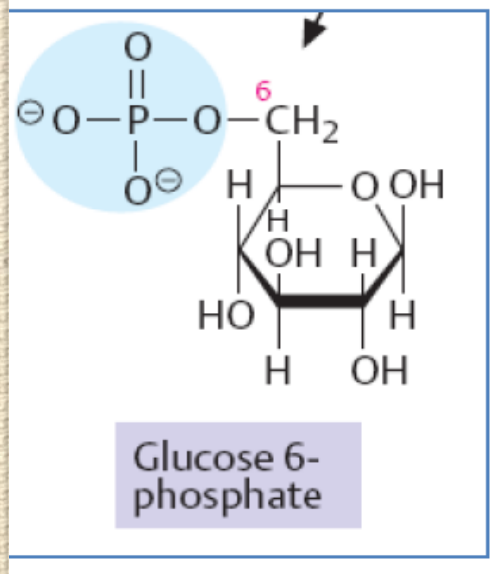
السكاكر المشتقة

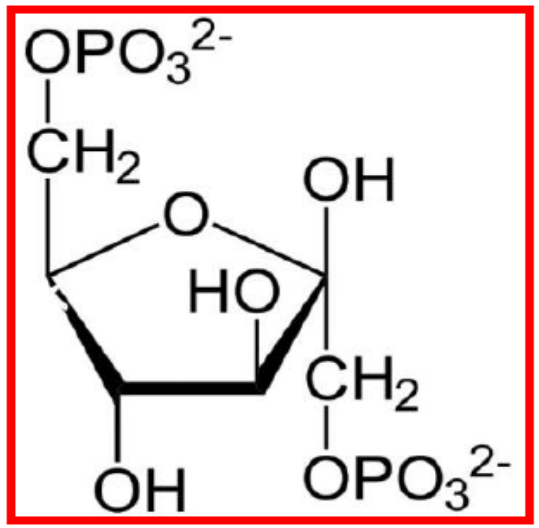
إستراتـ حمض الفوسفور

تكمن أهميته في كونه مادة وسيطة مهمة جداً في استقلاب المواد الكربوهيدراتية.

فالسكر لا يدخل سُبُل الاستقلاب إلا بعد أن يُفسفر (يتفاعل مع حمض الفوسفور) وبالتالي يتفعل.

ومنها: فركتوز 1-6- ثنائي فوسفات، غلوكوز – 6 فوسفات





كما نلاحظ بالنسبة للسكاكر السداسية فإن زمرة الفوسفات قد تكون على الكربون رقم 1 أو على الكربون رقم 6

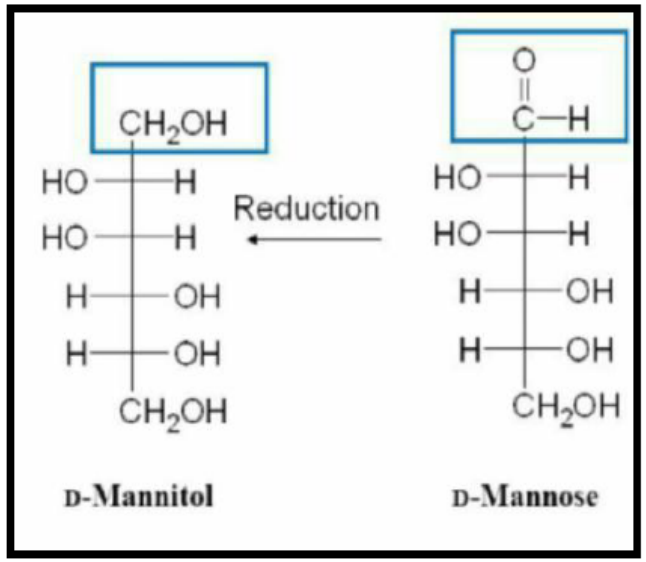
وكذلك الأمر بالنسبة للسكاكر الثلاثية؛ حيث تتم الفسفرة على الشكل التالي:

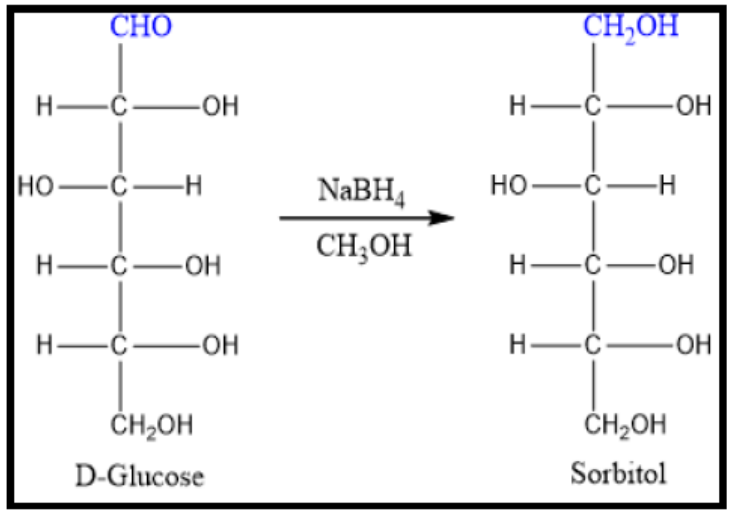
الغليسر ألدهيد + حمض الفوسفور ← غليسر ألدهيد-3-فوسفات

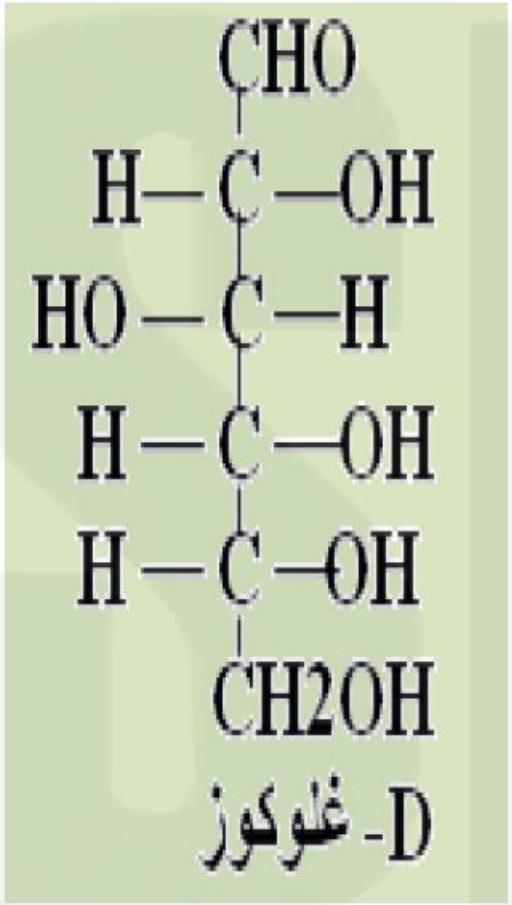
الكحولات السكرية

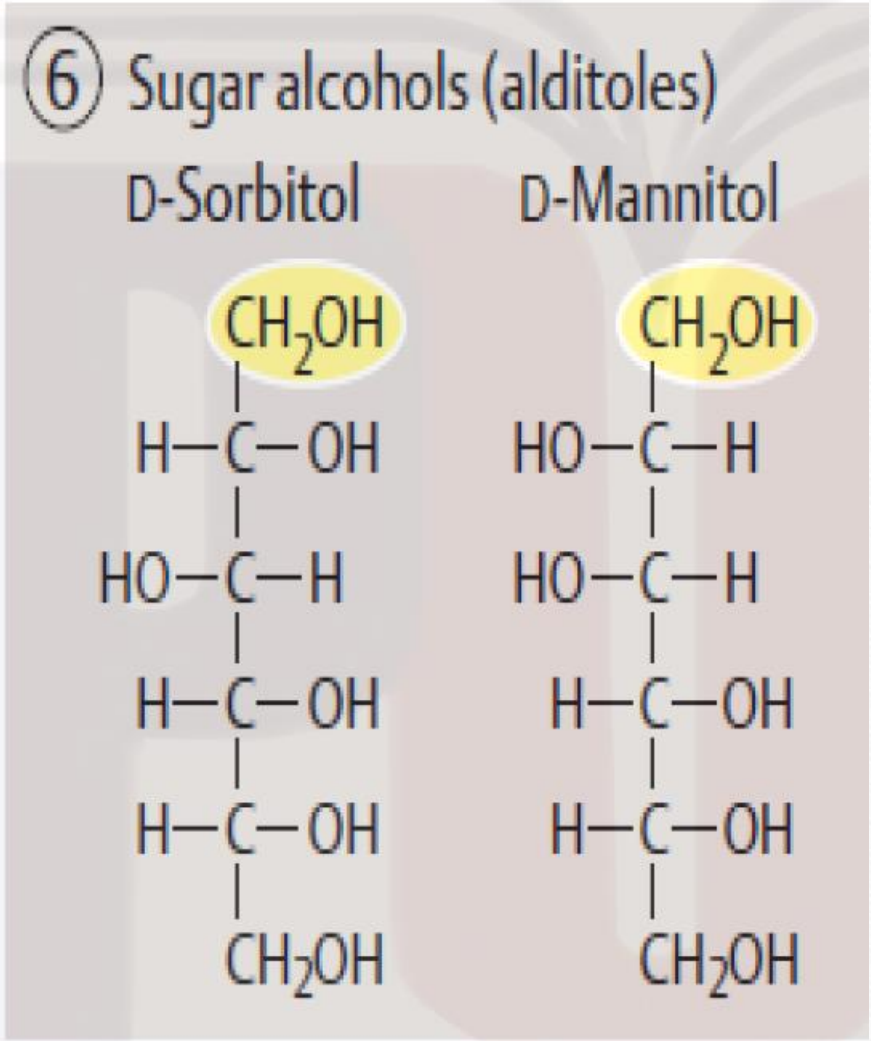
تنتج عن إرجاع مجموعة الكربونيل (الألدهيدية أو الكيتونية) في جزيء السكر الأحادي عن طريق إضافة هيدروجين وبوجود عامل مساعد معدني.

