



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 8: Σάκχαρα, μονοσακχαρίτες,  
πολυσακχαρίτες

Γεώργιος Παπαδόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

## Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 8: Σάκχαρα, μονοσακχαρίτες,  
πολυσακχαρίτες

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Ιωάννινα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

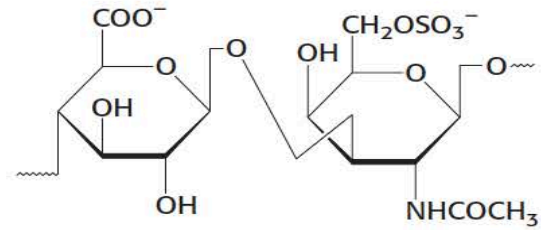


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

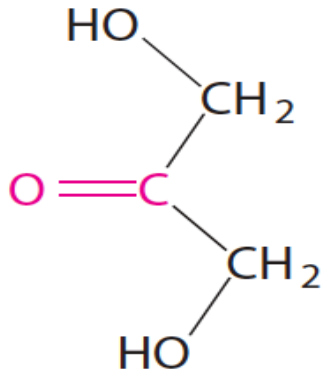


Οι υδατάνθρακες είναι σημαντικά καύσιμα μόρια, αλλά παίζουν και πολλούς άλλους βιοχημικούς ρόλους, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας ενάντια σε δυνάμεις με υψηλή κρούση. Ο χόνδρος του ποδιού ενός δρομέα το προστατεύει από την κρούση που προκύπτει από το κάθε βήμα. Ένα βασικό συστατικό του χόνδρου είναι μόρια που ονομάζονται γλυκοζαμινογλυκάνες, μεγάλα πολυμερή αποτελούμενα από πολλές επαναλήψεις διμερών όπως το ζευγάρι που φαίνεται δεξιά. [Ακτινογραφία χωρίς τίτλο/Nick Veasey/Getty Images.]

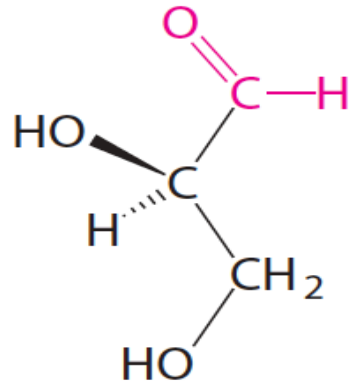


# ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

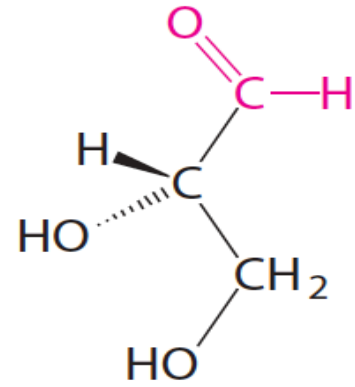
- $C_n(H_2O)_n$ , απατηλή συντομογραφία
- Πολλοί δεσμοί H-C-OH
- Μόρια (απλά και σύνθετα) που βρίσκονται παντού, επειδή μπορούν να παραχθούν πολλά και διαφορετικά παράγωγά τους



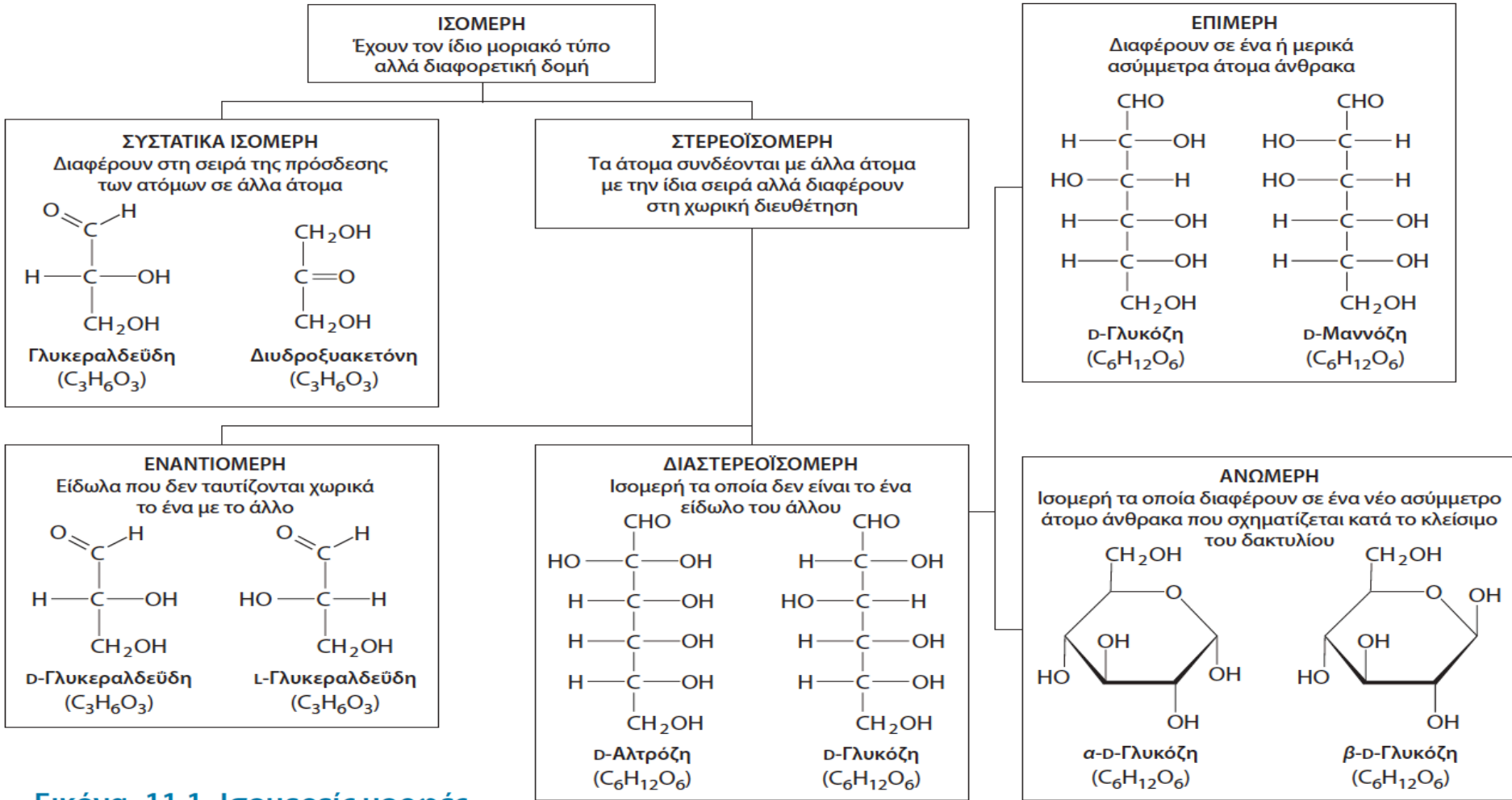
**Διυδροξυακετόνη**  
(μια κετόζη)



**D-Γλυκεραλδεϋδη**  
(μια αλδόζη)

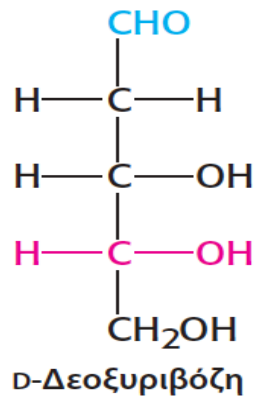
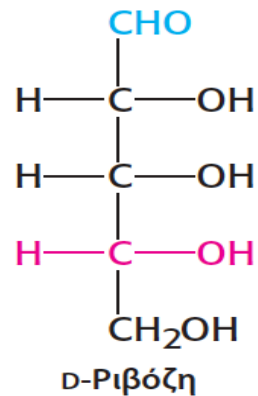


**L-Γλυκεραλδεϋδη**  
(μια αλδόζη)

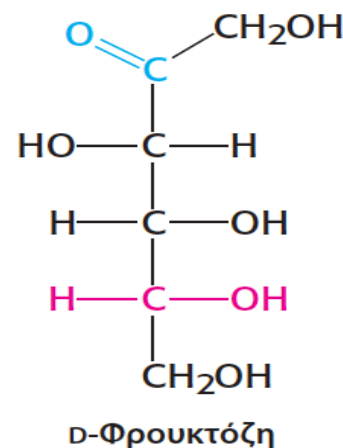
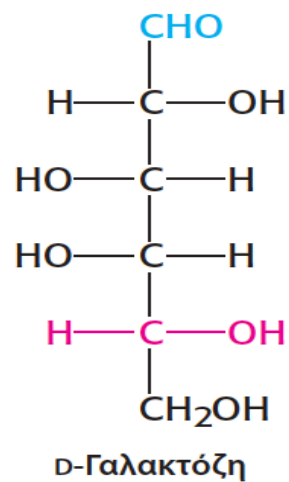
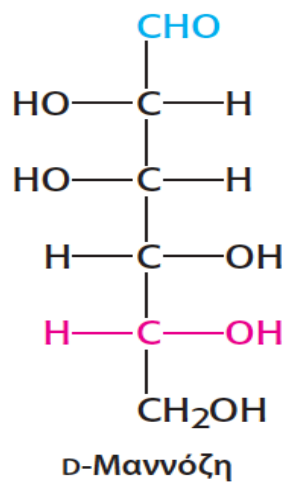
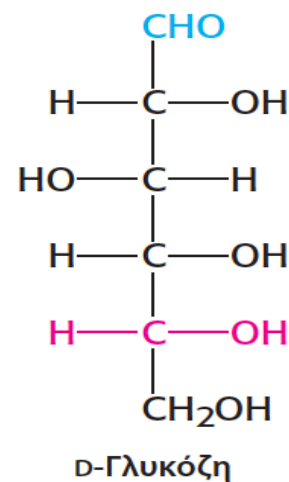


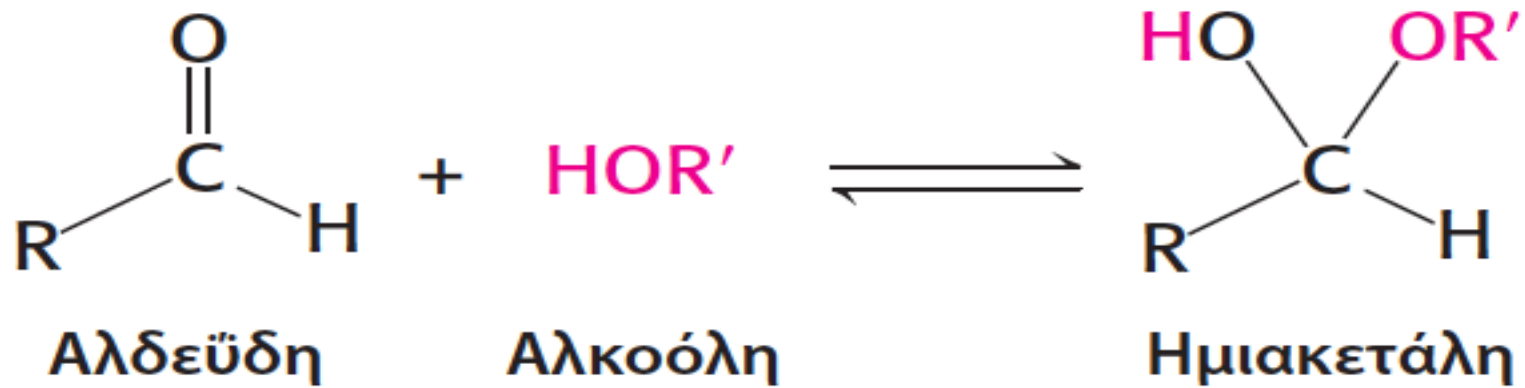
**Εικόνα 11.1** Ισομερείς μορφές υδατανθράκων.

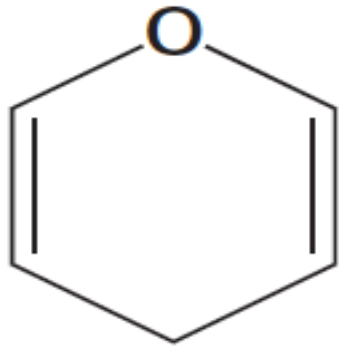




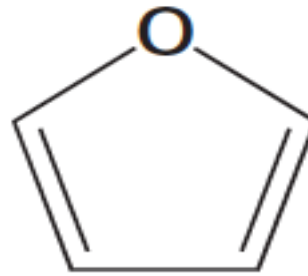
**Εικόνα 11.2 Κοινοί μονοσακχαρίτες.** Οι αλδόζες περιέχουν μια αλδεϋδική ομάδα (απεικονίζεται με μπλε), ενώ οι κετόζες, όπως η φρουκτόζη, περιέχουν μια κετονική ομάδα (απεικονίζεται επίσης με μπλε). Το πιο απομακρυσμένο ασύμμετρο άτομο άνθρακα από την αλδεϋδική ή την κετονική ομάδα (με κόκκινο) χαρακτηρίζει τις δομές στη διαμόρφωση D.



