السكريات (الكربوهيدرات)

1- مقدمة:

السكريات مركبات حلوة المذاق هامة للجسم الحي، وهي تصنف بين الجزيئات الحيوية الأربعة الأساسية (السكريات، البروتينات، الشحوم، الحموض النووية). كانت تعرف الكربوهيدرات قديما بماءات الكربون لاحتوائها على الهيدروجين و الأوكسجين بنسبة وجودها في الماء (1:2) وبذلك تصبح صيغتها المجملة $C_n(H_2O)_n$. 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 أيضا وجود مركبات تمتلك الصيغة العامة $C_n(H_2O)_n$ ولكن ليس لها صفات الكربوهيدرات فمثلا على سبيل المثال حمض اللبن الذي يملك الصيغة العامة $C_3H_6O_3$.

2- الأهمية الحيوية للسكريات:

تعد السكريات سلف للهرمونات الدرقية T_3, T_4 وكذلك مولد الليفين و البروترومبين التي تدخل في تخثر الدم، وتدخل أيضا في تركيب الغشاء الخلوي مثل أغشية الكريات الحمراء، وتعد السكريات كمخازن للطاقة و كجزيئات طاقية تتوسط تفاعلات الاستقلاب بالإضافة إلى كونها حجر بناء للحموض النووية، و تدخل في تركيب بعض التمائم الإنزيمية، كما تلعب السكريات دوراً في المناعة الخلوية.

3- 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:

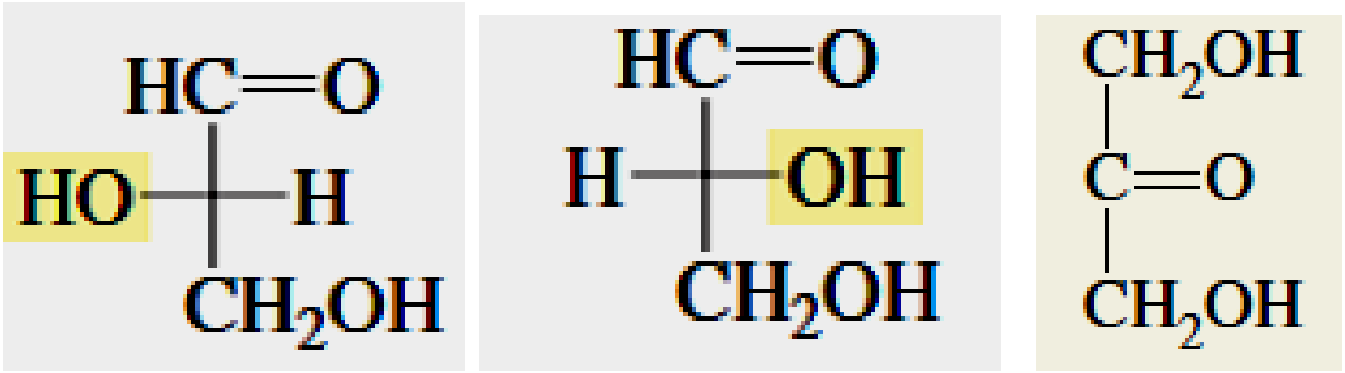
- السكريات المرجعة
- السكريات غير المرجعة

1-3 السكريات الأحادية أو البسيطة:

السكريات الأحادية وهي السكريات التي لا تعطي عند حلمتها أي سكر أبسط والسكريات عبارة عن مشتقات ألدهيدية أو كيتونية تمتلك زمرتي هيدروكسيل أو أكثر. تعتمد تسمية السكريات على كل من الزمرة الكربونبلية 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 تحتوي 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 م كونة 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 -Dغليسر 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 أسيتون

الشكل 1: السكر الثلاثي الألدهيدي و الكيتوني

تشتق السكريات الأخرى بإضافة ذرة كربون بين ذرتي الكربون (1 و2) بالنسبة للألدوزات أو بين ذرتي الكربون (2 و 3) بالنسبة للكيتوزات .

السكريات الرباعية Tetraose: عندما n=4 تصبح الصيغة العامة للسكريات الرباعية $C_4H_8O_4$ ، تتكون من إضافة ذرة كربون بين ذرتي كربون (2 و 3) في السكر الثلاثي ثنائي هيدروكسي أستون مما يؤدي إلى ظهور ذره كربون غير متناظره و تشكيل مماكبين هما D و L - أريترولوز. 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 ($4 = 2^2$): 2D و 2L وتسمى:

- ارتيروز Erythrose: عندما تكون زمرتا الهيدروكسيل بنفس الجهة.
- تريئوز Threose: تكون زمرتا الهيدروكسيل بجهتين مختلفتين.

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

- D-الريبوز D-Ribose: الذي يدخل في تركيب التمائم NAD و البروتينات الفلافينية و يدخل في الحموض النووية و ATP.
- D- كسيلوز يستخدم لاختبار سوء الامتصاص

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

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

- D-غلوكوز D-Glucose ويطلق علية 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.
- D-غالاكتوز D-Galactose ويدعى سكر الحليب ويشكل مع غلوكوز اللاكتوز وهو ضروري لنمو الجملة العصبية عند الرضيع في كافة مراحل نموه حتى عمر السنتين حيث يدخل الغالاكتوز في تركيب الجملة العصبية.

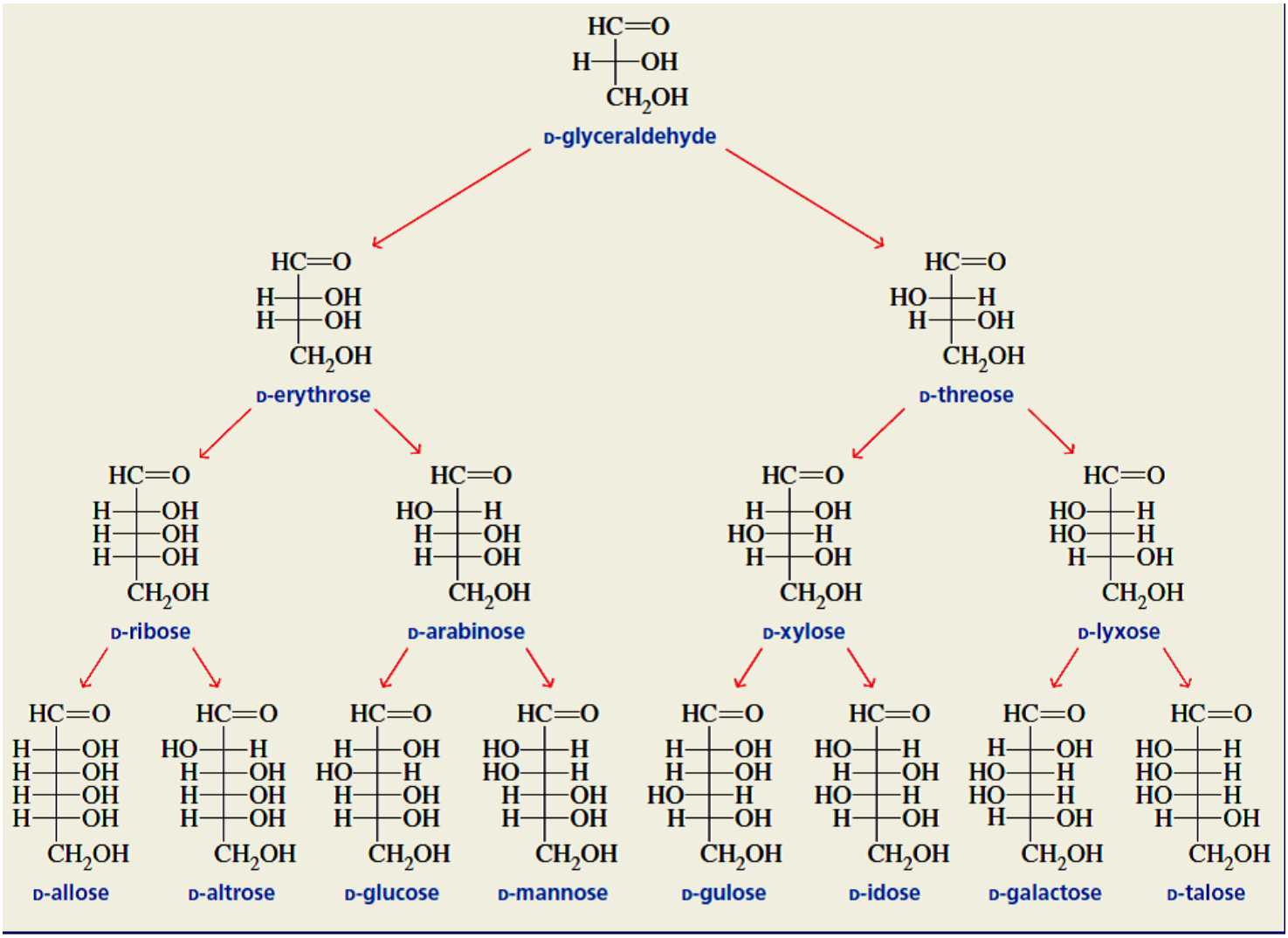
أما الشكل الكيتوني للسكريات السداسية فيكون أهمها:

