

# ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

Π.ΜΟΥΤΣΑΤΣΟΥ  
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΕΚΠΑ



- Αγαπητοί φοιτητές,
- Θα θέλαμε να σας ενημερώσουμε ότι η αντιγραφή, καταγραφή, αναπαραγωγή, μετάδοση ή διανομή με οποιοδήποτε τρόπο, του συνόλου ή μέρους των ηλεκτρονικών μαθημάτων, χωρίς προηγούμενη ρητή γραπτή συγκατάθεση του διδάσκοντος δεν επιτρέπεται βάσει νόμου.
- Το ίδιο ισχύει και για τις διαφάνειες/παρουσιάσεις που αναρτώνται στην ηλεκτρονική τάξη του μαθήματος, οι οποίες είναι στη διάθεσή σας για προσωπική χρήση και εκπαιδευτικούς σκοπούς.
-

# ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

## Ομοπολυσακχαρίτες

Μη  
διακλαδισμένοι



Διακλαδι-  
σμένοι



## Ετεροπολυσακχαρίτες

Δύο είδη  
μονομερών,  
μη διακλα-  
δισμένοι



Πολλά είδη  
μονομερών,  
διακλα-  
δισμένοι



# ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

- Αποθηκευμένα καύσιμα (άμυλο, γλυκογόνο)
- Δομικά υλικά (κυτταρίνη, χιτίνη, πεπτιδογλυκάνες)
- Φορείς πληροφοριών

A) Παρέχουν επικοινωνία μεταξύ κυττάρων και του εξωκυττάριου περιβάλλοντος

B) Επισημαίνουν πρωτεΐνες για μεταφορά σε ειδικά οργανίδια ή για καταστροφή

Γ) Λειτουργούν ως θέσεις αναγνώρισης εξωκυττάριων σηματοδοτικών μορίων

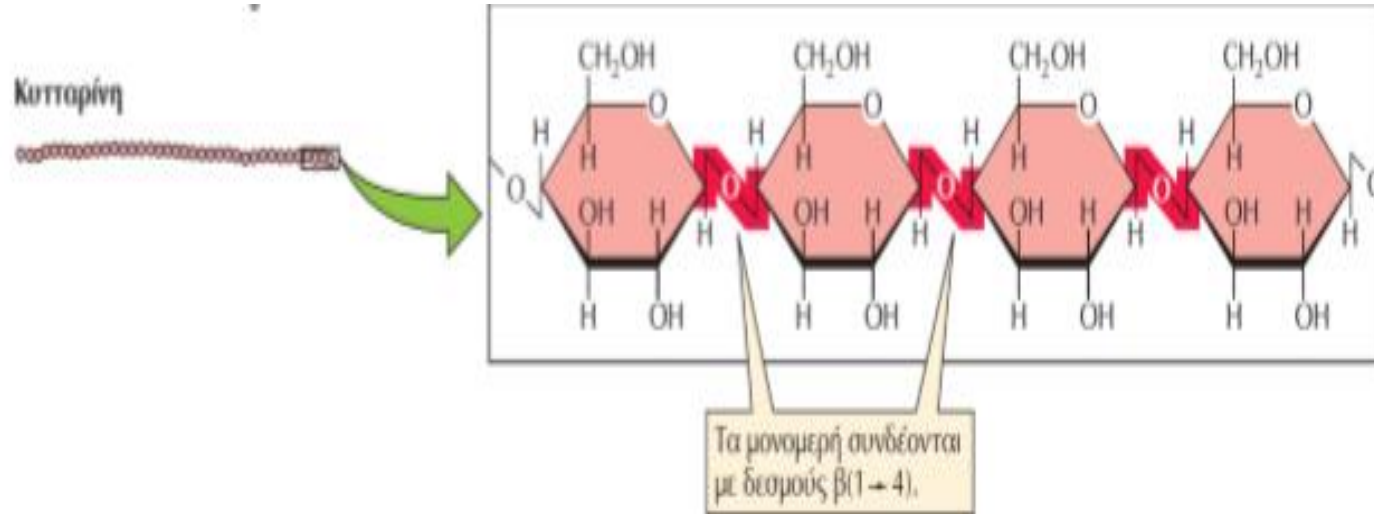
(αυξητικοί παράγοντες) ή βακτηρίων και ιών



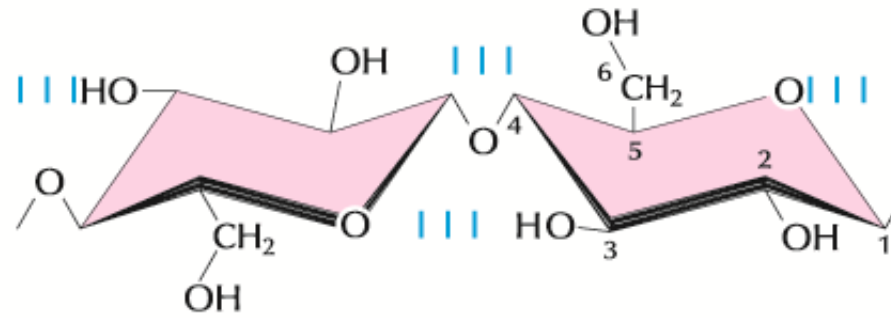
# ΟΜΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

- ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ
- ΑΜΥΛΟ
- ΓΛΥΚΟΓΟΝΟ
- ΔΕΞΤΡΑΝΗ
- Β-ΓΛΟΥΚΑΝΗ
- ΧΙΤΙΝΗ

# Δομή Κυτταρίνης

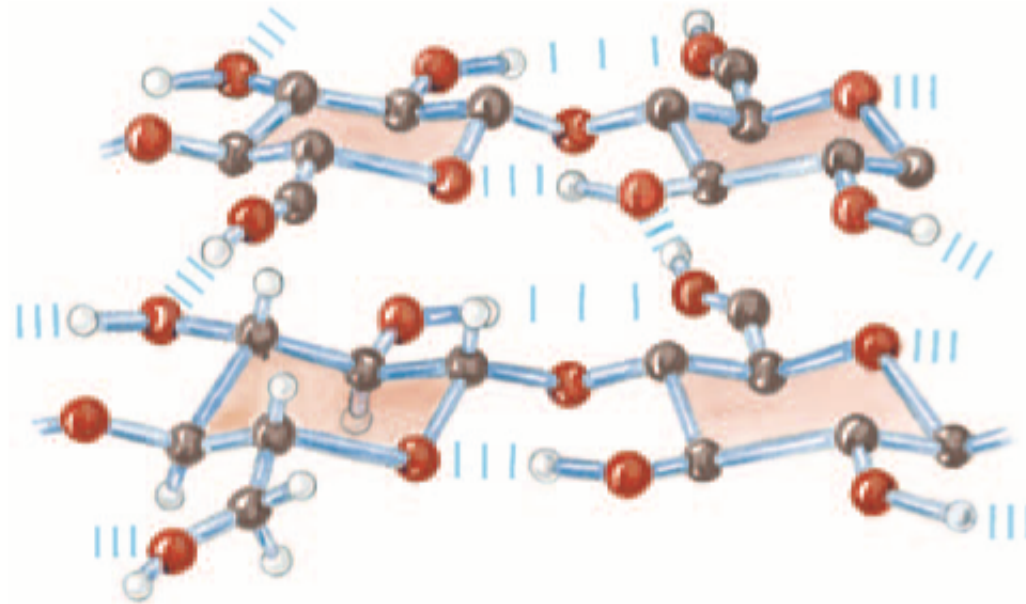


# ΔΟΜΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗΣ



( $\beta$ 1-4)-συνδεσμενες μονάδες D-γλυκόζης

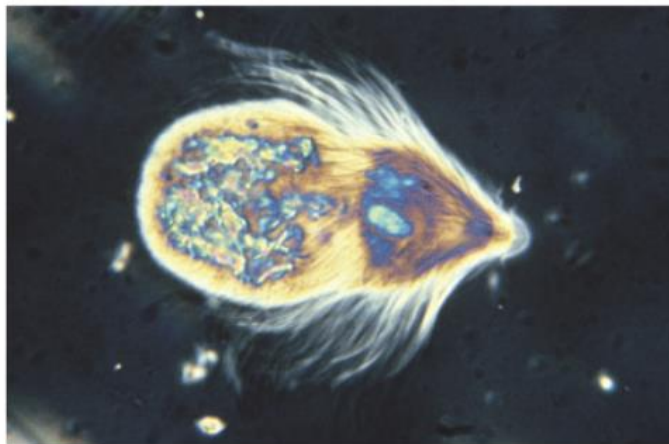
( $\alpha$ )



( $\beta$ )

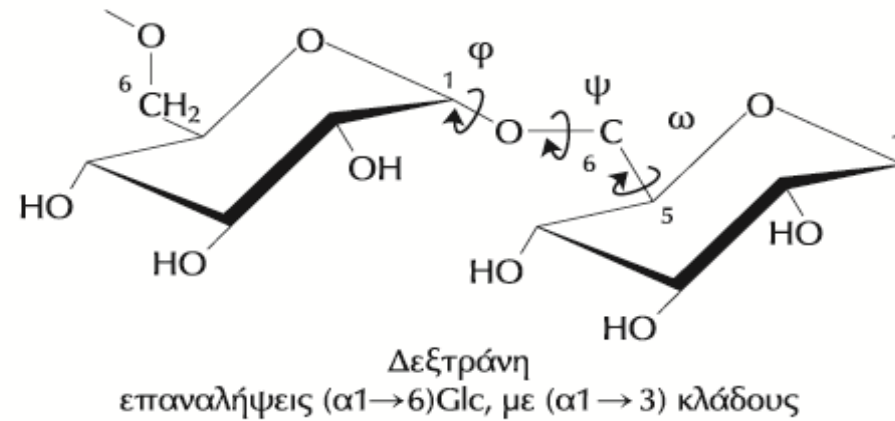
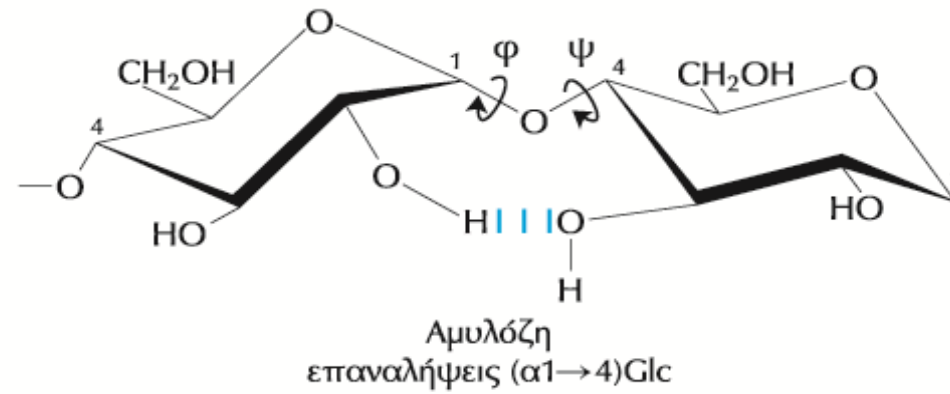
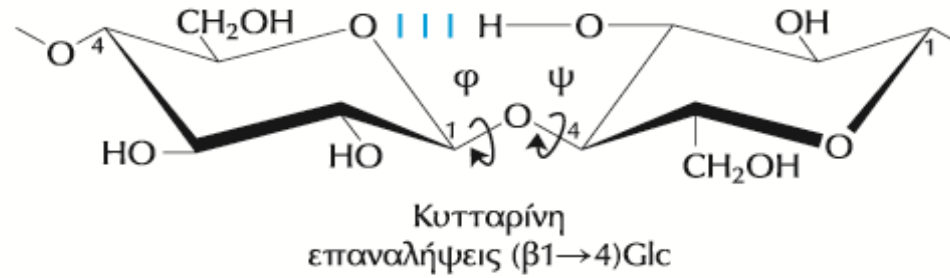
**ΜΥΚΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΔΟΜΟΥΝ ΤΗΝ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ  
ΕΝΖΥΜΟ ΚΥΤΤΑΡΙΝΑΣΗΣ**



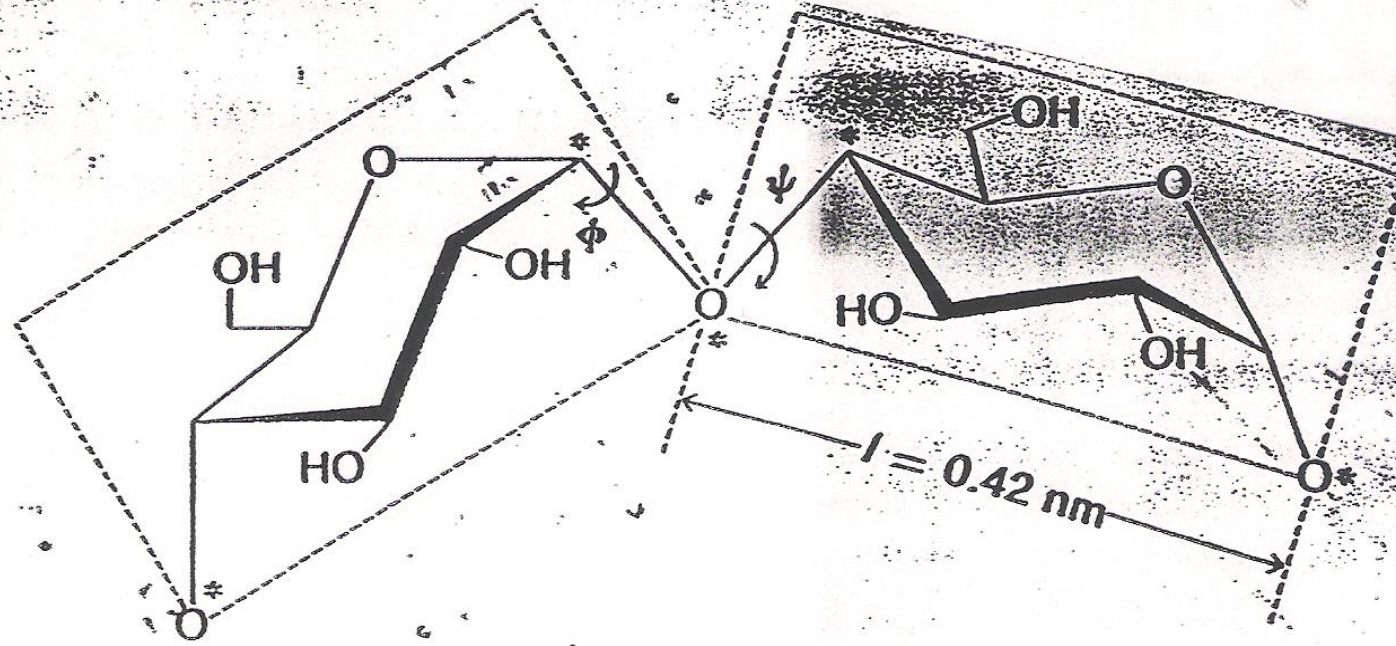


**ΕΙΚΟΝΑ 7-15** Αποδόμηση της κυτταρίνης από *Trichonympha*. (α) Ο τερμίτης *Cryptotermes domesticus* ροκανίζει και τρώει σωματίδια του ξύλου, τα οποία είναι πλούσια σε κυτταρίνη. (β) Το *Trichonympha*, ένας πρώτιστος συμβιωτικός οργανισμός που απαντάται στο έντερο των τερμιτών, παράγει το ένζυμο κυτταρινάση, το οποίο διασπάει τους (β1→4) γλυκοζιτικούς δεσμούς της κυτταρίνης, συνεπώς το ξύλο είναι πηγή μεταβολικών σακχάρων (γλυκόζης) για τον πρώτιστο και τον ξενιστή τερμίτη. Πολλά ασπόνδυλα μπορούν να διασπάσουν την κυτταρίνη, αλλά λίγα μόνο σπονδυλωτά (μυρηκαστικά, όπως βοοειδή, πρόβατα και κατσίκες). Τα μυρηκαστικά μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως τροφή την κυτταρίνη επειδή το πρώτο από τα τέσσερα διαμερίσματα του στομάχου (μεγάλη κοιλία) είναι γεμάτο βακτήρια και πρώτιστα που εκκρίνουν κυτταρινάση. [Πηγές: (α) David McClenaghan/CSIRO Entomology, (β) Eric V. Grave/Science Source].

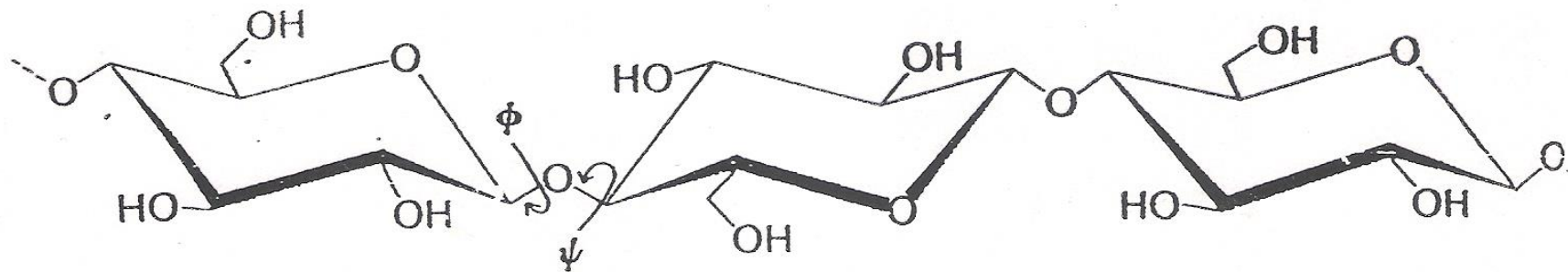
# ΔΟΜΕΣ ΟΜΟ-ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ





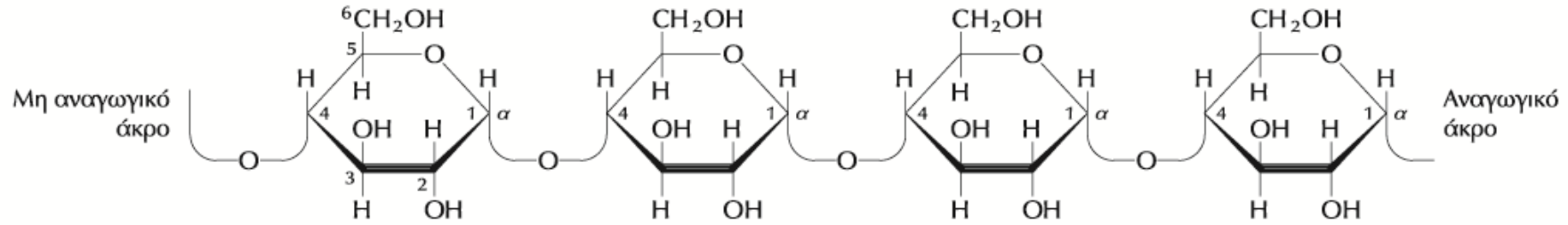


$\alpha$ -1,4-Linked D-glucose units  
(a)