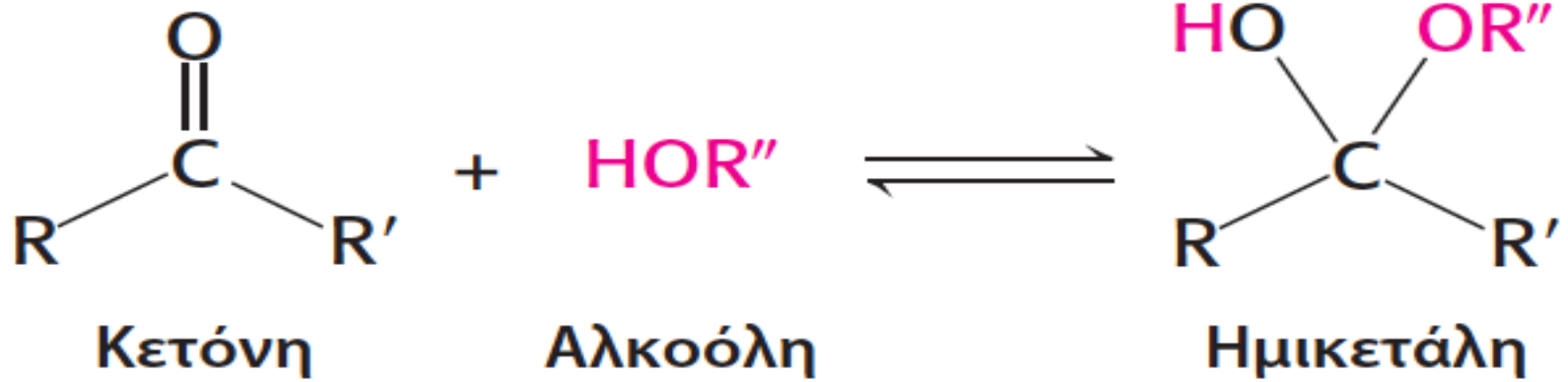


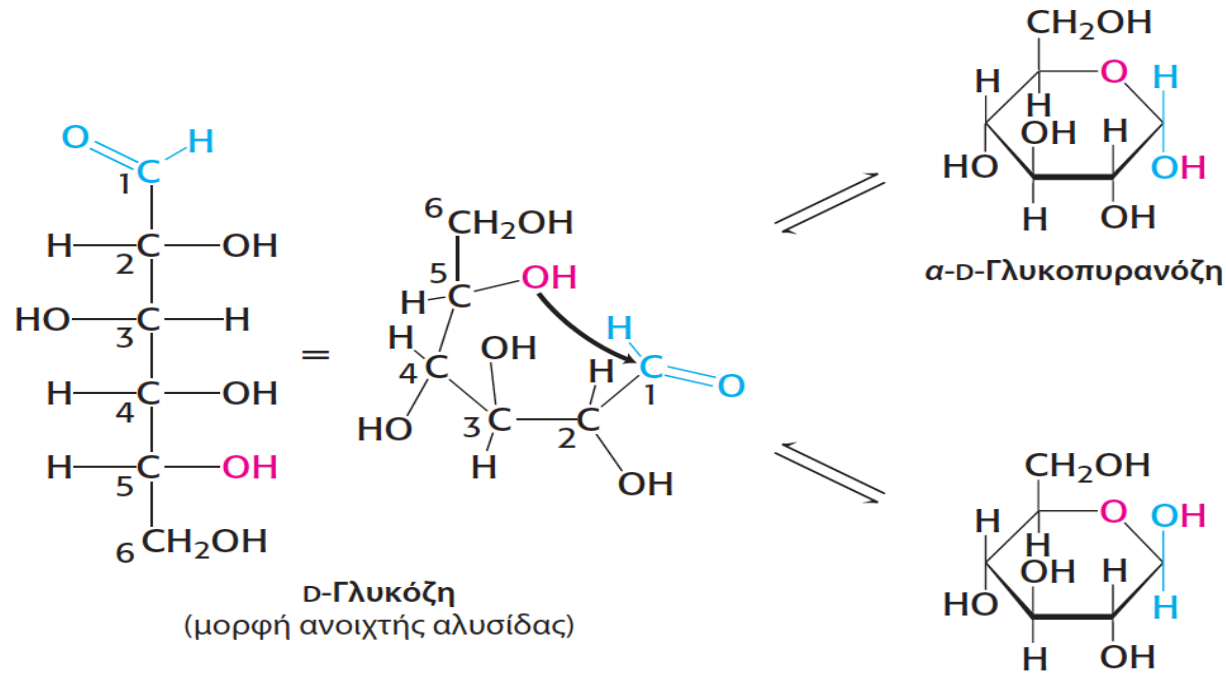


**Πυράνιο**



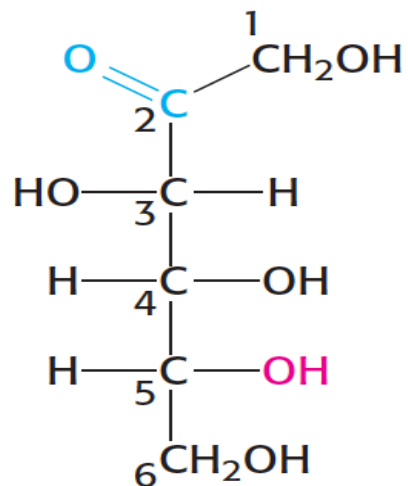
**Φουράνιο**



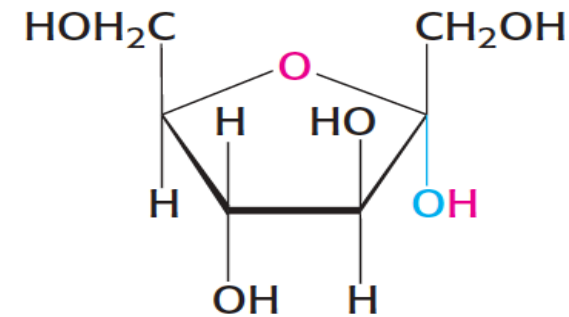
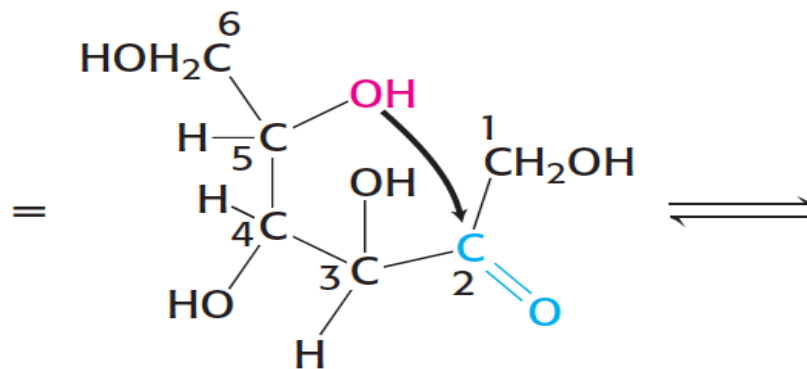


### Εικόνα 11.3 Σχηματισμός της πυρανόζης.

Η μορφή της ανοιχτής αλυσίδας κυκλοποιείται όταν η υδροξυλική ομάδα του C-5 επιτίθεται στο άτομο οξυγόνου της αλδεϋδικής ομάδας του C-1 και σχηματίζει μια ενδομοριακή ημιακετάλη. Μπορεί να προκύψουν δύο ανωμερείς μορφές που προσδιορίζονται με τα γράμματα α και β.

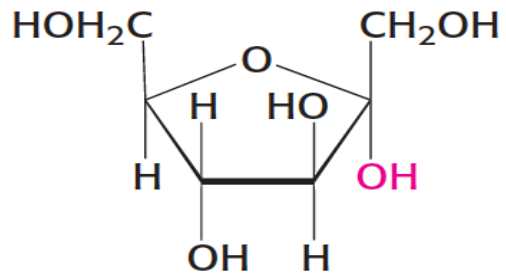


**D-Φρουκτόζη**  
(μορφή ανοιχτής αλυσίδας)

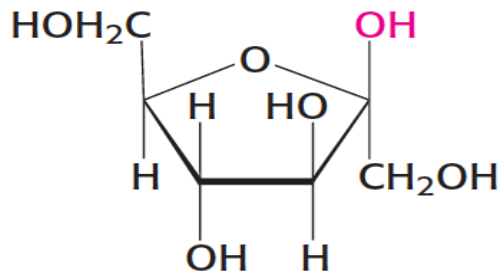


**α-D-Φρουκτοφουρανόζη**  
(κυκλική μορφή της φρουκτόζης)

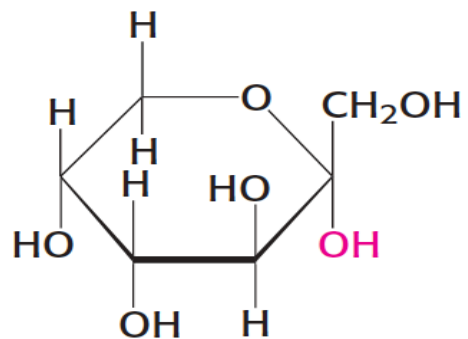
**Εικόνα 11.4 Σχηματισμός της φουρανόζης.** Η μορφή της ανοιχτής αλυσίδας της φρουκτόζης κυκλοποιείται σε έναν πενταμελή δακτύλιο όταν η υδροξυλική ομάδα του C-5 επιτίθεται στην κετονική ομάδα του C-2 και σχηματίζει μια ενδομοριακή ημικετάλη. Δύο ανωμερή είναι πιθανά, αλλά φαίνεται μόνο το ανωμερές α.



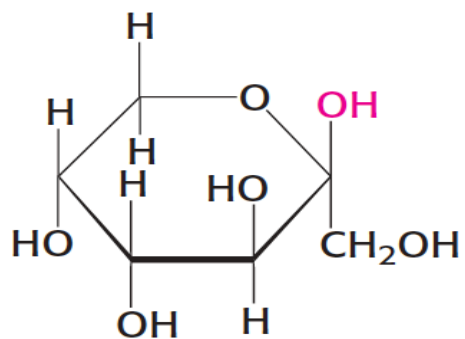
$\alpha$ -D-Φρουκτοφουρανόζη



$\beta$ -D-Φρουκτοφουρανόζη

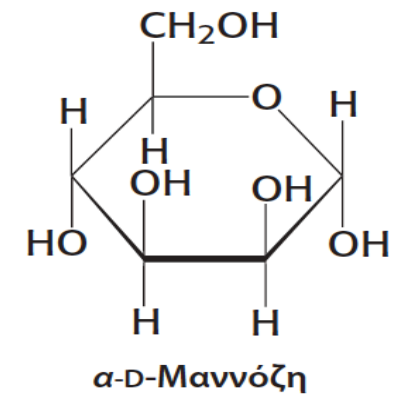
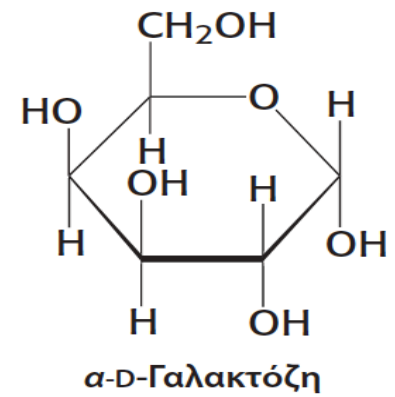
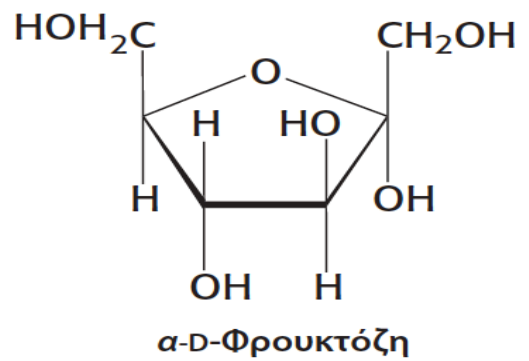
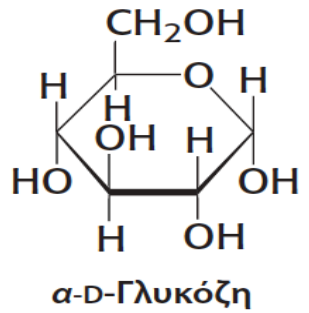
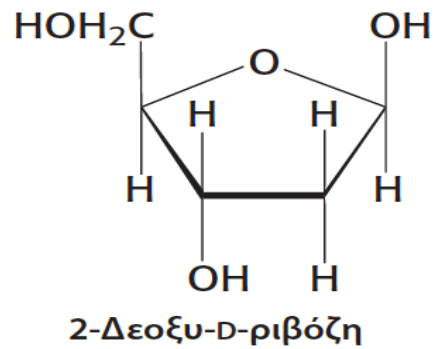
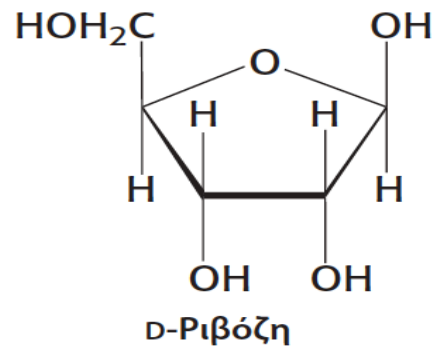


$\alpha$ -D-Φρουκτοπιυρανόζη



$\beta$ -D-Φρουκτοπιυρανόζη

**Εικόνα 11.5 Δομές δακτυλίου της φρουκτόζης.** Η φρουκτόζη μπορεί να σχηματίσει τους πενταμελείς δακτυλίους της φουρανόζης, αλλά και τους εξαμελείς δακτυλίους της πυρανόζης. Σε κάθε περίπτωση, είναι πιθανά και τα δύο ανωμερή,  $\alpha$  και  $\beta$ .

