

2.4 ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

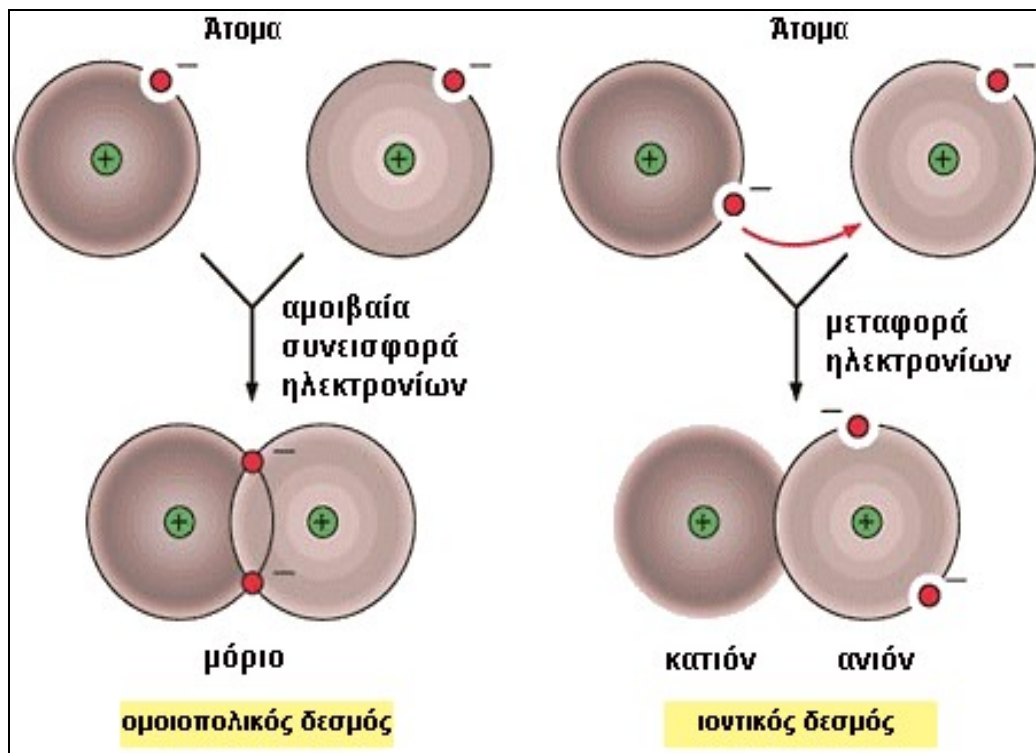
Οι οργανικές ουσίες είναι εξαιρετικά χρήσιμες για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς για τρεις κύριους λόγους:

- (α) Αποτελούν βασικά δομικά συστατικά του σώματος
- (β) Εξυπηρετούν ενεργειακές ανάγκες
- (β) Ασκούν έλεγχο σε όλες τις βιοχημικές διεργασίες

Για να κάνουν τα πιο πάνω, οι οργανικές ουσίες διαθέτουν την κατάλληλη δομή η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλη πολυπλοκότητα. Δομή και λειτουργία είναι, όπως πάντα, στενά συνυφασμένες έννοιες και η μελέτη των οργανικών ουσιών ακριβώς καταδεικνύει αυτό το αξίωμα που είναι από τα πλέον βασικά της Βιολογίας.

Η δομή των οργανικών μορίων

Η πολυπλοκότητα των οργανικών μορίων οφείλεται κυρίως στην παρουσία του άνθρακα που είναι τετρασθενές στοιχείο και όπου βρεθεί, σε κάθε χημική ένωση, δημιουργεί τέσσερις ομοιοπολικούς δεσμούς. Αυτοί οι δεσμοί χρησιμοποιούνται στη δημιουργία αλυσίδων από άτομα των οποίων η ποικιλία είναι τεράστια, όπως και η πολυπλοκότητά τους. Καθώς προστίθενται νέα άτομα άνθρακα στην αλυσίδα, αυτή σχηματίζει ένα σκελετό, μια «ραχοκοκαλιά», όπου προσκολλώνται και διαφορετικά άτομα, όπως άτομα υδρογόνου, οξυγόνου, αζώτου κ.ά. Η



αλυσίδα μπορεί να είναι απλή (λιπαρά οξέα), διακλαδισμένη (αμινοξέα) ή κυκλική (μονοσακχαρίτες). Το πρωταρχικό συμπέρασμα είναι ότι η ποικιλομορφία, η πολυπλοκότητα και το μεγάλο μέγεθος των μορίων οφείλονται στο άτομο του άνθρακα. Αδιαμφισβήτητα, χωρίς τον άνθρακα δεν θα υπήρχε ζωή στη Γη, τουλάχιστον όπως τη γνωρίζουμε.

Εικόνα 2.17 Ο τρόπος δημιουργίας ενός ομοιοπολικού και ενός ιοντικού δεσμού

Κάθε κύτταρο διαθέτει χιλιάδες διαφορετικά μακρομόρια τα οποία μπορούν να διαφέρουν από κύτταρο σε κύτταρο του ίδιου ακόμη οργανισμού. Για παράδειγμα οι διαφορές μεταξύ ατόμων, του ανθρώπινου πληθυσμού, αντικατοπτρίζουν τη μεγάλη ποικιλομορφία των πολυμερών (μακρομορίων), ιδιαίτερα του DNA και των πρωτεϊνών. Η ποικιλομορφία των μακρομορίων είναι τεράστια παρ' όλο που τα μακρομόρια κατασκευάζονται από 40 – 50 το πολύ γνωστά μονομερή (απλά μόρια). Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ των μακρομορίων είναι η γραμμική σειρά με την οποία είναι τοποθετημένα τα μονομερή. Η μοριακή λογική της ζωής είναι, στην ουσία, πολύ απλή και σημαντική: μικρά μόρια, που είναι κοινά σε όλους τους οργανισμούς, τοποθετούνται σε σειρά, έτσι που να δημιουργούνται μοναδικά στο είδος τους μακρομόρια.

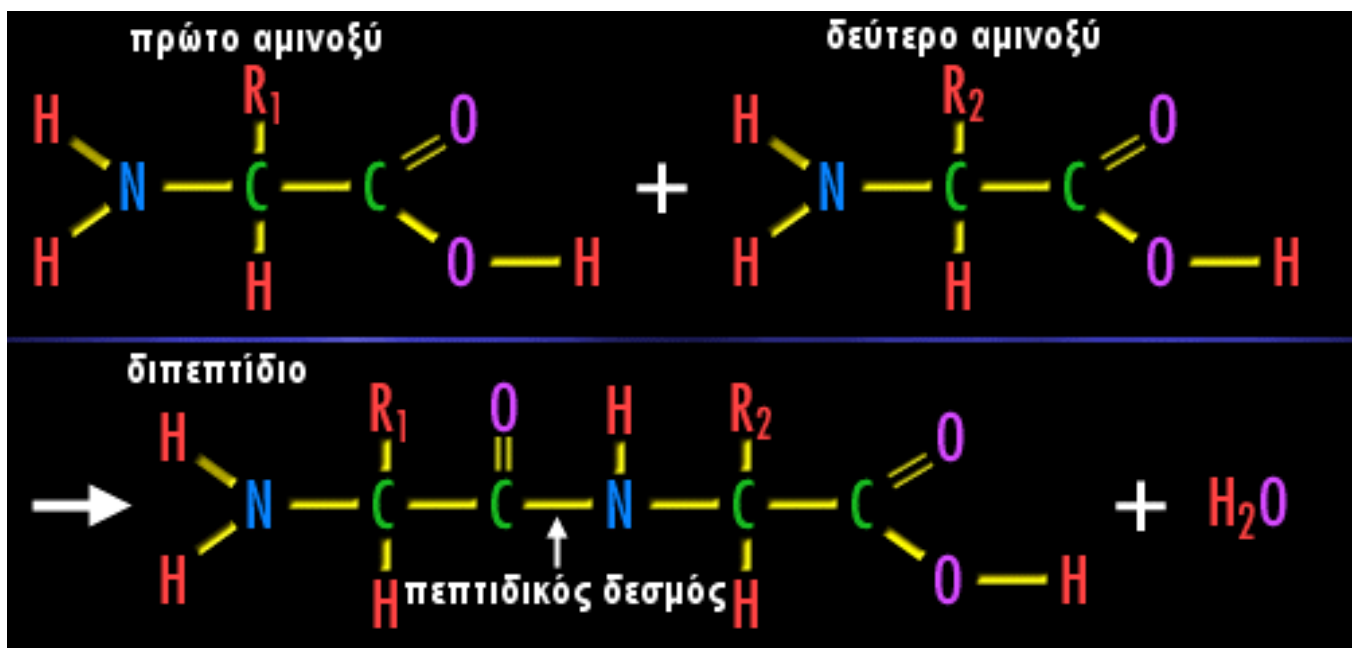
Πέραν του άνθρακα, τα άλλα σημαντικά στοιχεία είναι το οξυγόνο και το υδρογόνο. Το οξυγόνο είναι δισθενές και αυτό κάνει το μόριο του κατάλληλο για να συνδέει δυο άτομα άνθρακα μεταξύ τους και να δημιουργούνται έτσι πλευρικές αλυσίδες. Το υδρογόνο που είναι μονοσθενές είναι πάντοτε καταληκτικό άτομο στις οργανικές ενώσεις. Το άζωτο δίνει το παρόν του στις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα. Είναι τρισθενές και βασικό συστατικό ορισμένων κυκλικών ενώσεων, όπως τις πορφυρίνες, τα στεροειδή και τις αζωτούχες βάσεις των νουκλεϊνικών οξέων.

Μακρομόρια

Οι απλές οργανικές ουσίες είναι σημαντικές για τα κύτταρα. Τα κύτταρα έχουν τη δυνατότητα να συνδέουν μεταξύ τους τις απλές οργανικές ουσίες και να δημιουργούν μεγαλύτερα μόρια τα οποία ανήκουν σε τέσσερις ομάδες: υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες και νουκλεϊνικά οξέα. Ορισμένα από αυτά τα μόρια είναι τεράστια, συγκρινόμενα με απλά μόρια, και ονομάζονται **μακρομόρια**. Γνωρίζοντας τη δομή των μακρομορίων είναι δυνατό να γίνει αντιληπτός και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα μόρια αυτά. Δηλαδή, και στη Μοριακή Βιολογία, ισχύει το βασικό αξίωμα που θέλει δομή και λειτουργία να είναι έννοιες αδιαχώριστες. Ποιος είναι ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται τα μακρομόρια; Αυτή η ερώτηση θα απαντηθεί στη συνέχεια.

Πολυμερή

Τα περισσότερα μακρομόρια είναι πολυμερή. Τα πολυμερή δημιουργούνται από τα κύτταρα με τη σύνδεση πολλών μονομερών, τα οποία αποτελούν τους δομικούς λίθους. Η σύνδεση γίνεται με χημικούς δεσμούς κατά τη διάρκεια **αντιδράσεων συμπύκνωσης**. Σ' αυτές τις αντιδράσεις δύο μονομερή συνδέονται ομοιοπολικά μεταξύ τους με απώλεια ενός μικρού μορίου που συνήθως είναι το νερό, όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα πιο κάτω.



Εικόνα 2.18 Σχηματισμός διπεπτιδίου

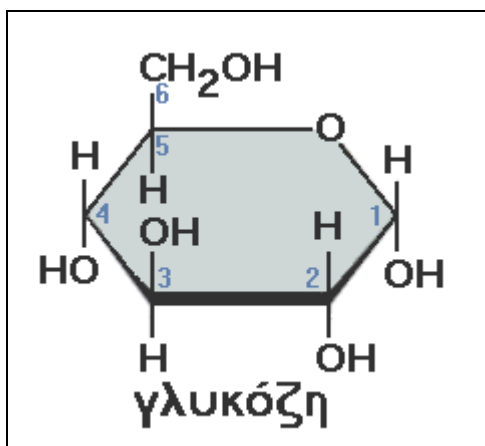
Και σε αυτές τις αντιδράσεις είναι απαραίτητη η παρουσία ενζύμων. Τα πολυμερή, διασπώνται σε μονομερή με μια διαδικασία που ουσιαστικά είναι το αντίθετο της συμπύκνωσης και ονομάζεται **υδρόλυση**. Οι δεσμοί που συγκρατούν τα μονομερή διασπώνται με την προσθήκη του νερού, ελευθερώνοντας έτσι τα μονομερή. Η υδρόλυση είναι εμφανέστατη στο πεπτικό σύστημα, όπου οι τροφές που προσλαμβάνονται είναι στη μεγάλη τους πλειοψηφία σε μακρομοριακή μορφή και απαιτείται η διάσπαση των πολυμερών σε μικρότερα μονομερή, για να μπορέσουν να εισέλθουν στα κύτταρα και να αξιοποιηθούν. Στη συνέχεια, τα κύτταρα μπορούν να επανασυνδέσουν τα μονομερή (με συμπύκνωση) και να δημιουργήσουν νέα πολυμερή που είναι χρήσιμα γι' αυτά.