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

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

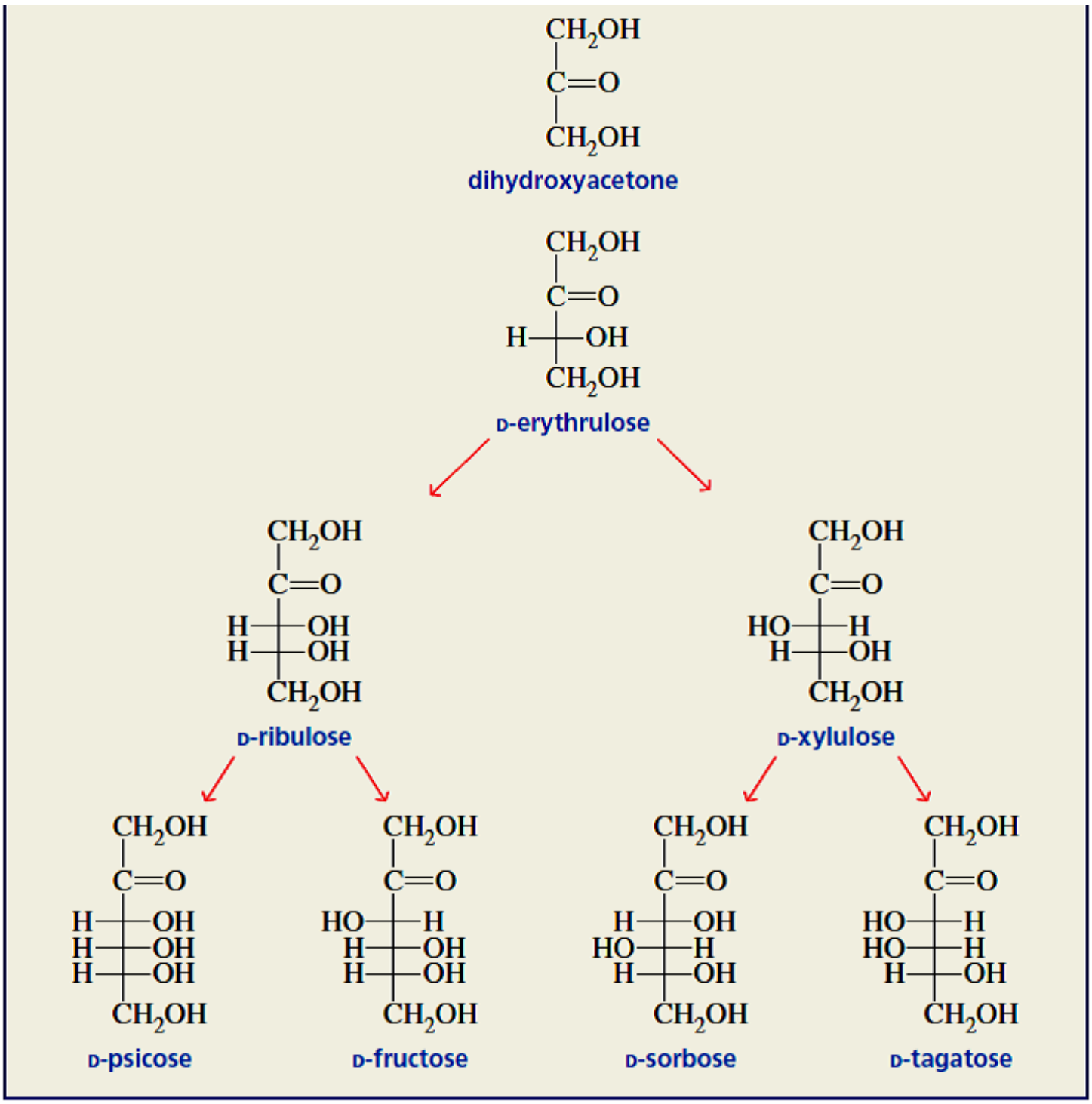
الابيميرات Epimers: هي المركبات التي تختلف بالتكوين عند مركز لا تناظري وحيد. نلاحظ من المخطط 1 و 2 أن D–غلوكوز و D–مانوز هي ابيميرات عند ذرة كربون رقم 2. و يشكل D–غلوكوز و D–غالاكتوز إيبيميرات عند ذرة كربون رقم 4.

المخطط 1: السكريات الأحادية البسيطة الألدهيدية (الألدوزات)



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

المخطط 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 أوكسجيني لحلقة خماسية أو سداسية غير متجانسة.

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

الشكل (2): حلقتا البيران و الفوران

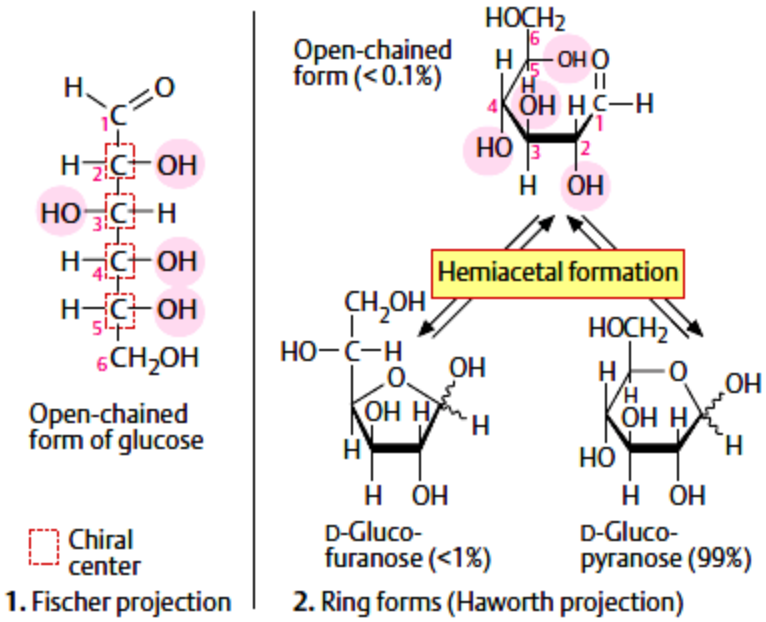
يؤدي تحلق السكريات إلى ظهور ذرة كربون غير متناظرة جديدة تدعى تلك الذرة بذرة الكربون الإنوميرية وبالتالي يتشكل مماكبين جديدين:

- 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**).