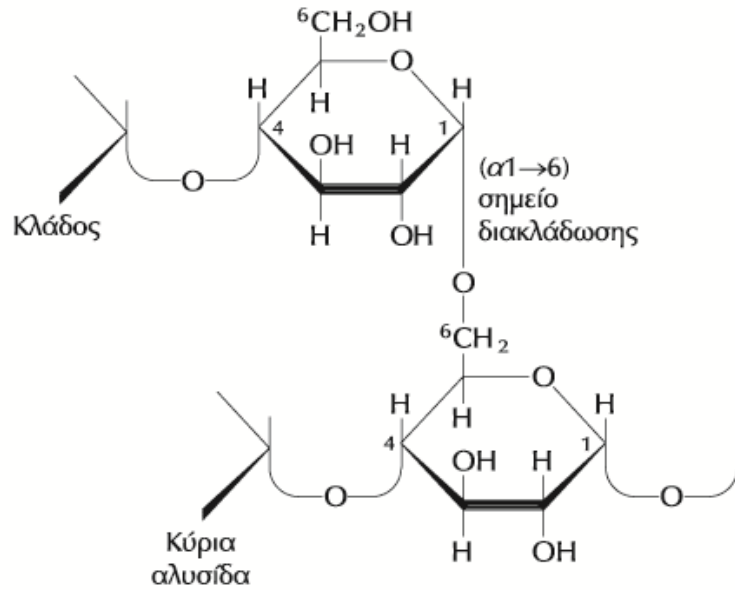


$\beta$ -1,4-Linked D-glucose units  
(b)

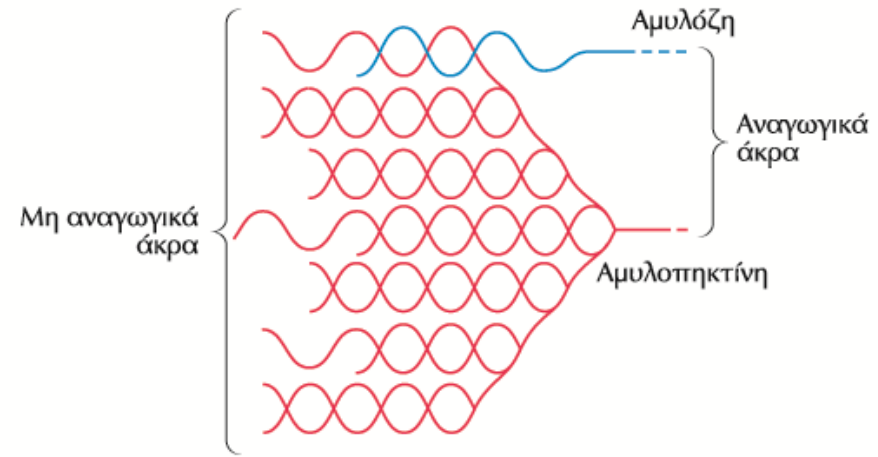
# ΔΟΜΗ ΑΜΥΛΟΖΗΣ-ΑΜΥΛΟΠΗΚΤΙΝΗΣ



(α) Αμυλόζη



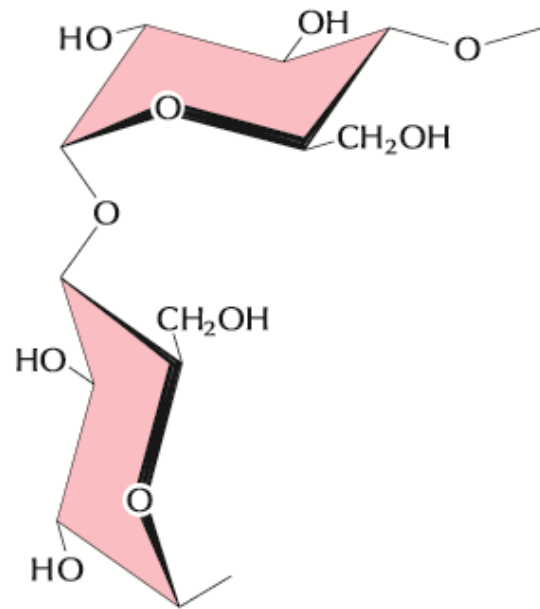
(β)



(γ)

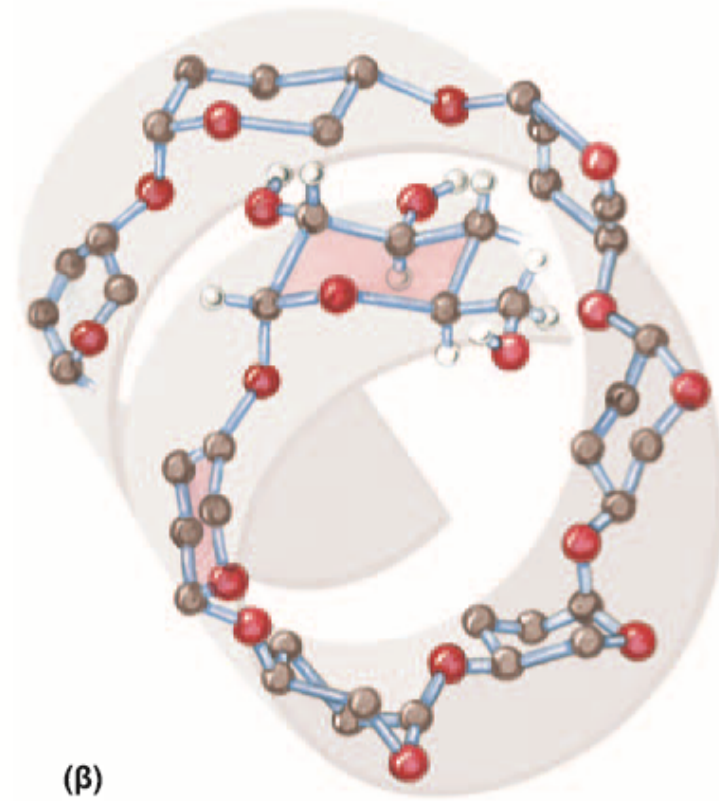


# ΔΟΜΗ ΑΜΥΛΟΖΗΣ



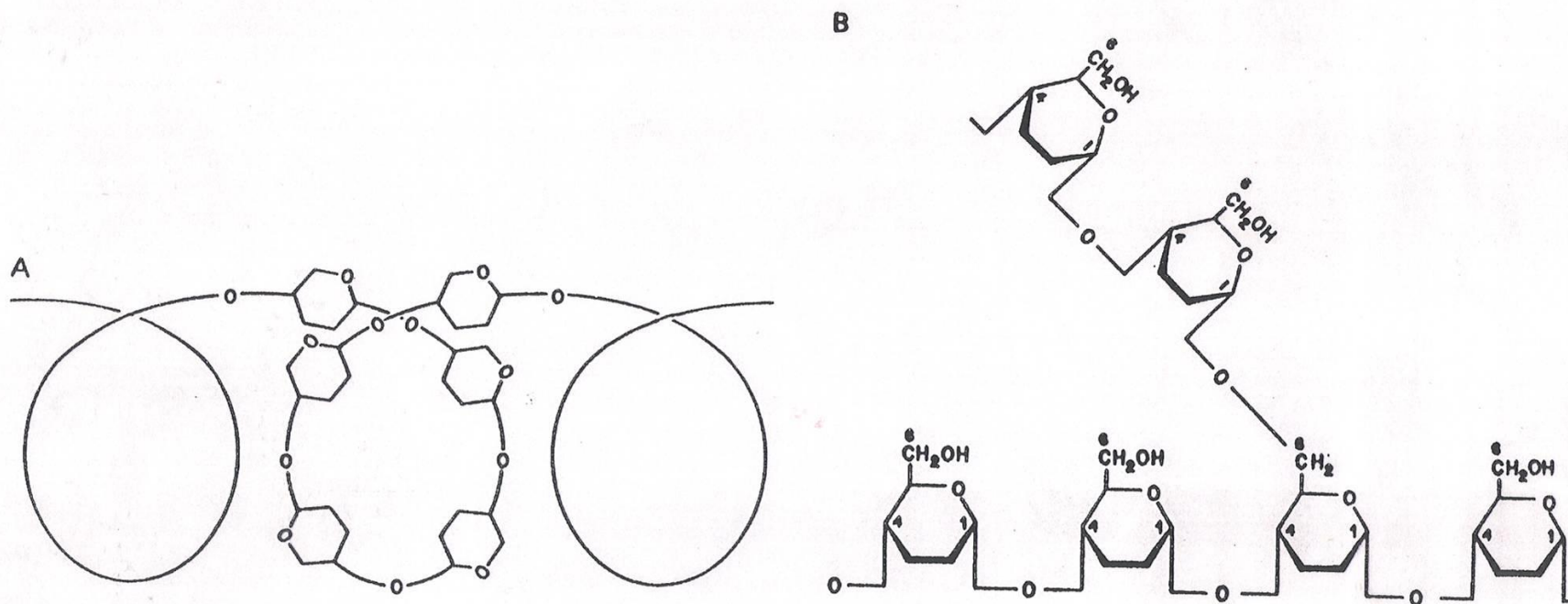
(α1 4)-συνδεμένες  
μονάδες D-γλυκόζης

(α)



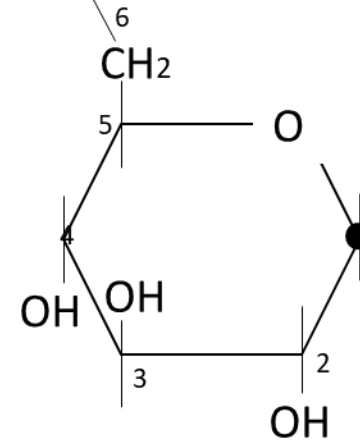
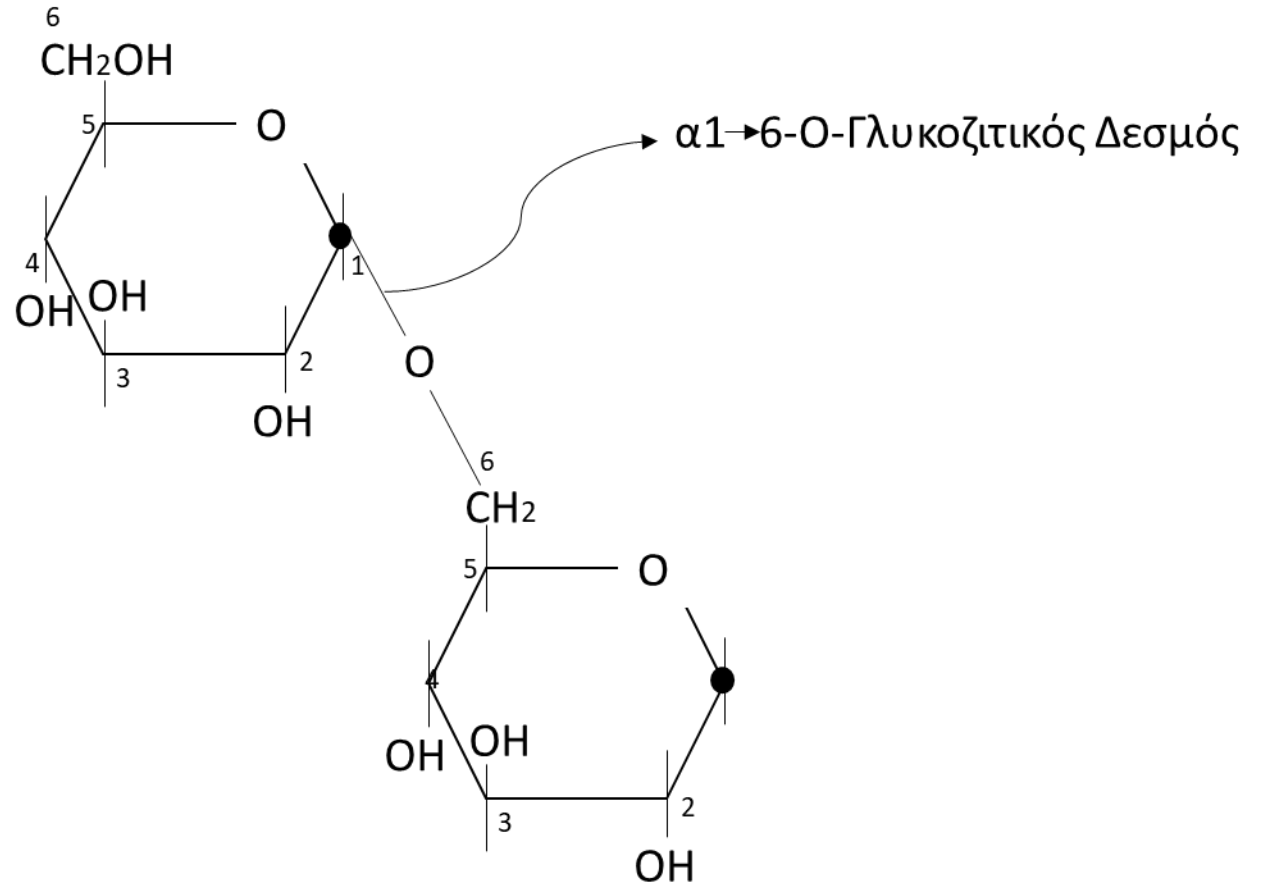
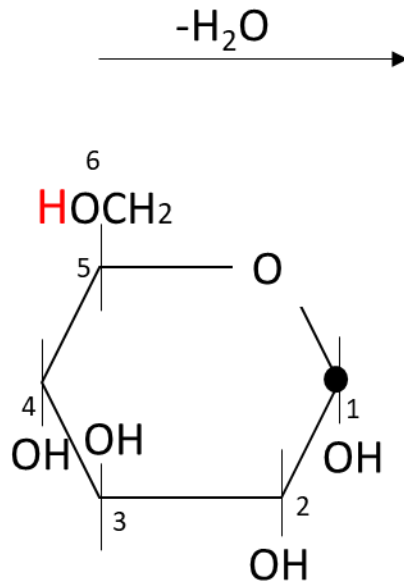
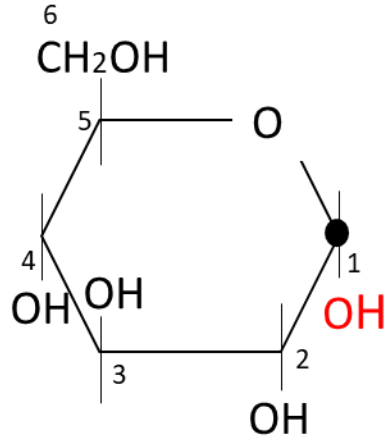
(β)

## ΔΟΜΗ ΑΜΥΛΟΖΗΣ-ΑΜΥΛΟΠΗΚΤΙΝΗΣ

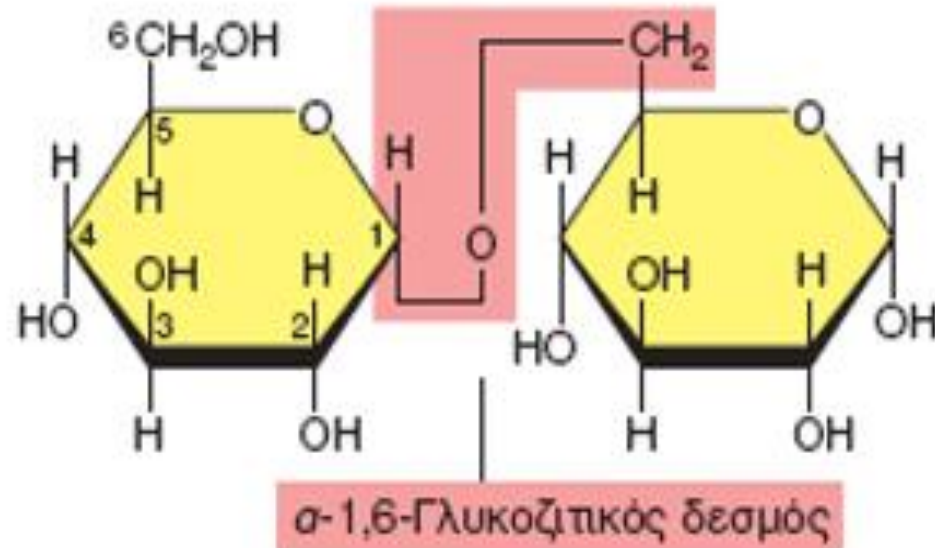


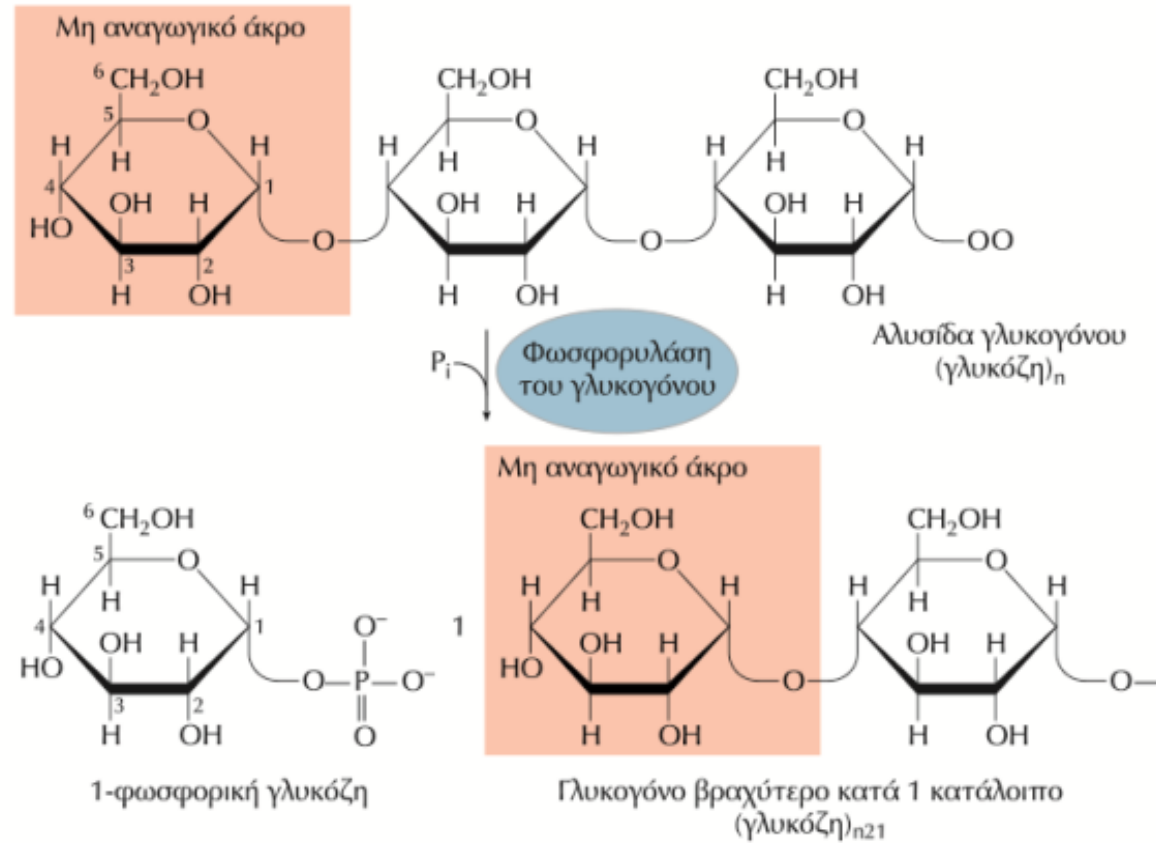
Σχήμα 13-14. Δομή του άμύλου. A: άμυλόζη, που έμφανίζει έλικοειδή δομή. B: άμυλοπηκτίνη που έμφανίζει 1:6 σημεία διακλαδώσεως.