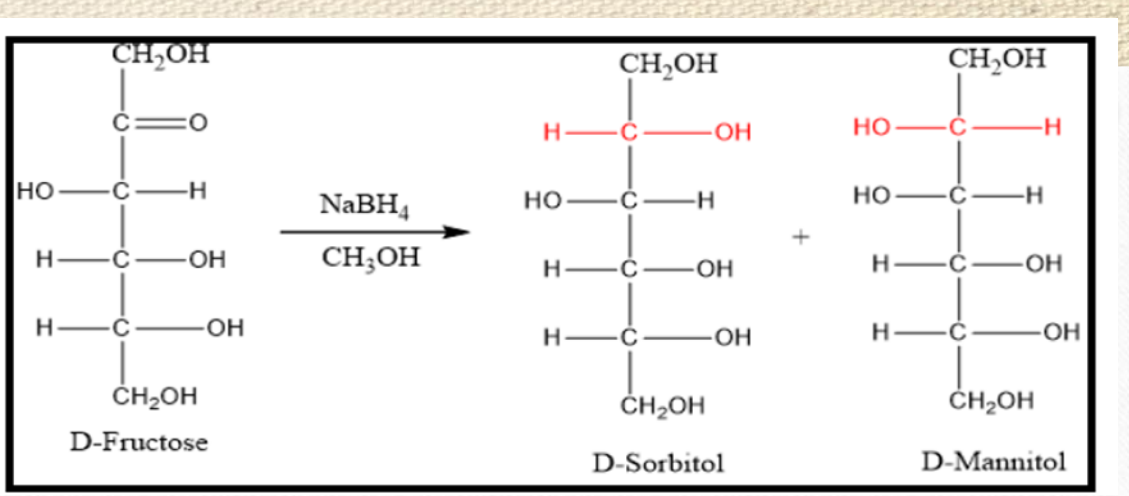
الغلوكوز سيعطي السوربيتول، والمانوز سيعطي المانيتول.






CHO
H—C—OH
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH2OH
D- غلوكوز


6 Sugar alcohols (alditoles)
D-Sorbitol
D-Mannitol
CH2OH
H—C—OH
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH2OH
CH2OH
HO—C—H
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH2OH



بالنسبة لإرجاع الفركتوز فإن الإرجاع يتم على ذرة الكربون الأنوميرية {على الرابطة المزدوجة C=O} ورقمها 2 في الفركتوز، وعند الإرجاع ستنكسر هذه الرابطة وتصبح أحادية: إما: H-C-OH , أو: OH-C-H

عندها سيكون لدينا احتمالين لإرجاع الفركتوز: 50% سوربيتول(OH على اليمين)، 50% مانيتول (OH على اليسار)

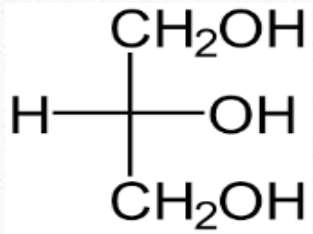
تكمن أهمية السوربيتول كالتالي:

- في العضلات والتي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة (غلوكوز)، لا يدخلها الغلوكوز إلا بوجود الأنسولين.
- وكذلك الأمر بالنسبة للخلايا الشحمية التي تخزن الشحوم الثلاثية، لا يدخلها الغلوكوز إلا بوجود أنسولين.
- أما الخلايا العصبية، والخلايا الشبكية في العين، والكلية فهي لا تحتاج أنسولين كي يدخلها الغلوكوز، بل يكون تركيز الغلوكوز داخل هذه الخلايا مساوٍ لتركيزه في الوسط الخارجي.

مرضى السكري غير المضبوطين سيكون لديهم تراكيز عالية جداً من السكر في الدم (300 أو 350 ملغ/دل)

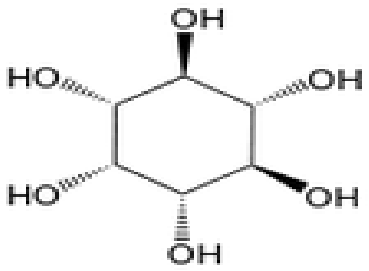
ستدخل تراكيز عالية جداً من السكر داخل الخلايا التي لا تحتاج أنسولين و تكون أيضاً (300 أو 350 ملغ/دل)، لذا ستكون كمية السوربيتول المُنتجة كبيرة جداً ولا تستطيع الخلية التعامل مع الكميات الكبيرة بالسرعة المطلوبة، عندها سيتراكم السوربيتول داخل الخلايا السابق ذكرها وهذا يؤدي إلى ارتفاع الضغط الحلولي داخل هذه الخلايا، وكردّة فعل طبيعية تجاه هذا الارتفاع سيدخل الماء إلى الخلايا من أجل خفض الضغط الحلولي، لكن السوربيتول لا يستطيع الخروج خارج الخلية بسبب غشائها، فهو محبوس داخلها، وتراكم السوربيتول مع الماء داخل الخلية سيوقف الخلية عن العمل وتصاب بالأذى.

وهذا يساهم فى اختلاطات السكري مثل اعتلال شبكية العين واعتلال الأعصاب والأذيات الكلوية.



من الكحولات السكرية أيضاً **الغليسيرول** (يدخل بتركيب التري غليسريد) وهو شديد الحلاوة وينتج من إرجاع ثنائي هيدروكسيد أسيتون.

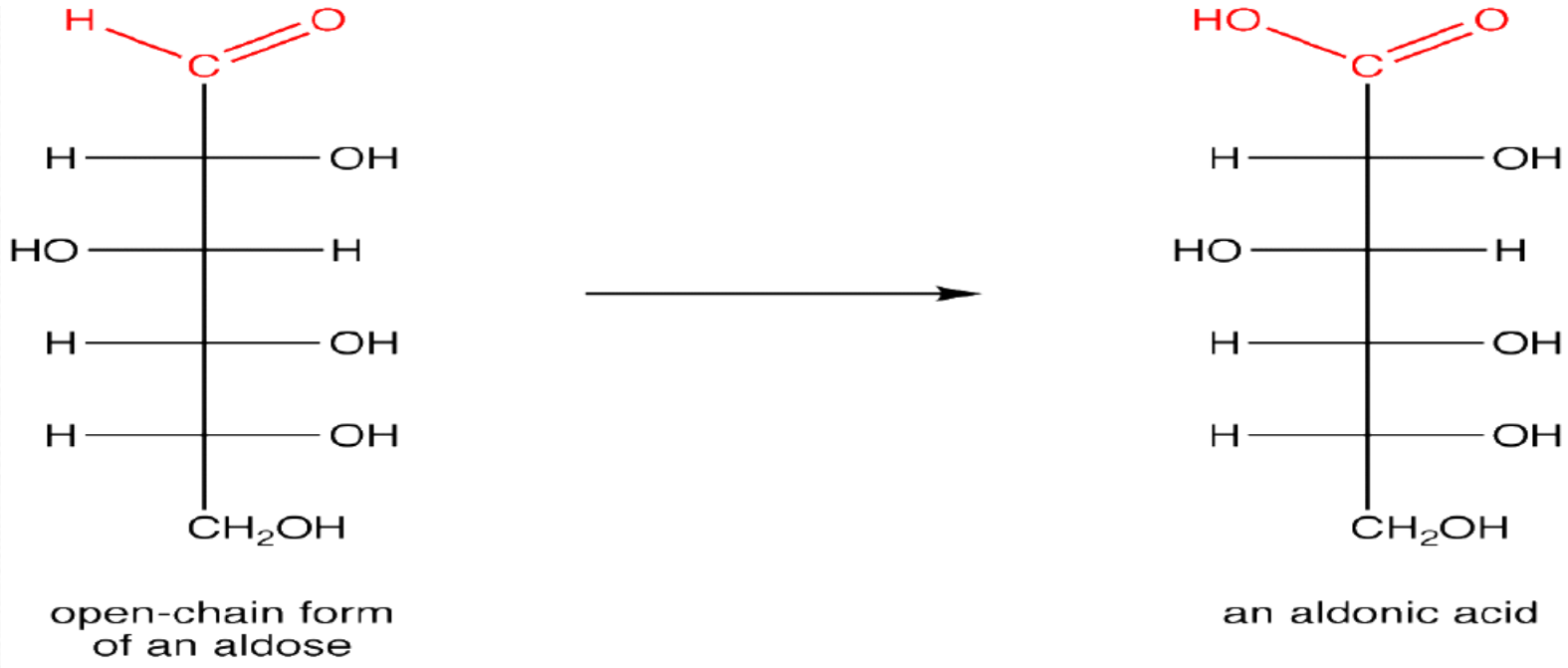
والإينوسيتول Inositol والذي يشتق من الغلوكوز ويصنع داخل الجسم ويعتبر مرسال ثانوي يتواسط فعل العديد من الهرمونات مثل الأنسولين ويوجد العديد من الإيزميرات منه أشهرها *myo*-inositol، كما يدخل بتركيب فوسفاتيديل إينوسيتول كما سنرى لاحقا.