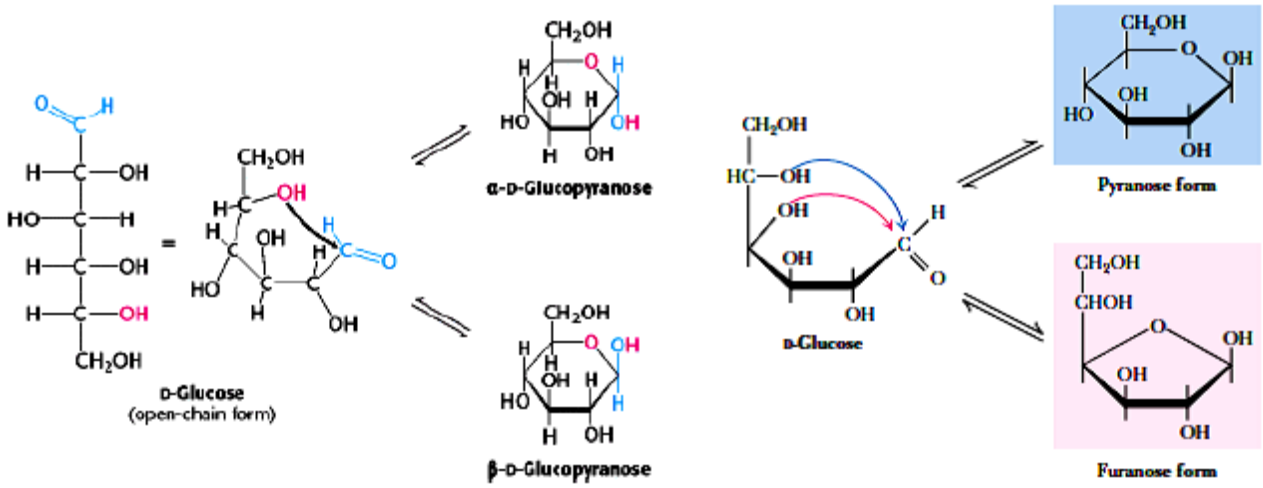
تحلق الغلوكوز:

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

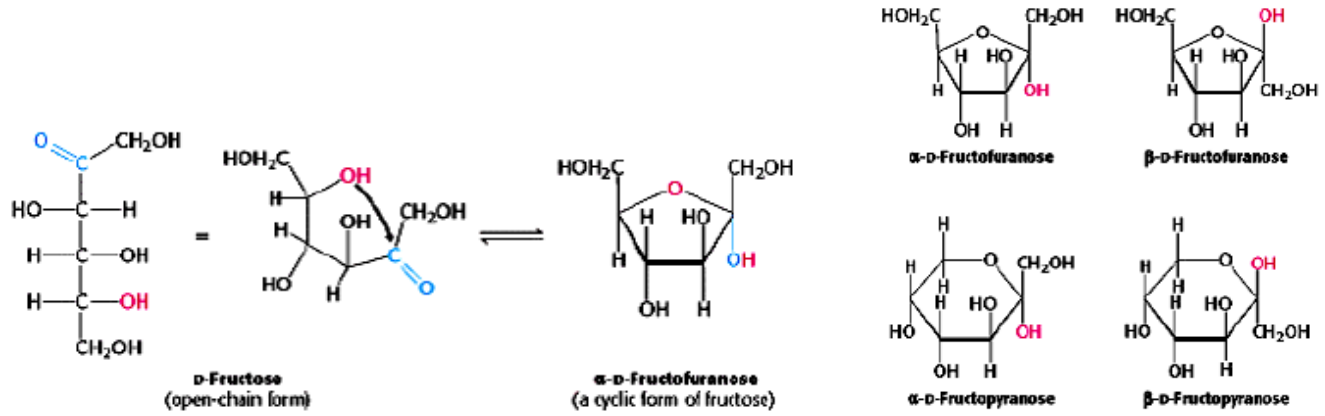


بينما تكاثف زمرة الكربونيل الألدهيدية (ذرة الكربون 1) مع زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون رقم 5 يؤدي إلى تشكل إينوميرين ألفا و بيتا غلوكوبيرانوز كما في الشكل (3).



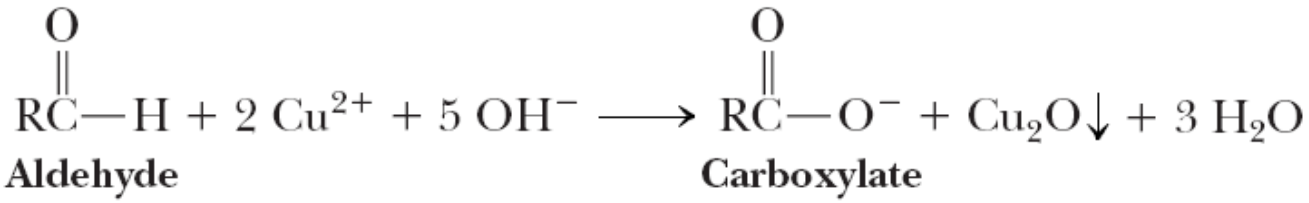
الشكل 3: تحلق الغلوكوز

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، 5) إلى تكوين حلقة الفورانوز كما هو موضح في الشكل



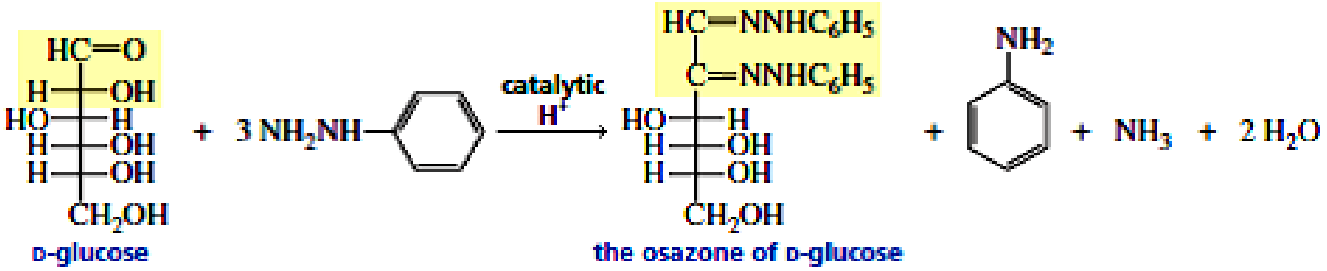
3-4- أهم خصائص السكريات:

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



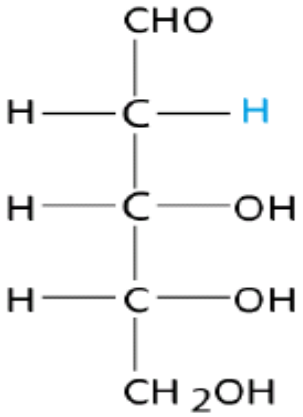
في وسط التفاعل يتوازن الشكل الحلقي للسكريات مع شكله الخطي التي لا تتجاوز 0,0025% و بالتالي تستطيع الزمر الألدهيدية في السكريات أن ترجع تلك الكواشف التي ذكرت و يتأكسد السكر إلى الحمض الموافق.

2- **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.

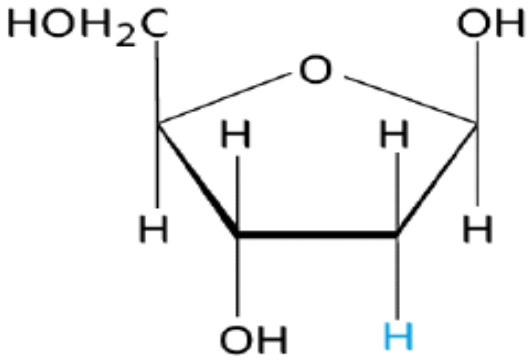


3- إرجاع السكر:

1. **نزع الأوكسجين:** كما في سكر دي أوكسي ريبوز الذي يدخل في تركيب الـ DNA.