# Δημιουργία α1→6-Ο-Γλυκοζιτικού Δεσμού



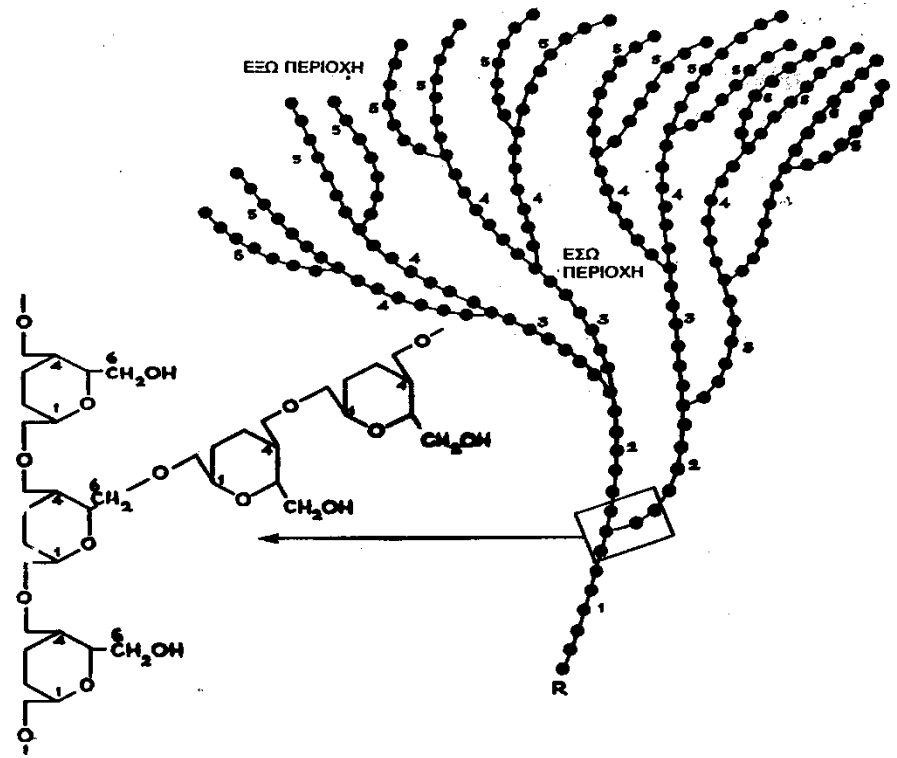
# Δημιουργία α1 6-O-Γλυκοζιτικού Δεσμού





**ΕΙΚΟΝΑ 15-27** Αφαίρεση ενός καταλοίπου γλυκόζης από το μη αναγωγικό άκρο μιας αλυσίδας γλυκογόνου από τη φωσφορυλάση του γλυκογόνου. Αυτή η διεργασία είναι επαναληπτική. Το ένζυμο αφαιρεί διαδοχικά κατάλοιπα γλυκόζης ωσότου φτάσει στην τέταρτη μονάδα γλυκόζης από ένα σημείο διακλάδωσης (βλ. Εικόνα 15-28).

# ΔΟΜΗ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ

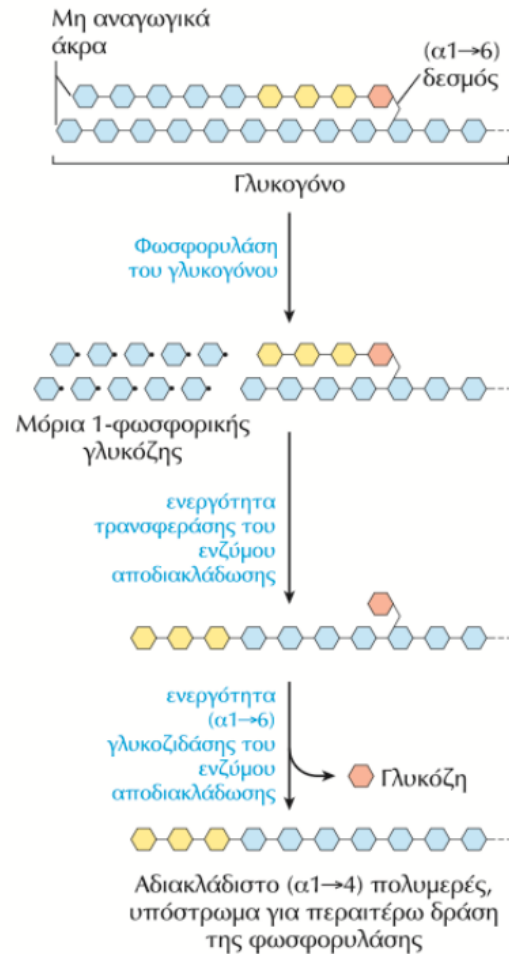


52

(β) Μεγένθυση τής δομής  
σέ σημείο διακλαδώσεως.

(α) Δομή - Οι αριθμοί αναφέρονται στά Ισοδύναμα στά-  
δια τής αναπτύξεως τού μακρομ.ριου R, πρωτογενές  
υπόλειμμα γλυκόζης μέ ελεύθερη αναγωγική ομάδα  
-CHO (άνθρακας N<sub>o</sub> 1). Ή διακλάωσις είναι πού πολύ  
πλοκή άπ' ό,τι δείχεται, ή σχέση των δεσμών 1,4 πρός  
1,6 είναι άπό 12-16.

Σχήμα 13-15. Τό μόριο τού γλυκογόνου.

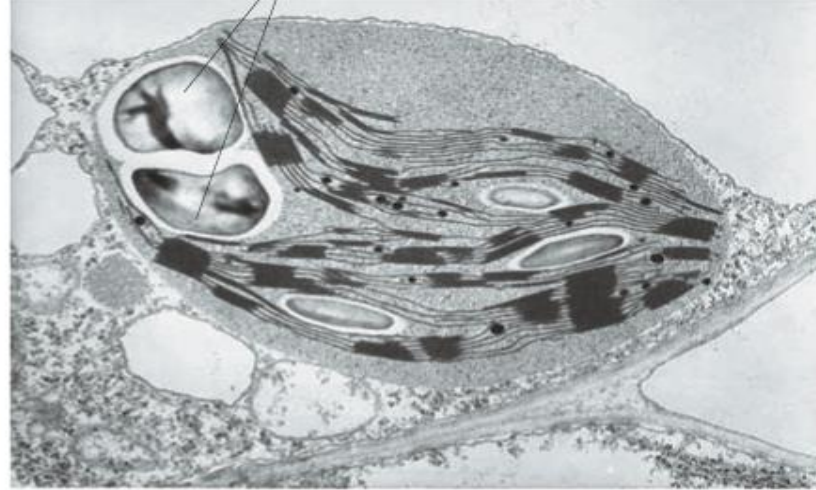


**ΕΙΚΟΝΑ 15-28** Διάσπαση του γλυκογόνου κοντά σ' ένα ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) σημείο διακλάδωσης. Μετά τη διαδοχική αφαίρεση τελικών καταλοίπων γλυκόζης από τη φωσφορυλάση του γλυκογόνου (βλ. Εικόνα 15-27), τα κατάλοιπα γλυκόζης που βρίσκονται κοντά σ' έναν κλάδο αφαιρούνται σε μια διεργασία δύο βημάτων που διεκπεραιώνεται από ένα διλειτουργικό ένζυμο «αποδιακλάδωσης». Πρώτον, η δραστηριότητα μεταφοράς του ενζύμου μετατοπίζει μια ομάδα τριών καταλοίπων γλυκόζης από τον κλάδο προς ένα γειτονικό, μη αναγωγικό άκρο, όπου σχηματίζεται ένας ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) δεσμός. Στη συνέχεια, το κατάλοιπο γλυκόζης που απομένει στο σημείο διακλάδωσης σε ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) δεσμό απελευθερώνεται ως ελεύθερη γλυκόζη από τη δραστηριότητα ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) γλυκοζιδάσης του ενζύμου. Τα κατάλοιπα γλυκόζης αναπαριστώνται σε σύντομη μορφή που παραλείπει τις ομάδες  $-H$ ,  $-OH$  και  $-CH_2OH$  από τους δακτυλίους γλυκοκυρανόζης.

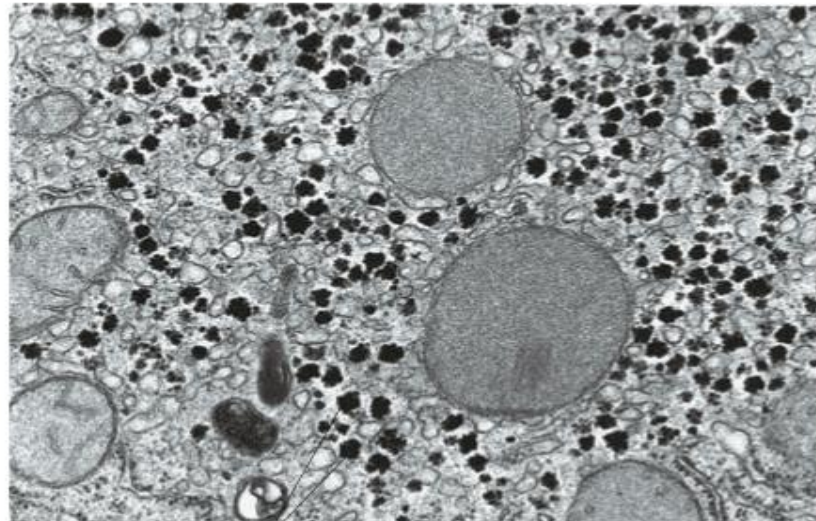


# ΑΜΥΛΟ-ΓΛΥΚΟΓΟΝΟ

Κοκκία αμύλου



(α)

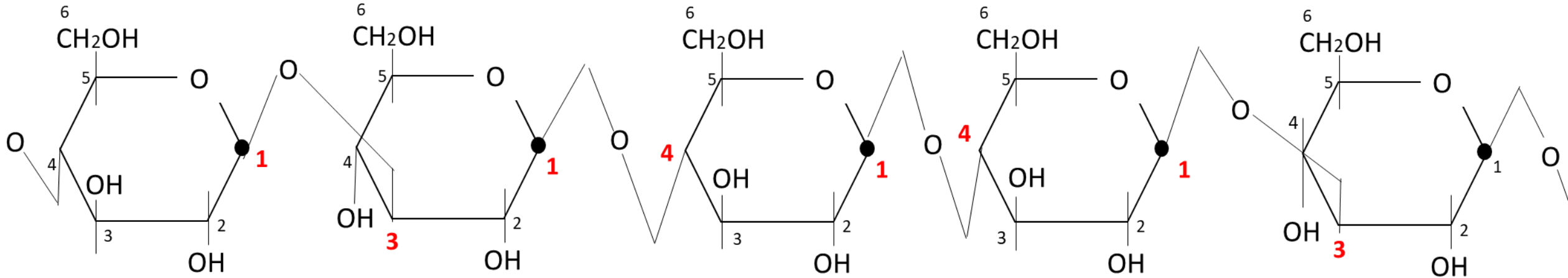


(β)

Κοκκία γλυκογόνου



# β-Glucan στη βρώμη



Χαρακτηριστική αλληλουχία O- γλυκοζιτικών

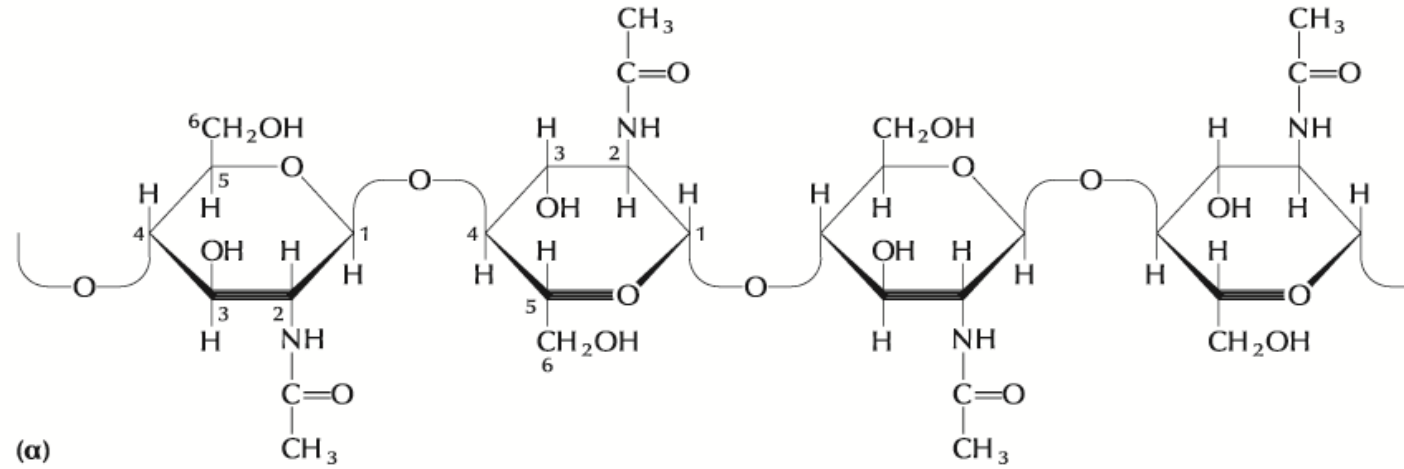
β-1→3 ακολουθούμενο από 2-3 συνεχόμενους β-1→4



Ελάττωση χοληστερόλης  
Γλυκόζη, ινσουλίνη  
Πίεση αίματος

Ευεργετικές επιδράσεις στο Μεταβολικό Σύνδρομο

# ΔΟΜΗ ΧΙΤΙΝΗΣ



# Δομή και ρόλος μερικών πολυσακχαριτών

<i>Πολυμερές</i>	<i>Τύπος</i>	<i>Επαναλαμβανόμενη μονάδα</i>	<i>Μέγεθος (αριθμός μονοσακχαριτικών μονάδων)</i>	<i>Ρόλος/σημασία</i>
Άμυλο	Ομο-	( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )Glc, ευθύγραμμη	50-5000	Αποθήκευση ενέργειας: φυτά
Αμυλόζη	Ομο-	( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )Glc, με κλάδους ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ )Glc, ανά 24-30 αμινοξέα	Έως $10^6$	
Γλυκογόνο	Ομο-	( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )Glc, με κλάδους ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ )Glc, ανά 8-12 αμινοξέα	Έως 50000	Αποθήκευση ενέργειας: βακτηριακά και ζωτικά κύτταρα
Κυτταρίνη	Ομο-	( $\beta 1 \rightarrow 4$ )Glc	Έως 15000	Δομικός: προσδίδει ακαμψία και ισχύ στο κυτταρικό τοίχωμα των φυτών

Χιτίνη	Ομο-	(β1→4)Glc	Πολύ μεγάλο	Δομικός: προσδίδει ακαμψία και ισχύ στον εξωσκελετό των εντόμων, των αραχνών και των οστρακόδερμων
Δεξτράνη	Ομο-	(α1→6)Glc, με κλάδους (α1→3)	Πολύ ποικίλο	Δομικός: προσδίδει ακαμψία και ισχύ στο κυτταρικό περίβλημα των βακτηρίων
Αγαρόζη	Ετερο-	D-Gal (β1→4) 3,6 άνυδρο-Gal(α1	1000	Δομικός: συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των αλγών
Υαλουρονικό (μια γλυκοζαμινογλυκάνη)	Ετεροόξινο	4)GlcA(β1→3) GlcNAc(β1	Έως 100000	Δομικός: εξωκυττάριο στρώμα του δέρματος και των συνδετικών οστών και «λιπαντικό» των αρθρώσεων των σπονδυλωτών

- Κάθε πολυμερές διακρίνεται ως ομοπολυσακχαρίτης (ομο-) ή ετεροπολυσακχαρίτης (έτερο-)
- Τα σύντομα ονόματα για επαναλαμβανόμενες μονάδες της πεπτιδογλυκάνης, της αγαρόζης και του υαλουρονικού υποδηλώνουν ότι το πολυμερές περιέχει επαναλήψεις του συγκεκριμένου δισακχαρίτη. Για παράδειγμα, στην πεπτιδογλυκάνη, η GlcNAc μιας δισακχαριτικής μονάδας συνδέεται με β(1→4) δεσμό με το πρώτο κατάλοιπο της επόμενης δισακχαριτικής μονάδας

# ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΑ:

- ΝΟΣΗΜΑΤΑ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ
- ΤΕΡΗΔΟΝΑ ΣΤΑ ΔΟΝΤΙΑ
- ΟΜΑΔΕΣ ΑΙΜΑΤΟΣ

# ΝΟΣΗΜΑΤΑ ΓΛΥΚΟΓΟΝΟΥ

- Ασθένεια Gierke

Έλλειψη 6-φωσφατάσης της Γλυκόζης →

Αύξηση 6P-Glucose → όχι Γλυκόζη στο αίμα →

Αύξηση 6P-Glucose στο ήπαρ → Διόγκωση ήπατος

- Cori

Έλλειψη ενζύμου διάσπασης διακλάδωσης

γλυκογόνου → μη αποικοδομήσιμο γλυκογόνο

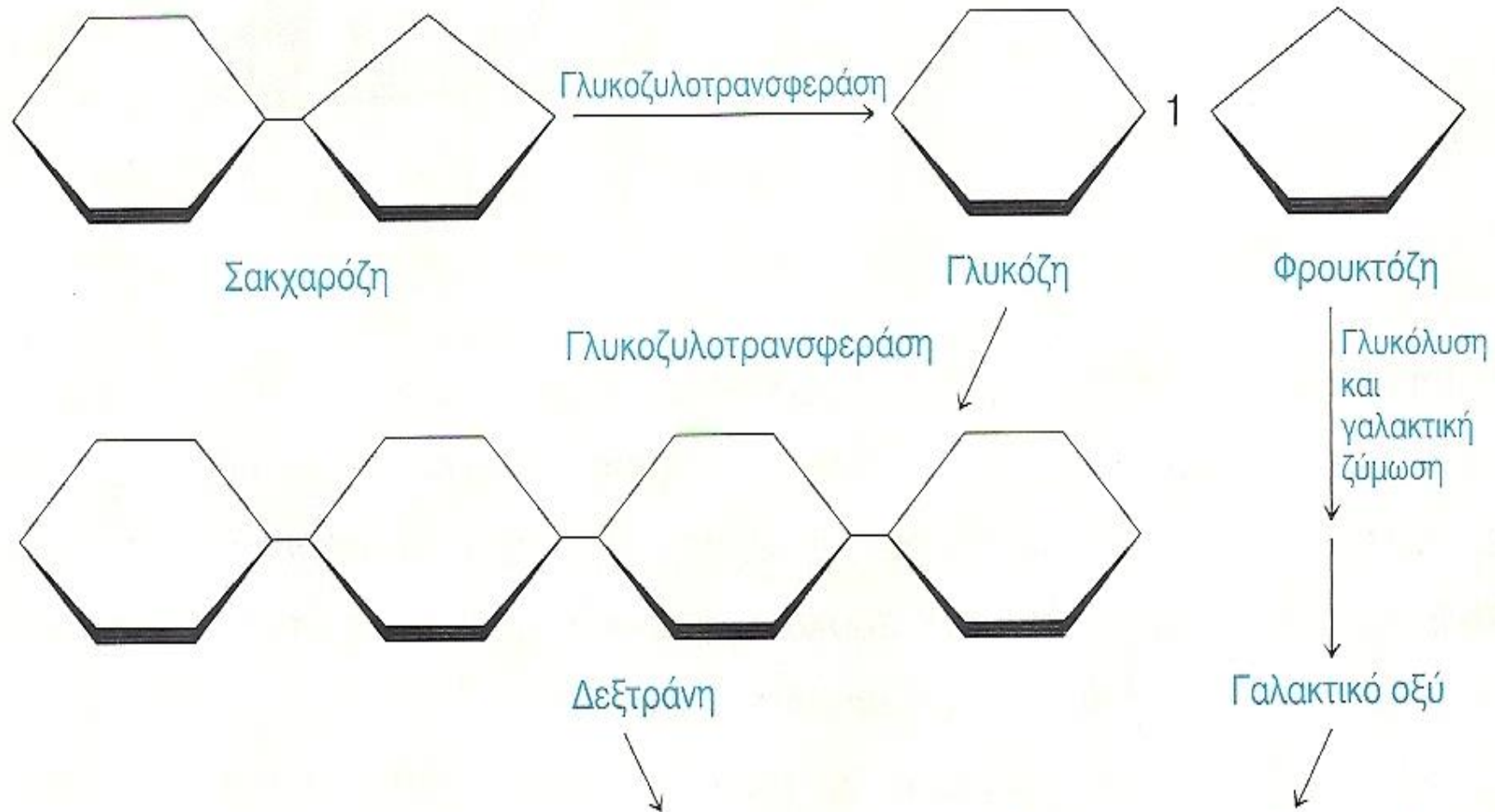
- Andersen

Έλλειψη ενζύμου διακλάδωσης  $\longrightarrow$  Γραμμικό Γλυκογόνο  
 $\longrightarrow$  Ελλειμματική Αποικοδόμηση

