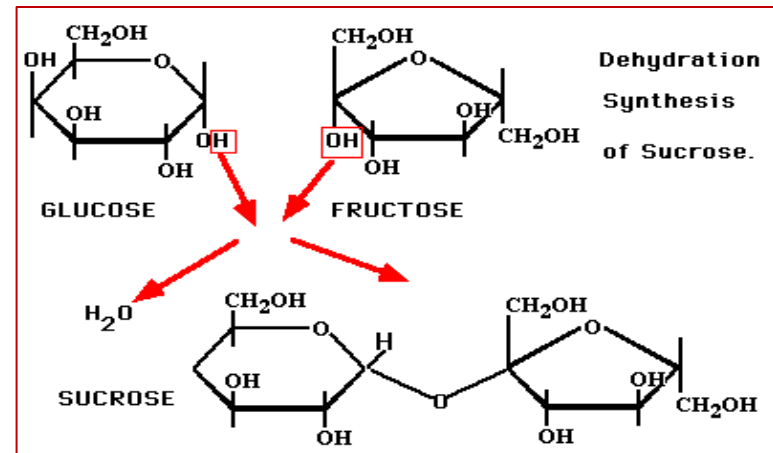


الكربوهيدرات (Carbohydrates)

مقرر 101 كيج
محاضرة رقم 16 - 18
إعداد: أ. عاتكة الشمري

T. Atika AL-Shammari



الكربوهيدرات

- هي عبارة عن مركبات عضوية ألدهيدية أو كيتونية عديدة الهيدروكسيل.
- تتكون من ذرات الكربون، الهيدروجين، والأوكسجين بنسبة 1:2:1 وصيغتها الجزيئية هي $(CH_2O)_n$.
- بالرغم من استقرار هذه الصيغة الجزيئية لمعظم المركبات الكربوهيدراتية، إلا أن بعضها لا يُظهر هذه النسبة وقد يحتوي بعضها أيضاً على نيتروجين، فسفور، أو كبريت.

الكربوهيدرات

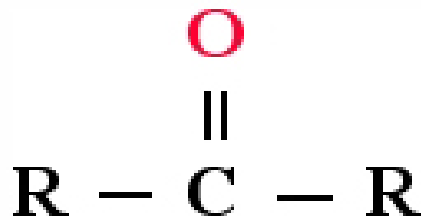
- توجد الكربوهيدرات في الأنسجة الحيوانية والنباتية.
- يتم تصنيعها في النباتات بواسطة البلاستيدات الخضراء التي تقوم بعملية تسمى التمثيل الضوئي وتشمل السيليلوز في هيكل النبات والنشا الذي يخزن ويستخدم لإنتاج الطاقة عند إنبات البذور.
- تعد الكربوهيدرات من أهم مصادر الطاقة بالنسبة للحيوان فتوجد على شكل جلوكوز وجليكوجين.

أهمية الكربوهيدرات

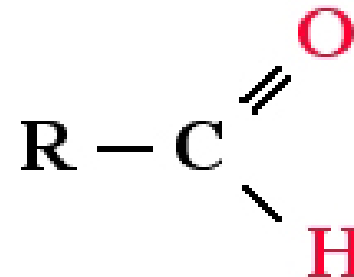
1. مصدر هام للطاقة في الخلية حيث يعطي الجرام من الجلوكوز 4.2 سعر حراري.
2. وحدات تركيبية لجدار وغشاء الخلية .
3. مكون خلوي ضروري لعمل ونمو الخلية .
4. تدخل في تركيب الأحماض النووية.
5. تكوين بعض الأحماض الأمينية الغير أساسية (عن طريق إضافة مجموعة أمين للحمض الكيتوني الكربوهيدراتي).
6. تكوين الجليكوجين الموجود في الكبد والعضلات الذي يستخدم لإنتاج الطاقة عند الحاجة.
7. الفائض منها يعمل على تكوين الدهون التي بدورها تُستخدم لإنتاج الطاقة.

التركيب الكيميائي للكربوهيدرات

- تحتوي جميع السكريات على مجموعة ألدهيد أو كيتون وتسمى سكريات ألدهيدية (Aldoses) لإحتوائها على ألدهيد عديد الهيدروكسيل أو سكريات كيتونية (Ketoses) لإحتوائها على كيتون عديد الهيدروكسيل.



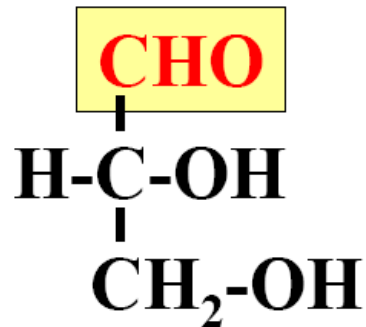
مجموعة الكيتون



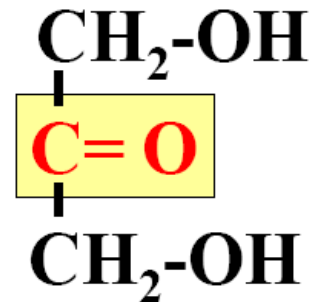
مجموعة الألدهيد

التركيب الكيميائي للكربوهيدرات

مثال على سكر ثلاثي (Triose) ألدهيدي وآخر كيتوني:



جليسرالدهيد



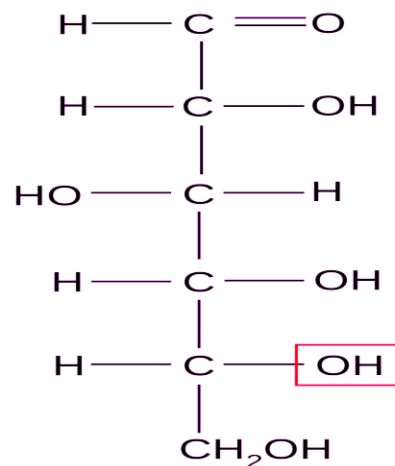
ثنائي هيدروكسي أسيتون

إنانشيومرات Enantiomers

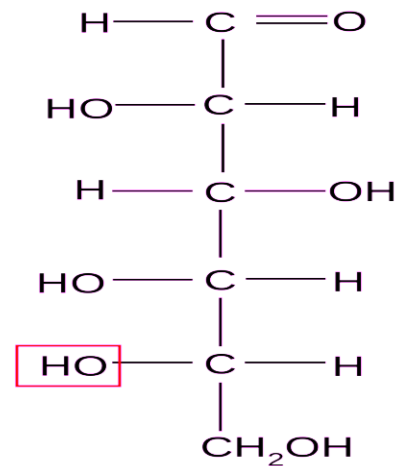
- هي عبارة عن شكلان لنفس السكر ولكن تختلف في أن كل شكل منها يُمثل صورة في المرآة للشكل الآخر فيسمى أحدهما (D) عندما تكون مجاميع الهيدروكسيل على يمين الشكل، ويسمى الآخر (L) عندما تكون مجاميع الهيدروكسيل على يسار الشكل.
- ولكل سكر أحادي زوج من الإنانشيومرات.
- معظم السكريات موجودة في الطبيعة على هيئة الـ (D-isomer)، وقد توجد بعض السكريات بهيئة الـ (L-isomer) مثل الأرابينوز (L-Arabinose).

إنانشيومرات Enantiomers

- بالنسبة للسكريات المحتوية على ذرتين أو أكثر من ذرات الكربون الغير متماثلة (الكيرالية) فإن الرمز D أو L يعود إلى ذرة الكربون الغير متماثلة الأبعد مسافة عن مجموعة الكربونيل.



