



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

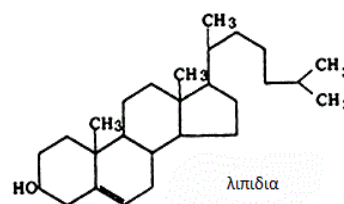
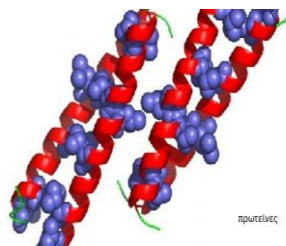
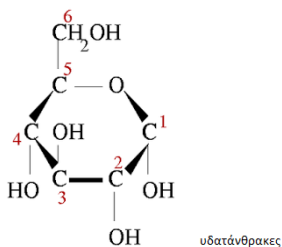
<http://agriculturaltechnology.teithe.gr/>
<http://www.ap.teithe.gr/>



ΖΩΗ ΟΤΑΤΖΙΟΓΛΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΘΕΜΑ: «ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ (ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ,
ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ, ΛΙΠΙΔΙΑ)»**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΜΠΙΔΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2017

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφ.	Περιεχόμενα	Σελ.
1.	Πρόλογος	5
2.1.	Περίληψη	7
2.2.	Abstract	8
3.	Θρεπτικά συστατικά τω ζωοτροφών.....	9
3.1.	Γενικά.....	9
3.2	Ζωοτροφές.....	9
3.3	Θρεπτικά συστατικά των ζωοτροφών	11
3.4	Φυσιολογία της πέψης	11
4.	Υδατάνθρακες	12
4.1.	Γενικά	12
4.2.	Κατάταξη υδατανθράκων	13
4.3.	Ιδιότητες των υδατανθράκων	14
4.3.1.	Φυσικές ιδιότητες των υδατανθράκων	14
4.3.2.	Χημικές ιδιότητες των υδατανθράκων	15
4.4.	Χρήση υδατανθράκων στους οργανισμούς	17
4.5.	Ισομέρεια – D και L μορφή υδατανθράκων	17
4.6	Οι βασικοί υδατάνθρακες	18
4.6.1.	Γλυκόζη	18
4.6.2.	Άμυλο	20
4.6.2.1.	Αμυλόζη	21
4.6.2.2.	Αμυλοπηκτίνη	21
4.6.3.	Κυτταρίνη	22
4.6.4.	Γλυκογόνο	22
4.6.5.	Άλλοι σημαντικοί υδατάνθρακες	23
4.6.6.	Οι υδατάνθρακες ως συστατικά των ζωοτροφών	24
4.6.7.	Πέψη υδατανθράκων στα αγροτικά ζώα	25
4.6.7.1.	Πέψη υδατανθράκων στα μονογαστρικά αγροτικά ζώα	25
4.6.7.2.	Πέψη υδατανθράκων στα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα	26
5.	Πρωτεΐνες	27
5.1.	Γενικά	27
5.2.	Αμινοξέα	27
5.2.1.	Κατάταξη αμινοξέων	29
5.2.2.	Ιδιότητες αμινοξέων	29
5.2.3.	Μη πρωτεϊνικά αμινοξέα	30
5.3.	Πρωτεΐνες	30
5.3.1.	Ιδιότητες πρωτεϊνών	30

5.3.2.	Κατάταξη πρωτεϊνών	31
5.4.	Δομή των πρωτεϊνών	31
5.4.1.	Πρωτοταγής δομή πρωτεϊνών	31
5.4.2.	Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών	31
5.4.3.	Τριτοταγής δομή πρωτεϊνών	32
5.4.4.	Τεταρτοταγής δομή πρωτεϊνών	32
5.5.	Σημαντικές πρωτεΐνες των ζωικών οργανισμών	32
5.5.1.	Γ-γλοβουλίνες	32
5.5.2.	Πρωτεΐνες συμβιωτικών οργανισμών	32
5.5.3.	Ωκυτοκίνη	33
5.5.4.	Κολλαγόνο	33
5.5.5.	Κερατίνη	33
5.5.6.	Ινσουλίνη	33
5.5.7.	Ελαστίνη	33
5.5.8.	Συσταλτές πρωτεΐνες	33
5.5.9.	Αιμοσφαιρίνη-ανοσοσφαιρίνη	34
5.5.10.	Ανοσοσφαιρίνες	34
5.5.11.	Αυξητική ορμόνη	34
5.5.12.	Χονδροϊτίνη-γλυκοζαμίνη	34
5.5.13.	Πρωτεΐνια	34
5.6.	Πέψη πρωτεϊνών	35
5.7.	Μεταβολισμός πρωτεϊνών	35
5.8.	Πρωτεϊνούχες ζωοτροφές	37
6.	Λιπίδια	38
6.1.	Λιπαρά οξέα	39
6.1.1.	Σημαντικά λιπίδια των οργανισμών	42
6.1.1.1.	Στερόλες και εστέρες στερολών	42
6.1.1.2.	Ουδέτερα γλυκερολιπίδια	42
6.1.1.3.	Φωσφολιπίδια	43
6.1.1.4.	Γλυκερολιπίδια	43
6.2.	Ιδιότητες λιπαρών οξέων	44
6.2.1.	Φυσικές ιδιότητες λιπαρών οξέων	44
6.2.2.	Χημικές ιδιότητες λιπαρών οξέων	44
6.3.	Πέψη λίπους	44
6.4.	Μεταβολισμός του λίπους	44
6.5.	Ζωοτροφές και λίπη	45
7.	Συμπεράσματα	48
8.	Βιβλιογραφία	49

Κεφάλαιο 1

Πρόλογος

Η πτυχιακή διατριβή αυτή διενεργήθηκε στην Κατεύθυνση Ζωικής Παραγωγής του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της εργασίας είναι να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα στοιχεία χημείας που χρειάζεται ένας ζωτέχνης για την κατανόηση κατάρτισης σωστού σιτηρεσίου με απώτερο σκοπό τη βελτίωση των προϊόντων ζωικής παραγωγής.

Για την ολοκλήρωση της παρούσης εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου, κ. Νήτα, κ. Μίχα, κ. Παρίση και κ. Φιλιππίδη, που μου δίδαξαν τον τρόπο ώστε να μη χάνω το ενδιαφέρον μου και να προσπαθώ για το καλύτερο αποτέλεσμα.

Ζωή Οτατζιογλου
Μάϊος 2017

Κεφάλαιο 2 **Περίληψη**

Οτατζιόγλου, Ζ., 2017. Θρεπτικές ουσίες ζωοτροφών (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια). Πτυχιακή Διατριβή, Κατεύθυνση Ζωικής Παραγωγής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη, σελ. 1–48.

Οι θρεπτικές ουσίες των ζωοτροφών χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις οργανικές και τις ανόργανες. Από την πρώτη κατηγορία, η παρούσα εργασία εμβαθύνει κατά σειρά στους υδατάνθρακες, στις πρωτεΐνες και στα λιπίδια. Φυσικά ο διαχωρισμός αυτών, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τις υπόλοιπες ουσίες που δεν πραγματεύονται στις παρακάτω σελίδες, δεν είναι εύκολος. Κορμός των οργανικών ενώσεων, είναι ο άνθρακας, που δημιουργεί εκατομμύρια ενώσεις με άλλα στοιχεία το καθένα από τα οποία έχει άλλες ιδιότητες και άλλο ρόλο στους ζωικούς οργανισμούς. Κοινό στοιχείο των ενώσεων που ερευνώνται είναι ο τελικός σκοπός τους που συνίσταται στην παραγωγή ενέργειας στους οργανισμούς και στη διαίωξη της ύπαρξής τους. Με γνώμονα αυτό το κριτήριο, η παρούσα εργασία απαρτίζεται από τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο το οποίο είναι και εισαγωγικό αναφέρεται στα θρεπτικά συστατικά των ζωοτροφών και συνοπτικά στη φυσιολογία της πέψης των ζωοτροφών στα αγροτικά ζώα. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στους υδρογονάνθρακες. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους καθώς και στα χαρακτηριστικά των βασικών υδατανθράκων. Σχετικά με την πέψη υδατανθράκων στα αγροτικά ζώα, αναλυτικές πληροφορίες παρουσιάζονται στην τελευταία υποενότητα του 2ου κεφαλαίου. Το τρίτο κεφάλαιο πραγματεύεται τον τρόπο σύνθεσης, τις ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο χρήσης των πρωτεϊνών από τους ζωικούς οργανισμούς. Αντίστοιχα δεδομένα για τα λιπίδια παρουσιάζονται στο τέταρτο κεφάλαιο. Η παρούσα μελέτη κλείνει με την παράθεση των κυριότερων συμπερασμάτων όπως αυτά προέκυψαν κατά την εκπόνησή της.

2.1. Abstract

Otatzoglou, Z, 2017. Animal feed nutrients (carbohydrates, proteins, lipids). Diploma Thesis, Division of Animal Production, Department of Agricultural Technology, School of Agricultural Technology, Food Technology and Nutrition, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki. Thessaloniki, Greece, pp. 1–48.

Feed nutrients are divided into two major categories: organic and inorganic. From the first category, this paper deepens to carbohydrates, proteins and lipids. Of course such separation, both among themselves and with other substances not deal with is not easy in the following pages. The main organic compound is carbon, which generates millions of compounds with other elements, each of which has various properties and roles in animals. Common feature of the compounds investigated is their ultimate purpose to produce energy in organizations and to perpetuate their existence. In the light of this criterion, the paper consists of four chapters. The first chapter is introductory and refers to the feed nutrients and in physiology of digestion of feedstuffs in livestock. The second chapter refers to carbohydrates. Particular emphasis is given on the physical and chemical properties and the characteristics of the basic carbohydrates. Concerning carbohydrate digestion in livestock, detailed information is presented in the last subsection of the second chapter. The third chapter discusses the composition, properties, characteristics and usage of proteins from animals. Similar data for lipids are presented in the fourth chapter. This study concludes with a statement of the main conclusions as they emerged during the elaboration.

Κεφάλαιο 3 Θρεπτικά συστατικά ζωοτροφών

3.1. Γενικά

Στη ζωική παραγωγή, οι τρεις βασικοί κλάδοι που απασχολούν τόσο τον κτηνοτρόφο, όσο και τον ζωοτέχνη, είναι η διατροφή, η αναπαραγωγή και η γενετική βελτίωση των πληθυσμών. Είναι κοινά αποδεκτό πως πρωταρχικό ρόλο ανάμεσα σε αυτούς παίζει η διατροφή διότι χωρίς τη χορήγηση ισόρροπου σιτηρεσίου, το ζώο δε μπορεί να παράξει και δεν έχει περιθώρια βελτίωσης των χαρακτήρων του.

Στη διατροφή των ζώων απαιτείται αφενός κάλυψη των αναγκών συντήρησης και παραγωγής, και αφετέρου ελαχιστοποίηση του κόστους σιτηρεσίου. Όσον αφορά στο κόστος, λίγο μπορεί να επέμβει ο ζωοτέχνης. Αναφερόμενοι όμως στην ποιότητά του, η ευθύνη βαραινεί αυτόν και τον κτηνοτρόφο (Ζέρβας και συν., 2004).

3.2. Ζωοτροφές

Ως ζωοτροφή νοείται κάθε υλικό που μπορεί να προληφθεί, πεφθεί, απορροφηθεί και χρησιμοποιηθεί από το ζώο, χωρίς να βλάπτει την υγεία του. Σε αυτά τα υλικά συμπεριλαμβάνονται φυτικά και ζωικά προϊόντα σε φυσική κατάσταση και τα παράγωγα της βιομηχανικής τους μεταποίησης, καθώς και οι οργανικές ή ανόργανες ουσίες που περιέχουν ή όχι πρόσθετες ύλες.

Οι ζωοτροφές ανάλογα με τη προέλευσή τους διακρίνονται σε *φυτικές*, *ζωικές* και *ανοργάνου προέλευσης*. Κατά βάση, στο σιτηρέσιο των αγροτικών ζώων χρησιμοποιούνται φυτικής προέλευσης ζωοτροφές ενώ οι ζωικής προέλευσης χρησιμοποιούνται σε μικρό ποσοστό και κυρίως στο σιτηρέσιο χοίρων και πτηνών.

Ένας άλλος τρόπος διάκρισης των ζωοτροφών, βασίζεται στη σύστασή τους. Ζωοτροφές απλές είναι οι μεμονωμένες ενώ οι σύνθετες αποτελούνται από μίγματα. Οι απλές με τη σειρά τους, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε ινώδεις ουσίες (ΙΟ) διακρίνονται σε χονδροειδείς (>18% ΙΟ) και συμπυκνωμένες (<18% ΙΟ) (Πίνακες 1, 2 και 3).

Πίνακας 1. Φυσικές σταθερές των υδατανθράκων.

Διαλύματα 15% W/V		Ειδική οπτική στροφή $[\alpha]_D^{20}$ σε βαθμούς		
	Σάκχαρα	α-Ανωμερή	Μίγμα Ισορροπίας	β-Ανωμερή
Πεντόζες	L-Αραβινόζη	+54.0	+104.5	+175.0
	D-Ξυλόζη	+92.0	+19.5	—
	D-Ριβόζη	-23.1	-23.7	—
Μεθυλο- πεντόζες	L-Ραμνόζη	-7.7	+8.9	+54.0
	L-Φουκόζη			
Αλδοζες	D-Γλυκόζη	+113.4	+52.2	+19.0
	D-Γαλακτόζη	+144.0	+80.5	+52.0
	D-Μαννόζη	+34.0	+14.6	-17.0
Κετόζες	D-Φρουκτόζη	-21.0	-92.0	-133.5
	L-Σορβόζη			
Δισακχα- ρίτες	Κελλοβιόζη		+66.5	
	Σουκρόζη		+53.3	+35.0
	Λακτόζη	+90.0	+136.0	+118.0
	Μαλτόζη	+168.0	+17.3	
	Τρεαλόζη			
Τρισακχα- ρίτες	Ραφινόζη		+105.2	
	Μελεζιτόζη			

Πίνακας 2. Τα κυριότερα είδη χονδροειδών ζωοτροφών.

ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΕΙΣ ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ		
ΧΛΩΡΗ ΦΥΤΙΚΗ ΥΛΗ (Χ.Φ.Υ)	ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Χ.Φ.Υ.	ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΛΩΝΙΣΜΟΥ
Χλόη καλλιεργούμενων φυτών	Προϊόντα ξήρανσης Φυσικής-Τεχνητής	Άχυρα
Μηδικής	Ενσιρώματα	Καρπόφυλλα
Τριφυλλιού		
Βίκου		
Αραβόσιτου		
Σόργου		
Κριθής		
Βρώμης		
Χλόη λειμώνων		
Τεχνητών λειμώνων		
Φυσικών λειμώνων		
Φύλλα τεύτλων		
Τεύτλα		
Γεώμηλα		
Καρποί δέντρων και κητευτικά		
Φύλλα και κλαδιά θάμνων και δέντρων		

Πίνακας 3. Τα κυριότερα είδη συμπυκνωμένων ζωοτροφών.

ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΕΣ ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ				
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΖΩΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
Δημητριακοί καρποί	Γάλα και υποπροϊόντα του	Άλατα φυσικής προέλευσης		
Αραβόσιτου, Σίτου, Κριθής	Κρεατάλευρα, οστεάλευρα κλπ.	Άλατα τεχνητής προέλευσης		
Βρώμης, Σόργου, Ρυζιού	Ιχθυάλευρα			

Σίκαλης, Τριτικάλε				
Σπέρματα				
Σόγιας, Βίκου, Κουκιάων				
Βαμβακιού, Λούπινων κ.α				
Υποπροϊόντα αλευροποιίας				
Υποπροϊόντα αμυλοποιίας				
Υποπροϊόντα οينوπνευματοποιίας				
Υποπροϊόντα σπορelaiουργίας				
Υποπροϊόντα σακχαροποιίας				
Υποπροϊόντα χυμοποιίας				

Ανεξάρτητα με την προέλευση και τη σύστασή τους, οι ζωοτροφές περιέχουν σε διαφορετικές αναλογίες νερό και ξηρή ουσία. Τα θρεπτικά συστατικά βρίσκονται στη ξηρή ουσία αυτών και είναι οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι βιταμίνες και τα ανόργανα άλατα (Κανδρέλης και συν., 2009).

3.3. Θρεπτικά συστατικά

Όταν αναφερόμαστε στα θρεπτικά συστατικά των ζωοτροφών, εννοούμε αυτά τα συστατικά που εμπλέκονται στο μεταβολισμό του ζώου και επιτρέπουν την εκδήλωση των φυσιολογικών λειτουργιών του. Γενικά διαχωρίζονται σε οργανικά και ανόργανα και σε δομικά και δυναμικά.

- Δομικά: συστατικά που συμμετέχουν στη διάπλαση των ιστών του σώματος. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες, τα λίπη, το νερό και τα μακροστοιχεία.
- Δυναμικά: συστατικά που βρίσκονται στο σώμα και στις ζωοτροφές σε μικρές ποσότητες και η δράση τους χαρακτηρίζεται από δυναμική παρέμβαση στον κυτταρικό μεταβολισμό. Αυτά είναι οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία.

Έλλειψη ή περίσσεια κάποιου θρεπτικού συστατικού, μπορεί να προκαλέσει την εκδήλωση διατροφικών νοσημάτων και συνεπώς μείωση της παραγωγής, του ζωικού κεφαλαίου και του κέρδους του κτηνοτρόφου.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως στις ζωοτροφές περιέχονται και άλλες ουσίες που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υγείας στα ζώα (αντιδισαιτητικοί παράγοντες), αδρανή συστατικά και πρόσθετες ύλες που αποσκοπούν στη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας της τροφής ή ακόμη και στην αύξηση της ελκυστικότητάς της. Παρόλα αυτά, όπως έχει ήδη διευκρινιστεί, στα επόμενα κεφάλαια θα αναλυθεί η σημαντικότητα των υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών (Ζέρβας και συν., 2004).

3.4. Φυσιολογία της πέψης

Οι θρεπτικές ουσίες των ζωοτροφών δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ζώα αυτούσιες. Με τη διαδικασία της πέψης, προκύπτουν απλούστερες ενώσεις που απορροφούνται από το βλεννογόνο του λεπτού εντέρου και χρησιμοποιούνται είτε

αυτούσιες, είτε κατόπιν μεταβολισμού από το ζωικό οργανισμό. Τα κύρια παράγωγα της πέψης, είναι τα εξής:

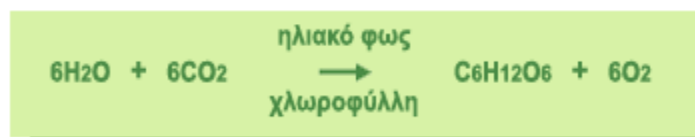
- γλυκόζη, φρουκτόζη και γαλακτόζη από τους υδατάνθρακες,
- αμινοξέα από τις πρωτεΐνες, και
- γλυκερίνη και λιπαρά οξέα από τα λίπη.

Η κύρια διαφορά ανάμεσα στα μονογαστρικά και πολυγαστρικά ζώα, όσον αφορά στην πέψη των τροφών, έγκειται στο γεγονός πως τα πολυγαστρικά, λόγω της μικροβιακής χλωρίδας και πανίδας που ζει συμβιωτικά στους προστόμαχους, μπορούν να πέπτουν μεγάλο της κυτταρίνης που καταναλώνουν μέσω της τροφής τους (Ζέρβας και συν., 2004).