الحموض السكرية

يتأكسد السكر ليتحول إلى الحمض الموافق و ذلك إما بالمجموعة الوظيفية أو بالمجموعة الأولية أو كلاهما

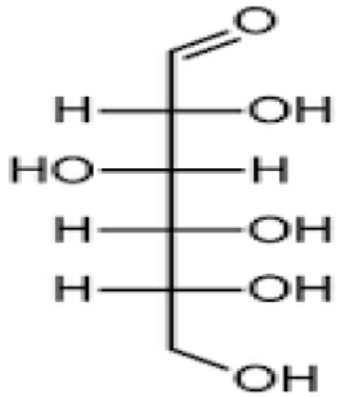
1. فإذا كانت الأكسدة للسكر الألدهيدي في الموقع رقم 1 أي المجموعة الوظيفية عندها يسمى السكر الدونيك اسيد Aldonic acid



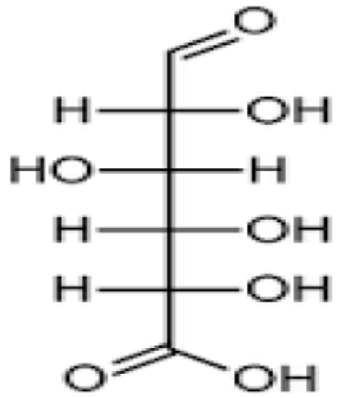
مثل غلوكونيك اسيد او غلاكتونيك اسيد مانيك اسيد..... الخ

2. إذا كانت الاكسدة في المجموعة الأولية فيسمى السكر يورونيك أسيد Uronic acid

مثال غلوكويورونيك أسيد أو غلاكتويورونيك أسيد كما في المثال التالي:

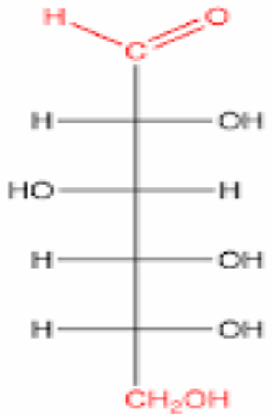


Glucose

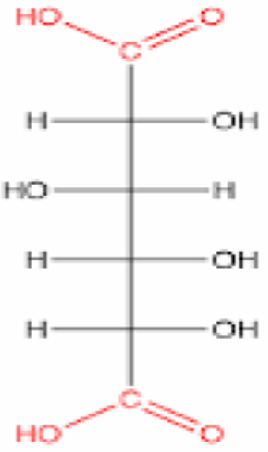


Glucuronic acid

3. إذا كانت الأكسدة في كل من المجموعة الوظيفية و كذلك المجموعة الأولية يسمى السكر عندئذ ألداريك أسيد Aldaric acid مثال غلوكاريك أسيد - غلاكتاريك أسيد.....



open-chain form of an aldose

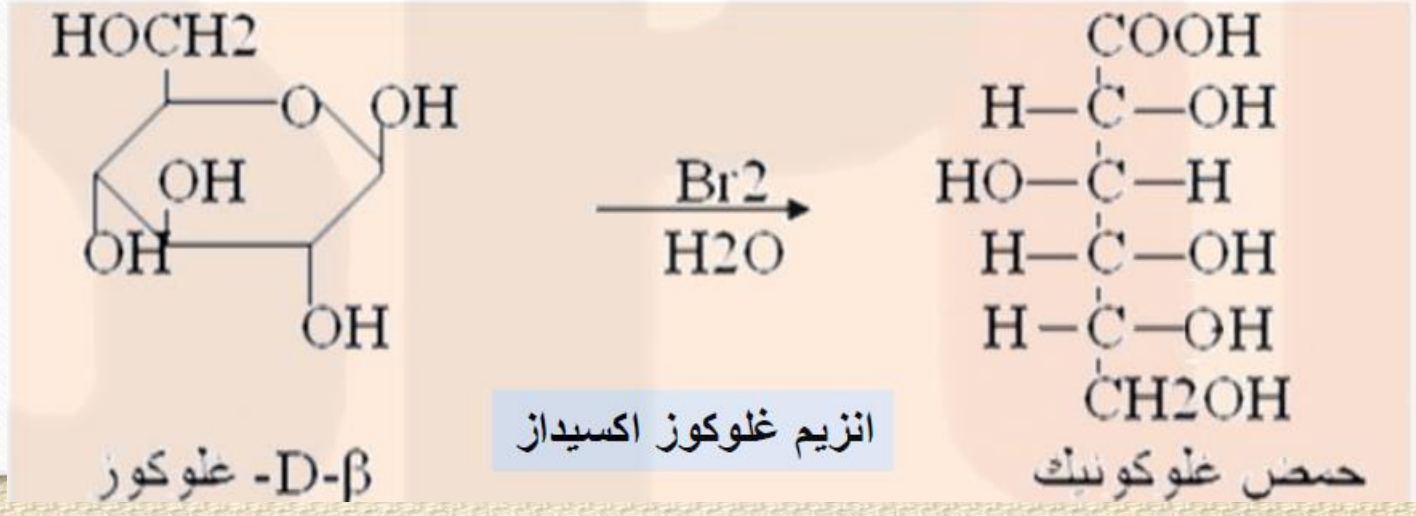


an aldaric acid

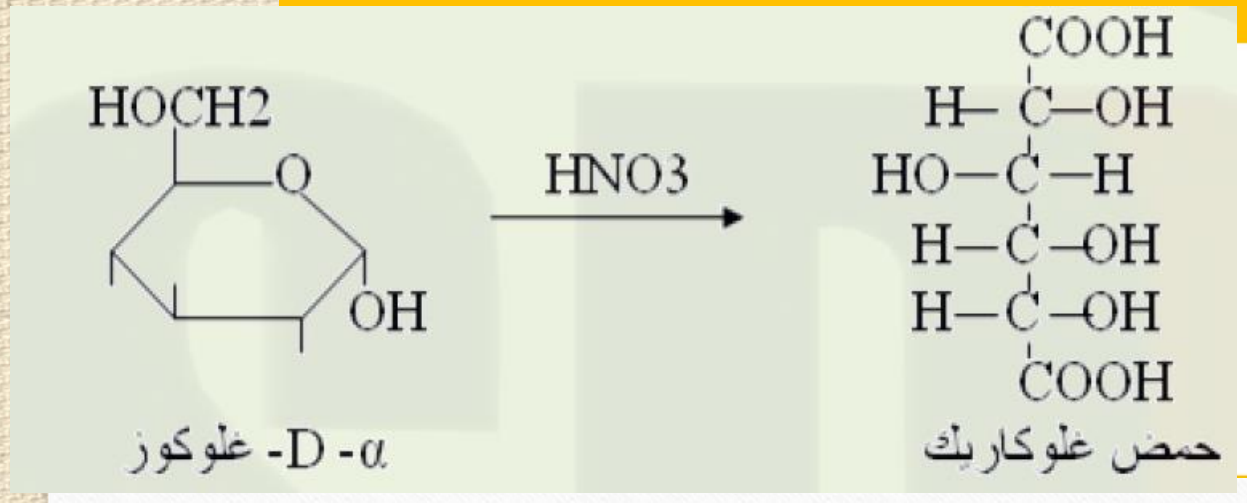
الحموض السكرية

حمض الألدونيك

- ✓ ينتج عن أكسدة مجموعة الألدهيد إلى مجموعة كربوكسيل وذلك بعامل مؤكسد ضعيف مثل ماء البروم.
- ✓ عندما يتأكسد الغلوكوز يعطي حمض الغلوكونيك gluconic acid .



حمض الألداريك



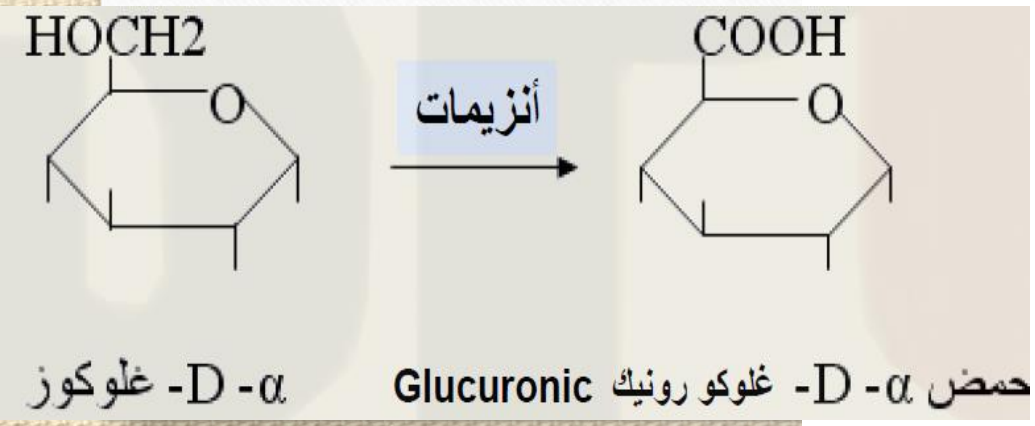
- ينتج عن أكسدة مجموعة الألدهيد و مجموعة الكحول الأولية على ذرة الكربون رقم 6 بعامل مؤكسد قوي مثل حمض الآزوت إلى مجموعتي كربوكسيل.
- عندما يتأكسد الغلوكوز يعطي حمض الغلوكاريك glucaric acid، وليس له أهمية بيولوجية.

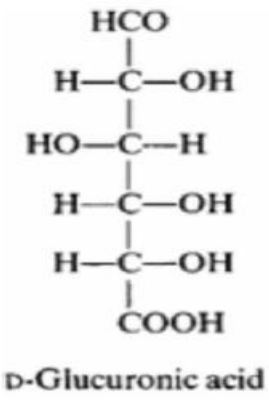
حمض اليورونيك

- ينتج عن أكسدة مجموعة الكحول الأولية على ذرة الكربون رقم 6 إلى مجموعة كربوكسيل.

