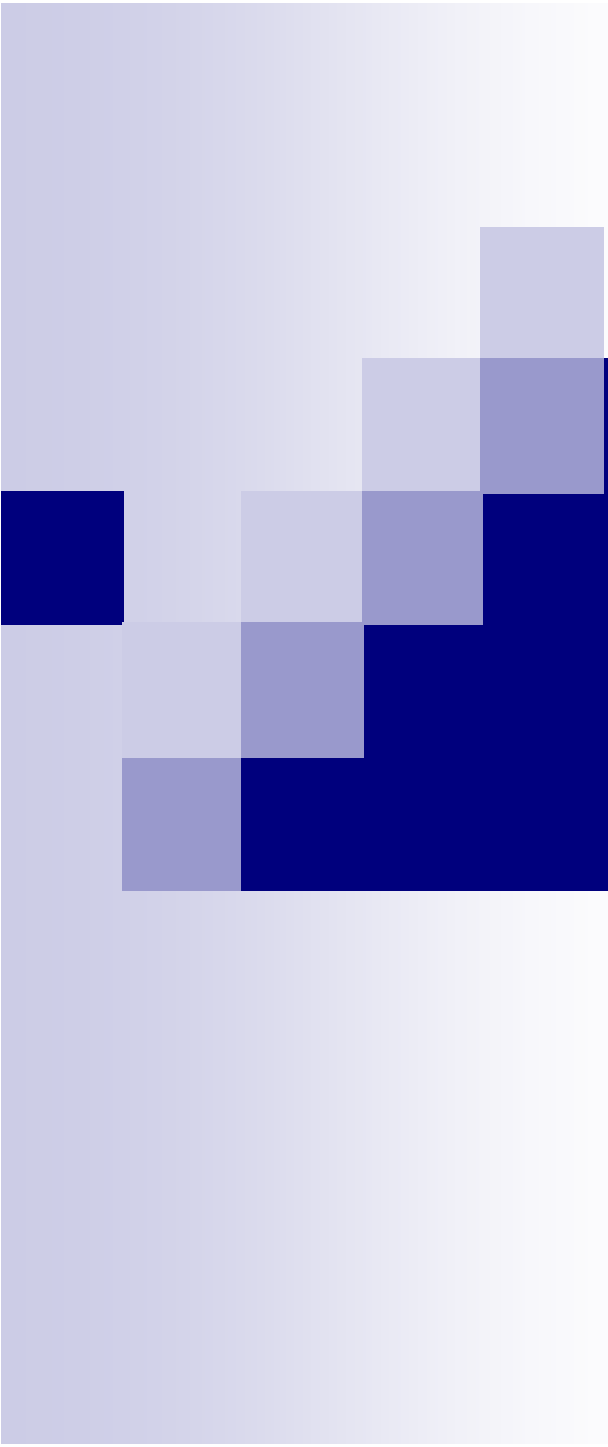




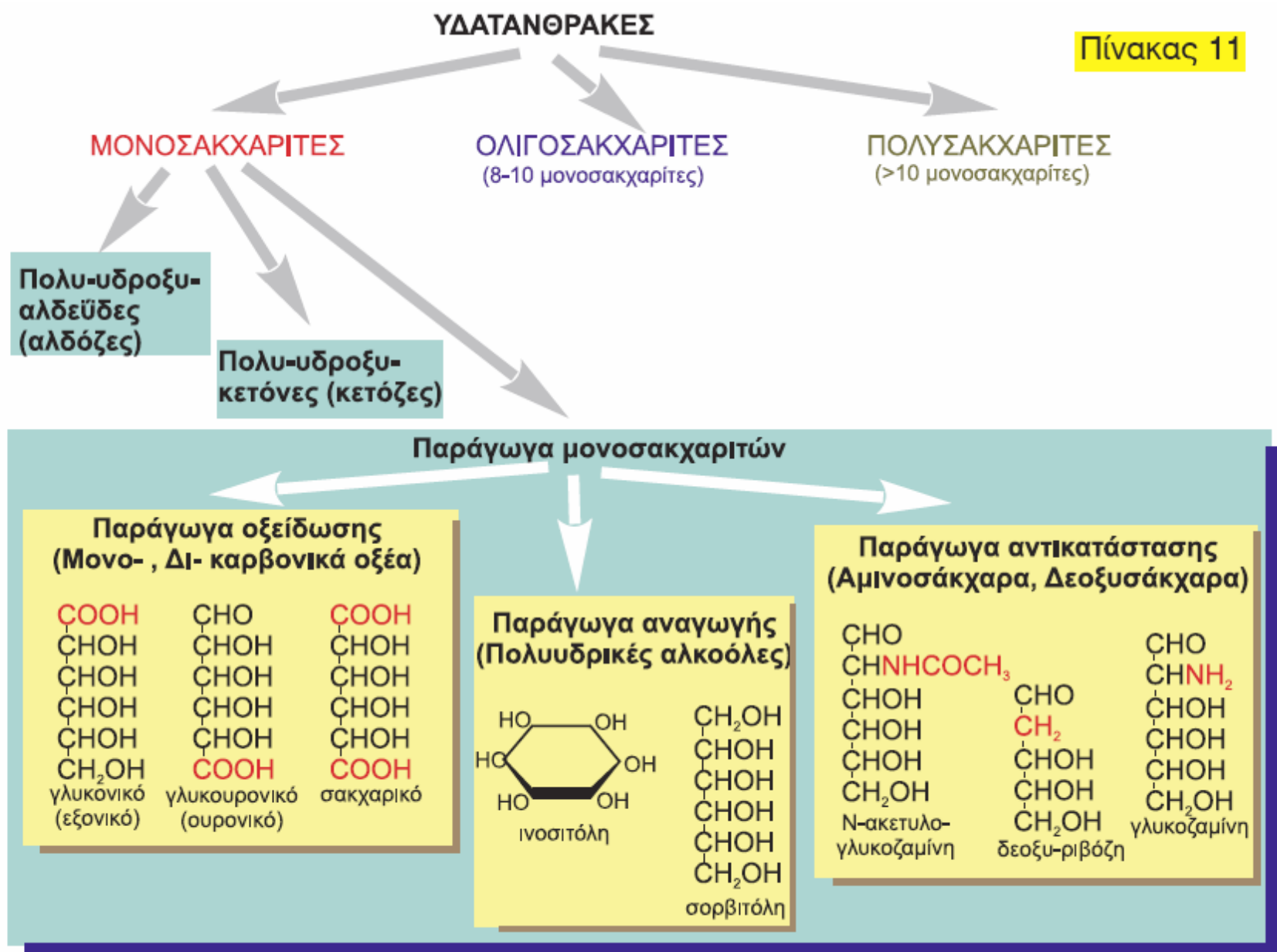
BIOΧΗΜΕΙΑ Ι

Υδατάνθρακες



Υδατάνθρακες

- ✓ Οι υδατάνθρακες είναι μία από τις κύριες τάξεις βιομορίων και αποτελούν τις πιο άφθονες οργανικές ενώσεις στη φύση
- ✓ Το όνομα τους προκύπτει από το γεγονός ότι είναι ένυδρες μορφές του άνθρακα, με γενικό τύπο $(C H_2O)_n$, όπου το n είναι ίσο ή μεγαλύτερο του 3





Υδατάνθρακες - Δράσεις

- ✓ Αποθήκες ενέργειας => άμυλο, γλυκογόνο
- ✓ Καύσιμα για άμεση απόδοση ενέργειας => κινητοποίηση αμύλου / γλυκογόνου
- ✓ Πρόδρομα μόρια
- ✓ Δομική στήριξη
- ✓ Μόρια σήματα => μπορούν να ενωθούν ομοιοπολικά με τις άλλες κύριες τάξεις βιομορίων (συζευγμένα σάκχαρα)
 - ✓ Βοηθούν στην αναγνώριση και προσκόλληση των κυττάρων
 - ✓ Στην αλληλεπίδραση των κυττάρων με την εξωκυττάρια ουσία,
 - ✓ Στη μετανάστευση των κυττάρων
 - ✓ Καθορίζουν την ενδοκυτταρική τοποθεσία ή τη μεταβολική τους τύχη άλλων βιομορίων



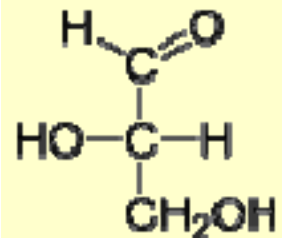
Υδατάνθρακες – Δομικά χαρακτηριστικά

Όλες αυτές οι δράσεις των υδατανθράκων βασίζονται στα χημικά χαρακτηριστικά τους:

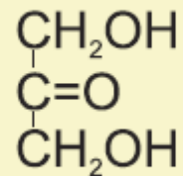
- ✓ Στην ύπαρξη τουλάχιστον ενός ασύμμετρου ατόμου άνθρακα στο μόριο τους
- ✓ Στην ικανότητα τους να βρίσκονται είτε σε γραμμική είτε σε κυκλική μορφή
- ✓ Στην ικανότητα τους να σχηματίζουν πολυμερές δομές μέσω γλυκοζιτικών δεσμών
- ✓ Στην ικανότητά τους να δημιουργούν δεσμούς υδρογόνου με το νερό και τα άλλα βιομόρια

Υδατάνθρακες – Ονοματολογία - Στερεοδομή

- ✓ Οι μονοσακχαρίτες έχουν δομή, είτε πολυυδροξυαλδεϋδών που ονομάζονται **αλδόζες** είτε πολυυδροξυκετονών που ονομάζονται **κετόζες** (συντακτική ισομέρεια).
- ✓ Οι αλδόζες θεωρούνται ότι προέρχονται από τη **γλυκεριναλδεϋδη**
- ✓ Οι κετόζες θεωρούνται ότι προέρχονται από τη **διυδροξυ-ακετόνη**
- ✓ Ανάλογα τον αριθμό των ατόμων άνθρακα οι αλδόζες/κετόζες ονομάζονται αντίστοιχα τριόζες, τετρόζες, πεντόζες, εξόζες κ.ο.κ.

