

السكريات (الكربوهيدرات)

١ - مقدمة:

السكريات مركبات حلوة المذاق هامة للجسم الحي، وهي تصنف بين الجزيئات الحيوية الأربعة الأساسية (السكريات، البروتينات، الشحوم، الحموض النووية). كانت تعرف الكربوهيدرات قديماً بمائيات الكربون لاحتوائها على الهيدروجين و الأوكسجين بنسبة وجودها في الماء (1:2) وبذلك تصبح صيغتها المجملية $C_n(H_2O)_n$. إلا أن هذه التسمية لم تعد صالحة بعد أن أكتشف بعض المركبات التي تحمل صفات الكربوهيدرات و لكن لا تحوي نفس النسبة السابقة من الأوكسجين و الهيدروجين وكذلك بعض المركبات الأخرى تمتلك ذرات أخرى وقد ساهم كذلك في إبطال هذه التسمية أيضاً وجود مركبات تمتلك الصيغة العامة $C_n(H_2O)_n$ ولكن ليس لها صفات الكربوهيدرات فمثلاً على سبيل المثال حمض اللبن الذي يملك الصيغة العامة $C_3H_6O_3$.

٢ - الأهمية الحيوية للسكريات:

تعد السكريات سلفاً للهرمونات الدرقية T_3, T_4 وكذلك مولد الليفين و البروترومبين التي تدخل في تخثر الدم، وتدخل أيضاً في تركيب الغشاء الخلوي مثل أغشية الكريات الحمراء، وتعد السكريات كمخازن للطاقة و كجزيئات طاقة تتوسط تفاعلات الاستقلاب بالإضافة إلى كونها حجر بناء للحموض النووية. السكريات المتعددة هي عناصر تدخل في بناء جدار الخلية البكتيرية و النباتية و يعد السيللوز من أهم المكونات الداخلة في تركيب جدار الخلية النباتية. ترتبط السكريات مع العديد من البروتينات و الشحوم، حيث تلعب أدواراً رئيسية في توسط التفاعلات بين الخلايا و العناصر الأخرى الموجودة في المحيط الخلوي. هذه الأدوار التي تتمتع بها السكريات تعزى إلى أنها تنضم إلى طائفة الجزيئات التي تملك تنوعاً بنوياً كبيراً.

٣ - تصنيف السكريات:

يمكن أن تصنف السكريات وفق

❖ عدد الوحدات السكرية وبذلك تقسم إلى ثلاث صفوف رئيسية :

• السكريات الأحادية Monosacharids و تدعى أيضا السكريات البسيطة

• السكريات قليلة التعدد أو المركبة Oligosacharids

• السكريات المتعددة أو المعقدة Polysacharids

❖ الخاصية الإرجاعية تصنف السكريات حسب الخاصية الإرجاعية إلى:

• السكريات المرجعة

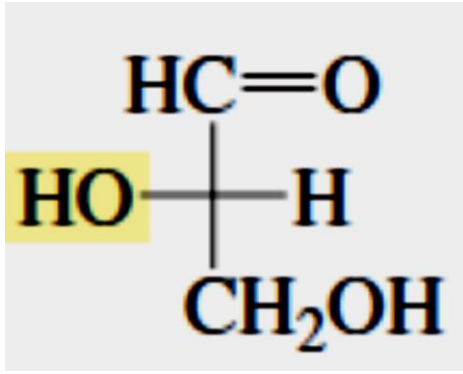
• السكريات غير المرجعة

١.٣ السكريات الأحادية أو البسيطة:

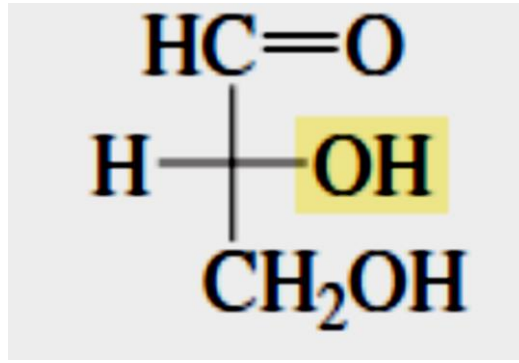
السكريات الأحادية وهي السكريات التي لا تعطي عند حلمتها أي سكر أبسط والسكريات عبارة عن مشتقات ألدهيدية أو كيتونية تمتلك زمري هيدروكسيل أو أكثر. تعتمد تسمية السكريات على كل من الزمرة الكربونيلية وعدد ذرات الكربون المتواجدة في وحدة بناء للسكر مع إضافة اللاحقة Ose أوز على اسم المركب، حيث نطلق ألدوز على السكريات التي تحوي على زمرة ألدهيدية ونطلق تسمية كيتوز على السكريات التي تحوي زمرة كيتونية.

الصيغة العامة للسكريات الأحادية هي $C_n(H_2O)_n$ حيث n تمثل عدد ذرات الكربون الموجود في جزيئة السكر الأحادي.

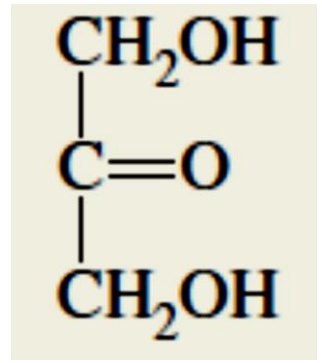
السكريات الثلاثية Trioses: وهي أصغر السكريات الأحادية وهي مكونة من ثلاث ذرات كربون أي $n = 3$ في الصيغة العامة. هناك شكلين لهذه السكريات : كيتوني هو ثنائي هيدروكسي أسيتون و ألدهيدي هو الغليسر ألدهيد ونظرا لاحتواء الغليسر ألدهيد في بنيتة الكيميائية على ذرة كربون واحدة غير متناظرة فإن ذلك يؤدي إلى وجود مماكبات تحسب عدد المماكبات Z لسكر ما يحوي n ذرة كربون غير متناظرة من العلاقة: $Z = 2^n$. الغليسر ألدهيد يحتوي ذرة كربون واحدة لا متناظرة لذلك يمتلك مماكبين هما D-غليسر ألدهيد و L-غليسر ألدهيد. تعتمد تسمية المماكبات D أو L على وضع OH و H بالنسبة لذرة الكربون اللامتناظرة.



L-غليسر ألدهيد



D-غليسر ألدهيد



ثنائي هيدروكسي أستون

الشكل 1: السكر الثلاثي الألدهيدي و الكيتوني

تشتق السكريات الأخرى بإضافة ذرة كربون بين ذرتي الكربون (1 و 2) بالنسبة للألدوزات أو بين ذرتي الكربون (2 و 3) بالنسبة للكيتوزات .

السكريات الرباعية Tetraose: عندما $n=4$ تصبح الصيغة العامة للسكريات الرباعية $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ ، تتكون من إضافة ذرة كربون بين ذرتي كربون (2 و 3) في السكر الثلاثي ثنائي هيدروكسي أستون مما يؤدي إلى ظهور ذرة كربون غير متناظرة و تشكيل مماكبين هما D و L - أريتروزولوز Erythrulose . إن إضافة ذرة كربون إلى السكر الثلاثي الألدهيدي (غليسر ألدهيد) يؤدي إلى ظهور ذرتي كربون غير متناظرتين و بالتالي يكون عدد المماكبات للسكر الرباعي الألدهيدي ($2^2 = 4$) : 2D و 2L وتسمى:

- اريتروز Erythrose: عندما تكون زمرة الهيدروكسيل بنفس الجهة.
- تريئوز Threose: تكون زمرة الهيدروكسيل بجهتين مختلفتين.

السكريات الخماسية Pentoses: ($n = 5$) يكون عدد المماكبات السكر الخماسي الألدهيدي (ألدوبنتوز) هو 8 ($2^3 = 8$) 4D و 4L ، و أهم ما ينتسب إلى هذه المجموعة:

- D-الريبوز D-Ribose: وهو سكر خماسي ألدهيدي يدخل في تركيب التمام NAD و البروتينات الفلافينية و يدخل في الحموض النووية و ATP.
- D-كسيلوز D-Xylose له أهمية طبية يستخدم لاختبار سوء الإمتصاص

• D - ريبولوز D-Ribulose ينتمي إلى السكريات الخماسية الكيتونية التي عدد مماكباتها: 4 (انظر إلى الشكل 1 و 2 للتعرف على السكريات الخماسية).

