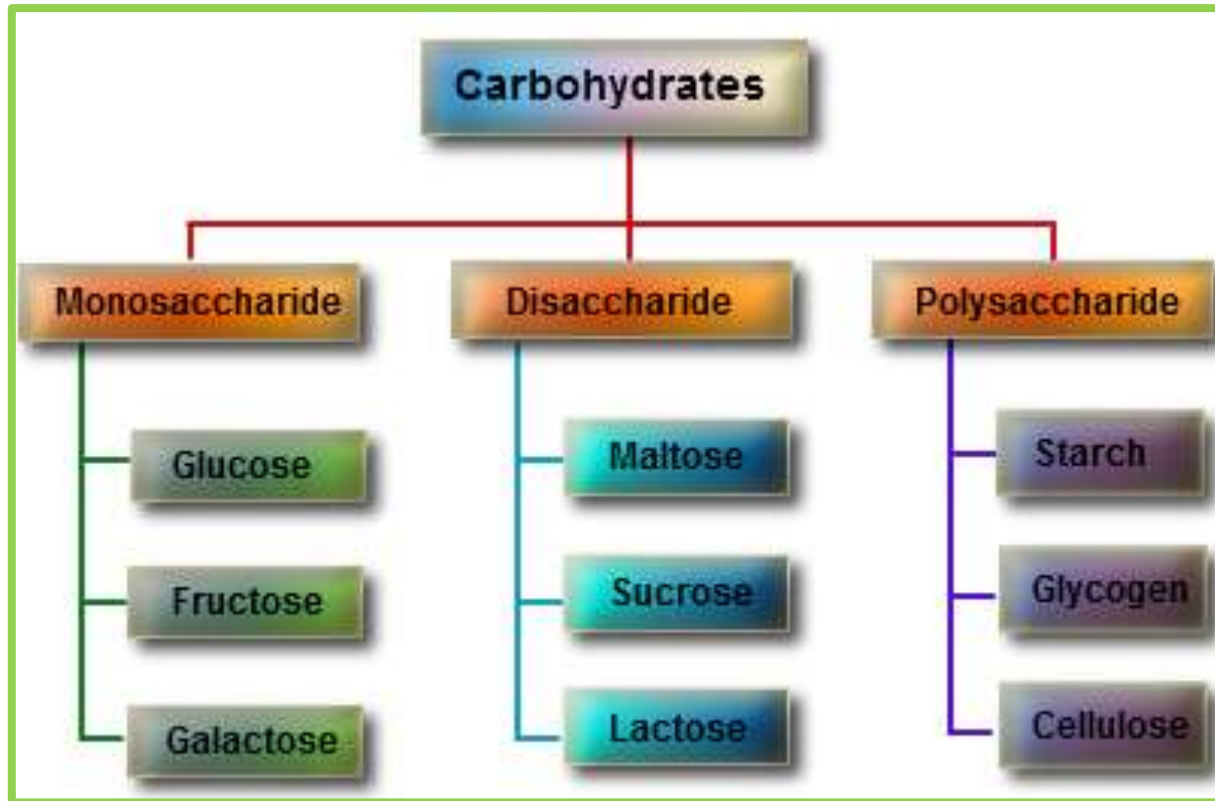


Υδατάνθρακες

επανάληψη



Αργυρώ Μπεκατώρου

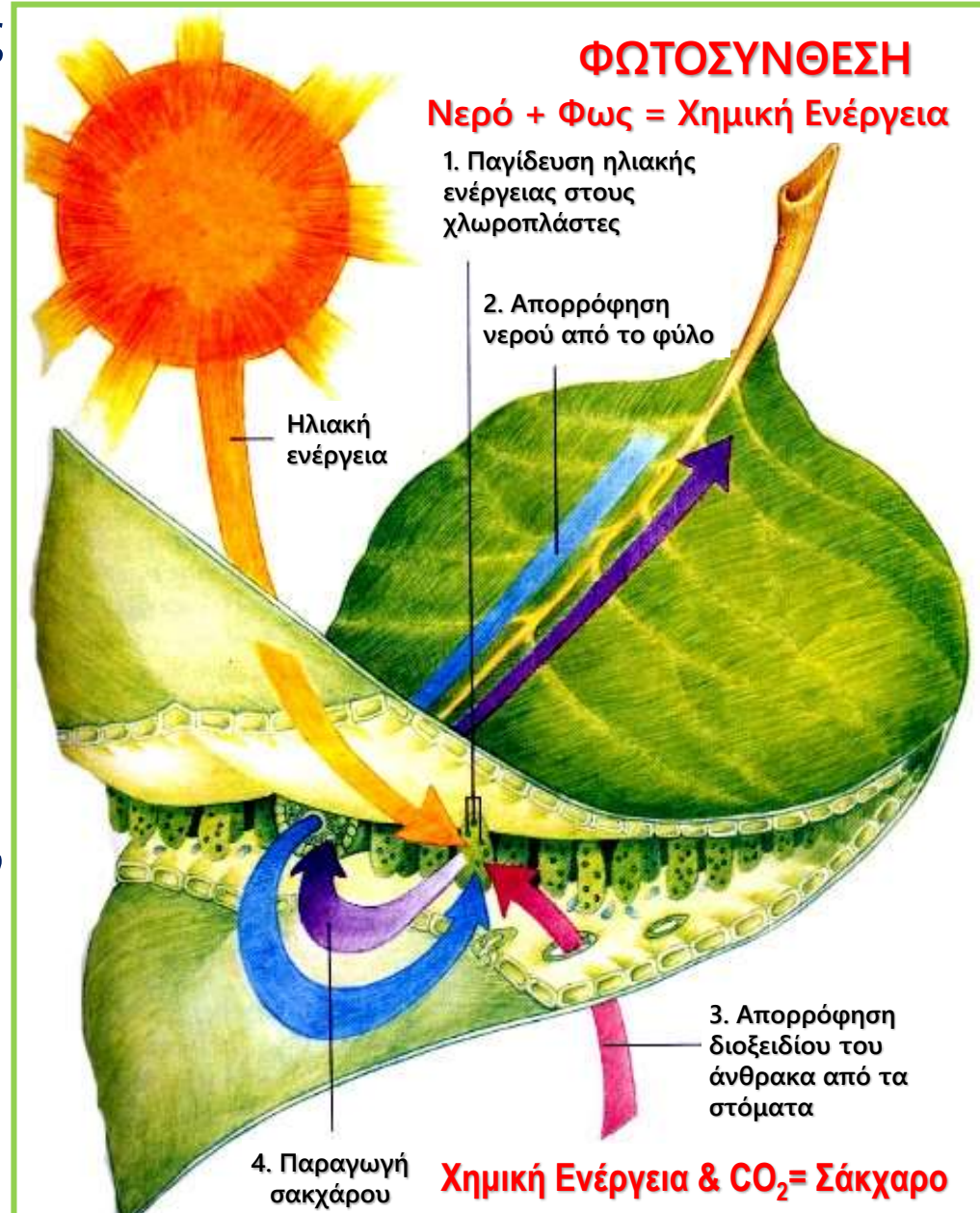
Καθηγήτρια Χημείας & Τεχνολογίας Τροφίμων

Τμήμα Χημείας, Παν/μιο Πατρών

Πάτρα 2024

Υδατάνθρακες -Εισαγωγή

- Οι **πιο διαδεδομένες** οργανικές ενώσεις στη Γή
- **Κεντρικός ρόλος** στο μεταβολισμό όλων των ζωντανών οργανισμών
- Συντίθενται στα φυτά με τη **φωτοσύνθεση** από $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, διαδικασία που αποτελεί βάση για την ύπαρξη όλων των οργανισμών που εξαρτώνται από την πρόσληψη οργανικών ενώσεων με την τροφή
- Στα φυτά αποθηκεύονται με τη μορφή **αμύλου**



Υδατάνθρακες -Εισαγωγή

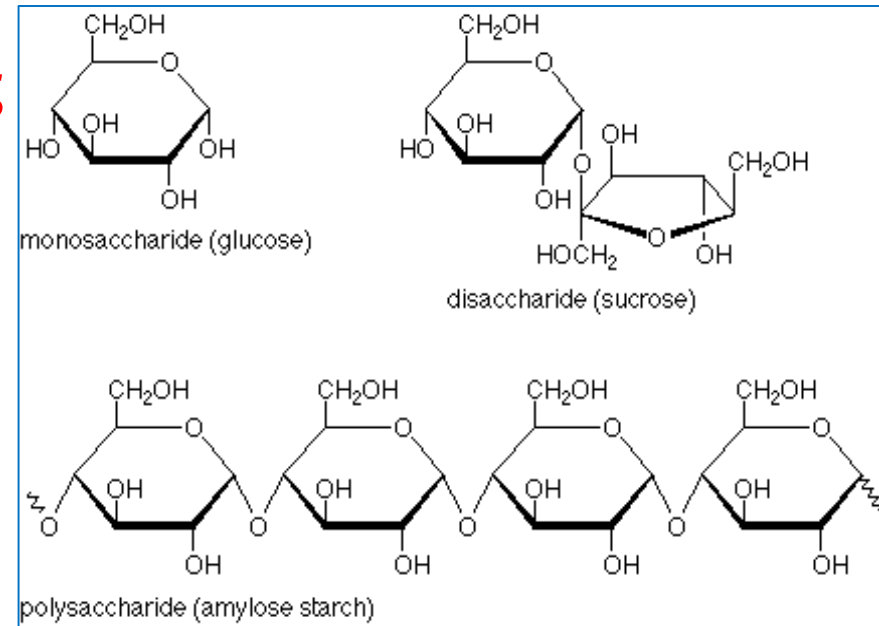
- Ο όρος «**υδατάνθρακας**» χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να δείξει ότι στοιχειακά ήταν «**υδρίτες του άνθρακα**», με γενικό τύπο **$Cx(H_2O)y$**
- Στην κατηγορία ανήκουν και άλλες ενώσεις που αποκλίνουν από το γενικό τύπο αλλά έχουν παρόμοια συμπεριφορά & αντιδράσεις
- Στα **τρόφιμα**, αποτελούν βασικό **θρεπτικό** συστατικό και κυριότερη **πηγή ενέργειας** (80%)
- Από τις **ιδιότητες** τους (διαλυτότητα, υγροσκοπικότητα, διάχυση, γεύση, κλπ.) εξαρτάται η **ποιότητα** πολλών υδατανθρακούχων τροφίμων (ζαχαροπλαστικής, αρτοποιίας, πηκτές, υλικά επικάλυψης κ.α.)



Υδατάνθρακες -Εισαγωγή

- Κατηγοριοποιούνται σε **μονοσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες** και **πολυσακχαρίτες**

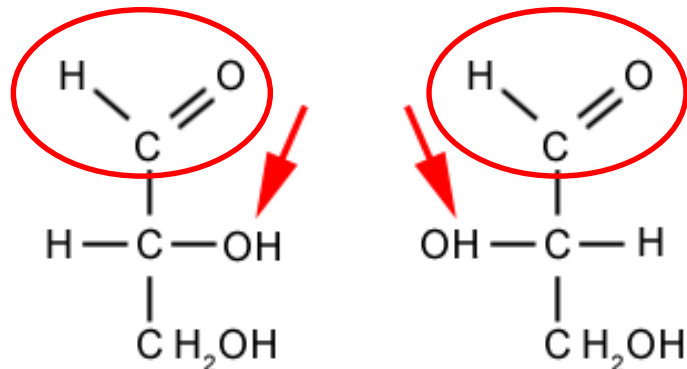
- Πολλοί από τους πολυσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες είναι **άπεπτοι** (πηκτίνες, κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, ραφφινόζη, κ.α.) και η έλλειψη τους από τη διατροφή έχει σχετισθεί με διάφορες παθήσεις



- Για τους **πεπτόμενους** υδατάνθρακες δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις στη διαίτα (συντίθενται στον οργανισμό, π.χ. γλυκονεογένεση)
- Απαιτείται όμως μια ποσότητα καθημερινής πρόσληψης στη διατροφή πεπτόμενων υδατανθράκων για να **αποφεύγεται η καύση πρωτεϊνών** για ενεργειακούς σκοπούς