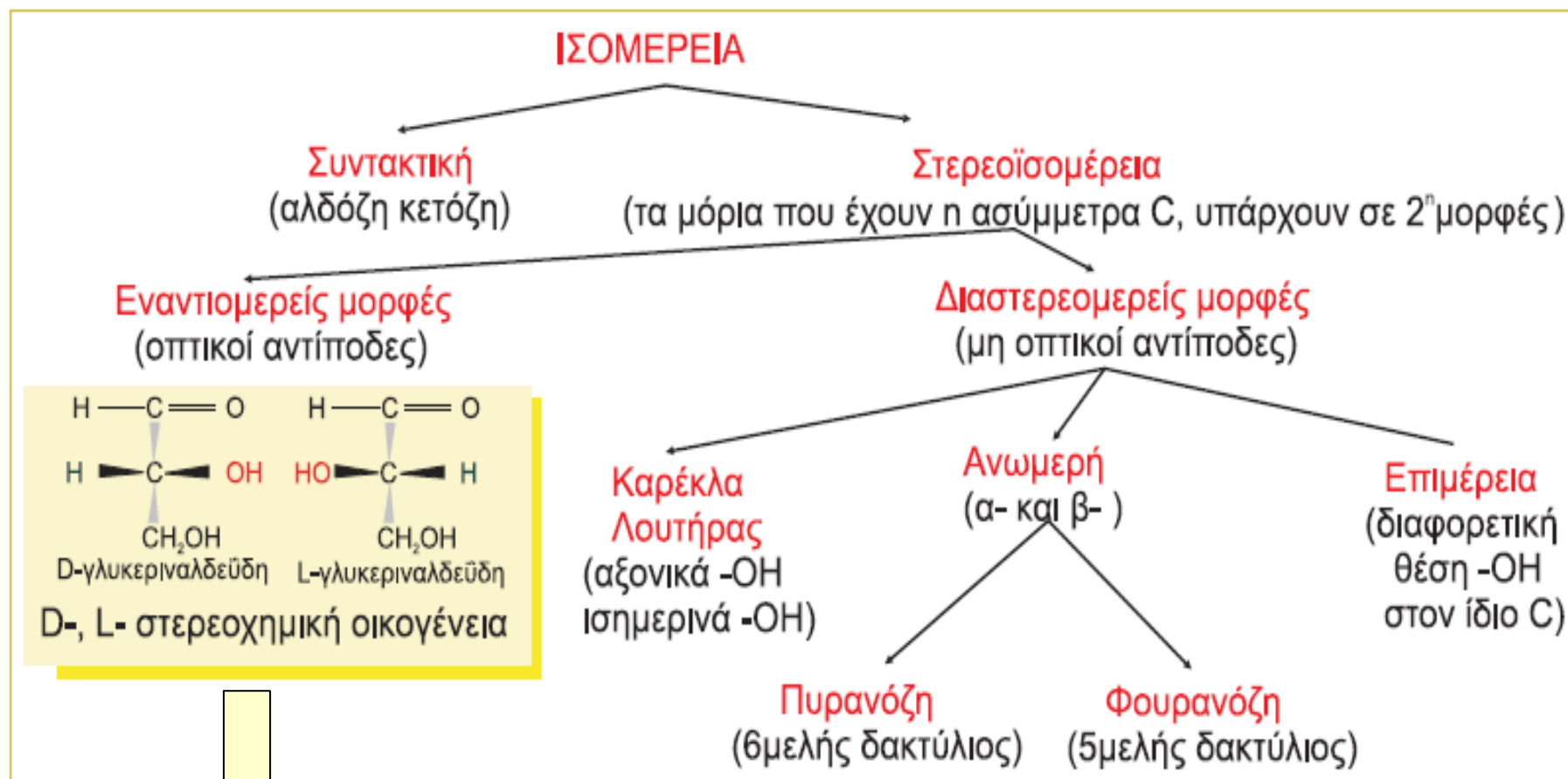


Γλυκεριναλδεϋδη



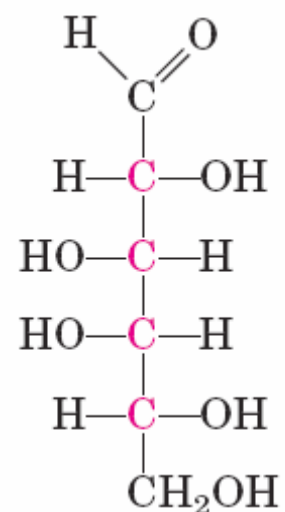
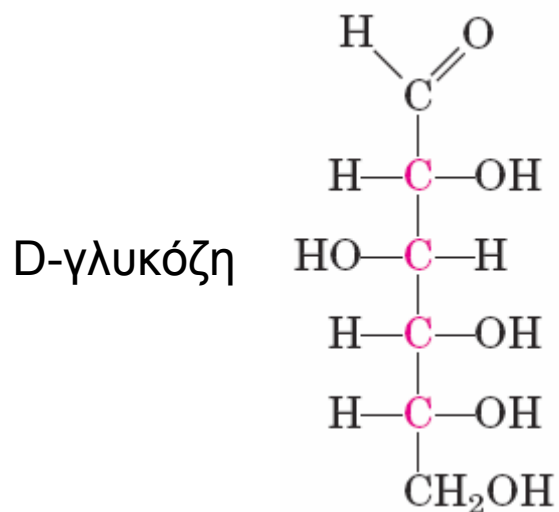
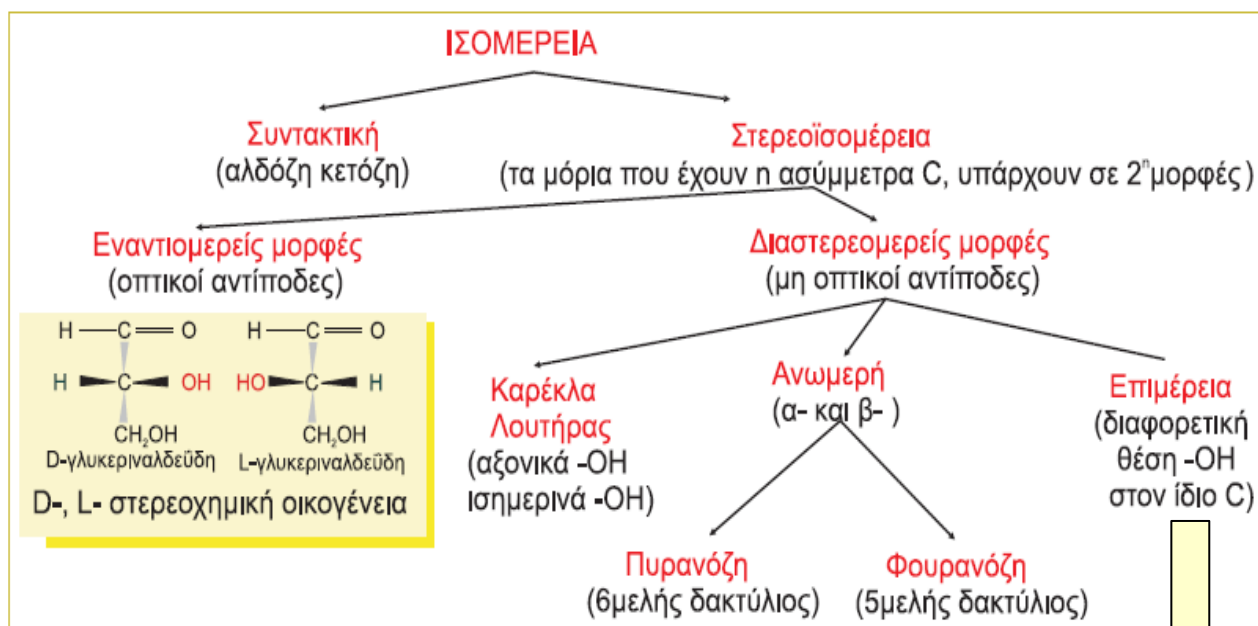
Διυδροξυακετόνη

Υδατάνθρακες – Ισομέρεια



Οι αλδόζες, ανάλογα με τη θέση του πιο απομακρυσμένου από την καρβονυλομάδα ασύμμετρου άνθρακα, θεωρούνται ότι προέρχονται από τη D- ή L – **στερεοχημική οικογένεια**

Υδατάνθρακες – Ισομέρεια



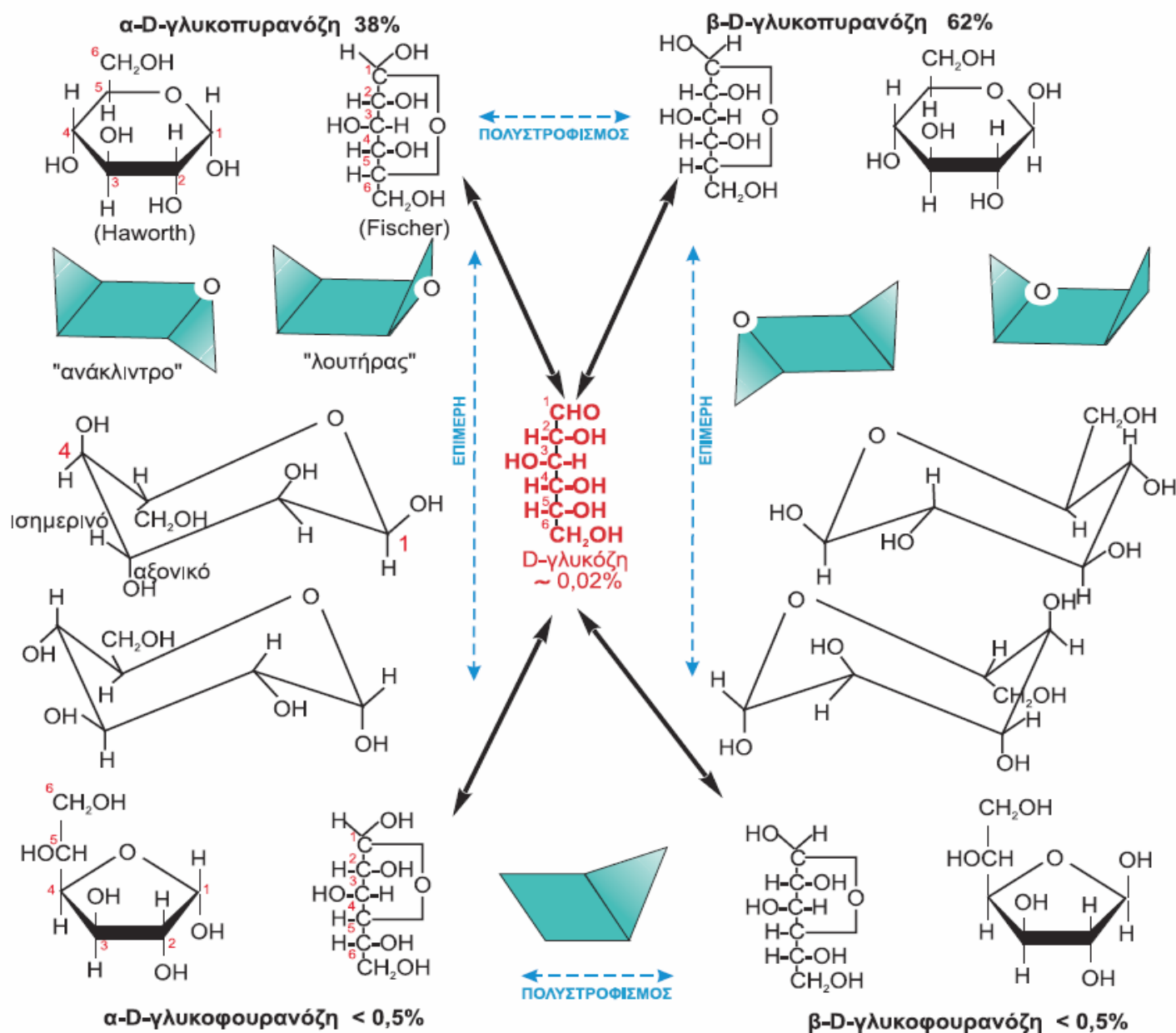
D-γαλακτόζη

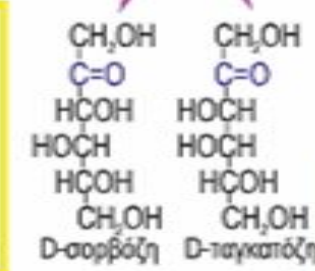
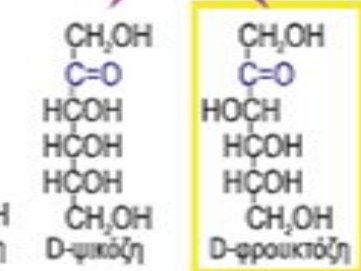
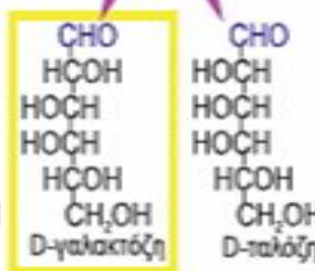
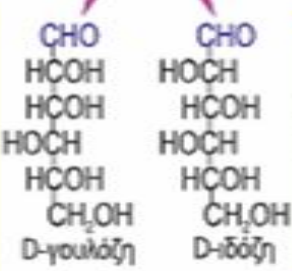
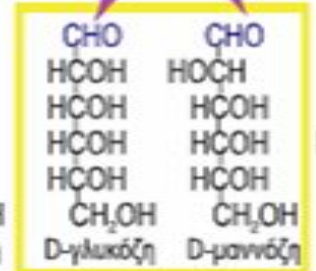
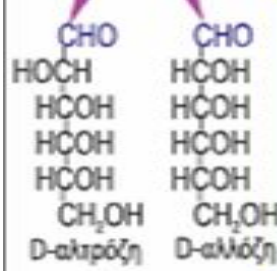
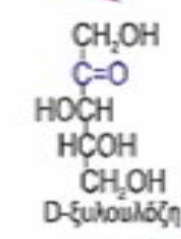
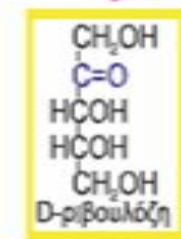
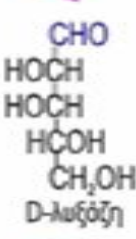
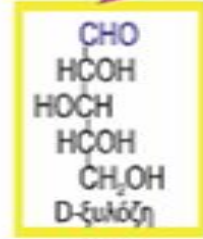
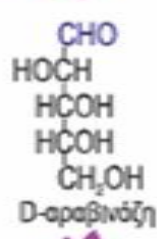
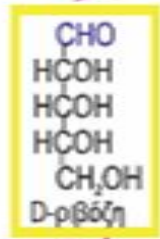
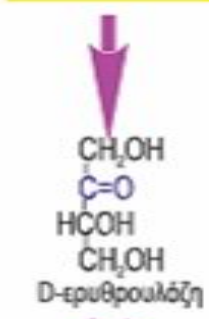
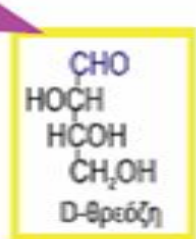
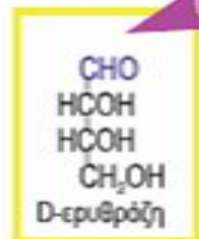
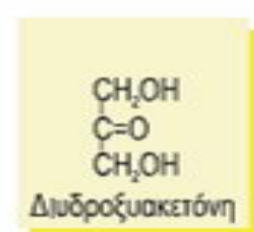
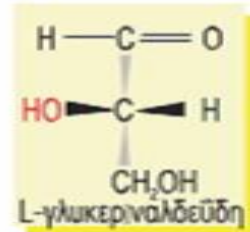
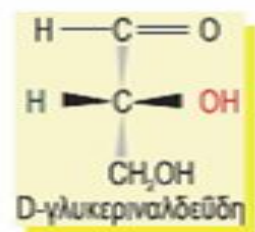


Οι ημιακετάλες δημιουργούνται από την αντίδραση ενός $-OH$ του μονοσακχαρίτη με τον άνθρακα της καρβονυλικής ομάδας με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένας ετεροκυκλικός δακτύλιος

Πολυστροφισμός => τα α-(trans ως προς C5) και β- ανωμερή (cis) έχουν την ικανότητα να αλληλομετατρέπονται το ένα στο άλλο μέσα σε υδατικά διαλύματα