السكريات السداسية Hexoses: وأهم السكريات السداسية الألدهيدية (عدد المماكبات: 16) هي:

• D-غلوكوز D-Glucose ويطلق عليه أيضا سكر العنب وهو مصدر أساسي للطاقة وارتفاعه في الدم عن مستوى الطبيعي يدل على حالة مرضية.

• D-مانوز D-Mannose يدخل في تركيب البروتينات المخاطية و الألبومين ويوجد في الصمغ النباتي .

• D -غاللاكتوز D-Galactose ويدعى سكر الحليب ويشكل مع غلوكوز اللاكتوز (سكريات ثنائية)، كما يرتبط مع بعض أنواع الدسم ليدخل في تركيب الجملة العصبية ومن الجدير بالذكر أنه يوجد في حليب الأم كميات كافية من الغالاكتوز الضروري لنمو الجملة العصبية عند الرضيع في كافة مراحل نموه حتى عمر السنتين حيث يدخل الغالاكتوز في تركيب الجملة العصبية.

أما الشكل الكيتوني للسكريات السداسية فيكون أهمها:

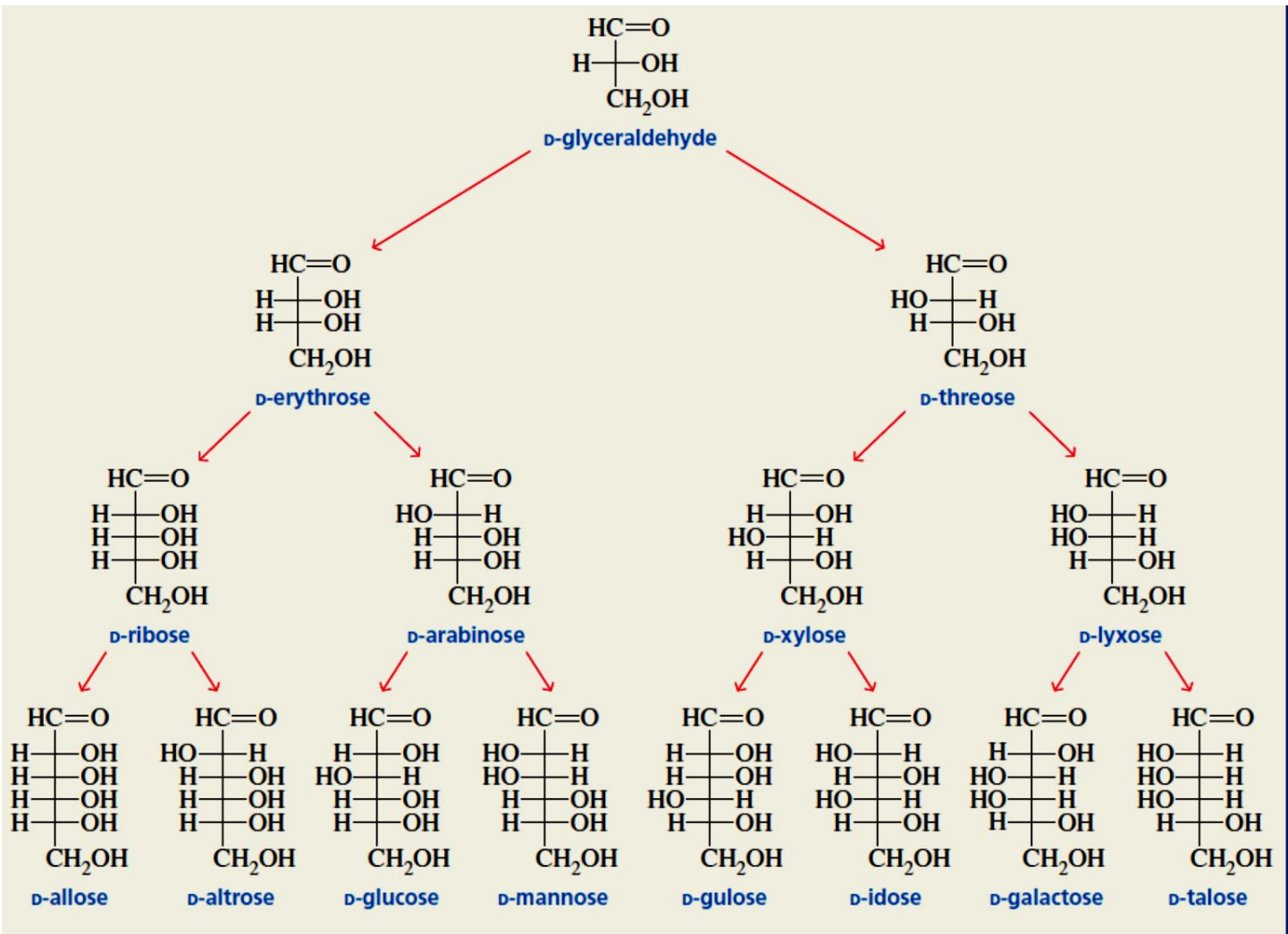
D- فركتوز D-Fructose يوجد في عصير الفواكه و العسل ويطلق عليه أيضا سكر الفواكه.

يتكون من حلقة السكر (سكر القصب) ويدخل أيضا في تكوين السائل المنوي كمصدر للطاقة بالنسبة لحركة الحيوانات المنوية.

جميع السكريات الأحادية ما عدا السكريات الثلاثية الألدهيدية و السكريات الرباعية الكيتونية تحوي أكثر من ذرة كربون واحدة غير متناظرة لذلك هي مماكبات غير متخالفة في المرآة Diastereoisomers.

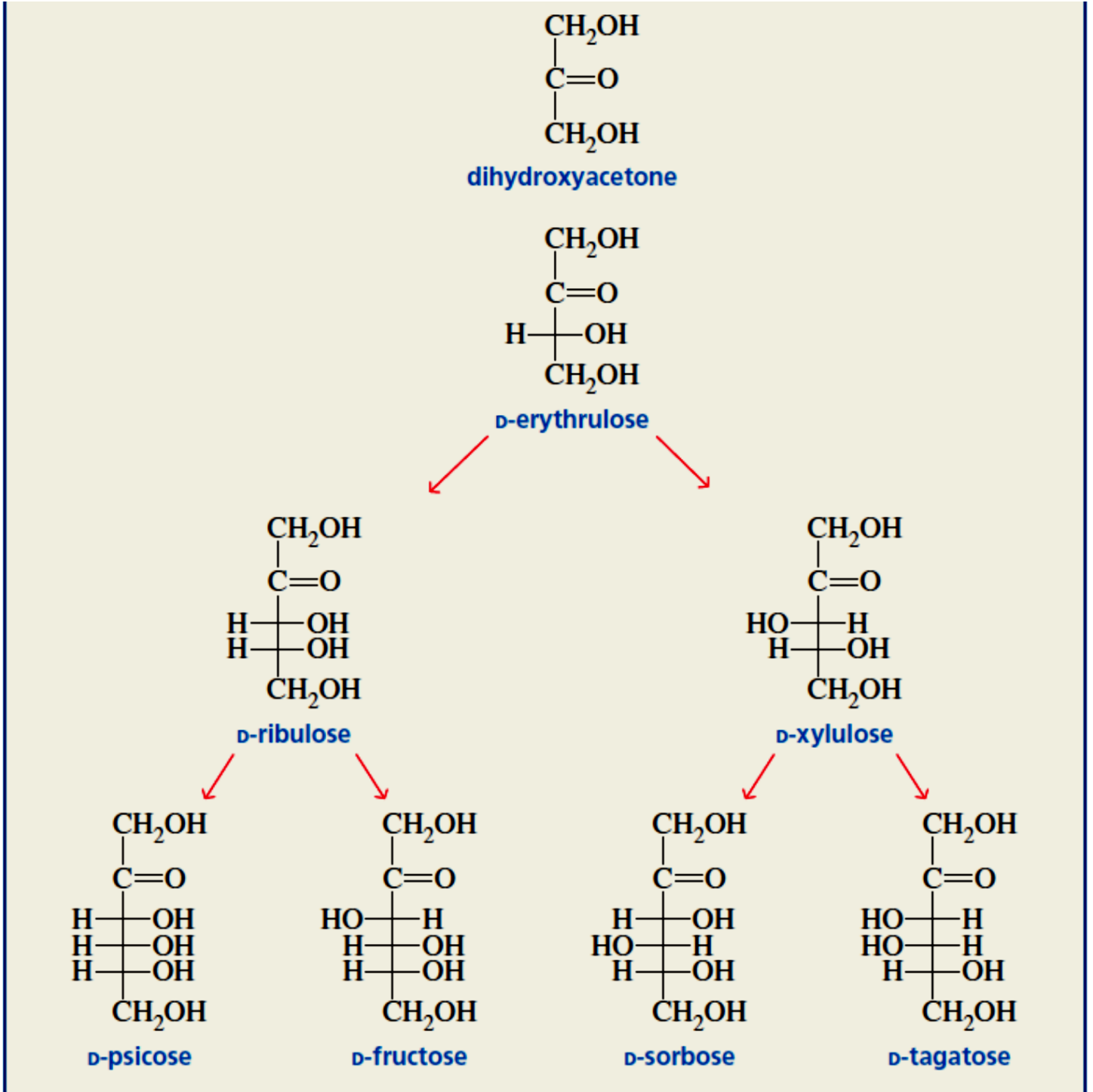
الابيميرات Epimers: هي المركبات التي تختلف بالتكوين عند مركز لاتناظري وحيد. نلاحظ من الجدول 1 و 2 أن D-غلوكوز و D-مانوز يختلفان في التكوين عند ذرة الكربون رقم ٢ فقط التي هي مركز لاتناظري وحيد تدعى بابيميرات عند ذرة كربون رقم 2. و يشكل D-غلوكوز و D-غاللاكتوز إبيميرات عند ذرة كربون رقم 4.