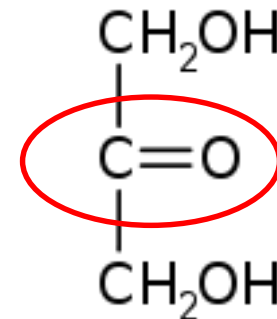
Μονοσακχαρίτες

- Οι **μονοσακχαρίτες** είναι οι απλούστεροι υδατάνθρακες και αποτελούν **δομικές μονάδες** των ολιγο- και πολυσακχαριτών
- Είναι **αλειφατικές πολυυδροξυαλδεΐδες (αλδόζες)**, παράγωγα της **γλυκεραλδεΐδης**, ή **αλειφατικές πολυυδροξυκετόνες (κετόζες)**, παράγωγα της **διυδροξυακετόνης**, με εισαγωγή υδροξυμεθυλεν-ομάδων (**-CHOH-**):



D-γλυκεραλδεΐδη L-γλυκεραλδεΐδη

ΑΛΔΟΤΡΙΟΖΗ

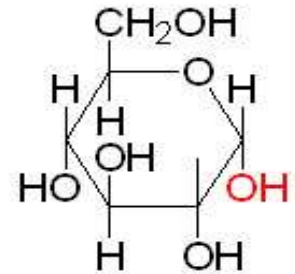
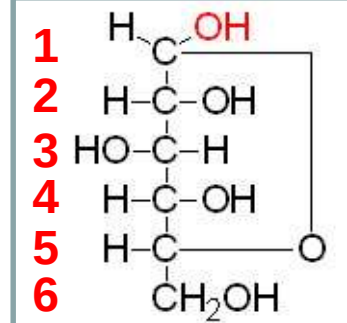


Διυδροξυακετόνη

ΚΕΤΟΤΡΙΟΖΗ

Μονοσακχαρίτες

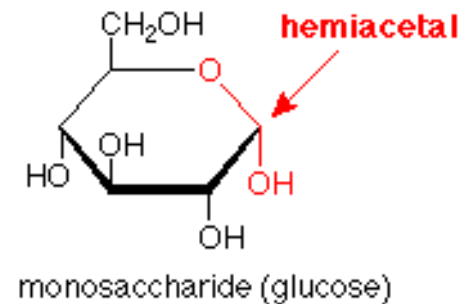
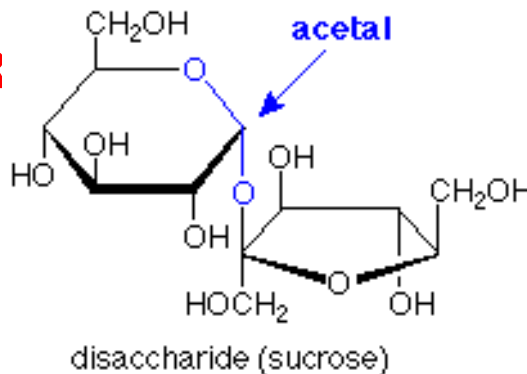
- Ταξινομούνται σύμφωνα με τον αριθμό των ατόμων C στο μόριό τους σε: **τριόζες, τετρόζες, πεντόζες, εξόζες** κλπ.
- Η **αρίθμηση** των ατόμων C αρχίζει από το πλησιέστερο προς την καρβονυλική ομάδα ακραίο άτομο άνθρακα
- Το **καρβονύλιο** των αλδοζών (**C1**) & των κετοζών (**C2**) αντιδρά ενδομοριακά με το -OH του **C_{n-1}** (π.χ. **C5** στις εξόζες) για την παραγωγή **ημιακετάλης** ή **κετάλης** αντίστοιχα



✓ **Ημιακετάλη** $R-CH(OH)-OR$

!!!

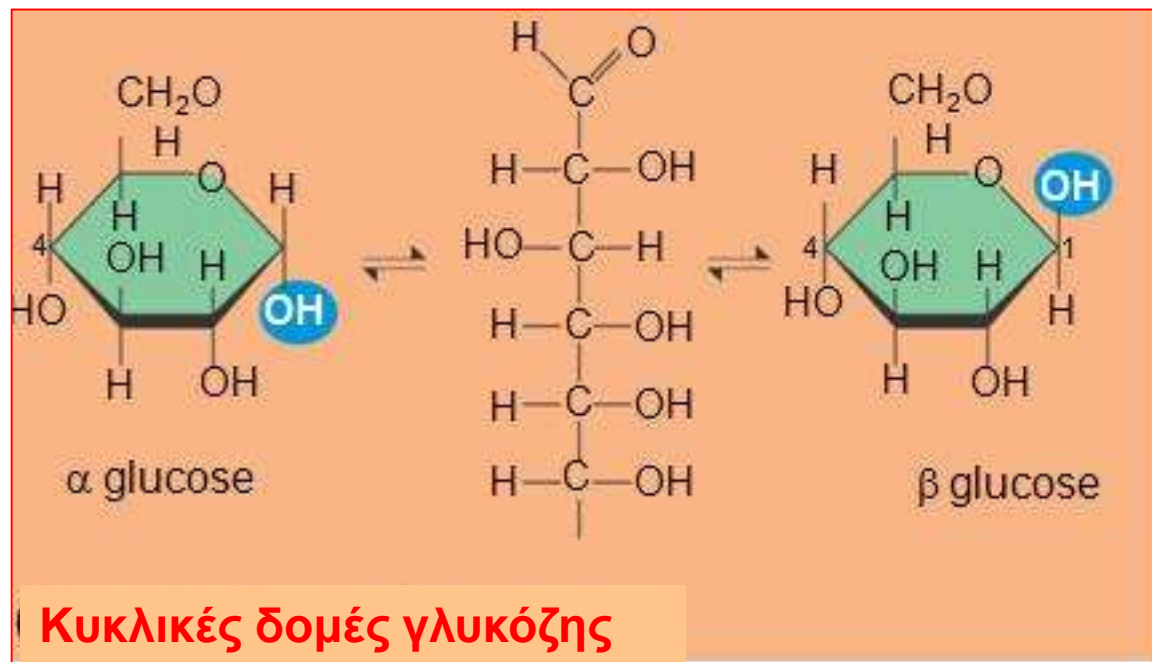
✓ **Κετάλη** $R-CH(OR)_2$



monosaccharide (glucose)

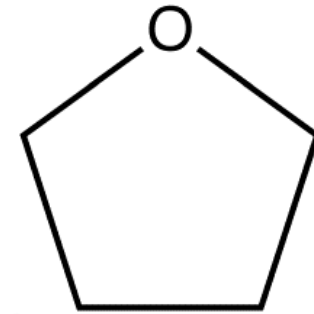
Μονοσακχαρίτες

Οι μονοσακχαρίτες κρυσταλλώνουν στις **κυκλικές δομές** οι οποίες ακόμη και σε διάλυμα υπάρχουν σε ισορροπία με τις **δομές ανοικτής αλυσίδας**

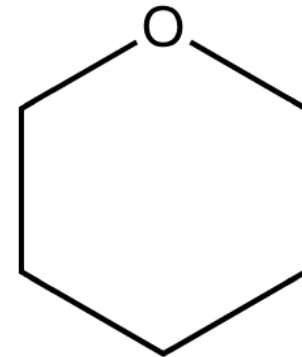


Μονοσακχαρίτες

- **Γλυκόζη**: η ισορροπία είναι ~ 38% α- και 62% β- και ένα ελάχιστο ποσοστό σε άκυκλη μορφή που εξηγεί την δυνατότητα των σακχάρων να αντιδρούν ως άκυκλες αλδεΐδες ή κετόνες
- Οι **κυκλικές ημιακετάλες** έχουν δακτυλίους με 5 ή 6 άτομα, και τα σάκχαρα με αυτές τις δομές είναι γνωστά με τα ονόματα **φουρανόζες** και **πυρανόζες** αντίστοιχα
- Η μορφή της πυρανόζης (τύπος κατά **Haworth**), είναι η συνήθως στη φύση λόγω της σταθερότητάς της, αν και στο χώρο ο τύπος διαμόρφωσης **ανακλίντρου** είναι ο ορθότερος (επόμενη διαφάνεια)



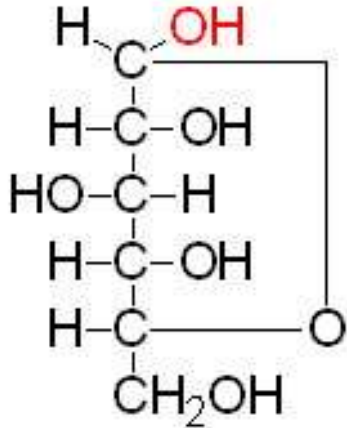
Δακτύλιος φουρανοζών



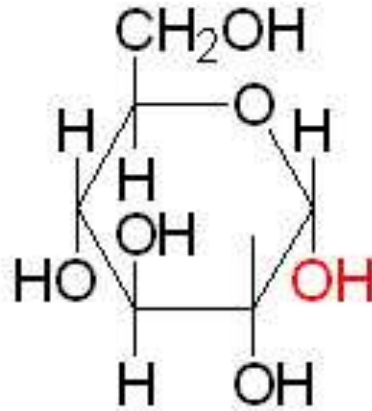
Δακτύλιος πυρανοζών

Μονοσακχαρίτες

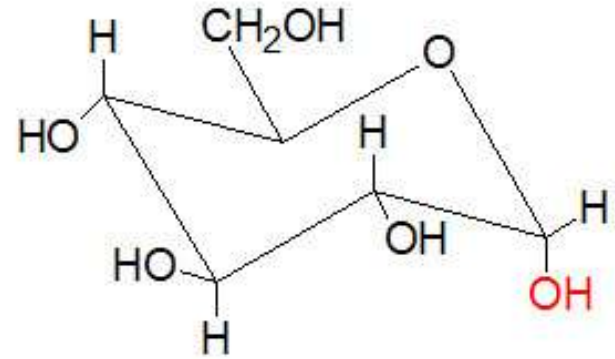
■ Π.χ. Γλυκόζη: προβολές & δομές



Κυκλική **κατά Fischer**
προβολή α-D-γλυκόζης

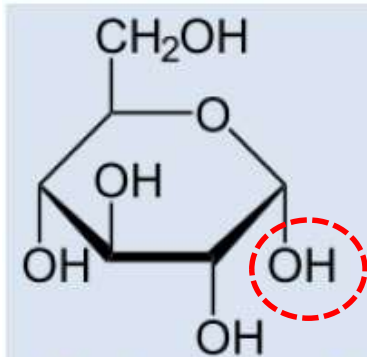


Κυκλική **κατά Haworth**
προβολή α-D-γλυκόζης

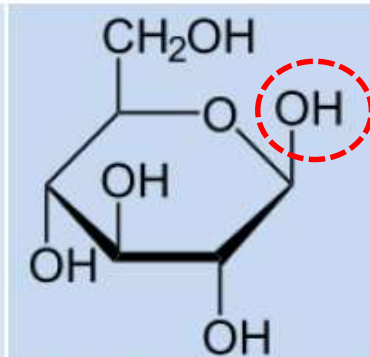


Τύπος **διαμόρφωσης**
(ανάκλιντρο) α-D-γλυκόζης

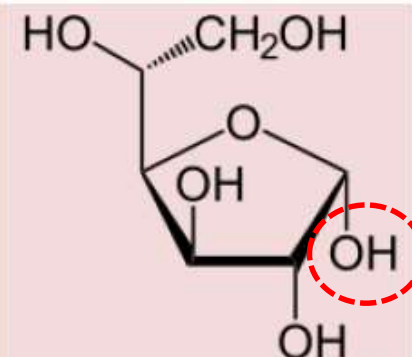
ημιακεταλικές δομές **φουρανόζης & πυρανόζης**