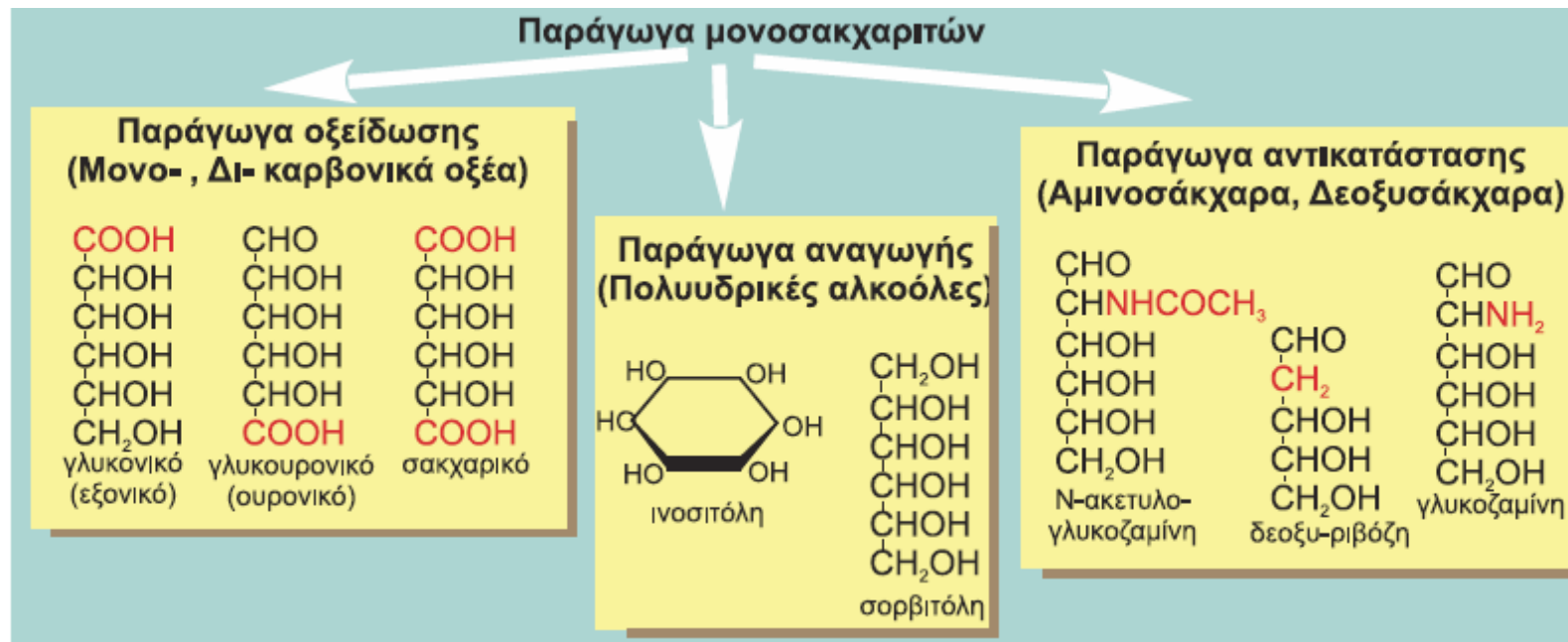
ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΓΛΥΚΟΖΗΣ (σε 25°C)





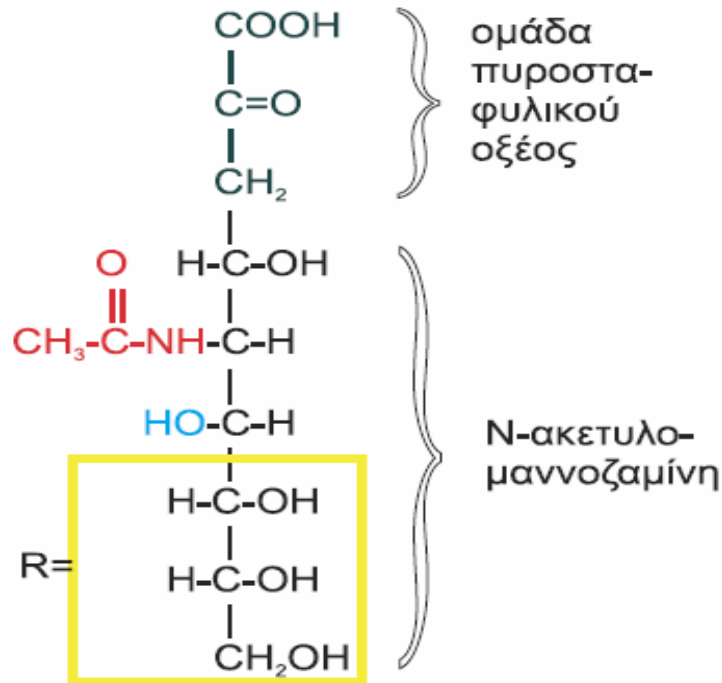
Υδατάνθρακες – Παράγωγα μονοσακχαριτών

- ✓ οξείδωσης (μονο- και δι- καρβονικά οξέα),
- ✓ αναγωγής (πολυυδρικές αλκοόλες) και
- ✓ αντικατάστασης (αμινοσάκχαρα και δεοξυσάκχαρα)

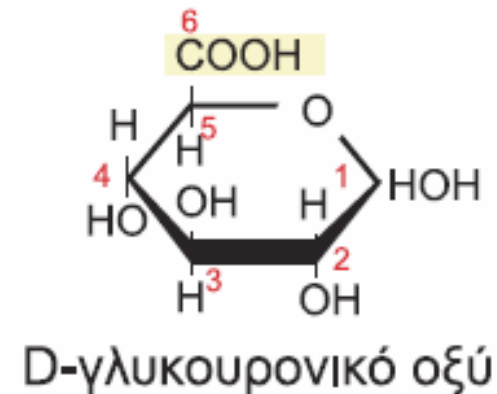
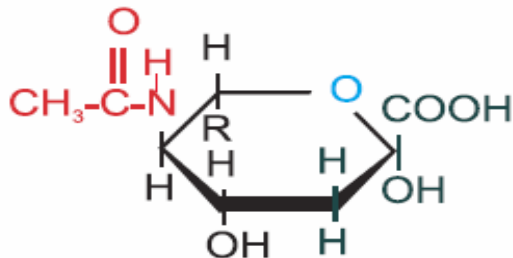


Υδατάνθρακες – Παράγωγα μονοσακχαριτών

Σχήμα 179



N-ακετυλο-νευραμινικό οξύ
(σιαλικό οξύ)



Υδατάνθρακες – Γλυκοζίτες

✓ Το ημιακεταλικό υδροξύλιο των μονοσακχάρων μπορεί να συνδεθεί με γλυκοζιτικό δεσμό με

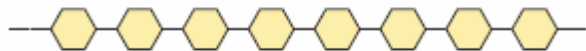
- το OH μιας άλλης αλκοόλης ή ένα φαινολικό OH ή το OH ενός καρβοξυλικού οξέος
- την αμινομάδα
- το S
- τον C

και να σχηματισθεί ένας **γλυκοζίτης** (O-γλυκοζίτης ή N-γλυκοζίτης ή S – γλυκοζίτης ή C- γλυκοζίτης, αντίστοιχα).

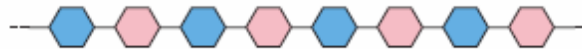
- ✓ Ο γλυκοζιτικός δεσμός, ανάλογα με το αν σχηματίζεται από το α ή β- ανωμερές του μονοσακχαρίτη, μπορεί να είναι **α- ή β-γλυκοζιτικός δεσμός**
- ✓ Όταν οι δομικές μονάδες του γλυκοζίτη είναι μονοσάκχαρα, ανάλογα με το μονοσακχαρίτη, ο γλυκοζίτης λέγεται **γλουκοζίτης** (για τη γλυκόζη), **γαλακτοζίτης** (για τη γαλακτόζη), **ριβοζίτης** (για τη ριβόζη)
- ✓ Ανάλογα με τον αριθμό των μονοσακχάρων λέγεται **δισακχαρίτης**, **τρισακχαρίτης** κ.ο.κ.

Υδατάνθρακες – Ολιγοσακχαρίτες

- ✓ Οι γλυκοζίτες που περιέχουν μέχρι 8 έως 10 μονοσακχαρίτες λέγονται **ολιγοσακχαρίτες**, ενώ αν περιέχουν περισσότερους μονοσακχαρίτες κατατάσσονται στους **πολυσακχαρίτες**.
- ✓ Εάν ο ολιγοσακχαρίτης αποτελείται από τον ίδιο μονοσακχαρίτη λέγεται **ομοσακχαρίτης**



- ✓ Εάν ο ολιγοσακχαρίτης αποτελείται από διαφορετικούς μονοσακχαρίτες, λέγεται **ετερογλυκοζίτης**

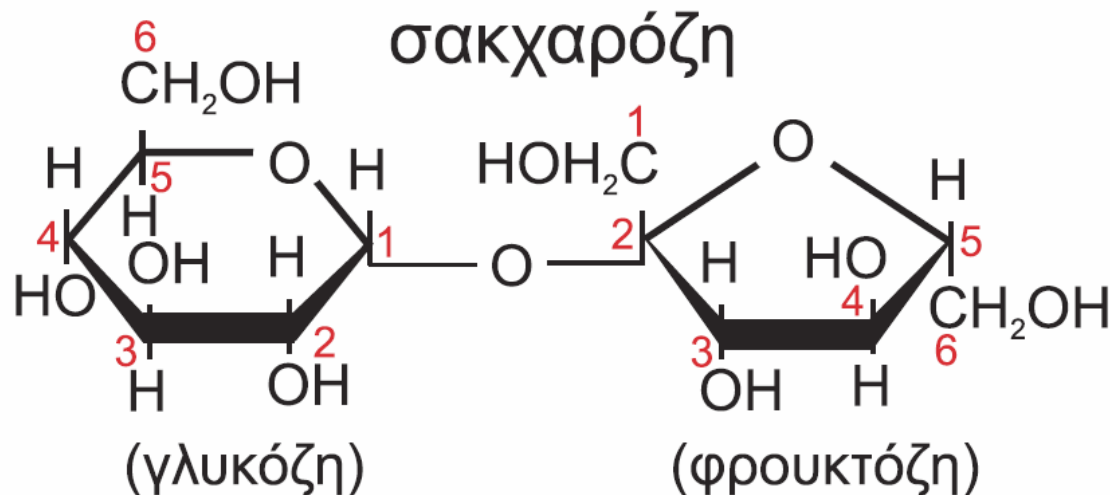


- ✓ Οι ολιγοσακχαρίτες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη βιοχημεία είναι η **σακχαρόζη**, η **μαλτόζη**, η **κελλοβιόζη**, η **λακτόζη** και η **ραφινόζη**.

Υδατάνθρακες – Ολιγοσακχαρίτες

Σακχαρόζη (σουκρόζη ή καλαμοσάκχαρο)

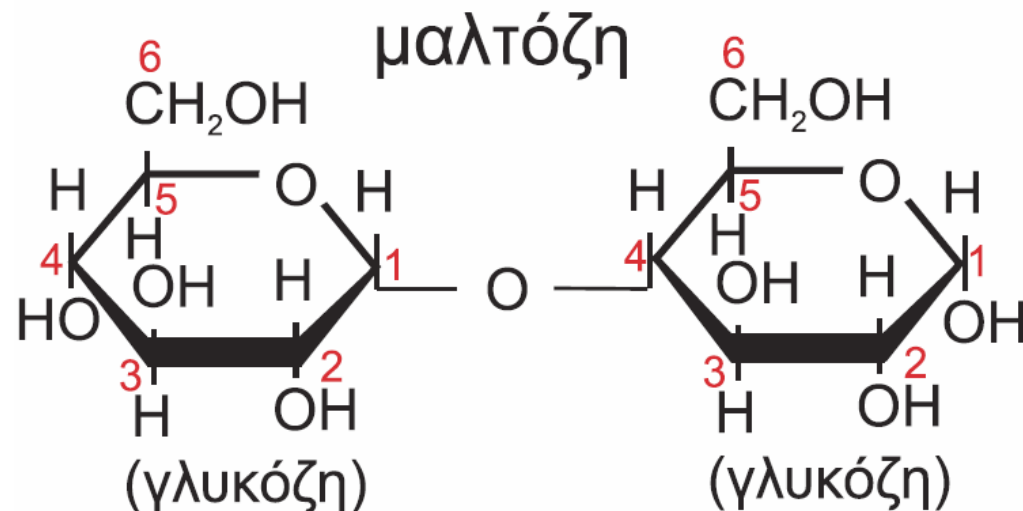
- ✓ Αποτελείται από ένα μόριο γλυκόζης (**α -D-γλυκοπυρανόζη**) και ένα μόριο φρουκτόζης (**β -D-φρουκτοφουρανόζη**), συνδεδεμένα με $\alpha(1-2)$ γλυκοζιτικό δεσμό.
- ✓ Δεν έχει αναγωγικές ιδιότητες, αφού δεν έχει ελεύθερο ημιακεταλικό υδροξύλιο.
- ✓ Σε μερικά φυτά (π.χ. σακχαροκάλαμο, σακχαρότευτλα) οι υδατάνθρακες μεταφέρονται και αποθηκεύονται με τη μορφή σακχαρόζης. Το νέκταρ των μελισσών που περιέχει σακχαρόζη, υφίσταται ενζυμική υδρόλυση στο πεπτικό τους σύστημα και παράγεται το μέλι.