D-glucose

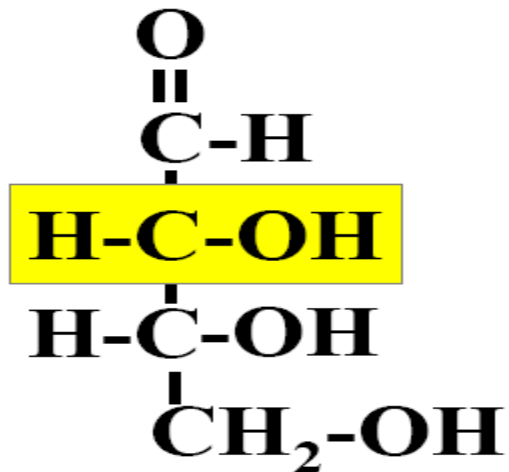


L-glucose

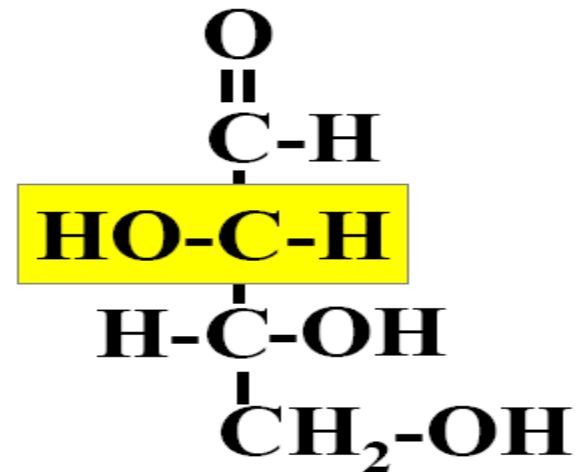
الإبيمرات (Epimers)

- هي سكريات أحادية لها نفس عدد ذرات الكربون ونفس التماكب (D أو L) ولكن تختلف فيما بينها في التوزيع الفراغي لمجموعة الهيدروكسيل حول ذرة الكربون الغير متناسقة.
- ومثال على ذلك سكر الإريثروز والثرايوز، كلاهما سكر ألدهيدي رباعي ولكن مجموعة الهيدروكسيل على يمين ذرة الكربون رقم 2 في السكر الأول وعلى يسارها في السكر الثاني.
- أي أن كلا من الإريثروز والثرايوز إبيمر للآخر.

الإبيمرات (Epimers)



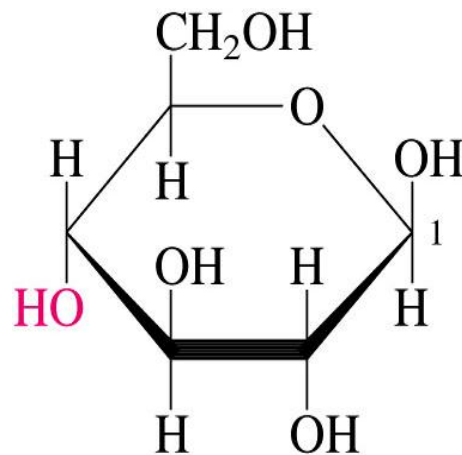
D-إريثروز



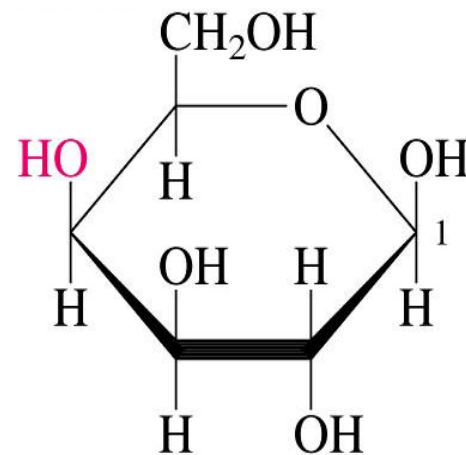
D-ثرايوز

الإبيمرات (Epimers)

- الجلوكوز والجالاكتوز الحلقيين هما إبيمرات فيما يتعلق بذرة الكربون رقم 4.



β -D-Glucose



β -D-Galactose

تقسيم الكربوهيدرات

تُقسم الكربوهيدرات تبعاً لعدد جزيئات السكريات البسيطة المكونة لها إلى:

Monosaccharides

• سكريات أحادية

Disaccharides

• سكريات ثنائية

Oligosaccharides

• سكريات قليلة الوحدات

Polysaccharides

• سكريات عديدة الوحدات

السكريات الأحادية

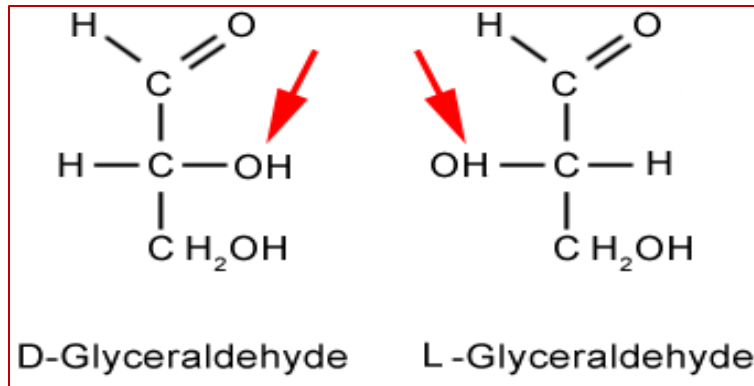
- غالباً ما تسمى بالسكريات البسيطة (Simple Sugar)،
- تعد أبسط وحدات الكربوهيدرات حيث تتكون من وحدة منفردة من ألدهيد متعدد الكربوكسيل أو وحدة منفردة من كيتون متعدد الكربوكسيل.
- لا يمكن تحليلها إلى وحدات سكريه أصغر.
- هي الوحدات البنائية للسكريات الأخرى.
- تشترك جميعها في الصيغة العامة $C_nH_{2n}O_n$ حيث $n=3$ أو أكثر.
- تُقسم السكريات الأحادية على حسب عدد ذرات الكربون المكونه لها إلى سكريات ثلاثية، سكريات رباعية، خماسية، سداسية، سباعية، وثمانية.

تسمية السكريات الأحادية

المقطع الدال على عدد ذرات الكربون + -ose		
عدد ذرات الكربون	المقطع اللاتيني	اسم السكر الأحادي
3	Tri-	Triose
4	Tetr-	Tetrose
5	Pent-	Pentose
6	Hex-	Hexose
7	Hept-	Heptose
8	Oct-	Octose

السكريات الأحادية

- أبسط السكريات الأحادية الألدهيدية هو سكر جليسر ألدهيد (Glyceraldehydes) أما أبسط السكريات الأحادية الكيتونية هو سكر ثنائي هيدروكسي أسيتون (Dihydroxyacetone).
- يحتوي الجليسر ألدهيد على ذرة كربون كيرالية (غير متناسقة) واحدة؛ لذلك هذا السكر له شكلان متناظران، أحدهما الموجود بالصورة الطبيعية ويرمز له بالرمز (D) والآخر بالرمز (L).



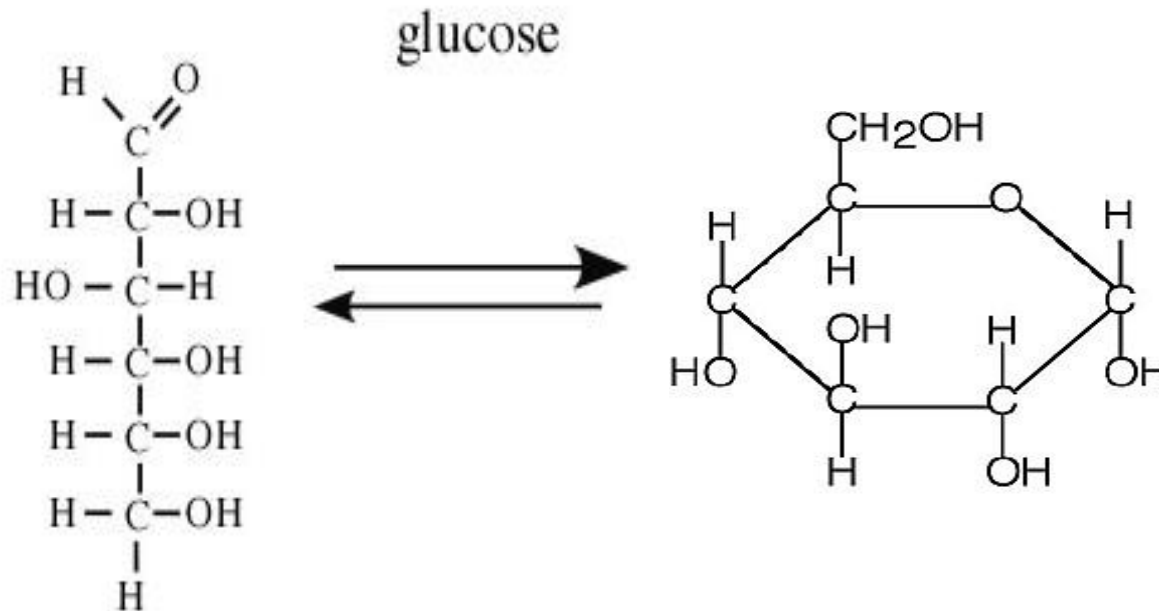
السكريات الأحادية

الجلوكوز Glucose:

- يُعد أبسط أنواع المواد الكربوهيدراتية ويُسمى سكر العنب وهو السكر الرئيسي في الدم.
- هو عبارة عن سكر سداسي ألدهيدي يُستخدم للحصول على الطاقة.
- يدخل في تكوين مركبات هامة:
 1. يرتبط بالفركتوز ليكون السكروز.
 2. يرتبط بالجالاكتوز ليكون اللاكتوز.
 3. يرتبط بالبروتين ليعطي الجليكوبروتين.
 4. يرتبط جزيئين منه ليعطي سكر المالتوز (سكر الشعير).
 5. يرتبط مع بعضه البعض ليعطي سكريات عديدة مثل سكر النشا أو الجليكوجين.

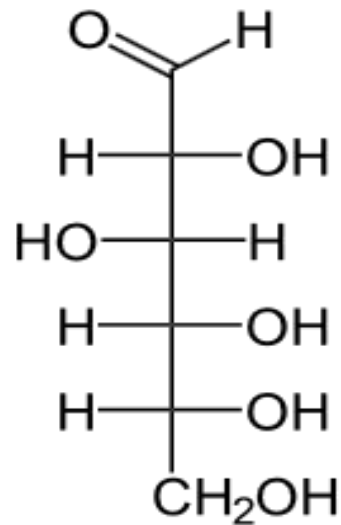
السكريات الأحادية

:Glucose الجلوكوز

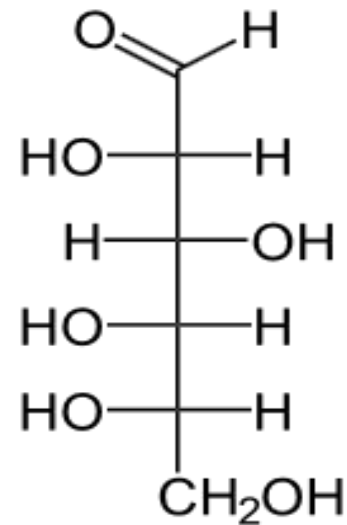


السكريات الأحادية

الجلوكوز :Glucose



D-Glucose

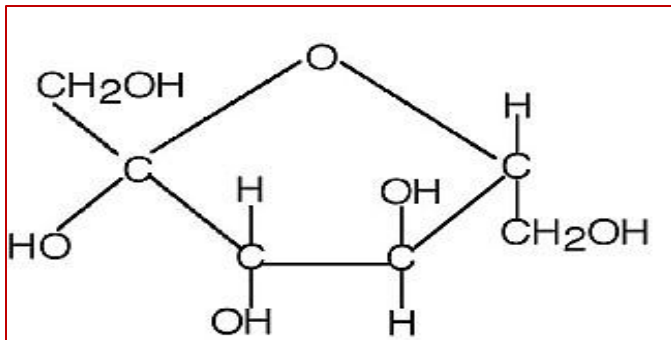


L-Glucose

السكريات الأحادية

الفركتوز Fructose:

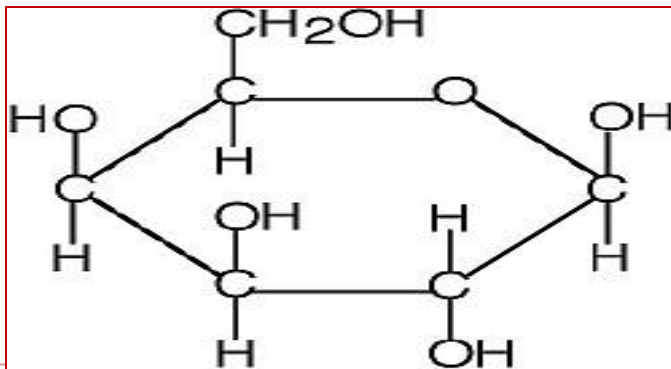
- يُسمى سكر الفاكهة وهو أكثر أنواع السكريات حلاوة وهو عبارة عن سكر سداسي كيتوني.
- يوجد في الطبيعة إما حراً أو مرتبطاً بالجلوكوز ليكوناً معاً السكروز.
- قد يرتبط مع بعضه البعض ليكون سكر الأنثولين (Inulin) وهو سكر مشابه لسكر النشا ويوجد في العديد من النباتات.



السكريات الأحادية

الجالاكتوز Galactose:

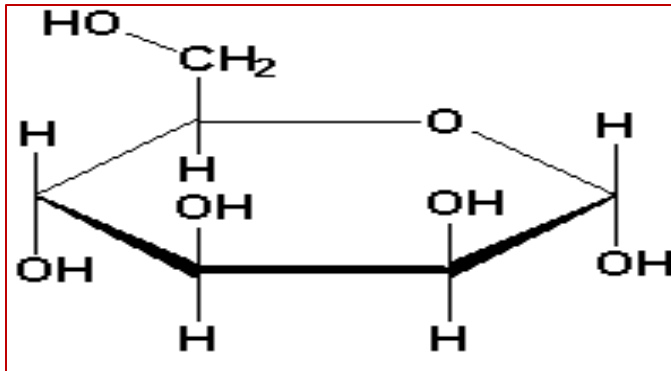
- يوجد في سكر الحليب، وهو عبارة عن سكر سداسي ألدهيدي يشبه سكر الجلوكوز ولكنه يختلف عنه في ذرة الكربون رقم 4 حيث توجد مجموعة الهيدروكسيل في الأعلى.
- هذا السكر لا يُوجد بصورة منفردة ولكن بصورة مرتبطة مع الجلوكوز مُكوناً اللاكتوز أو مع الدهون مُكوناً الجليكوليبيد أو مع الأحماض الأمينية مُكوناً الجالاكتوز أمين.



السكريات الأحادية

المانوز Mannose:

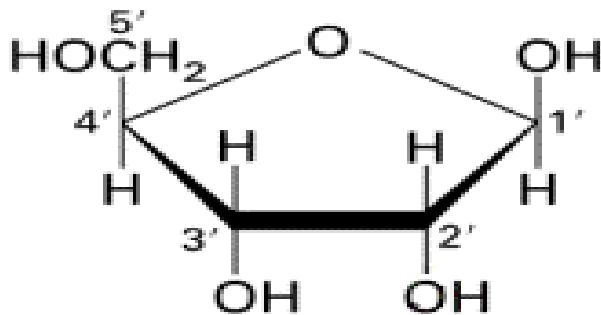
- هو إبيمر للجلوكوز عند ذرة الكربون رقم 2، وهو عبارة عن سكر سداسي ألدهيدي.
- قد يُوجد هذا السكر بصورة حرة أو مُتحدّاً مع بعض أنواع البروتينات.
- يُوجد هذا السكر في زلال البيض.



السكريات الأحادية

الرايبوز Ribose:

- أكثر السكريات الخماسية أهمية.
- أحد مكونات الأحماض النووية (DNA و RNA).
- يدخل في تركيب بعض العوامل المساعدة للإنزيمات مثل الـ NADH.