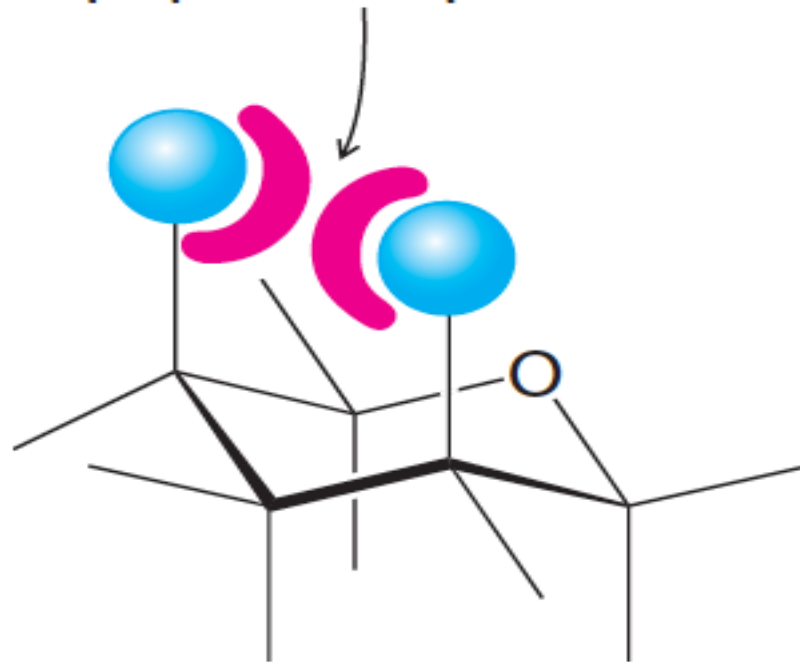


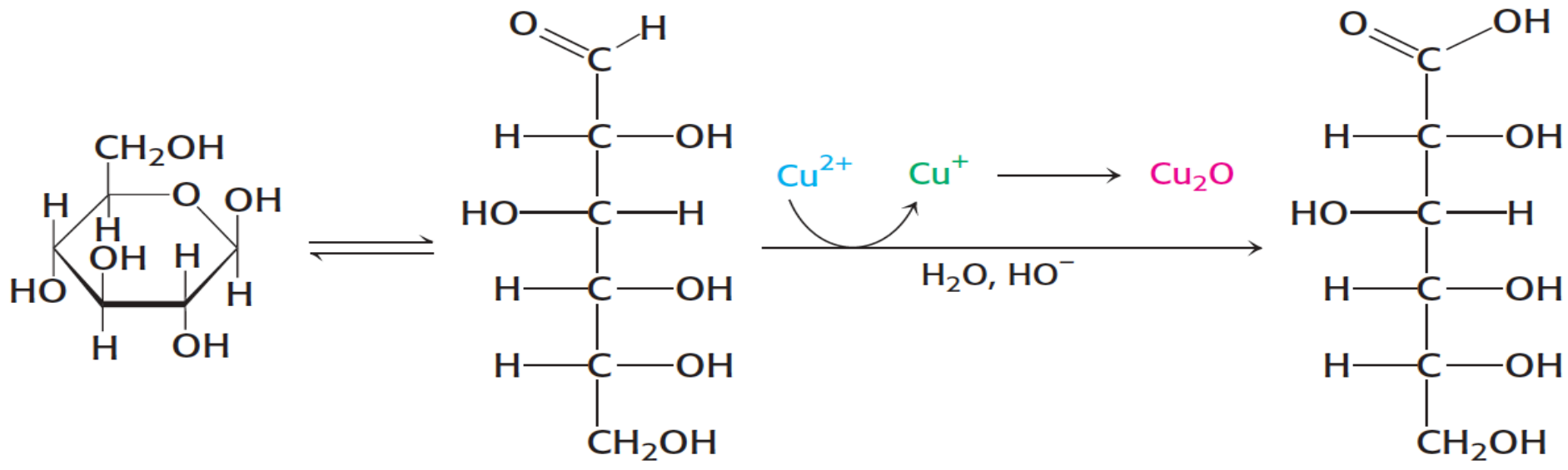
**Εικόνα 11.6 Κοινί μονοσακχαρίτες στη μορφή του δακτυλίου.**

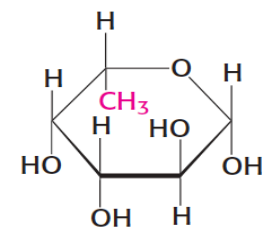




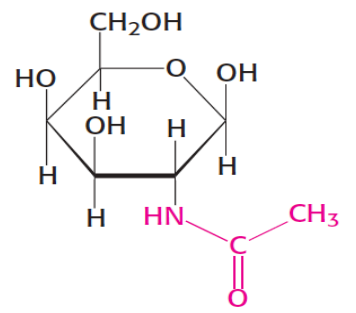
## Στερεοχημική παρεμπόδιση



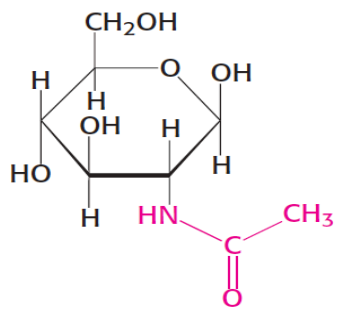




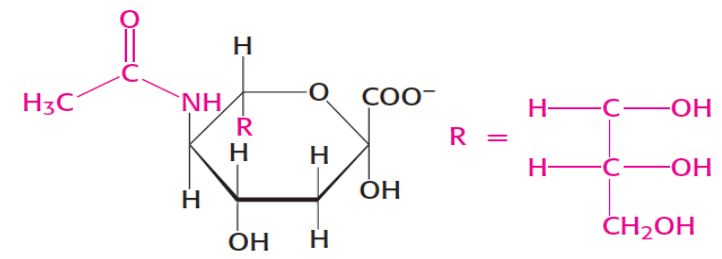
$\beta$ -L-Φουκόζη  
(Fuc)



$\beta$ -D-Ακετυλογαλακτοζαμίνη  
(GalNAc)

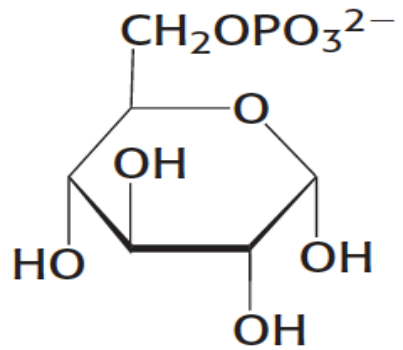


$\beta$ -D-Ακετυλογλυκοζαμίνη  
(GlcNAc)

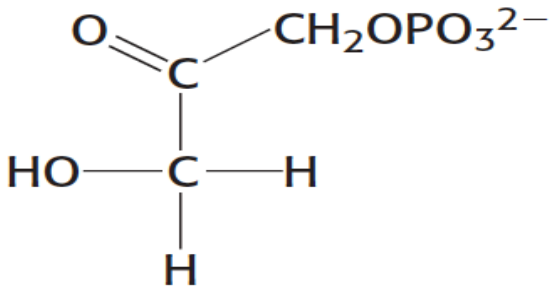


Σιαλικό οξύ (Sia)  
(N-Ακετυλνευραμινικό)

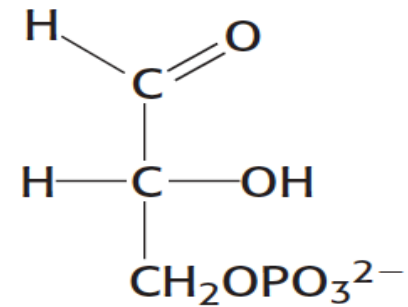
**Εικόνα 11.9 Τροποποιημένοι μονοσακχαρίτες.** Οι υδατάνθρακες μπορούν να τροποποιηθούν με την προσθήκη υποκαταστατών (με κόκκινο) διαφορετικών από τις υδροξυλικές ομάδες. Τέτοιοι τροποποιημένοι υδατάνθρακες εκφράζονται συχνά στις κυτταρικές επιφάνειες.



6-Φωσφορική γλυκόζη  
(G-6P)



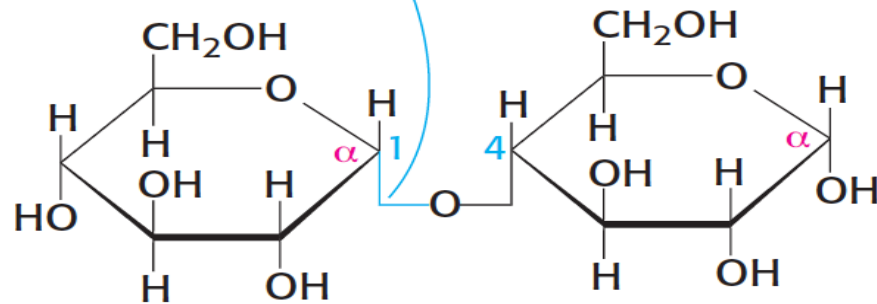
Φωσφορική  
διυδροξυακετόνη  
(DHAP)



3-Φωσφορική  
γλυκεραλδεΐδη  
(GAP)

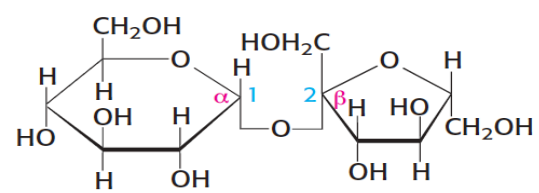


Γλυκοζιτικός δεσμός  $\alpha$ -1,4



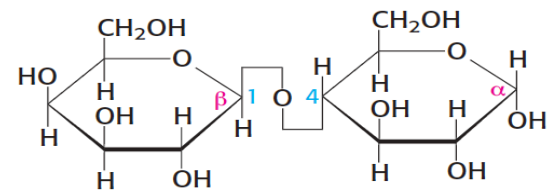
### Εικόνα 11.10 Μαλτόζη, ένας δισακχαρίτης.

Δύο μόρια γλυκόζης συνδέονται με έναν γλυκοζιτικό δεσμό  $\alpha$ -1,4 για να σχηματίσουν τον δισακχαρίτη μαλτόζη. Οι ορθές γωνίες στους δεσμούς στο κεντρικό άτομο οξυγόνου δεν υποδηλώνουν άτομα άνθρακα στην κορυφή τους. Οι γωνίες έχουν προστεθεί για την ευκολία της εικονογράφησης. Το μόριο της γλυκόζης στα δεξιά μπορεί να μεταπέσει στη μορφή της ανοιχτής αλυσίδας, η οποία είναι ικανή να δρα ως αναγωγικός παράγοντας. Το μόριο της γλυκόζης στα αριστερά δεν μπορεί να μεταπέσει στη μορφή της ανοιχτής αλυσίδας, διότι το άτομο άνθρακα C-1 είναι προσδεμένο σε ένα άλλο μόριο.



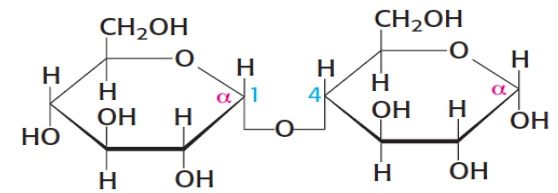
Σακχαρόζη

( $\alpha$ -D-Γλυκοπυρανοζυλο-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-φρουκτοφουρανόζη



Λακτόζη

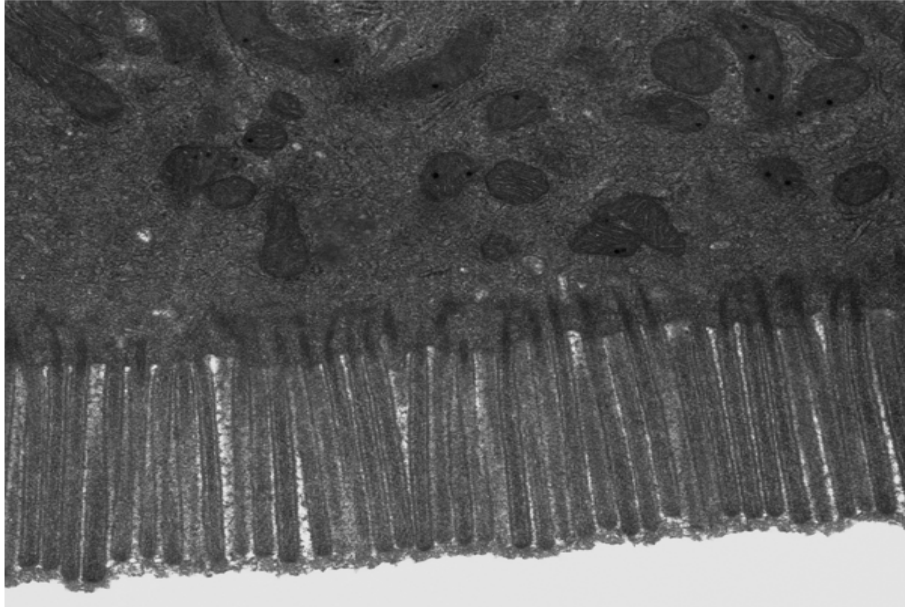
( $\beta$ -D-Γαλακτοπυρανοζυλο-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-γλυκοπυρανόζη



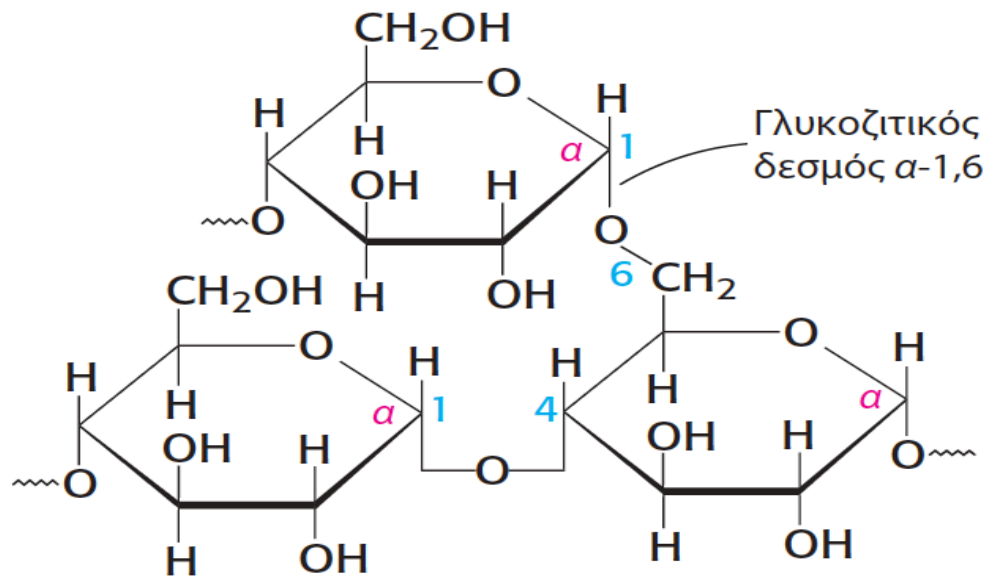
Μαλτόζη

( $\alpha$ -D-Γλυκοπυρανοζυλο-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-γλυκοπυρανόζη

**Εικόνα 11.11 Κοινοί δισακχαρίτες.** Η σακχαρόζη, η λακτόζη και η μαλτόζη είναι κοινά συστατικά των τροφών. Οι ορθές γωνίες στους δεσμούς στα κεντρικά άτομα οξυγόνου δεν υποδηλώνουν άτομα άνθρακα στην κορυφή τους.