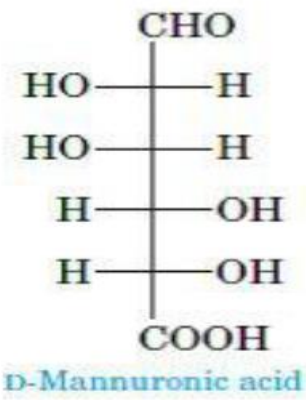
مثال على ذلك:

- عندما يتأكسد الغلوكوز يعطي حمض الغلوكورونيك glucuronic acid .
- وعندما يتأكسد الغالاكتوز يعطي حمض الغالاكتورونيك galacturonic acid.
- وعندما يتأكسد المانوز يعطي حمض المانورونيك mannuronic acid.

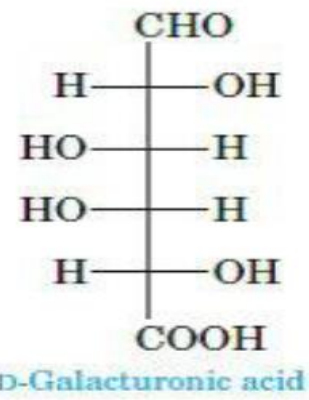




D-Glucuronic acid



D-Mannuronic acid



D-Galacturonic acid

الأهمية البيولوجية: يعود الفضل لهذه الحموض في جعل (المواد الكارهة للماء) محبةً للماء، ومنها المواد السامة أو الأدوية أو الفيتامينات المنحلة بالدهن الزائدة عن الحاجة (K،D،E،A).

أما المواد المنحلة بالماء فلا تشكل خطورةً، حيث تُطرح الزيادة منها عن طريق البول.

فحمض الغلوكورونيك هو يد وقدم الكبد في طرح المواد السامة حيث تُنقل هذه المواد السامة غير المنحلة بالماء (مثل الأدوية، البيلوروبين، فيتامينات محلة بالدسم) إلى الكبد بواسطة الألبومين، ثم يقوم الكبد بقرن حمض الغلوكورونيك معها مما يحول هذه المواد لمواد منحلة يستطيع الجسم طرحها.

إذاً وجود حمض الغلوكورونيك في الكبد عبارة عن سلاح لإزالة السمية.

أهمية الحموض السكرية :

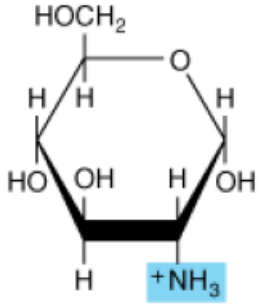
- حمض غلوكونيك الناتج عن أكسدة غلوكوز : يستعمل لإدخال Ca++ إلى الجسم.
- حمض غلوكونيك : γ- غلوكونولاكتون يساهم في طرح المعادن السامة الثقيلة.

الماء الأكسجيني
γ- غلوكونولاكتون + H_2O_2 ← (غلاق الحلقة 1 - 5) — غلوكوز أكسيداز → غلوكوز + O_2
مادة مؤكسدة

يستعمل هذا التفاعل في التعيين الكمي للغلوكوز في الدم ، حيث نضيف للماء الأكسجيني الناتج صبغة عديمة اللون فتتأكسد وتتحول إلى صبغة لونها أزرق ،وبقياس شدة اللون يقدر الغلوكوز كمياً . هذا التفاعل نوعي (تفاعل أنزيمي) : لا يتفاعل إلا مع الغلوكوز حتى ولو وجدت معه مواد أخرى.

- حمض أسكوربيك (فيتامين C): يتكون في النباتات عن طريق أكسدة الغلوكوز.

السكريات الأمينية:



تدخل مجموعة الأمين NH2 محل مجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربون رقم 2 من السكر.

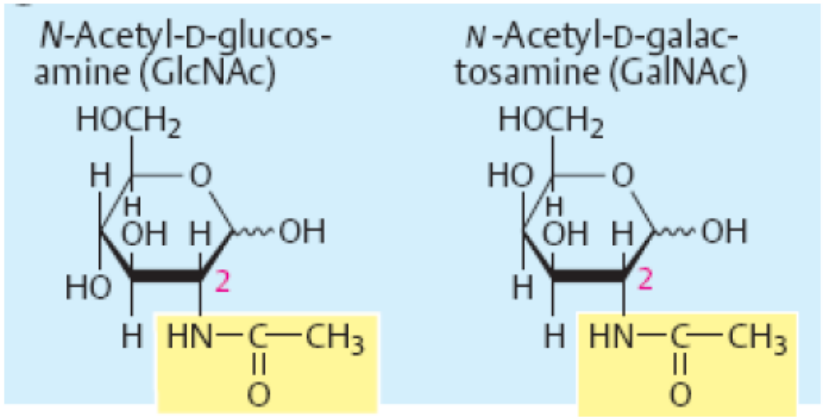
أهمها: الغلوكوز أمين والغالاكتوز أمين.

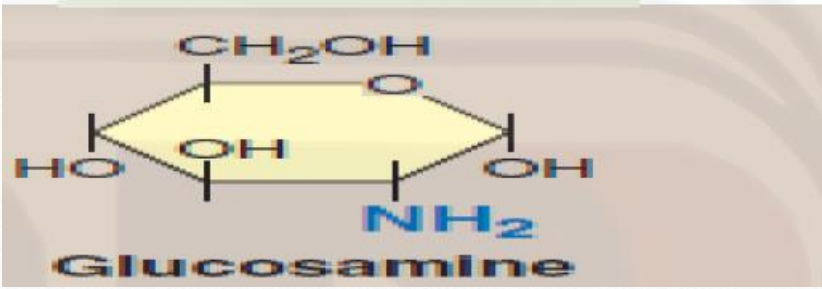
وفي الطبيعة تحوي غالباً مجموعة الأمين على زمرة أستيل وذلك على ذرة الكربون رقم 2 لتشكيل:

N-Acetyl-D-galactosamine **ويرمز** GalNAc

أو

N-Acetyl-D-glucosamine **ويرمز** GlcNAc.





السكاكر المتعددة

تعريفها: هي مركبات معقدة التركيب، يدخل في بنائها عدد كبير من وحدات السكريد الأحادية (سكاكر سداسية)، فيتشكل لدينا عديد سكريد نتيجةً لهذا التكرار الكبير (n مرة).

تصنيفها:

- تُصنّف حسب نوع السكريات الداخلة في تركيبها إلى نوعين:
  1. متجانسة تعطي نوع سكر واحد عند تحللها.
  2. غير متجانسة تعطي أكثر من نوع سكر عند تحللها.

السكريات المتعددة المتجانسة

- تتكون في مجملها من وحدات متماثلة هي الغلوكوز و ترتبط مع بعضها بروابط غليكوزيدية.
- لدينا ثلاث سكاكر متعددة متجانسة مهمة بالنسبة لنا وهي:

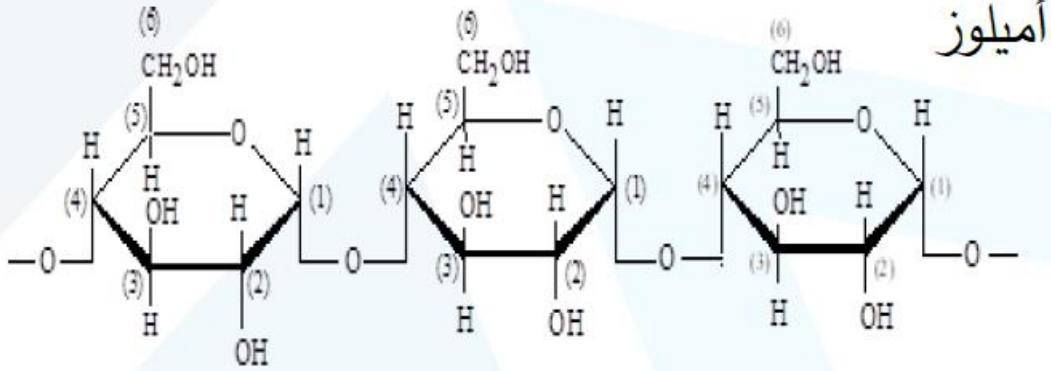
{السيللوز، النشـــاء، الغليكوجين}.

✓ نقطة هامة:

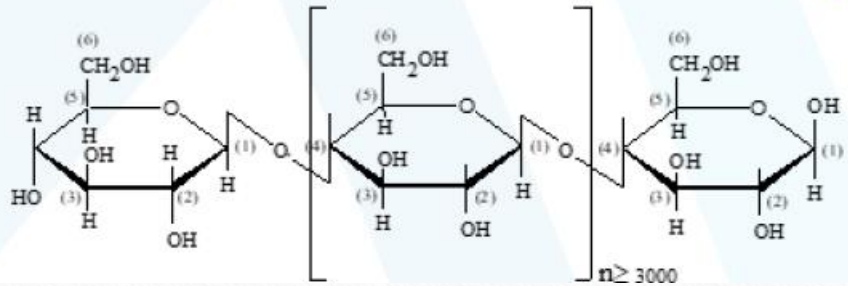
إن أرقام الكربونات الداخلة في تشكيل الرابطة الغليكوزيدية والشكل الفراغي للرابطة الغليكوزيدية هو ما سيحدد الاختلاف من سكر آحادي لآخر.

