السكريات (الكربوهيدرات)

الكيمياء الحيوية ١

السكريات

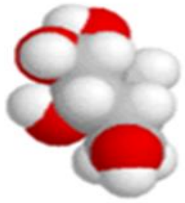
- يمكن تعريف الكربوهيدارت بالسكريات saccharidesو الأخيرة مشتقة من اليونانية وتعني المذاق الحلو.
- مشتقات ألدهيدية أو كيتونية لكحولات عديدة الهيدروكسيل.
- التركيب: H,C,O .
- الصيغة العامة :Cn(H2O) n
- هناك بعض السكريات تشذ عن هذه القاعدة مثل الريبوز المنقوص الأكسجين و السوربيتول
- ولكن تمت المحافظة على الصيغة العامة كدليل لتعريف المواد الكربوهيدراتية
- تدخل في تركيب جميع الخلايا والنسج.

Definition - Carbohydrates are sugar polymers

Carbohydrate = Carbon + Water

$C_n(H_2O)_n$

or $C_6H_{12}O_6$



إن للسكريات مصدرين :

- الأول: نباتي : وهي تتواجد في المصادر النباتية أكثر منه في الحيوانية ففي النباتات تشكل٨٠-٩٠% من وزن النسيج الجاف وتدخل في تركيب المواد الادخارية والجدر الخلوية. -
- بينما الثاني: حيواني وتتواجد في المصادر الحيوانية (دم، بول، حليب) فكميتها قليلة جدا وتتركز على هيئة سكر متعدد يسمى الغليكوجين الذي يوجد بشكل أساسي في الكبد والعضلات.

يمكننا تقسيم المواد الكربوهيدراتية على ثلاث مجموعات رئيسية هي:

- **1-السكريات البسيطة (MONOSACCHRIDES)**
- **2-السكريات الثنائية (di-and oligosaccharides)**
- **3-السكريات الكثيرة التعدد (polysacchrides).**

1- السكريات البسيطة أو الأحادية.

2- السكريات الثنائية: تتكون من اتحاد سكرين أحاديين مع الاحتفاظ بخواص السكريات الأحادية.

3- عديدات سكاريد Oligosaccharide: تتكون من اتحاد (3-10) من السكاكر الأحادية.

4- كثيرات سكاريد Polysaccharide: تتكون من اتحاد أكثر من 10 سكاكر أحادية ولا تحتفظ بخواص السكريات الأحادية بل تمتلك خواص خاصة بها، وتقسم إلى متجانسة وغير متجانسة.

السكريات في الطبيعة نوعان:

1- سكريات ألدهيدية:

A. تحتوي على زمرة الألدهيد CHO على ذرة الكربون رقم (1).

B. تشتق من أب ألدهيدي هو السكر الثلاثي الغليسرألدهيد وما ينتج عنه من سكاكر تسمى ألدوزات.

2- سكريات كيتونية:

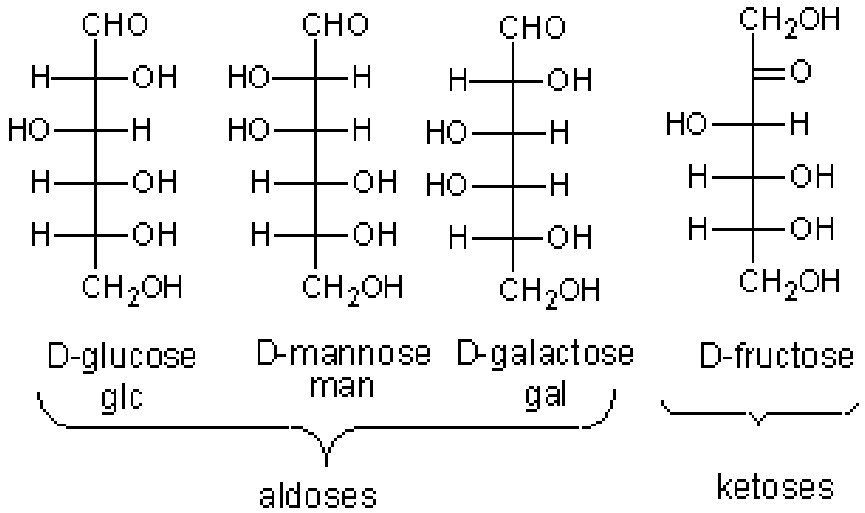
A. تحتوي على زمرة الكيتون C=O على ذرة الكربون رقم (2).

B. تشتق من أب كيتوني هو السكر الثلاثي دي هيدروكسي أسيتون وما ينتج عنه من سكاكر تسمى كيتوزات.

أولا: السكريات الأحادية

صفاتها:

1. مواد بلورية، عديمة اللون، حلوة المذاق، وهي مركبات قطبية تذوب في الماء.
2. تمثل بالرمز العام $Cn(H2O)_n$ حيث n عدد ذرات الكربون.
3. جميعها فعالة كيميائيا نتيجة وجود زمرة الكربونيل "ألدهيدية أو كيتونية" لذا لها القدرة على الإرجاع (نستفيد من هذه الفاعلية الكيميائية في إجراء التجارب حيث يقوم بإرجاع كبريتات النحاس إلى كبريتات النحاسي على شكل راسب بني وهو ما نسميه إيجابي فهلنغ، إيجابي بينديكت).
4. بناءً على وجود هذه المجموعة المرجعة، تقسم السكاكر الأحادية إلى قسمين:
   - المجموعة الأولى: المحتوية على مجموعة الألدهيد وتسمى الألدوزات (aldoses).
   - المجموعة الثانية: المحتوية على الكيتون وتسمى الكيتوزات (ketoses).



5. التماكب في السكاكر الآحادية:

ينشأ التماكب Isomerism في السكاكر الأحادية نتيجة احتوائها على ذرة كربون غير متناظرة واحدة أو أكثر (هي ذرة كربون المكونات الأربعة المتحدة معها مختلفة).

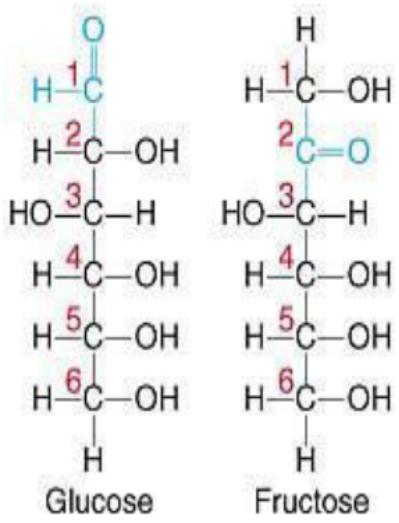
عدد المماكبات التي يمكن أن تنتج هو 2^n حيث (**n** عدد ذرات الكربون الفعالة ضوئيا أو غير المتناظرةً، 2 هي الوضعين يمين يسار حسب توضع الهيدروكسيل يمين أو يسار).

فالغلوكوز "سكر ألدهيدي" يملك مثلاً 4 ذرات كربون غير متناظرة (ذرة رقم 2-3-4-5) يستطيع ان يشكل $2^4 = 16$ إيزومير.

- ✓ الكربون الاول عليه رابطة مزدوجة فهو غير فعال ضوئيا.
- ✓ والكربون رقم ٦ عليه رابطتين متشابهتين (ذرتي هيدروجين) وبالتالي هو غير فعال ضوئياً.

أما الفركتوز "سكر كيتوني" يملك 3 ذرات كربون غير متناظرة (ذرة رقم 3-4-5) يستطيع ان يشكل $2^3 = 8$ إيزومير.

إذن مماكبات السكاكر الألدهيدية أكثر من مماكبات السكاكر الكيتونية.



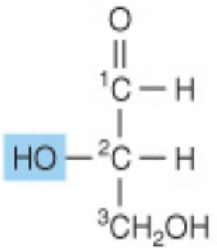
6. التماكب الفراغي Stereoisomerism

السكاكر جميعها من النوع L أو من النوع D

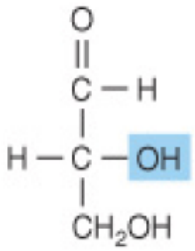
متى نقول عن السكر أنه D ومتى نقول L ؟؟

ننظر إلى طريقة فيشر في كتابة السلسلة المنشورة:

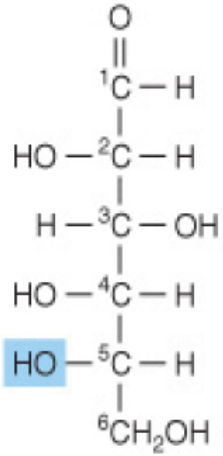
- ✓ عندما تكون الزمرة OH على يمين ذرة الكربون ما قبل الأخيرة أي أبعد ذرة كربون غير متناظرة عن كربون الكربونيل، (كربون رقم 5 في السكر السداسي أو رقم 4 في السكر الخماسي) يكون D (نوع يميني).
- ✓ عندما تكون الزمرة OH على يسار ذرة الكربون ما قبل الأخيرة، (كربون رقم 5 في السكر السداسي أو رقم 4 في السكر الخماسي) يكون L (نوع يساري).