Υδατάνθρακες – Ολιγοσακχαρίτες

Μαλτόζη - Ισομαλτόζη

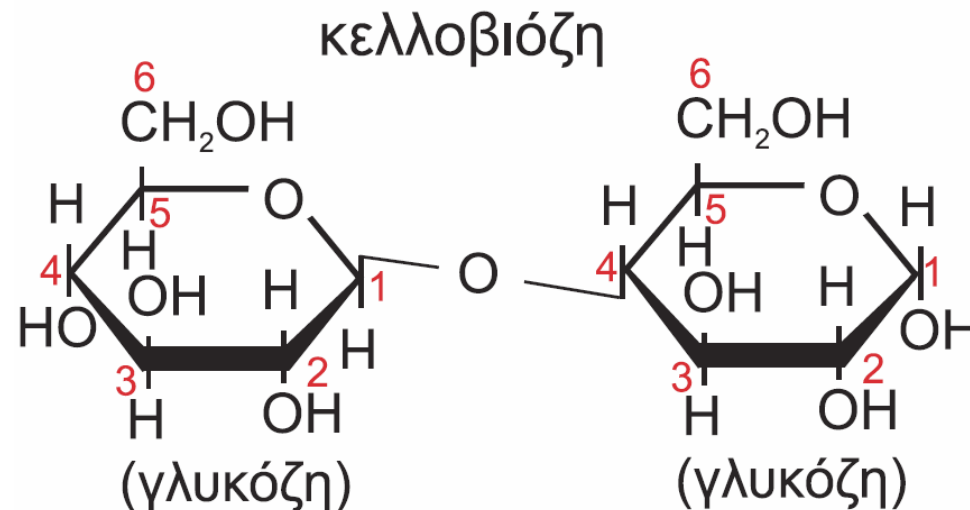
- ✓ Η **μαλτόζη** αποτελείται από **δύο μόρια γλυκόζης** συνδεδεμένα με **$\alpha(1-4)$ δεσμό**
- ✓ Η **ισομαλτόζη** αποτελείται από **δύο μόρια γλυκόζης** συνδεδεμένα **$\alpha(1-6)$ δεσμό**
- ✓ Και οι δύο δισακχαρίτες έχουν αναγωγικές ιδιότητες αφού έχουν ελεύθερο ημιακεταλικό υδροξύλιο
- ✓ Οι ελεύθεροι δισακχαρίτες δεν είναι διαδεδομένοι στη φύση
- ✓ Η μαλτόζη αποτελεί **προϊόν αποικοδόμησης του αμύλου**
- ✓ Η ισομαλτόζη αποτελεί **συστατικό του αμύλου** και προϊόν αποικοδόμησης κάποιων πολυσακχαριτών (π.χ. δεξτράνης)



Υδατάνθρακες – Ολιγοσακχαρίτες

Κελλοβιόζη

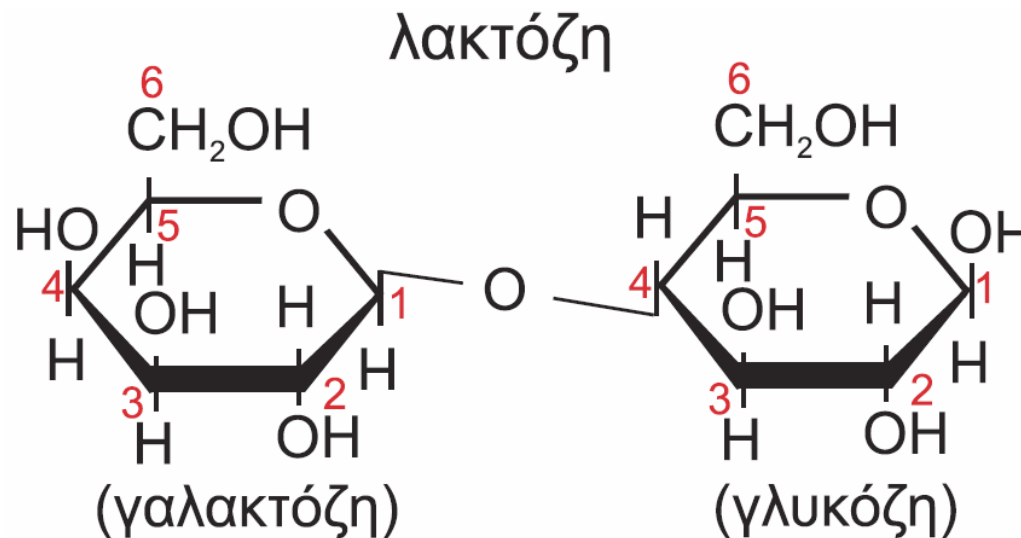
- ✓ Αποτελείται από **δύο μόρια γλυκόζης** συνδεδεμένα με **δεσμό β(1-4)**
- ✓ Η κελλοβιόζη είναι ο επαναλαμβανόμενος δισακχαρίτης στο μόριο της **κυτταρίνης**, από την οποία προκύπτει μετά από όξινη υδρόλυση
- ✓ Ενώ όλα τα θηλαστικά έχουν ένζυμα που διασπούν τον α(1-4) δεσμό, λίγα μόνο από τα θηλαστικά έχουν ένζυμα που διασπούν τον β(1-4) δεσμό, πράγμα που είναι απαραίτητο για την αξιοποίηση της κυτταρίνης, σαν πηγή ενέργειας



Υδατάνθρακες – Ολιγοσακχαρίτες

Λακτόζη

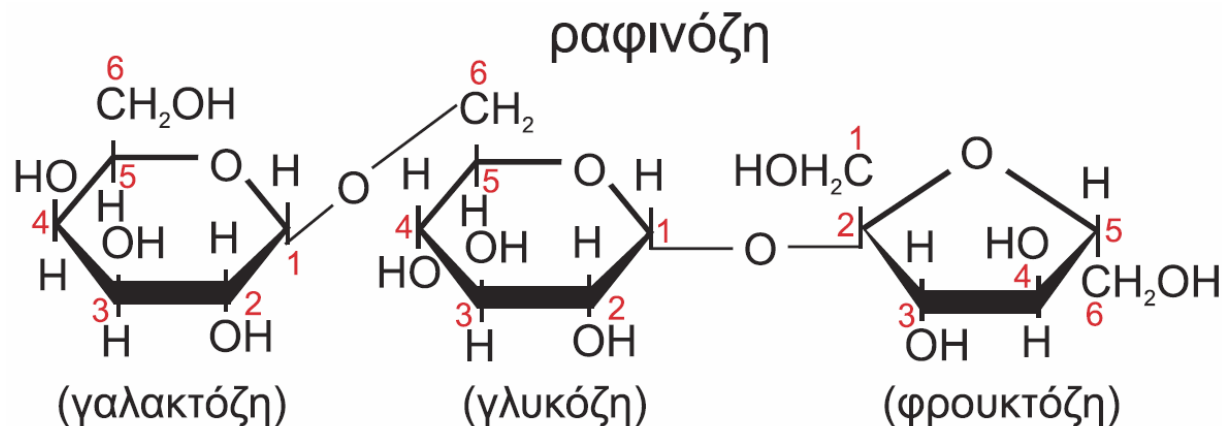
- ✓ Αποτελείται από **γλυκόζη** και **γαλακτόζη**, συνδεδεμένες με **$\beta(1-4)$ δεσμό**
- ✓ Απαντάται μόνο στο **γάλα** και έχει σημαντικό βιολογικό ρόλο αφού αποτελεί την κύρια πηγή υδατανθράκων για τα νεογνά των θηλαστικών.



Υδατάνθρακες – Ολιγοσακχαρίτες

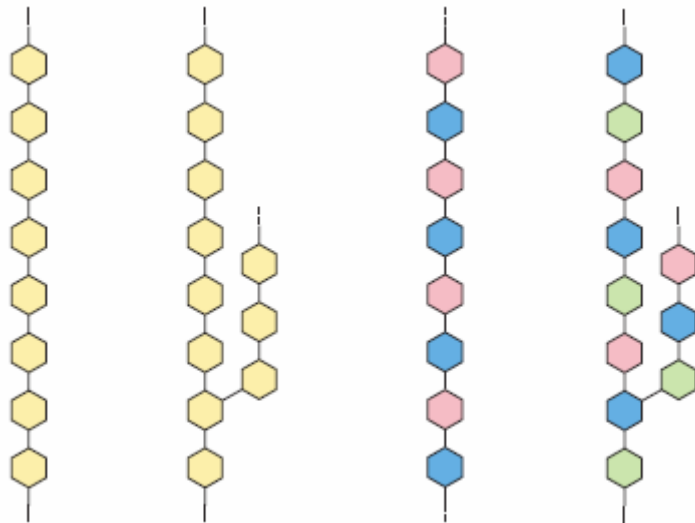
Ραφινόζη

- ✓ Είναι ένας **τρισακχαρίτης** και αποτελείται από **ένα μόριο γαλακτόζης** συνδεδεμένο με **δεσμό α(1-6)** με **ένα μόριο γλυκόζης** η οποία είναι επίσης συνδεδεμένη με **ένα μόριο φρουκτόζης**, με δεσμό α(1-2)
- ✓ Η ραφινόζη είναι διαδεδομένη στο **φυτικό βασίλειο**



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

- ✓ Οι πολυσακχαρίτες (glycans) είναι πολυμερή μονοσακχαριτών ή/και παράγωγά τους και υπάρχουν ως γραμμικά αλλά και ως διακλαδισμένα μόρια
- ✓ Με βάση τη χημική τους δομή διακρίνονται στους
 - ομοπολυσακχαρίτες => αποτελούνται από τον ίδιο μονοσακχαρίτη
 - ετεροπολυσακχαρίτες => αποτελούνται από διαφορετικούς (συνήθως 2 ή 3) μονοσακχαρίτες



Στη βιοχημεία μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τους ομοπολυσακχαρίτες παρουσιάζουν οι αποταμιευτικοί ομοπολυσακχαρίτες **άμυλο** και **γλυκογόνο** και ο δομικός ομοπολυσακχαρίτης **κυτταρίνη**.

- ✓ Με βάση τη λειτουργία τους οι πολυσακχαρίτες διακρίνονται σε
 - αποταμιευτικούς (storage)
 - δομικούς (structural)
 - προστατευτικούς (protective)



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

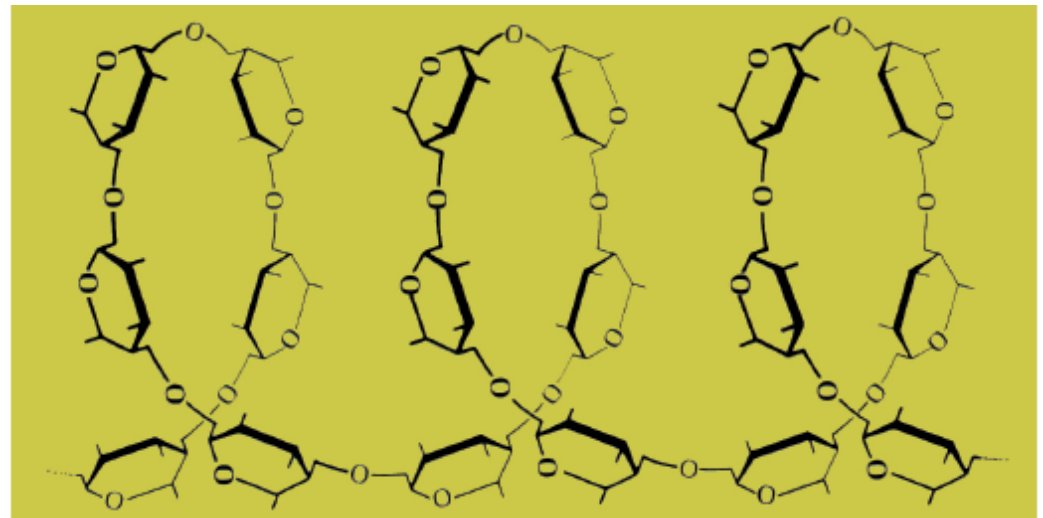
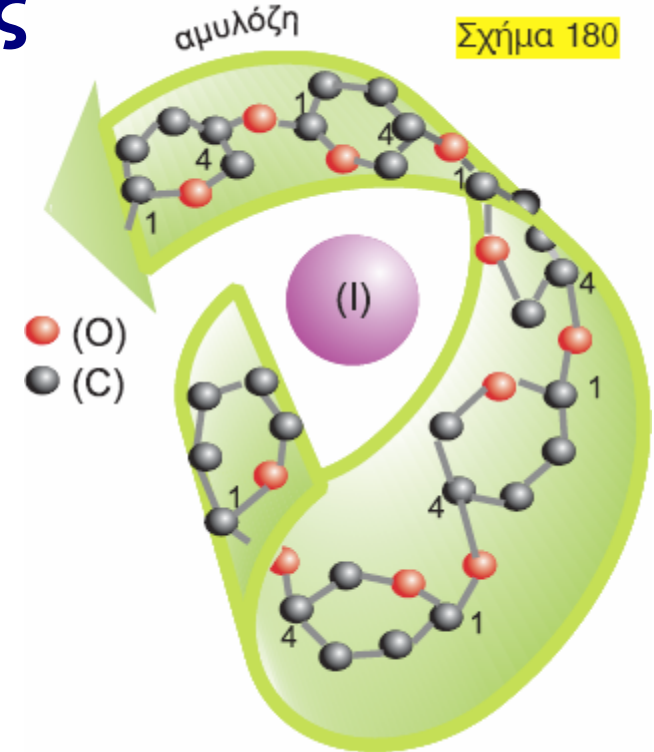
Άμυλο

- ✓ Με αυτή τη μορφή του πολυσακχαρίτη αποθηκεύουν τα φυτά τη γλυκόζη που συνθέτουν
- ✓ Βρίσκεται στους αμυλοπλάστες (ειδικά οργανίδια του φυτικού κυττάρου) και στους χλωροπλάστες
- ✓ Δομική μονάδα του αμύλου είναι η μαλτόζη
- ✓ Το άμυλο απαντάται σε δύο μορφές την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη

Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Άμυλο - Αμυλόζη

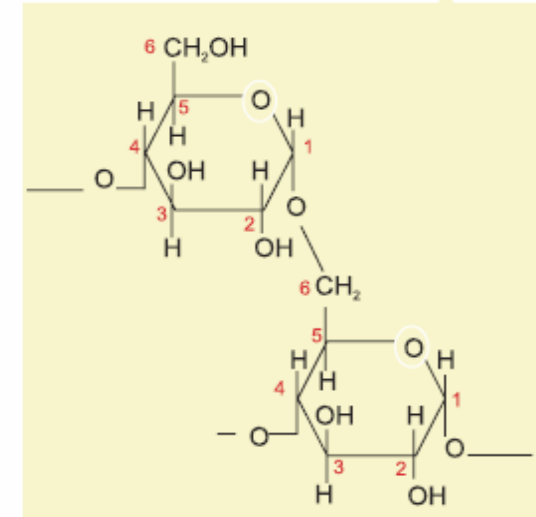
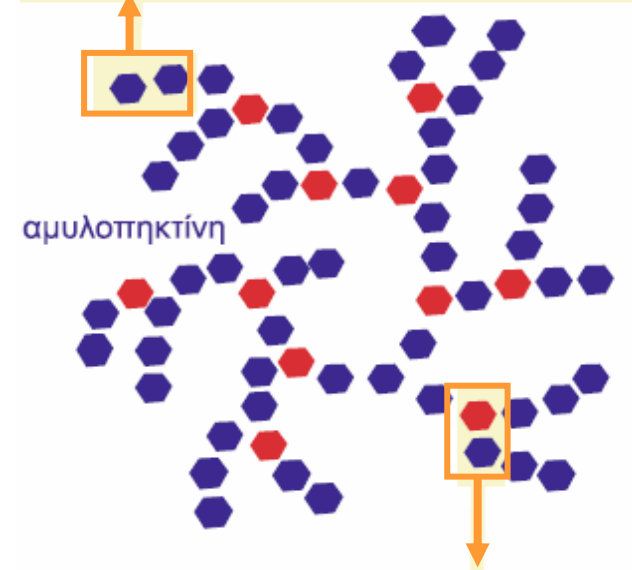
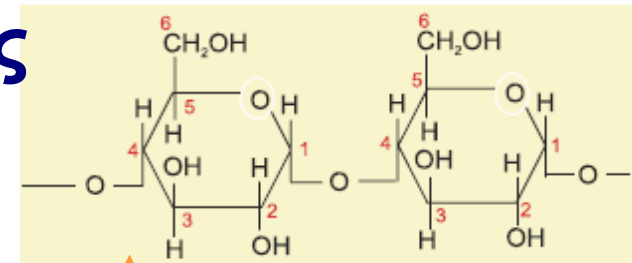
- ✓ Δεν έχει διακλαδώσεις
- ✓ Τα μόρια της γλυκόζης είναι συνδεδεμένα με γλυκοζιτικούς δεσμούς α(1-4)
- ✓ Βασική δομική μονάδα είναι η μαλτόζη
- ✓ Στο χώρο σχηματίζει αριστερόστροφη έλικα με έξι μόρια γλυκόζης ανά στροφή
- ✓ Η έλικα αυτή σταθεροποιείται από λιπόφιλα μόρια όπως το ιώδιο
- ✓ Στο εσωτερικό της σχηματίζεται μια υδρόφοβη κυλινδρική περιοχή, ενώ προς τα έξω τοποθετούνται οι υδρόφιλες ομάδες



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Άμυλο - Αμυλοπηκτίνη

- ✓ Έχει διακλαδώσεις
- ✓ Τα μόρια της γλυκόζης συνδέονται με $\alpha(1-4)$ γλυκοζιτικό δεσμό (έχει δηλαδή σα δομική μονάδα το δισακχαρίτη μαλτόζη)
- ✓ Κάθε 30 περίπου μόρια γλυκόζης υπάρχει διακλάδωση με $\alpha(1-6)$ γλυκοζιτικό δεσμό (έχει δηλαδή σα δεύτερη δομική μονάδα το δισακχαρίτη ισομαλτόζη)
- ✓ Οι κύριες αλυσίδες όσο και οι πλάγιες να έχουν **ελικοειδή δομή**
- ✓ Η αμυλοπηκτίνη συγκρινόμενη με το γλυκογόνο έχει πάρα πολλές ομοιότητες με κύρια διαφορά ότι έχει λιγότερες διακλαδώσεις από το γλυκογόνο.





Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Γλυκογόνο

- ✓ Είναι η μορφή με την οποία αποθηκεύεται η γλυκόζη στους **ζωϊκούς οργανισμούς** (μοριακό βάρος εκατοντάδων χιλιάδων μέχρι πολλών εκατομμυρίων)
- ✓ Αποτελείται από μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα με **$\alpha(1-4)$** γλυκοζιτικούς δεσμούς και **διακλαδώσεις** με **$\alpha(1-6)$** δεσμούς
- ✓ Το γλυκογόνο μοιάζει με την αμυλοπηκτίνη **αλλά** έχει διακλαδώσεις σε πιο πυκνά διαστήματα στη γλυκοζιτική αλυσίδα και συγκεκριμένα κάθε 8 ή 12 μόρια γλυκόζης
- ✓ Το εναρκτήριο μόριο πάνω στο οποίο συντίθεται το γλυκογόνο είναι μια **πολυπεπτιδική αλυσίδα, η γλυκογονίνη**. Στο υδροξύλιο της τυροσίνης της **γλυκογενίνης** είναι συνδεδεμένο το πρώτο μόριο γλυκόζης
- ✓ Ο μεγάλος αριθμός διακλαδώσεων έχει σημαντική **φυσιολογική σημασία** στον οργανισμό, αφού αποδίδει συγχρόνως πολλά μόρια γλυκόζης και συνεπώς ενέργειας

Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Δεξτράνες ή δεξτράνια

- ✓ Αποτελούνται από μόρια **γλυκόζης** με **$\alpha(1-6)$** δεσμούς. Παράγονται από **βακτήρια** και **ζυμομύκητες** και έχουν **$\alpha(1-3)$** διακλαδώσεις χαρακτηριστικές για κάθε οργανισμό

Ομοπολυσακχαρίτες με δομική μονάδα διαφορετική από τη γλυκόζη

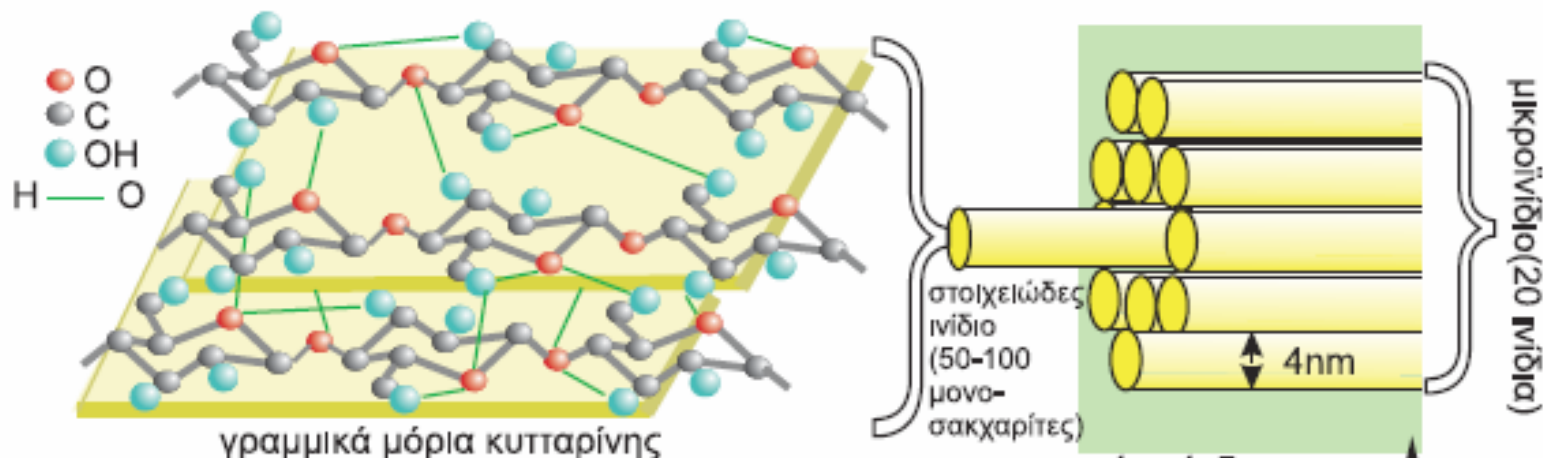
Ανάλογα με το μονοσακχαρίτη που αποτελεί τη δομική μονάδα υπάρχουν :

- ✓ οι **φρουκτ(οζ)άνες** με μονάδες φρουκτόζης, π.χ. η ινουλίνη που έχει μονάδες φρουκτο- φουρανόζης, συνδεδεμένες με **$\beta(1-2)$** γλυκοζιτικούς δεσμούς (διαλυτή φυτική ίνα που χρησιμοποιείται σαν **υποκατάστατο αμύλου στη δίαιτα των διαβητικών**),
- ✓ οι **μαννάνες** με μονάδες μαννόζης,
- ✓ οι **αραβινάνες** με μονάδες αραβινόζης,
- ✓ οι **πεντοζάνες** με μονάδες πεντόζης κ.λπ.

Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρίνη

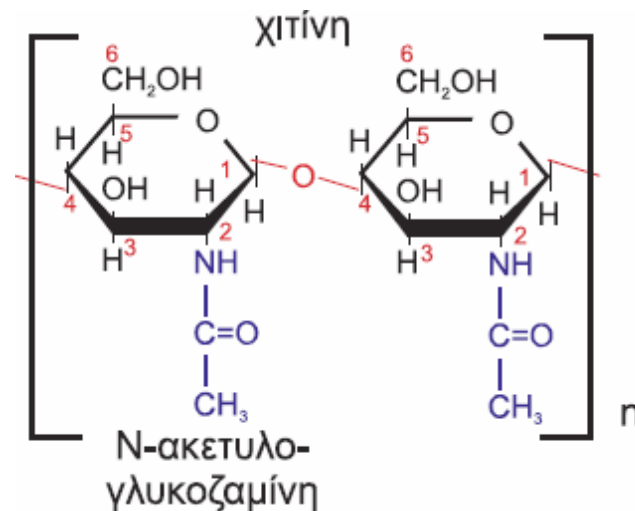
- ✓ Είναι ένας **γραμμικός πολυσακχαρίτης** με δομική μονάδα την **κελλοβιόζη**
- ✓ Κάθε μόριο κυτταρίνης περιέχει μέχρι και 7.500 μονάδες κελλοβιόζης και έχει μοριακό βάρος της τάξης των 1-2 εκατομμυρίων
- ✓ Τα γραμμικά μόρια της κυτταρίνης είναι διατεταγμένα και συνδέονται μεταξύ τους, στην ίδια αλυσίδα ή/και με γειτονικές αλυσίδες, με δεσμούς υδρογόνου, σχηματίζοντας τα **μικροϊνίδια** κυτταρίνης
- ✓ Η κυτταρίνη αποτελεί την πιο διαδεδομένη οργανική ένωση στη γη, περιέχοντας το 50% του άνθρακα της γήινης βλάστησης.



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Χιτίνη

- ✓ Είναι ένας επίσης στηρικτικός πολυσακχαρίτης με δομικές μονάδες μόρια **N-ακετυλο-γλυκοζαμίνης** συνδεδεμένα με **$\beta(1-4)$** γλυκοζιτικούς δεσμούς
- ✓ Είναι παρόμοιος με την κυτταρίνη και απαντάται στους **μύκητες** και στον εξωσκελετό των **αρθρόποδων**





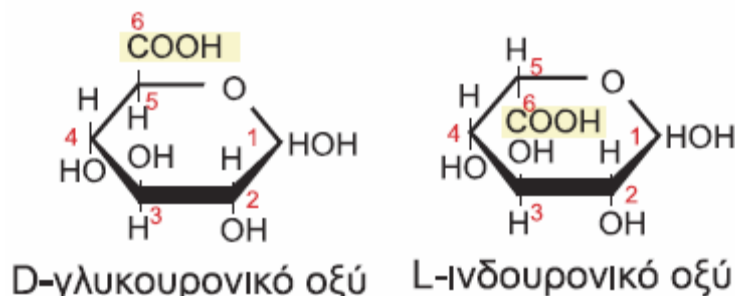
Υδατάνθρακες – Ετεροσακχαρίτες

- ✓ Οι περισσότεροι είναι στηρικτικές ουσίες ή συστατικά της βλέννας
- ✓ Οι απλούστεροι και πιο μελετημένοι ετεροπολυσακχαρίτες είναι οι **γλυκοζαμινογλυκάνες** ή βλεννοπολυσακχαρίτες.
- ✓ Περιέχουν **καρβοξυλομάδες ή/και θειϊκές ομάδες** και είναι **όξινοι** λέγονται και όξινοι βλεννοπολυσακχαρίτες. Συνήθως βρίσκονται με τη μορφή συμπλόκων με πρωτεΐνες, δηλαδή σαν πρωτεογλυκάνες ή μυκο(βλεννο)πρωτεΐνες
- ✓ Απαντώνται στο συνδετικό ιστό των ζώων, όπου έχουν **δομικό και λειτουργικό ρόλο**
- ✓ Ο λειτουργικός τους ρόλος έγκειται στο ότι δεσμεύουν νερό και ιόντα ή αλληλεπιδρούν με πρωτεΐνες και συμβάλλουν στη ρύθμιση της λειτουργικότητας των πρωτεϊνών αυτών

Υδατάνθρακες – Ετεροσακχαρίτες

Γλυκοζαμινο-γλυκάνες

- ✓ Είναι τις περισσότερες φορές είναι ενωμένες με πρωτεϊνικά μόρια σχηματίζοντας τις πρωτεογλυκάνες
- ✓ Έχουν **δομικές μονάδες από δισακχαρίτες** αποτελούμενους
 - από ένα **ουρονικό οξύ**, που είναι το **D-γλυκουρονικό** και το επιμερές του στον C-5, το **L-ινδουρονικό** (εξαίρεση αποτελεί η θειϊκή κερατάνη που έχει D-γαλακτόζη)



- από ένα **ακετυλιωμένο αμινοσάκχαρο** που είναι **N-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνη** ή **N-ακετυλο-D-γαλακτοζαμίνη**.