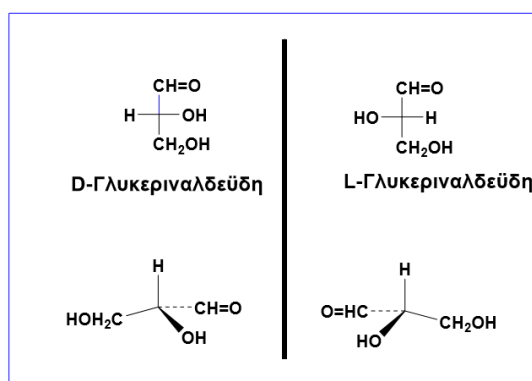
Κεφάλαιο 4 Υδατάνθρακες

4.1. Γενικά

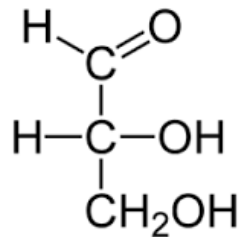
Οι υδατάνθρακες, αποτελούν μια από τις σημαντικότερες ομάδες θρεπτικών συστατικών στη διατροφή όλων των ζώων καθώς είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τον οργανισμό. Κατά κύριο λόγο, οι υδατάνθρακες απαντώνται στα φυτά, στα οποία σχηματίζονται με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας (φωτοσύνθεση) από CO₂ και H₂O κατά το σχήμα 1. Όπως φαίνεται από το σχήμα 1, κύρια συστατικά των υδατανθράκων είναι ο άνθρακας, το υδρογόνο και το οξυγόνο, εκ των οποίων τα δύο τελευταία απαντώνται στην ίδια αναλογία με αυτήν του νερού, εξ' ου και η ονομασία τους. Παρόλα αυτά, ο τύπος C_n(H₂O)_n, είναι αρκετά γενικός καθώς περιλαμβάνει ενώσεις, όπως το οξικό και το γαλακτικό οξύ. Οι υδατάνθρακες είναι υδατοδιαλυτά μόρια, χαρακτηριστικό που τους καθιστά εύκολη πηγή ενέργειας καθώς μεταφέρονται εύκολα στο εσωτερικό των οργανισμών και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας αλλά και σαν δομικά συστατικά των ιστών. Οι πιο απλοί υδατάνθρακες είναι η γλυκεραλδεύδη και η διυδροξυκετόνη. Στη γλυκεραλδεύδη, το καρβονύλιο βρίσκεται στην άκρη του μορίου σε αλδευδική μορφή, ενώ στην διυδροξυκετόνη βρίσκεται στη μέση του μορίου σε κετονική μορφή (Εικόνες 1, 2 και 3).



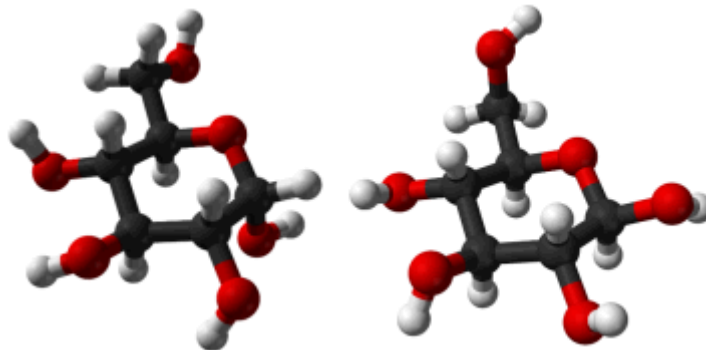
Σχήμα 1. Χημική αντίδραση φωτοσύνθεσης.



Εικόνα 1. Σχέση εναντιομερών με την στερεοχημική δομή της γλυκεριναλδεύδης.



Εικόνα 2. L-γλυκεραλδεΐδη.



Εικόνα 3. Διυδροξυακετόνη.

4.2. Κατάταξη υδατανθράκων

Οι υδατάνθρακες αποτελούν αλδεϋδικά και κετονικά παράγωγα πολυσθενών αλκοολών. Οι απλοί υδατάνθρακες ονομάζονται και σάκχαρα, ενώ οι πιο πολύπλοκοι υδρολύονται με οξέα ή ένζυμα σε σάκχαρα. Ανάλογα με τα προϊόντα υδρόλυσής τους, κατατάσσονται σε:

1. μονοσακχαρίτες (δεν υδρολύονται περαιτέρω),
2. ολιγοσακχαρίτες (υδρολύονται σε λίγα μόρια μονοσακχαριτών), και
3. πολυσακχαρίτες (δίνουν πολλά μόρια μονοσακχαριτών).

Οι ολιγοσακχαρίτες, ανάλογα με τον αριθμό των μορίων CHO που περιέχουν, κατατάσσονται σε:

1. δισακχαρίτες και
2. τρισακχαρίτες.

Ανάλογα με τον αριθμό ατόμων C ανά μόριο CHO, τα απλά σάκχαρα κατατάσσονται σε:

- **τριόζες:** Η D- και η L- γλυκεριναλδεΐδη και η διυδροξυακετόνη δεν απαντούν σε ελεύθερη κατάσταση, οι φωσφορικοί τους εστέρες όμως έχουν μεγάλη σημασία για την ενδιάμεση ανταλλαγή των υδατανθράκων στο μυϊκό σύστημα (Εικόνες 1, 2 και 3).
- **τετρόζες:** Οι τέσσερις θεωρητικά δυνατές αλδοτετρόζες είναι η D- και η L- ερυθρόζη και η D- και η L- θρεόζη και δεν απαντούν στη φύση.
- **πεντόζες:** Σπουδαιότερες από τις πεντόζες είναι: 1) η L- (+) αραβινόζη, η οποία απαντά στο αραβικό κόμμι, 2) η L- (+) ξυλόζη ή ξυλοσάκχαρο, η οποία απαντά στα ξύλα, 3) η D-(-) ριβόζη, η οποία απαντά σε πολλά νουκλεϊνικά οξέα, και 4) η D-(+) ραμνόζη, η οποία απαντά σε πολλούς γλυκοζίτες. Οι πεντόζες ανάγουν το φερίγγειο υγρό και προκαλούν στρόφη του επιπέδου του πολωμένου φωτός. Κατά την θέρμανση

με θειικό ή υδροχλωρικό οξύ δίνουν 22 φουρφουράλη. Οι πεντόζες δεν ζυμώνονται από τους ζυμομύκητες, αν και υπό ορισμένες συνθήκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κυτταρικής πρωτεΐνης από τον *Torula utilis*.

- **εξόζες:** Οι εξόζες έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον από όλους τους μονοσακχαρίτες. Στις εξόζες περιλαμβάνονται τα περισσότερο διαδεδομένα στη φύση σάκχαρα, αλδόζες και κετόζες, τα οποία βρίσκονται είτε ελεύθερα, είτε ως συστατικά πολυσακχαριτών και γλυκοζιτών. Οι εξόζες έχουν γλυκιά γεύση, είναι ευδιάλυτες στο νερό και την αλκοόλη και δυσδιάλυτες στον αιθέρα. Ανάγουν το φερίγγειο υγρό και οι περισσότερες υφίστανται ζύμωση. Οι σπουδαιότερες εξόζες, κατά σειρά σημασίας, είναι οι παρακάτω:

- α) Η γλυκόζη ή δεξτρόζη ή σταφυλοσάκχαρο.
- β) Η φρουκτόζη ή λαιβουλόζη ή οπωροσάκχαρο.
- γ) Η γαλακτόζη.
- δ) Η μαννόζη.

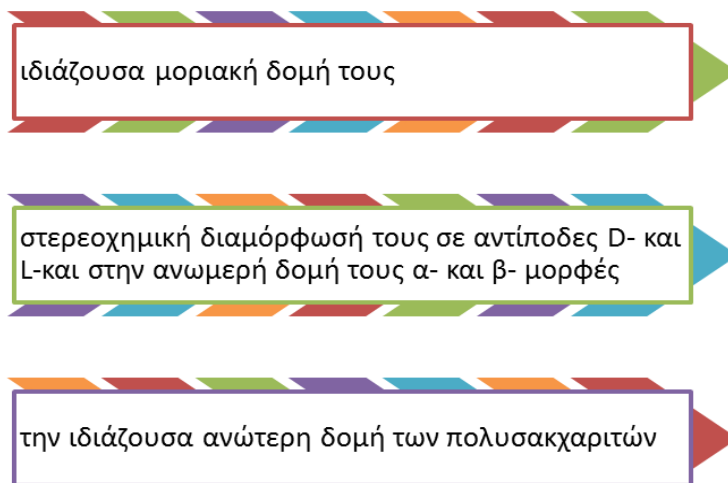
Τα απλούστερα σάκχαρα είναι οι τριόζες. Γενικά, οι υδατάνθρακες με κατάληξη -όζη ανήκουν στις αλδόζες, ενώ όσες έχουν κατάληξη -ουλόζη, ανήκουν στις κετόζες.

Σε θερμό και ελαφρώς όξινο περιβάλλον, πολλοί υδατάνθρακες τροποποιούνται σε οζίτες, ενώ άλλοι παραμένουν αμετάβλητοι. Τα μη διασπώμενα σάκχαρα καλούνται μονοσακχαρίτες. Από αυτά που διασπώνται προκύπτουν οι ολοζίτες και οι ετεροζίτες, δηλαδή όμοια ή ανόμοια απλά σάκχαρα και όμοια ή ανόμοια απλά σάκχαρα μαζί με μη υδατανθρακούχα συστατικά αντίστοιχα (Διαμαντίδης, 2007).

4.3. Ιδιότητες των υδατανθράκων

4.3.1. Φυσικές ιδιότητες

Οι φυσικές ιδιότητες των υδατανθράκων οφείλονται σε 3 βασικούς παράγοντες οι οποίοι παρουσιάζονται συνοπτικά στο σχήμα 2.



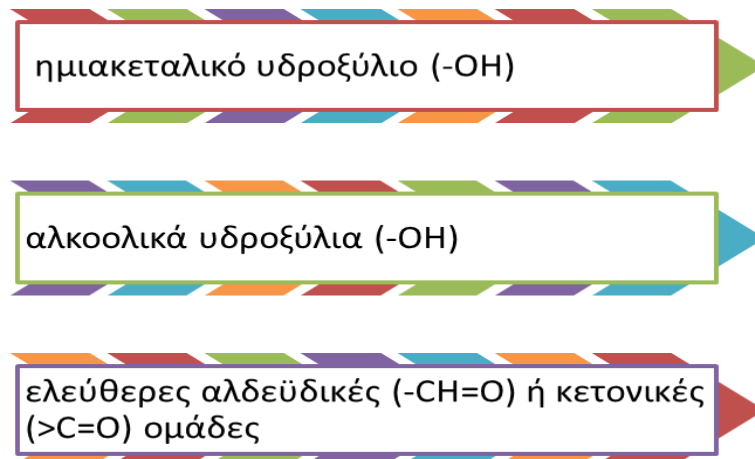
Σχήμα 2. Παράμετροι στους οποίους αποδίδονται οι φυσικές ιδιότητες των υδατανθράκων.

Οι κυριότερες φυσικές ιδιότητές τους είναι οι εξής:

- Είναι άχρωμα κρυσταλλικά σώματα.
- Έχουν γλυκιά γεύση.
- Είναι διαλυτά στο νερό [Γενικά οι μονο- και δι-σακχαρίτες διαλύονται εύκολα και γρήγορα και δίνουν διαυγή διαλύματα. Οι πολυσακχαρίτες διαλύονται πολύ λίγο ή και καθόλου με ελάχιστες εξαιρέσεις (κόμμεα, άμυλο)].
- Ζυμώνονται εύκολα από μικροοργανισμούς.
- Σε μεγάλες συγκεντρώσεις, αναστέλλουν τη δράση και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.
- Κατά τη θέρμανσή τους παίρνουν σκούρο χρώμα (αντίδραση Maillard).
- Ορισμένες ανάγουν το φελίγγειο υγρό και αντιδρούν με τις πρωτεΐνες δίνοντας σκουρόχρωμα προϊόντα.
- Όλες οι αλδόζες μπορούν να μετατραπούν σε κετόζες και το αντίστροφο, με τη βοήθεια ειδικών ενζύμων, των ισομερασών.

4.3.2. Χημικές ιδιότητες των υδατανθράκων

Οι χημικές ιδιότητες των υδατανθράκων οφείλονται σε 3 παράγοντες οι παρουσιάζονται στο σχήμα 3.

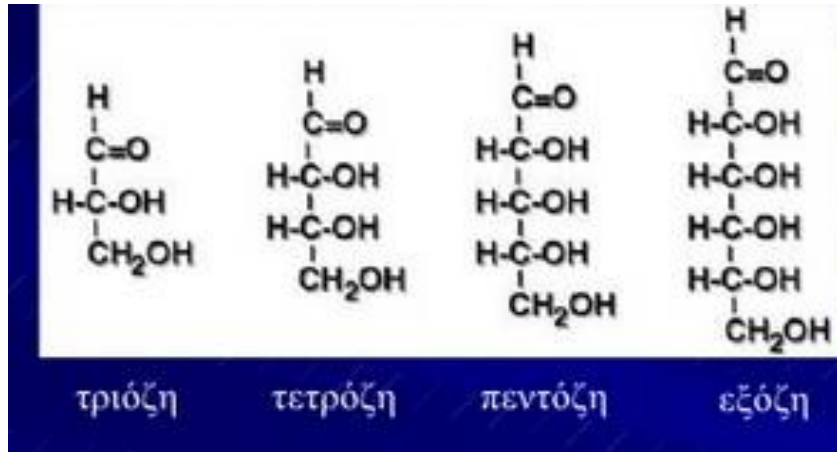


Σχήμα 3. Παράμετροι στους οποίους αποδίδονται οι χημικές ιδιότητες των υδατανθράκων.

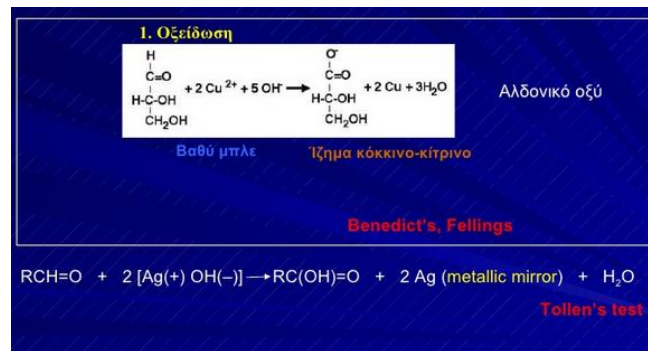
Οι ιδιότητες προκύπτουν από τις εξής αντιδράσεις (Εικόνες 4-7):

- (1) αιθεροποίησης και εστεροποίησης, οπότε προκύπτουν είτε γλυκοζιτικά.
- (2) παράγωγα είτε εσωτερικά πολυεστερικά παράγωγα ή μίγματα των δύο.
- (3) οξείδωσης, οπότε προκύπτουν σακχαρικά αλδονικά ή ουρονικά οξέα.
- (4) οξειδωτικής διάσπασης, οπότε διασπάται η ανθρακική αλυσίδα.
- (5) αναγωγής, οπότε προκύπτουν πολυϋδρικές αλκοόλες.
- (6) υδρόλυσης και αφυδάτωσης με ανόργανα οξέα.
- (7) ισομερισμού με αραιά αλκάλια προσθήκης (πχ. με HCN) οπότε προκύπτει ανοικοδόμηση της ανθρακικής αλυσίδας κατά ένα άτομο άνθρακα και συμπίκνωσης με αμινοπαράγωγα.

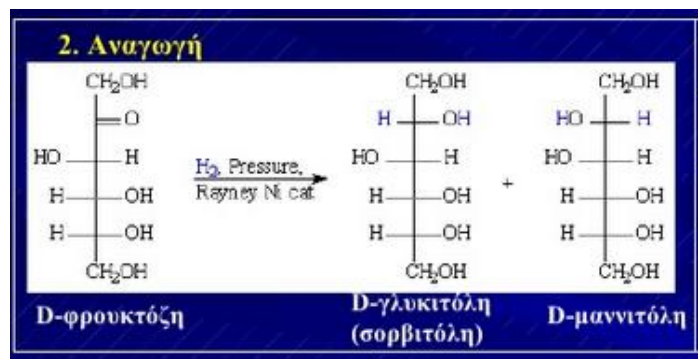
(8) Ενζυματικής οξείδωσης ή διάσπασης.



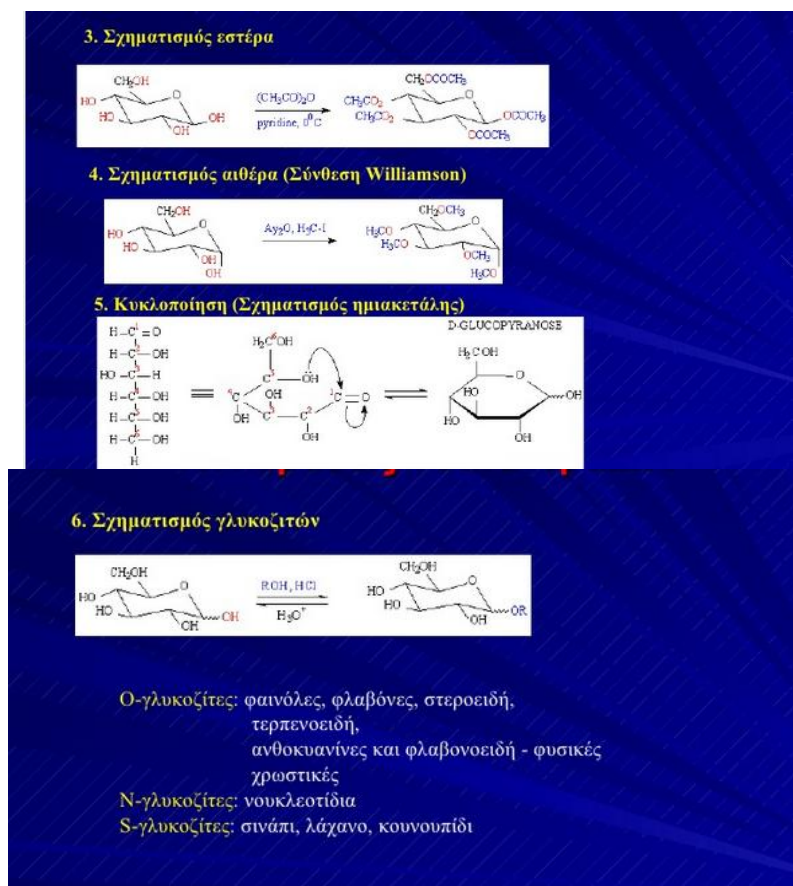
Εικόνα 4. Μέγεθος της βασικής ανθρακικής αλυσίδας.



Εικόνα 5. Οξείδωση υδατανθράκων.



Εικόνα 6. Αναγωγή υδατανθράκων.



Εικόνα 7. Αντιδράσεις υδατανθράκων.