- مستقيمة غير متفرعة مثل: السيللوز

أميلوز

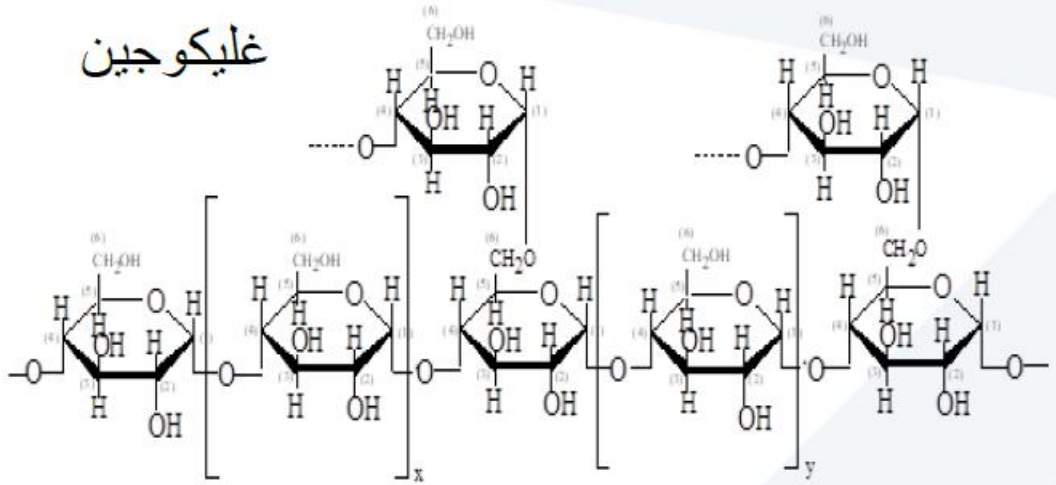


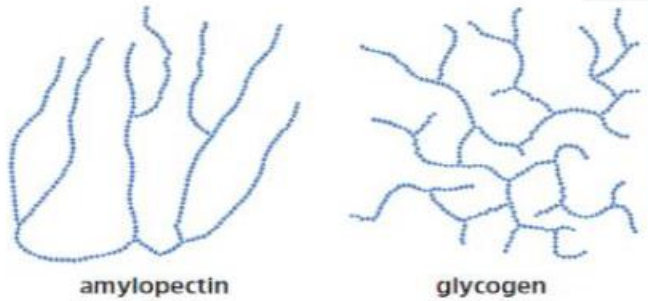
سيللوز



- متفرعة مثل: الغليكوجين والنشاء (أميلوز + أميلو بكتين)

غليكوجين



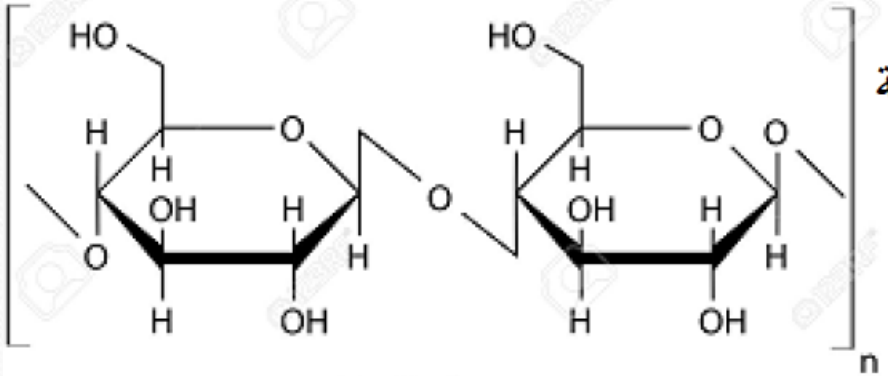


السكريات المتعددة المتجانسة

- الغليكوجين: عديد سكاريد متجانس يحوي أكثر من 10 جزيئات غلوكوز
- الغليكوجين: هو عديد السكاريد الادخاري الأساسي للطاقة لدى الإنسان
- يتواجد الغليكوجين في الدوران والأنسجة (ضمن الكبد والعضلات).
- السيللوز: يشكل الجزء الرئيسي في تكوين جدر وألياف الخلايا النباتية.
- النشاء: غذاء احتياطي للنباتات لكن تعتمد عليه الحيوانات أيضاً.

السللوز : سلسلة مستقيمة غير متفرعة

سكر بنيوي متماثر (متعدد) طويل السلسلة وغير متفرع،
يتكون من وحدات من الغلوكوز المرتبطة مع بعضها برابطة غليكوزيدية من النوع β(1,4).



Cellulose

صفاته:

1. هو المركب العضوي الأكثر وفرةً في الطبيعة؛ لأنه يدخل في تشكيل الجدر الخلوية للنبات والخشب أي الهيكل البنائي لها.
2. الرابطة فيه هي β(1,4).
3. ليس له قيمة غذائية عند بني البشر.
4. قيمته عند الإنسان صحية.
5. نظراً للترتيب الفراغي للرابطة الغليكوزيدية الموجودة في السيللوز لا يُهضَم ولا يتم تحليله في جسم الإنسان.

معلومة هامة:

الرابطة التي يستفيد منها البشر {يحلمهها ويفككها} هي دائماً α ويكون شكلها الفراغي [α(1,4)، α(1,6)] ، لكن عندما تصبح β لا يستطيع الجسم حلمهتها بالرغم من كون الفرق بين α و β هو بالشكل الفراغي لتوضع OH، إلا أن الأنزيم نوعي جداً في جسم الإنسان ولا يفكك إلا α.

الحيوانات المجترّة قادرة على هضم السيللوز لاحتواء كرش المجترّات على بكتريا قادرة على تفكيك الروابط في السيللوز أي تفرز السيللولاز ومن ثمّ يتم الاستفادة من السيللوز المتفكك إلى غلوكوز.

سؤال: ما هي وظيفة السيللوز في جسم الإنسان؟

السيللوز من أهم مكونات الألياف لدى الإنسان.

يتواجد ضمن الخضروات والفواكه والنخالة (نواتج عرضية لنخل حبوب القمح والشعير والشوفان وهي أغنى مكون).

- لها قدرة عالية على ربط الماء وهذا يجعل البراز ليناً ويقي من الإمساك والشقوق الشرجية والبواسير.
- كونه لا يُهضم (أي يخرج كما يدخل) فسوف يكون شبكة تتواجد فيها جزيئات الطعام، وهذا يسرع عبور المواد عبر الأمعاء مما يقلل من زمن مكوث الطعام في الأمعاء (وهذا أيضا لصالح أن يبقى البراز لينا).
- تعطي إحساساً بالشبع عوضاً عن أخذ كميات كبيرة من السكريات أو الدهون، مما يساعد في خفض الوزن بشكل صحي "حب نخالة".
- تعرقل امتصاص مواد ذات سمية أو معادن ثقيلة عبر الارتباط بها وإطراحها.

نتيجة كل ذلك فالألياف تلعب دوراً في الوقاية من سرطان القولون، وينبغي الإكثار من تناولها.

ملين – خفض الوزن (الحمية)– سرطان القولون

ثـــانيـــاً: النشـــــاء

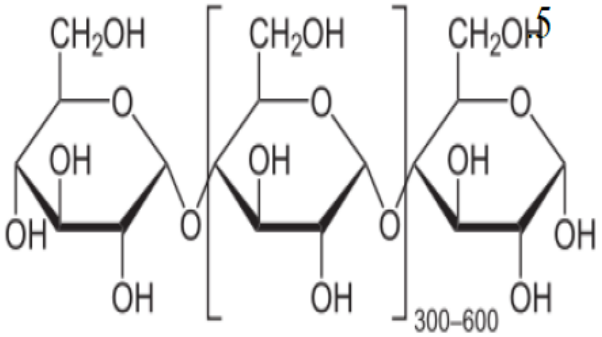
- يوجد في النباتات، وهو مخزون الطاقة فيها والنتاج الأخير للتركيب الضوئي، وهو ذو قيمة غذائية واضحة حيث يستطيع الإنسان تفكيكه وتحويله إلى غلوكوز يُمتَص ويُستفاد منه.
- يقوم النبات بتخزين النشاء في البذور لأهميته في المستقبل.
- الجذور في جميع أشكالها تعتمد على النشاء في التخزين.
- يوجد النشاء بكميات كبيرة في بعض النباتات مثل القمح والبطاطا.

التركيب:

- ✓ يتكون النشاء كيميائياً من قسمين (الأميلوز - الأميلوبكتين)

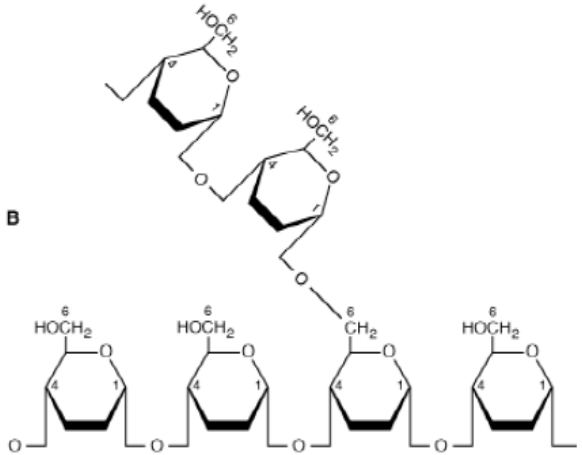
الأميلوز

1. هو سلسلة غير متفرعة من وحدات الغلوكوز.
2. الرابطة (1،4) α في كل السلسلة المستقيمة.
3. يشكل (15- 20) % من النشاء.
4. منحل بالماء؛ لأنه غير متفرع ويكون بالماء على شكل محلول متجانس.