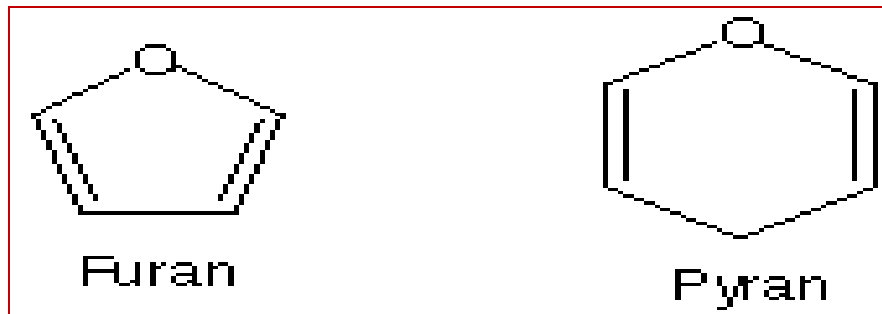


التركيب الحلقى للسكريات الأحادية

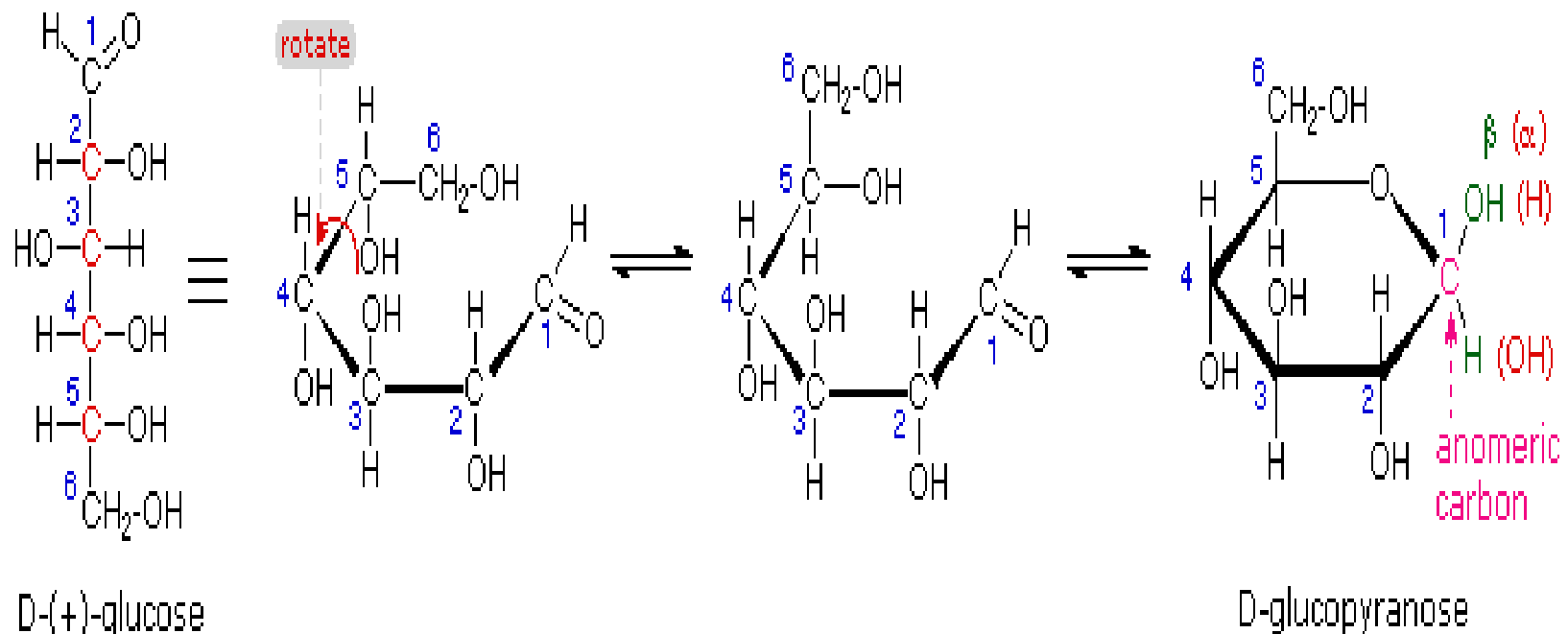
- التراكييب المختلفة للسكريات الألهيدية والكيتونية تُكتب على شكل سلسلة مفتوحة إذا كان السكر الأحادي ثلاثي أو رباعي.
- إذا كانت السكريات الأحادية مُكونة من 5 ذرات كربون أو أكثر فإنها تُكتب بشكل تراكييب حلقي (مغلقة).
- تتكون الأشكال الحلقية نتيجة إرتباط مجموعة الألهيد المتصلة بذرة الكربون رقم 1 مع مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بذرة الكربون رقم 5 للحصول على حلقة سداسية تشبه حلقة البيوران أو مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بذرة الكربون رقم 4 للحصول على حلقة خماسية تشبه حلقة الفيوران.

التركيب الحلقى للسكريات الأحادية

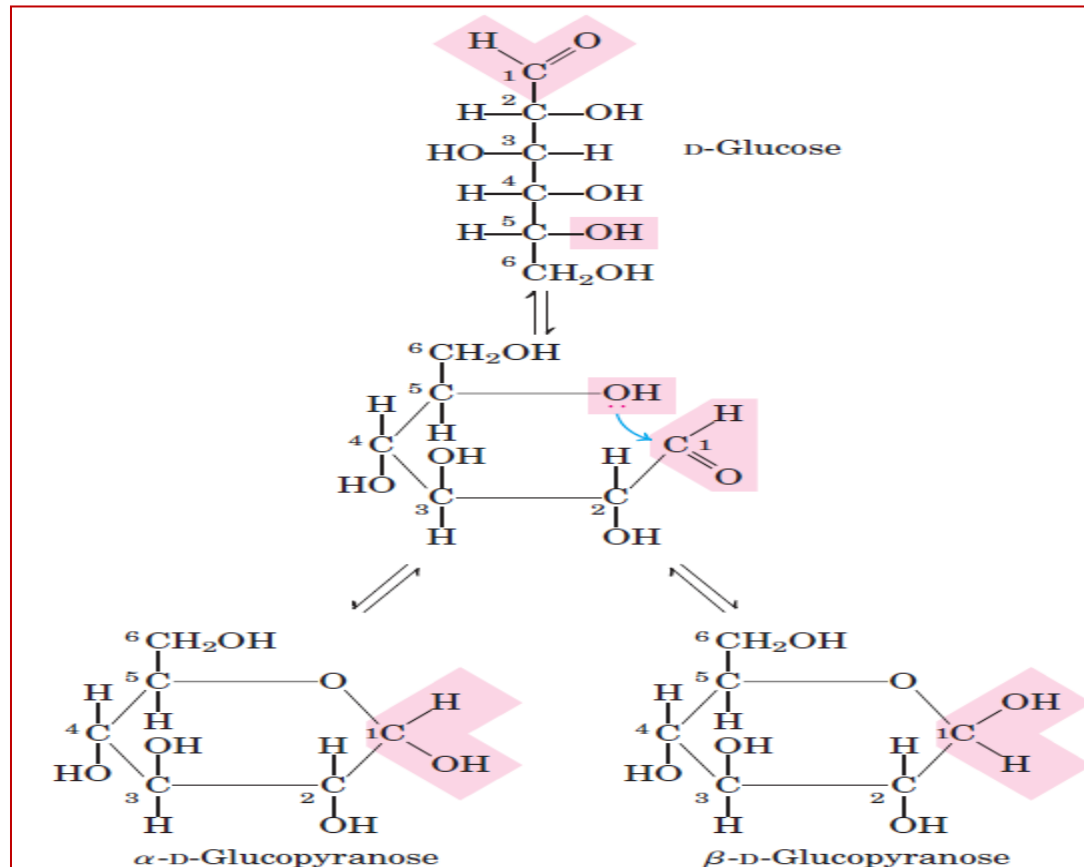
- ويُلقق بإسم السكر ذي الحلقة السداسية البيورانوز (Pyranose) ويسمى سكر الجلوكوز ذا الصيغة الحلقية بـ Glucopyranose.
- ويُلقق بإسم السكر ذي الحلقة الخماسية الفيورانوز (Furanose) ويسمى سكر الفركتوز ذا الصيغة الحلقية بـ Fractofuranose.