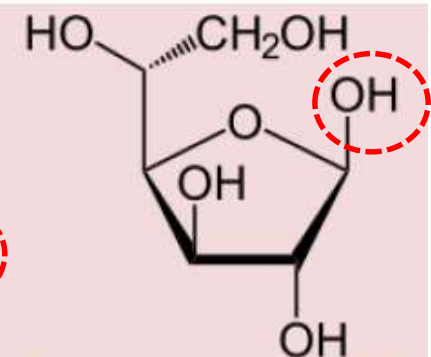
α-D-γλυκοπυρανόζη



β-D-γλυκοπυρανόζη

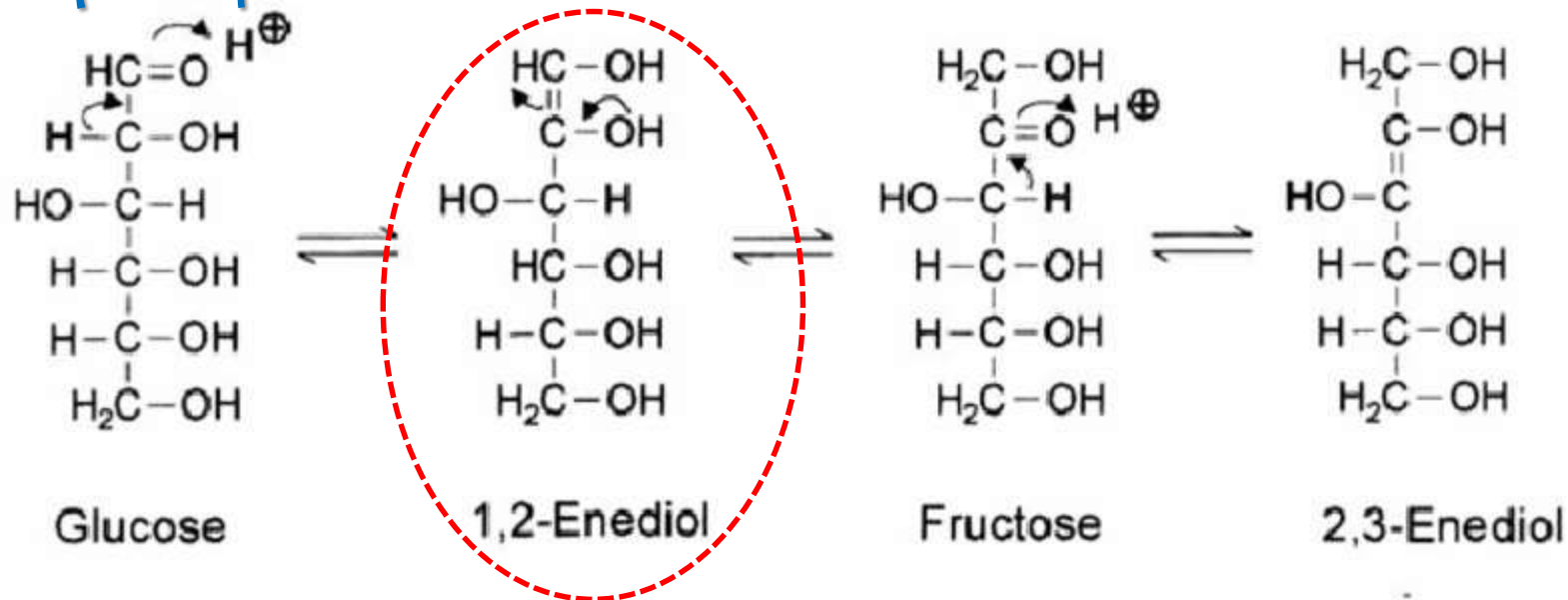


α-D-γλυκοφουρανόζη



β-D-γλυκοφουρανόζη

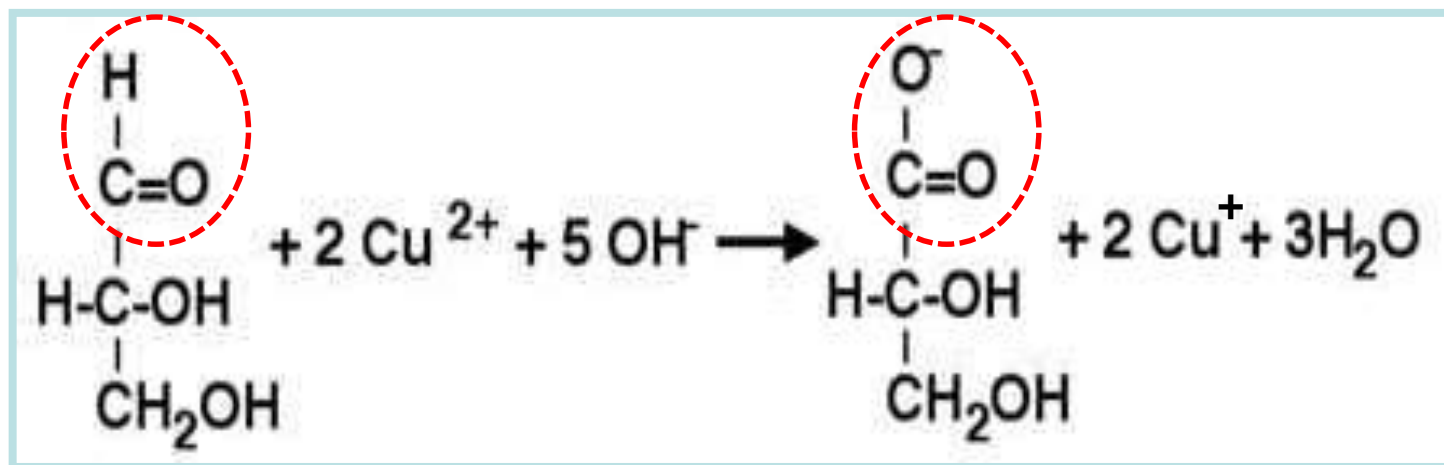
Επίδραση αλκαλίων



- Προκαλεί **άνοιγμα του δακτυλίου** και **ενολοποίηση**
- Σχηματίζεται **ενδιόλη** που καταστρέφει την ασυμμετρία του **C2**, οπότε η γλυκόζη, φρουκτόζη & μαννόζη σχηματίζουν το ίδιο άλας ενδιόλης
- Επίδραση πιο **ισχυρών αλκαλίων** ενισχύει τον ισομερισμό προς ενδιόλες **C2-C3**, **C3-C4**, κ.α.

Επίδραση αλκαλίων

- Οι ενδιόλες διασπώνται στο δ. δεσμό προς μίγματα αλδεϋδών, πεντοζών, τετροζών ή τριοζών που πολλαπλασιάζουν την **αναγωγική ικανότητα** των σακχάρων
- Εφαρμογή στον προσδιορισμό σακχάρων π.χ. με τη μέθοδο **Layne-Eynon** (αναγωγή $\text{Cu}^{+2} \rightarrow \text{Cu}^{+1}$)

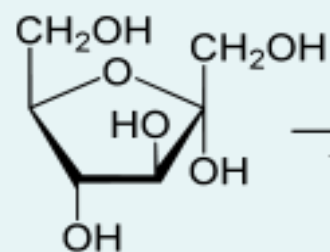


!!!

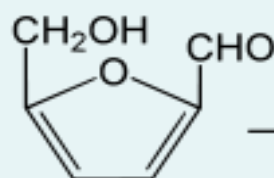
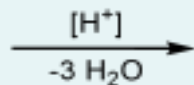
Επίδραση οξέων

- Από αναλυτική άποψη έχει σημασία η συμπύκνωση των φουρφουραλών με φαινόλες, όπου στηρίζονται οι μέθοδοι ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης των σακχάρων, όπως:

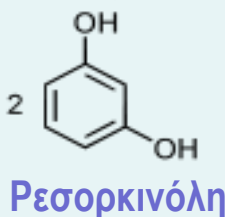
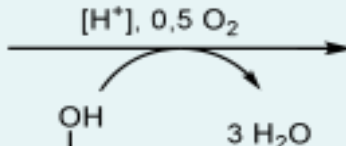
- Αντίδραση ανθρόνης:**
με ανθρόνη & π. θειικό οξύ – ποσοτικός προσδιορισμός σακχάρων
- Αντίδραση Seliwanoff:**
με ρεσορκινόλη & HCl – διάκριση κετοζών - αλδοζών
- Δοκιμή Molisch:**
με αλκοολικό διάλυμα α-ναφθόνης & π. θειικό οξύ – ανίχνευση σακχάρων



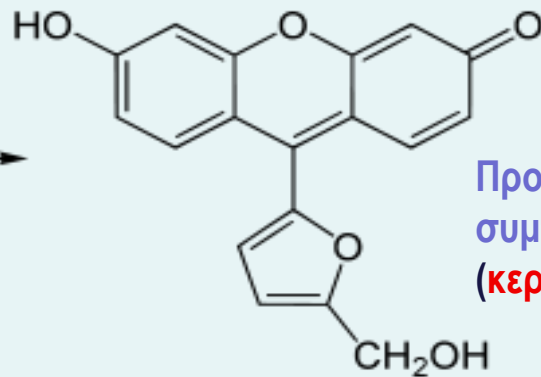
Κετόζη
(π.χ. φρουκτόζη)



Υδροξυμεθυλο-
φουρφουράλη
(HMF)



Ρεσορκινόλη



Προϊόν
συμπύκνωσης
(κερασέρυθρο)



- Είναι ευρύτατα διαδεδομένες στη φύση, με κυριότερες τις γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη, μαννόζη
- **D-γλυκόζη:**
 - ✓ Ελεύθερη ή συστατικό πολλών ολιγο-, πολυσακχαριτών και γλυκοζιτών
 - ✓ Βιομηχανικά παράγεται από υδρόλυση **αμύλου** (αμυλοσιρόπι) με αραιά οξέα ή με συνδυασμό ενζύμων (**αμυλάσες**)
 - ✓ Προϊόντα ενζυμικής υδρόλυσης με διαφορετική περιεκτικότητα σε **γλυκόζη, μαλτόζη & δεξτρίνες** με διαφορετική γλυκύτητα και φυσικές ιδιότητες έχουν εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων ως ενισχυτικά γεύσης, ρύθμιση ιξώδους, υγροσκοπικότητας και σημείου πήξης, και παρεμπόδιση κρυστάλλωσης

■ D-φρουκτόζη:

- ✓ Απαντά στο μέλι, τα φρούτα, τη μελάσσα
- ✓ Παρασκευάζεται με υδρόλυση της **ινουλίνης** (πολυσακχαρίτης)

■ D-γαλακτόζη:

- ✓ Συστατικό ολιγο- & πολυσακχαριτών
- ✓ Παραλαμβάνεται με υδρόλυση **λακτόζης** (ο δισακχαρίτης του γάλακτος), ραφφινόζης, κόμμεων κ.α.

■ D-μαννόζη:

- ✓ Υπάρχει σε εσπεριδοειδή, μελάσσα, ελιές κ.α.

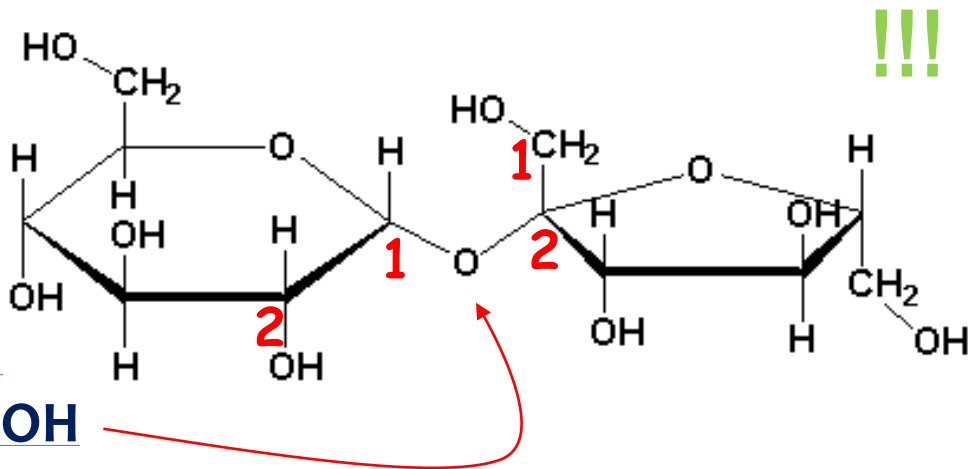
Δισακχαρίτες

Ολιγοσακχαρίτες

- Σπουδαία κατηγορία συστατικών των τροφίμων - Σχηματίζονται από δύο μόρια μονοσακχαριτών
- Οι κυριότεροι είναι η **σακχαρόζη** (καλαμοσάκχαρο), η **μαλτόζη**, και η **λακτόζη**
- **Σακχαρόζη (καλαμοσάκχαρο) - ζάχαρη:**
(α -D-γλυκοπυρανόζυλο-1 $\rightarrow$ 2- β -D-φρουκτοφουρανοζίτης)

✓ Πολύ διαδεδομένη στη φύση (φρούτα, σακχαροκάλαμο, σακχαρότευτλα, μέλι, γλεύκος)

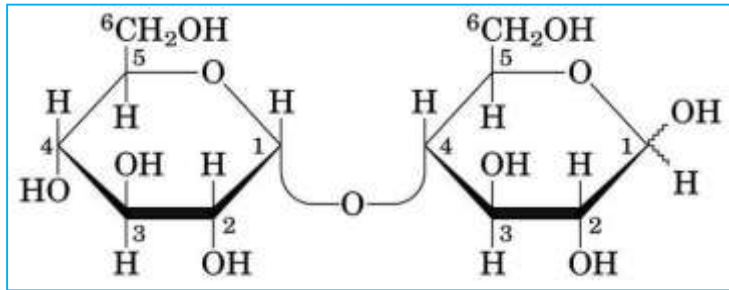
✓ Δεν είναι ανάγον σάκχαρο επειδή δεν έχει ελεύθερο ημιακεταλικό -OH