الجدول 1: السكريات الأحادية البسيطة الألدهيدية (الألدوزات)



ملاحظة: ترتبط الزمرة الهيدروكسيلية التي تحدد الشكل D أو L للسكر بذرة الكربون الأبعد عن الزمرة الكربونيلية.

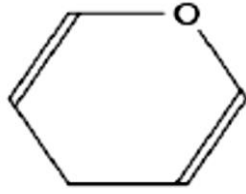
الجدول 2: السكريات الأحادية البسيطة الكيتونية (الكيتوزات)



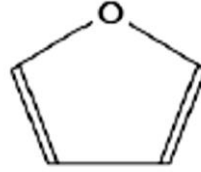
2.3- تحلق السكريات و صيغ هاورث:

توجد عادة العديد من السكريات الأحادية المحتوية على خمس ذرات كربون أو أكثر في المحلول بأشكال حلقية و ليس بشكل سلاسل مفتوحة فقد أشارت الدراسات أن الغلوكوز يتواجد بشكل سلاسل مفتوحة بنسبة لا تتجاوز 0,0025. وجدنا في الكيمياء العضوية أن زمرة الغولية تتفاعل مع زمرة الألدهيدية لتعطي نصف أسيتال (هيمي أسيتال) و بصورة مماثلة تتكاثف الزمرة الغولية مع زمرة الكربونيلية في الكيتونات لتشكل نصف كيتال (هيمي كيتال). يتشكل المركب الحلقي للسكر بتكاثف الزمرة الكربونيلية و الزمرة الهيدروكسيلية المرتبطة بذرة الكربون البعيدة عن الزمرة الكربونيلية ب 3 أو 4 ذرات كربون في نفس الجزيئة فيتشكل جسر أو كسجيني لحلقة خماسية أو سداسية غير متجانسة.

- إذا كان المركب الناتج حلقة خماسية سميها المركب فورانوز نسبة إلى المركب فوران.
- وإذا كان المركب الناتج حلقة سداسية سميها الحلقة المركب ب بيرانوز نسبة إلى المركب بيران.



Pyran



Furan

الشكل (2): حلقتا البيران و الفوران

وبناء عليه يتم التحلق، حيث ترتبط زمرة الكربونيل برابطة تكافئية مع احدى الزمر الهيدروكسيلية على طول السلسلة في الجزيء السكري. هذا الارتباط يعطي شكلين حلقيين مختلفين بالفراغ أو أنوميرين ألفا و بيتا، يختلفان عن بعضهما بعضا بموقع زمرة الهيدروكسيل بالمستوي حول ذرة الكربون النصف أسيتالية أو كيتالية وندعو ذرة الكربون الكربونيلية هذه بالكربون الأنوميري Anomeric Carbon

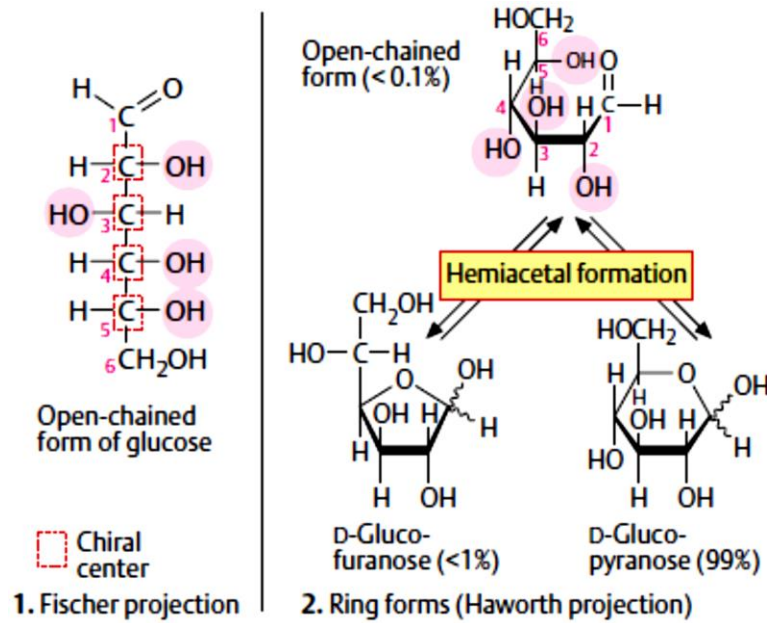
➤ إذا كانت جهة زمرة الهيدروكسيل OH (الناتجة عن التحلق) مخالفة لجهة CH_2OH فيكون المماكب من النوع (α).

➤ إذا كانت جهة زمرة الهيدروكسيل OH (الناتجة عن التحلق) موافق لاتجاه CH_2OH فيكون المماكب من النوع (β).

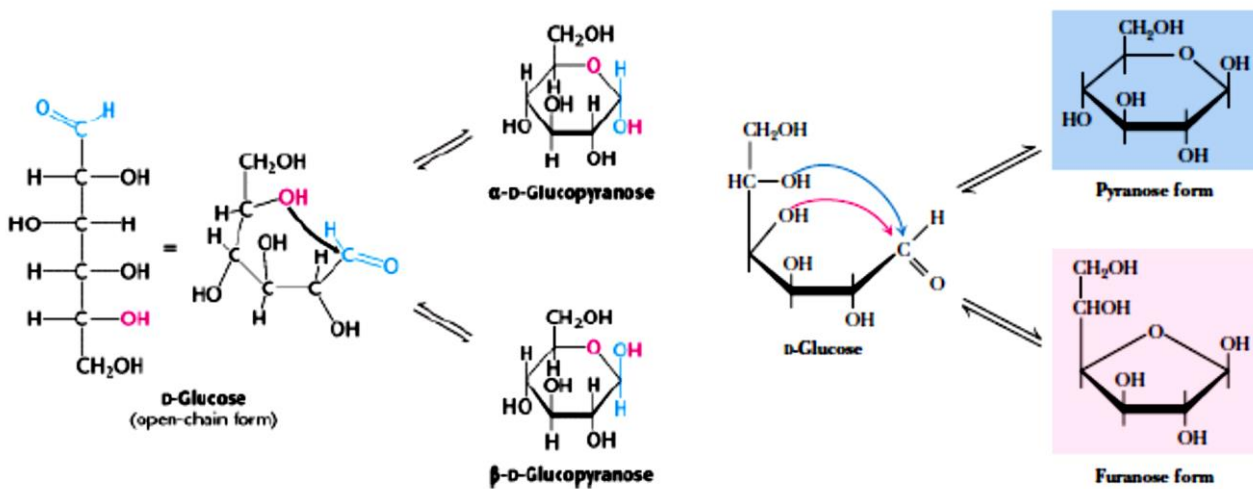
تحلق الغلوكوز:

