

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος ΔΠΘ
Εξάμηνο 1ο



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	¹ H																	² He
2	³ Li	⁴ Be											⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne
3	¹¹ Na	¹² Mg											¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar
4	¹⁹ K	²⁰ Ca	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr
5	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe
6	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷⁻⁷¹ * λανθανί- δες	⁷² Hf	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg	⁸¹ Th	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn
7	⁸⁷ Fr	⁸⁸ Ra	⁸⁹⁻¹⁰³ ** ακτινί- δες	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Ds	¹¹¹ Rg	¹¹² Uub						
..... λανθανί- δες			⁵⁷ * La	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	
..... ακτινί- δες			⁸⁹ ** Ac	⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U	⁹³ Np	⁹⁴ Pu	⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr	

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Αρχίζουμε τη μελέτη της ζωής μ' ένα απλό τρόπο, από τα απλούστερα συστατικά της, που είναι τα άτομα και τα μόρια, έχοντας στο νου ότι η εξειδικευμένη οργάνωση και η ακριβής αλληλεπίδραση αυτών των συστατικών, ορίζουν τη ζωή.

Η μελέτη των ζωντανών συστημάτων, με τα σύγχρονα μέσα και τεχνικές που διαθέτουν οι μοριακοί βιολόγοι, έχουν οδηγήσει σε δύο γενικεύσεις:

- α) η χημική σύσταση και οι μεταβολικές διεργασίες όλων των ζωντανών οργανισμών είναι σε μεγάλο βαθμό όμοιες, παρά τις μεγάλες αποκλίσεις που παρατηρούνται στη μορφή τους, και
- β) οι φυσικοί και χημικοί νόμοι που διέπουν τα έμβια συστήματα είναι οι ίδιοι που διέπουν και τα άβια.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΧΗΜΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ C, H, O, N

Τα στοιχεία C, H, O, N αποτελούν το 95% περίπου της μάζας του σώματος των οργανισμών. Η βιολογική καταλληλότητα αυτών των στοιχείων βασίζεται σε συγκεκριμένες χημικές ιδιότητες:

i

ii

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ιδιαίτερη σημασία έχει ο άνθρακας που μπορεί να σχηματίσει ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα άτομα άνθρακα, που θ' αποτελέσουν τον σκελετο για μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων. Ο άνθρακας επίσης έχει την ιδιότητα να αντιδρά και με τα στοιχεία O, H, N, S.

iii

Το πυρίτιο είναι το δεύτερο στοιχείο που μπορεί να σχηματίσει ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα άτομα πυριτίου.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

iv

Τα ανηγμένα οργανικά μόρια είναι πλούσια σε ενέργεια, γιατί απαιτείται η χρήση ελεύθερης ενέργειας για τη σύνθεσή τους από το CO_2 και το H_2O .

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι οι οργανικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για τις απαιτήσεις των ζωντανών οργανισμών, μιας και η επιλογή τους έγινε παρά τη σχετικά μικρή ποσότητα άνθρακα της λιθόσφαιρας, και παρά το ότι πρέπει να καταναλωθεί ενέργεια για την αναγωγή του ανόργανου άνθρακα.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΤΗΣ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ – ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΒΙΟΜΟΡΙΑ

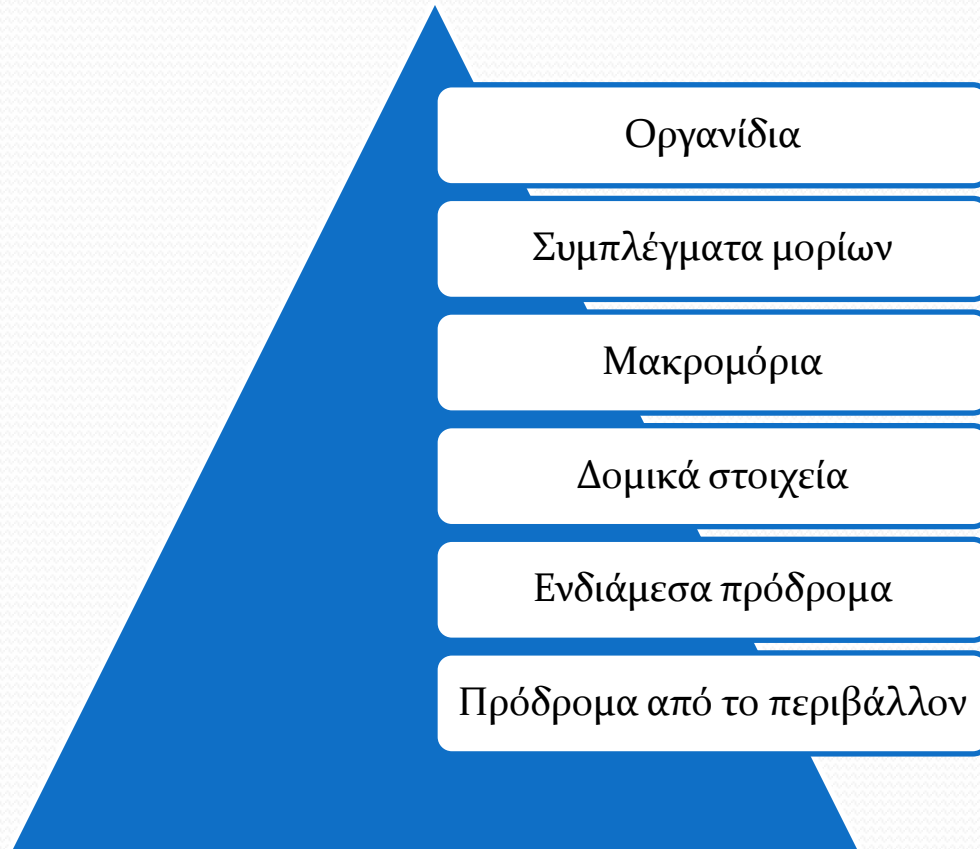
Από το CO_2 , το H_2O και το N_2 του περιβάλλοντος, μπορούν να σχηματισθούν όλα τα μικρού μοριακού βάρους πρόδρομα μόρια και στη συνέχεια, όλα τα συστατικά του κυττάρου με βιολογικούς μηχανισμούς.

Υπάρχουν....

Τα πρωτογενή βιομόρια είναι

Η ιεραρχία της μοριακής οργάνωσης του κυττάρου φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Ιεραρχία της Μοριακής Οργάνωσης του Κυττάρου

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Από τα απλά ανόργανα πρόδρομα του περιβάλλοντος συντίθενται διάφορα δομικά συστατικά μέχρι και τα μακρομόρια, με διάφορες χημικές αλληλομετατροπές.

Τα υπερμοριακά συμπλέγματα σταθεροποιούνται με ασθενείς μη ομοιοπολικές δυνάμεις όπως δεσμοί υδρογόνου, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, δυνάμεις Van der Waals.

Αν και οι δεσμοί αυτοί είναι ασθενείς, η όλη δομή είναι σταθερή λόγω του μεγάλου αριθμού των δεσμών και της γεωμετρικής συμπληρωματικότητας των μονάδων που ενώνονται.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι ζωντανοί οργανισμοί είναι αυτόνομα, αυτοπολλαπλασιαζόμενα χημικά συστήματα. Αποτελούνται από μια ξεχωριστή και περιορισμένη ομάδα μικρών οργανικών μορίων, που είναι βασικά τα ίδια για κάθε είδος ζώντος οργανισμού.

Οι κύριες κατηγορίες είναι

Τα λιπαρά οξέα επίσης παρουσιάζουν ενδιαφέρον σαν αποθησαυριστικές ουσίες

Πολυμερή που αποτελούνται από αμινοξέα συνιστούν

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Τα **νουκλεοτίδια** παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά ενέργειας και εμπλέκονται στην ενδοκυτταρική μεταβίβαση σημάτων, αλλά **μοναδικός είναι ο ρόλος τους στη δόμηση των RNA και DNA.**

Τα είδη και οι σχετικές αναλογίες των διαφόρων οργανικών ουσιών στα διάφορα είδη κυττάρων μοιάζουν πολύ. Για παράδειγμα, τα κύτταρα του συκωτιού και της αμοιβάδας αποτελούνται κατά 80% από νερό, 12% πρωτεΐνες, 2% νουκλεϊνικά οξέα, 5% λιπίδια και 1% υδατάνθρακες.

Πριν αναφερθούμε στις 4 κυριότερες ομάδες οργανικών ενώσεων (υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά), ας δούμε τις ιδιότητες του νερού, που είναι βασικότατης σημασίας χημική ένωση για τους ζώντες οργανισμούς.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

- A. Η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης
- B. Προστασία
- Γ. Οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες
- Δ. Πολύ μεγάλο μέρος της μάζας των οργανισμών είναι νερό

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

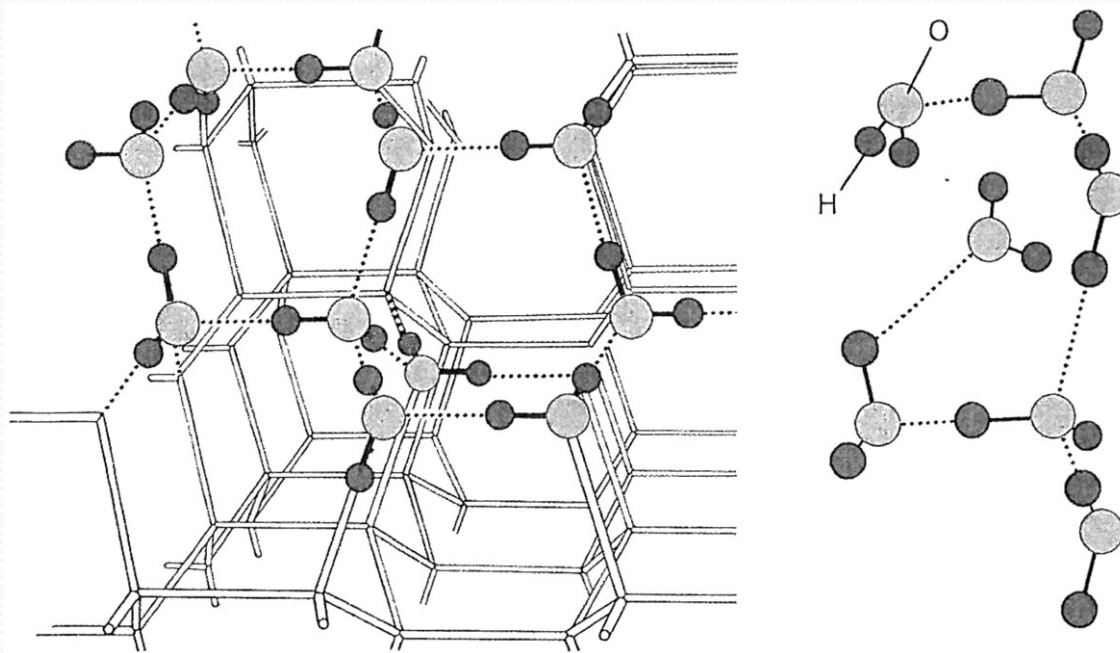
Το νερό:

- 1) Διαλύτης.
- 2) Αντιδράσεις
- 3) Είναι η πηγή του ατμοσφαιρικού οξυγόνου
- 4) Δρα ως λιπαντική ουσία

Το νερό είναι εξαιρετικής σημασίας χημική ένωση με εκπληκτικές ιδιότητες που οφείλονται στη δομή του μορίου του και στον τρόπο που τα μόρια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Τα μόρια του νερού είναι πολικά και έλκονται μεταξύ τους (εικ. 5.1) σχηματίζοντας δεσμούς υδρογόνου (το H του ενός μορίου έλκεται από το O του άλλου).



Εικόνα 5.1: Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ μορίων νερού σε κατάσταση πάγου. (α) Σχηματισμός κανονικής εξαγωνικής υπερδομής λόγω ίσου μήκους δεσμών υδρογόνου. (β) Με την τήξη του πάγου οι δεσμοί υδρογόνου δεν παρουσιάζουν ίσο μήκος. Τα μόρια πλησιάζουν και το νερό σε υγρή μορφή είναι πυκνότερο από τον πάγο (..... δεσμοί υδρογόνου, – ομοιοπολικοί δεσμοί)

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ο μέγιστος αριθμός δεσμών υδρογόνου που σχηματίζει ένα μόριο νερού είναι **4**

Έτσι οι ιδιότητες του νερού επιτρέπουν τη διατήρηση της ζωής στη γη

- I. Μεγάλη ειδική θερμότητα:**
- II. Μεγάλη πυκνότητα μεταξύ 4 και 0 °C:**

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

- iii. Υψηλή θερμοκρασία εξάτμισης:
- iv. Υψηλή θερμική αγωγιμότητα:
- v. Μεγάλη επιφανειακή τάση:

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Μια άλλη κύρια ιδιότητα του νερού είναι η περιορισμένη τάση του να ιοντίζεται σε κατιόν υδρογόνου και ανιόν υδροξυλίου

*ή κατά τον αυτοϊοντισμό του σε οξόνια και υδροξύλιο όπου έχει αποκατασταθεί χημική ισορροπία

Στις συνθήκες αυτές η συγκέντρωση των ιόντων είναι ίση και το pH του διαλύματος είναι ουδέτερο

Σε συνθήκες σταθερής θερμοκρασίας η συγκέντρωση των ιόντων είναι 10^{-7} M

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

- ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ
- όξινο – ουδέτερο – αλκαλικό διάλυμα
- Συγκεντρώσεις ιόντων υδρογόνου και υδροξυλίου
- Σε υδατικό διάλυμα.....
- Σε καθαρό νερό....
- Σε όξινο διάλυμα (πχ HCl 0.1M)....
- Τι είναι το pH

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Πίνακας 5.2: Τιμές pH.

Μορ. Συγκέντρωση Ιόντων H^+	pH	Υγρό	Μορ. Συγκέντρωση Ιόντων OH^-
10^0	0	1 M νιτρικό οξύ	10^{-14}
10^{-1}	1	γαστρικά υγρά	10^{-13}
10^{-2}	2	χυμός λεμονιού	10^{-12}
10^{-3}	3	ξύδι, Coca Cola	10^{-11}
10^{-4}	4	χυμός ντομάτας	10^{-10}
10^{-5}	5	ούρα, καφές	10^{-9}
10^{-6}	6	σάλιο, γάλα	10^{-8}
10^{-7}	7	καθαρό νερό	10^{-7}
10^{-8}	8	νερό θαλάσσης	10^{-6}
10^{-9}	9	σόδα μαγειρικής	10^{-5}
10^{-10}	10	διάλ. Σαπουνιού	10^{-4}
10^{-11}	11	διάλ. Αμμωνίας	10^{-3}
10^{-12}	12	σόδα καθαρισμού	10^{-2}
10^{-13}	13	καθαριστικό φούρνου	10^{-1}
10^{-14}	14	1 M NaOH	10^0

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΣΗΜΑΔΙΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ pH ΣΤΑ ΖΩΝΤΑΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το περιεχόμενο των πλείστων ζωικών και φυτικών κυττάρων δεν είναι ούτε όξινο, ούτε πολύ αλκαλικό, αλλά εάν μάλλον ουδέτερο μίγμα από όξινες και βασικές ουσίες.

Παράδειγμα αποτελεί η **όξινη βροχή** και οι επιπτώσεις της.

Τα οξείδια αμετάλλων που ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ενώ το pH της μη μολυσμένης βροχής είναι περίπου 5,6 (λόγω H_2CO_3 που σχηματίζεται από το CO_2 της ατμόσφαιρας) σε μολυσμένες περιοχές είναι μικρότερο του 4,2.

Η όξινη βροχή έχει βλαβερές επιπτώσεις αφού επηρεάζει την διαλυτότητα των μετάλλων που εντοπίζονται στο έδαφος

Η μείωση του pH του εδάφους αυξάνει τη διαλυτότητα των μετάλλων που βρίσκονται στο έδαφος

Κάποια χρήσιμα για τα φυτά μεταλλικά στοιχεία ξεπλένονται, ενώ αυξάνεται και η συγκέντρωση των τοξικών μετάλλων.

Αποτέλεσμα είναι τελικά η καταστροφή των δασών

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Όσον αφορά τα υδάτινα οικοσυστήματα, η μείωση του pH των λιμνών όσο και η συγκέντρωση σ' αυτές μετάλλων που ξεπλένονται από το έδαφος, επηρεάζουν ψάρια, αμφίβια και ασπόνδυλα που ζουν σ' αυτές. Τα περισσότερα ψάρια πεθαίνουν σε pH 4,2-5.

Κάθε οργανισμός πρέπει να ρυθμίζει την χημεία των κυττάρων του, ιδιαίτερα το pH των διαφόρων κυτταρικών διαμερισμάτων.

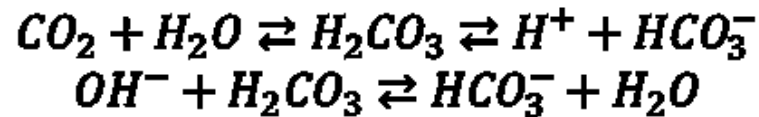
Τα ζώα πρέπει να ρυθμίζουν επίσης το pH του αίματός τους. Το φυσιολογικό pH του ανθρώπινου αίματος είναι 7,4 και αποκλίσεις από την τιμή αυτή έστω και κατά λίγα δέκατα της μονάδας, μπορεί να αποβούν μοιραίες.

Η ρύθμιση του pH είναι δυνατή μερικώς από τα **ρυθμιστικά διαλύματα**, που είναι συστήματα που διατηρούν σχετικά σταθερό το pH διαλυμάτων ακόμα κι όταν προστεθούν σ' αυτά σημαντικά ποσά οξέος ή βάσης.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

- Ένα ρυθμιστικό διάλυμα είναι μείγμα οξέος που δεν ιοντίζεται πλήρως στο νερό και της συζυγής του βάσης.
- Παράδειγμα αποτελεί το ανθρακικό οξύ και το όξινο ανθρακικό ιόν
- Κατ' αντιστοιχία αν προστεθεί ποσότητα οξέως ή βάσης ενεργοποιείται το αντίστοιχο μέρος της συζυγίας οξέος-βάσης

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Δεδομένο ποσό οξέος ή βάσης προκαλεί μικρότερες αλλαγές στο pH αν προστεθεί σ' ένα ρυθμιστικό διάλυμα, παρά σ' ένα μη ρυθμιστικό.

Τα ρυθμιστικά διαλύματα απεικονίζουν την αντιστρεπτότητα των χημικών αντιδράσεων.

Η προσθήκη οξέος οδηγεί την αντίδραση προς μια κατεύθυνση, η προσθήκη βάσης, προς την άλλη.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ

Τα μόρια ποικίλουν ως προς το μέγεθος. Μερικά είναι μικρά όπως το H_2 και το CH_4 . Άλλα είναι μεγάλα, όπως το μόριο της σακχαρόζης που έχει 45 άτομα.

Αλλά υπάρχουν και άλλα μόρια, όπως οι πρωτεΐνες που είναι γιγάντια, περιέχοντας μερικές δεκάδες χιλιάδες ατόμων.

Ανεξαρτήτως μεγέθους, τα περισσότερα μόρια των ζώντων οργανισμών περιέχουν άτομα άνθρακα και γι' αυτό ονομάζονται **οργανικά μόρια**.

Τα περισσότερα οργανικά μόρια περιέχουν επίσης υδρογόνο και οξυγόνο, ενώ πολλά περιέχουν ακόμη άζωτο και φώσφορο.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

- Όλα τα μόρια έχουν μια ειδική τρισδιάστατη δομή.
- Μεγαλύτερα μόρια έχουν ειδικές περίπλοκες δομές, που είναι αποτέλεσμα του αριθμού και του είδους των ατόμων και του τρόπου σύνδεσής τους.
- Μερικά μεγάλα μόρια έχουν συμπαγείς σφαιρικές δομές, άλλα επιμήκεις, λεπτές νηματοειδείς δομές.
- Εκτός από το μέγεθος και τη δομή, τα μόρια έχουν ορισμένες ιδιότητες που τα χαρακτηρίζουν και προσδιορίζουν το βιολογικό τους ρόλο.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν μια καθαρή χημική ένωση από μια άλλη

A

B

Γ

Δ

Παραδείγματα

Μια ουσία, όπως το βουτάνιο, είναι αδιάλυτη στο νερό αλλά πολύ διαλυτή στο λάδι.

