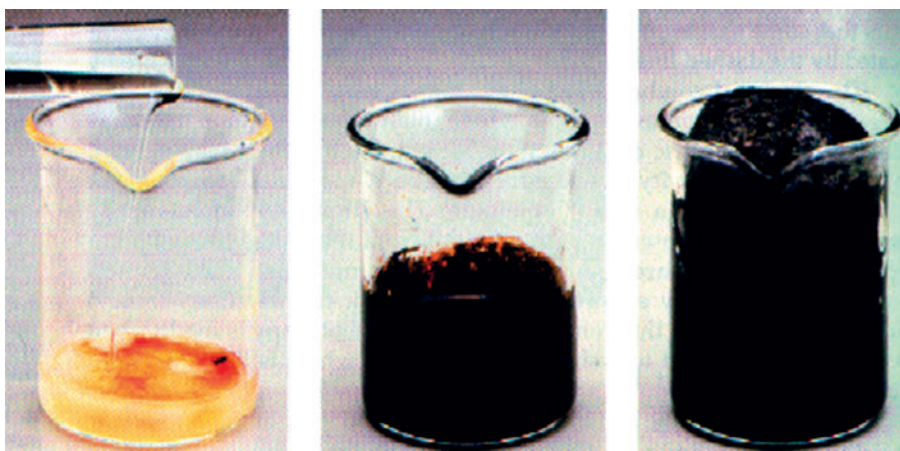


(5.1.) Υδατάνθρακες

Κατάταξη των υδατανθράκων

Η κατηγορία των ενώσεων που είναι γνωστή ως υδατάνθρακες πήρε αυτή τη γενική ονομασία από κάποιες αρχικές παρατηρήσεις που έδειχναν ότι συχνά έχουν το γενικό τύπο $C_x(H_2O)_y$. Θεωρήθηκαν δηλαδή «ενυδατωμένοι άνθρακες».



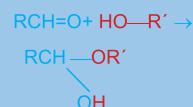
Οι απλοί υδατάνθρακες είναι επίσης γνωστοί και ως **σάκχαρα** ή **σακχαρίτες** (από το Λατινικό *saccharum* = ζάχαρη), μια και έχουν γλυκιά γεύση. Στην ίδια αιτία οφείλεται και η κατάληξη **-όζη** στο όνομα των περισσότερων από αυτούς. Έτσι υπάρχουν ονόματα όπως **σακχαρόζη** για τη συνηθισμένη ζάχαρη, **γλυκόζη** για το κύριο ζάχαρο του αίματος και **μαλτόζη** για το ζάχαρο της βύνης.

Μία άλλη ταξινόμηση, πιο ορθολογική αυτή τη φορά, μια και αποδίδει την ή τις χαρακτηριστικές ομάδες, είναι εκείνη η οποία στηρίζεται στον ορισμό: **υδατάνθρακες είναι πολυυδροξυαλδεΐδες ή πολυυδροξυκετόνες ή καλύτερα ενώσεις που υδρολύόμενες δίνουν πολυυδροξυαλδεΐδες ή πολυυδροξυκετόνες**. Παρόλο που η διάκριση αυτή στηρίζεται στις χαρακτηριστικές ομάδες, δεν είναι πλήρως ικανοποιητική. Και αυτό διότι οι περιεχόμενες ομάδες $C=O$ (καρβονύλιο) και $-OH$ είναι κατά κύριο λόγο με μορφή **ημιακεταλών** ή **ακεταλών** (ή **ημικεταλών** και **κεταλών** αντίστοιχα για πολυυδροξυκετόνες).

Μία επιπλέον ταξινόμηση στηρίζεται στα προϊόντα της υδρόλυσης των υδατανθράκων. Έτσι **οι υδατάνθρακες οι οποίοι δεν υδρολύονται σε μικρότερους, απλούστερους υδατάνθρακες λέγονται μονοσακχαρίτες**. Οι υδατάνθρακες που όταν υδρολύονται δίνουν ανά μόριό τους δύο μόρια μονοσακχαριτών ονομάζονται **δισακχαρίτες**.

- Υπάρχουν ουσίες με έντονα γλυκιά γεύση που δεν είναι σάκχαρα, όπως τα συνθετικά γλυκαντικά σακχαρίνη και ντουλσίνη ($C_2H_5O-C_6H_5-NH-CO-NH_2$). Υδατικό διάλυμα σακχαρίνης είναι 300 φορές πιο γλυκό από διάλυμα ζάχαρης της ίδιας συγκέντρωσης.

- Μία ημιακετάλη προκύπτει με βάση την παρακάτω αντίδραση



- Για πολυσακχαρίτες οι οποίοι προκύπτουν από εξόζες ισχύει γενικά:

n mol $C_6H_{12}O_6$ δίνουν 1 mol πολυσακχαρίτη και $(n-1)$ mol H_2O
π.χ. για τρισακχαρίτη ($n=3$) από γλυκόζη έχουμε:
 $3 C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{18}H_{32}O_{16} + 2H_2O$.

ΣΧΗΜΑ 4.1 Αφυδάτωση ζάχαρης με θειικό οξύ. Στη φωτογραφία φαίνεται η πλήρης απανθράκωση της ζάχαρης που δικαιολογεί το χαρακτηρισμό υδατάνθρακας.

Εκείνοι που δίνουν τρία μόρια **τρισακχαρίτες** κ.ο.κ. Υδατάνθρακες οι οποίοι υδρολυόμενοι δίνουν 2 έως 10 μόρια μονοσακχαριτών καλούνται επίσης **ολιγοσακχαρίτες**. Αν δίνουν μεγάλο (>10) αριθμό μονοσακχαριτών, χαρακτηρίζονται **πολυσακχαρίτες**.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μερικοί συνηθισμένοι υδατάνθρακες με την ονομασία, τη δομή και την προέλευσή τους.

Πίνακας 4.1 χαρακτηριστικά παραδείγματα υδατάνθρακων

Όνομα	Κατηγορία	Δομή	Απαντάται
Γλυκόζη	Μονοσακχαρίτης Αλζοεξόζη	$C_6H_{12}O_6$	Σε φυτά και ζώα
Φρουκτόζη	Μονοσακχαρίτης Κετοεξόζη	$C_6H_{12}O_6$	Φρούτα και μέλι
Σακχαρόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη—Φρουκτόζη	Σακχαροκάλαμο, παντζάρια
Μαλτόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη—Γλυκόζη	Βύνη
Λακτόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη—Γαλακτόζη	Γάλα
Άμυλο	Πολυσακχαρίτης	Αλυσίδα μονάδων γλυκόζης	Πατάτα, σιτάρι, αλεύρι
Κυτταρίνη	Πολυσακχαρίτης	Αλυσίδα μονάδων γλυκόζης	Ξύλο, βαμβάκι

Οι υδατάνθρακες είναι το πλέον άφθονα διαδεδομένο οργανικό υλικό των φυτών. Είναι η κύρια πηγή ενέργειας των ζώντων οργανισμών (σάκχαρα και άμυλο). Πέρα από αυτό όμως, στα φυτά και σε ορισμένα ζώα χρησιμοποιούνται ως το βασικό συστατικό του σκελετικού ιστού (κυτταρίνη). Αυτή είναι η βασική αποστολή της κυτταρίνης, που βρίσκεται στο ξύλο, στο βαμβάκι, στο λινάρι.