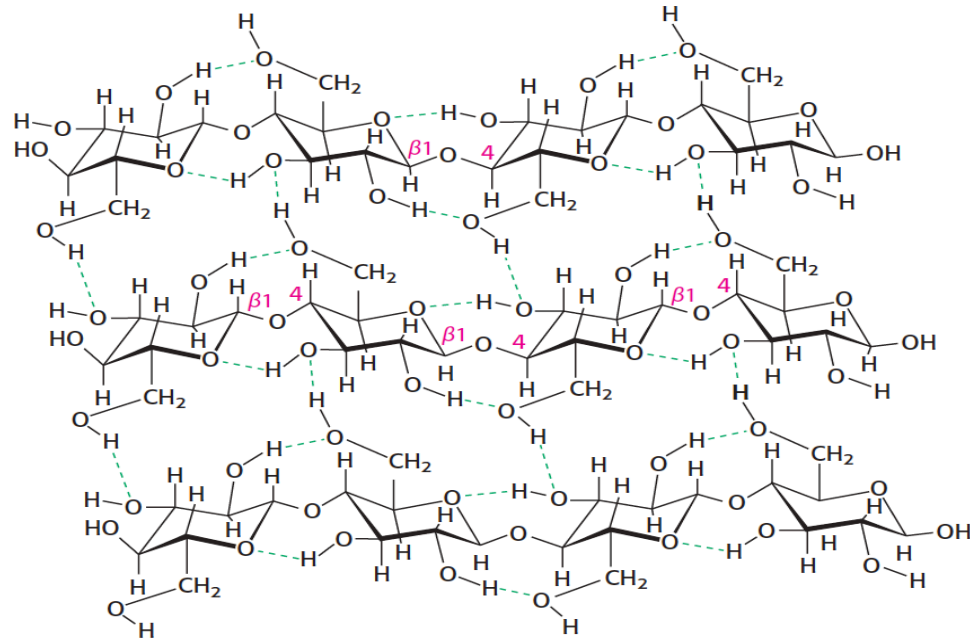


**Εικόνα 11.12 Ηλεκτρονιομικρογραφία μικρολαχνών.** Η λακτάση και άλλα ένζυμα που υδρολύουν υδατάνθρακες υπάρχουν στις μικρολάχνες που προβάλλουν από την εξωτερική πλευρά της κυτταρικής μεμβράνης των επιθηλιακών κυττάρων του λεπτού εντέρου. [Από Louisa Howard and Katherine Conolly. Ευγενική προσφορά Louisa Howard, Dartmouth College.]

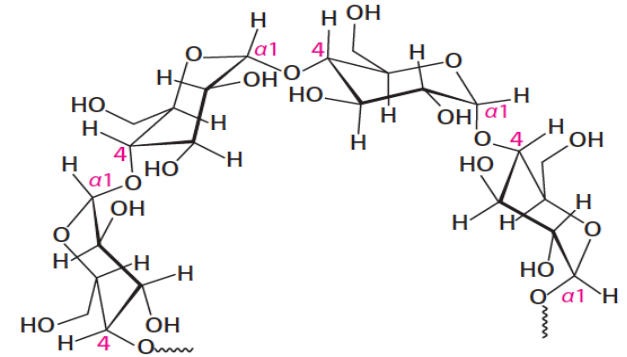


**Εικόνα 11.13 Σημείο διακλάδωσης στο γλυκογόνο.** Δύο αλυσίδες από μόρια γλυκόζης ενωμένα με γλυκοζιτικούς δεσμούς α-1,4 συνδέονται με έναν γλυκοζιτικό δεσμό α-1,6 για να δημιουργήσουν ένα σημείο διακλάδωσης. Ένας τέτοιος γλυκοζιτικός δεσμός α-1,6 σχηματίζεται περίπου ανά 10 μονάδες γλυκόζης, καθιστώντας το γλυκογόνο ένα πολύ διακλαδισμένο μόριο.



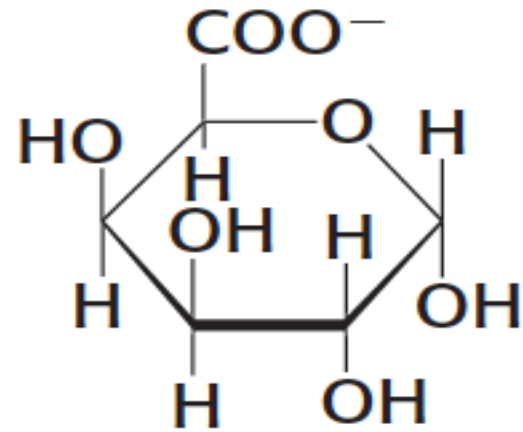


**Κυτταρίνη**  
(δεσμοί  $\beta$ -1,4)

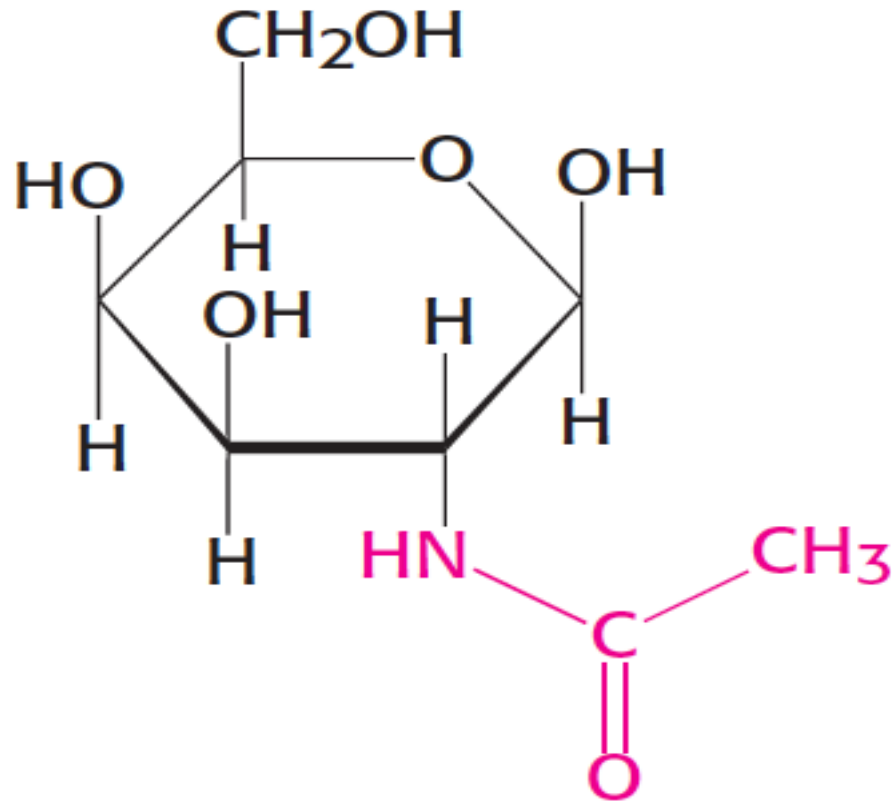


**Άμυλο και γλυκογόνο**  
(δεσμοί  $\alpha$ -1,4)

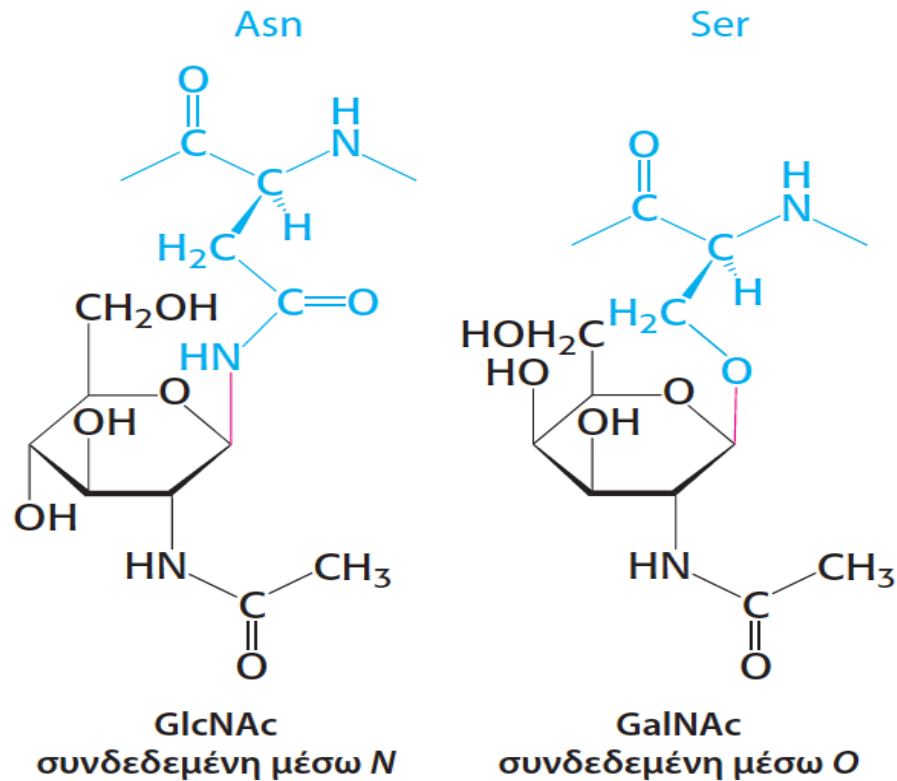
**Εικόνα 11.14** Οι γλυκοζιτικοί δεσμοί προσδιορίζουν τη δομή πολυσακχαρίτη. Οι δεσμοί  $\beta$ -1,4 ευνοούν τις ευθείες αλυσίδες, οι οποίες είναι οι καταλληλότερες για δομικούς σκοπούς. Οι δεσμοί  $\alpha$ -1,4 ευνοούν κοίλες δομές, οι οποίες είναι περισσότερο κατάλληλες για αποθήκευση.



**Γαλακτουρονικό οξύ**



$\beta$ -D-ακετυλογαλακτοζαμίνη  
(GalNAc)



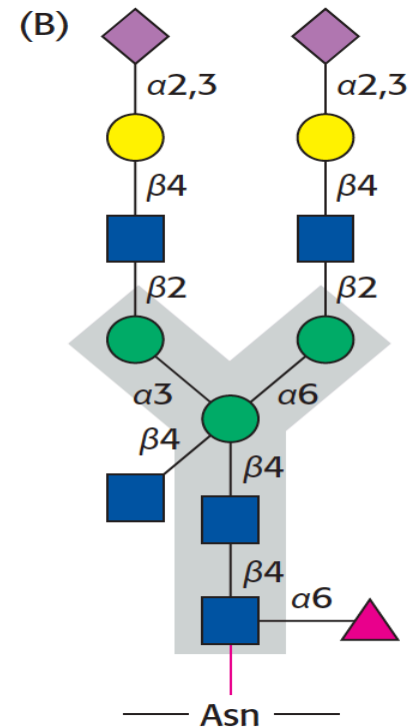
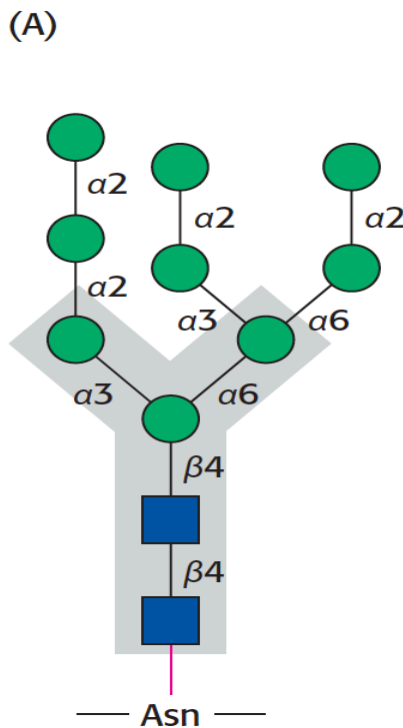
**Εικόνα 11.15 Γλυκοζιτικοί δεσμοί μεταξύ πρωτεϊνών και υδατανθράκων.**  
Ένας γλυκοζιτικός δεσμός συνδέει έναν υδατάνθρακα στην πλευρική αλυσίδα της ασπαραγίνης (σύνδεση μέσω *N*) ή στην πλευρική αλυσίδα της σερίνης ή της θρεονίνης (σύνδεση μέσω *O*). Οι γλυκοζιτικοί δεσμοί φαίνονται με κόκκινο.