Αυτές οι διαφορές διαλυτότητας οφείλονται στην παρουσία διαφορετικών ατόμων και στον τρόπο διάταξής τους στα δύο αυτά διαφορετικά είδη μορίων.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ορισμένες ομάδες ατόμων, που αποτελούν **λειτουργικές ομάδες** και απαντούν σε μια ποικιλία μορίων, απλοποιούν την κατανόηση των αντιδράσεων στις οποίες λαμβάνουν μέρος αυτά τα μόρια.

Οι σημαντικότερες λειτουργικές ομάδες των οργανικών ενώσεων των κυττάρων φαίνονται στον Πίνακα 5.3.

Οι λειτουργικές αυτές ομάδες έχουν σταθερή συμπεριφορά σ' όλα τα μόρια που βρίσκονται. Επιπλέον, ο αριθμός και η διάταξή τους σε κάθε μόριο του προσδίδουν μοναδικές ιδιότητες.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Λειτουργική ομάδα	Ομάδα ενώσεων	Συντακτικός τύπος	Ιδιότητες
Υδροξυλομάδα			Υδρόφιλη, δεσμοί-H
Καρβονυλομάδα			Υδρόφιλη, δεσμοί-H Υδρόφιλη, δεσμοί-H
Καρβοξυλομάδα			Υδρόφιλη, δεσμοί-H
Αμινομάδα			Υδρόφιλη, δεσμοί-H
Φωσφορική			Αρνητικά φορτισμένη, σχηματίζει δεσμούς-H με το νερό
Σουλφυδριλομάδα			Ασθενείς δεσμοί-H, με οξείδωση δίνει δισουλφιδικό δεσμό S-S
Μεθυλομάδα			Αδιάλυτη στο νερό

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΚΥΡΙΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Μακρομόρια

Η μοριακή πολυπλοκότητα μιας τέτοιας δομής μπορεί να γίνει κατανοητή με βάση την κατανόηση της δομής και των ιδιοτήτων των υπομονάδων από τις οποίες αποτελείται.

Μονομερή που σχηματίζουν το πολυμερές.....

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Στα κύτταρα υπάρχουν τρεις τύποι μακρομορίων:

A

B

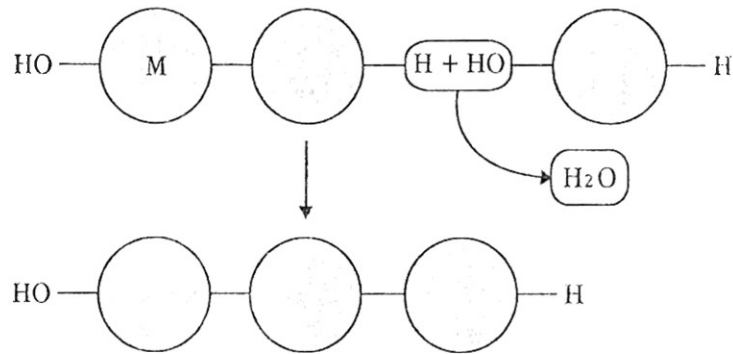
Γ

Έχουμε **σύνθεση με αφυδάτωση,**

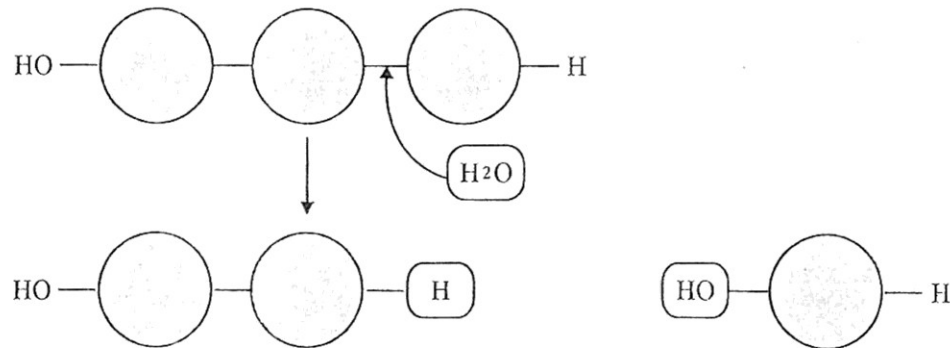
και **αποικοδόμηση με υδρόλυση**

Οι δύο διαδικασίες δεν είναι η μια απλή αντιστροφή της άλλης, αλλά ξεχωριστές οδοί για αποτελεσματικό έλεγχο (εικ. 5.2).

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



(A) Σύνθεση με αφυδάτωση, ομοιοπολικός δεσμός, ενέργεια, ένζυμα



(B) Αποικοδόμηση με υδρόλυση, ένζυμα

Εικόνα 5.2: Σύνθεση και Αποικοδόμηση Πολυμερών. (A) Τα μονομερή (M) ενώνονται με απομάκρυνση ενός μορίου νερού. Σχηματίζεται ομοιοπολικός δεσμός, απαιτείται ενέργεια και ένζυμα. (B) Η αντίστροφη διαδικασία σπάζει τον ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ των μονομερών με την προσθήκη νερού και ενζύμων.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η μοριακή λογική της ζωής βασίζεται στη χρησιμοποίηση 40-50 κοινών για όλα τα είδη των οργανισμών μονομερών, τα οποία μπορούν να δώσουν ένα απεριόριστο αριθμό πολυμερών

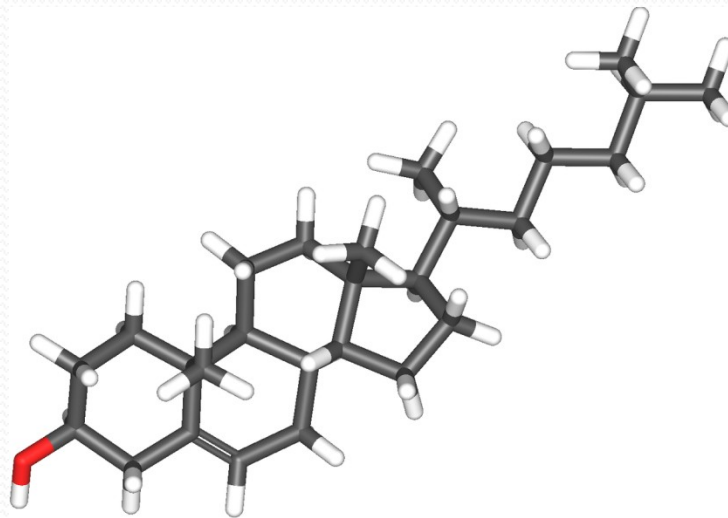
Σε αυτά τα πολυμερή οφείλεται η μοναδικότητα κάθε είδους οργανισμού.

Κατηγορία μορίων που σχηματίζουν μεγάλες δομές είναι και τα λιπίδια

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΛΙΠΙΔΙΑ

Τα **λιπίδια** είναι μια ομάδα οργανικών μορίων χημικά ετερογενής, όμως διακρίνονται από μια κοινή ιδιότητα...



Όταν μη πολικές ενώσεις είναι επαρκώς κοντά ή μια στην άλλη, ασθενείς αλλά προστιθέμενες **δυνάμεις Van der Waals** τα κρατούν κοντά.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Λιπίδια

Τα πιο σημαντικά βιολογικά λιπίδια είναι

- τα τριγλυκερίδια ή ουδέτερα λίπη
- τα φωσφολιπίδια
- τα στεροειδή

Οι ουσίες αυτές είναι πολύ διαδεδομένες στην φύση και αποτελούν μια από τις κύριες θρεπτικές ύλες της διατροφής του ανθρώπου

Έχουν μέγιστη θερμιδική παροχή που φθάνει τις 9,5 cal/gr

Παρέχουν ποσότητα θερμότητας διπλάσια απ' αυτή που προέρχεται από τους υδατάνθρακες και τις πρωτεΐνες

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ωστόσο τα λιπίδια είναι διαλυτά σε....

Εκτός από την ποικιλότητα στην χημική τους δομή, τα λιπίδια έχουν και πολλούς διαφορετικούς βιολογικούς ρόλους.

Κάποια λιπίδια είναι αποθησαυριστικά (λίπη και έλαια).

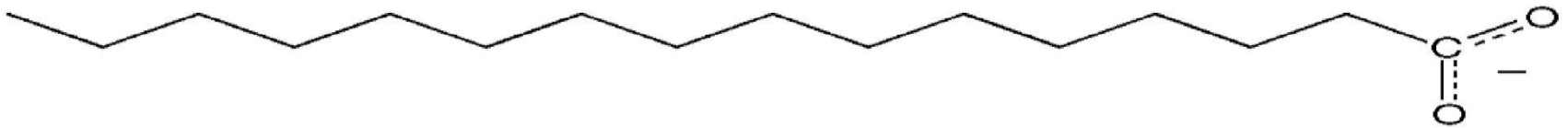
Άλλα είναι βασικά δομικά συστατικά των βιολογικών μεμβρανών (φωσφολιπίδια).

Τα καροτενοειδή βοηθούν τα φυτά και δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια, και τα στεροειδή παίζουν ρυθμιστικό ρόλο.

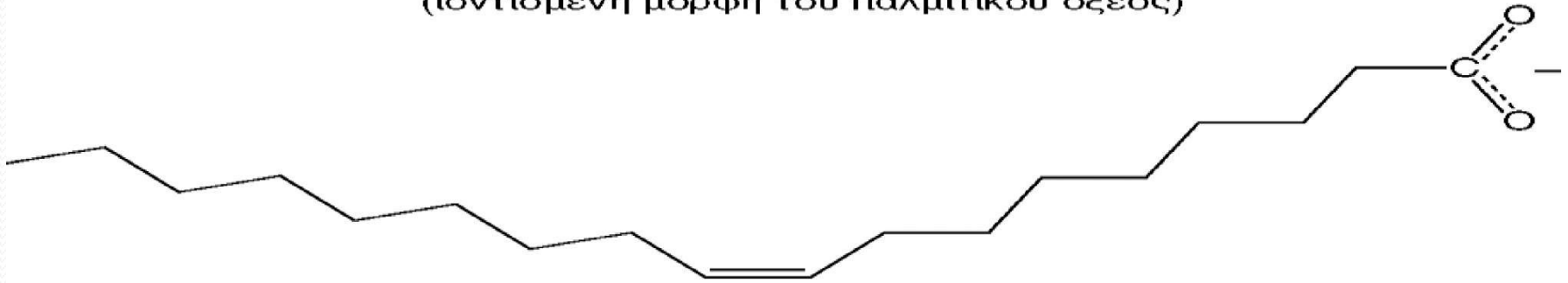
ΠΙΝΑΚΑΣ				
Κοινά βιολογικά λιπαρά οξέα				
Αριθμός ατόμων άνθρακα	Κοινή ονομασία	Συστηματική ονομασία	Σύμβολο	Δομή
Κορεσμένα λιπαρά οξέα				
12	Λαουρικό οξύ	Δωδεκανοϊκό οξύ	12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
14	Μυριστικό οξύ	Δεκατετρανοϊκό οξύ	14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
16	Παλμιτικό οξύ	Δεκαεξανοϊκό οξύ	16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
18	Στεατικό οξύ	Δεκαοκτανοϊκό οξύ	18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
20	Αραχιδικό οξύ	Εικοσανοϊκό οξύ	20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
22	Βεχενικό οξύ	Εικοσιδυανοϊκό οξύ	22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
24	Λιγνοκερικό	Εικοσιτετρανοϊκό οξύ	24:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$
Ακόρεστα λιπαρά οξέα (όλοι οι διπλοί δεσμοί είναι cis)				
16	Παλμιτελαϊκό οξύ	9- Δεκαεξενοϊκό οξύ	16:1*	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18	Ελαϊκό οξύ	9- Δεκαοκτενοϊκό οξύ	18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18	Λινελαϊκό οξύ	9,12-Δεκαοκταδιενοϊκό οξύ	18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18	α-Λινολενικό οξύ	9,12,15-Δεκαοκτατριενοϊκό οξύ	18:3	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
18	γ-Λινολενικό οξύ	6,9,12-Δεκαοκτατριενοϊκό οξύ	18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
20	Αραχιδονικό οξύ	5,8,11,14-Εικοσιτετραενοϊκό οξύ	20:4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
24	Νερβονικό οξύ	15-Εικοσιτεσσερενοϊκό οξύ	24:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$

*Το παλμιτελαϊτικό οξύ μπορεί επίσης να περιγραφεί ως 16:1^{Δ9}, σε μία σύμβαση που χρησιμοποιείται για να επιδείξει τη θέση του διπλού δεσμού.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Παλμιτικό
(ιοντισμένη μορφή του παλμιτικού οξέος)



Ελαϊκό
(ιοντισμένη μορφή του ελαϊκού οξέος)

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

I. Ουδέτερα Λιπίδια

Είναι τα πιο άφθονα στα ζώντα συστήματα και δίνουν διπλάσια ενέργεια απ' ότι το ίδιο βάρος των υδατανθράκων

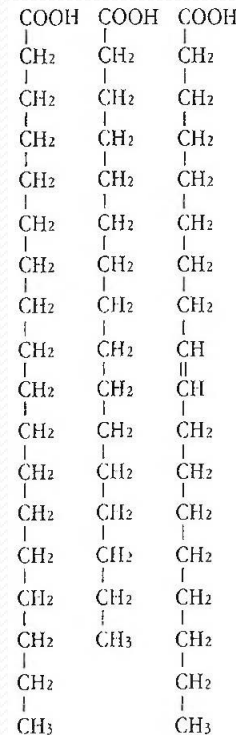
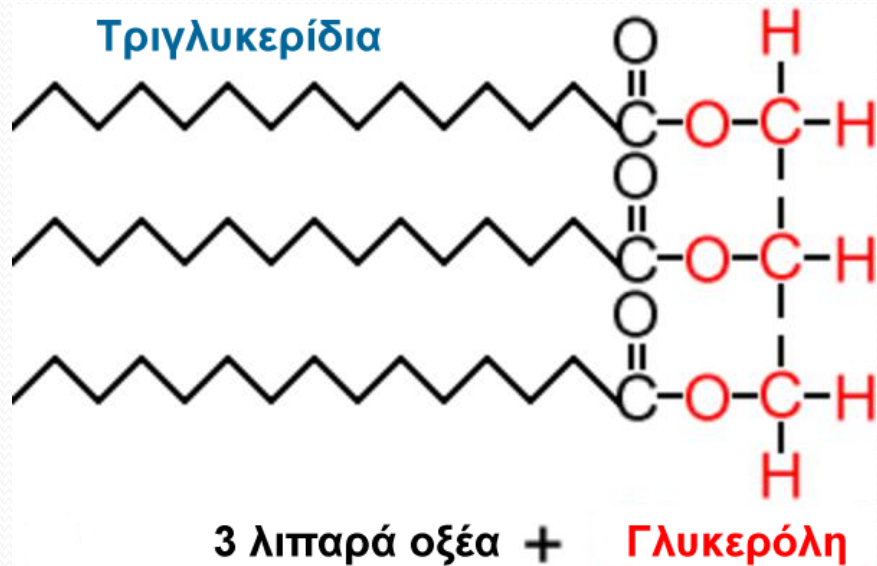
Τριγλυκερίδια που είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου (20° C) ονομάζονται.....

Τριγλυκερίδια που είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου (20° C) ονομάζονται.....

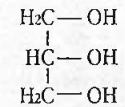
Τα φυτά αποθηκεύουν λιπίδια στους σπόρους τους.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

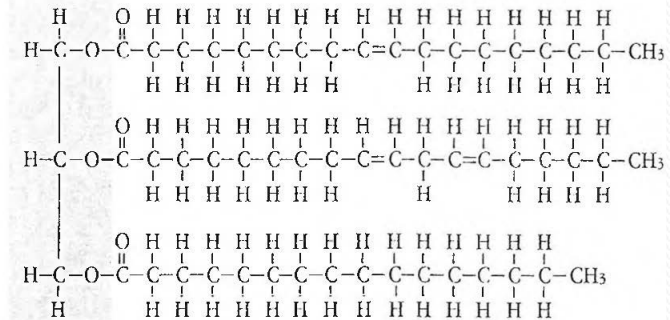
Χημικά, τα ουδέτερα λιπίδια είναι **τριγλυκερίδια** (εικ. 5.3).



(B)



(A)



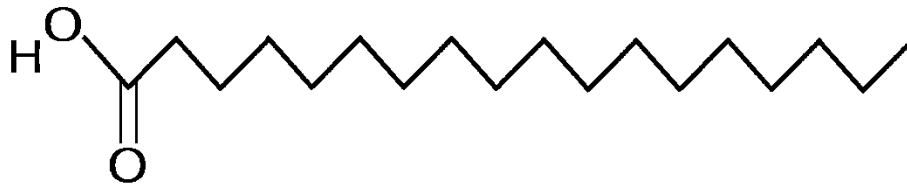
(Γ)

Εικόνα 5.3: Ουδέτερα Λιπίδια. (Α) γλυκερίνη, (Β) λιπαρά οξέα (στεατικό, παλμιτικό, ολεϊκό) (Γ) τριγλυκερίδιο.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Το μήκος της ουρά ποικίλει (συνήθως 16 - 20 άτομα άνθρακα) και μπορεί να είναι κορεσμένα ή όχι.

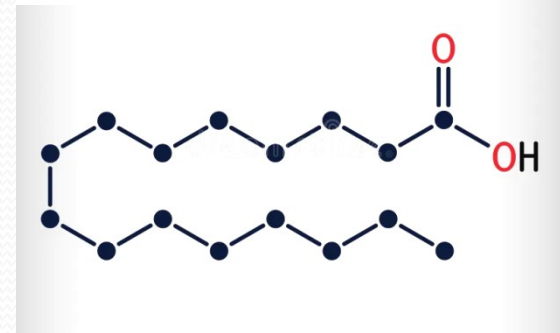
Στα **κορεσμένα λιπαρά οξέα**,



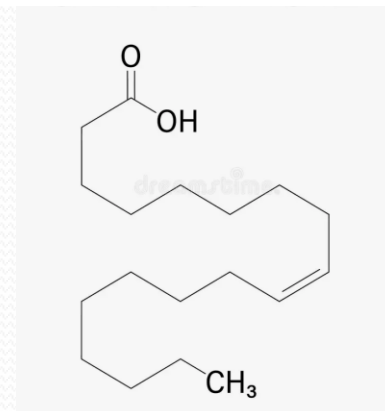
Στα **ακόρεστα λιπαρά οξέα**,

Το λινελαϊκό οξύ είναι **πολυακόρεστο** και έχει πολλαπλές κάμψεις.

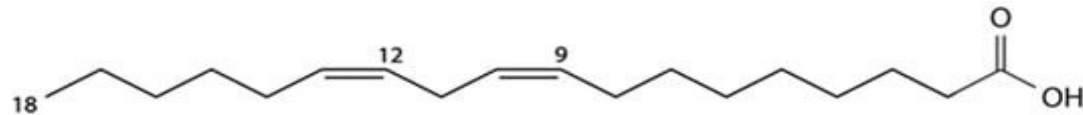
Παλμιτικό οξύ



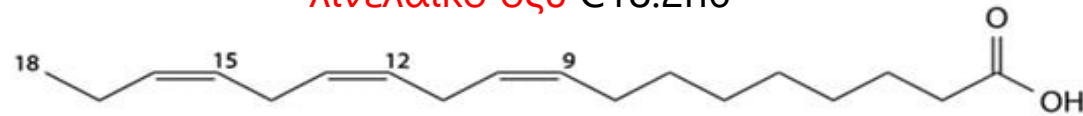
Ελαϊκό οξύ



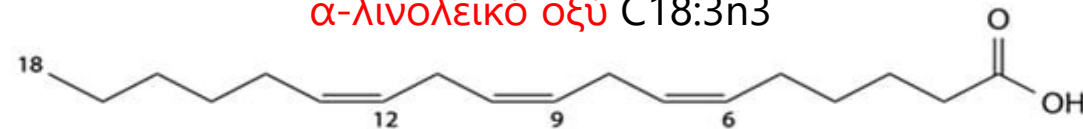
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



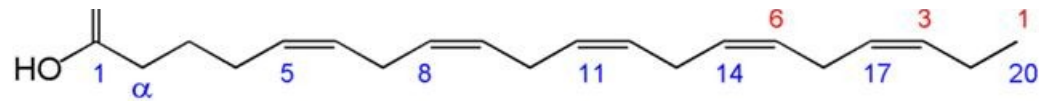
λινελαϊκό οξύ C18:2n6



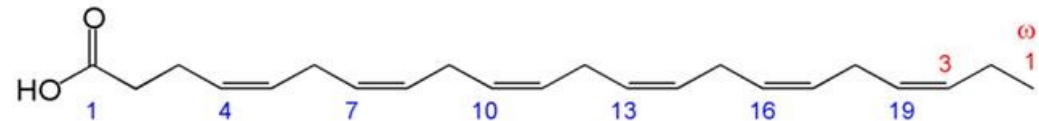
α-λινολεϊκό οξύ C18:3n3



γ-λινολεϊκό οξύ C18:3n6



εικοσιπεντενοϊκό οξύ EPA



εικοσιδιεξενοϊκό οξύ DHA

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Αυτές οι κάμψεις δεν αφήνουν τα μόρια να πακεταριστούν στενά το ένα με το άλλο.