تتشكل حلقة الفورانوز من تكاثف زمرة الكربونيل الألدهيدية (ذرة الكربون 1) مع زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون رقم 4 مما يؤدي للحصول على مماكبين هما:

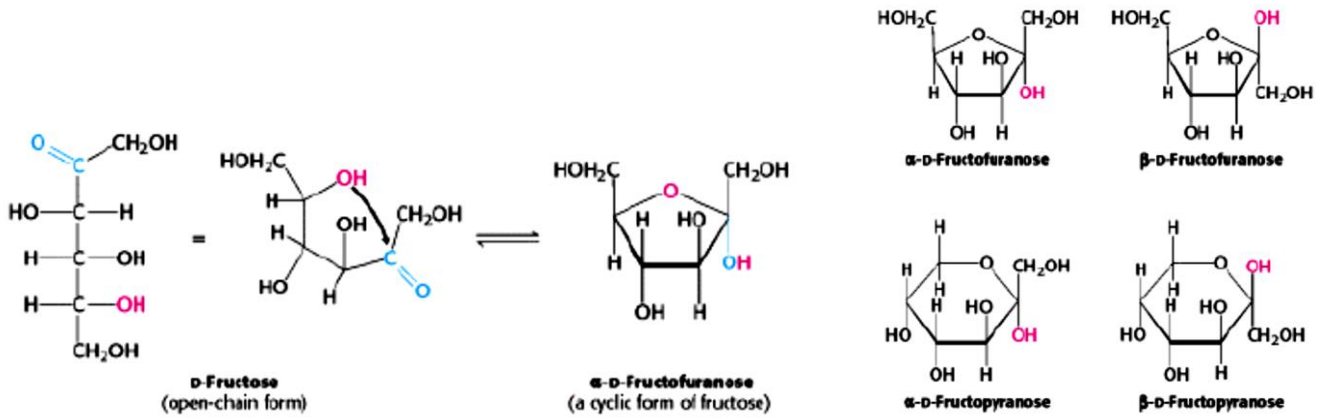
β -D- Glucofuranose -D- β و α -D- Glucofuranose غلوكوفورانوز



بينما تكاثف زمرة الكربونيل الألدهيدية (ذرة الكربون 1) مع زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون رقم 5 يؤدي إلى تشكل إينوميرين ألفا و بيتا غلوكوبيرانوز كما في الشكل (.) .

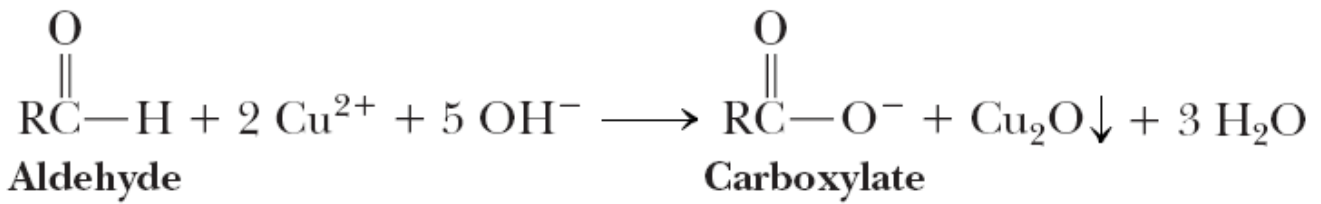


الفركتوز: تتشكل حلقة البيرانوز من تكاثف زمرة الكربونيل ذات رقم 2 في فركتوز مع زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون 6 (تكاثف بين ذرتي 2 و 6) بينما يؤدي تكاثف بين زمرة الكربونيل (ذرة كربون 2) مع زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون 5 (تكاثف 2 و 5) إلى تكوين حلقة الفورانوز كما هو موضح في الشكل



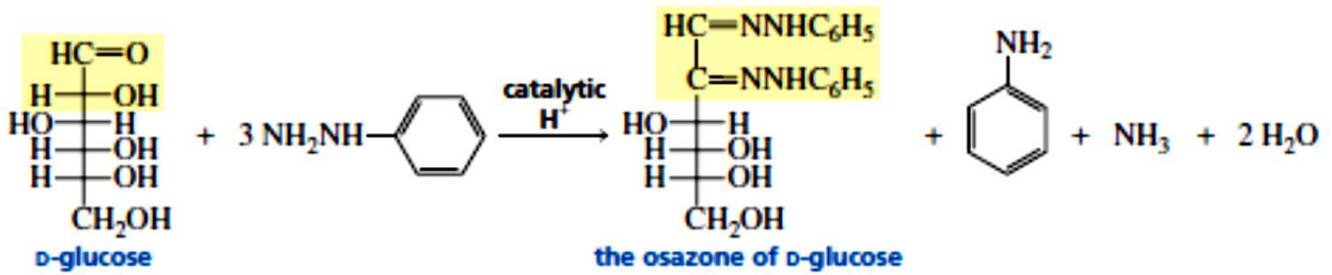
٢.٤ - أهم خصائص السكريات:

١ - إرجاع السكريات لبعض الكواشف: وجدنا في دراستنا السابقة أن الألدهيدات ترجع بعض الكواشف مثل كاشف فهلنغ وكاشف تولانز و يتشكل الحمض الموافق وفق المعادلة:

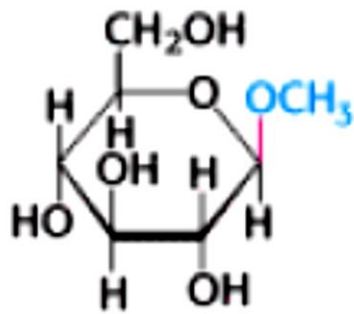


في وسط التفاعل يتوازن الشكل الحلقي للسكريات مع شكله الخطي التي لا تتجاوز 0,0025 % و بالتالي تستطيع الزمر الألدهيدية في السكريات أن ترجع تلك الكواشف التي ذكرت و يتأكسد السكر إلى الحمض الموافق.

٢ - **تشكل الأوزازون:** إن تشكل الأوزازونات من أهم تفاعلات السكريات الأحادية على الإطلاق و هنا تنشط الزمرة الكربونيلية في السكر الخطي لتتفاعل مع فينيل هيدرازين أو مشتقاته مشكلة بلورات صفراء تدعى أوزازونات.



٣- تفاعلها مع الميتانول: السكريات الأحادية يمكن أن تشكل مشتقات بتفاعلها مع الكحولات ، فعلى سبيل المثال يتفاعل D- غلوكوز مع الميتانول في وسط حمضي ، حيث تتفاعل ذرة الكربون الأنوميرية مع زمرة الهيدروكسيل في الميتانول لتشكل المركبين Methyl و Methyl α -D- glucopyranoside . β -D- glucopyranoside . الرابطة المتشكلة بين ذرة الكربون الأنوميرية للغلوكوز و ذرة الأوكسجين الهيدروكسيلية للميتانول تدعى بالرابطة الغليكوزيدية O- glycosidic bond .



