

Polysaccharides

(glycogen; starch)



Disaccharides

(lactose; maltose; sucrose)



~~الفصل الأول~~

GLUCOSE



الكربوهيدرات

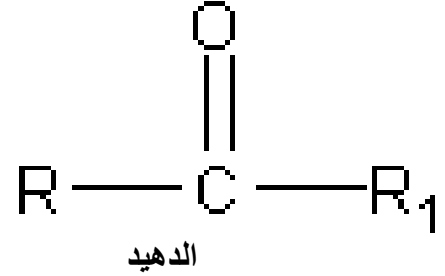
Carbohydrates

LIVER

المقدمة:

تعتبر الكربوهيدرات احد اهم مصادر الطاقة للكائنات الحية وتوجد في الطبيعة بكميات تفوق المركبات

العضوية وذلك بسبب دخولها في تركيب النباتات كافة اضافة الى وجودها بشكل او باخر في الحيوانات. الكربوهيدرات مركبات عضوية تتكون أساساً من الكربون والأكسجين و الهيدروجين لذلك اطلق اسم الكربوهيدرات والتي تعني الكربون المائي وتوجد الكربوهيدرات على هيئة سكريات، نشأ، سليلوز. أما في الحيوان فتوجد على صورة السكر، جليكوجين (النشا الحيواني)، بالإضافة إلي وجود كميات منها تكون مرتبطة مع البروتينات والدهون. وتتوافر الكربوهيدرات في الطبيعة بكميات كبيرة مما أدى إلى رخص أثمانها. بعض المركبات تحتوي كاربون وهيدروجين واكسجين لكنها لا تصنف ضمن الكربوهيدرات لذلك يمكن تعريف الكربوهيدرات بأنها عبارة عن الدهون أو كيتونات متعدد الكربوكسيل أو مواد تنتج عند تحلل هذه المركبات تحللاً مائياً، كما أن بعض الكربوهيدرات تحتوي على الكبريت والفسفور والنتروجين.



وتمتلك الصيغة الجزيئية $\text{C}_n (\text{H}_2\text{O})_n$

$$n = 3 - 7 \text{ ذرات كاربون}$$

وتكون نسبة الهيدروجين الى الاوكسجين كنسبة وجودهما في الماء 2:1

الوظيفة:

- 1- مصدر للطاقة خلال احتراقها.
- 2- مصدر للكربون في عملية تكوين مركبات الخلية الأخرى
- 3- كمخزن كبير للطاقة الكيماييه
- 4- كعناصر تركيبية للخلايا و الأنسجه

وتقسم الكربوهيدرات الى :

- 1- كاربوهيدرات ذائبة مثل النشاء.

2- كاربوهيدرات غير ذائبة مثل السليلوز.

تصنيف الكربوهيدرات:

تصنف الكربوهيدرات تبعاً لعدد جزيئات السكريات البسيطة التي تنتج عند تحليلها نهائياً:

1- السكريات الأحادية Monosaccharides

وهي المركبات التي لا يمكن تحليلها إلى صورة أبسط حيث تسمى بالسكريات البسيطة مثل الكلوكوز والفركتوز.

2- السكريات قليلة الوحدات Oligosaccharides

تتألف من جزيئين متشابهتين أو مختلفتين من السكريات الأحادية مثل اللاكتوز والمالتوز (سكريات مختزلة) أو السكروز (سكر غير مختزل).

3- السكريات المتعددة Polysaccharides

وهي المركبات التي تحتوي على أكثر من عشر جزيئات من السكريات الأحادية مثل النشاء والسيلوز.

السكريات الأحادية

هي أبسط أنواع الكربوهيدرات (لاتتحلل مائياً إلي وحدات أصغر تحت ظروف معتدلة) حيث تكون عبارة عن الدهايدات أو كيتونات مع مجموعتين أو أكثر من الهيدروكسيل.

تعتبر السكريات الأحادية جزيئات وقود هامة و وحدات بنائية في الأحماض النووية.

وتصنف السكريات الاحادية على اساس عدد ذرات الكربون التي تحويها الى:

1- سكر احادي ثلاثي الكربون- ترايوز

2- سكر احادي رباعي الكربون- تتروز

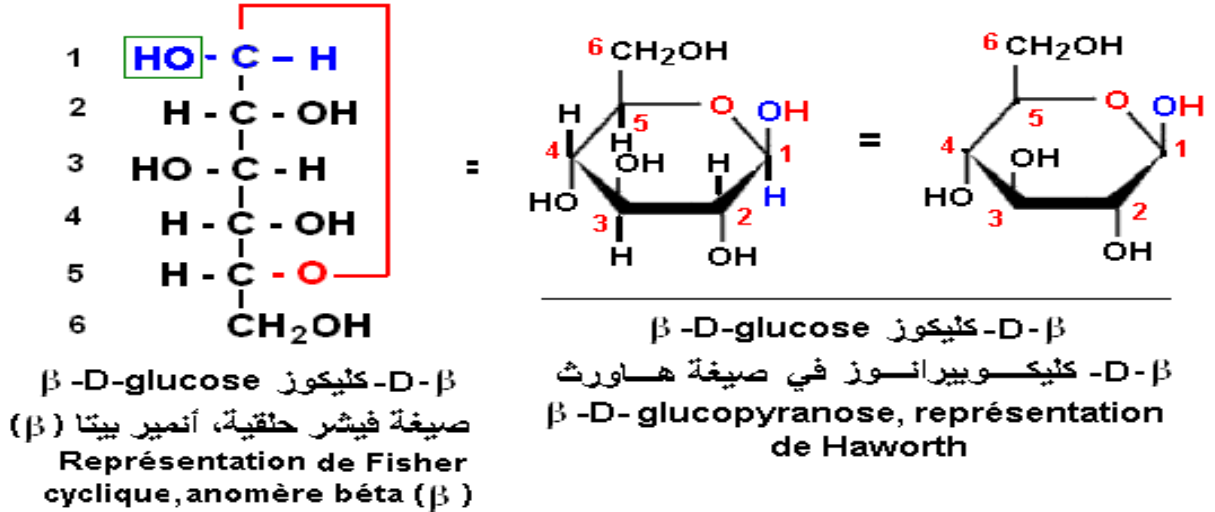
3- سكر احادي خماسي الكربون- بنتوز

4- سكر احادي سداسي الكربون- هكسوز

5- سكر احادي سباعي الكربون- هبتوز

أما التصنيف الاخر فيعتمد على مجموعة الكربونيل (ألدهايد يسمى ألدوز والكيتون يسمى كيتوز).

وتكتب السكريات الاحادية بطريقة هاورث او فيشر:



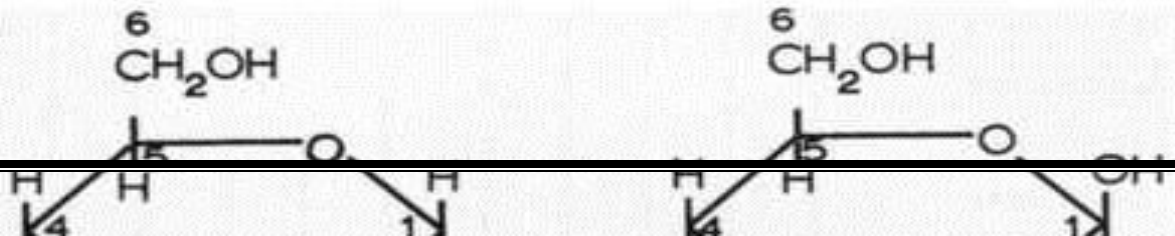
ويعتبر سكر الكلوكوز الذي يمتلك التركيب الكيميائي أدناه من أبسط السكريات الاحادية وتكمن أهميته في:

1- مصدر للطاقة للخلايا الحية.

2- وسيط في عملية الأيض.

3- يعتبر الناتج الاساسي لعملية البناء الضوئي.

4- يدخل في عملية التنفس في كل من الخلايا بدائية وحقيقية النواة مثل البكتريا والنباتات.