Τα δύο λιπαρά οξέα που ο άνθρωπος πρέπει να παίρνει με την τροφή του είναι και τα δύο ακόρεστα.

Διατροφή πλούσια σε ακόρεστα λιπαρά οξέα μειώνει τις πιθανότητες αρτηριοσκλήρυνσης και επομένως καρδιακών επεισοδίων.

Δίαιτες πλούσιες σε κορεσμένα λιπαρά οξέα έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα.

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι βασικής σημασίας για τη διατροφή.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

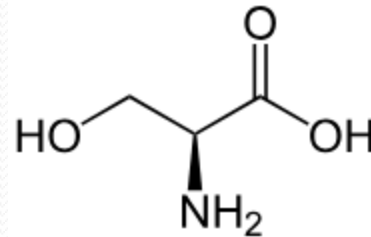
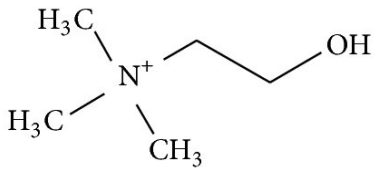
II. Φωσφολιπίδια

Είναι συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών.

Τα φωσφολιπίδια περιέχουν P και N που δεν υπάρχουν στα ουδέτερα λιπίδια.

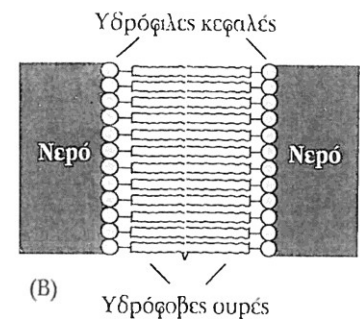
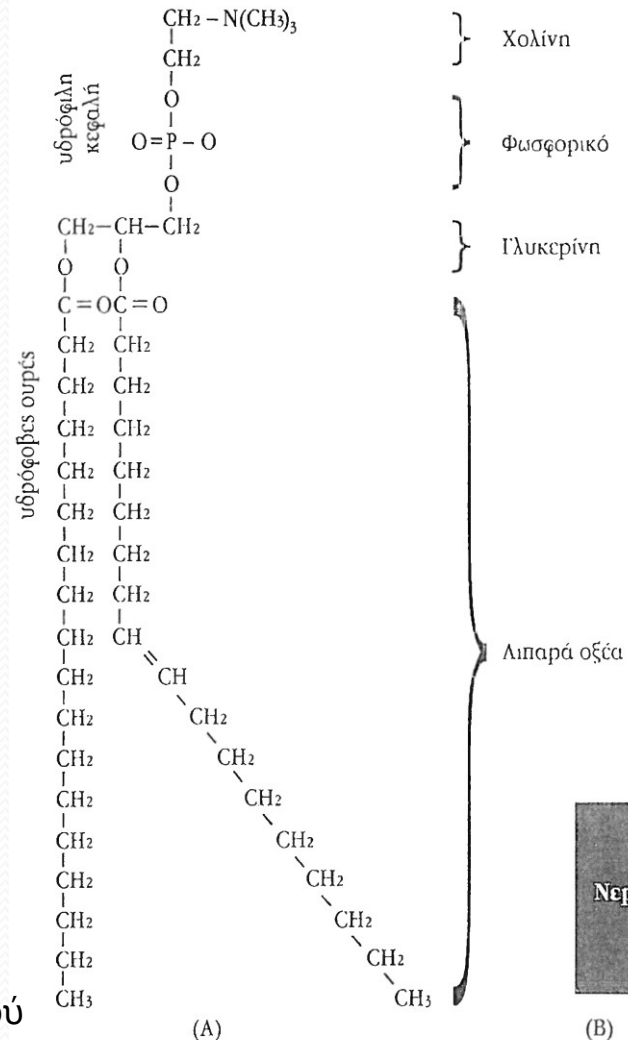
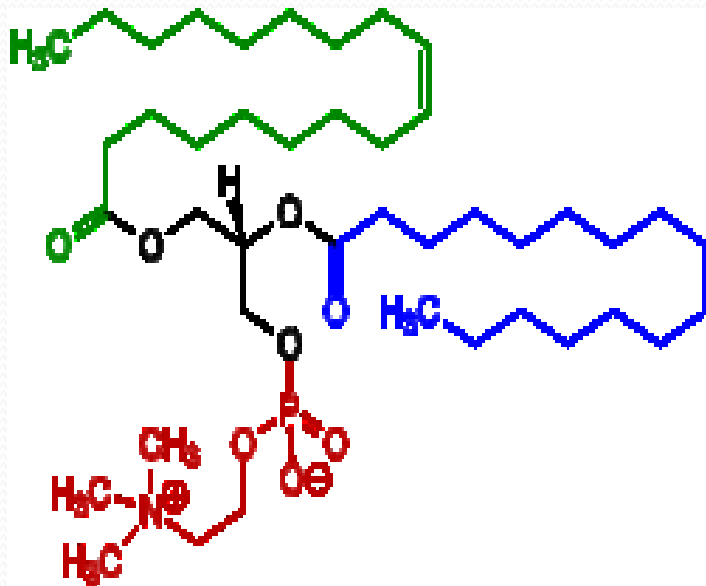
Τα δύο άκρα ενός φωσφολιπιδίου διαφέρουν χημικά και φυσικά.

Τα μόρια λοιπόν των φωσφολιπιδίων έχουν **πολικότητα**



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η κυτταρική μεμβράνη αποτελείται από δύο στιβάδες φωσφολιπιδίων (εικ. 5.4β).



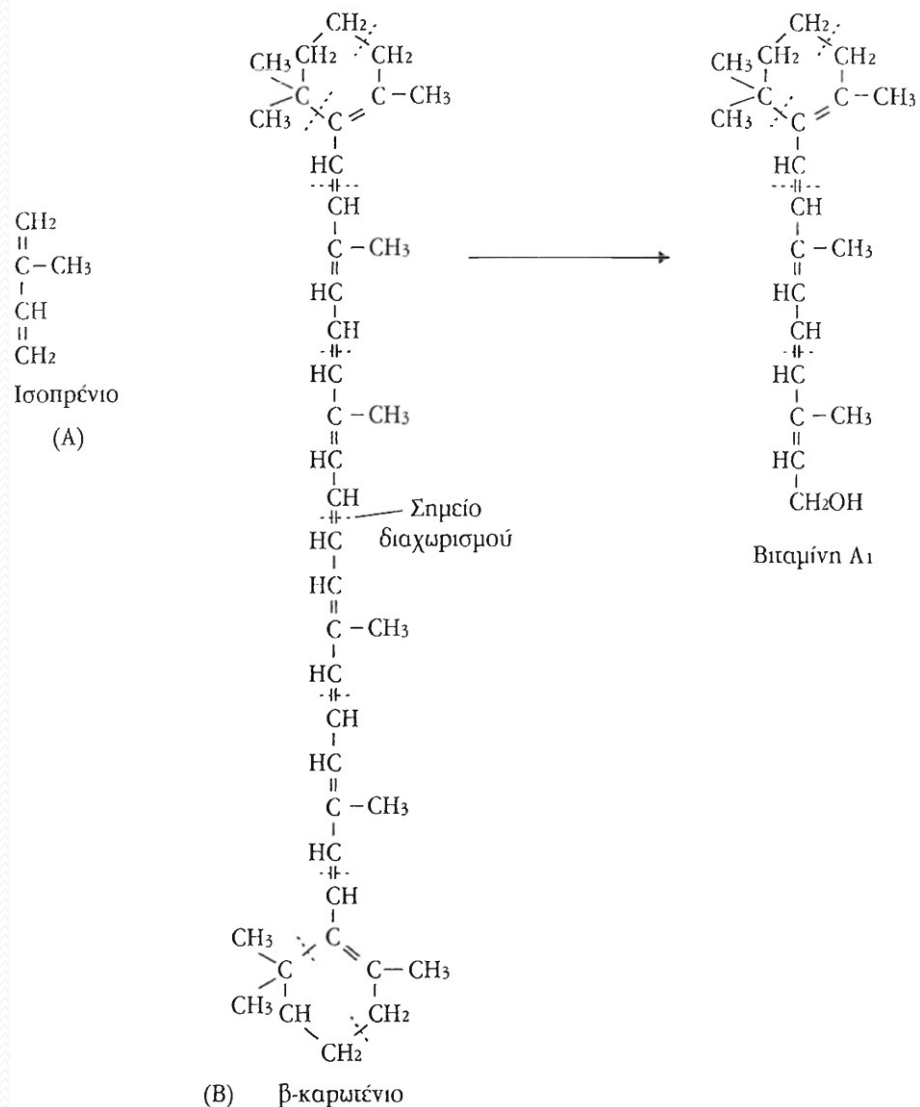
Εικόνα 5.4: Φωσφολιπίδια (παράγωγα φωσφατιδιλικού οξέος). (Α) Λεκιθίνη. (Β) Λιπιδιακή διπλοστιβάδα κυτταρικών μεμβρανών.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

III. Καροτενοειδή

Τα **καροτενοειδή** (εικ. 5.5) είναι μια οικογένεια χρωστικών που απορροφούν το φως και βρίσκονται στα φυτά και στα ζώα.

Εικόνα 5.5: Καρωτενοειδή. (Α) Ισοπρένιο (μοριακή μονάδα καρωτενοειδών). (Β) β- καρωτένιο.



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Στον άνθρωπο,

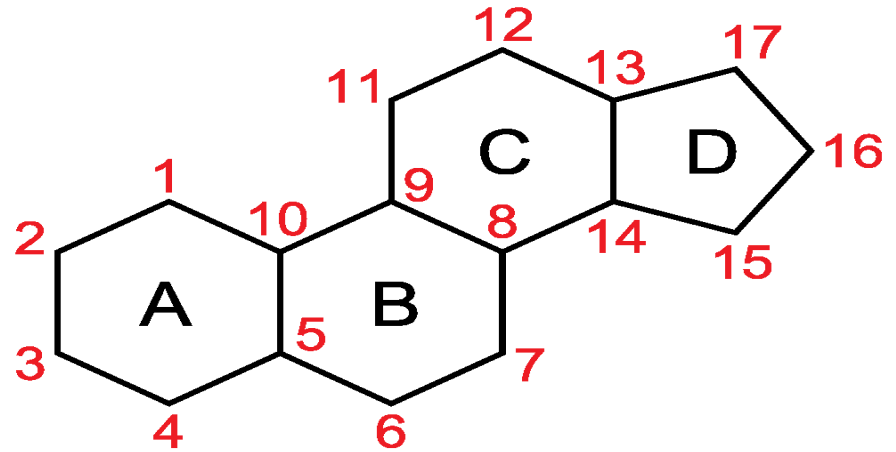
Τα καρωτενοειδή είναι υπεύθυνα για το χρώμα του καρότου, της ντομάτας, της κίτρινης κολοκύθας, του κρόκου αυγού και του βουτύρου.

IV. Στεροειδή

Τα στεροειδή αποτελούν μια οικογένεια οργανικών ενώσεων, των οποίων οι πολλαπλοί δακτύλιοι μοιράζονται άτομα άνθρακα.

Μερικά στεροειδή είναι σημαντικά συστατικά των μεμβρανών. Άλλα είναι ορμόνες.

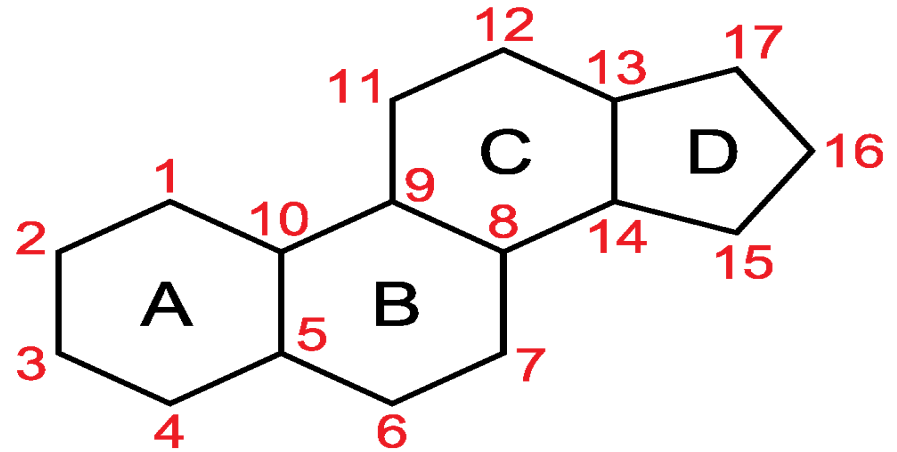
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Φυσικοχημικές ιδιότητες:

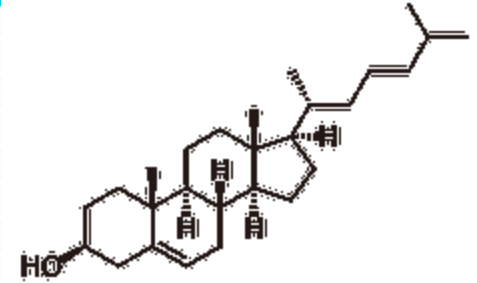
- Είναι κατά κύριο λόγο λευκές κρυσταλλικές ενώσεις
- Ο μεγάλος αριθμός ατόμων άνθρακα δικαιολογεί την λιποφιλικότητα και την ελάχιστη έως ανύπαρκτη υδατοδιαλυτότητα
- Η εισαγωγή υδροξυλίων ή άλλων πολικών ομάδων αυξάνει την διαλυτότητα
- Βασικός δακτύλιος....Κυκλοπενταπερυδροφαινανθρένιο (στερίνη)

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



- Οι στεροειδείς ορμόνες αποτελούν υδρόφοβες ορμόνες
- Περίπου 15% των ορμονών είναι στεροειδούς φύσης
- Κύτταρα που εκκρίνουν στεροειδή περιέχουν μεγάλα λιπιδιακά σωμάτια στο κυτταρόπλασμα και περιέχουν χοληστερόλη και άλλα πρόδρομα μόρια
- Οι ορμόνες αυτές δεν αποθηκεύονται
- Εδώ περιλαμβάνονται οι γεννητικές ορμόνες και κορτικοστεροειδή

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζω



- Η χοληστερόλη παράγεται de novo μέσα στο κύτταρο με τη βοήθεια του συνενζύμου acetyl coA
- Βασικό ένζυμο είναι η αναγωγή HMG-coA (3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A)
- Μεγάλες ενδοκυτταρικές συγκεντρώσεις της χοληστερόλης εμποδίζουν τη δράση της αναγωγής
- Χοληστερόλη παραλαμβάνεται από το κύτταρο με τη μορφή της low density lipoprotein (LDL), η οποία περιλαμβάνει χοληστερόλη, φωσφολιπίδια, τριγλυκερίδια και πρωτεΐνες
- Οι πρωτεΐνες βοηθούν τη μεταφορά μέσα στο αίμα και η είσοδος γίνεται με του LDL υποδοχείς
- Ακολουθεί διάσπαση που δίνει τον εστέρα της chol και έπειτα την ελεύθερη chol

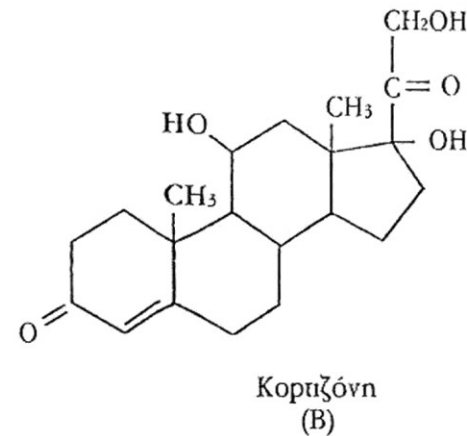
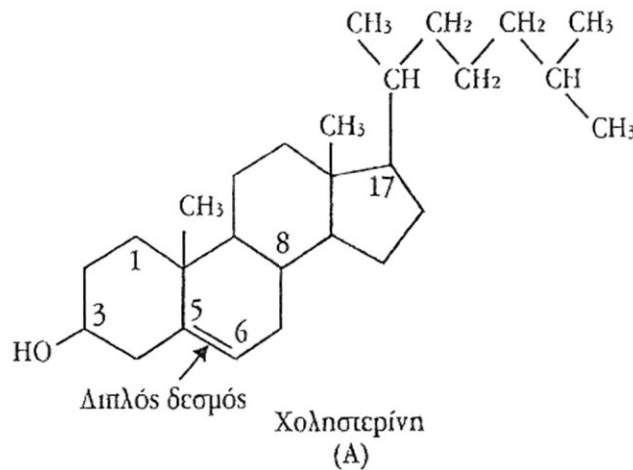
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

- Το παραγόμενο στεροειδές εκκρίνεται στον εξωκυττάριο χώρο και κυκλοφορεί μέσω του αίματος για να προσεγγίσει τον ιστό στόχο έμμεσα μέσω του κύκλου της φωσφατίδυλο-ινοσιτόλης PI
- Κλειδί για την ενδοκυτταρική δράση η κινητοποίηση των αποθηκευμένων σταγονιδίων χοληστερόλης και η μεταφορά τους στα μιτοχόνδρια
- Λόγω της λιποφιλικότητάς τους διαπερνούν τις μεμβράνες και δεν αποθηκεύονται στα κύτταρα
- Για τη μεταφορά τους συνδέονται με ειδικές σφαιρίνες όπως είναι η αλβουμίνη. Ιδιαίτερα η κορτιζόνη μεταφέρεται συζευγμένη με την αντίστοιχη σφαιρίνη των γλυκοκορτικοειδών

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η **χοληστερίνη** συντίθεται στο συκώτι και συμβάλλει στη δομή μερικών κυτταρικών μεμβρανών.

Είναι η βάση για τη βιοσύνθεση της τεστοστερόνης και άλλων στεροειδών ορμονών, καθώς επίσης και των χολικών αλάτων που βοηθούν στην αποικοδόμηση του λίπους της διατροφής.



Εικόνα : Στεροειδή. Χαρακτηριστικός τετραμερής δακτύλιος.

(A) Χοληστερίνη

(B) Κορτιζόνη

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

Οι βιταμίνες αποτελούν μια μεγάλη ομάδα λιποδιαλυτών ουσιών (καροτενοϊδή και στεροειδή) που συντίθενται με ομοιοπολική σύνδεση και χημική τροποποίηση του ισοπρενίου ώστε να σχηματιστεί σειρά υποομάδων του ισοπρενίου

Η βιταμίνη A

Αβιταμίνωση A έχει σαν αποτέλεσμα ξηρότητα του δέρματος, των οφθαλμών και των εσωτερικών επιφανειών του σώματος, καθυστέρηση στην αύξηση και ανάπτυξη καθώς και νυχτερινή τύφλωση, που είναι το διαγνωστικό σύμπτωμα γι' αυτή την αβιταμίνωση.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η βιταμίνη D.....

Αβιταμίνωση D οδηγεί σε ραχίτιδα και οστεοπόρωση.

