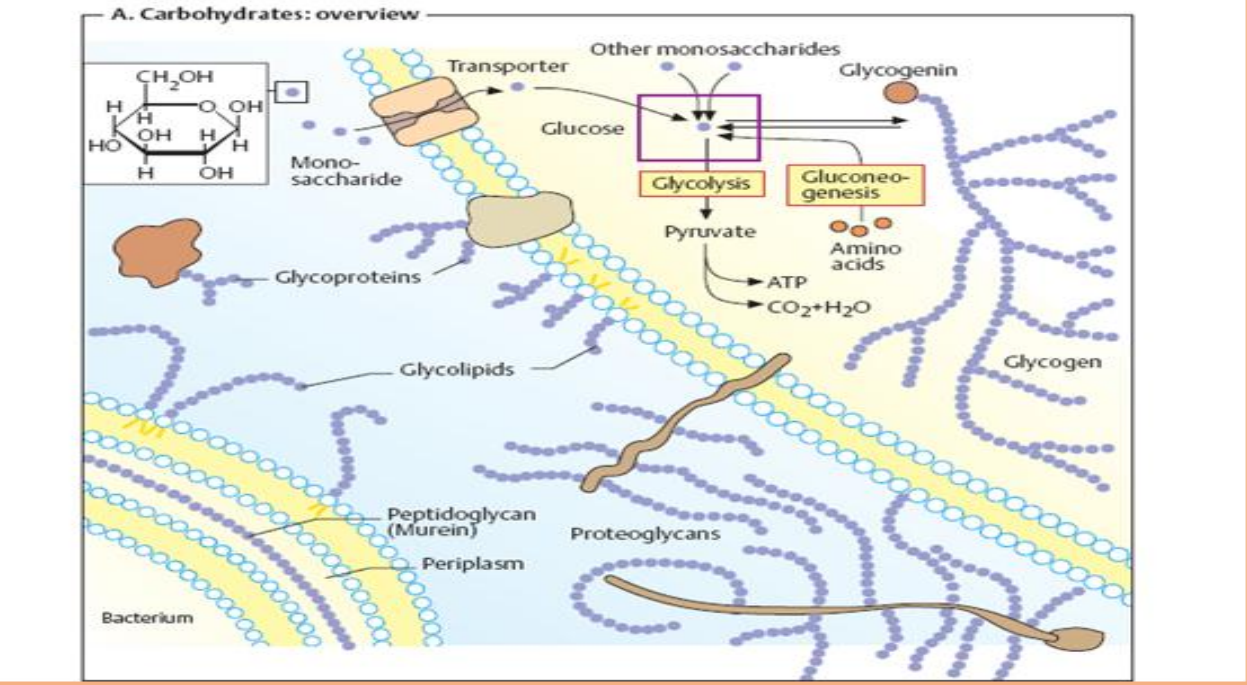
المحاضرة الثانية: السكريات أو الكاربوهيدرات د. اياد عثمان

Carbohydrate Saccharides



تعتبر كل من السكريات والدهون والبروتينات بمثابة المواد الأساسية لجسم الكائن الحي. فحين مقارنتها مع الدهون والبروتينات تمثل المواد الكربوهيدراتية (السكرية) نسبيا أكثر المواد العضوية توفرا في الخلايا .

الكربوهيدرات التي تشمل السكريات الأحادية وسكريات الأليغو وعديدات السكر تشكل الجزء الأكبر من المادة العضوية المنتشرة في المحيط الحيوي

ففي خلايا البناء الضوئي يتحول ثاني أكسيد الكربون والماء باستخدام طاقة الشمس إلى مواد كربوهيدراتية مختلفة والتي يتكون منها أو من نواتج أيضها المركبات الخلوية الأخرى.

وعلى ذلك فإن الكربوهيدرات تمثل نقطة تحول الكربون غير العضوي إلى الكربون العضوي مع تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية مخزنة في الروابط التساهمية للمواد الكربوهيدراتية والمركبات الخلوية الأخرى.

النشا والمواد الكربوهيدراتية الأخرى التي تصنع في عملية البناء الضوئي تصبح المصدر الوحيد للطاقة والكربون للخلايا التي لا تقوم بعملية البناء الضوئي في الحيوانات والنباتات والكائنات الدقيقة.

وللكربوهيدرات وظائف بيولوجية أخرى مهمة:

فالنشا والجلايكوجين تستخدم كمخزن مؤقت للجلوكوز
بعض عديدات السكر غير الذائبة تستخدم كعناصر بنائية ودعامية في جذر خلايا البكتيريا والنباتات وفي الأنسجة الضامة وفي أغلفة الخلايا الحيوانية.

- يمكن تعريف الكربوهيدرات بالسكريات (saccharides) والأخيرة مشتقة من اليونانية وتعني المذاق الحلو.
- وكيمياء المواد الكربوهيدراتية بالتعريف : هي تلك المركبات التي تحوي في تركيبها فضلا عن الكربون على كل من الهيدروجين والأكسجين بنسبة2:1 ..

- إن الصيغة العامة للسكريات هي:CnH2nOn ولكن هناك بعض السكريات تشذ عن هذه القاعدة مثل(الرايبوز المنقوص الأكسجين و السوربيتول) بالإضافة إلى ذلك فإن البعض الآخر يحتوي على ذرات نتروجين أو فوسفور أو كبريت.
- ولكن تمت المحافظة على الصيغة العامة كدليل لتعريف المواد الكربوهيدراتية...
- هناك بعض المواد السكرية تحتوي على النتروجين أو الكبريت مثل (جلوكوز أمين) و(الهيبارين).

- وأخير وليس أخرا

يمكن تعريف السكريات بدقة بالتعريف التالي: هي ألدهيدات أو كيتونات لكحولات عديدة الهيدروكسيل.

-إن للسكريات مصدرين :

- الأول: نباتي: وهي تتواجد في المصادر النباتية أكثر منه في الحيوانية ففي النباتات تشكل ٨٠-٩٠% 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:

- ١-السكريات البسيطة (MONOSACCHRIDES)
- ٢-السكريات الثنائية والقليلة التعدد (di-and oligosaccharides)

- ٣-السكريات الكثيرة التعدد (polysacchrides).

تصنف السكريات البسيطة حسب عدد ذرات الكربون الداخلة في تركيب جزيئتها إلى:
سكاكر ثلاثية، سكاكر رباعية، خماسية، سداسية...
لكن أهمها السكريات الخماسية والسكريات السداسية .إن الرمز العام لهذه المجموعات هو:

- ترايوزات(سكريات ثلاثية) $C_3H_6O_3$
- تتروزات(سكريات رباعية) $C_4H_8O_4$
- بنتوزات(سكريات خماسية) $C_5H_{10}O_5$
- هكسوزات(سكريات سداسية) $C_6H_{12}O_6$

يوجد صنفان من السكريات الأحادية:

سكريات ألدهيدية (ألدوزات).
سكريات كيتونية (كيتوزات).

وكما سبق ذكره فإن السكريات الأحادية لها الصيغة الجزيئية $(CH_2O)_n$ حيث n تساوي ثلاثة أو أكثر. وعند فحص البناء الكيميائي لها سنجد أن المجموعات الفعالة التي تميزها هي: مجموعات الكربونيل، ومجموعات الهيدروكسيل.

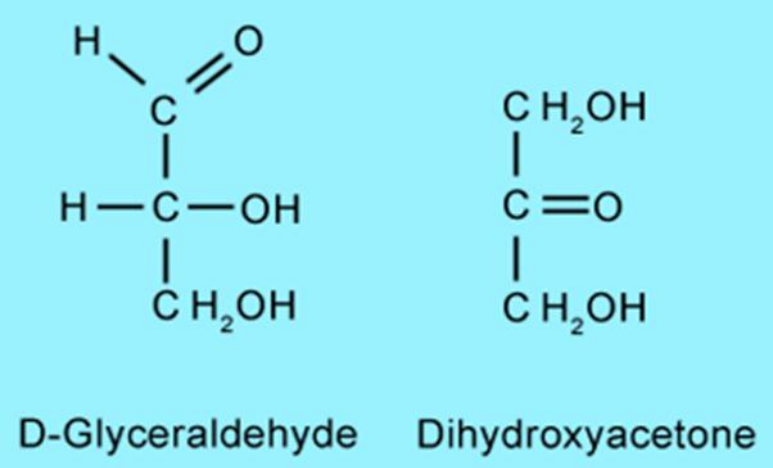
ويحتوي السكر الأحادي على مجموعة كربونيل واحدة وتحمل كل ذرة كربون من الذرات الباقية مجموعة هيدروكسيل.

تعد السكريات البسيطة هامة في الكيمياء الحيوية لأنها تدخل في تفاعلات الاستقلاب (هدم وبناء) بهدف إنتاج الطاقة.
وقد وجدت بحالة نقية وبحالة مرتبطة، وللسكريات البسيطة دور في تركيب الحموض الأمينية والحموض النووية والدهون.
السكريات الثنائية والقليلة التعدد يمكننا الحصول عليها مباشرة من الطعام أو بشكل غير مباشر من خلال عمليات الهدم الانظيمي للسكريات كثيرة التعدد.

السكريات الكثيرة التعدد تمثل الشكل الادخاري للمواد الكربوهيدراتية (نشاء، جليكوجين) ولها دور هام في الحماية وتكوين الألياف والأربطة وجدر الخلايا عند النباتات والحيوان مثل (السيللوز والكيتين).

عند الثدييات يتم انتقال المواد الكربوهيدراتية بين الخلايا وإلى أجزاء الجسم المختلفة على هيئة سكر بسيط (جلوكوز)، ولكن عند النباتات على هيئة السكر الثنائي(سكروز) بوساطة اللحاء..

- **السكريات البسيطة:**
- أبسط أفراد هذه المجموعة هو السكر الألدهيدي جليكول $CH_2OH-CHO$
- ومن السكريات الحاوية على ثلاث ذرات من الكربون نذكر الجلسرألدهيد وثنائي هيدروكسي أسيتون. هذان المركبان هما نواتج أكسدة.



تحتوي السكريات على ذرات كربون كيرالية Chiral (غير متماثلة)، لذلك فإنها توجد في صورة متشكلات نشطة ضوئية. وتسميه السكريات الأحادية يعتمد بذلك على التوزيع الفراغي للمجموعات الكيميائية حول كل مركز كيرالي.

ملاحظة:(كيراليه: صفة للكلمة اللاتينية chiral والتي تعني اليد . فالمتشكلان الناتجان عن مركز كيرالي تكون العلاقة الفراغية بينهما مثل علاقة اليد اليمنى باليد اليسرى .)