4.4. Χρήση υδατανθράκων στους οργανισμούς

Οι υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται ως εξής:

- Αποθήκες ενέργειας
- Μεταβολικά ενδιάμεσα
- Γενετική πληροφορία
- Δομικά στοιχεία κυττάρων
- Γλυκολιπίδια
- Γλυκοπρωτεΐνες

4.5. Ισομέρεια – "D" και "L" μορφή υδατανθράκων

Ισομέρεια είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο ενώσεις έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο αλλά εμφανίζουν διαφορετικές ιδιότητες λόγω διαφορετικής διάταξης των ατόμων άνθρακα στο επίπεδο, είτε στη διαφορετική διάταξη των ατόμων στο χώρο. Το τελευταίο φαινόμενο καλείται στερεοϊσομέρεια.

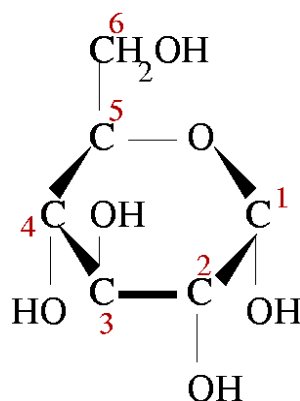
Στους υδατάνθρακες, ενδιαφέρον παρουσιάζει η οπτική στερεοϊσομέρεια που εμφανίζεται σε ενώσεις με έναν τουλάχιστον ασύμμετρο άνθρακα, όπου το ένα ισομερές (εναντιομερές), στρέφει το επίπεδο διάδοσης του πολωμένου φωτός προς τη μια γωνία δεξιά, ενώ το άλλο το στρέφει προς την ίδια γωνία αριστερά.

Το -OH του ασύμμετρου άνθρακα του μορίου της γλυκεραλδεύδης, έχει την τάση να στρέφει το φως δεξιά ή αριστερά αυτού. Συνεπώς, στον μοριακό τύπο, το -OH γράφεται στα δεξιά ή στα αριστερά της γραμμικής αλυσίδας των ατόμων και ο υδατάνθρακας ονομάζεται D ή L μορφή του μορίου αντίστοιχα. Όσον αφορά στους υπόλοιπους υδρογονάνθρακες, τη θέση του ασύμμετρου άνθρακα παίρνει ο πιο απομακρυσμένος από το καρβονύλιο άνθρακας. Εν τούτοις, όλα τα σάκχαρα απαντούν στη φύση σε D μορφές πλην της L-αραβινόζης που αποτελεί συστατικό σύμπλοκων υδατανθράκων των φυτών.

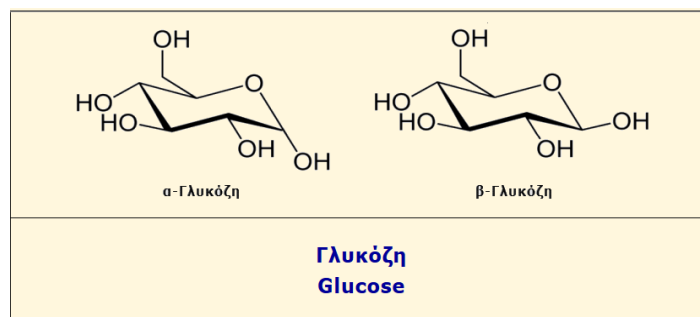
4.6. Οι βασικότεροι υδατάνθρακες

4.6.1. Γλυκόζη

Η γλυκόζη ή δεξτρόζη ή σταφυλοσάκχαρο, είναι ο πιο διαδεδομένος μονοσακχαρίτης στη φύση και βρίσκεται κυρίως στους χυμούς πολλών φρούτων, στο γλεύκος και στο μέλι (>35%) (Εικόνες 8-9). Ανήκει στις εξόζες και απαντάται σε δύο στερεοϊσομερείς μορφές, τη D-γλυκόζη και την L-γλυκόζη, που αντιστοιχούν στη δεξιόστροφη και αριστερόστροφη δομή της στο χώρο. Σαφώς πιο διαδεδομένη είναι η D-γλυκόζη, ενώ η L μορφή της σπάνια συναντάται.



Εικόνα 8. Δομή γλυκόζης.



Εικόνα 9. Γλυκόζη.

Η τόσο ευρέα χρήση του μορίου της γλυκόζης από τους οργανισμούς, πιθανόν οφείλεται στην τάση της να μην αντιδρά με τις αμινομάδες όλων σχεδόν των πρωτεϊνών (αντίδραση που μειώνει τη δράση πολλών ενζύμων).

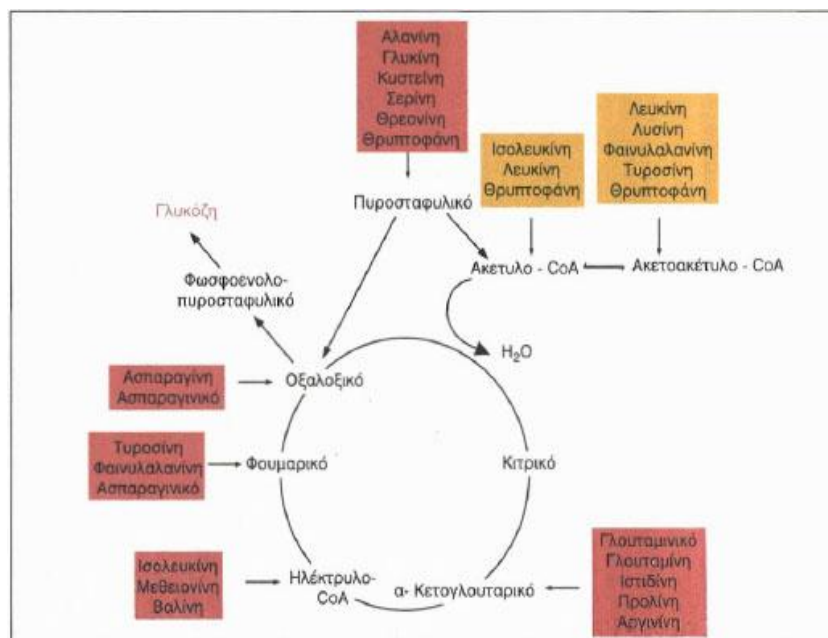
Η γλυκόζη είναι ένας μονοσακχαρίτης με τύπο $C_6H_{12}O_6$ ή $H-(C=O)-(CHOH)_5-H$, της οποίας πέντε υδροξυλικές (OH) ομάδες είναι τοποθετημένες με ένα ειδικό τρόπο κατά μήκος των έξι ατόμων άνθρακα του κορμού της. Σε μορφή ανοιχτής αλυσίδας, το μόριο της γλυκόζης έχει ανοικτή και μη διακλαδισμένη αλυσίδα έξι ατόμων άνθρακα, C-1 έως C-6, όπου ο C-1 είναι μέρος μιας αλδεϋδικής ομάδας $H-(C=O)-$, και καθένα από τα άλλα πέντε άτομα άνθρακα φέρει μία ομάδα υδροξυλίου (-OH). Οι υπόλοιπες ομολογίες των ανθράκων ραχοκοκαλιάς πληρούνται από άτομα υδρογόνου-H. Συνεπώς η γλυκόζη είναι συνδυασμός εξόζης και μίας αλδόζης, ή αλδοεξόζης. Κάθε ένας από τους τέσσερις άνθρακες C-2 έως C-5 είναι μία δομή στερεοκέντρου, που σημαίνει ότι τα τέσσερα ομόλογά της συνδέονται σε τέσσερις διαφορετικούς υποκαταστάτες. Στη D-γλυκόζη, τα τέσσερα αυτά τμήματα πρέπει να είναι σε μια συγκεκριμένη τρισδιάστατη δομή. Δηλαδή, όταν το μόριο έλκεται, τα υδροξύλια στο C-2, C-4 και C-5 πρέπει να είναι στην δεξιά πλευρά, ενώ εκείνο στο C-3 θα πρέπει να είναι στην αριστερή πλευρά. Οι θέσεις των τεσσάρων αυτών υδροξυλίων ακριβώς αντιστρέφονται στο διάγραμμα Fischer της L-γλυκόζης. Οι D-και L-γλυκόζη είναι δύο από τις 16 πιθανές αλδοεξόζες. Οι άλλες 14 είναι η αλλόζη, η αλτρόζη, η μαννόζη, η γουλόζη, η ιδόζη, η γαλακτόζη, τη αλόζη και το καθένα με δύο εναντιομερή, «D-» και «L-».

Η γλυκόζη εκτός από προϊόν φωτοσύνθεσης, αποτελεί και προϊόν διάσπασης πολυπλοκότερων υδατανθράκων. Στην ουσία, είναι ο μόνος υδατάνθρακας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τους οργανισμούς για την παραγωγή ενέργειας. Μαζί με τη φρουκτόζη και τη γαλακτόζη αποτελούν τους συνηθέστερους μονοσακχαρίτες που απαντούνται στη φύση. Μπορεί να παρασκευαστεί βιομηχανικά με όξινη ή ενζυμική υδρόλυση του αμύλου και με όξινη υδρόλυση της κυτταρίνης (Καραμήτσος, 2000).

Η γλυκόζη που χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς για την παραγωγή της ενέργειας που χρειάζονται, προέρχεται κυρίως από τη διάσπαση πολυσακχαριτών, διαδικασία που λαμβάνει χώρα στο λεπτό έντερο. Επειδή το MB της γλυκόζης είναι 180, για την απορρόφησή του από το εντερικό επιθήλιο απαιτείται ενεργός μεταφορά με κατιόντα Na. Άλλη προϋπόθεση για να χρησιμοποιηθεί η γλυκόζη από τους οργανισμούς είναι η ύπαρξη ινσουλίνης. Εφόσον λοιπόν οι συνθήκες το επιτρέπουν, ο οργανισμός χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες που έχουν ληφθεί με την τροφή για να παράξει ενέργεια, διαδικασία για την οποία χρειάζονται εξειδικευμένα μόρια, τα ένζυμα (Πίνακας 1).

Μετά την παραγωγή της, η γλυκόζη μεταβολίζεται σε πυροσταφυλικό οξύ που τελικά παράγει ενέργεια σε μορφή ATP (1μόριο πυροσταφυλικού οξέος \rightarrow 200kj E \rightarrow 2mol ATP).

Η παραπάνω διαδικασία είναι μόλις ένα μέρος του λεγόμενου "Κύκλου του Krebs", διαδικασία που αποτελείται από αντιδράσεις οι οποίες αποσκοπούν στην παραγωγή της ενέργειας που χρειάζεται ο κάθε ζωικός οργανισμός (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Ο κύκλος του Krebs.

Το πιο διαδεδομένο σάκχαρο στο σώμα των ζώων και σπουδαιότερο από φυσιολογικής άποψης είναι η γλυκόζη που αποτελεί πηγή ενέργειας άμεσα χρησιμοποιήσιμη. Η γλυκόζη βρίσκεται στο αίμα, τη λέμφο, στο υγρό των ιστών και όλα τα κύτταρα.

Η γλυκόζη αποτελεί το βασικό οξειδούμενο υπόστρωμα για όλα τα κύτταρα. Ακόμη και στα μηρυκαστικά στα οποία οι υδατάνθρακες της τροφής απορροφούνται ως οξέα, η γλυκόζη είναι απαραίτητη για τις οξειδώσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος (Ζέρβας και συν., 2004).

Η συγκέντρωσή της στο αίμα (γλυκαιμία) διατηρείται εντός στενών ορίων σε σταθερό επίπεδο, που διαφέρει όμως ανάλογα με το είδος του ζώου (Ζέρβας και συν., 2004). Ενδεικτικά αναφέρεται πως στα μονογαστρικά ζώα, η εντός ορίων σταθερότητα της γλυκόζης κυμαίνεται από 60-100 mg.100⁻¹ ml, στα μηρυκαστικά από 40-60 mg.100⁻¹ ml, και στα πτηνά από 180-220 mg.100⁻¹ ml. Η σταθερότητα αυτή εξασφαλίζεται με τη συνεχή διοχέτευση γλυκόζης από το ήπαρ, όταν η στάθμη της στο αίμα υποβιβασθεί.

4.6.2. Άμυλο

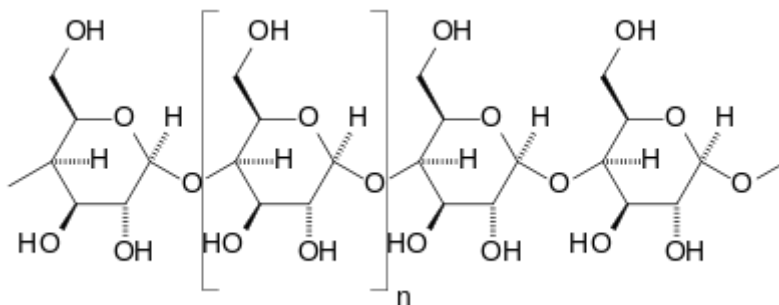
Το άμυλο ανήκει στην ομάδα των πολυσακχαριτών και είναι ένας από τους σημαντικότερους υδατάνθρακες γιατί παίζει σπουδαίο ρόλο στη διατροφή των ζώων. Βρίσκεται συγκεντρωμένο σε μορφή κόκκων σε διάφορα μέρη των φυτών για τα οποία αποτελεί αποταμιευτική ύλη. Το άμυλο είναι αδιάλυτο στο ψυχρό νερό, ενώ στο θερμό οι κόκκοι διαρρηγνύονται και λαμβάνεται ιξώδες υγρό που με ψύξη μας δίνει την αμυλόκολλα. Η περιεκτικότητα του αμύλου φτάνει σε μεγάλα ποσοστά στα δημητριακά (σιτάρι, καλαμπόκι, βρώμη 65-70% και ρύζι 80%), στα όσπρια 50-60% και στις πατάτες σε ποσοστό 16-20%. Γενικά, η προέλευση του αμύλου ανιχνεύεται μικροσκοπικά λόγω διαφορετικής μορφής και μεγέθους που ποικίλουν ανά φυτό. Το άμυλο αποτελείται από δυο τύπους μορίων, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη (Εικόνες 10 και 11). Η αναλογία των μορίων αυτών είναι ανάλογη της προέλευσης και συνήθως είναι 25% αμυλόζη-75% αμυλοπηκτίνη.

Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να είναι όξινη ή ενζυμική. Κατά την όξινη υδρόλυση, λαμβάνεται πρώτα η αμυλοδεξτρίνη που με ιώδιο δίνει κυανό χρώμα. Καθώς προχωρά η υδρόλυση, σχηματίζονται ερυθροδεξτρίνες και τελικά προϊόντα είναι οι μαλτοδεξτρίνες που παραμένουν άχρωμες με χρώση ιωδίου.

4.6.2.1. Αμυλόζη

Η αμυλόζη (Εικόνα 10) απαρτίζεται από μακριές αλυσίδες με πάνω από 1.000 μονάδες D-γλυκόζης (MB 10.000-50.000), συνδεδεμένες από κοινού με α-δεσμούς, ενώ υπάρχει περιορισμένη ή μη διακλάδωση της αλυσίδας.

Κατά την υδρόλυσή της από το ένζυμο β-αμυλάση που απαντάται στα δημητριακά, παράγονται μόνο μαλτόζη και D-γλυκόζη κάτι που πιθανόν οφείλεται στους α-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς με τους οποίους ενώνονται τα μόρια της γλυκόζης. Τέλος, η αμυλόζη είναι υπεύθυνη για την κυανή χρώση από την επίδραση του ιωδίου στο άμυλο, ενώ η κατεργασία με βουτυρική αλκοόλη μπορεί να τη διαχωρίσει από την αμυλοπηκτίνη.

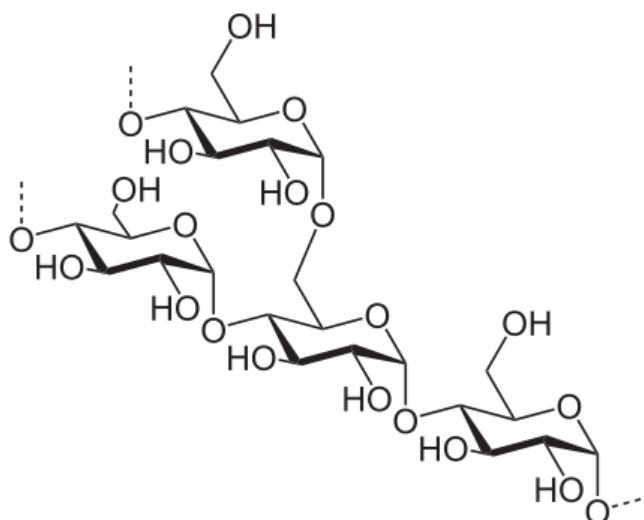


Εικόνα 10. Δομή της αμυλόζης.

4.6.2.2. Αμυλοπηκτίνη

Στην αμυλοπηκτίνη, τα μόρια της D-γλυκόζης συνδέονται μεταξύ τους με α-1,4 και α-1,6 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Το μοριακό της βάρος κυμαίνεται μεταξύ 50.000-300.000 και η δομή της στον χώρο εμφανίζεται εξαιρετικά διακλαδισμένη, αποτελούμενη από πολλές βραχείς αλυσίδες, περίπου 20-30 μονάδων γλυκόζης που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς που δημιουργούνται μεταξύ του C-6 της προηγούμενης και του C-1 της επόμενης αλυσίδας.

Κατά την επίδραση με ιώδιο, η αμυλοπηκτίνη ευθύνεται για την καστανή του χρώση, ενώ κατόπιν κατεργασίας με β-αμυλάση μετατρέπεται σε μαλτόζη και δεξτρίνη σε ποσοστό 50%-50% (Εικόνα 11).

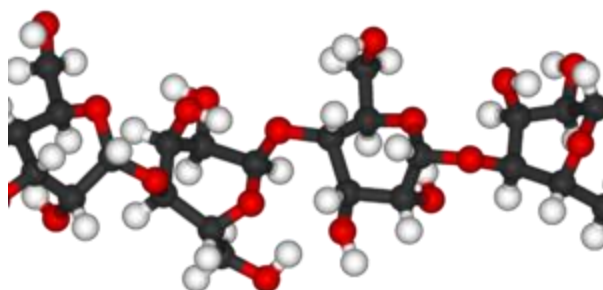


Εικόνα 11. Δομή της αμυλοπηκτίνης.

4.6.3. Κυτταρίνη

Η κυτταρίνη αποτελεί το κύριο συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών και από χημικής άποψης ανήκει στους ομοπολυσακχαρίτες. Ένα μόριο κυτταρίνης αποτελείται από 1.500 μονάδες γλυκόζης που ενώνονται σχηματίζοντας κυκλικές δομές και τελικά ίνες (Εικόνα 12).

Η κυτταρίνη είναι δύσκαμπτο μόριο και αδιάλυτο στο νερό, γεγονός που οφείλεται στους δεσμούς της γλυκόζης που έχουν κατεύθυνση $\beta(1\rightarrow4)$. Αντίθετα λοιπόν με τους αποταμιευτικούς πολυσακχαρίτες (άμυλο, γλυκογόνο), η κυτταρίνη δεν μπορεί να διασπαστεί από τους περισσότερους ζωικούς οργανισμούς. Οι μόνοι οργανισμοί που μπορούν να διασπάσουν την κυτταρίνη και να επωφεληθούν από την παραγόμενη γλυκόζη, είναι τα φυτοφάγα ζώα. Στην ουσία, τη διάσπαση αυτή αναλαμβάνουν οι ενδημικοί μικροοργανισμοί του πεπτικού τους σωλήνα που διαθέτουν το ένζυμο κυτταρινάση, η οποία μπορεί να διασπά τους γλυκοζιτικούς δεσμούς της κυτταρίνης.