Η βιταμίνη E

Αυτά τα λιπίδια φαίνεται ότι έχουν σημαντικό ρόλο στην προστασία των διπλών δεσμών των φωσφολιπιδίων των μεμβρανών.

Η βιταμίνη E προστίθεται σε ορισμένα τρόφιμα για την καθυστέρηση της αλλοίωσής τους.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η **βιταμίνη Κ** βρίσκεται στα πράσινα φύλλα και συντίθεται επίσης από βακτήρια που φυσιολογικά υπάρχουν στον εντερικό σωλήνα.

Είναι σημαντική για την πήξη του αίματος

Αβιταμίνωση Κ οδηγεί σε επιβράδυνση της πήξης του αίματος και πιθανή θανατηφόρο αιμορραγία από μια πληγή.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ: ΣΑΚΧΑΡΑ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ

Οι υδατάνθρακες είναι μια ομάδα οργανικών ενώσεων με γενικό τύπο CH_2O . Έχουν ποικίλα μοριακά βάρη και συνολικά υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες βιολογικού ενδιαφέροντος

Οι **μονοσακχαρίτες**,

Οι **δισακχαρίτες**

Οι **ολιγοσακχαρίτες**

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι πολυσακχαρίτες

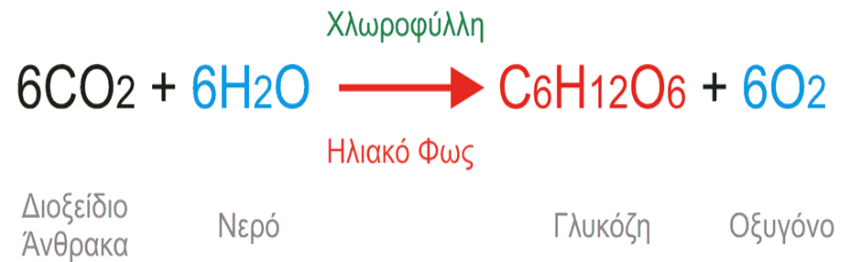
Οι σχετικές αναλογίες άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου όπως υπαγορεύονται από τον γενικό τύπο CH_2O , ισχύουν για τους μονοσακχαρίτες.

Όμως, για τους δισακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες και πολυσακχαρίτες, αυτές οι αναλογίες είναι λίγο διαφορετικές από τον γενικό τύπο επειδή δύο υδρογόνα και ένα οξυγόνο χάνονται κατά τις αντιδράσεις του πολυμερισμού.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

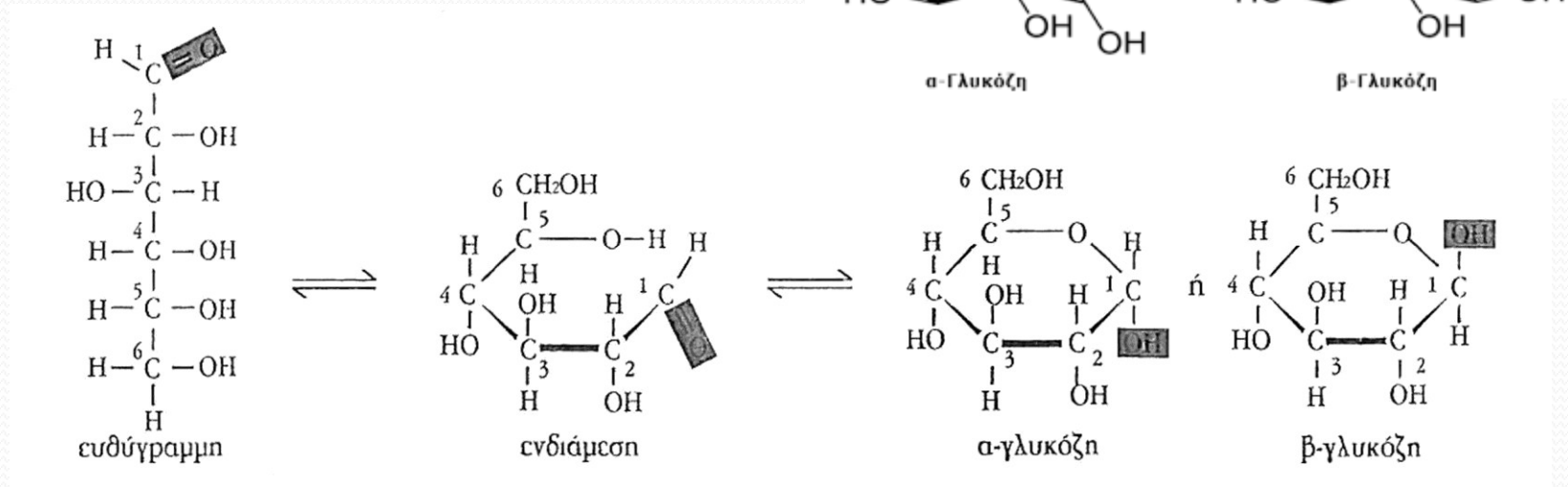
Όλα τα κύτταρα περιέχουν **γλυκόζη**
με τύπο $C_6H_{12}O_6$.



Υπάρχουν δύο μορφές γλυκόζης, η ευθύγραμμη αλυσίδα και η κυκλική μορφή.

Σε υδατικό διάλυμα βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους, αλλά στα κύτταρα κυριαρχεί η κυκλική μορφή (>99%).

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Γλυκόζη, ευθύγραμμη και κυκλική μορφή. Διαλυόμενες στο νερό οι μορφές α και β γλυκόζης αλληλομετατρέπονται. Η ευθύγραμμη μορφή έχει μια αλδεϋδομάδα στο άτομο άνθρακα 1. Αντίδραση μεταξύ της αλδεϋδομάδας και υδροξυλομάδας στο άτομο άνθρακα 5 δίνει την κυκλική μορφή.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Εξόζες

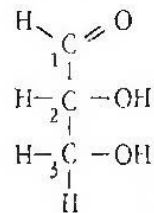
Πεντόζες.....

Δύο πεντόζες έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, η ριβόζη και η δεσοξυριβόζη που είναι συστατικά του και αντίστοιχα.

Αυτές οι δύο πεντόζες δεν είναι ισομερή.

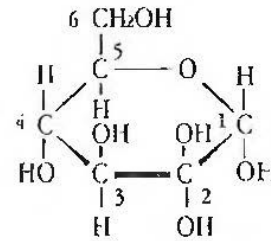
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Τριόζες

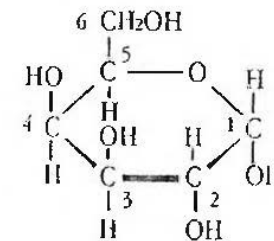


Γλυκεριναλδεΐδη
μόνο σε ευθεία μορφή

Εξόζες

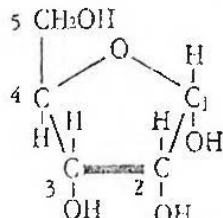


α-Μαννόζη

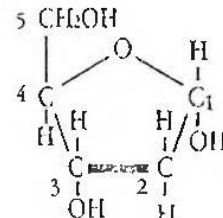


α-Γαλακτόζη

Πεντόζες

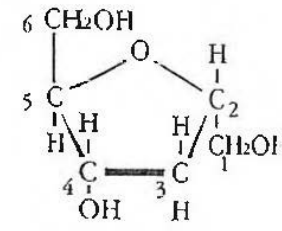


Ριβόζη



Δεοξυριβόζη

Πεντόζες με πολύ διαφορετικές
χημικές ιδιότητες και βιολογικούς ρόλους



Φρουκτόζη

Ισομερή με ίδιο τύπο $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$
αλλά διαφορετικές χημικές ιδιότητες
και βιολογικούς ρόλους

Εικόνα 5.8: Μονοσακχαρίτες.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Γλυκοζιδικοί δεσμοί

Οι μονοσακχαρίτες ενώνονται ομοιοπολικά μεταξύ τους και σχηματίζουν γλυκοζιδικούς (γλυκοσιδικούς) δεσμούς. Δύο μόρια ενωμένα με ένα τέτοιο δεσμό σχηματίζουν ένα δισακχαρίτη.

Ένα μόριο **σακχαρόζης** (ζάχαρη)...

Η **μαλτόζη** και **κελλοβιόζη**, είναι...

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

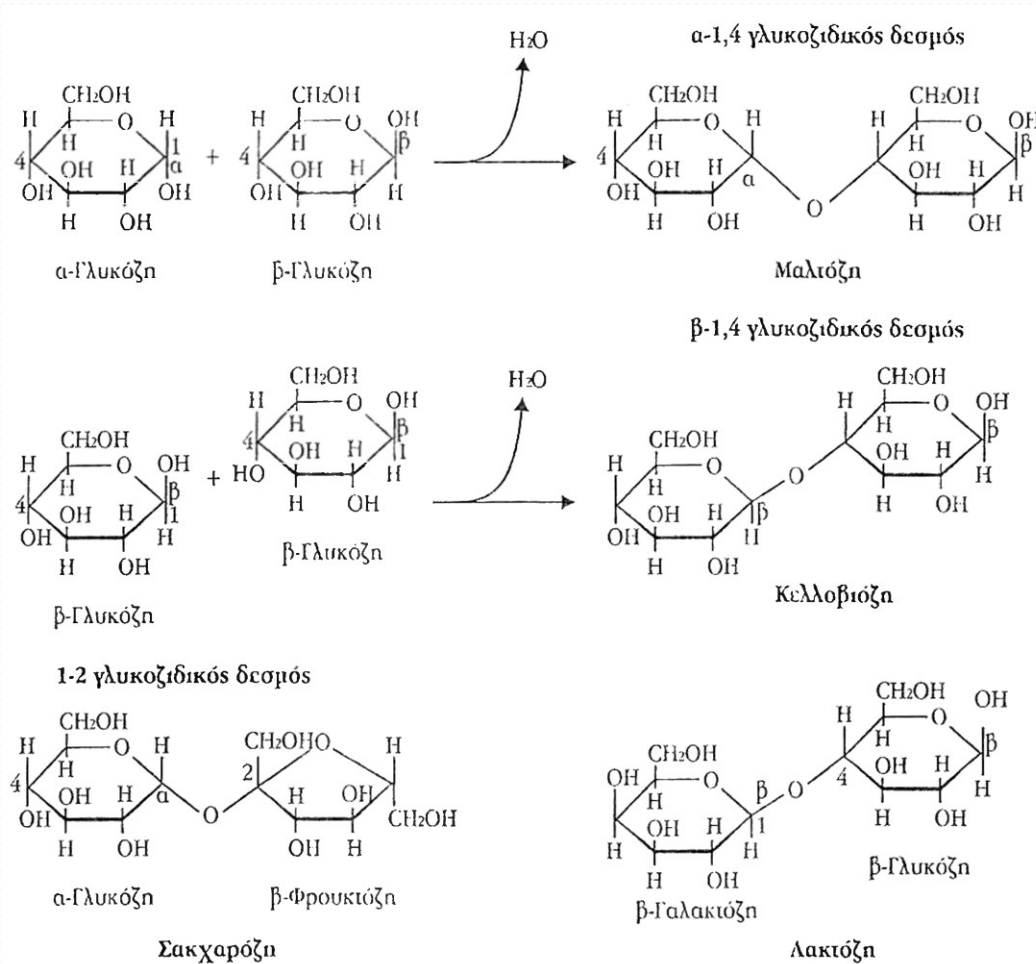
Η μαλτόζη

Η σακχαρόζη

Οι **ολιγοσακχαρίτες** αποτελούνται από αρκετούς μονοσακχαρίτες ενωμένους με γλυκοσιδικούς δεσμούς.

Πολλοί ολιγοσακχαρίτες έχουν πρόσθετες λειτουργικές ομάδες που τους προσδίδουν ειδικές ιδιότητες.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Εικόνα 5.9: Σχηματισμός δισακχαριτών με γλυκοζιδικούς δεσμούς.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

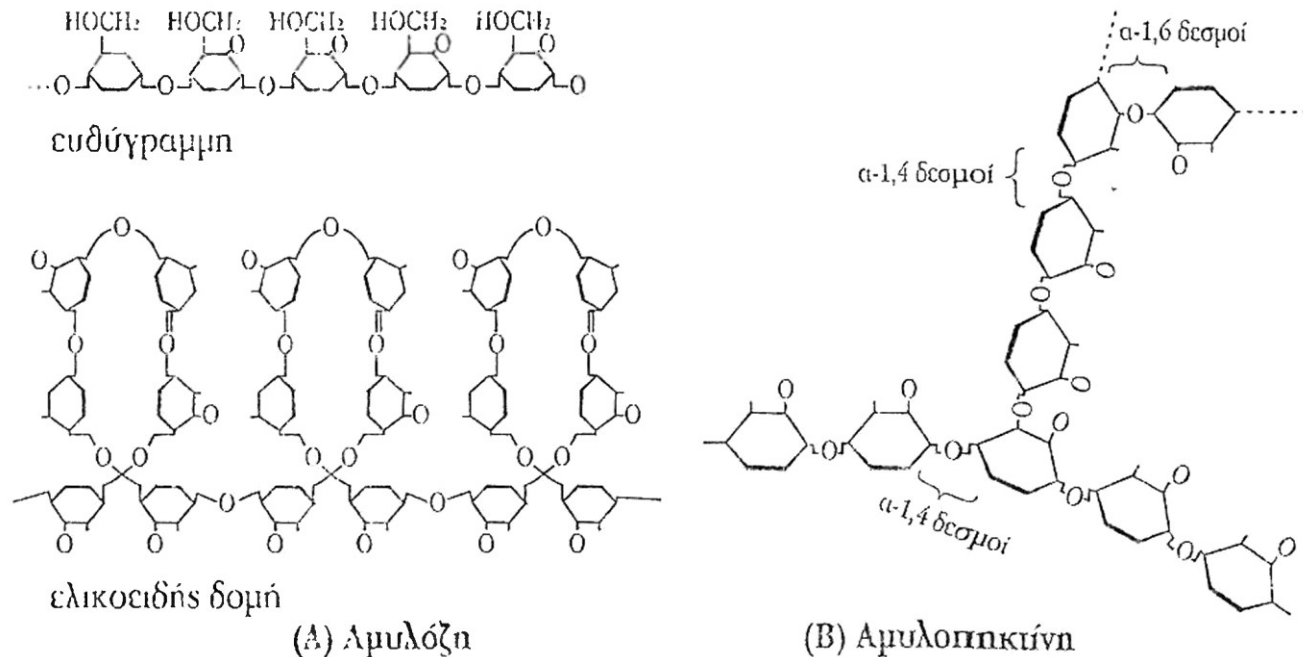
Οι πολυσακχαρίτες διακρίνονται σε.....

Το άμυλο.....

Η αμυλόζη (20% του αμύλου της πατάτας) είναι ευθύγραμμο πολυμερές αποτελούμενο από εκατοντάδες μόρια γλυκόζης (δεσμοί 1-4).

Η αμυλοπηκτίνη (80% αμύλου πατάτας) είναι πολυμερές με κύρια αλυσίδα γλυκόζης (δεσμοί 1-4) και διακλαδώσεις (δεσμός 1-6 στη διακλάδωση) (εικ. 5.10).

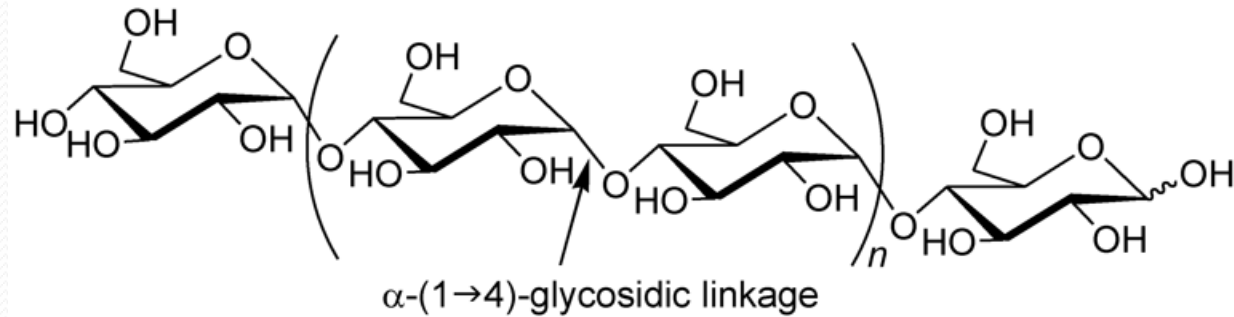
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



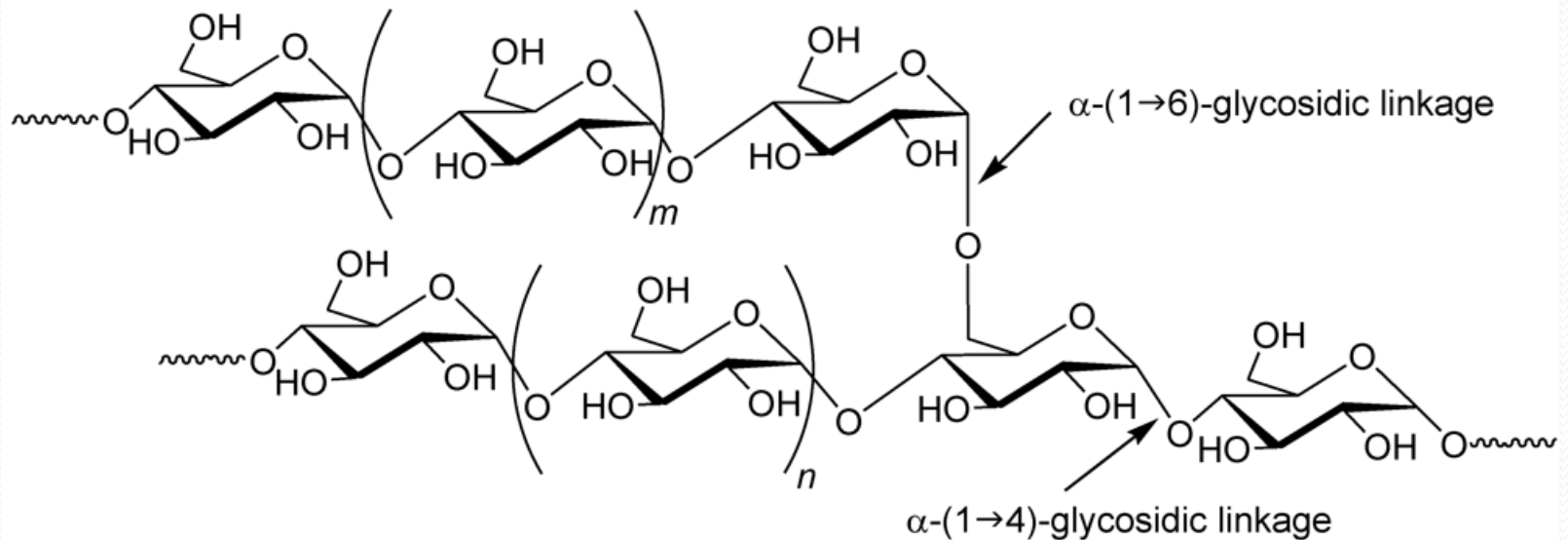
Εικόνα 5.10: Άμυλο. (Α) Αμυλόζη. (Β) Αμυλοπηκτίνη.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