التركيب الحلقى للسكريات الأحادية



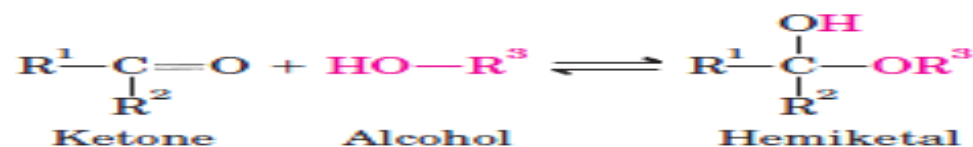
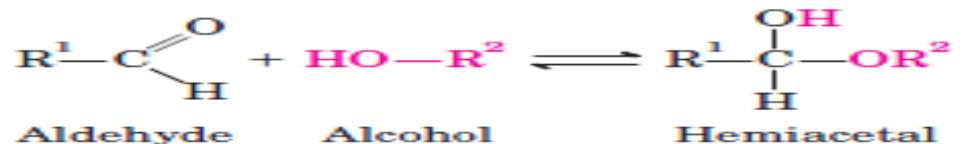
التركيب الحلقى للسكريات الأحادية



التركيب الحلقى للسكريات الأحادية

يتكون التركيب الحلقى في السكريات الأحادية بسبب:

1. ميل مجموعة الكربونيل (الألدهيد أو كيتون) للتفاعل مع مجموعة الكحول وتكوين هيمي أستيتال مع مجموعة الألدهيد أو تكوين هيمي كيتال مع مجموعة الكيتون.
2. تركيب الهيمي أستيتال أو الهيمي كيتال أكثر ثباتاً واستقراراً من الصور الحرة (مجموعة الكحول ومجموعة ألدهيد أو الكيتون).



التركيب الحلقى للسكريات الأحادية

- مع تكوين رابطة الهيمي أسيتال الداخلية تصبح ذرة الكربون الأولى الألدهيدية (ذرة الكربون الثانية في السكريات الكيتونية) غير متناسقة وبالتالي نشوء مشابهيين تبعاً لاتجاه مجموعة الهيدروكسيل على تلك الذرة.
- إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل إلى أسفل يطلق على المتناظر ألفا (α) وإذا اتجهت إلى أعلى يطلق عليه بيتا (β).
- لهذا فان ذرة الكربون رقم 1 تسمى بذرة الكربون الأنوماريه و يسمى الشكلان ألفا و بيتا بالأنومرز .

تكوين الرابطة الجلايكوسيدية

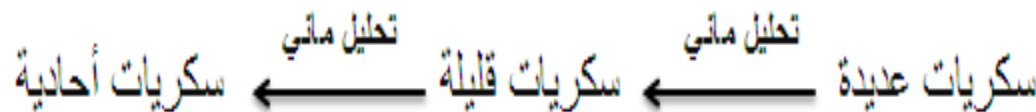
- ترتبط وحدات السكر الأحادي مع بعضها البعض بروابط جلايكوسيدية لتكون السكريات الثنائية أو قليلة الوحدات أو السكريات العديدة.

تتكون هذه الرابطة عند:

- i. إرتباط المجموعة المختزلة (مجموعة الألدهيد أو الكيتون) في السكر الأول مع مجموعة الكحول في جزيء السكر الثاني مع فقد جزيء ماء لتعطي سكر مختزل مثل اللاكتوز والمالتوز.
- ii. إرتباط المجموعة المختزلة (مجموعة الألدهيد أو الكيتون) في السكر الأول مع المجموعة المختزلة في جزيء السكر الثاني مع فقد جزيء ماء لتعطي سكر غير مختزل مثل السكروز.

السكريات الثنائية و قليلة الوحدات

- تتكون السكريات الثنائية من إرتباط جزيئين من جزيئات السكر الأحادي مع بعضها البعض.
- تتكون السكريات القليلة من إرتباط عدد قليل من جزيئات السكر الأحادي مع بعضها البعض.
- تتراوح مكونات السكريات القليلة من ثلاثة إلى تسع وحدات من السكر البسيط.
- يمكن الحصول عليها بواسطة التحلل المائي للسكريات العديدة.



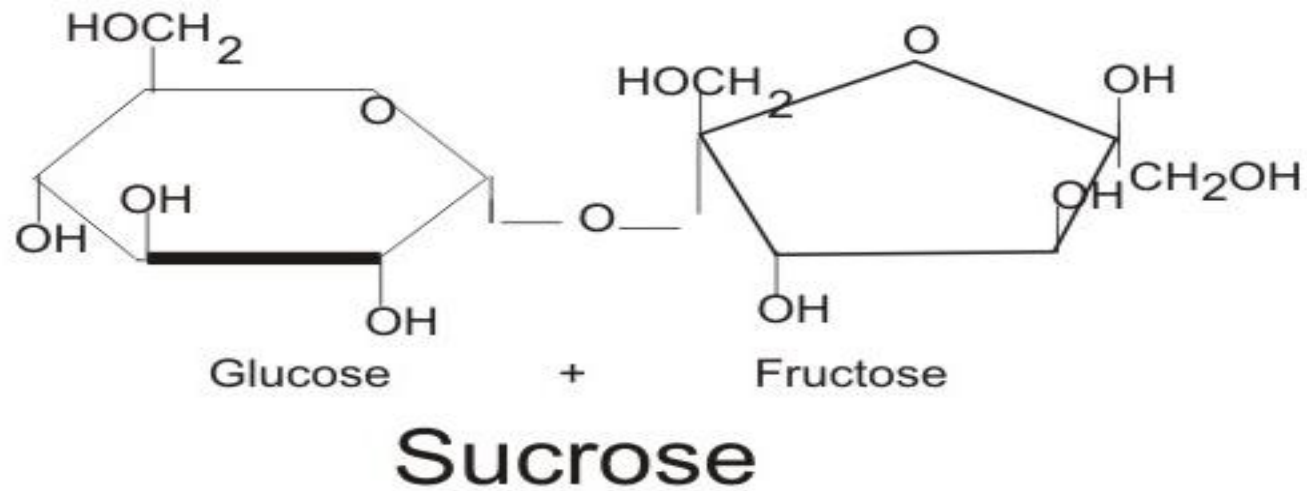
السكريات الثنائية

السكروز Sucrose:

- يُعرف بسكر القصب لكثرة وجوده فيه.
- يمينى الدوان (D-Sucrose).
- ليست له قدرة إختزالية.
- يتكون من إرتباط جزيء جلوكوز من نوع ألفا (α -D-Glucose) مع جزيء فركتوز بيتا (β -D-Fructose) برابطة جلايكوسيدية، حيث تتكون هذه الرابطة بين ذرة الكربون رقم 1 في حلقة البيوران مع ذرة الكربون رقم 2 في حلقة الفيوران (α -1 \rightarrow 2).
- يتحلل مائياً بوجود الأحماض أو بواسطة الإنزيمات ليعطي جلوكوز وفركتوز.