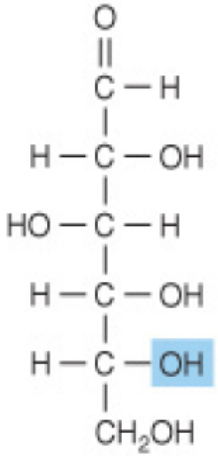
L-Glycerose
(L-glyceraldehyde)



D-Glycerose
(D-glyceraldehyde)

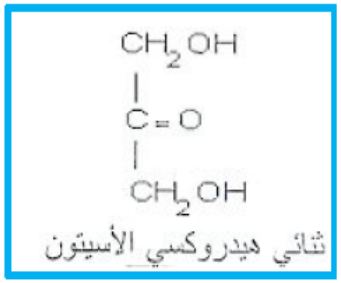


L-Glucose



D-Glucose

في الطبيعة لا يوجد إلا النوع D ومن المستحيل أن نصادف النوع L في الطبيعة ولكن يمكن تصنيعه في المخبر.



ثنائي هيدروكسي الأسيتون

يوجد استثناء وهو السكاكر الثلاثية الكيتوزية (دي هيدروكسي الأسيتون)
لا يوجد فيها L ولا D وذلك لأنها لا تحوي أية ذرة كربون غير متناظرة.

لذلك: عندما يشتق (يضاف كربونات جديدة) تنشأ مراكز عدم التناظر، وبالتالي نبدأ L و D من السكر الرباعي فالخماسي والسداسي أما الأب الكيتوني كما قلنا لا يوجد منه L ولا D.

ملاحظة: إن تغير تموضع OH على ذرات الكربون غير المتناظرة يؤدي لتشكل مركب جديد، مثلا الغلوكوز يصبح غالاكتوز في حال تغير تموضع OH على ذرة الكربون الرابعة، أما تغير تموضع OH على ذرة الكربون الخامسة "التي تحدد التماكب الفراغي" فلن ينتج اسم جديد، إنما إما D-Glucose أو L-Glucose.

7- تدوير الضوء المستقطب:

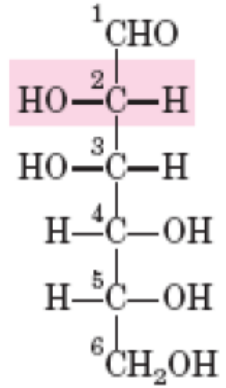
إن وجود ذرات كربون غير متناظرة يعطي المركب قدرة على تدوير الضوء المستقطب إما يمينا ويرمز له + أو يساراً ويرمز له – وهذا يسمى تماكب ضوئي.

إن النمطين D و L أو التماكب الفراغي لا علاقة له بالتماكب الضوئي، أي يمكن للنمط D أن يحرف الضوء المستقطب نحو اليمين أو اليسار وكذلك النمط L.

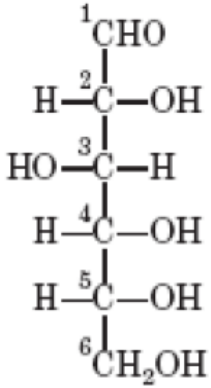
8-متماثلات إبيمير Epimer

يطلق مصطلح إبيمير في حال جزيئين يختلفان بتوضع الهيدروكسيل حول ذرة كربون غير متناظرة واحدة.

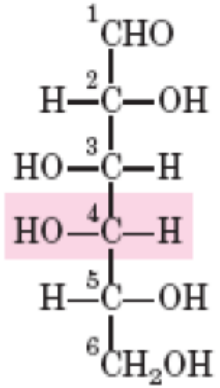
مثلا الغالاكتوز إبمير للغلوكوز يختلف عنه بتوضع الهيدروكسيل في ذرة الكربون الرابعة فقط، وكذلك المانوز أيضاً حيث يختلف عن الغلوكوز بتوضع الهيدروكسيل في ذرة الكربون الثانية فقط، وإن هذا الاختلاف البسيط ينتج عنه اختلاف في الخصائص الفيزيائية والكيميائية.



D-Mannose
(epimer at C-2)