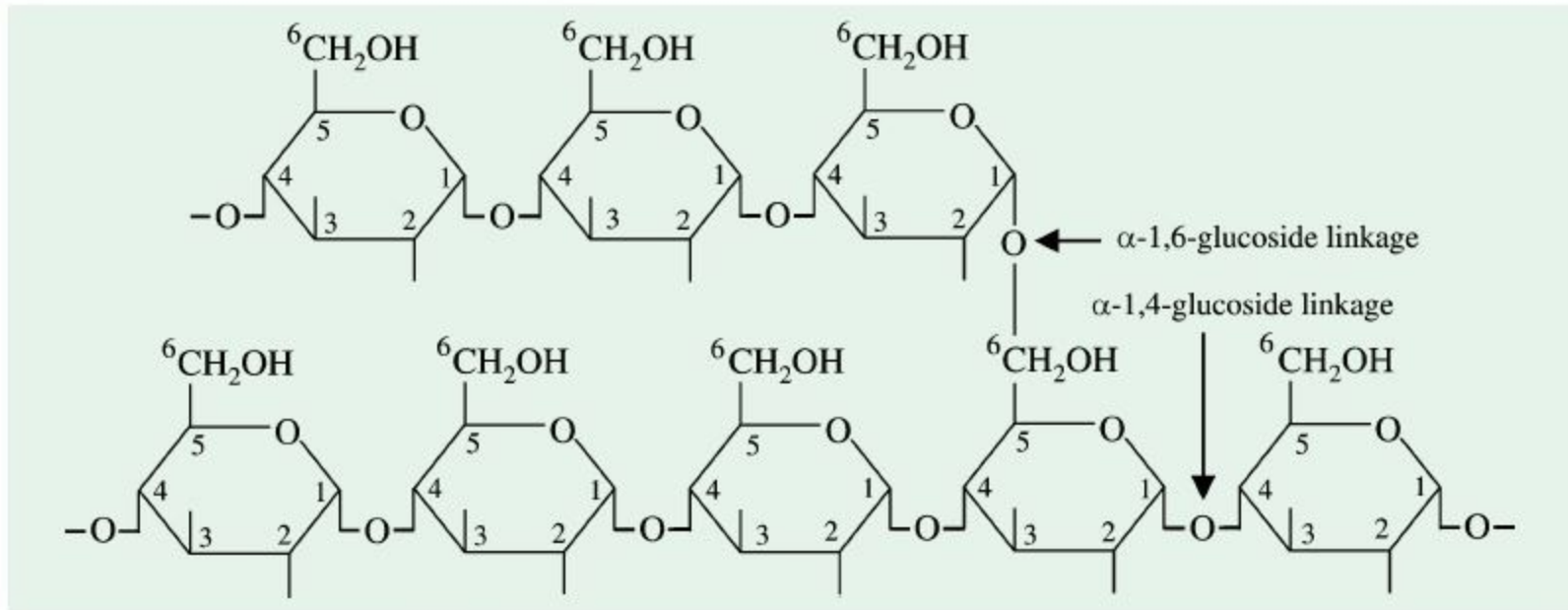
Αμυλόζη



Αμυλόπηκτίνη

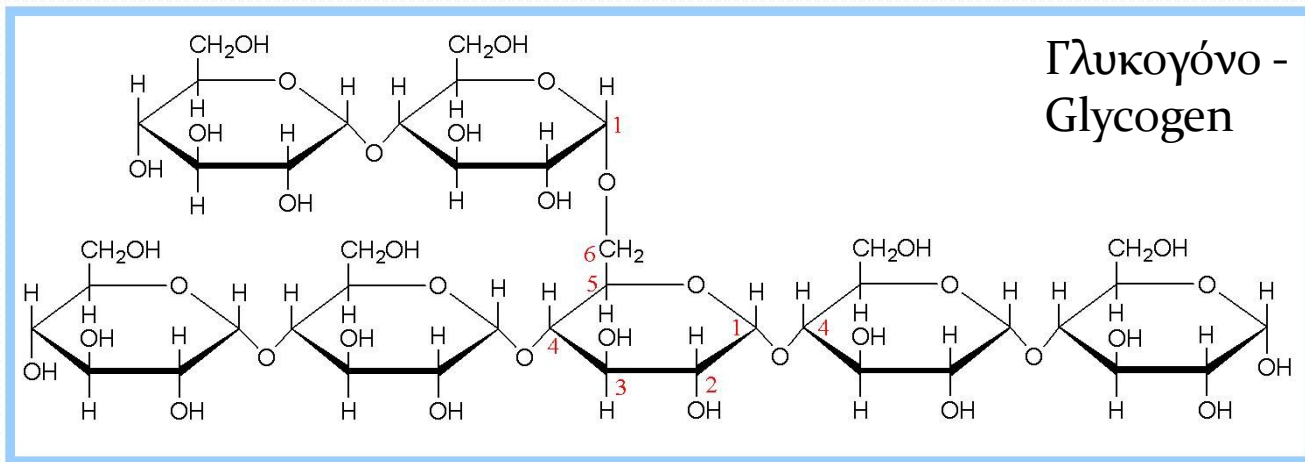
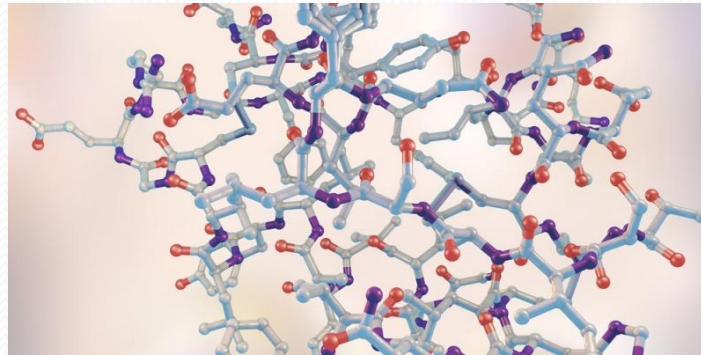


Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



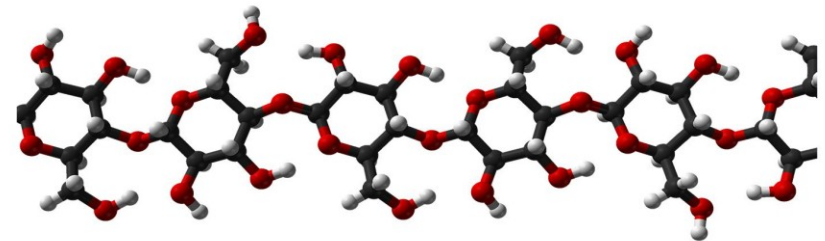
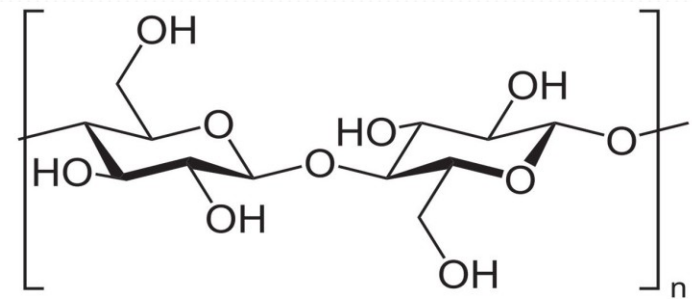
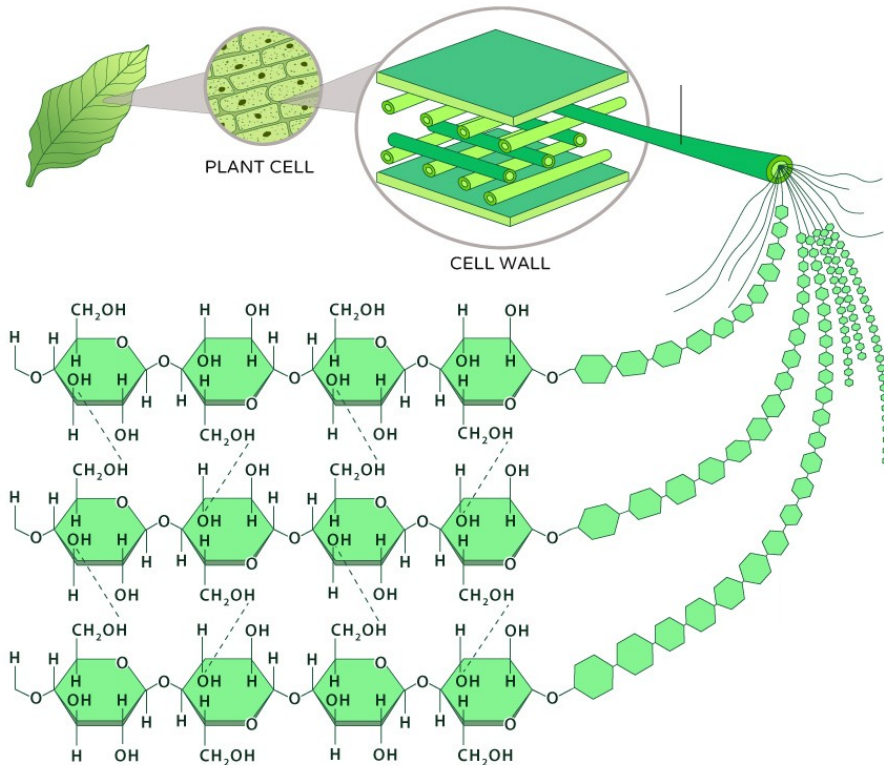
Αμυλοπηκτίνη

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Κυταρρίνη - Cellulose



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Σε αντίθεση με την απελευθέρωση γλυκόζης από το ήπαρ, η διάσπαση μυϊκού γλυκογόνου έχει σαν στόχο να απελευθερώσει ενέργεια από τα κύτταρα και πιο συγκεκριμένα αυτά των σκελετικών μυών.

Όταν αθλούμαστε το σώμα μας επιλέγει ποια πηγή ενέργειας θα χρησιμοποιήσει ανάλογα με το είδος της άσκησης και τα αποθέματα της εκάστοτε πηγής.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Κυτταρίνη:

- Η δομή της κυτταρίνης στον χώρο είναι γραμμική και οι αλυσίδες των μακρομορίων της συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου και σχηματίζουν μικροϊνίδια
- Τα μικροϊνίδια αυτά αποτελούν τον στηρικτικό ιστό των φυτών και έτσι η κυτταρίνη είναι η πλέον διαδεδομένη οργανική ένωση στην φύση
- Καθαρή μορφή κυτταρίνης είναι το βαμβάκι. Η κυτταρίνη είναι αδιάλυτη σε όλους τους κοινούς διαλύτες εκτός από το αμμωνιακό διάλυμα αλάτων Cu^{2+}

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Πηκτίνες:

- Οι πηκτίνες, ουδέτερες ή ανιοντικές, περιβάλλουν, μαζί με τις ημικυτταρίνες, τις κυτταρίνες και σταθεροποιούν τα μικροϊόνidia της κυτταρίνης
- Έχουν την χαρακτηριστική ιδιότητα ότι σχηματίζουν πηκτώματα. Τα πηκτώματα σχηματίζονται επειδή οι πηκτίνες μπορούν να σχηματίζουν διπλή έλικα μέσα στο δίκτυο της οποίας μπορούν και συγκρατούνται μόρια νερού.
- Οι πηκτίνες είναι υδροκολλοειδή τα οποία εκκρίνονται από τα φυτά για προστατεύουν πληγές στα κυτταρικά τοιχώματα.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Χιτίνη:

- Είναι στηρικτικός πολυσακχαρίτης με δομική μονάδα την N-ακετυλο-γλυκοζαμίνη, συνδεδεμένες με $\beta(1 \rightarrow 4)$ γλυκοζιτικούς δεσμούς
- Έχει δομή παρόμοια της κυτταρίνης
- Συναντάται στους μύκητες και στον σκελετό των αθροπόδων
- Άλλος δομικός λίθος της χιτίνης θεωρείται ο δισακχαρίτης χιτοβιόζη

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ημικυτταρίνες (ξυλάνες):

- Οι ημικυτταρίνες περιβάλλουν “εν είδει” δικτυωτού τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης και έτσι την σταθεροποιούν, χωρίς χημικούς δεσμούς αλλά με δεσμούς υδρογόνου
- Είναι διακλαδισμένοι ετεροπολυσακχαρίτες που έχουν κύρια αλυσίδα με δομική μονάδα την γαλακτόζη (Gal) ή την γλυκόζη (Glc) ή κυρίως την πεντόζη ξυλόζη με δεσμούς $\beta(1 \rightarrow 4)$

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Κύριοι **δομικοί πολυσακχαρίτες**

- 1
- 2
- 3
- 4

Η κυτταρίνη είναι η πιο άφθονη οργανική ένωση και πολύ ισχυρό υλικό, αλλά είναι εύκαμπτη και μπορεί σε ειδικές συνθήκες να γίνει μαλακή (χαρτί).

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

Αποτελούνται από.....

Το 1950 πρώτος ο **Frederick Sanger** προσδιόρισε την αμινοξική αλληλουχία της **ινσουλίνης** η οποία είναι ίδια σε όλα τα μόρια της ινσουλίνης.

Σύσταση προκαρυωτικού κυττάρου

Μόρια	Ποσοστό % επί ξηρού βάρους
Πρωτεΐνες	55
Πολυσακχαρίτες	5
Λιπίδια	9
Λιποπολυσακχαρίτες	3,4
DNA	3,1
RNA	20,5
Αμινοξέα & πρόδρομά τους	0,5
Σάκχαρα & πρόδρομά τους	2
Νουκλεοτίδια & πρόδρομά τους	0,5
Ανόργανα ιόντα	1

Σύσταση προκαρυωτικού κυττάρου

Κυτταρικά στοιχεία	Ποσοστό % επί ξηρού βάρους
Άνθρακας	50
Οξυγόνο	22
Άζωτο	12
Υδρογόνο	9
Φώσφορος	2
Θείο, κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, μαγνήσιο χλωριούχα, σίδηρος, άλλα ιχνοστοιχεία	~5

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Τα μοριακά βάρη των πρωτεϊνών ποικίλουν εντός ευρέων ορίων - από περίπου 5700 για την ινσουλίνη (που έχει 55 αμινοξέα) έως 7 - 8 εκατομμύρια για μερικά από τα μεγαλύτερα ένζυμα (70 - 80 χιλιάδες αμινοξέα).

Το μυϊκό κύτταρο περιέχει μεγάλες ποσότητες ακτίνης και μυοσίνης

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

<u>Αλανίνη</u>	Ala	<u>Ιστιδίνη</u> *	His
<u>Αργινίνη</u>	Arg	<u>Κυστεΐνη</u>	Cys
<u>Ασπαραγίνη</u>	Asn	<u>Λευκίνη</u> *	Leu
<u>Ασπαραγινικό οξύ</u>	Asp	<u>Λυσίνη</u> *	Lys
<u>Βαλίνη</u> *	Val	<u>Μεθειονίνη</u> *	Met
<u>Γλουταμινικό οξύ</u>	Glu	<u>Προλίνη</u>	Pro
<u>Γλουταμίνη</u>	Gln	<u>Σερίνη</u>	Ser
<u>Γλυκίνη</u>	Gly	<u>Τρυπτοφάνη</u> *	Trp
<u>Θρεονίνη</u> *	Thr	<u>Τυροσίνη</u>	Tyr
<u>Ισολευκίνη</u> *	Ile	<u>Φαινυλαλανίνη</u> *	Phe

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι περισσότερες πρωτεΐνες είναι ειδικές για κάθε είδος οργανισμού. Το πόσο διαφέρουν οι πρωτεΐνες από δύο διαφορετικά είδη οργανισμών, εξαρτάται από την εξελικτική τους συγγένεια.

Μόνο τα μονοζυγωτικά δίδυμα δεν έχουν διαφορές. Στον Πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι διάφοροι τύποι πρωτεϊνών και η λειτουργικότητά τους.

Τα κύρια αμινοξέα των πρωτεϊνών είναι είκοσι αλλά τα επιπλέον είναι δευτερεύοντα γιατί προέρχονται από τα κύρια .

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Πίνακας 5.4: Τύποι και Λειτουργικότητες Πρωτεϊνών.

Λειτουργικότητα	Είδος	Παράδειγμα	Χρησιμότητα
Δομή	Ίνες	Κολλαγόνο Κερατίνη Ινώδες	Χόνδρος Μαλλιά, νύχια Θρόμβος αίματος
Μεταβολισμός	Ένζυμα	Λυσοσώματα Πρωτεάσες Πολυμεράσες Κινάσες	Αποικοδόμηση πολυσακχαριτών Αποικοδόμηση πρωτεϊνών Παραγωγή νουκλεϊνικών Φωσφορυλίωση σακχάρων και πρωτεϊνών
Μεταφορά μέσω μεμβρανών	Μεταφορείς	Αντλία K, Na Αντλία πρωτονίων Κανάλια ανιόντων	Διέγερση μεμβρανών Χημειώσμωση Μεταφορά χλωρίου
Κυτταρική αναγνώριση	Αντίγονα κυτταρικής επιφάνειας	MHC πρωτεΐνες	Αυτοαναγνώριση
Ωσμωρύθμιση	Αλβουμίνη	Αλβουμίνη ορού	Διατήρηση ωσμωτικής συγκέντρωσης αίματος
Ρύθμιση γονιδίων	Καταστολείς	Lac καταστολέας	Ρύθμιση μεταγραφής

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

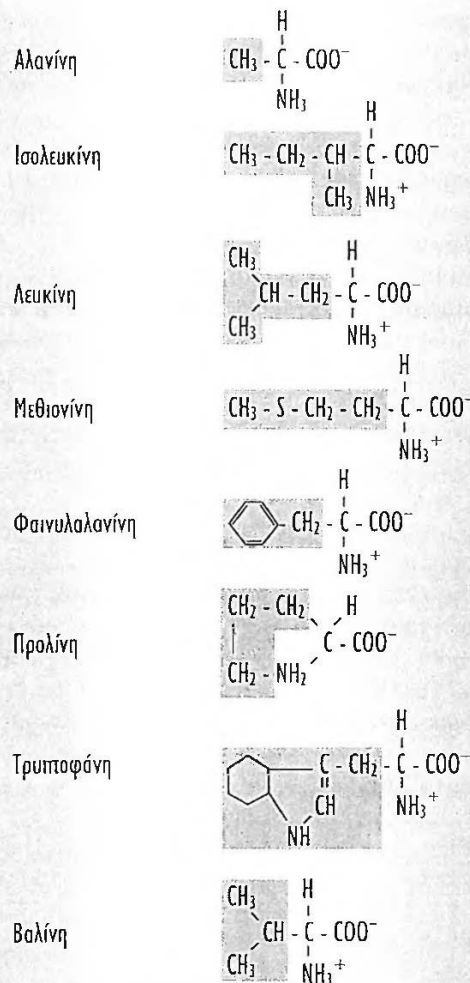
Πίνακας 5.4: Τύποι και Λειτουργικότητες Πρωτεϊνών.

Λειτουργικότητα	Είδος	Παράδειγμα	Χρησιμότητα
Ρύθμιση λειτουργιών σώματος	Ορμόνες	Ινσουλίνη Αγγειοπρεσίνη Ωκυτοκίνη	Ρύθμιση σακχάρου αίματος Αύξηση κατακράτησης ύδατος από νεφρά Ρύθμιση παραγωγής γάλακτος
Μεταφορά μέσα στο σώμα	Σφαιρίνες	Αιμογλοβίνη Μυογλοβίνη Κυττοχρώματα	Μεταφορά O ₂ και CO ₂ στο αίμα Μεταφορά O ₂ και CO ₂ στους μυς Μεταφορά ηλεκτρονίων
Αποθήκευση	Ιοντοδεσμευτικές	Φεριτίνη Καζεΐνη Καλμοδουλίνη	Αποθήκευση Fe στη σπλήνα Αποθήκευση ιόντων στο γάλα Πρόσδεση ιόντων ασβεστίου
Συστολή	Μύες	Ακτίνη, Μυοσίνη	Συστολή μυϊκών ινών
Άμυνα	Ανοσοσφαιρίνες Τοξίνες	Αντισώματα Δηλητήριο φιδιού	Εξάλειψη ξένων πρωτεϊνών Παρεμπόδιση λειτουργίας νεφρών

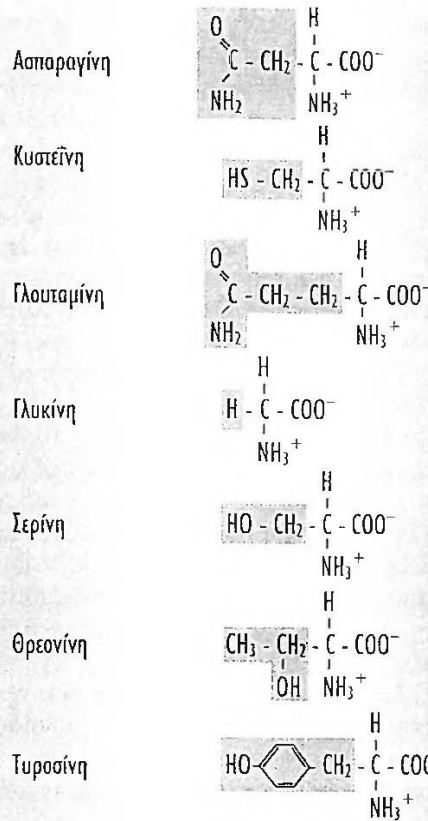
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Πίνακας 5.5: Αμινοξέα, Δομικά Συστατικά Πρωτεϊνών.