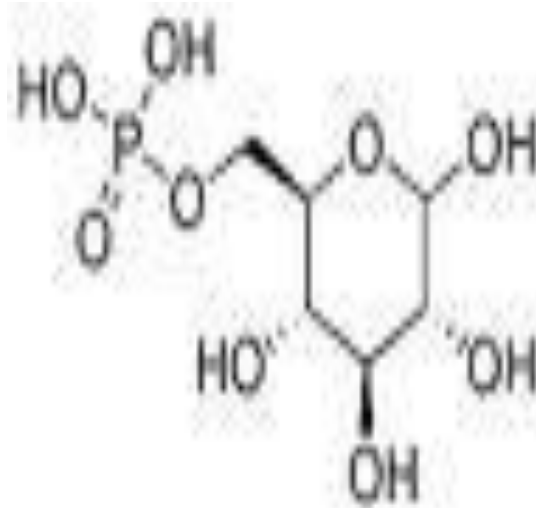
بعض الخواص المهمة عن السكريات الاحادية:

- 1- تستطيع مجموعة الأدهايد والكيون كيميائيا اختزال مركبات أخرى لذلك تسمى السكريات الأحادية بالمختزله
- 2- تقسم السكريات الأحادية الى سكريات يمينية او يسارية على حسب وضع مجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكربون المجاوره للكحول وهي الكربون (5) في الجلوكوز و الكربون (2) في الجليسر الدهيد
- 3- اذا وجدت في اليمين يرمز لها (D)
- 4- وإذا وجدت في اليسار يرمز لها (L)
- 5- معظم السكريات الاحادية الموجوده في الجسم وفي الطبيعه تكون يمينيه (D)
- 6- يسمى موقع مجموعة الهيدروكسيل والهيدروجين المتصلتان ألفا (تكون على اليمين او اسفل الحلقة) او بيتا (إذا كان يسار اوفوق الحلقة) مثال (الفا وبيتا كلوكوز).

المشتقات الحيويه المهمة للسكريات الأحادية:

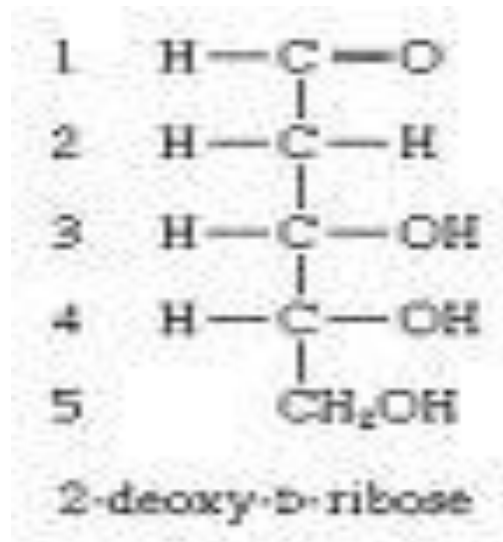
1. السكريات الفوسفاتية : تستخدم كنواتج وسطية مهمة أثناء التفاعلات الحيوية للكربوهيدرات

مثال ألفا - د - جلوكوز - 6 - حامض الفوسفوريك



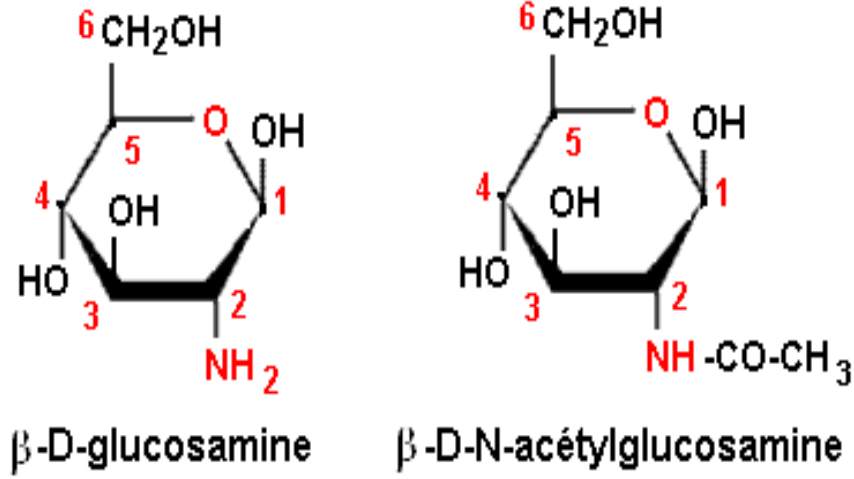
2- السكريات اللااوكسجينية (ديوكسي):

تمثل السكريات التي تستبدل فيها واحدة او اكثر من المجاميع الهيدروكسيلية بذرات هيدروجين حيث تفتقر هذه السكريات ذرة اكسجين او اكثر مثل 2-ديوكسي رايبوز (يدل الرقم 2 على رقم ذرة الكربون التي فقدت ذرة الاوكسجين).



3- السكريات الأمينية:

ان استبدال المجموعة الهيدروكسيلية بمجموعة امينية يؤدي الى ظهور نوع جديد من السكريات تسمى بالسكريات الامينية وعلى الرغم من امكانية تصنيعها لكن لا يوجد في الطبيعة الا عدد محدود منها مثل كلوكوز أمين و اسيتايل كلوكوز امين حيث تكون مجموعة الأمين في المجموعه الثانيه .



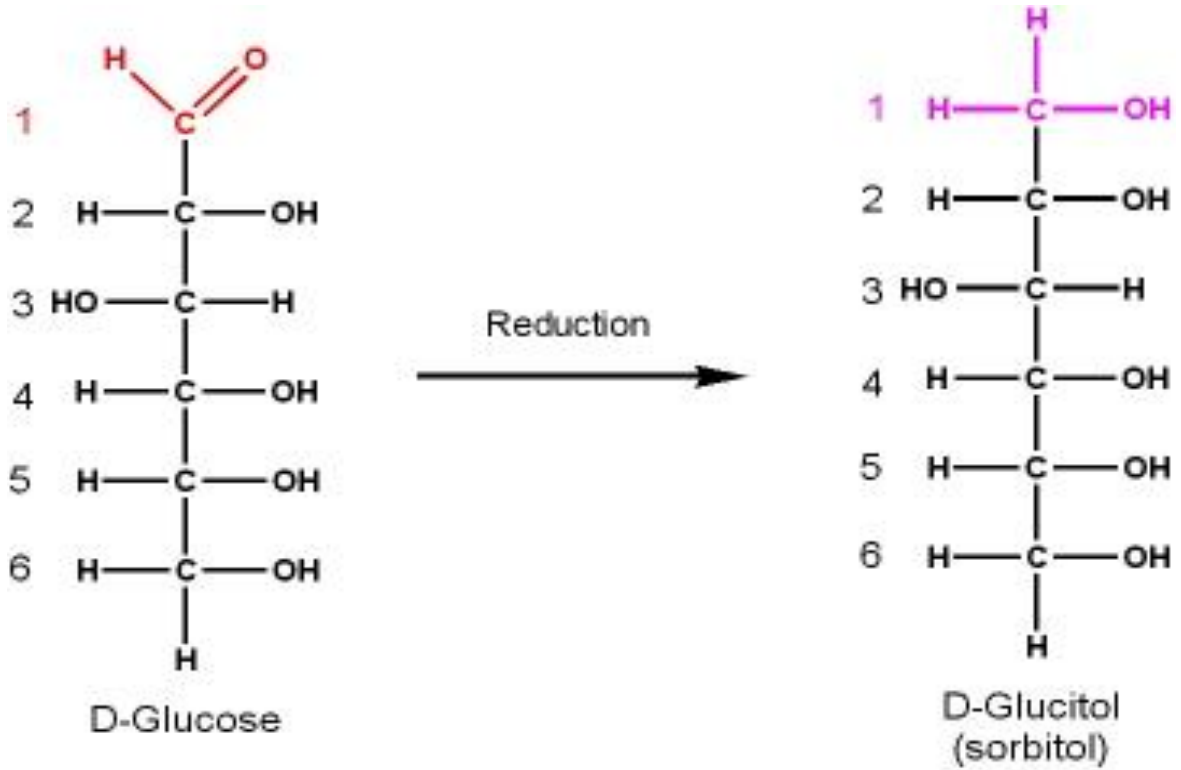
4- الحوامض السكريه:

تنتج من أكسدة ذرة الكربون الأليدهايدية الى مجموعة كاربوكسيل أو ذرة الكربون الحاملة للكحول الطرفي. حيث تنتج ثلاثة انواع من الحوامض السكريه عند الاكسدة هي:

- 1- يحتوي على مجموعة كاربوكسيل واحدة تستحدث بسبب تأكسد مجموعة الالديهيد.
 - 2- يحتوي مجموعتين كاربوكسيليتين بسبب تأكسد مجموعة الالديهيد والكحول الاولي.
 - 3- ناتج من اكسدة مجموعة الكحول الاولي.
- مثال : فيتامين حامض الاسكوربيك (الذي اثبت دوره في معالجة مرض الاسقربوط).