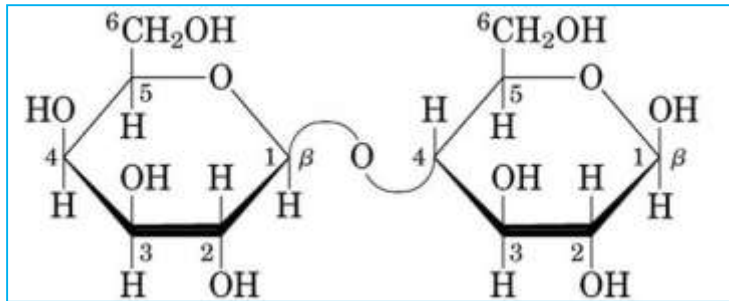
✓ Με όξινη ή ενζυμική υδρόλυση μετατρέπεται σε μίγμα γλυκόζης + φρουκτόζης (ιμβερτοσάκχαρο) (**αναστροφή** ή **ιμβερτοποίηση**)

Δισακχαρίτες

Ολιγοσακχαρίτες



Μαλτόζη



Λακτόζη

■ Μαλτόζη:

(α-D- γλυκοπυρανόζυλ-1→4-D-γλυκοπυρανόζη)

✓ **Δομικό συστατικό αμύλου και γλυκογόνου** – κύριο ζυμώσιμο σάκχαρο στο ζυθογλεύκος

✓ **Είναι ανάγον σάκχαρο** επειδή έχει ελεύθερο ημιακεταλικό –OH στο ένα από τα δύο μόρια γλυκοπυρανόζης

■ Λακτόζη (γαλακτοσάκχαρο):

(β-D-γαλακτοπυρανόζυλ-1→4-β-D-γλυκοπυρανόζη)

✓ **Συστατικό του γάλακτος**

✓ **Αποτελείται από ένα μόριο γλυκόζης & ένα γαλακτόζης**

✓ **Είναι ανάγον σάκχαρο**

✓ **Απορροφά οσμές & φυσικά χρώματα** και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων ως μεταφορέας τους

Τρισακχαρίτες

Ολιγοσακχαρίτες

■ Ραφφινόζη

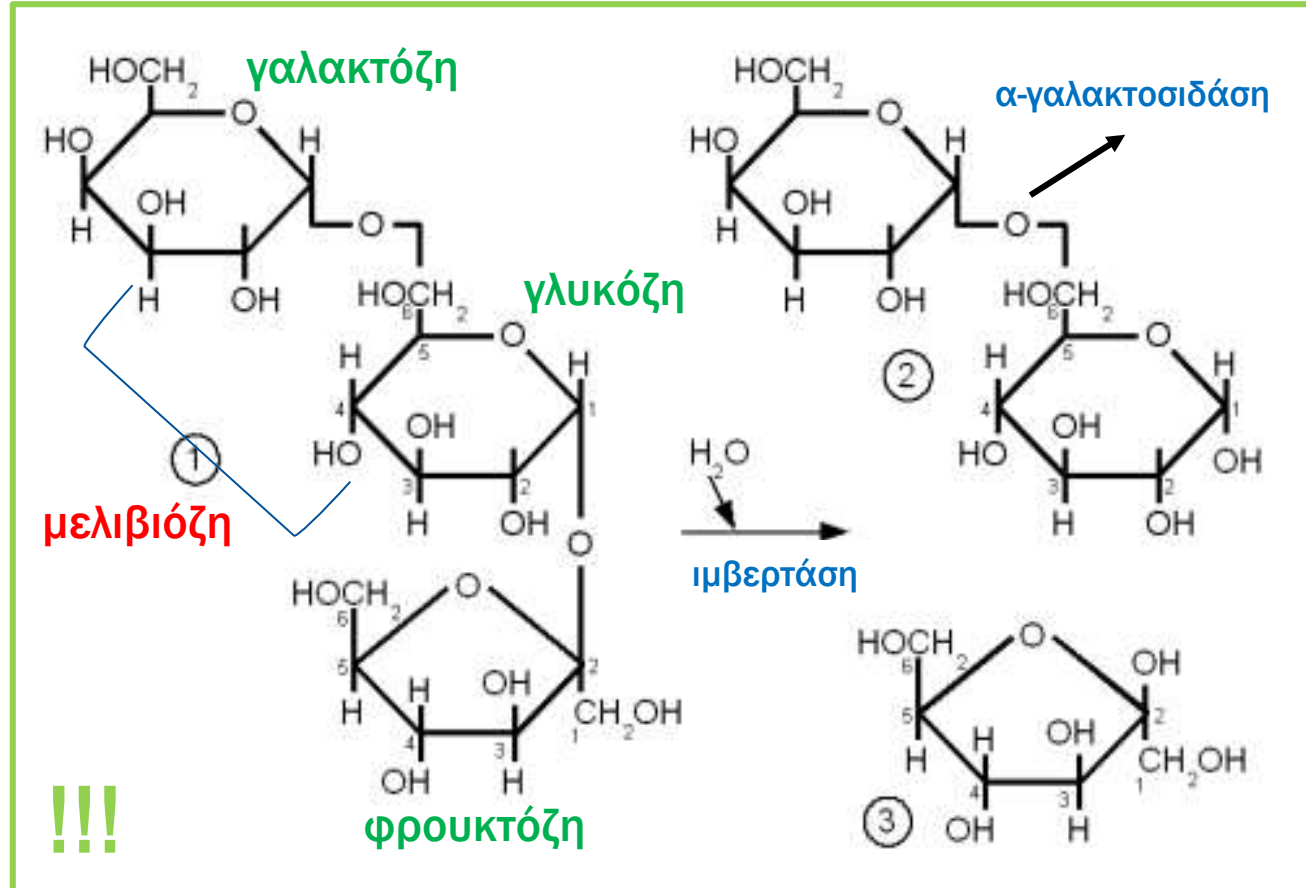
(α -D-γαλακτοπυρανόζυλ-1 $\rightarrow$ 6- α -D-γλυκοπυρανόζυλ-1 $\rightarrow$ 2- β -D-φρουκτοφουρανοζίτης)

✓ Ο σπουδαιότερος τρισακχαρίτης – Συστατικό σόγιας, σακχαρότευτλων, κ.α.

✓ Δεν είναι ανάγον σάκχαρο επειδή δεν έχει ελεύθερα ημιακεταλικά –OH

✓ Με ήπια υδρόλυση δίνει φρουκτόζη και το δισακχαρίτη **μελιβιόζη**

* Η ραφφινόζη αποβλήτων όπως η **μελάσα** αξιοποιείται βιοτεχνολογικά (με **ζύμωση**) μόνο με συνδυασμό μικρο-οργανισμών που εκφράζουν τα ένζυμα **ιμβερτάση** και **α -γαλακτοσιδάση**:



Πολυσακχαρίτες

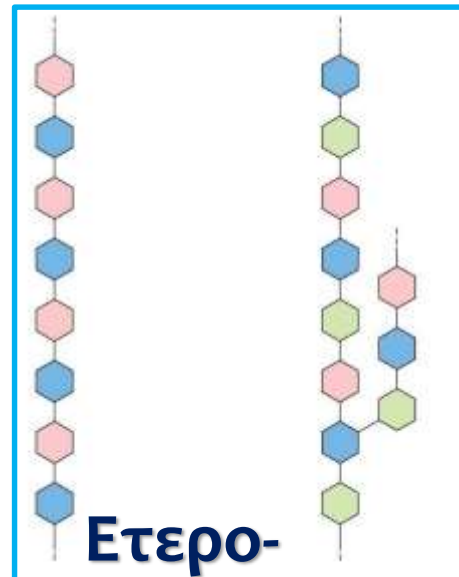
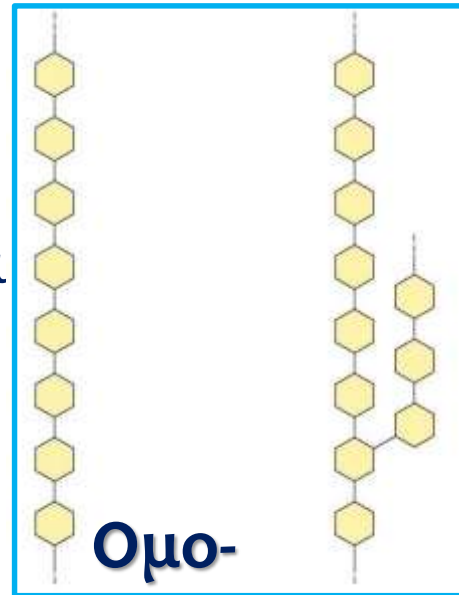
- Είναι οι υδατάνθρακες που αποτελούνται από **>10 μονάδες μονοσακχαριτών**
- Είναι ουσίες χωρίς γλυκιά γεύση, και στη φύση απαντούν με πολύ μεγάλα ΜΒ και αποτελούνται από εκατοντάδες ή χιλιάδες μόρια μονοσακχαριτών
- Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση διακρίνονται σε:

- **Ομοπολισακχαρίτες**

- ✓ με ένα είδος μονοσακχαρίτη ως δομικό μόριο
- ✓ (π.χ. κυτταρίνη, άμυλο, γλυκογόνο)

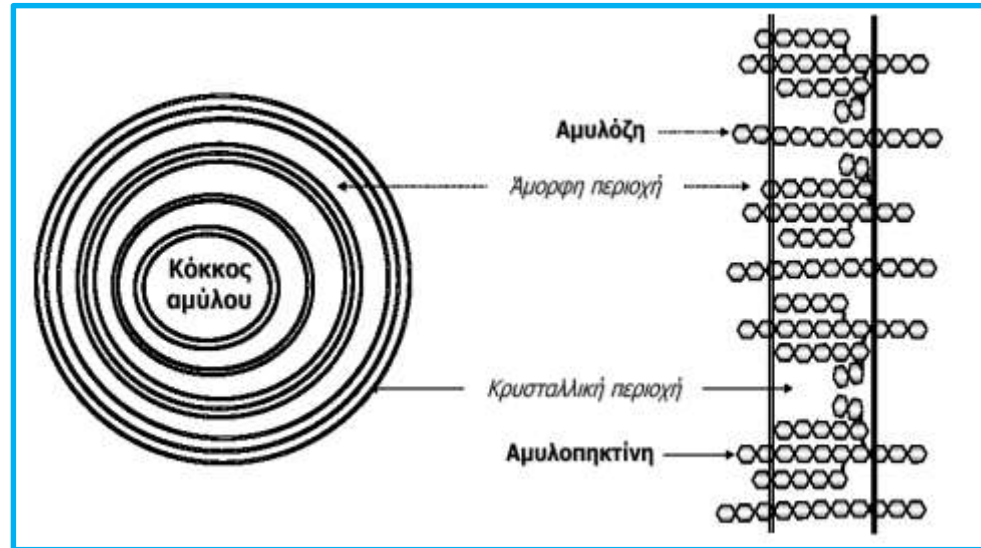
- **Ετεροπολυσακχαρίτες**

- ✓ με δυο ή περισσότερα είδη μονοσακχαριτών ως δομικά μόρια
- ✓ (π.χ. ημικυτταρίνες, πηκτίνες, κόμμεα, κ.α.)

