

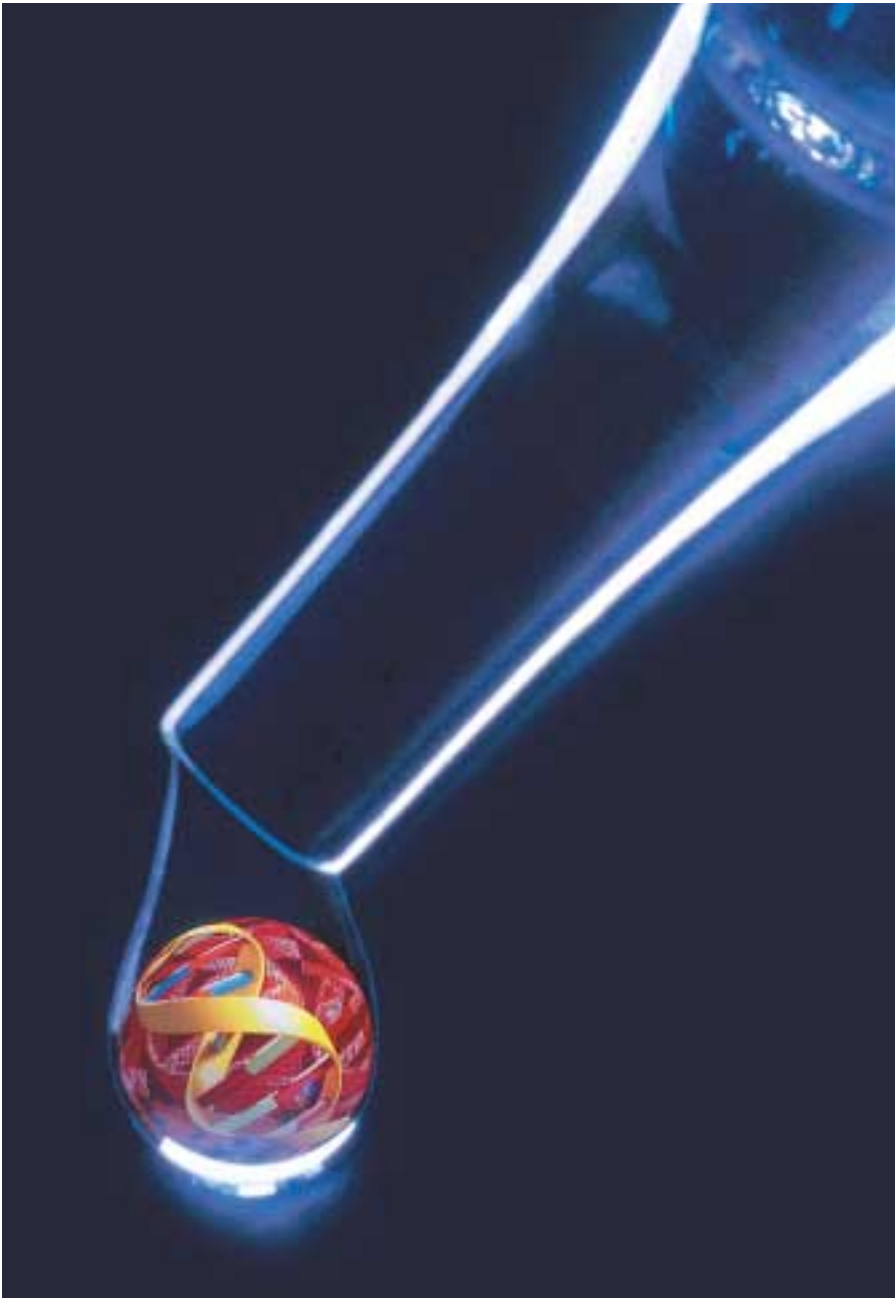


2

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο

Χημική Σύσταση του Κυττάρου





2

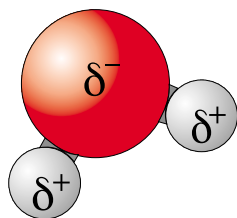
Χημική Σύσταση του Κυττάρου

2.1 Το νερό και η σημασία του

Το κύτταρο αποτελείται, όπως προαναφέραμε, σε μεγάλο ποσοστό (περίπου 70%) από νερό. Το νερό παρόλο που είναι το μικρότερο μόριο που βρίσκει κανείς στο κύτταρο, έχει ανεκτίμητη αξία για τη ζωή. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο ότι στο νερό αναπτύχθηκαν οι πρώτες μορφές της ζωής.

Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου συνδεδεμένο με ομοιοπολικούς δεσμούς, με δύο άτομα υδρογόνου. Το οξυγόνο χα-

ρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη ηλεκτραρνητικότητα σε σχέση με το υδρογόνο και έτσι έλκει προς το μέρος του τα ζεύγη ηλεκτρονίων, που αποτελούν τους δεσμούς O-H. Ως αποτέλεσμα, το οξυγόνο του νερού εμφανίζει ένα στοιχειώδες (δηλ. πολύ μικρό) αρνητικό φορτίο, ενώ τα υδρογόνα εμφανίζουν από ένα στοιχειώδες θετικό φορτίο (βλ. εικόνα 2.1). Έτσι, το μόριο του νερού εμφανίζει πόλους και συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρικό δίπολο.

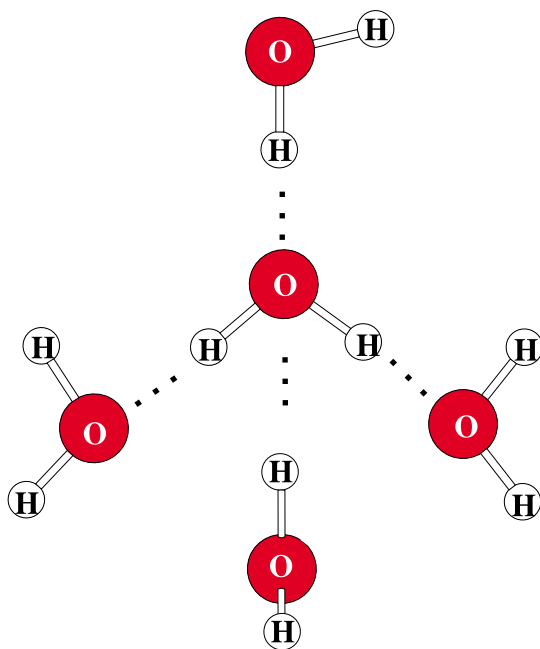


Εικόνα 2.1 Διπολικότητα του μορίου του νερού. Το μόριο του νερού είναι ένα ηλεκτρικό δίπολο.

Η διπολική φύση του μορίου του νερού έχει σα συνέπεια την ανάπτυξη ηλεκτροστατικής έλξης, μεταξύ του οξυγόνου ενός μορίου και του υδρογόνου ενός γειτονικού μορίου. Αυτή η ηλεκτροστατική έλξη φέρνει το ένα μόριο νερού κοντά στο άλλο και αποτελεί, όπως λέγεται, ένα **δεσμό υδρογόνου** (βλ. εικόνα 2.2). Οι δεσμοί υδρογόνου είναι πολύ πιο ασθενείς από τους γνωστούς μας δεσμούς (ομοιοπολικούς ή ετεροπολικούς), αλλά δεν παύουν να είναι σημαντικοί. Κάθε μόριο νερού μπορεί να σχηματίσει δεσμούς υδρογόνου με άλλα τρία ή τέσσερα μόρια νερού, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.2.

Αποτελέσματα του πολικού χαρακτήρα του νερού

Οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού δημιουργούν ένα πλέγμα δεσμών υδρογόνου, που εκτείνεται σε όλη τη μάζα του. Το πλέγμα αυτό δίνει μια συνεκτικότητα στη μάζα του νερού.



Εικόνα 2.2 Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ μορίων νερού. Ο δεσμός υδρογόνου συμβολίζεται με τρεις τελείες.

Έτσι, το νερό είναι υγρό στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ παραπλήσια μόρια, όπως π.χ. το υδροθείο (H_2S), είναι αέρια. Στη συνεκτικότητά του νερού και το διπολικό χαρακτήρα του οφείλονται και άλλες σημαντικές φυσικοχημικές ιδιότητές του, με μεγάλη σημασία για τη λειτουργία του κυττάρου, όπως η *μεγάλη θερμοχωρητικότητα* και η *μεγάλη διαλυτική ικανότητά* του.

Η θερμοχωρητικότητα του νερού

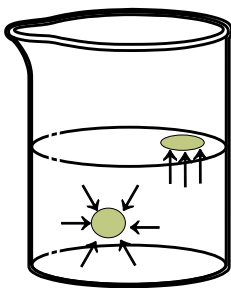
Εάν θερμανθεί μια ορισμένη μάζα νερού, ένα σημαντικό ποσό της προσφερόμενης θερμότητας θα καταναλωθεί, για να "χαλαρώσει" το πλέγμα των δεσμών υδρογόνου, ενώ το υπόλοιπο θα χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της μέσης ταχύτητας των μορίων του νερού, δηλ. για την αύξηση της θερμοκρασίας του. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι απαιτείται σχετικά μεγάλο ποσό θερμότητας για να αυξηθεί η θερμοκρασία του νερού ή όπως λέμε *το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα*. Χάρη στη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού, η θερμοκρασία του κυττάρου παραμένει περίπου σταθερή (στον άνθρωπο $37^\circ C$), παρότι το γεγονός ότι στο κύτταρο παράγονται ή καταναλώνονται μεγάλα ποσά θερμότητας από τις πολλές αντιδράσεις (εξώθερμες ή ενδόθερμες), που συμβαίνουν στο εσωτερικό του. *Η σταθερή θερμοκρασία έχει κεφαλαιώδη σημασία για το κύτταρο, διότι εξασφαλίζει σταθερότητα στη δομή και τις διάφορες λειτουργίες του.*

Η διαλυτική ικανότητα του νερού

Η πολικότητα του μορίου του νερού του δίνει εξάλλου τη δυνατότητα να αναπτύσσει αλληλεπιδράσεις ή να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου και με μόρια άλλων ουσιών, εκτός από τα όμοιά του. Σαν αποτέλεσμα, το νερό είναι άριστος διαλύτης πολικών μορίων, που για το λόγο αυτό, ονομάζονται **υδρόφιλα μόρια**. Έτσι, το νερό διαλύει ένα μεγάλο αριθμό μορίων, που είναι σημαντικά για τις διάφορες λειτουργίες του κυττάρου (π.χ. άλατα, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες κ.ά.). Η διάλυση μορίων στο νερό είναι το πρώτο βήμα για τη μεταφορά τους από μια περιοχή του κυττάρου σε άλλη, οπότε έρχονται σε επαφή με άλλα μόρια και τους δίνεται η δυνατότητα να αντιδράσουν.

Ταυτόχρονα, ο πολικός χαρακτήρας του νερού επιβάλλει σε μόρια, που δεν είναι πολικά, να "απομακρυνθούν" από το περιβάλλον του ή να αποφύγουν, κατά το δυνατόν, την επαφή μαζί του (**υδρόφοβα μόρια**). Αυτό γίνεται καλύτερα αντιληπτό, αν σκεφθούμε τι συμβαίνει, όταν ρίξουμε μερικές σταγόνες λάδι σε ένα ποτήρι νερό. Το λάδι είναι ένα υδρόφοβο μόριο και

όταν περιβληθεί από μόρια νερού, δέχεται απώσεις από παντού, δηλ. σφαιρικά. Οι απώσεις αυτές αναγκάζουν τα μόρια του λαδιού να πλησιάσουν μεταξύ τους και να σχηματίσουν μικρά σφαιρίδια, που συγκεντρώνονται σε ορισμένα σημεία της μάζας του νερού (βλ. εικόνα 2.3). Οι δυνάμεις αυτού του είδους, που αναγκάζουν υδρόφοβα μόρια να πλησιάσουν το ένα το άλλο, όταν βρίσκονται σε υδατικό περιβάλλον, ονομάζονται **υδρόφοβοι δεσμοί** και έχουν μεγάλη βιολογική σημασία, όπως θα δούμε στη συνέχεια.



Εικόνα 2.3 Τα μόρια του λαδιού δέχονται απώσεις από παντού (υδρόφοβοι δεσμοί) και αναγκάζονται να σχηματίσουν μικρές σφαίρες μέσα στο νερό.

Ανόργανα άλατα και ιχνοστοιχεία στο κύτταρο

Στο κύτταρο υπάρχουν, διαλυμένες στο νερό, πολλές απλές ανόργανες ενώσεις, όπως οξέα, βάσεις και άλατα. Οι ουσίες αυτές μολονότι βρίσκονται σε μικρή αναλογία σε σχέση με τα άλλα συστατικά του κυττάρου, έχουν σπουδαίο φυσιολογικό ρόλο. Έτσι, χάρη στις ουσίες αυτές το pH του κυττάρου διατηρείται σταθερό, ενώ επιπλέον εξασφαλίζονται πολλές λειτουργίες του. Τα ιόντα πολλών στοιχείων (κυρίως μετάλλων) βρίσκονται επίσης, σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο κύτταρο και αποτελούν τα λεγόμενα **ιχνοστοιχεία**. Σε κάποιες περιπτώσεις ο βιολογικός ρόλος των ιχνοστοιχείων δεν είναι γνωστός, αλλά φαίνεται ότι είναι απαραίτητα σε ορισμένους οργανισμούς για την κανονική τους ανάπτυξη.