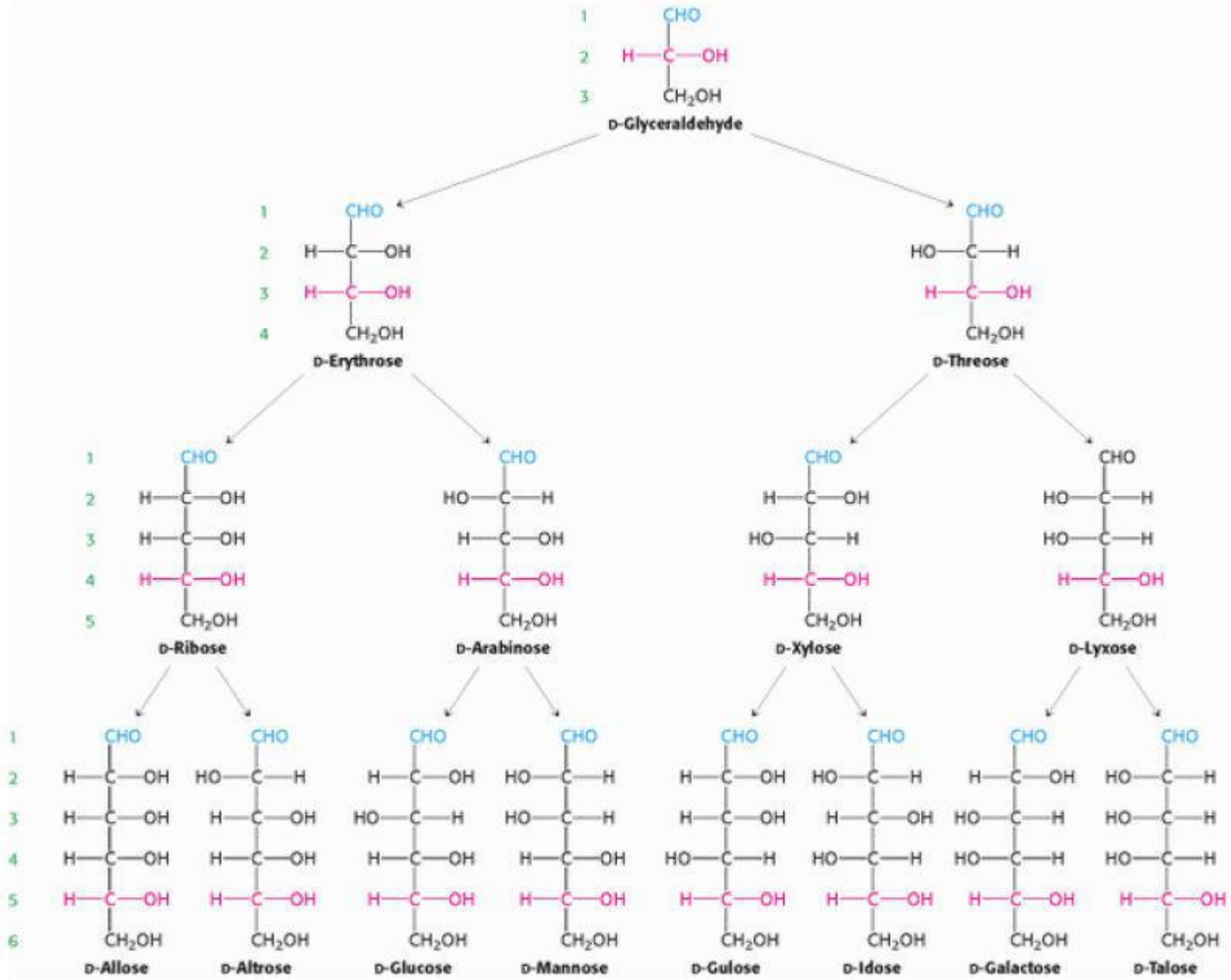


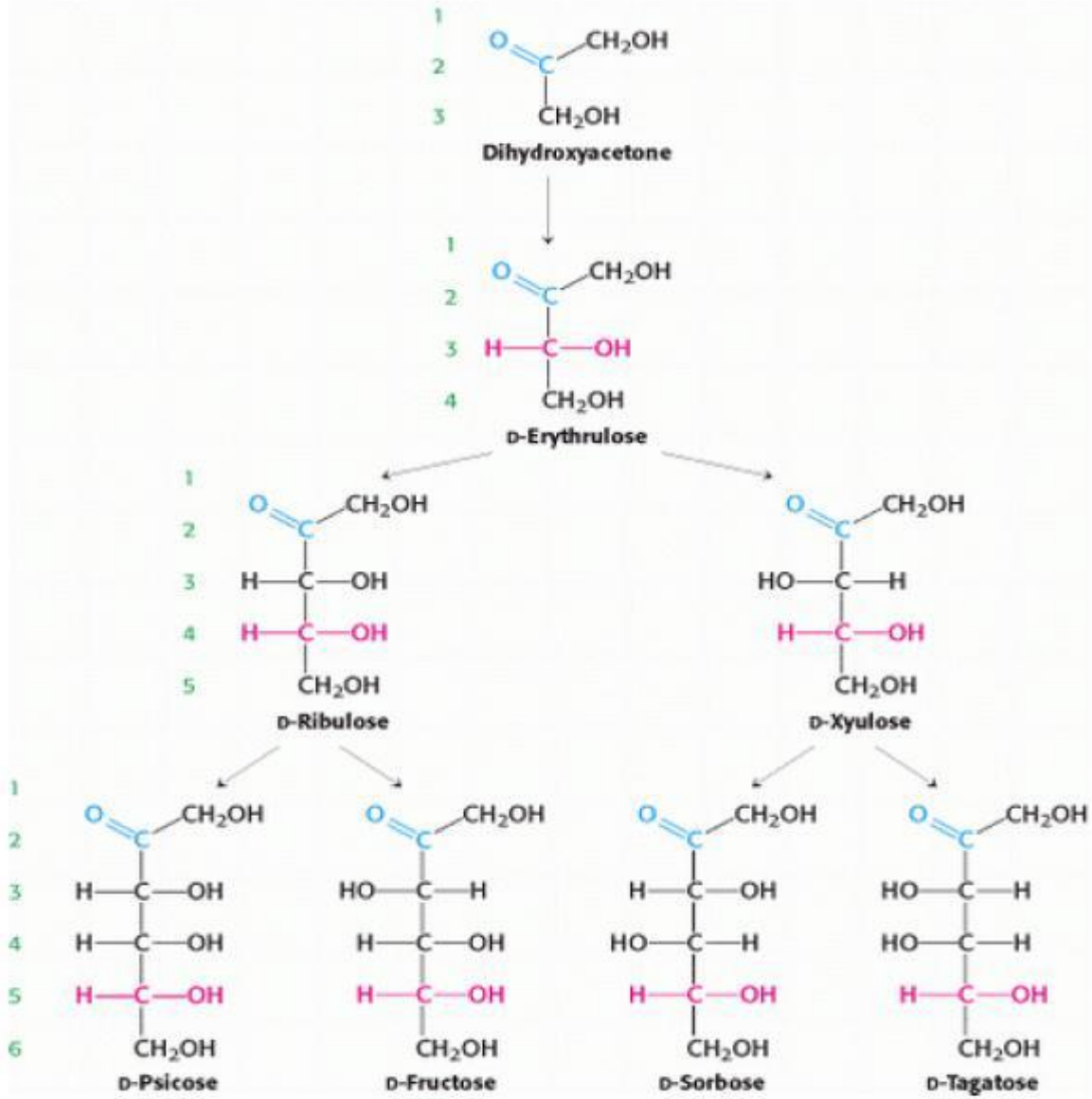
D-Glucose



D-Galactose
(epimer at C-4)

يظهر الشكل التالي جميع السكاكر الالدهيدية المشتقة من الغليسير الدهيد.

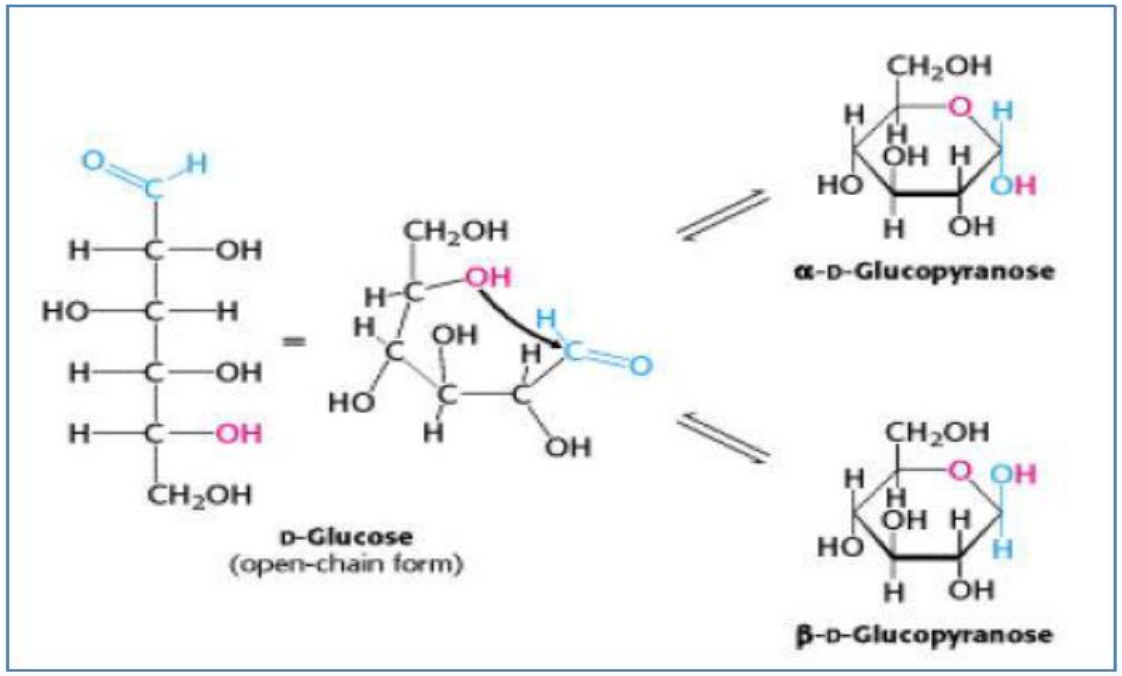



Dihydroxyacetone
D-Erythrulose
D-Ribulose
D-Xyulose
D-Psicose
D-Fructose
D-Sorbose
D-Tagatose

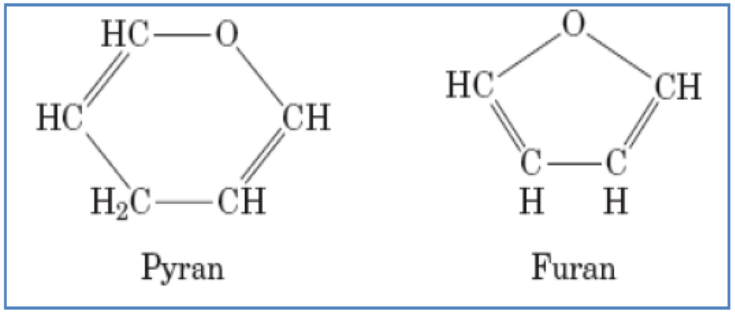
البنى الحلقية (بيرانوز – فورانوز)

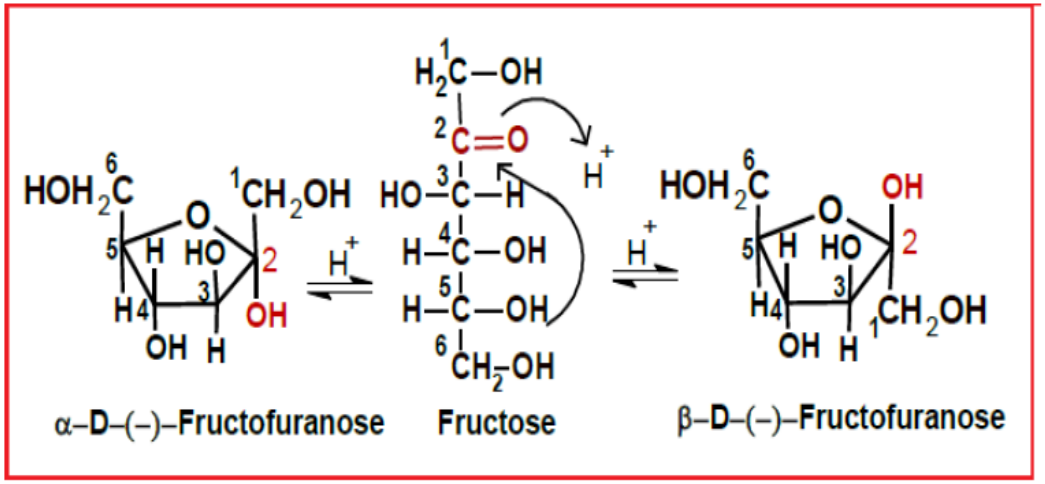
تسمى طريقة الصياغة الخطية المنشورة للسكاكر بصيغة فيشر وقد وجد أنها لا تعبر عن صيغة السكاكر بشكل دقيق واعتقد أن زمرة الكربونيل تكون بشكل مقنع وليس ظاهر، فمثلا لا تتأكسد السكاكر عند تعرضها للهواء والأوكسجين عكس المركبات الحاوية على الألدهيد.

بين تولانس وجود بنية حلقية حيث وجد ان السكر عندما ينحل في الماء يكون حلقة يشترك في تكوينها ذرة الكربون الأنوميرية وهي الذرة التي تحوي زمرة الكربونيل (C=0) (أي الذرة رقم 1 أو 2) مع ذرة الكربون ما قبل الأخير (رقم 5 في السكاكر السداسية)، فهو لا يبقى على صيغته المنشورة بل يلتف على نفسه وتصبح ذرة الكربون التي تحوي الكربونيل مقابل ذرة الكربون ما قبل الاخير التي تحوي على OH، ويشكل بنية حلقية تدعى صيغة هاوورث Haworth.