Θα στρέψουμε τώρα την προσοχή μας για να μελετήσουμε τη δομή και τη λειτουργία ορισμένων από τα πλέον ουσιώδη πολυμερή που απαντώνται στα κύτταρα. Θα παρατηρήσουμε ότι οι ιδιότητες που έχουν αυτά διαφέρουν πολύ από τις ιδιότητες που έχουν τα μονομερή από τα οποία είναι δομημένα.

ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

Η κατηγορία αυτή των οργανικών ουσιών περιλαμβάνει τα απλά σάκχαρα και τα πολυμερή τους. Οι **μονοσακχαρίτες** είναι οι πιο απλοί υδατάνθρακες και η γλυκόζη κατέχει κεντρικό ρόλο στη χημεία της ζωής. Οι **δισακχαρίτες** είναι διπλά σάκχαρα γιατί αποτελούνται από δύο συνδεδεμένους μονοσακχαρίτες (συμπύκνωση), ενώ οι **πολυσακχαρίτες** είναι μακρομόρια που αποτελούνται από πολλά μονομερή.

Μονοσακχαρίτες



γλυκόζης είναι $C_6H_{12}O_6$, ενώ πιο κάτω παρουσιάζεται ο συντακτικός τύπος της γλυκόζης.

Λέγονται και απλά σάκχαρα. Η γλυκόζη, που είναι και ο πιο κοινός μονοσακχαρίτης, αποτελεί κλασικό παράδειγμα σακχάρου. Μια υδροξυλομάδα (OH) είναι συνδεδεμένη (ομοιοπολικός δεσμός) με κάθε άτομο άνθρακα εκτός από ένα άτομο άνθρακα που είναι συνδεδεμένο με διπλό δεσμό με άτομο οξυγόνου, σχηματίζοντας καρβονυλομάδα. Ανάλογα με τη θέση της καρβονυλομάδας, το σάκχαρο κατατάσσεται στις αλδόζες ή στις κετόζες. Η γλυκόζη, για παράδειγμα, είναι αλδόζη και φέρει την αλδεϋδομάδα $-CHO$, ενώ η φρουκτόζη, που παρουσιάζει συντακτική ισομέρεια με τη γλυκόζη, είναι μια κετόζη που φέρει την κετονική ομάδα $-CO$. Οι μονοσακχαρίτες που αποτελούνται από 6 άνθρακες αποκαλούνται εξόζες, ενώ αυτοί με 3 άνθρακες είναι τριόζες και με 5 άνθρακες πεντόζες. Η τεράστια ποικιλία των μονοσακχαριτών επιτυγχάνεται και από τη διαμόρφωση μερών των μορίων τους στο χώρο, γύρω από ασύμμετρα άτομα άνθρακα, όπως, για παράδειγμα, στη γλυκόζη και γαλακτόζη. Ο μοριακός τύπος της

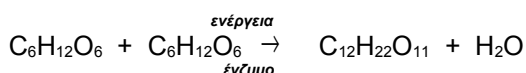
Οι μονοσακχαρίτες, και ιδιαίτερα η γλυκόζη, αποτελούν κυρίαρχες θρεπτικές ουσίες για τα κύτταρα. Στην κυτταρική αναπνοή τα κύτταρα εξασφαλίζουν ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στα μόρια της γλυκόζης. Η ραχοκοκαλιά του μορίου της γλυκόζης, δηλαδή ο σκελετός άνθρακα, χρησιμεύει ως πρώτη ύλη στη σύνθεση άλλων μικρών οργανικών μορίων, όπως είναι τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα. Τα μονομερή που δε χρησιμοποιούνται για σκοπούς ελευθέρωσης ενέργειας μετατρέπονται σε δισακχαρίτες και πολυσακχαρίτες.

Δισακχαρίτες

Κάθε δισακχαρίτης αποτελείται από δύο απλά σάκχαρα ενωμένα με **γλυκοσιδικό** δεσμό, που είναι βέβαια ομοιοπολικός δεσμός.

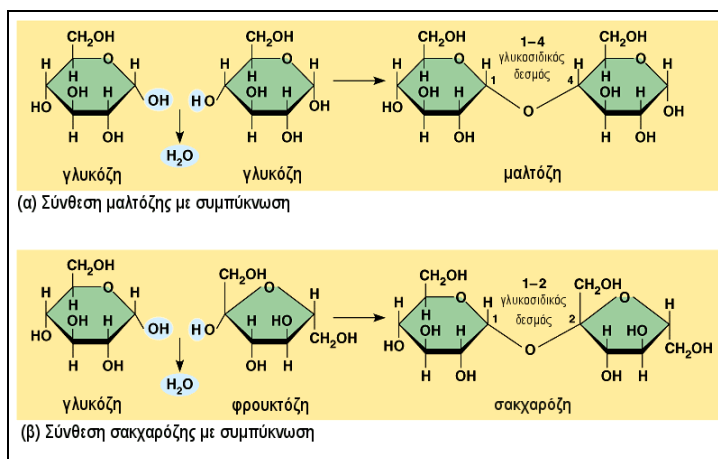
Εικόνα 2.19 Σύνθεση δισακχαριτών με συμπύκνωση

Η μαλτόζη σχηματίζεται από δύο μόρια γλυκόζης, η λακτόζη από ένα μόριο γλυκόζης ενωμένο με ένα μόριο γαλακτόζης, ενώ η σακχαρόζη (κοινή ζάχαρη) από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο φρουκτόζης (όπως φαίνεται πιο κάτω).



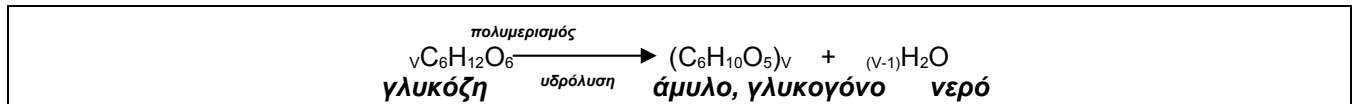
Πολυσακχαρίτες

Όλοι οι πολυσακχαρίτες είναι μακρομοριακές ουσίες που διαθέτουν από εκατοντάδες μέχρι χιλιάδες μονομερή τα οποία είναι ενωμένα μεταξύ τους. Ορισμένοι είναι αποταμιευτικοί και υδρολύονται, όταν παραστεί ανάγκη, για να προσφέρουν απλά σάκχαρα στα κύτταρα. Ορισμένοι πολυσακχαρίτες έχουν στηρικτικό ρόλο και προστατεύουν τα κύτταρα ή ολόκληρους οργανισμούς. Ας μελετήσουμε κάποιους πολυσακχαρίτες:

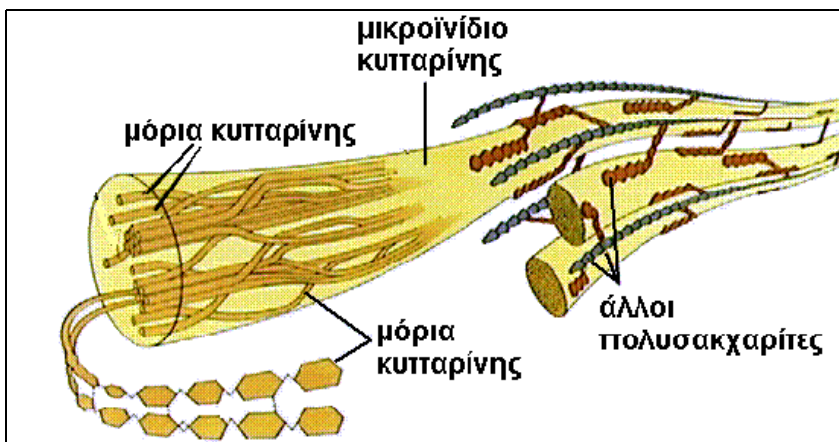


Αποταμιευτικοί πολυσακχαρίτες

Το **άμυλο** και το **γλυκογόνο** είναι οι αποταμιευτικοί πολυσακχαρίτες των φυτών και των ζώων. Είναι δομημένοι αποκλειστικά από γλυκόζη. Τα φυτά αποθηκεύουν το άμυλο στα πλαστίδια (λευκοπλάστες, χλωροπλάστες). Τα περισσότερα ζώα, καθώς και οι άνθρωποι, διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα για την υδρόλυση του αμύλου και ελευθέρωση της γλυκόζης για να χρησιμοποιηθεί από τα κύτταρα. Τα ζώα αποθηκεύουν ένα πολυσακχαρίτη που ονομάζεται γλυκογόνο (ζωικό άμυλο), στο συκώτι και στους μύες. Η γλυκόζη ελευθερώνεται από την υδρόλυση του γλυκογόνου. Στον άνθρωπο, το αποθηκευμένο γλυκογόνο εξαντλείται σε 24 περίπου ώρες. Γι' αυτό πρέπει να συμπληρώνεται συνεχώς με την πρόσληψη τροφής.



Δομικοί πολυσακχαρίτες



Η κυτταρίνη είναι παράδειγμα πολυσακχαρίτη με δομικές ιδιότητες. Αποτελεί το βασικό συστατικό της περικυτταρικής μεμβράνης (κυτταρικού τοιχώματος) των φυτικών κυττάρων.

Εικόνα 2.20 Δομή κυτταρίνης του κυτταρικού τοιχώματος

Έχει υπολογιστεί ότι τα φυτά παράγουν 100 δισεκατομμύρια τόνους κυτταρίνης το χρόνο με αποτέλεσμα να είναι ο πολυσακχαρίτης αυτός η πιο διαδομένη από όλες τις οργανικές ουσίες. Η κυτταρίνη είναι πολυμερές της γλυκόζης,

όπως και το άμυλο, με διαφορετική, όμως, τρισδιάστατη μορφή, που προσδίδει διαφορετικές ιδιότητες. Στα τοιχώματα των φυτικών κυττάρων, η κυτταρίνη βρίσκεται σε μορφή πολλών παράλληλων μορίων που συγκροτούνται με δεσμούς υδρογόνου και συγκροτούν ομάδες μικροϊνιδίων (κάθε μικροϊνίδιο περιέχει 80 περίπου μόρια κυτταρίνης). Τα μικροϊνίδια λειτουργούν ως ισχυρά καλώδια και δομικά υλικά για τα φυτά. Τα ένζυμα που υδρολύουν το άμυλο είναι ανίσχυρα να υδρολύσουν την κυτταρίνη. Μόνο ορισμένοι οργανισμοί διαθέτουν τα ειδικά ένζυμα για υδρόλυση της κυτταρίνης, η οποία είναι βέβαια, μια εξαιρετική πηγή γλυκόζης, εφ' όσον αποτελείται από μονομερή γλυκόζης.

Στον άνθρωπο, η κυτταρίνη απλώς περνά μέσα από το πεπτικό σύστημα χωρίς να υποστεί υδρόλυση και αποβάλλεται με τα κόπρανα. Όμως, η παρουσία της κυτταρίνης στο πεπτικό σύστημα είναι εξαιρετικά σημαντική, γιατί ο βλεννογόνος του εντέρου διεγείρεται από την κυτταρίνη για να παραχθεί βλέννα η οποία βοηθά στην ομαλή λειτουργία του εντέρου. Κατά συνέπεια, η κυτταρίνη δεν έχει θρεπτική αξία αλλά είναι απαραίτητη στην υγιεινή διατροφή. Υπάρχει άφθονη στα φρέσκα φρούτα, λαχανικά και στα σπέρματα.

Ορισμένα βακτήρια έχουν την ικανότητα να υδρολύουν την κυτταρίνη σε γλυκόζη. Πολλά φυτοφάγα θηλαστικά συμβιώνουν με τέτοια βακτήρια τα οποία ζουν σε διάφορα μέρη του γαστρεντερικού σωλήνα. Τα βακτήρια προσφέρουν τα κατάλληλα ένζυμα (κυτταρινάσες) για την υδρόλυση της κυτταρίνης και τα θηλαστικά προσφέρουν στα βακτήρια τροφή και προστασία. Ορισμένοι μύκητες διαθέτουν επίσης τα κατάλληλα ένζυμα και λειτουργούν ως αποικοδομητές, συμβάλλοντας στην ανακύκλωση των χημικών στοιχείων στα οικοσυστήματα.