Methyl β -D-glucopyranoside



Methyl α -D-glucopyranoside

٤- تفاعلها مع الأمينات: يمكن لذرة الكربون الأنوميرية للسكر أن ترتبط بذرة النيتروجين في الأمينات لتعطي الرابطة الغليكوزيدية N- glycosidic bond كما في تفاعل بين الريبوز و الأدينين



٣- السكريات الثنائية:

ترتبط السكريات الأحادية مع بعضها لتعطي سلسلة من السكريات قليلة التعدد (Oligosaccharides) (عدد جزيئات السكر بين 3 إلى 13) أو السكريات المتعددة (Polysaccharides) (عدد جزيئات السكر 13 فما فوق) عن طريق تشكل الغليكوزيدات حيث إن الرابطة الغليكوزيدية المتكونة بين السكريين الأحاديين ما هي إلا جسر أوكسجيني يقوم أحد أطرافه على حساب ذرة الكربون الأنوميرية في جزيئة السكر الأول و الطرف الثاني للجسر إما على حساب ذرة الكربون الأنوميرية أيضا أو على حساب إحدى الزمر الهيدروكسيلية الأخرى في جزيئة السكر الثاني و هنا نميز حالتين:

١- **رابطة أوزيد- أوزيد:** تنتج من ارتباط زمرة هيدروكسيل أنوميرية من الأول مع زمرة هيدروكسيل أنوميرية من الثاني، وفي هذه الحالة تزول صفة الزمرة الألدهيدية أو الكيتونية في المركب فلا يعود مرجع ولا يشكل أوزازون.

٢- **رابطة أوزيد- أوز:** تنتج من ارتباط زمرة هيدروكسيل أنوميرية من إحداهما مع زمرة هيدروكسيل عادية من الجزيئة الثانية للسكر، و المركب الناتج يستطيع أن يرجع كل من كاشف تولانز و كاشف فهلنغ و كذلك يشكل أوزازون.

فالسكريات الثنائية تنشأ من ارتباط جزيئتين فقط من السكريات الأحادية عن طريق جسر أوكسجيني و من أهم السكريات الثنائية:

❖ **المالتوز (سكر الشعير):** تتكون جزيئاته من ارتباط جزيئتين من السكر الأحادي α -

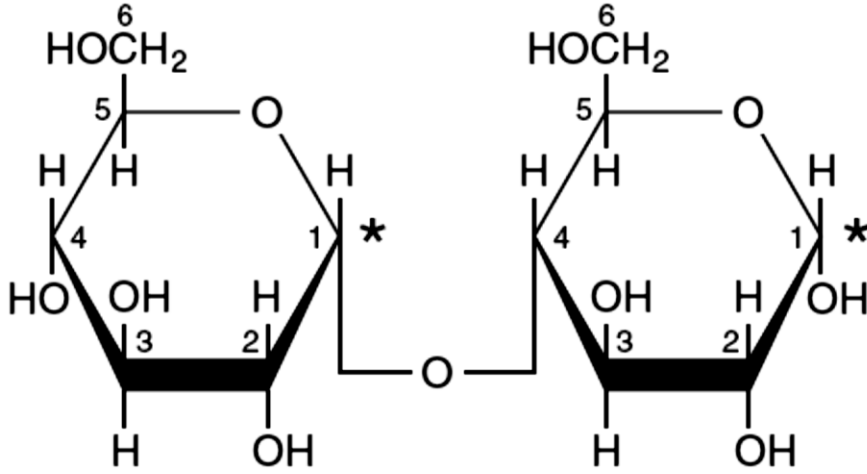
D-غلوكوز . ينتج من ارتباط زمرة الهيدروكسيل الأنوميرية (هيدروكسيل الغليكوزيدي) في

الجزيئة الأولى و الهيدروكسيل الغولي المرتبط ب C 4 من الجزيئة الثانية، فتكون الرابطة من

الشكل (1 ← 4). الاسم الكيميائي : α -D-غلوكوبيرانوزيل (1 ← 4) α -D- غلوكوبيرانوز.

يشكل المالتوز الوحدة البنائية الرئيسية في النشاء و الغليكوجين

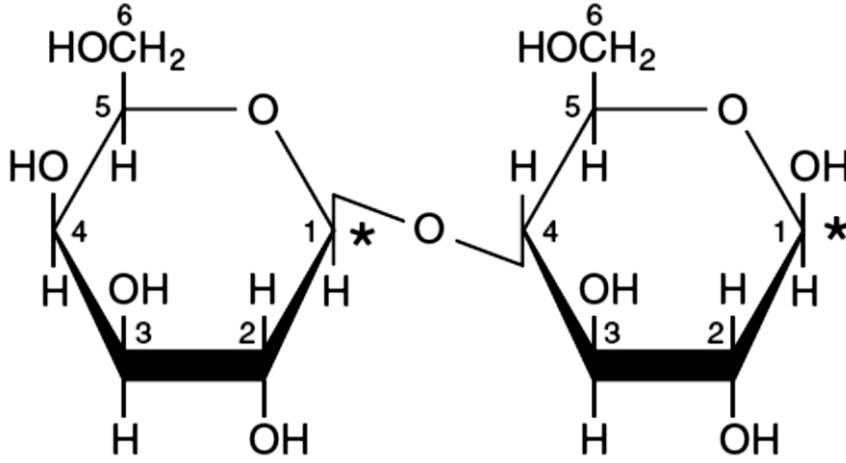
Maltose



O- α -D-Glucopyranosyl-(1 \rightarrow 4)- α -D-glucopyranose

❖ اللاكتوز **lactose** (سكر الحليب): هو أهم مركب كربوهيدراتي في حليب الحيوانات الثديية حيث تصل نسبته إلى 4,5% في حليب البقر و إلى 6% في حليب المرأة الحامل و المرضع. يتألف من β -D-غالاكتوز و β -D-غلوكوز برابط من النوع أوزيد- أوز وبالتالي يكون الاسم الكيميائي له: β -D-غالاكتوبيرانوزيل (1 \leftarrow 4) β -D-غلوكوبيرانوز.

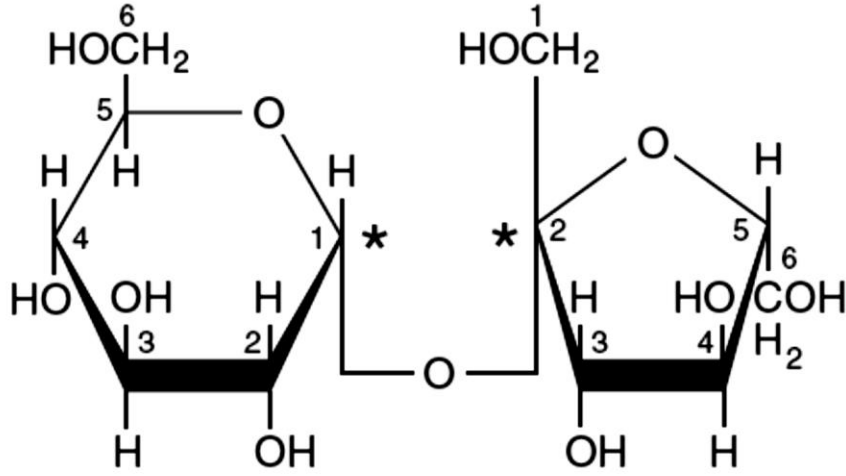
Lactose



$O\text{-}\beta\text{-D-Galactopyranosyl-(1}\rightarrow\text{4)-}\beta\text{-D-glucopyranose}$

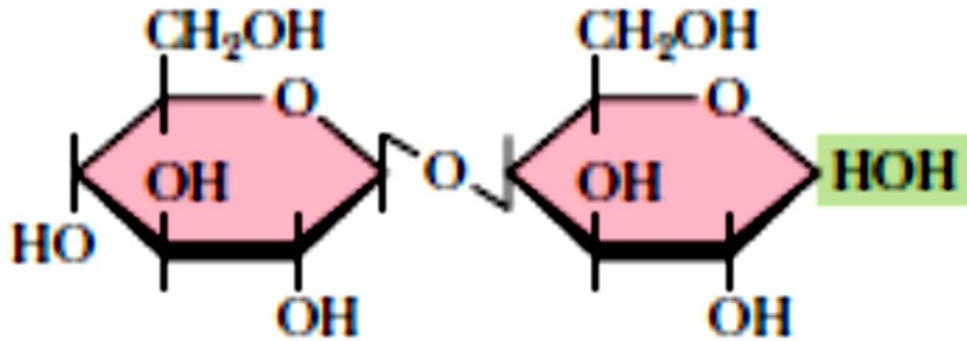
❖ السكروز **sucrose** (سكر القصب): يتواجد في قصب و الشمندر السكري وفي العديد من ثمار الفواكه وبعض البنور و الأوراق و الأزهار. يتألف من $\beta\text{-D-}$ فركتوز و $\alpha\text{-D-}$ غلوكوز برابط من النوع أوزيد- أوزيد، لذا فإنه يفقد صفاته الإرجاعية و تشكل الأوزازون. ويدعى كيميائياً: $\alpha\text{-D-}$ غلوكوبيرانوزيل ($1\leftarrow 2$) $\beta\text{-D-}$ فركتوفورانوزيد.