Περίληψη

Το νερό έχει τεράστια σημασία για τη ζωή, γεγονός που υπογραμμίζεται από την κυρίαρχη παρουσία του στο κύτταρο. Το νερό αποτελεί το περιβάλλον, μέσα στο οποίο εξελίσσονται οι περισσότερες από τις χημικές δράσεις του κυττάρου. Η διπολική φύση των μορίων του νερού και η ικανότητά τους να σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου εξασφαλίζουν τη διατήρηση μιας σταθερής θερμοκρασίας στο κύτταρο, αλλά και προκαλούν τη διάλυση υδρόφιλων μορίων. Η διάλυση αυτών των μορίων είναι η προϋπόθεση για τη μετακίνησή τους μέσα στο κύτταρο και τη συμμετοχή τους σε χημικές αντιδράσεις. Αντίθετα, τα υδρόφοβα μόρια δέχονται απωστικές δυνάμεις από τα μόρια του νερού, όταν βρεθούν σε υδατικό περιβάλλον και πλησιάζουν το ένα το άλλο σχηματίζοντας υδρόφοβες περιοχές. Αυτές οι απωστικές δυνάμεις ονομάζονται υδρόφοβοι δεσμοί.

Ερωτήσεις

1. Τι είναι δεσμός υδρογόνου;
2. Πώς επηρεάζουν οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού τη συμπεριφορά του νερού ως προς: α) υδρόφιλα μόρια και β) υδρόφοβα μόρια;
3. Πού οφείλεται η συνεκτικότητα μιας μάζας νερού και τι συνέπειες έχει αυτή για τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού (όπως π.χ. σημείο ζέσεως, σημείο τήξεως, θερμοχωρητικότητα κ.ά.).

2.2 Μακρομόρια και άλλα βιομόρια

Περί το 20% κ.β. του κυττάρου αποτελείται από βιολογικά μακρομόρια (πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, νουκλεϊκά οξέα) και άλλα βιομόρια, όπως τα λιπίδια. Τα μακρομόρια είναι από χημική άποψη πολυμερή. Οι πρωτεΐνες αποτελούν πολυμερή αμινοξέων, οι πολυσακχαρίτες πολυμερή απλών σακχάρων, ενώ τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή νουκλεοτιδίων.

2.2.1 Οι πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι τα πιο διαδεδομένα μόρια στο κύτταρο. Ακόμη και ένα απλό κύτταρο, όπως αυτό των βακτηρίων, περιέχει εκατοντάδες πρωτεϊνών, καθεμιά από τις οποίες παίζει ένα διαφορετικό ρόλο στη λειτουργία του. Οι πρωτεΐνες είναι πολύπλοκα μόρια και χαρακτηρίζονται από εξειδίκευση στις λειτουργίες που επιτελούν. Το καθένα από αυτά μοιάζει με έναν ικανότατο και ταλαντούχο μουσικό που συμμετέχει στην καλά ενορχηστρωμένη λειτουργία του κυττάρου. Στις πρωτεΐνες συμπεριλαμβάνονται ένζυμα, αντισώματα, ορμόνες, μόρια για τη μεταφορά ουσιών, ακόμη και δομικά συστατικά του ίδιου του κυττάρου. Η ονομασία λοιπόν **πρωτεΐνη**, η οποία έχει ελληνική προέλευση και επισημαίνει την πρωτεύουσα σημασία αυτών των μορίων, δεν είναι καθόλου τυχαία.

Το πρώτο βήμα για τη γνωριμία μας με τις πρωτεΐνες, θα πρέπει να είναι η εξέταση της χημικής δομής και της χημικής συμπεριφοράς των δομικών τους μονάδων, δηλ. των αμινοξέων.

Τα αμινοξέα

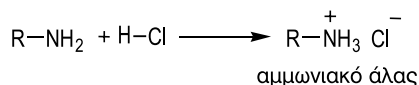
Στα κύτταρα των διαφόρων οργανισμών, έχουν βρεθεί πάνω από 170 διαφορετικά αμινοξέα. Από αυτά μόνο τα 20 αποτελούν συστατικά των πρωτεϊνών και έτσι στη συνέχεια θα μας απασχολήσουν μόνο αυτά.

Τα αμινοξέα, όπως δηλώνει και το όνομά τους, είναι οργανικές ενώσεις με διττή φύση: είναι ταυτοχρόνως αμίνες, αλλά και οργανικά οξέα. Ο γενικός συντακτικός τύπος τους είναι ο ακόλουθος:

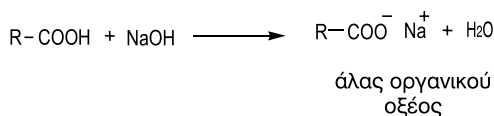


Παρατηρούμε, ότι τα αμινοξέα αποτελούνται από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα, στο οποίο συνδέονται:

1. μια ομάδα με βασικό χαρακτήρα, η **αμινομάδα** ($-\text{NH}_2$). Η αμινομάδα είναι η χαρακτηριστική ομάδα των αμινών και ο βασικός χαρακτήρας της γίνεται φανερός κατά την αντίδρασή της με οξέα, π.χ.



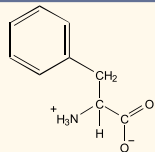
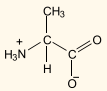
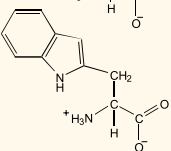
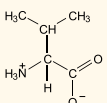
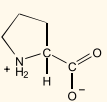
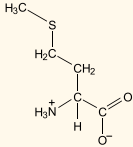
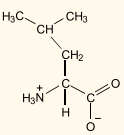
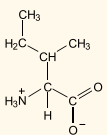
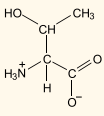
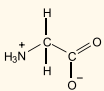
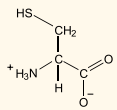
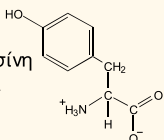
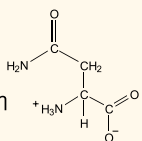
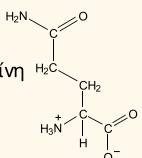
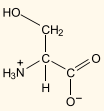
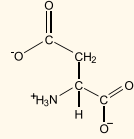
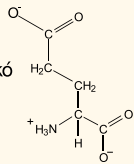
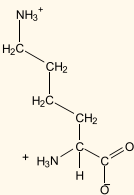
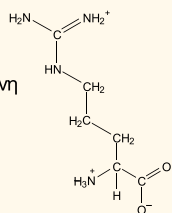
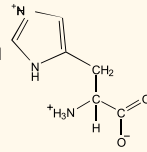
2. μια ομάδα με όξινο χαρακτήρα, το καρβοξύλιο ($-\text{COOH}$). Το καρβοξύλιο είναι η χαρακτηριστική ομάδα των οργανικών οξέων και ο όξι-
νος χαρακτήρας του γίνεται φανερός κατά την αντίδρασή του με βά-
σεις, π.χ.



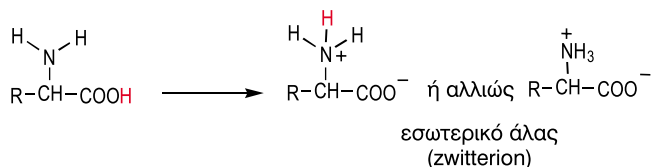
3. ένα άτομο υδρογόνου και
4. μια ομάδα R, που ονομάζεται **πλευρική αλυσίδα ή πλευρική ομάδα**.
Είναι φανερό ότι τα διάφορα αμινοξέα διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς την πλευρική αλυσίδα. Έτσι, ανάλογα με τη φύση αυτής της πλευρικής αλυσίδας, τα αμινοξέα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- **τα υδρόφοβα**, που έχουν υδρόφοβες ομάδες R και είναι οκτώ συνολικά,
- **τα υδρόφιλα ουδέτερα**, που έχουν υδρόφιλες ομάδες R, οι οποίες δεν εμφανίζουν φορτίο και είναι επτά συνολικά και
- **τα υδρόφιλα όξινα ή βασικά**, που έχουν όξινες ή βασικές ομάδες R, οι οποίες είναι συνήθως φορτισμένες. Σ' αυτήν την κατηγορία υπάγονται πέντε συνολικά αμινοξέα (2 όξινα και 3 βασικά, βλ. πίνακα 2).

Πίνακας 2: Κατάταξη αμινοξέων ανάλογα με τη φύση της πλευρικής τους αλυσίδας

ΥΔΡΟΦΟΒΑ	ΥΔΡΟΦΙΛΑ ΟΥΔΕΤΕΡΑ	ΥΔΡΟΦΙΛΑ ΟΞΙΝΑ
<p>Φαινυλαλανίνη Phe</p>  <p>Αλανίνη Ala</p>  <p>Τρυπτοφάνη Trp</p>  <p>Βαλίνη Val</p>  <p>Προλίνη Pro</p>  <p>Μεθειονίνη Met</p>  <p>Λευκίνη Leu</p>  <p>Ισολευκίνη Ile</p> 	<p>Θρεονίνη Thr</p>  <p>Γλυκίνη Gly</p>  <p>Κυστεΐνη Cys</p>  <p>Τυροσίνη Tyr</p>  <p>Ασπαράγινη Asn</p>  <p>Γλουταμίνη Gln</p>  <p>Σερίνη Ser</p> 	<p>Ασπαρτικό οξύ Asp</p>  <p>Γλουταμικό οξύ Glu</p> 
		ΥΔΡΟΦΙΛΑ ΒΑΣΙΚΑ
		<p>Λυσίνη Lys</p>  <p>Αργινίνη Arg</p>  <p>Ιστιδίνη His</p> 

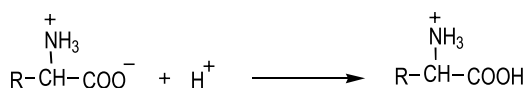
Έτσι, στη συνηθισμένη περίπτωση δεκαπέντε από τα είκοσι αμινοξέα (τα υδρόφοβα και τα ουδέτερα υδρόφιλα) δεν έχουν φορτίο στην πλευρική τους αλυσίδα και το συνολικό τους φορτίο είναι μηδέν. Παρόλ' αυτά, ακόμη και αυτά τα αμινοξέα διαθέτουν, σε pH κοντά στο 7, ένα θετικό και ένα αρνητικό φορτίο, διότι βρίσκονται κυρίως με τη μορφή εσωτερικού άλατος. Εσωτερικό άλας είναι το άλας που σχηματίζεται από την **ενδομοριακή εξουδετέρωση** της όξινης ομάδας του αμινοξέος ($-\text{COOH}$) από τη βασική ($-\text{NH}_2$). Αν και το συνολικό φορτίο του εσωτερικού άλατος είναι μηδέν, παρόλ' αυτά διαθέτει ένα θετικό και ένα αρνητικό φορτίο:



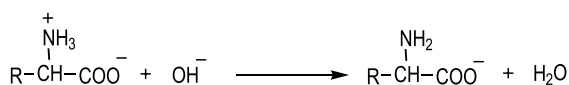
Στο περιβάλλον του κυττάρου το pH είναι πολύ κοντά στο 7 και έτσι όλα τα αμινοξέα απαντώνται κυρίως με τη μορφή του εσωτερικού άλατος. Αν μάλιστα η πλευρική αλυσίδα δεν έχει δικό της φορτίο, τότε το συνολικό φορτίο του αμινοξέος είναι μηδέν.

Τα αμινοξέα συνδυάζουν ιδιότητες οξέων και βάσεων

Εάν ένα αμινοξύ, που δεν έχει φορτίο στην πλευρική του αλυσίδα, βρεθεί σε ισχυρά όξινο pH (π.χ. pH= 1), τότε αποκτά θετικό φορτίο, διότι σχηματίζεται το αμμωνιακό άλας του:

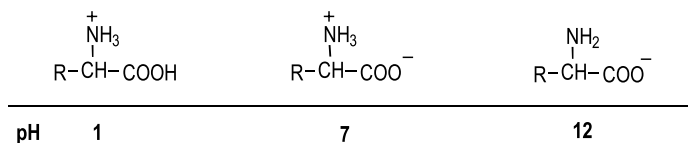


ενώ, αν βρεθεί σε ισχυρά βασικό pH (π.χ. pH= 12), τότε αποκτά αρνητικό φορτίο, διότι σχηματίζεται το άλας του οργανικού οξέος:



Το φορτίο των αμινοξέων εξαρτάται λοιπόν από το pH του διαλύματος στο οποίο βρίσκονται, αλλά βέβαια και από τη φύση της πλευρικής τους αλυσίδας. Στην απλή περίπτωση που η πλευρική αλυσίδα είναι αφορτιστη

(π.χ. γλυκίνη, αλανίνη κ.ά.), το φορτίο των αμινοξέων μεταβάλλεται με τον τρόπο που φαίνεται στην εικόνα 2.4. Η τιμή pH, στην οποία ένα αμινοξύ έχει μηδενικό συνολικό φορτίο, αποτελεί το λεγόμενο **ισοηλεκτρικό σημείο** του (pI).