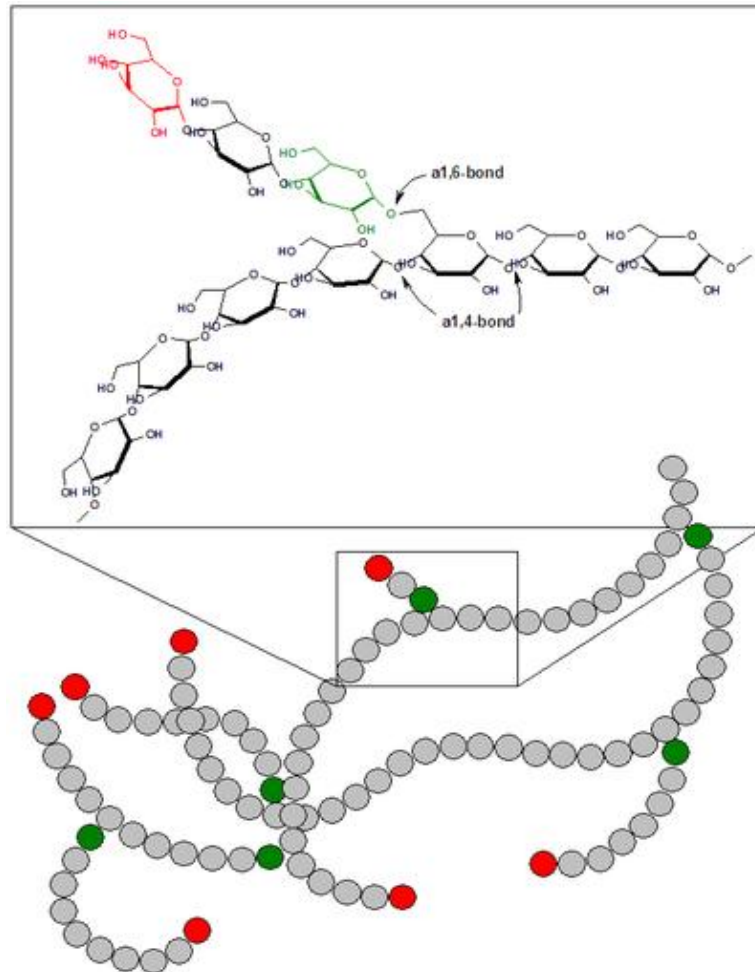


Εικόνα 12. Τρισδιάστατη απεικόνιση κυτταρίνης (μαύρο: άνθρακας, κόκκινο: οξυγόνο, λευκό: υδρογόνο).

4.6.4. Γλυκογόνο

Το γλυκογόνο αποτελεί τον κύριο αποταμιευτικό υδατάνθρακα των ζωικών οργανισμών και είναι αποτέλεσμα πολυμερισμού της γλυκόζης. Τα μόρια της γλυκόζης στο

γλυκογόνο, όσον αφορά στη στερεοδιάταξή τους, θυμίζουν αυτήν της αμυλοπηκτίνης (Εικόνα 13). Τράπεζες του γλυκογόνου αποτελούν το ήπαρ και οι γραμμωτοί μύες σε ποσοστό 10% και 2%, αντίστοιχα.



Εικόνα 13. Δομή γλυκογόνου.

Με την είσοδό του στον οργανισμό, το γλυκογόνο διασπάται σε 1-φωσφορική γλυκόζη από το ένζυμο φωσφοριλάση του γλυκογόνου και κατόπιν, με την κατάλυσή του από την φωσφογλυκομουτάση, μετατρέπεται σε 6-φωσφορική γλυκόζη η οποία οδηγείται στους μύες, στο ήπαρ ή μετατρέπεται απευθείας με τη βοήθεια της φωσφατάσης της 6-φωσφορικής αλκοόλης σε ριβόζη και NADPH.

Η γλυκόζη που αποθηκεύεται στους μύες, δίνει με γλυκόλυση το πυροσταφυλικό οξύ, που διασπάται σε γαλακτικό οξύ, διοξείδιο του ανθρακα και νερό, ενώ η ποσότητα της γλυκόζης που φτάνει στο ήπαρ μεταφέρεται με το αίμα και χρησιμοποιείται από τους άλλους ιστούς.

4.6.5. Άλλοι σημαντικοί υδατάνθρακες

Άλλα σημαντικά σάκχαρα από τις πεντόζες, που δεν είναι ζυμώσιμα, είναι από τις πεντόζες η D-ξυλόζη (υδρόλυση αρραβικού κόμμεος), D-ριβόζη (συστατικό νουκλεϊκού

οξέος) και η L-αραβινόζη, από τις εξόζες που είναι ζυμώσιμα σάκχαρα, είναι η D-γαλακτόζη, η D-μαννόζη και από τις κετόζες η D-φρουκτόζη και η σορβόζη.

Η γαλακτόζη παράγεται στα κύτταρα του μαστού, ενώνεται σ' αυτά με τη γλυκόζη και σχηματίζει τη λακτόζη, που αποτελεί μόνιμο συστατικό του γάλακτος. Συναντάται επίσης ως συστατικό των εγκεφαλίδων (γαλακτοζίδια) στα κύτταρα του νευρικού συστήματος. Η γαλακτόζη και η μαννόζη βρίσκονται επίσης ενωμένες με τη-γλυκοζαμίνη σε πολλές πρωτεΐνες. Η φρουκτόζη βρίσκεται σε μικρά ποσά στο υγρό του σπέρματος και το αίμα των εμβρύων. Η ριβόζη και η δεσοξυριβόζη βρίσκονται σε όλα τα κύτταρα (Ζέρβας και συν., 2004).

4.6.6. Οι υδατάνθρακες ως συστατικά των ζωοτροφών

Στις ζωοτροφές οι υδατάνθρακες είναι ευρέως διαδεδομένοι και αποτελούν σημαντικό ποσοστό της ξηράς τους ουσίας.

Όλα σχεδόν τα απλά σόκαρα συναντιόνται στις φυτικές ζωοτροφές, η περιεκτικότητα των οποίων σε ορισμένα σάκχαρα είναι υψηλή. Εκτός όμως από τις εξόζες (γλυκόζη, μαννόζη, φρουκτόζη) στις φυτικές ζωοτροφές βρίσκεται η ξυλόζη και η αραβινόζη, ενώ από τους ολιγοσακχαρίτες οι πλέον διαδεδομένοι είναι η σακχαρόζη και η ραφφινόζη και ακολουθούν η μαλτόζη, κελλοβιόζη, βικιανόζη και στα γαλακτοκομικά προϊόντα η λακτόζη.

Από τους πολυσακχαρίτες στις φυτικές ζωοτροφές συναντώνται η κυτταρίνη οι ημικυτταρίνες, οι πηκτινικές ύλες, το άμυλο και μερικές φορές η ινουλίνη. Στα κρεατάλευρα συναντάται το γλυκογόνο και σε μερικά προϊόντα από θαλάσσια ζώα η χιτίνη. Οι πεντοζάνες εκπροσωπούνται από τη ξυλάνη και την αραβάνη και οι εξοζάνες συνήθως από τις γαλακτάνες.

Η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και οι πηκτινικές ύλες έχουν μεγάλη σημασία για το φαινόμενο της θρέψης των ζώων, γιατί αποτελούν συστατικά του τοιχώματος των φυτικών κυττάρων και συνεπώς περιέχονται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό σε όλες τις φυτικές προέλευσης ζωοτροφές. Για να παραλάβει το ζώο τα θρεπτικά συστατικά που εγκλείονται μέσα στα κύτταρα των ζωοτροφών οφείλει να καταστρέψει το κυτταρικό τοίχωμα, η ταχύτητα όμως και ο βαθμός αποσάρθρωσής του εξαρτώνται από το είδος και το ποσό των πολυσακχαριτών που μετέχουν στη δομή του. Επειδή η περιεκτικότητα των νεαρών βλαστών, των φύλλων, των ενδοκαρπίων και των ενδοσπερμίων είναι μικρή σε κυτταρίνη και μεγαλύτερη σε ημικυτταρίνες και πηκτινικές ύλες, η αποσάρθρωση του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών αυτών τμημάτων είναι εύκολη και η πεπτικότητα τους σχετικά υψηλή. Ζωοτροφές όμως οι οποίες προέρχονται από φυτικά τμήματα, όπου λόγοι στερεότητας επιβάλλουν την ενίσχυση του κυτταρικού τοιχώματος με λιγνίνη, έχουν περισσότερο ξυλοποιημένα κυτταρικά τοιχώματα των οποίων περιορίζεται η διογκωτική ικανότητα. Έτσι αυξανόμενης της περιεκτικότητας του κυτταρικού τοιχώματος σε λιγνίνη (η οποία δεν έχει καμία θρεπτική αξία) περιορίζεται η δυνατότητα αποσάρθρωσής του κατά την πέψη και κατά συνέπεια η απόληψη των θρεπτικών συστατικών που εγκλείονται μέσα στα κύτταρα. Οι ζωοτροφές αυτές χαρακτηρίζονται συνήθως από χαμηλή πεπτικότητά (Ζέρβας και συν., 2004).

Στις φυτικής προέλευσης ζωοτροφές όμως, εκτός από τους πολυσακχαρίτες που αναφέρθηκαν, συναντάται άφθονα το άμυλο που βρίσκεται στα κύτταρα των σπερμάτων, των ριζών, των κονδύλων και των δημητριακών καρπών. Το άμυλο αποτελείται από δυο επί μέρους πολυσακχαρίτες, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη.

Η διόγκωση του αμύλου, που αποτελεί το πρώτο βήμα για την αποδόμησή του, γίνεται σε θερμοκρασία 45-55°C, ενώ σε υψηλότερη θερμοκρασία (65-80°C) οι αμυλόκοκκοι θραύονται και το άμυλο ζελατινοποιείται. Η διόγκωση και η ζελατινοποίηση του αμύλου βελτιώνουν την πεπτικότητά του.

Τέλος η ινουλίνη βρίσκεται στους κονδύλους ως αποθησαυριστική ουσία (Ζέρβας και συν., 2004).

4.6.7. Πέψη υδατανθράκων στα αγροτικά ζώα

Η πέψη των τροφών συντελείται στον πεπτικό σωλήνα και περιλαμβάνει όλες τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα προκειμένου να παραχθούν απλές οργανικές ενώσεις απορροφήσιμες από τους ζωικούς οργανισμούς. Αυτές οι απλές ενώσεις που προκύπτουν κατά την πέψη των υδατανθράκων είναι η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η γαλακτόζη (Ζέρβας και συν., 2004).

4.6.7.1. Πέψη στα μονογαστρικά αγροτικά ζώα

Η πέψη των υδατανθράκων στα μονογαστρικά ζώα, συντελείται στο στόμα και στο λεπτό έντερο αυτών. Στο στόμα, η αντίδραση καταλύεται από το ένζυμο πτυαλίνη που υπάρχει στο σάλιο και διασπά τους α-1,4 δεσμούς του αμύλου, παράγοντας μαλτόζη. Στη συνέχεια, στον αυλό του εντέρου, το άμυλο και το γλυκογόνο διασπώνται σε δεξτρίνες και μαλτόζη (παγκρεατική αμυλάση), η μαλτόζη σε γλυκόζη (παγκρεατικά μαλτάση), η μαλτόζη σε γλυκόζη (μαλτάση), η ζαχαρόζη σε γλυκόζη και φρουκτόζη (ζαχαράση) και τέλος η λακτόζη σε γλυκόζη και γαλακτόζη (λακτάση) (πίνακας 4). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η πέψη μέρους των κυτταρινών που φτάνουν στο τυφλό έντερο, μέσω των κυτταρινολυτικών μικροοργανισμών που συμβιών εκεί. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο εμφανές στα μόνοπλα και στα κουνέλια, που το τμήμα αυτό του εντέρου είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των υπόλοιπων μονογαστρικών (Ζέρβας και συν., 2004).

Πίνακας 4. Ενζυμα διάσπασης υδατανθράκων σε γλυκόζη.

ΔΙΑΣΠΑΣΕΙΣ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ		
ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΗΣ	ΕΝΖΥΜΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΟ
Άμυλο	Αμυλάση/Μαλτάση	Μαλτόζη/Γλυκόζη
Ζάχαρη	Σουκράση	Γλυκόζη και Φρουκτόζη
Λακτόζη	Λακτάση και β-γαλακτοσιδάση	Γαλακτόζη και Γλυκόζη

4.6.7.2. Πέψη υδατανθράκων στα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα

Η πέψη των υδατανθράκων στα μηρυκαστικά ζώα, μπορεί να ακολουθήσει διαφορετικές οδούς, γεγονός που οφείλεται στους προστόμαχους αυτών.

Οι μικροοργανισμοί των προστομάχων που συμβάλλουν στην πέψη των τροφών είναι κυρίως βακτήρια των γένων *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Streptococcus*, κλπ. και σε μικρότερο αριθμό πρωτόζωα.

Τα βακτήρια αντλούν την απαραίτητη για τον πολλαπλασιασμό τους ενέργεια από τους υδατάνθρακες της τροφής του ζώου, τους οποίους μεταβολίζουν σε πυροσταφυλικό οξύ και αυτό τελικά προς τα πτητικά λιπαρά οξέα και κυρίως προς οξικό προπιονικό και βουτυρικό οξύ. Κατά τις διεργασίες αυτές εκλύονται:

α) αέρια μεθανίου (CH_4 : 4-5 g.100g⁻¹ ζυμούμενου υδατάνθρακα) και διοξειδίου του άνθρακα.

β) θερμότητα (θερμότητα ζυμώσεων).

Τα παράγωγα αυτά απορροφούνται κατά μεγάλο ποσοστό (90%) από τις λάχνες των προστομάχων, ενώ τα αέρια αποβάλλονται μέσω του εκπνεοούμενου αέρα.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η κυτταρίνη και οι ημικυτταρίνες προσβάλλονται από τις βακτηριακές β-γλυκοζιδάσες και εν συνεχεία αποδομούνται. Το 90% της ολικής πεπτόμενης ποσότητας των πολυσακχαριτών αυτών προέρχεται από τη ζύμωση τους στους προστομάχους. Το ποσοστό αυτό ελαττώνεται με την άλεση των κυτταρινούχων ζωοτροφών καθώς επίσης με την αύξηση της περιεκτικότητας του NDF σε λιγνίνη.

Η αποδομή του άμυλου με τις βακτηριακές α-γλυκοζιδάσες εξαρτάται από είδος και την ποσότητα της αμυλούχου ζωοτροφής. Το άμυλο του σίτου, της βρώμης και της κριθής αποδομείται σε ποσοστό 90% περίπου ακόμη και όταν οι καρποί αυτοί συμμετέχουν σε υψηλό ποσοστό. Το άμυλο του σόργου και του αραβοσίτου αποδομείται το πολύ μέχρι 80% και σε υψηλή συμμετοχή του μόνο κατά 50% (Ζέρβας και συν., 2004).

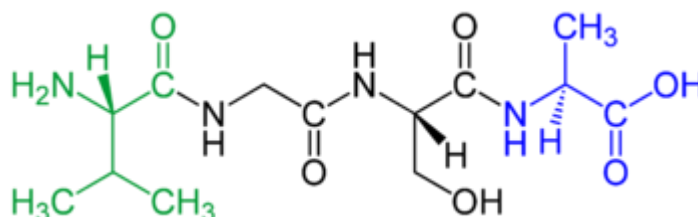
Τέλος, σημειώνεται πως τα βακτήρια δύναται να υδρολύσουν τρισακχαρίτες και τετρασακχαρίτες όπως η ραφινόζη και η σταχυόζη αντίστοιχα. Από τους δισακχαρίτες και τα μονοσάκχαρα η σακχαρόζη, η μαλτόζη, η γλυκόζη και η φρουκτόζη προσβάλλονται από όλα τα βακτήρια σχεδόν πλήρως, ενώ η γαλακτόζη, η ξυλόζη και η αραβινόζη μόνο κατά 50% περίπου.

Κεφάλαιο 5**Πρωτεΐνες****5.1. Γενικά**

Η ονομασία των πρωτεϊνών προέρχεται από την ελληνική λέξη «πρώτος», γεγονός που οφείλεται στο σημαντικό ρόλο που παίζουν στον οργανισμό. Οι πρωτεΐνες αποτελούν δομικά συστατικά των ιστών, παρέχουν ενέργεια, χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες παραγωγής άλλων απαραίτητων ουσιών (πχ. ορμόνες) και έχουν ρυθμιστικές ικανότητες. Δομική μονάδα των πρωτεϊνών είναι τα αμινοξέα. Τα αμινοξέα σχηματίζονται συνδυάζοντας τρεις από τις τέσσερις βάσεις του RNA, αδερίνη Α, κυτοσίνη C, γουανίνη G και ουρακίλη U.

Οι πρωτεΐνες είναι τα μοριακά εργαλεία των κυττάρων. Απαντούν σε όλα τα κύτταρα και είναι γραμμικά πολυμερή των αμινοξέων από τα οποία αποτελούνται. Στους ζωικούς οργανισμούς, οι πρωτεΐνες αποτελούν τη μυϊκή μάζα αυτών και όχι μόνο. Πολλές ουσίες όπως ένζυμα, ορμόνες, μεταγωγείς πληροφοριών, αλλά και μέρη του σώματος όπως τα μαλλιά και τα νύχια, είναι αποτέλεσμα πολυπεπτιδικών ομάδων.

Όσον αφορά στη σύνθεσή τους, αποτελούνται από πεπτίδια (Εικόνα 14), τα οποία με τη σειρά τους είναι το αποτέλεσμα των πεπτιδικών δεσμών που δημιουργούνται ανάμεσα στα αμινοξέα (Εικόνα 15). Τελικά, η τρισδιάστατη μορφή των πολυπεπτιδίων με κατάλληλη διαμόρφωση και διευθέτηση στο χώρο, αλλά και η θερμοδυναμικά αποδεκτή τοποθέτηση αυτών, συνάδουν ώστε η πρωτεΐνη να συντελέσει το βιολογικό της ρόλο.



Εικόνα 14. Πεπτίδιο.

5.2. Αμινοξέα

Τα αμινοξέα χωρίζονται σε πρωτεϊνικά και μη πρωτεϊνικά, δηλαδή σε αυτά που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και σε αυτά που δε χρησιμοποιούνται. Τα πρωτεϊνικά αμινοξέα αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών. Κάθε πρωτεϊνικό αμινοξύ αποτελείται από δύο μέρη: το σταθερό και το μεταβλητό. Το σταθερό μέρος περιλαμβάνει την αμινομάδα, την καρβοξυλομάδα και τον ασύμμετρο άνθρακα με τον οποίο αυτά ενώνονται. Το μεταβλητό μέρος αποτελείται από την πλευρική αλυσίδα R. Λόγω του ασύμμετρου C των πρωτεϊνικών αμινοξέων, αυτά-πέραν της γλυκίνης-απαντώνται σε τουλάχιστον δύο στερεοϊσομερείς μορφές. Σε αντίθεση με τους υδατάνθρακες, τα αμινοξέα που χρησιμοποιούνται από τους οργανισμούς είναι στην πλειοψηφία τους L μορφής ισομερή, που σημαίνει ότι η αμινομάδα βρίσκεται στα αριστερά του ασύμμετρου άνθρακα.