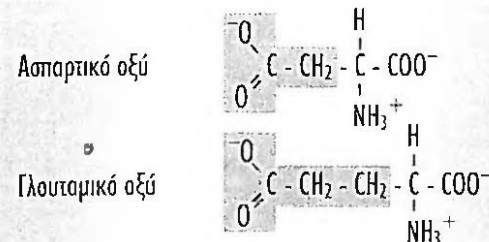
Μη πολικά αμινοξέα



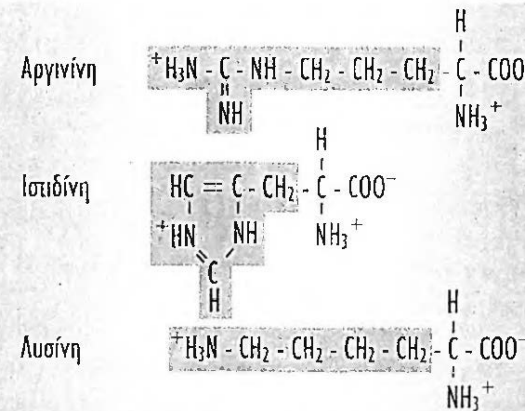
Αφόρριστα πολικά αμινοξέα



Όξινα αμινοξέα (αρνητικά φορτισμένα σε pH6)



Βασικά αμινοξέα (θετικά φορτισμένα σε pH6)



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Πίνακας 5.5: Αμινοξέα, Δομικά Συστατικά Πρωτεϊνών.

Αμινοξέα Διαλυτότητα

$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Alanine A	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ Valine V	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ Leucine L	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Isoleucine I	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{HN}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$ Proline P
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Methionine M	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ Phenylalanine F	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Tryptophan W	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Glycine G	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ Serine S
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Threonine T	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ Cysteine C	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ Asparagine N	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ Glutamine Q	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ Tyrosine Y
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}^- \end{array}$ Aspartic Acid D	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}^- \end{array}$ Glutamic Acid E	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ Lysine K	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH}_2 \end{array}$ Arginine R	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{HC}=\text{C} \\ \quad \quad \\ \text{NH} \quad \quad \text{NH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Histidine H

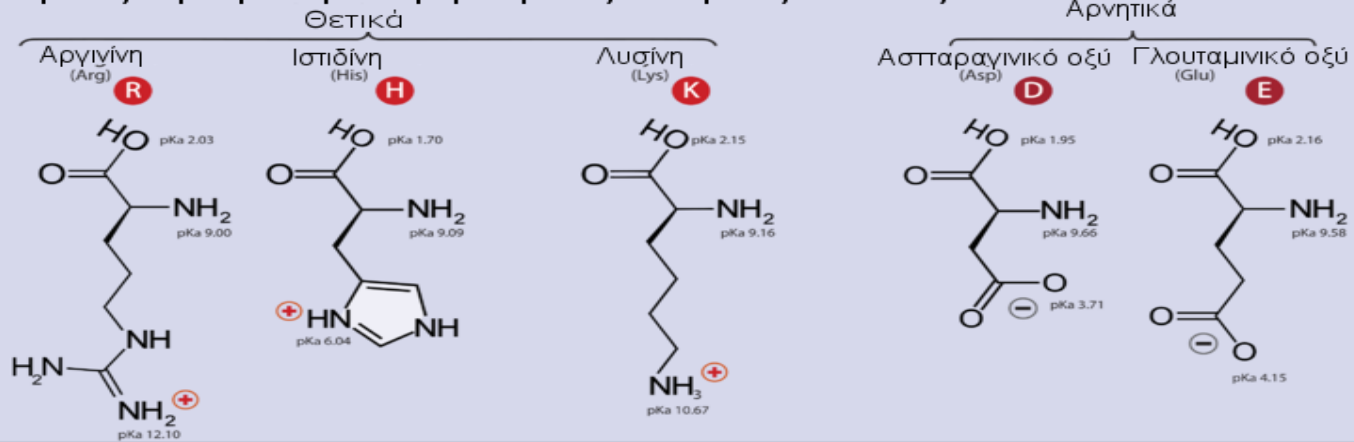
Μη πολικά
και
υδρόφοβα

πολικά και υδρόφιλα

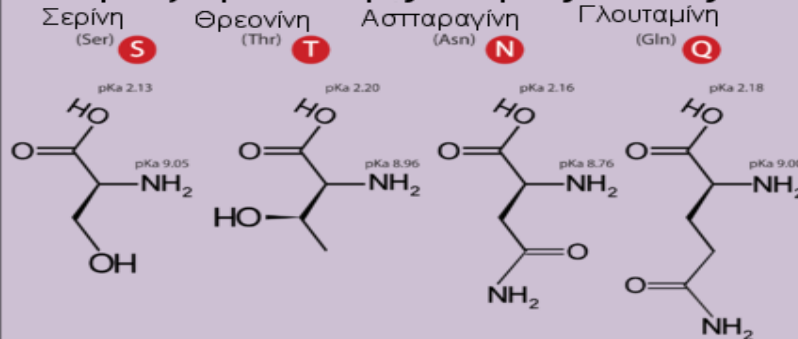
όξινα

βασικά

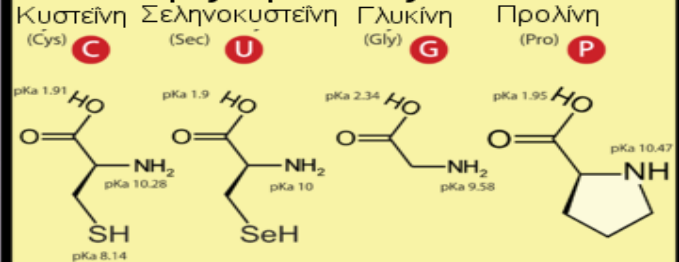
Α. Αμινοξέα με ηλεκτρικά φορτισμένες πλευρικές αλυσίδες



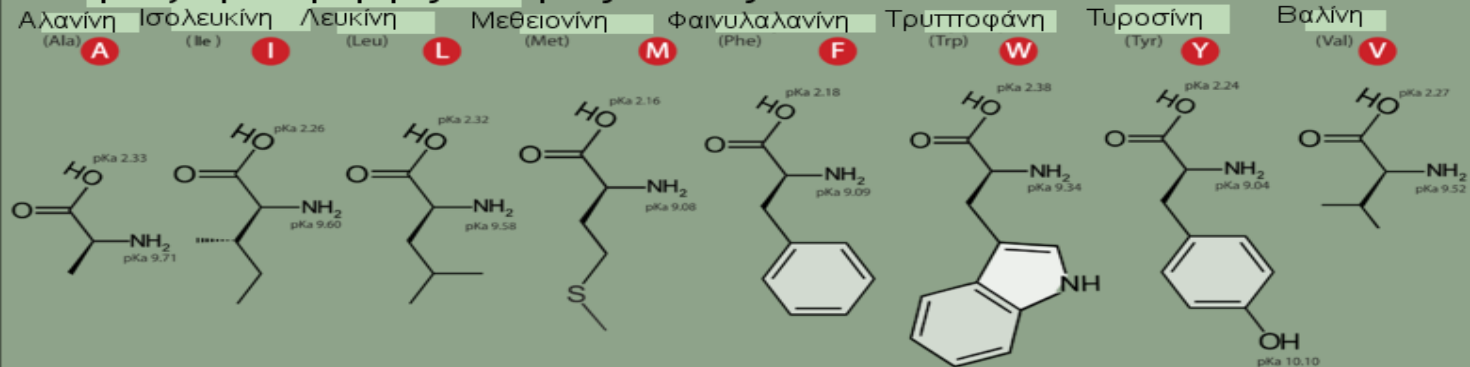
Β. Αμινοξέα με ουδέτερες πλευρικές αλυσίδες



Γ. Ιδιαίτερες περιπτώσεις



Δ. Αμινοξέα με υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες



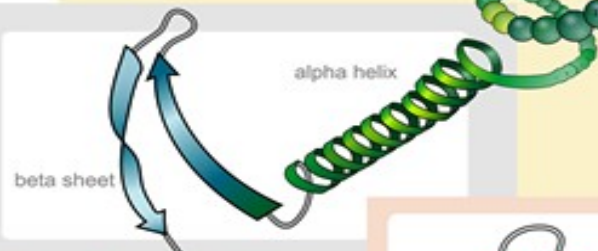
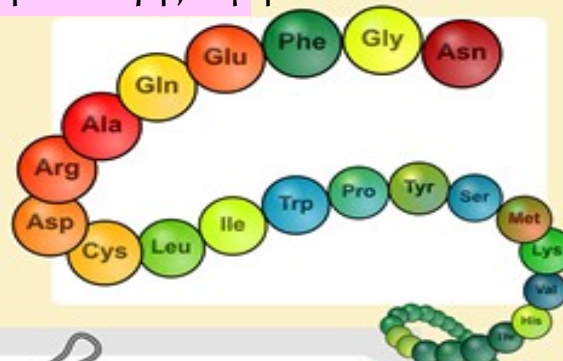
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η κυστεΐνη, η τρυπτοφάνη και η μεθιονίνη αποτελούν το 5% περίπου των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης ενώ το 32% περίπου αποτελούν η λευκίνη, η σερίνη, η λυσίνη και το γλουταμικό οξύ.

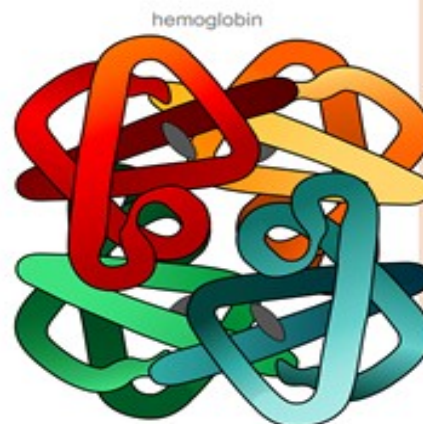
Τι ισχύει στα πολυπεπτίδια....Στα πολυπεπτίδια η καρβοξυλομάδα του ενός αμινοξέος ενώνεται με την αμινομάδα του επόμενου αμινοξέος.

Έτσι ο δεσμός αυτό ονομάζεται πεπτιδικός

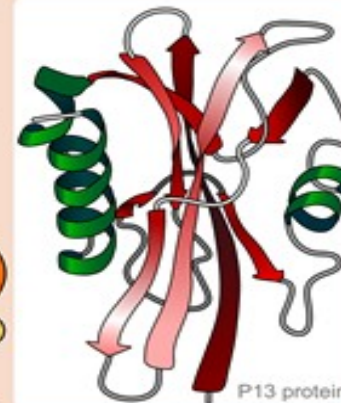
Πρωτοταγής δομή



Δευτεροταγής δομή



Quaternary structure
complex of protein molecules



Τριτοταγής δομή

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΝΟΥΚΛΕΪΝΙΚΑ ΟΞΕΑ

Τόσο το **DNA** όσο και το **RNA** υπάρχουν σε όλα τα κύτταρα

Το RNA είναι μονόκλιωνα πολυμερή νουκλεοτιδίων που μπορεί όμως να αναδιπλωθούν και να πάρουν συγκεκριμένη στερεοδιάταξη που περιέχει και δίκλωνες περιοχές.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Νουκλεοτίδιο

Διακρίνονται σε

Τα νουκλεοτίδια του DNA είναι τα dAMP, dTMP, dGMP και dCMP ενώ στο RNA υπάρχουν τα AMP, GMP, CMP και UMP.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Τα νουκλεοτίδια είναι βασικής σημασίας βιολογικά μόρια όχι μόνο γιατί είναι δομικοί λίθοι των νουκλεϊνικών οξέων (DNA, RNA) αλλά και γιατί συμμετέχουν σε πολλές μεταβολικές διεργασίες στα κύτταρα.

➤ **ATP**

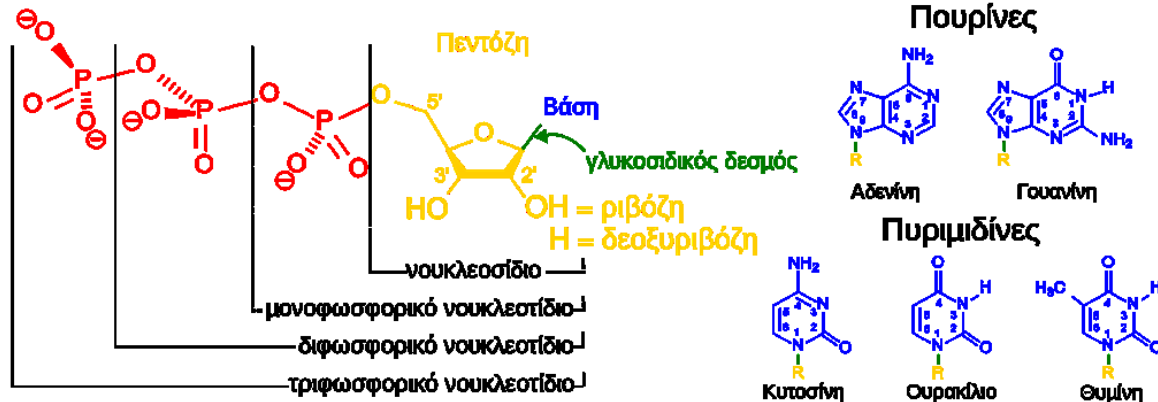
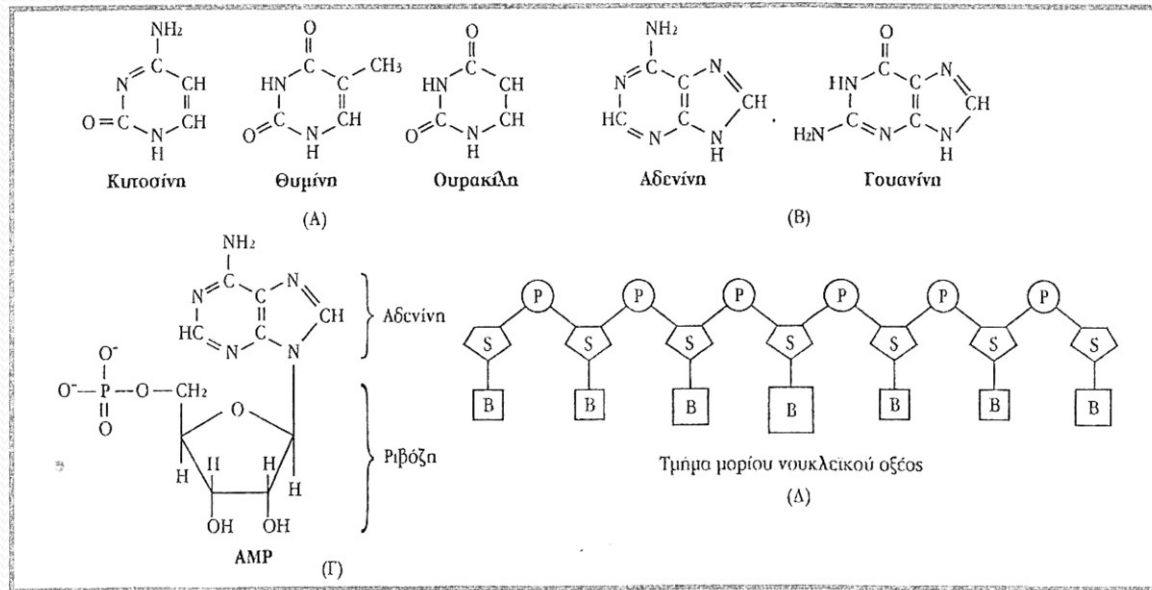
➤ **GTP**

➤ **UTP**

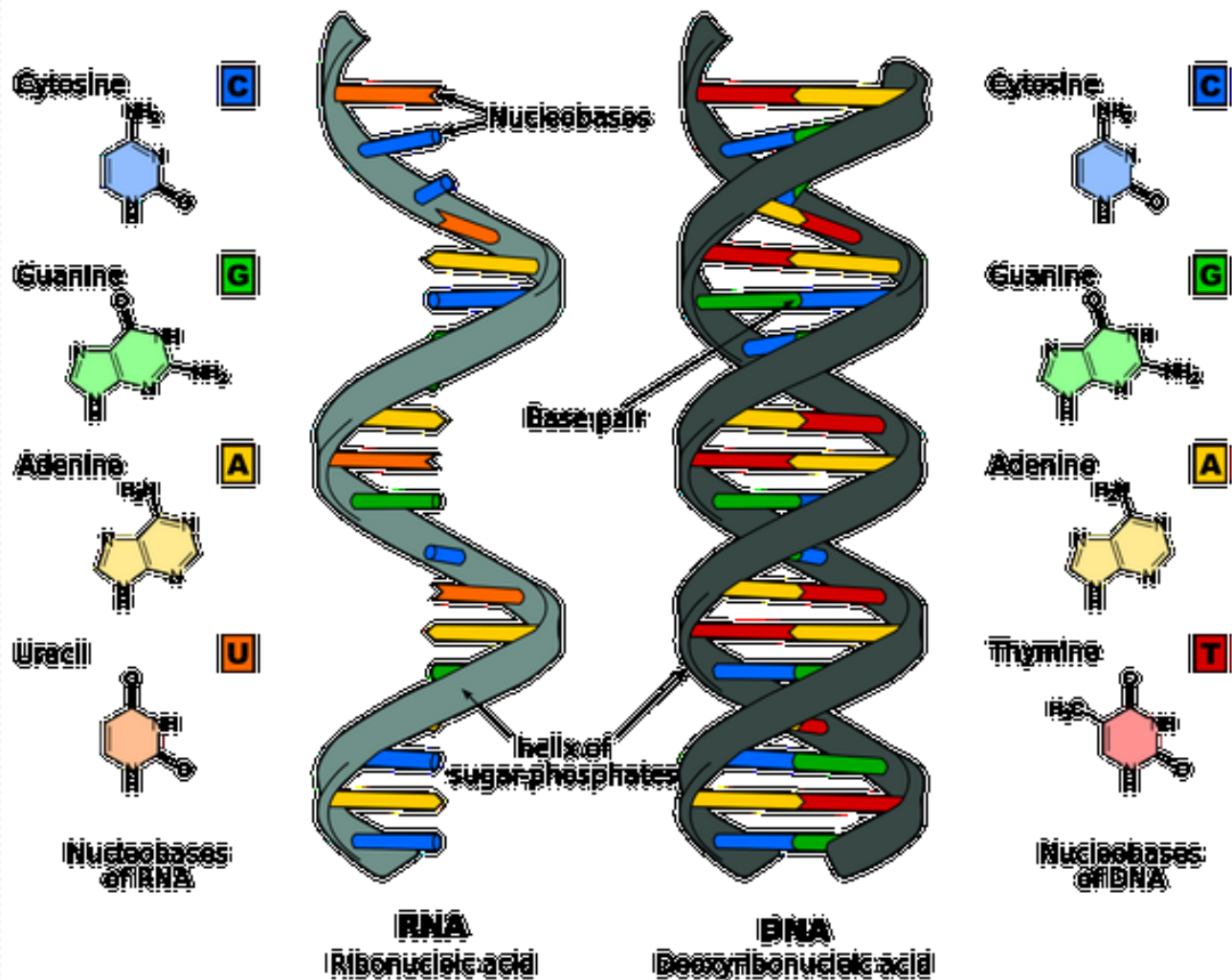
➤ **CTP**

Υπάρχουν και δινουκλεοτίδια, σημαντικά για τις μεταβολικές διεργασίες, όπως το **NAD⁺** που λειτουργεί σαν δέκτης ηλεκτρονίων στις βιολογικές οξειδώσεις, το **NADP** και το **FAD**.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΔΟΜΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΩΝ - ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Κάθε γονίδιο, που μεταφέρει την κληρονομική πληροφορία για την κατασκευή και λειτουργία μας έχει από 100δες ως πάνω από 1.000.000 διαδοχικά νουκλεοτίδια-βάσεις.