Οι δισακχαρίτες αυτοί συνδέονται μεταξύ τους με 1-4 δεσμό και σχηματίζουν γραμμικά μακρομόρια



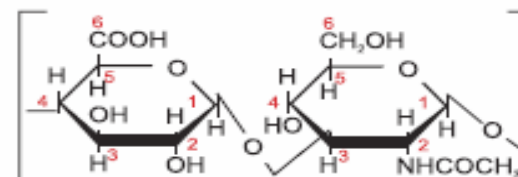
ΟΝΟΜΑ
ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟ-ΓΛΥΚΑΝΗΣ

ΔΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ

ΠΙΘΑΝΗ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ
ΟΜΑΔΑ

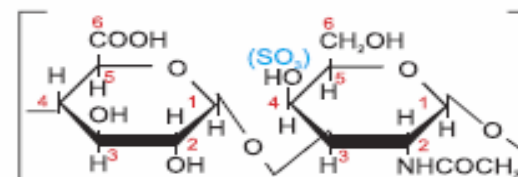
Υαλουρονικό οξύ

D-γλυκουρονικό οξύ
N-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνη



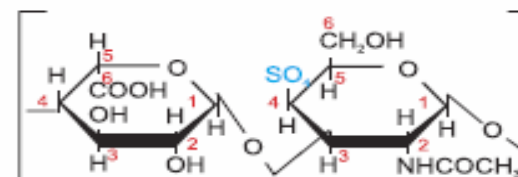
Χονδροϊτίνη
(θειική)

D-γλυκουρονικό οξύ
N-ακετυλο-D-γαλακτοζαμίνη
(θειική)



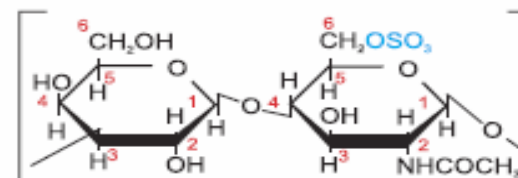
Θειική δερματάνη

L-ινδουρονικό οξύ
Θειική N-ακετυλο-
D-γαλακτοζαμίνη



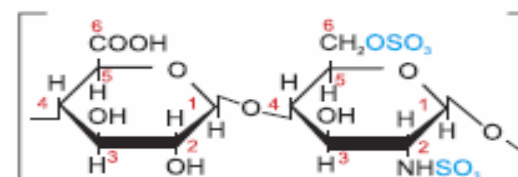
Θειική κερατάνη

D-γαλακτόζη
Θειική N-ακετυλο-
γλυκοζαμίνη



Ηπαρίνη

D-γλυκουρονικό οξύ
(ή L-ινδουρονικό οξύ)
δι-Θειική γλυκοζαμίνη





Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικών τοιχωμάτων

- ✓ Αποτελούν το κυριότερο συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτικών κυττάρων, γιατί στα ζωικά κύτταρα είναι σχεδόν ανύπαρκτα
- ✓ Στα φυτά η κυτταρική μεμβράνη περιβάλλεται από τα κυτταρικά τοιχώματα που αποτελούνται από ινίδια κυτταρίνης που εκκρίνεται από την κυτταρική μεμβράνη
- ✓ Γύρω από αυτά τα ινίδια κυτταρίνης υπάρχουν διάφοροι άλλοι πολυσακχαρίτες ανάλογα με το είδος του φυτού
- ✓ Οι κυριότεροι είναι οι ημικυτταρίνες (ή ξυλάνες), η πηκτίνη, καθώς επίσης το άγαρ (στα φύκια), το αραβικό κόμμι κ.λπ. αλλά και η εξτενσίνη, μια γλυκοπρωτεΐνη που μοιάζει με το κολλαγόνο.

Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικών τοιχωμάτων

✓ Ημικυτταρίνες (ξυλάνες)

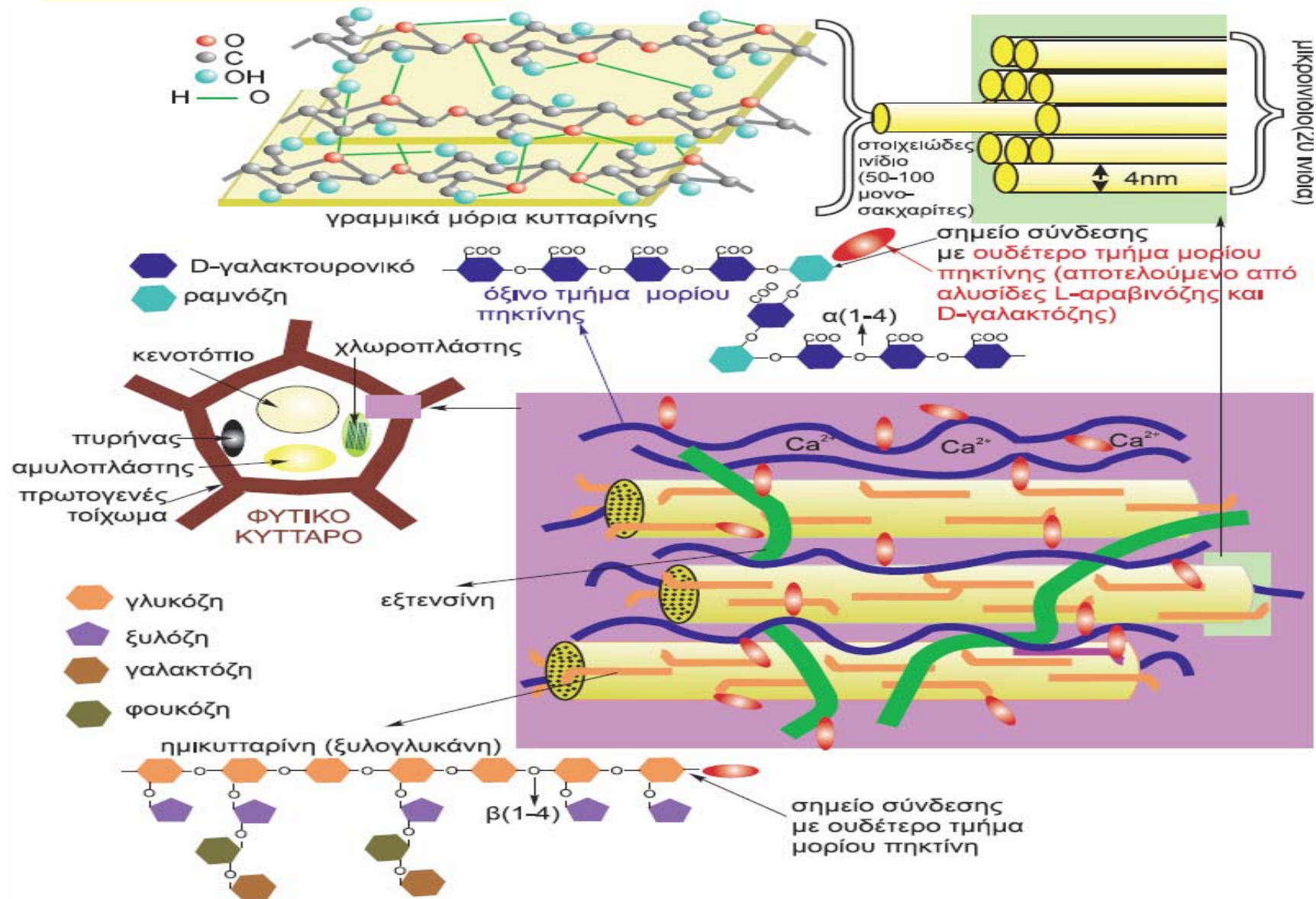
- ετερογενής ομάδα διακλαδισμένων πολυσακχαριτών με **μια κύρια αλυσίδα μονοσακχαριτών** που συνδέονται με **δεσμό β(1-4)** και από την οποία ξεκινούν διακλαδώσεις αποτελούμενες από μικρές αλυσίδες άλλων σακχάρων
- οι μονοσακχαρίτες (**γλυκόζη, γαλακτόζη, ξυλόζη, αραβινόζη, φουκόζη**) που αποτελούν τις δομικές μονάδες ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο της ημικυτταρίνης
- δύο ή τρεις αλυσίδες ημικυτταρίνης περιελίσσονται μεταξύ τους και σχηματίζουν ημιελικοειδείς δομές που συνδέονται (χωρίς χημικούς δεσμούς) στην επιφάνεια των μικροϊνιδίων κυτταρίνης και την επικαλύπτουν βοηθώντας με το σχηματισμό δεσμών υδρογόνου τη **σταθεροποίηση των μικροϊνιδίων**

✓ Πηκτίνες (pectins)

- ετερογενής ομάδα διακλαδισμένων πολυσακχαριτών με κύρια δομική μονάδα το **D-γαλακτουρονικό οξύ**, αλλά και με μερικά μόρια **ραμνόζης** κ.λπ.
- αρνητικά φορτισμένες γι' αυτό μπορούν να συγκρατούν Ca^{2+} που βοηθά στη **σταθεροποίηση του συμπλέγματος κυτταρίνης - ημικυτταρίνης - πηκτινών**

Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικών τοιχωμάτων

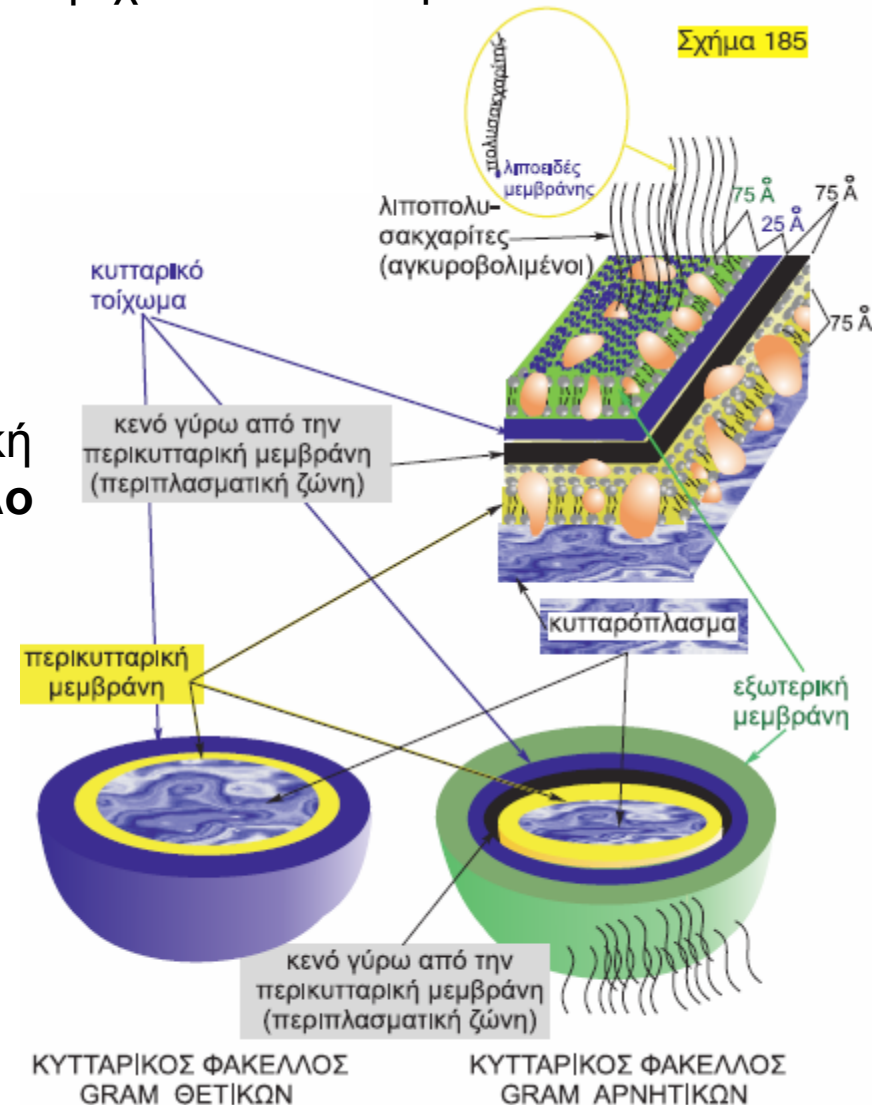


Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικά τοιχώματα βακτηρίων

Τα βακτήρια πέρα από την περικυτταρική μεμβράνη έχουν και κυτταρικά τοιχώματα

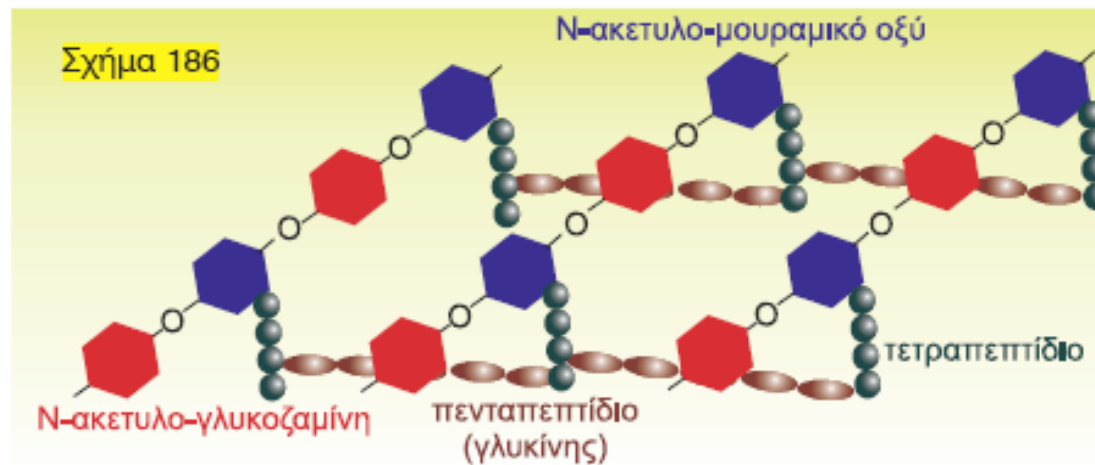
- ✓ **Gram αρνητικά** βακτήρια έχουν και μια εξωτερική μεμβράνη που περιλαμβάνει λιποπολυσακχαρίτες δεσμευμένους («αγκυροβολημένους») στην εξωτερική μεμβράνη, που μαζί με το κυτταρικό τοίχωμα και την περικυτταρική μεμβράνη αποτελούν τον **κυτταρικό φάκελλο**
- ✓ **Gram θετικά** βακτήρια δεν έχουν εξωτερική μεμβράνη, αλλά το κυτταρικό τοίχωμα είναι απλώς παχύτερο