مثلا يحتوي الجليسر ألدهيد فقط على مركز كيرالي واحد، وهي (ذرة الكربون رقم 2)، وبالتالي فإن له متشكلين فراغيين مختلفين أحدهما صورة في المرآة للآخر

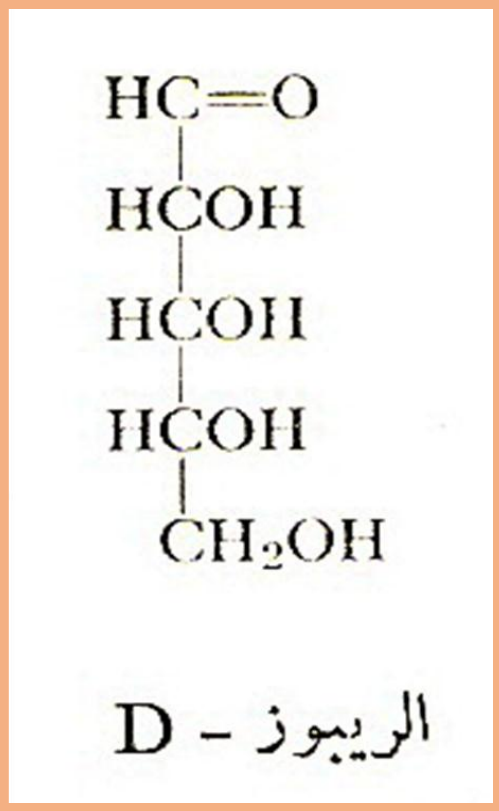
- ومن أفراد السكريات الألدهيدية الحاوية على أربع ذرات من الكربون كل من:

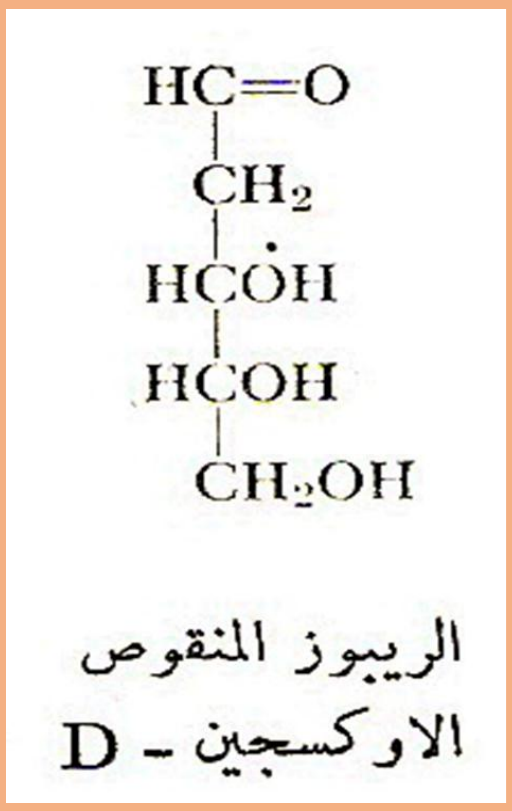
الأرثروز و التريوز وكذلك الأريثريولوز(سكر كيتوني)

- من الناحية الكيميائية يمكن اعتبار الأرثروز والتريوز على أنها سكريات ألدهيدية رباعية مشتقة من الجليسر ألدهيد وذلك بإضافة ذرة كربون غير متناظرة.
- ان المشتقات الفوسفورية لهذه السكريات تعد من المركبات الانتقالية الهامة في عمليات التركيب الضوئي عند النباتات.

- ومن أهم أفراد السكريات الخماسية:

الرايبوز، الأرابينوز، أكسلوز، ليكسوز، والرايبوز منقوص الأكسجين.



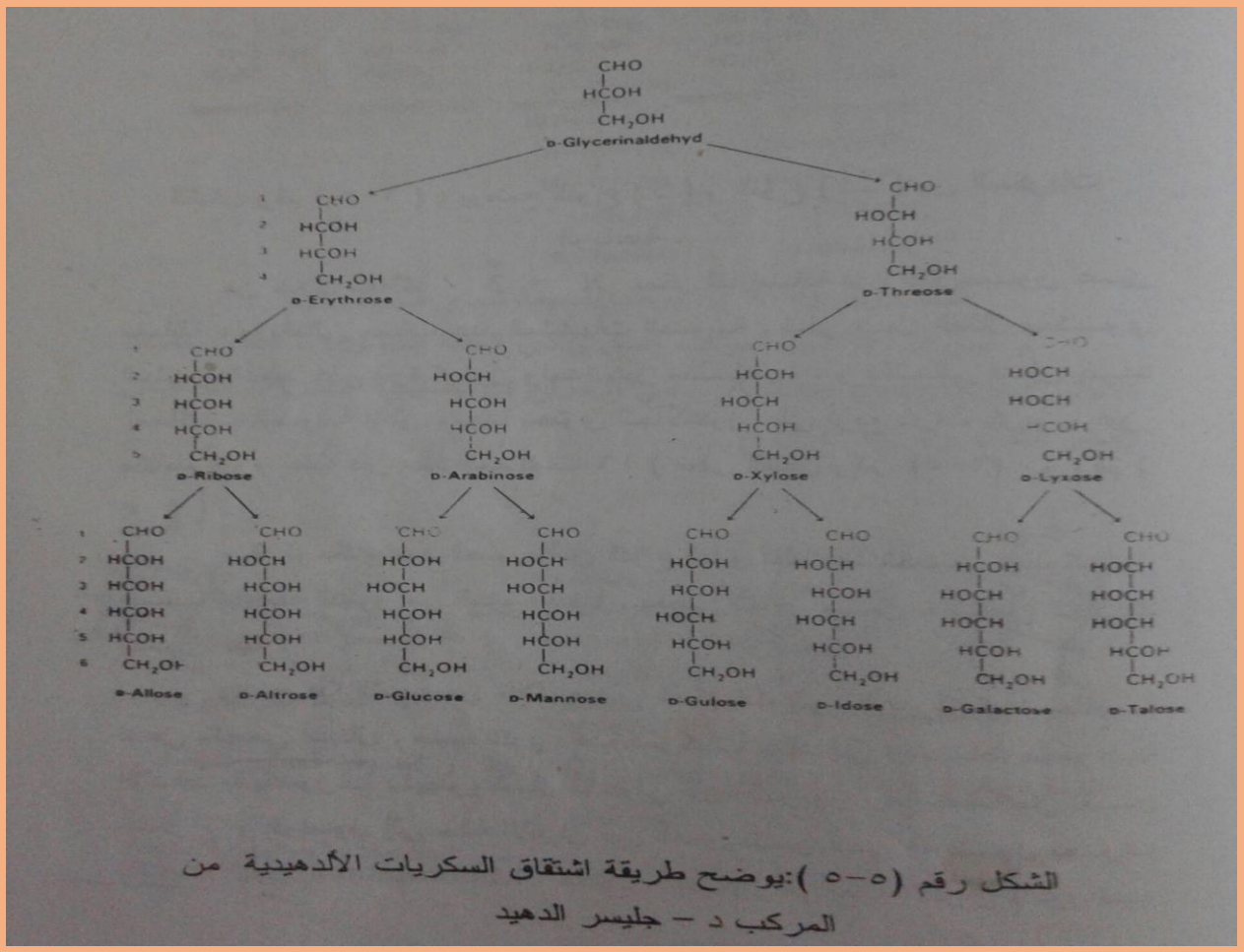


- إن جميع هذه السكاكر التي ذكرت هي من النوع الألدوزي مع الأخذ بعين الاعتبار وجود سكريات خماسية من النوع الكيتوزي مثل: ريبليلوز والأكسيليلوز. (تسمى السكريات الكيتونية بإدخال المقطع يل (ul) في اسم السكر الألدهيدي المقابل).
- ويجب الإشارة إلى أن كل من الرايبوز والرايبوز منقوص الأوكسجين لها أهمية حيث تدخل في تركيب النكليوتيدات الحرة وكذلك الأحماض النووية والكوانظيمات.
- بينما الأكسيلوز يدخل في تكوين السكريات العديدة ذات المصدر النباتي.
- إن السكريات الخماسية تشتق من السكريات الرباعية وذلك بإضافة ذرة كربون واحدة غير متناظرة.

- ومن أهم أنواع السكريات البسيطة التي تصادف بصورة حرة وتحتوي على ست ذرات كربون نذكر:

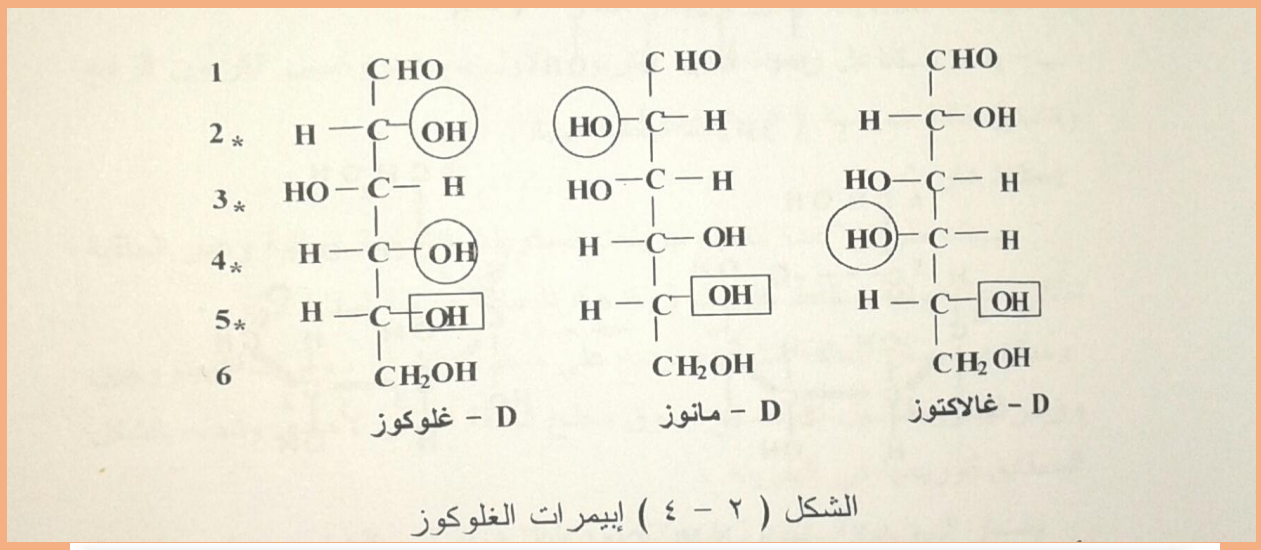
الجلوكوز–الجالاكتوز–الفركتوز–المانوز.

تعتبر السكريات السابقة ما عدا الفركتوز من السكريات الألدهيدية .

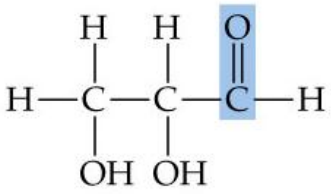
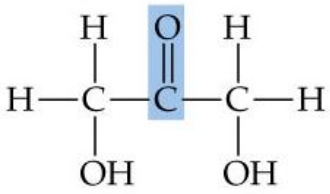


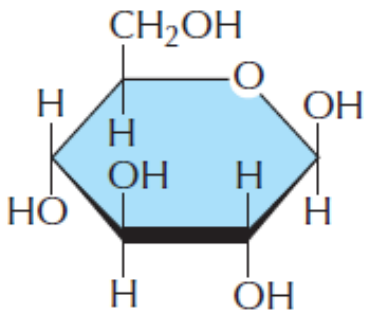
الشكل رقم (٥–٥):يوضح طريقة اشتقاق السكريات الألدهيدية من المركب د – جليسر الدهيد

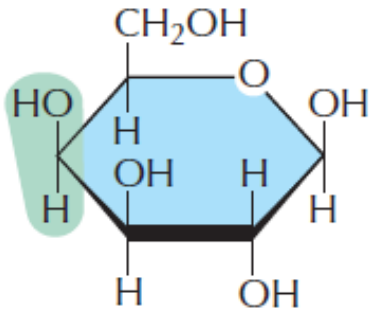
- **الجلوكوز يدخل في تكوين السكريات الثنائية مثل (السكروز–المالتوز–اللاكتوز) وبعض أنواع السكريات الثنائية مثل(السللوز–النشاء–الجليكوجين). يوجد الجلوكوز بالدم بنسبة٨٠–١٢٠مغ/١٠٠مل.**
- **سكر الجالاكتوز يدخل بشكل أساسي في تكوين سكر الحليب (اللاكتوز) والسيربروزيدات والسكر الثلاثي رافينوز والسكر المتعدد أجار.**
- **أما بالنسبة لسكر المانوز فهو يدخل في تكوين الجليكوببتيد و البروتوجلوكانين.**
- **سكر الفركتوز(سكر كيتوني) وهو من أحلى السكريات ويدخل في تركيب السكر الثنائي سكروز والسكر المتعدد أنولين ونسميه سكر الفواكه.**