Συναντάμε τους υδατάνθρακες σε όλες τις δραστηριότητες της καθημερινής μας ζωής. Το χαρτί αυτού του βιβλίου είναι φτιαγμένο κατά κύριο λόγο από κυτταρίνη. Το ίδιο και το βαμβάκι των ρούχων μας και το ξύλο κάθε οικοδομής. Το αλεύρι από το οποίο φτιάχνεται το ψωμί είναι κυρίως άμυλο, το οποίο επίσης είναι συστατικό πολλών τροφών, όπως η πατάτα, το ρύζι, τα φασόλια και τα μπιζέλια.

Κατάταξη των μονοσακχαριτών

Οι μονοσακχαρίτες κατατάσσονται με βάση δύο κριτήρια:

1. Τον **αριθμό των ατόμων C** που υπάρχουν στο μόριό τους και
2. Τη **χαρακτηριστική ομάδα**, αν αυτή είναι αλδευδο- ή κέτο- ομάδα. Έτσι ένας μονοσακχαρίτης που περιέχει 3 άτομα C είναι μία **τριόζη**, 4 C μία **τετρόζη** κ.ο.κ. Σημαντικές εδώ είναι οι **εξόζες** με 6 άτομα C.

Αλδόζη είναι ένας μονοσακχαρίτης ο οποίος, πέρα των υδροξυο-



Ένας μονοσακχαρίτης (γλυκόζη), ένας δισακχαρίτης (ζάχαρη) και ένας πολυσακχαρίτης (άμυλο-αλεύρι)



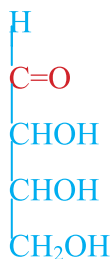
Το μέλι είναι πυκνό διάλυμα σακχάρων με κύρια τα γλυκόζη και φρουκτόζη.

• Η **γλυκόζη**, $C_6H_{12}O_6$, είναι μία αλδοεξόζη ενώ η ισομερής της **φρουκτόζη** είναι μία κετοεξόζη.

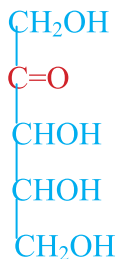
• Οι γενικότερες χημικές ιδιότητες των απλών σακχάρων είναι ένας συνδυασμός των ιδιοτήτων των αλκοολικών $—OH$ και της καρβονυλομάδας $—C=O$.

Έτσι π.χ. με προσθήκη H_2 δίνουν (πολύ)αλκοόλες.

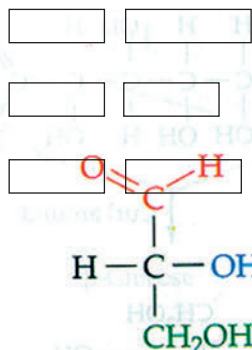
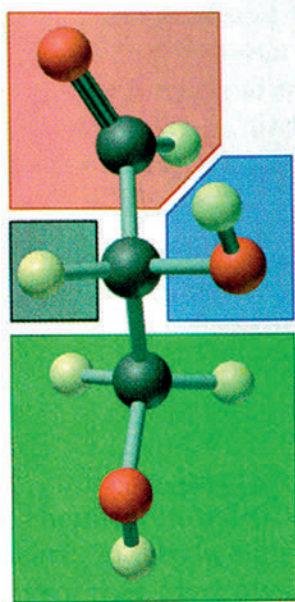
μάδων, περιέχει και μία αλδεϋδομάδα. Αντίστοιχα, αν περιέχει μία κετονομάδα, είναι μία κετόζη. Αυτές οι δύο ταξινομήσεις συχνά συνδυάζονται. Έτσι π.χ. μία αλδόζη με 4 C είναι μία αλδοτετρόζη. Μία κετοπεντόζη θα είναι ένας υδατάνθρακας με μία κετονομάδα και με 5 C. Με ανεπτυγμένους δομικούς ή συντακτικούς τύπους θα είναι:



μία αλδοτετρόζη



μία κετοπεντόζη



D- γλυκεριναλδεϋδη

• Άλλη μία σημαντική ιδιότητα των σακχάρων είναι ότι υφίστανται **ζυμώσεις** (ενζυματικές διασπάσεις). Κυριότερες είναι η γαλακτική (με προϊόν το γαλακτικό οξύ) και η αλκοολική (με προϊόν την αιθανόλη). Οι πολυσακχαρίτες γενικά δε ζυμώνονται απευθείας αλλά αφού διασπασθούν πρώτα με οξέα ή ένζυμα σε απλά σάκχαρα.

ΣΧΗΜΑ 5.2 Μοριακό μοντέλο της απλούστερης αλδοτριόζης, που είναι η γλυκεριναλδεϋδη. Σ' αυτό φαίνονται οι χαρακτηριστικές ομάδες.

Αναγωγικές ιδιότητες των μονοσακχαριτών

Από χημική σκοπιά, η κύρια ιδιότητα των μονοσακχαριτών είναι ο **αναγωγικός** χαρακτήρας τους. Αυτός οφείλεται στην παρουσία χαρακτηριστικών ομάδων που είναι γνωστές για τις αναγωγικές τους ιδιότητες, όπως π.χ. η αλδεϋδομάδα —CH=O.

Έτσι ένας αριθμός οξειδωτικών μέσων χρησιμοποιήθηκαν για την **ταυτοποίηση** των χαρακτηριστικών ομάδων των υδατανθράκων. Αυτά τα μέσα συνέβαλαν στην αποκάλυψη της δομής τους αλλά και στη **σύνθεσή** τους στο εργαστήριο. Μεταξύ αυτών σημαντικά είναι τα αντιδραστήρια των Fehling και Benedict (το οποίο είναι μία παραλλαγή του αντιδραστήριου του Fehling) καθώς και του Tollens.

Τα αντιδραστήρια αυτά οξειδώνουν και συνεπώς δίνουν, κατά την κλασική έκφραση, θετική αντίδραση (ή θετική δοκιμασία, test) με τις

αλδεϋδες και τις **α-υδροξυκετόνες**. Συνεπώς, από τους υδατάνθρακες, αντιδρούν θετικά μόνο οι **αλδόζες** και οι **α-υδροξυκετόζες** (βλέπε κεφάλαιο 2).