Κατηγορία Τύπος	Όνομα	Συντμήσεις	Μέση συχνότητα στις πρωτεΐνες	pKa α-COOH	pKa α-NH ₃ ⁺	pKa πλευρικής αλυσίδας	
Υδροξυαμινοξέα							
	Σερίνη	Ser S	7,1%	2,21	9,15	-	
	Θρεονίνη	Thr T	6,0%	2,63	9,10	-	
Θειοαμινοξέα							
	Κυστεΐνη	Cys C	2,8%	1,71	10,78	8,33	
	Μεθειονίνη	Met M	1,7%	2,28	9,21	-	
Οξικά αμινοξέα							
	Ασπαραγινικό οξύ	Asp D	5,5%	2,09	9,82	3,86	
	Γλουταμινικό οξύ	Glu E	6,2%	<u>2,19</u>	9,67	<u>4,25</u>	
Αμιδία όξινων αμινοξέων							
	Ασπαραγίνη	Asn N	4,4%	2,02	8,84	-	

Αμιδία όξινων αμινοξέων (συνέχεια)							
	Γλουταμίνη	Gln Q	3,9%	2,17	9,13	-	
Βασικά αμινοξέα							
	Λυσίνη	Lys K	7,0%	2,18	8,95	10,79	
	Αργινίνη	Arg R	4,7%	2,17	9,04	12,48	
Βενζυλαμινοξέα							
	Φαινυλαλανίνη	Phe F	3,5%	1,83	9,13	-	
	Τυροσίνη	Tyr Y	3,5%	2,20	9,11	10,07	
Ετεροκυκλικά αμινοξέα							
	Προλίνη	Pro P	4,6%	1,99	10,60	-	
	Ιστιδίνη	His H	2,1%	1,82	9,17	6,04	
	Θρυπτοφάνη	Trp W	1,1%	2,38	9,39	-	

Εικόνα 15. Κατηγορίες αμινοξέων.

Πολλά από τα πρωτεϊνικά αμινοξέα, δε συντίθενται από τους ανώτερους ζωικούς οργανισμούς και επομένως πρέπει να ληφθούν με την τροφή. Τα αμινοξέα αυτά, ονομάζονται απαραίτητα και παρατίθενται στο παράρτημα, μαζί με τα μη απαραίτητα

αμινοξέα. Σε όλα τα ζώα στα απαραίτητα αμινοξέα περιλαμβάνονται η βαλίνη, η θρεονίνη, η ισολευκίνη, η λευκίνη, η λυσίνη, η μεθειονίνη, η τρυπτοφάνη, και η φαινυλανίνη.

Στα πτηνά απαραίτητα είναι η γλυκίνη και σε ορισμένες περιπτώσεις η αργινίνη, η ιστιδίνη, η κυστεΐνη και η τυροσίνη γιατί τα αμινοξέα αυτά μπορούν μεν να παραχθούν στον οργανισμό από άλλα, αλλά όχι πάντοτε με το ρυθμό και τις ποσότητες που απαιτούνται.

Στα σαρκοφάγα ζώα, επίσης απαραίτητη είναι η ταυρίνη, την οποία δεν μπορούν να τη συνθέσουν σε επαρκή ποσά. Ωστόσο στα μηρυκαστικά και στα κουνέλια τα απαραίτητα αμινοξέα συντίθενται από τα βακτήρια και περιέχονται στη μικροβιακή μάζα, σε ποσά καλύπτοντα επαρκώς κατά κανόνα τις ανάγκες τους (Ζέρβας και συν., 2004).

5.2.1. Κατάταξη αμινοξέων

Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατάταξης των αμινοξέων, δύο από τους οποίους έχουν ήδη αναφερθεί.

1. Ουδέτερα, βασικά ή όξινα, ανάλογα με τον αριθμό αμινομάδων και καρβοξυλομάδων που περιέχουν στο μόριό τους, όπου βασικά χαρακτηρίζονται αυτά που έχουν περισσότερες αμινομάδες, όξινα αυτά στα οποία υπεραριθμούν καρβοξυλομάδων και ουδέτερα αυτά στα οποία οι αμινομάδες και καρβοξυλομάδες ισοψηφούν.
2. Άλλοι συγγραφείς χωρίζουν τα αμινοξέα σε:
 - Μονοαμινο-μονοκαρβοξυλικά (αλανίνη, βαλίνη, γλυκίνη κ.α),
 - Θειούχα (κυστίνη, κυστεΐνη, μεθειονίνη),
 - Μονοαμινο-δικαρβοξυλικά (ασπαραγινικό και γλουταμινικό οξύ),
 - Βασικά (αργινίνη, ιστιδίνη κ.α),
 - Αρωματικά (τυροσίνη, φαινυλαλανίνη κ.α) και
 - Ετεροκυκλικά (προλίνη, τρυπτοφάνη, υδροξυπρολίνη)
3. Και τέλος
 - Αλειφατικά (αλανίνη, βαλίνη κ.α),
 - Υδροξυ-αμινοξέα (σερίνη, θρεονίνη),
 - Θειούχα,
 - Δικαρβονικά (γλουταμίνη, γλουταμινικό οξύ),
 - Αμινοξέα με αλκαλικές ομάδες (αργινίνη, λυσίνη),
 - Αρωματικά (τυροσίνη, τρυπτοφάνη) και
 - Ιμινοξέα (προλίνη, υδροξυπρολίνη).

5.2.2. Ιδιότητες των αμινοξέων

1. Πολικότητα των R

Τα αμινοξέα που φέρουν στο μόριό τους διαφορετικές πλευρικές ομάδες είναι υδρόφιλα και ιδιαίτερος υδατοδιαλυτά.

2. Ισοηλεκτρικό σημείο

Ισοηλεκτρικό σημείο (pH_i), είναι το σημείο του διαλύματος, όπου το ηλεκτρικό φορτίο ισούται με 0 καθώς η αμινομάδα του αμινοξέος είναι πρωτοϊονημένη και η καρβοξυλομάδα

από πρωτοϊονημένη. Θεωρώντας το pH του αμινοξέος στο σημείο αυτό ως x , τότε θα ισχύει: $pH < x$:θετικό φορτίο και $pH > x$: αρνητικό φορτίο.

5.2.3. Μη πρωτεϊνικά αμινοξέα

Πολλά μη πρωτεϊνικά αμινοξέα χρησιμοποιούνται από τους ζωικούς οργανισμούς για την παραγωγή άλλων ουσιών απαραίτητων για τη διεξαγωγή των ομαλών τους λειτουργιών. Μερικά παραδείγματα αποτελούν η β-αλανίνη (σύνθεση παντοθενικού οξέος), η κιτρουλλίνη και η ορνιθίνη (βοηθούν στην αποβολή της περίσσειας αμμωνίας και στη σύνθεση της αργινίνης) και η ταυρίνη με το γ-αμινοβουτυρικό οξύ, που σε συνεργασία με τη γλυκίνη, αναστέλλουν τη μεταβίβαση νευρικών διεγέρσεων μεταξύ των κυττάρων του Κ.Ν.Σ.

5.3. Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι το αποτέλεσμα της σύνδεσης πολλών αμινοξέων. Ανάμεσα στα αμινοξέα δημιουργούνται πολλοί ασθενείς δεσμοί και ο μόνος ισχυρός δεσμός των πολυπεπτιδίων μιας πρωτεΐνης είναι ο δισουλφικός, που δημιουργείται ανάμεσα σε δύο άτομα S (θειό) δύο θειούχων αμινοξέων.

Πολλές πρωτεΐνες, δεν αποτελούνται αποκλειστικά από αμινοξέα αλλά περιλαμβάνουν στο μόριό τους και άλλες ουσίες όπως είναι τα μέταλλα, τα λιπίδια ή κάποιο άλλο οργανικό μόριο. Οι πρωτεΐνες αυτές καλούνται σύνθετες και η χρήσεις τους ποικίλλουν.

Όπως αναφέρθηκε, μόνο 21 από τα αμινοξέα που βρίσκονται στη φύση χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των πρωτεϊνών των ζωικών οργανισμών. Κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από τουλάχιστον 300 αμινοξέα.

Η στερεοϊσομέρεια των πεπτιδίων και η στερεοδιάταξη των πεπτιδικών αλυσίδων που σχηματίζουν το τελικό μόριο της πρωτεΐνης, οδηγούν σε αμέτρητους πιθανούς συνδυασμούς. Να σημειωθεί πως ο βιολογικός ρόλος της πρωτεΐνης, εξαρτάται από την πολικότητα των αμινοξέων της που συνάδει στη δυνατότητα σύνδεσης με άλλα μόρια.

5.3.1. Ιδιότητες πρωτεϊνών

- Οι πρωτεΐνες είναι μόρια που ιονίζονται λόγω των πλευρικών ομάδων τους και μπορούν να δράσουν ως κατιόντα, ανιόντα ή και αμφοτερικά ιόντα, κάτι που εξαρτάται από pH του διαλύματος στο οποίο βρίσκονται.
- Οι πρωτεΐνες είναι κατά βάση υδρόφιλα μόρια και δρουν ως ωσμοφυθμιστές και ιοντοανταλλακτές.
- Τα διαλύματα των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών απορροφούν υπεριώδη ακτινοβολία, γεγονός που οφείλεται στα αμινοξέα τρυπτοφάνη, τυροσίνη και φαινυλαλανίνη.
- Οι πρωτεΐνες μετουσιώνονται, δηλαδή η φυσική τους κατάσταση αλλάζει όταν επιδρούν παράγοντες όπως αλλαγή pH, ακτινοβολία, υψηλές θερμοκρασίες, η αραιώση, η ανατάραξη των διαλυμάτων τους κλπ.
- Οι πρωτεΐνες μπορούν να υποστούν ζελατινοποίηση, δηλαδή να αλλάξουν το ιξώδες τους υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

5.3.2. Κατάταξη πρωτεϊνών

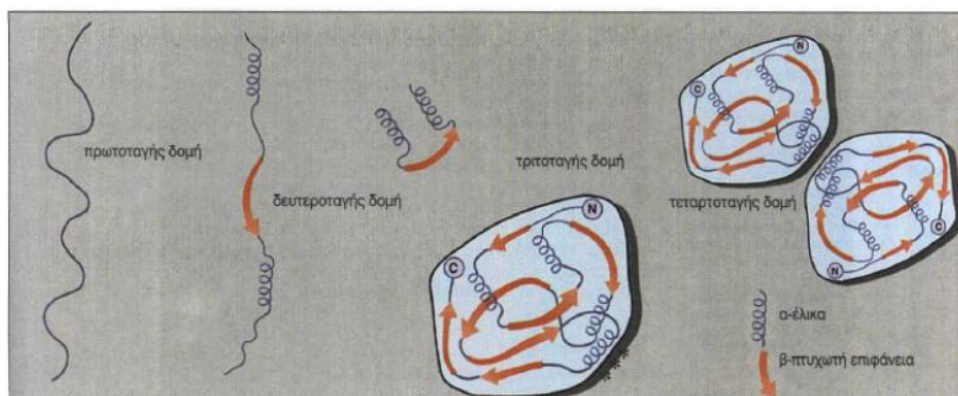
1. Ανάλογα με το ρόλο τους στον οργανισμό, οι πρωτεΐνες χωρίζονται σε δομικές και λειτουργικές.
2. Ανάλογα με τη σύστασή τους, κατατάσσονται σε απλές (μόριο αμιγώς αποτελούμενο από πεπτίδια αμινοξέων) και σε σύνθετες (πρωτεΐνες που περιλαμβάνουν στο μόριό τους άλλα στοιχεία ή ενώσεις)
3. Ανάλογα με τη διαλυτότητά τους στο νερό, χωρίζονται σε
 - Αλβουμίνες (υδατοδιαλυτές),
 - Σφαιρίνες (διαλυτές σε αραιά αλατούχα διαλύματα),
 - Γλουτελίνες (διαλυτές σε αραιά όξινα ή βασικά διαλύματα), και
 - Προλαμίνες (διαλυτές μόνο σε αλκοολούχα διαλύματα)
4. Ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε ινώδεις και σφαιρικές.

5.4. Δομή πρωτεϊνών

Η δομή του μορίου της πρωτεΐνης αναφέρεται στην κατάταξη των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα, στους δεσμούς ανάμεσα στις ομάδες του ασύμμετρου άνθρακα και στο λειτουργικό της ρόλο.

5.4.1. Πρωτοταγής δομή πρωτεϊνών

Η πρωτοταγής δομή των πρωτεϊνών οφείλεται στον γενετικό κώδικα (Σχήμα 4), δηλαδή στο συνδυασμό των βάσεων του RNA, στη σύνδεση αυτών με ισχυρούς πεπτιδικούς δεσμούς και στον αριθμό-θέση των δισουλφιδικών δεσμών μεταξύ τους.



Σχήμα 4. Σχηματική αναπαράσταση όλων των δομών μίας πρωτεΐνης.

5.4.2. Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών

Η δευτεροταγής δομή αναφέρεται στην οργάνωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στο χώρο με επαναλαμβανόμενες διευθετήσεις. Οι τύποι δευτεροταγούς δομής είναι δύο και συνίστανται ως εξής:

- Δομή α-έλικας:

Η περιστροφή της πολυπεπτιδικής αλυσίδας επαναλαμβάνεται προς την ίδια κατεύθυνση (δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα), και σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ του καρβονυλίου του ενός αμινοξέος και της αμινομάδας που βρίσκεται τρία αμινοξέα παρακάτω. Συνήθως αυτή η δομή συναντάται ανάμεσα σε αμινοξέα με μικρές R, ενώ κυκλικά αμινοξέα, αδυνατούν να συμμετάσχουν σε αυτή τη δομή καθώς η αμινομάδα τους συνδέεται ήδη κυκλικά με την R.

• Δομή β-πτυχωτού φύλλου

Συνίσταται στη σύνδεση παρακείμενων πεπτιδικών αλυσίδων που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου μέσω του καρβονυλίου της μιας και της αμινομάδας της άλλης.

5.4.3. Τριτοταγής δομή πρωτεϊνών

Η τριτοταγής δομή των πρωτεϊνών μοιάζει αρκετά με τη δευτεροταγή, καθότι αναφέρεται στη διάταξη της αλυσίδας στο χώρο. Στην τριτοταγή δομή, η πρωτεΐνη εμφανίζει δομές α-έλικας και β-πτυχωτού φύλλου σε πολλές θέσεις. Το μόριο εμφανίζει μια στερεή και συμπαγή μορφή στο χώρο που προκύπτει από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, από τη φύση του πεπτιδικού δεσμού και από τις ιδιότητες των R. Στην τριτοταγή δομή, οι ιδιότητες της πρωτεΐνης οφείλονται κυρίως στις περιοχές που συναντάται συνδυασμός μορφών δευτεροταγούς δομής.

5.4.4. Τεταρτοταγής δομή πρωτεϊνών

Η τεταρτοταγής δομή των πρωτεϊνών είναι το αποτέλεσμα που προκύπτει από την ένωση πολλών πολυπεπτιδίων τριτοταγούς δομής και κάνει το μόριο λειτουργικό (Σχήμα 4).

5.5. Σημαντικές πρωτεΐνες των ζωικών οργανισμών

5.5.1. Γ-γλοβουλίνες

Οι γ-γλοβουλίνες είναι υψίστης σημασίας για όλα τα νεογνά αγροτικά ζώα, καθότι τους παρέχουν παθητική ανοσία έναντι πολλών μικροοργανισμών. Οι πρωτεΐνες αυτές βρίσκονται στο πρωτόγαλα και έχουν μεγάλο μοριακό βάρος. Η πέψη τους γίνεται χωρίς να προηγηθεί διάσπασή τους, απαραίτητη προϋπόθεση για να χρησιμοποιηθούν από τα νεογνά. Να σημειωθεί πως μετά την πάροδο των δύο πρώτων εικοσιτετραώρων της ζωής του νεογνού, η δομή του πεπτικού τους σωλήνα αλλάζει και η απορρόφηση των γ-γλοβουλινών δεν αποδίδει σε αυτά κανενός είδους ανοσία (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.2. Πρωτεΐνες συμβιωτικών οργανισμών

Στους προστόμαχους των μηρυκαστικών ζώων, με τη βοήθεια της ελεύθερης αμμωνίας και του αζώτου που απελευθερώνεται από τη διάσπαση των πεπτιδίων, η συμβιωτική χλωρίδα και πανίδα, είναι σε θέση να παράξει πρωτεΐνες και να τις χρησιμοποιήσει προς όφελός της. Μετά το θάνατο όμως των μικροοργανισμών αυτών, οι πρωτεΐνες που έχουν παραχθεί χρησιμοποιούνται από τους ξενιστές αυτούσιες για τις ανάγκες του δικού τους οργανισμού. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται η χορήγηση ζωικής προέλευσης τροφών στα αγροτικά μηρυκαστικά ζώα, μειώνοντας έτσι κατά πολύ το κόστος παραγωγής του ημερήσιου σιτηρεσίου.

5.5.3. Ωκυτοκίνη

Η ωκυτοκίνη είναι μια ορμόνη πρωτεϊνικής φύσης και η χρήση της έγκειται στην αναπαραγωγή των ζώων. Είναι η ορμόνη που προκαλεί τη διαστολή της μήτρας κατά τη γέννα και ενεργοποιεί την κάθοδο του γάλακτος από τους μαστούς (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.4. Κολλαγόνο

Το κολλαγόνο ανήκει στις ινώδεις πρωτεΐνες και είναι η πιο συνήθης πρωτεΐνη του σώματος. Ο ρόλος της είναι δομικός και βρίσκεται σε όλους τους ιστούς του σώματος. Αποτελείται από τρία αμινοξέα: γλυκίνη-Χ-προλίνη ή υδροξυπρολίνη, όπου Χ οποιοδήποτε αμινοξύ. Κατά τη δημιουργία του κολλαγόνου από τους οργανισμούς, σημαντικό ρόλο παίζει το ασκορβικό οξύ, απουσία του οποίου, οι ίνες του κολλαγόνου αδυνατίζουν και εμφανίζεται μια παθολογική κατάσταση που ονομάζεται σκορβούτο (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.5. Κερατίνη

Η κερατίνη είναι μια ινώδεις πρωτεΐνη που απαντάται σε δυο μορφές, την α και τη β. Η α-κερατίνες αποτελούν δομικά συστατικά των σκληρών μερών του σώματος (οπλές, τρίχες, κέρατα, νύχια), όσο και του δέρματος. Οι α-κερατίνες έχουν δομή α-έλικας. Οι β-κερατίνες είναι δομικά συστατικά των φτερών και των ραμφών των πτηνών και έχουν δομή β πτυχωτού φύλλου (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.6. Ινσουλίνη

Η ινσουλίνη είναι μια ορμόνη που παράγεται στο πάγκρεας των οργανισμών και ο ρόλος της είναι πολλαπλός. Η ινσουλίνη συμμετέχει στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, βοηθάει στη μεταφορά γλυκόζης στα κύτταρα και εμπλέκεται με τη διατήρηση ενεργειακών αποθεμάτων στους ιστούς (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.7. Ελαστίνη

Η ελαστίνη είναι μια ινώδης πρωτεΐνη από την οποία απουσιάζει η δευτεροταγής δομή, και συνεπώς τα αμινοξέα σχηματίζουν μια εκτατή και εύκαμπτη δομή. Η πρωτεΐνη αυτή βρίσκεται στους συνδέσμους και στα αγγεία του σώματος δίνοντάς τους την τελική τους ελαστικότητα. Τα κύρια αμινοξέα της ελαστίνης είναι η γλυκίνη, η αλανίνη και η βαλίνη (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.8. Σύσταλτες πρωτεΐνες

Οι συσταλτές πρωτεΐνες, ανήκουν στην κατηγορία ιώδων πρωτεϊνών και είναι η πηγή ελαστικότητας των μυών. Αυτές οι πρωτεΐνες, μετατρέπουν την ενέργεια που παράγεται από την υδρόλυση της ATP, σε δύναμη που κινεί τα σωματίδια των κυττάρων, τους ιστούς και τελικά όλον τον οργανισμό και είναι οι: μυοσίνη, ακτίνη και τομπουλίνη. Για να ξεκινήσει η διαδικασία της κίνησης, απαιτείται η απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου από τον οργανισμό, που ενεργοποιούν την υδρόλυση της ATP από την μυοσίνη. Τα παράγωγα της υδρόλυσης, η ADP και το Pi, συνδέονται με τη μυοσίνη, η οποία εν συνεχεία συνδέεται μέσω των χονδρών

νηματίων της με τα λεπτά νημάτια της ακτίνης και προκαλούν τη σύσπαση των μυών (Διαμαντίδης, 2007). Σημειώνεται ότι η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) είναι μια ένωση που δεν αποτελεί πρωτεΐνη. Αποτελείται από την αζωτούχο ετεροκυκλική βάση αδενίνη συνδεδεμένη με N-γκυκοζιτικό δεσμό με ένα μόριο ριβόζης και τρεις ορθοφωσφορικές ομάδες.