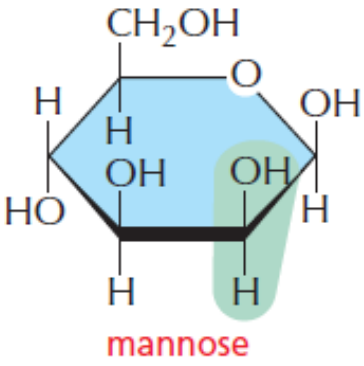


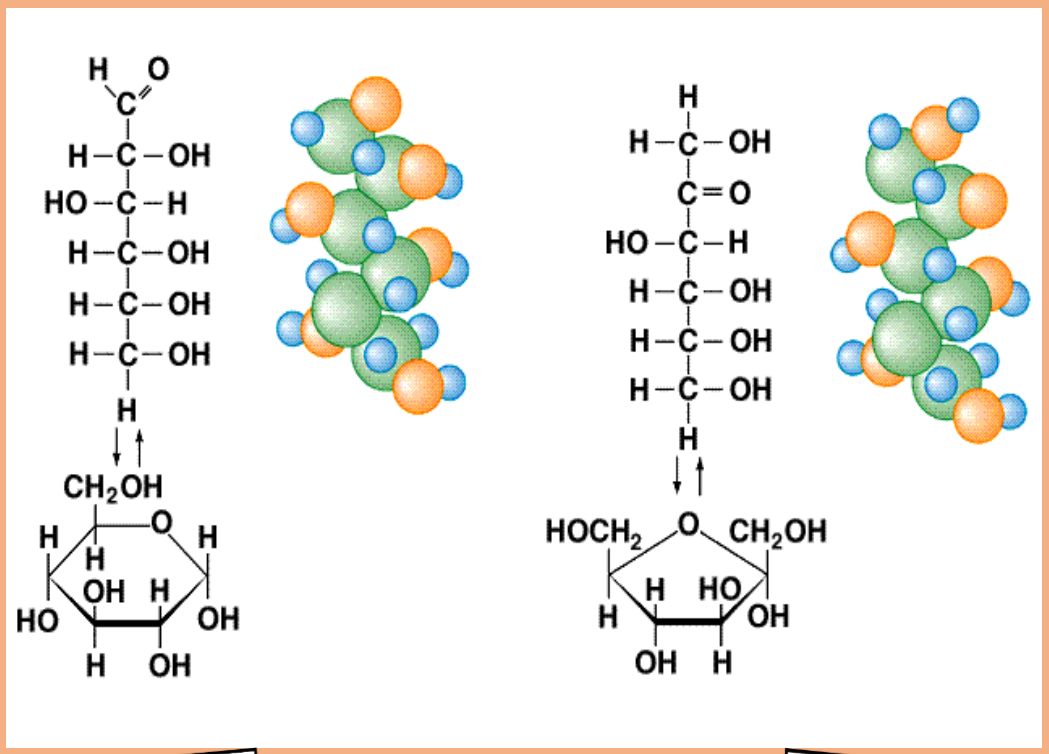
الشكل (٢ – ٤) إيبمرات الغلوكوز

glyceraldehyde	dihydroxyacetone
	

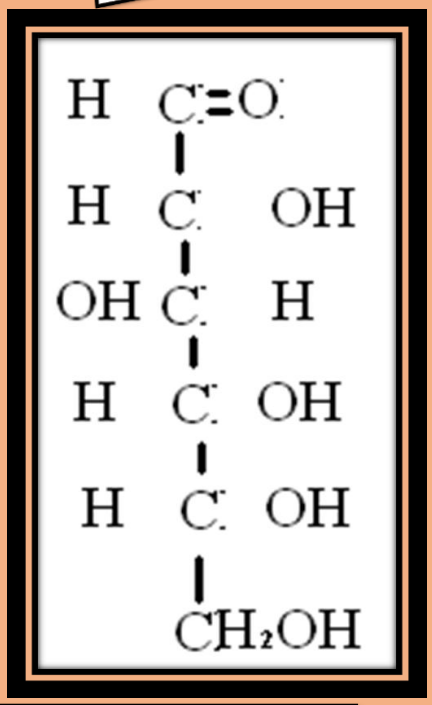






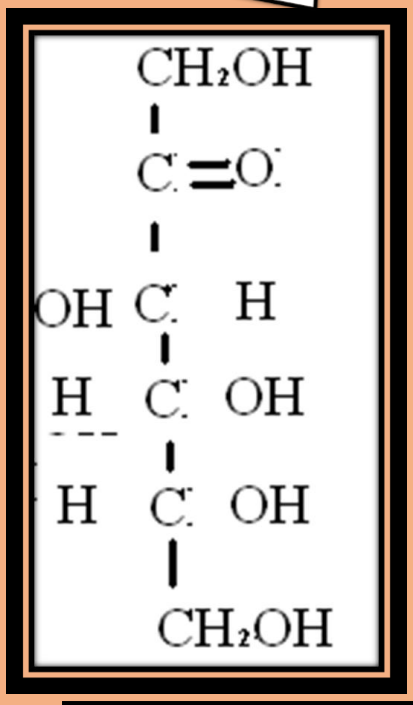


$C_6H_{12}O_6$



الغلوكوز D

$C_6H_{12}O_6$



الفركتوز D

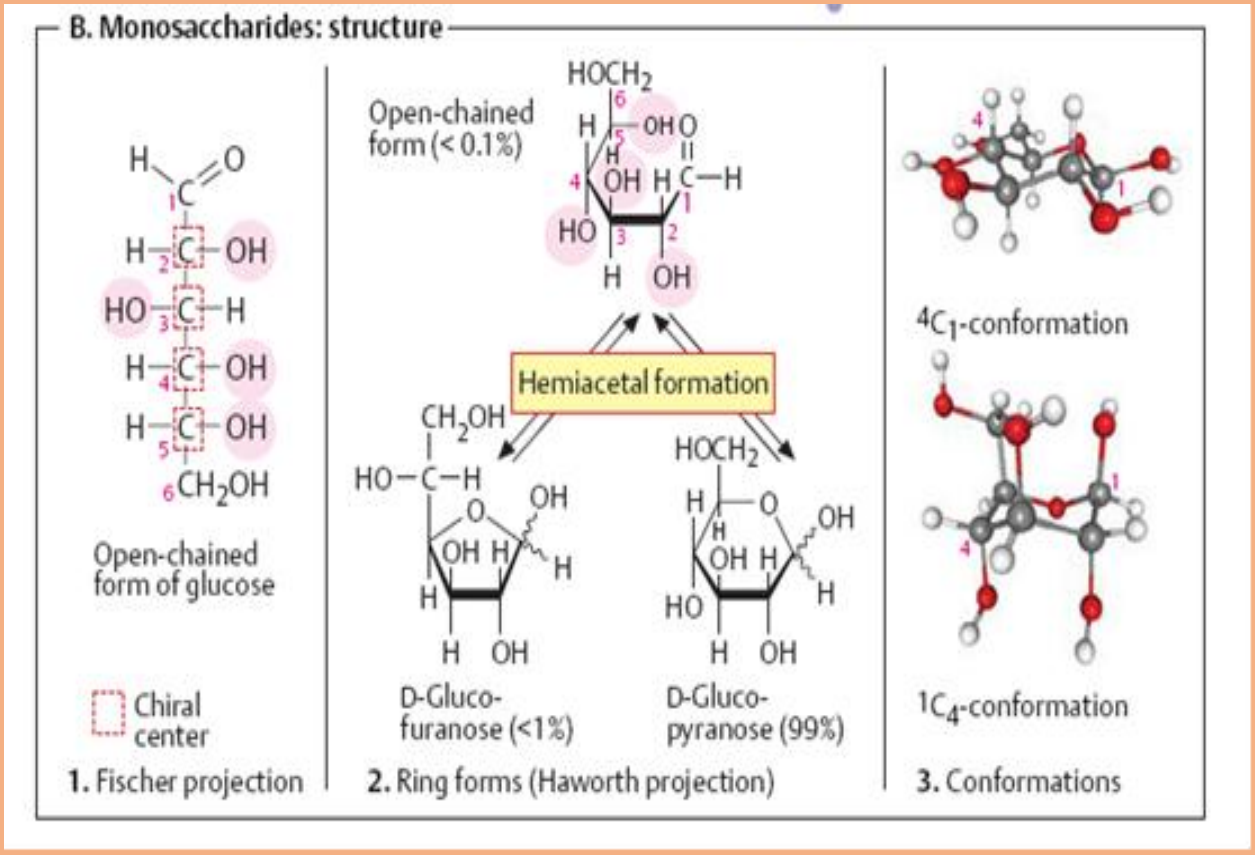
- خواص السكريات البسيطة :

ذات مذاق حلو

جميعها ذوابة بالماء

ذات فعالية ضوئية تجاه الضوء المستقطب أي أنها تملك القدرة على حرف شعاع الضوء المستقطب باتجاه عقارب الساعة(+) أو عكس تجاه عقارب الساعة(−).

- وقد لوحظ أن معظم السكريات البسيطة هي من السكاكر يمينية الدوران ..
- ملاحظة: أتفق العلماء أن يكتب المركب السكري اليميني (D) على صفحة الدفتر؛ بحيث تكون ذرة الهيدروجين الموجودة على ذرة الكربون ما قبل الأخيرة إلى جهة اليسار في حين تكون مجموعة الهيدروكسيل إلى جهة اليمين . أما بالنسبة(L) فالأمر على عكس هذا الشكل التالي يوضح ذلك:



ومن خلال العلاقة($X=2^n$) يمكننا إضافة ذرة كربون غير متماثلة وبالتالي حساب عدد المشابهات الضوئية.

مثال: يحتوي الجليسر ألدهيد على ذرة كربون واحدة غير متناظرة ومن عدد المماكبات الضوئية إثنين بينما يحتوي الجالاكتوز على أربع ذرات كربون غير متناظرة وعليه فإن عدد المماكبات هو ١٦.

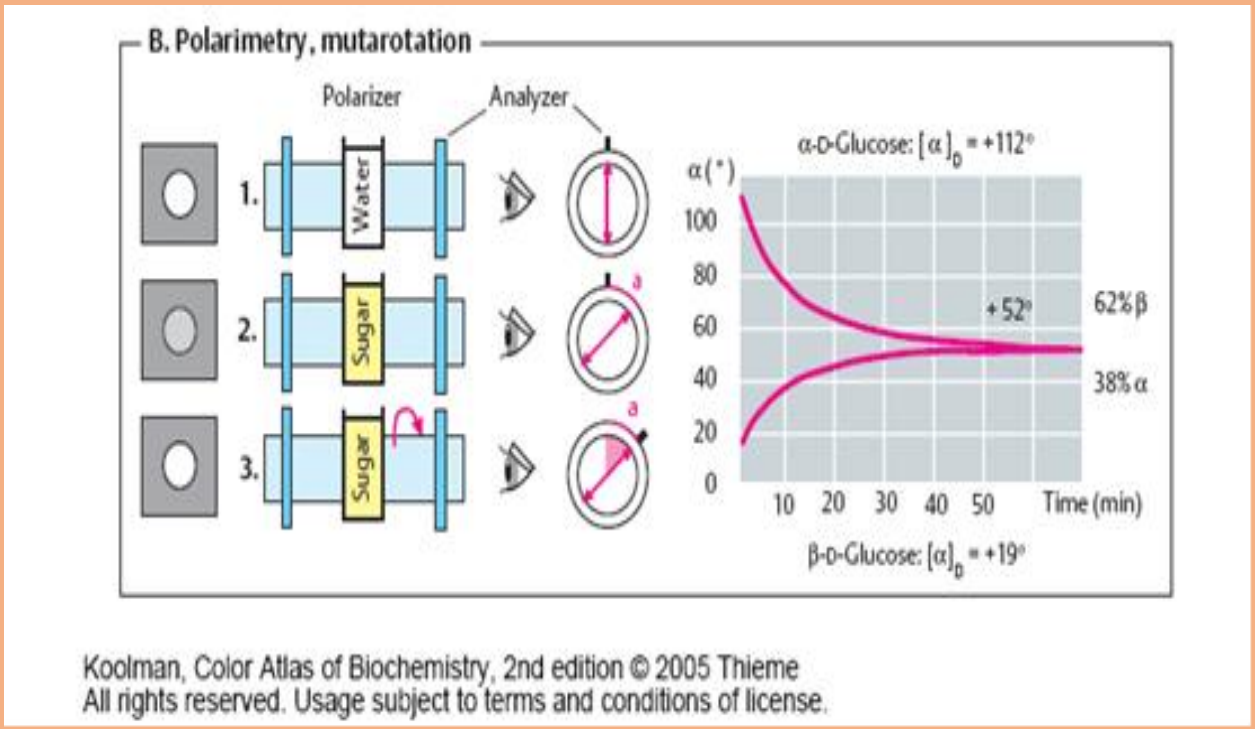
وقد لوحظ وجود الصورة من النوع ألفا وذلك عند تحضير الجلوكوز الصلب بطريقة التبلور من الماء بينما يعطي التبلور من حمض الخليك الصورة بيتا.