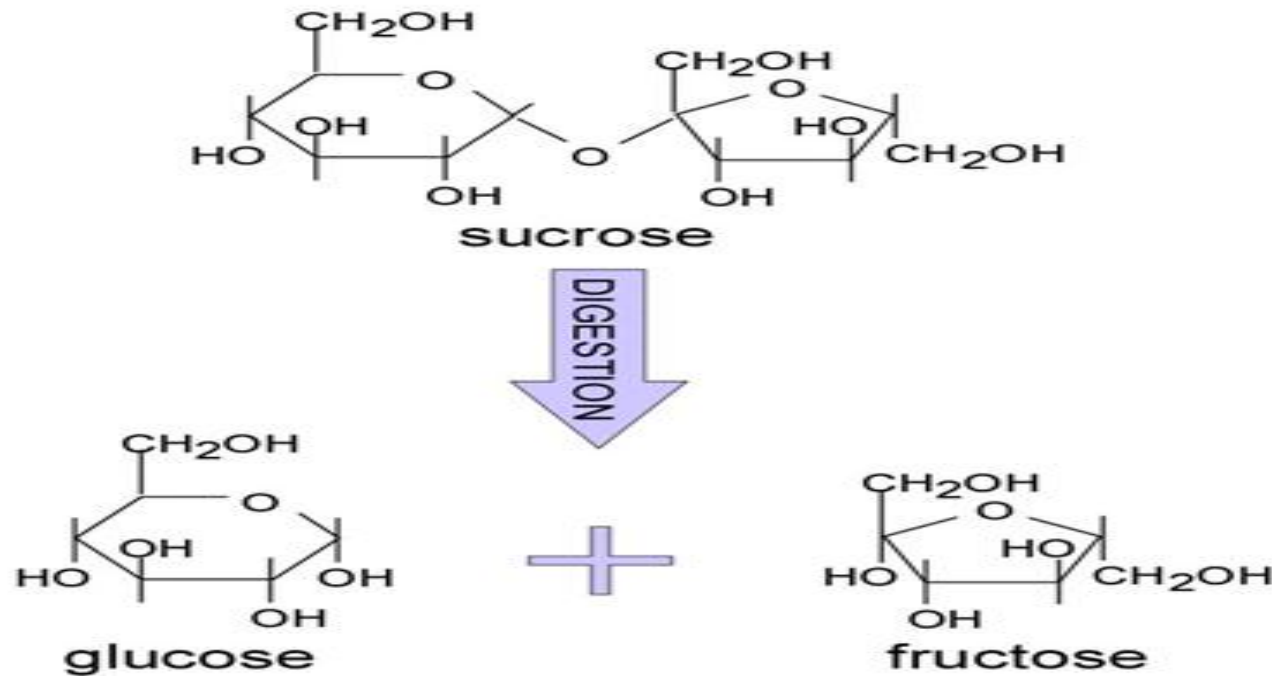
السكريات الثنائية

السكروز : Sucrose



السكريات الثنائية

التحلل المائي للسكروز:



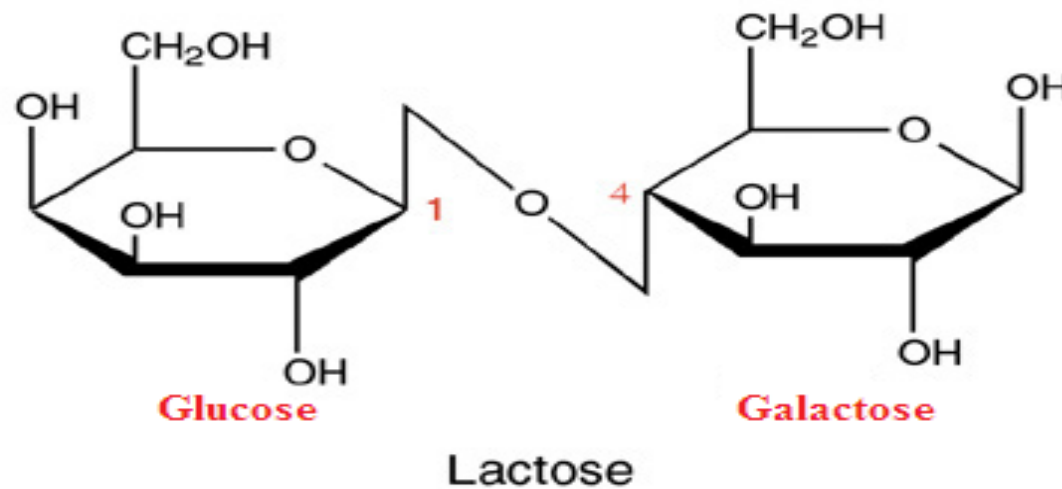
السكريات الثنائية

اللاكتوز Lactose:

- يسمى بسكر الحليب.
- يتكون من ارتباط جزيء جلوكوز مع جزيء جلاكتوز برابطة جلايكوسيدية من نوع $(\beta-1 \rightarrow 4)$.
- له قدرة إختزالية وهو يميني الدوران (D-Lactose).
- لا يمكن الحصول عليه بالتحلل المائي مثل باقي السكريات العديدة.

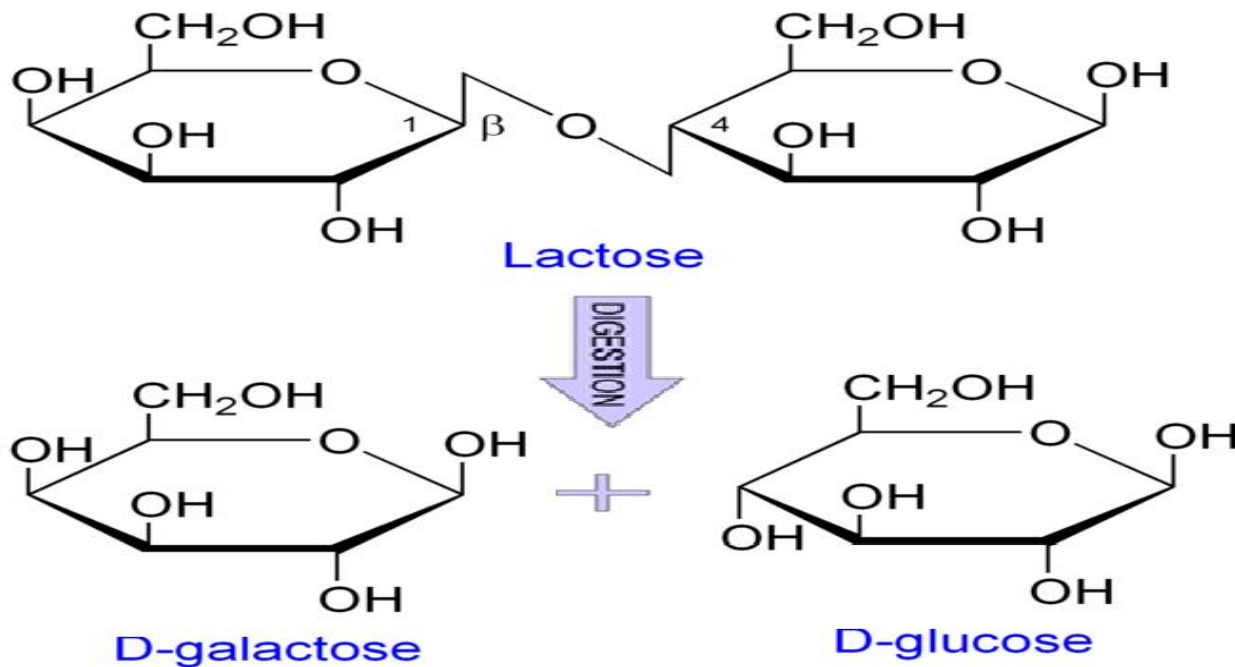
السكريات الثنائية

اللاكتوز Lactose:



السكريات الثنائية

اللاكتوز :Lactose



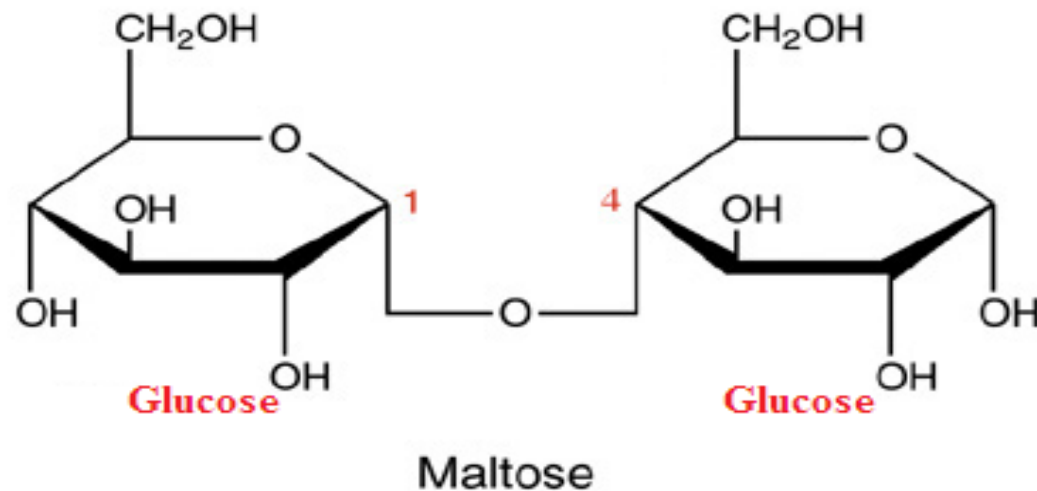
السكريات الثنائية

المالتوز Maltose:

- يُسمى سكر الشعير بسبب كثرة وجوده في بذور الشعير.
- يتكون من إرتباط جزئين من الجلوكوز برابطة جلايكوسيدية من نوع α - $(1 \rightarrow 4)$.
- له قدرة إختزالية وهو يميني الدوران (D-Maltose).
- يمكن الحصول عليه بالتحلل المائي أو الإنزيمي للنشا.