كذلك الحال مع الفركتوز حيث يتم الهجوم بين الكربون رقم 2 الأنوميري والكربون رقم 5، لتتشكل رابطة تسمى هيمي كيتال Hemiketal وتغلق الحلقة بجسر أوكسجيني، وتنتج حلقة خماسية نسميها (فورانوز) نسبة إلى التشابه مع حلقة الفوران الخماسية الكربون، ويسمى فركتوفورانوز.



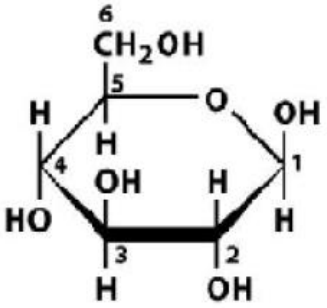


عندما كنا نكتب السكر بشكل سلسلة خطية كان لدينا نوع D يميني، ونوع L يساري، هنا أصبح لدينا نوع α، وأخر β ويسمى كل واحد أنومير.

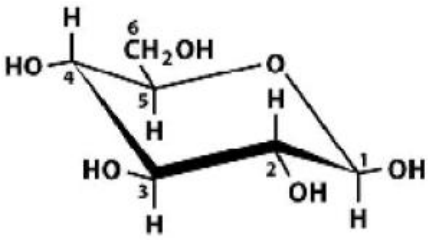
- ✓ النوع α: يوضح توضع الـ (OH) في اسفل الحلقة للكربون رقم 1 للألدهيدي أو 2 للكيتوني وهو ما يقابله الـ (OH) على يمين السلسلة.
- ✓ النوع β: يوضح توضع الـ (OH) في أعلى الحلقة للكربون رقم 1 للألدهيدي أو 2 للكيتوني وهو ما يقابله الـ (OH) على يسار السلسلة.
- ✓ وأي ذرة OH على اليمين السلسلة نمثلها بذرة OH نحو أسفل الحلقة.

بنية الكرسي أو القارب:

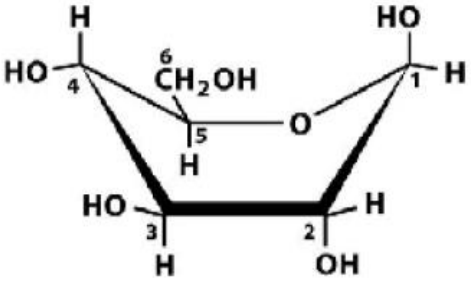
بينت الدراسات الأكثر عمقا أن الحلقة السداسية (البيران) ليست مسطحة تماما وإنما تكون على شكل هيئة الكرسي chair أو القارب boat، وهي تسمى صيغة ريويس Rewes كالتالي:



Haworth projection



Chair conformation

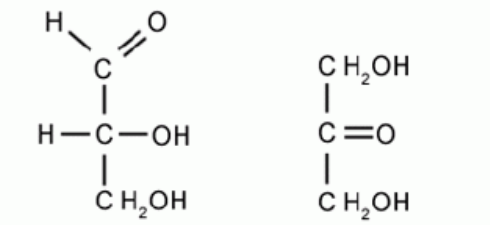


Boat conformation

تقسم السكريات الأحادية حسب عدد ذرات الكربون الموجودة في الجزيء إلى أربعة أنواع:

1- السكريات الثلاثية (تريوز):

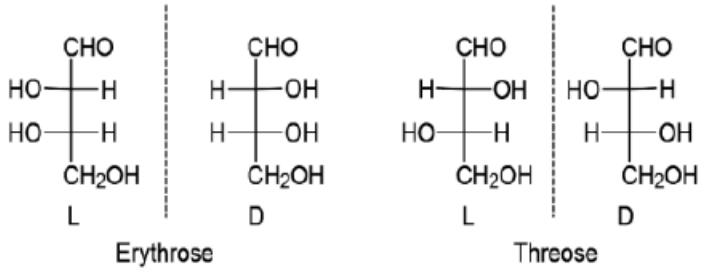
- هي أصغر الكربوهيدرات ومنها الغليسرألدهيد وثنائي هيدروكسي الأسيتون، وهي وسائط استقلابية هامة



D-Glyceraldehyde Dihydroxyacetone

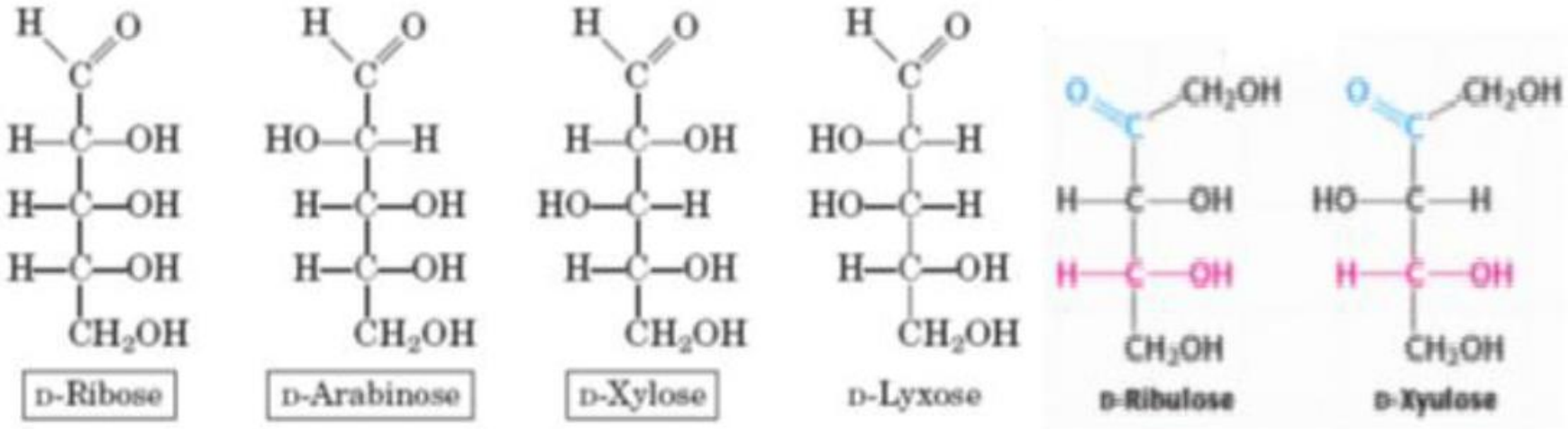
السكريات الرباعية (تيتروز):

- تحوي 4 ذرات كربون أهمها التريوز والإريتروز، ولا تلعب دوراً مهماً في عمليات الاستقلاب عند الإنسان.



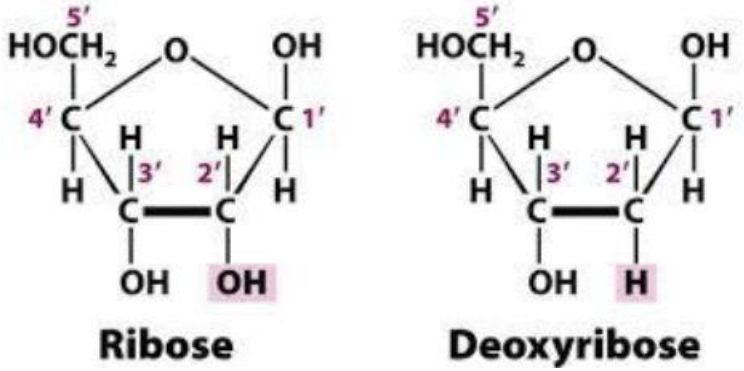
السكريات الخماسية (بنتوز):

- تحوي 5 ذرات كربون صيغتها المشتركة $C_5H_{10}O_5$ وأهمها ريبوز، كسيلوز، أرابينوز، ليكسوز (ألدهيدية)، ريبولوز، كسيولوز (كيتونية مع اللاحقة **ulose**) ، ونادراً ما تتواجد بشكل حر في الطبيعة.



ريبوز: سكر الدهيدي يدخل في بناء الحموض النووية على شكلين:

- ✓ الريبوز الذي يدخل في تركيب RNA كما يدخل في تركيب جزيئات ATP، NAD، FAD.
- ✓ الريبوز منقوص الأوكسجين (عند الكربون رقم 2). الذي يدخل في تركيب DNA .



د-كسيلوز D-xylose :عبارة عن سكر خماسي الدهيدي احادي مثله مثل الريبوز، لكن لا يتعامل معه جسم الإنسان إذ يتم امتصاصه بالكامل لكنه لا يذهب لأي سبيل في الجسم ويخرج من الجسم كما هو.