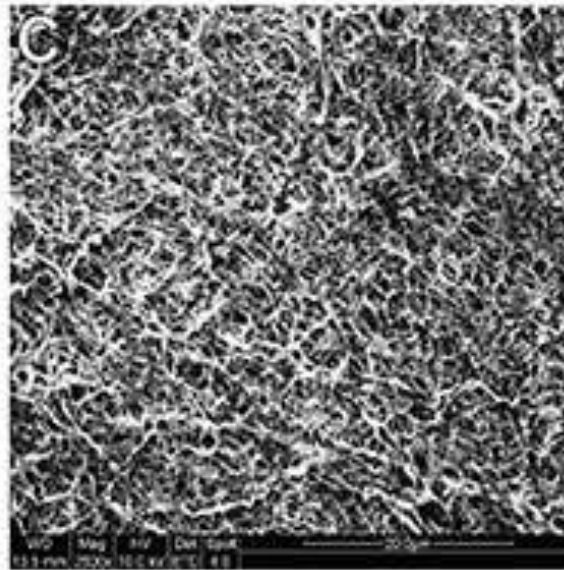
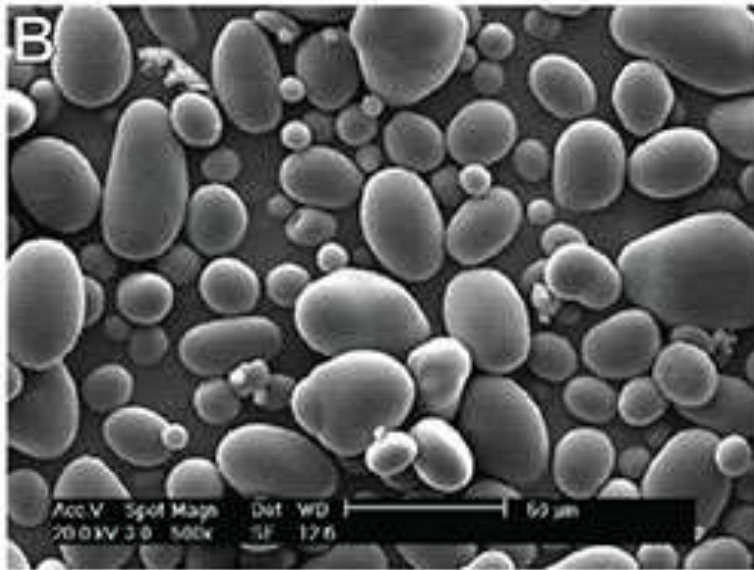
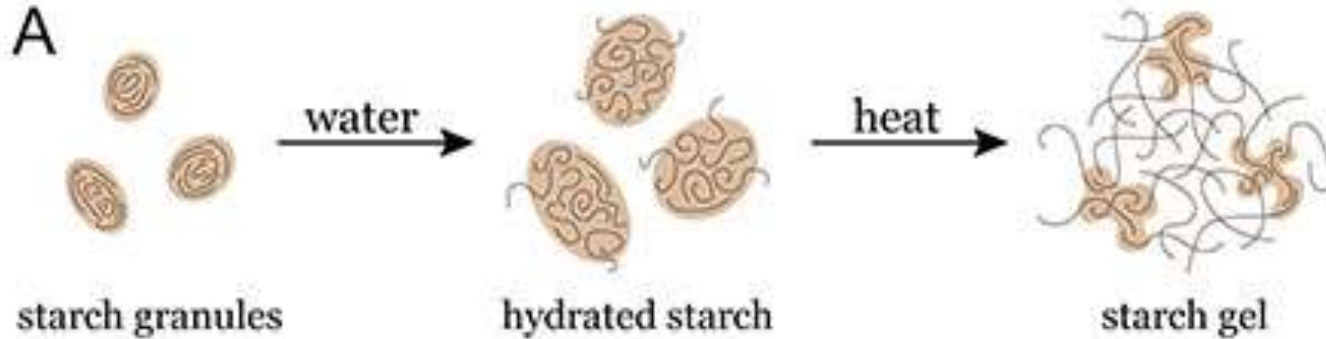


Άμυλο: !!!

- Ο αποθηκευτικός υδατάνθρακας των φυτών όπως τα δημητριακά και τα όσπρια
- Οι κόκκοι του είναι αδιάλυτοι στο νερό, αλλά το απορροφούν και διογκώνονται
- Με αύξηση της θερμοκρασίας παρουσία νερού καταστρέφεται η κρυσταλλική δομή των κόκκων, σχηματίζονται διαμοριακοί δεσμοί-H, και σχηματίζεται πηκτή (**ζελατινοποίηση**)
- Αποτελείται από δύο είδη πολυμερών της **α -D-γλυκόζης** ενωμένων με **α -1 $\rightarrow$ 4** γλυκοζιτικούς δεσμούς: την **Αμυλόζη** (30%) (γραμμικό πολυμερές) και την **Αμυλοπηκτίνη** (~70%) (διακλαδισμένο πολυμερές με επιπλέον πλάγιες αλυσίδες που ενώνονται μεταξύ τους με **α -1 $\rightarrow$ 6** γλυκοζιτικούς δεσμούς)



Άμυλο: ζελατινοποίηση



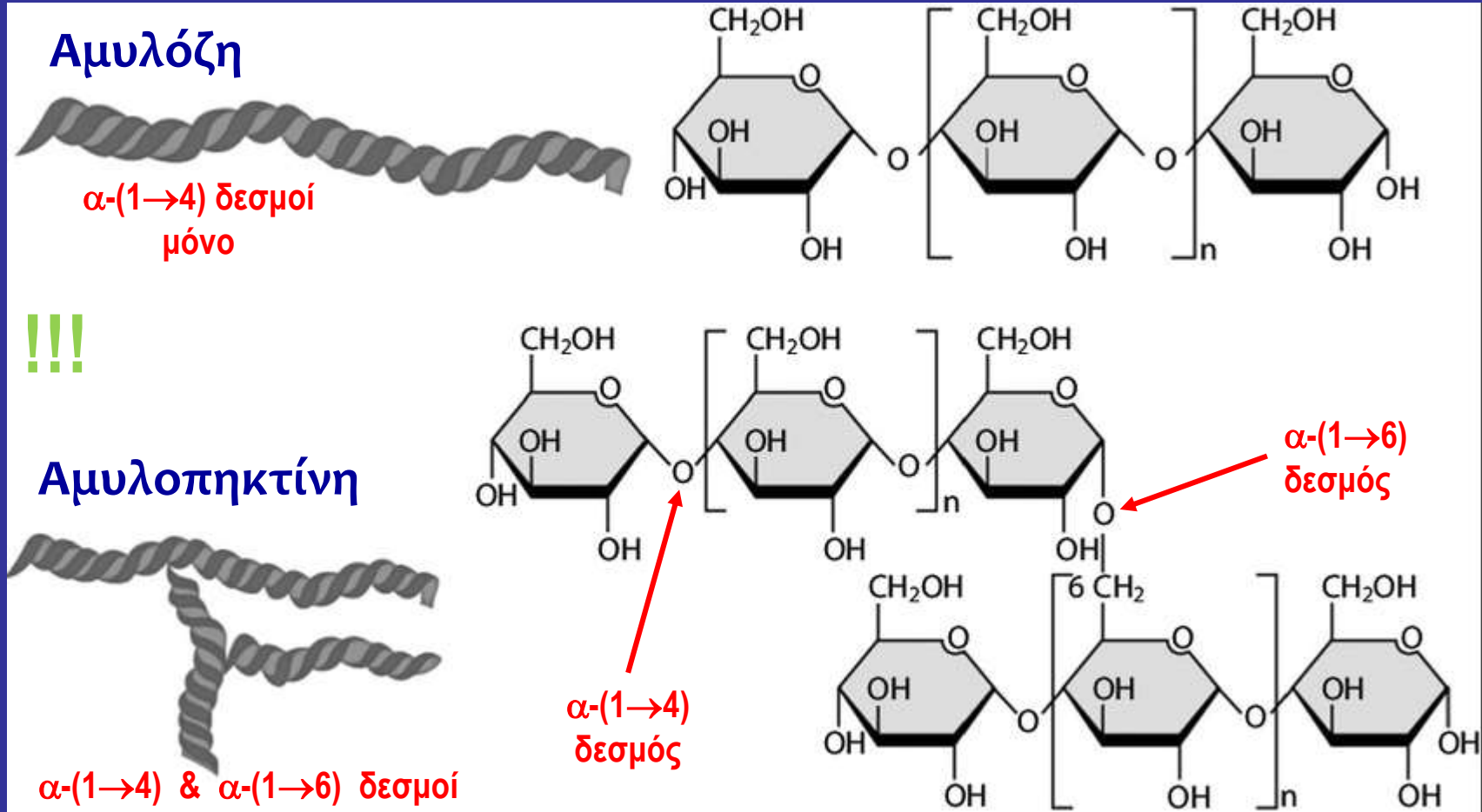
Άμυλο:

- Το ποσοστό αμυλόζης-αμυλοπηκτίνης και η ιδιαίτερη δομή των κόκκων καθορίζουν τις **φυσικοχημικές ιδιότητες** του αμύλου που διαφέρουν ανάλογα με την προέλευσή του, και έχουν τεράστια τεχνολογική σημασία για την τεχνολογία τροφίμων:
 - ✓ **Κρυσταλλικότητα** (crystallinity),
 - ✓ **Διογκωτική ικανότητα** (swelling power)
 - ✓ **Διαλυτότητα** (solubility)
 - ✓ **Ζελατινοποίηση** (gelatinization)
 - ✓ **Παλινδρόμηση** (retrogradation)
 - ✓ **Αλληλεπίδραση με λιπίδια και ιώδιο**, κ.α. ουσίες
 - ✓ **Ενζυμική υδρόλυση** (αμυλολυτικά ένζυμα)
- ✓ Το άμυλο χρησιμοποιείται συχνά ως **πρόσθετο** στα τρόφιμα εξαιτίας των παραπάνω “**λειτουργικών**” ιδιοτήτων και έχει πολλές εφαρμογές ως πηκτοποιητικό μέσο, σταθεροποιητής γαλακτωμάτων κ.α.