وضّح هذا الشيْء من خلال ميلان السكريات إلى تكوين مركبات حلقية تدعى بالهيمي أسيتال.

سبب تكوين هذه المركبات عائد إلى ارتباط مجموعة الألدهيد بالهكسوزات بالهيدروكسيل الكحولي لذرة الكربون رقم خمسة من نفس السكر.

والوصول إلى حالة الاتزان بين الصورتين في المحلول يعرف بالتحول الدوري.

مثال: محلول الجلوكوز في حالة الاتزان دورانه النوعي ٥٢,٥ مؤلف من الصورة ألفا بنسبة ٣٨% والصورة بيتا بالنسبة ٦٢%



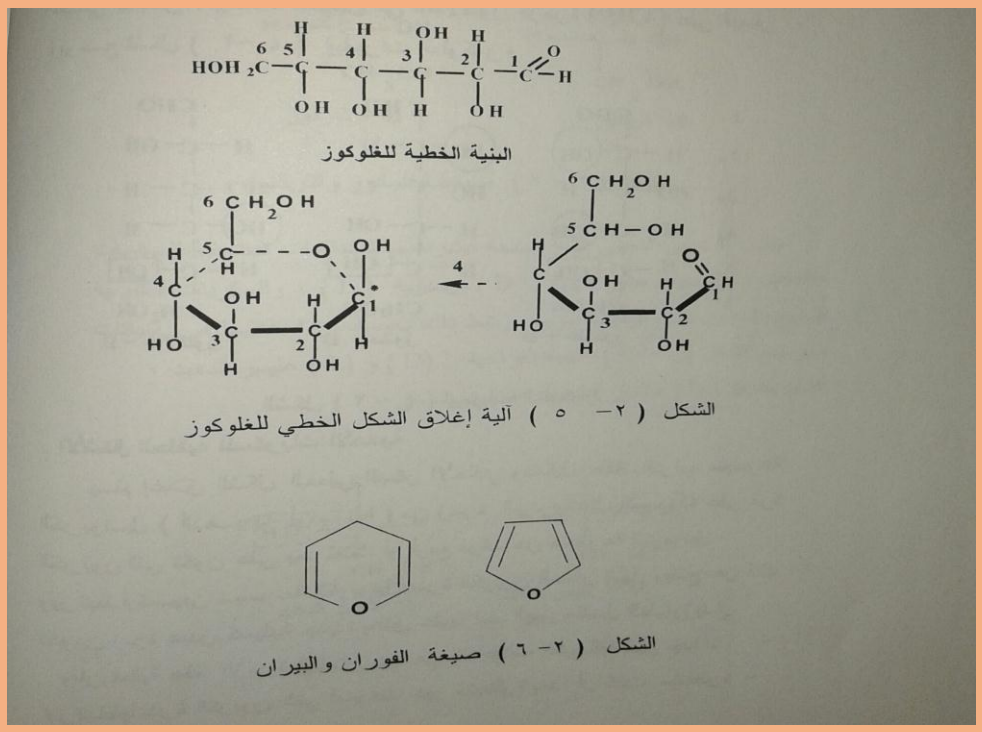
Koolman, Color Atlas of Biochemistry, 2nd edition © 2005 Thieme
All rights reserved. Usage subject to terms and conditions of license.

- ويجب علينا الإشارة إلى أن الرايبوز والرايبوز المنقوص الأكسجين له أهمية في تركيب النيكلوتيدات الحرة وكذلك الأحماض النووية و الكوانظيمات .
- بينما يدخل الأكسيلوز في تكوين السكريات العديدة ذات المصدر النباتي.

الصورتين ألفا وبيتا للجلوكوز أو غيره من السكريات السداسية البسيطة هما مماكبان ضوئيان لكن أحدهما ليس صورة بالمرأة للأخر أي أنهما ليسا زوجا ضوئيا لكنهما يرتبطان بعلاقة من النوع diastereomers والسبب في ذلك اختلافهما في التوزيع الفراغي حول ذرة الكربون رقم واحد.

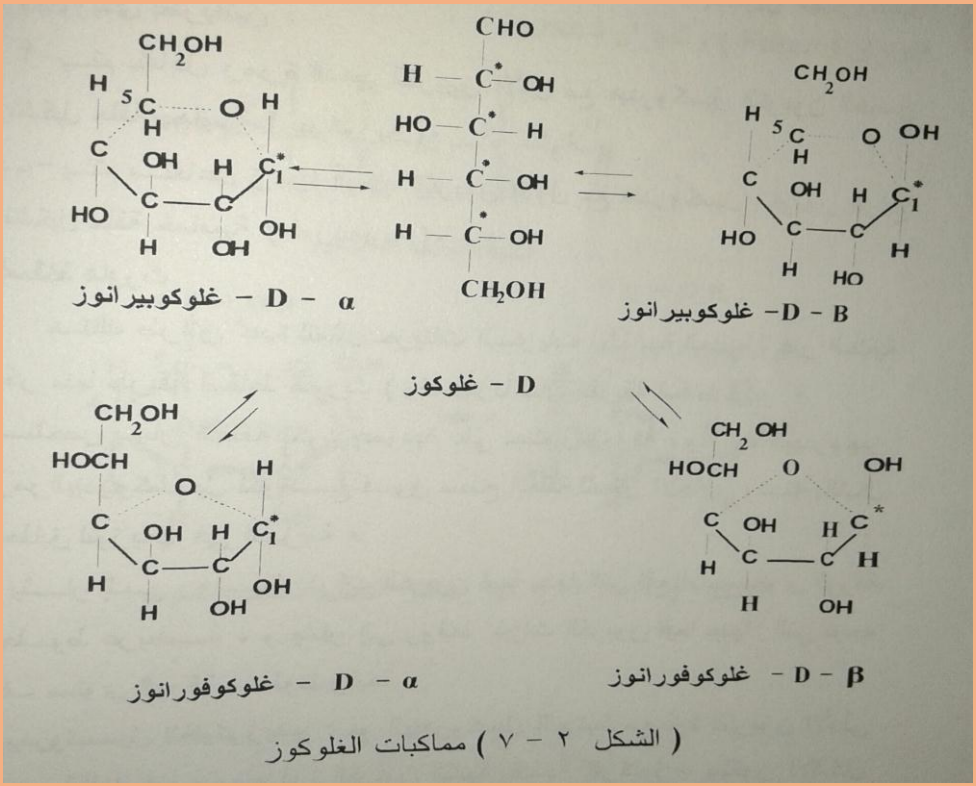
(ينحصر اختلافهما في الوضع الفراغي حول ذرة كربون هيمى أسيتال (C1) يدعيا متشكلات أنوماريه anomers) كما توصف ذرة الكربون هذه بالذرة الأنوماريه anomeric atom

- وبما أن الصورة الحلقية للألدهكسوزات أصبحت تحتوي خمس ذرات كربون غير متناظرة فهذا يعني إرتفاع عدد المماكبات الضوئية إلى ٣٢ مماكبا أي ١٦ زوجا ضوئيا فخيال المركب ألفا_د_جلوكوز هو المركب ألفا_ل_جلوكوز.
- هذا وقد لوحظ بأن السكاكر السداسية الألدوزية والكيتوزية تكون موجودة بالشكل البيرانوزي غالبا بينما السكاكر الخماسية تميل إلى الشكل الفيرانوزي.



الشكل (٢– ٥) آلية إغلاق الشكل الخطي للغلوكوز

الشكل (٢– ٦) صيغة الفوران والبيران



(الشكل ٢ – ٧) مماكبات الغلوكوز

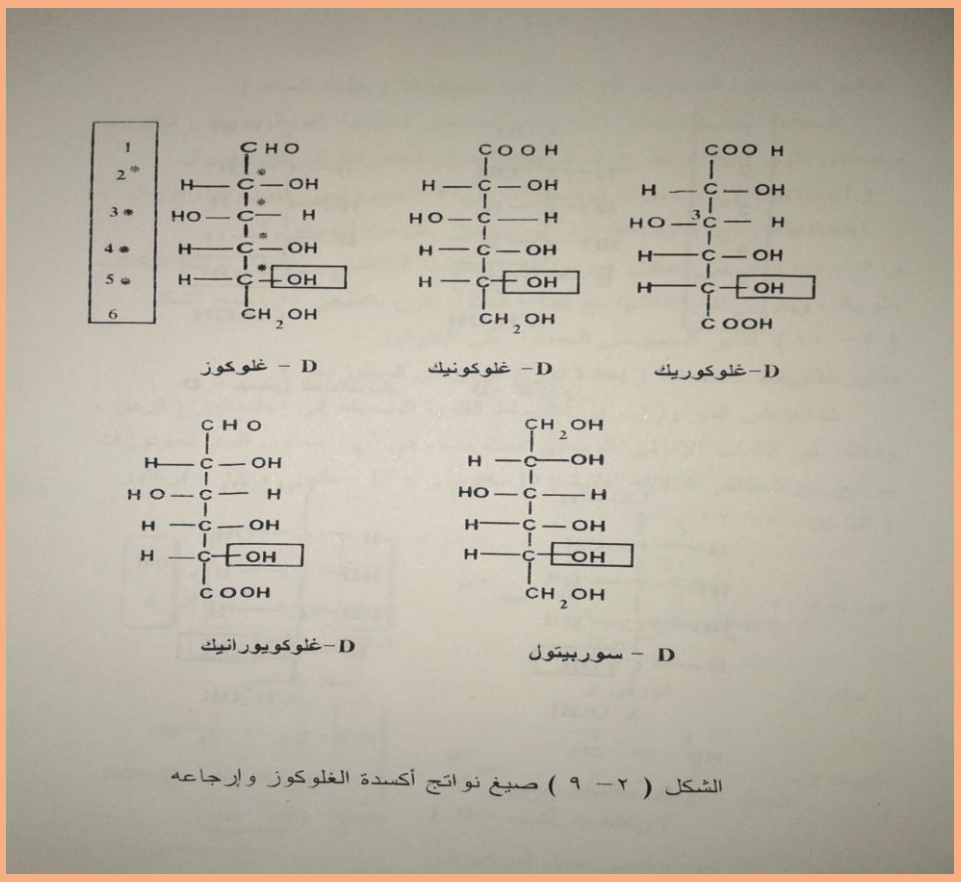
نتائج أكسدة السكريات البسيطة وتكوين المشتقات:

- **تؤثركلا من المؤكسدات الضعيفة والقوية في السكريات البسيطة**

فالجلوكوز مثلا وتحت تأثير المؤكسدات الضعيفة يتحول إلى حمض جلوكونيك

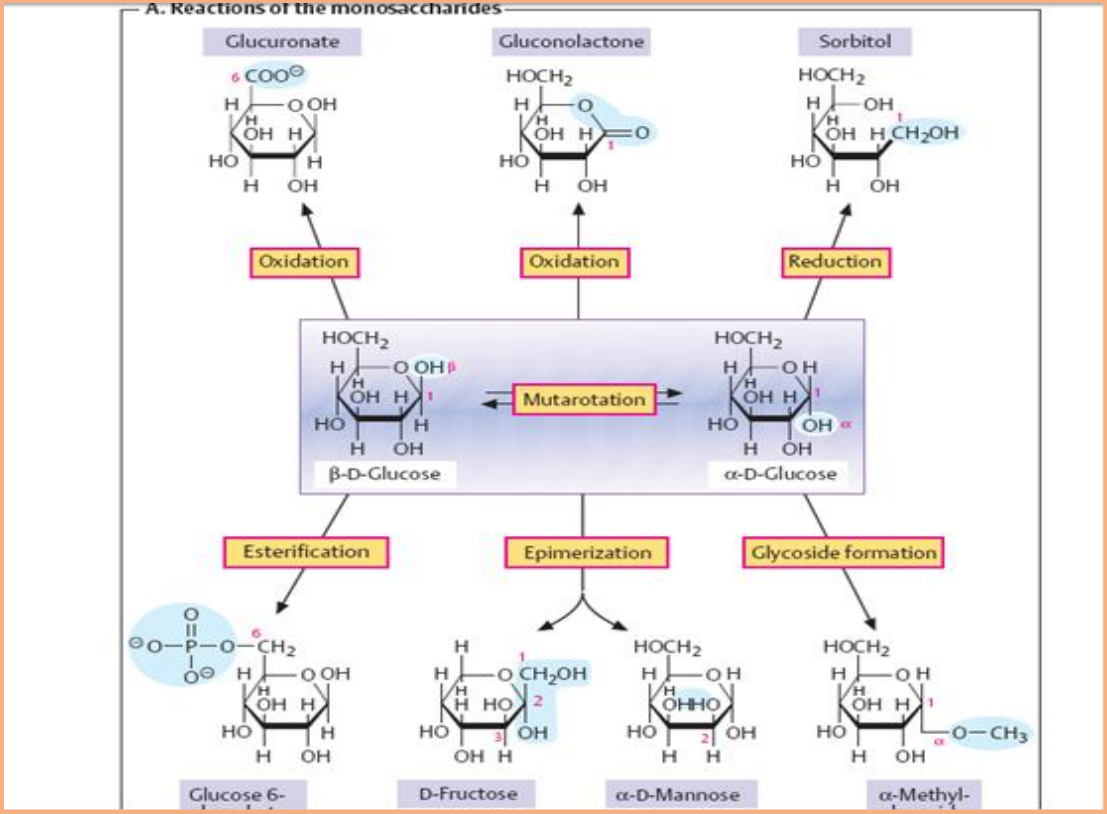
وتحت تأثير المؤكسدات القوية إلى حمض جلوكوسكاريك والذي يوجد لدى بعض السكريات العديدة .