Τα αντιδραστήρια **Fehling** και **Benedict** ανάγονται προς ένα κεραμέρυθρο ίζημα από Cu_2O ($\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$), όταν οξειδώνουν αλδεϋδες σε αλκαλικά διαλύματα. Οι α-υδροξυ-κετόνες σε αλκαλικά διαλύματα μετατρέπονται σε αλδεϋδες και συνεπώς αντιδρούν και αυτές θετικά. Σχηματικά η αντίδραση είναι:



Η δημιουργία λοιπόν του κεραμέρυθρου ιζήματος είναι μία αδιάψευστη ένδειξη θετικής αντίδρασης. Στην περίπτωση του αντιδραστήριου του Tollens σχηματίζεται το λεγόμενο **κάτοπτρο αργύρου**.

Υδατάνθρακες οι οποίοι αντιδρούν θετικά με τα παραπάνω αντιδραστήρια λέγονται και **αναγωγικά σάκχαρα** (ή ανάγοντα σάκχαρα). Τέτοια είναι όσα στη δομή τους περιέχουν αλδεϋδομάδα ή α-υδροξυκετοομάδα. Υδατάνθρακες οι οποίοι δεν αντιδρούν με αυτά λέγονται **μη αναγωγικά σάκχαρα** και δεν περιέχουν τις παραπάνω ομάδες.

Τα παραπάνω επώνυμα αντιδραστήρια έχουν σημαντική διαγνωστική αξία. Μάλιστα το αντιδραστήριο του Benedict χρησιμοποιείται και για ποσοτικούς προσδιορισμούς της γλυκόζης στο αίμα και στα ούρα.

Αναγωγικές ιδιότητες παρουσιάζουν τα απλά σάκχαρα και από τους ολιγοσακχαρίτες μόνο εκείνοι οι οποίοι έχουν ελεύθερο καρβονύλιο. Το καλαμοσάκχαρο π.χ. δεν είναι **αναγόμενο σάκχαρο**. Οι πολυσακχαρίτες δεν εμφανίζουν αναγωγικές ιδιότητες.

Φωτοσύνθεση και μεταβολισμός των υδατανθράκων.

Οι υδατάνθρακες συνθέτονται στα πράσινα φυτά με την **φωτοσύνθεση**. Αυτή είναι μία πολύπλοκη διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια, για να ανάγει ή να δεσμεύσει το CO_2 . Η συνολική αντίδραση για τη φωτοσύνθεση, σχηματικά μόνο δίνεται από την:



Η φωτοσύνθεση είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο με πολλά ενδιάμεσα στάδια στα οποία χρησιμοποιούνται ένζυμα ως καταλύτες. Έχει λοιπόν έναν πολύπλοκο μηχανισμό ο οποίος δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητός. Γνωρίζουμε πάντως ότι η φωτοσύνθεση ξεκινά με την απορρόφηση ηλιακού φωτός από την κύρια χρωστική των φυτών, τη **χλωροφύλλη**. Το πράσινο χρώμα της και η δυνατότητα που έχει απ' αυτό ν' απορροφά στην ορατή περιοχή του ηλιακού φάσματος, οφείλονται κατά κύριο λόγο στη δομή της η οποία περιλαμβάνει εκτεταμένους **συζυγιακούς δεσμούς**. Καθώς τα φωτόνια του ηλιακού φωτός δεσμεύονται ή «παγιδεύονται» από τη χλωροφύλλη, απορροφάται και αποθηκεύεται ενέργεια από το φυτό με μορφή χημικής ενέργειας

• Θερμίδες από διάφορες συνηθισμένες τροφές σε Kcal.

Μήλο (μεγάλο)	100
Μπίρα (ποτήρι)	115
Κόλα (ποτήρι)	105
Παγωτό (κύπελλο)	190
Milk shake	500
Hamburger	350
Μπριζόλα χοιρινή	1000

πια. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την αντίδραση μετατροπής - αναγωγής του CO_2 προς υδατάνθρακες και οξείδωσης του νερού προς O_2 .

Οι υδατάνθρακες στα φυτά είναι η κύρια «αποθήκη» της ηλιακής ενέργειας και μέσω αυτών μεταφέρεται και στα ζώα ως τροφή. Η ενέργεια αυτή απελευθερώνεται, όταν τα ζώα ή τα φυτά μεταβολίζουν τους υδατάνθρακες προς CO_2 και νερό σύμφωνα με τη γενική σχηματική αντίδραση:



Ο μεταβολισμός των υδατανθράκων είναι και αυτός με τη σειρά του ένα σύνολο ενζυματικά καταλυομένων αντιδράσεων στις οποίες κάθε στάδιο-βήμα που δίνει ενέργεια (εξώθερμο ή καλύτερα **εξωεργονικό**) είναι μία οξείδωση (ο C από αριθμό οξείδωσης 0 αυξάνει προς το +4).

Παρόλο που ένα μέρος της ενέργειας η οποία απελευθερώνεται αναπόφευκτα μετατρέπεται σε θερμότητα, το μεγαλύτερο μέρος αυτής, μετατρέπεται σε μία νέα χημική μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σύνθεση της **τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP)** από τη **διφωσφορική αδενοσίνη (ADP)** και ανόργανα άλατα του φωσφόρου. Η ενδοεργονική αυτή δράση παρίσταται ως:



Τα φυτά και τα ζώα χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του ATP, για να ικανοποιήσουν όλες τις διαδικασίες οι οποίες απαιτούν ενέργεια, όπως π.χ. μία μυϊκή δραστηριότητα.

Τρεις είναι οι κυριότεροι πολυσακχαρίτες που αποτελούν και οι τρεις πολυμερή της γλυκόζης: **το άμυλο, το γλυκογόνο και η κυτταρίνη**. Από αυτούς το άμυλο είναι η κύρια αποθηκευμένη τροφή στα φυτά. Το γλυκογόνο είναι η αποθηκευμένη μορφή υδατανθράκων στα ζώα. Η δε κυτταρίνη χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό των φυτών.

• Παρόλο που υπάρχουν μικρές διαφορές στην θερμιδομετρική αξία, 1g σακχάρων αποδίδει $\approx 4,0 \text{ kcal}$. έναντι 9,0 Kcal των λιπών.

Συνήθως η θερμιδομετρική αξία των τροφών υπολογίζεται από την περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, λίπη και πρωτεΐνες και από τον "κώδικα 4-4-9" σε Kcal ανά g αντίστοιχα.

(4.2.) Λίπη και έλαια

Εισαγωγή

Όταν ένας ζωικός ή φυτικός ιστός εκχυλίζεται με ένα μη πολικό διαλύτη (π.χ. αιθέρα, χλωροφόρμιο, βενζόλιο ή κάποιο αλκάνιο), ένα μέρος από τον ιστό αυτό διαλύεται. Τα συστατικά αυτά, τα οποία διαλύονται σε αυτές τις συνθήκες λέγονται **λιπίδια**.