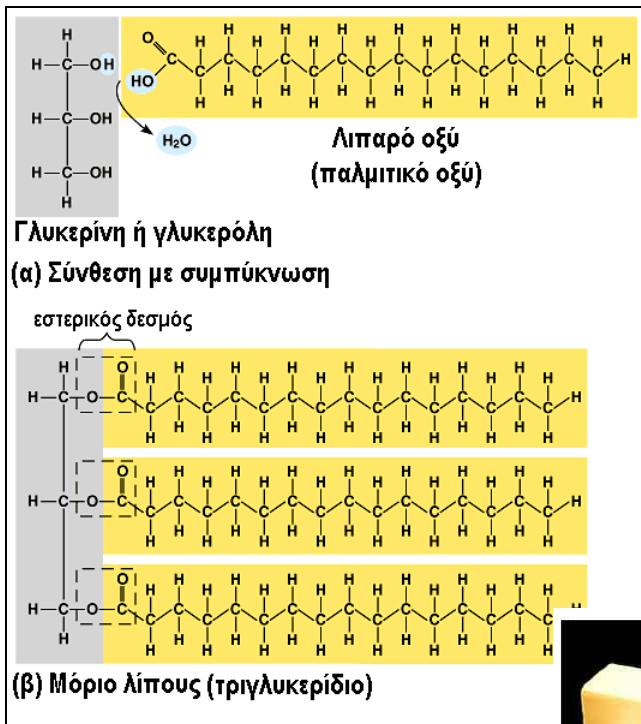
Η χιτίνη είναι ακόμη ένας βασικός δομικός πολυσακχαρίτης. Χρησιμοποιείται συνήθως από τα αρθρόποδα για σχηματισμό του εξωσκελετού. Η χιτίνη περιβάλλεται συνήθως από στρώμα ανθρακικού ασβεστίου και γίνεται μια εξαιρετικά ανθεκτική και ελαστική συνάμα ουσία. Τα μονομερή της χιτίνης είναι αμινοσάκχαρα (σάκχαρα με άζωτο). Η ιατρική επιστήμη χρησιμοποιεί τη χιτίνη στην κατασκευή ραμμάτων. Με την επούλωση της πληγής δε χρειάζεται η αφαίρεση των ραμμάτων αυτών που χρησιμοποιήθηκαν στη συρραφή, γιατί σταδιακά αποικοδομούνται.

ΛΙΠΑΡΕΣ ΟΥΣΙΕΣ (ΛΙΠΙΔΙΑ)

Πολλές χημικές ενώσεις εντάσσονται στην κατηγορία των λιπαρών ουσιών, λόγω της βασικής ιδιότητάς τους να μη διαλύονται στο νερό, ενώ είναι διαλυτές σε μη πολικούς διαλύτες, όπως είναι ο αιθέρας και το χλωροφόρμιο. Η υδροφοβική συμπεριφορά των λιπαρών ουσιών οφείλεται στη δομή του μορίου τους. Οι λιπαρές ουσίες αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο. Οι πιο σημαντικές κατηγορίες λιπαρών ουσιών είναι τα ουδέτερα λίπη, τα φωσφορολιπίδια και τα στεροειδή.

Ουδέτερα λίπη

Πρόκειται για μεγαλομοριακές ουσίες οι οποίες όμως δεν είναι πολυμερή. Κάθε ουδέτερο λίπος αποτελείται από ένα μόριο γλυκερίνης και τρία μόρια λιπαρού οξέος. Η γλυκερίνη είναι αλκοόλη με τρία άτομα άνθρακα και τρία υδροξύλια. Τα λιπαρά οξέα είναι επιμήκεις γραμμικές αλυσίδες ατόμων άνθρακα των 16 ή 18 συνήθως ατόμων. Η «κεφαλή» της αλυσίδας διαθέτει καρβοξυλομάδα στην οποία βρίσκεται προσκολλημένη η υδρογονανθρακική «ουρά». Οι δεσμοί μεταξύ ατόμων άνθρακα και ατόμων υδρογόνου στην «ουρά» δεν είναι πολικοί και αυτό προσδίδει στα ουδέτερα λίπη υδροφοβικές ιδιότητες. Τα ουδέτερα λίπη δεν αναμειγνύονται με το νερό, γιατί τα μόρια του νερού διαθέτουν μεταξύ τους δεσμούς υδρογόνου που αποκλείουν τα λίπη. Τα τρία λιπαρά οξέα συνδέονται με τη γλυκερίνη με εστερικούς δεσμούς. Έτσι, σχηματίζονται τα τριγλυκερίδια. Και τα τρία λιπαρά οξέα μπορεί να είναι τα ίδια ή να είναι δύο ή τριών ειδών.



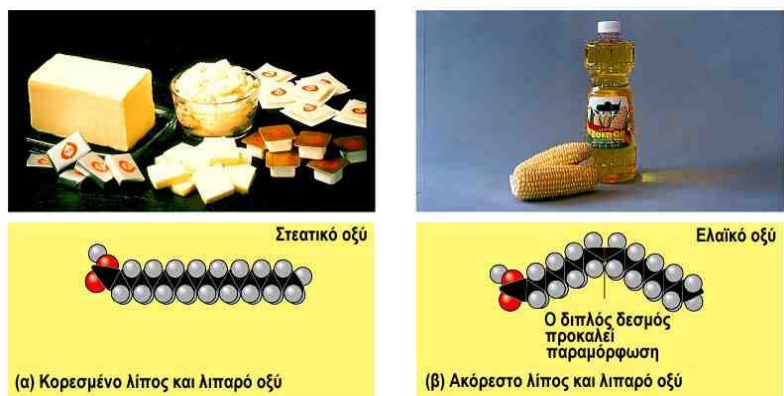
Εικόνα 2.21 Η σύνθεση και η δομή ενός τριγλυκεριδίου

Ο γενικός τύπος των λιπαρών οξέων είναι: $R-COOH$ όπου $R=C_nH_{2n+1}$ (κορεσμένα) και $R=C_nH_{2n-1}$ (ακόρεστα).

Συχνά ακούγεται η φράση «κορεσμένα» ή «ακόρεστα λίπη». Η ομάδα στην οποία εμπίπτει ένα λίπος εξαρτάται από τη δομή της «ουράς» των λιπαρών οξέων. Στα κορεσμένα λίπη δεν υπάρχουν διπλοί δεσμοί μεταξύ των ατόμων άνθρακα στην «ουρά», με αποτέλεσμα να υπάρχει ο μέγιστος δυνατός αριθμός ατόμων υδρογόνου. Αντίθετα, στα ακόρεστα λίπη υπάρχει ένας ή περισσότεροι διπλοί δεσμοί που προκαλούν διαφοροποίηση του σχήματος των αλυσίδων.

Τα περισσότερα ζωικά λίπη είναι κορεσμένα και είναι

συνήθως στερεά στις θερμοκρασίες δωματίου. Τα φυτικά λίπη και τα ιχθυέλαια είναι κατά κανόνα ακόρεστα και σε υγρή μορφή στις θερμοκρασίες δωματίου, γι' αυτό και ονομάζονται έλαια. Τα «υδρογονομένα φυτικά έλαια» είναι ακόρεστα που έχουν συνθετικά μετατραπεί σε κορεσμένα με την προσθήκη υδρογόνου. Η μαργαρίνη είναι ένα τέτοιο παράδειγμα.



Εικόνα 2.22 Κορεσμένα και ακόρεστα λίπη σε κανονικές θερμοκρασίες

Όταν το διαίτολόγιο είναι πλούσιο σε κορεσμένα, δυνατό να προκληθεί η καρδιαγγειακή ασθένεια γνωστή ως αθηροσκλήρωση (αρτηριοσκλήρυνση) στην οποία προκαλείται στένωση στα αιμοφόρα αγγεία από την απόθεση κορεσμένων λιπών και χοληστερίνης και τη δημιουργία της αθηρωματικής πλάκας.

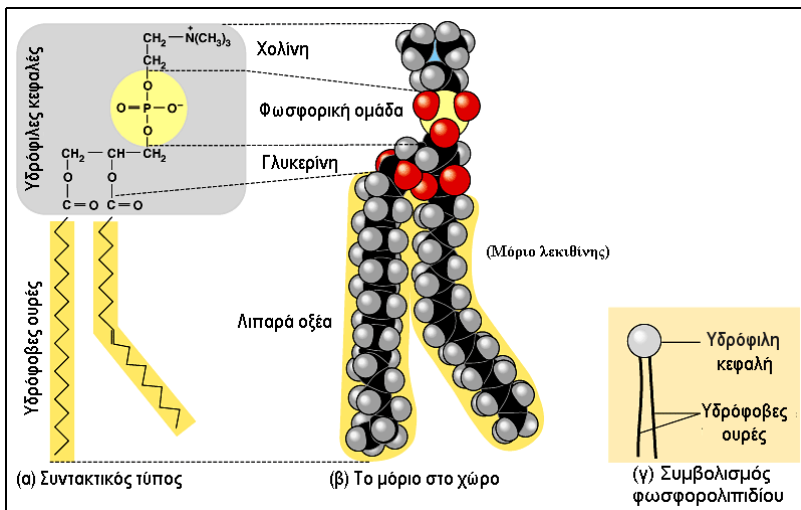
Τα λίπη δεν υφίστανται για να προκαλούν προβλήματα υγείας και η εντύπωση που δίνεται ότι μόνο ασθένειες προκαλούν, είναι εντελώς λανθασμένη και άδικη για την ομάδα αυτή των οργανικών ουσιών. Τα λίπη επιτελούν σημαντικότερο ρόλο ο οποίος είναι κατ' εξοχή **αποταμιευτικός**. Τα ουδέτερα λίπη περιέχουν υπερδιπλάσια ποσότητα ενέργειας από όση οι υδατάνθρακες ανά γραμμάριο και αποτελούν την ελαφρύτερη μορφή αποταμιευτικών ουσιών. Τα φυτά που δεν έχουν ανάγκη να κινούνται, αποθηκεύουν υλικά σε μορφή υδατανθράκων, κυρίως αμύλου. Τα ζώα, όμως, καθώς μετακινούνται, κουβαλούν μαζί τους και τις «αποθήκες» και είναι προς το συμφέρον τους να είναι πολύ ελαφρύτερες από όσο θα ήταν, αν η αποθηκευμένη ουσία ήταν το άμυλο ή κάποιος άλλος υδατάνθρακας. Επίσης, τα λίπη:

- Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας και γι' αυτό είναι **θερμομονωτικά υλικά στους οργανισμούς.**
- Είναι **αδιάβροχα και παρεμποδίζουν την εξάτμιση του νερού στους οργανισμούς.**
- **Περιβάλλουν και προστατεύουν διάφορα όργανα, όπως τους νεφρούς.**

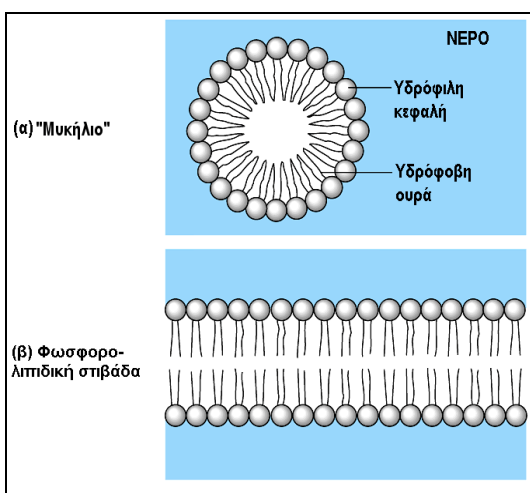
Φωσφορολιπίδια

Τα φωσφορολιπίδια είναι συγγενικά των ουδέτερων λιπών αλλά το κάθε ένα διαθέτει μόνο δύο λιπαρά οξέα αντί τρία που έχουν τα ουδέτερα λίπη. Η τρίτη υδροξυλομάδα της γλυκερίνης είναι ενωμένη με φωσφορική ομάδα η οποία είναι αρνητικά φορτισμένη. Επιπρόσθετα μικρά μόρια οργανικών βάσεων (φορτισμένα ή πολικά) βρίσκονται συνήθως συνδεδεμένα με τη φωσφορική ομάδα, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μια ποικιλία φωσφορολιπιδίων.

Τα δύο άκρα του μορίου του φωσφορολιπιδίου διαφέρουν μεταξύ τους και χημικά και λειτουργικά. Το άκρο με τα λιπαρά οξέα (η ουρά) είναι **υδρόφοβο** και αδιάλυτο στο νερό. Το άκρο με την οργανική βάση (η κεφαλή) είναι φορτισμένο, **υδρόφιλο** και υδατοδιαλυτό.