الأميلوبكتين

1. هو سلسلة متفرعة من وحدات الغلوكوز.
2. الرابطة (1,4) α في السلسلة المستقيمة ، والرابطة (1,6) α في نقاط التفرع.
3. يشكل حوالي (80 - 85) % من النشاء.
4. غير منحل بالماء بسبب التفرع ويكون في الماء على شكل مستحلب عكر (غير منحل)، ويذوب بصعوبة بالتسخين.



نقاط مميزة للأميلوبكتين:

- ✓ توجد نقاط التفرع على بعد (٢٤ إلى ٣٠) من وحدات الغلوكوز، أي المسافة بين نقطة تفرع وأخرى (٢٤ إلى ٣٠) وحدة غلوكوز مرتبطة مع بعضها برابطة α(1 ,4)، وفي نقاط التفرع α(1,6).
- ✓ عدد روابط α(1,6) أقل بكثير من α(1,4) ؛ لأن الروابط α(1,6) مقتصرة على نقاط التفرع.
- ✓ الرابطة α(1,6) هى نقطة لانطلاق سلسلة جديدة.

هضم النشاء

الهضم في الفم:

- ✓ يبدأ هضم السكريات من الفم حيث يوجد أنزيم الأميلاز اللعابي الذي يؤثر على النشاء (لكن هذه التحلل يكون جزئي وذلك لعدم بقاء الطعام بالفم لفترة طويلة) ويّحلل النشاء لغلوكوز .

الهضم في المعدة:

- ✓ لا يوجد هضم كيميائي للسكريات في المعدة حيث يتوقف عمل الأنزيم الأميلاز اللعابي في المعدة لأن الوسط pH=2 ولذلك يتخرب في المعدة.

الهضم أنزيمي عن طريق أنزيمات الاميلاز

هضم الاميلوز يحتاج لأنزيم الأميلاز اللعابي والبنكرياسي

الهضم في الامعاء:

- ✓ الهضم في الأمعاء هو أساس هضم السكريات حيث تنصب عليه العصارة البنكرياسية وعصارات المرارة إذ يتم تعديل (pH) الوسط ليصبح تقريباً pH=8 وهنا يبدأ عمل الأميلاز البنكرياسي.
- ✓ يعمل الأميلاز البنكرياسي على هضم الروابط α(1,4) فقط ولا يستطيع هضم الروابط α(1,6) وذلك بإدخال الماء في الرابطة أي يُهضم النشاء إلى مالتوز (سكر ثنائي).
- ✓ يقوم بتحطيم α(1,4) حتى يصبح على بعد ٣ روابط من نقطة التفرع α(1,6) ويتوقف؛ لأنه نوعي وغير قادر على هضمها وهنا تبدأ مهمة الأنزيم المرافق للأميلاز البنكرياسي وهو (الأنزيم مزيل التفرع disbranching enzyme) وهو مختص فقط بالرابطة α(1,6) وعند إزالتها يتابع أنزيم الأميلاز البنكرياسي وهكذا حتى نهاية الهضم.

الاميلوبكتين يتطلب أنزيم مزيل التشعب بالإضافة لأنزيم الأميلاز

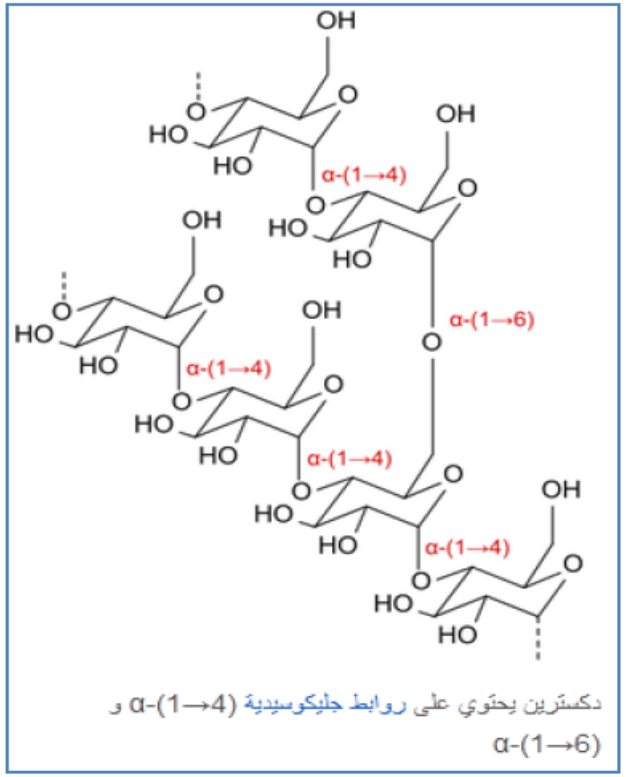
لو حدث لدينا خلل في الأنزيم مزيل نقطة الفرع: ما الذي يحدث؟!؟

يتشكل لدينا مركب فقط من نقاط التفرع ويسمى الدكسترين.

الديكسترين هو نتاج عملية الهضم المحدود للنشاء، ومكون من نقاط التفرع (محاطة كل نقطة بثلاث جزيئات غلوكوز من كل جانب) التي لم تُهضَم بسبب خلل الأنزيم مزيل نقطة الفرع.

ينتج الدكسترين التجاري بمعالجة النشاء بالحرارة أو الحمض أو بكليهما معاً.

الدكسترينات مادة لزجة يستفاد منها صناعيا كمواد لاصقة منحلة بالماء (الصمغ الانكليزي) يستخدم في تغرية أو تصميغ الورق والمنسوجات مثل اللاصق الموجود في ألسنة الظروف أو طوابع البريد، وفي الصناعة الدوائية كمادة رابطة أو رافعة للقوام.



دكسترين يحتوي على روابط جليكوسيدية α-(1→4) و α-(1→6)

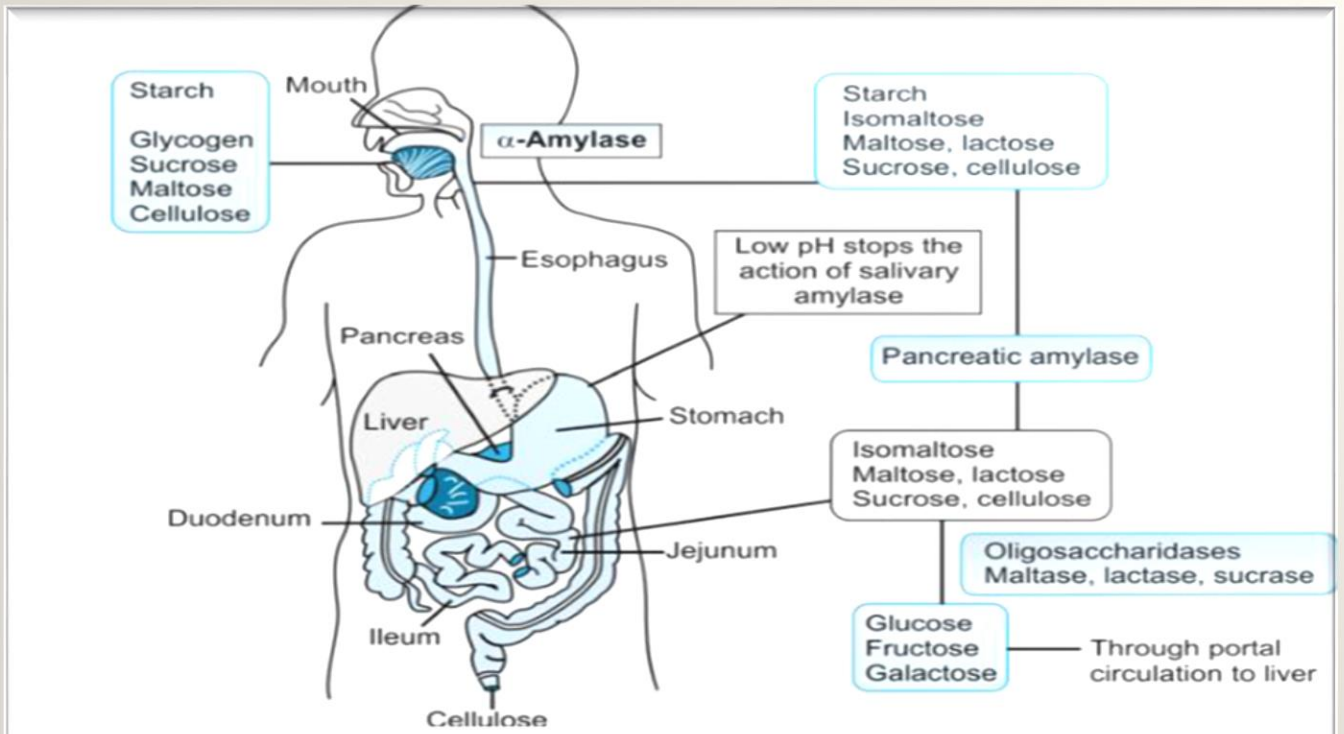
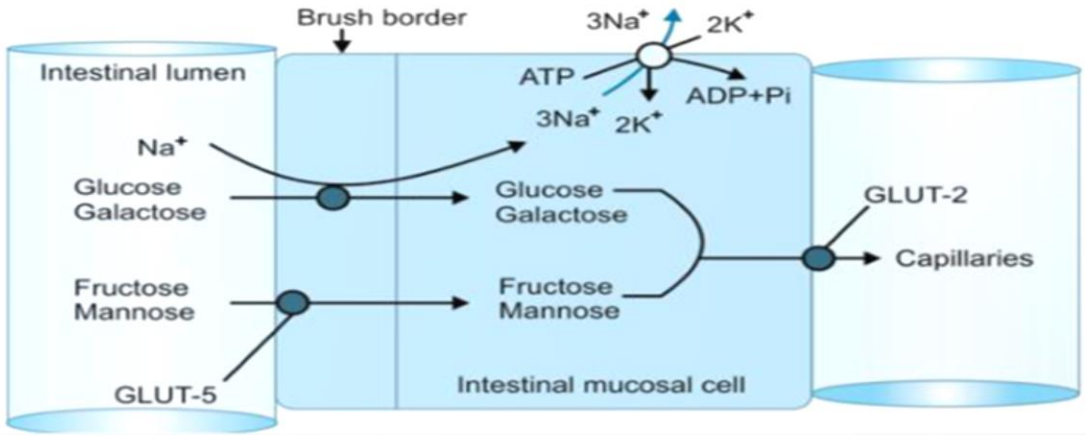
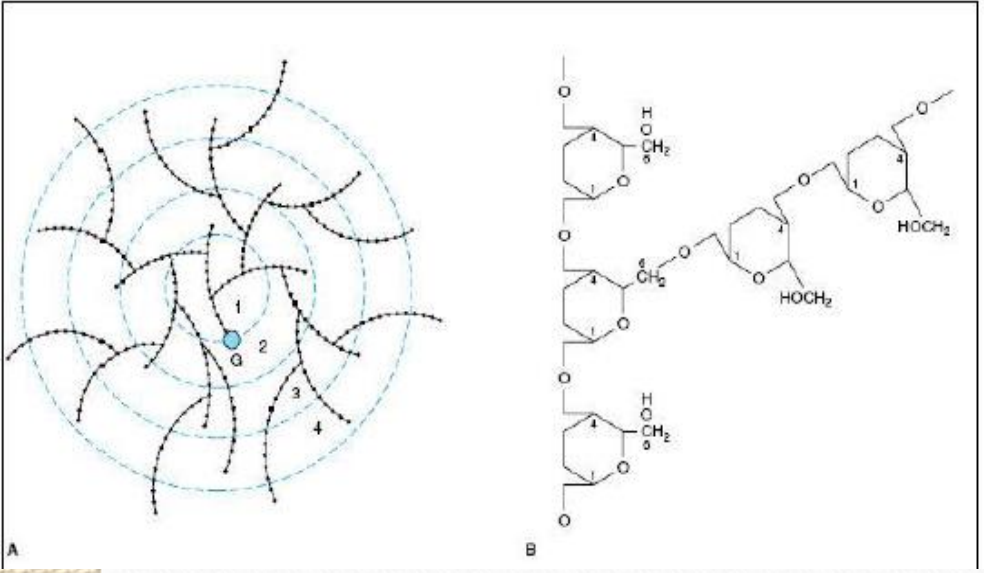