السكريات الثنائية

المالتوز Maltose:



السكريات عديدة الوحدات

- هي ناتجة عن ارتباط عدد كبير من السكريات الأحادية يفوق عددها تسع وحدات وقد يصل إلى عدة آلاف.
- تختلف عن بعضها البعض باختلاف نوع وعدد السكريات الأحادية المكونة لسلسلها وأيضاً باختلاف طريقة ارتباط مكوناتها من السكريات الأحادية ببعضها البعض.
- تكون السكريات العديدة من سلاسل مستقيمة أو متفرعة.
- قد تكون متجانسة (Homo-polysaccharides) عندما تحتوي على نوع واحد من السكريات الأحادية مثل السيليلوز والنشا.
- أو تكون غير متجانسة (Hetero-polysaccharides) عندما تحتوي على أكثر من نوع من السكريات الأحادية مثل الهيبارين.

السكريات عديدة الوحدات

النشا Starch:

- لا يخزن الجلوكوز في النباتات نظراً لذوبانيته العالية ولكن يتم تخزينه في شكل نشا.
- يتكون النشا من ترابط وحدات متكررة من سكر الجلوكوز (D- α -Glucose) بروابط جلايكوسيدية من نوع (α -1 \rightarrow 4).
- يمثل النشا المخزون الكربوهيدراتي في النباتات حيث يخزن في الدرنات، القمح، والأرز.
- تختلف حبيبات النشا في الحجم والشكل حسب المصدر النباتي.

السكريات عديدة الوحدات

النشا Starch:

- بالرغم من توفر مجاميع مختزلة الطرفية (الحرّة) في جزيء النشا إلا أنه لا يُعطي نتيجة إيجابية في إختبارات الإختزال (أي أنه سكر غير مختزل).
- يرجع السبب في ذلك لأن نسبة جزيئات الجلوكوز الطرفية قليلة جداً عند مقارنتها مع نسبة جزيئات الجلوكوز الغير طرفية (المكونة للسلسلة) نظراً لكبر حجم جزيء النشا.

السكريات عديدة الوحدات

النشا Starch:

- بالرغم من وجود عدد هائل من مجاميع الهيدروكسيل وذرات الهيدروجين اللتان تجعلان هذا الجزيء محب للماء إلا أن النشا شحيح الذوبان في الماء البارد ويعطي محاليل غروية في الماء الساخن.
- يرجع عدم ذوبانيته في الماء نظراً لوزنه الجزيئي العالي الذي قد يصل إلى آلاف الكيلو من الدالتون.
- يمكن فصله بالتسخين إلى مكونين رئيسيين هما: الأميلوز والأميلوبكتين.

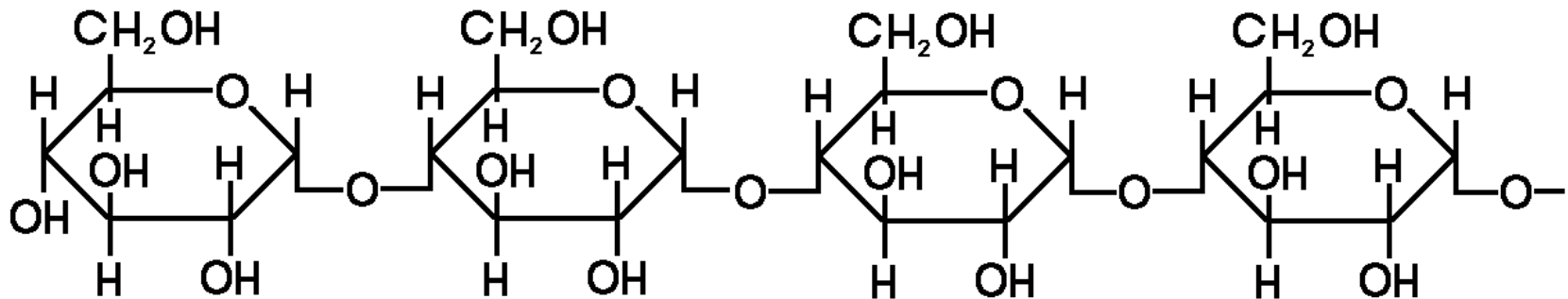
السكريات عديدة الوحدات

الأميلوز Amylose:

- يُمثل الأميلوز 10-20% من النشا.
- شحيح الذوبان في الماء ولكن ذوبانيته أعلى من الأميلوبكتين.
- يتكون من إرتباط عدد كبير من جزيئات ألفا D جلوكوز بعضها ببعض بروابط جلايكوسيدية من نوع $(\alpha-1 \rightarrow 4)$.
- يتخذ الشكل الحلزوني بحيث أن كل إتفاقة تحتوي على 6 جزيئات من سكر الجلوكوز.
- يعطي اللون الأزرق عند إرتباطه باليود، حيث ترتبط جزيئات اليود بالتفافات الأميلوز.

السكريات عديدة الوحدات

الأميلوز :Amylose



Amylose

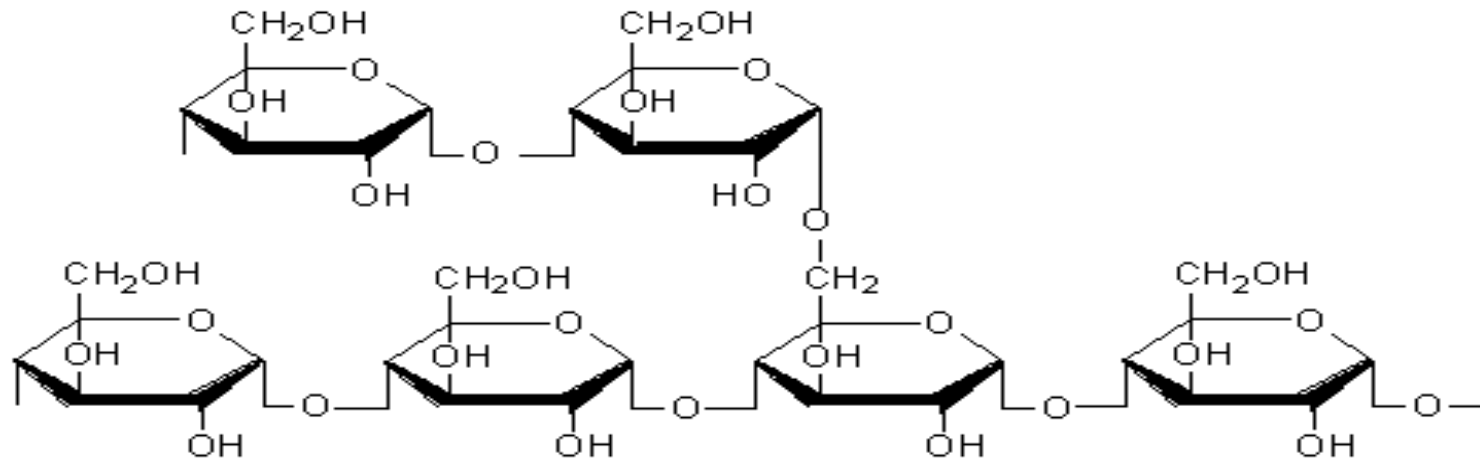
السكريات عديدة الوحدات

الأميلوبكتين Amylopectin:

- يُمثل الأميلوبكتين 80-90% من النشا.
- يُشبه الأميلوز في التركيب حيث يتكون من إرتباط عدد كبير من جزيئات ألفا D جلوكوز بعضها ببعض بروابط جلايكوسيدية من نوع $(\alpha-1 \rightarrow 4)$.
- لكنه يختلف عنه في أن وحدات الجلوكوز المكونه له أكثر بكثير من الأميلوز وكذلك في وجود تفرعات في الأميلوبكتين حيث ترتبط سلسلة أخرى بالسلسلة الأصلية برابطة من نوع $(\alpha-1 \rightarrow 6)$.