5.5.9. Αιμοσφαιρίνη-μυοσφαιρίνη

Οι δύο αυτές πρωτεΐνες μοιάζουν πολύ στη δομή (σφαιρικές πρωτεΐνες), με τον ίδιο τρόπο που διαφέρουν. Η αιμοσφαιρίνη είναι πρωτεΐνη του αίματος, συνδέεται με 4 ομάδες αίμης και ιόντα σιδήρου, και μεταφέρει το οξυγόνο στον οργανισμό. Η μυοσφαιρίνη είναι πρωτεΐνη των γραμμωτών μυών, συνδέεται με μια ομάδα αίμης και ιόντα σιδήρου και τροφοδοτεί τους μύες με οξυγόνο σε περιπτώσεις χαμηλής πίεσης (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.10. Ανοσοσφαιρίνες

Πρωτεΐνες αποτελούν και τα αντισώματα του ανοσοποιητικού συστήματος των οργανισμών. Οι IgG, IgA και IgM είναι οι βασικότερες ανοσοσφαιρίνες των ζωικών οργανισμών που αποτελούν έναν από τους πρώτους τρόπους άμυνας εναντίον ξένων ουσιών που εισέρχονται στον οργανισμό-ξενιστή (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.11. Αυξητική ορμόνη

Η Αυξητική ορμόνη είναι η πρωτεΐνη που όπως προδίδει και το όνομά της, σχετίζεται με την κυτταρική αύξηση, διαίρεση και αναγέννηση των σωματικών κυττάρων (Διαμαντίδης, 2007).

5.5.12. Χονδροϊτίνη και γλυκοζαμίνη

Η γλυκοζαμίνη και η χονδροϊτίνη αποτελούν κύρια δομικά συστατικά του χόνδρου των αρθρώσεων, του μαλακού ιστού που καλύπτει το τμήμα των οστών εντός των μεσάρθριων διαστημάτων. Η γλυκοζαμίνη και η χονδροϊτίνη δρουν συνεργικά για να επιτύχουν την αναδόμηση και την αποκατάσταση του χόνδρου, συμβάλλοντας θετικά στην κινητικότητα, την ευκαμψία των αρθρώσεων και τη μείωση των φλεγμονών και του πόνου, καθώς περιέχουν αναλγητική δράση.

5.5.13. Πρωτεΐνια (prions)

Τα πρωτεΐνια δεν αποτελούν μια συγκεκριμένη ομάδα πρωτεϊνών. Πρωτεΐνιο μπορεί να είναι οποιαδήποτε πρωτεΐνη της μεμβράνης των κυττάρων (κυρίως του εγκεφάλου), της οποίας η δομή μπορεί να έχει αλλάξει για κάποιο λόγο. Η μορφή αυτή της πρωτεΐνης, έχει την ίδια πρωτοταγή δομή με αυτήν της υγιούς πρωτεΐνης. Η διαφορά τους έγκεινται στην αντοχή των prions σε υψηλές θερμοκρασίες και σε υπεριώδη ακτινοβολία και στη διάταξη της δευτεροταγούς δομής τους. Σε μια φυσιολογική πρωτεΐνη, τρία τμήματα του καρβοξυτελικού άκρου διαμορφώνονται σε δομή α-έλικας και δύο μικρότερα σε μορφή β-πτυχωτού φύλλου, ενώ στις μολυσματικές μορφές, η δομή είναι σχεδόν αποκλειστική β-πτυχωτού φύλλου. Παραπέρα, ο κίνδυνος κλιμακώνεται λόγω του γεγονότος πως οι

πρωτεΐνες αυτές έχουν την ικανότητα να συνδέονται με τις αντίστοιχες υγιείς πρωτεΐνες και να τις μολύνουν, ενώ παράλληλα επιμηκώνονται με τη λάθος αρχική διάταξη. (Διαμαντίδης, 2007).

5.6. Πέψη πρωτεϊνών

Η πέψη των πρωτεϊνών είναι μηχανική και χημική. Ξεκινά στην στοματική κοιλότητα με τη μάσηση, τεμαχίζοντας την τροφή και αυξάνοντας την επιφάνεια της τροφής, ώστε να μειωθεί ο χρόνος πέψης. Όπως αναφέρθηκε, στα μηρυκαστικά ζώα, προστίθεται η πέψη της μικροβιακής πρωτεΐνης που συντελείται στη μεγάλη κοιλία. Στην περίπτωση αυτή, στους προστόμαχους των ζώων συσσωρεύεται μεγάλο ποσοστό αμμωνίας που έρχεται να προστεθεί στο μη λευκωματούχο άζωτο που προσλαμβάνεται μέσω της τροφής. Όταν λοιπόν το ζώο δεν προλάβει να αποβάλει επαρκή ποσότητα μέσω του ούρου, η αμμωνία αυτή επιστρέφει στο πεπτικό σύστημα και μπορεί να αποβεί θανατηφόρα.

Στο ήνυστρο, η πέψη συνεχίζει με τη βοήθεια του HCL υδροχλωρικού οξέος που με τη μείωση του pH στο 2-3, προκαλεί διάσπαση των δεσμών υδρογόνου των πρωτεϊνών και αλλάζει τη δομή της. Η πεψίνη και τα παγκρεατικά υγρά διασπούν τους πεπτιδικούς δεσμούς σε συγκεκριμένα σημεία με τη βοήθεια των παγκρεατικών ενζύμων τρυψίνη, χυμοτρυψίνη, καρβοξυπεπτιδάση-α και καρβοξυπεπτιδάση-β.

Στο έντερο, η πέψη συνεχίζεται με άλλες πεπτιδάσες, που διασπούν περαιτέρω τα πεπτίδια σε αμινοξέα και να πραγματοποιηθεί η απορρόφησή τους από το επιθήλιο (Ζέρβας και συν. 2004).

5.7. Μεταβολισμός πρωτεϊνών

Τα απορροφούμενα από το έντερο αμινοξέα καθώς και τα προερχόμενα από την αποδομή κυτταρικών πρωτεϊνών διοχετεύονται στο ήπαρ όπου συντίθεται οι «ηπατικές πρωτεΐνες» και οι πρωτεΐνες του πλάσματος του αίματος (αλβουμίνες, γλοβουλίνες, ινωδογόνο κλπ.). Οι πρωτεΐνες αυτές μαζί με τα πλεονάζοντα αμινοξέα αποτελούν στα εξωκυτταρικά υγρά (πλάσμα αίματος, λέμφος, υγρό ιστών) τη δεξαμενή από την οποία τα διάφορα όργανα και οι ιστοί συνθέτουν τις πρωτεΐνες τους.

Σε περίπτωση πλούσιας, για μακρό διάστημα διατροφής με πρωτεΐνες εντείνεται η πρωτεϊνοσύνθεση μέχρι του μέγιστου ορίου που καθορίζεται γενετικά σε κάθε ιστό. Στο ήπαρ αυξάνεται η παραγωγή:

- 1) ηπατικών πρωτεϊνών που αποταμιεύονται πρόσκαιρα σε αυτό
- 2) πρωτεϊνών του πλάσματος που διοχετεύονται στο αίμα και το εμπλουτίζουν.

Στα κύτταρα του μυϊκού ιστού και άλλων οργάνων, όταν η πρωτεϊνοσύνθεση υπερβαίνει τις ανάγκες τις αναγκαίες ποσότητες δομικών πρωτεϊνών, τότε δημιουργούνται αποθέματα εφεδρικής ενδοκυτταρικής πρωτεΐνης (Ζέρβας και συν., 2004).

Στην περίπτωση αυξημένων αναγκών σε πρωτεΐνη οι ιστοί και τα ενεργά όργανα αντλούν αμινοξέα από τις εφεδρικές πρωτεΐνες που ενδεχομένως διαθέτουν, εν συνεχεία από τις πρωτεΐνες του πλάσματος των οποίων η συγκέντρωση μειώνεται παροδικά (υποπρωτεϊναιμία). Για τον ομαλό εφοδιασμό των κυττάρων, το ήπαρ τις επανασυνθέτει από

τα αμινοξέα της δεξαμενής και σε ανάγκη από τα αποθέματα των ηπατικών πρωτεϊνών που διαθέτει (Ζέρβας και συν., 2004).

Σε ακραίες περιπτώσεις πρωτεϊνικού υποσιτισμού και μετά την εξάντληση κάθε αποθέματος, η υποπρωτεϊναμία αποκτά παθολογικό χαρακτήρα με συνέπεια:

- τη μείωση της παραγωγής αιμοσφαιρίνης,
- τη μείωση κολλοειδωσμοτικής πίεσης του αίματος και την είσοδο του νερού στους ιστούς,
- τη μείωση παραγωγής αιμοσφαιρινών.

Στις περιπτώσεις αυτές, η μεταφερόμενη ιστιδίνη στον εγκέφαλο και μετατρεπόμενη σε ισταμίνη προκαλεί έντονη ανορεξία στο ζώο (Ζέρβας και συν., 2004).

Τα φαινόμενα της πρωτεϊνόλυσης και της πρωτεϊνόςυνθεσης διεξάγονται συγχρόνως και συνεχώς αδιάφορα από την ηλικία και τη φυσιολογική κατάσταση του ζώου, υπόκεινται δε σε ορμονικές παρεμβάσεις που διατηρούν το εκάστοτε αναγκαίο φυσιολογικό ισοζύγιο μεταξύ των δύο. Η ινσουλίνη και η αυξητική ορμόνη ευνοούν την είσοδο αμινοξέων από τη δεξαμενή στα κύτταρα του μυϊκού ιστού και προάγουν την πρωτεϊνόςυνθεση, ενώ τα γλυκοκορτικοειδή, επειδή προάγουν την πρωτεϊνόλυση, εμπλουτίζουν τη δεξαμενή με αμινοξέα και παράλληλα αυξάνουν την είσοδό τους στο ήπαρ. Με την παρεμβολή των ορμονών αυτών συγχρονίζονται τα δύο φαινόμενα και προσαρμόζονται στις ανάγκες του οργανισμού, ενώ συγχρόνως αποφεύγεται κατά το δυνατόν η απώλεια των αμινοξέων.

Η πρωτεϊνόλυση τελεί κυρίως υπό τον έλεγχο των γλυκοκορτικοειδών (κορτιζόλη) και των ορμονών του θυρεοειδούς αδένα. Επίσης, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως η πρωτεϊνόλυση αρχίζει με τη δράση μιας ομάδας κυτταρικών ενδοπεπτιδασών (καθεψίνες) που υδρολύουν τις πρωτεΐνες. Στη δράση των καθεψινών οφείλεται και η υποστροφή του μαστού, στο τέλος της γαλακτικής περιόδου καθώς και η παλινδρομία της μήτρας μετά τον τοκετό (Ζέρβας και συν., 2004).

Τα προκύπτοντα αμινοξέα είτε χρησιμοποιούνται για σύνθεση πρωτεΐνης είτε αποδομούνται. Η αποδομή τους διενεργείται:

- 1) κυρίως με απαμίνωση είτε με δέκτη της NH_2 τη φωσφορικής πυριδοξάλης είτε με οξειδωση (FAD) και ελευθέρωση NH_3 υπό παραγωγή και στις δύο περιπτώσεις ακετονοξέων και
- 2) αλλά σε μικρότερη κλίμακα, με αποκαρβοξυλίωση υπό παραγωγή αμινών (ισταμίνη, σεροτονίνη κλπ.) και CO_2 .

Η σύνθεση της γλυκόζης από τα αμινοξέα αυτά διεξάγεται κυρίως στο ήπαρ. Τελεί υπό τον έλεγχο της γλυκαγόνης και των κατεχολαμινών και είναι μεγάλης φυσιολογικής σημασίας για όλα τα ζώα. Όταν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας, αλλά ιδιαίτερα για τα μηρυκαστικά και τα σαρκοφάγα ζώα, των οποίων ο μεν εφοδιασμός με γλυκόζη από τον γαστρεντερικό σωλήνα είναι πολύ περιορισμένος, η σύνθεση της γλυκόζης από τη γλυκερόλη είναι αμελητέα (Ζέρβας και συν., 2004).

Στα νεογέννητα χοιρίδια, ο μηχανισμός της γλυκονεογέννεσης δεν είναι ακόμη σε πλήρη λειτουργία και για αυτό το λόγο, ο μη έγκαιρος και επαρκής θηλασμός κατά τις πρώτες ημέρες οδηγεί σε υπογλυκαιμία.

Η δόμηση κάθε είδους πρωτεΐνης του οργανισμού τέλει υπό τον έλεγχο της αυξητικής ορμόνης, της ινσουλίνης και μερικών φυλετικών στεροειδών και είναι το αποτέλεσμα της μετάφρασης πληροφοριών που εκπηγάζουν από τα γονίδια που τις κωδικοεύουν. Τα αμινοξέα αυτά είτε προέρχονται αυτούσια από το έντερο είτε από την αποδομή των πρωτεϊνών του σώματος είτε συντίθενται εκ νέου από τα κύτταρα με εναμίνωση μεταβολιτών της γλυκόλυσης ή μέσω της διαδικασίας της μεταμίνωσης) (μεταφορά NH_2 από ένα μεταβολίτη σε ένα άλλον) (Ζέρβας και συν., 2004).

5.8. Πρωτεινούχες ζωοτροφές

Τα κρεατάλευρα και τα ιχθυάλευρα κατατάσσονται στις πιο πλούσιες σε πρωτεΐνες ζωοτροφές (50-75% αμινοξέα και ειδικότερα με υψηλή περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα). Χρησιμοποιούνται ως σε μικρές ποσότητες στα σιτηρέσια των παμφάγων ζώων ως πρωτεϊνικά συμπληρώματα και σε μεγάλες ποσότητες στα σιτηρέσια των σαρκοφάγων ζώων και ιδιαίτερα των αριών. Οι ζωοτροφές αυτές πρέπει να ελέγχονται για την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και ειδικά τα κρεατάλευρα από μηρυκαστικά για τυχόν παρουσία του φορέα της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας (Ζέρβας και συν., 2004).

Κεφάλαιο 6

Λιπίδια

Τα λιπίδια παίζουν σπουδαιότατο ρόλο στον οργανισμό συναντώμενα σε όλα τα κύτταρά του. Από λειτουργικής-πλευρά διακρίνονται σε αποταμιευτικό και οργανωτικό λίπος (Kates, 1986).

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 ενηλικίωσή 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 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. Ευρίσκεται σε όλα τα κύτταρα, αλλά ιδιαίτερα στον υποδόριο συνδετικό ιστό, την κοιλιακή κοιλότητα, στον μεταξύ των μυών συνδετικό ιστό και το μυελό των οστών, τα κύτταρα του οποίου περιέχουν 65% λίπος.

Το οργανωτικό λίπος αντίθετα, αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από λιποειδή 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.

Τα ουδέτερα λίπη, είναι μείγματα τριγλυκερολών και συναντώνται στο σώμα των ζώων και τις τροφές. Στα ουδέτερα λίπη που συναντώνται στο σώμα των ζώων πλεονάζουν τριγλυκερόλες πλούσιες σε παλμιτικό, στεατικό και ελαϊκό οξύ. Το λίπος των μηρυκαστικών είναι πλουσιότερο του σωματικού λίπους των μονογαστρικών ζώων σε παλμιτικό και στεατικό οξύ και πτωχότερο σε ελαϊκό.

Γενικότερα, αξίζει να σημειωθεί πως τα μίγματα των λιπιδίων τα οποία απαντώνται στη φύση εκπληρώνουν ένα μηχανικό και βιολογικό ρόλο στα αγροτικά ζώα. Πιο συγκεκριμένα, αποτελούν κύρια συστατικά του υποδόριου ιστού, συμβάλλουν στη θερμική μόνωση του σώματος των ζώων, συμμετέχουν στην προστασία των εσωτερικών οργάνων του ζωικού οργανισμού και συντελούν στη διαμόρφωση του σχήματος του σώματος τους (Ζέρβας και συν., 2004).

Σαν λιπίδια χαρακτηρίζονται οι οργανικές εκείνες ενώσεις που δε διαλύονται στο νερό, αλλά παραλαμβάνονται από οργανικούς διαλύτες. Ταυτόχρονα απαντώνται στα μόριά τους μακριές αλυσίδες υδρογονανθρακικών ομάδων και περιέχονται ή προέρχονται από ζωντανούς μικροοργανισμούς. Αυτός ο ορισμός είναι από τους πρώτους που δόθηκαν και εξακολουθεί να επικρατεί ακόμα και σήμερα παρά την γενικότητά του. Εκτός από γενικούς είναι και σχετικός αφού αρκετές ενώσεις με γενικότερα λιπιδικά χαρακτηριστικά διαλύονται εν μέρει στο νερό λόγω της πολικότητας και της οξύτητάς τους. Η δεύτερη πρόταση ουσιαστικά αποκλείει τα συνθετικά λίπη και έλαια και τις συνθετικές υδρόφοβες οργανικές ενώσεις. Σίγουρα ένας πιο ακριβής και διευκρινιστικός ορισμός είναι απαραίτητος, αλλά

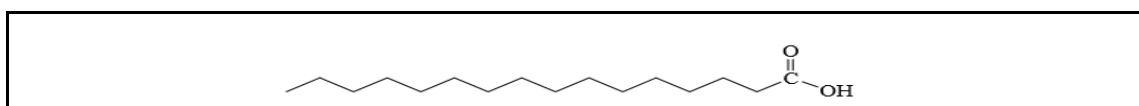
κάτι τέτοιο φαίνεται ανέφικτο λόγω της γενικότητας της φύσης, της δομής και της λειτουργίας αυτών των μορίων (Kates, 1986).