- Mc Ardle

Έλλειψη φωσφορυλάσης  $\longrightarrow$  Μη αποικοδομήσιμο Γλυκογόνο

## ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

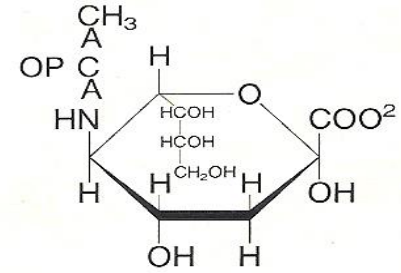
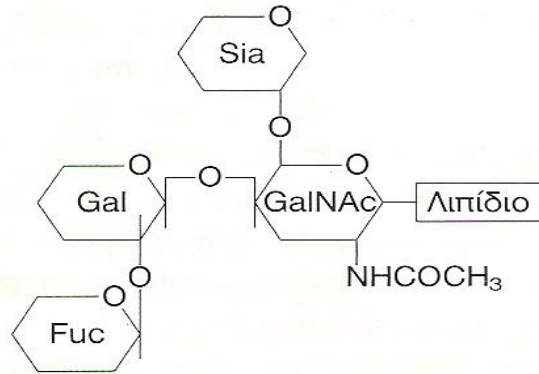


Τα βακτήρια εμβαπτίζονται στην δεξτράνη δημιουργώντας οδοντική πλάκα και το γαλακτικό οξύ, που παράγεται με ζύμωση της φρουκτόζης, διαλύει την αδαμαντίνη



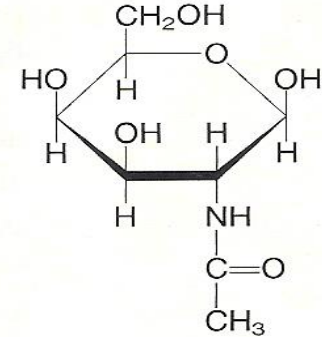
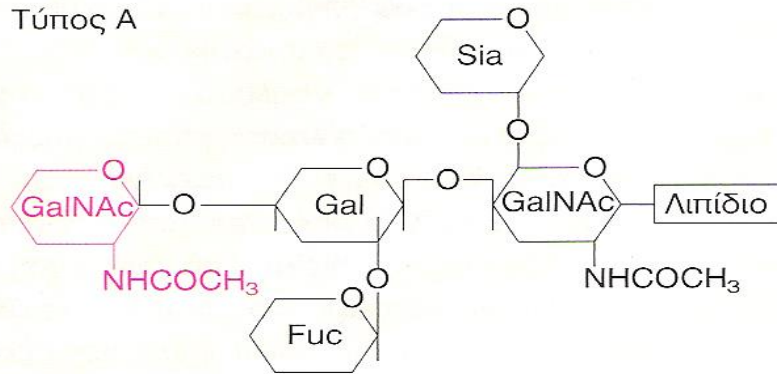
# ΟΜΑΔΕΣ ΑΙΜΑΤΟΣ

Τύπος O



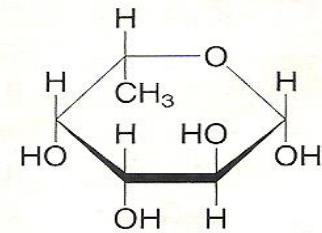
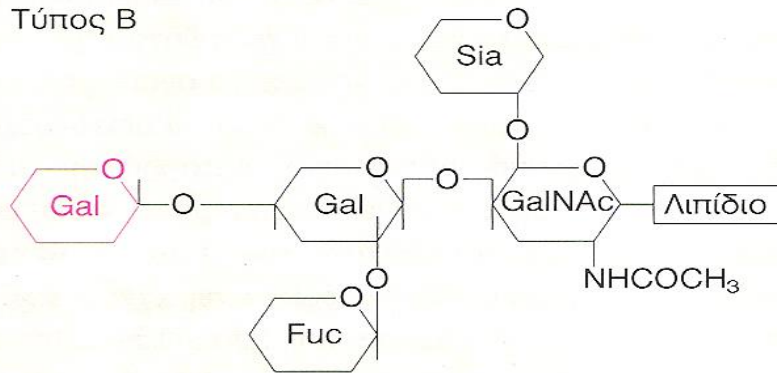
N-Ακετυλονευραμινικό οξύ  
(σιαλικό οξύ)  
(Sia)

Τύπος A



β-D-N-Ακετυλογαλακτοζαμίνη  
(GalNAc)

Τύπος B



α-L-Φουκόζη  
(Fuc)

(α)

(β)

# ΕΤΕΡΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

- Οι ετεροπολυσακχαρίτες περιέχουν δύο ή περισσότερα είδη μονομερούς . Παρέχουν εξωκυτταρική στήριξη σε οργανισμούς όλων των βασιλείων όπως π.χ η στοιβάδα του κυτταρικού περιβλήματος των βακτηρίων **(πεπτιδογλυκάνη)**. Επίσης ο **εξωκυττάριος χώρος** είναι πλούσιος σε ετεροπολυσακχαρίτες οι οποίοι δημιουργούν ένα στρώμα και παρέχουν στήριξη , σχήμα και προστασία στα ξεχωριστά κύτταρα , ιστούς και όργανα

# ΕΤΕΡΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

ΠΕΠΤΙΔΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

ΑΓΑΡΟΖΗ

ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

- ΥΑΛΟΥΡΟΝΙΚΟ ΟΞΥ
- ΘΕΪΚΗ ΧΟΝΔΡΟΪΤΙΝΗ
- ΘΕΪΚΗ ΗΠΑΡΑΝΗ
- ΘΕΪΚΗ ΚΕΡΑΤΑΝΗ
- ΗΠΑΡΙΝΗ

# ΕΤΕΡΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

**Απαντώνται στο κυτταρικό τοίχωμα βακτηρίων**

Ετεροπολυμερές από εναλασσόμενα κατάλοιπα N-

ακετυλογλυκοζαμίνης και N-ακετυλομουραμικού οξέος ( $\beta 1 \rightarrow 4$ ).

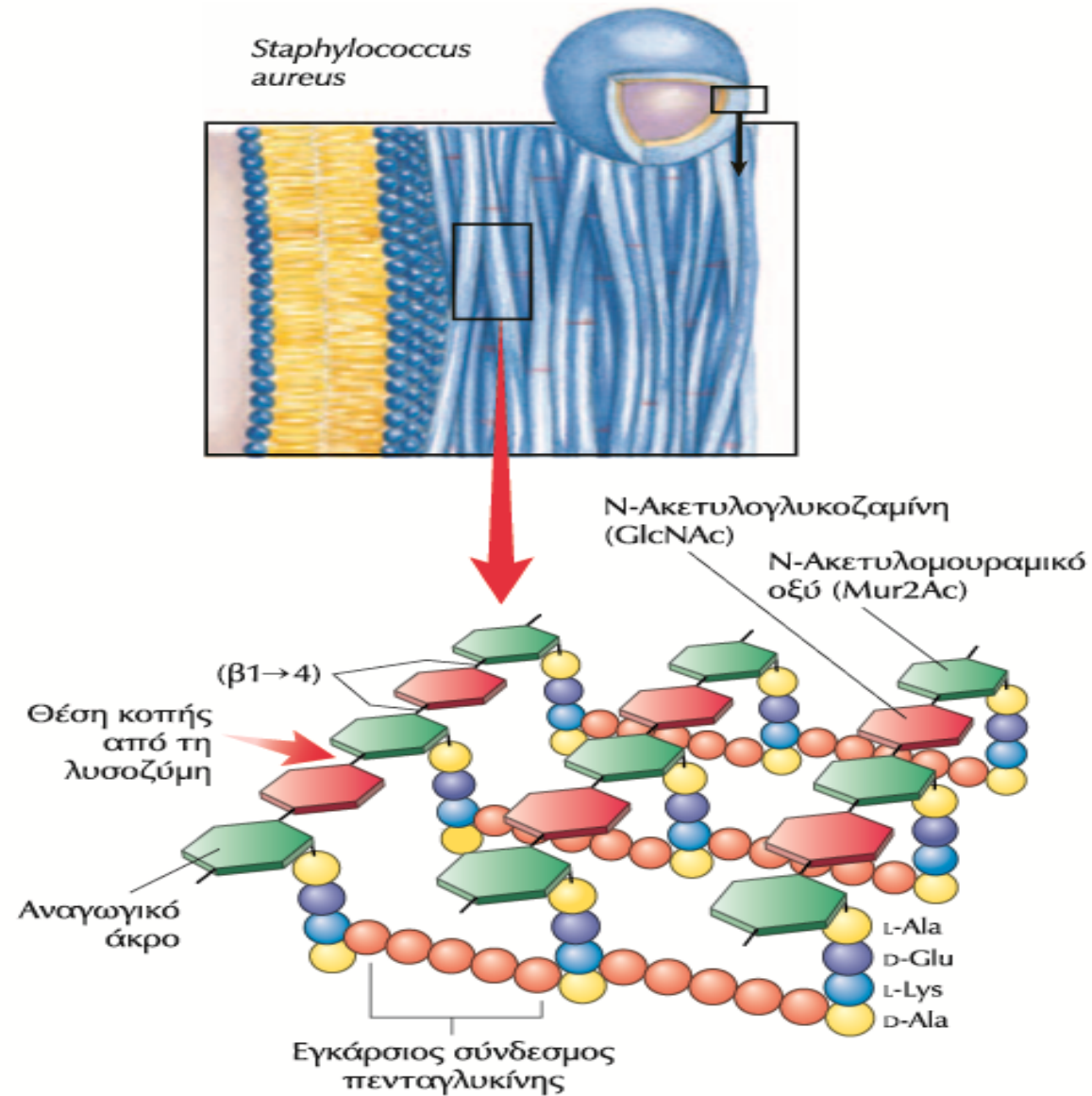
Συνδέονται με σταυροσυνδέσμους με μικρά πεπτίδια και σχηματίζεται

έλυτρο (πεπτιδογλυκάνη) που περιβάλλει ολόκληρο το κύτταρο και

καθιστά το βακτηριακό τοίχωμα πολύ ανθεκτικό και εμποδίζει την λύση

λόγω ωσμωτικής εισόδου νερού

# ΕΤΕΡΟ-ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ ΤΟΥ *Staphylococcus aureus*

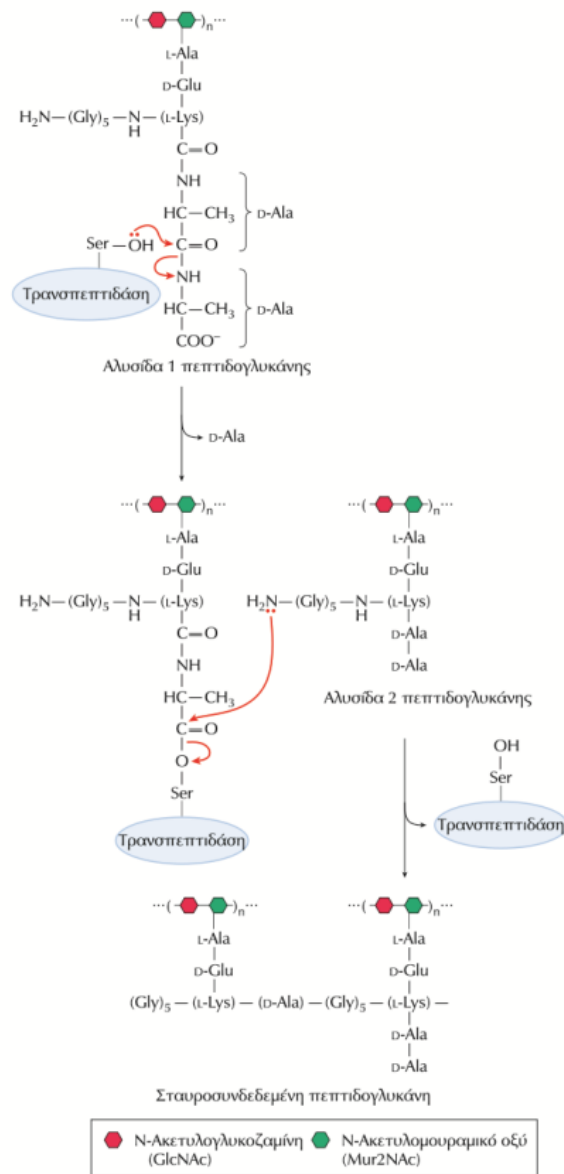


Η λυσοζύμη θανατώνει τα βακτήρια υδρολύοντας τον  $\beta 1 \rightarrow 4$  γλυκοζιτικό δεσμό

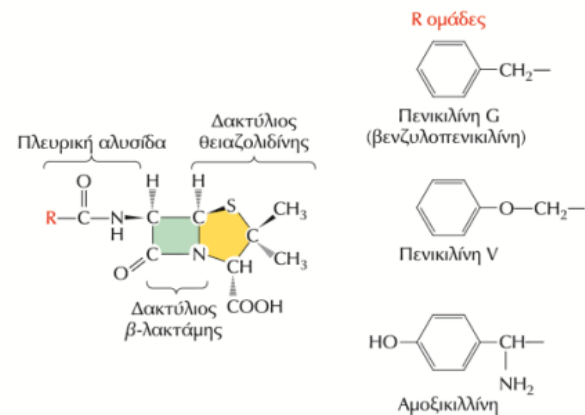
Η λυσοζύμη υπάρχει στα δάκρυα ως μέσον εναντίον βακτηριακών λοιμώξεων του οφθαλμού

Η λυσοζύμη παράγεται από μερικούς ιούς βακτηρίων διευκολύνοντας την έξοδό τους από τα βακτήρια ώστε να επιτευχθεί η ιογενής λοίμωξη

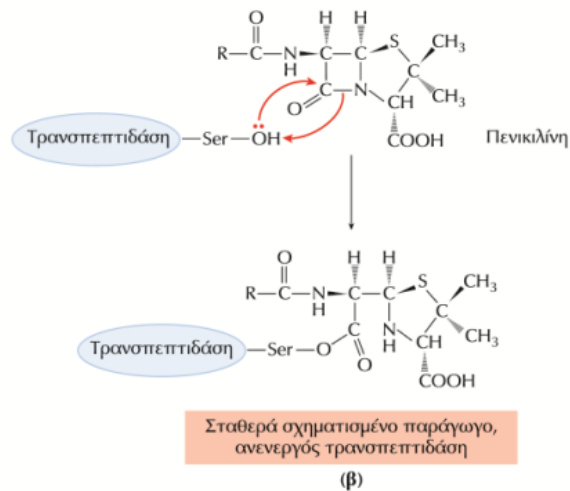
Η πενικιλίνη και τα συγγενή αντιβιοτικά (amoxicillin) θανατώνουν τα βακτήρια αναστέλλοντας την σύνθεση των εγκάρσιων σταυροσυνδέσμων της πεπτιδογλυκάνης (αναστέλλει το ένζυμο τρανσπεπτιδάση) ώστε το κυτταρικό τοίχωμα του βακτηρίου εξασθενεί και υφίσταται ωσμωτική λύση



**ΕΙΚΟΝΑ 6-30 Η αντίδραση της τρανσπεπτιδάσης.** Αυτή η αντίδραση, οποία συνδέει δύο πρόδρομα μόρια πεπτιδογλυκάνης σε ένα μεγαλύτερο πολυμερές, διευκολύνεται από μια Ser του ενεργού κέντρου και έναν ομοιοπολικό καταλυτικό μηχανισμό παρόμοιο με εκείνο της χυμοθρυψίνης. Να σημειωθεί ότι η πεπτιδογλυκάνη είναι ένα από τα λίγα σημεία στη φύση όπου απαντώνται D-αμινοξέα. Η Ser του ενεργού κέντρου προσβάλλει το καρβονύλιο του πεπτιδικού δεσμού μεταξύ των δύο καταλοίπων D-Ala, δημιουργώντας μια ομοιοπολική εστερική σύνδεση μεταξύ του υποστρώματος και του ενζύμου, με απελευθέρωση του τελικού καταλοίπου D-Ala. Ένα αμινοξύ από το δεύτερο πρόδρομο μόριο της πεπτιδογλυκάνης προσβάλλει στη συνέχεια την εστερική σύνδεση, εκτοπίζοντας το ένζυμο και σταυροσυνδέοντας τα δύο πρόδρομα μόρια.