Τα λιπίδια περιλαμβάνουν μία μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ενώσεων όπως **καρβοξυλικά οξέα** (ή **λιπαρά οξέα**), **τριστέρες της γλυκερίνης** ή **τριγλυκερίδια** (ή **ουδέτερα λίπη**), **φωσφολιπίδια**, **γλυκολιπίδια**, **κηρούς**, **τερπένια**, **στεροειδή** και **προσταγλανίνες**. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα εξεταστούν τα σημαντικότερα θέματα που αφορούν τα λίπη.

Λιπαρά οξέα και τριγλυκερίδια

Όπως είδαμε, μόνο ένα μικρό μέρος από το παραπάνω εκχύλισμα του ιστού αποτελείται από ελεύθερα καρβοξυλικά οξέα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος είναι κυρίως εστέρες αυτών με **γλυκερίνη**, γνωστοί ως **γλυκερίδια** ή **τριγλυκερίδια** ή με πιο σύγχρονη ονοματολογία **γλυκερυλοαλκανοϊκοί** (εστέρες). Τα πλέον συνήθη τριγλυκερίδια είναι εκείνα τα οποία έχουν καρβοξυλικά οξέα με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα.

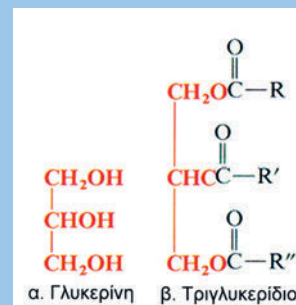
Τα τριγλυκερίδια αυτά είναι τα **έλαια** και τα **λίπη** φυτικής και ζωικής προέλευσης. Περιλαμβάνουν πολλές ουσίες κοινής χρήσης, όπως φυστικέλαιο, ελαιόλαδο, σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, βούτυρο, λαρδί και ξίγκι. Εκείνα τα τριγλυκερίδια που είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου είναι γνωστά ως **έλαια**, ενώ εκείνα που είναι στερεά ονομάζονται συνήθως **λίπη**.

Τα καρβοξυλικά οξέα που προκύπτουν από την **υδρόλυση** των φυσικών λιπών και ελαίων έχουν συνήθως ευθεία αλυσίδα με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα. Μεταξύ αυτών κυριότερα είναι εκείνα με 14, 16 και 18 C.

Στον πίνακα 4.2 δίνονται τα συνήθη λιπαρά οξέα με τα αντίστοιχα σημεία τήξης τους (μία και αυτά κανονίζουν και τη φυσική κατάσταση των εστέρων τους).

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ (54 °C)	μυριστικό οξύ (δεκατετρανικό οξύ)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ (63 °C)	παλμιτικό οξύ (δεκαεξανικό οξύ)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ (70 °C)	στεατικό οξύ (δεκαοκτανικό οξύ)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ (4 °C)	ελαϊκό οξύ (9-δεκαοκτενικό οξύ)

• Τα λιπίδια βλέπει κανείς ότι ορίζονται μέσα από τη φυσική διαδικασία η οποία χρησιμοποιείται για την απομόνωσή τους και όχι από τη χημική δομή τους, όπως συμβαίνει στους υδατάνθρακες και στις πρωτεΐνες.

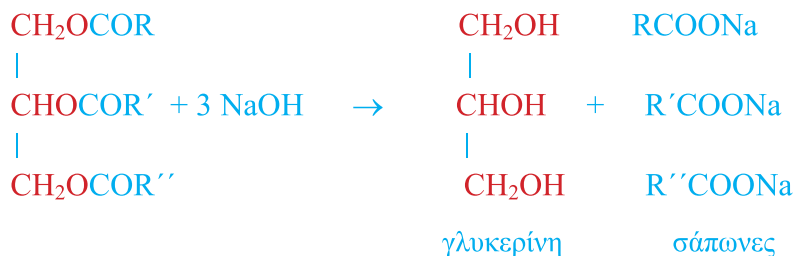


Λαρδί: το "beaon"

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Συνήθη λιπαρά οξέα και τα σ.τ. αυτών

Σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων

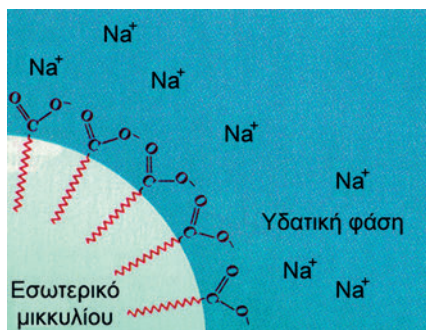
Σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων είναι η υδρόλυσή τους σε αλκαλικό περιβάλλον π.χ. παρουσία NaOH ή KOH. Αυτή δίνει ως προϊόντα γλυκερίνη και ένα μίγμα αλάτων μακράς αλυσίδας καρβοξυλικών οξέων με Na ή K. Το μίγμα αυτό αποτελεί τους **σάπωνες** και οι αντιδράσεις σαπωνοποίησης είναι ο τρόπος με τον οποίο αυτοί παρασκευάζονται. Η αντίδραση δίνεται παρακάτω:



Έτσι, λίπη και έλαια βράζονται σε υδατικό διάλυμα NaOH μέχρι να υδρολυθούν πλήρως. Με προσθήκη NaCl στο μίγμα καθιζάνουν οι σάπωνες (εξαλάτωση). Μετά την απομάκρυνση των σαπώνων, η γλυκερίνη διαχωρίζεται από την υδατική φάση με **απόσταξη**. Προσθήκη αρωμάτων παράγει τα αρωματικά σαπούνια. Προσθήκη άμμου Na_2CO_3 και άλλων πληρωτικών υλικών δίνει τα σκληρά σαπούνια. Αν κατά την παρασκευή διοχετευθεί αέρας, παράγονται επιπλέοντα σαπούνια (αν αυτό επιθυμεί η αγορά...).

Απορρυπαντική δράση των σαπώνων

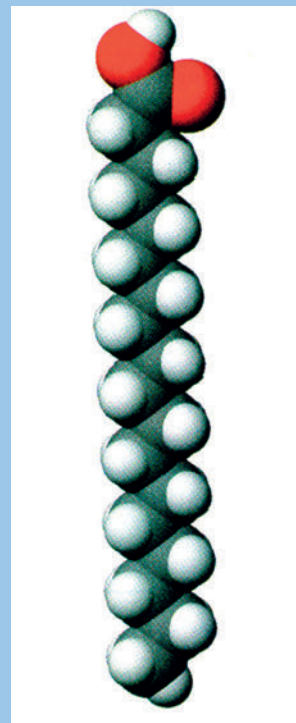
Τα σαπούνια είναι σχεδόν πλήρως αναμίξιμα -διαλυτά- με το νερό. Όμως ο μηχανισμός με τον οποίο διαλύονται είναι διαφορετικός από μία απλή διάσταση προς RCOO^- και Na^+ (αυτό συμβαίνει μόνο στα πολύ αραιά διαλύματα). Κατά τη διάλυσή τους τα σαπούνια σχηματίζουν **μικκύλια** (όπως στην περίπτωση των **κολλοειδών συστημάτων**). Τα μικκύλια των σαπώνων είναι συνήθως σφαιρικά συσσωματώματα καρβοξυλικών ιόντων τα οποία **διασπείρονται** στην υδατική φάση (σχήμα 4.3).