5-سكريات كحوليه:

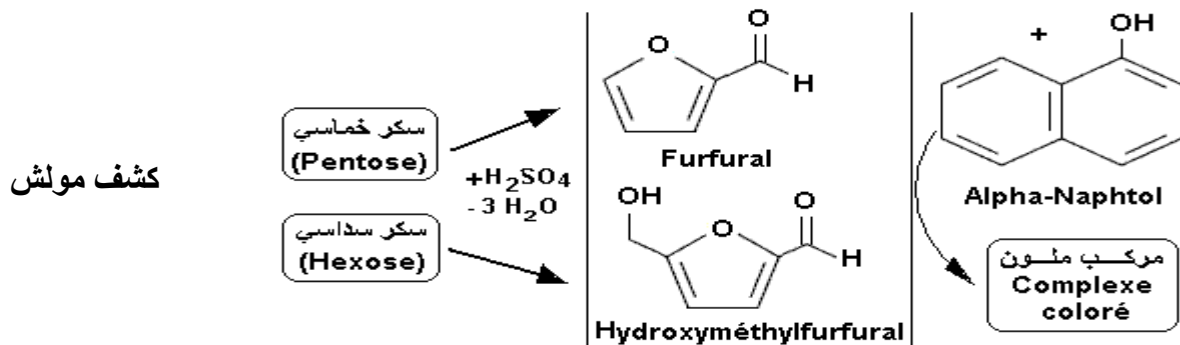
تنتج من اختزال مجموعة الكربونيل في السكريات الأحادية تحت ظروف معينة مثل سكر السوربيتول الموضح تركيبه الكيميائي أدناه:

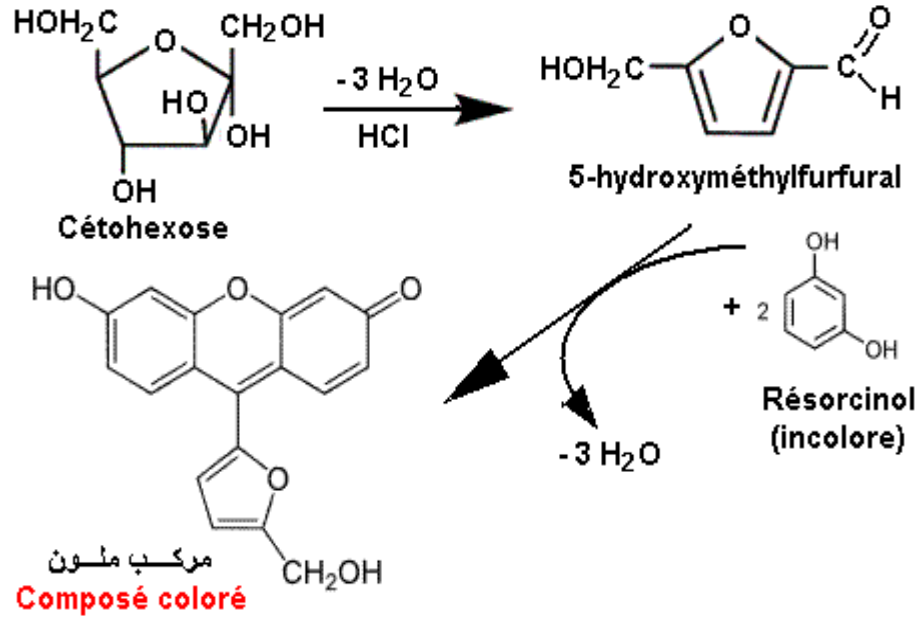


بعض التفاعلات المهمة للسكريات الاحادية:

1- تفاعل فقدان الماء:

عند تسخين السكريات الاحادية بشكل عام مع الاحماض المعدنية المركزة تفقد جزيئات الماء لتكون مشتقات الفورفورال وينتج في هذه الحالة المركب هيدروكسي مثيل فورفورال أو فورفورال، حيث يتفاعل الفورفورال مع المركب الفا- نافتول ليعطي لونا " بنفسجيا" ويدعى بكشف مولش وهو كشف عام لوجود الكربوهيدرات كما يتفاعل الفورفورال مع المركب ريسورسينول ليعطي لونا " أخضر ويسمى بكشف بيال.

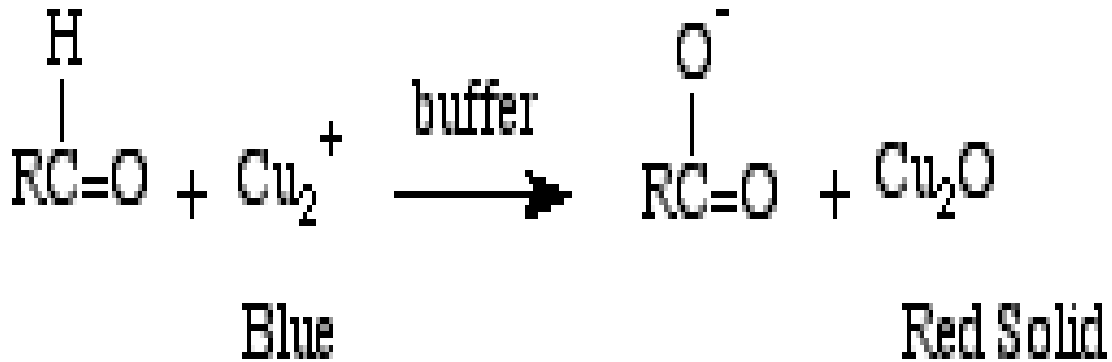




كشف بيال

2- تفاعلات الاكسدة:

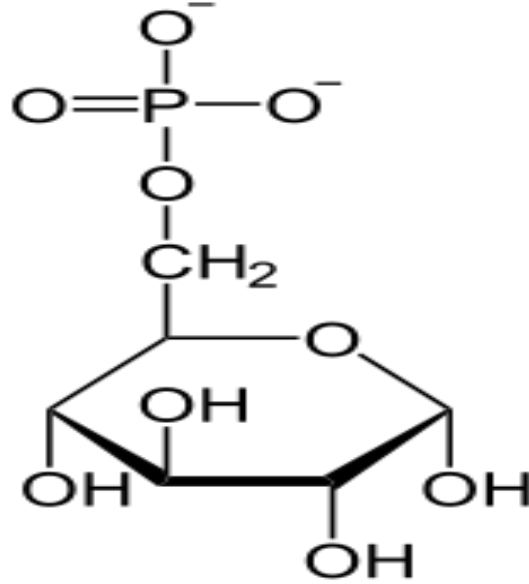
ان السكريات الاحادية التي تحتوي مجموعة الديهايد او كيتون حرة تتأكسد في المحاليل القاعدية بواسطة ايون النحاس او الفضة ويسمى بتفاعل بندكت والذي يستعمل للكشف عن وجود السكريات المختزلة وأيضا "كشف فهلنك وبارفويد وغالبا" ما تستخدم هذه الكشوفات في التقدير الكمي للكلوكوز في الدم والبول.