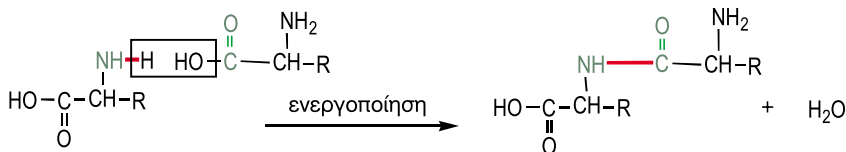


Εικόνα 2.4 Το φορτίο των αμινοξέων εξαρτάται από το pH του διαλύματος. Στο παράδειγμά μας, η πλευρική αλυσίδα δεν έχει φορτίο με αποτέλεσμα το ισοηλεκτρικό σημείο (pI) του αμινοξέος να είναι κοντά στο pH 7. Τα αμινοξέα με φορτισμένες πλευρικές αλυσίδες παρουσιάζουν ισοηλεκτρικό σημείο σε άλλες τιμές pH.

Το φορτίο των αμινοξέων καθώς και η φύση της πλευρικής τους αλυσίδας R έχει σπουδαιότητα σημασία για τη δομή και τη λειτουργία των πρωτεϊνών, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Πώς όμως σχηματίζονται οι πρωτεΐνες από τα αμινοξέα;

Ο πεπτιδικός δεσμός

Η πιο χαρακτηριστική χημική αντίδραση των αμινοξέων είναι η αντίδραση μεταξύ της αμινομάδας ενός μορίου αμινοξέος και του καρβοξυλίου, ενός δεύτερου μορίου αμινοξέος, με τη βοήθεια ειδικών ουσιών που ενεργοποιούν την αντίδραση. Κατά την αντίδραση, αποβάλλεται ένα μόριο νερού και σχηματίζεται ένας ομοιοπολικός δεσμός, που ενώνει τα δύο αμινοξέα:



Ο δεσμός αυτός λέγεται **πεπτιδικός δεσμός** (σημειώνεται με κόκκινο χρώμα στην παραπάνω εικόνα). Το νέο μόριο που δημιουργείται, λέγεται διπεπτίδιο και αν το προσέξουμε, βλέπουμε ότι έχει στα δύο άκρα του ε-

λεύθερο καρβοξύλιο και ελεύθερη αμινομάδα. Έτσι, η αντίδραση μπορεί να επαναληφθεί και από το διπεπτίδιο και ένα νέο μόριο αμινοξέος να σχηματιστεί τριπεπτίδιο, στη συνέχεια τετραπεπτίδιο κ.ο.κ. Κάθε φορά μπορεί να προστίθεται στην πεπτιδική αλυσίδα οποιοδήποτε από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που απαντώνται στις πρωτεΐνες. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να σχηματιστεί μια πολυπεπτιδική αλυσίδα, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει εκατοντάδες αμινοξέων. Τέτοιες πολυπεπτιδικές αλυσίδες με 50 έως 3.000 ή περισσότερα αμινοξέα αποτελούν τις πρωτεΐνες. Μια από τις μεγαλύτερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες (1.750 αμινοξέα) είναι αυτή της μυοσίνης, μιας πρωτεΐνης των μυϊκών κυττάρων.

Εάν αναλογιστούμε ότι οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες μπορούν να έχουν μήκος εκατοντάδων αμινοξέων και ότι τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που τις αποτελούν, μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους με οποιαδήποτε σειρά, τότε αντιλαμβανόμαστε ότι είναι δυνατό να προκύψει ένας τεράστιος αριθμός διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων. Αν, για παράδειγμα, μια πολυπεπτιδική αλυσίδα έχει μήκος 100 αμινοξέων, τότε κατά τη σύνθεσή της μπορεί να προκύψουν 20^{100} διαφορετικοί συνδυασμοί, δηλ. 20^{100} πρωτεΐνες.

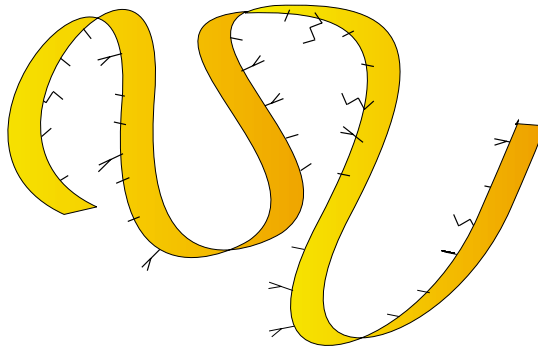
Ο ανθρώπινος οργανισμός χρειάζεται λοιπόν τα αμινοξέα, για να συνθέσει τις πρωτεΐνες και τα πεπτίδια, που του είναι απαραίτητα. Τα περισσότερα από τα αμινοξέα, ο οργανισμός τα συνθέτει κατά το μεταβολισμό του. Οκτώ όμως από αυτά, δηλ. η *λυσίνη*, η *λευκίνη*, η *φαινυλαλανίνη*, η *ισολευκίνη*, η *βαλίνη*, η *θρεονίνη*, η *μεθειονίνη* και η *τρυπτοφάνη*, ο οργανισμός αδυνατεί να τα συνθέσει και έτσι πρέπει απαραίτητως να τα προσλαμβάνει με την τροφή του. Τα αμινοξέα αυτά χαρακτηρίζονται ως **απαραίτητα**.

Η δομή των πρωτεϊνών

Η σύνθεση των πρωτεϊνών γίνεται από τους οργανισμούς κατά τη λειτουργία της πρωτεϊνοσύνθεσης, όπου το ένα μετά το άλλο τα αμινοξέα συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς και σχηματίζουν τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες των πρωτεϊνών. Η σειρά, με την οποία τα αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους, αποτελεί τη λεγόμενη **αλληλουχία αμινοξέων** της πρωτεΐνης. Τα πολυπεπτίδια, αμέσως μετά τη σύνθεσή τους, αναδιπλώνονται και έτσι η τελική δομή τους διαμορφώνεται σε τέσσερα διαφορετικά στάδια.

Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στην **πρωτοταγή δομή** της πρωτεΐνης, που δεν είναι άλλη από την αλληλουχία αμινοξέων του πολυπεπτιδίου. Η πρωτοταγή δομή καθορίζεται, όπως είναι φανερό, κατά τη σύνθεση του πολυπεπτιδίου.

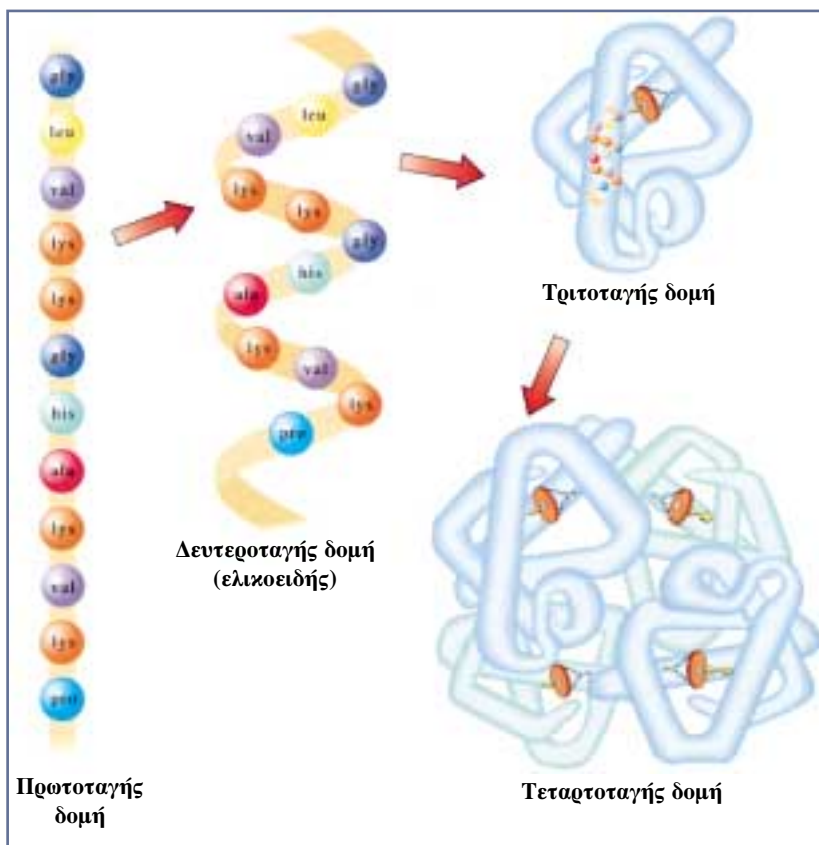
Τα πολυπεπτίδια έχουν πολλές υδρόφοβες περιοχές, καθώς πολλά από τα αμινοξέα τους έχουν υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες. Αναπτύσσονται έτσι πολλές απώσεις μεταξύ του πολυπεπτιδίου και των μορίων του νερού, που το περιβάλλουν. Οι απώσεις αναγκάζουν το πολυπεπτίδιο να αναδιπλωθεί και να σχηματίσει κοιλότητες, που στο εσωτερικό τους βρίσκονται οι υδρόφοβες ομάδες, ενώ στο εξωτερικό τους βρίσκονται οι υδρόφιλες (βλ. εικόνα 2.5). Όμως, κατά τη διαδικασία της αναδίπλωσης, αμινοξέα που ήταν απομακρυσμένα στην πρωτοταγή δομή, πλησιάζουν το ένα το άλλο και τους δίνεται η ευκαιρία να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου ή άλλους ασθενείς δεσμούς μεταξύ τους. **Οι δεσμοί αυτοί είναι υπεύθυνοι για τη διαμόρφωση της δομής των πρωτεϊνών κατά τα επόμενα στάδια.**



Εικόνα 2.5 Αναδίπλωση πεπτιδικής αλυσίδας

Στο δεύτερο στάδιο διαμορφώνεται η **δευτεροταγής δομή** της πρωτεΐνης, η οποία μπορεί να έχει είτε ελικοειδή είτε πτυχωτή μορφή (βλ. εικόνα 2.6). Η ελικοειδής μορφή σταθεροποιείται, όταν, κατά την αναδίπλωση του πολυπεπτιδίου, αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ της ομάδας $-NH-$ κάθε αμινοξέος και της ομάδας $-CO-$ του αμινοξέος, που βρίσκεται τέσσερις θέσεις πιο κάτω στην πρωτοταγή δομή (βλ. εικόνα 2.7). Η πτυχωτή μορφή σταθεροποιείται εξάλλου, όταν κατά την αναδίπλωση

της πρωτοταγούς δομής δοθεί η δυνατότητα να σχηματιστούν δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των ομάδων $-NH-$ και $-CO-$ διαφορετικών πολυπεπτιδικών αλυσίδων (βλ. εικόνα 2.7). Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα μπορεί να έχει μορφή έλικας σε κάποιο τμήμα της και πτυχωτή μορφή σε κάποιο άλλο ή μπορεί ακόμη να αναδιπλώνεται κατά τυχαίο τρόπο.

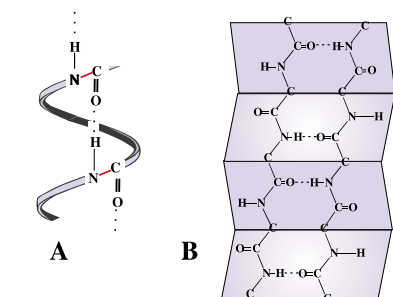


Εικόνα 2.6 Η ανώτερη δομή της αιμοσφαιρίνης. Οι δίσκοι που παρεμβάλλονται ανάμεσα στις πολυπεπτιδικές αλυσίδες αποτελούν μόρια αίμης.

Στο τρίτο στάδιο, κάποια τμήματα της αναδιπλωμένης δευτεροταγούς δομής αναδιπλώνονται ακόμη περισσότερο και σταθεροποιούνται σε ορισμένες θέσεις, κάτω από την επίδραση σημαντικών έλξεων, που αναπτύσσονται μεταξύ των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Μ' αυτό τον τρόπο, το πρωτεϊνικό μόριο αποκτά ένα

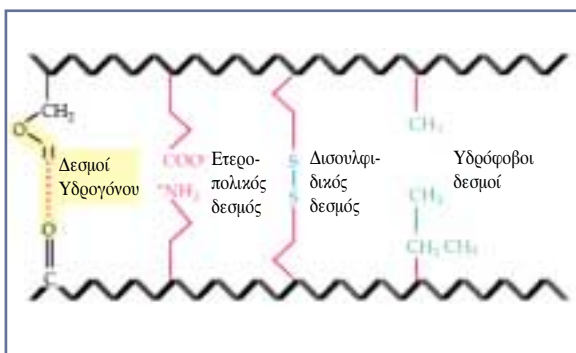
συγκεκριμένο τρισδιάστατο σχήμα, δηλ. την **τρίτοταγή δομή** του (βλ. εικόνα 2.6).