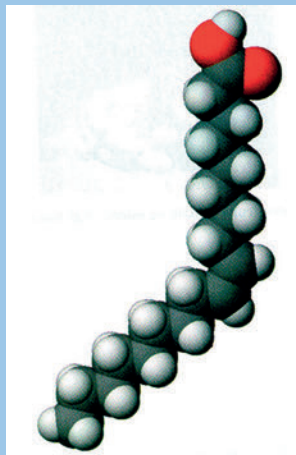
ΣΧΗΜΑ 4.3 Αιώρημα σάπωνα στο νερό.

Τα καρβοξυλικά ιόντα συνωθούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε το αρνητικό τους άκρο (άρα και το πολικό τους τμήμα) να κατευθύνεται προς την επιφάνεια του μικκυλίου, δηλαδή προς την υδατική πολική

• Στη βιομηχανία των απορρυπαντικών γενικά χρησιμοποιείται το λαουρικό οξύ (δωδεκανικό οξύ) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$, το οποίο υπάρχει στο καρυδέλαιο (coconut oil).



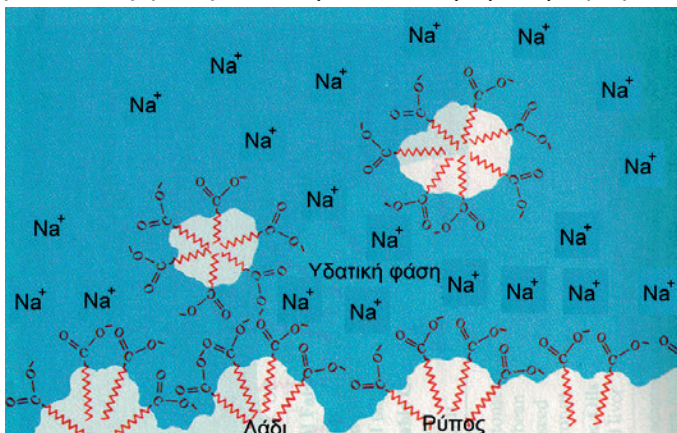
στεατικό οξύ



ελαϊκό οξύ

φάση. Αντίθετα η μη πολική ανθρακική τους αλυσίδα κατευθύνεται προς το εσωτερικό του μικκυλίου. Τα Na^+ διασπείρονται στην υδατική φάση ως μεμονωμένα, ενυδατωμένα ιόντα. Ο σχηματισμός αυτών των μικκυλίων εξηγεί το μηχανισμό της διάλυσης των σαπώνων στο νερό. Το μη πολικό τμήμα τους – άρα το **υδρόφοβο** – της ανθρακικής αλυσίδας παραμένει σε μη πολικό περιβάλλον, στο εσωτερικό του μικκυλίου. Το πολικό τμήμα – άρα και **υδρόφιλο** – δηλαδή η ομάδα RCOO^- κατευθύνεται προς το πολικό υδατικό περιβάλλον. Μια και η επιφάνεια των μικκυλίων είναι αρνητικά φορτισμένη, αυτά απωθούνται και παραμένουν σε αιώρηση ή διασπορά μέσα στην υδατική φάση.

Η κύρια χρήση των σαπουνιών στηρίζεται στη λεγόμενη **απορρυπαντική τους δράση**. Ο μηχανισμός με τον οποίο αυτοί απομακρύνουν τους ρύπους είναι ανάλογος με εκείνον της διάλυσής τους. Οι περισσότερες «βρωμιές» π.χ. στο δέρμα περιβάλλονται από ένα στρώμα λίπους ή λαδιού. Τα μόρια του νερού από μόνα τους είναι ανήμπορα να διαπεράσουν αυτά τα λιπαρά σφαιρίδια, μια και δε διαπερνούν την ελαιώδη φάση. Έτσι, δεν μπορούν να διασπάσουν τον ρύπο σε μικρότερα τεμαχίδια και να τον απομακρύνουν από την επιφάνεια στην οποία αυτός έχει κολλήσει. Αντίθετα, το αιώρημα του σαπουνιού μπορεί να διαχωρίσει τη «βρωμιά» σε μικρότερα τμήματα, μια και η ανθρακική υδρόφοβη αλυσίδα μπορεί να διέλθει από την ελαιώδη επικάλυψή της. Καθώς αυτό γίνεται, κάθε μεμονωμένο σωματίδιο του ρύπου αναπτύσσει μία εξωτερική στοιβάδα καρβοξυλικών ιόντων και συνεπώς προβάλλεται προς την υδατική φάση πιο συμβατά, θα έλεγε κανείς, μέσω της πολικής αυτής ομάδας. Τα τμήματα πια του ρύπου απωθούνται λόγω του εξωτερικού φορτίου, διασπείρονται προς την υδατική φάση και παίρνουν το δρόμο προς την αποχέτευση.



ΣΧΗΜΑ 5.4 Απορρυπαντική δράση σάπωνα.

Συνθετικά απορρυπαντικά

Τα **συνθετικά απορρυπαντικά** δρουν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο δρουν και οι σάπωνες. Από άποψη δομής έχουν και αυτά μία μακριά, μη πολική, κορεσμένη, ανθρακική αλυσίδα με μία πολική ομάδα στο τέλος της. Οι πολικές ομάδες των περισσότερων συνθετικών απορρυ-

παντικών είναι θεικοί ή, καλύτερα, σουλφονικοί εστέρες ή θειικά άλατα του Na, π.χ.:

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_2\text{SO}_2\text{O}^-\text{Na}^+$ (αλκυλοθειικό νάτριο),

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_2\text{OSO}_2\text{O}^-\text{Na}^+$ (θεικοαλκυλονάτριο, άλας),

$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}_2)_n\text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_2\text{O}^-\text{Na}^+$ (αλκυλβενζόλοθειικό νάτριο).

Στα τυπικά απορρυπαντικά το n έχει τιμή ίση με 10-14.