كشف بندكت

3- تفاعل السكريات الاحادية مع حامض الفسفوريك:

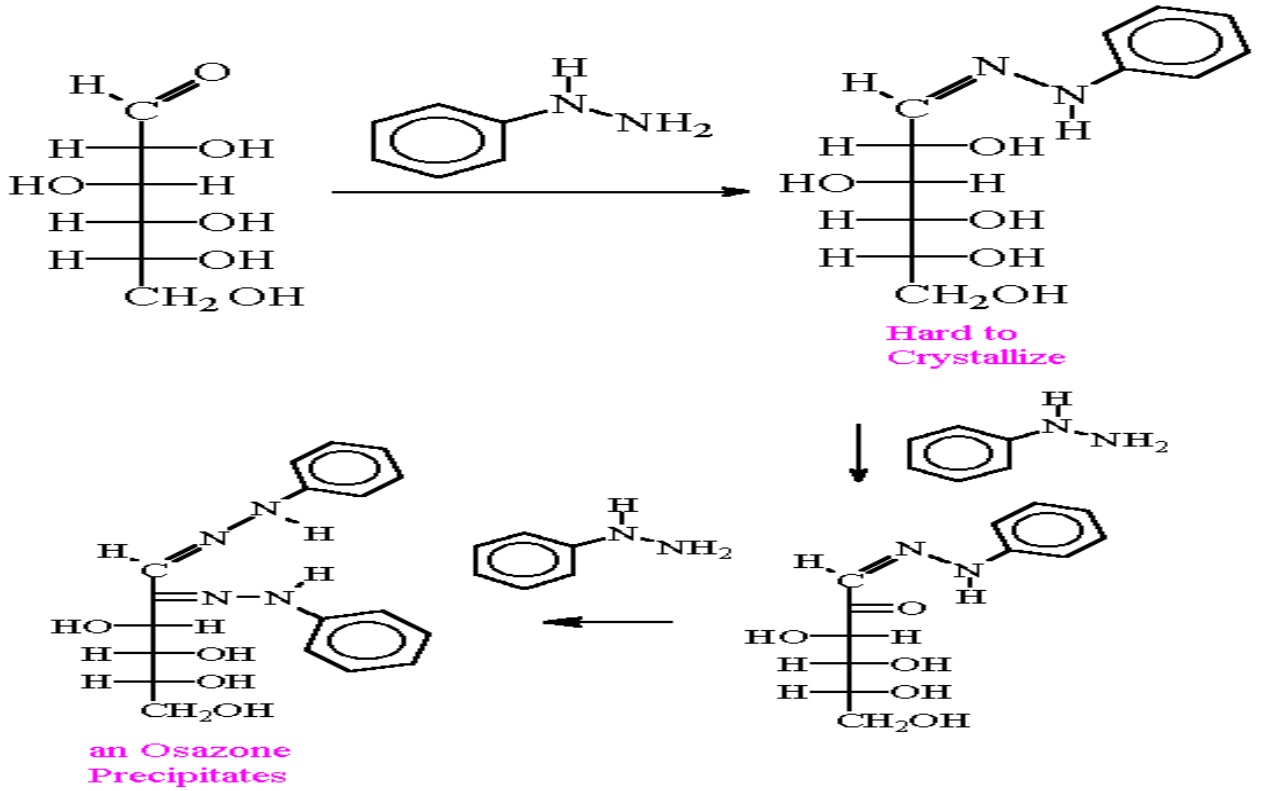
تتفاعل السكريات الاحادية مع حامض الفسفوريك لتعطي سكريات مفسفرة وهذه تلعب دورا " مهما" في العمليات الايضية للكربوهيدرات مثل المركب ألفا- د - كلوكوز فوسفات الموضح تركيبه الكيميائي أدناه:



4- تكوين الاوسازون:

تتفاعل السكريات الاحادية مع زيادة من مشتقات فنيل هيدرازين لتعطي مركبات فينايل اوسازون الصفراء وهي مركبات سهلة التبلور ولها درجات انصهار عالية واشكال بلورية مميزة اعتمادا" على نوع السكر الاحادي وتتكون كل منها بسرعة محددة ومختلفة. ان مثل هذه الصفات جعلت بالامكان استعمال الاوسازون كمشتقات لغرض تشخيص الكربوهيدرات لكنه في الوقت الحاضر تستخدم الطرق الفيزيائية الحديثة لأغراض التشخيص ومنها استخدام تقنية الرنين النووي المغناطيسي وكروماتوغرافيا الغاز-السائل لمركبات كربوهيدراتية معينة. ويوضح المخطط التالي ميكانيكية اضافة جزيئتين من الفنيل هيدرازين الى السكر الاحادي للحصول على بلورات صفراء لراسب الاوسازون:

Reactions with Phenylhydrazine



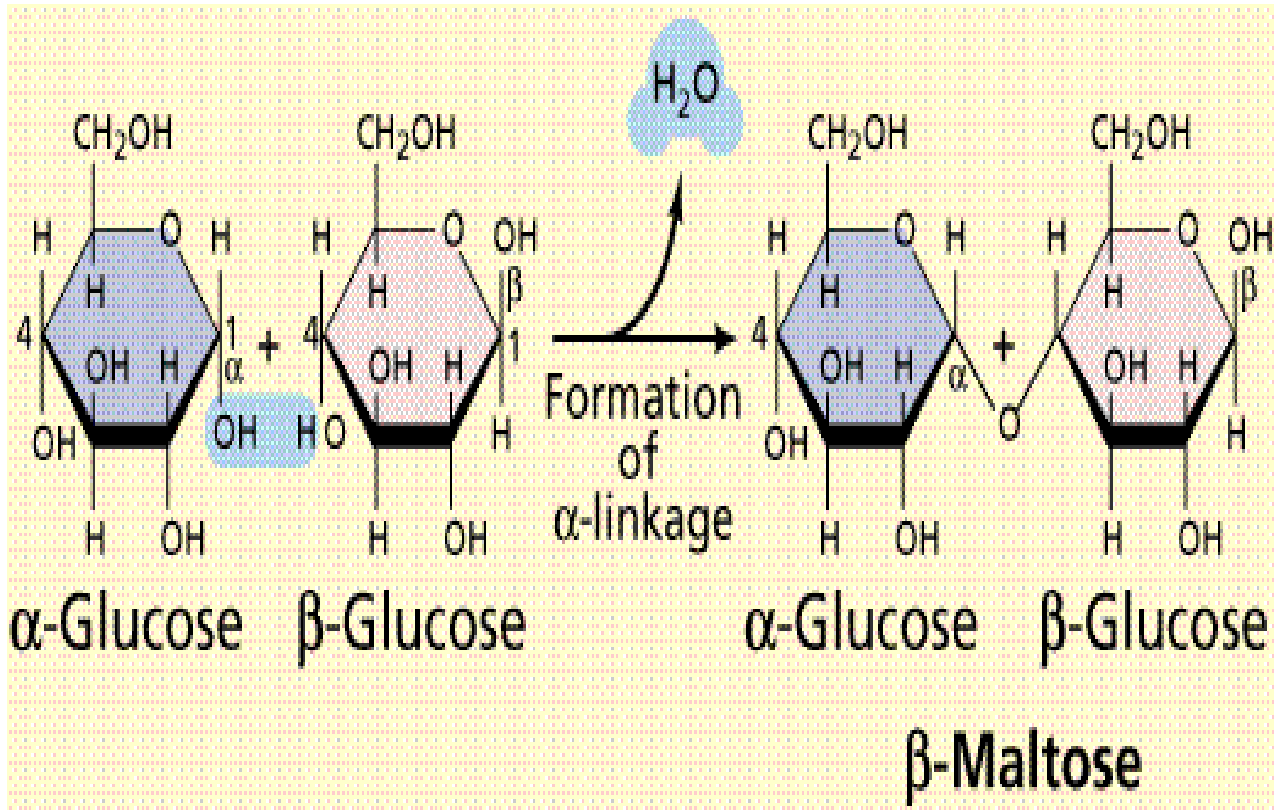
السكريات قليلة الوحدات:

وتتألف من اتحاد السكريات الاحادية المرتبطة فيما بينها برابط اوكسجيني او جسر اوكسجيني اعتمادا على عدد السكريات الاحادية المرتبطة وعدد جزيئات الماء المفقودة، حيث تتضمن مجموعة كبيرة ومهمة من الكربوهيدرات التي قد توجد بصورة حرة في الطبيعة او متحدة مع مواد اخرى ويشكل سكر السكروز واللاكتوز اهم السكريات المعدودة الموجودة في الطبيعة.