Συνολικά το ανθρώπινο DNA έχει **20.000 ως 25.000 γονίδια**. Το ανθρώπινο γονιδίωμα έχει 3.2 δισεκατομμύρια ζεύγη νουκλεοτιδικών βάσεων.

Κάθε γονίδιο έχει την αλληλουχία των διαδοχικών νουκλεοτιδίων-βάσεων που χρειάζονται για την κατασκευή και σύνεση των διαδοχικών αμινοξέων που απαρτίζουν μια ειδική πρωτεΐνη.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΔΟΜΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΩΝ - ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Το μοριακό βάρος των πληροφοριακών μακρομορίων κυμαίνεται από 10^4 - 10^6 daltons και συνιστούν περίπου το 30% του βάρους του κυττάρου.

Οι υπομονάδες που απαρτίζουν ένα πολυμερές μόριο κρατιούνται μαζί με **ομοιοπολικούς δεσμούς**.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι δεσμοί αυτοί είναι:

1. Ιοντικοί δεσμοί:

2. Δεσμοί υδρογόνου:

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

3) Δεσμοί Van der Waals:

4) Υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις: Αναπτύσσονται μεταξύ ομάδων μη πολικών μορίων.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι μη ομοιοπολικοί δεσμοί σε υδατικό διάλυμα είναι 30-300 φορές ασθενέστεροι από ένα τυπικό ομοιοπολικό δεσμό.

Όμως, ο μεγάλος αριθμός μη ομοιοπολικών δεσμών που μπορούν να αναπτυχθούν σ' ένα βιολογικό μακρομόριο, προσδίδει σταθερότητα στο μόριο αυτό.

Ο αριθμός των δυνατών τρισδιάστατων διευθετήσεων των ατόμων είναι περιορισμένος, γιατί τα άτομα συμπεριφέρονται σχεδόν σαν συμπαγείς σφαίρες, με μια συγκεκριμένη ακτίνα.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Μια μακριά πολυπεπτιδική αλυσίδα μπορεί να πάρει ένα πολύ μεγάλο αριθμό αναδιπλώσεων ανάλογα με το είδος των ασθενών αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται

Στην πράξη όμως, οι περισσότερες πρωτεΐνες του κυττάρου αναδιπλώνονται σταθερά μόνο με έναν τρόπο.

Κατά την εξέλιξη ή αλληλουχία των αμινοξέων έχει επιλεγεί έτσι ώστε μια μόνο στερεοδιάταξη να είναι θερμοδυναμικά η πιο ευνοϊκή.

Μακρομόρια που σχηματίζονται από τη διαδοχική συνένωση ομοίων μονομερών, σχηματίζουν τη δομή **έλικας**.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η αλληλουχία των υπομονάδων σε ένα μακρομόριο περιέχει την πληροφορία που καθορίζει τις λειτουργικές θέσεις που θα δημιουργηθούν με τη διευθέτησή του στο χώρο.

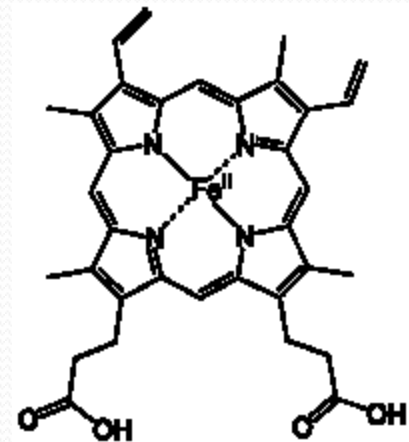
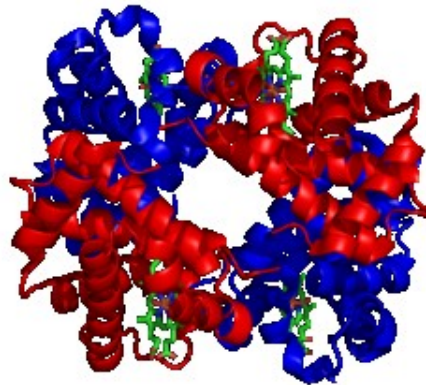
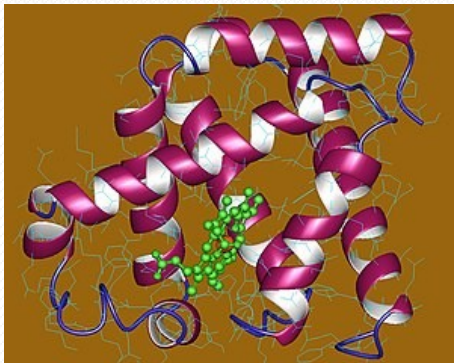
Αυτές οι θέσεις με τη σειρά τους καθορίζουν την αναγνώριση των μακρομορίων μεταξύ τους, ή μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του ίδιου μορίου, με την έννοια της ανάπτυξης ασθενών μη ομοιοπολικών δεσμών.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΕΠΙΠΕΔΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ

Σφαιροπρωτεΐνες.....

Τη γνώση για την τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών την παίρνουμε από μελέτες περίθλασης με ακτίνες Χ.

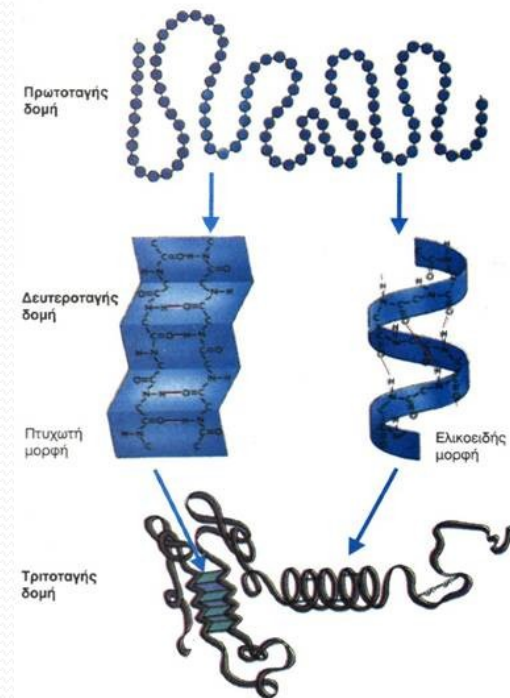


Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι σφαιροπρωτεΐνες μπορεί να έχουν μέχρι τέσσερα επίπεδα οργάνωσης, αλλά οι περισσότερες έχουν τρία.

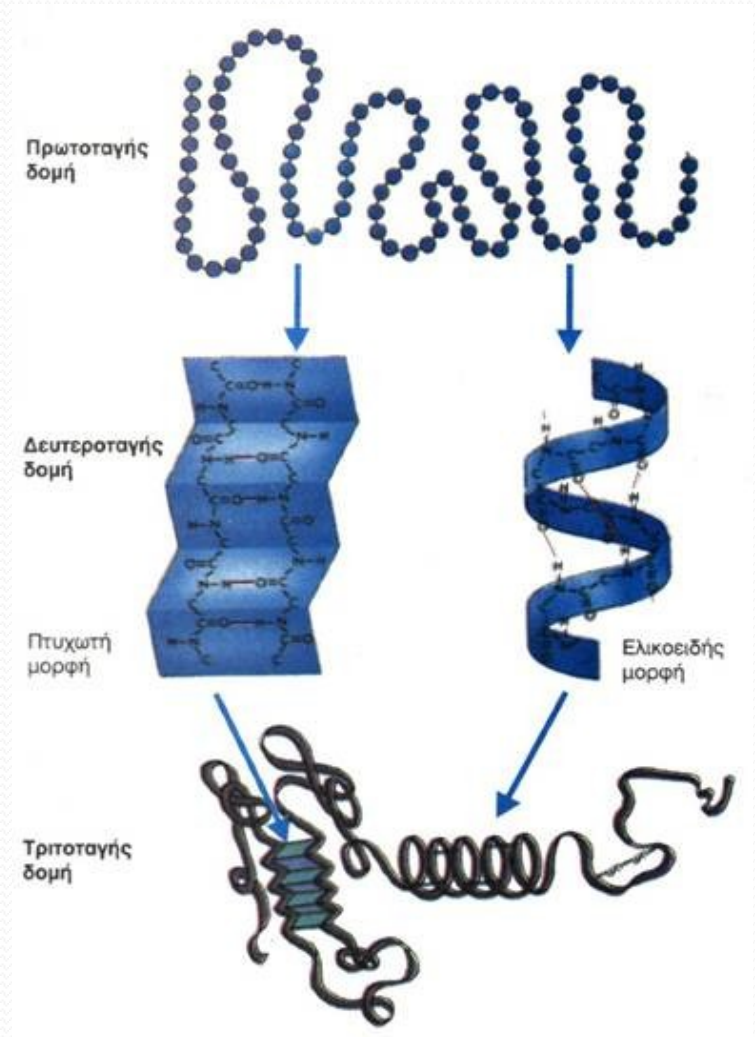
Με την κατάλληλη διαμόρφωση, διευθέτηση στον χώρο, μία πρωτεΐνη, αποτελούμενη από μία ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, λαμβάνει μια καθορισμένη, θερμοδυναμικά επιτερεπτή τρισδιάστατη μορφή, στην οποία οφείλεται η βιολογική της δράση.

Η συνολική οργάνωση κάθε πρωτεΐνης στον χώρο είναι το τελικό αποτέλεσμα μερικώς ανεξάρτητων επιπέδων οργάνωσης



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

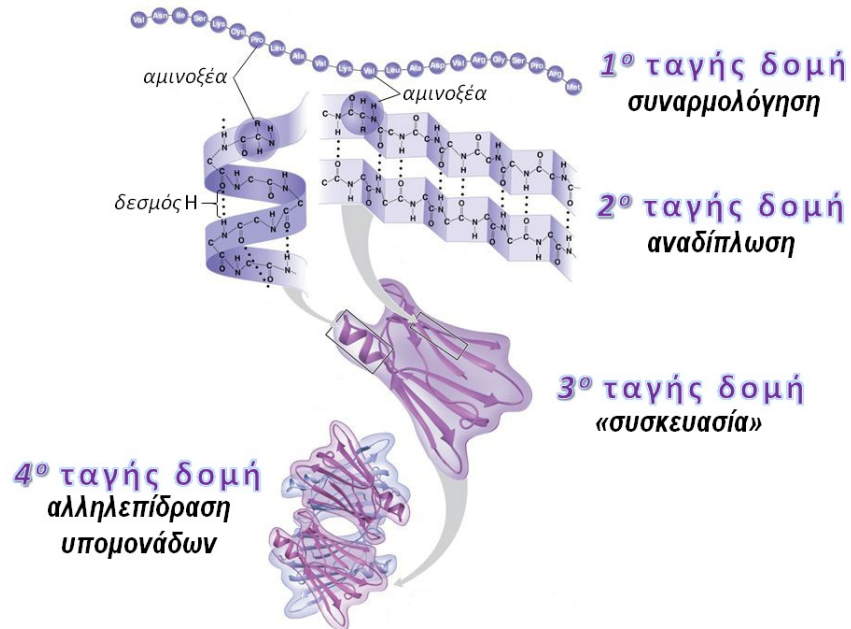
Η **δευτεροταγής δομή**, το δεύτερο επίπεδο οργάνωσης, σχηματίζεται αυθόρμητα καθώς το πολυπεπτίδιο βιοσυντίθεται.



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η α-έλικα και η β-πτυχωτή επιφάνεια ανακαλύφθηκαν το 1951 από τη μελέτη με ακτίνες Χ δυο πρωτεϊνών της **α-κερατίνης** (δέρμα, μαλλιά, νύχια, φτερά) και της **φιβροΐνης** του μεταξιού αντίστοιχα.

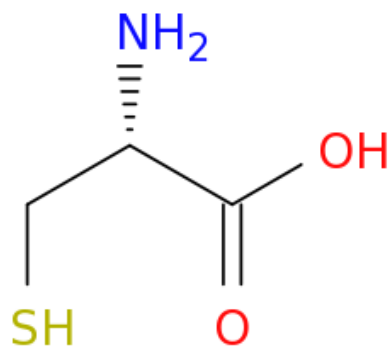
Τρίτο επίπεδο οργάνωσης ,
η **τριτοταγής δομή**,



Επειδή οι ομάδες R είναι πολύ εξειδικευμένες, με μοναδικά για την κάθε μια χαρακτηριστικά, η τριτοταγής δομή κάθε πρωτεΐνης είναι μοναδική.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Σε πρωτεΐνες που περιέχουν το αμινοξύ κυστεΐνη (R ομάδα περιέχει **σουλφυδρύλιο** -SH), δημιουργούνται **δισουλφυδικοί δεσμοί (S-S)**, που σταθεροποιούν ακόμη περισσότερο την τριτοταγή δομή.



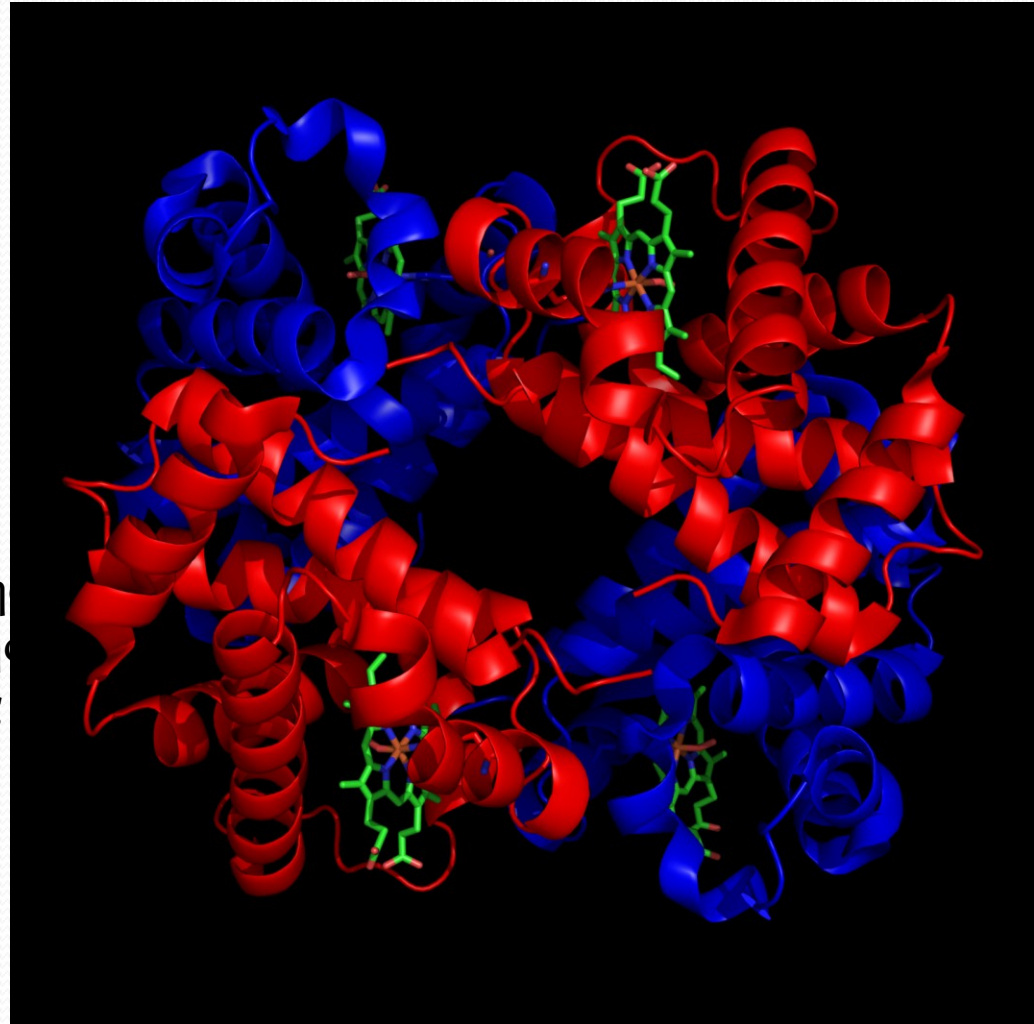
ChemEssen.com

Συχνά οι λειτουργικές μονάδες μιας πρωτεΐνης έχουν αρκετά διαφορετικούς ρόλους, π.χ. σε ένα ένζυμο μια λειτουργική μονάδα για πρόσδεση NAD⁺ και άλλη για πρόσδεση υποστρώματος.

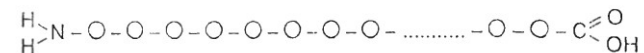
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η τεταρτοταγής δομή

Συνολικά υπάρχουν 4 προσθετικές ομάδες αίμης, μία ανά πολυπεπτιδική αλυσίδα. Στους πνεύμονες, όπου το οξυγόνο είναι άφθονο, ένα μόριο οξυγόνου προσδένεται στο Fe^{2+} κάθε ομάδας αίμης. Το ιόν Fe^{2+} συναρμόζεται και με το άζωτο N της πλευρικής αλυσίδας ενός καταλοίπου ιστιδίνης His. Το αποτέλεσμα είναι η πλήρη και ταχύτατη οξυγόνωση της αιμοσφαιρίνης. Στη συνέχεια, το οξυγόνο αποδίδεται στους ιστούς. Έτσι, κάθε μόριο αιμοσφαιρίνης δεσμεύει και μεταφέρει 4 μόρια οξυγόνου.



Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής



(Α) πρωτογενής δομή

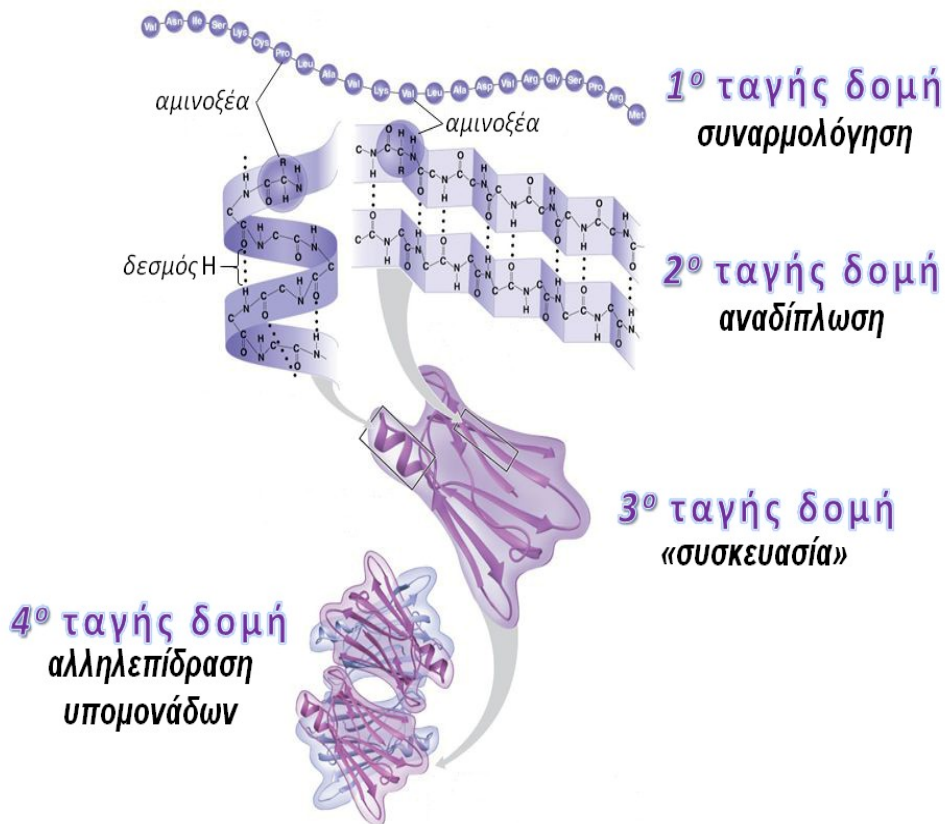
(B) δευτεροταγής δομή

β-πυκνή
επιφάνεια

α-έλικα

(Γ) τριποταγής δομή

(Δ) τεταρτοταγής
δομή



Εικόνα 5.13: Πρωτεϊνική δομή. (Α) πρωτοταγής δομή. (Β) δευτεροταγής δομή α-έλικα και β-πτυχωτή επιφάνεια. (Γ) τριτοταγής δομή. (Δ) τεταρτοταγής δομή αιμογλοβίνης.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΑΠΟΔΙΑΤΑΞΗ, ΕΠΑΝΑΔΙΑΤΑΞΗ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΣΥΝΟΔΟΙ (CHAPERONES) ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΔΙΑΤΑΞΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

- Την λειτουργική ποικιλότητα των πρωτεϊνών μπορούμε να δούμε στη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae*, έναν απλό μονοκύτταρο ευκαρυωτικό οργανισμό.
- Το γονιδίωμα της ζύμης υπολογίζεται ότι κωδικοποιεί 6.225 πρωτεΐνες. Με βάση τις αμινοξικές αλληλουχίες τους, το 17% υπολογίζεται ότι εμπλέκονται στο μεταβολισμό του κυττάρου, το 30% στην κυτταρική οργάνωση και βιογένεση των κυτταρικών οργανιδίων και μεμβρανών και το 10% στην μεταφορά ουσιών δια των μεμβρανών.
- Οι πρωτεΐνες για τη σωστή διεκπεραίωση του ρόλου τους έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να προσδένουν κάθε μόριο, από απλά ιόντα μέχρι μεγάλα περίπλοκα μόρια όπως λίπη, σάκχαρα, νουκλεϊκά οξέα και άλλες πρωτεΐνες.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΑΠΟΔΙΑΤΑΞΗ, ΕΠΑΝΑΔΙΑΤΑΞΗ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΣΥΝΟΔΟΙ (CHAPERONES) ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΔΙΑΤΑΞΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Domain	
Kingdom	
Division	
Class	
Order	
Family	
Genus	
Species	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΑΠΟΔΙΑΤΑΞΗ, ΕΠΑΝΑΔΙΑΤΑΞΗ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΣΥΝΟΔΟΙ (CHAPERONES) ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΔΙΑΤΑΞΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Υπό ποιες συνθήκες είναι δυνατή η αλλαγή στην κανονική στερεοδιάταξη μιας πρωτεΐνης ώστε τελικά να απολέσει τη βιολογική της ενεργότητα

Παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης τροφίμων, όμως η παρασκευή τουρσιών και παστών ψαριών, βασίζονται στην αδρανοποίηση των ενζύμων των μικροοργανισμών που υπάρχουν στα τρόφιμα, με υψηλή συγκέντρωση όξους και χλωριούχου νατρίου αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Αποδιάταξη.....