فائدته المخبرية:

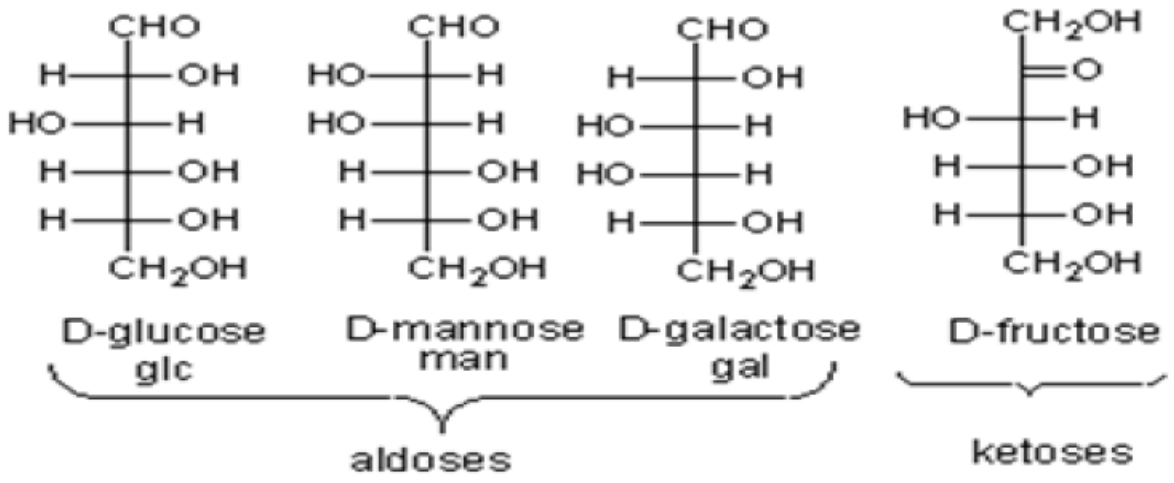
- ✓ عند إجراء اختبار سوء الامتصاص لكشف مشاكل في مخاطية الأمعاء حيث أن امتصاصية هذا السكر تتطلب فقط عبوره عبر المخاطية.

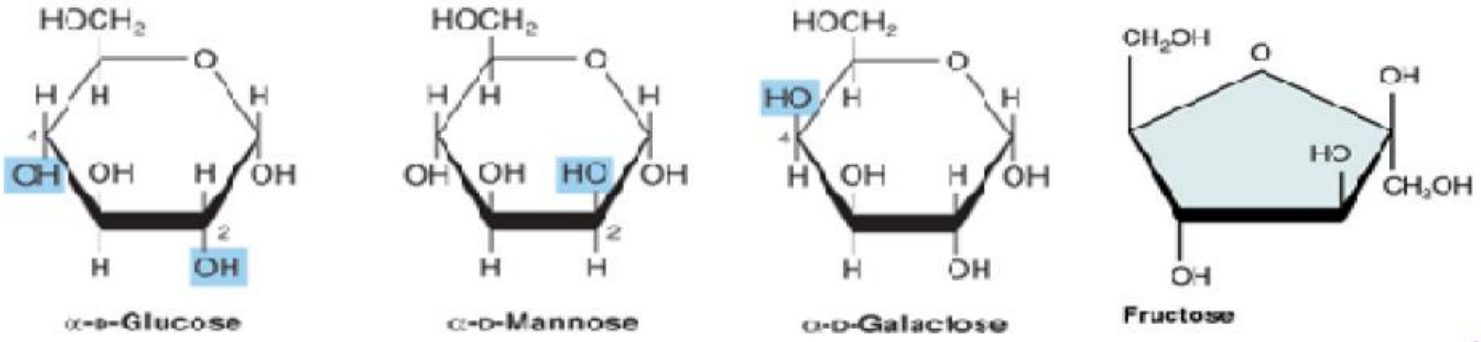
لذا يعد د-كسيلوز كوسيلة جيدة لمعرفة فيما إذا كان هناك امتصاص طبيعي أو ناقص.

- ➢ **كسيلولوز** xylulose – **ريبولوز** ribulose: سكاكر خماسية كيتونية ستمر معنا في حلقة البنتوز فوسفات.

السكريات السداسية (هكسوز):

- تحوي 6 ذرات كربون صيغتها المشتركة لجميع أفرادها $C_6H_{12}O_6$، وهي أهم نوع ومن أهم أفرادها: الغلوكوز و الغالاكتوز و المانوز (ألدهيدية)، والفركتوز (كيتوني).





α-D-Glucose α-D-Mannose α-D-Galactose

الغلوكوز:

- ✓ أهم سكر سداسي في الجسم من أجل استخلاص الطاقة.
- ✓ يتواجد في الفواكه الحلوة كالعنب والكرز والتمر وأحيانا يسمى سكر العنب.
- ✓ يتواجد بشكل حر أو ضمن السكروز واللاكتوز والمالتوز، والنشاء والغليكوجين والسيللوز.

الفركتوز:

- ✓ يسمى سكر الفواكه.
- ✓ من أكثر السكريات حلاوة (أكثر حلاوة من الغلوكوز بـ 2.5 مرة ومن السكروز بـ 1.7 مرة) لذا قد يستخدم أثناء الريجيم أو للسكريين.
- ✓ يتواجد بشكل حر في الفواكه وبشكل كبير في العسل وبشكله الحر.
- ✓ مكون أساسي للسكروز.

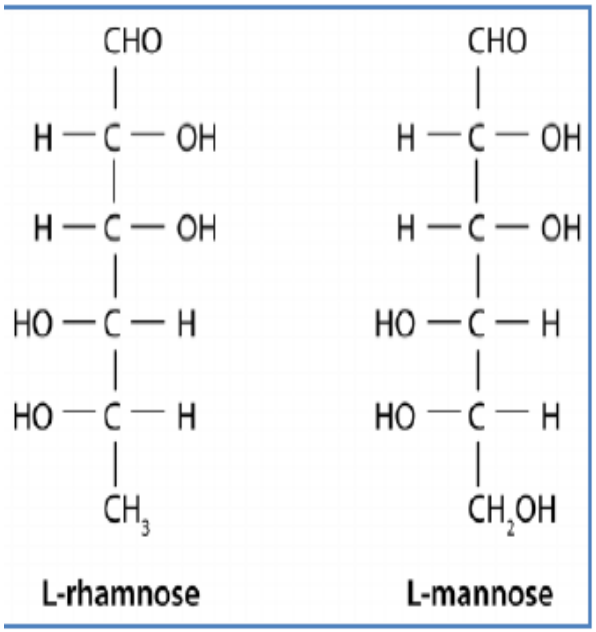
➢ الغالكتوز:

- ✓ يندر وجوده بشكل حر
- ✓ يساهم في تشكيل سكر الحليب اللاكتوز.
- ✓ هو إبيمر للغلوكوز على الكربون رقم 4.

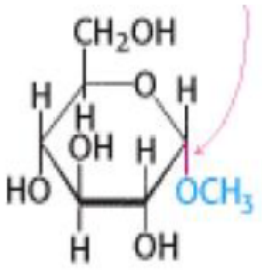
المانوز:

- ✓ يدخل في تركيب البروتينات السكرية Glycoprotein بشكل أساسي
- ✓ هو إبيمر للغلوكوز على الكربون رقم 2.

كما يوجد **سكاكر سداسية منزوعة الأوكسجين** أهمها الرامنوز وهو عبارة عن مانوز منزوع الأوكسجين عند الكربون رقم 6.

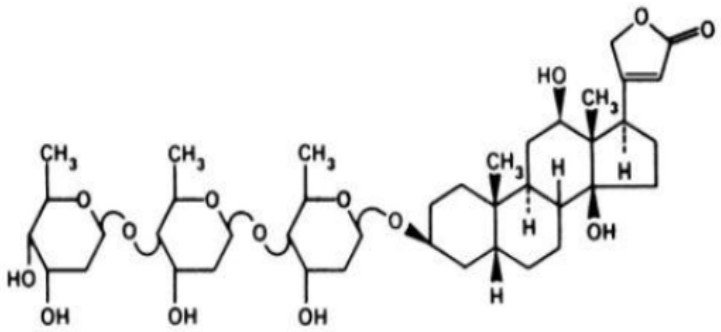


الرابطة الغليكوزيدية:

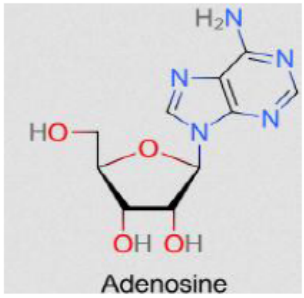


Methyl α-D-glucopyranoside

تتشكل الرابطة الغليكوزيدية نتيجة ارتباط مجموعة الهيدروكسيل الغليكوزيدي لذرة الكربون الأنوميرية لجزيء السكر مع مجموعة هيدروكسيل لجزيء آخر أو مجموعة أمين، قد يكون سكري، وقد يكون غير سكري مثل ميتانول، غليسيرول، فينول، ستيرول وتخرج جزيئة ماء.



الرابطة مع الستيروئيدات تتشكل مركبات الديجتال أو **الديجوكسين** المقوية لعضلة القلب.