Sucrose



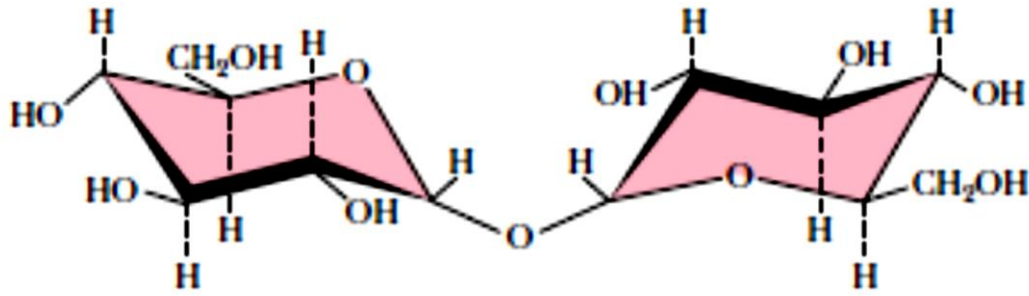
α -D-Glucopyranosyl-(1 → 2)-β-D-fructofuranoside

❖ السليبيوز : يتواجد في سوائل بعض الأشجار و يتشكل من خلال عملية حلمهة السيللوز بوساطة إنزيم السيللولاز التي تملكه أنواع كثيرة من الجراثيم. يتكون من جزئيتين من β-D - غلوكوز برابط من النوع أوزيد-أوز وبالتالي هو β-D - غلوكوبيرانوزيل (1 ← 4) β-D-غلوكوبيرانوز.



Cellobiose (glucose-β-1,4-glucose)

❖ التريهالوز: يتواجد في الأعشاب المائية وبعض أنواع الفطور لذلك يدعى أحيانا بسكر الفطر. يتألف من جزئيتين من α-D - غلوكوز برابط أوزيد- أوزيد لذا فإنه يفقد صفاته الإرجاعية و تشكل الأوزازون و الاسم الكيميائي له: α-D - غلوكوبيرانوزيل (1 ← 1) α-D - غلوكوبيرانوزيد.

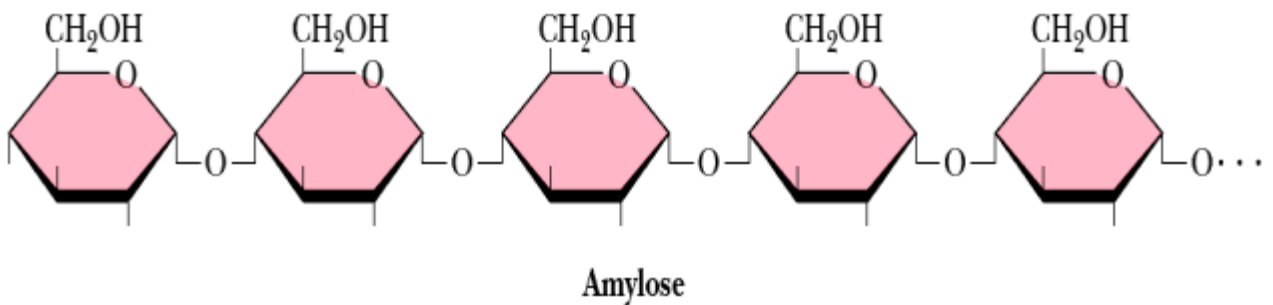


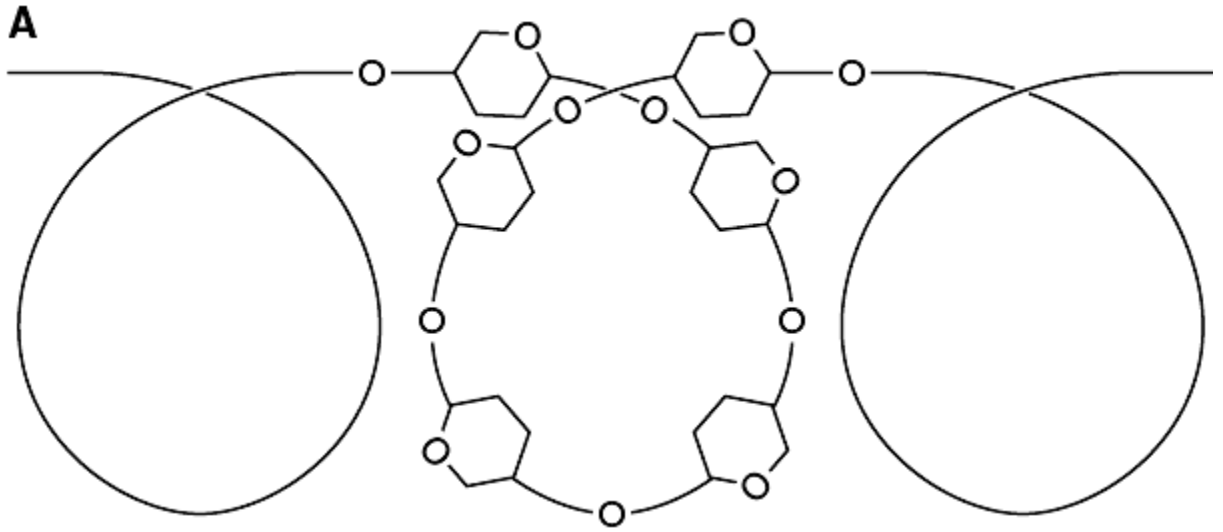
٤- السكريات المتعددة Polysaccharides:

إن تكاثف عدد كبير من السكريات الأحادية أو السكريات قليلة التعدد يؤدي إلى تشكل السكريات المتعددة، وتملك السكريات المتعددة دورا هاما في تخزين الطاقة و الحفاظ على سلامة هيكله الكائن الحي، و الاسم الكيميائي لهذه المركبات هو غليكانات ناتج من استبدال الغليكوزيد (أوزيد) بالنهاية (أن) لأنها عبارة عن غليكوزيدات مرتبطة مع بعضها بروابط غليكوزيدية. و من أهم تلك السكريات:

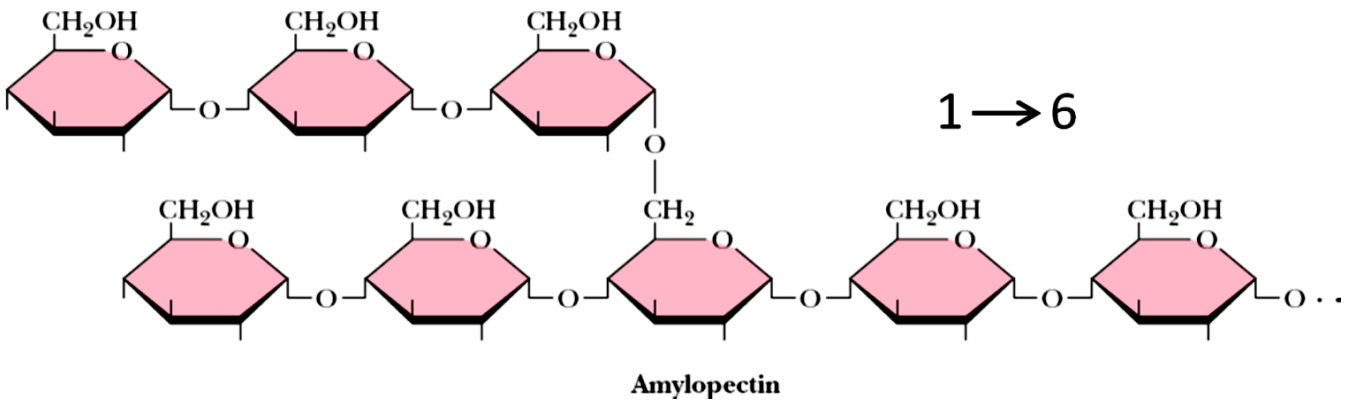
❖ النشاء: يتواجد النشاء في الحبوب و البطاطا و الخضار . يتألف من وحدات α - -غلوکوز فقط. و له نوعان:

➤ الأميلوز : وهو نوع البوليمر الغير متفرع للنشاء و يتكون من تكاثف ثملالات من نوع ألفا-D- غلوکوز عبر الروابط الغليكوزيدية ويشكل حوالي 10-15% من النشاء وهو قابل للانحلال في الماء و يتفاعل مع محلول اليود معطيا لونا أزرقا. يشارك في بنيته حوالي 250-300 جزيئة α -D-غلوکوبيرانوز



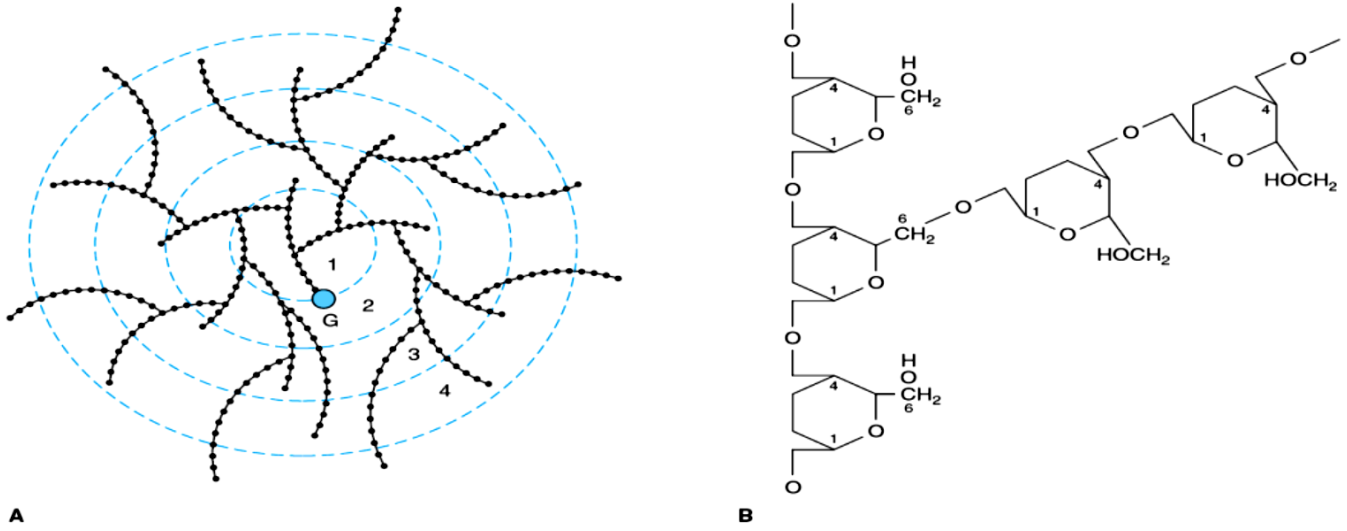


➤ **الأميلوبكتين:** وهو الشكل المتفرع ولكن أقل تفرعا من الغليكوجين و يشارك في بنيته الجزيئية أكثر من 1000 جزيئة α -D-غلوكوبييرانوز ترتبط مع بعضها أيضا بروابط غليكوزيدية العرضانية أوى الفرعية من النوع ألفا (1 \leftarrow 6) كل ٣٠ رابطة ألفا (1 \leftarrow 6). ويشكل 85-90% من النشاء وهو غير قابل للانحلال في الماء ويعطي صفه اللزوجه للنشاء.



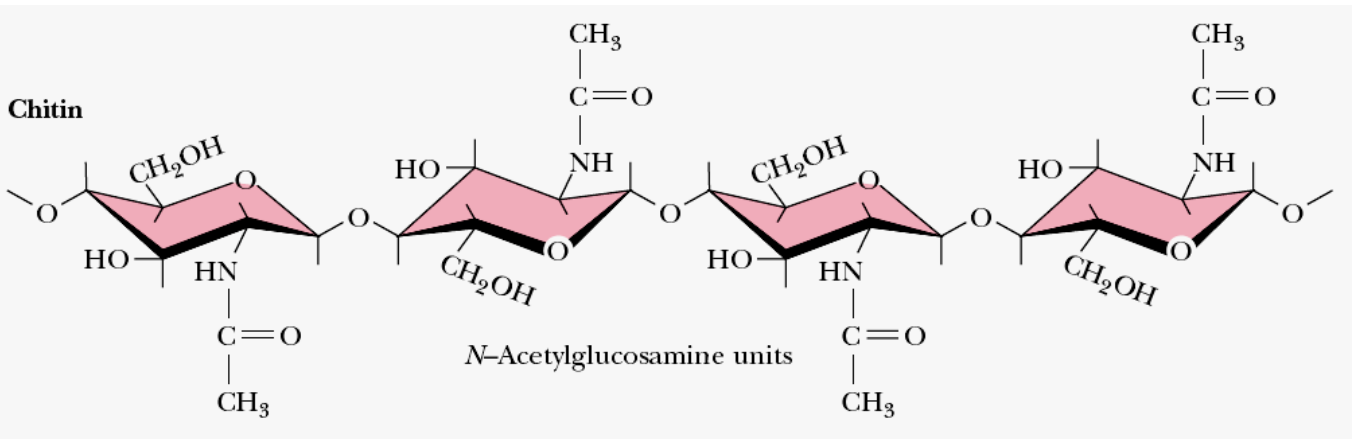
❖ **الغليكوجين:** كما هو الحال بالنسبة للأميلوبكتين يعتبر الغليكوجين من السكريات المتعددة المتفرعة، يتألف الغليكوجين من وحدات α - - غلوكوز فقط وترتبط تلك الوحدات مع بعضها عبر الروابط الغليكوزيدية من النوع ألفا (1 \leftarrow 4) وهذا يعطي للسلسلة المتشكلة بنية منحنية حلزونية ، أما التفرعات سلسلة الغليكوجين فتترتبط مع السلاسل المجاورة عبر روابط

غليكوزيدية فرعية من النوع ألفا (1 ← 6) حيث تظهر هذه الروابط الفرعية كل 10 روابط ألفا (1 ← 4).



❖ **السللوز:** هو من أهم السكريات الموجودة في النبات له دور هيكلي أكثر من تغذوي . السللوز عبارة عن بوليمر غير متفرع ينتج من تكاثف ثمالات وحدات β - -غلوكون فقط بواسطة الروابط الغليكوزيدية β (1 ← 4) هذا النوع من الروابط هو الذي يؤمن الشكل المستقيم لسلسلة السللوز ، ومن ثم تترابط السلاسل المتوازية فيما بينها بروابط هيدروجينية لإعطاء الألياف السللوزية

❖ **الكيتين:** يدخل في تركيب الهيكل الخارجي للحشرات ، يشبه الكيتين في بنيته الفراغية السللوز حيث تكون وحداته الأساسية جذور N- أستيل غلوكون أمين عديدة ترتبط مع بعضها بروابط غليكوزيدية من الشكل β (1 ← 4).