Ο πιο συνηθισμένος διαχωρισμός των λιπιδίων πραγματοποιείται με βάση την πολικότητά τους. Έτσι, έχουμε τα ουδέτερα και τα πολικά λιπίδια. Τα πρώτα είναι οι λιγότερο και τα δεύτερα οι περισσότεροι πολικές ενώσεις. Στα ουδέτερα συναντά κανείς τους κηρούς, τις στερόλες και τους εστέρες τους, τα λιπαρά οξέα και τις λιπαρές αλκοόλες, τα γλυκερίδια είτε αυτά είναι τρι-, δι- ή μόνο υποκατεστημένα. Παρακάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των κυριότερων τάξεων των ουδέτερων λιπιδίων. Τα πολικά είναι σαφώς πολυάριθμα, πολύπλοκα και πιο δύσκολα στην μελέτη και την ανάλυσή τους. Διακρίνονται κυρίως στα φωσφολιπίδια και τα γλυκολιπίδια (Kates, 1986). Πλήρης περιγραφή των πιο γνωστών απαντώμενων πολικών λιπιδίων ακολουθεί παρακάτω.

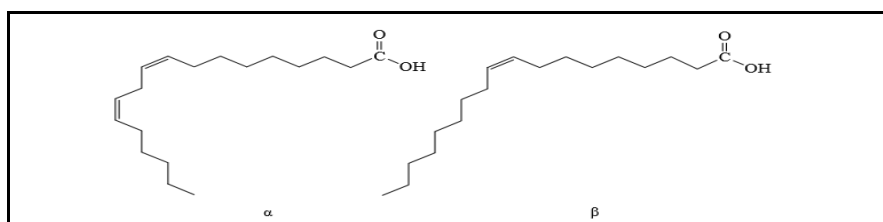
6.1. Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα είναι μονοκαρβοξυλικά οργανικά οξέα με ευθεία αλυσίδα πολλών ατόμων άνθρακα με γενικό τύπο $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$. Έχουν βρεθεί στη φύση πάνω από 500 διαφορετικά είδη και είναι δυνατόν να είναι ακόρεστα, δηλαδή να μην περιέχουν διπλούς ή τριπλούς δεσμούς, ή κορεσμένα με 1-6 διπλούς δεσμούς. Οι διπλοί δεσμοί που απαντώνται στα λιπαρά οξέα της φύσης είναι στην συντριπτική τους πλειονότητα *cis* γεωμετρικής διαμόρφωσης.

Στο εξής όπου αναγράφεται διπλός δεσμός θα θεωρείται *cis* εκτός αν δηλώνεται διαφορετικά. Στο σχήμα 5 εμφανίζεται ο συντακτικός τύπος ενός πολύ γνωστού μονοακόρεστου οξέος, του ελαϊκού και ενός ακόρεστου δύο διπλών δεσμών, ιδιαίτερα χαρακτηριστικού στα φυτά, του λινελαϊκού. Στο σχήμα 6 εμφανίζονται δύο ισομερή των ακόρεστων λιπαρών οξέων αλυσίδας 18 ατόμων άνθρακα με τρεις διπλούς δεσμούς. Το πρώτο και το πιο κοινό είναι το α -λινολενικό ενώ το δεύτερο και το πιο σπάνιο αλλά με ιδιαίτερη βιοχημική σημασία είναι το γ -λινολενικό οξύ. Η διαφορά τους εντοπίζεται στη θέση του πρώτου διπλού δεσμού σχετικά με την καρβοξυλομάδα (Kates, 1986).



Σχήμα 5. Συντακτικός τύπος παλμιτικού οξέος (C16:0), ενός χαρακτηριστικού κορεσμένου λιπαρού οξέος.



Σχήμα 6. Συντακτικοί τύποι χαρακτηριστικών ακόρεστων λιπαρών οξέων: α) λινελαϊκού (C18:2 *cis*), β) ελαϊκού οξέος (C18:1 *cis*).

Σύμφωνα με τον Διαμαντίδη (1994), τα λιπαρά οξέα είναι η πιο απλή μορφή λιπιδίων και έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά: πρόκειται για μονοκαρβονικά οξέα συχνά με μια μη διακλαδισμένη αλειφατική αλυσίδα μονάδων $-CH_2$ (λιπαρά οξέα με διακλαδώσεις είναι σπάνια), συνήθως με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα (επειδή στη βιοσύνθεσή τους εμπλέκεται το ακέτυλο- CoA , ένα ένζυμο που μεταφέρει μια ομάδα από δύο άτομα άνθρακα), κορεσμένα ή ακόρεστα, με έναν ή περισσότερους διπλούς δεσμούς είτε σε *cis* είτε σε *trans* γεωμετρική ισομέρεια. Κάθε λοιπόν λιπαρό οξύ αποτελείται από μια αλυσίδα ατόμων άνθρακα, μικρή ή μεγάλη που είναι ισχυρά μη πολική (ονομάζεται ουρά) και μια πολική καρβοξυλική ομάδα (Διαμαντίδης, 1994).

Τα κορεσμένα ΛΟ δεν περιέχουν κανένα διπλό δεσμό ή άλλες λειτουργικές ομάδες κατά μήκος της αλυσίδας τους (Πίνακας 5). Ο όρος «κορεσμένα» αναφέρεται στο υδρογόνο, δεδομένου ότι όλοι οι άνθρακες, εκτός από την καρβοξυλική ομάδα ($-COOH$) περιέχουν όσο το δυνατόν περισσότερα υδρογόνα. Με άλλα λόγια, το ωμέγα άκρο (η) περιέχει 3 υδρογόνα ($-CH_3$) και κάθε άνθρακας στην αλυσίδα περιέχει 2 υδρογόνα. Μερικά από τα κυριότερα κορεσμένα λιπαρά είναι το μυριστικό (14:0), το παλμιτικό (16:0), το στεατικό (18:0), το αραχιδικό (20:0).

Πίνακας 5. Κορεσμένα λιπαρά οξέα και σημεία τήξης τους.

Συντομογραφία	Χημικός τύπος	Ονομασία	Σημείο τήξης (°C)
C 4:0	$CH_3(CH_2)2COOH$	Βουτυρικό οξύ	-5.3
C 5:0	$CH_3(CH_2)3COOH$	Βαλεριανικό οξύ	-34.5
C 6:0	$CH_3(CH_2)4COOH$	Καπρονικό οξύ	-3.2
C 8:0	$CH_3(CH_2)6COOH$	Καπρυλικό οξύ	16.5
C 9:0	$CH_3(CH_2)7COOH$	Πελαργονικό οξύ	12.5
C 10:0	$CH_3(CH_2)8COOH$	Καπρινικό οξύ	31.6
C 12:0	$CH_3(CH_2)10COOH$	Δαφνικό (Λαυρικό) οξύ	44.8
C 14:0	$CH_3(CH_2)12COOH$	Μυριστικό οξύ	54.4
C 16:0	$CH_3(CH_2)14COOH$	Παλμιτικό οξύ	62.9
C 17:0	$CH_3(CH_2)15COOH$	Μαργαρικό οξύ	61.8
C 18:0	$CH_3(CH_2)16COOH$	Στεατικό οξύ	70.1
C 20:0	$CH_3(CH_2)18COOH$	Αραχιδικό οξύ	76.1
C 22:0	$CH_3(CH_2)20COOH$	Βεχενικό οξύ	80.0
C 24:0	$CH_3(CH_2)22COOH$	Λιγνοκηρικό οξύ	84.2
C 26:0	$CH_3(CH_2)24COOH$	Κηρωτικό οξύ	87.7

Τα ακόρεστα ΛΟ (πίνακας 6) είναι παρόμοιας μορφής, εκτός από το ότι μια ή περισσότερες αλκενυλικές λειτουργικές ομάδες υπάρχουν κατά μήκος της ανθρακικής αλυσίδας, με το κάθε αλκένιο να αντικαθιστά τον απλό δεσμό του « $-CH_2-CH_2-$ » με διπλό δεσμό σε « $-OH=OH-$ » (δηλαδή ένας άνθρακας διπλά συνδεδεμένος με έναν άλλο άνθρακα). Τα επόμενα δύο άτομα του άνθρακα εκατέρωθεν των συνδεδεμένων με διπλό δεσμό ατόμων άνθρακα στην αλυσίδα μπορούν να εμφανιστούν με γεωμετρική ισομέρεια *cis* ή *trans*.

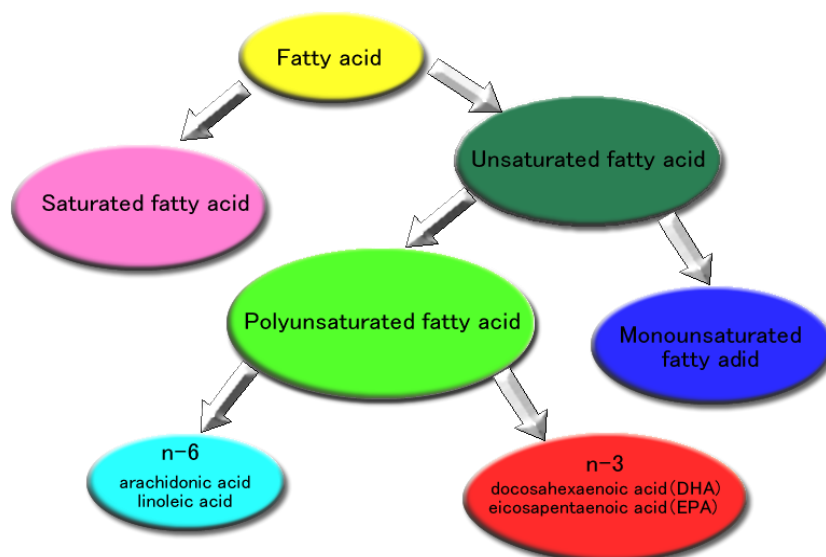
Διακρίνονται σε μονοακόρεστα και πολυακόρεστα (σχήμα 7). Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν έναν διπλό δεσμό ανθράκων στην αλυσίδα, με όλους τους άλλους άνθρακες να είναι απλά συνδεδεμένοι. Μερικά από τα κυριότερα μονοακόρεστα ΛΟ αλκοόλες, εξαρτώνται από το μέγεθος της αλειφατικής τους αλυσίδας και τον αριθμό των διπλών δεσμών που φέρουν.

Τα κορεσμένα λιπαρά καθώς και τα λιπαρά οξέα με *trans* διπλούς δεσμούς τείνουν να

είναι στερεά σε θερμοκρασίες δωματίου. Αντίθετα τα φυσικά λιπαρά οξέα με cis διπλούς δεσμούς τείνουν να είναι υγρά.

Πίνακας 6. Ακόρεστα λιπαρά οξέα, σημεία τήξης και ΑΙ τους.

Συντομογραφία	Κοινό όνομα	Συστηματικό όνομα	Μοριακός τύπος	Σημείο τήξης (°C)	Αριθμός ιωδίου
C 14:1	Μυριστελαϊκό οξύ	Δ ₉₋₁₀ Τετραδεκανοϊκό οξύ	C ₁₃ H ₂₅ COOH	-4.5	112
C 16:1	Παλμιτελαϊκό οξύ	Δ ₉₋₁₀ Εξαδεκαενοϊκό οξύ	C ₁₅ H ₂₉ COOH	–	100
C 18:1	Πετροσελινικό οξύ	Δ ₆₋₇ Οκταδεκαενοϊκό οξύ	C ₁₇ H ₃₃ COOH	–	90
C 18:1	Ελαϊκό οξύ	Δ ₉₋₁₀ Οκταδεκαενοϊκό οξύ	C ₁₇ H ₃₃ COOH	16.3	90
C 18:1	Βαξενικό οξύ	Δ ₁₁₋₁₂ Οκταδεκαενοϊκό οξύ	C ₁₇ H ₃₃ COOH	44	90
C 22:1	Ερουκικό οξύ	Δ ₁₃₋₁₄ Δυοεικοσιενοϊκό οξύ	C ₂₁ H ₄₁ COOH	33.4	75
C 18:2	Λινελαϊκό οξύ	Δ _{9-10,12-13} Οκταδεκαδιενοϊκό οξύ	C ₁₇ H ₃₁ COOH	-6.5	181
C 18:3	Λινολενικό οξύ	Δ _{9-10,12-13,15-16} Οκταδεκατριενοϊκό οξύ	C ₁₇ H ₂₉ COOH	-12.8	274
C 18:3	Ελαιοστατικό οξύ	Δ _{9-10,11-12,13-14} Οκταδεκατριενοϊκό οξύ	C ₁₇ H ₂₉ COOH	–	274
C 20:4	Αραχιδονικό οξύ	Δ _{5-6,8-9,11-12,14-15} Εικοσιτετραενοϊκό οξύ	C ₁₉ H ₃₁ COOH	-49.5	334
C 22:5	Κλυπανοδονικό οξύ	Δ _{4-5,8-9,12-13,15-16,19-20} Δυοεικοσιπενταενοϊκό οξύ	C ₂₁ H ₃₃ COOH	–	384



Σχήμα 7. Κατάταξη λιπαρών οξέων.

Τα κορεσμένα ΛΟ δεν περιέχουν κανένα διπλό δεσμό ή άλλες λειτουργικές ομάδες κατά μήκος της αλυσίδας τους. Ο όρος «κορεσμένα» αναφέρεται στο υδρογόνο, δεδομένου ότι όλοι οι άνθρακες, εκτός από την καρβοξυλική ομάδα (-COOH) περιέχουν όσο το δυνατόν περισσότερα υδρογόνα. Με άλλα λόγια, το ωμέγα άκρο (η) περιέχει 3 υδρογόνα (-CH₃) και κάθε άνθρακας στην αλυσίδα περιέχει 2 υδρογόνα. Μερικά από τα κυριότερα κορεσμένα λιπαρά είναι το μυριστικό (14:0), το παλμιτικό (16:0), το στεατικό (18:0), το αραχιδικό (20:0).

Εκτός από το διαχωρισμό των λιπαρών οξέων σε κορεσμένα και ακόρεστα, κατηγοριοποιούνται και με βάση το μέγεθος της ανθρακικής τους αλυσίδας. Έτσι, υπάρχουν μικρής, μεσαίας και μακράς αλύσου λιπαρά οξέα. Τα μικρής και μεσαίας αλύσου λιπαρά οξέα αποτελούν το 40-50% των συνολικών λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος και συντίθενται αποκλειστικά ενδογενώς (de novo) στο μαστικό αδένα από το οξικό και το β-υδροξυβουτυρικό οξύ τα οποία παράγονται στη μεγάλη κοιλία από τη ζύμωση των υδατανθράκων. Από τα μεσαίας αλύσου λιπαρά οξέα μόνο η μισή ποσότητα του C16:0 μπορεί να προέρχεται από την τροφή (Τσιπλάκου, 2008).

Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA) είναι ένα ελεύθερο λιπαρό οξύ, σημαντικό διατροφικό συστατικό, με ιδιότητες που προάγουν την υγεία. Το CLA δημιουργείται στη μεγάλη κοιλία των μηρυκαστικών ζώων (αγελάδες, πρόβατα, κατσίκες), από το λινολεϊκό οξύ που προσλαμβάνουν από την διατροφή τους με χόρτα. Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA) αναφέρεται σε μια ομάδα βιοενεργών ισομερών του λινολεϊκού οξέος, κάτι που σημαίνει ότι είναι χημικά ταυτόσημο, αλλά έχει τα άτομά του τοποθετημένα διαφορετικά από το λινολεϊκό οξύ. Τα 2 βιολογικά ισομερή του CLA είναι τα cis-9, trans-11 & trans-10, cis-12, που είναι φυσικά παρόντα στη διατροφή και έχουν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία, ειδικά στη βελτίωση της σύστασης του σώματος.

Πολύ ενδιαφέρον παρουσιάζει η κυκλική δομή που μπορεί να εμφανίζουν τα λιπαρά οξέα στο χώρο. Συνήθως στα λιπαρά οξέα απαντάται ζυγός αριθμός ανθράκων από 12 μέχρι 22. Πιο σπάνια και κυρίως σε μικροοργανισμούς απαντώνται και αλυσίδες μονού αριθμού, διακλαδισμένες συνήθως με μεθυλομάδες ή υδροξυλιωμένες με ένα ή σπάνια δύο υδροξύλια.

6.1.1.Σημαντικά λιπίδια των οργανισμών

6.1.1.1.Στερόλες και εστέρες στερολών

Οι στερόλες είναι οργανικές ενώσεις που ανήκουν στην πολυπληθή οικογένεια των ισοπρενοειδών και κατατάσσονται στις χαρακτηριστικές τάξεις των ουδετέρων λιπιδίων. Παίζουν θεμελιώδη ρόλο στη βιοχημική λειτουργία όλων των ευκαρυωτικών οργανισμών και είτε συνθέτονται de novo είτε παραλαμβάνονται από το περιβάλλον τους.

Τα κύτταρα των θηλαστικών και των μυκήτων γενικά περιέχουν μια κύρια και επικρατούσα στερόλη, την χοληστερόλη και την εργοστερόλη αντίστοιχα. Στα φυτά όμως είναι χαρακτηριστικό ότι απαντάται ένα μίγμα στερολών. Έτσι, για παράδειγμα, στους σπόρους καλαμποκιού έχουν ταυτοποιηθεί τουλάχιστον 61 στερόλες και πεντακυκλικά τριτερπένια, αν και μερικά από αυτά βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες αφού μάλλον είναι βιοχημικά ενδιάμεσα (Kates, 1986).

6.1.1.2.Ουδέτερα γλυκερολιπίδια

Τα ουδέτερα γλυκερολιπίδια περιέχουν στο μόριό τους την βάση γλυκερόλη, τα υδροξύλια της οποίας είναι είτε μερικώς είτε εξολοκλήρου δεσμευμένα. Η δέσμευση και των τριών θέσεων με ακυλομάδες και εστερικό δεσμό θα δώσει τα πλέον χαρακτηριστικά και αναγνωρίσιμα λιπίδια, τα τριγλυκερίδια. Τα λιπαρά οξέα που θα εστεροποιηθούν στο μόριο της γλυκερόλης τελικά θα προσδώσουν και τα χαρακτηριστικά που θα προσδιορίζουν το τριγλυκερίδιο (Kates, 1986).

Οι ανθρακικές αλυσίδες των λιπαρών οξέων έχουν και αυτές ιδιαίτερα χωροταξικά χαρακτηριστικά. Η ύπαρξη *cis* διπλών δεσμών θα δώσει κεκαμένες διατάξεις ενώ η απουσία τους ευθείες διαμορφώσεις. Λόγω της επιπεδότητας του διπλού δεσμού και της αδυναμίας περιστροφής των ανθράκων προσδίδεται στο μόριο ιδιαίτερη στερεοχημική παρεμπόδιση που αυξάνεται με τον αριθμό των διπλών δεσμών. Έτσι, τα πολυακόρεστα τριγλυκερίδια όπου τα μόριά τους δεν οροθετούνται με υψηλές πυκνότητες λόγω της παρεμπόδισης, δίνουν μακροσκοπικά τα υγρά έλαια. Αντίθετα, τα κορεσμένα θα δώσουν καλό ‘πακετάρισμα’ των μορίων κάτι που μακροσκοπικά αποδίδεται στα στερεά λίπη (Kates, 1986).