- **ومن الأمثلة على عمليات الأكسدة نذكر تحول الجلوكوز إلى المركب ٦–فوسفو حمض جلوكونيك من خلال دورة البنتوز الفوسفاتي.**



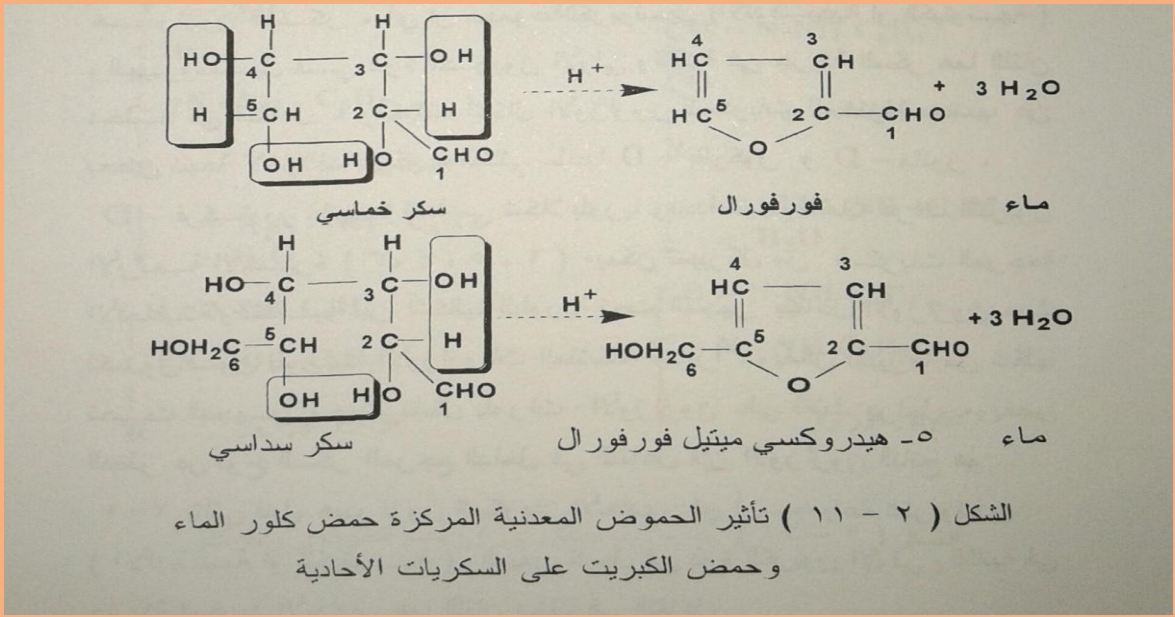
الشكل (٢– ٩) صيغ نواتج أكسدة الغلوكوز وإرجاعه

- **بالنسبة لسكر الجالاكتوز يتأكسد مخربا أيضا ليعطي الجالاكتونيك والجالاكتوسكاريك والذي يعرف باسم الحمض المخاطي .**
- **وتتمكن السكريات من الارتباط مع الكحول المثيلي CH3OH وجذر الأمين لتكون على الترتيب في حالة الارتباط مع الجلوكوز كل من المركبات التالية: ألفا_ميثيل جلوكوز وجلوكوز–٢–أمين.**



- خواص السكريات الأحادية:
- أولا: تكوين الرابطة الجليكوزيدية:
- مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون رقم واحد أو إثنين بالنسبة للسكريات الألدهيدية والكيتونية الموجودة بالشكل المغلق على الترتيب تتمتع بقدرة عالية على التفاعل ويعرف هذا الهيروكسيل بإسم الهيدروكسيل النصف اسيتالي، وبذلك فهو يتواجد في السكريات الموجودة بالصيغة المغلقة وله نوعان الأول يعرف بمجموعة الهيدروكسيلى الأسيتالي، والثاني يعرف بمجموعة الهيدروكسيل العادي أو الكحولي.
- ان مجموعة الهيدروكسيل الأسيتالية يمكن أن تتفاعل مع الكحول أو الأمين تحت ظروف خروج جزيئة ماء وبالتالي يتكون نتيجة لذلك رابطة الأسيتال الكاملة ومنتجات هذه التفاعلات تعرف باسم المركبات الجليكوزيدية.
- إن الرابطة الجلوكوزيدية يمكن وجودها بين سكرين بسيطين وينشأ بذلك ما يعرف باسم السكريات الثنائية وذلك تحت ظروف خروج جزيئة ماء
- الارتباط محتمل أن يتم أيضا ما بين الهيدروكسيل الجليكوزيدي للسكر الأول والهيدروكسيل الكحولي للسكر الثاني.

- **ثانيا: أثر الأحماض المعدنية:**
- **بتسخين السكريات البسيطة الخماسية والسداسية مع حمض معدني قوي مثل حمض الكبريت نحصل على مركبات الفورفورال وهيدروكسي ميتيل فورفورال بوجود النفتولات تعطي مركبات ملونة.**



الشكل (٢ – ١١) تأثير الحموض المعدنية المركزة حمض كلور الماء وحمض الكبريت على السكريات الأحادية

- **ثالثا:تكوين الأوسازون:**
- **الأوسازون هو مركب خاص ملون له تركيب بلوري .**

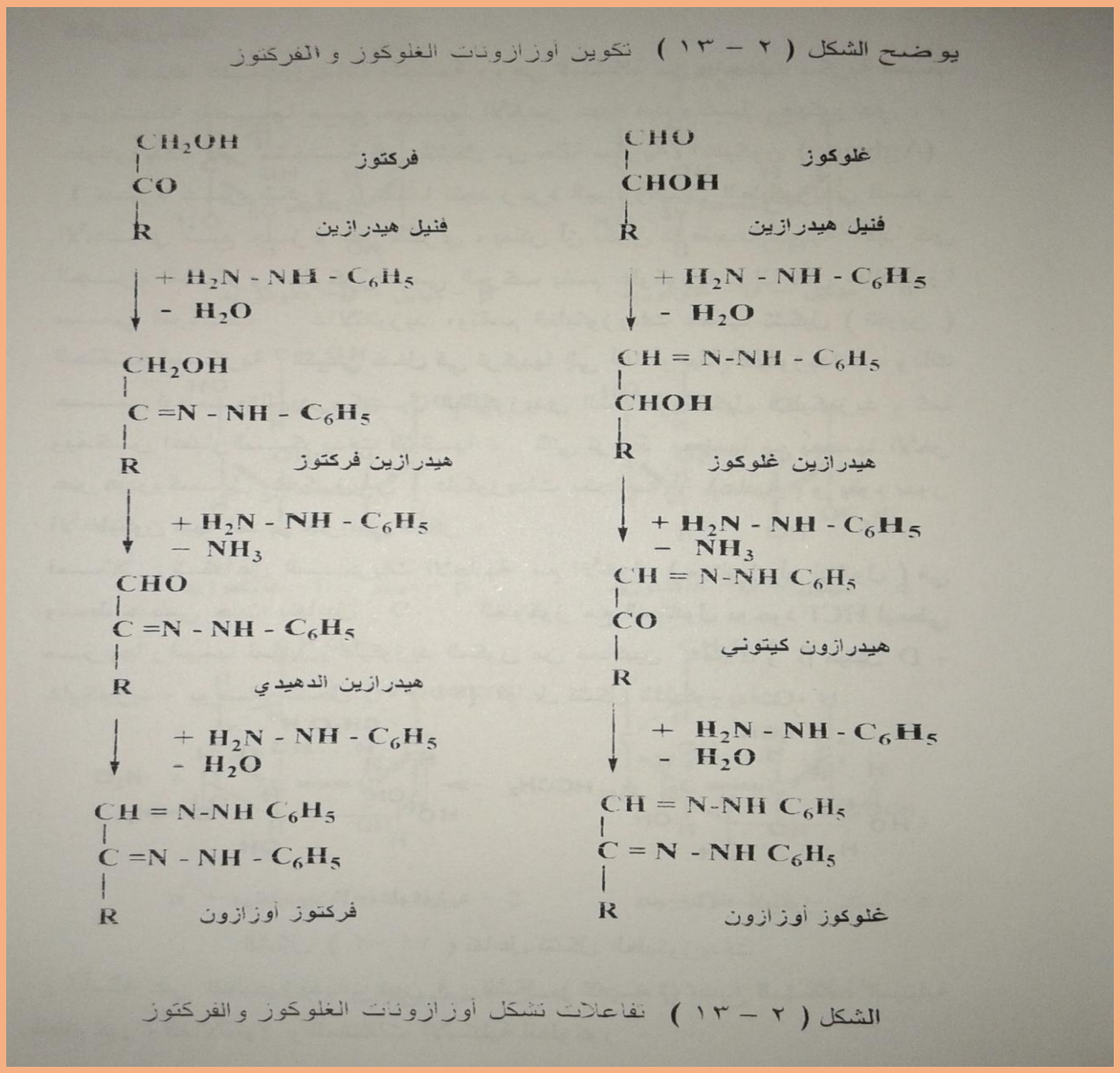
وهو ناتج عن ثلاث تفاعلات:

الأول تكثيفي والثاني أكسدة والثالث تفاعل تكثيفي.

- **التفاعل الأول: هو تكثيفي ما بين مول واحد من الألدوزات أو الكيتوزات مع مول واحد من المركب فينيل هيدرازين. حيث يتكون مركب الهيدرازون تحت ظروف خروج جزيئة ماء.**
- **التفاعل الثاني: هو تفاعل أكسدة أكسدة إذ يتأكسد الهيدرازون و يختزل الفينيل هيدرازين إلى أنيلين و أمونيا.**
- **في المرحلة الثالثة: يتفاعل جزء ثالث من الفينيل هيدرازين مع الهيدرازون المؤكسد مكونا ما يعرف باسم الاوسازون**

ولابد من الإشارة إلى أن الأوسازون قد ينتج من سكرين أو أكثر. فالجلوكوز والفركتوز والمانوز لها نفس الأوسازون .

يوضح الشكل (٢ – ١٣) تكوين أوزازونات الغلوكوز والفركتوز



الشكل (٢ – ١٣) تفاعلات تشكل أوزازونات الغلوكوز والفركتوز

- **<u>السكريات الثنائية وقليلة التعدد:</u>**
- **تعرف السكريات قليلة التعدد بأنها تلك المركبات التي تعطي عند تحليلها مائيا من اثنين إلى تسعة وحدات من السكريات البسيطة.**

أكثر أنواع السكريات القليلة التعدد إنتشارا في الطبيعة هي السكريات الثنائية.

تتكون السكريات الثنائية من ٢ مول من السكريات البسيطة.