Figure 7.2: Digestion of carbohydrates in the gastrointestinal tract



ثـالثـاً: الغليكوجيـن



- يتكون من وحدات من الغلوكوز وهو يشكل مخزون الكربوهيدرات في جسم الإنسان والحيوان (نشاء حيواني).
- صعب الانحلال في الماء البارد ويذوب مع التسخين.
- يشبه الأميلوبكتين في احتوائه على نقاط التفرع α(1,6) من السلسلة الخطية α(1 ، 4)، ولكن الغليكوجين أكثر تفرعاً، حيث تبعد نقاط التفرع بعد (٨ إلى ١٢) من وحدات الغلوكوز.

- الجسم يأخذ من الغلوكوز ما يحتاجه ويخزّن الفائض على هيئة غليكوجين.
- جسم الإنسان يملك مخزنين للغليكوجين:

1. المخزن الأول (العضلات): تحتاج لطاقة كبيرة والغليكوجين هو متعدد سكري يقدّم للعضلات المصدر الطاقي الإضافي، والمصدر الطاقي الأساسي هو سكر الدم.
2. المخزن الثاني (الكبد): يحوي القسم الآخر من الغليكوجين و وجوده في الكبد ليس لأجل تأمين مخزون احتياطي للكبد، وإنما لمهمة تأمين استتباب السكر في الدم ومنع هبوطه.

استتباب السكر:

هو أن نحافظ على نسبة السكر في الدم من (70-110) ففي حال انخفاض السكر في الدم تحت 70 يكون الكبد له بالمرصاد، حيث يقوم الغليكوجين بالتحول إلى غلوكوز ومنه إلى الدم وذلك تحت تأثير عدد من الانزيمات وهي: هرمونات الدرق- هرمون النمو - هرمون الغلوكاغون من البنكرياس.

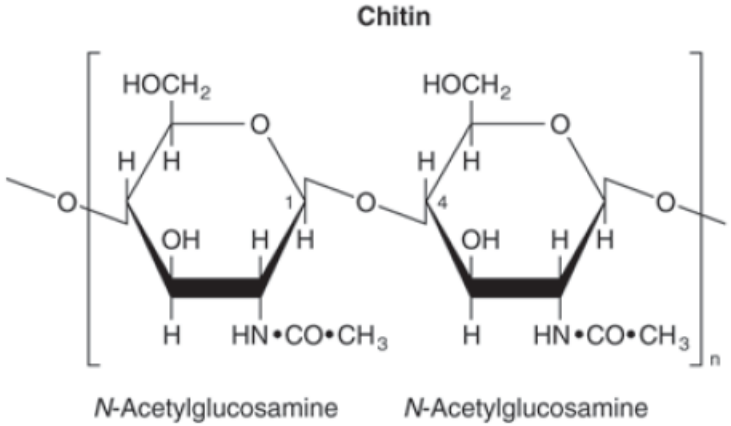
كل هذه الهرمونات تتعاون لمنع انخفاض سكر الدم، أما في حال ارتفاع سكر الدم لا يوجد سوى أنزيم واحد هو الأنسولين.

هضم الغليكوجين:

الغليكوجين يصنع في جسم الانسان وتحديدا في الكبد والعضلات، ويتم حلمهته في الخلايا تحت تأثير انزيم غليكوجين فوسفوريلاز وإنزيم مزيل التفرع disbranching enzyme الذين يفككان الرابطة { α(1,4) و α(1,6) } إلى وحدات غلوكوز -1- فوسفات، وهذا هام جداً لأجل رفع نسبة السكر في الدم بسرعة فائقة في حال انخفاضها.

الفوسفوريلاز سمي بهذا الاسم بسبب استخدام حمض الفوسفور لتحطيم الرابطة بدلا من الماء، أما الأميلاز يستخدم الماء لتحطيم الرابطة.

رابعا: الكيتين



- ✓ عبارة عن عديد سكر متجانس يتألف من ارتباط وحدات متماثلة من N-أستيل-D-غلوكوز أمين برباط ß(1,4).
- ✓ يساهم بتشكيل الهيكل الخارجي للحشرات (شبيه السيللوز في النباتات).

السكريات المتعددة غير المتجانسة

تعطي عند تحللها أكثر من نوع من السكريات الأحادية، وهي غالبا تتكون من وحدات مشتقة (حمض سكري مع سكر أميني) وأهمها **السكاكر المخاطية** (هيالورونيك أسيد، كوندرويتين، هيبارين) **والبكتين**.

- **السكاكر المخاطية أو غلكوزأمينوغليكان Glycosaminoglycans:**

هي معقدات كبيرة تتألف من سلاسل غير متفرعة لثنائيات تتكرر كثيراً تتألف من سكر أميني مع حمض يورونيك، وقد تترافق مع وجود بروتين لتشكل **بروتيوغليكان** الذي يتكون بـ 95% من تركيبه من السكريات.

4- السكريدات المرتبطه Glycocongates:

- تدعى أيضاً بالسكريات المعقدة Complex Saccharides
- عبارة عن عديدات سكريد غير متجانسة مرتبطة مع مركبات غير سكرية كالليبيدات والبيروتينات بروابط تساهمية مثل:
- Glycoproteins: البروتينات السكرية، لها دور في التعرف الخلوي.
- Proteoglycans: السكاكر البروتينية، من أهم وظائفها احتباس الماء ضمن النسج والالتصاق الخلوي.
- Glycolipids: الليبيدات السكرية، تدخل في تركيب الأغشية الخلوية.
- LPS (Lipopolysaccharide): عديدات السكاكر الليبيدية

Glycoproteins (البروتينات السكرية) **نسبة البروتين أكبر من نسبة السكر**	Proteoglycans (السكاكر البروتينية) نسبة السكر أكبر من نسبة البروتين
Glycolipids (الليبيدات السكرية) نسبة الليبيد أكبر من نسبة السكر	LPS (Lipopolysaccharide) (السكاكر الليبيدية) نسبة السكر أكبر من نسبة الليبيد

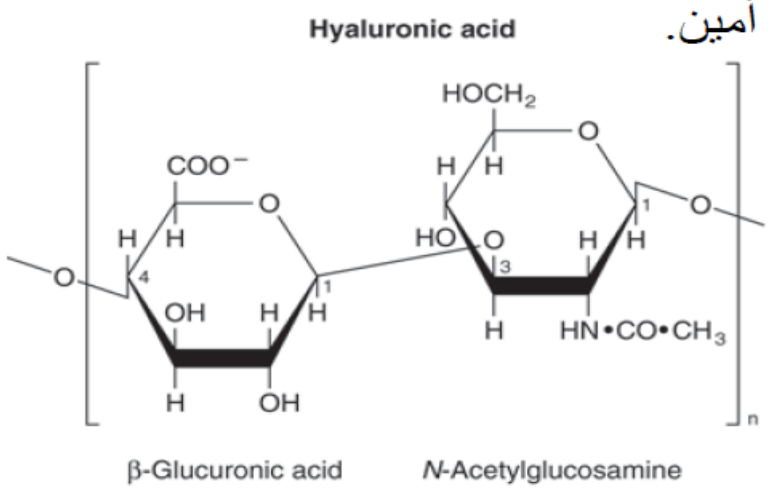
لها بنية هلامية تشكل وسادة حامية من الصدمات بفضل لزوجتها العالية مثل السائل الزليلي في المفاصل والغضاريف والخلط الزجاجي في العين.