Adenosine

إذا كانت المجموعة الثانية هي أمين فتتشكل رابطة N-Glycoside bond كما هو الحال بين الأدنين والريبوز في النكليوتيدات لتشكيل الأدينوزين مثلا، أي هنا يتم الارتباط مع السكر عبر ذرة آزوت وليس مجموعة هيدروكسيل.

إذن لدينا : O-Glycoside و N- Glycoside حسب الارتباط.

السكاكر الثنائية

هي عبارة عن ارتباط سكرين أحاديين مع بعضهما البعض برابطة غليكوزيدية ونزع جزيء ماء.

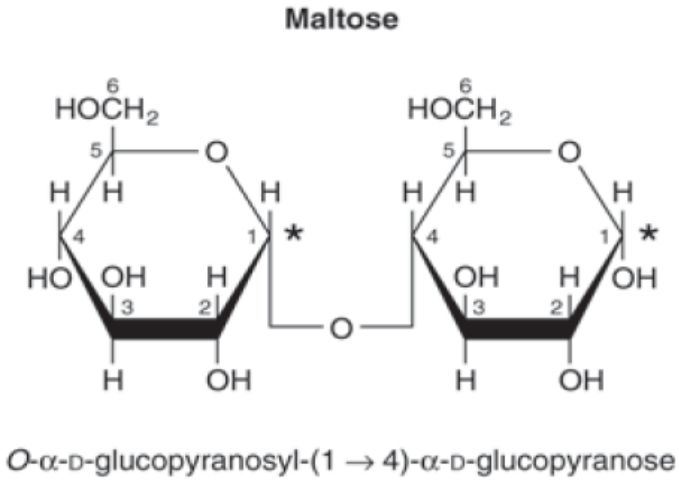
- ✓ يتم الاتصال بين ذرة الكربون الأنوميرية في أحد وحدات السكر الأحادي مع ذرة من وحدة السكر الأحادي الثانية، وإذا كانت هذه الأخيرة ضمن مجموعة الألدهيد أو مجموعة الكيتون فإن السكر الثنائي المتكون يكون عديم الفاعلية في الإرجاع.
- ✓ أما في حال لم تكن الذرة الداخلة في الارتباط من الوحدة الثانية ليست ألدهيد ولا كيتون فإن السكر الثنائي الناتج يحتفظ بخاصية الإرجاع.

إذن هذا الارتباط سيكون أحد طرفيه على الأقل أنوميري وسيساهم أحد السكرين على الأقل بهدروكسيله الغليكوزيدي.

- ✓ ما يهمنا من السكاكر الثنائية هو: المالتوز، اللاكتوز، السكروز.

أولاً: المالتوز

مكوّن من جزيئتي غلوكوز وبالتالي هو سكر ثنائي متجانس الرابطة فيه α (1،4)، وبالتالي هو سكر مرجع لأن الرابطة استهلكت ذرة أنوميرية واحدة.



حدث الارتباط بين ذرة الكربون رقم1 والكربون رقم 4 وهي من النوع ألفا، أي الرابطة استهلكت الذرة الأنوميرية رقم 1 من الغلوكوز الأول، والكربون رقم 4 من الغلوكوز الآخر، وبالتالي لا يزال لدينا كربون أنوميري حرّ على الغلوكوز الثاني وهذا يُكسب المالتوز الخاصية الإرجاعية.

صفاته:

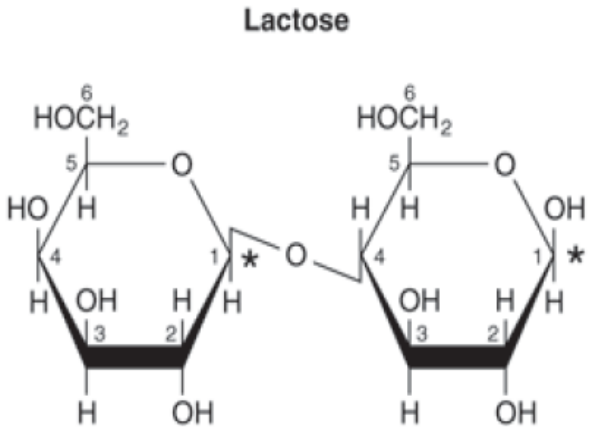
- ✓ يسمى سكر الشعير.
- ✓ جيد الذوبان في الماء.
- ✓ يقوم بهضمه وتفكيكه أنزيم (المالتاز) عن طريق حلمهته.
- ✓ يتشكل عند تحلل النشاء بفعل ألفا أميلاز.

آلية هضم المالتوز:

- ✓ يقوم أنزيم المالتاز بكل بساطة بإدخال الماء إلى الرابطة α (4،1)، وهذا يحدث لأجل امتصاص السكر بالأمعاء حيث لا يحدث امتصاص إلا للسكاكر الأحادية.

ثانيا: اللاكتوز

سكر ثنائي مؤلف من غالاكتوز وغلوكوز، فهو سكر غير متجانس إذ أنّه مؤلف من وحدتين مختلفتين والرابطة هنا β (4،1)، وبالتالي هو سكر مرجع لوجود هيدروكسيل غليكوزيدي حر.



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

صفاته:

- ✓ اللاكتوز هو سكر الحليب وبالتالي هو عملة الطاقة بين الأم وابنها، حيث يعتمد عليه الرضيع في الشهور الأولى من حياته من أجل النمو والمقاومة.

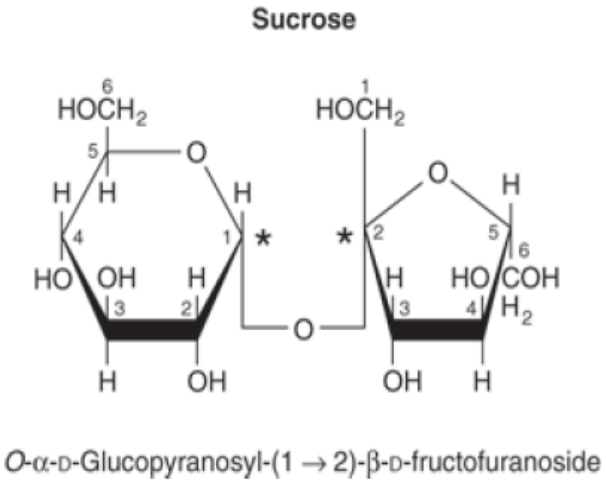
  استخدم اللاكتوز كعملة طاقة بين الأم وابنها ولم يستخدم الغلوكوز على الرغم من كونه سكر أحادي، لأن الغلوكوز يتم امتصاصه في جسم الأم ولا تستطيع تقديمه لوليدها وبالتالي تحتاج لسكر مركب حتى تستطيع تقديمه لوليدها.

- ✓ منحل نوعا ما بالماء وذو طعم سكري حلو لكن أقل من غيره (أقل حلاوة من السكروز بـ 4-5 مرة).
- ✓ يتخمر بفعل الجراثيم ليشكل حمض اللاكتيك أو حمض اللبن (تحويل الحليب إلى لبن).

آلية هضم اللاكتوز:

- ✓ يوجد لدينا أنزيم اللاكتاز يقوم بحلمهة اللاكتوز حيث يتم إدخال الماء على الرابطة β (1،4) ويفككها لسكرين أحاديين هما غالاكتوز وغلوكوز.

ثالثاً: السكروز



هو سكر ثنائي غير متجانس، مؤلف من (غلوكوز وفركتوز) برابط α ß(2،1)

في هذا السكر الرابطة الغليكوزيدية هي بين (1،2) وبالتالي تم استهلاك الذرتين الأنوميريتين في السكرين، بالنتيجة: السكروز غير مرجع.

سكر ثنائي هام جداً ذو قيمة اقتصادية هامة جداً عند بني البشر فهو يستهلك بكميات هائلة حيث أن 15% من مجمل الطاقة المستهلكة (من جميع المركبات التي تنتج طاقة: سكريات، دسم، بروتينات) هي السكروز.

- ✓ يتواجد في الفواكه والعسل و قصب السكر الذي يعتبر المصدر الرئيسي له.
- ✓ هو سكر المائدة ويسمى أيضاً سكر القصب.
- ✓ يملك السكروز صفات السكر الأحادي حيث لايزال يحتفظ بالمذاق الحلو وشديد الانحلال بالماء.
- ✓ يتحلمه السكروز بإنزيم السكراز (أو يسمى انفرتاز) إلى مكوناته الأحادية.