Ομοπολισακχαρίτες

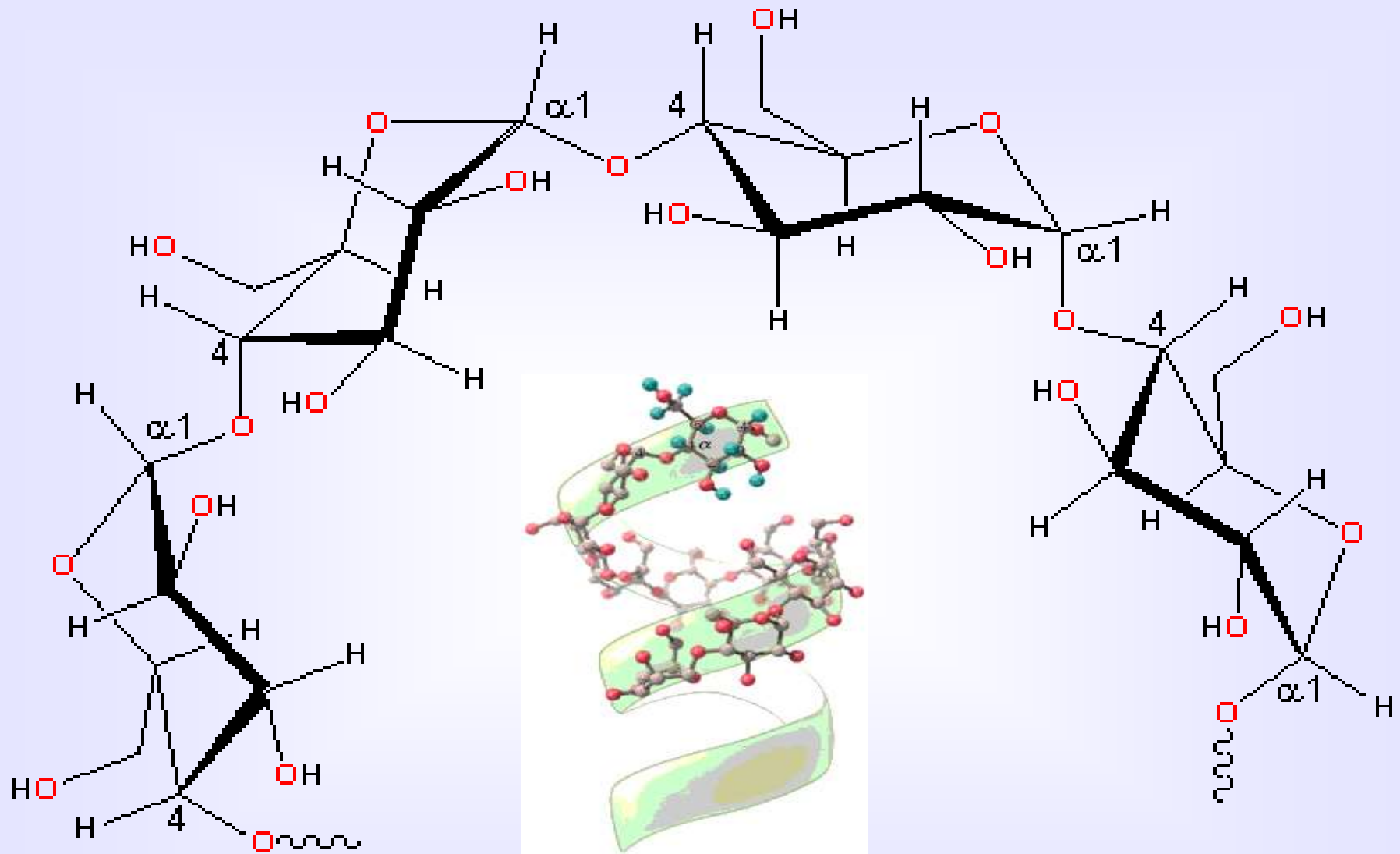
Πολυσακχαρίτες

Αμυλόζη - αμυλοπηκτίνη

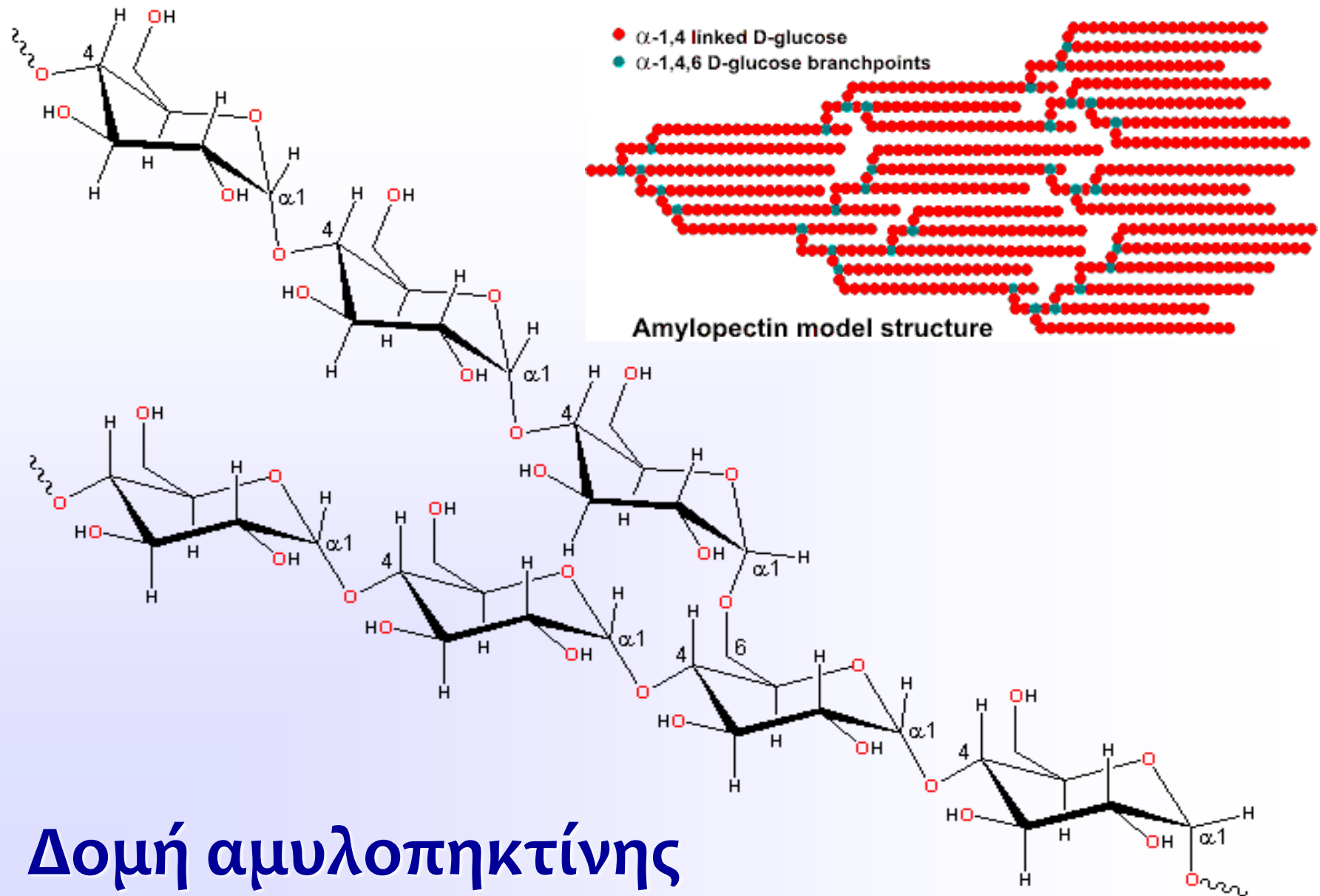


✓ Οι α -1 $\rightarrow$ 4 δεσμοί είναι πιο ευέλικτοι και τείνουν να σχηματίζουν ελικοειδείς δομές

✓ Οι α -1 $\rightarrow$ 6 δεσμοί οδηγούν στο σχηματισμό παράλληλων επίπεδων δομών αμυλοπηκτίνης που συγκρατούνται με δεσμούς-H



Δομή αμυλόζης

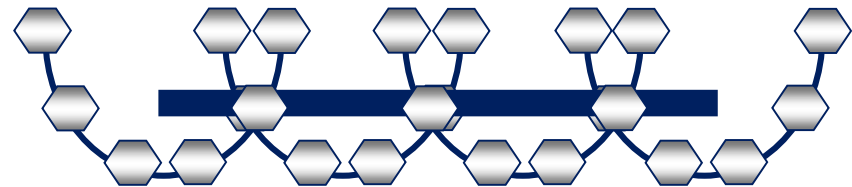


Αμυλόζη - αμυλοπηκτίνη

- Η αμυλόζη έχει μικρότερο MB (10^5 - 10^6) απ' την αμυλοπηκτίνη (10^7 - 10^9)
- Η αμυλόζη σχηματίζει μπλε σύμπλοκο με το ιώδιο και γι' αυτό το άμυλο χρησιμοποιείται ως δείκτης σε αντιδράσεις του ιωδίου
- Μετά το ψήσιμο αμυλούχων προϊόντων (π.χ. ψωμί) «παλινδρομούν» (και το προϊόν σκληραίνει – μπαγιατεύει)
- Η αμυλόζη σχηματίζει σύμπλοκα με γαλακτωματοποιητές (π.χ. λιπαρά οξέα) οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα σε τυποποιημένα προϊόντα (π.χ. αρτοποιίας) για διατήρηση της φρεσκάδας
- Η αμυλόζη σχηματίζει ευκολότερα πηκτές και υδρολύεται ευκολότερα από ένζυμα

Γαλακτωματοποιητής ή ιώδιο

!!!



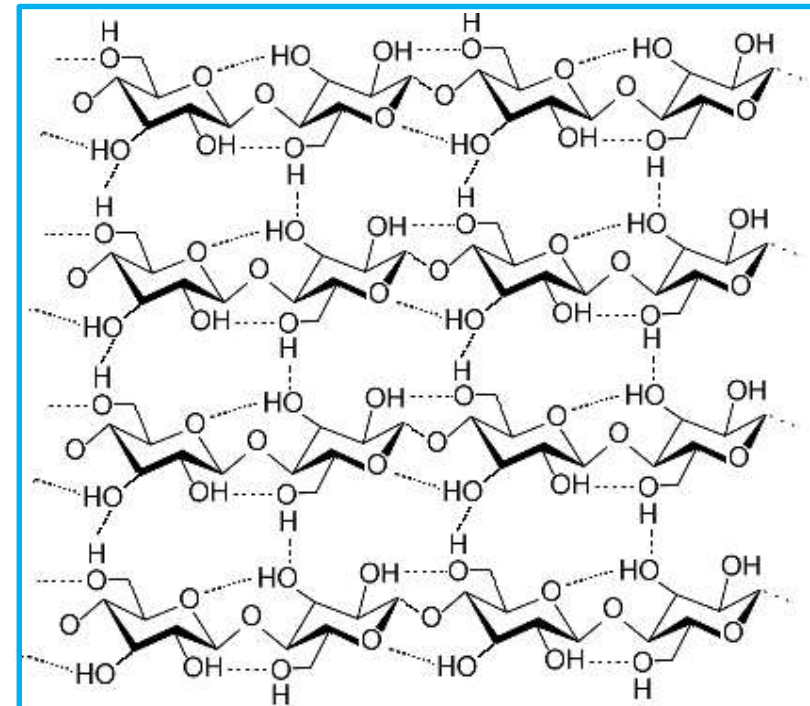
Σύμπλοκο αμυλόζης με
γαλακτωματοποιητή ή ιώδιο

Δεξτρίνες !!!

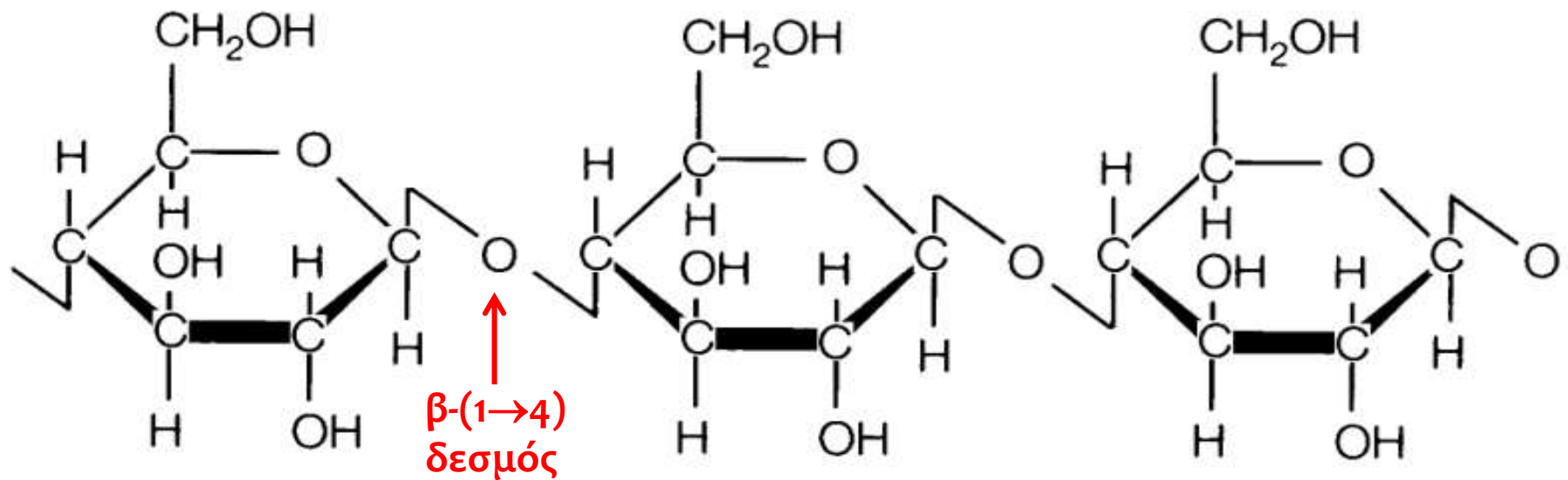
- Προϊόντα μερικής υδρόλυσης του αμύλου (με οξέα ή ένζυμα) μικρότερων MB
- Διακρίνονται σε:
 - ✓ **Αμυλοδεξτρίνες ή διαλυτό άμυλο** (δίνουν μπλε χρώμα με ιώδιο)
 - ✓ **Ερυθροδεξτρίνες** (δίνουν ερυθρό χρώμα με ιώδιο)
 - ✓ **Αχροοδεξτρίνες** (δε δίνουν χρώμα με ιώδιο)
- Διαλύονται στο νερό και καθιζάνουν με προσθήκη αλκοόλης (λευκό θόλωμα – η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση νοθείας με αμυλοσιρόπι στο μέλι)
- Έχουν αναγωγικές ιδιότητες γιατί έχουν ελεύθερες καρβονυλικές ομάδες

Κυτταρίνη

- Αποτελείται από μόρια γλυκόζης ενωμένα με **β -1 $\rightarrow$ 4 γλυκοζιτικό δεσμό**, λόγω των οποίων η αλυσίδα της είναι γραμμική, δεν ελίσσεται και δεν έχει διακλαδώσεις
- Είναι συστατικό των **φυτικών ιστών** μαζί με τις **λιγνίνες**, τις **ημικυτταρίνες** (ξυλάνες) & τις **πηκτίνες**
- Είναι **αδιάλυτη** στο νερό και **άπεπτη**
- Είναι **πολύ ανθεκτική** σε οξέα, αλκάλια και ένζυμα (κυτταρινάσες)
- Είναι πολύ κρυσταλλική και **σχηματίζει δεσμούς-Η διαμοριακά** σχηματίζοντας μικρο-ίνες (**microfibrils**)