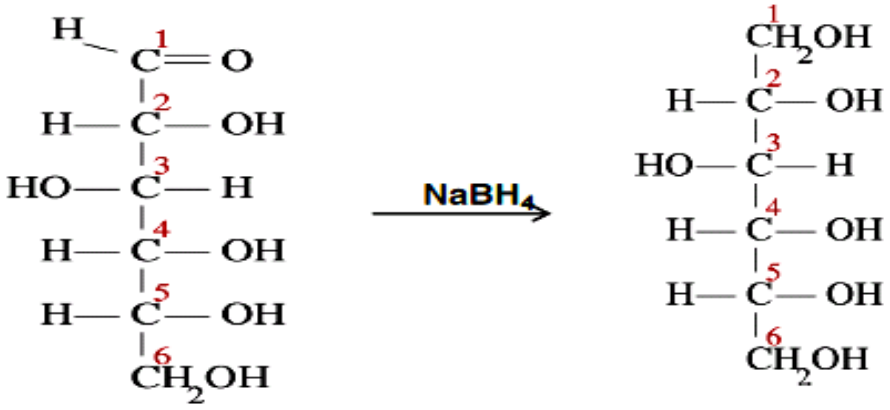
D-Deoxyribose



β-2-Deoxy-D-ribose

2. **هدرجة الزمرة الوظيفية:** تعني إضافة الهيدروجين إلى زمرة الكربونيل في السكر فتتشكل الأغوال السكرية.

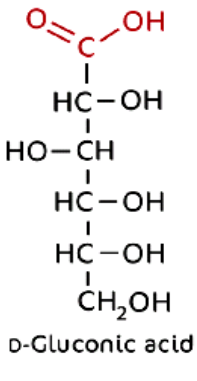
مثال: السوربيت: هي سكاكر تحولت إلى أغوال سكرية طعمها حلو ولكنّها لا تعطي الطاقة التي تعطيها السكاكر.



4- الأكسدة Oxidation:

يمكن أن تتأكسد السكاكر عند ذرة الكربون 1 أو الكربون 6 أو عند ذرتي الكربون 1 و6 معاً:

- إذا تأكسدت السكاكر عند C1 تعطي حموض ألدونية.
- إذا تأكسدت السكاكر عند C6 تعطي حموض يورونية.
- إذا تأكسدت السكاكر عند C1 وC6 تعطي ألدارية.



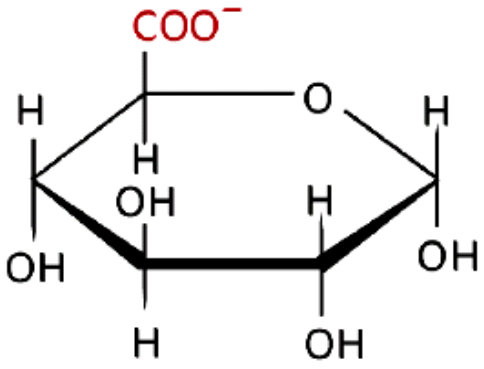
D-Gluconic acid

أولاً : الحموض الألدونية :

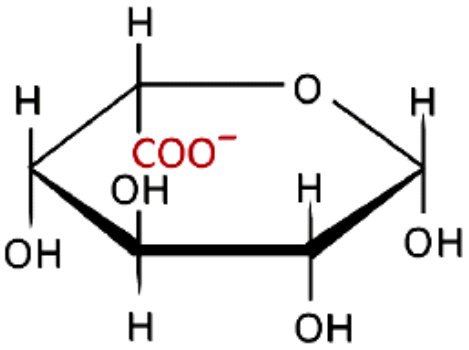
- حمض الغلوكونيك Gluconic acid من الغلوكوز.
- حمض الغالاكتونيك Galactonoc acidمن الغالاكتوز.

ثانياً: الحموض اليورينية:

تدخل الحموض اليورونية في تركيب عديدات السكاريد المخاطية، كما توجد في الغضاريف والنسج الضامة، ولها دور في إزالة السمية من الجسم فكل مادة نحتاج إلى التخلص منها يجب أن ترتبط مع الحموض اليورونية حتى تطرح خارج الجسم.



α-D-Glucuronic acid



β-L-Iduronic acid

4- السكريات الثنائية:

ترتبط السكريات الأحادية مع بعضها لتعطي سلسلة من السكريات قليلة التعدد Oligosaccharides (عدد جزيئات السكر بين 2 إلى 13) أو السكريات المتعددة Polysaccharides (عدد جزيئات السكر 14 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 الإنوميرية في جزيئة السكر الأول و الطرف الثاني للجسر إما على حساب ذرة الكربون الإنوميرية أيضا أو على حساب إحدى الزمر الهيدروكسيلية الأخرى في جزيئة السكر الثاني و هنا نميز حالتين:

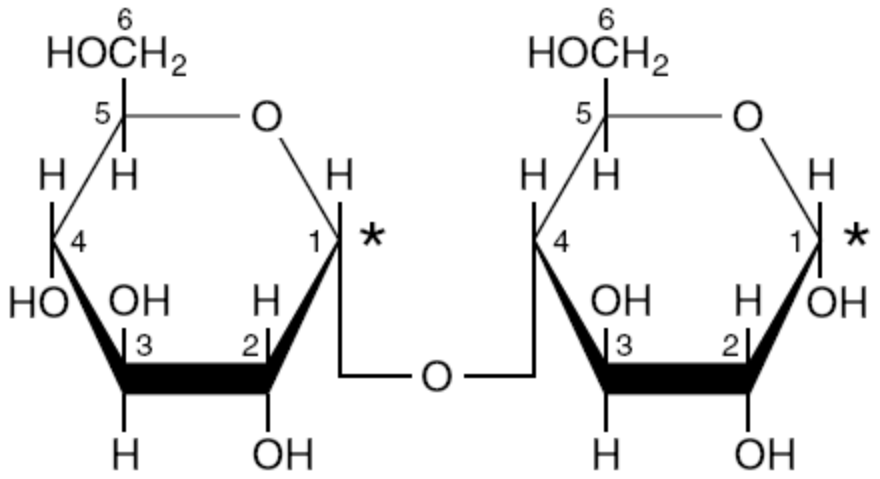
1- رابطة أوزيد- أوزيد: تنتج من ارتباط زمرة هيدروكسيل إنوميرية من الأول مع زمرة هيدروكسيل إنوميرية من الثاني، وفي هذه الحالة تزول صفة الزمرة الألدهيدية أو الكيتونية في المركب فلا يعود مرجع ولا يشكل أوزازون.

2- رابطة أوزيد- أوز: تنتج من ارتباط زمرة هيدروكسيل إنوميرية 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:

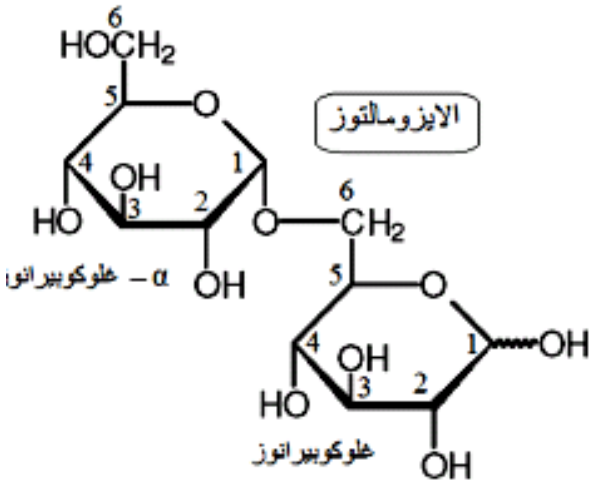
- **المالتوز Maltose (سكر الشعير):** تتكون جزيئاته من ارتباط جزيئتين من السكر الأحادي α-D-غلوكوز . ينتج من ارتباط زمرة الهيدروكسيل الإنوميرية (هيدروكسيل الغليكوزيدي) في الجزيئة الأولى و الهيدروكسيل الغولي المرتبط ب C4 من الجزيئة الثانية، فتكون الرابطة من الشكل (1 ← 4). الاسم الكيميائي : α- D-غلوكوبيرانوزيل (1 ← 4) α- D- غلوكوبيرانوز. يشكل المالتوز الوحدة البنائية الرئيسية في النشاء و الغليكوجين.