الاصرة الاوكسجينية:

تنشأ الاصرة الاوكسجينية بين اي سكرين احاديين بمشاركة مجموعة هيدروكسيلية من ذرة الكربون المختزلة من احد السكرين مع اي مجموعة هيدروكسيلية من السكر الاحادي الاخر مع فقدان جزيئة ماء. وقد تنشأ الاصرة الاوكسجينية بين مجموعتين هيدروكسيلتين تعودان الى ذرتين من الكربون مختزلتين ليتكون نتيجة ذلك سكر ثنائي غير مختزل.

الاوksجينية ممكن ان تعمل عند اي من وبسبب الشكل الثلاثي الأبعاد للسكريات الاحاديه فان الرابطه الزاويتين تسمى ألفا و بيتا ، كما موضح في المثال التالي:



وتقسم السكريات القليلة الوحدات الى :

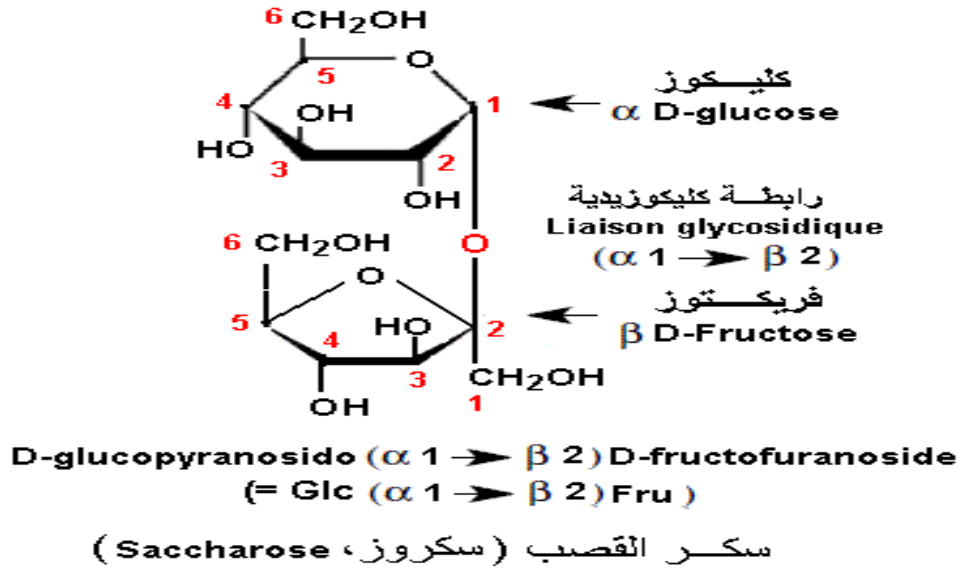
1- السكريات الثنائية:

تتألف السكريات الثنائية من جزيئين متشابهتين او مختلفتين من السكريات الاحادية ترتبطان فيما بينها برابط اوكسجيني وقد تكون مختزلة كما في اللاكتوز والمالتوز او غير مختزلة كما في السكروز. وتتشابه خصائص السكريات الثنائية مع الاحادية حيث تختزل محاليل املاح النحاس القاعدية (مثل محلول فهلنك) وتتمتع بظاهرة تغير التدوير الضوئي اضافة الى تفاعلها مع الفينيل هيدرازين لانتاج الاوسازون ومع ذلك فان هناك فرقا اساسيا بين السكرين يتمثل في عدم امكانية السكريات الثنائية المختزلة من اختزال خلاص النحاس في المحيط المتعادل او القليل الحامضية (تفاعل بارفويد) في وقت قصير كما تفعل السكريات الاحادية وتتجزأ السكريات الثنائية الى سكرين احاديين بمساعدة الانزيمات او الحوامض.

ومن الامثلة على السكريات الثنائية:

1- السكروز:

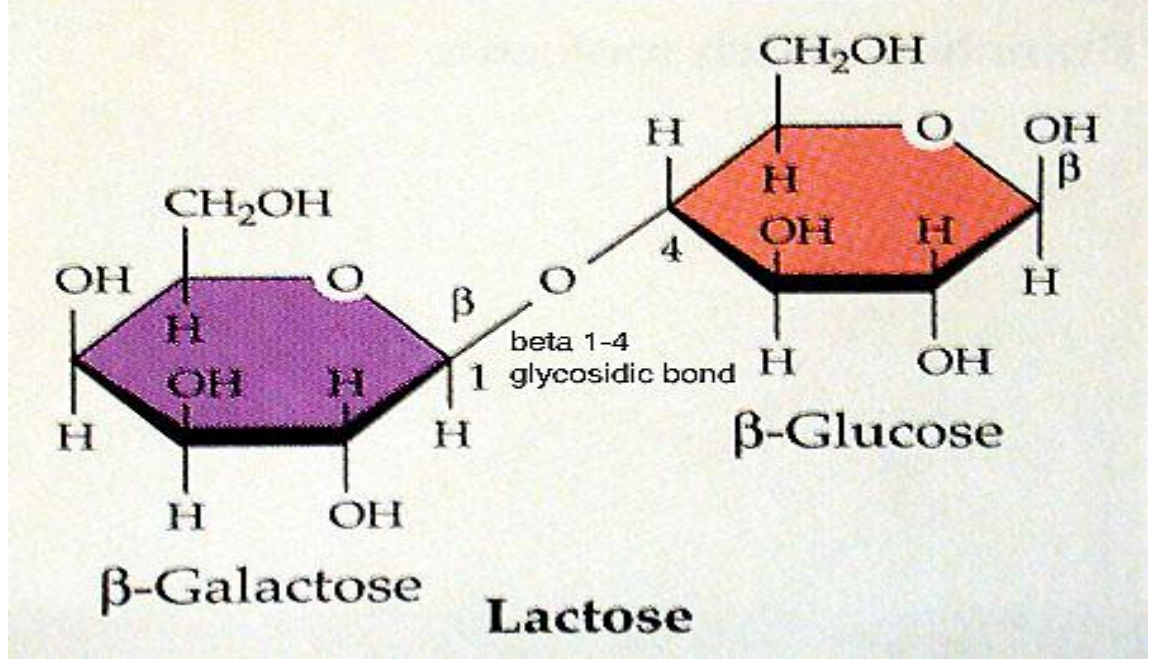
ويدعى بسكر القصب وهو السكر الاعتيادي المستعمل في الاغراض المنزلية ويكون موجودا في نباتات متعددة منها نبات البنجر وسكر القصب. ويتكون السكروز من ارتباط جزيئة واحدة من الكلوكوز وجزيئة واحدة من الفركتوز بطريقة تتضمن ارتباط المجاميع المختزلة في كل من السكريين الاحاديين المرتبطين حيث ترتبط ذرة الكربون رقم (1) من الكلوكوز مع ذرة كاربون رقم (2) للفركتوز بواسطة رباط اوكسجيني ينتج عند فقدان جزيئة ماء. ان تجزأ السكروز بواسطة الحوامض او انزيم الانفريز يتضمن تحول الفركتوز من الشكل الخماسي فيورانوز الى الشكل السداسي بيرانوز لتتحول تبعا لذلك درجة التدوير الضوئي من الموجب الى السالب، ويعتبر سكر السكروز غير مختزل (لماذا)؟ ويوضح الشكل التالي التركيب الكيميائي لسكر السكروز:



2- اللاكتوز:

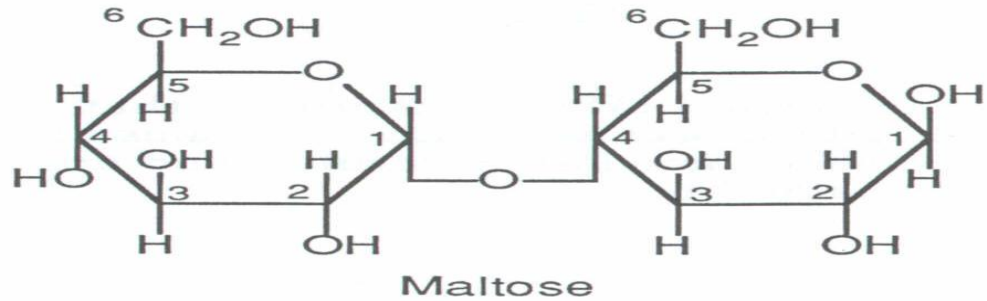
يوجد في الحليب (يحضر في غدد الحيوانات اللبنية من سكر الكلوكوز الموجود في الدم) وعند تميؤ سكر اللاكتوز حامضيا او بمساعدة انزيم اللاكتيز فانه ينتج جزيئة واحدة من الكلوكوز واللاكتوز ويعتبر اللاكتوز من السكريات المختزلة لان الكلوكوز الذي يكون على شكل بيرانوز يرتبط من خلال ذرته الرابعة بجسر اوكسجيني الى النهاية المختزلة في اللاكتوز الذي يتخذ ايضا شكل البيرانوز وبذلك

يبقى المركب محتفظا بالنهاية المختزلة في جزيئة الكلوكوز وبخلاف السكروز فانه يمكن كتابة اللاكتوز على شكل الفا او بيتا اعتمادا على موقع المجموعة الهيدروكسيلية في النهاية المختزلة، ويوضح الشكل التالي التركيب الكيميائي لسكر اللاكتوز:



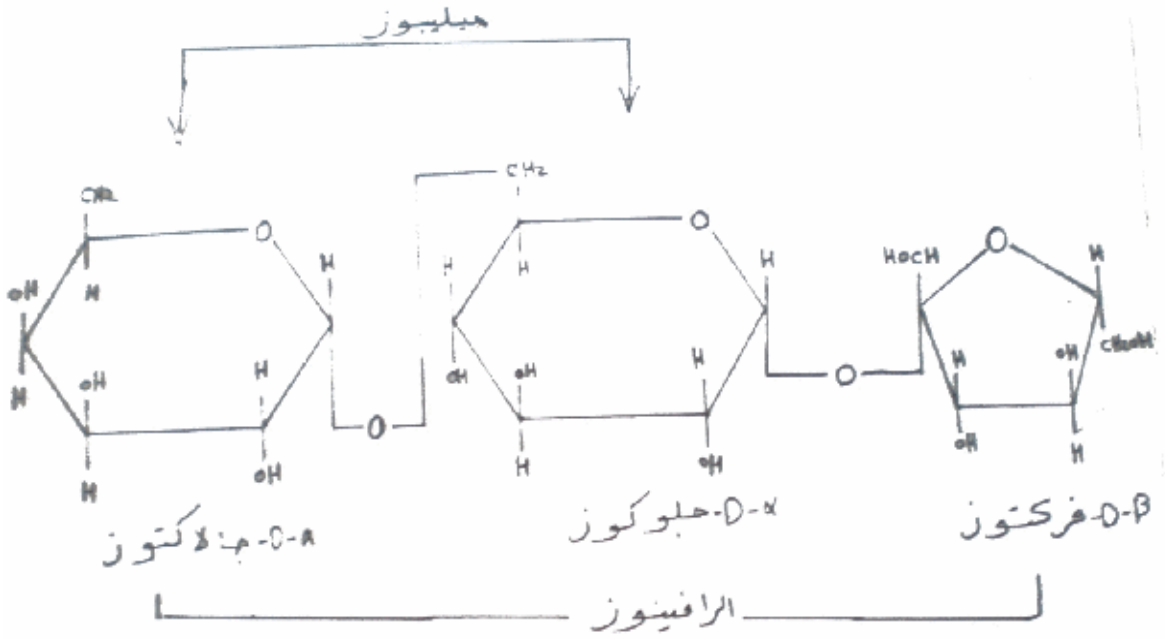
3- المالتوز:

يتألف من جزيئين من الكلوكوز (ترتبط ذرة الكربون رقم 1 في احدهما مع المجموعة المختزلة في ذرة الكربون رقم 4 في الجزيئة الثانية) مكونة سكرًا مختزلًا ويمكن الحصول على المالتوز في داخل الجسم الحيواني نتيجة تجزؤ النشاء اثناء عملية الهضم وكما في سكر اللاكتوز يتواجد المالتوز على شكلين الفا وبيتا اعتمادا على موقع المجموعة الهيدروكسيلية المختزلة، ويوضح الشكل التالي التركيب الكيميائي لسكر المالتوز:



4- السكريات الثلاثية:

تتألف من ارتباط ثلاث جزيئات من السكريات الاحادية بواسطة روابط اوكسجينية مثل سكر الراكفانوز (الذي يتألف من جزيئة واحدة من الكلوكوز والكلكتوز والفركتوز) حيث يرتبط الفركتوز مع الكلوكوز كارتباطهما في السكروز بينما ترتبط ذرة كاربون في الكلكتوز مع ذرة الكاربون في الكلوكوز بواسطة جسر اوكسجيني، ويعتبر سكر الراكفانوز سكر غير مختزل (لماذا)؟ وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:



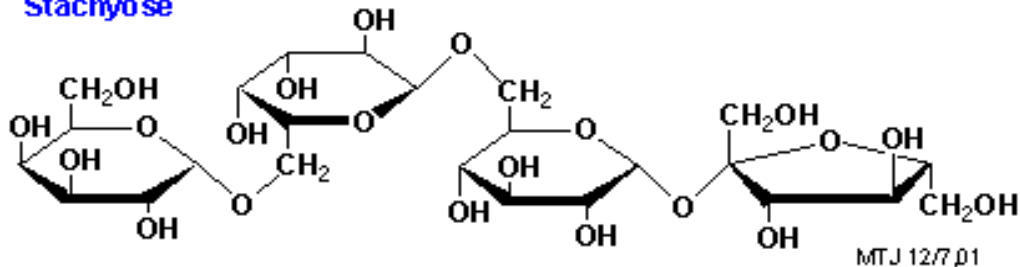
5- السكريات الرباعية والخماسية:

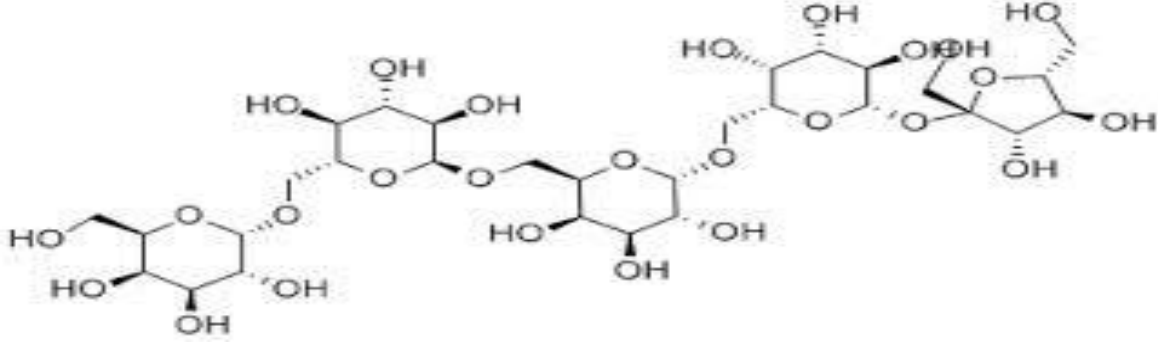
هناك سكران رباعيان معروفان في الطبيعة وهما stachyose and scrodoose

وسكر خماسي واحد هو Verbascose

وتعتبر جميعا من السكريات غير المختزلة، وكما موضح تركيبها الكيميائي في الاشكال التالية:

Stachyose





Verbascose

السكريات المتعددة:

السكريات المتعددة هي مركبات كربوهيدراتية تتألف من عشرة وحدات سكرية احادية وأكثر وبذلك فانها تعتبر مركبات بوليمرية من السكريات الاحادية ذات اوزان جزيئية عالية وتتميز بكونها مصادر جيدة للطاقة بسبب سهولة تحويلها الى سكريات مهضومة عند الحاجة اليها وتقسم الى نوعين:

1- سكريات متعددة متجانسة: وهي التي تحتوي على وحدات متكررة ترتبط مع بعضها بجسور اوكسيجينية من سكر احادي معين.