تتألف السكريات الثنائية من وحدتين لسكر أحادي واللذان يرتبطان ببعضهما بواسطة ارتباط تساهمي . وفي معظم السكريات الثنائية فإن الرابطة الكيميائية التي تربط وحدتي السكر الأحادي تسمى الرابطة الجلايكوسيدية glycosidic bond التي تتكون بتفاعل مجموعة هيدروكسيل في سكر مع مجموعة

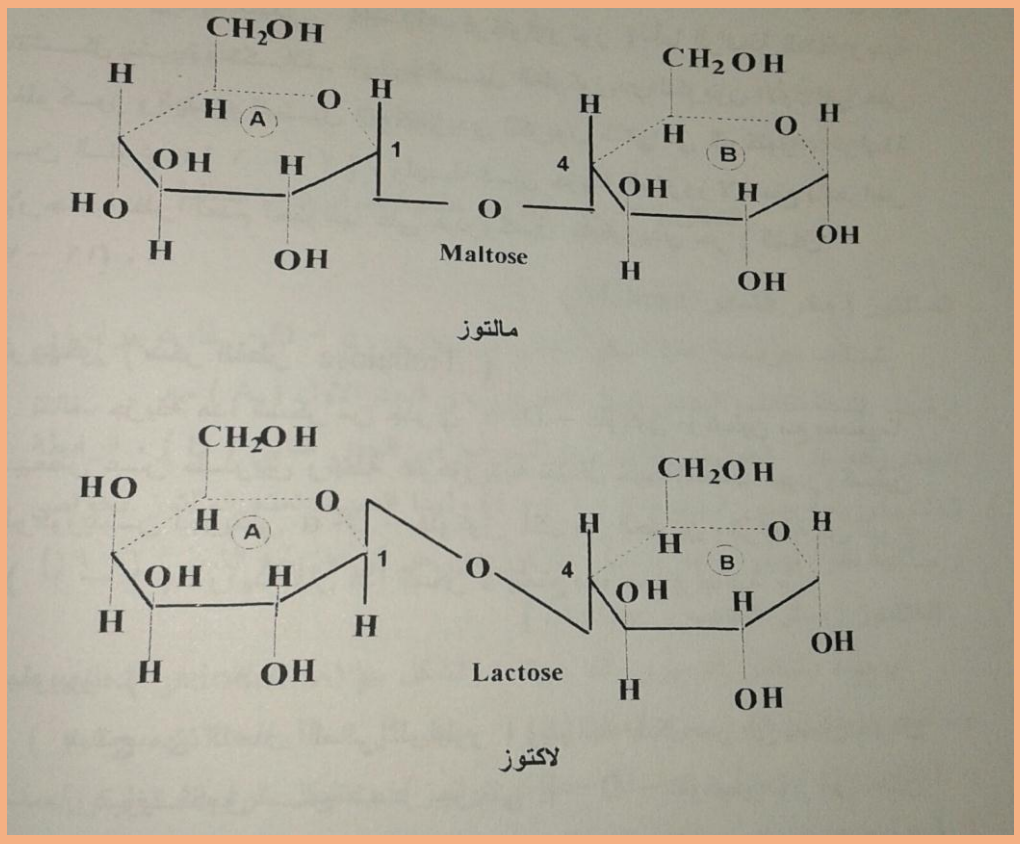
الهيدروكسيل على ذرة الكربون الأنومارية في السكر الآخر. (وهذه الرابطة محتمل أن تكون أحادية الكربونيل كما هو الحال بالنسبة لسكر المالتوز(سكر الشعير) أو ثنائية الكاربونيل ومنها سكر السكروز(سكر القصب).

وتتميأ الروابط الجلايكوسيدية بسهولة بواسطة الأحماض ولكنها تقاوم التفكك بالقواعد، لذلك يمكن تفكيك السكريات الثنائية الى عناصرها من السكريات الأحادية بالغليان مع الأحماض المخففة.

وتنتشر السكريات الثنائية في الطبيعة، وأكثرها شيوعاً السكروز **succrose**، واللاكتوز **lactose** والمالتوز **maltose**.

يتكون سكر المالتوز من مولين من السكر السداسي البسيط جلوكوز. بحيث تقع الرابطة ما بين الهيدروكسيل الجليكوزيدي للسكر الأول والهيدروكسيل الكحولي على ذرة الكربون رقم أربعة من المول الثنائي لسكر الجلوكوز لذلك يسمى المالتوز تفصيلا:

- الفا- ١، ٤ _جلوكوبرانوزيد- د - جلوكوبيرانوز وإختصارا:
- الفا- ١ ، ٤ - جلوكوزيل جلوكوز.



يتصف المالتوز بخواص إرجاعيه نظرا لاحتواء المول الثاني من سكر الجلوكوز على مجموعة جليكوزيدية حرة. ومجموعة الهيدروكسيل هذه يمكن أن توجد إما بالصورة الأنوميرية ألفا أو بصورة بيتا

ينتج سكر المالتوز من انحلال النشا بواسطة أنزيمات أمايلاز amylase

أما المالتوز ذاته فيمكن أن يتحلل مائياً بواسطة أنزيم مالتاز maltase الى وحدتين من D – جلوكوز .

- سكر السكروز يتكون من مول واحد من المركب ألفا–د–جلوكوز ومول أخر من المركب بيتا–د–فركتوز . يتميأ السكروز الى D– جلوكوز و D – فركتوز بواسطة أنزيم سكريز succrase

(يدعى أيضأ أنفرتيز invertase)، الذي يوجد في الخلايا المبطنة للأمعاء الدقيقة وفي النباتات .

ومن الميزات سكر السكروز احتواؤه على الرابطة ثنائي الكاربونيل، ويعني هذا انشغال مجاميع الهيدروكسيل الجليكوزيدي بالاتحاد من خلال ارتباط الهيدروكسيل الجليكوزيدي لذرة الكربون رقم واحد بالنسبة لسكر الجلوكوز مع ذرة الكربون رقم اثنين بالنسبة لسكر الفركتوز.

الرابطة في سكر السكروز تعرف بإسم ١، ٢ _ألفا د–جلوكوبيرانز –بيتا د–فراكتوفيرانوز

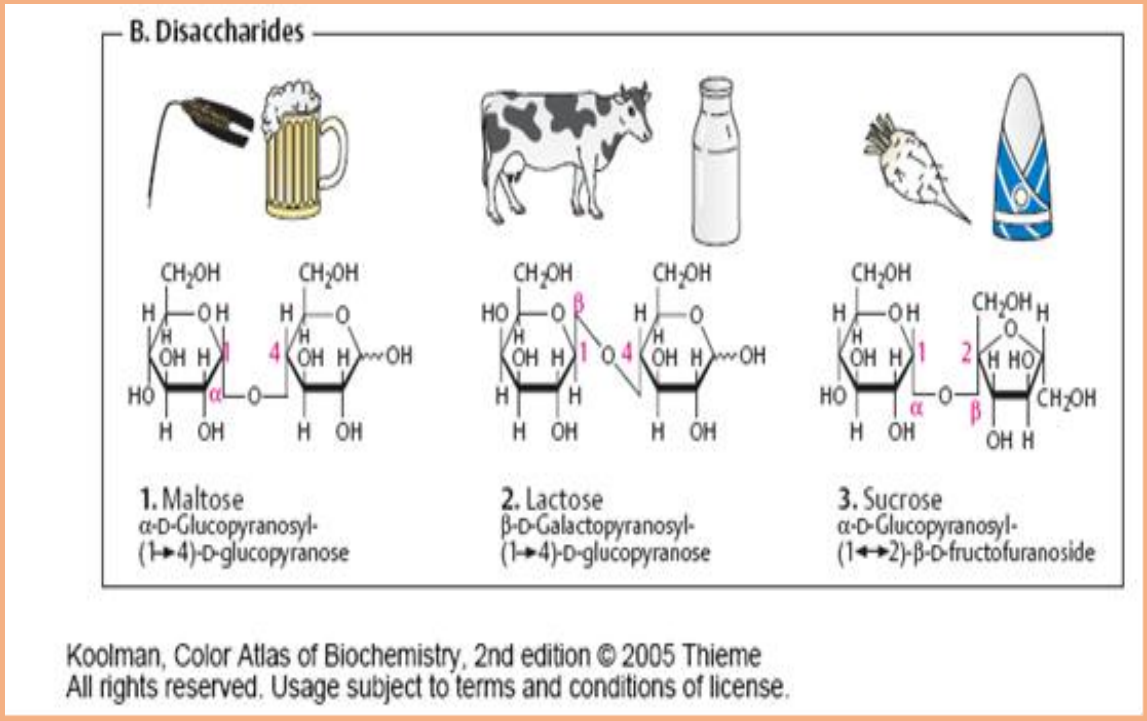
أو ١–ألفا–جلوكوزيل–٢–بيتا فركتوز فيرانوز.

ونظرا لمشاركة مجموعتي الهيدروكسيل الجليكوزيدي في تكوين الجسر الأكسجيني للسكر الثنائي سكروز فإن السكر يفقد قدرته الاختزالية وعليه فهو لا يتصف بخواص إرجاعية.

- من السكريات الهامة أيضا سكر اللاكتوز والذي يعرف باسم سكر الحليب وهو يحتوي على رابطة من النوع ١، ٤–بيتا–جالاكتوزيل جلوكوز.

ومن مواصفات هذا السكر اتصافه بالقدرة الإرجاعية. و يتميأ اللاكتوز إنزيمياً بواسطة اللاكتاز lactase في الخلايا المخاطية المعوية، وهذا الإنزيم يكون نشط جداً في الأطفال الرضع ويقل نشاطه بعد ذلك في كثير من المجموعات البشرية، ولذلك فإن الأشخاص في هذه المجموعات تبدي حساسية تجاه اللاكتوز lactose intolerance وذلك لعدم انحلاله وامتصاصه ومن ثم تراكمه في الأمعاء الدقيقة .

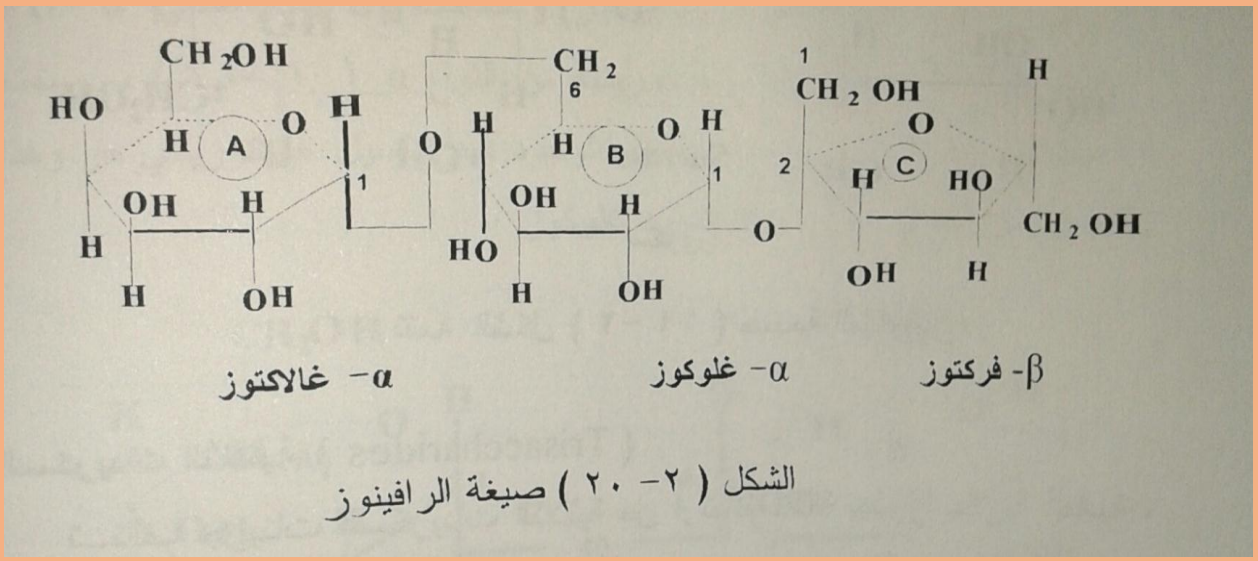
- ويعتبر السكر الثنائي ترايهالوز من السكريات غير المرجعة لأنه يحتوي على الرابطة من النوع ١-ألفا-جلوكوزيل-١-ألفا-جلوكوزيد.
- يمكن الحصول على المالتوز من القناة الهضمية من خلال هدم السكريات المتعددة (الجليكوجين+النشاء) ونحصل على سكر السكروز من الطعام مباشرة ويوجد بكثرة في القصب والشوندر السكري وسكر الحليب(اللاكتوز)يوجد بوفرة في الحليب .
- إن السكر الثنائي سيلبيوز يبنى من السكر المتعدد سيللوز والتراي هالوز يوجد في الفطور والخمائر



Koolman, Color Atlas of Biochemistry, 2nd edition © 2005 Thieme
All rights reserved. Usage subject to terms and conditions of license.

