτικών ουσιών και από θρομβώσεις της επιφάνειας του επιθηλίου που προκαλείται από στυπτικές ουσίες.
- (6) **Σύνθεση σιτηρεσίου:** Κάθε ζωοτροφή επηρεάζει τη ΦΠ των άλλων με τις οποίες συνδυάζεται στο σιτηρέσιο (αλληλεξάρτητη πεπτικότητα). Για παράδειγμα, στα μηρυκαστικά η αύξηση της περιεκτικότητας του σιτηρεσίου σε δημητριακούς καρπούς ή έλαια μειώνει την ΦΠ των ινωδών ουσιών και της πρωτεΐνης γιατί τροποποιεί την αναλογία τη σύνθεση της μικροχλωρίδας των προστομάχων εις βάρος των κυτταρινολυτικών βακτηρίων.
- (7) **Ποσότητα τροφής και συχνότητα χορήγησης:** Η υπερβολική χορήγηση τροφής μειώνει την πεπτικότητα λόγω αδυναμίας αποδόμησης και απορρόφησης των μεγάλων ποσοτήτων των χορηγούμενων θρεπτικών συστατικών. Η πεπτικότητα βελτιώνεται όταν η τροφή χορηγείται σε περισσότερα και μικρότερα γεύματα.

- (8) **Ταχύτητα διέλευσης της τροφής:** Όταν ένας ορισμένος τύπος τροφής διέλθει σχετικά γρήγορα από τον πεπτικό σωλήνα η πέψη ενδεχομένως δεν θα είναι αρκετά αποτελεσματική. Η ταχύτητα διέλευσης αυξάνει με την υψηλή περιεκτικότητα της τροφής σε λίπος και μη εύκολα απορροφήσιμων αλάτων, από τοξικές ουσίες, μολύνσεις του πεπτικού σωλήνα.
- (9) **Προετοιμασία ζωοτροφών:** Στα παμφάγα ζώα η άλεση και κάθε τεχνολογική επέμβαση διπλού ή τριπλού συνδυασμού πίεσης, θερμοκρασίας και υγρασίας, αυξάνουν τη ΦΠ όλων των θρεπτικών συστατικών. Στα μηρυκαστικά η άλεση των χονδροειδών τροφών ελαττώνει τη ΦΠ, η ξηρή όμως θέρμανση ή η χημική μετουσίωση των πρωτεϊνών των πρωτεϊνούχων ζωοτροφών βελτιώνει, υπό προϋποθέσεις, τη ΦΠ των αζωτούχων ουσιών γιατί αυξάνει το ποσό της μη ζυμούμενης πρωτεΐνης και περιορίζει τις απώλειες σε άζωτο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1980. Official methods of analysis. (13th ed.) Washington, D.C.
- AOAC-930.15. 1990. Moisture in animal feed. Drying at 135°C. In: *Official methods of analysis of Association of Official Agricultural Chemists*, 15<sup>th</sup> edn. AOAC, Arlington, Virginia, p. 69.
- AOAC-934.01. 1990. Moisture in animal feed. Drying in vacuo at 95-100°C. In: *Official methods of analysis of Association of Official Agricultural Chemists*, 15<sup>th</sup> edn. AOAC, Arlington, Virginia, p. 69.
- AOAC-967.03. 1990. Moisture in peat. In: *Official methods of analysis of Association of Official Agricultural Chemists*, 15<sup>th</sup> edn. AOAC, Arlington, Virginia, p. 69.
- AOAC 1995. Animal Feed. Chapter 4 in 'Official methods of analysis'. 16th edition. AOAC International, Arlington, VI, USA. 30pp.
- Brusewitz, G.H., Chase, L.E., Collins M., Delwiche, S.R., Garthe, J., Muck, R.E. and Pitt. R.E. 1993. Forage Moisture determination. NRAES-59, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, New York, 29 pp.
- Clancy, M.P.J., Wangness, P.J. and Baumgardt, B.R. 1977. Effects of moisture determination method on estimates of digestibilities and intakes of conserved alfalfa. *Journal of Dairy Science* 6, 216 – 223.
- Crosby, N. 1995. Animal Feeds. In: 'Encyclopedia of Analytical Science'. (A. Townshend, ed.). Vol 1. Academic Press, London. pp. 120-136
- Freer F. and H. Dove. 2002. Sheep Nutrition. CAB International.
- Givens D.I., E. Owen, R.F.E. Axford and H.M. Omed. 2000. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International.
- Ζέρβας Γ.Π. 2000. Τα ανόργανα στοιχεία στη διατροφή των μηρυκαστικών ζώων. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα. Σελ. 138.
- Ζέρβας Γ., Π. Καλαϊσάκης και Κ. Φεγγερός. 2004. Διατροφή αγροτικών ζώων. Β' Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα.
- Καραλάζος Α., Δ. Ντότας και Ι. Μπάλλιος. 1997. Περιγραφή, συντήρηση και τεχνολογία ζωοτροφών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Έκδοση Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- Λιαμάδης Γ.Δ. 1998. Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων ζωοτροφών και βιολογικών υλικών. 2<sup>η</sup> Έκδοση. Θεσσαλονίκη.
- Λιαμάδης Γ.Δ. 1998. Ενεργητική των Αγροτικών Ζώων. Τεύχος 1<sup>ο</sup>. Θεσσαλονίκη.