رابعاً: اللاكتولوز

يتشكل من ارتباط غالاكتوز مع فركتوز برباط:

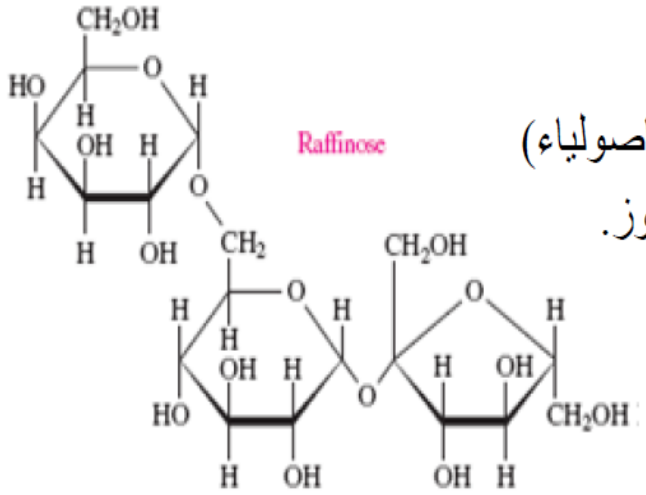
α -D-galactopyranosyl-(1-4)- ß -D-fructofuranose

هذا السكر لا يحلمه في الأمعاء وإنما يسحب الماء لداخل الأمعاء لمعادلة الضغط الحلولي، لذا يستخدم كدواء من أجل تليين الأمعاء.

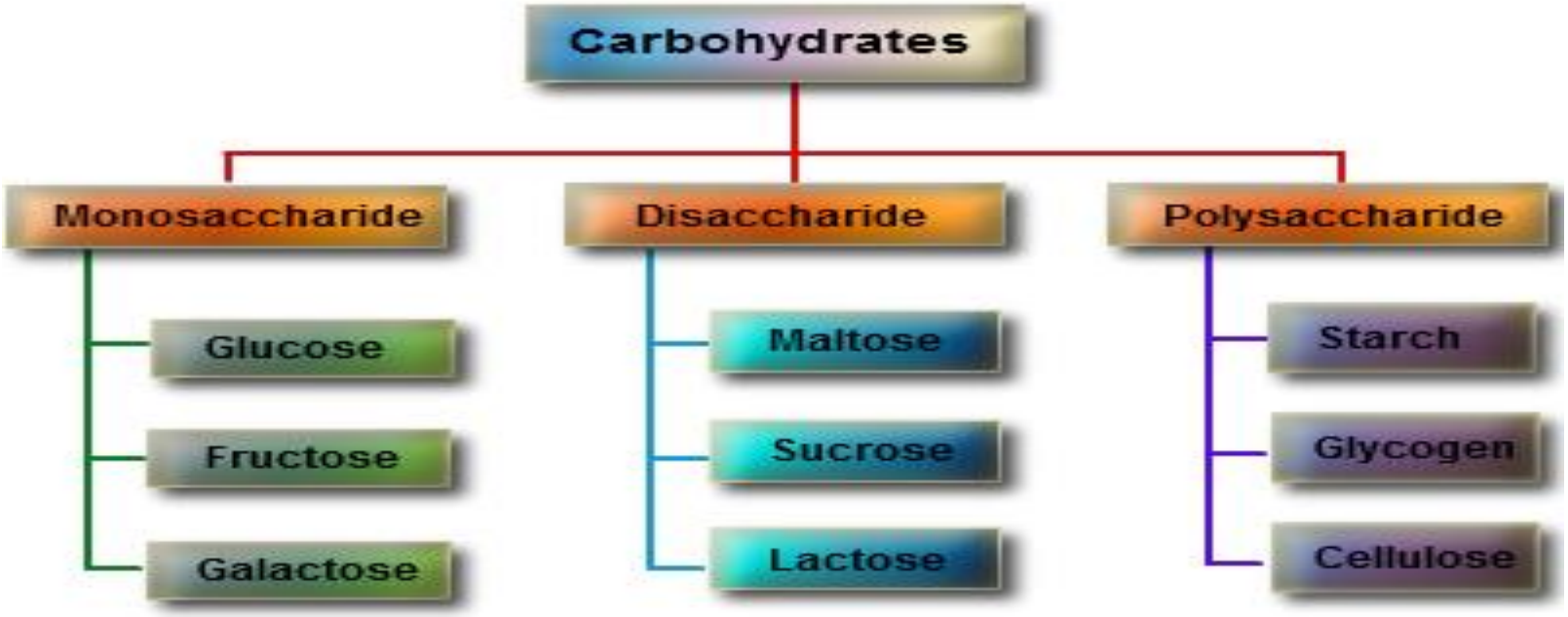
السكاكر الثلاثية

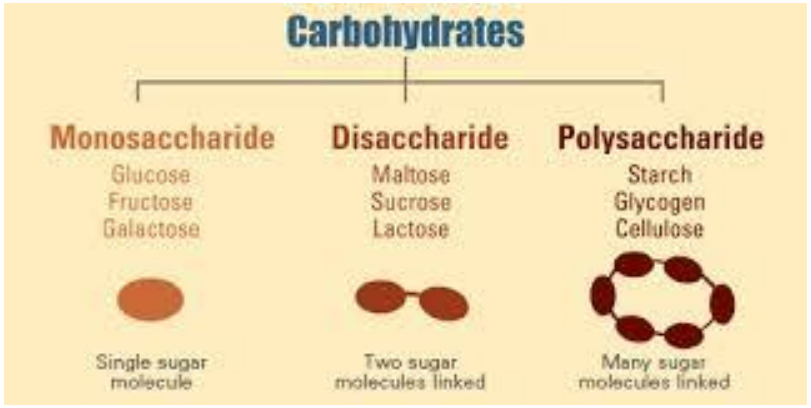
تتألف من ارتباط 3 جزيئات سكر بروابط غليكوزيدية ومن أشهرها:

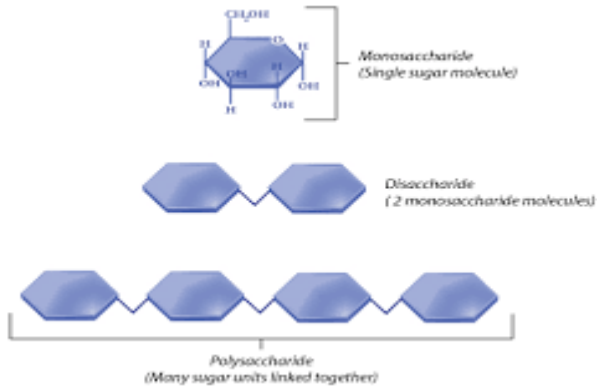
الرافينوز: منتشر في النباتات خاصة في بذور القرنيات (فول، بازلاء، فاصولياء) وهو سكر ثلاثي يتألف من ارتباط جزيئة غلوكوز مع غالاكتوز مع فركتوز.



لا تستطيع إنزيمات حلمهة السكريات في الأمعاء حلمهة الرافينوز لذلك قد يسبب هضم الفول والبازلاء، والفاصولياء بعض الاضطرابات الهضمية.

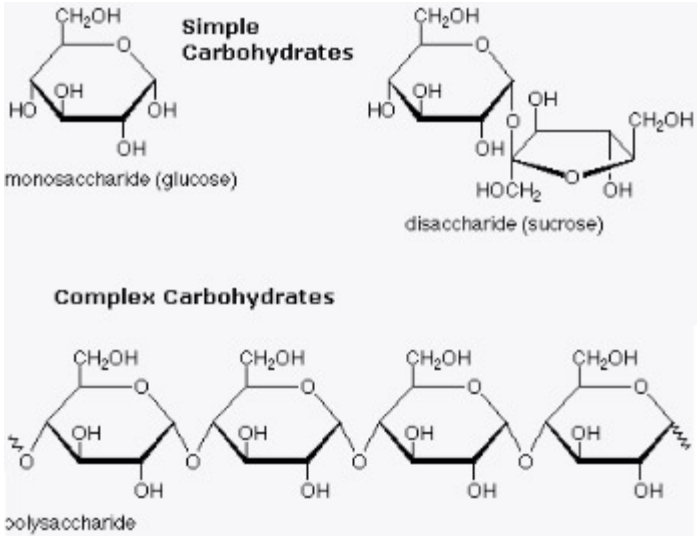

Carbohydrates
Monosaccharide
Disaccharide
Polysaccharide
Glucose
Fructose
Galactose
Maltose
Sucrose
Lactose
Starch
Glycogen
Cellulose


Carbohydrates
Monosaccharide
Glucose
Fructose
Galactose
Single sugar molecule
Disaccharide
Maltose
Sucrose
Lactose
Two sugar molecules linked
Polysaccharide
Starch
Glycogen
Cellulose
Many sugar molecules linked

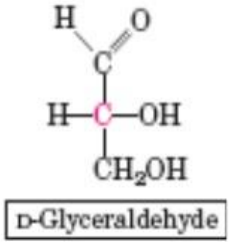

Monosaccharide
(Single sugar molecule)
Disaccharide
(2 monosaccharide molecules)
Polysaccharide
(Many sugar units linked together)

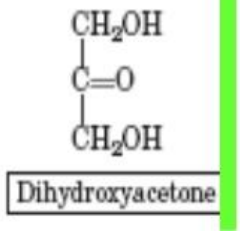
3- By combining the two methods , we find that:

3c-Aldotriose	-ketotriose
4c-Aldotetrose	-ketotetrose
5c-Aldopentise	-ketopentose
6c-Aldohexose	-ketohexose