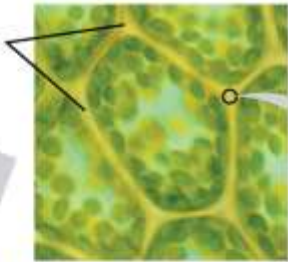
Κυτταρίνη



Κελλοβιόζη

Κυτταρίνη

Κυτταρικό
τοίχωμα



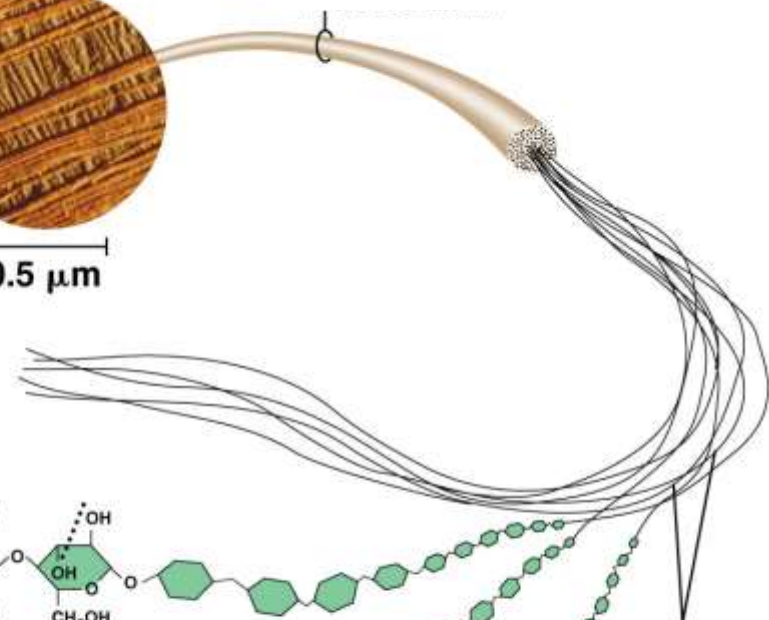
10 μm

Μικρο-ίνες
κυτταρίνης σε
ένα φυτικό
κύτταρο

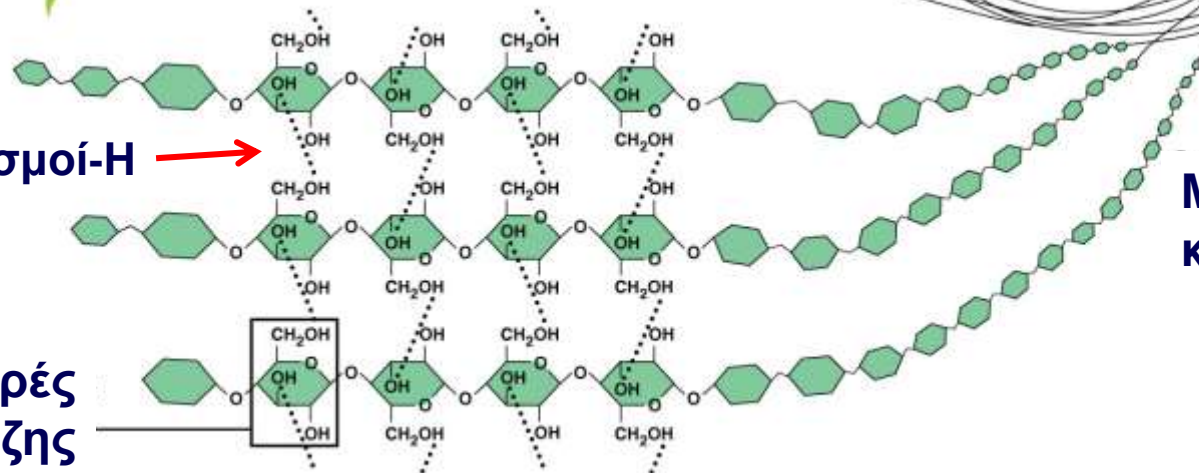


0.5 μm

Μικρο-ίνα



Δεσμοί-H

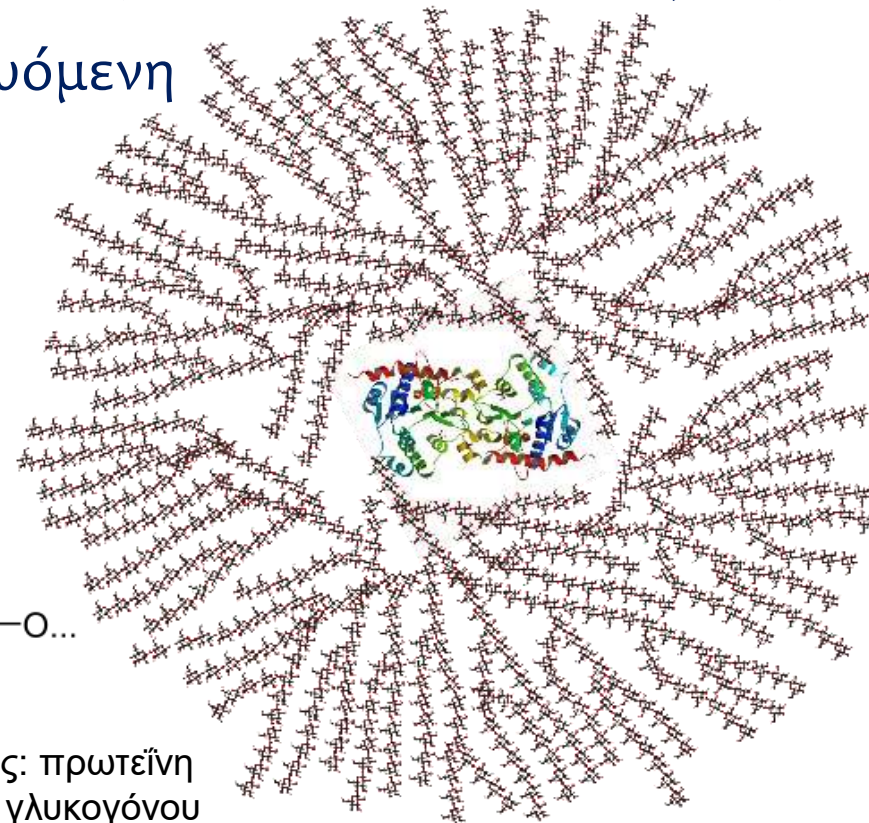
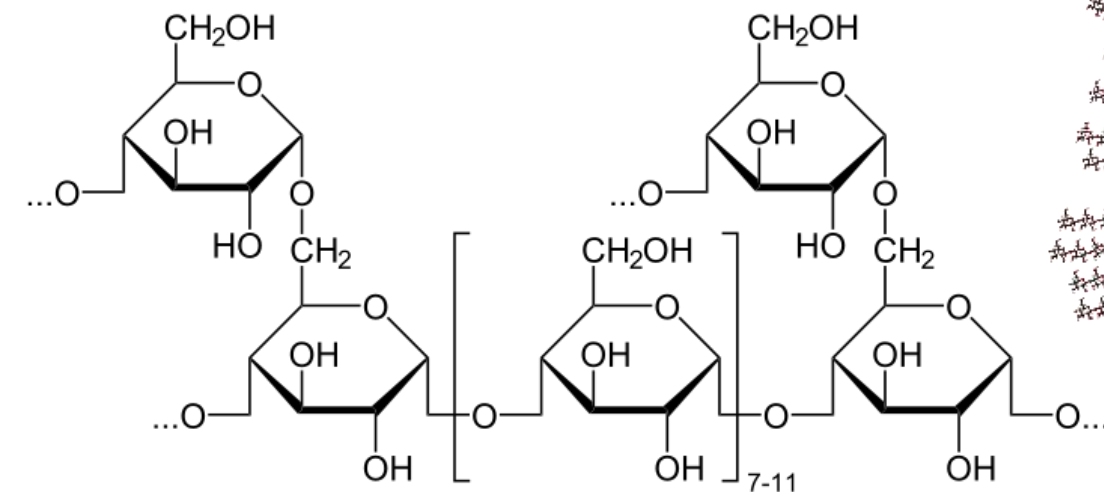


Μόρια
κυτταρίνης

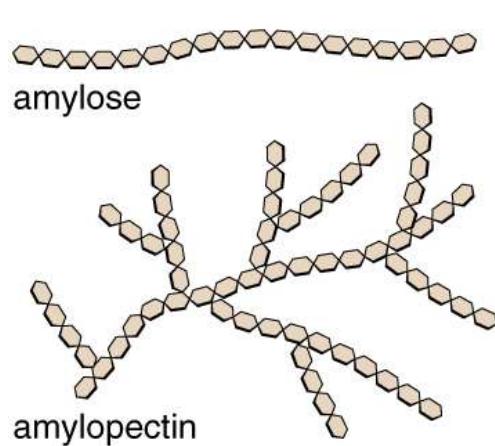
Μονομερές
β-γλυκόζης

Γλυκογόνο

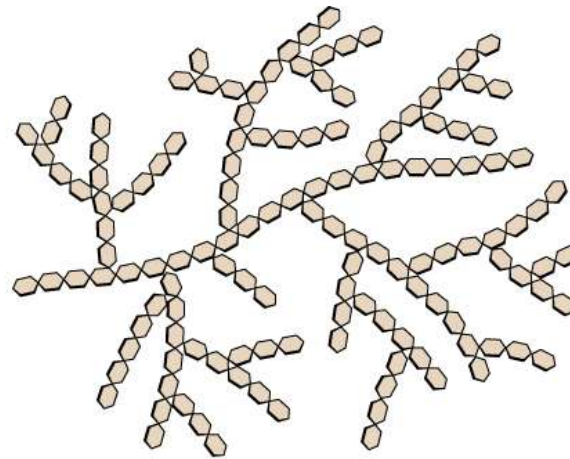
- Είναι ο **αποθηκευτικός** υδατάνθρακας των ζώων (ζωικό άμυλο)
- Αποτίθεται κυρίως στο συκώτι και τους μύς
- Η δομή του είναι ανάλογη με αμυλοπηκτίνης αλλά πιο διακλαδισμένη
- Είναι άσπρη, άμορφη μάζα που υδρολυόμενη δίνει δεξτρίνες, μαλτόζη & γλυκόζη



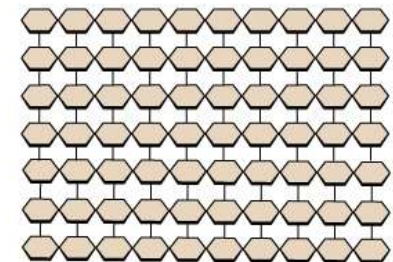
Σχήμα δεξιά: Σχηματική 2-D τομή του γλυκογόνου. Πυρήνας: πρωτεΐνη **γλυκογενίνη**, απαραίτητη για την έναρξη της σύνθεσης του γλυκογόνου («εκκινητής»). Ο «κόκκος» μπορεί να περιέχει ~30.000 μονομερή γλυκόζης