❖ الغليكانات السكرية الأمينية Glycosaminoglycans (السكريدات المخاطية)

تتكون الغلوكوزأمينو غليكانات من وحدات متكررة مؤلفة من سكريات ثنائية ، أحد هذين السكرين هو مشتق أميني ، وهذا السكر يمكن أن يكون على السواء غلوكوز أو غالاكتوز. كما يجب أن يكون واحد على الأقل من السكرين المكونين للوحدات المتكررة ، حاملا شحنة سالبة وذلك بارتباطه إما بزمرة كاربوكسيلات أو سلفات.

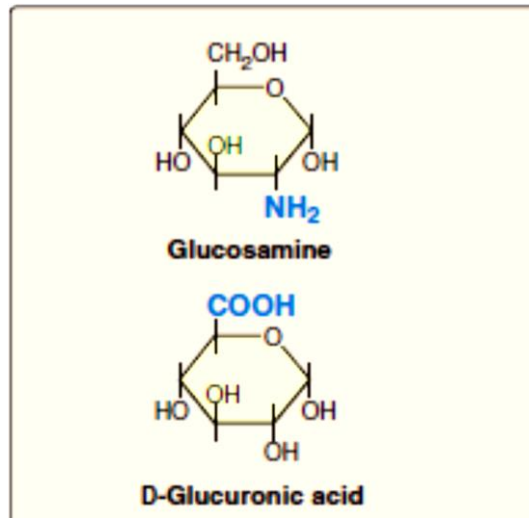
من أهم الغلوكوز أمينو غليكانات: Hyaluronate ، Keratan Sulfate, Chondroitin Sulfate ، Dermatan Sulfate ، Heparin heparin Sulfate,

➤ - حمض الهيالورني: يتألف من سلسلة وحيدة من حمض β غلوكوروني و N أسيل β غلوكوز أمين بروابط β (1 \leftarrow 3) يليها β (1 \leftarrow 4) يدخل في تركيب الجسم البلوري للعين ، جدران الأوعية الدموية ، و أغشية الغلايا الخنسية الانثوية (البيضة). ويحوي رأس النطفة على انزيم هيالورونيداز لحل غشاء البيضة و اخصابها

➤ - الغضروفين الكبريتي : يتألف من حمض β غلوكوروني و N أسيل β غلاكتوز أمين مسلفن في المواقع C4 أو C6 من الغالاكتوز أمين أو الاثنين معا

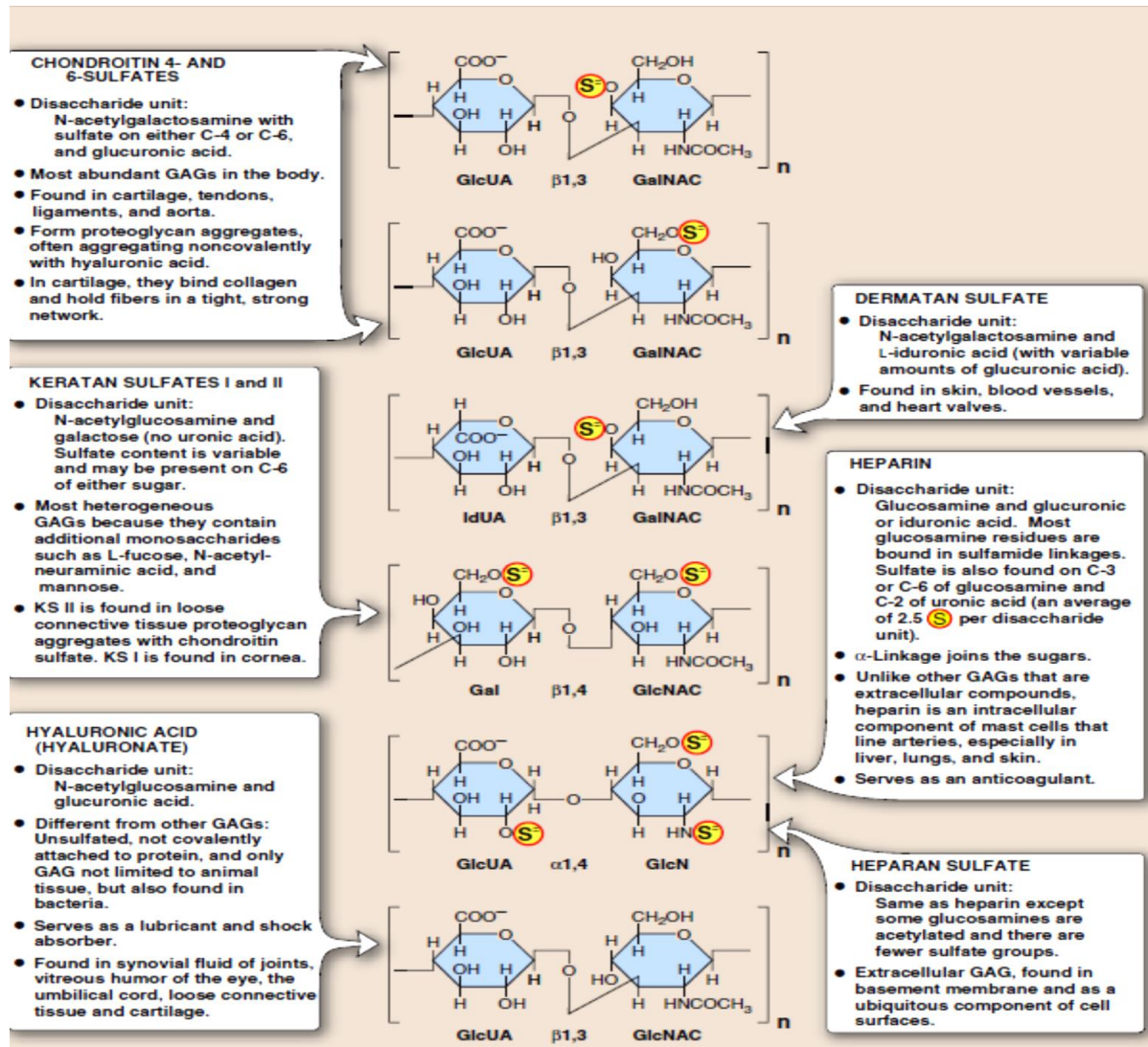
➤ - الهيبارين: يتألف من حمض β غلوكوروني و α - غلوكوز أمين+ زمرة كبريتية

هو مضاد تخثر للدم ويعاكس فعل فيتامين K ، يصطنع في الكبد ، ويوجد في الرئتين ، القلب، جدران الأوعية الدموية.



ترتبط عادة هذه السكريات بالبروتينات لتشكل البروتينات السكرية . تشكل البروتينات السكرية 95% من الجزيئات الحيوية في الجسم، كما تتمتع بأدوار حيوية هامة، حيث تدخل كمكونات هيكلية في بناء

الانسجة الرابطة كما تتوسط التصاق الخلية بالوسط الخارج خلوي و أيضاً ترتبط بالعوامل المحفزة على تكاثر الخلايا.



ترتبط السكريات بالبروتينات (وهذا ما يسمى بالغلوزة Glycosylation) بواسطة رابطة غليكوزيدية:

❖ - إما عبر ذرة الأزوت للزمرة الاميدية الموجودة في السلسلة الجانبية للحمض الأميني الأسبارجين

Asn ويرمز إلى هذا النوع من الارتباط ب N-Linkage

❖ أو عبر ذرة الأوكسجين الموجودة في السلسلة الجانبية للحمض الأميني السيرين Ser أو التريونين

Thr ويرمز إلى هذا النوع من الارتباط ب O-Linkage

بالنسبة للحمض الأميني الاسبارجين فهو لا يقبل الارتباط بالسكريات إلا في حال كان جزءاً من

التسلسل Asn-X-Ser أو Asn-X-Thr حيث X هي اي حمض أميني لا على التعيين بهذا

نستطيع تحديد مواقع الغلوزة للبروتينات بمعرفة تسلسل الحموض الأمينية فيها.

جميع الارتباطات سكر – بروتين من النمط N-linkage تشترك بجسم سكري مكون من خمس ثمالات سكرية هي ثلاث ثمالات مانوز و ثمالتان N- acetylglucosamine أما جزيئات السكر المتبقية فترتبط مع البروتين عبر هذا الجسم السكري.