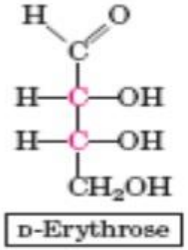


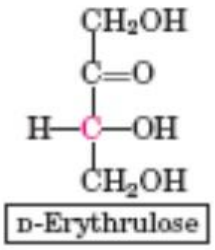
Three Carbon



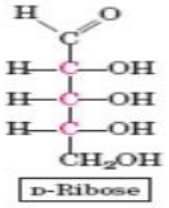


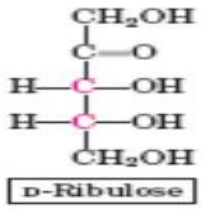
Four Carbon

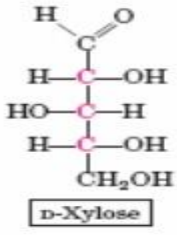


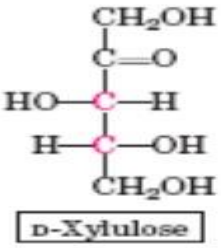


Five Carbon

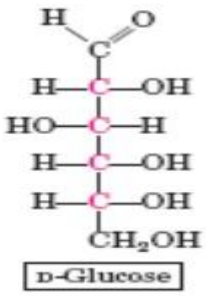


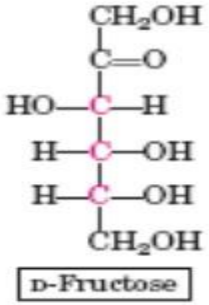




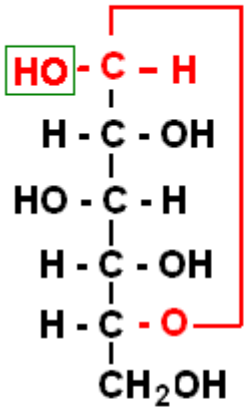


Six Carbon





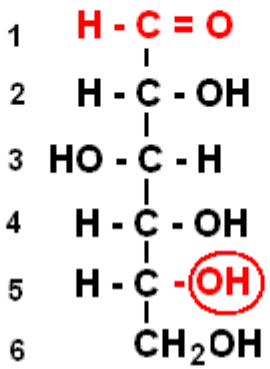
هيمي أسيتال
Hémiacétal



D - ألدهيكـــزوز
D-Aldohexose
صيغة فيشر حلقية، أنمير ألفا(α)
Représentation de Fisher cyclique, anomère alpha (α)

α -D-glucose كليكوز-D - α

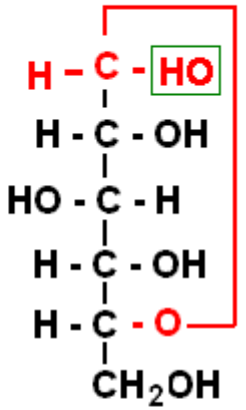
ألـــدهيد
Aldéhyde



D - ألدهيكـــزوز
D-Aldohexose
صيغة فيشر مستقيمة
Représentation de Fisher alignée

D-glucose كليكوز-D

هيمي أسيتال
Hémiacétal



D - ألدهيكـــزوز
D-Aldohexose
صيغة فيشر حلقية، أنمير بيتا (β)
Représentation de Fisher cyclique, anomère béta (β)

β -D-glucose كليكوز-D - β

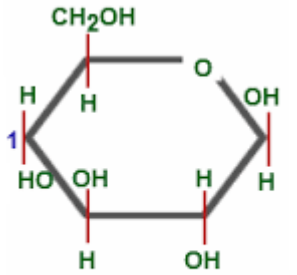
تأخذ السكريات الشكل الحلقي في المحاليل .

البيران والفوران.

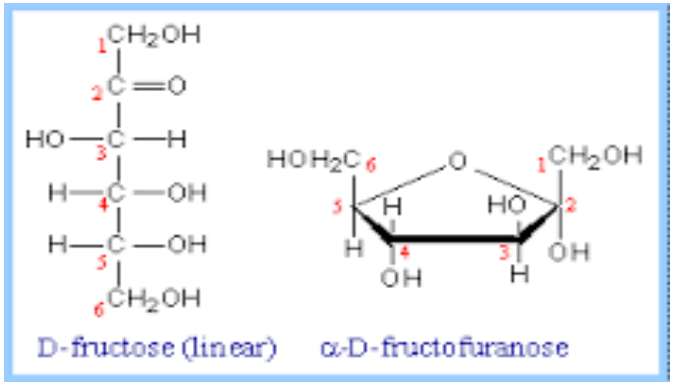
الشكل البيراني: شكل سداسي يتشكل من تحلق السكر السداسي الالدهيدي.حيث ترتبط الزمرة الألدهيدية وذرة الكربون رقم ٥

وتتحول الزمرة الالدهيدية إلى زمرة هيدروكسيلية وهذه الزمرة تتجه للأعلى أو للأسفل وتتشكل مماكبات جديدة تسمى ألفا α أو بيتا β(اسقاط هاروث)

- الفوران : شكل حلقي خماسي . الفا – د- غلوكوفيرانوز.

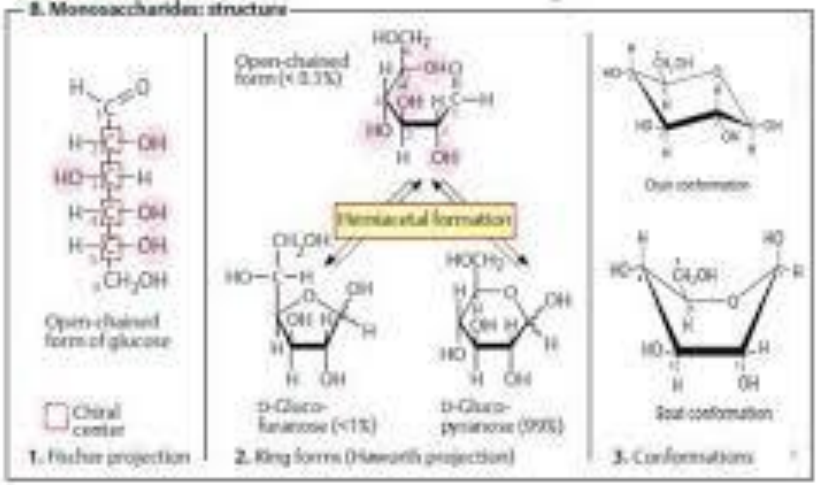


β-D-Glucose

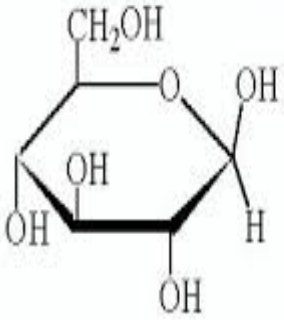


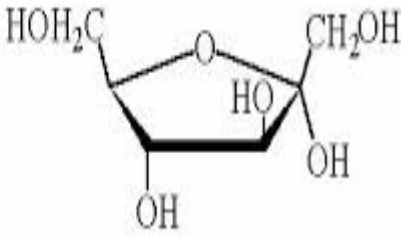
C. STRUCTURE

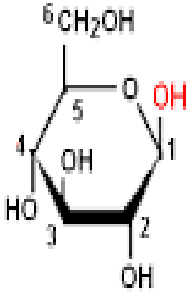
- The structure of some carbohydrates exist in three (3) forms



Haworth Projections

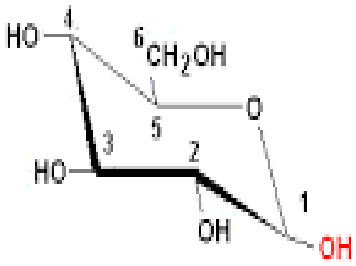






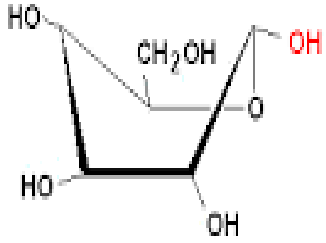
صيغة هـاورث

Représentation de Haworth



شكـل كرسي

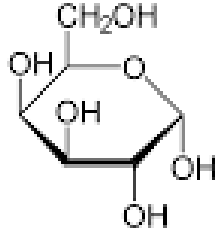
Forme chaise



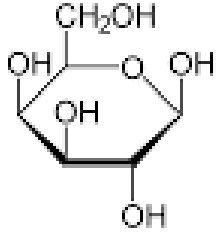
شكـل قارب

Forme bateau

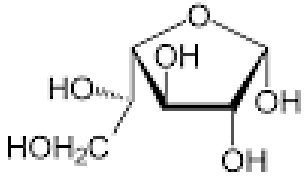
β-D-glucopyranose β-D-كلوكـوبيرانـوز



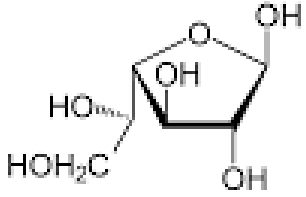
α-D-Galactopyranose



β-D-Galactopyranose



α-D-Galactofuranose



β-D-Galactofuranose