- Λιαμάδης Γ. Δ. 2000. Φυσιολογία θρέψεως ζωικού οργανισμού. Τόμος 1. Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS. Θεσσαλονίκη.
- Madsen, J.; Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. 1997. Appropriate methods for the evaluation of tropical feeds for ruminants. *Animal Feed Science Technology* 69, 53-66.
- MAFF 1986. The analysis of agricultural materials. Reference Book 427. 3rd edition. HMSO. 248pp.
- MAFF-1. 1986. Method 1. Preparation of samples of plant material. In: *The Analysis of Agricultural Materials. A Manual of the Analytical Methods used by the Agricultural Development and Advisory Service. Reference Book 427, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Her Majesty's Stationery Office, London, pp. 93-97.*
- Παπαδόπουλος Μ. 1999. Διατροφή Ζώων Ι. Βασική Διατροφή. Άρτα.
- Petterson, D.S., Harris, D.J., Rayner, C.J., Blakeney, A.B. and Choct, M. 1999. Methods for the analysis of premium livestock grains. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 775-787.
- Schingoethe, D.J. 1991. Pyproduct feeds: feed analysis and interpretation. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 7, 577-584.
- Sollenberger, L.E. and Cherney, D.J.R. 1995. Evaluating forage production and quality. In: Barnes, R.E., Miller, D.A. and Nelson, C.J. (eds) *Forages, Vol II: The Science of Grassland Agriculture, 5<sup>th</sup> edn.* Iowa State University Press, Ames, pp. 97-110.
- Soxtherm Multistat / SX PC. 2006. Instruction Manual. Gerhardt.
- Στανόγιας Β.Γ. 2001. Σημειώσεις για το εργαστήριο της Διατροφής Αγροτικών Ζώων Ι. Φλώρινα.
- Theodorou M.K. and J. France. 2000. *Feeding Systems and Feed Evaluation Methods.* CAB International.
- Χατζημηνάογλου Ι. και Δ. Λιαμάδης. 1996. Εισαγωγή στις επιστήμες Ζωικής Παραγωγής. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Θεσσαλονίκη.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Cornell University Press, Ithaca, New York, 476 pp.
- Van Soest, P.J., J.B., Robertson, and B.A., Lewis., 1991. *Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition.* *J. Dairy Sci.*, 74: 3584-3597.
- Verite, R. 1980. Appreciation of the nitrogen value of feeds for ruminants. In: *Standardization of Analytical Methodology for Feeds.* International Development Research Centre, Ottawa, Canada, pp 87-96.
- Wrigley, C.W. 1999. Potential methodologies and strategies for the rapid assessment of feed-grain quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 789-805.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΣΚΕΥΗ & ΣΥΣΚΕΥΕΣ

#### *Όργανα μέτρησης όγκου (υγρών)*

Τα βασικά όργανα και σκεύη ενός αναλυτικού εργαστηρίου παρουσιάζονται ταξινομημένα στις παρακάτω κατηγορίες:

**Ογκομετρικές φιάλες:** Είναι συνήθως γυάλινες ή πλαστικές βαθμονομημένες φιάλες ακριβούς χωρητικότητας, που κυμαίνεται από 1mL ως 5L. Σημειώνεται ότι οι ογκομετρικές φιάλες φέρουν την ένδειξη του συνολικού όγκου, και όχι υποδιαιρέσεις του, με μια χαραγή στο στόμιο τους, ενώ το πώμα τους μπορεί να είναι εσφυρισμένο ή πλαστικό. Χρησιμοποιούνται στην παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων, καθώς και στην αραιώση διαλυμάτων μέχρι ορισμένο όγκο.



**Ογκομετρικοί κύλινδροι:** Είναι γυάλινοι ή πλαστικοί κύλινδροι με ή χωρίς πώμα, το οποίο μπορεί να είναι εσφυρισμένο ή πλαστικό. Καθώς φέρουν υποδιαιρέσεις του συνολικού τους όγκου (κυμαίνεται από 1 mL ως 5 L), δίνουν τη δυνατότητα μέτρησης διαφόρων όγκων μικρότερου του συνολικού τους. Σημειώνεται ότι όσο το μέγεθος του ογκομετρικού σωλήνα μεγαλώνει, τόσο μειώνεται η ακρίβεια του μετρούμενου όγκου. Έτσι, στους μικρούς σωλήνες η ακρίβεια είναι μεγάλη και μπορεί να φτάσει τα 0,1 mL, ενώ οι σωλήνες όγκου 1 L έχουν ακρίβεια περίπου 10mL.



**Σταγονόμετρα (ή πιπέτες):** Είναι γυάλινα ή πλαστικά σωληνάκια που στο ένα τους άκρο φέρουν ενσωματωμένη ή πρόσθετη φούσκα αναρρόφησης και στο άλλο τριχοειδή απόληξη για να εξασφαλίζει ροή κατά σταγόνες (στάγδην). Λειτουργούν ως εξής: πιέζουμε τη φούσκα και βυθίζουμε το τριχοειδές άκρο στο υγρό. Αφήνουμε αργά τη φούσκα να επανέλθει, και έτσι γεμίζει το σταγονόμετρο. Στη συνέχεια το τοποθετούμε στο τοίχωμα του δοχείου που θέλουμε να αδειάσουμε το περιεχόμενο και πιέζουμε ξανά τη φούσκα.



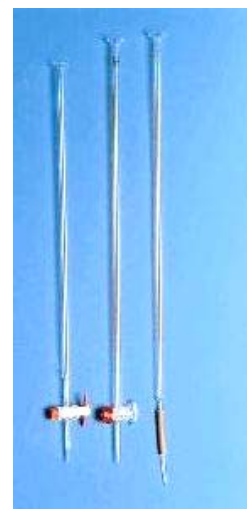
**Κωνικές φιάλες:** Είναι γυάλινες φιάλες, χωρητικότητας από 25 mL ως 5L, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες ογκομετρήσεων, αποσύνθεσης ή εξάτμισης διαφόρων διαλυμάτων.



**Ποτήρια ζέσεως:** Είναι γυάλινα ποτήρια διαφόρων μεγεθών, τα οποία είναι ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μεταφορά υγρών από ένα δοχείο σε άλλο, ή για τη θέρμανση υγρών. Σημειώνεται ότι η ακρίβεια του μετρούμενου όγκου είναι μικρή λόγω της μεγάλης ελεύθερης επιφάνειας του υγρού σε σχέση με το συνολικό του όγκο.