Maltose

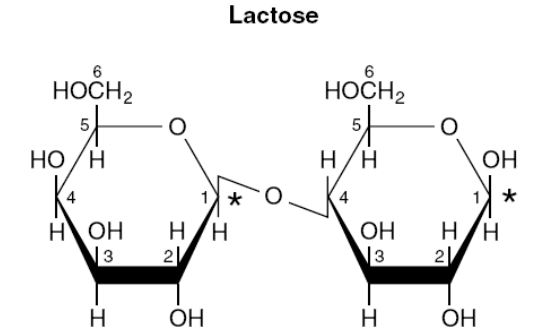


O-α-D-Glucopyranosyl-(1 → 4)-α-D-glucopyranose

- الإيزومالتوز Isomaltose:يتشكل هذا السكريد الثنائي عندما يرتبط الهيدروكسيل الغليكوزيدي لجزيئة ألفا-D- غلوكوبيرانوز مه الهيدروكسيل في الموقع 6 لجزيئة غلوكوبيرانوز ثانية من الشكل ألفا أو بيتا (1-6) α و يتشكل هذا المركب عند معالجة سيروب المالتوز بإنزيم ترانس غلوكوزيداز و ينتج كذلك من حلمهة النشاء.



❖ **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 ← 4) β- D -غلوكوبيرانوز.



O-β-D-Galactopyranosyl-(1 → 4)-β-D-glucopyranose

الحلمهة	• تتم حلمهته بواسطة انزيم اللاكتاز. • يكون هذا الانزيم فعال ونشط عند الأطفال أكثر من الكبار. • قد يكشف في بول الحامل.
أهميته السريرية	• يؤدي سوء امتصاصه نتيجة عوز أنزيم اللاكتاز إلى إسهال مائي وانتفاخ في البطن وألام في الكولون ومغص وتطبل في البطن والسبب هو بقاء اللاكتوز في المعي وعدم انتقاله إلى الدم وبالتالي عدم الاستفادة منه. • يعتبر هذا السكر من أكثر البيوزات المعرضة للتخمر. • يستحصل على كميات كبيرة منه في معامل الاجبان. • يستخدم في تحضير الأوساط المغذية لتنمية الأحياء الدقيقة في صناعة المضادات الحيوية.

أنواع عوز أنزيم اللاكتوز:

- **خلقي (Congenital): الذي يحدث بعد فترة قصيرة من الولادة وهو نادر.**

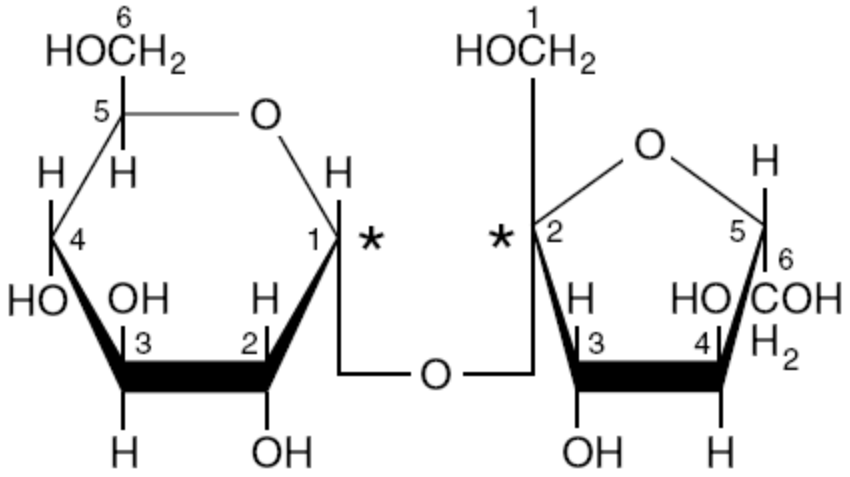
- **مكتسب (Acquired): يحدث في فترة متقدمة من العمر، وهو مرض شائع ينجم لأن الزغابات المعوية لم تعد تنتج اللاكتاز، حيث تكون قد تأذت مع الزمن نتيجة للاستخدام المتكرر للأدوية ومضادات الالتهاب.**

تأثير وجود اللاكتوز في الأمعاء:

- ❖ **ازدياد الضغط الحلولي Osmotic Pressure في اللمعة المعوية، مما يؤدي إلى سحب الماء من النسج إلى الأمعاء الغليظة مسبباً التجفاف والإسهال.**
- ❖ **يزداد تخمر اللاكتوز بفعل البكتيريا المعوية، هذا التخمر الذي يُتبع لاحقاً بتشكل CO_2 الذي يسبب انتفاخ البطن وتشنجه.**
- ❖ **علاجه: تعالج هذه الحالة بإزالة الحليب ومشتقات اللاكتوز من الغذاء.**

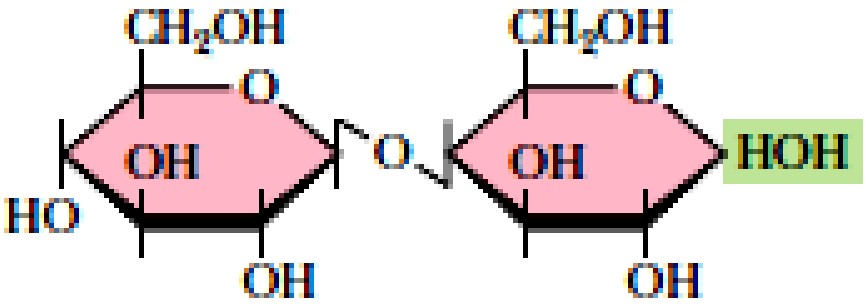
- ❖ **السكروز sucurose (سكر القصب):** يتواجد في قصب و الشمندر السكري وفي العديد من ثمار الفواكه وبعض البذور و الأوراق و الأزهار. يتألف من β- D-فركتوز و α-D - غلوكوز برابط من النوع أوزيد- أوزيد، لذا فإنه يفقد صفاته الإرجاعية و تشكل الأوزازون. ويدعى كيميائيا: α- D- غلوكوبيرانوزيل (1⟵2) β- D- فركتوفورانوزيد.