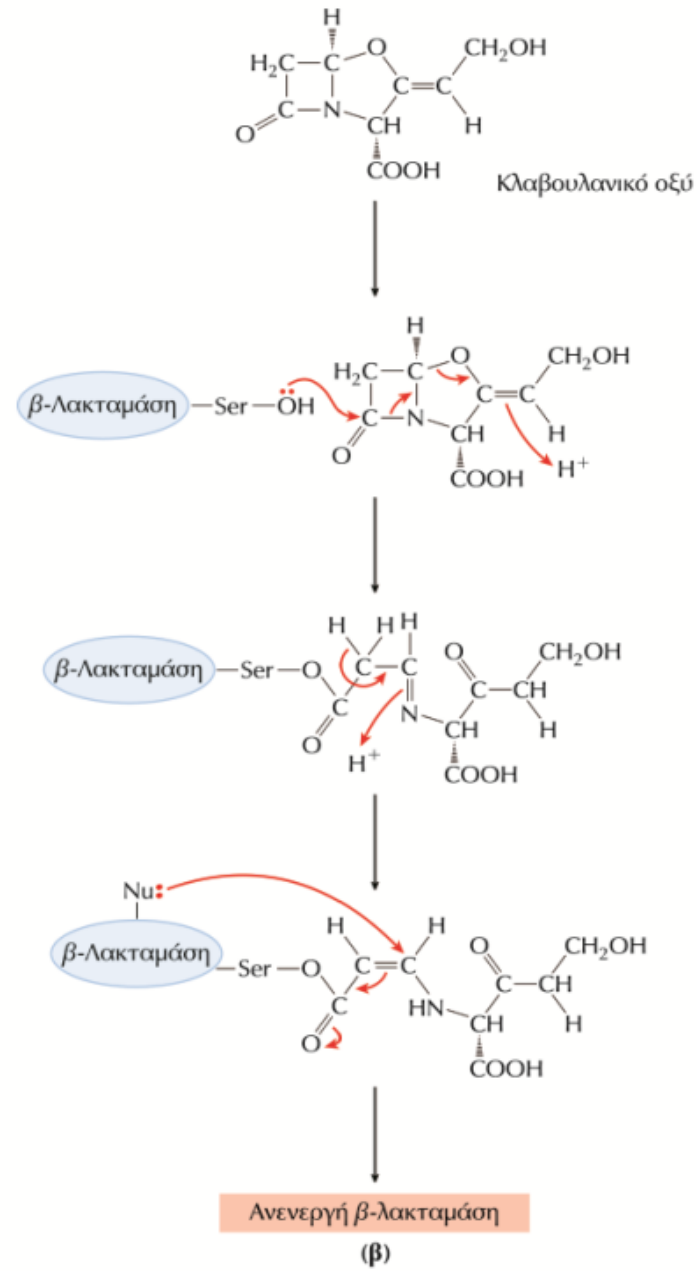
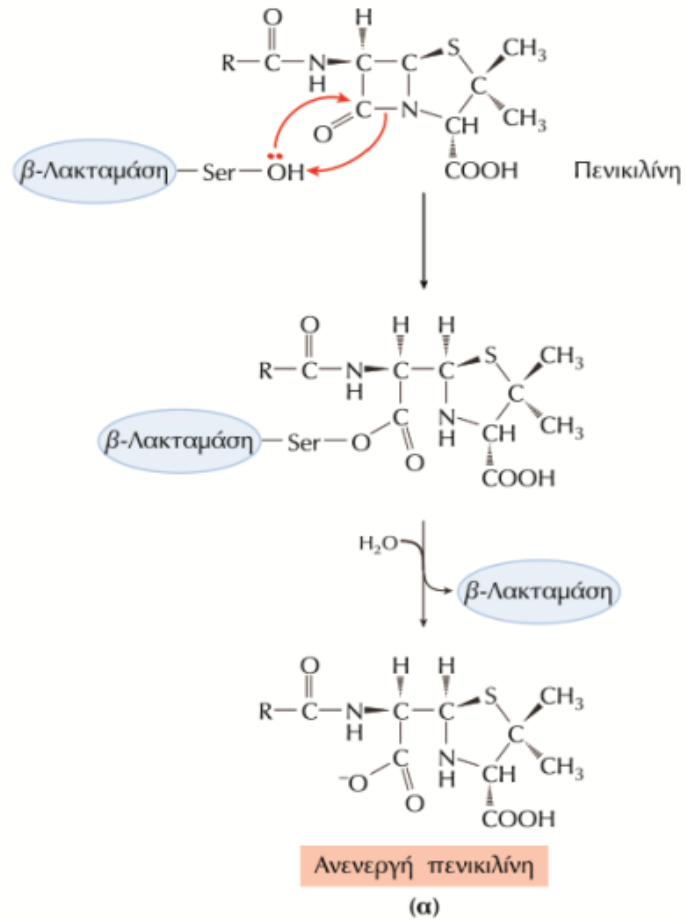


Γενική δομή πενικιλινών  
(α)



**ΕΙΚΟΝΑ 6-31 Αναστολή της τρανσπεπτιδάσης από αντιβιοτικά β-λακτάμης.** (α) Τα αντιβιοτικά β-λακτάμης έχουν έναν πενταμελή δακτύλιο θειαζολιδίνης που έχει συντηχθεί σε έναν τετραμελή δακτύλιο β-λακτάμης. Ο τελευταίος δακτύλιος είναι τεταμένος (τάση σε χημικό δεσμό) και περιλαμβάνει ένα αμιδικό τμήμα που παίζει σημαντικό ρόλο στην απενεργοποίηση της σύνθεσης της πεπτιδογλυκάνης. Η ομάδα R διαφέρει ανάλογα με τον τύπο της πενικιλίνης. Η πενικιλίνη G ήταν η πρώτη που απομονώθηκε και παραμένει ως η πιο αποτελεσματική, αλλά αποδομείται από τα οξέα του στομάχου και πρέπει να χορηγηθεί με ένεση. Η πενικιλίνη V είναι περίπου το ίδιο αποτελεσματική και σταθερή σε οξέα, επομένως μπορεί να χορηγηθεί εύκολα δια του στόματος. Η αμοξικιλίνη έχει ευρύ φάσμα αποτελεσματικότητας, χορηγείται εύκολα δια του στόματος και επομένως αποτελεί το πιο ευρέως συνταγογραφούμενο αντιβιοτικό β-λακτάμης. (β) Η προσβολή στο αμιδικό τμήμα του δακτυλίου β-λακτάμης από τη Ser του ενεργού κέντρου της τρανσπεπτιδάσης οδηγεί σε ένα ομοιοπολικό προϊόν ακυλο-ενζύμου. Αυτό υδrolύεται τόσο αργά με αποτέλεσμα ο σχηματισμός του προϊόντος προσθήκης να είναι πρακτικά μη αντιστρεπτός και η τρανσπεπτιδάση να απενεργοποιείται.





**ΕΙΚΟΝΑ 6-32** β-Λακταμάσες και αναστολή β-λακταμάσης. (α) Οι β-λακταμάσες προωθούν τη διάσπαση του δακτυλίου β-λακτάμης στα αντιβιοτικά β-λακτάμης, τα οποία με αυτό τον τρόπο απενεργοποιούνται. (β) Το κλαβουλανικό οξύ είναι ένας αναστολέας αυτοκτονίας, ο οποίος χρησιμοποιεί τον φυσιολογικό χημικό μηχανισμό των β-λακταμασών για τη δημιουργία ενός δραστικού είδους στο ενεργό κέντρο. Αυτό το δραστικό είδος προσβάλλεται από μια πυρηνόφιλη ομάδα (Nu:) στο ενεργό κέντρο για να ακυλώσει μη αντιστρεπτά το ένζυμο.

# ΑΓΑΡ

Υπάρχει στο κυτταρικό τοίχωμα σε μερικές άλγες στα φύκια.

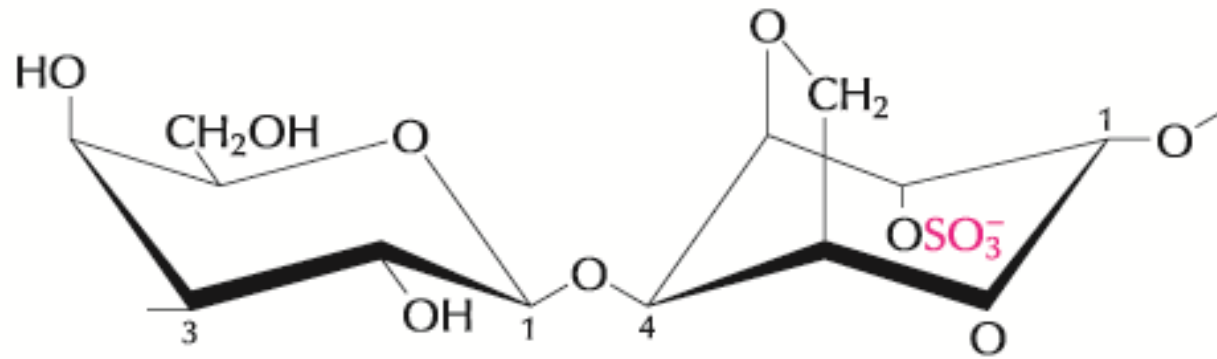
Αποτελείται από μείγμα θειούχων ετεροπολυσακχαριτών (D-γαλακτόζη και παράγωγο της L-γαλακτόζης με αιθερικό δεσμό μεταξύ C3 και C6 ). Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη βακτηρίων και στην κατασκευή καψουλών.

# ΑΓΑΡΟΖΗ

Είναι συστατικό του ΑΓΑΡ με τις λιγότερες φορτισμένες ομάδες (θειικά, πυροσταφυλικά) και φέρουν ένα θειικό εστέρα στο C2. . Είναι πολυμερές με 600-700 κατάλοιπα. Η δομή της (διπλή έλικα) δεσμεύει νερό και έτσι δημιουργεί πήγματα.

Χρησιμοποιείται στην ηλεκτροφόρηση νουκλεϊνικών οξέων

## ΕΤΕΡΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΗΣ ΣΤΙΣ ΑΛΓΕΣ (ΦΥΚΗ)



Αγαρόζη

3)D-Gal(β1→4)3,6-ανυδρο-L-Gal2S(α1 επαναλήψεις

# ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

Είναι ετεροπολυσακχαρίτες που απαντώνται στο εξωκυττάριο στρώμα (το εξωκυττάριο στρώμα είναι ο εξωκυττάριος χώρος, ECM, στους ιστούς των πολυκύτταρων ζώων), ή θεμέλια ουσία.

Το ECM (extracellular matrix) συγκρατεί τα κύτταρα και παρέχει μια οδό (πορώδη) για την διάχυση θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου στα ξεχωριστά κύτταρα.

# ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

## **ECM – συνδετικός ιστός**

Αποτελείται από ένα πλέγμα ετεροπολυσακχαριτών και ινωδών πρωτεϊνών, όπως τα ινώδη κολλαγόνα, οι ελαστίνες, οι φιβρονεκτίνες.

## **ECM -Βασική μεμβράνη**

Εξειδικευμένο ECM κάτω από τα επιθηλιακά κύτταρα και αποτελείται από εξειδικευμένα κολλαγόνα, λαμινίνες, ετεροπολυσακχαρίτες (γλυκοζαμινογλυκάνες).

# ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

- Υαλουρονικό οξύ
- Θειϊκή χονδροϊτίνη
- Θειϊκή δερματάνη
- Θειϊκή κερατάνη
- Θειϊκή ηπαράνη

# ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΩΝ

1) Είναι γραμμικά πολυμερή αποτελούμενα από επαναλαμβανόμενες δισακχαριτικές μονάδες. Υπάρχουν στα ζώα αλλά όχι στα φυτά.

2) Ο ένας μονοσακχαρίτης είναι N-ακετυλογλυκοζαμίνη ή N-ακετυλογαλακτοζαμίνη.

Ο δεύτερος μονοσακχαρίτης είναι ουρονικό ( D-γλυκουρονικό ή L-ιδουρονικό οξύ).

3) Πολλές γλυκοζαμινογλυκάνες είναι εστεροποιημένες με θειϊκό οξύ.

## ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΩΝ

4) Οι θειικές ομάδες και καρβοξυλικές προσδίδουν υψηλή πυκνότητα αρνητικών φορτιών με αποτέλεσμα την ανάπτυξη απωθητικών δυνάμεων.

5) Οι γλυκοζαμινογλυκάνες σχηματίζουν ραβδοειδή έλικα όπου οι ομάδες -COO υπάρχουν σε εναλασσόμενες πλευρές της έλικας για την ελαχιστοποίηση των απωθητικών δυνάμεων. Η μορφή ράβδου διαχωρίζει μεταξύ τους και τις αρνητικές θειϊκές ομάδες.

6) Οι θειϊκές γλυκοζαμινογλυκάνες συνδέονται με εξωκυττάρια πρωτεΐνες και σχηματίζουν πρωτεογλυκάνες.



## ΥΑΛΟΥΡΟΝΙΚΟ ΟΞΥ

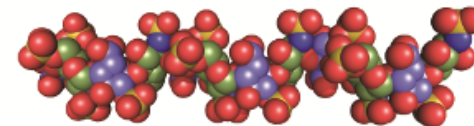
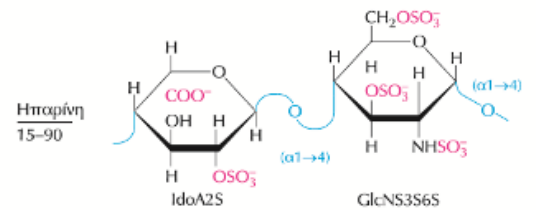
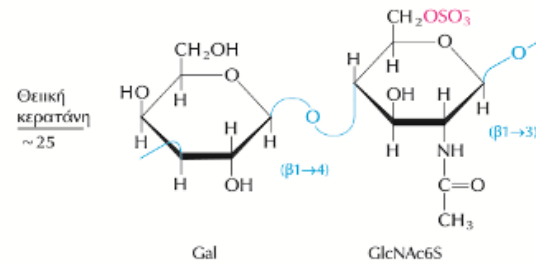
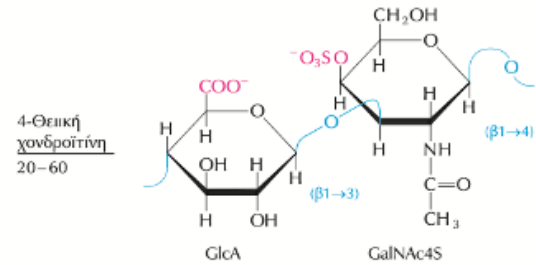
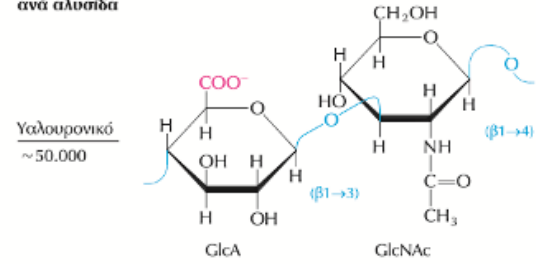
Γλυκοζαμινογλυκάνη αποτελούμενη από εναλασσόμενα κατάλοιπα D- γλυκουρονικού οξέος και N- ακετυλογλυκοζαμίνης (5000 επαναλήψεις της δισακχαριτικής μονάδας)

Σχηματίζει διαυγή, παχύρρευστα μη- συμπιεστά διαλύματα που δρουν ως λιπαντικά στο αρθρικό υγρό.

Συστατικό του ECM των χόνδρων και τενόντων στο οποίο δίδει διατατική ισχύ και ελαστικότητα αλληλεπιδρώντας με τα άλλα συστατικά του ECM.

**Γλυκοζαμινογλυκάνη**      **Επαναλαμβανόμενος διασχαριτής**

Αριθμός  
διασχαριτών  
ανά αλυσίδα



Τμήμα ηπαρίνης

**ΕΙΚΟΝΑ 7-22** Επαναλαμβανόμενες μονάδες μερικών κοινών γλυκοζαμινογλυκανών του εξωκυττάριου στρώματος. Τα μόρια είναι συμπολυμερή εναλλάσσομένων καταλοίπων ουρονικού οξέος και αμινοσακχαρών (η θειική κερατάνη αποτελεί εξαίρεση), με θεικούς εστέρες σε πολλές θέσεις, εκτός από το υαλουρονικό οξύ. Οι ιοντισμένες καρβοξυλικές και θειικές ομάδες (κόκκινες στις προοπτικές προβολές) προσδίδουν σε αυτά τα πολυμερή χαρακτηριστικά υψηλό αρνητικό φορτίο. Η θεραπευτική ηπαρίνη περιέχει κυρίως ιδουρονικό οξύ (IdoA) και μικρότερη αναλογία γλυκουρονικού οξέος (GlcA, δεν απεικονίζεται). Γενικά είναι πλούσια σε θειικά και εμφανίζει μεγάλη ετερογένεια ως προς το μήκος. Το χωροπληρωτικό μοντέλο δείχνει τη δομή ενός τμήματος ηπαρίνης σε διάλυμα, όπως καθορίστηκε με φασματοσκοπία NMR. Οι άνθρακες του θειικού ιδουρονικού οξέος επισημαίνονται με μπλε χρώμα, οι άνθρακες της θειικής γλυκοζαμίνης με πράσινο χρώμα. Τα άτομα του οξυγόνου και του θείου απεικονίζονται με τα συνηθισμένα χρώματα κόκκινο και κίτρινο, αντίστοιχως. Τα άτομα υδρογόνου δεν απεικονίζονται (για λόγους σαφήνειας). Η θειική ηπαρίνη (δεν εικονίζεται) μοιάζει με την ηπαρίνη, αλλά περιέχει μεγαλύτερη αναλογία GlcA και λιγότερες θειικές ομάδες. Επίσης, το πρότυπο της διάταξης της είναι λιγότερο κανονικό. [Πηγή: Μοριακό μοντέλο: PDB ID 1HPN, B. Mulloy et al. *Biochem. J.* 293:849, 1993].

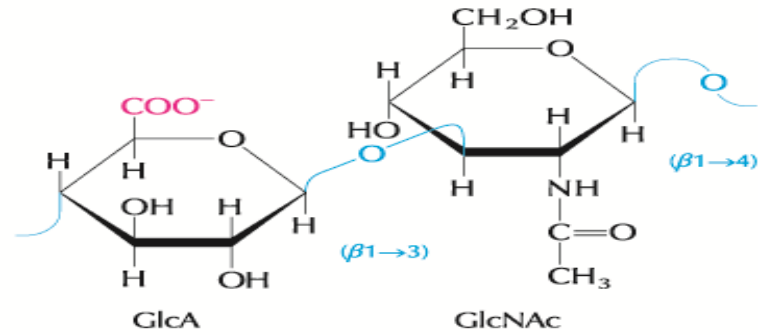
# ΔΟΜΕΣ ΕΤΕΡΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΑΣ ΟΥΣΙΑΣ

## Γλυκοζαμινογλυκάνη

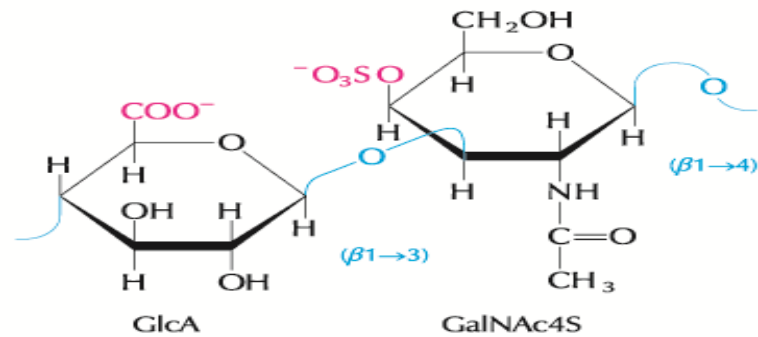
## Επαναλαμβανόμενος δισακχαρίτης

Αριθμός  
δισακχαριτών  
ανά αλυσίδα

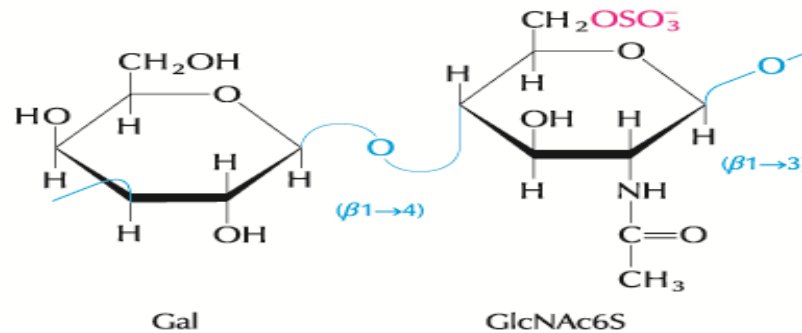
Υαλουρονικό  
~ 50,000



4-Θειική  
χονδροϊτίνη  
20-60



Θειική  
κερατάνη  
~ 25



## **ΘΕΪΪΚΗ ΧΟΝΔΡΟΪΤΙΝΗ**

Υπεύθυνη για διατακτική ισχύ των χόνδρων, τενόντων, συνδέσμων και τοιχωμάτων αορτής.