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικά τοιχώματα βακτηρίων

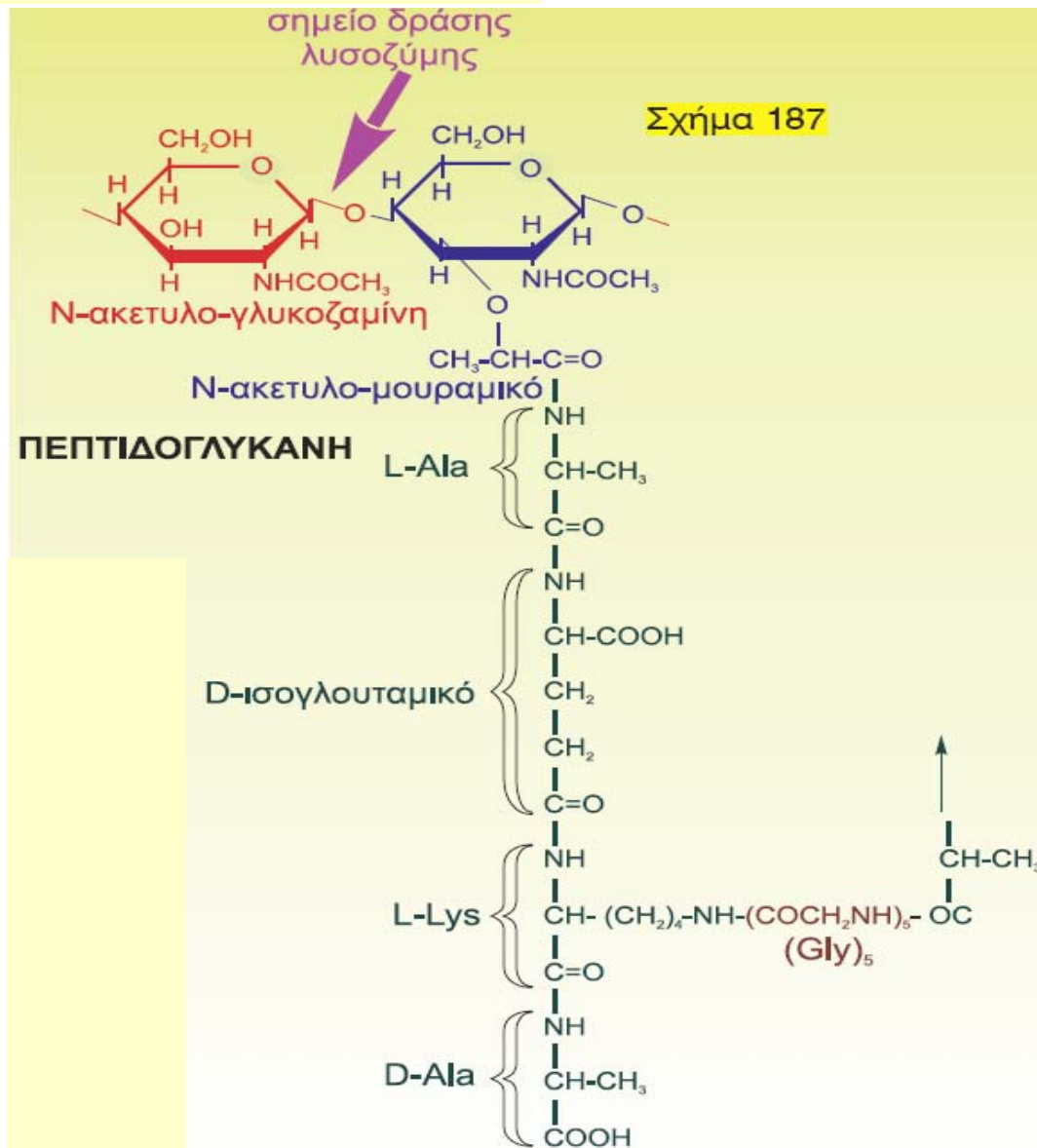
- ✓ Το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από **πεπτιδογλυκάνη** (μυρεΐνη) που είναι ένας ετεροπολυσακχαρίτης αποτελούμενος
 - κατά τη μια διάσταση => από **N-ακετυλο-γλυκοζαμίνη** συνδεδεμένη με $\beta(1-4)$ γλυκοζιτικό δεσμό με **N-ακετυλο-μουραμικό οξύ**
 - κατά την άλλη διάσταση => από γέφυρες πολυπεπτιδικές, όπου το N-ακετυλο-μουραμικό οξύ συνδέεται με ένα **τετραπεπτίδιο** και διαδοχικά τετραπεπτίδια συνδέονται μεταξύ τους με άλλες γέφυρες **πενταπεπτιδίων**



- ✓ Η πενικιλίνη εκδηλώνει αντιβακτηριακή δράση επειδή αναστέλλει τη δράση των ενζύμων που συνδέουν τις πεπτιδογλυκάνες στα κυτταρικά τοιχώματα

Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

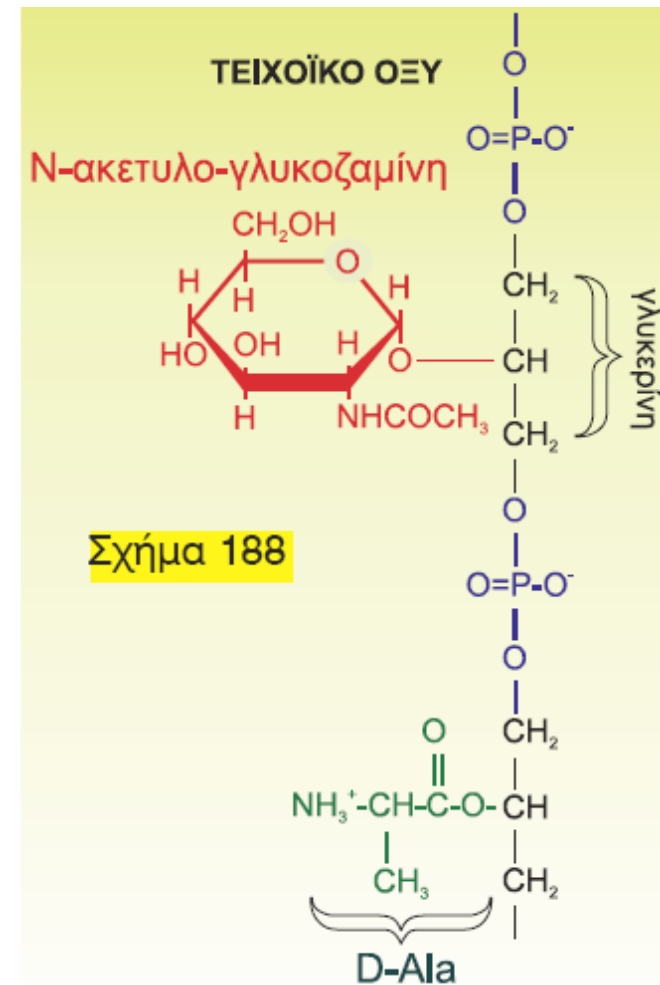
Κυτταρικά τοιχώματα βακτηρίων



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικά τοιχώματα βακτηρίων

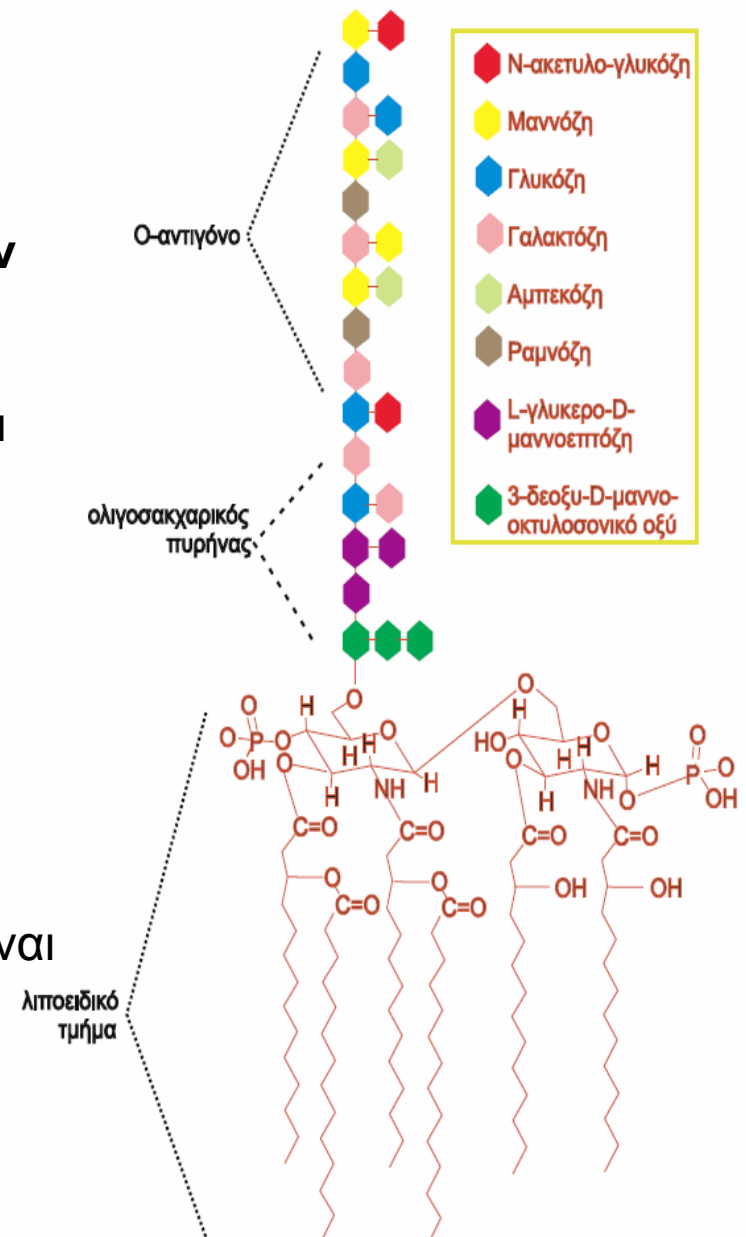
- ✓ Ένα άλλο συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των κατά **Gram θετικών** βακτηρίων είναι και τα **τειχοϊκά οξέα**
- ✓ Αυτά αποτελούνται από μια κεντρική αλυσίδα που προέρχεται από πολυμερισμό της **γλυκερόλης** (ή **ριβιτόλης**), τα μόρια της οποίας συνδέονται μεταξύ τους με **φωσφοδιεστερικούς δεσμούς**
- ✓ Τα ελεύθερα υδροξύλια της γλυκερόλης συνδέονται με γλυκοζιτικό δεσμό με **N-ακετυλο-γλυκοζαμίνη** και με εστερικό δεσμό με **D-αλανίνη**
- ✓ Καταλήγουν σε **λιποπολυσακχαρίτες**
- ✓ Συγκρατούνται στην πεπτιδογλυκάνη μέσω φωσφοδιεστερικών δεσμών με το υδροξύλιο του βου άνθρακα της N-ακετυλο-γλυκοζαμίνης



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Βακτηριακοί λιπο-πολυσακχαρίτες

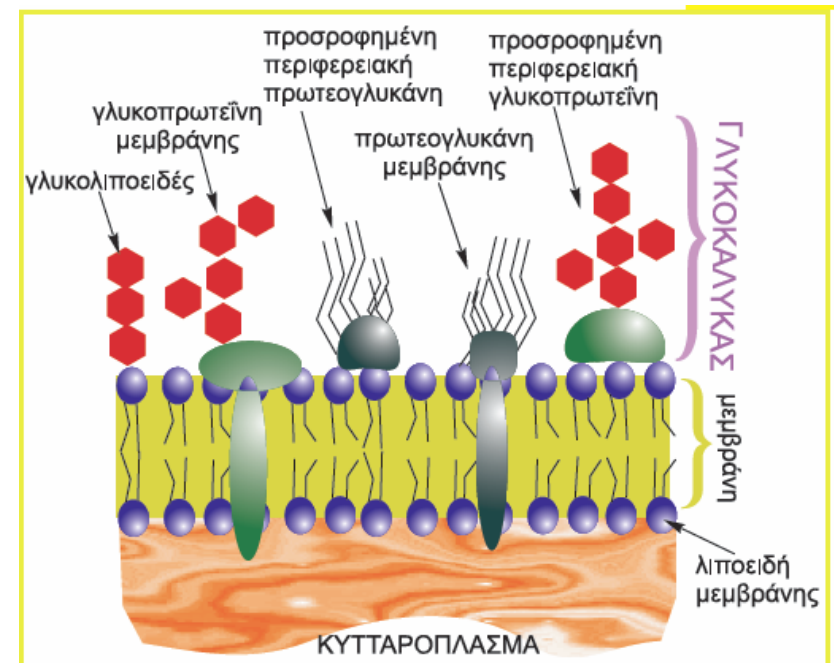
- ✓ Οι λιποπολυσακχαρίτες (LPS) είναι τα κύρια συστατικά της επιφάνειας της εξωκυτταρικής μεμβράνης των **αρνητικών κατά gram βακτηρίων**
- ✓ Οι λιποπολυσακχαρίτες είναι μόρια μεγάλου μεγέθους που αποτελούνται από ένα λιποειδικό και ένα πολυσακχαρικό τμήμα που ενώνονται με ομοιοπολικό δεσμό
- ✓ Οι LPS συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στη **δομική ακεραιότητα των βακτηρίων**, προστατεύοντας τη βακτηριακή μεμβράνη από διάφορες προσβολές χημικής φύσεως
- ✓ Οι λιποπολυσακχαρίτες ορισμένων βακτηρίων είναι **τοξικοί για τον άνθρωπο και άλλα θηλαστικά**. Αποτελούν κύριο στόχο των αντισωμάτων που παράγονται από το ανοσολογικό σύστημα