كما أن غلكوزأمينوغليكان تشكل ما يسمى المطرس خارج الخلوي والذي يلعب دوراً في نقل الإشارات الخلوية بين الخلايا، وإن جميع البروتينات الليفية في النسج الضامة (سواءً كانت كولاجين أو إيلاستين) يجب أن تنطمر في المطرس.

أهمها: (هيالورونيك أسيد، كوندرويتين، هيبارين).

1- حمض الهيالورونيك Hyaluronic acid

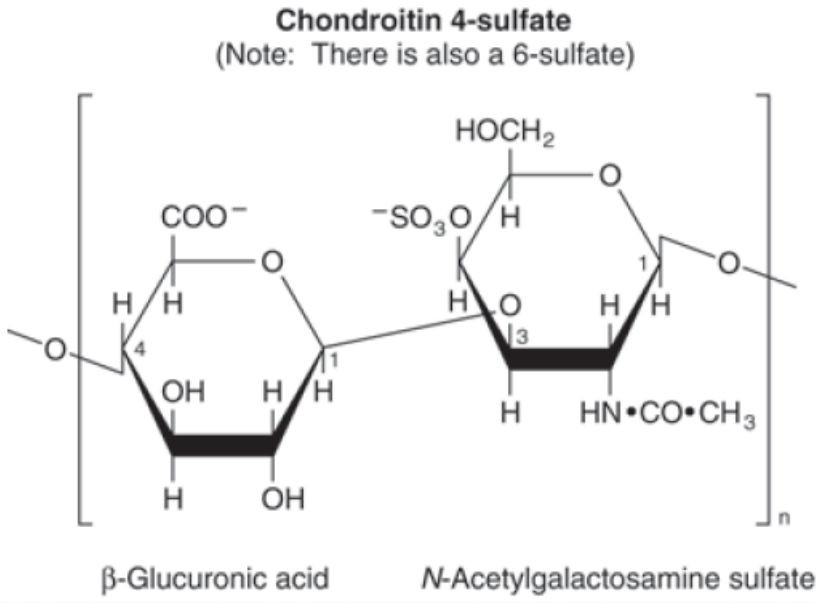
يتألف من الوحدات المتناوبة D-حمض الغلوكورونيك و N-أستيل-D-غلوكوز أمين.



يزيد هذا الحمض من مقاومة النسيج للانضغاط بسبب تميهه الشديد (بنية هلامية)، كما يقوم بدور المادة المشحمة المزيتة في المفاصل مسهلا انزلاقها (مادة مزلقة) ويتواجد في السائل الزليلي والغضاريف والخلط الزجاجي للعين وفي المطرس بين الخلايا.

يستخدم الهيالورونيك **كدواء** يحقن داخل المفصل في الفصال العظمي التآكلي Osteoarthritis المسبب نتيجة تناقص لزوجة السائل الزليلي، كما يستخدم كحقن موضعي لملء التجاعيد في الوجه حيث يساعد البشرة على الاحتفاظ بالماء (يحقن كل 6-12 شهر بشكل أقل تواتر من الكولاجين) أو كقطرات عينية لعلاج جفاف العيون.

2- الكوندرويتين



يشبه الهيالورونيك ويتألف من وحدات متناوبة لـ D-حمض الغلوكورونيك و N-أسيتيل-D-غالاكتوز أمين.

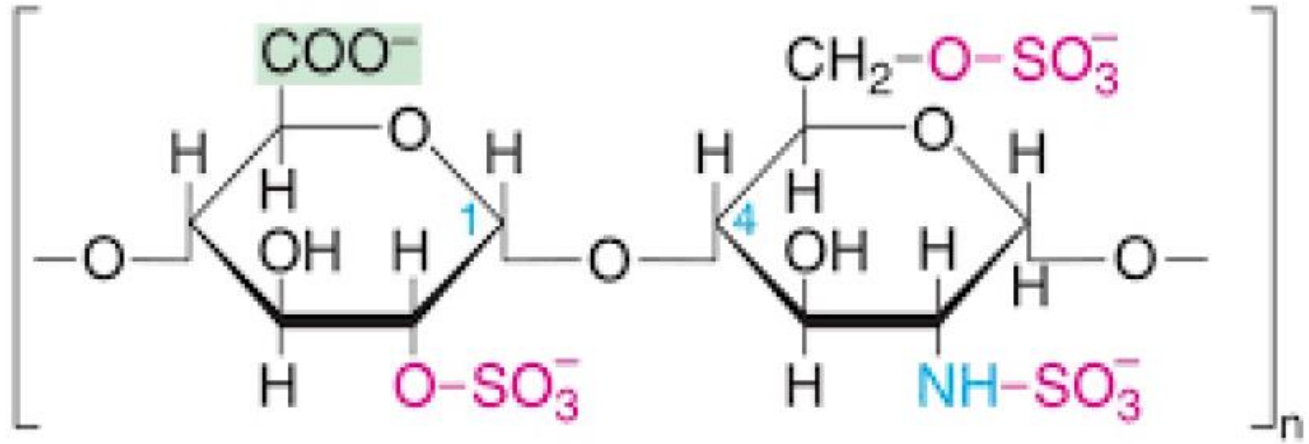
كما أنه يحوي مجموعة سلفات ليصبح كوندرويتين سلفات (سكاكر مخاطية كبريتية)، ويوجد منه أكثر من نوع حسب عدد زمر الكبريت وتموضعها.

هذا المركب محب جداً للماء ويتواجد بشكل أساسي في الغضاريف ويمنحها ميزة مقاومة الانضغاط، فمثلا يشكل 40% من الوزن الجاف لغضروف الحاجز الأنفي.

الهيبارين:

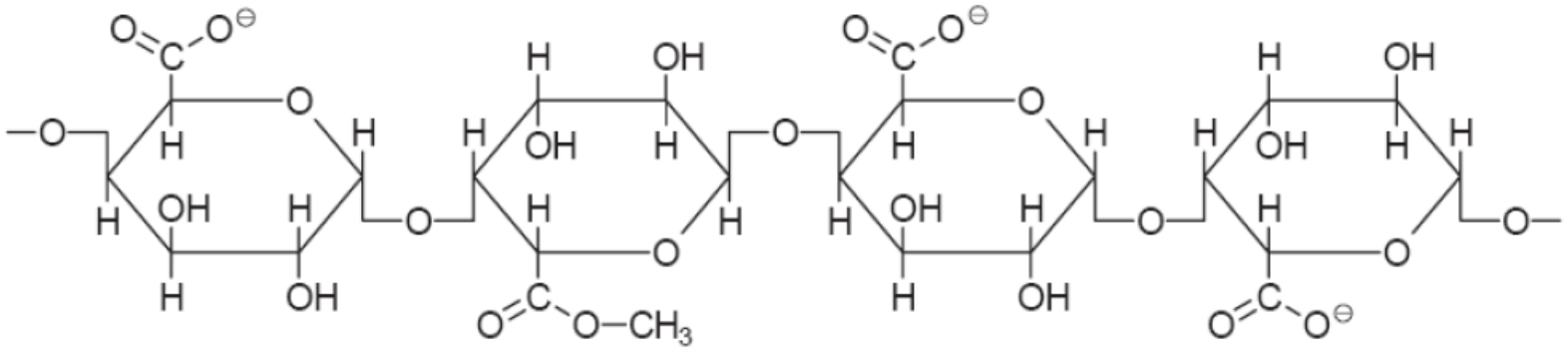
- يعتبر من عديدات السكريات الحمضية الهامة والذي يتشكل من قبل خلايا موجودة في الطبقة الباطنية لأوعية الدم الشريانية.
- يعتبر الهيبارين مثبطاً قوياً لتجلط الدم (مانع تجلط) و تكون الوحدة المتكررة مؤلفة من غلوكويورونيت2 سلفات +N سلفو غلوكوز امين-6 سلفات

(Glucouronate-2-sulfate+N-sulfoglucoseamine-6- sulfate)



- **البكتين Pectin**

- يدخل في تركيبه غالكتورونيك بشكل أساسي بالإضافة لمواد أخرى.
- يتواجد في قشور الفواكه مثل التفاح والحمضيات.
- عبارة عن جزء من الألياف الغذائية، وليس سكر مخاطي.
- له صفات غروية تكون الهلام.
- يستخدم في صناعة المربيات وفي مجال الأدوية كرافع لزوجة.



poly-α-1,4-D-Galacturonic acid, basic constituent of pectin

البروتينات السكرية والشحوم السكرية

- هي بروتينات أو شحوم تحوي على سلاسل عديدة السكاريد، وإن سلسلة الكربوهيدرات تكون قصيرة "2-10 ثمالة سكر" ولا تحوي وحدات تكرارية (يشكل المانوز مكون مهم فيها).
- توجد عادة على سطح الأغشية الخلوية وتشكل هذه المركبات 5% من وزن الأغشية.

✓ من أمثلة البروتينات السكرية معقد التوافق النسيجي MHC الذي يلعب دوراً كبيرا في تمييز الخلايا والتعرف على الذات.

✓ من أمثلة الشحوم السكرية جزيئات عديد السكاريد الشحمي Lipopolysaccharide "LPS" على سطح جراثيم سلبية الغرام والتي تلعب دوراً كبيراً في تعرف جهاز المناعة عليها.