Τα συνθετικά απορρυπαντικά παρουσιάζουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των σαπώνων – και αυτό πέρα από το γεγονός ότι αυτά παρασκευάζονται από μη βρώσιμες ύλες – Λειτουργούν το ίδιο καλά και σε “σκληρό νερό”, το οποίο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} και Fe^{3+} . Αυτό συμβαίνει διότι τα άλατα των αλκυλοσουλφονικών και όξινων θεικών αλκυλίων με Ca, Mg και Fe είναι διαλυτά στο νερό και συνεπώς τα συνθετικά απορρυπαντικά παραμένουν ενεργά και σε τέτοιο περιβάλλον. Αντίθετα, τα αντίστοιχα άλατα των λιπαρών οξέων σχηματίζουν ιζήματα – τις γνωστές αποθέσεις στα είδη υγιεινής και κουζίνας – και συνεπώς απενεργοποιούνται στο σκληρό νερό.

Βιολογικός ρόλος των λιπών και ελαίων

Ο κυριότερος ρόλος των λιπών στη διατροφή των θηλαστικών είναι σαν μία πηγή χημικής ενέργειας. Όταν τα γλυκερίδια αυτά μετατραπούν στον οργανισμό σε CO_2 και H_2O , δηλαδή όταν **μεταβολιστούν**, αποδίδουν διπλάσιο αριθμό θερμίδων ανά g από εκείνες που δίνουν τα σάκχαρα. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγάλη αναλογία των δεσμών C-H ανά μόριο.

Τα γλυκερίδια είναι διανεμημένα σε όλα σχεδόν τα κύτταρα του σώματος, κυρίως όμως είναι αποθηκευμένα ως **σωματικό λίπος** σε μερικές «αποθήκες» από ειδικό συνδετικό ιστό, γνωστό με το όνομα λιπώδης ιστός. Στον ανθρώπινο οργανισμό τα τριγλυκερίδια μπορούν να συντίθενται και από τα τρία βασικά ήδη τροφών, δηλαδή τις πρωτεΐνες, τα σάκχαρα και κυρίως από τα λίπη και τα έλαια. Οι καταναλωτές στην Ευρώπη και στην Αμερική προτιμούσαν ιστορικά τα **ζωικά** λίπη (βούτυρο) τα οποία είναι στερεά, μια και η βάση τους είναι από κορεσμένα λιπαρά οξέα. Η αύξηση του πληθυσμού αλλά και η διαπίστωση ότι τα λίπη αυτά πέρα από κάποιο όριο είναι επιβλαβή, οδήγησε τόσο στην **υδρογόνωση** όσο και κύρια στην εκτεταμένη χρήση των πολυακορέστων ελαίων.

Κατά την πέψη, τα λίπη και έλαια δεν υδρολύονται στο στόμα ή στο στομάχι. Το ένζυμο **λιπάση**, το οποίο εκκρίνεται από το **πάγκρεας**, καταλύει την υδρόλυση του εστερικού δεσμού στο λεπτό έντερο. Όμως το ένζυμο είναι διαλυτό στο νερό σε αντίθεση με τα λίπη. Με τη βοήθεια όμως των χολικών αλάτων, τα οποία εκκρίνει το συκώτι, επιτυγχάνεται ο κατακερματισμός των σταγόνων των ελαίων σε ελαχιστότατα σταγονίδια, τα οποία έχουν μεγάλη επιφάνεια και επιτρέπουν το υδατοδιαλυτό ένζυμο να δράσει. Η δράση δηλαδή των χολικών αυτών αλάτων μοιάζει πολύ με εκείνη των απορρυπαντικών.

• Ένα κοινό στερεό συνθετικό απορρυπαντικό έχει την παρακάτω μέση σύσταση:

θειικό αλκυλβενζολνάτριο	18%
τριπολυφωσφορικόνάτριο	50%
αφροματοποιητή	3%
λαμπρυντικό	3%
αποκονιστικό	3%
νερό και ανόργανο πληρωτικό	20%.

• Η παρουσία του τριπολυφωσφορικού νατρίου σε μεγάλη αναλογία στα συνθετικά απορρυπαντικά δημιούργησε το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η προσπάθεια αντικατάστασής του με $\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_3$ νιτρίλοτριξικό οξύ, NTA, δεν ευοδώθηκε, μια και αυτό αποδείχτηκε καρκινογόνο.

(5.3.) Πρωτεΐνες

Εισαγωγή

Από τα λεγόμενα **βιοπολυμερή**, τρεις είναι οι κύριες ομάδες: οι **πολυσασκαχαρίτες**, οι **πρωτεΐνες** και τα **πυρηνικά ή νουκλεϊνικά οξέα**. Από αυτές, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο των υδατανθράκων, οι πολυσασκαχαρίτες δρουν κατά κύριο λόγο ως «αποθήκες» ενέργειας (άμυλο και γλυκογόνο) και στα φυτά ως δομικό υλικό (κυτταρίνη). Τα νουκλεϊνικά οξέα έχουν ως κύρια αποστολή την αποθήκευση και μεταφορά **πληροφοριών**. Οι πρωτεΐνες έχουν, όμως, ποικίλες αποστολές. Ως **ένζυμα** και **ορμόνες** οι πρωτεΐνες καταλύουν και ρυθμίζουν τις αντιδράσεις οι οποίες γίνονται στο ανθρώπινο σώμα. Ως **μύες** και **τένοντες** προμηθεύουν στο σώμα τα μέσα για την κίνησή του. Ως **δέρμα** και **μαλλί** του δίνουν την εξωτερική κάλυψη και προστασία. Ως **αιμοσφαιρίνη** μεταφέρουν όλο το απαραίτητο O_2 και στις πιο απομακρυσμένες «γωνιές» του σώματος. Σαν **αντισώματα** προμηθεύουν στον οργανισμό τα μέσα προστασίας από διάφορες ασθένειες. Σε συνδυασμό δε με άλλες ουσίες στα **οστά**, του παρέχουν ένα σκελετικό σύστημα στήριξης.

Με μία τόσο μεγάλη ποικιλία αρμοδιοτήτων που έχουν οι πρωτεΐνες δεν πρέπει να εκπλήσεται κανείς από το γεγονός ότι υπάρχουν πολλές πρωτεΐνες οι οποίες διαφέρουν σε σχήμα και σε μέγεθος. Με μέτρο σύγκρισης τα περισσότερα από τα μόρια τα οποία έχουν αναφερθεί, ακόμη και οι πλέον μικρές πρωτεΐνες έχουν μεγάλες σχετικές μοριακές μάζες. Η **λυσοζύμη**, ένα ένζυμο, είναι μία σχετικά μικρή πρωτεΐνη η οποία όμως έχει σχετική μοριακή μάζα 14 600. Οι περισσότερες πρωτεΐνες έχουν σχετικές μοριακές μάζες κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτό. Όσον αφορά το σχήμα τους, αυτό καλύπτει μία ευρεία γκάμα που ξεκινά από τις σφαιροειδείς πρωτεΐνες, όπως η αιμοσφαιρίνη, μέχρι τα ελικοειδή νημάτια της **α-κερατίνης** (τρίχα, νύχι, μαλλί) και τις φυλλοειδείς επιστρώσεις του μεταξιού.