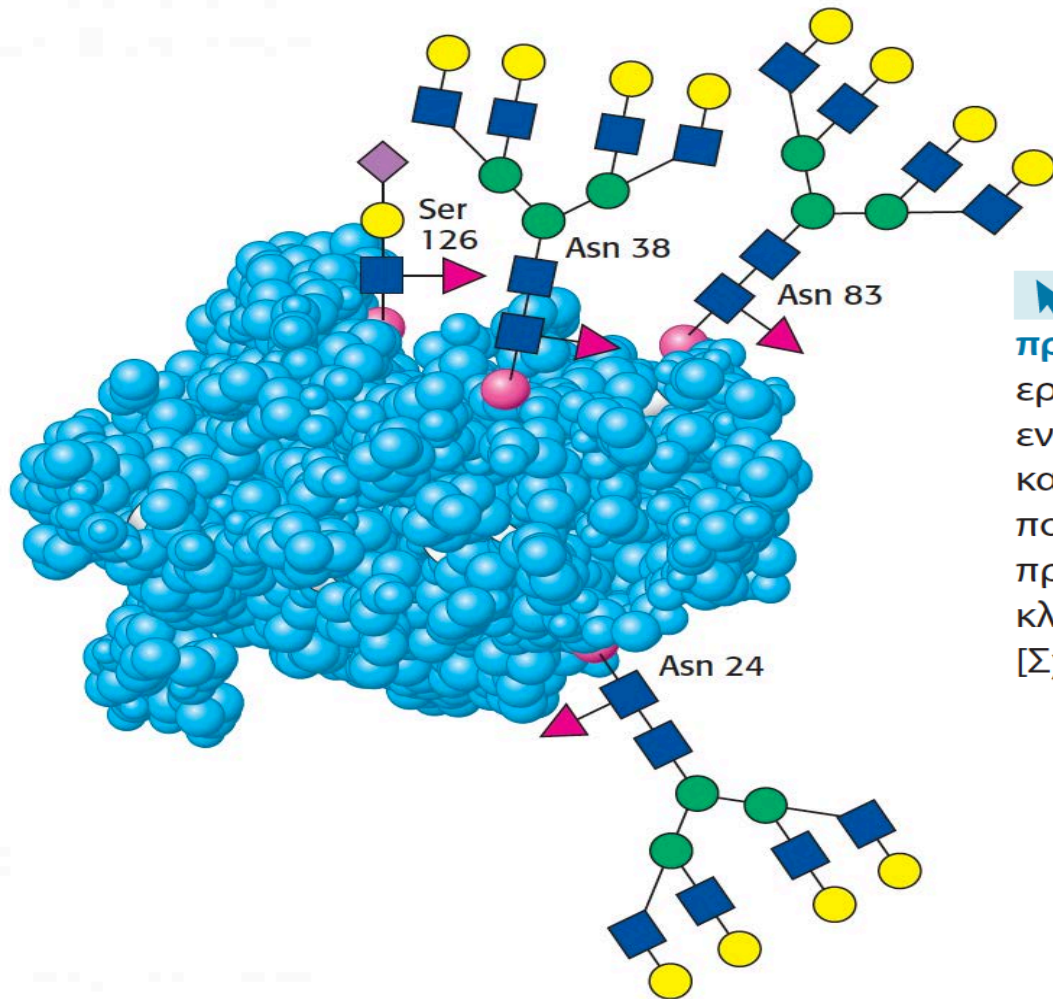


**Εικόνα 11.16 Ολιγοσακχαρίτες συνδεδεμένοι μέσω N.** Ένας πυρήνας πεντασακχαρίτη (σκιασμένος με γκρι) είναι κοινός σε όλους τους συνδεδεμένους μέσω N ολιγοσακχαρίτες και λειτουργεί ως θεμέλιο για μια μεγάλη ποικιλία ολιγοσακχαριτών συνδεδεμένων μέσω N, δύο από τους οποίους παρουσιάζονται: (A) τύπος υψηλής περιεκτικότητας σε μαννόζη, (B) σύμπλοκος τύπος.

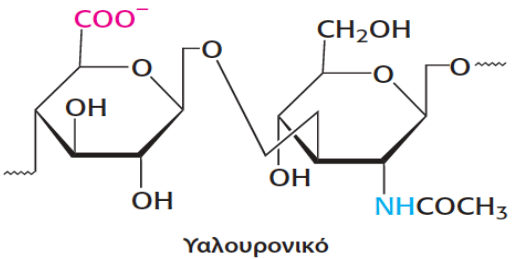
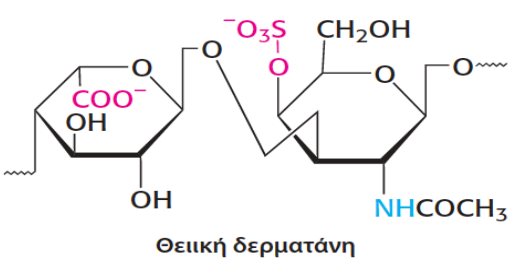
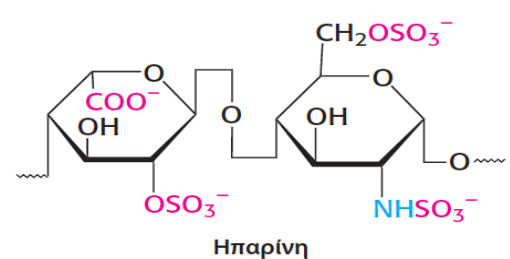
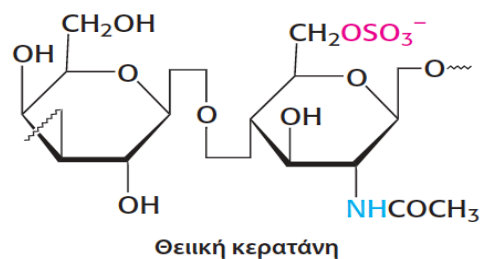
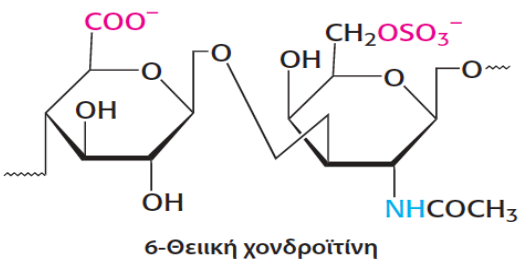
Συντομογραφίες για σάκχαρα

|        |  |                        |
|--------|--|------------------------|
| Fuc    |  | Φουκόζη                |
| Gal    |  | Γαλακτόζη              |
| GalNAc |  | N-Ακετυλογαλακτοζαμίνη |
| Glc    |  | Γλυκόζη                |
| GlcNAc |  | N-Ακετυλογλυκοζαμίνη   |
| Man    |  | Μαννόζη                |
| Sia    |  | Σιαλικό οξύ            |



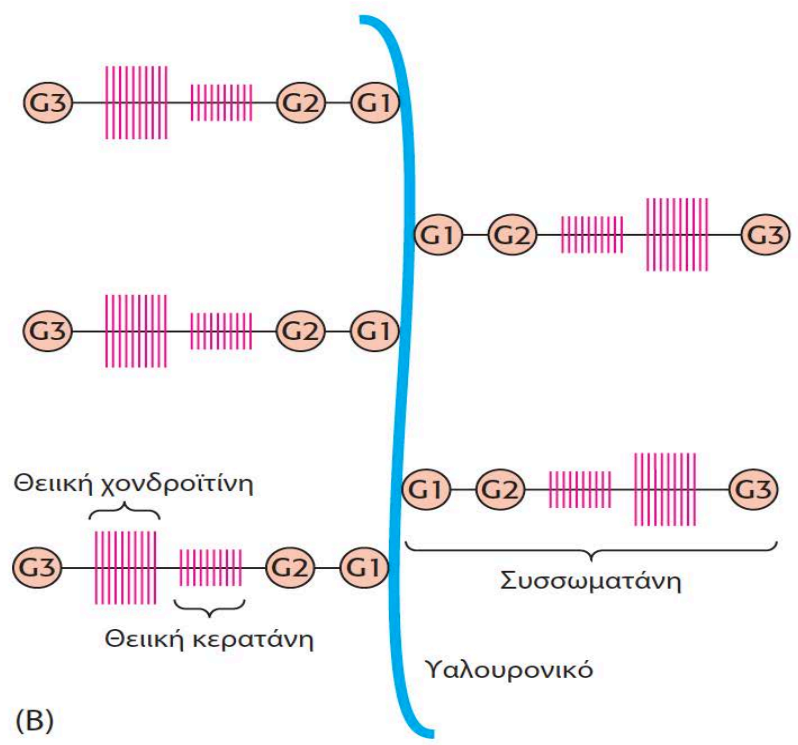
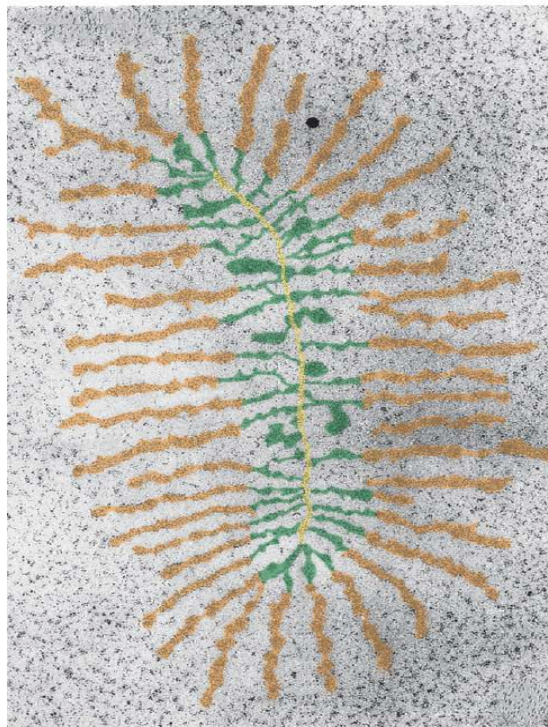


**Εικόνα 11.17 Ολιγοσακχαρίτες προσδεμένοι στην ερυθροποιητίνη.** Η ερυθροποιητίνη έχει ολιγοσακχαρίτες ενωμένους σε τρία κατάλοιπα ασπαραγίνης και σε ένα κατάλοιπο σερίνης. Οι δομές που βλέπουμε είναι σε κλίμακα κατά προσέγγιση. Βλ. Εικόνα 11.16 για την κλειδα συμβολισμών των υδατανθράκων. [Σχεδιασμένο από 1BUY.pdb.]



**Εικόνα 11.18 Επαναλαμβανόμενες μονάδες στις γλυκοζαμινογλυκάνες.** Οι δομικοί τύποι πέντε επαναλαμβανόμενων μονάδων σημαντικών γλυκοζαμινογλυκανών καταδεικνύουν την ποικιλομορφία των πιθανών τροποποιήσεων και δεσμών. Οι αμινικές ομάδες φαίνονται με μπλε και οι αρνητικά φορτισμένες ομάδες με κόκκινο. Τα άτομα υδρογόνου παραλείφθηκαν χάριν σαφήνειας. Η δεξιά δομή, στην κάθε περίπτωση, είναι παράγωγο γλυκοζαμίνης.





(A) 300 nm

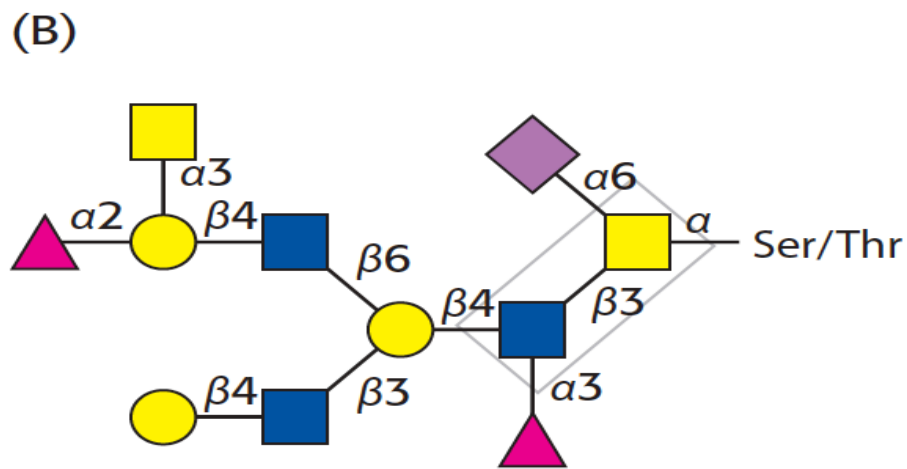
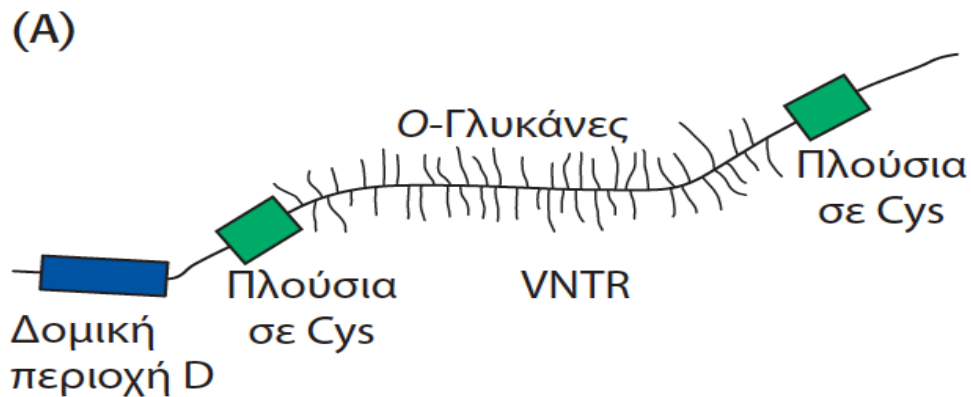
(B)

**Εικόνα 11.20 Δομή της πρωτεογλυκάνης από χόνδρο.** (A) Ηλεκτρονιομικρογραφία μιας πρωτεογλυκάνης από χόνδρο (με την προσθήκη ψευδούς χρώματος). Τα μονομερή της πρωτεογλυκάνης αναδύονται πλευρικά σε κανονικά διαστήματα από τις αντίθετες πλευρές ενός κεντρικού νηματίου υαλουρονικού. (B) Σχηματική αναπαράσταση. G = σφαιρική δομική περιοχή. [Ευγενική προσφορά Dr. Lawrence Rosenberg. Από J.A. Buckwalter and L. Rosenberg. *Collagen Relat. Res.* 3:489-504, 1983.]