**Προχοϊδες:** Είναι επιμήκεις γυάλινοι σωλήνες σταθερής διαμέτρου (συνήθως 1 cm), που το ένα τους άκρο καταλήγει σε τριχοειδή απόληξη. Ο έλεγχος της ροής εξασφαλίζεται από μια στρόφιγγα που βρίσκεται κοντά στην τριχοειδή απόληξη. Διαθέτουν ακριβή και λεπτομερή βαθμονόμηση και χρησιμοποιούνται στην τιτλοδότηση διαλυμάτων με τη μέθοδο της ογκομέτρησης. Ο μετρούμενος όγκος είναι ακριβής και εξασφαλίζεται με τη ροή του υγρού από την προχοίδα σε άλλο δοχείο. Τρόπος χειρισμού: Με το δεξί χέρι περιστρέφουμε τη φιάλη, ενώ με το αριστερό χειριζόμαστε τη στρόφιγγα της προχοίδας και ρυθμίζουμε την ταχύτητα παροχής του υγρού, πιέζοντας την ελαφρά προς τα μέσα για να αποφευχθεί διαρροή του υγρού. Μετά την εκροή του υγρού δεν πρέπει να παραμένουν σταγόνες στα τοιχώματα της, αν όμως παραμένουν θα πρέπει αυτή να καθαριστεί.



**Σιφώνια:** Είναι γυάλινοι ή πλαστικοί σωλήνες, μικρής σχετικά διατομής. Ανάλογα με τη χρήση ή το μέγεθος τους διακρίνονται σε:

(α) σιφώνια μεταφοράς ή πλήρωσης ή ογκομετρικά: διαθέτουν ένδειξη μόνο του συνολικού όγκου, δηλαδή παίρνουμε με μεγάλη ακρίβεια ένα και μόνο όγκο υγρού. Είναι βαθμονομημένα έτσι ώστε η τελευταία σταγόνα να παραμένει στο σιφώνιο.

(β) σιφώνια μέτρησης (ή τύπου Mohr): έχουν υποδιαιρέσεις του συνολικού τους όγκου (εκτός του ακροφυσίου), δηλαδή μπορούμε να πάρουμε οποιονδήποτε επιθυμητό όγκο υγρού. Είναι βαθμονομημένα έτσι ώστε η τελευταία σταγόνα να παραμένει στο σιφώνιο.

(γ) σιφώνια με έμβολο: χρησιμοποιούνται για μετρήσεις πολύ μικρών όγκων και διακρίνονται σε σύριγγες ή μικροπιπέτες.

*Χειρισμός:* το γέμισμα ή το άδειασμα των σιφωνίων γίνεται με τη βοήθεια φούσκας (πουάρ). Το γέμισμα γίνεται με το ακροφύσιο του σιφωνίου πλήρως εμβαπτισμένο στο διάλυμα από το οποίο θέλουμε να αντλήσουμε την επιθυμητή ποσότητα. Το άδειασμα γίνεται με το ακροφύσιο να ακουμπά στο πλαϊνό τοίχωμα του δοχείου, για την αποφυγή εκτινάξεων σταγονιδίων. Τα πουάρ είναι συνήθως τριών βαλβίδων: η επάνω (A) χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του αέρα της φούσκας, η κάτω (S) για τη ρόφηση (γέμισμα) και η πλαϊνή (E) για το άδειασμα (εκρόφηση) του υγρού.

*Τρόπος ανάγνωσης βαθμονομημένων ογκομετρικών σκευών:* Η ανάγνωση των σιφωνίων μέτρησης, των προχοϊδων και των ογκομετρικών κυλίνδρων και φιαλών πρέπει να γίνεται από οριζόντια θέση και τα μάτια να είναι περίπου στο ίδιο ύψος με τη στάθμη του υγρού. Συνήθως ο όγκος προσδιορίζεται με την βαθμονομημένη ένδειξη κοντά στη βάση του μηνίσκου

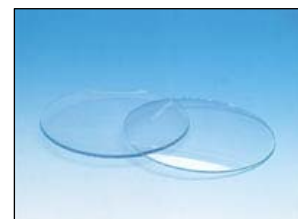
## Όργανα ζύγισης

**Ζυγοί:** Η μέτρηση της μάζας ενός δείγματος ή μιας χημικής ουσίας, που θα χρησιμοποιηθούν σε μια ανάλυση, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αξιοπιστίας του αποτελέσματος μιας ανάλυσης. Οι ζυγοί που χρησιμοποιούνται είναι σχεδόν κατά αποκλειστικότητα ηλεκτρονικοί, μεγάλης ακρίβειας, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι η ικανότητα ποσότητας ζύγισης. Η μεγάλη ευαισθησία ενός αναλυτικού ζυγού απαιτεί μεγάλη προσοχή στο χειρισμό του, για την αποφυγή τυχόν σφαλμάτων. Επίσης, σημειώνεται, ότι οι ηλεκτρονικοί ζυγοί επηρεάζονται πολύ από πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, καθώς και από τις μεταβολές της τάσης του ρεύματος τροφοδοσίας και της θερμοκρασίας.