Παρόλα αυτά και τις διαφορές μεγέθους, σχήματος, αποστολής, όλες οι πρωτεΐνες έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά μέσω των οποίων αποκαλύπτεται η δομή τους και αιτιολογούνται οι ιδιότητές τους.

Αμινοξέα - Πρωτεΐνες

Τα διάφορα **πολυμερή**, συνθετικά ή βιολογικά, από την άποψη του τρόπου δημιουργίας τους κατατάσσονται σε δύο ομάδες. Στην πρώ-

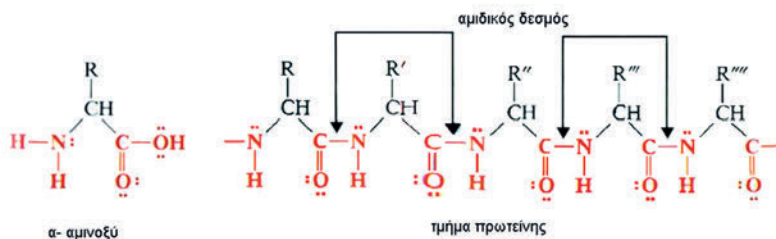
• Πρωτεΐνες ή λευκώματα

Καθαρή κυτταρίνη είναι το βαμβάκι. Το μετάξι και το μαλλί είναι καθαρές πρωτεΐνες.

• Νηματοειδείς πρωτεΐνες όπως η κερατίνη και το γλυκογόνο.

Σφαιροειδείς πρωτεΐνες όπως τα ένζυμα, η αιμοσφαιρίνη. Η διάμετρος των ενζύμων είναι περί τα 20 Å (2 nm).

τη ομάδα ανήκουν τα **πολυμερή προσθήκης**, τα οποία παράγονται με βάση αντιδράσεις προσθήκης, π.χ. το πολυαιθυλένιο από το αιθυλένιο (βλέπε πλαστικά). Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα **πολυμερή συμπύκνωσης**. Αυτά τα πολυμερή, όπως δηλώνει και το όνομά τους, προκύπτουν από αντιδράσεις συμπύκνωσης. Αυτές είναι αντιδράσεις όπου τα μόρια της **μονομερούς** ουσίας ενώνονται μεταξύ τους μέσω διαμοριακών αποσπάσεων μικρών μορίων, όπως νερού ή αλκοόλης. Μεταξύ των πλέον σημαντικών πολυμερών συμπύκνωσης είναι και τα **πολυαμίδια**. Σ' αυτά τα μονομερή είναι **α-αμινοξέα** τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ταυτόχρονη απόσπαση H_2O και δημιουργία του **αμιδικού ή πεπτιδικού δεσμού**.



Οι πρωτεΐνες λοιπόν είναι τα σημαντικότερα βιολογικά πολυαμίδια και οι μονομερείς τους μονάδες είναι περίπου 20 διαφορετικά αμινοξέα. Ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει πρωτεΐνες από κάποιες τροφές και μέσω υδρόλυσης τις διασπά στις αρχικές τους μονάδες, τα αμινοξέα. Στη συνέχεια στα κύτταρά του και σε ιστούς επανασυνθέτει «ανθρώπινες» αυτήν τη φορά πρωτεΐνες.

Η ακριβής αλληλουχία των διαφόρων αμινοξέων κατά μήκος της πρωτεϊνικής αλυσίδας ονομάζεται **πρωτογενής δομή** της πρωτεΐνης και είναι ιδιαίτερης σημασίας για το ρόλο που αυτή θα διαδραματίσει. Για να μπορεί μία πρωτεΐνη να εκτελέσει την αποστολή της, πρέπει η πρωτογενής αυτή δομή της να είναι «ορθή». Αν αυτή είναι ορθή, τότε είναι δυνατό η πολυαμιδική αλυσίδα να κάμπτεται σε κάποιες ιδιαίτερες θέσεις ώστε να της δίνεται το σχήμα το οποίο απαιτείται για την εκτέλεση αυτή. Αυτή η κάμψη της αλυσίδας οδηγεί σε πολύ ψηλότερα επίπεδα πολυπλοκότητας, η οποία καλείται δευτερογενής και τριτογενής δομή της πρωτεΐνης.

Υδρόλυση των πρωτεϊνών με οξέα ή βάσεις δίνει ένα μίγμα των διαφόρων αμινοξέων που τις συνιστούν. Από τις φυσικές πρωτεΐνες μπορούν να προκύψουν 22 διαφορετικά αμινοξέα. Το πλέον κοινό χαρακτηριστικό αυτών είναι ότι όλα διαθέτουν την L - στερεοχημική απεικόνιση στο α- άτομο του C (πλην της **γλυκίνης** NH_2CH_2COOH).

Τα 22 αμινοξέα τα οποία προκύπτουν από την υδρόλυση των φυσικών πρωτεϊνών μπορούν να ταξινομηθούν σε 5 υποομάδες, ανάλογα με τη φύση του R στο γενικό τους τύπο $NH_2CH(R)COOH$. Αυτά δίνονται στον πίνακα 4.3 στο τέλος της παραγράφου. Μόνον 20 από τα 22 αμινοξέα χρησιμοποιούνται πρακτικά από τα κύτταρα, όταν αυτά συν-

- Ο αμιδικός δεσμός, ο οποίος συνδέει τα αμινοξέα στις πρωτεΐνες, ονομάζεται συνήθως **πεπτιδικός δεσμός**. Αν το προκύπτον πολυμερές έχει $M_r < 10\,000$, τότε λέγεται **πολυπεπτίδιο**. Αν έχει μεγαλύτερο, είναι μία **πρωτεΐνη**. Ο διαχωρισμός είναι αρκετά αυθαίρετος και υπάρχουν αλληλοκαλύψεις. Πρακτικά τα πολυπεπτίδια και οι πρωτεΐνες είναι **πολυαμίδια**.

- Οι πρωτεΐνες και τα πολυπεπτίδια γενικότερα μπορούν να παρασταθούν και μέσα από τα συντομευμένα ονόματα των αμινοξέων που τις αποτελούν. Έτσι π.χ. το διπεπτίδιο γλυκυλβαλίνη παριστάνεται ως Γλυ-Βαλ. Το διπεπτίδιο βαλιγλυκίνη ως Βαλ-Γλυ.

Σε κάθε περίπτωση το αμινοξύ του οποίου η $-COOH$ εμπλέκεται σε αμιδικό δεσμό μπαίνει πρώτο.