تحتوي السكريات القليلة التعدد من ٣-٩ وحدات من السكريات البسيطة.

من أهم أنواع هذه المجموعة السكر الثلاثي رافينوز والذي يتكون من مول واحد من سكر د-جلوكوز، ومول واحد من سكر د-فركتوز، ومول واحد من السكر د-جالاكتوز.



الشكل (٢- ٢٠) صيغة الرافينوز

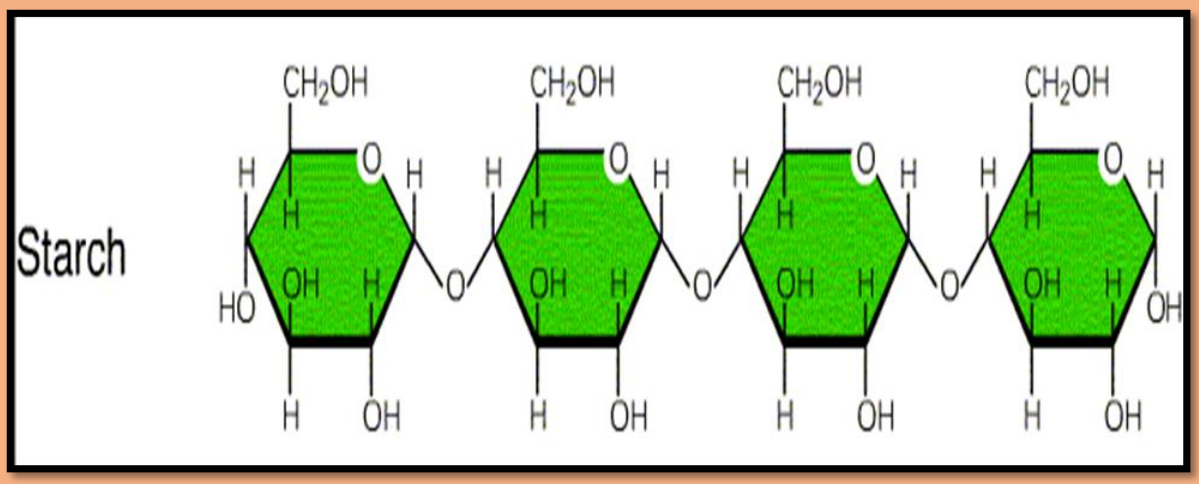
السكريات المتعددة:

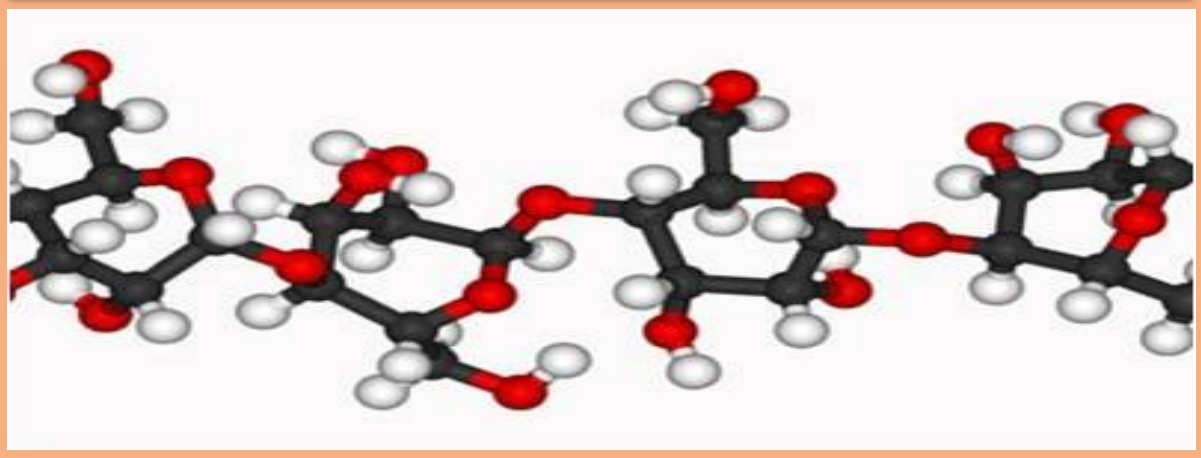
- **تتكون من مجموعة كبيرة من السكريات البسيطة. وهذه السكريات ترتبط مع بعضها من خلال الرابطة الجيكوزيدية. ويطلق على هذه المجموعة من السكريات إسم جلوكان.**
- **للسكريات المتعددة نوعان ألأول يعرف باسم السكريات المتعددة المتجانسة، والتي تتألف من جذور تابعة لنوع واحد معين من السكريات البسيطة.**
- **والثاني يعرف باسم السكريات المتعددة المختلطة والتي تتميز كونها تتألف من جذور تابعة لأكثر من نوع من السكريات البسيطة أو أنها تحتوي على عناصر إضافية كالأزوت والكبريت.**
- **ويتبع للسكريات العديدة المتجانسة كل من : النشاء، الجليكوجين والسللوز**
- **ويتبع للسكريات العديدة المختلطة كل من: حمض هيالورونيك وكبريتات الكوندروايتين والهيبارين .**
- **ومن مميزات السكريات المتعددة وجودها في حالة غروية وامتلاكها وزن جزيئي مرتفع.**
- **ترتبط الوحدات البنائية المكونة لهذه السكريات ببعضها بروابط من النوع ألفا أو بيتا.**
- **وبمناطق اتصال يمكن إجمالها على النحو التالي (١ ٢. – ١ ٤. – ١ ٦.) فقد لوحظ وجود الرابطة الأخيرة في مناطق التفرع.**
- **من هنا يمكن القول أن وجود السكريات العديدة أما أن يكون على هيئة سلاسل مستقيمة وأما أن يحتوي بعضها على سلاسل متفرعة فضلا عن السلاسل المستقيمة.**
- **عديدات السكر إما تمثل صورة مخزنة للطاقة مثل النشا في النباتات والجلايكوجين في الحيوانات والفطريات ، أو تقوم بوظيفة تركيبية في البناء المادي لجدر الخلايا والأنسجة الضامة مثل السليلوز في جدر الخلايا النباتية وحمض الهيالورونيك hyaluronic في الأنسجة الضامة .**

- من أهم السكريات نذكر:

<u>النشاء:</u> يمثل المخزون الاحتياطي الأكثر أهمية للنبات وذلك الناتج الأخير لعملية التمثيل اليخضوري. وهو يوجد في الخلايا النباتية والحبوب والبطاطا. يتكون النشاء من مخلوط لنوعين من السلاسل السكرية العديدة:

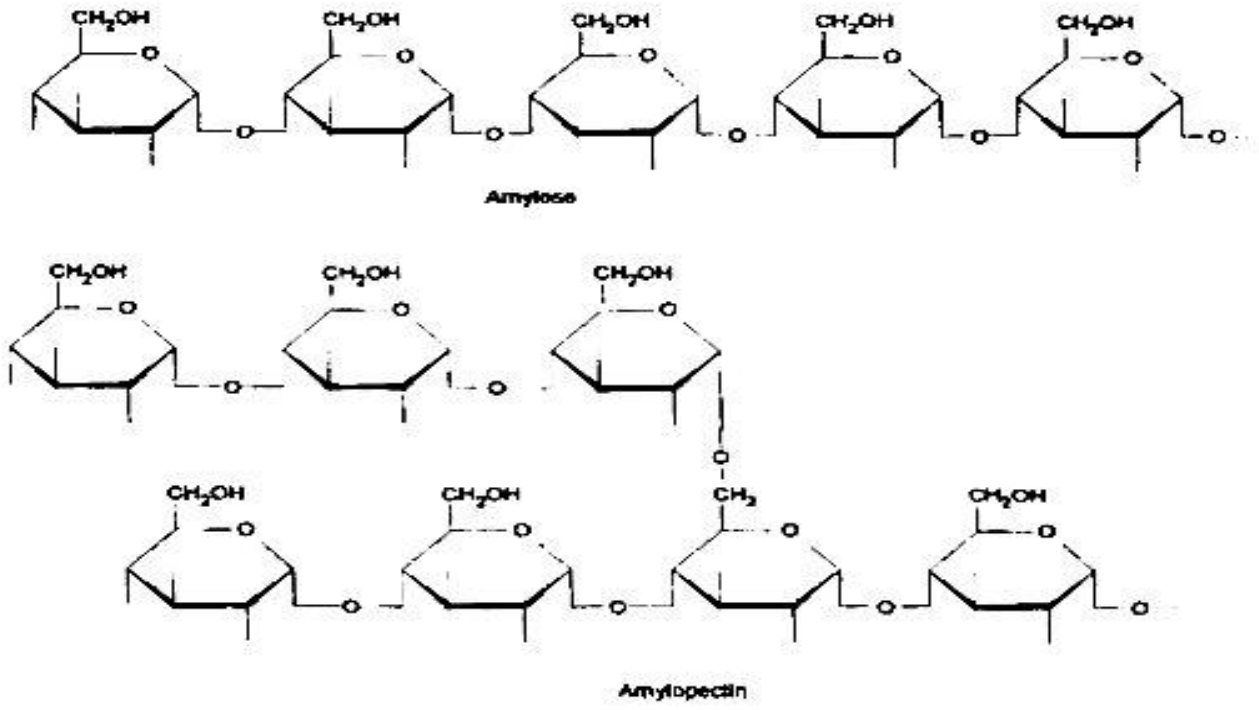
الأول يعرف الأميلوبكتين والثاني الأميلوز والتي تتكون أساسا من السكر البسيط الفا-جلوكوبيرانوز، جناح الأميلوبكتين المتشعب يكون الجزء الخارجي من جزيئة النشاء وتقدر كميته بنحو ٨٠%. وعدد وحدات الجلوكوز الداخلة في تركيبه بنحو ١٠٠٠٠٠ إلى مليون وحدة.





- **على النقيض من ذلك يكون الأميلوز سلاسل مستقيمة ويبلغ عدد وحدات الجلوكوز الداخلة في تركيبه نحو ١٠٠٠وحدة وهو يكون نحو ٢٠%من جزيئة النشاء.**
- **سلسلة الأميلوز تعطي بالتفاعل مع اليود اللون الأزرق الغامق بينما يظهر اللون البنفسجي مع نفس المادة. بجناح الأميلوز يرتبط الجلوكوز مع بعضه من خلال الرابطة الجليكوزيدية ألفا ١ .٤.**