Εικόνα 2.23 Η δομή ενός μορίου φωσφορολιπιδίου



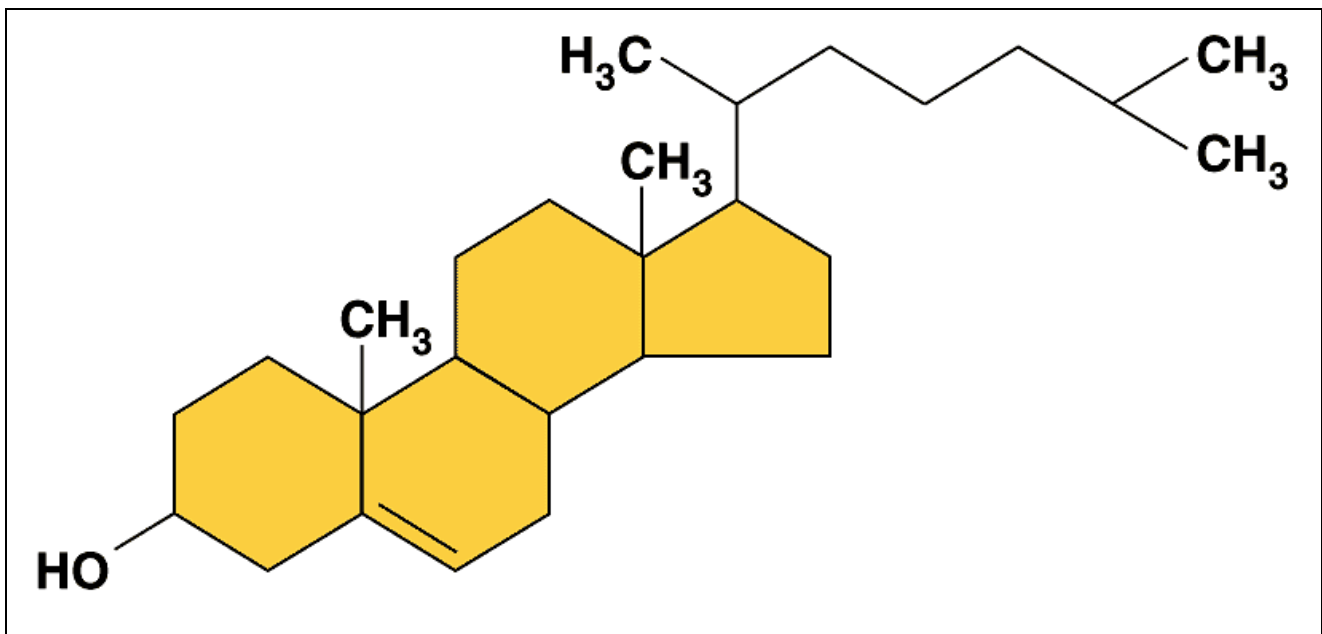
Όταν τα φωσφορολιπίδια περιβάλλονται από νερό, σχηματίζουν μικήλια (σφαιρίδια) για να προστατεύσουν τις υδρόφοβες ουρές. Στην επιφάνεια του κυττάρου, τα φωσφορολιπίδια δημιουργούν διπλοστιβάδες οι οποίες, μαζί με μόρια πρωτεϊνών, αποτελούν τα βασικά συστατικά των βιολογικών μεμβρανών.

Εικόνα 2.24 Μορφές φωσφορολιπιδίων σε υδατικό περιβάλλον

Στεροειδή

Τα στεροειδή είναι λιπίδια που έχουν, όμως, αρκετά διαφορετική δομή από τα ουδέτερα λίπη και τα φωσφορολιπίδια. Τα άτομα του άνθρακα στα στεροειδή είναι τοποθετημένα σε τέσσερις συνδεδεμένους δακτυλίους και τα στεροειδή διαφοροποιούνται από τις πλευρικές ομάδες που είναι συνδεδεμένες με τους

δακτυλίου. Η **χοληστερίνη** (χοληστερόλη) είναι στεροειδές μόριο με μεγάλη βιολογική σημασία. Αποτελεί δομικό συστατικό των μεμβρανών των ζωικών κυττάρων.



Εικόνα 2.25 Το μόριο της χοληστερόλης

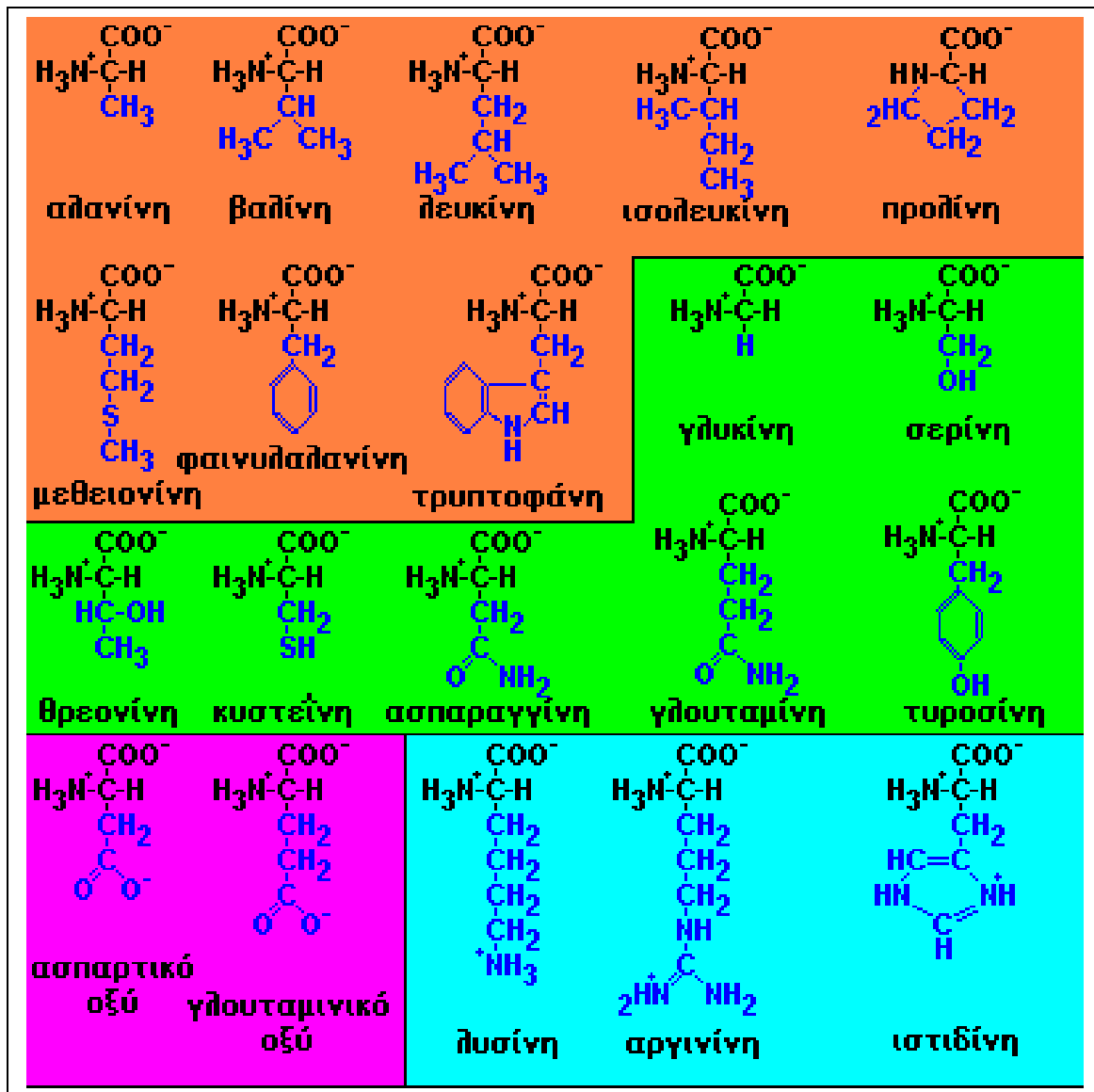
Οι αρσενικές και θηλικές φυλετικές ορμόνες είναι παραδείγματα ορμονών με στεροειδή σύσταση (ουσιαστικά αυτές οι ορμόνες παράγονται από τη χοληστερίνη) καθώς και ορμόνες που εκκρίνονται από τη φλοιώδη μούρα των επινεφριδίων. Είναι φανερό πως τα στεροειδή είναι εξαιρετικά χρήσιμα, παρ' όλο που, αυξημένη συγκέντρωση χοληστερίνης στο αίμα, δυνατό να προκαλέσει αθηροσκλήρωση.

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

Πρόκειται για χημικές ουσίες με τεράστια σημασία για τη χημεία της ζωής. Η ίδια η ονομασία των ουσιών αυτών φανερώνει την πρωταρχική σημασία τους. Οι πρωτεΐνες αποτελούν το 50% της ξηρής μάζας των περισσότερων κυττάρων και παίζουν σημαντικότερο ρόλο σε όλες τις δραστηριότητες των κυττάρων. Οι μακρομοριακές αυτές ενώσεις χρησιμοποιούνται ως δομικά συστατικά των κυττάρων και των ιστών, για αποθηκευτικούς σκοπούς, για μεταφορά άλλων ουσιών, για σκοπούς επικοινωνίας μεταξύ κυττάρων, για κίνηση και για την άμυνα κατά ξένων ουσιών. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι διάφοροι ρόλοι που παίζουν οι πρωτεΐνες

Είδος πρωτεΐνης	Ρόλος	Παραδείγματα
Δομικές πρωτεΐνες	Στήριξη	Το κολλαγόνο, η ελαστίνη και η κερατίνη
Αποταμιευτικές πρωτεΐνες	Αποθήκευση αμινοξέων	Η ωοαλβουμίνη, η καζεΐνη και οι πρωτεΐνες των κοτυληδόνων
Μεταφορικές πρωτεΐνες	Μεταφορά άλλων ουσιών	Η αιμοσφαιρίνη και οι διαμεμβρανικές πρωτεΐνες
Πρωτεΐνες Ορμόνες	Έλεγχος δραστηριοτήτων	Η ινσουλίνη, η θυρεοειδοτρόπος και πολλές άλλες ορμόνες
Πρωτεΐνες Υποδοχείς	Αντίδραση στα χημικά ερεθίσματα	Πρωτεϊνικοί υποδοχείς στην πλασματική μεμβράνη
Συσταλτικές πρωτεΐνες	Κίνηση	Η ακτίνη και η μυοσίνη
Αμυντικές πρωτεΐνες	Προστασία κατά ασθενειών	Τα αντισώματα
Πρωτεΐνες Ένζυμα	Επιτάχυνση και έλεγχος των αντιδράσεων	Τα ένζυμα του πεπτικού συστήματος, π.χ. η αμυλάση
Πρωτεΐνες ρυθμιστικά διαλύματα	Ρύθμιση του pH του πρωτοπλάσματος	Οι διαλυμένες στο πρωτόπλασμα ή στο μεσοκυττάριο υγρό πρωτεΐνες
Πρωτεΐνες καύσιμα υλικά	Απελευθέρωση ενέργειας (σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης)	Οι διαλυμένες στο πρωτόπλασμα πρωτεΐνες

Πίνακας 2.3 Οι βιολογικοί ρόλοι των πρωτεϊνών



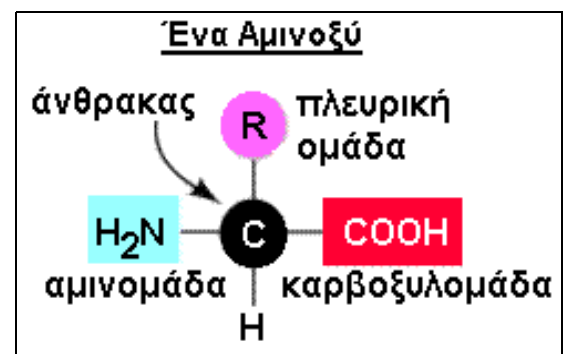
Εικόνα 2.26 Τα είκοσι αμινοξέα που απαντώνται στα μόρια των πρωτεϊνών

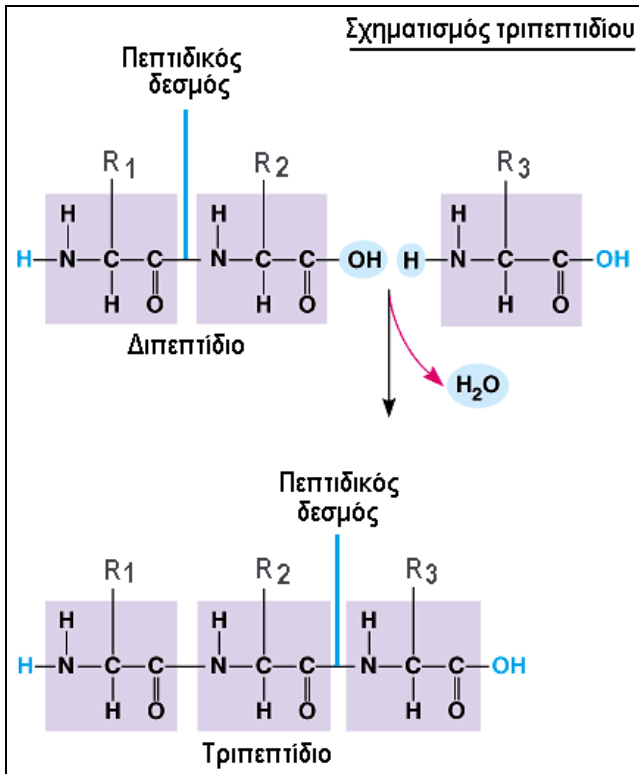
Κάθε αμινοξύ αποτελείται από μια αμινομάδα (NH_2) και μια καρβοξυλομάδα (COOH) που φαίνονται με μαύρο χρώμα στο πιο πάνω διάγραμμα. Τα αμινοξέα διαφέρουν ως προς την πλευρική ομάδα που φαίνεται με μπλε. Στο καφέ μέρος του διαγράμματος φαίνονται οκτώ αμινοξέα που είναι μη-πολικά και υδρόφοβα. Όλα τα άλλα είναι πολικά και υδρόφιλα. Τα δύο αμινοξέα ασπαρτικό και γλουταμινικό οξύ είναι όξινα, ενώ τα τελευταία τρία είναι βασικά.

ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΑ

Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από απλά μόρια, τα αμινοξέα. Υπάρχει μεγάλος αριθμός αμινοξέων αλλά μόνον είκοσι συμμετέχουν στη δομή των πρωτεϊνών. Τα περισσότερα αμινοξέα αποτελούνται από ένα ασύμμετρο άτομο άνθρακα συνδεδεμένο ομοιοπολικά με τέσσερις «συνεταίρους», ένα άτομο υδρογόνου, μια καρβοξυλομάδα ($-\text{COOH}$) και μια αμινομάδα ($-\text{NH}_2$).

Εικόνα 2.27 Η δομή ενός μορίου αμινοξέως





Η διαφορετικότητα των αμινοξέων βρίσκεται στην πλευρική ομάδα (R) η οποία είναι ο τέταρτος «συνεταίρος». Η ομάδα αυτή μπορεί, για παράδειγμα, να είναι ένα άτομο υδρογόνου, οπότε δημιουργείται το αμινοξύ γλυκίνη, μπορεί να είναι ένα μεθύλιο (-CH₃) που δημιουργεί το αμινοξύ αλανίνη ή άλλες πλευρικές ομάδες. Οι κατηγορίες των αμινοξέων χωρίζονται ανάλογα με τις ιδιότητες των πλευρικών ομάδων. Δύο αμινοξέα μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό (ομοιοπολικός) και με ταυτόχρονη αποβολή ενός μορίου νερού. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται ένα διπεπτιδίο. Πολλά αμινοξέα ενωμένα με αυτό τον τρόπο σχηματίζουν ένα πολυπεπτιδίο ή πολυπεπτιδική αλυσίδα. Τα πολυπεπτιδία μπορεί να αποτελούνται από λίγα, μέχρι χιλιάδες μονομερή. Τα κύτταρα μπορούν να σχηματίσουν απεριόριστη ποικιλία πολυπεπτιδίων αφού οι συνδυασμοί των 20 αμινοξέων για ένα πολυπεπτιδίο με 150, ας πούμε, αμινοξέα είναι 20¹⁵⁰.

Εικόνα 2.28 Συμπύκνωση για τη δημιουργία τριπεπτιδίου

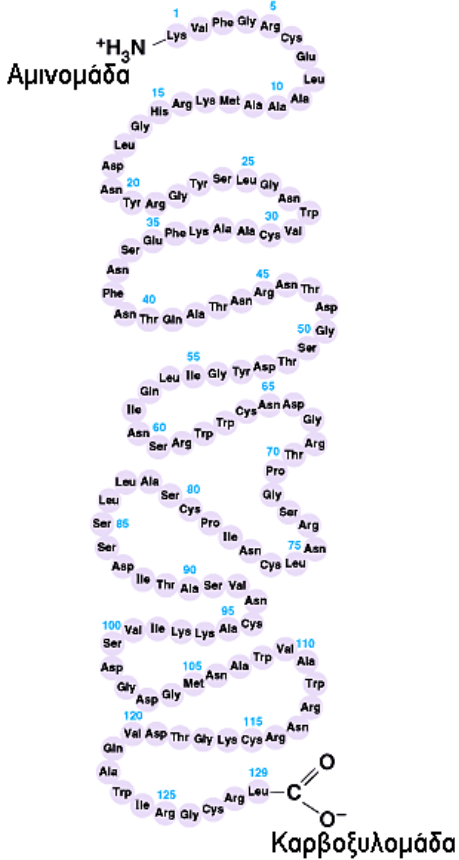
Μια πρωτεΐνη μπορεί να αποτελείται από μια ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες. Αυτό το γεγονός συμβάλλει, επίσης, στην ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της ποικιλίας των πρωτεϊνών. Η πρωτεΐνη αποτελείται από μια ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες διαμορφωμένες στο χώρο με ένα μοναδικό τρόπο έτσι που το αποτέλεσμα να είναι ένα μοναδικό μόριο με μοναδική τρισδιάστατη μορφή και σχήμα. Η αλληλουχία (σειρά) των αμινοξέων στο πολυπεπτιδίο παίζει σημαντικό ρόλο ως προς το τελικό σχήμα που θα πάρει η πρωτεΐνη στο χώρο. Πολλές πρωτεΐνες είναι σφαιρικές ως προς τη μορφή τους, ενώ άλλες είναι ινώδεις (επιμήκεις). Κάθε ένζυμο, για παράδειγμα, αποτελεί μια μοναδική πρωτεΐνη και η μοναδικότητά του βρίσκεται στην ικανότητά του να αναγνωρίσει το υπόστρωμα πάνω στο οποίο θα επενεργήσει. Η τρισδιάστατη μορφή μιας πρωτεϊνικής ορμόνης τής επιτρέπει να ενωθεί με συγκεκριμένο μόριο-υποδοχέα που βρίσκεται πάνω στο κύτταρο στο οποίο θα δράσει.

Γενικά, οι πρωτεΐνες παρουσιάζουν διάφορα δομικά επίπεδα οργάνωσης, τα οποία είναι η πρωτοταγής, η δευτεροταγής, η τριτοταγής και η τεταρτοταγής δομή τους.

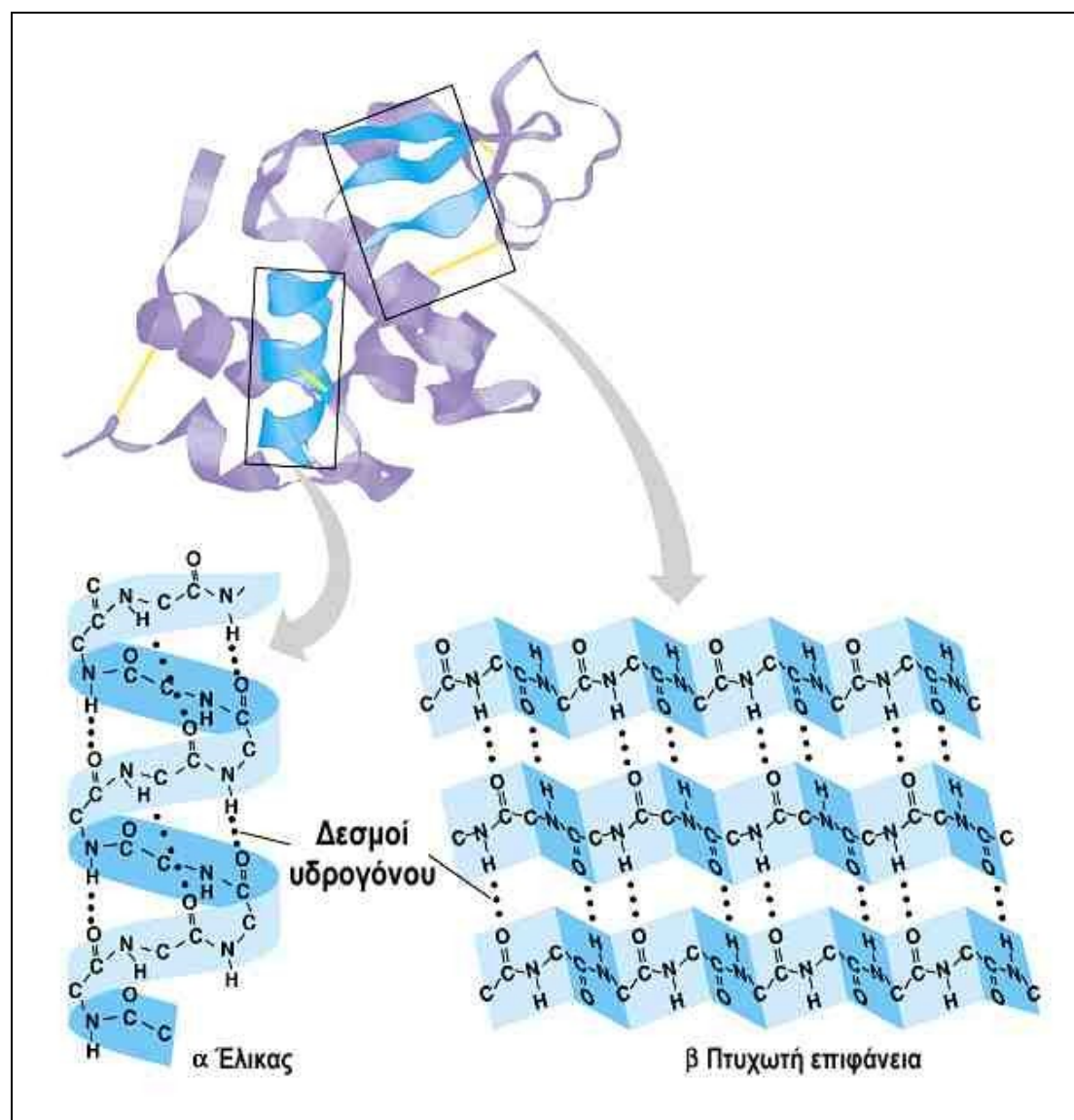
Πρωτοταγής δομή

Πρόκειται για την αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα. Η σειρά αυτή καθορίζεται από εντολές που δίνει το γενετικό υλικό. Για παράδειγμα, η λυσοζύμη, ένα αντιβακτηριακό ένζυμο, είναι πρωτεΐνη μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Είναι σχετικά μικρή αλυσίδα με 129 αμινοξέα. Κάθε μια από τις 129 θέσεις στην αλυσίδα κατέχεται από συγκεκριμένο αμινοξύ. Οι θέσεις που κατέχουν τα αμινοξέα δεν είναι τυχαίες, αλλά καθορίζονται από το γενετικό υλικό. Αν η σειρά των αμινοξέων καθοριζόταν στην τύχη, τότε οι διαφορετικοί συνδυασμοί θα ήταν 20¹²⁹. Αν αλλάξει έστω και ένα αμινοξύ, η πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, στην αιμοσφαιρίνη, όπου ένα αμινοξύ, η βαλίνη έχει αντικαταστήσει το γλουταμινικό οξύ, με αποτέλεσμα να προκαλείται αιμολυτική αναιμία γνωστή ως δρεπανοκυτταρική αναιμία.