Επαναδιάταξη...

Το πρόβλημα της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών μελετάται από τους βιολόγους και τώρα μπορούν να υπολογίσουν, με δεδομένη πρωτοταγή δομή, την τριτοδιάταξη μιας πρωτεΐνης.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Όμως το πρόβλημα αυτό έχει να διανύσει ακόμα πολύ δρόμο. Η κατάσταση μέσα σ' ένα κύτταρο είναι περίπλοκη. Η πρωτεΐνη δεν σχηματίζεται με μιας. Σ' ένα ανθρώπινο κύτταρο μπορεί να περάσουν λεπτά από την έναρξη της σύνθεσης μέχρι την απελευθέρωση της πρωτεΐνης και την αναδίπλωσή της στην θέση προορισμού της.

Μια ειδική ομάδα πρωτεϊνών που ονομάζονται **πρωτεΐνες συνοδοί** (chaperones), μερικώς τουλάχιστον διαφυλάσσουν τις νεοσχηματισμένες πρωτεΐνες από την μη κανονική αλληλεπίδραση.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟ

Η διατήρηση της οργάνωσης των ζώντων οργανισμών απαιτεί δαπάνη ενέργειας και επιτυγχάνεται μέσω του μεταβολισμού.

Μεταβολισμός

Κατά τον μεταβολισμό συμβαίνουν χημικές και ενεργειακές μετατροπές.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι αντιδράσεις του μεταβολισμού μπορεί να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

I. Καταβολικές αντιδράσεις:

II. Αναβολικές αντιδράσεις:

Αυτή τη αναβολική φύση του μεταβολισμού είναι αρκετά πολύπλοκη, αλλά μπορούμε να περιοριστούμε αρχικά σε λίγες αλλά βασικές αρχές που διέπουν τις κυτταρικές βιοσυνθέσεις.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Βασικές αρχές που διέπουν τις κυτταρικές βιοσυνθέσεις

1. Κάθε κύτταρο γενικώς συνθέτει τις δικές του πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά οξέα, λιπίδια, πολυσακχαρίτες και άλλα πολύπλοκα μόρια και δεν τα παίρνει έτοιμα από άλλα κύτταρα.
2. Κάθε βαθμίδα μιας βιοσυνθετικής διαδικασίας καταλύεται από ένα ξεχωριστό ένζυμο, που καθορίζεται γενετικά από ένα ξεχωριστό γονίδιο.
3. Η σύνθεση πολύπλοκων μορίων είναι ενδεργονική
4. Οι βιοσυνθετικές διαδικασίες χρησιμοποιούν λίγες μόνον ουσίες σαν πρώτη ύλη.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

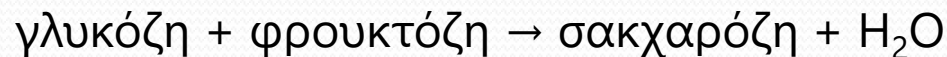
5. Οι βιοσυνθετικές διαδικασίες δεν είναι απλά το αντίστροφο της αποικοδόμησης.
6. Οι βιοσύνθεση δεν περιλαμβάνει μόνο σχηματισμό μακρομοριακών συστατικών αλλά και τον συνδυασμό τους. Αυτό γίνεται με σκοπό να σχηματιστούν α)..... & β).....

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ακόμη και ένα κύτταρο που δεν αναπτύσσεται, δεν αυξάνει δηλαδή τη μάζα του, χρησιμοποιεί σημαντικό μέρος της ολικής του ενέργειας σε βιοσυνθέσεις.

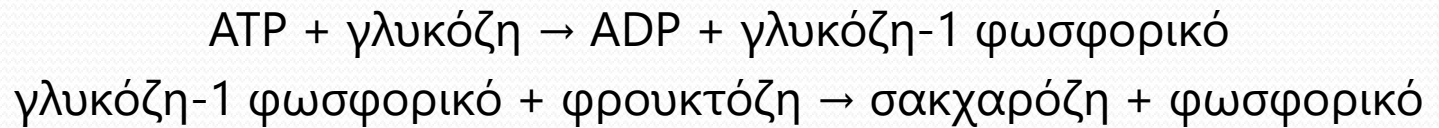
Σε αντιδράσεις όπου σχηματίζονται πεπτιδικοί, γλυκοζιδικοί ή εστερικοί δεσμοί ο δεσμός δεν σχηματίζεται απλά και μόνο με απομάκρυνση ενός μορίου νερού.

Η σύνθεση σακχαρόζης στο φυτό του σακχαροκάλαμου για παράδειγμα, δεν γίνεται:

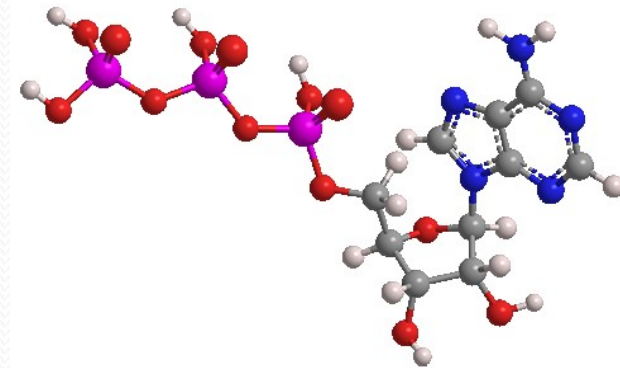
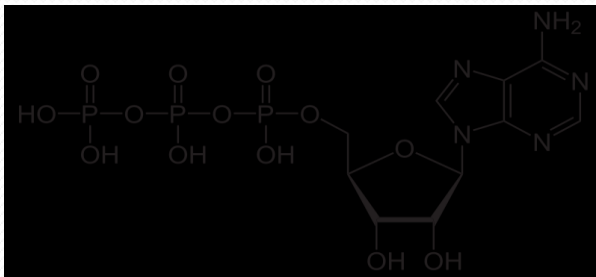


Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η φωσφογλυκόζη, με υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο από τη γλυκόζη, μπορεί να αντιδράσει με τη φρουκτόζη (αυτή η αντίδραση καταλύεται από άλλο ένζυμο) και δίνει σακχαρόζη και ανόργανο φωσφορικό:



Συνοπτικά:



Παρόμοιες αντιδράσεις όπου ένα από τα αντιδρώντα μόρια ενεργοποιείται σχηματίζοντας παράγωγο με φωσφορικό, αδενολικό ή συνένζυμο Α συμβαίνουν στη σύνθεση πρωτεϊνών, νουκλεϊνικών οξέων και λιπαρών ουσιών αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΣΥΝΘΕΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΩΝ - ΔΟΜΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ - ΜΗΤΡΕΣ

Για να βιοσυντεθεί ένα βιομόριο πρέπει να υπάρχουν

- 1.
- 2.
- 3.

Όμως, υπάρχει μια κατηγορία μακρομορίων που ονομάζονται **πληροφοριακά** και είναι οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα, η βιοσύνθεση των οποίων δεν ακολουθεί τον προηγούμενο κανόνα.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Όπως ήδη γνωρίζετε.... οι πρωτεΐνες είναι εξαιρετικά πολύπλοκα μακρομόρια, που αποτελούνται από 20 διαφορετικές δομικές μονάδες (αμινοξέα) τοποθετημένες σε μια σειρά (αλληλουχία) που είναι ακριβώς η ίδια για όλα τα μόρια ενός είδους πρωτεΐνης.

Η πρώτη πλήρης αμινοξική αλληλουχία έγινε γνωστή το 1953 και ήταν της ινσουλίνης, μιας πρωτεΐνης με σχετικά μικρό μέγεθος (51 αμινοξέα).

Σήμερα δεν υπάρχει πρόβλημα στον προσδιορισμό της αλληλουχίας οποιασδήποτε πρωτεΐνης.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Η άποψη αυτή ενισχύεται και από πειράματα αποδιάταξης κατά τα οποία υψηλή θερμοκρασία ή άλλος αποδιαταξιακός παράγοντας καταστρέφει την τρισδιάστατη δομή και τη βιολογική δραστηριότητα.

Οι υδρόφοβοι δεσμοί αν και ασθενείς είναι πολύ σημαντικοί λόγω αριθμού για τη σταθεροποίηση της στερεοδιάταξης.

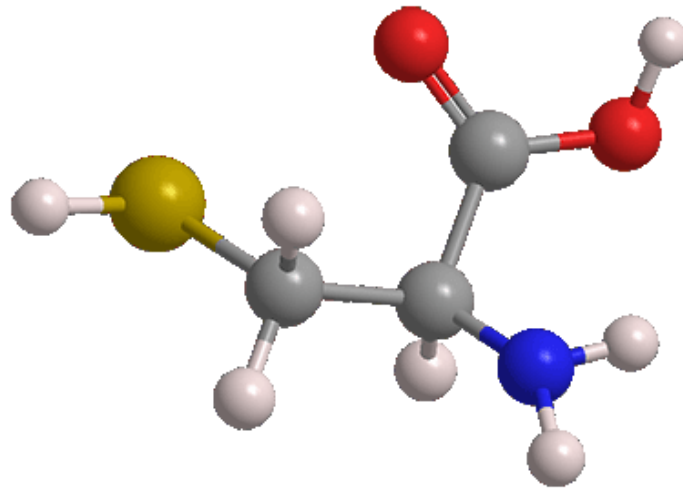
Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ποιοι δεσμοί έχουν κυρίαρχο ρόλο στην σταθεροποίηση της πρωτεϊνικής δομής.

Οι πρωτεΐνες που εκκρίνονται από τα κύτταρα ή βρίσκονται στην επιφάνεια των κυττάρων δημιουργούν συχνά πρόσθετους ομοιοπολικούς δεσμούς, όπως οι δισουλφιδικοί δεσμοί (S-S) ανάμεσα σε δύο σουλφυδρυλικές ομάδες (-SH) γειτονικών κυστεϊνών.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Στις πρωτεΐνες που υπάρχουν και δρουν μέσα στα κύτταρα οι δεσμοί S-S είναι σπάνιοι γιατί στο κυτοσόλιο υπάρχουν αναγωγικοί παράγοντες σε μεγάλη συγκέντρωση.



Όλες τελικά οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αμινοξέων.....

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Εσωτερικά υπάρχουν οι υδρόφοβες ομάδες, στενά πακεταρισμένες και σε σχεδόν κρυσταλλική διεύθυνση, ενώ εξωτερικά το μόριο είναι περίπλοκο και ακανόνιστο δίνοντας έτσι μοναδικές ιδιότητες σε κάθε είδος πρωτεΐνης.

Συμπερασματικά:

1.

2.

3.

4.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ανάγκη για μόρια μήτρες - ιδιότητες

Επειδή η πρωτοδιάταξη των πρωτεϊνών καθορίζει τη στερεοδιάταξή τους από την οποία εξαρτάται η βιολογική δραστηριότητα των μορίων γίνεται φανερή η σημασία των μηχανισμών πρωτεϊνοσύνθεσης που θα εξασφαλίζουν τη σύνθεση πρωτεϊνών με τη σωστή πρωτοδιάταξη.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Μα αφού και τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες, χρειάζονται και άλλα ένζυμα για να τα συνθέσουν κ.ο.κ. Κάτι τέτοιο θα ήταν παράδοξο εκτός πια αν παραδεχόμασταν μια σειρά από αλληλοσχετιζόμενες συνθέσεις όπου κάθε πρωτεΐνη θα μπορούσε να έχει πολλές και διαφορετικές ενζυμικές ειδικότητες.

Αλλά και μ' αυτήν ακόμα την παραδοχή θα ήταν δύσκολο να φανταστούμε ένα κύτταρο που να λειτουργεί ικανοποιητικά.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Πρέπει επίσης να δεχθούμε ότι οι μήτρες μπορούν να

1.

2.

Έτσι λοιπόν, η ύπαρξη πρωτεϊνών προϋποθέτει αυτόματα την ύπαρξη ειδικών μορίων που δρουν σαν μήτρες.

Ακόμα, οι μήτρες πρέπει να

1.

2.

3.

Η έλξη αυτή πρέπει να βασίζεται σε σχετικά ασθενείς δεσμούς που μπορούν να σχηματισθούν χωρίς τη συμμετοχή ενζύμων.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Μια και όλες αυτές οι δυνάμεις δρουν σε κοντινές μόνον αποστάσεις, οι μήτρες μπορούν να βάλουν στη σειρά μικρά μόρια μόνον αν βρίσκονται πολύ κοντά τους στο ατομικό επίπεδο.

Έτσι, περιμένουμε οι ειδικές θέσεις στις μήτρες να έχουν το ίδιο περίπου μέγεθος με τις πλευρικές ομάδες των αμινοξέων του πρωτεϊνικού παραγώγου.

Μπορεί μια πολυπεπτιδική αλυσίδα να χρησιμεύει σαν μήτρα του εαυτού της;

Αν ναι, θα ελαττώνονταν σε μεγάλο βαθμό οι χημικές προϋποθέσεις για τη συνέχιση της ζωής.

Τότε το πρόβλημα της πρωτεϊνοσύνθεσης θα ταυτίζοντας με το πρόβλημα διπλασιασμού της μήτρας.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Αν όμως παρατηρήσουμε τις πλευρικές ομάδες των αμινοξέων, δεν μπορούμε να υποστηρίξουμε μια τέτοια ιδέα.

Δεν υπάρχει π.χ. κανένας χημικός λόγος που θα έκανε ένα μόριο βαλίνης πάνω στη μήτρα να έλκει εκλεκτικά την ειδική πλευρική ομάδα μιας άλλης βαλίνης.

Πράγματι, καμία αμινοξική πλευρική ομάδα δεν έχει εκλεκτική συγγένεια για τον εαυτό της.

Πολύ πιο εύκολα φανταζόμαστε μόρια με αντίθετα ή συμπληρωματικά χαρακτηριστικά να έλκουν το ένα το άλλο.

Τα άτομα υδρογόνου χρησιμεύουν για το σχηματισμό υδρογονικών δεσμών μόνο με ηλεκτραρνητικά άτομα. Κατά παρόμοιο τρόπο τα μόρια μπορούν να έλκονται με δυνάμεις Van der Waals μόνον όταν διαθέτουν συμπληρωματική μορφή.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Παρόλα αυτά υπάρχει θεωρητικά ένας τρόπος που θα μπορούσαν οι πρωτεΐνες να είναι μήτρες.

Θα μπορούσαμε να φανταστούμε 20 διαφορετικά ειδικά μόρια που θα τα λέγαμε "συνδέσμους".

Καθένα από αυτά θα έπρεπε να έχει απaráλλαχτες επιφάνειες συμπληρωματικές ως προς το φορτίο ή το σχήμα μ' ένα ορισμένο αμινοξύ.

Με τη μεσολάβηση των συνδέσμων και μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας που θα χρησίμευε για μήτρα θα ήταν δυνατό να μπουν τα αμινοξέα στη σειρά.

Δεν υπάρχει όμως καμία ένδειξη για την ύπαρξη τέτοιων μορίων συνδέσμων. Αντίθετα, όπως θα δούμε παρακάτω, υπάρχει πράγματι μια ειδική κατηγορία μορίων που λειτουργούν σαν μήτρες.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Ο λόγος που οι πρωτεΐνες δεν παίζουν ρόλο μήτρας μπορεί να αναζητηθεί στη σύσταση των αμινοξικών πλευρικών ομάδων.

Καμία μήτρα δεν θα ήταν δυνατό να αντιγραφεί με την ακρίβεια που απαιτείται για μια αποδοτική κυτταρική λειτουργία, αν η ειδικότητά της βρισκόταν σε άμεση εξάρτηση από τη συμπληρωματικότητα πλευρικών ομάδων αμινοξέων σαν τη βαλίνη ή αλανίνη.

Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι μερικά αμινοξέα μοιάζουν πολύ από χημική άποψη. Η ισολευκίνη π.χ. διαφέρει από τη βαλίνη μόνο στο ότι έχει μια μεθυλενική ομάδα παραπάνω. Το ίδιο ισχύει για τη γλυκίνη και την αλανίνη.

Αυτή η μεγάλη χημική ομοιότητα θέτει αυτόματα το ερώτημα αν μια διαδικασία αντιγραφής μπορεί να έχει ικανοποιητική ακρίβεια ώστε να ξεχωρίζει τόσο στενά συγγενικά μόρια.

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Μέχρι ένα σημείο η απάντησή μας εξαρτάται από τι εννοούμε όταν λέμε "να έχει ικανοποιητική ακρίβεια".

Κάνοντας μια καλή υπόθεση (που στηρίζεται σε γενετικά δεδομένα), θα λέγαμε πως ένα αμινοξύ που μετέχει σε ένα μόριο με κληρονομικές ιδιότητες πρέπει να αντιγράφεται με μια ακρίβεια που να μην επιτρέπει πάνω από ένα λάθος στα 10^8 .

Από την άλλη μεριά, θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει ένα σχετικά αυστηρό χημικό επιχείρημα και να υποστηρίξει πως δεν υπάρχει χημική αντίδραση που να κάνει διάκριση ανάμεσα σε μόρια που διαφέρουν μόνον σε ένα μεθυλένιο, με ακρίβεια μεγαλύτερη από ένα στο εκατομμύριο.

Μα ακόμη και αν ελέγξουμε την ακρίβεια κατά την πρωτεϊνοσύνθεση, θα παρατηρήσουμε πως μερικά αμινοξέα τοποθετούνται στις πολυπεπτιδικές αλυσίδες με ακρίβεια μόνο 99,9% (ένα λάθος στα χίλια).

Κεφάλαιο 5: Η Χημεία της Ζωής

Οι πρωτεΐνες λοιπόν δεν φαίνεται να παίζουν, ούτε να έχουν τη δυνατότητα να παίζουν το ρόλο μορίων με κληρονομικές ιδιότητες.

Το ρόλο αυτό παίζουν τα μόρια DNA.