## Βοηθητικά όργανα ζύγισης

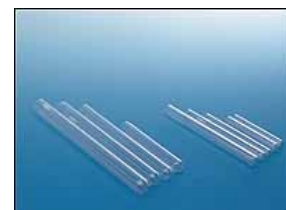
**Ύαλοι ωρολογίου:** Είναι γυάλινα, στρογγυλά σκεύη (όπως το γυαλί ενός στρογγυλού ρολογιού), με ελαφρά κοίλη επιφάνεια, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη ζύγιση στερεών ουσιών. Χρησιμοποιούνται επίσης για την κάλυψη της ελεύθερης επιφάνειας ποτηριών, φιαλών ή άλλων μικρών σκευών.



**Σπάτουλες (ή σπαθίδες):** Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μικρών ποσοτήτων στερεών ουσιών από τα δοχεία φύλαξης στα σκεύη ζύγισης και μπορεί να είναι μεταλλικές, πλαστικές ή από Teflon.

## Όργανα και σκεύη γενικής χρήσης

**Δοκιμαστικοί σωλήνες και στηρίγματα:** Είναι γυάλινοι σωλήνες από κοινό γυαλί ή γυαλί Pyrex και χρησιμοποιούνται σε πειράματα ή μικροδοκιμές χημικών αντιδράσεων. Τοποθετούνται με ασφάλεια σε ειδικά στηρίγματα, τα οποία είναι μεταλλικά, ξύλινα ή πλαστικά.



**Ράβδοι ανάδευσης:** Είναι συμπαγείς γυάλινες ράβδοι και χρησιμοποιούνται για την ανάδευση διαλυμάτων ή μιγμάτων.





**Υδροβολείς:** Είναι πλαστικά συνήθως δοχεία, από το πώμα των οποίων περνά πλαστικός σωλήνας, και λειτουργούν με απλή πίεση στο μέσο τους. Χρησιμοποιούνται κυρίως για το ξέπλυμα σκευών ή για τη συμπλήρωση της απαιτούμενης ποσότητας διαλύτη κατά την παρασκευή διαλυμάτων, ή για την έκπλυση ιζημάτων κατά τη διήθηση.



**Κάψες:** Είναι πορσελάνινες 'κούπες' με μεγάλο στόμιο, που χρησιμοποιούνται κυρίως σε εξατμίσεις υγρών.



**Χωνιά:** Ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε:

*(α) Διαχωριστικά:* γυάλινα κωνικά ή κυλινδρικά χωνιά που απολήγουν σε μακρύ και στενό σωλήνα με στρόφιγγα. Χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό μη αναμίξιμων υγρών.

*(β) Κοινά:* γυάλινα ή πλαστικά χωνιά που χρησιμοποιούνται στην πλήρωση προχοϊδων ή φιαλών, καθώς και σε διηθήσεις με τη βοήθεια απλών διηθητικών χαρτιών.



*(γ) Buchner:* πορσελάνινα χωνιά με διάτρητο πυθμένα, στον οποίο τοποθετείται κατάλληλο διηθητικό χαρτί.



**Λαβίδες:** Είναι συνήθως μεταλλικές ή ξύλινες και χρησιμοποιούνται για την ασφαλή λαβή δοκιμαστικών σωλήνων ή άλλων μικρών σκευών κατά ή μετά τη θέρμανση τους.

**Σφικτήρες:** Είναι μεταλλικοί ή πλαστικοί σφικτήρες για τοποθέτηση προχοϊδων ή άλλων γυάλινων ειδών με δυνατότητες ρύθμισης, τέτοιες που να επιτρέπουν τη μεταβολή του ύψους συγκράτησης του σκεύους, αλλά και συγκράτηση του σκεύους σε διάφορους προσανατολισμούς (οριζόντια, κάθετα και πλάγια θέση).