السكريات عديدة الوحدات

الأميلوبكتين :Amylopectin



Amylopectin

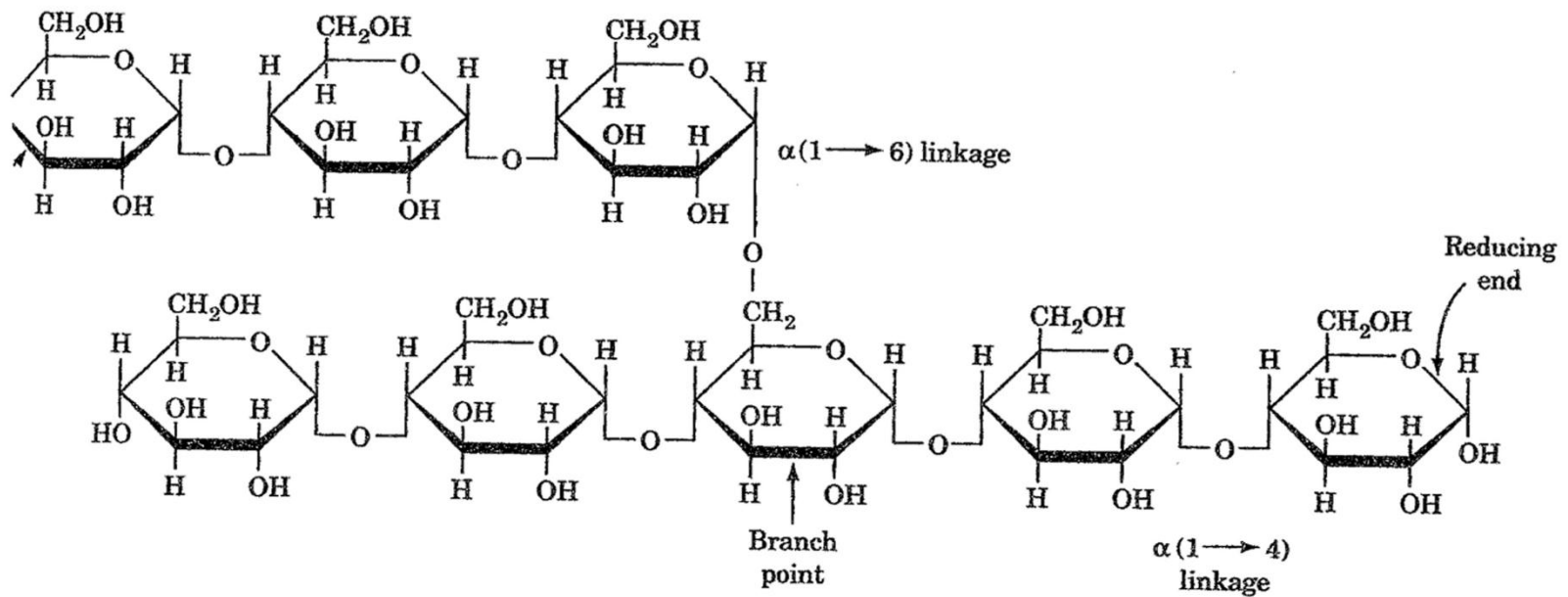
السكريات عديدة الوحدات

الجليكوجين Glycogen:

- يُمثل المخزون الكربوهيدراتي في الحيوانات لذلك يُسمى النشا الحيواني، ويوجد في أنسجة الحيوانات وبشكل كبير في الكبد والعضلات.
- يُشبه الجليكوجين في تركيبه الأميلوبكتين وذلك:
 - ✓ في التفرع.
 - ✓ يتكون من وحدات جلوكوز.
 - ✓ يكون رابطته من نوع $(\alpha-1 \rightarrow 4)$ وكذلك $(\alpha-1 \rightarrow 6)$.
- ويختلف عن الأميلوبكتين في أنه:
 - ✓ أضخم منه، قد يصل وزنه الجزئي إلى عدة ملايين.
 - ✓ تفرعاته كثيرة، حيث يوجد في كل 8-12 جزيء جلوكوز تفرع.

السكريات عديدة الوحدات

الجليكوجين Glycogen:



Glycogen

السكريات عديدة الوحدات

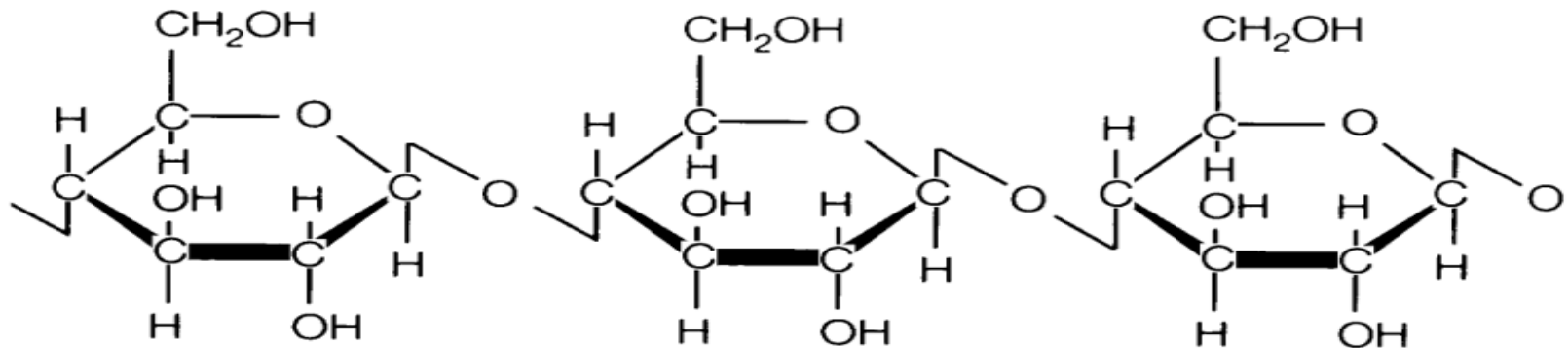
السيلولوز Cellulose:

- يُعد السيلولوز المكون الأول لجدران الخلايا والخشب والكتان.
- يوجد بصورة نقية في ألياف القطن.
- يتكون من جزيئات جلوكوز (يتراوح عددها من 2000 إلى 9000 جزيء) ترتبط مع بعضها البعض بروابط جلايكوسيدية من نوع $(\beta-1 \rightarrow 4)$ وهي رابطة مقاومة للتحلل المائي نسبياً.
- يختلف عن الجلايكوجين والأميلوبكتين في كونه غير متفرع ويوجد في سلسلة مستقيمة.

السكريات عديدة الوحدات

السيليلوز Cellulose:

- لا يستطيع جسم الإنسان هضم السيليلوز، وذلك لأن الجهاز الهضمي للإنسان ومعظم الحيوانات لا يحتوي على إنزيمات هاضمة أو محللة للسيليلوز وبالتالي غير قادرة على كسر الرابطة الجلايكوسيدية من نوع $(\beta-1 \rightarrow 4)$.



Cellulose

*Do You Have Any
Question?*