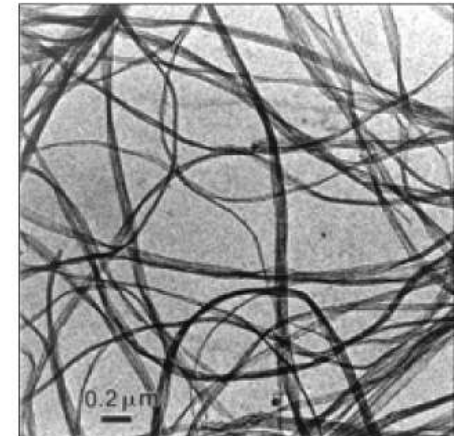
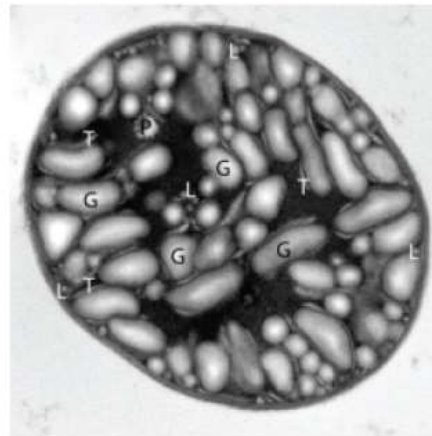
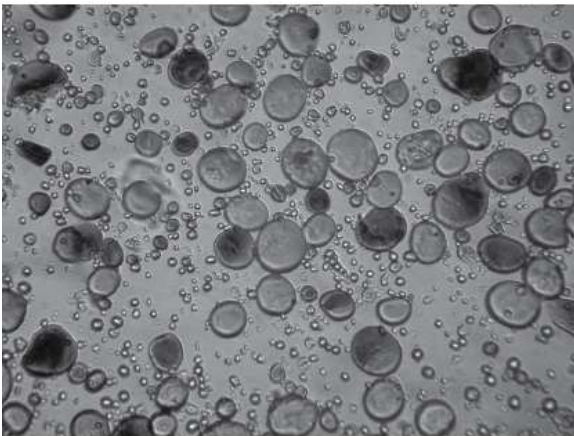
starch



glycogen



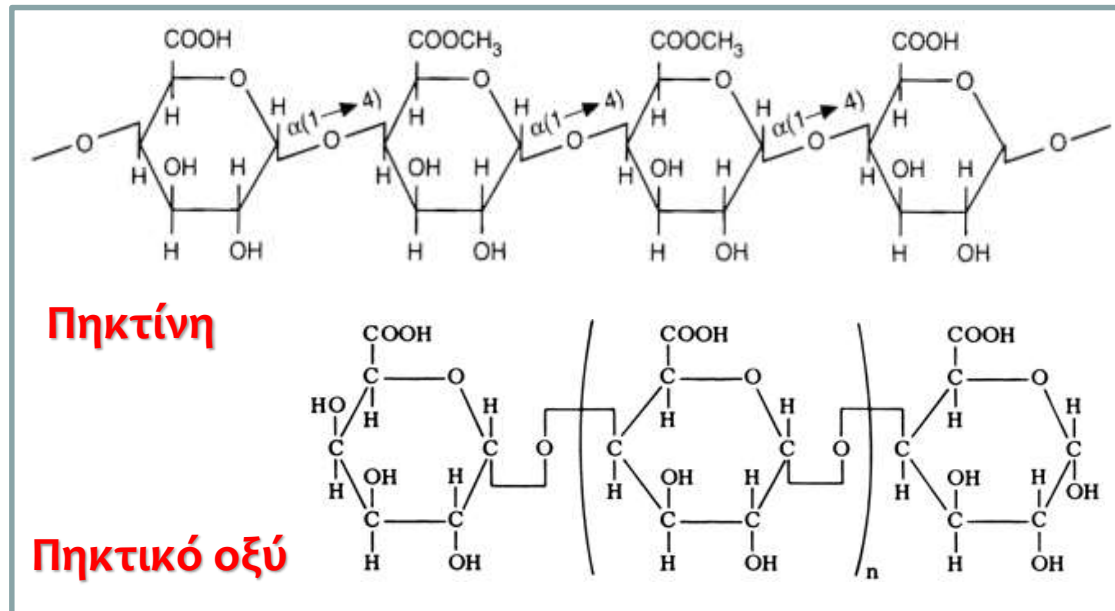
cellulose (fiber)



Πηκτινικές ύλες !!!

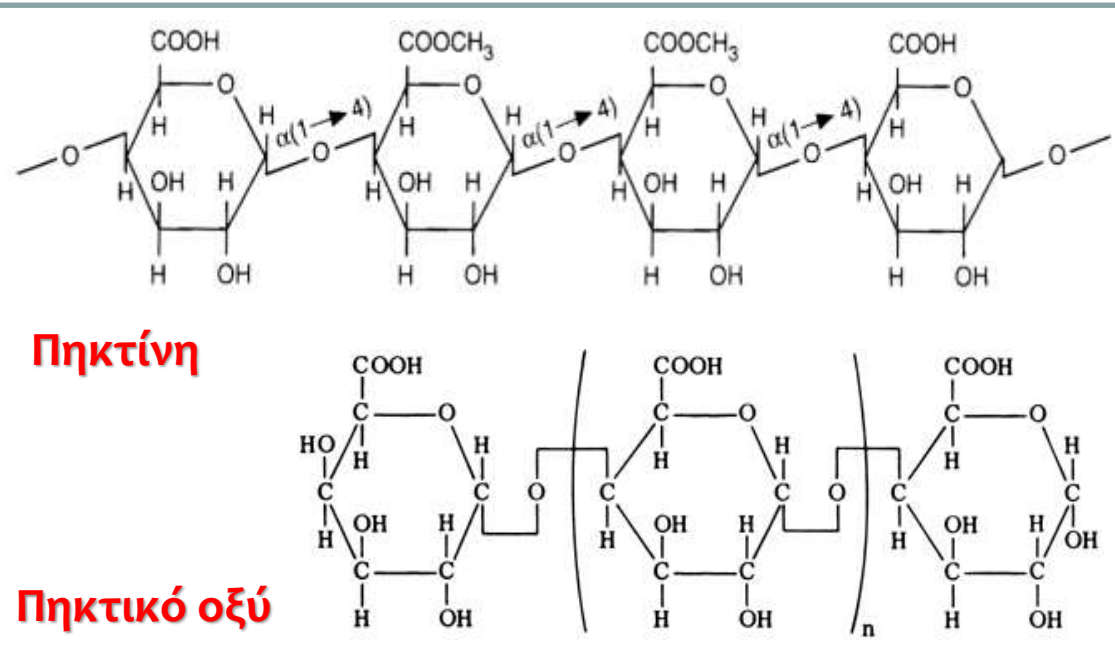
✓ Πηκτινικές ύλες:

- Συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών, που περιέχουν σε μεγάλη αναλογία μονάδες **γαλακτουρονικού οξέως** ($\alpha,1\rightarrow4$ δεσμευμένων), μερικώς εστεροποιημένων στις καρβοξυλικές ομάδες ως **μεθυλεστέρες** και μερικώς ή τελείως εξουδετερωμένων με μια ή περισσότερες βάσεις



Πηκτινικές ύλες

- ✓ **Πηκτίνη:** Διαλυτά στο νερό πολυγαλακτουρονικά οξέα με αναλογία ομάδων μεθυλεστέρα που ποικίλει, ικανά να σχηματίσουν πηκτές
- ✓ **Πηκτινικά οξέα:** Πολυγαλακτουρονικά οξέα με **σχεδόν** αμελητέα αναλογία ομάδων μεθυλεστέρα
- ✓ **Πηκτικά οξέα:** Πηκτινικές ύλες που αποτελούνται κυρίως από πολυγαλακτουρονικά οξέα **ελεύθερα** από ομάδες μεθυλεστέρα



Σακχαρούχες πρώτες ύλες

Τρόφιμα που έχουν σχέση με τους υδατάνθρακες και υδατανθρακούχες πρώτες ύλες που εξετάζονται στα πλαίσια του μαθήματος:

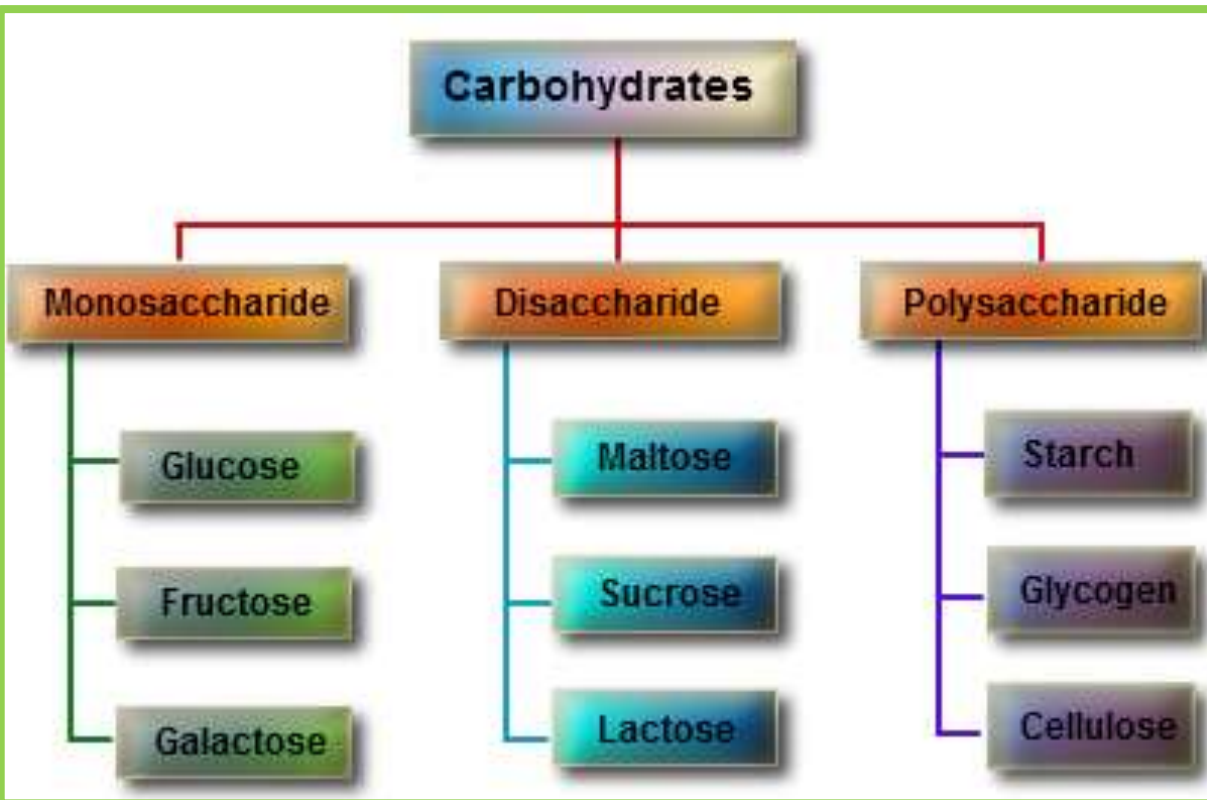
- Οίνος
- Μπύρα
- Άρτος - προϊόντα αρτοποιίας
- Οινόπνευμα (πόσιμο)
- Μέλι
- Μαγιά αρτοποιίας
- Κτηνοτροφικές ζύμες
- Άλλες ύλες: ζάχαρη & μελάσσα, σταφιδοσάκχαρο, άμυλο & γλυκόζη

Υδατάνθρακες

Είδος	Μονοσακχαρίτες από τους οποίους αποτελείται	Πηγές
Μονοσακχαρίτες		
Γλυκόζη, Φρουκτόζη		Φρούτα, φυτικά μέρη, αίμα, γλεύκος, μέλι κ.λπ. χυμοί φρούτων, μέλι, αίμα
Δισακχαρίτες		
(Καλαμοσάκχαρο) Σακχαρόζη	D-γλυκόζη, D-φρουκτόζη	Σακχαροκάλαμο, τεύτλα, φρούτα, λαχανικά, μέλι
Μαλτόζη	D-γλυκόζη	Προϊόντα υδρόλυσης αμύλου, ζυθογλεύκος, μέλι
Λακτόζη	D-γαλακτόζη, D-γλυκόζη	Γάλα, τυρός, γαλακτοκομικά προϊόντα
Ολιγοσακχαρίτες		
Ραφινόζη, Σταχυόζη	D-γαλακτόζη, D-γλυκόζη, D-φρουκτόζη	Όσπρια, δημητριακά, βαμβακόσπορος, σακχαρότευτλα.
Πολυσακχαρίτες		
Αμυλο, δεξτρίνες	D-γλυκόζη	Δημητριακά, όσπρια, βολβοί, ρίζες
Κυτταρίνη	D-γλυκόζη	Τοιχώματα κυττάρων φυτών
Γλυκογόνο	D-γλυκόζη	Συκώτι, ζωικοί ιστοί
Ημικυτταρίνες	L-αραβινόζη, D-ξυλόζη, L-ραμνόζη, D-γαλακτόζη, D-μανόζη, D-γλυκόζη, D-γλυκουρονικό οξύ, D-γαλακτουρονικό οξύ	Κυτταρικά τοιχώματα φυτών, δημητριακά, όσπρια, ξηροί καρποί, αλεύρι
Πεντοζάνες	L-αραβινόζη, D-ξυλόζη	Όπου και οι ημικυτταρίνες
Πηκτινικές ύλες	D-γαλακτουρονικό οξύ, L-αραβινόζη, D-γαλακτόζη, L-ραμνόζη, L-φουκόζη	Φρούτα, λαχανικά, σακχαρότευτλα
Ινουλίνη	D-φρουκτόζη	Chicory (κιχώριο, είδος ραδικιού), σπαράγγια, κρεμμύδια, μπανάνα, σκόρδα, σιτάρι, βότανα
Κόμμεα	ετεροπολυσακχαρίτες	Σπόροι, εκκρίματα φυτών, φύκη, μικροοργανισμοί

Υδατάνθρακες

Ευχαριστώ!



Αργυρώ Μπεκατώρου

Καθηγήτρια Χημείας & Τεχνολογίας Τροφίμων

Τμήμα Χημείας, Παν/μιο Πατρών

Πάτρα 2024