Η τρίτοταγής δομή είναι μια σύνθετη δομή, η οποία σταθεροποιείται από μια πληθώρα ελκτικών δυνάμεων, όπως δεσμοί υδρογόνου, υδρόφοβοι δεσμοί, ετεροπολικό δεσμοί, δισουλφιδικοί δεσμοί και δυνάμεις *van der Waals* (βλ. εικόνα 2.8). Τα περισσότερα από τα είδη αυτών των δεσμών μας είναι ήδη γνωστά. Όσον αφορά τους δισουλφιδικούς δεσμούς, αυτοί είναι ομοιοπολικοί δεσμοί που σχηματίζονται, όταν κατά την αναδίπλωση των πολυπεπτιδικών αλυσίδων, οι ομάδες -SH του αμινοξέος κυστεΐνη, έρθουν η μία κοντά στην άλλη και αντιδράσουν σχηματίζοντας ομάδες -S-S-, τους καλούμενους **δισουλφιδικούς δεσμούς** (βλ. εικόνα 2.8). Οι δισουλφιδικοί δεσμοί είναι πολύ σημαντικοί για την τρίτοταγή δομή μιας πρωτεΐνης, διότι ενώνουν διαφορετικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες μεταξύ τους ή ακόμη και διαφορετικά τμήματα της ίδιας αλυσίδας και σταθεροποιούν την αναδίπλωσή τους σε μια συγκεκριμένη θέση.



Εικόνα 2.7 Οι δεσμοί υδρογόνου που σταθεροποιούν την ελικοειδή (Α) και την πτυχωτή (Β) δομή των πρωτεϊνών.

Οι δυνάμεις **van der Waals** είναι εξάλλου μια ειδική κατηγορία ηλεκτροστατικών έλξεων που αναπτύσσονται όταν δύο άτομα ή μόρια πλησιάσουν σε πολύ κοντινή απόσταση. Οι δυνάμεις αυτές μετατρέπονται από ελκτικές σε απωστικές, όταν τα άτομα ή μόρια πλησιάσουν μεταξύ τους πέρα από

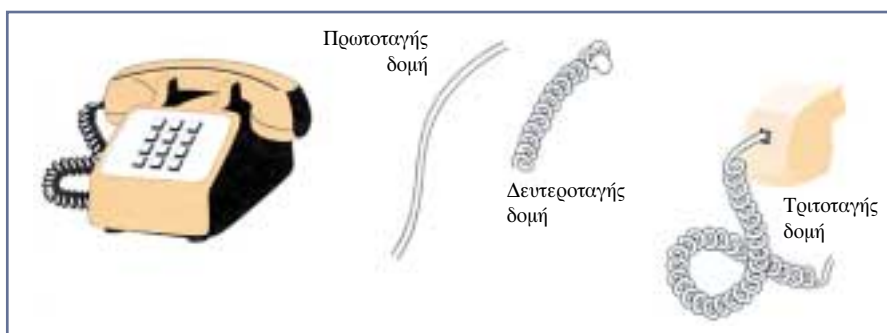


Εικόνα 2.8 Παραδείγματα ελκτικών δυνάμεων μεταξύ πλευρικών αλυσίδων αμινοξέων που σταθεροποιούν την τρίτοταγή δομή των πρωτεϊνών.

ένα όριο, διότι τότε απωθούνται τα ηλεκτρόνιά τους. Οι δυνάμεις *van der Waals*, αν και πολύ ασθενείς, αποκτούν μεγάλη σημασία για τη δομή μιας πρωτεΐνης, όταν πολυπληθή άτομα μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας έρθουν πολύ κοντά στα άτομα μιας άλλης, οπότε αθροιστικά έχουμε μεγάλη έλξη ή άπωση.

Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από μία και μοναδική πολυπεπτιδική αλυσίδα, η τριτοταγής δομή είναι το τελικό στάδιο στη διαμόρφωση της δομής της (βλ. εικόνα 2.9). Αν όμως αποτελείται από περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, τότε η δομή της διαμορφώνεται και σε τέταρτο στάδιο. Στο στάδιο αυτό, οι διάφορες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, καθεμιά στην τριτοταγή δομή της, συνδυάζονται και σχηματίζουν πρωτεϊνικά συσσωματώματα. Η δομή που προκύπτει, αποτελεί την **τεταρτοταγή δομή** της πρωτεΐνης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αιμοσφαιρίνη, η οποία αποτελείται από τέσσερις διαφορετικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες (βλ. εικόνα 2.6).

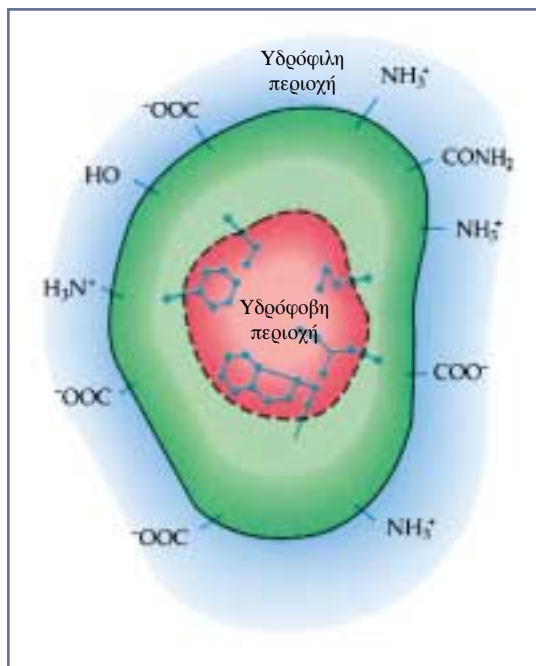
Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι η ανώτερη δομή των πρωτεϊνών σταθεροποιείται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αμινοξέων της πρωτοταγούς δομής και κατά συνέπεια η πρωτοταγής δομή υπαγορεύει την τριτοδιάστατη δομή της πρωτεΐνης.



Εικόνα 2.9 Μπορούμε να συσχετίσουμε τα τρία επίπεδα οργάνωσης της δομής των πρωτεϊνών με τις μορφές που μπορεί να πάρει το καλώδιο του ακουστικού ενός τηλεφώνου.

Το τελικό σχήμα των πρωτεϊνών

Η τριτοδιάστατη μορφή των πρωτεϊνών έχει συγκεκριμένο σχήμα που μπορεί να είναι **σφαιρικό** ή **ινώδες**. Οι σφαιρικές πρωτεΐνες είναι διαλυτές στο νερό και σε αραιά διαλύματα αλάτων (βλ. ειγ. 2.10). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κυρίως οι πρωτεΐνες, που υπάρχουν στον ορό του αίματος, το ασπράδι του αυγού, αλλά και τα περισσότερα ένζυμα, δηλ. κατά κανόνα οι πρωτεΐνες με λειτουργικό ρόλο. Οι ινώδεις πρωτεΐνες είναι αδιάλυτες στο νερό και χρησιμεύουν ως στηρικτικές και σκελετικές ουσίες, έχουν δηλ. δομικό ρόλο. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται το κολλαγόνο, που αποτελεί μέρος του συνδετικού ιστού και οι κερατίνες, από τις οποίες αποτελούνται οι τρίχες, τα νύχια κ.ά. (βλ. ειγ. 2.11).



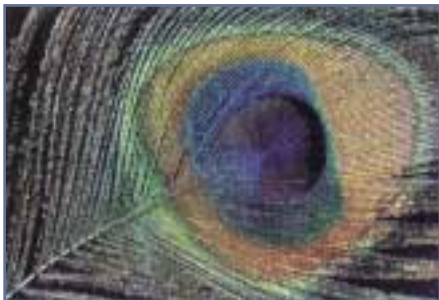
Εικόνα 2.10 Στις σφαιρικές πρωτεΐνες οι υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες βρίσκονται στο εσωτερικό της δομής αποφεύγοντας την επαφή με το νερό, ενώ, οι υδρόφιλες πλευρικές αλυσίδες βρίσκονται στην επιφάνειά της, όπου έρχονται σε επαφή με το υδατικό περιβάλλον και προκαλούν τη διάλυσή της πρωτεΐνης στο νερό.

Μετουσίωση πρωτεϊνών

Η ανώτερη δομή των πρωτεϊνών σταθεροποιείται, όπως αναφέρθηκε, από ασθενείς δεσμούς. Οι δεσμοί αυτοί είναι ευαίσθητοι σε μεταβολές της θερμοκρασίας και του pH, με αποτέλεσμα να "σπάνε" και να καταρρέει, κυριολεκτικά, η ανώτερη δομή των πρωτεϊνών. Αντίθετα, η πρωτοταγής δομή των πρωτεϊνών, η οποία σχηματίζεται από ομοιοπολικούς δεσμούς, είναι πολύ ανθεκτική και παραμένει αμετάβλητη. Το φαινόμενο της καταστροφής της ανώτερης δομής ονομάζεται **μετουσίωση των πρωτεϊνών**. Η στερεοποίηση των πρωτεϊνών του αβγού (ασπράδι) με το βράσιμο ή το τηγάνισμα ή με την επίδραση ισχυρού οξέος, αποτελούν παραδείγματα αυτού του φαινομένου.

Οι πρωτεΐνες έχουν φορτίο

Τα αμινοξέα φέρουν, όπως προαναφέρθηκε, ηλεκτρικό φορτίο, που αλλάζει, όταν αλλάζει το pH του διαλύματος. Οι πρωτεΐνες φέρουν και αυτές φορτίο, που ουσιαστικά είναι το άθροισμα των φορτίων των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων, που τις αποτελούν.



Εικόνα 2.11 Τα φτερά του παγωνιού δομούνται από ινώδεις πρωτεΐνες.

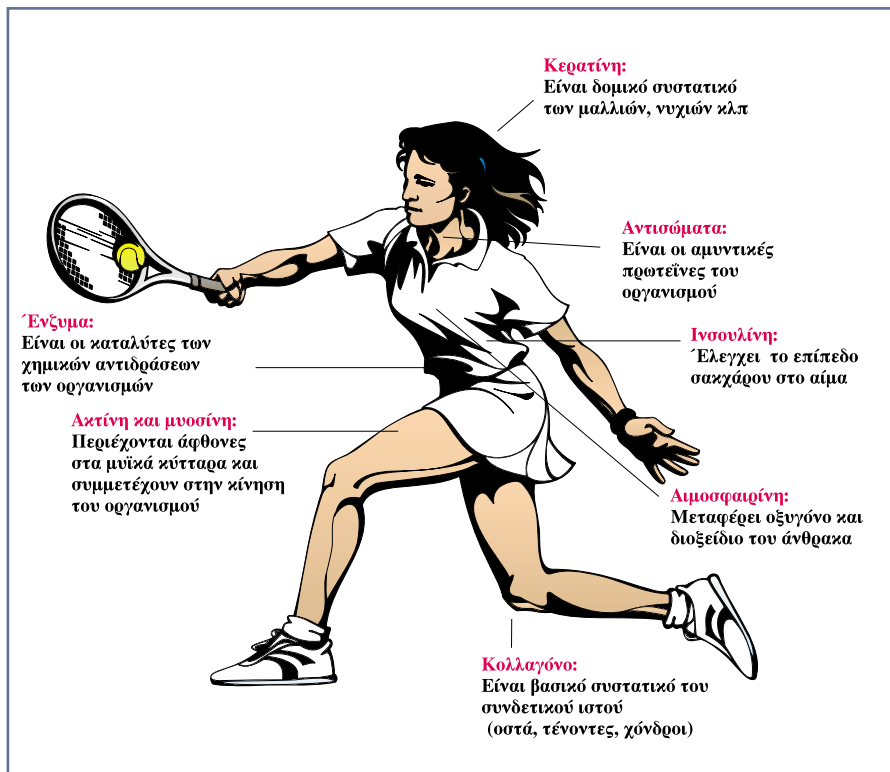
Αυτό συμβαίνει, διότι οι αμινομάδες και καρβοξυλομάδες των αμινοξέων έχουν χρησιμοποιηθεί για το σχηματισμό των πεπτιδικών δεσμών και δεν έχουν πλέον όξινες ή βασικές ιδιότητες. Μόνη εξαίρεση αποτελούν το πρώτο και το τελευταίο αμινοξύ της πεπτιδικής αλυσίδας, τα οποία έχουν την αμινομάδα ή το καρβοξύλιό τους ελεύθερα. Τα αμινοξέα αυτά ονομάζονται **N-τελικό αμινοξύ** (ή αμινοτελικό αμινοξύ) και **C-τελικό αμινο-**

ξύ (ή καρβοξυτελικό αμινοξύ), αντίστοιχα. Το φορτίο των πρωτεϊνών αλλάζει με την αλλαγή του pH και παρουσιάζουν και αυτές ισοηλεκτρικό σημείο (pI), δηλ. μια τιμή pH, όπου το συνολικό τους φορτίο είναι μηδέν. Σε $pH=pI$ η πρωτεΐνη, μη έχοντας φορτίο, δεν κινείται με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου. Σε pH μεγαλύτερο του pI , εμφανίζει αρνητικό φορτίο και κινείται προς την άνοδο, ενώ αντίθετα σε pH μικρότερο του pI , εμφανίζει θετικό φορτίο και κινείται προς την κάθοδο. Το γεγονός αυτό εκμεταλλευόμαστε κατά την ηλεκτροφόρηση, μια μέθοδο καθαρισμού και ανίχνευσης πρωτεϊνών, που χρησιμοποιεί για να διαχωρίσουμε πρωτεΐνες από μίγματά τους.