Sucrose



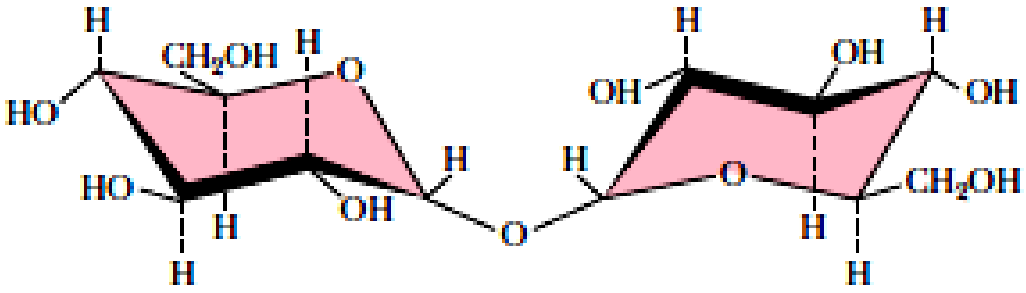
O-α-D-Glucopyranosyl-(1 → 2)-β-D-fructofuranoside

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



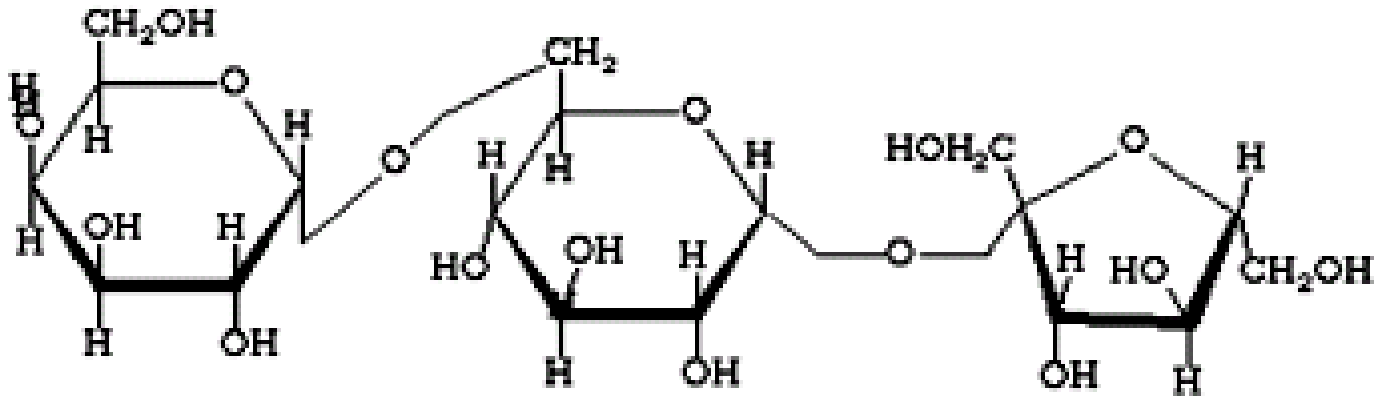
Cellobiose (glucose-β-1,4-glucose)

❖ التريهالوز: يتواجد في الأعشاب المائيى وبعض أنواع الفطور لذلك يدعى أحيانا بسكر الفطر. يتألف من جزيئتين 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



4- السكريات الثلاثية : منها الرافينوز

بنيته	(D-α) غالاتوبيرانوز + (D-α) غليكوبيرانوز + (D-β) فركتوفورانوز.
الخاصية الإرجاعية	غير مرجع لمحلول فهلنغ.
حلمهته	يتم حلمهته بالتسخين مع الحموض ليعطي (D-α) غليكوبيرانوز و (D-β) فركتوفورانوز و (D-α) غالاتوبيرانوز.



5- السكريات الرباعية

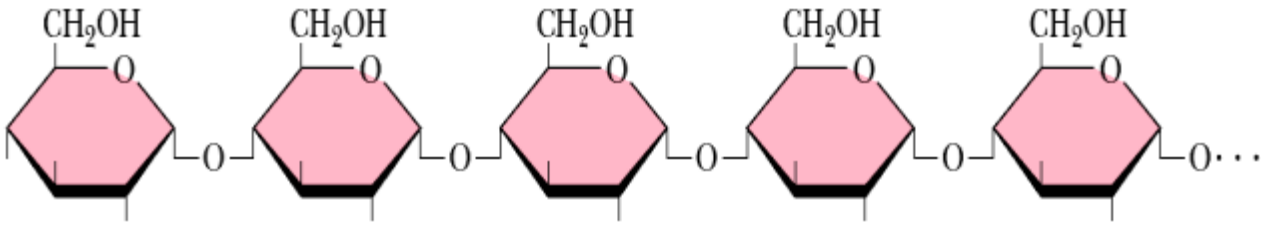
ستاكيوز stachiose:

بنيته	اتحاد الرافينوز (غلوكوز+ فركتوز+ غالاكتوز)+ جزيئة غلكوبيرانوز.
الرابطة	هيدروكسيل الأول في الموقع 6الجزيئة الغالاكتوز مع الهيدروكسيل الغليكوزيدي لجزيئة D-α غلوكوبيرانوز جديدة.
الخاصية الإرجاعية	غير مرجع لمحلول فهلنغ ولا يعاني من الدوران الذاتي، لعدم وجود الهيدروكسيل الغليكوزيدي.
التخمر	يتخمر هذا السكر جزئياً بواسطة الخمائر.
مكان وجوده	يوجد في كثير من النباتات كجذور نبات Stachys (حيث اكتسب اسمه)، وفي بذور الترمس الأصفر، و الحمص والعدس وغيرها.

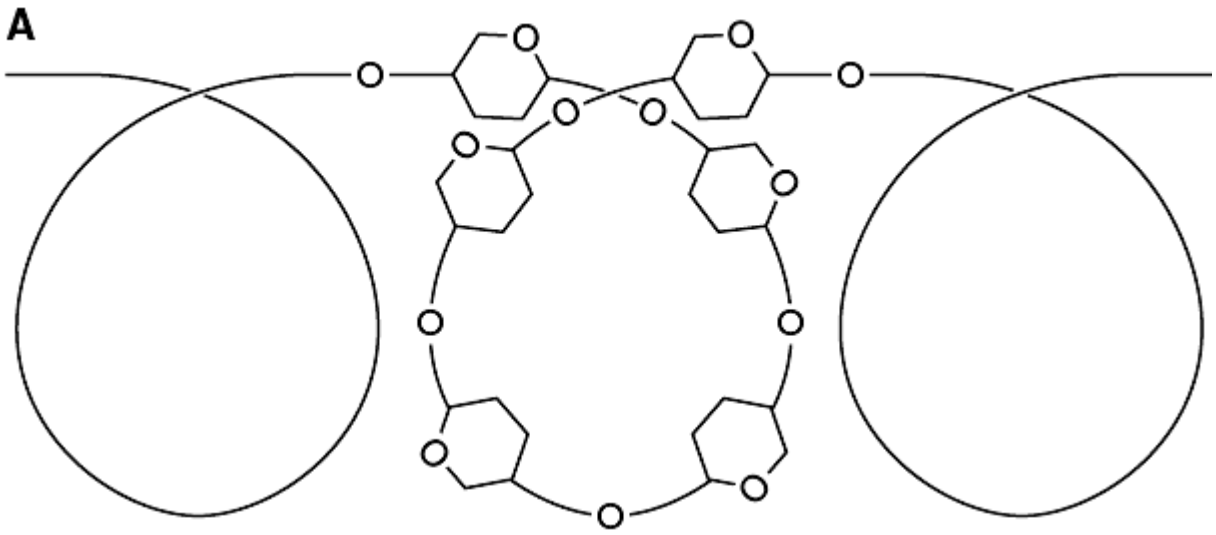
6- السكريات المتعددة Polysacchrarides:

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 هيكلة 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:

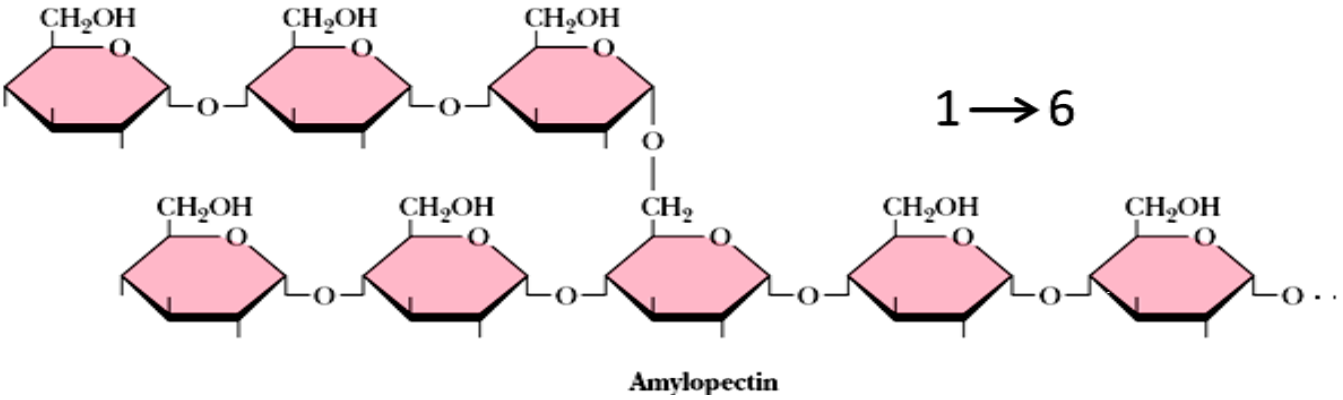
- النشاء: يتواجد النشاء في الحبوب البطاطا و الخضار . يتألف من وحدات α- -غلوكوز فقط. و له نوعان:
  - **الأميلوز** : ويشكل حوالي 15-10% من النشاء وهو قابل للانحلال في الماء و يتفاعل مع محلول اليود معطيا لونا أزرقا. يشارك في بنيته حوالي 250- 300 جزيئة α- D-غلوكوبيرانوز



Amylose

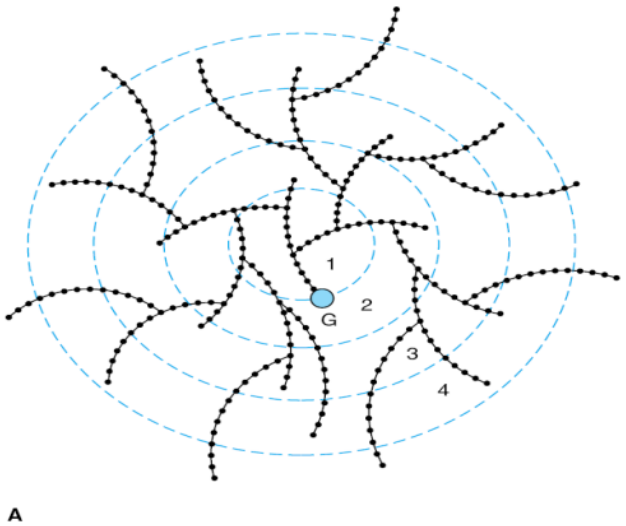


➢ **الأميلوبكتين:** ويشكل 85 -90% من النشاء وهو غير قابل للانحلال في الماء ويعطي صفه اللزوجيه للنشاء. يشارك في بنيته الجزيئية أكثر من 1000 جزيئة α- D-غلوكوبيرانوز ترتبط مع بعضها أيضا بروابط غليكوزيدية من الشكل (1←4) إلا أن الفروع تتصل مع السلاسل الأم بروابط ألفا (1←6).

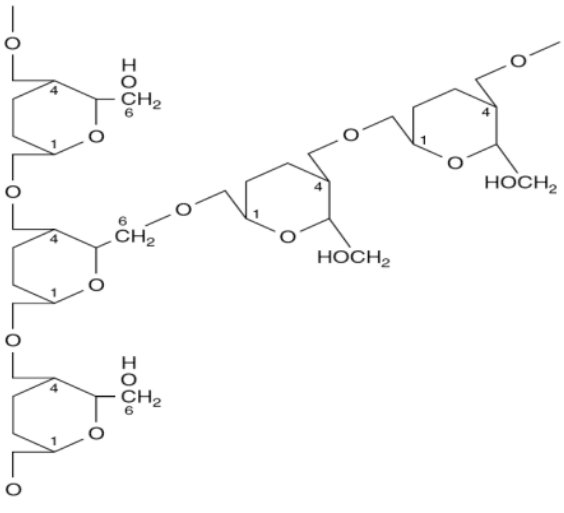


Amylopectin

❖ **الغليكوجين:** كما هو الحال بالنسبة للأميلوبكتين يعتبر الغليكوجين من السكريات المتعددة المتفرعة، يتألف الغليكوجين من وحدات α- D- غلوكوز فقط وترتبط تلك الوحدات مع بعضها عبر الروابط الغليكوزيدية من النوع ألفا (1 ←4) وهذا يعطي للسلسلة المتشكلة بنية منحنية حلزونية ، أما التفرعات سلسلة الغليكوجين فترتبط مع السلاسل المجاورة عبر روابط غليكوزيدية فرعية من النوع ألفا (1←6) حيث تظهر هذه الروابط الفرعية كل 10 روابط ألفا (1←4).

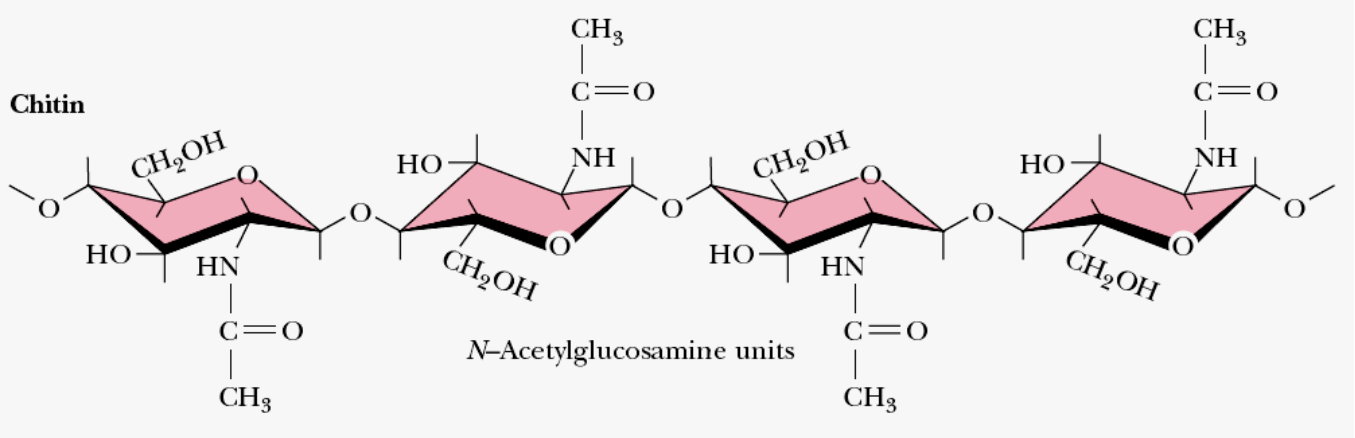


A


B

❖ **السيللوز:** يتألف من وحدات β- -غلوكوز فقط ويشكل أيضا السل وبيوز وحدة البناء الرئيسية فيه، وهو أكثر انتشارا في الطبيعة ، ويشكل سلاسل مستقيمة ضخمة تربطها روابط هيدروجينية مما تكسبه الصلابة.

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



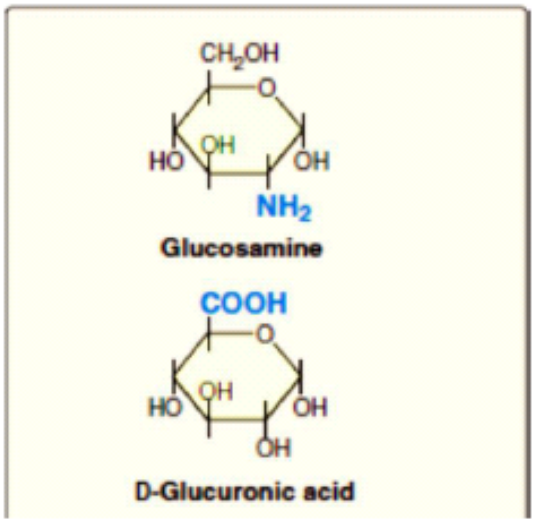
❖ الغليكانات السكرية الأمينية Glycosaminoglycans (السكريدات المخاطية)

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: Keratan Sulfate, Chondroitin Sulfate، Hyaluronate Dermatan Sulfate ، Heparin heparin Sulfate,.