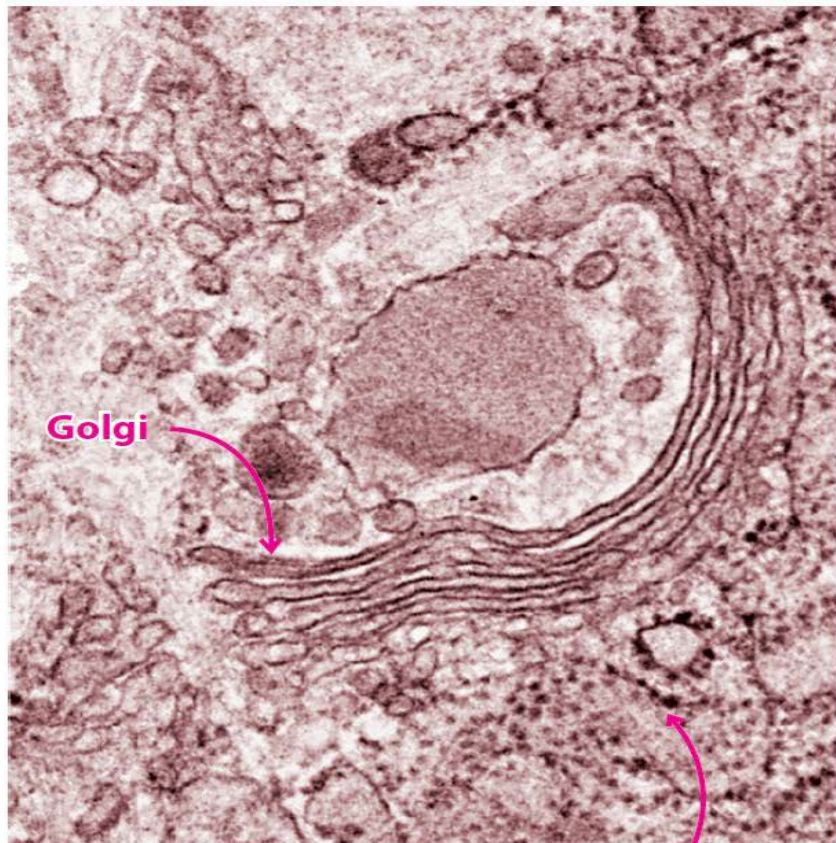




**Εικόνα 11.21 Η χιτίνη, μια γλυκοζαμινογλυκάνη, υπάρχει στα φτερά των εντόμων και στον εξωσκελετό. Οι γλυκοζαμινογλυκάνες είναι συστατικά του εξωσκελετού των εντόμων, των οστρακοδέρμων και των αραχνοειδών. [FLPA/Alarmy.]**



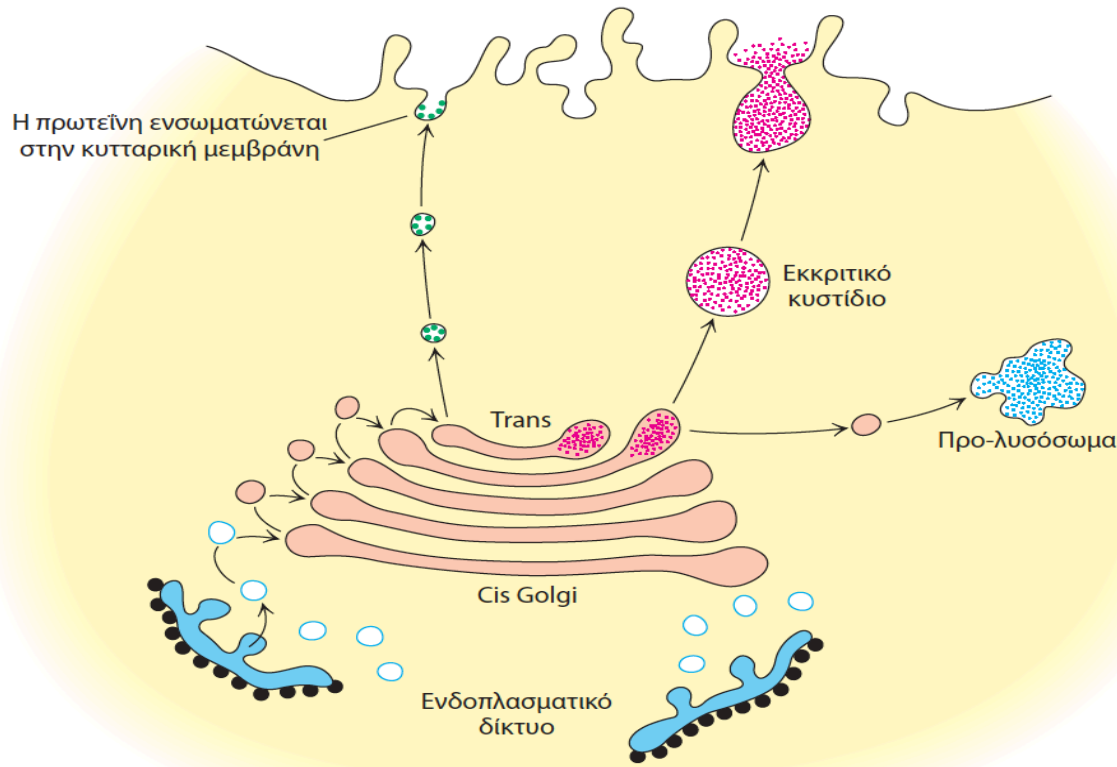
**Εικόνα 11.22 Η δομή της βλεννίνης.**  
 (A) Σχηματική αναπαράσταση μιας βλεννοπρωτεΐνης. Η περιοχή VNTR είναι γλυκοζυλιωμένη σε πολύ μεγάλο βαθμό, ωθώντας το μόριο σε μια εκτεταμένη στερεοδιάταξη. Οι πλούσιες σε κυστεΐνη δομικές περιοχές και η δομική περιοχή D διευκολύνουν τον πολυμερισμό πολλών τέτοιων μορίων. (B) Παράδειγμα ολιγοσακχαρίτη ο οποίος είναι προσδεμένος στην περιοχή VNTR της πρωτεΐνης. [Κατά Α. Varki et al. (Eds.), *Essentials of Glycobiology*, 2d ed. (Cold Spring Harbor Press, 2009), pp. 117, 118.]



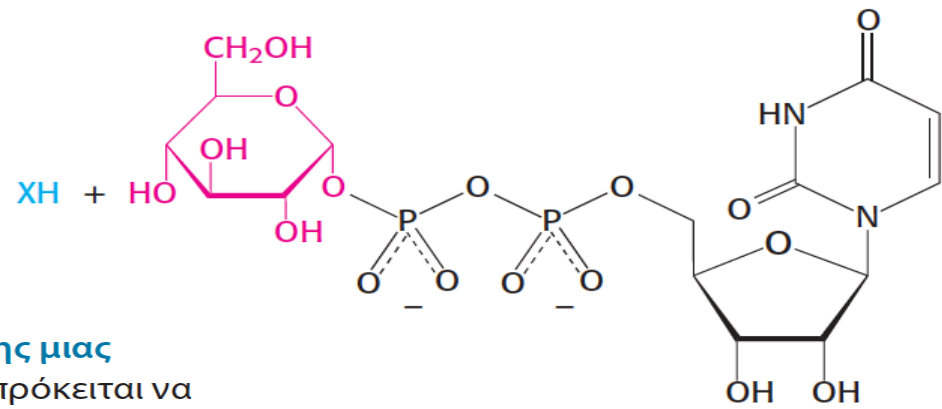
Golgi

Ενδοπλασματικό δίκτυο

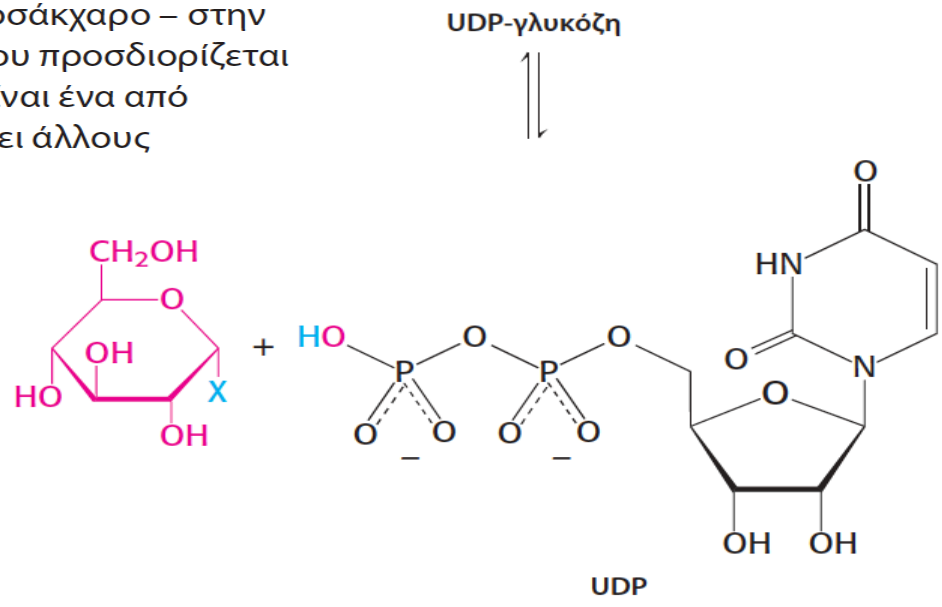
**Εικόνα 11.23 Συσκευή Golgi και ενδοπλασματικό δίκτυο.** Η ηλεκτρονιομικρογραφία δείχνει τη συσκευή Golgi και το παρακείμενο ενδοπλασματικό δίκτυο. Οι μαύρες τελείες στην επιφάνεια της κυτταροπλασματικής πλευράς του ΕΔ είναι ριβοσώματα. [Ευγενική προσφορά Lynne Mercer.]



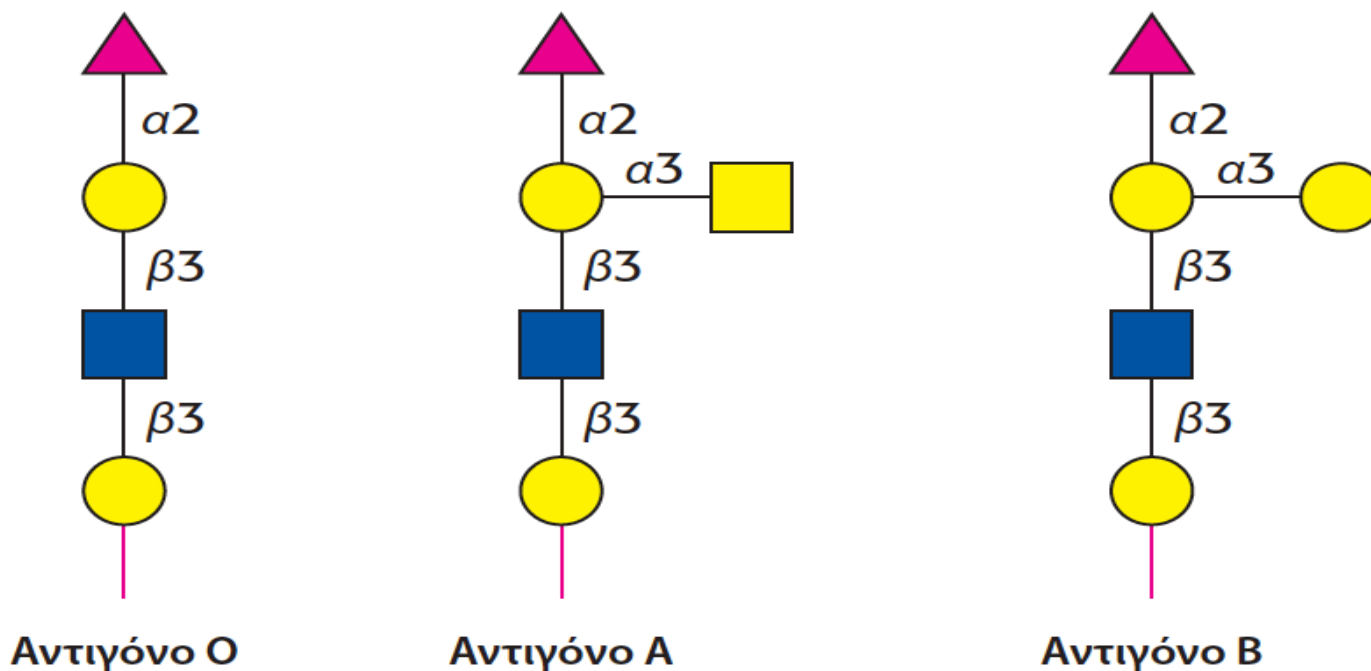
**Εικόνα 11.24 Η συσκευή Golgi ως κέντρο ταξινόμησης.** Η συσκευή Golgi είναι το κέντρο ταξινόμησης για τη στόχευση των πρωτεϊνών στα λυσοσώματα, στα εκκριτικά κυστίδια και στην κυτταρική μεμβράνη. Η πλευρά της συσκευής Golgi που βλέπει προς το ΕΔ (cis) δέχεται κυστίδια από το ΕΔ και η εκκριτική πλευρά (trans) στέλνει μια διαφορετική ομάδα κυστιδίων στις περιοχές στόχευσης. Επίσης, τα κυστίδια μεταφέρουν πρωτεΐνες από το ένα διαμέρισμα της συσκευής Golgi στο άλλο. [Ευγενική προσφορά Dr. Marilyn Farquhar.]



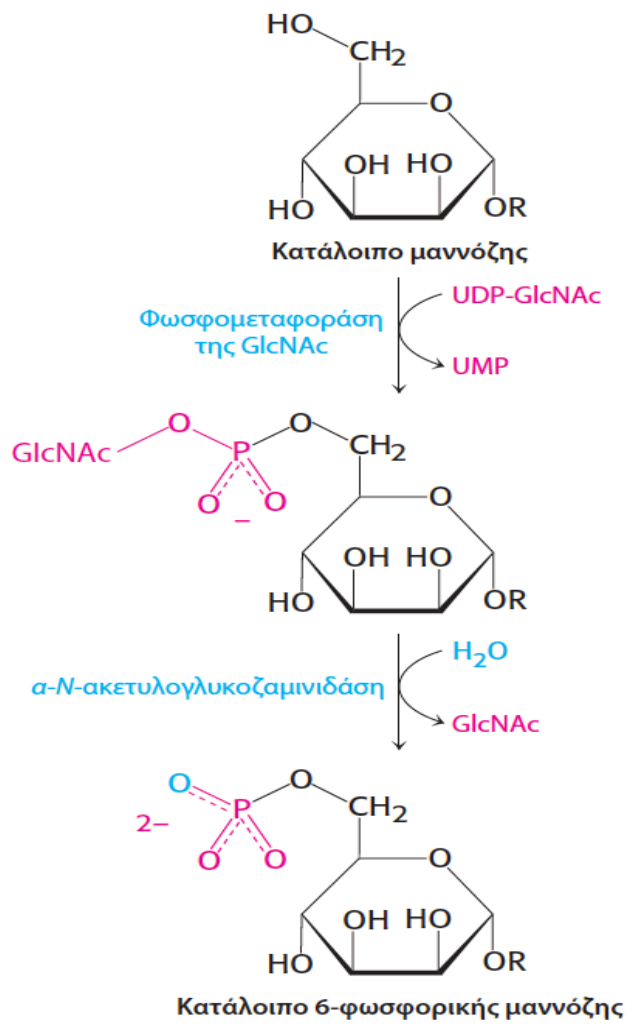
**Εικόνα 11.25 Γενική μορφή της αντίδρασης μιας γλυκοζυλομεταφοράς.** Το σάκχαρο που πρόκειται να προστεθεί προέρχεται από ένα νουκλεοτιδιοσάκχαρο – στην περίπτωση αυτή, UDP-γλυκόζη. Ο δέκτης, που προσδιορίζεται σε αυτή την απεικόνιση με το X, μπορεί να είναι ένα από μια ποικιλία βιομορίων, η οποία περιλαμβάνει άλλους υδατάνθρακες ή πρωτεΐνες.