Ο βιολογικός ρόλος των πρωτεϊνών

Ο αριθμός των πρωτεϊνών του ανθρώπινου οργανισμού υπερβαίνει τις 30.000. Ο αριθμός αυτός φαντάζει πολύ μεγάλος, αλλά θα πρέπει να σκεφτεί κανείς ότι κάθε πρωτεΐνη επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία και ότι ο αριθμός των λειτουργιών του οργανισμού είναι τεράστιος.

Με κριτήριο τη λειτουργία τους, οι πρωτεΐνες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τις **δομικές**, που αποτελούν τα δομικά συστατικά του κυττάρου και των οργανισμών, και τις **λειτουργικές**, που υλοποιούν τις διάφορες λειτουργίες τους (βλ. εικόνα 2.11 και 2.12). Στον πίνακα 3 αναφέρονται παραδείγματα πρωτεϊνών και η λειτουργία που επιτελούν στον ανθρώπινο οργανισμό.



Εικόνα 2.12 Μερικές πρωτεΐνες του οργανισμού και οι λειτουργίες τους.

Πίνακας 3: Μερικές πρωτεΐνες του οργανισμού και οι λειτουργίες τους

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
Κολλαγόνο	Συστατικό του συνδετικού ιστού (οστά, χόνδροι κλπ), έχει δομικό ρόλο
Αιμοσφαιρίνη	Συστατικό των ερυθρών αιμοσφαιρίων, μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς και απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα από αυτούς
Αντισώματα	Παράγονται από λεμφοκύτταρα και εξουδετερώνουν διάφορους εισβολείς (μικρόβια, ξένες ουσίες κλπ.)
Ακτίνη, μυοσίνη	Συμβάλλουν στην κίνηση των κυττάρων, υπάρχουν σε αφθονία στα μυϊκά κύτταρα
Καζεΐνη	Αποθηκεύει ασβέστιο στο γάλα
Ινσουλίνη	Παράγεται από το πάγκρεας και ρυθμίζει τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα
Ένζυμα	Μεγάλη κατηγορία πρωτεϊνών που επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις των οργανισμών

Περίληψη

Οι πρωτεΐνες είναι πολυμερή από χημική άποψη. Οι δομικές τους μονάδες είναι μια σειρά από 20 αμινοξέα, τα οποία είναι ίδια για όλους τους οργανισμούς. Τα 12 απ' αυτά τα αμινοξέα ο άνθρωπος τα συνθέτει με το μεταβολισμό του, ενώ τα υπόλοιπα 8 είναι αναγκαίο να τα προσλαμβάνει με την τροφή του και γι' αυτό χαρακτηρίζονται, ως απαραίτητα. Τα αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς και σχηματίζουν τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες των πρωτεϊνών. Η αλληλουχία των αμινοξέων της πολυπεπτιδικής αλυσίδας αποτελεί την πρωτοταγή δομή των πρωτεϊνών. Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες αναδιπλώνονται στο χώρο και αποκτούν δευτεροταγή δομή, που μπορεί να είναι ελικοειδής ή πτυχωτή. Ηλεκτροστατικοί δεσμοί, δεσμοί υδρογόνου και άλλες έλξεις που αναπτύσσονται μεταξύ των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων προκαλούν ακόμη μεγαλύτερη αναδίπλωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας και η πρωτεΐνη αποκτά την τριτοταγή δομή της. Εάν η πρωτεΐνη αποτελείται από περισσότερες της μιας αλυσίδες, αυτές διατάσσονται η μία απέναντι στην άλλη με συγκεκριμένο τρόπο και σχηματίζουν την τεταρτοταγή δομή της. Η ανώτερη δομή των πρωτεϊνών προσδίδει στην πρωτεΐνη ένα τελικό σχήμα, που μπορεί να είναι σφαιρικό ή ινώδες. Το σχήμα των πρωτεϊνών έχει άμεση σχέση με το βιολογικό τους ρόλο. Οι σφαιρικές πρωτεΐνες έχουν κατά κανόνα λειτουργικό ρόλο, ενώ οι ινώδεις δομικό.

Ερωτήσεις

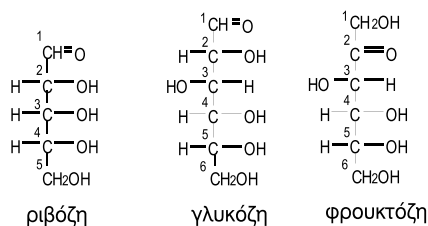
1. Ποιος ο γενικός συντακτικός τύπος των αμινοξέων; Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται τα αμινοξέα ανάλογα με τη φύση της πλευρικής τους αλυσίδας;
2. Το αμινοξύ γλυκίνη $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ έχει $\text{pI} = 7$
 - α. Με ποια μορφή εμφανίζεται η γλυκίνη σε διάλυμα με: α) $\text{pH} = 1$, β) $\text{pH} = 7$, και γ) $\text{pH} = 12$;
 - β. Πώς ονομάζεται ο δεσμός που μπορεί να σχηματιστεί ανάμεσα στην αμινομάδα της γλυκίνης και την καρβοξυλομάδα άλλου αμινοξέος, π.χ. της αλανίνης; ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$)
 - γ. Πόσων ειδών διπεπτίδια μπορούν να σχηματίσουν ένα μόριο γλυκίνης και ένα μόριο αλανίνης;
3. Πόσα επίπεδα οργάνωσης διακρίνουμε στη δομή των πρωτεϊνικών μορίων; Πώς η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης υπαγορεύει ποια μορφή θα έχει η πρωτεΐνη στο χώρο;
4. Τι είναι και πώς προκαλείται η μετουσίωση των πρωτεϊνών;
5. Πώς δικαιολογείται ότι μια πρωτεΐνη μπορεί να παρουσιάσει φορτίο;
6. Ποιος παράγοντας επηρεάζει το φορτίο μιας πρωτεΐνης;
7. Χαρακτηρίστε τις παρακάτω προτάσεις σαν σωστές (Σ) ή λανθασμένες (Λ) δικαιολογώντας την απάντησή σας
 - α) Το διαφορετικό είδος αμινοξέων καθορίζεται από το είδος της αμινομάδας
 - β) Άτομα αζώτου υπάρχουν στα μόρια όλων των πρωτεϊνών
 - γ) Η τριτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης σταθεροποιείται, μεταξύ άλλων, με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των ομάδων $-\text{NH}-$ και $-\text{CO}-$ της πολυπεπτιδικής αλυσίδας
 - δ) Η δευτεροταγής δομή των πρωτεϊνών σταθεροποιείται από δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των πλευρικών αλυσίδων της πολυπεπτιδικής αλυσίδας
 - ε) Η τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών καθορίζει το βιολογικό τους ρόλο

2.2.2 Οι υδατάνθρακες

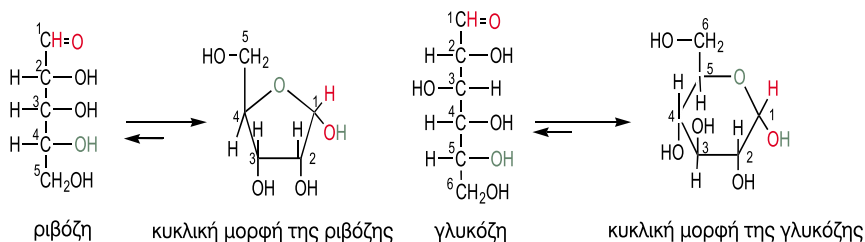
Οι υδατάνθρακες είναι οι πλέον διαδεδομένες οργανικές ενώσεις στη γη. Αποτελούν μια σπουδαία πηγή άνθρακα για τη σύνθεση άλλων ενώσεων, αλλά και αποθήκες χημικής ενέργειας, που χρησιμοποιούν τα κύτταρα. Πολλοί υδατάνθρακες, όπως η κυτταρίνη και η χιτίνη, έχουν δομικό ρόλο και παρέχουν μηχανική υποστήριξη και προστασία από το περιβάλλον σε ορισμένα είδη οργανισμών. Οι υδατάνθρακες διακρίνονται σε μονοσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες (δηλ. δισακχαρίτες και τρισακχαρίτες κλπ.) και πολυσακχαρίτες. Οι μονοσακχαρίτες και οι χαμηλού μοριακού βάρους ολιγοσακχαρίτες, συνήθως ονομάζονται **σάκχαρα**.

Μονοσακχαρίτες

Οι μονοσακχαρίτες είναι πολυ-υδροξυ-αλδεΐδες ή πολυ-υδροξυ-κετόνες με τρία ως οκτώ άτομα άνθρακα. Η ριβόζη είναι, για παράδειγμα, μια πολυ-υδροξυ-αλδεΐδη με πέντε άτομα άνθρακα (πεντόζη) και η γλυκόζη με έξι άτομα άνθρακα (εξόζη), ενώ η φρουκτόζη μια πολυ-υδροξυ-κετόνη με έξι άτομα άνθρακα (κετοεξόζη):

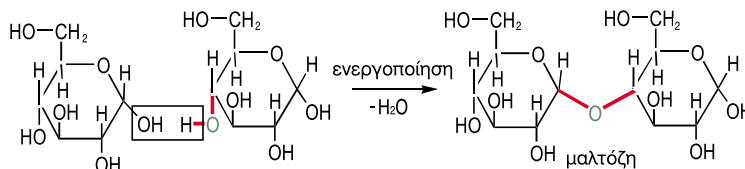


Τα σάκχαρα εμφανίζονται συχνά και με την κυκλική τους μορφή, η οποία σχηματίζεται αυθόρμητα, κατά την διάλυσή τους στο νερό, π.χ.



Δισακχαρίτες - Ολιγοσακχαρίτες - Πολυσακχαρίτες

Η πιο σημαντική ιδιότητα των μονοσακχαριτών είναι ότι αντιδρούν μεταξύ τους, με τη βοήθεια ειδικών ουσιών που ενεργοποιούν την αντίδραση και σχηματίζουν τους δισακχαρίτες με την αποβολή ενός μορίου νερού, π.χ. η μαλτόζη σχηματίζεται από δύο μόρια γλυκόζης, ως εξής:

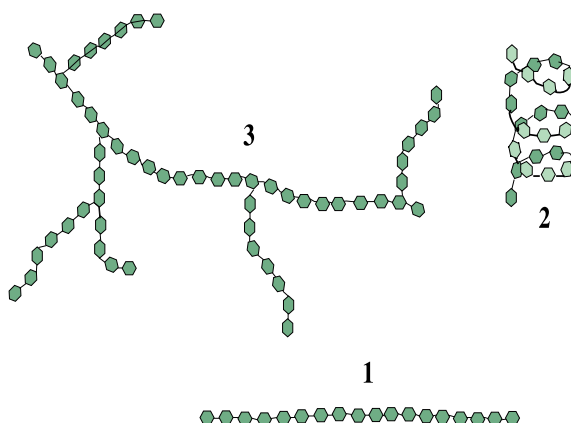


Οι δεσμοί που ενώνουν τους δύο μονοσακχαρίτες, ονομάζονται **γλυκοζιτικοί δεσμοί** (σημειώνονται με κόκκινο χρώμα στην παραπάνω εικόνα). Η αντίδραση μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές με τη σύνδεση ενός μονοσακχαρίτη κάθε φορά και έτσι προκύπτουν διαδοχικά τρισακχαρίτες, τετρασακχαρίτες κ.ο.κ. Η ένωση 2 έως 10 μονοσακχαριτών με αυτό τον τρόπο σχηματίζει πολυμερή, που χαρακτηρίζονται ως **ολιγοσακχαρίτες**, ενώ η σύνδεση περισσότερων μονοσακχαριτών σχηματίζει τους **πολυσακχαρίτες**.

Οι σημαντικότεροι πολυσακχαρίτες

Οι σημαντικότεροι πολυσακχαρίτες είναι το **γλυκογόνο**, το **άμυλο** και η **κυτταρίνη**. Παρά το γεγονός ότι και οι τρεις αυτοί πολυσακχαρίτες οικοδομούνται από το ίδιο μονομερές, το μόριο της γλυκόζης, διαφέρουν σημαντικά ως προς το μέγεθος, την τρισδιάστατη δομή και το βιολογικό τους ρόλο.

Το **γλυκογόνο** αποτελείται από χιλιάδες μόρια γλυκόζης, τα οποία σχηματίζουν ένα μεγάλο διακλαδισμένο πολυμερές (βλ. εικόνα 2.13). Χρησιμεύει σαν αποθήκη γλυκόζης στα ζωικά κύτταρα. Αποθηκεύεται κυρίως στους μυς, όπου υδρολύεται σε γλυκόζη και καλύπτει άμεσες ενεργειακές ανάγκες των μυϊκών κυττάρων, αλλά και στο ήπαρ, όπου αποδίδει γλυκόζη για τη διατήρηση σταθερών επιπέδων σακχάρου στο αίμα.