- Μία μορφή αναμίας γνωστή ως δρεπανοκυτταρική οφείλεται στο ότι η αιμοσφαιρίνη του ασθενούς διαφέρει από την κανονική κατά 1 αμινοξύ. Το γλουταμινικό οξύ έχει αντικαταστήσει τη βαλίνη.

- Ο L. Pauling πήρε το βραβείο Nobel το 1954 για τη μελέτη της σπειροειδούς δομής των πεπτιδίων.

- Η αλληλουχία των αμινοξέων στην παραγωγή των πρωτεϊνών ακολουθεί οδηγίες οι οποίες δίνονται από το γενετικό κώδικα των νουκλεϊνικών οξέων.

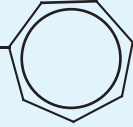
θέτουν πρωτεΐνες. Δύο από τα αμινοξέα συντίθενται δευτερογενώς, αφού δημιουργηθεί η πεπτιδική αλυσίδα. Η **υδροξυπρολίνη** (παρούσα κυρίως στο κολλαγόνο) συντίθεται από την **προλίνη** και η **κυστίνη** (παρούσα στις περισσότερες των πρωτεϊνών) από την **κυστεΐνη**.

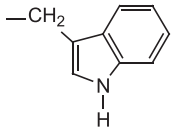
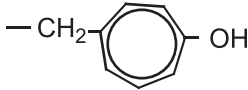
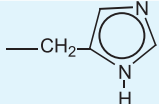
Τα αμινοξέα μπορούν να συντίθενται από όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, ζώα και φυτά. Παρόλα αυτά, πολλά ανώτερα ζώα παρουσιάζουν αδυναμία στο να συνθέτουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα για τη σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Ως εκ τούτου αυτά τα «ανώτερα» ζώα απαιτούν κάποια αμινοξέα ως μέρος της καθημερινής τους διατροφής. Για τον ενήλικα άνθρωπο υπάρχουν 8 τέτοια **απαραίτητα αμινοξέα** τα οποία και υποσημειώνονται στον πίνακα με την ένδειξη (α).

Πολλά αμινοξέα αντιδρούν με νιτρώδες οξύ, HNO_2 ή καλύτερα HONO , και δίνουν ποσοτικά αέριο N_2 (μέθοδος Van Slyke για τον ποσοτικό προσδιορισμό αμινοξέων). Βασική προϋπόθεση για θετική αντίδραση είναι να περιέχει στο μόριό του μία πρωτοταγή αμινομάδα. Έτσι το β-αμινοξύ $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ θα δίνει:



ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Τα αμινοξέα των πρωτεϊνών

Δομή του R	Όνομα	Σύντμηση
-H	Γλυκίνη	Gly
-CH ₃	Αλανίνη	Ala
-CH(CH ₃) ₂	Βαλίνη (Α)	Val
-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	Λευκίνη	Leu
$\begin{array}{c} -\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Ισολευκίνη (Α)	Ile
$-\text{CH}_2-$ 	Φαινυλαλανίνη (Α)	Phe
-CH ₂ CONH ₂	Ασπαργίνη	Asn

$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$	Γλουταμίνη	Gln
	Τριπτοφάνη (A)	Trp
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{HN}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array}$	Προλίνη	Pro
πλήρης δομή		
$-\text{CH}_2\text{OH}$	Σερίνη	Ser
$-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OH}$	Θρεονίνη	Thr
	Τυροζίνη	Tyr
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{HN}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{OH} \end{array}$	Υδροξυπρολίνη	Hyp
πλήρης δομή		
$-\text{CH}_2\text{SH}$	Κυστεΐνη	Cys
$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{S} \\ \\ -\text{CH}_2-\text{S} \end{array}$	Κυστίνη	Cys-Cys
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3$	Μεθιονίνη (A)	Met
$-\text{CH}_2\text{COOH}$	Ασπαρτικό οξύ	Asp
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Γλουταμικό οξύ	Glu
$-(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	Λυσίνη (A)	Lys
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}-\overset{\text{NH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{NH}_2$	Αργινίνη	Arg
	Ιστιδίνη	His

Ο βιοχημικός ρόλος των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες είναι βασικά συστατικά όλων των ζωντανών κυττάρων. Διακρίνονται, από χημική σκοπιά, από τους υδατάνθρακες και τα λίπη, μια και περιέχουν $\approx 16\%$ N πέρα από τα C, H και O. Οι πρωτεΐνες έχουν ως γενική αποστολή να κατασκευάζουν και να συντηρούν ιστούς. Επίσης σχηματίζουν ένζυμα, **αντισώματα** και κάποιες **ορμόνες**. Ρυθμίζουν ορισμένες σωματικές λειτουργίες, όπως την κίνηση των υγρών, την ισορροπία οξέων-βάσεων κ.λπ.

Οι πρωτεΐνες υδρολύονται στον οργανισμό με την επίδραση ενζύμων γνωστών ως **πρωτεολυτικά ένζυμα** ή **πρωτεάσες**. Τα προϊόντα της υδρόλυσης αυτής ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του ενζύμου. Έτσι οι **πρωτεϊνάσες** (π.χ. **πεψίνη**) δίνουν πεπτίδια, ενώ οι **πεπτιδάσες** αμινοξέα.

Αν το ενεργειακό ισοζύγιο ενός οργανισμού είναι αρνητικό, αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει και πρωτεΐνες για την παραγωγή ενέργειας πέρα από τις βασικές του "αποθήκες", που είναι οι υδατάνθρακες και τα λίπη. Η μέση ενεργειακή απόδοση των πρωτεϊνών είναι της τάξεως των 4 Kcal g^{-1} , μικρότερη δηλαδή εκείνης των λιπών και των σακχάρων. Οι πρωτεΐνες κατά το μεταβολισμό τους δεν οξειδώνονται προς CO_2 και H_2O (όπως οι υδατάνθρακες και τα λίπη) αλλά μεταπίπτουν σε **ουρία**, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Αυτό εξηγεί και τη σχετικά χαμηλή τους θερμιδομετρική απόδοση.

• Καθημερινά 20-30 g πρωτεϊνών είναι απαραίτητα στον ανθρώπινο οργανισμό για την παραγωγή των άλλων χημικών τα οποία συντηρούν τη ζωή. Πολλοί υγιεινολόγοι συνιστούν 44 g για μία μέση γυναίκα και 56 g για ένα μέσο άνδρα.

• 600 mL γάλα περιέχουν 20 g πρωτεϊνών, 1 αυγό 6 g και 1 κοτόπουλο (στήθος) 52 g.

• Η πεψίνη διασπά μόνο το 10% των πεπτιδικών δεσμών της πρωτεΐνης. Δημιουργεί έτσι πεπτίδια με σχετικές μοριακές μάζες από 300 έως 600.