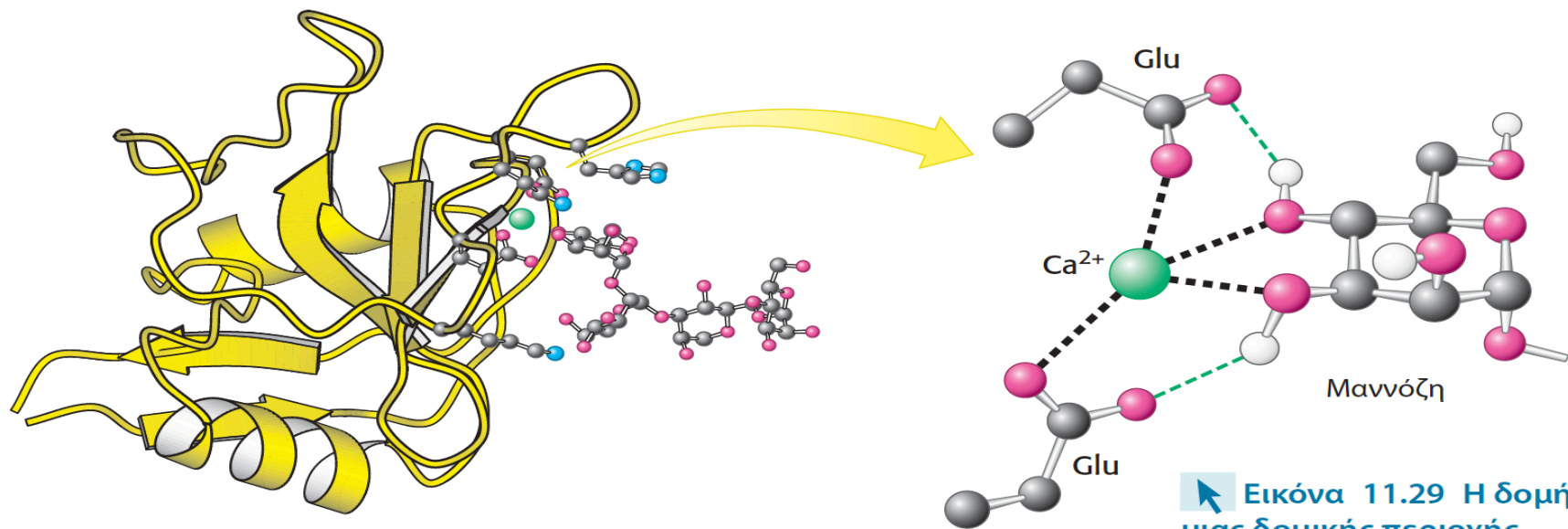





**Εικόνα 11.26** Δομές των ολιγοσακχαρικών αντιγόνων A, B και O. Οι δομές των υδατανθράκων που βλέπουμε αναπαριστούνται συμβολικά εφαρμόζοντας μια σύμβαση (βλ. τις συντομογραφίες στην Εικόνα 11.16) που χρησιμοποιείται ευρέως.

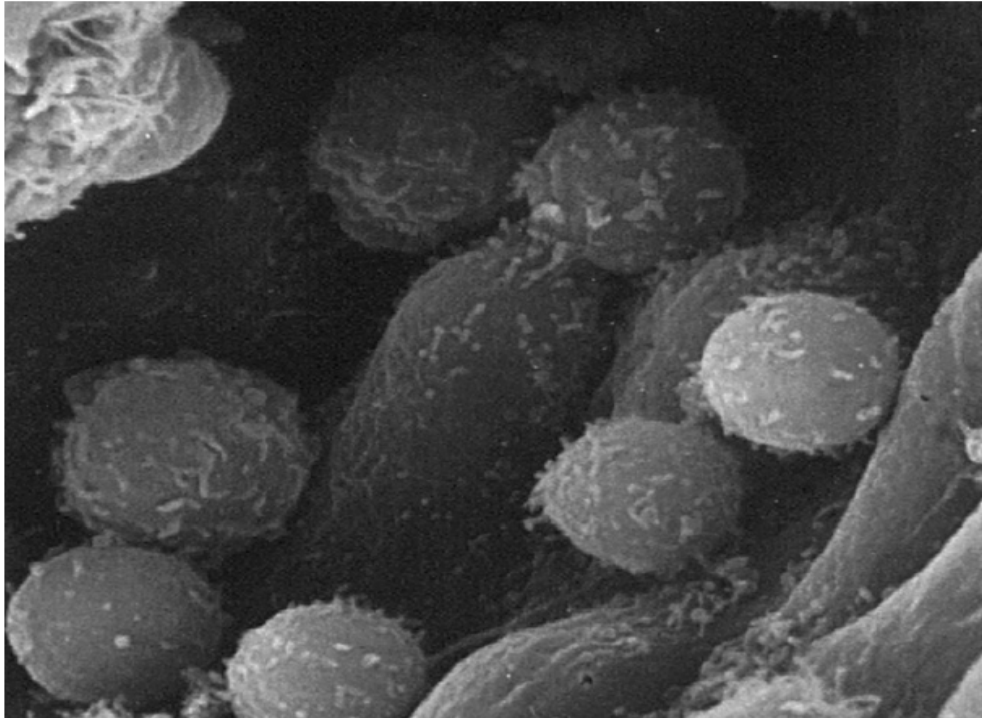


**Εικόνα 11.27 Σχηματισμός ενός δείκτη 6-φωσφορικής μαννόζης.** Μια γλυκοπρωτεΐνη που προορίζεται για τα λυσοσώματα σε μια διεργασία δύο βημάτων αποκτά στο διαμέρισμα cis της συσκευής Golgi έναν φωσφορικό δείκτη. Πρώτον, η φωσφομεταφοράση της GlcNAc προσθέτει στην 6-OH μιας μαννόζης μια φωσφο-N-ακετυλογλυκοζαμίνη και στη συνέχεια μια N-ακετυλογλυκοζαμινιδάση αφαιρεί την ομάδα σακχάρου που είχε προστεθεί για να παραχθεί στον πυρήνα του ολιγοσακχαρίτη ένα κατάλοιπο 6-φωσφορικής μαννόζης.

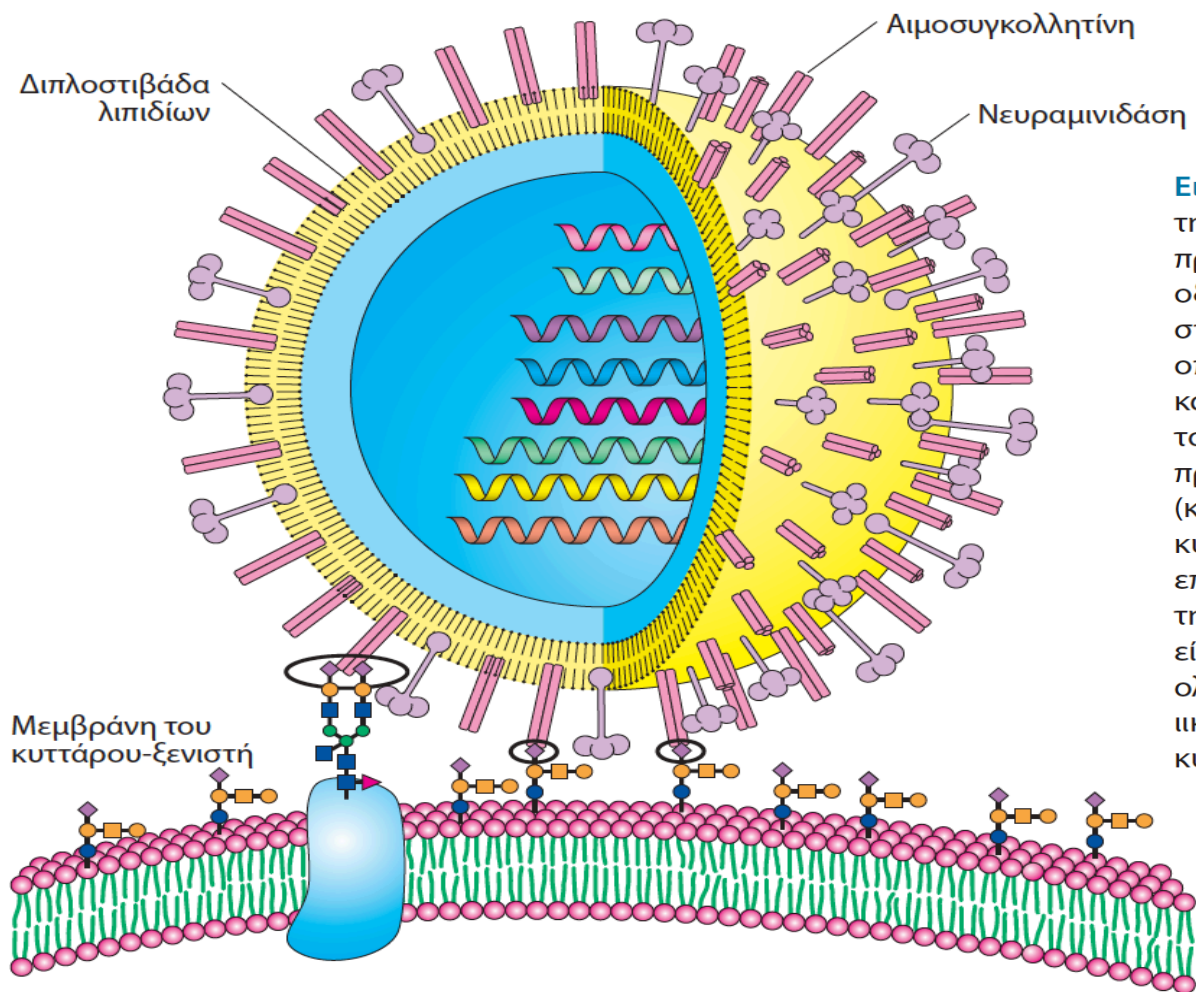


 **Εικόνα 11.29** Η δομή μιας δομικής περιοχής τύπου C για πρόσδεση υδατάνθρακα από μια ζωική λεκτίνη. Παρατηρήστε ότι ένα ιόν ασβεστίου προσδένει ένα κατάλοιπο μαννόζης στη λεκτίνη. Φαίνονται επιλεγμένες αλληλεπιδράσεις, ενώ μερικά άτομα υδρογόνου παραλείφθηκαν χάριν σαφήνειας. [Σχεδιασμένο από 2MSC.pdb.]

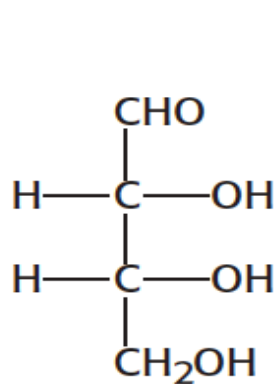




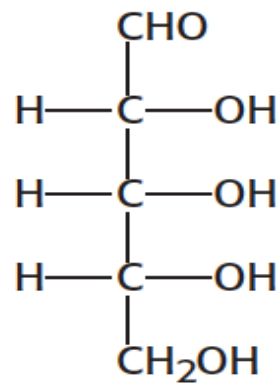
**Εικόνα 11.30 Οι επιλεκτικές διεκπεραιώνουν τις αλληλεπιδράσεις των κυττάρων.** Η ηλεκτρονιομικρογραφία σάρωσης δείχνει λεμφοκύτταρα προσκολλημένα στο ενδοθήλιο ενός αγγείου λεμφογαγγλίου. Οι επιλεκτικές L της επιφάνειας των λεμφοκυττάρων προσδέονται ειδικά σε υδατάνθρακες του ενδοθηλίου των αγγείων των λεμφαδένων. [Ευγενική προσφορά Dr. Eugene Butcher.]



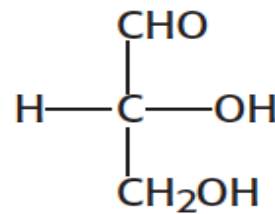
**Εικόνα 11.31 Υποδοχείς ιών.** Ο ιός της γρίπης στοχεύει κύτταρα με το να προσδέεται σε κατάλοιπα του σιαλικού οξέος (πορφυροί ρόμβοι) που εντοπίζονται στα άκρα των ολιγοσακχαριτών οι οποίοι υπάρχουν στις γλυκοπρωτεΐνες και τα γλυκολιπίδια στην επιφάνεια του κυττάρου. Αυτοί οι υδατάνθρακες προσδέονται από την αιμοσυγκολλητίνη (κύκλοι αλληλεπίδρασης), μία από τις κύριες πρωτεΐνες που εκφράζονται στην επιφάνεια του ιού. Η άλλη κύρια πρωτεΐνη της επιφάνειας του ιού, η νευραμινιδάση, είναι ένα ένζυμο που διασπά αλυσίδες ολιγοσακχαριτών για να απελευθερώσει το ιικό σωματίο σε μεταγενέστερο στάδιο του κύκλου ζωής του ιού.