Εικόνα 2.13 Οι τρεις πολυσακχαρίτες της εικόνας αποτελούνται από χιλιάδες μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα με γλυκοζιτικούς δεσμούς. Η κυτταρίνη (1) είναι ευθεία αλυσίδα, η αμυλοπηκτίνη του αμύλου σπειροειδής (2), ενώ το γλυκογόνο (3) είναι διακλαδισμένη αλυσίδα.

Το **άμυλο** είναι ένας πολυσακχαρίτης που απαντάται σε δύο μορφές, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη. Η αμυλόζη αποτελεί το 20-30% του αμύλου και σχηματίζει ευθείες αλυσίδες, ενώ η αμυλοπηκτίνη αποτελεί το υπόλοιπο ποσοστό του αμύλου και έχει σπειροειδή διάταξη (βλ. εικόνα 2.13). Χρησιμεύει σαν αποθήκη γλυκόζης στα φυτά και έτσι επιτελεί βιολογικό ρόλο ανάλογο με αυτό του γλυκογόνου των ζωικών κυττάρων. Αποθηκεύεται στα σπέρματα (δημητριακά) και τους βολβούς (πατάτες). Το σημαντικότερο πεπτικό ένζυμο για την υδρόλυση του αμύλου είναι η αμυλάση, που βρίσκεται στο σάλιο και το λεπτό έντερο.

Τέλος, η **κυτταρίνη** που και αυτή απαντάται στα φυτά, αποτελείται από 8.000 - 12.000 μόρια γλυκόζης και σχηματίζει ευθείες αλυσίδες. Είναι η πιο διαδεδομένη στη φύση οργανική ουσία, αφού αποτελεί το 50% του συνόλου των οργανικών ενώσεων των φυτών. Χρησιμεύει σα δομικό συστατικό κυρίως του κυτταρικού τοιχώματος των φυτών. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή, διότι δε διασπάται εύκολα σε μόρια γλυκόζης. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν υπάρχουν στα φυτά, αλλά και στα περισσότερα ζώα και τον άνθρωπο, τα ειδικά ένζυμα, που απαιτούνται για τη διάσπαση των γλυκοζιτικών της δεσμών. Τέτοια ένζυμα διαθέτουν όμως τα μηρυκαστικά και έτσι η κυτταρίνη πέπτεται από τα μηρυκαστικά, αλλά όχι από τον άνθρωπο.

Περίληψη

Οι σημαντικότεροι πολυσακχαρίτες είναι το γλυκογόνο, το άμυλο και η κυτταρίνη. Από την άποψη της Χημείας, οι πολυσακχαρίτες αυτοί είναι πολυμερή με δομική μονάδα τη γλυκόζη. Το άμυλο χρησιμεύει ως αποθήκη ενέργειας στους φυτικούς οργανισμούς, ενώ το γλυκογόνο επιτελεί τον ίδιο ρόλο στους ζωικούς. Η κυτταρίνη είναι η πλέον διαδεδομένη στη φύση οργανική ουσία και χρησιμεύει ως δομικό υλικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών κυττάρων.

Ερωτήσεις

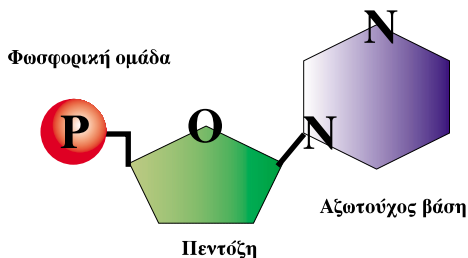
1. Ποιοι οι σημαντικότεροι πολυσακχαρίτες και ποιος ο βιολογικός τους ρόλος: α) στα φυτά και β) στα ζώα.
2. Η 2-δεσοξυ-ριβόζη σχηματίζεται από τη ριβόζη με αντικατάσταση του 2-υδροξυλίου με υδρογόνο. Μπορείτε, αφού παρατηρήσετε το συντακτικό τύπο της ριβόζης, να γράψετε το συντακτικό τύπο της 2-δεσοξυ-ριβόζης;
3. Για ποιο λόγο η κυτταρίνη δεν έχει άμεση θρεπτική αξία για τον άνθρωπο;
4. Γράψτε δύο μορφές της γλυκόζης που μπορεί να συνυπάρχουν σε υδατικό διάλυμα.

2.2.3 Τα νουκλεϊκά οξέα

Τα νουκλεϊκά οξέα κατέχουν μια μοναδική θέση ανάμεσα στα μακρομόρια. Όχι μόνο συμμετέχουν σε πολλές βιολογικές λειτουργίες, αλλά αποθηκεύουν και μεταφέρουν τις γενετικές πληροφορίες, αποτελούν δηλαδή το γενετικό υλικό του κυττάρου. Αυτά τα μόρια βρίσκονται στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων και στο κυτταρόπλασμα των προκαρυωτικών και περιέχουν όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται για το διπλασιασμό του ίδιου τους του εαυτού, για τη σύνθεση άλλων νουκλεϊκών οξέων, αλλά και για τη σύνθεση των πρωτεϊνών. Υπάρχουν δύο είδη νουκλεϊκών οξέων, το **δεσοξυ-ριβο-νουκλεϊκό οξύ**, το γνωστό μας **DNA**, και το **ριβο-νουκλεϊκό οξύ**, το γνωστό μας **RNA**. Από χημική άποψη, τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή με δομικές μονάδες τα νουκλεοτίδια.

Τα νουκλεοτίδια

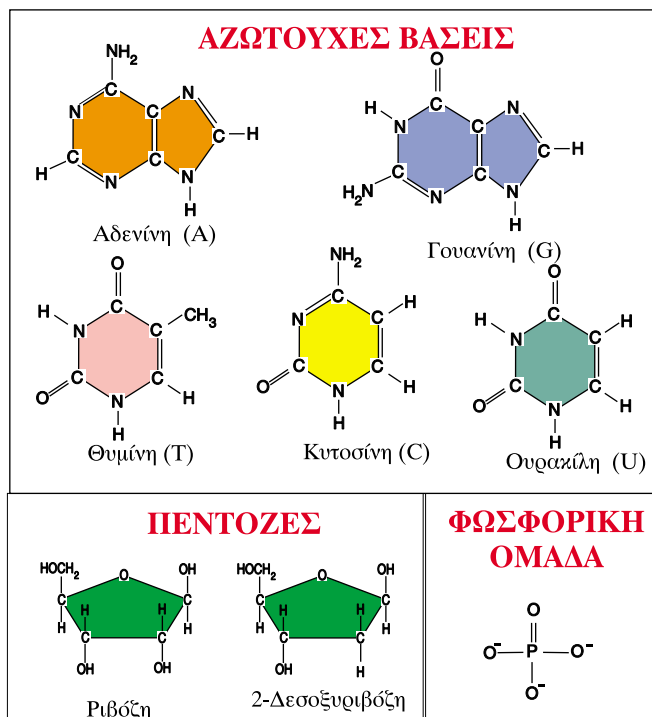
Τα νουκλεοτίδια δομούνται από τρεις διαφορετικές ομάδες: μια *πεντόζη* (σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα), μια *αζωτούχο βάση* και μια *φωσφορική ομάδα*. Οι ομάδες αυτές συνδυάζονται μεταξύ τους, όπως δείχνει η εικόνα 2.14, για να σχηματίσουν ένα νουκλεοτίδιο.



Εικόνα 2.14 Τυπική δομή νουκλεοτιδίων.

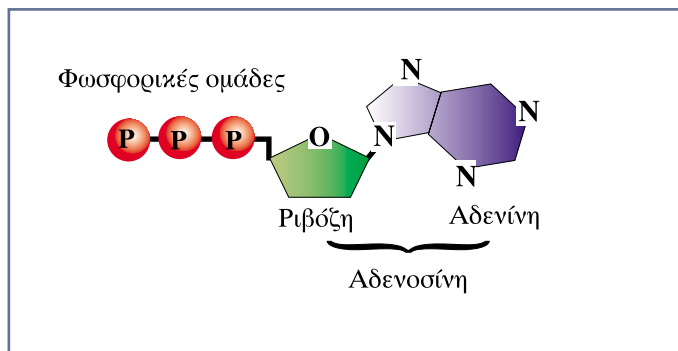
Τα νουκλεοτίδια του DNA (δεσοξυ-ριβο-νουκλεοτίδια) περιέχουν ως πεντόζη, τη 2-δεσοξυ-ριβόζη, ενώ τα νουκλεοτίδια του RNA (ριβο-νουκλεοτίδια) περιέχουν τη ριβόζη. Οι αζωτούχες βάσεις των νουκλεοτιδίων είναι η αδενίνη (A) και η γουανίνη (G), που ανήκουν στις πουρίνες και η θυμίνη (T), η κυτοσίνη (C) και η ουρακίλη (U), που ανήκουν στις πυριμιδίνες (βλ. εικόνα 2.15). Η αδενίνη, η γουανίνη και η κυτοσίνη συναντώ-

νται και στα δύο είδη νουκλεϊκών οξέων. Η θυμίνη υπάρχει μόνο στο DNA, ενώ η ουρακίλη μόνο στο RNA.



Εικόνα 2.15 Οι δομικές μονάδες των νουκλεοτιδίων.

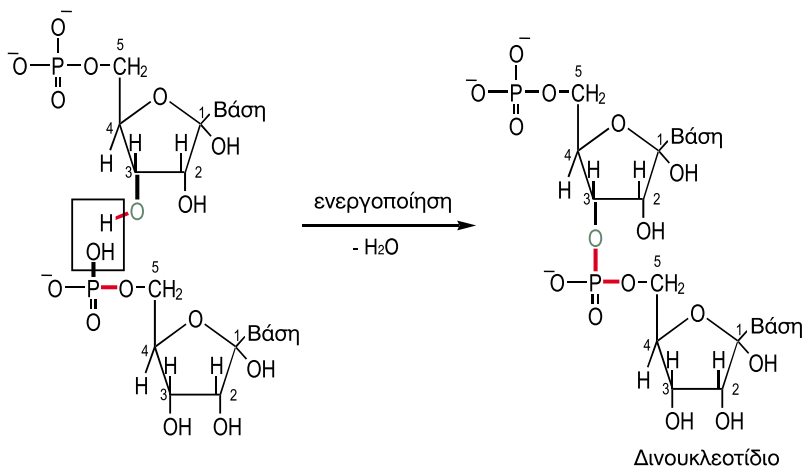
Η σύνδεση μιας αζωτούχου βάσης με την πεντόζη παράγει το **νουκλεοσίδιο**. Η αδενίνη, για παράδειγμα, συνδέεται με τη ριβόζη και σχηματίζουν την **αδενοσίνη**. Η σύνδεση μιας φωσφορικής ομάδας στο νουκλεοσίδιο οδηγεί στο **νουκλεοτίδιο**. Έτσι, η φωσφορυλίωση της αδενοσίνης μας οδηγεί στη **μονοφωσφορική αδενοσίνη (AMP)**, που είναι νουκλεοτίδιο των νουκλεϊκών οξέων. Η σύνδεση δεύτερης φωσφορικής ομάδας, μας οδηγεί στη **διφωσφορική αδενοσίνη (ADP)** και η σύνδεση τρίτης στην **τριφωσφορική αδενοσίνη, (Adenosine Triphosphate, ATP)** (βλ. εικόνα 2.16). Αυτό είναι ένα νουκλεοτίδιο με υψηλή ενέργεια, το οποίο το κύτταρο, όπως θα δούμε στα επόμενα, χρησιμοποιεί για την προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας.



Εικόνα 2.16 Το μόριο του ATP.

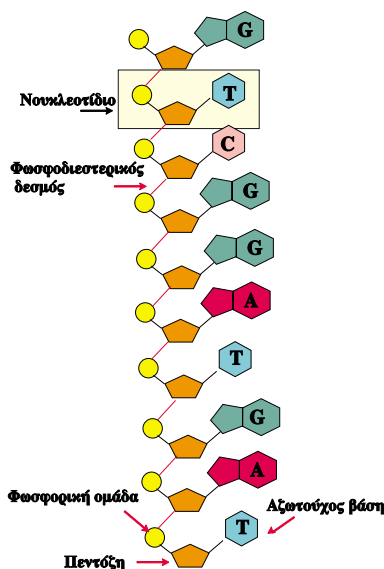
Φωσφοδιεστερικοί δεσμοί

Δύο νουκλεοτίδια μπορούν να ενωθούν με ομοιοπολικό δεσμό που δημιουργείται ανάμεσα στη φωσφορική ομάδα του ενός και την 3-υδροξυλομάδα του άλλου, οπότε προκύπτει ένα δινουκλεοτίδιο, π.χ.