Τα πολικά λιπίδια περιέχουν στο μόριό τους χαρακτηριστικές πολικές ομάδες και χαρακτηρίζονται από την σχετικά μεγαλύτερη πολικότητα που εμφανίζουν. Υπάρχει μια λεπτή διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στα ουδέτερα και τα πολικά λιπίδια και αρκετές φορές εμφανίζονται αλληλοεπικαλύψεις. Πρακτικά όμως η συμπεριφορά των λιπιδίων έναντι στο χλωροφόρμιο καθορίζει και την κατάταξή τους. Έτσι, ο συγκεκριμένος διαλύτης δεν είναι αρκετός να παραλάβει τα πολικά λιπίδια και χρειάζεται η προσθήκη αλκοόλης, συνήθως μεθανόλης. Με βάση τις χαρακτηριστικές ομάδες που περιέχουν αυτά τα λιπίδια διακρίνονται στα φωσφολιπίδια και τα γλυκολιπίδια (Kates, 1986).

6.1.1.3.Φωσφολιπίδια

Ως φωσφολιπίδια χαρακτηρίζονται όλα εκείνα που φέρουν στο μόριό τους άτομο ή άτομα φωσφόρου. Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων το άτομο αυτό προέρχεται από φωσφορική ομάδα. Τα φωσφολιπίδια διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες ανάλογα με τη βάση που έχουν σαν σκελετό, τα φωσφατίδια γλυκερόλης και σφιγγοσίνης (Kates, 1986).

- Γλυκεροφωσφατίδια ή γλυκεροφωσφολιπίδια: Είναι φωσφορικοί εστέρες της γλυκερόλης με δύο μόρια λιπαρών οξέων (R_1COOH και R_2COOH) και μία χαρακτηριστική ομάδα R ενωμένη στην φωσφορική ρίζα. Οι αλυσίδες R_1 και R_2 είναι υδατανθρακικές, κορεσμένες ή ακόρεστες. Η ομάδα R αντιστοιχεί σε διάφορες χαρακτηριστικές ομάδες ανάλογα με την οποία προκύπτουν και τα γνωστά φωσφολιπίδια. Όταν, λοιπόν, το R είναι το υδρογόνο (H) προκύπτει το φωσφατιδικό οξύ ή PA. Για την σερίνη $[-CH_2CH(NH_2)COOH]$ έχουμε την φωσφατιδυλοσερίνη ή PS για την αιθανολαμίνη $(-CH_2CH_2NH_2)$ έχουμε την φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη ή PE, για την χολίνη $[-CH_2CH_2N+(CH_3)_3]$ έχουμε την φωσφατιδυλοχολίνη ή PC για την γλυκερόλη έχουμε την φωσφατιδυλογλυκερόλη ή PG και για την ινositόλη έχουμε την φωσφατιδυλοϊνositόλη ή P (Kates, 1986).
- Φωσφατίδια σφιγγοσίνης (ή φυτοσφιγγοσίνης): Τα φωσφολιπίδια αυτά έχουν σαν βάση αντί της γλυκερόλης την σφιγγοσίνη (για τους ζωικούς οργανισμούς και την διυδροσφιγγοσίνη ή κοινώς φυτοσφιγγοσίνη για τα φυτά. Οι σφιγγοσίνες απαντώνται συνήθως με τις N ακυλιωμένες μορφές τους οπότε και προκύπτουν τα κηραμίδια Το τελικό υδροξύλιο τους συχνά είναι υποκατεστημένο με την ομάδα της χολίνης, οπότε και προκύπτει η σφιγγομυελίνη ή με την ομάδα της φωσφοϊνositόλης, όπου έχουμε το κηραμίδιο φωσφοϊνositόλης (Kates, 1986).

6.1.1.4.Γλυκολιπίδια

Σα γλυκολιπίδια χαρακτηρίζονται εκείνα που περιέχουν στο μόριό τους σάκχαρα. Τα γλυκολιπίδια διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την βάση που χαρακτηρίζει

το μόριό τους, τα γλυκερογλυκολιπίδια, τα σφιγγογλυκολιπίδια και τα γλυκολιπίδια στερόλης (Kates, 1986).

6.2. Ιδιότητες των λιπαρών υλών

6.2.1. Φυσικές ιδιότητες των λιπαρών υλών

Οι φυσικές ιδιότητες των λιπαρών οξέων, καθώς και των εστέρων τους με αλκοόλες, εξαρτώνται από το μέγεθος της αλειφατικής τους αλυσίδας και τον αριθμό των διπλών δεσμών που φέρουν.

Οι πιο χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες των λιπών και ελαίων αναφέρονται στη συνέχεια. Είναι αυτές που προκαλούνται υπό την επίδραση εξωτερικών παραγόντων (πχ. θέρμανση).

- Πυκνότητα: Η πυκνότητα των λιπών και ελαίων έχει τιμές περί τα 0.9 g/mL δηλ. τα λίπη και τα έλαια είναι ελαφρότερα από το νερό (που έχει $\rho=1.0$ g/mL) και όταν αναμιχθούν με αυτό επιπλέουν γιατί δεν είναι και αναμίξιμα με το νερό.
- Διαλυτότητα: Η διαλυτότητα των λιπών και ελαίων στο νερό είναι πολύ μικρή. Ωστόσο διαλύονται όμως σε οργανικούς διαλύτες, κυρίως σε μη πολικούς οργανικούς διαλύτες (πχ. αιθέρας, εξάνιο, τετραχλωράνθρακας), αλλά και σε μετρίως πολικούς (πχ. χλωροφόρμιο, αιθανόλη).
- Πολυμορφισμός: Είναι η ιδιότητα των λιπαρών ουσιών κατά την μια στερεή ουσία μπορεί να κρυσταλλωθεί σε περισσότερα του ενός κρυσταλλικά συστήματα.

6.2.2. Χημικές ιδιότητες των λιπαρών οξέων

Οι χημικές ιδιότητες των λιπαρών υλών διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Σε αυτές που προκαλούνται από την επίδραση ορισμένων χημικών αντιδραστηρίων.
- Σε αυτές που προκαλούνται από εξωτερικές, συνήθως ήπιες, επιδράσεις περιβάλλοντος, όπως το φως, η θερμότητα, η παραμονή κ.ά. και οδηγούν σε ήπια υποβάθμιση των ελαίων.
- Σε αυτές που προκαλούνται από εξωτερικές, συνήθως έντονες επιδράσεις όπως είναι οι μεγάλες θερμοκρασίες.

Στις συνθήκες αυτές συνήθως αναπτύσσονται και αντιδράσεις των προηγούμενων περιπτώσεων όπως πχ. υδρολύσεις, οξειδώσεις, ισομερειώσεις κ.ά.

6.3. Πέψη λίπους

Τα βακτήρια στο προστομάχους των μηρυκαστικών ζώων υδρολύουν το λίπος της ζωοτροφής και υδρογόνουν τα ακόρεστα λιπαρά οξέα και ιδίως τα C₁₈ με 2-3 διπλούς δεσμούς. Σε περιορισμένη κλίμακα συνθέτουν ανώτερα λιπαρά οξέα. Η αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του σιτηρεσίου μειώνει την κυτταρινόλυση και αυξάνει έμμεσα την παραγωγή προγονικού οξέος.

Επιπροσθέτως, η αύξηση των ακόρεστων λιπαρών οξέων στη τροφή μειώνει την παραγωγή CH₄ (Ζέρβας και συν., 2004).

6.4. Μεταβολισμός λίπους

Ο μεταβολισμός του λίπους κατέχει κεντρική θέση στην ενεργειακή οικονομία του οργανισμού. Πλεονάσματα γλυκόζης ή ΕΛΟ υπερβαίνουν τις ανάγκες του οργανισμού σε ATP αναβολίζονται και αποθηκεύονται κυρίως στον λιπώδη ιστό ως ΤΑΓ (Τριγλυκερίδια). Αυξημένες ανάγκες ATP σε μη καλυπτόμενες από την παραλαμβανόμενη με την τροφή ενέργεια, καλύπτονται με κινητοποίηση του σωματικού λίπους (λιπόλυση) και μεταφορά των ΕΛΟ στους ιστούς και το ήπαρ χαλαρά ενωμένων με αλβουμίνη.

Η λιπόλυση τελεί υπό την επίδραση ορμονών και γενικά β-αγωνιστών, οι οποίοι συνδεόμενοι με β-υποδοχείς των λιποκυττάρων προκαλούν την παραγωγή ειδικής πρωτεΐνης η οποία ενεργοποιεί την αδενυλική κυκλάση. Με αυτή αποφωσφορλώνεται μερικώς η ATP προς 3,5 c-AMP από την οποία κινεί διαδικασία που οδηγεί τελικά στην ενεργοποίηση της ορμονοευαίσθητης λιπάσης που υδρολύει τις ΤΑΓ.

Τα προϊόντα της υδρόλησης των ΤΑΓ μεταφέρονται στους ιστούς ή το ήπαρ, όπου μεν η γλυκερόλη αναβολίζεται προς 6-ΦΓ ή καταβολίζεται προς ΠΟ (πυροσταφυλικό οξύ), τα ΕΛΟ καταβολίζονται με τη διαδικασία της β-οξειδωσης στα μιτοχόνδρια. Το γεγονός ότι το ΕΟΞΟ (ενεργοποιημένο οξικό οξύ) που προκύπτει από την οξειδωση των ΕΛΟ (Ελεύθερα λιπαρά οξέα) εισέρχεται στον ΚΚΟ (Κύκλος κιτρικού οξέος) μόνο από μια πύλη, ενώ οι μεταβολίτες της γλυκόζης μπορούν να εισέρχονται από 2, έχει ιδιαίτερη σημασία στη για τη θρέψη των ζώων. Δηλαδή, καθιστά δυνατή την οξειδωση των υδατανθράκων και του λίπους σε διάφορες μεταξύ του αναλογίες και επιτρέπει στο ζώο να προσαρμόζεται στη σύσταση του σιτηρεσίου (Ζέρβας και συν., 2004).

Στις υψιπαραγωγές αγελάδες και κυρίως κατά το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής ο οργανισμός καταφεύγει στην αποδομή και την οξειδωση του σωματικού λίπους. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι, οι ανάγκες σε ενέργεια είναι υψηλές αλλά η πρόληψη ενέργειας με την τροφή είναι ανεπαρκής, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση ΕΟΞΟ στο ήπαρ. Αν παράλληλα, λόγω κακής σύνθεσης του σιτηρεσίου, η παραγωγή ΠΠΟ είναι ανεπαρκής και η τροφοφοδότηση του ΚΚΟ με ΟΟ (οξαλικό ξύ) περιορισμένη το ΕΟΞΟ αξιοποιείται ατελώς και το πλεόνασμα του μεταβολίζεται αναγκαστικά σε ακετικό οξύ και τα παράγωγα του β-υδροξυβουτυρικό οξύ. Η συσσώρευση των σωμάτων αυτών στο αίμα (υπερκετοναίμια) αποτελεί νοσηρό παράγοντα.

Από το ελαικό οξύ ο οργανισμός των ζώων μπορεί να δημιουργήσει τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα οξέα αυτά πρέπει οπωσδήποτε το ζώο να τα προμηθευτεί μέσω της τροφής του. Στα αγροτικά ζώα, αρκεί η χορήγηση του λινελαικού οξέος γιατί από αυτά συνθέτουν τα άλλα δύο (Ζέρβας και συν., 2004).

6.5. Ζωοτροφές και λίπη

Οι λιπαρές ουσίες είναι συστατικά των ζωοτροφών τα οποία εκχυλίζονται με οργανικούς διαλύτες. Σε αυτές περιλαμβάνονται τα ουδέτερα λίπη και τα ελαία, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, αιθέρια έλαια, λιποδιαλυτές βιταμίνες και χρωστικές. Τα λιπαρά οξέα διακρίνονται σε απαραίτητα και μη απαραίτητα. Τα απαραίτητα είναι το λινελαικό, το λινολενικό και το αραχιδονικό και τα μη απαραίτητα όλα τα υπόλοιπα (Ζέρβας και συν., 2004).

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. Στις ζωοτροφές φυτικής προέλευσης περιέχονται κατά περίπτωση όλα τα είδη λιπαρών ουσιών, ενώ στις ζωοτροφές ζωικής προέλευσης μόνο τα ουδέτερα λίπη και έλαια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και οι λιποδιαλυτές βιταμίνες.

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.

Στους καρπούς ανήκουν οι δημητριακοί καρποί (Δ.Κ.) όπως ο αραβόσιτος, το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη, η σίκαλη, το τριτικάλε, το σόργο και, με μικρότερη σημασία για τη διατροφή των ζώων, το ρύζι. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους σε άμυλο (45-70 %) και επομένως το υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο και η χαμηλή σε αζωτούχες ουσίες (8-14 %, πτωχών σε λυσίνη και μεθειονίνη) και σε ανόργανα στοιχεία (κυρίως σε Ca και Na). Μερικοί από αυτούς περικλείονται σε ξυλώδη περιβλήματα (κριθάρι, βρώμη, είδη σόργου), με αποτέλεσμα την αυξημένη περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες, συγκριτικά με τους υπόλοιπους Δ.Κ.

Στα σιτηρέσια των φυτοφάγων ζώων, όλοι οι Δ.Κ. χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές των χονδροειδών ζωοτροφές, ενώ σε αυτά των παμφάγων ως βασικές. Στη δεύτερη περίπτωση, η ποσοτική χρησιμοποίηση του κάθε Δ.Κ. εξαρτάται αφ' ενός μεν από την ηλικία του υπό διατροφή ζώου, αφ' ετέρου δε από την περιεκτικότητα του καρπού σε ινώδεις και σε αντιδιαιτητικές ουσίες. Εξαιρέσει του καρπού αραβοσίτου, στους άλλους Δ.Κ. απαντώνται διάφορα αντιδιαιτητικά συστατικά που περιορίζουν λιγότερο ή περισσότερο τη χρησιμοποίησή τους, κυρίως στα νεαρά παμφάγα ζώα.

Εκτός των Δ.Κ. υπάρχουν και μερικοί καρποί δένδρων (ξυλοκέρατα, κάστανα, βαλανίδια) που χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στη διατροφή ζώων που εκτρέφονται με το εκτατικό σύστημα.

Τα σπέρματα, που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων, άλλα μεν προέρχονται από ψυχανθή άλλα δε από διάφορα άλλα φυτά. Από τα σπέρματα των ψυχανθών, μερικά χαρακτηρίζονται από την υψηλή περιεκτικότητά τους σε αζωτούχες ουσίες (πλούσιων σε απαραίτητα αμινοξέα) και λιπαρές ουσίες (π.χ. σπέρματα σόγιας και αραχίδας) και μερικά από υψηλή περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες και υδατάνθρακες (π.χ. σπέρματα κουκιών, βίκου, λούπινων, κλπ.). Τα σπέρματα άλλων φυτών περιέχουν υψηλό ποσοστό αζωτούχων και λιπαρών ουσιών και σχετικά υψηλό ποσοστό ιωδών ουσιών λόγω των περιβλημάτων στα οποία περικλείονται. Τέτοια είναι τα σπέρματα του βαμβακιού, του ηλίανθου, του λίνου, του σησαμιού, κ.ά.

Η χρησιμοποίηση των σπερμάτων στη διατροφή των ζώων είναι περιορισμένη λόγω του ότι τα περισσότερα από αυτά (τα ελαιούχα) χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες παραγωγής σπορέλαιων και επιπλέον όλα σχεδόν περιέχουν διάφορες αντιδιαιτητικές ουσίες.

Οι καρποί και τα σπέρματα παράγονται εποχικά και σε μεγάλες ποσότητες και είναι αναγκαία η συντήρησή τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επειδή όμως περιέχουν

μεγάλες ποσότητες συστατικών που αλλοιώνονται εύκολα (λίπος) ή αποτελούν υπόστρωμα ανάπτυξης μικροοργανισμών, εντόμων, κλπ. (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες), θα πρέπει άφ' ενός μεν να μην περιέχουν υψηλό ποσοστό υγρασίας (όχι >14 %), αφ' ετέρου δε στους χώρους συντήρησής τους να επικρατούν κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας (Ζέρβας και συν., 2004).

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στους ζωικούς οργανισμούς και γενικά χαρακτηρίζουν τη ζωή τους είναι αποτέλεσμα μιας διαρκούς μεταβολής της δομής και της κατάστασης της ύλης. Η ζώσα ύλη που φθείρεται κατά τις μεταβολές αυτές αντικαθίστανται με τη τροφή, τα συστατικά της οποίας ανήκουν στις ίδιες κατηγορίες ενώσεων στις οποίες ανήκουν και τα συστατικά του σώματος των ζώων. Συνεπώς για την κατάσταση των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα εντός του ζωικού οργανισμού και για τη διευκρίνιση του ρόλου που διαδραματίζει η τροφή κατά τη διεξαγωγή αυτών είναι αναγκαία η γνώση της χημικής φύσης των ουσιών οι οποίες μετέχουν στα φαινόμενα αυτά. Το γεγονός ότι μεταξύ της σύστασης του σώματος των ζώων και εκείνης των φυτών από τα οποία προέρχονται κατά κύριο λόγο οι ζωοτροφές υπάρχουν ποσοτικές διαφορές, επιτρέπει την κοινή εξέταση των συστατικών αυτών. Στην παρούσα εργασία, εξετάστηκαν τα τρία κυριότερα οργανικά συστατικά της ξηράς ουσίας των ζωοτροφών: υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπη. Ειδικότερα διαπιστώθηκε πως οι φυτικές ζωοτροφές είναι πλούσιες σε πρωτεΐνες ενώ το σώμα των αγροτικών ζώων χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπη. Ένας από τους βασικούς στόχους της διατροφής των αγροτικών ζώων είναι ο εφοδιασμός τους με τα απαραίτητα λιπαρά οξέα και τα απαραίτητα αμινοξέα, καθώς και η χορήγηση κατάλληλων φυτικών ζωοτροφών (πλούσιες σε υδατάνθρακες) για την απόκτηση της απαιτούμενης ενέργειας.

Κεφάλαιο 8

Βιβλιογραφία

- Διαμαντίδης, Γ., 1994. Εισαγωγή στη Βιοχημεία. Εκδόσεις University Studio Press Θεσσαλονίκη.
- Ζέρβας, Γ., Καλαισάκης, Π., Φεγγερός, Κ., 2004. Διατροφή Αγροτικών Ζώων. Εκδόσεις Σταμούλη.
- Κανδρέλης, Σ, Ρούκος, Χ., Κουτσούκης, Χ., 2009. Σημειώσεις εργαστηρίου Βασικής Διατροφής αγροτικών ζώων. ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα.
- Καραμήτσος, Δ.Θ., 2000. Διαβητολογία: Θεωρία και πρακτική στην αντιμετώπιση του σακχαρώδη διαβήτη. Θεσσαλονίκη: Ιατρικές Εκδόσεις Σιώκης.
- Kates, M., 1986. Techniques of Lipidology. Isolation, Analysis and Identification of Lipids, 2nd Edition 1986, Elsevier, Amsterdam.
- Τσιπλάκου, Ε., 2008. Συγκριτική μελέτη παραγωγής συζευγμένου λινελαϊκού οξέος μεταξύ προβάτων και αιγών. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.

Ιστότοποι

- <http://ecourse.uoi.gr/mod/resource/view.php?id=34893>.
- https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/934/1/02_chapter_22.pdf.