2- سكريات متعددة غير متجانسة: وهي التي تحتوي على نوعين او اكثر من السكريات الاحادية المختلفة.

وتوجد السكريات المتعددة على شكل سلسلة متفرعة مثل الكلايوجين او غير متفرعة مثل السليلوز.

ومن الامثلة على السكريات المتعددة هي:

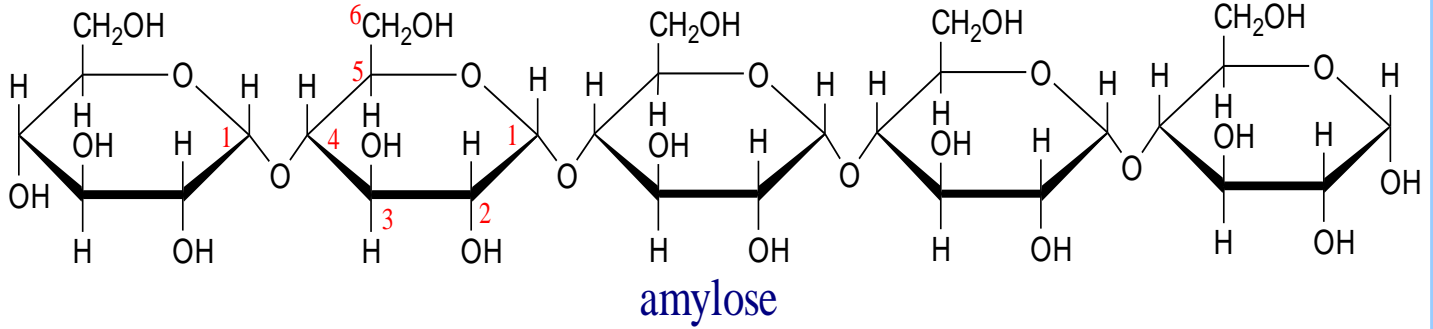
1. النشاء:

تقوم النباتات بواسطة عملية التركيب الضوئي بتصنيع الكلوكوز وتخزنه على شكل نشاء كخزين للطاقة التي قد تحتاجها النباتات او كمصدر غذائي للانسان الذي يتغذى على هذه النباتات ويوجد النشاء بشكل خاص في الجذور النباتية مثل البطاطا ويقسم النشاء الى نوعين:

1- الامايلوز:

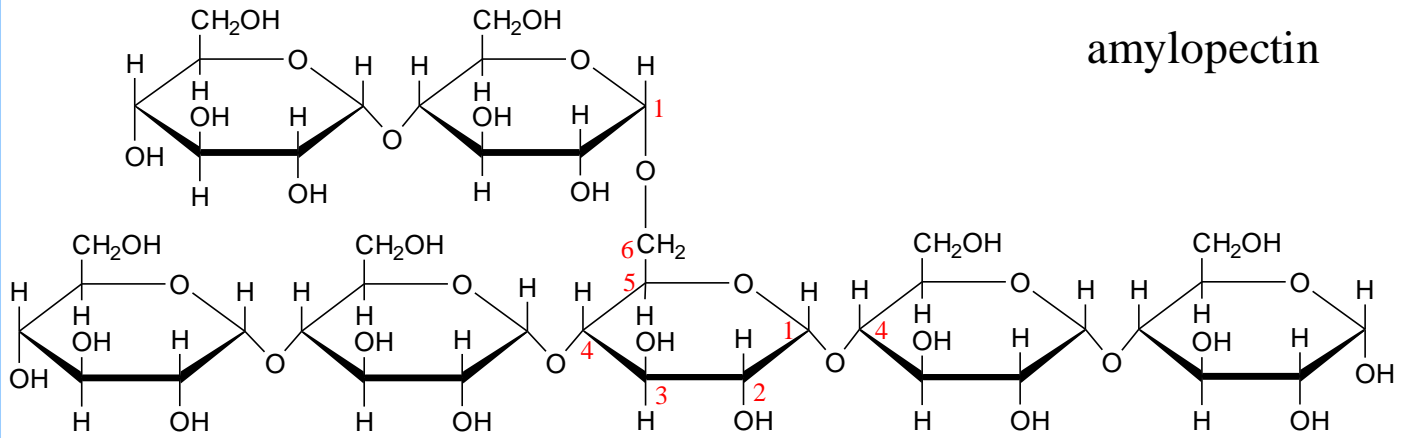
ويتألف من وحدات من سكر الكلوكوز ترتبط ببعضها بالرباط الاوكسجيني ألفا 1:4 ضمن سلاسل مستقيمة غير متفرعة وقد تعتبر امتدادا " لتركيب المالتوز وتحتوي على مجموعة سكرية حرة في احدى نهاياتها ويتراوح الوزن الجزيئي 4000-400,000 .

عند اتحاد الاميلوز مع اليود يعطي لون ازرق، وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:



2- الاميلوبكتين:

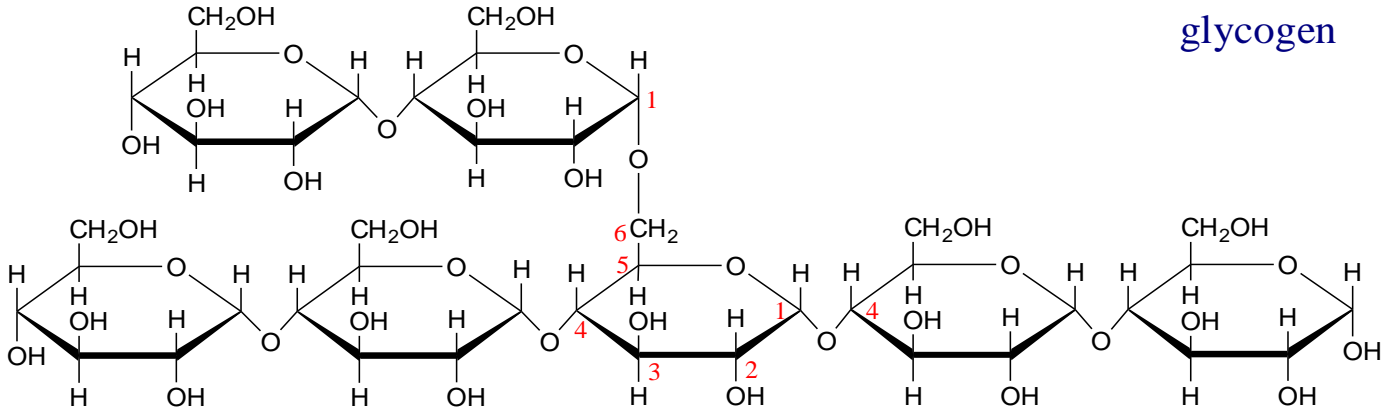
اضافة الى احتوائه وحدات من سكر الكلوكوز تترتب بما يشبه الاميلوز فان هذه السلاسل ترتبط مع بعضها بواسطة الارتباط الفا 1:6 ليشكل تركيبا متفرعا، ويتراوح الوزن الجزيئي 50 مليون. وعند اتحاده مع اليود يعطي اللون الاحمر البنفسجي، وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:



2. الكلايكوجين:

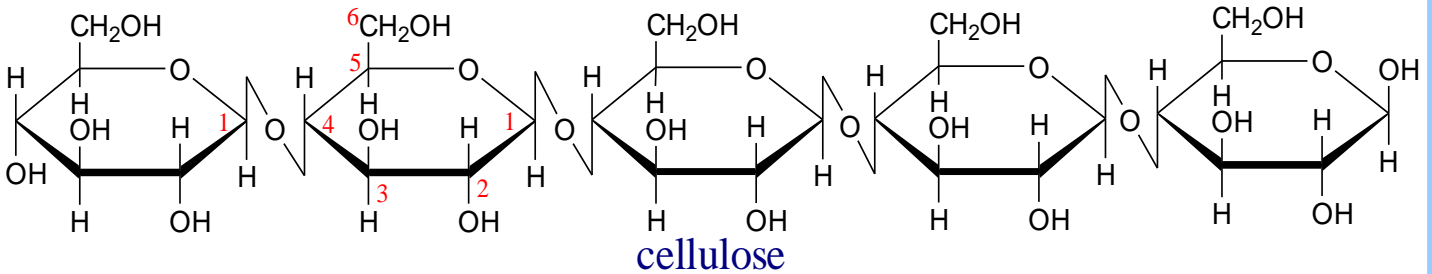
يوجد في الانسجة الحيوانية وخاصة في الكبد والانسجة العضلية، حيث يتشابه مع الاميلوبكتين من ناحية احتوائه على سلاسل متفرعة من وحدات متكررة من الكلوكوز الا ان السلسلة الافقية الواحدة في الكلايكوجين تكون اقصر مما هي عليه في الاميلوبكتين اذ يتراوح عدد جزيئات الكلوكوز في السلسلة الافقية الواحدة بين 12-18 جزيئة وبالإضافة الى ذلك فن عدد الارتباطات المتفرعة الفا-1,6 في الكلايكوجين تكون اكثر من الاميلوبكتين، وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:

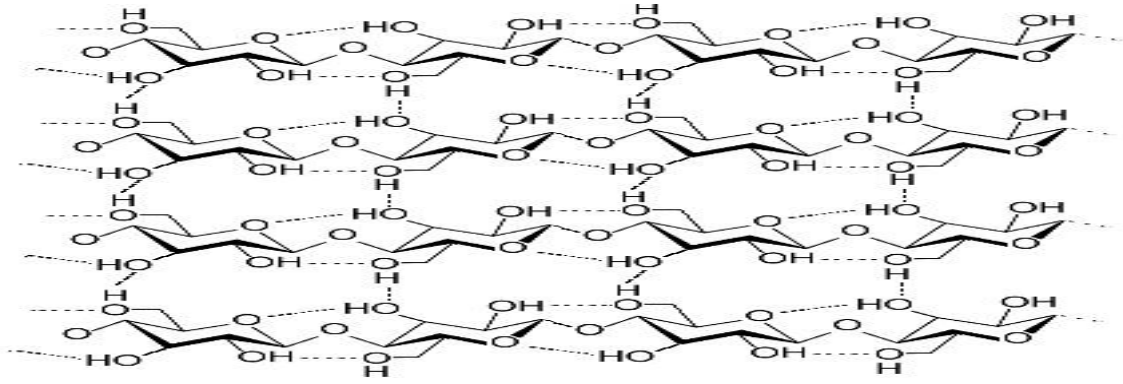
glycogen



3- السليلوز:

هو ليس اكثر السكريات المتعددة وجودا فحسب وانما ايضا اكثر المواد العضوية وجودا في الطبيعة ويتميز بمقاومته الشديدة للذوبان في معظم المذيبات عدا الحوامض المعدنية القوية التي تقضي على تركيبه البوليمري ويتكون السليلوز من سلاسل غير متفرعة من وحدات من سكر الكلوكوز وترتبط ببعضها بواسطة الارتباط بيتا-1,4 لتؤلف تركيبا بوليمريا ذا وزن جزيئي يزيد على 150,000 ، وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:

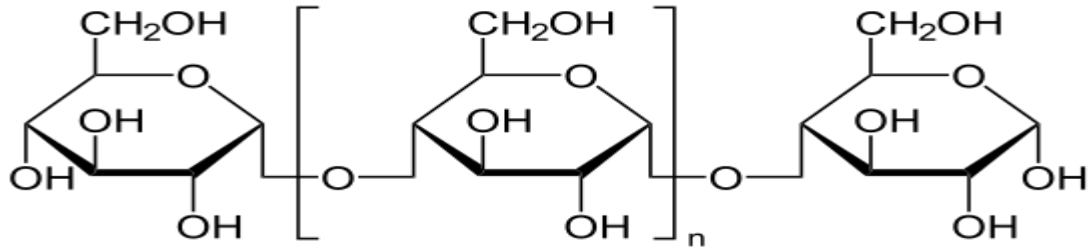




4. الدكستريانات:

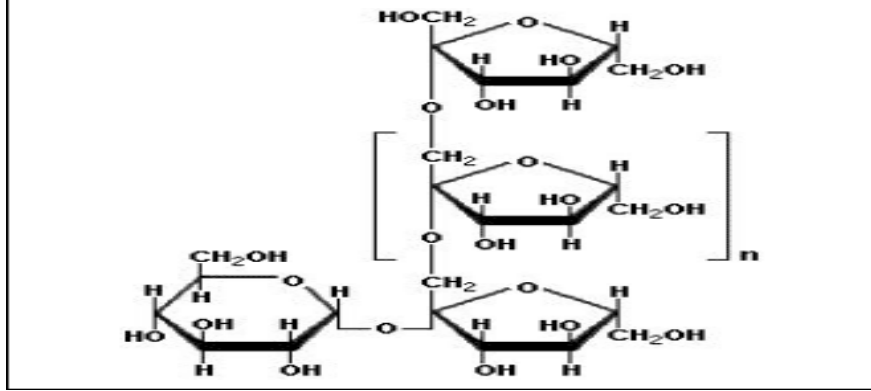
يتسبب التحلل الجزئي للنشويات بواسطة الحوامض او الانزيمات من نو الامايليز بظهور مركبات من نوع الدكستريانات وتتالف هذه المركبات من خليط معقد من الجزيئات ذات تركيب واحجام مختلفة. فالدكستريانات الناتجة عن الامايلوز تتالف من سلاسل غير متفرعة بينما تتالف الدكستريانات المتكونة من الامايلوبكتين من سلاسل متفرعة.

تتحد الدكستريانات العالية التفرع مع اليود لتعطي لونا احمر وتتميز الدكستريانات عموما بذائبيتها بالماء وبمذاقها الحلو اضافة الى احتوائها على مجاميع سكرية حرة تجعل منها مركبات مختزلة لمحاليل النحاس القاعدية، وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:



5. الانيولين:

وهو سكر متعدد يتالف من وحدات من سكر الفركتوز ويتميز بسهولة تحلله بواسطة الحوامض ويذوب بصورة جيدة في الماء الحار ولا ينتج لونا متخصصا عند اتحاده مع اليود ولا يتحلل بانزيم الامايليز بينما يتجزأ بانزيم الانيونيز ويتالف من سلسلة غير متفرعة ترتبط فيها وحدات الفركتوز بالرباط بيتا-1,2. . ويبلغ الوزن الجزيئي حوالي 5000 ولا يمكن تحليله بانزيم القناة الهضمية لذلك فانه لا يتمتع باية قيمة غذائية، وكما موضح تركيبه الكيميائي في الشكل التالي:



أسئلة الفصل الأول:

- س1/ كيف تنشأ الاصرة الاوكسيجينية؟ وضحاها مع ذكر مثال
- س2/ لماذا يعتبر بيتا - كلاكروز هو سكر مختزل بينما السكروز غير مختزل؟
- س3/ ما هي اوجه الاختلاف والتشابه بين الامايلوبكتين والكلايكوجين؟
- س4/ حدد نوع السكر مع توضيح السبب فيما اذا كان:
- 1- سكر احادي او ثنائي او ثلاثي. 2- سكر مختزل او غير مختزل.
- سكر (المالتوز ، بيتا - كلاكروز ، الرافينوز)
- س5/ ارسم صيغة هاورث وفيشر الحلقية لسكر المالتوز؟
- س6/ اذكر ثلاثة من مشتقات السكريات الاحادية مع ذكر مثال واحد لكل مشتق؟
- س7/ ما الفرق بين النشاء والسليوز؟ وكيف يتم التمييز بينهما مختبريا؟
- س8/ تعتبر السكريات الاحادية بشكل عام سكريات مختزلة؟
- س9/ وضح بمخطط مراحل تجزأ النشاء للحصول على سكر الكلوكوز؟

س10/ وضح بمخطط ميكانيكية تفاعل جزئيتين من الفنيل هيدرازين مع فيتامين حامض الاسكوريك لتكوين

البلورات الصفراء.