Ο δεσμοί που συνδέουν τα δύο νουκλεοτίδια λέγονται **φωσφοδιεστερικοί δεσμοί** (σημειώνονται με κόκκινο χρώμα στην παραπάνω εικόνα). Αν η αντίδραση επαναληφθεί πολλές φορές με τον ίδιο τρόπο, τότε προκύπτουν σταδιακά τρινουκλεοτίδια, τετρανουκλεοτίδια κ.ο.κ. Αν μάλιστα η αντίδραση επαναληφθεί χιλιάδες φορές, προκύπτουν τα λεγόμενα **πολυνουκλεοτίδια ή πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες** (βλ. εικόνα 2.17). Τέτοιου είδους πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες είναι τα νουκλεϊκά οξέα DNA

και RNA. Η αλυσίδα των πολυνουκλεοτιδικών αλυσίδων σχηματίζεται από τα σάκχαρα που ενώνονται μεταξύ τους, διαμέσου φωσφορικών ομάδων, ενώ οι αζωτούχες βάσεις προεξέχουν από την αλυσίδα (βλ. εικόνα 2.17).



Εικόνα 2.17 Τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τις πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες.

Η δομή του DNA

Οι αλυσίδες των νουκλεϊνικών οξέων έχουν συνήθως μεγάλο μήκος. Επειδή κάθε νουκλεοτίδιο του DNA μπορεί να περιέχει οποιαδήποτε από τις βάσεις A, T, G, C υπάρχει, όπως και στις πρωτεΐνες με τα αμινοξέα, ένας απεριόριστος αριθμός διαφορετικών συνδυασμών νουκλεοτιδίων, που καθένας τους αντιπροσωπεύει και ένα διαφορετικό μόριο DNA. Αν, για παράδειγμα, μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα αποτελείται από 1.000 νουκλεοτίδια, τότε μπορεί να οικοδομηθεί με 4^{1000} διαφορετικούς τρόπους και να προκύψουν 4^{1000} διαφορετικές πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες.

Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων σε μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα αποτελεί την ονομαζόμενη **πρωτοταγή δομή** της. Όπως και οι πρωτεΐνες, οι πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες διαθέτουν και **δευτεροταγή δομή**, δηλ.

εμφανίζουν μια ορισμένη δομή στο χώρο (τρισεδιάστατη δομή), χάρη στην οποία εκπληρώνουν το βιολογικό τους ρόλο. Το 1953, οι Γουάτσον και Κρικ πρότειναν ένα μοντέλο για τη δομή του DNA, **το μοντέλο της διπλής έλικας**. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, το μόριο του DNA (βλ. εικόνα 2.18) έχει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

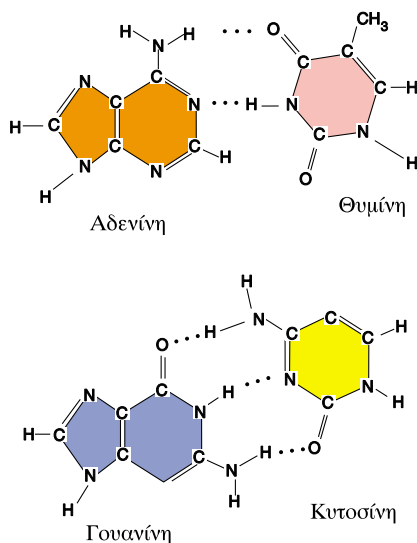
- αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, τους **κλώνους**, που σχηματίζουν δεξιόστροφη έλικα.
- οι αζωτούχες βάσεις σε κάθε κλώνο είναι κάθετες στον κύριο άξονα του μορίου και προεξέχουν προς το εσωτερικό του.
- οι δύο κλώνοι συγκρατούνται μεταξύ τους και η όλη δομή είναι σταθερή, διότι αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των αζωτούχων βάσεων των δύο κλώνων.



Εικόνα 2.18 Το μοντέλο της διπλής έλικας για την δομή του DNA.

Οι δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται μεταξύ των βάσεων *ανά ζευγάρι*. Έτσι, η αδενίνη σχηματίζει δεσμό υδρογόνου με τη θυμίνη και η γουανίνη με την κυτοσίνη. Συνήθως λέμε ότι η αδενίνη είναι **συμπληρωματική** της θυμίνης και η γουανίνη **συμπληρωματική** της κυτοσίνης, για να υποδηλώσουμε τα ζευγάρια των βάσεων, που μεταξύ τους αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου (A - T και G - C). Μάλιστα, στο ζευγάρι (A,T) σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ στο ζευγάρι (G,C) σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου (βλ. εικόνα 2.19). Η συμπληρωματικότητα

των βάσεων καθορίζει τη σχετική θέση των δύο κλώνων, διότι απέναντι από μια αδενίνη του ενός κλώνου πρέπει πάντα να βρίσκεται μια θυμίνη του άλλου κλώνου, όπως επίσης απέναντι από μια γουανίνη του ενός κλώνου πρέπει πάντα να βρίσκεται μια κυτοσίνη του άλλου κλώνου.



Εικόνα 2.19 Οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων του DNA.

Ο βιολογικός ρόλος του DNA

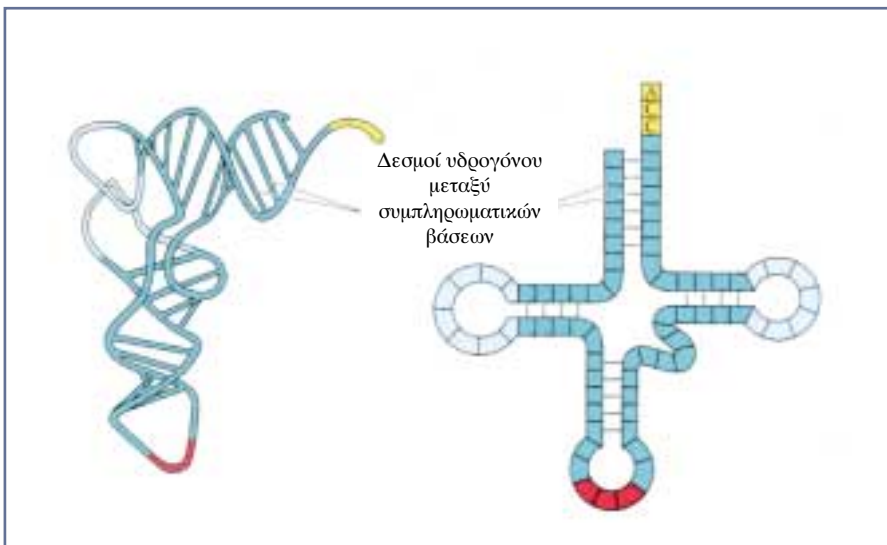
Στα μόρια του DNA αποθηκεύονται οι γενετικές πληροφορίες για το σύνολο των χαρακτηριστικών ενός κυττάρου και κατ' επέκταση ενός οργανισμού. **Η καταγραφή των γενετικών πληροφοριών στο DNA στηρίζεται στην αλληλουχία των νουκλεοτιδίων, δηλ. στην αλληλουχία των βάσεων της πρωτοταγούς δομής.** Το DNA ελέγχει διαμέσου αυτών των πληροφοριών κάθε κυτταρική δραστηριότητα. Επιπλέον, το DNA μεταβιβάζει τις γενετικές πληροφορίες από γενιά σε γενιά και εξασφαλίζει τη διαίωνιση των ειδών.

Το σύνολο των μορίων του DNA ενός κυττάρου αποτελεί το γενετικό υλικό του. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα το γενετικό υλικό βρίσκεται στον πυρήνα, ενώ στα προκαρυωτικά στο κυτταρόπλασμα. Ένα μικρό ποσοστό DNA βρίσκεται και στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες των ευκαρυωτικών κυττάρων. Για το λόγο αυτό, τα οργανίδια αυτά έχουν κάποια

αυτονομία σε σχέση με το υπόλοιπο κύτταρο, όσον αφορά τον πολλαπλασιασμό και τη σύνθεση κάποιων πρωτεϊνών τους.

Η δομή και ο βιολογικός ρόλος του RNA

Σε αντίθεση με το DNA, το RNA είναι κατά βάση ένα μονόκλωνο μόριο. Αποτελείται δηλ. από μια απλή πολυ-ριβο-νουκλεοτιδική αλυσίδα. Η αλυσίδα μπορεί να αναδιπλώνεται σε ορισμένα σημεία (βλ. εικόνα 2.20) και να σταθεροποιείται με την ανάπτυξη δεσμών υδρογόνου μεταξύ συμπληρωματικών βάσεων, παρά το γεγονός ότι σ' αυτή την περίπτωση οι βάσεις ανήκουν στην ίδια αλυσίδα. Τα ζευγάρια, μάλιστα, των συμπληρωματικών βάσεων του RNA, είναι αδενίνη - ουρακίλη (A-U) και γουανίνη - κυτοσίνη (G-C).



Εικόνα 2.20 Αναδιπλώσεις της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας του RNA.

Το RNA βρίσκεται στον πυρήνα, το κυτταρόπλασμα αλλά και τα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες των ευκαρυωτικών κυττάρων. Απαντάται σε τρεις τύπους: το **αγγελιαφόρο RNA** (mRNA) που μεταφέρει τις γενετικές πληροφορίες από το DNA στα ριβοσώματα, όπου γίνεται η πρωτεϊνοσύνθεση, το **μεταφορικό RNA** (tRNA) που μεταφέρει αμινοξέα στα ριβοσώματα για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και το **ριβοσωμικό RNA** (rRNA) που αποτελεί δομικό συστατικό των ριβοσωμάτων.

Περίληψη

Τα νουκλεϊκά οξέα του κυττάρου είναι το DNA και το RNA. Από χημική άποψη τα οξέα αυτά είναι πολυμερή με δομικές μονάδες τα νουκλεοτίδια. Τα νουκλεοτίδια είναι σύνθετα μόρια που αποτελούνται από μία πεντόζη, μία αζωτούχο βάση και από μία έως τρεις φωσφορικές ομάδες. Ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά νουκλεοτίδια είναι το ATP που χρησιμεύει για τη μεταφορά ενέργειας μέσα στο κύτταρο. Τα μόρια του DNA αποτελούνται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες με ελικοειδή διάταξη, οι οποίες συγκρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου, που αναπτύσσονται μεταξύ των συμπληρωματικών τους βάσεων. Στην αλληλουχία των βάσεων του DNA είναι καταγεγραμμένες οι γενετικές πληροφορίες του κυττάρου. Τα μόρια του RNA συνήθως αποτελούνται από μία πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, η οποία σε μερικά τμήματά της αναδιπλώνεται στο χώρο. Ο κύριος βιολογικός ρόλος του RNA είναι η μεταφορά των γενετικών πληροφοριών από το DNA στα ριβοσώματα. Το RNA παίζει επίσης ενεργό ρόλο στη διεργασία της πρωτεϊνοσύνθεσης που συντελείται στα ριβοσώματα.

Ερωτήσεις

1. Ποιες οι δομικές διαφορές ανάμεσα στα ριβονουκλεοτίδια και τα δεσοξυ-ριβο-νουκλεοτίδια.
2. Πώς οι δεσμοί υδρογόνου συμβάλλουν στη σταθερότητα του μορίου του DNA;
3. Τι σημαίνει συμπληρωματικότητα των αζωτούχων βάσεων;
4. Ποιά από τα παρακάτω υπάρχουν σε ένα μόριο DNA;

ομοιοπολικοί δεσμοί	καρβοξυλομάδα
κυτοσίνη	δεσμοί υδρογόνου
ουρακίλη	φωσφορική ομάδα
γλυκερίνη	ριβόζη
5. Ποια από τα παρακάτω δεν ισχύουν για το μόριο του RNA;
 - α) κάποια από τα ριβονουκλεοτίδιά του περιέχουν κυτοσίνη
 - β) περιέχει πεντόζες
 - γ) είναι μονόκλωνο
 - δ) εμφανίζει δομή διπλής έλικας
6. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται στη δομική οργάνωση μερικών μακρομορίων:

Μακρομόριο	Γενική ονομασία μονομερών	Αριθμός διαφορετικών μονομερών	Ονομασία δεσμού μεταξύ μονομερών
Γλυκογόνο			
DNA			
RNA			
Πρωτεΐνη			

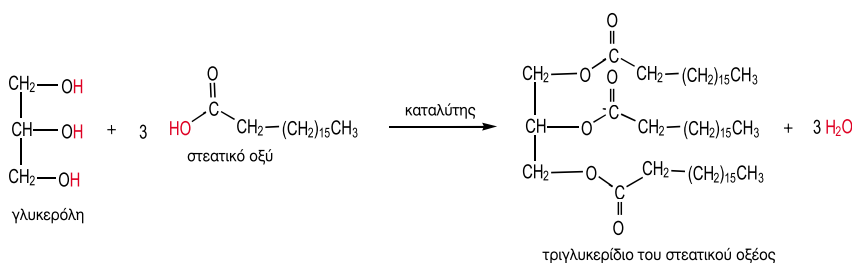
7. Ένα μόριο DNA απομονώθηκε και μετρήθηκαν οι αζωτούχες βάσεις του, οι οποίες ήταν συνολικά 20.000. Το 30% από αυτές το αποτελεί η βάση α-δενίνη.
 - α) Να υπολογιστεί το πλήθος των υπόλοιπων βάσεων καθώς και το ποσοστό συμμετοχής τους στη δομή του μορίου.
 - β) Πόσοι δεσμοί υδρογόνου απαιτούνται για τη συγκρότηση αυτού του μορίου του DNA;

2.2.4 Τα λιπίδια

Λιπίδια χαρακτηρίζονται τα βιομόρια που δε διαλύονται στο νερό, αλλά μόνο σε οργανικούς διαλύτες, π.χ. στον αιθέρα ή το χλωροφόρμιο. Από χημική άποψη μπορούν να ανήκουν σε πολλές κατηγορίες οργανικών ενώσεων. Τα πιο σημαντικά βιολογικά λιπίδια είναι τα **τριγλυκερίδια ή ουδέτερα λίπη**, τα **φωσφολιπίδια** και τα **στεροειδή**.