Εικόνα 2.29 Πρωτοταγής δομή πρωτεΐνης



Δευτεροταγής δομή

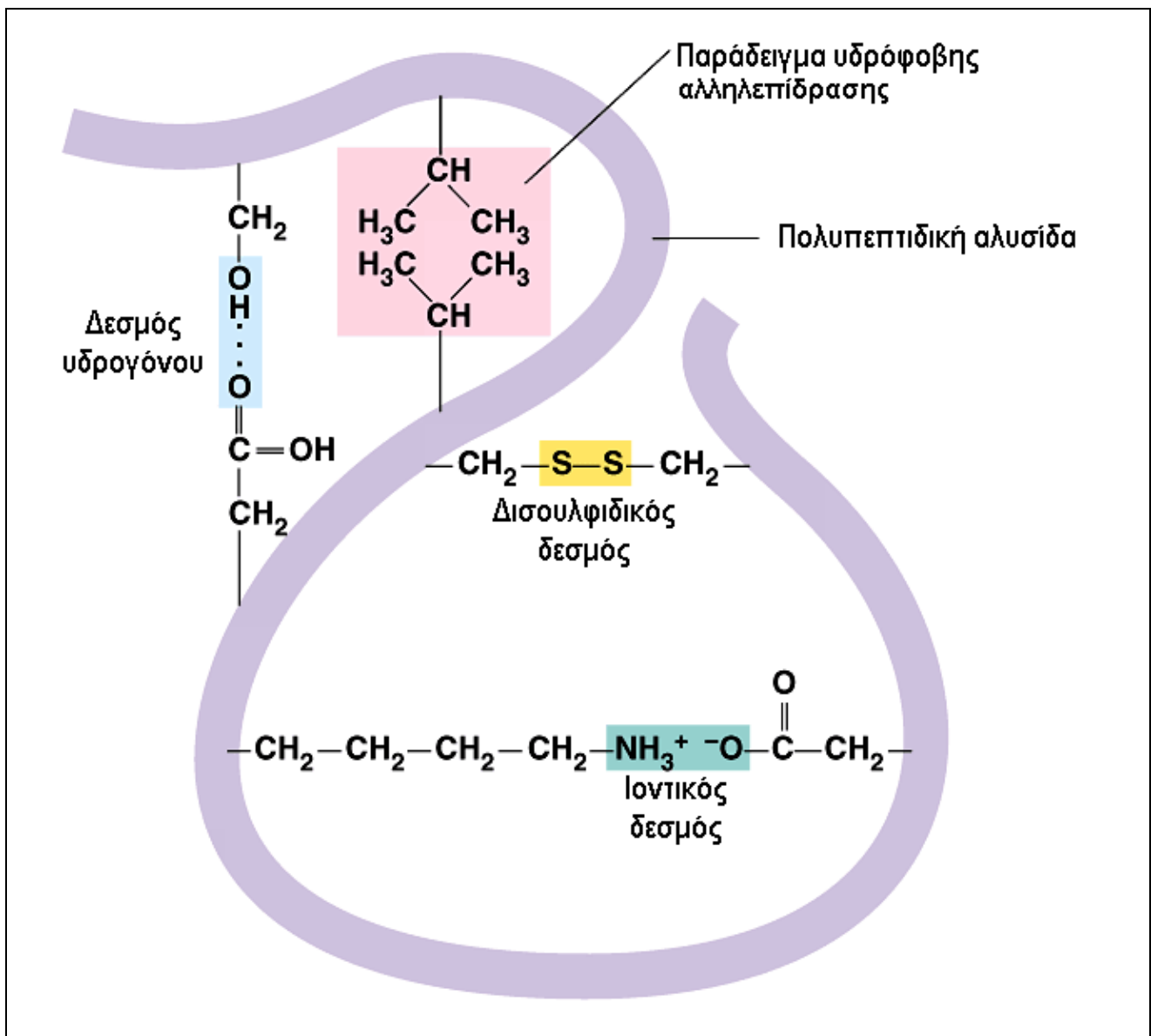


Εικόνα 2.30 Δευτεροταγής δομή μιας πρωτεΐνης

Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες δεν είναι γραμμικές αλλά συσπειρώνονται κατά συγκεκριμένο τρόπο και αποκτούν μια ειδική τρισδιάστατη δομή. Συνήθως, η συσπείρωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας δημιουργεί μια ελικοειδή μορφή ή πτυχωτή μορφή. Συγκεκριμένα, είναι οι δεσμοί υδρογόνου που δημιουργούν τη δευτεροταγή δομή. Στη λυσοζύμη, αυτοί οι δεσμοί δημιουργούν μία α-έλικα η οποία συγκρατείται από δεσμούς υδρογόνου μεταξύ κάθε τετάρτου πεπτιδικού δεσμού. Ένας άλλος τύπος δευτεροταγούς δομής είναι η β-πτυχωτή επιφάνεια. Σ' αυτό τον τύπο η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται συνεχώς δημιουργώντας πτυχώσεις. Τμήματα της αλυσίδας που κείτονται παράλληλα συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ τους και μ' αυτόν τον τρόπο σταθεροποιείται η πτυχωτή δομή.

Τριτοταγής δομή

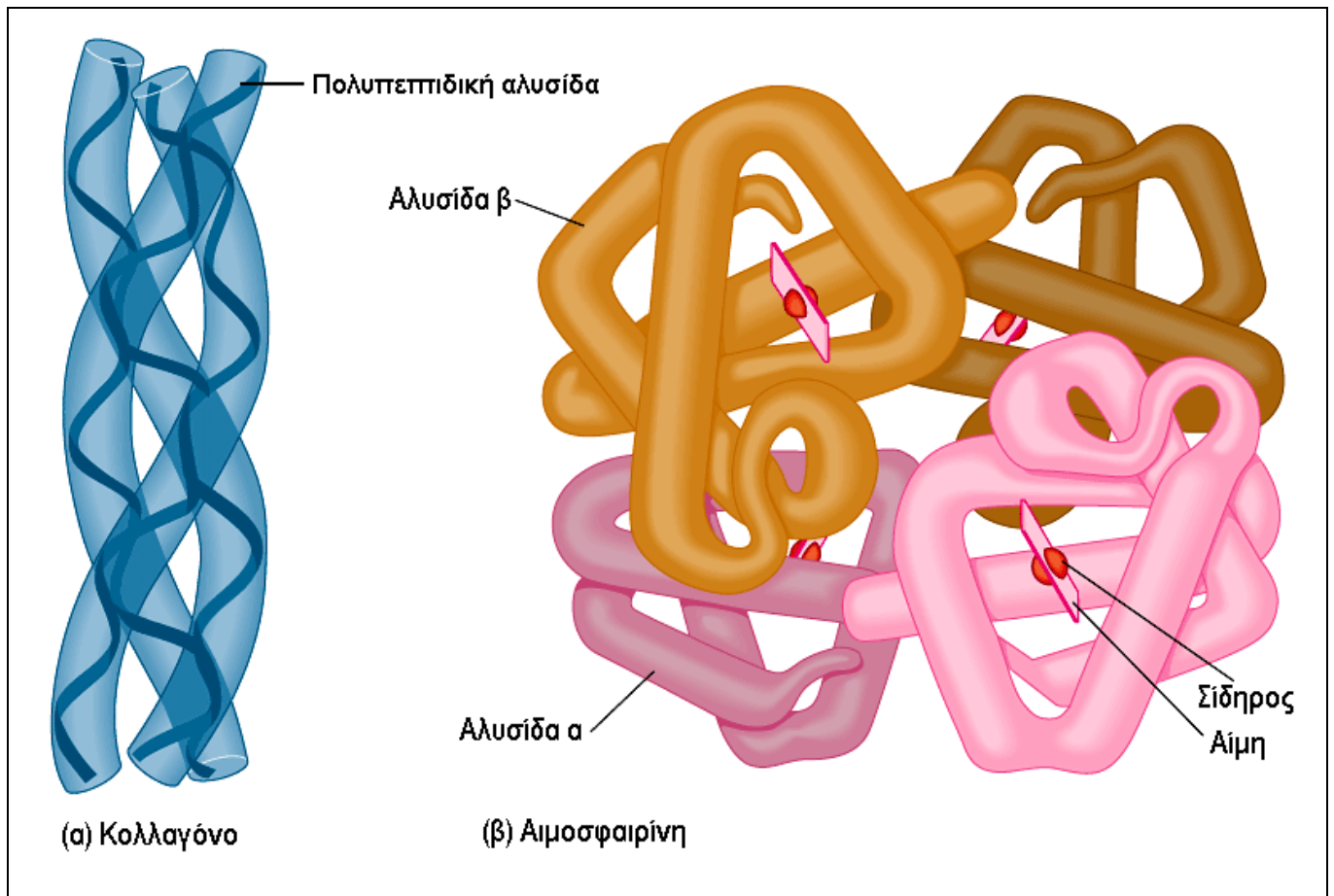
Η τριτοταγής δομή είναι αποτέλεσμα της τελικής αναδίπλωσης της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στο χώρο. Είναι το αποτέλεσμα των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των πλευρικών ομάδων των διαφόρων αμινοξέων. Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει σημαντικά την τριτοταγή δομή είναι οι υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις οι



Εικόνα 2.31 Δεσμοί που υπάρχουν στην τριτοταγή δομή μιας πρωτεΐνης

οποίες οφείλονται στην τάση των μη πολικών πλευρικών ομάδων να βρίσκονται στο εσωτερικό της πρωτεϊνικής δομής, μακριά από το υδάτινο περιβάλλον. Επιπρόσθετα, δεσμοί υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ πλευρικών ομάδων σε παραπλήσιες περιελίξεις της πολυπεπτιδικής αλυσίδας καθώς και ιοντικές έλξεις μεταξύ θετικά και αρνητικά φορτισμένων ομάδων, βοηθούν σημαντικά στη σταθεροποίηση της τριτοταγούς δομής. Επίσης, σημαντική είναι και η παρουσία δισουλφιδικών δεσμών (S-S) οι οποίοι συνενώνουν άτομα θείου που βρίσκονται στην ίδια ή διαφορετική αλυσίδα.

Τεταρτοταγής δομή



Εικόνα 2.32 Σχηματική αναπαράσταση πρωτεϊνών με τεταρτοταγή δομή

Οι πρωτεΐνες που αποτελούνται από δυο ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες έχουν και τεταρτοταγή δομή. Η δομή αυτή περιγράφει τη συναρμολόγηση στο χώρο των αλυσίδων. Το κολλαγόνο είναι παράδειγμα ινώδους πρωτεΐνης με τεταρτοταγή δομή και η αιμοσφαιρίνη παράδειγμα σφαιρικής πρωτεΐνης με τεταρτοταγή δομή. Η τελευταία αποτελείται από τέσσερις αλυσίδες ανά δυο όμοιες.

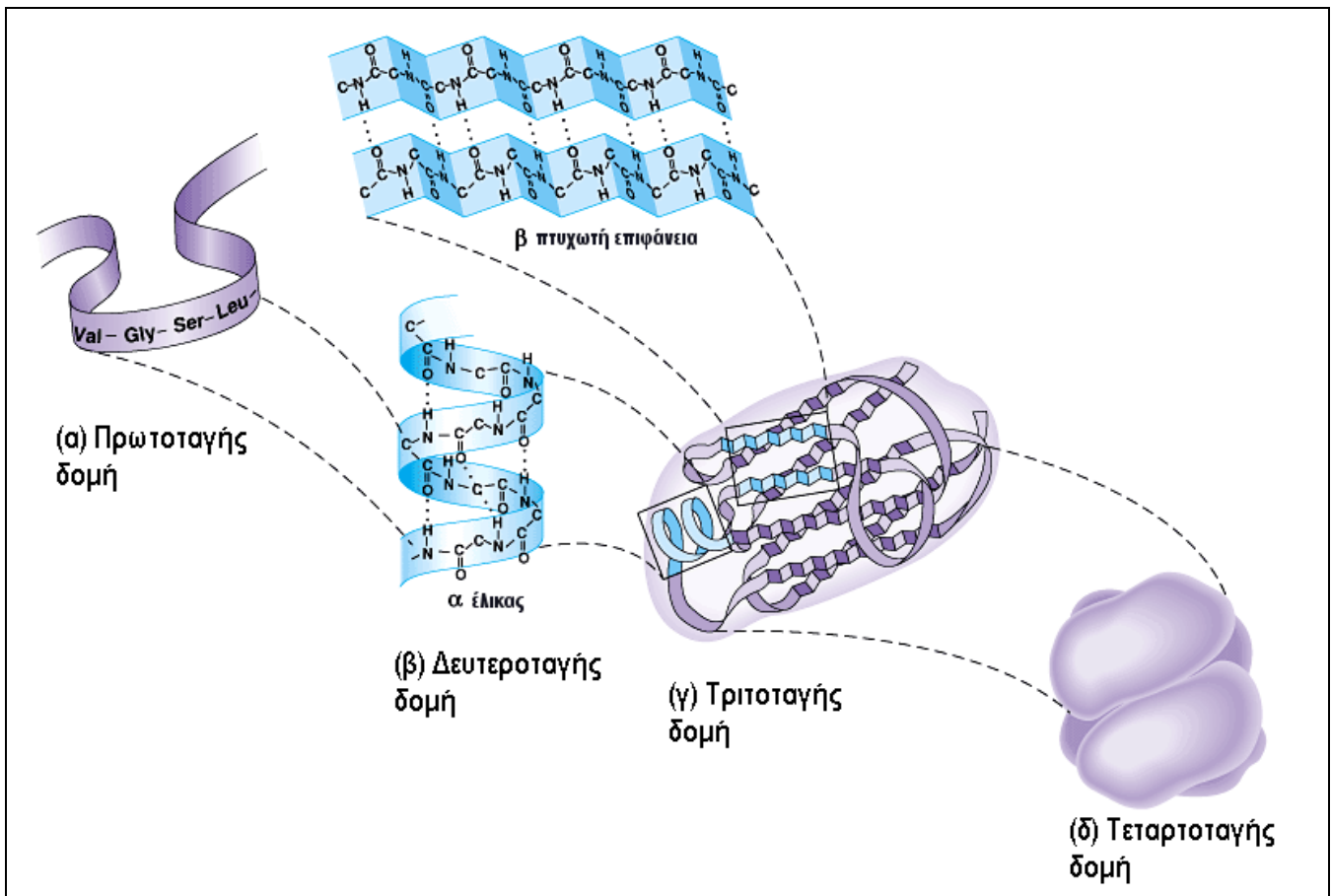
Γενικά

Η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης καθορίζει και την τρισδιάστατη δομή της και συνεπώς τη βιολογική της λειτουργία. Όμως, η τρισδιάστατη δομή εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι το pH και η θερμοκρασία. Όταν η πρωτεΐνη βρεθεί σε «μη-φιλικό» περιβάλλον, τότε **μετουσιώνεται (αποδιατάσσεται)**, αλλάζει δηλαδή η τρισδιάστατη μορφή της και χάνεται η βιολογική της λειτουργία. Αυτό συμβαίνει γιατί σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των πλευρικών ομάδων, καταστρέφεται η τρισδιάστατη δομή της και η πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της, π.χ. το ασπράδι του αυγού κατά τη θέρμανση. Συνήθως, η μετουσίωση είναι μη αναστρέψιμη. Ορισμένες φορές, όταν ο παράγοντας που προκαλεί μετουσίωση πάψει να υφίσταται, η πρωτεΐνη επανέρχεται στη λειτουργική της μορφή (επαναδιατάσσεται). Συνοπτικά, οι πρωτεΐνες:

Οι πρωτεΐνες ως ρυθμιστικά διαλύματα

Τα πρωτεϊνικά μόρια επειδή διαθέτουν στο μόριό τους, όπως και τα αμινοξέα από τα οποία προέρχονται, καρβοξυλομάδα (-COOH) και αμινομάδα (-NH₂), δρουν άλλοτε ως οξέα και άλλοτε ως

βάσεις (αμφολυτική δράση), ανάλογα με το pH του περιβάλλοντος, δεσμεύοντας έτσι μεγάλες ποσότητες βάσεων ή οξέων, διατηρώντας έτσι το pH μέσα σε στενά πλαίσια.



Εικόνα 2.33 Τα τέσσερα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών

Αν η πρωτοταγής δομή είναι υπεύθυνη για τη μορφή και βιολογική λειτουργία μιας πρωτεΐνης, τότε ποιος ευθύνεται για την πρωτοταγή δομή της πρωτεΐνης;

Η αλληλουχία των αμινοξέων προγραμματίζεται από μια κληρονομική μονάδα γνωστή ως **γονίδιο**. Τα γονίδια είναι τμήματα του DNA το οποίο είναι πολυμερές και ανήκει στην τάξη των χημικών ουσιών που ονομάζονται νουκλεϊνικά οξέα. Υπάρχουν δύο είδη νουκλεϊνικών οξέων, το **Δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ** (DNA) και το **Ριβοζονουκλεϊνικό οξύ** (RNA). Και τα δύο χρησιμεύουν στην αναπαραγωγή των πολύπλοκων ουσιών από γενιά σε γενιά, ενώ το DNA παρουσιάζει το μοναδικό φαινόμενο του αυτοδιπλασιασμού που αποτελεί τη βάση της διαιώνισης της ζωής.

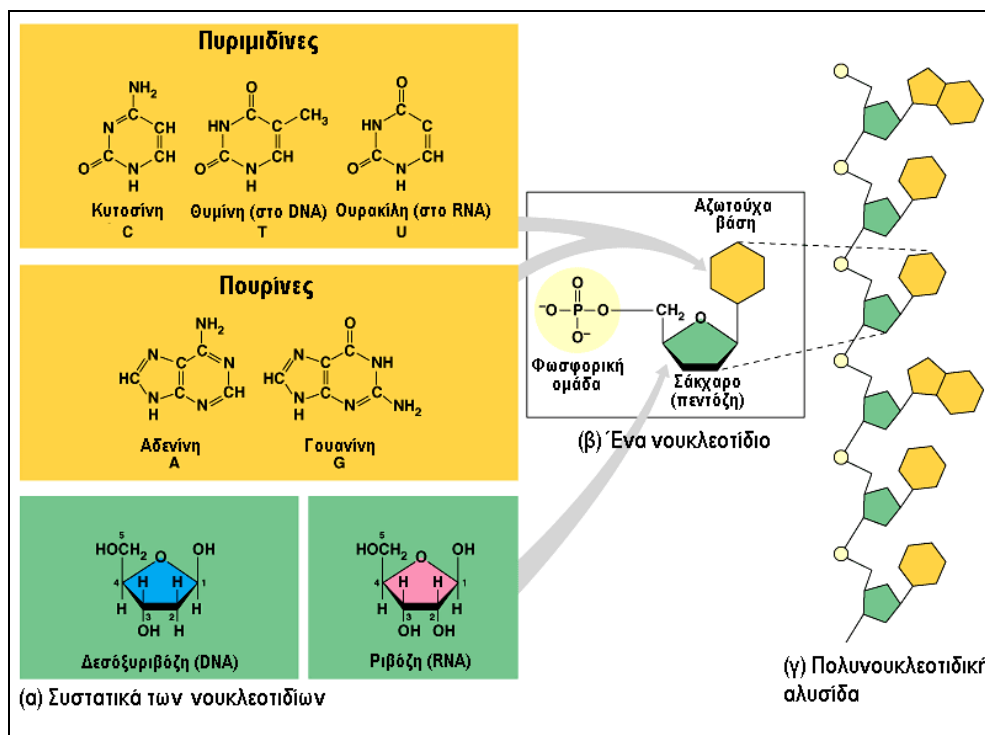
Οι οργανισμοί κληρονομούν το DNA από τους γονείς τους. Κάθε μόριο DNA είναι πολύ μακρύ και αποτελείται από εκατοντάδες γονίδια το κάθε ένα από τα οποία κατέχει συγκεκριμένη θέση στο μόριο. Καθώς ένα κύτταρο αναπαράγεται, το DNA του κυττάρου αυτοδιπλασιάζεται και ένα «σετ» μεταβιβάζεται στο νέο κύτταρο. Στη δομή του DNA βρίσκονται κωδικοποιημένες οι πληροφορίες οι οποίες προγραμματίζουν όλες τις δραστηριότητες του κυττάρου.

Όπως το λογισμικό πρόγραμμα (software) ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή δε μπορεί να τυπώσει από μόνο του, ας πούμε ένα λογαριασμό, έτσι και το DNA δεν εμπλέκεται άμεσα στις καθημερινές λειτουργίες που συντελούνται στα κύτταρα. Όπως απαιτείται εκτυπωτής για να τυπωθεί ο λογαριασμός, έτσι και το DNA διαθέτει τις κωδικοποιημένες πληροφορίες για την κατασκευή μιας πρωτεΐνης η οποία όμως θα κατασκευαστεί από τα ριβοσώματα του κυττάρου. Τα γονίδια κατευθύνουν τη σύνθεση ενός μορίου που λέγεται **mRNA** (αγγελιοφόρο RNA), το οποίο επεμβαίνει στο μηχανισμό κατασκευής της πρωτεΐνης και ελέγχει το σχηματισμό της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Στη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης εμπλέκονται ακόμη δύο είδη RNA το tRNA (μεταφορικό) και το rRNA (ριβοσωμικό). Θα εξετάσουμε πιο αναλυτικά τα πιο πάνω σε άλλο κεφάλαιο.

Για πρώτη φορά τα νουκλεϊνικά οξέα απομονώθηκαν το 1870 από το Meischer από τον πυρήνα κυττάρων γάτας, γι' αυτό και ονομάστηκαν νουκλεϊνικά (nucleus = πυρήνας).

Δομικά συστατικά των νουκλεϊνικών οξέων

Τα νουκλεϊνικά οξέα είναι δομημένα από νουκλεοτίδια τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με φωσφοδιεστερικό δεσμό. Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από μια



αποτελείται από μια αζωτούχα βάση που μπορεί να είναι πουρίνη ή πυριμιδίνη. Πουρίνες είναι η αδενίνη (A) και η γουανίνη (G), ενώ πυριμιδίνες είναι η θυμίνη (T), η κυτοσίνη (C) και η ουρακίλη (U). Η αζωτούχα βάση είναι συνδεδεμένη με μια πεντόζη η οποία μπορεί να είναι ριβόζη ή δεσοξυριβόζη. Η τελευταία έχει ένα άτομο οξυγόνου λιγότερο από τη ριβόζη. Στην πεντόζη βρίσκεται συνδεδεμένη μια φωσφορική ομάδα. Στο DNA, η πεντόζη είναι η δεσοξυριβόζη, ενώ στο RNA η πεντόζη είναι η ριβόζη.

Εικόνα 2.34 Τα

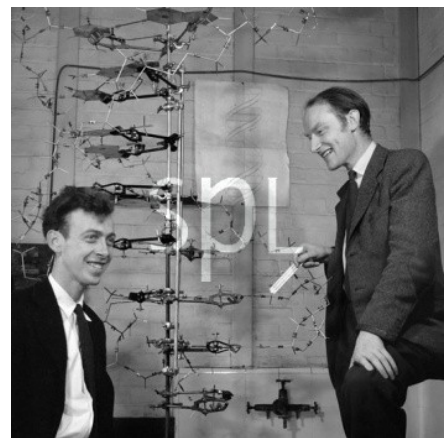
συστατικά των νουκλεϊνικών οξέων

Στο DNA, τα συνδεδεμένα νουκλεοτίδια σχηματίζουν μια πολυνουκλεοτιδική «ραχοκοκαλιά» (λέγεται και αλυσίδα ή κλώνος) από την οποία προβάλλουν οι αζωτούχες βάσεις. Για κάθε γονίδιο η σειρά των βάσεων είναι μοναδική και τα τέσσερα νουκλεοτίδια μπορούν να συνδυαστούν με πολλούς και διάφορους τρόπους, έτσι που πρακτικά να υπάρχει ένας άπειρος αριθμός διαφορετικών αλληλουχιών νουκλεοτιδίων σε κάθε πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα. Για παράδειγμα, η αλληλουχία AGGTAACCTT έχει διαφορετικό νόημα από την αλληλουχία CGCTTTAAC. Η γραμμική σειρά των βάσεων όπως είναι κωδικοποιημένη σε κάθε γονίδιο καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων, δηλαδή, την πρωτοταγή δομή των πρωτεϊνών, η οποία καθορίζει με τη σειρά της την τριτοταγή ή τεταρτοταγή δομή και συνεπώς τη λειτουργία της πρωτεΐνης στο κύτταρο.

Η δομή του DNA

Από το 1953 είναι γνωστή η δομή του DNA. Οι James Watson και Francis Crick (ο τελευταίος πέθανε στις 28 Ιουλίου 2004) οι οποίοι εργάζονταν στο Πανεπιστήμιο του Cambridge, διατύπωσαν τότε την άποψη ότι το DNA είναι δομημένο στη βάση μιας διπλής έλικας. Οι δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά της έλικας και οι αζωτούχες βάσεις σε κάθε αλυσίδα είναι κάθετα τοποθετημένες ως προς τον κεντρικό άξονα του μορίου και προσανατολισμένες η μια απέναντι από την άλλη προς το εσωτερικό της έλικας.

Κάθε στροφή της έλικας περιλαμβάνει δέκα νουκλεοτίδια και οι δύο αλυσίδες που είναι τοποθετημένες η μια απέναντι από την άλλη συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου οι οποίοι σχηματίζονται μεταξύ των βάσεών τους.