**Ξηραντήρες:** Είναι γυάλινα σκεύη που κλείνουν αεροστεγώς με εσφυρισμένο καπάκι. Στη βάση τους υπάρχει διάτρητος πορσελάνινος δίσκος, πάνω στον οποίο τοποθετούμε τα προς ξήρανση υλικά. Κάτω από το δίσκο τοποθετείται το ξηραντικό μέσο (συνήθως silica gel ή  $\text{CaCl}_2$ ), το οποίο απορροφά την υγρασία που εξατμίζεται από τα στερεά υλικά.



## *Εργαστηριακές Συσκευές*

### *Το Αδιαβατικό Θερμιδόμετρο*

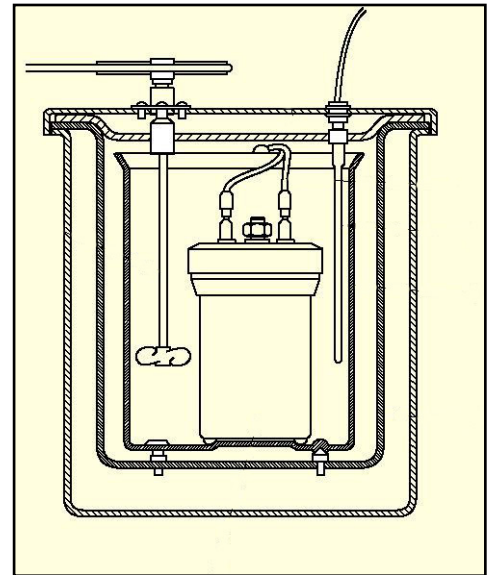
- Το ενεργειακό περιεχόμενο ενός δείγματος προσδιορίζεται από την καύση του με έκρηξη, σ' ένα κλειστό σύστημα από το οποίο δεν είναι δυνατή η απώλεια θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον.
- Η αδιαβατική ιδιότητα του θερμιδόμετρου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός εξωτερικού μανδύα νερού του οποίου η θερμοκρασία ρυθμίζεται αυτόματα ώστε να αντιστοιχεί με αυτή του δοχείου στο οποίο συντελείται η πλήρης καύση του δείγματος.
- Για το λόγο αυτό η αύξηση της θερμοκρασίας του συστήματος αποτελεί μια ακριβή μέτρηση της ενέργειας που ελευθερώνεται από την καύση (έκρηξη) του δείγματος.



Εικόνα 6. Σύγχρονο θερμιδόμετρο.

Τα κύρια μέρη του θερμιδόμετρου είναι :

- Η **οβίδα καύσης**, η οποία είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι και δέχεται μεταλλικό περιέκτη για την τοποθέτηση της ουσίας μέσα στην οποία βυθίζεται ηλεκτρική αντίσταση για τη δημιουργία ηλεκτρικής εκκένωσης. Επίσης φέρει βαλβίδα για την εισαγωγή οξυγόνου και για την αποσυμπίεση των προϊόντων καύσης.
- Το **εξωτερικό δοχείο**, που περιέχει γνωστή ποσότητα νερού στο οποίο βυθίζεται η οβίδα καύσης. Δέχεται αναδευτήρα για την ανάδευση και την καλύτερη αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας μεταξύ της οβίδας καύσης και του νερού, καθώς και θερμόμετρο για τη μέτρηση της αρχικής και τελικής θερμοκρασίας.
- Ο **εξωτερικός μανδύας**, ο οποίος περιέχει νερό του οποίου η θερμοκρασία ρυθμίζεται αυτόματα με ένα σύστημα θέρμανσης - ψύξης.



Εικόνα 7. Τομή οβίδας καύσης.

**Συσκευή SOXTHERM για τον προσδιορισμό του λίπους κατά Soxhlet**



**Συσκευή Soxtherm**



**Συσκευή προγραμματισμού  
συσκευής Soxtherm**



**Συσκευή FIBERTEC για τον προσδιορισμό των Ινωδών Ουσιών**



## Μύλος άλεσης



**Πρόσοψη μύλου άλεσης**



**Κόσκινα μύλου άλεσης**