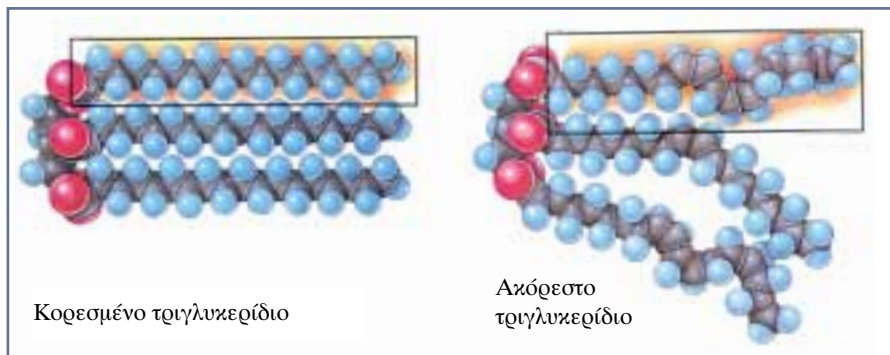
Τριγλυκερίδια ή ουδέτερα λίπη

Τα τριγλυκερίδια ή ουδέτερα λίπη, όπως λέγονται, σχηματίζονται με την ένωση τριών λιπαρών οξέων στο μόριο της γλυκερόλης, μιας πολυαλκοόλης με τρία υδροξύλια.



Τα λιπαρά οξέα είναι οργανικά οξέα με 12 - 24 άτομα άνθρακα και έτσι αποτελούν μακριές υδρόφοβες αλυσίδες (βλ. εικόνα 2.21). Τα ουδέτερα λίπη είναι υδρόφοβα μόρια και δε διαλύονται καθόλου στο νερό.

Ανάλογα με τη φύση των λιπαρών οξέων, τα τριγλυκερίδια διακρίνονται σε ακόρεστα και κορεσμένα. Τα ακόρεστα λίπη είναι συχνότερα στα φυτά παρά στα ζώα και είναι συνήθως υγρά (π.χ. ελαιόλαδο, σπορέλαια κ.ά.). Αντίθετα τα κορεσμένα τριγλυκερίδια είναι συχνότερα στα ζώα παρά στα φυτά και συνήθως είναι ή τείνουν να είναι στερεά (π.χ. βούτυρο κ.ά.). Τα λίπη είναι μόρια που αποδίδουν μεγάλα ποσά ενέργειας κατά την καύση τους και χρησιμοποιούνται από τους οργανισμούς κυρίως για την αποθήκευση ενέργειας.



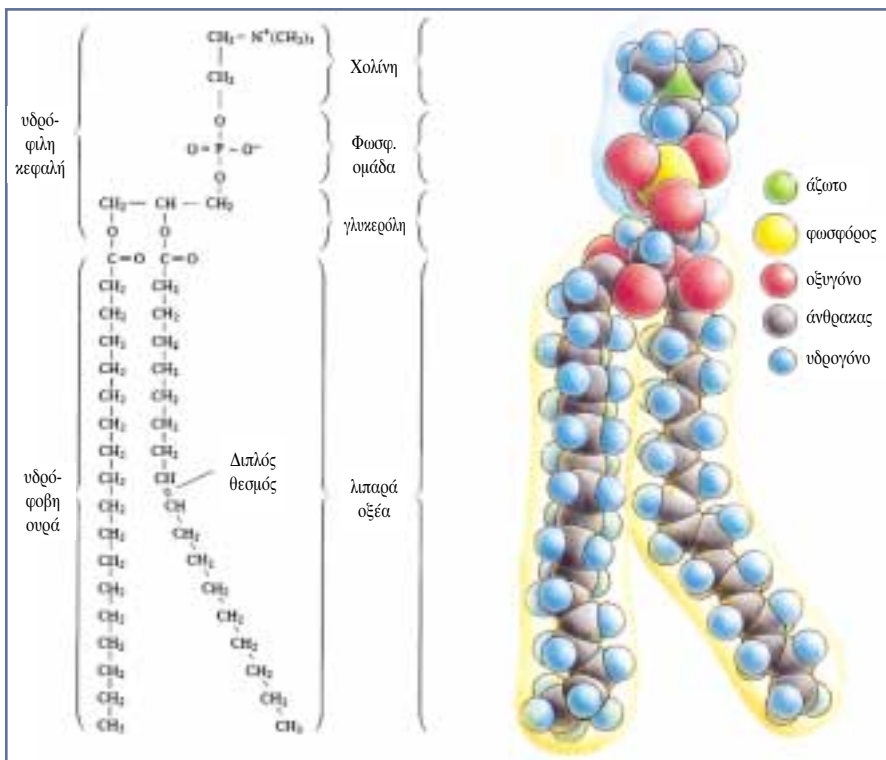
Εικόνα 2.21 Μοντέλα κορεσμένου και ακόρεστου τριγλυκεριδίου. Οι αλυσίδες των κορεσμένων λιπαρών οξέων στοιβάζονται η μία πολύ κοντά στην άλλη, με αποτέλεσμα το "πακετάρισμα" των μορίων να είναι πολύ σφιχτό και τα κορεσμένα λίπη να είναι στερεά σε συνηθισμένες συνθήκες. Αντίθετα, οι διπλοί δεσμοί των ακόρεστων λιπαρών οξέων προκαλούν κάμψεις στις ανθρακικές αλυσίδες, με αποτέλεσμα το "πακετάρισμα" των μορίων να είναι πιο χαλαρό και τα ακόρεστα λίπη να είναι υγρά σε συνηθισμένες συνθήκες.

Φωσφολιπίδια

Τα πιο διαδεδομένα φωσφολιπίδια προκύπτουν από την ένωση δύο λιπαρών οξέων στο μόριο της γλυκερόλης και μιας φωσφορικής ομάδας, που φέρει στο άλλο άκρο της μια μικρή πολική ομάδα, συνήθως κάποιο άλας του αμμωνίου (βλ. εικόνα 2.22).

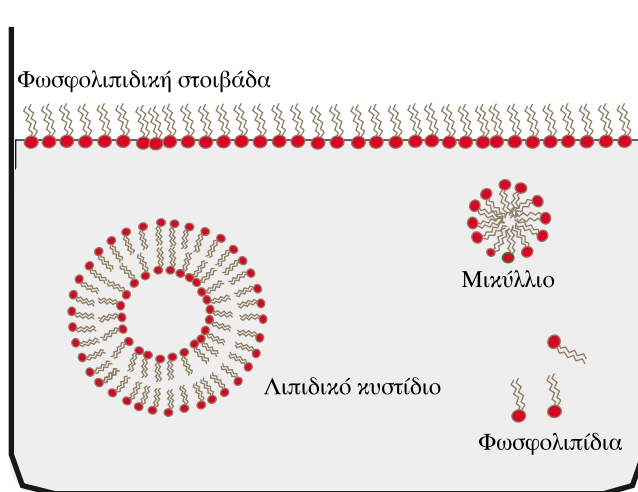
Τα φωσφολιπίδια συνδυάζουν στο μόριό τους, υδρόφοβες ομάδες (τις ανθρακικές αλυσίδες των λιπαρών οξέων) με υδρόφιλες ομάδες (τη γλυκερόλη, τη φωσφορική και την πολική ομάδα). Έτσι, εμφανίζουν μια ιδιότυπη συμπεριφορά, όταν προστεθούν στο νερό. Παραμένουν στην επιφάνειά του και σχηματίζουν μια λεπτή στοιβάδα, στην οποία οι υδρόφιλες ομάδες βυθίζονται μέσα στο νερό και οι υδρόφοβες προβάλλουν έξω από την ελεύθερη επιφάνειά του. Αν παρόλ' αυτά τα φωσφολιπίδια διοχετευθούν μέσα στη μάζα του νερού, τότε οι υδρόφοβοι δεσμοί που αναπτύσσονται, οδηγούν στο σχηματισμό σφαιρικών δομών, όπως τα **μικκύλια** και τα **λιπιδικά κυστίδια** (βλ. εικόνα 2.23).

Η διαφορά μεταξύ μικκυλίων και κυστιδίων βρίσκεται στο ότι τα κυστίδια περιέχουν νερό στο εσωτερικό τους. Το γεγονός αυτό αναγκάζει τα φωσφολιπίδια να σχηματίσουν διπλοστοιβάδα (**φωσφολιπιδική διπλοστοιβάδα**), ούτως ώστε οι υδρόφοβες ομάδες να "κρύβονται" στο εσωτε-



Εικόνα 2.22 Χημικός τύπος και μοντέλο της φωσφατιδυλο-χολίνης, ενός φωσfolιπιδίου της κυτταρικής μεμβράνης. Το μόριο έχει υδρόφιλη κεφαλή, που είναι μια φορτισμένη χολίνη και μια αρνητικά φορτισμένη φωσφορική ομάδα και δύο μακριές υδρόφοβες ανθρακικές αλυσίδες.

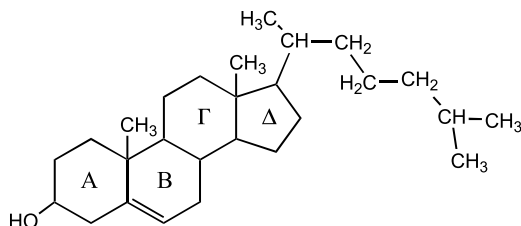
ρικό της και οι υδρόφιλες να βυθίζονται στο νερό, είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά της διπλοστοιβάδας. Η ιδιότητα αυτή των φωσfolιπιδίων είναι πολύ σημαντική για το σχηματισμό και τη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης, η οποία αποτελείται κατά κύριο λόγο από φωσfolιπίδια. **Το κύτταρο περιέχει σε μεγάλη αναλογία νερό και επίσης περιβάλλεται από νερό, οπότε προσομοιάζει με λιπιδικό κυστίδιο και η κυτταρική μεμβράνη, όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, δεν είναι παρά μια φωσfolιπιδική διπλοστοιβάδα.**



Εικόνα 2.23 Συμπεριφορά φωσφολιπιδίων σε υδατικό περιβάλλον.

Στεροειδή

Τα στεροειδή έχουν διαφορετική δομή από τα υπόλοιπα λιπίδια. Το κύριο μέρος της δομής των στεροειδών σχηματίζεται από τέσσερις συμπυκνωμένους δακτυλίους. Στους ζωικούς οργανισμούς, το πιο άφθονο στεροειδές είναι η **χοληστερόλη**:



Η χοληστερόλη αποτελεί συστατικό της κυτταρικής μεμβράνης, αλλά και πρόδρομη ένωση όλων των στεροειδών ορμονών και των χολικών οξέων.

Περίληψη

Τα κυριότερα λιπίδια είναι τα τριγλυκερίδια, τα φωσφολιπίδια και τα στεροειδή. Τα τριγλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερόλης με λιπαρά οξέα και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενέργειας από τους οργανισμούς. Τα φωσφολιπίδια είναι λιπίδια που φέρουν πολική ομάδα και έτσι συνδυάζουν τον υδρόφοβο με τον υδρόφιλο χαρακτήρα. Για το λόγο αυτό παρουσιάζουν ιδιότυπη συμπεριφορά, όταν βρεθούν σε υδατικό περιβάλλον. Ανάλογα με την περίπτωση σχηματίζουν στοιβάδες, μικύλλια ή λιπιδικά κυστίδια. Το περίβλημα των λιπιδικών κυστιδίων είναι μια φωσφολιπιδική διπλοστοιβάδα, που αποτελεί ανάλογο της κυτταρικής μεμβράνης.

Ερωτήσεις

1. Μερικά λιπιδικά μόρια διαθέτουν υδρόφιλες και υδρόφοβες περιοχές. Να προβλέψετε πώς θα συμπεριφερθούν τέτοια μόρια μέσα στο νερό.
2. Χαρακτηρίστε τις παρακάτω προτάσεις σαν σωστές (Σ) ή λανθασμένες (Λ) δικαιολογώντας την απάντησή σας:
 - α) Τα φωσφολιπίδια είναι διαλυτά στο νερό.
 - β) Τα λιπαρά οξέα είναι οργανικά οξέα με ανθρακική αλυσίδα που αποτελείται από 12-24 άτομα άνθρακα.
 - γ) Τα ακόρεστα λίπη έχουν συνήθως φυτική προέλευση και είναι στερεά σε συνθήκες συνθήκες.
 - δ) Τα λιπαρά οξέα ενώνονται με εστερικούς δεσμούς με τη γλυκερόλη και σχηματίζουν τριγλυκερίδια.
 - ε) Οι στεροειδείς ορμόνες προέρχονται από τη χοληστερόλη.