## **ΘΕΪΪΚΗ ΔΕΡΜΑΤΑΝΗ**

Συνεισφέρει στην σπαργή του δέρματος ,υπάρχει στα αιμοφόρα αγγεία και τις βαλβίδες της καρδιάς

Πολλά κατάλοιπα γλυκουρονικού αντικαθίστανται από L- ιδουρονικό

## **ΘΕΙΪΚΗ ΚΕΡΑΤΑΝΗ**

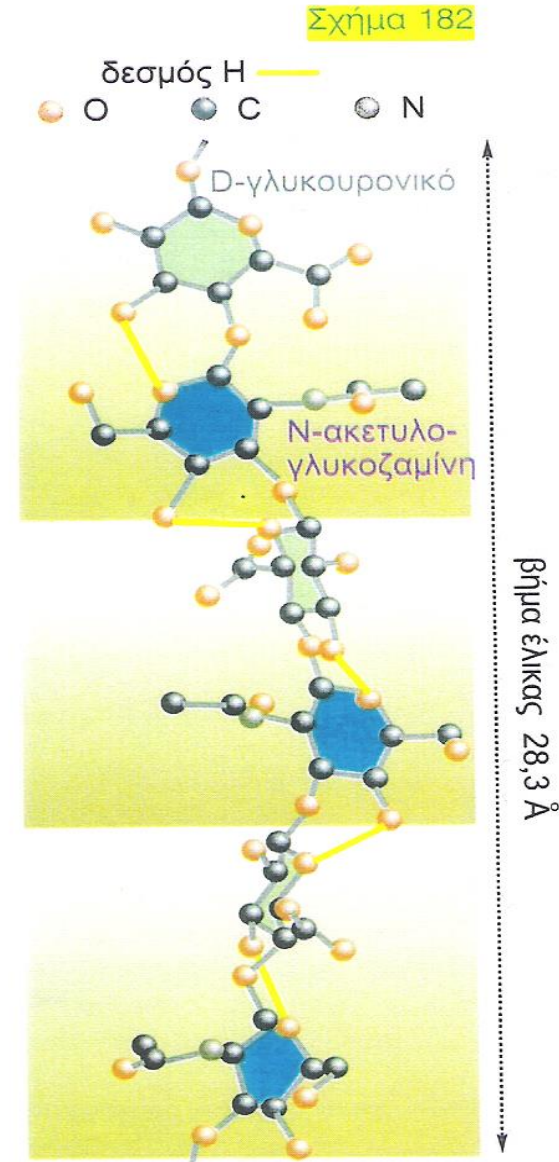
Υπάρχει στον κερατοειδή, χόνδρους, οστά, κέρατα, τρίχες, οπλές, νύχια.

Δεν περιέχει ουρονικό οξύ.

## **ΘΕΙΪΚΗ ΗΠΑΡΑΝΗ**

Απομονώθηκε από το ήπαρ σκύλων, περιέχει σάκχαρα με ή χωρίς θειϊκές ομάδες. Τα θειϊκά της αλληλεπιδρούν με ένα μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών, συμπεριλαμβανομένων αυξητικών παραγόντων και συστατικών του ECM καθώς και διαφόρων ενζύμων και παραγόντων που υπάρχουν στο πλάσμα.

Το **υαλουρονικό οξύ** (σχήμα 182) όπως αναφέρθηκε είναι μια γλυκοζαμινογλυκάνη αποτελούμενη από δομικές μονάδες από D-γλυκουρονικό οξύ συνδεδεμένο με δεσμό β(1-3) με N-ακετυλο-D-γλυκοζαμίνη. Οι δομικές αυτές μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με β(1-4) δεσμούς και μπορεί να είναι από 250 έως 25.000. Το μετά  $\text{Ca}^{2+}$  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. Για το λόγο αυτό αποτελεί ένα έξοχο βιολογικό υλικό για την απορρόφηση των κραδασμών και σαν λιπαντικό. Υπάρχει στην θεμέλια ουσία, στα μάτια και στο υγρό που λιπαίνει τις αρθρώσεις κ.λπ. αλλά και στην εξωτερική επιφάνεια πολλών, κυρίως παθογόνων, βακτηρίων. Το υαλουρονικό οξύ υδρολύεται από την **υαλουρονιδάση** (hyaluronidase) που διασπά το β(1-4) δεσμό του. Το ένζυμο υπάρχει σε πολλούς ζωικούς ιστούς, σε βακτήρια (στο οποίο οφείλεται μέρος της παθογόνου δράσης τους) και σε δηλητήρια φιδιών και εντόμων.



ΕΛΙΚΑ ΥΑΛΟΥΡΟΝΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

# ΥΑΛΟΥΡΟΝΙΔΑΣΗ

Ένζυμο που εκκρίνεται από παθογόνα βακτήρια και υδρολύει τους γλυκοζιτικούς δεσμούς διευκολύνοντας έτσι την διείσδυση των βακτηρίων στους ιστούς.

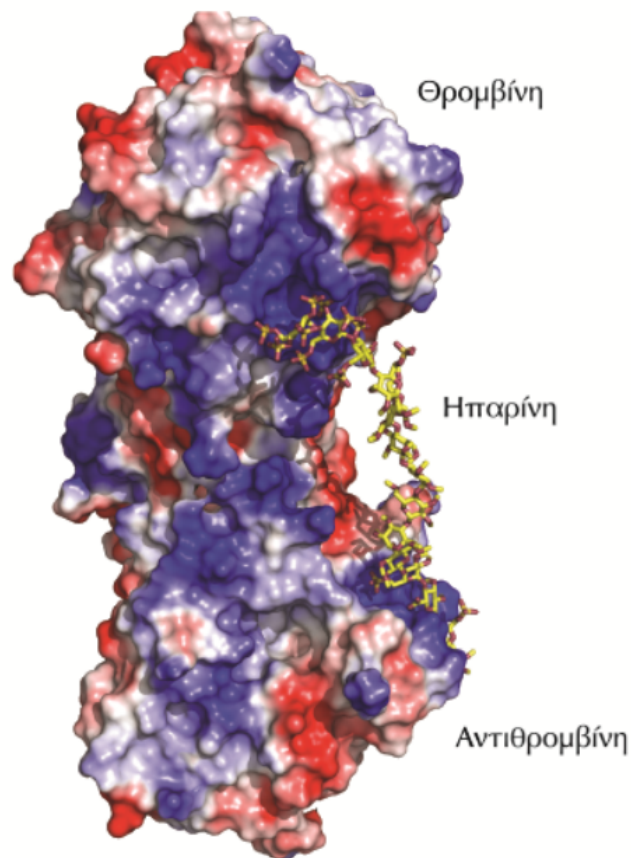
Το σπέρμα διαθέτει υαλουρονιδάση που υδρολύει ένα εσωτερικό περίβλημα γλυκοζαμινογλυκανών γύρω από το ωάριο επιτρέποντας έτσι την διείσδυση του.

# ΗΠΑΡΙΝΗ

Είναι ιδιαίτερα πλούσια σε θειϊκά ενδοκυττάρια μορφή θειϊκής ηπαράνης, παράγεται στα σιτευτικά κύτταρα (είδος λευκοκυττάρων).

Η απομονωμένη ηπαρίνη χρησιμοποιείται για την αναστολή πήξης του αίματος μέσω της πρόσδεσης της στον αναστολέα πρωτεάσης, αντιθρομβίνη.





**ΕΙΚΟΝΑ 7-27** Μοριακή βάση για την ενίσχυση της δέσμευσης της θρομβίνης στην αντιθρομβίνη μέσω της θειικής ηπαράνης. Σε αυτήν την κρυσταλλική δομή της θρομβίνης, της αντιθρομβίνης, και ενός πολυμερούς 16 καταλοίπων παρόμοιου με τη θειική ηπαράνη (κρυσταλλώνονται μαζί), οι θέσεις δέσμευσης της θειικής ηπαράνης και στις δύο πρωτεΐνες είναι πλούσιες σε κατάλοιπα Arg και Lys. Αυτές οι θετικά φορτισμένες περιοχές, που εικονίζονται με μπλε χρώμα, επιτρέπουν την ισχυρή ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση με τα πολλαπλά αρνητικά φορτισμένα θειικά και καρβοξύλια της θειικής ηπαράνης. Συνεπώς, η συγγένεια της αντιθρομβίνης για τη θρομβίνη είναι κατά τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη, παρουσία θειικής ηπαράνης από ότι απουσία της. Οι περιοχές της θρομβίνης και της αντιθρομβίνης που είναι πλούσιες σε αρνητικά φορτισμένα κατάλοιπα εικονίζονται με κόκκινο χρώμα σε αυτήν την ηλεκτροστατική αναπαράσταση των δύο πρωτεϊνών. [Πηγή: PDB ID 1TB6, W. Li et al., *Nature Struct. Mol. Biol.* 11:857, 2004].



# ΓΛΥΚΟΖΑΜΙΝΟΓΛΥΚΑΝΕΣ-ΝΟΣΗΜΑΤΑ

Βλάβες στη σύνθεση ή αποδόμηση θειϊκών γλυκοζαμινογλυκανών μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή ανθρώπινη νόσο

- Σύνδρομο Προγηρίας Ehlers-Danlos
- Βραχυσωμία ή συχνές εξάρθρώσεις
- Νευροπάθεια
- Σκελετικές Βλάβες
- Διπολική διαταραχή ή διαφραγματοκήλη
- Παραμορφώσεις οστών

## ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΑ ΣΑΚΧΑΡΑ

- 
- Γλυκοπρωτεΐνες
- Γλυκολιπίδια
- Πρωτεογλυκάνες

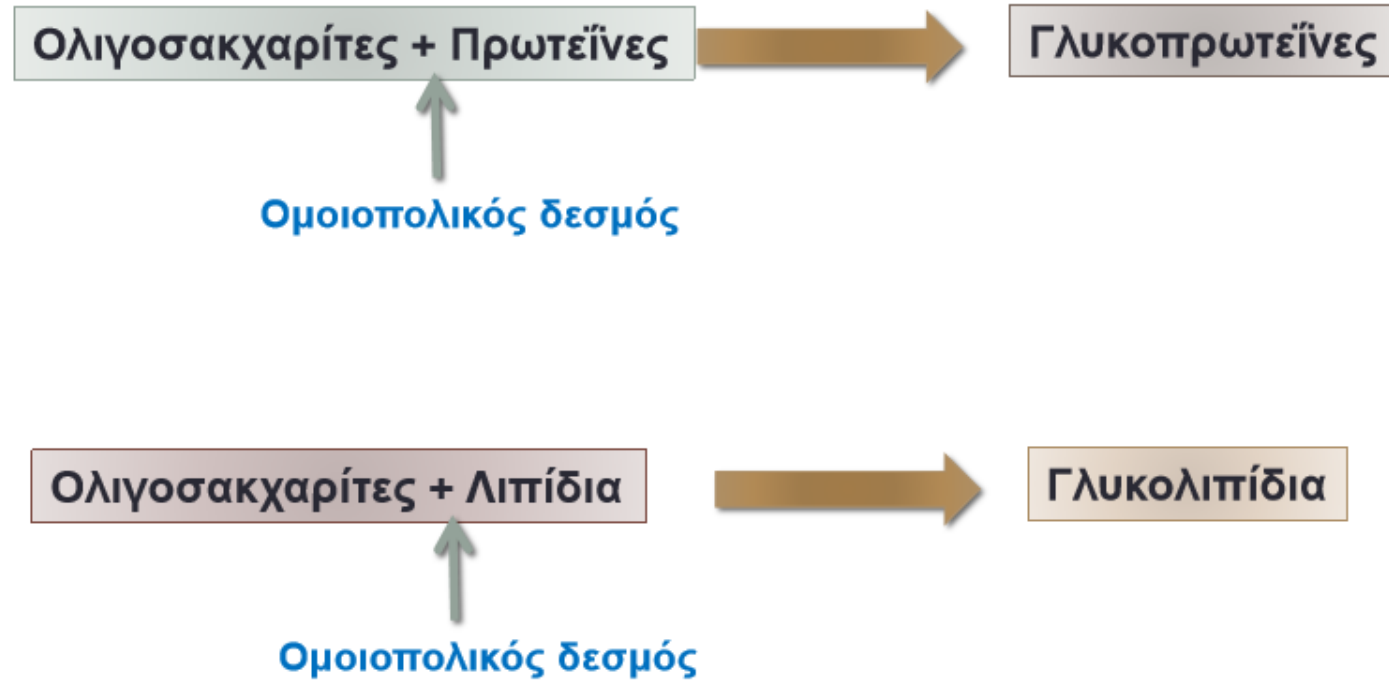
# ΓΛΥΚΟΚΑΛΥΚΑΣ

Ειδικές ολιγοσακχαρικές αλυσίδες συνδέονται σε συστατικά της κυτταροπλασματικής μεμβράνης και σχηματίζουν ένα υδατανθρακικό στρώμα (γλυκοκάλυκα) που λειτουργεί ως επιφάνεια πλούσια σε πληροφορίες που επιδεικνύει το κύτταρο στο περιβάλλον

Παίζουν ρόλο στην διακυτταρική αναγνώριση, προσκόλληση και μετανάστευση κυττάρων κατά την ανάπτυξη, πήξη του αίματος, ανοσολογική απόκριση, επούλωση τραύματος κλπ

Ο πληροφοριακός υδατάνθρακας συνδέεται ομοιοπολικά με μια πρωτεΐνη ή λιπίδιο (συζευγμένο σάκχαρο)

# Γλυκοπρωτεΐνες-Γλυκολιπίδια



# ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

- Συνήθως απαντώνται στην εξωτερική πλευρά της κυτταρικής μεμβράνης (μέρος του γλυκοκάλυκα) , στο εξωκυττάριο στρώμα, στο αίμα. Στο εσωτερικό των κυττάρων βρίσκονται στο σύμπλεγμα Golgi, τα λυσοσώματα, και στα εκκριτικά κοκκία.
- Το ολιγοσακχαριτικό τμήμα είναι ετερογενές και περιέχει πολλές πληροφορίες και ειδικές θέσεις σύνδεσης για ειδικές πρωτεΐνες (λεκτίνες ).
- Η διαδικασία προσθήκης σακχάρων σε πρωτεΐνες και λιπίδια ονομάζεται γλυκοζυλίωση

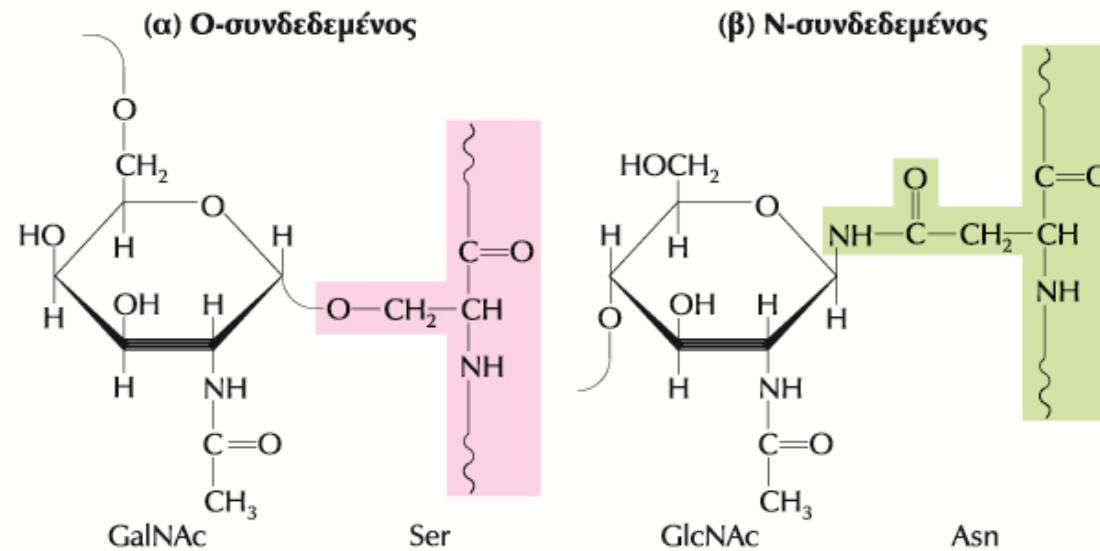
# ΓΛΥΚΟΣΦΙΓΓΟΛΙΠΙΔΙΑ

Λιπίδια, συστατικά της κυτταρικής μεμβράνης, που φέρουν ομοιοπολικά συνδεδεμένους ολιγοσακχαρίτες. Οι γαγγλιοζίτες είναι μεμβρανικά λιπίδια των ευκαρυωτικών κυττάρων όπου η πολική ομάδα της κεφαλής (έξω από την μεμβράνη) είναι ένας περίπλοκος ολιγοσακχαρίτης που φέρει σιαλικό οξύ και άλλους μονοσακχαρίτες

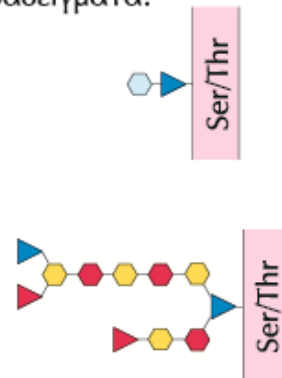
# ΓΛΥΚΟΣΦΙΓΓΟΛΙΠΙΔΙΑ

- Μερικές ρίζες αυτών καθορίζουν την ομάδα αίματος και είναι ταυτόσημες με τις ρίζες γλυκοπρωτεϊνών που επίσης συνεισφέρουν στον καθορισμό του τύπου της ομάδας αίματος
- Υπάρχουν σε αφθονία στους νευρώνες και βοηθούν στην νευρική μετάδοση και στο σχηματισμό μυελίνης
- Παίζουν ρόλο στην μεταγωγή σήματος στα κύτταρα

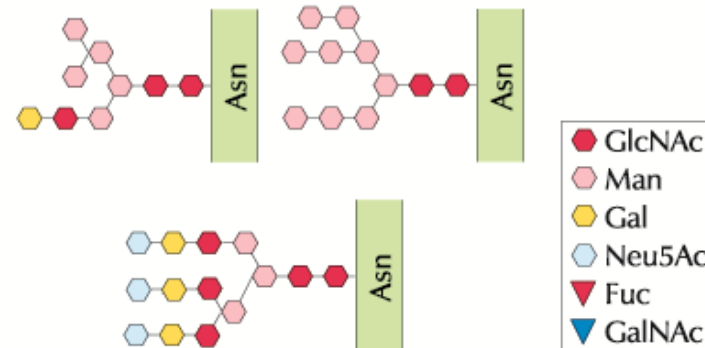
# ΔΟΜΗ ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΪΝΩΝ (Ο-,Ν-,ΓΛΥΚΟΖΙΤΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ) ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ ΜΕ ΚΑΤΑΛΟΙΠΑ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ



Παραδείγματα:



Παραδείγματα:



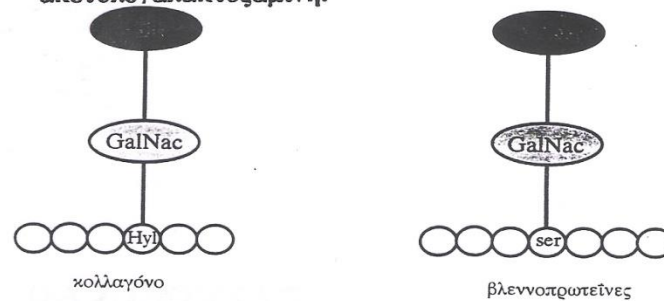
- GlcNAc
- Man
- Gal
- Neu5Ac
- ▼ Fuc
- ▼ GalNAc



## ΔΟΜΗ Ο ΚΑΙ Ν ΣΥΝΔΕΜΕΝΩΝ ΟΛΙΓΟΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ

### • Ο συνδεδεμένοι ολιγοσακχαρίτες:

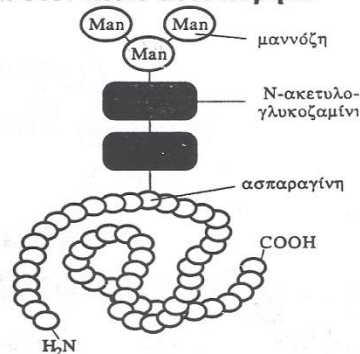
Είναι μικροί σε μήκος και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Περιέχουν 1-3 μόρια σακχάρων. Το κοινό σάκχαρο που έχουν είναι η N-ακετυλογαλακτοζαμίνη.