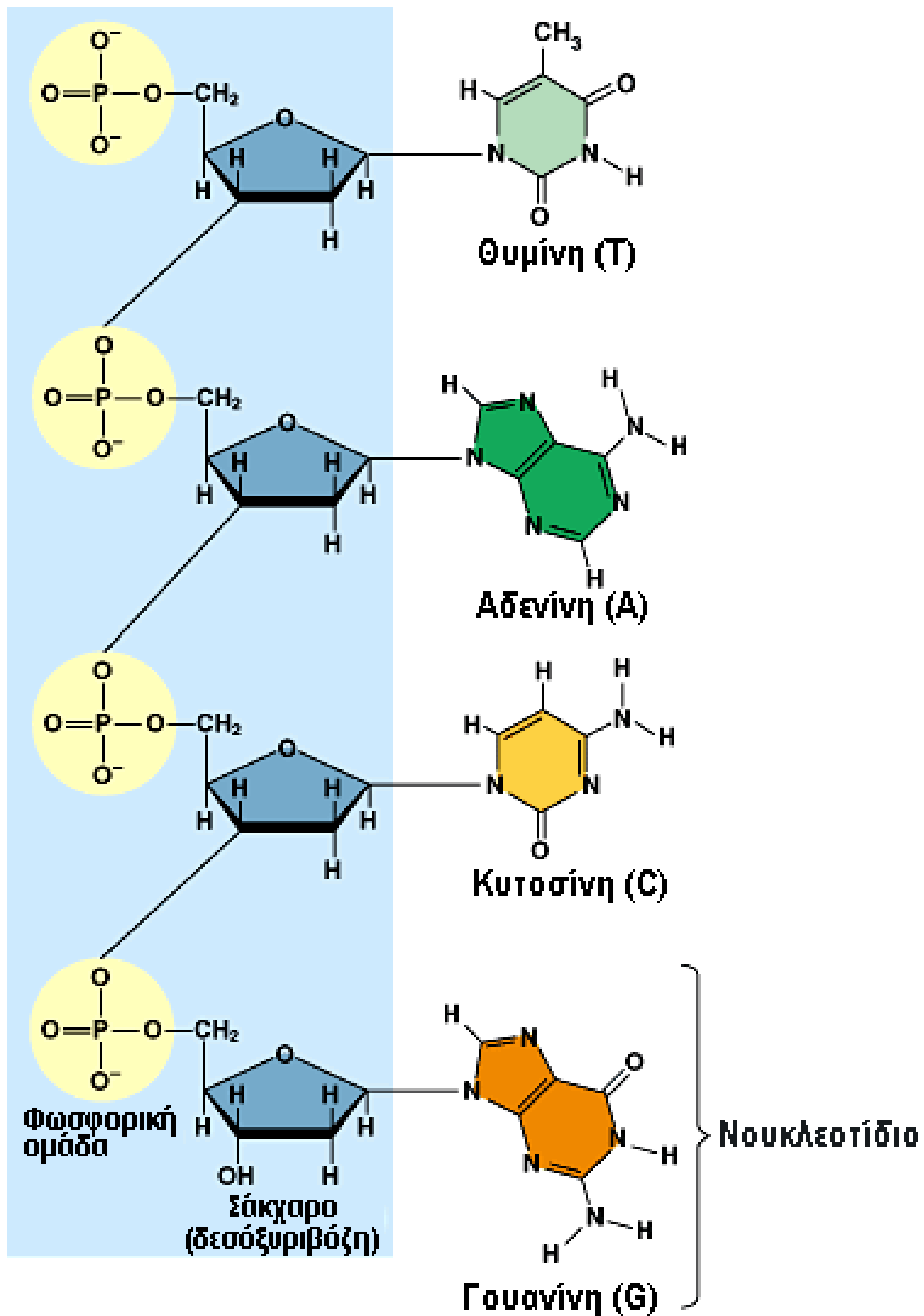
Εικόνα 2.35 Οι J. Watson F. Crick

Σύνδεση των βάσεων υπάρχει μόνο μεταξύ πουρινών και πυριμιδινών. Η Αδενίνη (A) πάντα ζευγαρώνει με τη Θυμίνη (T) με δύο δεσμούς υδρογόνου, ενώ η Γουανίνη (G) πάντα με την Κυτοσίνη (C) με τρεις δεσμούς υδρογόνου. Οι αζωτούχες βάσεις χαρακτηρίζονται συμπληρωματικές και το φαινόμενο του συγκεκριμένου ζευγαρώματος περιγράφεται ως κανόνας της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Αυτή ακριβώς η διάταξη επιτρέπει τον αυτοδιπλασιασμό του DNA και την αντιγραφή των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για την κληρονομικότητα. Καθώς το κύτταρο ετοιμάζεται να διαιρεθεί, οι δύο αλυσίδες κάθε γονιδίου ανοίγουν και κάθε μια λειτουργεί ως πρότυπο (καλούπι) για να δημιουργηθούν συμπληρωματικές αλυσίδες από ελεύθερα νουκλεοτίδια τα οποία εντάσσονται με την ίδια σειρά, όπως αυτή παρουσιάζεται στο πρότυπο.

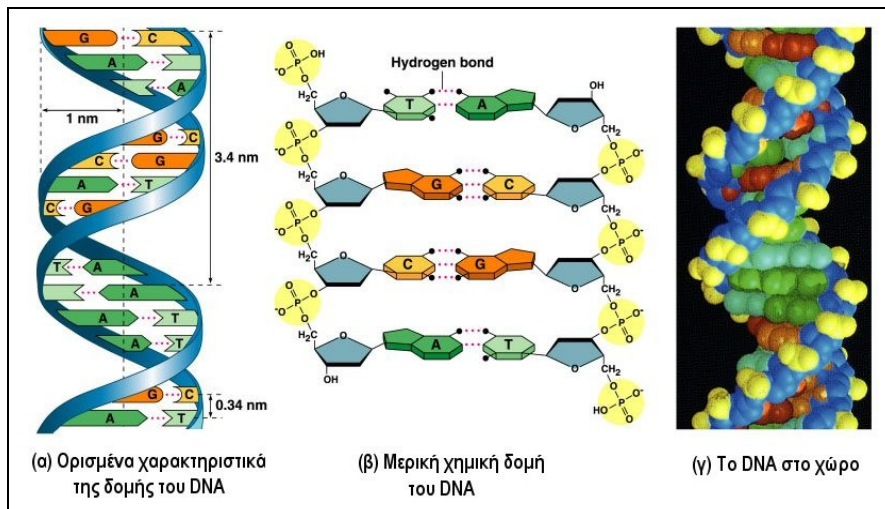
Τα πανομοιότυπα αντίγραφα του γονιδίου διαμοιράζονται στη συνέχεια στα δύο θυγατρικά κύτταρα που προέκυψαν από τη διαίρεση του μητρικού κυττάρου. Αν, κατά την αντιγραφή, προκύψει κάποιο λάθος, κάτι που συμβαίνει όχι και τόσο σπάνια, αυτό οδηγεί στην αύξηση της γενετικής ποικιλότητας των οργανισμών, παρ' όλο που τις περισσότερες φορές τα λάθη μπορούν να αποδειχθούν καταστροφικά. Θα εξετάσουμε το μηχανισμό αυτοδιπλασιασμού του DNA σε άλλο κεφάλαιο.

Η "ραχοκοκαλιά" του DNA
Σάκχαρο και φωσφορική ομάδα

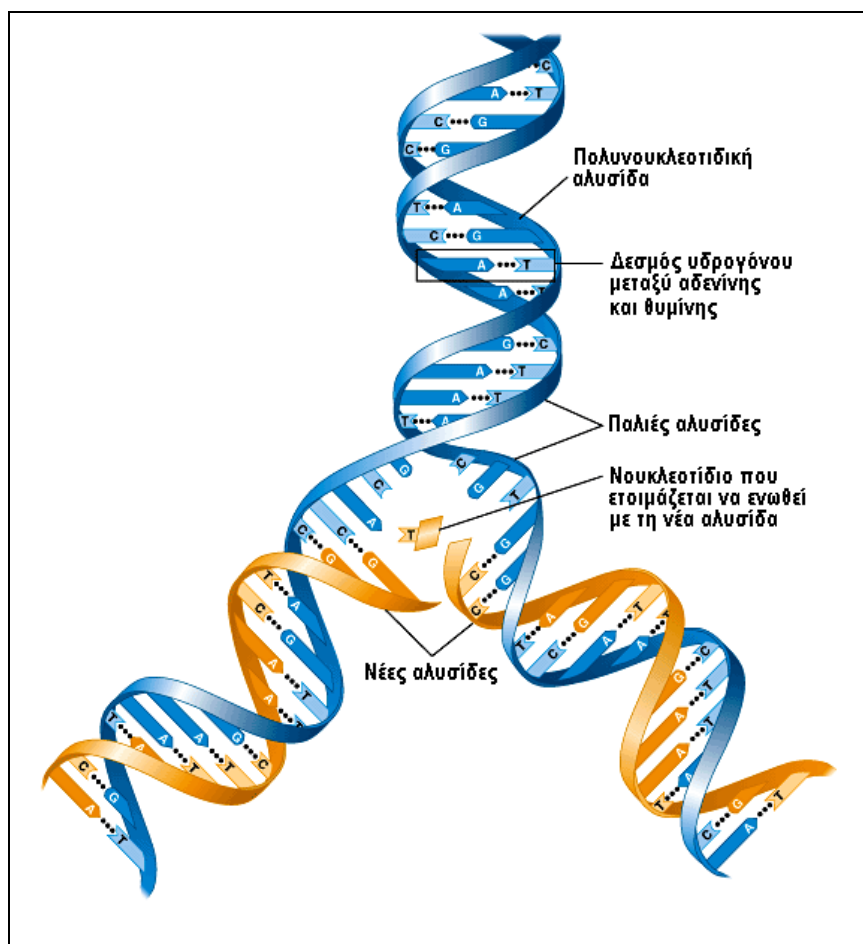
Αζωτούχες
βάσεις



Εικόνα 2.36 Πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα DNA



Εικόνα 2.37 Χαρακτηριστικοί δεσμοί της διπλής έλικας του DNA



Εικόνα 2.38 Ο αυτοδιπλασιασμός του DNA

Η δομή του RNA

Κάθε μόριο RNA αποτελείται από μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα (κλώνο) στην οποία παρατηρούνται οι ίδιες αζωτούχες βάσεις που απαντώνται στο DNA με μια διαφορά. Τη θέση της Θυμίνης (T) παίρνει πάντοτε η ουρακίλη (U). Όπως και στο DNA οι συνδυασμοί νουκλεοτιδίων, που δυνατό να προκύψουν σε κάθε αλυσίδα, είναι πρακτικά άπειροι.

ΕΝΘΕΤΟ

Το DNA είναι ο εαυτός μας

«Είτε το θέλουμε είτε όχι, το κουβαλάμε σε κάθε μας κύτταρο. Δεν θα είχαμε υπάρξει ποτέ σε αυτόν τον πλανήτη, αν δεν είχε πρώτα υπάρξει αυτό. Είναι ό,τι θα μείνει, όταν εμείς δεν θα είμαστε πια εδώ»

Της **ΙΩΑΝΝΑΣ ΣΟΥΦΛΕΡΗ**

Πριν από 50 χρόνια: Οι Τζέιμς Γουότσον και Φράνσις Κρικ (σελιδα 16) φωτογραφίζονται στο εργαστήριό τους στο Κέιμπριτζ της Αγγλίας με το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA, τη δομή της οποίας μόλις είχαν περιγράψει

Έχετε ποτέ αναρωτηθεί για τη σχέση σας με το DNA; Πιστεύετε πως δεν σας αφορά; Θεωρείτε ότι η σχέση σας μαζί του τελείωσε με την τελευταία παράδοση βιολογίας, κάπου στη Γ' Λυκείου; ή ίσως ότι τελείωσε με εκείνο το σκονάκι, όπου είχατε σημειώσει το όνομα-γλωσσοδέτη «δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ»;

Χμ... Αν ανήκετε στις παραπάνω κατηγορίες, ίσως θα πρέπει να αναθεωρήσετε τις απόψεις σας! Θα σας θυμίσω το νεογέννητο παιδί σας: στο αδιάφορο μάτι, όλα τα μωρά του μαιευτηρίου είναι ίδια· το μάτι του πατέρα, όμως, που κοιτάζει πίσω από το τζάμι, θα ξεχώριζε το δικό του και ανάμεσα σε χίλια... Θα σας θυμίσω επίσης τα σχόλια του τύπου «ο μικρός είναι φτυστός ο παππούς του» ή «η μικρή πήρε τα μακριά δάχτυλα της γιαγιάς της». Θα σας θυμίσω και τις ανησυχίες σας: «Η γιαγιά μου πέθανε από καρκίνο του μαστού. Λες να κινδυνεύω;». Ή την αισιοδοξία σας: «Ο παππούς μου έζησε ως τα 94. Έχουμε γερό κόκαλο στην οικογένεια!».

Για όλα τα παραπάνω και για πολλά ακόμη της καθημερινής μας ζωής «φταίει» το DNA. Ακόμη και ερήμην μας έχουμε στενή σχέση μαζί του. Είτε το θέλουμε είτε όχι, το κουβαλάμε σε κάθε μας κύτταρο. Δε θα είχαμε υπάρξει ποτέ σε αυτόν τον πλανήτη, αν δεν είχε πρώτα υπάρξει αυτό. Είναι η αόρατη κλωστή που μας συνδέει με το παρελθόν μας (το κοντινό, αλλά και το πολύ, πολύ μακρινό) και αυτή που θα παραδώσουμε στα παιδιά μας. Είναι αυτό που θα μείνει, όταν εμείς δε θα είμαστε πια εδώ...