Υδατάνθρακες – Πολυσακχαρίτες

Κυτταρικά τοιχώματα ευκαρυωτικών κυττάρων

- ✓ Έχουν συνήθως ένα λεπτό περίβλημα που λέγεται **γλυκοκάλυκας**
- ✓ Ο γλυκοκάλυκας αποτελείται από
 - ολιγοσακχαρικές αλυσίδες των γλυκοσφιγγολιποειδών των μεμβρανών
 - ολιγοσακχαρικές αλυσίδες των γλυκοπρωτεϊνών των μεμβρανών
 - αλυσίδες των πολυσακχαριτών των πρωτεογλυκανών των μεμβρανών
 - γλυκοπρωτεΐνες και πρωτεογλυκάνες
 - γλυκοπρωτεΐνες
- ✓ Οι υδατάνθρακες αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση κυττάρου από κύτταρο, την εύρεση ξένων κυττάρων από το ανοσοποιητικό σύστημα κ.λπ.





Υδατάνθρακες

- ✓ Όταν οι υδατάνθρακες είναι **ομοιοπολικά** συνδεδεμένοι με τις πρωτεΐνες, ανάλογα με το ποσοστό των υδατανθράκων και πρωτεϊνών στο μόριο, αλλά και λόγω διαφορών στη δομή τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ενώσεων
 - γλυκοπρωτεΐνες,
 - πρωτεογλυκάνες (μυκοπρωτεΐνες)



Υδατάνθρακες

Γλυκοπρωτεΐνες

MB ~ 15.000

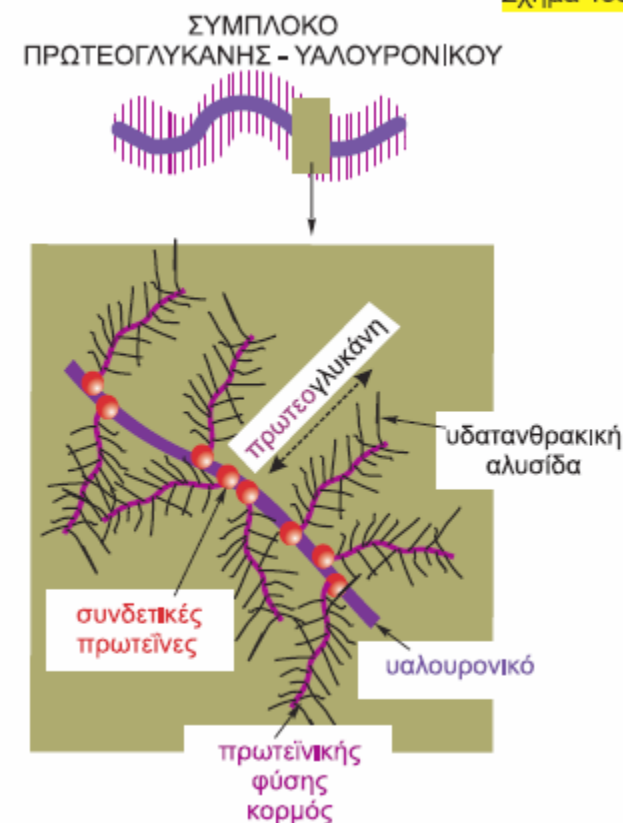
- ✓ το ποσοστό των υδατανθράκων είναι συνήθως μικρό (περίπου 5%), αλλά μπορεί να κυμαίνεται όμως από 1 έως 60%
- ✓ έχουν διακλαδώσεις από τον κορμό της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, αποτελούμενες από βραχείες αλυσίδες **ολιγοσακχαριτών**
- ✓ Οι διακλαδώσεις αυτές γίνονται με O- και N-γλυκοζιτικούς δεσμούς. Τα σάκχαρα που αποτελούν τους ολιγοσακχαρίτες είναι συνήθως **γλυκόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, N-ακετυλο- =γλυκοζαμίνη** και σαν καταληκτικό μόριο βρίσκεται τις περισσότερες φορές το **N-ακετυλο-νευραμινικό οξύ**
- ✓ Στις **γλυκοπρωτεΐνες ανήκουν**
 - πρωτεΐνες (π.χ. κολλαγόνο),
 - ορμόνες (π.χ. της υπόφυσης),
 - ένζυμα (π.χ. ριβονουκλεάση),
 - πρωτεΐνες του αίματος (π.χ. ανοσοσφαιρίνες, πρωτεΐνες που χαρακτηρίζουν τις ομάδες του αίματος) κ.λπ.
- ✓ Απαντώνται στις μεμβράνες, σε βιολογικά υγρά (π.χ. ούρα), σε τρόφιμα (π.χ. αυγά) και αλλού

Υδατάνθρακες

Πρωτεογλυκάνες (μυκοπρωτεΐνες)

MB ~ 3×10^6

- ✓ το ποσοστό των υδατανθράκων είναι μεγάλο περίπου 95%
- ✓ αποτελείται από τους ετεροπολυ-σακχαρίτες, γλυκοζαμινογλυκάνες, χωρίς όμως να αποκλείεται και η ύπαρξη ολιγοσακχαριτών
- ✓ Τα τμήματα αυτά των υδατανθράκων έχουν τη θέση κλώνων συνδεδεμένων με χημικούς δεσμούς σ' ένα πρωτεϊνικής φύσεως κορμό
- ✓ Αποτελούν μια ετερογενή τάξη ενώσεων, ανάλογα με το είδος των ετεροπολυσακχαριτών και το μέγεθος του πρωτεϊνικού τμήματος
- ✓ σχηματίζουν γιγαντιαία μόρια, δημιουργώντας σύμπλοκα με υαλουρονικό οξύ
- ✓ το υαλουρονικό οξύ αποτελεί τον κορμό στον οποίο συνδέονται σαν κλώνοι οι πρωτεογλυκάνες, όχι με χημικούς δεσμούς αλλά σταθεροποιούνται μέσω ειδικών πρωτεϊνών (συνδετικές πρωτεΐνες)





Υδατάνθρακες

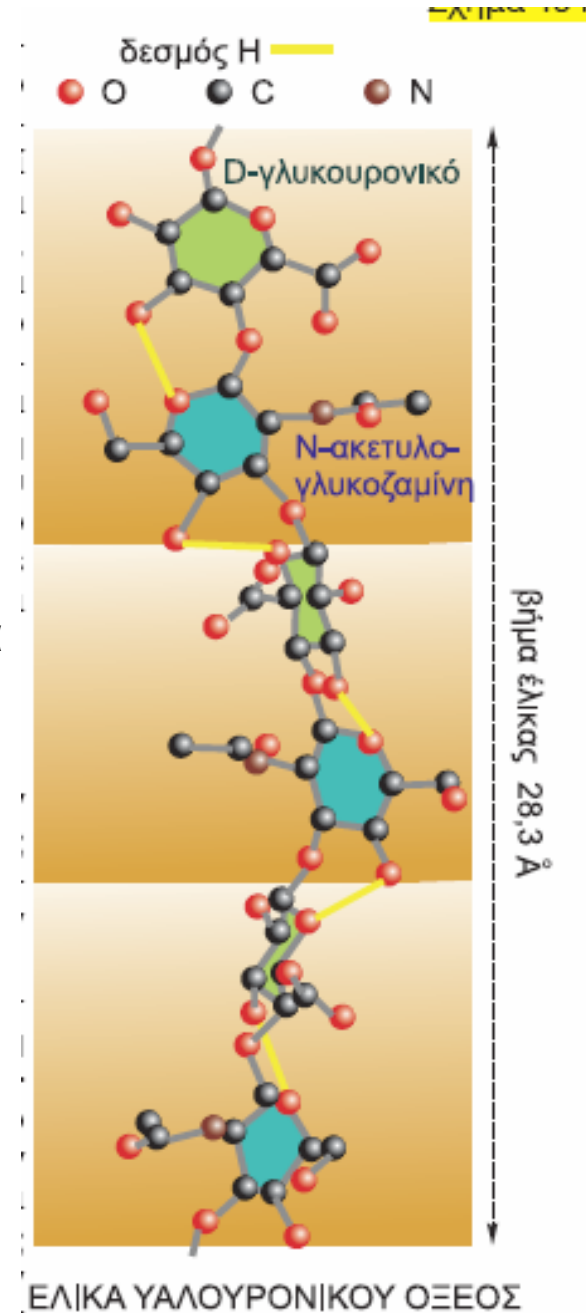
Πρωτεογλυκάνες (μυκοπρωτεΐνες)

Οι υδατάνθρακες που συνδέονται στον πρωτεϊνικής φύσης κορμό αποτελούνται:

- ✓ Από ολιγοσακχαρίτες που βρίσκονται συνδεδεμένοι με την πρωτεΐνη με **N-γλυκοζιτικούς δεσμούς**, κυρίως στην περιοχή κοντά στις συνδετικές πρωτεΐνες
- ✓ Από ολιγοσακχαρίτες που βρίσκονται συνδεδεμένοι με την πρωτεΐνη με **O-γλυκοζιτικούς δεσμούς**, κυρίως στην κεντρική περιοχή του πρωτεϊνικής φύσης κορμού
- ✓ Από γλυκοζαμινογλυκάνες που βρίσκονται συνδεδεμένες με την πρωτεΐνη, μέσω μιας **συνδετικής μονάδας τρισακχαρίτη**, στην εξωτερική περιοχή του πρωτεϊνικού κορμού
- ✓ Οι πρωτεογλυκάνες **συμμετέχουν σε εξειδικευμένες αντιδράσεις στον εξωκυττάριο χώρο**, αλλά δεν υπάρχουν πολλές οι πληροφορίες
- ✓ Εξαίρεση αποτελεί το σύμπλοκο της **ηπαρίνης** με την **αντιθρομβίνη II** (πρωτεΐνη του πλάσματος), το οποίο αναστέλλει τη δράση των πρωτεασών της σερίνης στο σύστημα της πήξης του αίματος και άρα εμφανίζει αντιπηκτική δράση

Υδατάνθρακες

- ✓ Το **υαλουρονικό οξύ** είναι μια γλυκοζαμινογλυκάνη αποτελούμενη από δομικές μονάδες από D-γλυκουρονικό οξύ συνδεδεμένο με δεσμό $\beta(1-3)$ με N-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνη
- ✓ Οι δομικές αυτές μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με $\beta(1-4)$ δεσμούς και μπορεί να είναι από 250 έως 25.000
- ✓ Το μετά Ca^{2+} άλας του έχει αποδειχθεί ότι σχηματίζει μια αριστερόστροφη έλικα με τρεις δισακχαρίτες ανά στροφή, που σταθεροποιείται με ενδομοριακούς δεσμούς υδρογόνου
- ✓ Τα υδατικά διαλύματά του είναι ιξώδη και έχουν ελαστικές ιδιότητες
- ✓ Υπάρχει στην εξωκυττάρια ουσία, στα μάτια και στο υγρό που λιπαίνει τις αρθρώσεις κ.λπ. αλλά και στην εξωτερική επιφάνεια πολλών, κυρίως παθογόνων, βακτηρίων



Υδατάνθρακες

- ✓ Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σαφές ότι τα κύτταρα χρησιμοποιούν ειδικούς υδατάνθρακες για να κωδικοποιήσουν σημαντικές πληροφορίες (και να αναγνωρίζουν μοριακά σήματα) κατά την αλληλεπίδραση κυττάρου-κυττάρου, κυττάρου - εξωκυττάριας ουσίας, στην ανάπτυξη των ιστών και την αναγνώριση ενδοκυτταρικών πρωτεϊνών στόχων
- ✓ Οι λεκτίνες είναι **πρωτεΐνες** οι οποίες βρίσκονται σε όλους τους οργανισμούς και προσδένουν υδατάνθρακες με μεγάλη εξειδίκευση και υψηλή συγγένεια
- ✓ Βασικός τους ρόλος στους ζωικούς οργανισμούς είναι η **αναγνώριση κυττάρου-κυττάρου**
- ✓ Κάθε λεκτίνη περιέχει δυο ή και παραπάνω θέσεις δέσμευσης για μονάδες υδατανθράκων
- ✓ Μόρια τύπου λεκτινών βρίσκονται στην επιφάνεια του ενός κυττάρου αναγνωρίζουν και δεσμεύουν μονάδες υδατανθράκων που βρίσκονται στην επιφάνεια ενός άλλου κυττάρου