Η δομή ορισμένων χαρακτηριστικών Ο-συνδεδεμένων ολιγοσακχαριτών στις πρωτεΐνες: Glc=γλυκόζη, Gal=γαλακτόζη, Hy1=υδροξύλυση, NANA=N-ακετυλονευραμικό οξύ, GalNAc=N-ακετυλογαλακτοζαμίνη, Ser=σερίνη.

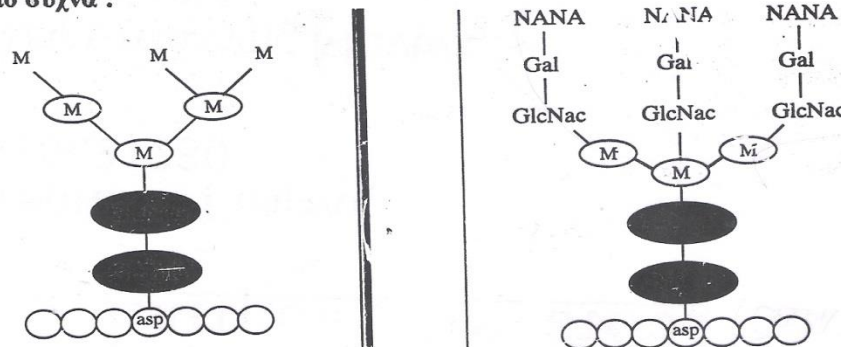
### • Ν συνδεδεμένοι ολιγοσακχαρίτες:

Περιέχουν έναν κοινό πεντασακχαρίτη. Πρόσθετα μόρια σακχάρων προστίθενται στον κοινό αυτό πυρήνα



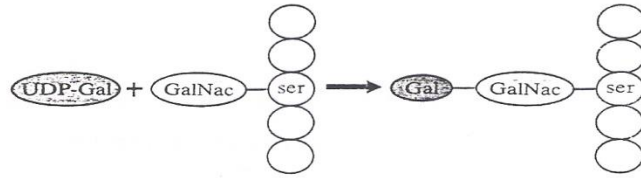
Η βασική δομή των Ν-συνδεδεμένων ολιγοσακχαριτών που προσθέτονται στις περισσότερες πρωτεΐνες στο εσωτερικό του ER. Οι ολιγοσακχαρίτες αυτοί αποτελούν τον πυρήνα στον οποίον ενώνονται διάφορα άλλα σάκχαρα και έτσι δημιουργούν μια μεγάλη ποικιλία γλυκοπρωτεϊνών.

Δύο είναι οι τύποι Ν συνδεδεμένων ολιγοσακχαριτών που συναντώνται πιο συχνά :



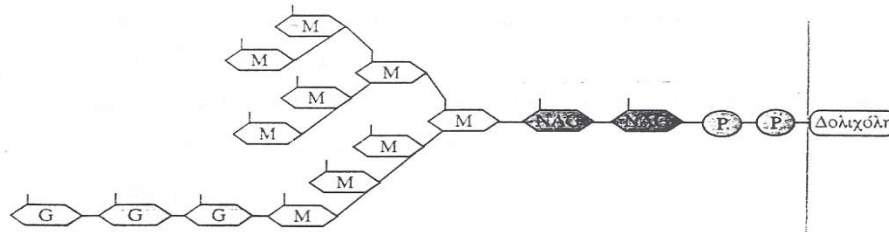
Οι κατηγορίες Ν-συνδεδεμένων ολιγοσακχαριτών. Στην πρώτη κατηγορία (αριστερά) ανήκουν πολλές γλυκοπρωτεΐνες των ιών καθώς και εκκριτικές. Στη δεύτερη κατηγορία (δεξιά) υπάγονται πολλές πρωτεΐνες του ορού των θηλαστικών όπως π.χ. οι ανοσοσφαιρίνες. Man=μαννόζη, Gal=γαλακτόζη, GlcNAc=N-ακετυλογλυκοζαμίνη, NANA=N-ακετυλονευραμικό οξύ.

**Ο ολιγασακχαρίτες:** το ολιγασακχαρικό τμήμα αυξάνει με συνεχείς προσθήκες μονοσακχαριτών (αντιδράσεις που καταλύονται από γλυκοζυλοτρανσφεράσεις).

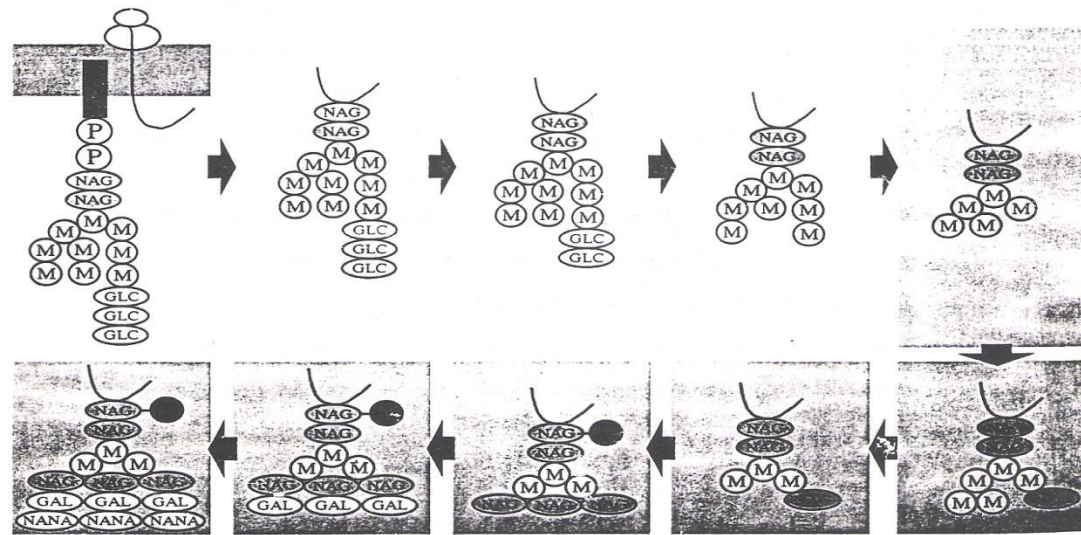


Η προσθήκη γαλακτόζης (Gal) στο 3' -άνθρακα της N-ακετυλογαλακτοζαμίνης (GalNac) που είναι προσδεμένη σε μια πρωτεΐνη. Αυτό είναι ένα τυπικό βήμα επιμήκυνσης ενός O-συνδεδεμένου ολιγασακχαρίτη.

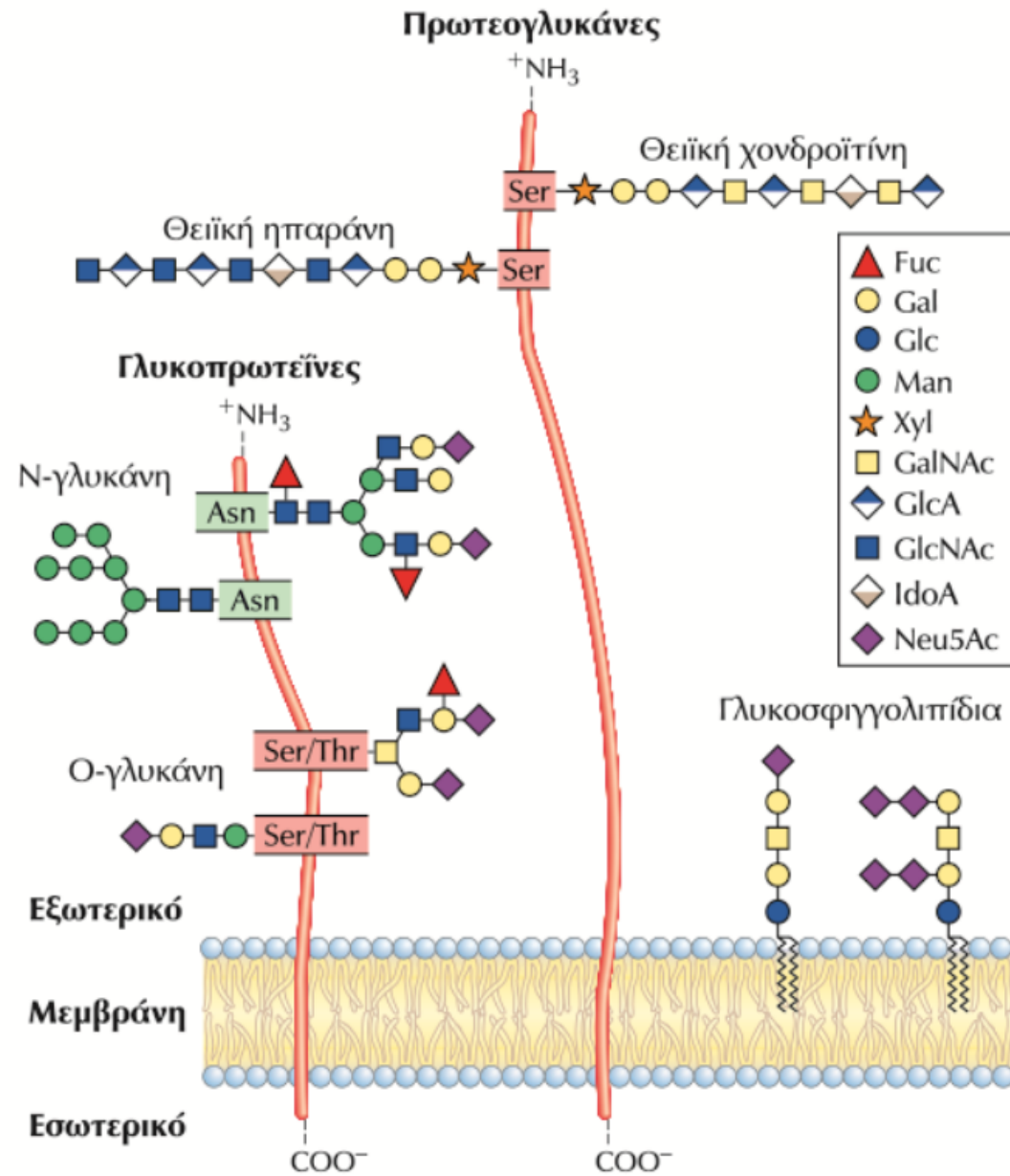
**N ολιγασακχαρίτες:** ο ολιγασακχαρίτης συντίθεται ξεχωριστά και κατόπιν συνδέεται με την ασπαραγίνη της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.



Η δομή της προραμφιδας των N-συνδεδεμένων ολιγασακχαριτών. Συνιστάται από το λιπίδιο δολιχόλη που είναι ενωμένο διαμέσου του πυροφωσφορικού με μια ολιγασακχαρική αλυσίδα.



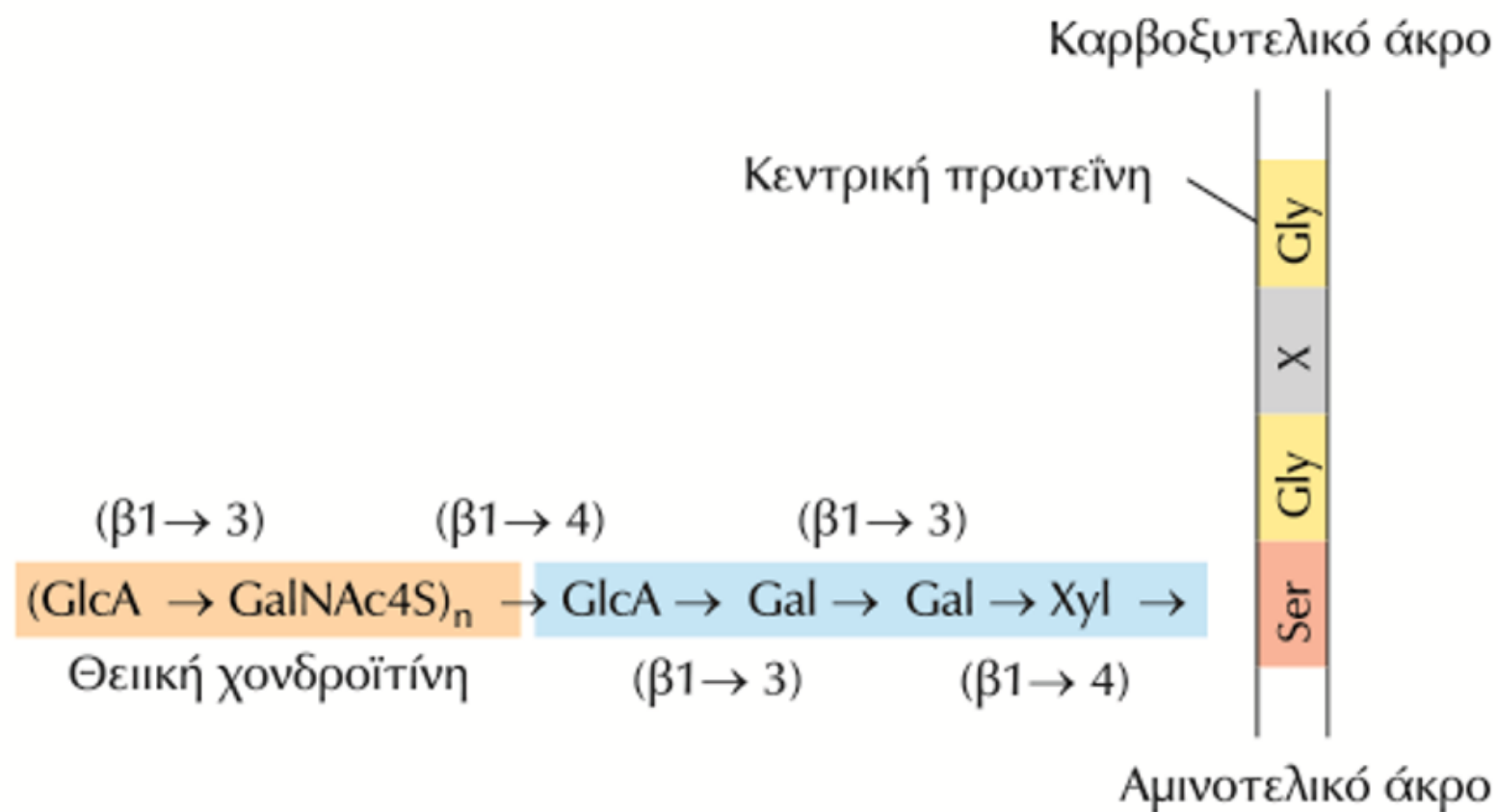
Σχ. 7 - 29: Η ωρίμανση των N-συνδεδεμένων ολιγασακχαριτών. Τουλάχιστον 11 ένζυμα, μεταξύ αδρού ER και trans - περιοχής του συμπλέγματος Golgi, δρουν αλληλοδιαδόχως για την ωρίμανση μιας πρωτεΐνης. Παρατηρείστε ότι, ενώ στην αρχή αφαιρούνται τα σάκχαρα, στη συνέχεια προσθέτονται νέα. Τα ανοικτόχρωμα πλαίσια υποδηλώνουν το ER, ενώ τα σκουτερόχρωμα το σύμπλεγμα Golgi.



**ΕΙΚΟΝΑ 7-23** Συζευγμένα σάκχαρα. Οι δομές ορισμένων τυπικών πρωτεογλυκάνων, γλυκοπρωτεϊνών και γλυκοσφιγγολιπιδίων που περιγράφονται στο κείμενο.

# ΠΡΩΤΕΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

Μακρομόρια της κυτταρικής μεμβράνης ή του εξωκυττάριου στρώματος όπου μια ή περισσότερες αλυσίδες γλυκοζαμινογλυκάνων με θειϊκές ομάδες συνδέονται ομοιοπολικά με μια μεμβρανική ή εκκρινόμενη πρωτεΐνη. Η αλυσίδα γλυκοζαμινογλυκανών μπορεί να συνδεθεί και σε εξωκυττάρια πρωτεΐνες μέσω των ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ της πρωτεΐνης και των αρνητικά φορτισμένων περιοχών των σακχάρων

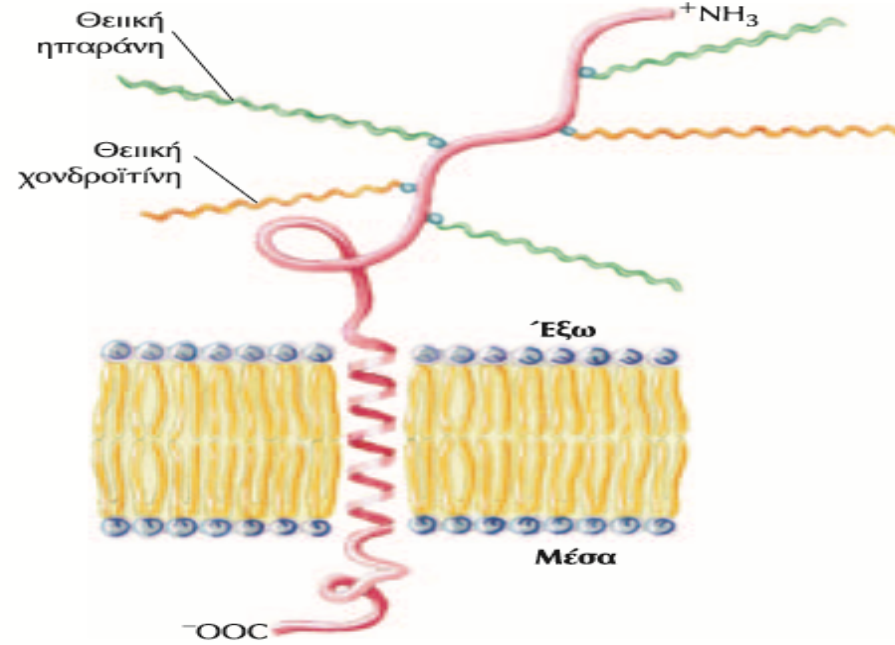


**ΕΙΚΟΝΑ 7-24** Δομή των πρωτεογλυκανών με την τετρασακχαριτική γέφυρα. Ένας τυπικός τετρασακχαριτικός σύνδεσμος (μπλε) συνδέει μια γλυκοζαμινογλυκάνη (εδώ, η θειική χονδροϊτίνη – πορτοκαλί) μ' ένα κατάλοιπο Ser της κεντρικής πρωτεΐνης. Το κατάλοιπο ξυλόζης στο αναγωγικό άκρο του συνδέτη συνδέεται μέσω του ανωμερούς ατόμου άνθρακα με το υδροξύλιο του καταλοίπου Ser.