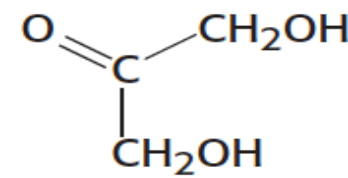
D-Ερυθρόζη



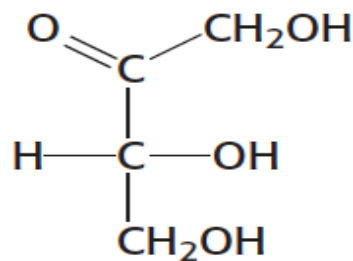
D-Ριβόζη



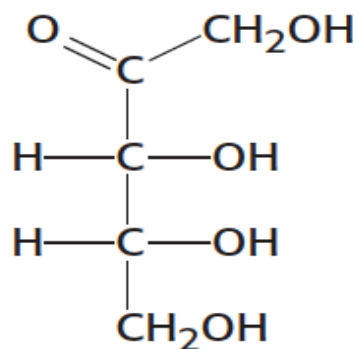
D-Γλυκεραλδεΐδη



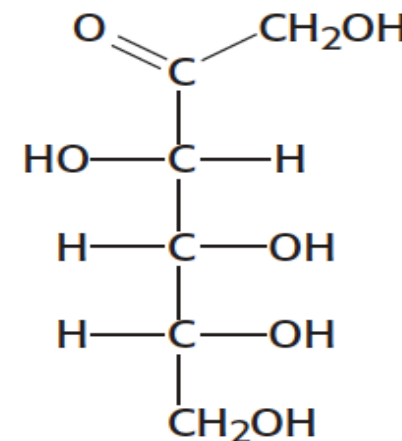
Διυδροξυακετόνη



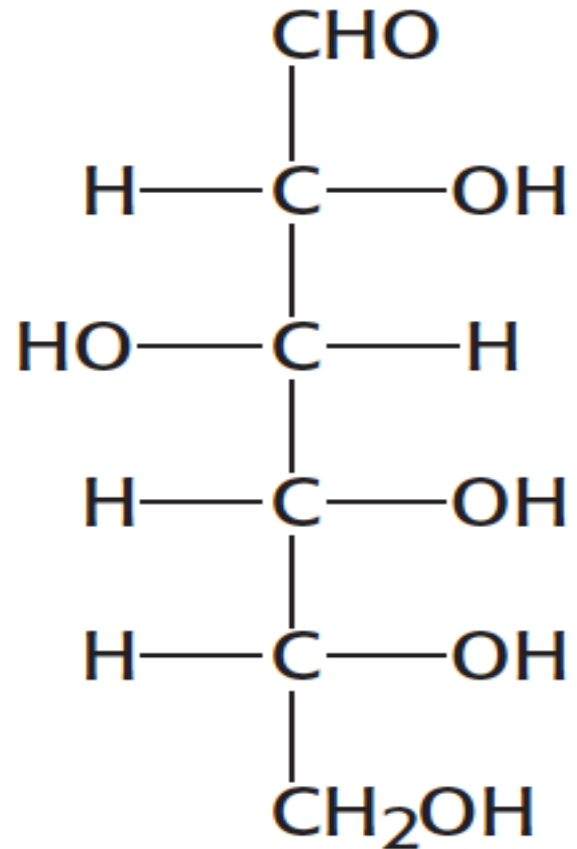
D-Ερυθρουλόζη



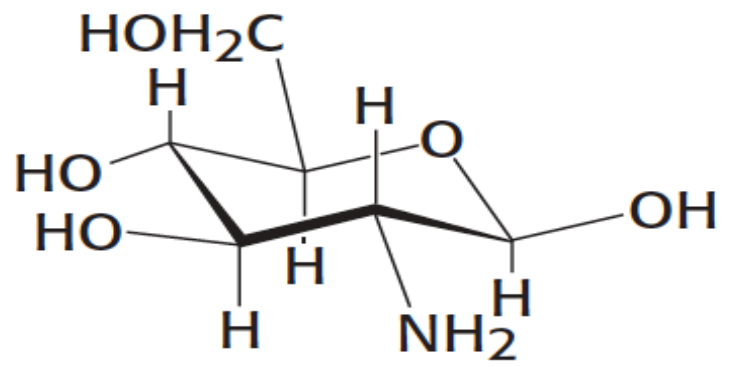
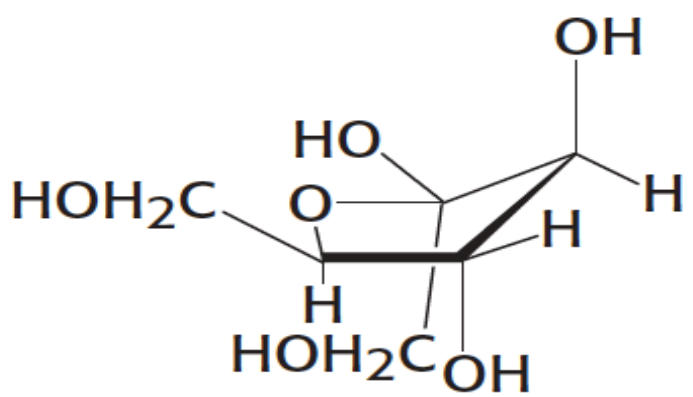
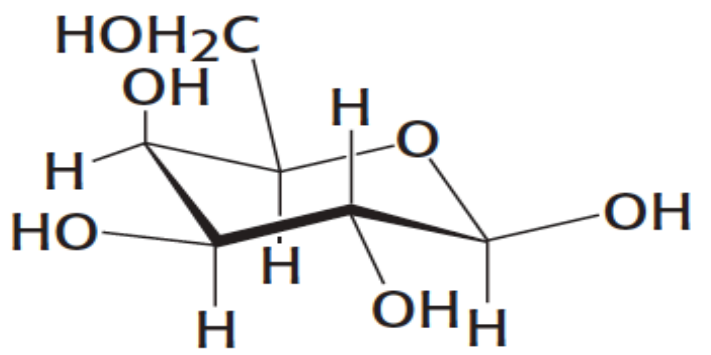
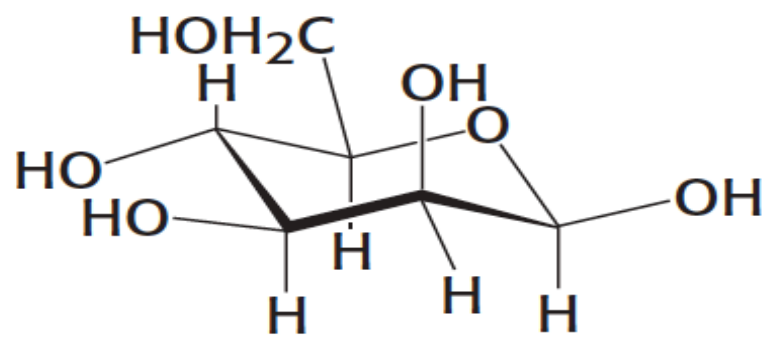
D-Ριβουλόζη

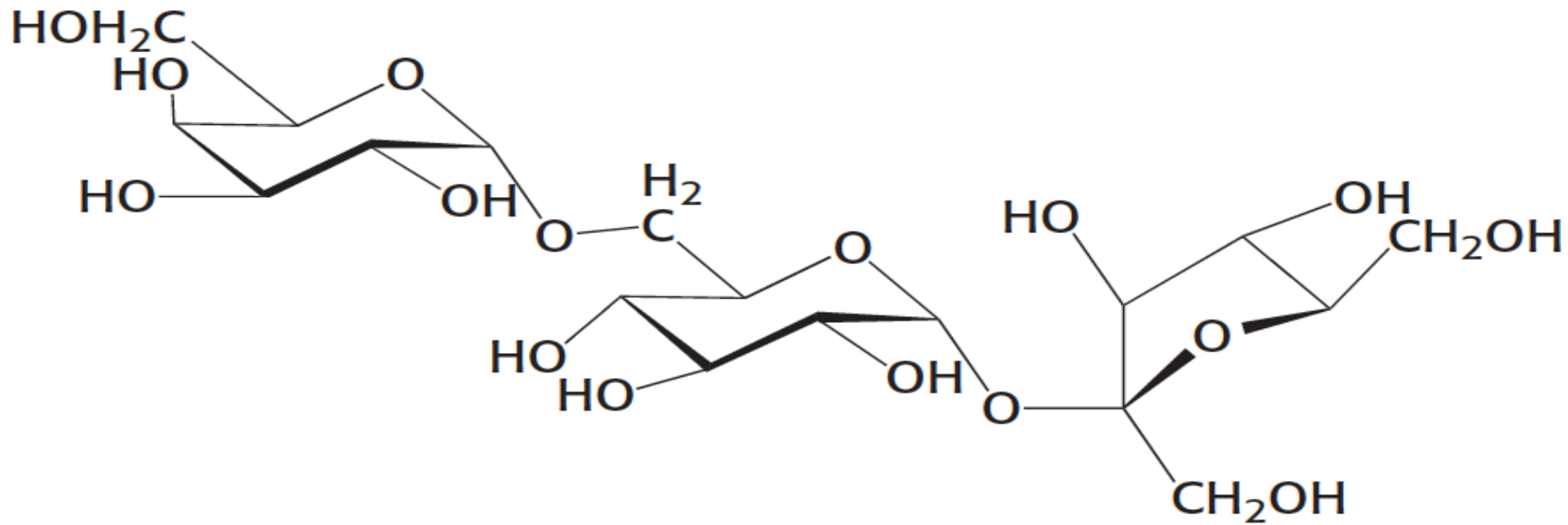


D-Φρουκτόζη

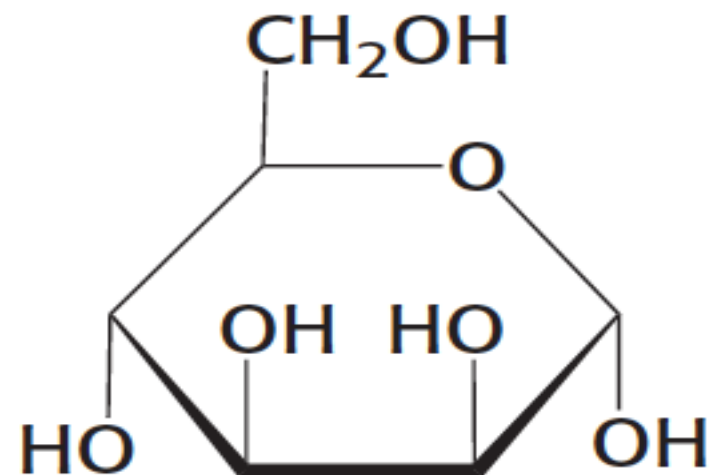


D-Γλυκόζη

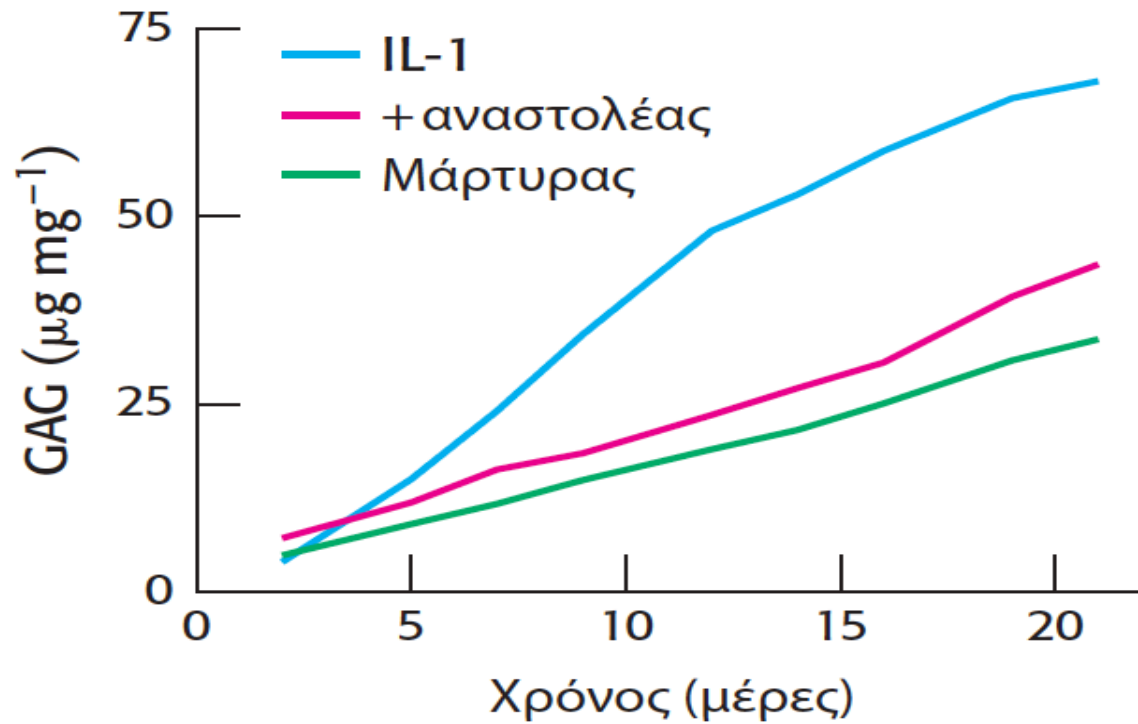




Ραφινόζη



*α-D-Μαννόζη*



[Κατά M. A. Pratta et al., *J. Biol. Chem.* 278:45539–45545, 2003, Fig. 7B.]





# Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5<sup>η</sup> έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου [www.whfreeman.com/Berg7e/](http://www.whfreeman.com/Berg7e/)
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3<sup>η</sup> έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8<sup>η</sup> έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2010.
4. Γ. Μουρκίδη, Γεωργική Χημεία, Θεσσαλονίκη, 1971. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
5. Geoffrey [Zubay](#), William [Parson](#), Diane E. [Vance](#). Αρχές βιοχημείας, [ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα 1999. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
6. David L. [Nelson](#), Michael M. [Cox](#). *Lehninger*, Principles of Biochemistry (υπάρχει και μεταφρασμένη ελληνική έκδοση) Βασικές αρχές βιοχημείας. Μεταφραστές: Κ.Ε. [Σταματόπουλος](#), Α.Ν. [Χατζηδημητρίου](#). Επιμελητής: Α.Γ. [Παπαβασιλείου](#). [ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα, 2007. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
7. Mathews D, van Holde KE. BIOCHEMISTRY, 3<sup>rd</sup> edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2<sup>η</sup> εκτύπωση, 2001. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
9. ΙΓ Γεωργιάτσου, Δ. Κυριακίδης, Τ. Γιουψάνης, κ.ά. Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη, 2004. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
10. Οδηγός μελέτης του μαθήματος (φυλλάδιο που χορηγείται στη διάλεξη).



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Γεώργιος Παπαδόπουλος.

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας.

Έκδοση: 1.0 Ιωάννινα, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG119/>





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αντώνιος Σακελλάριος  
Ιωάννινα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΒΟΝΤΠΕΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





# Τέλος Ενότητας

Σάκχαρα, μονοσακχαρίτες, πολυσακχαρίτες



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για τη ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