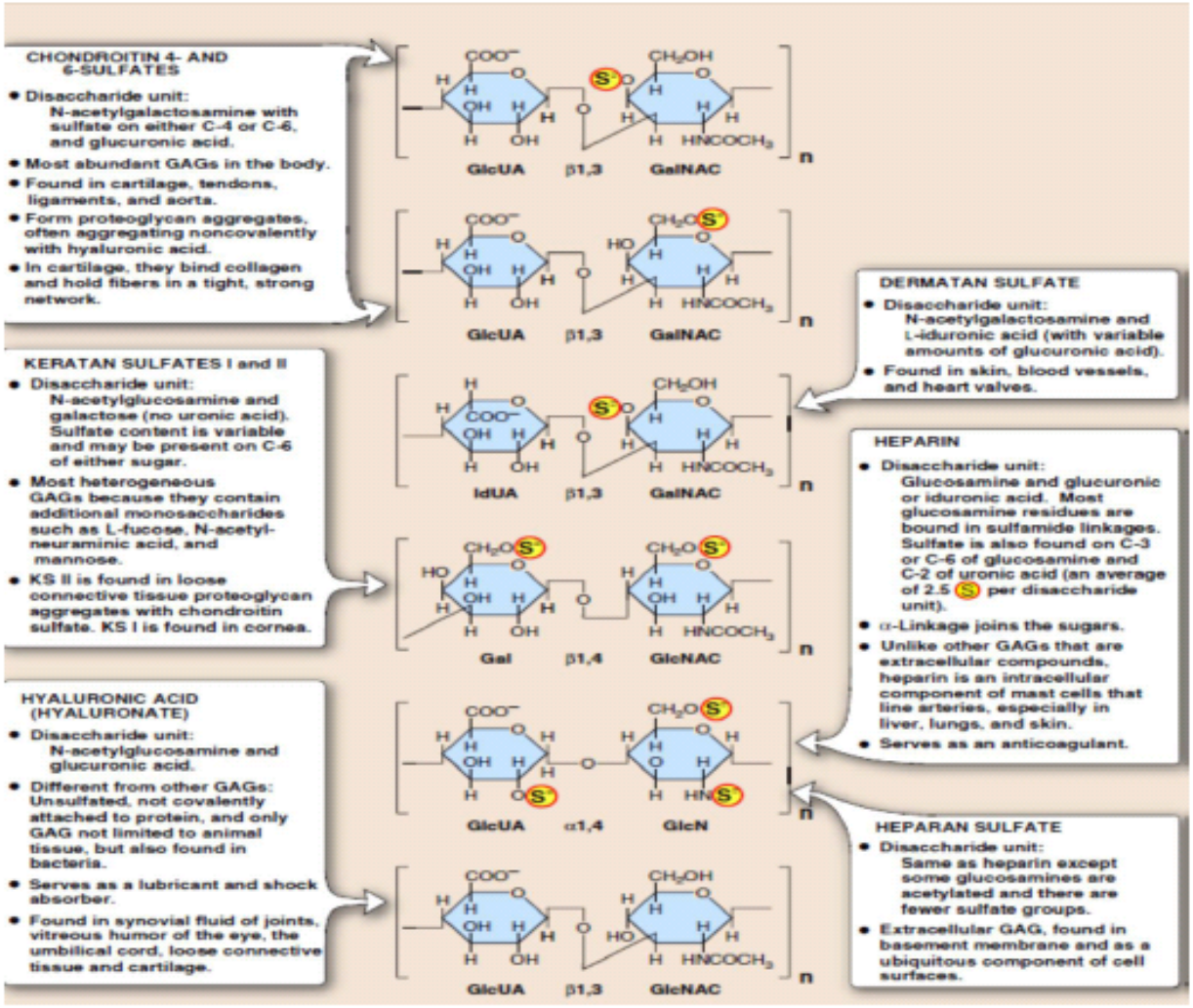
- ➢ - حمض الهيالورني: يتألف من سلسلة وحيدة من حمض βغلوكوروني و N أسيل β غلوكوزأمين بروابط β (1⟵3) يليها β (1⟵4) يدخل في تركيب الجسم البلوري للعين ، جدران الأوعية الدموية ، و أغشية الغلايا الخنسية الانثوية (البيضة). ويحوي رأس النطفة على انزيم هيالورونيداز لحل غشاء البيضة و اخصابها
- ➢ - الغضروفين الكبريتي : يتألف من حمض βغلوكوروني و N أسيل β غلاكتوز أمين مسلفن في المواقع C4 أو C6 من الغالاكتوز أمين أو الاثنين معا
- ➢ - الهيبارين: يتألف من حمض βغلوكوروني 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.

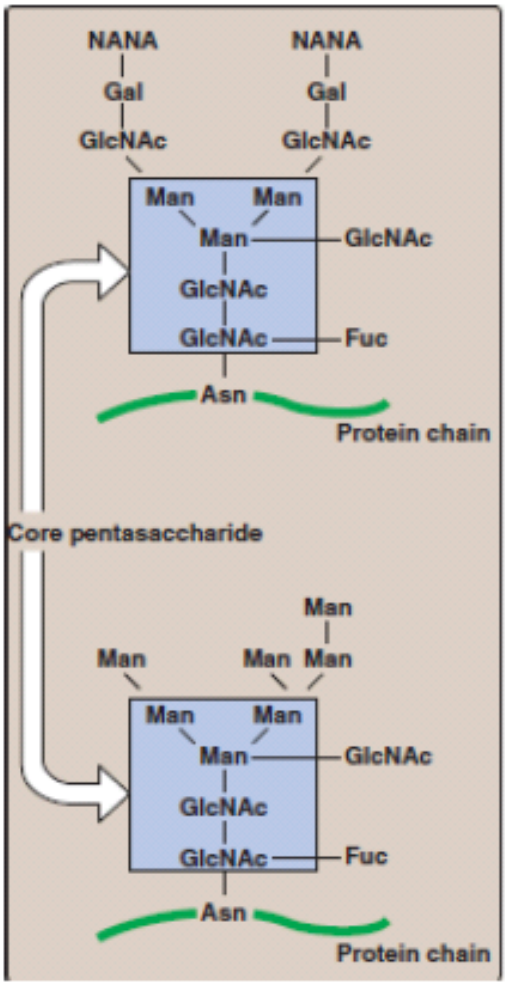


ترتبط السكريات بالبروتينات (وهذا ما يسمى بالغلوزة Glycosylation) بواسطة رابطة غليكوزيدية:

- ❖ - 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.



مقارنة بين البروتينات السكرية والغليكانات البروتينية

	البروتينات السكرية	الغليكان البروتيني
نسبة السكر	من 1% حتى 30% ما عدا الفورين السكري الموجود في أغشية الكريات الحمر حيث تكون نسبة السكر 50%.	أكثر من80%.
الرابطة بين السكر والبروتين	تكافؤية قوية لا تتحطم إلا بهضم الجزيء.	غير تكافؤية تتفكك بسهولة
أماكن تواجدها	بروتينات المصل، على الأغشية الخلوية، في كل المواد التي تفرز إلى خارج الخلية.	الفراغات بين الخلايا، الجلد، الغضاريف، السائل الزليلي.
نوع السكر	سكاكر مفردة أو قليلة التعدد.	سكاكر متعددة.