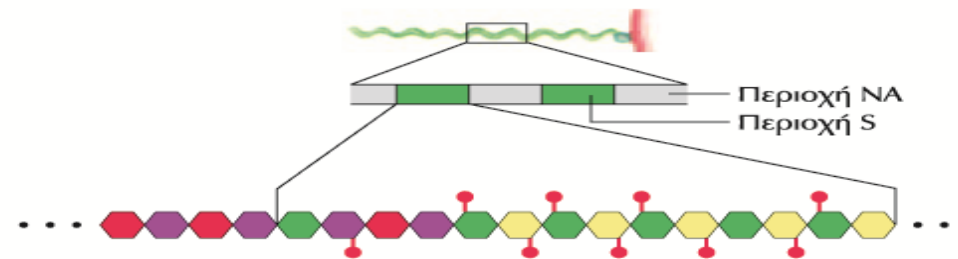


# ΔΟΜΗ ΠΡΩΤΕΟΓΛΥΚΑΝΗΣ

(α) Συνδεκάνη



(β) Θειική ηπαράνη



- GlcNAc
- GlcA
- GlcNS
- IdoA
- ↓ 2-O-θειική
- † 6-O-θειική

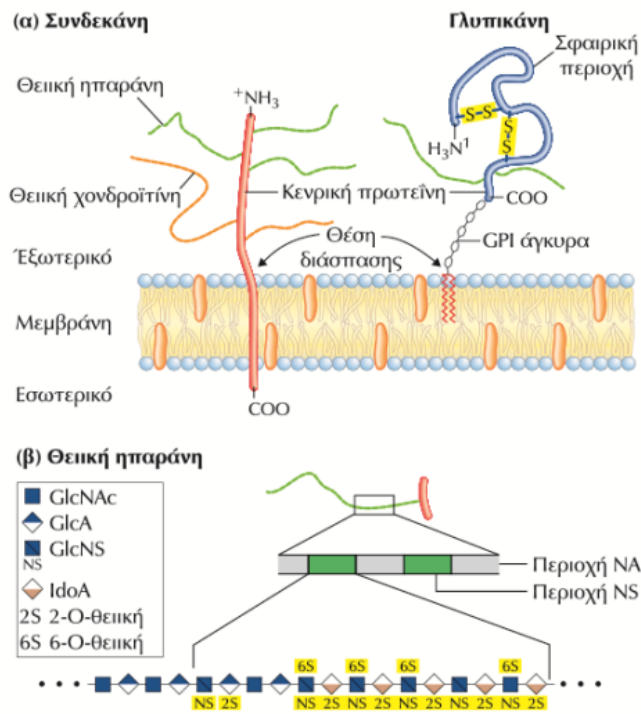
# ECM συνδετικού ιστού (Βασικός υμένας)

Δύο οικογένειες διαμεμβρανικών πρωτεογλυκανών θειϊκής ηπαράνης

A) Συνδεκάνες B) Γλυπικάνες

Οργανώνουν ιστούς και επηρεάζουν κυτταρικές διεργασίες όπως η ενεργοποίηση και προσκόλληση αυξητικών παραγόντων.

Επίσης σε διεργασίες όπως διακυτταρική αναγνώριση και προσκόλληση, κυτταρικό πολ/μο και διαφοροποίηση



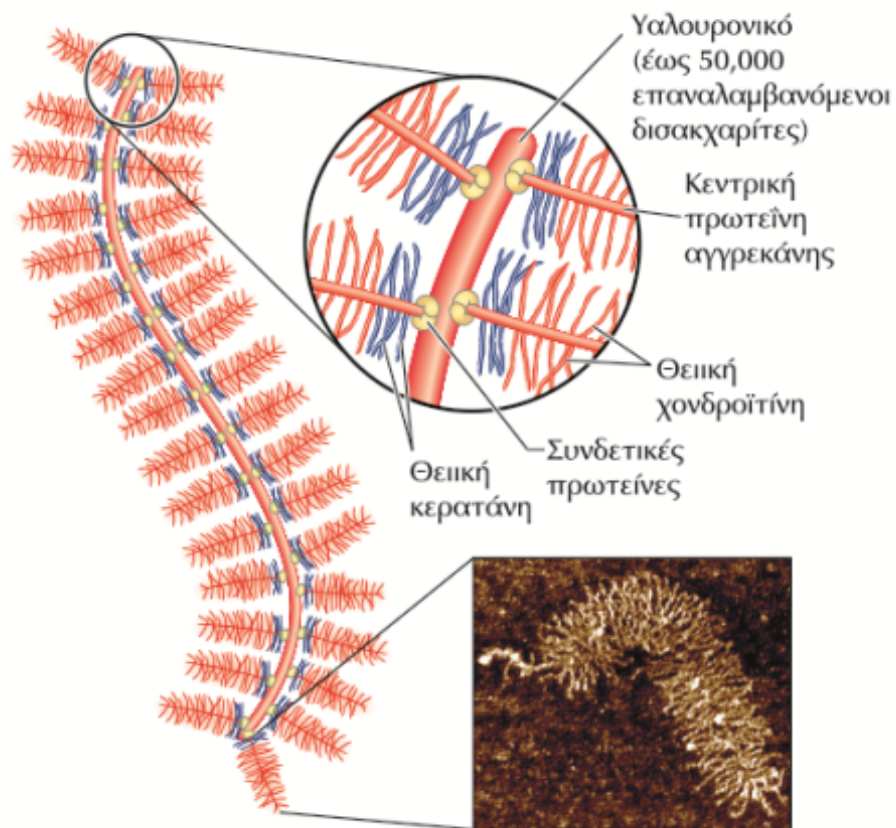
**ΕΙΚΟΝΑ 7-25** Δύο οικογένειες μεμβρανικών πρωτεογλυκανών. (α) Σχηματικά διαγράμματα της συνδεκάνης και μιας γλυπικάνης στην κυτταροπλασματική μεμβράνη. Οι συνδεκάνες συγκρατούνται στη μεμβράνη μέσω του φαινομένου υδροφοβικότητας με αλληλεπιδράσεις μεταξύ μιας αλληλουχίας μη-πολικών αμινοξέων και λιπιδίων της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Μπορεί να αποκοπούν μέσω μιας μοναδικής πρωτεολυτικής τομής κοντά στην επιφάνεια της μεμβράνης. Σε μια τυπική συνδεκάνη, η εξωκυττάρια αμινοτελική περιοχή συνδέεται ομοιοπολικά (με δισακχαρτικούς συνδέσμους όπως εκείνοι της Εικόνας 7-24) σε τρεις αλυσίδες θειικής ηπαράνης και δύο αλυσίδες θειικής χονδροϊτίνης. Οι γλυπικάνες συγκρατούνται στη μεμβράνη με τη μεσολάβηση ενός μεμβρανικού λιπιδίου με το οποίο συνδέονται ομοιοπολικά (άγκυρα GPI, Εικόνα 11-13), αλλά αποβάλλονται εάν ο δεσμός μεταξύ του λιπιδίου τμήματος της άγκυρας GPI (φωσφατιδυλοϊνσιτόλη) και του ολιγοσακχαρίτη που συνδέεται με την πρωτεΐνη, διασπαστεί από μια φωσφολιπάση. Όλες οι γλυπικάνες έχουν 14 συντηρημένα κατάλοιπα Cys, τα οποία σχηματίζουν δισουλφιδρικούς δεσμούς για τη σταθεροποίηση του πρωτεϊνικού τμήματος, και είτε δύο είτε τρεις συνδεδεμένες αλυσίδες γλυκοζαμινογλυκάνης κοντά στο καρβοξυτελικό άκρο, κοντά στην επιφάνεια της μεμβράνης. (β) Κατά μήκος μιας αλυσίδας θειικής ηπαράνης, περιοχές πλούσιες σε θειικά σάκχαρα (περιοχές NS πράσινο) εναλλάσσονται με περιοχές οι οποίες κυρίως περιέχουν μη τροποποιημένα κατάλοιπα GlcNAc και GlcA (περιοχές NA, γκρι). Μια από τις περιοχές NS παρουσιάζεται με περισσότερες λεπτομέρειες, αποκαλύπτοντας άφθονα τροποποιημένα κατάλοιπα: GlcNS (N-θειογλυκοζαμίνη) με θειικό εστέρα στο C-6 και, GlcA και IdoA με θειικό εστέρα, στο C-2. Το ακριβές πρότυπο κατανομής θειικών ομάδων στην περιοχή NS ποικίλλει μεταξύ των πρωτεογλυκανών. [Πηγές: (α) U. Hacker et al., *Nature Rev. Mol. Cell Biol.* 6:530, 2005, (β) J. Turnbull et al., *Trends Cell Biol.* 11:75, 2001].



# ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ ΠΡΩΤΕΟΓΛΥΚΑΝΩΝ

Τεράστια υπερμοριακά συγκροτήματα πολλών 'κεντρικών' πρωτεϊνών, οι οποίες προσδένονται στο ίδιο μόριο υαλουρονικού

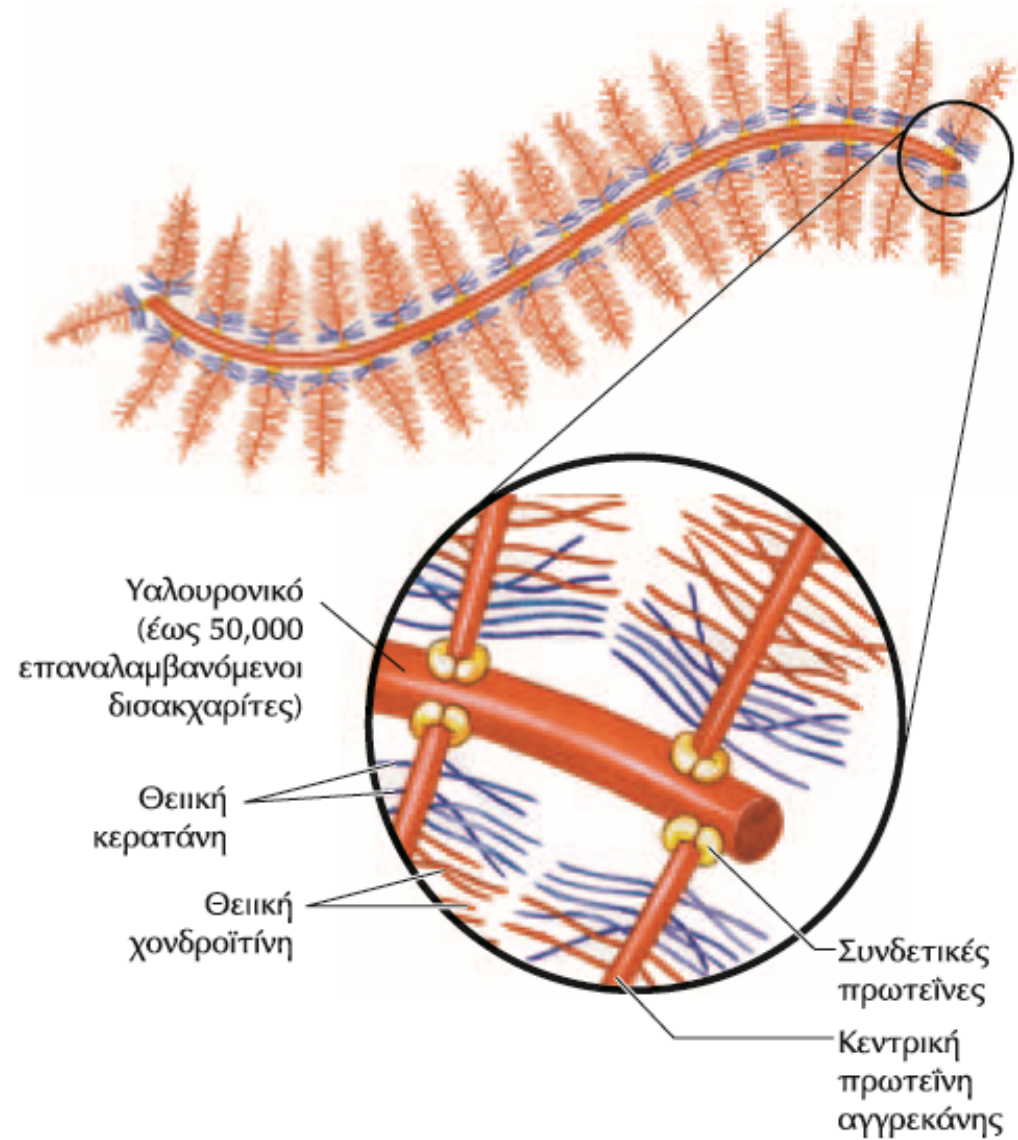
Η κεντρική πρωτεΐνη της αγγρεκάνης συνδέεται με θειϊκή χονδροϊτίνη και θειϊκή κερατάνη. Περισσότερες από 100 κεντρικές πρωτεΐνες συνδέονται με ένα μόριο υαλουρονικού και δεσμεύουν και νερό (καταλαμβάνουν όγκο ίσο με ένα βακτηριακό κύτταρο)



κυτταρικών κι εξωκυττάρων μορίων στο στρώμα (**Εικόνα 7-29**). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις όχι μόνο αγκυροδετούν τα κύτταρα στο ECM και προσφέρουν ανθεκτικότητα και ελαστικότητα στο δέρμα και στις αρθρώσεις αλλά επίσης προσφέρουν οδούς που κατευθύνουν τη μετανάστευση των κυττάρων στους αναπτυσσόμενους ιστούς. Επίσης, αναμεταδίδουν πληροφορίες προς ή από το κύτταρο, διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης.

**ΕΙΚΟΝΑ 7-28** Συνάθροισμα πρωτεογλυκανών στο εξωκυττάριο στρώμα. Σχηματική αναπαράσταση μιας πρωτεογλυκάνης με πολλά μόρια αγγρεκάνης. Ένα πολύ μακρύ μόριο υαλουρονικού αλληλεπιδρά μη-ομοιοπολικά με περίπου 100 μόρια της κεντρικής πρωτεΐνης αγγρεκάνης. Κάθε μόριο της πρωτεΐνης συνδέεται ομοιοπολικά με πολλές αλυσίδες θειικής χονδροϊτίνης και θειικής κερατάνης. Συνδετικές πρωτεΐνες στη συμβολή μεταξύ κάθε κεντρικής πρωτεΐνης και του σκελετού από υαλουρονικό μεσολαβούν στην αλληλεπιδραση πρωτεΐνης-υαλουρονικού. Η μικρογραφία παρουσιάζει ένα μοναδικό μόριο αγγρεκάνης, που παρατηρείται με μικροσκοπία ατομικών δυνάμεων. [Πηγή: Η μικρογραφία είναι ευγενική χορηγία του Laurel Ng. Με την άδεια των Ng, L., Grodinsky, A., Patwari, P., Sandy, J., Plaas, A. H. K., & Ortiz, C. (2003) Individual cartilage aggrecan macromolecules and their constituent glycosaminoglycans visualized via atomic force microscopy. *J. Struct. Biol.* 143:242–257, Fig. 7α αριστερά © Elsevier].

# ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΜΑ ΠΡΩΤΕΟΓΛΥΚΑΝΩΝ

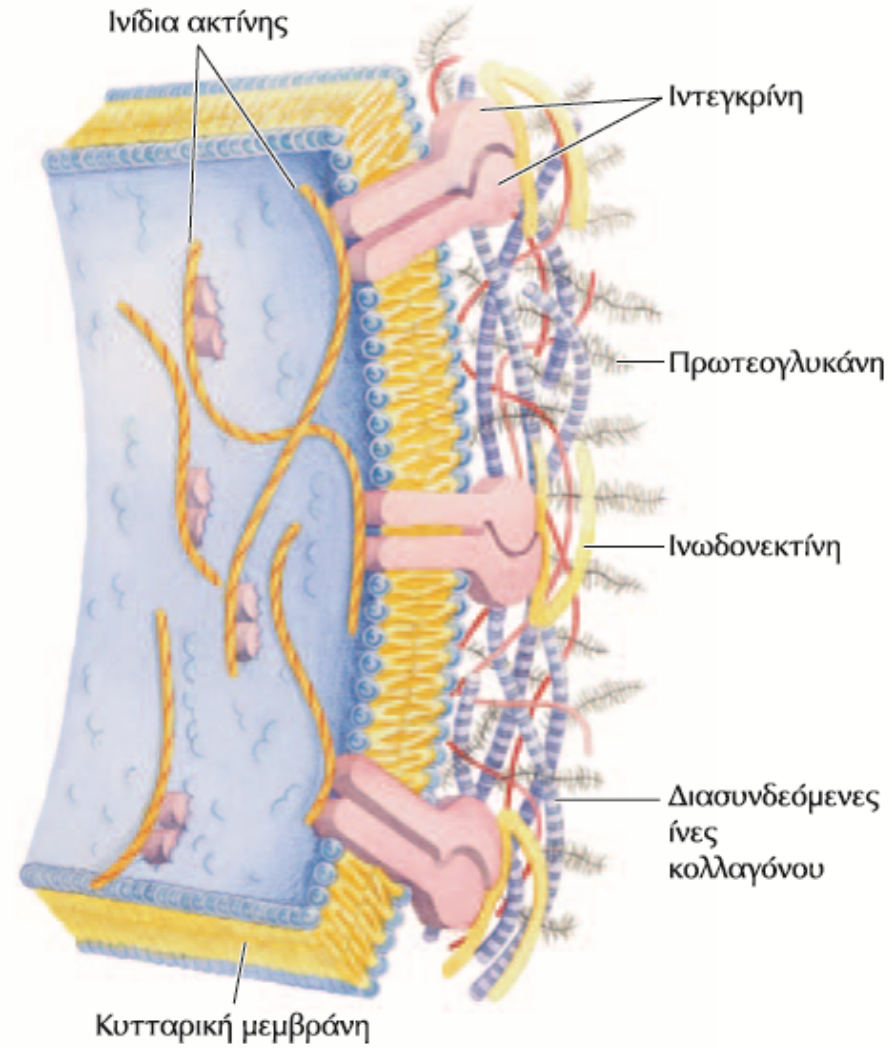


## ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ ΠΡΩΤΕΟΓΛΥΚΑΝΩΝ

Οι πρωτεογλυκάνες διαπλέκονται με ινώδεις πρωτεΐνες του στρώματος όπως κολλαγόνο, ελαστίνη, φιβρονεκτίνη και σχηματίζουν πλέγμα που δίνει ανθεκτικότητα και ελαστικότητα στο ECM

Ιντεγκρίνες: μεμβρανικές πρωτεΐνες που αλληλεπιδρούν με φιβρονεκτίνη και μεσολαβούν στην επικοινωνία και στη σηματοδότηση μεταξύ εξωκυττάριου στρώματος και του εσωτερικού του κυττάρου

# ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ ΚΑΙ ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ



# ΛΙΠΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

Χαρακτηριστικό της εξωτερικής μεμβράνης των gram αρνητικών βακτηρίων  
(*Escherichia Coli* και *Salmonella typhimurium*)

Το ανοσολογικό σύστημα των σπονδυλωτών παράγει αντισώματα έναντι αυτών

Περιέχουν λιπαρά οξέα συνδεδεμένα με ολιγοσακχαρίτες

Το λιπιδικό τμήμα Α καλείται ενδοτοξίνη που προκαλεί επικίνδυνη πτώση της  
αρτηριακής πίεσης

# ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΟΙ ΛΙΠΟΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