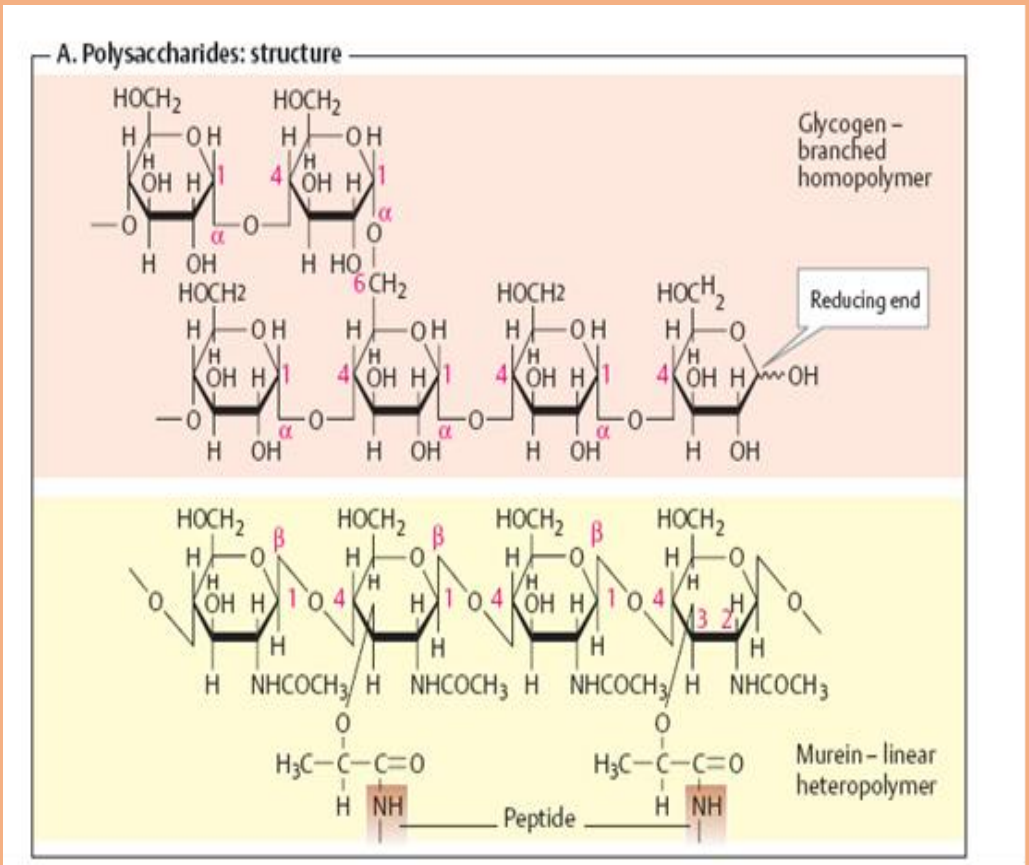
- تنشأ الروابط التشعبية (بدية جناح الأميلوبكتين ما بين مولين من سكر الجلوكوز وذلك من خلال ارتباط الهيدروكسيل الكحولي لذرة الكربون رقم ٦ لإحدى الوحدات السكرية مع الهيدروكسيل الأسيتيالي الموجودة على ذرة الكربون رقم واحد للسكر المجاور، وبالتالي تنشأ الرابطة الجلوكوزيدية من النوع ألفا-١ ٦ .
- تكرار هذه البادية بجناح الأميلوز يكون بفاصل مقداره ٢٠-٢٥ وحدة جلوكوز مرتبطة مع بعضها من خلال الرابطة الجليكوزيدية ألفا-١ ٤.
- من خلال ذلك يتضح أن جناح الأميلوبكتين يحتوي على رابطتين: الأولى المتشعبة الجليكوزيدية_ألفا-١ ٦.-) والثانية الجليكوزيدية المستقيمة(ألفا-١ ٤.-)



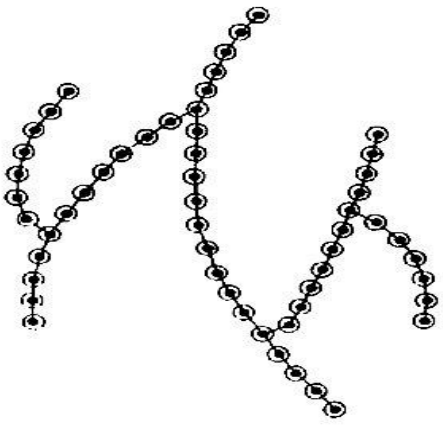
شكل ٣ - ١١
أمايلوز وأمايلويكتين وهما مكونات النشا

الجليكوجين:

- هو الشكل الادخاري للسكريات العديدة ضمن جسم الكائن الحي فالشخص الذي يزن ٧٠كغ يحتوي على جليكوجين في أنسجته المتعددة ما بين ٤٠٠-٤٥٠غ.
- التركيب الكيميائي للجليكوجين يماثل التركيب الكيميائي للنشاء مع زيادة التشعب، فيحدث التفرع كل ٨ - ١٢ وحدة جلوكوز.
- الجليكوجين لا يتمتع بخواص ارجاعية ويتحول إلى لاكتات بعد الوفاة....



- هو نوع آخر من عديدات السكر الذي يخزن في خلايا الكبد والعضلات في الحيوانات كمخزون احتياطي للطاقة . ويوجد الجلايكوجين في الكبد في صورة حبيبات كبيرة منتشرة في السيتوبلازم والتي تتكون بدورها من حبيبات صغيرة وهذه يتكون كل منها من جزئ جلايكوجين وهو جزئ على درجة كبيرة من التفرع ويصل وزنه الجزيئي الى عدة ملايين . يوجد الجلايكوجين أيضاً في الفطريات حيث يستخدم كمخزون للطاقة في هذه الكائنات .



شكل ٣ ـ ١٢
مخطط لقطاع في جزئ الجلوكوجين

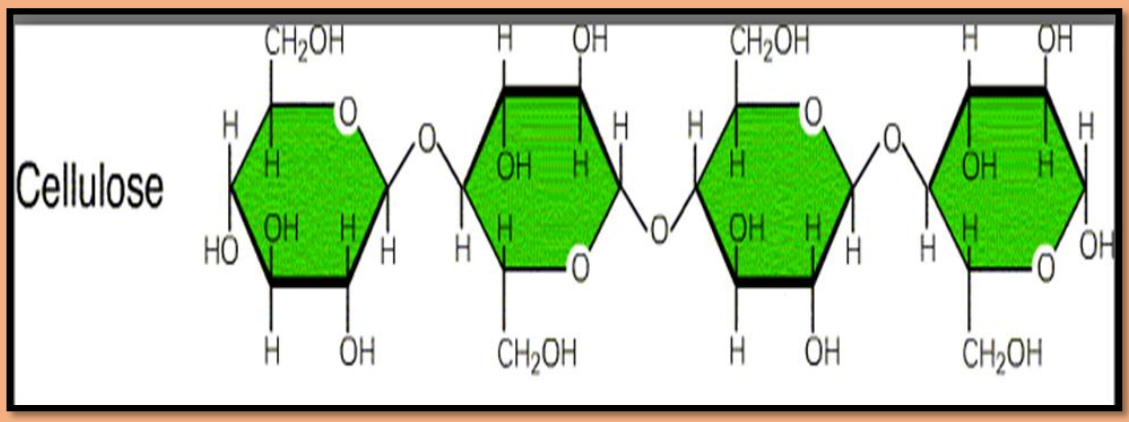
السيللوز و الكيتين:

- **والسليلوز هو مادة ليفية غير ذائبة في الماء يوجد في جدر الخلايا الوقائية للنباتات خاصة السيقان والجذوع وكل الأجزاء الخشبية في الأنسجة النباتية ، فهو يشكل حوالي نصف مادة الخشب ، بينما القطن تقريبا عبارة عن سليلوز نقي .**
- **يدخل في تكوين الجدر الخلوية للنباتات وعدد وحدات الجلوكوز الداخلة في تكوين السيللوز هي من ١٠٠٠إلى ١٠٠٠٠ وحدة من مميزات هذا السكر عدم احتوائه على رابطة تشعبية**
- **إذ يلاحظ تواجد الرابطة من النوع بيتا-١ .٤-جلوكوزيد فقط. من خلال هدم السيللوز نحصل على السكر الثنائي سيلبيوز.**
- **وقد يظهر من ذلك أنه يشبه في تركيبه الأمايلوز،**
- **لكن الحقيقة هناك اختلاف جوهري في أن الارتباط (١ ⟵ ٤) في السليلوز يوجد في الهيئة الفراغية β بينما هي ألفا في الأمايلوز والأمايلوبكتين و الجلايكوجين.**
- **وهذا الاختلاف والذي يظهر أنه اختلاف بسيط في تركيب السليلوز و أمايلوز يؤدي الى تكوين مبلمران يختلفان في خواصهما بدرجة كبيرة .**
- **فالرابطة β) ١ ⟵ ٤) في السليلوز تؤدي الى تكوين سلاسل ممتدة والتي تتجمع عن طريق الروابط الهيدروجينية مكونة ألياف دقيقة**
- **من ناحية أخرى فإن الارتباط α) ١ ⟵ ٤) في النشا والجلايكوجين يؤدي الى تكوين هيئة حلزونية تكون مناسبة لتكوين حبيبات كرية**

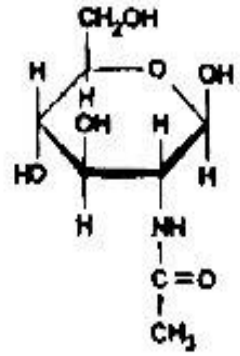
- **في حين تستطيع أنزيمات α -أمايلاز في الفقاريات أن تشطر ارتباطات α) ١ ⟵ ٤) في النشا و الجلايكوجين، فإنها لا تستطيع شطر ارتباطات β) ١ ⟵ ٤) في السليلوز ، لذلك فإن هذا المستودع الكربوهيدراتي الهائل الذي يحتوي على أكثر من نصف الكربون العضوي لا يستفاد منه في تغذية معظم الحيوانات الراقية ،**
- **لكن هناك أنواعاً من البكتريا والحيوانات المجهرية التي لها القدرة على تميؤ السليلوز الى D- جلوكوز، فالنمل الأبيض يهضم السليلوز وذلك لأنه يأوى في قناته الهضمية أحد الكائنات الدقيقة (Trichonympha) والتي تفرز السليولاز cellulose ، وهو الأنزيم المحلل للسليلوز وبذلك تمكن النمل الأبيض من هضم الخشب .الفطريات والبكتريا التي تقوم بتعفن الخشب تنتج أيضاً أنزيم السليولاز .**

- **الهيمي سيلوز يتكون من الجلوكوز، حمض الجالاكتونيك وكذلك من السكريات الخماسية البسيطة : الأرابينوز والأكسيلوز.**

الألياف النباتية وبمساعدة جراثيم الكرش والأعور عند الخيل تحلل السيللوز تحلل سيللوزي لتعطي الأحماض الدهنية الطيارة مثل الأسيتات، البروبيونات، والبروترات. الأبقار والحيوانات المجترة الأخرى هي الفقاريات الوحيدة التي تستطيع استخدام السليلوز كمادة غذائية بطريق غير مباشر، فمعدة هذه الحيوانات تكون بيئة مناسبة لنمو أنواع من الكائنات الدقيقة التي تفرز أنزيم السليولاز الذي يفكك السليلوز الى D – جلوكوز، والذي يتخمر بدوره الى أحماض دهنية قصيرة السلسلة خاصة البروبيونيك و ثاني أكسيد الكربون والميثان الغازي . والأحماض الدهنية الناتجة و التي تمتص في الدورة الدموية للحيوانات المجترة تمثل المصدر الأساسي للكربون والطاقة لهذه الحيوانات .



سكر الكيتين: مبلمر متجانس خطى يتكون من ارتباط وحدات (N –أسيتايل D – جلوكوز أمين) (N– acetyl – D – glucosamine) يدخل في تركيب غلاف أو الهيكل الخارجي لحيوانات السرطانية والحشرات وبعض النباتات الرابطة الجليكوزيدية في الكيتين من النوع بيتا–١ .٤– جليكوزيد والوحدات السكرية الداخلة في تركيبه هي تكرار لوحدات من المركب و هو بذلك يشبه سليلوز ما عدا أن المجموعة المستبدلة على ذرة الكربون الثانية (C2) هي مجموعة أمين مؤستلة (n–acetyl–d–glucosamine)



N - acetyl - D - Glucosamine

شكل ٣ ـ ١٤

N- أسيتايل D- جلوكوز أمين وهو الوحده البنائية للكيتين وعدد آخر من عديدات السكر البنائية

الديكسران:

- يستخدم كمادة مساعدة في حالات فقدان الدم من الناحية الكيميائية يتكون من وحدات متكررة من السكر السداسي جلوكوز ويكثر فيه تواجد الروابط التشعبية(ألفا-١ ،٦-).
- إن التشعب ينشأ بين السكر الأول الحاوي على الهيدروكسيل الأسيتالي وسكر أخر مجاور حاوي على الهيدروكسيل الكحولي وبمواقع مختلفة فإما أن يكون على ذرة الكربون رقم اثنين أو ثلاثة أو أربعة..

الأنولين:

- هو سكر عديد مكون من وحدات متكررة من السكر الكيتوزي فركتوز الرابطة الجليكوزيدية في هذا السكر هي من النوع بيتا-١ ،٢-. والوزن الجزيئي للأنولين نحو ٦٠٠٠ وبالتالي فأنه يتكون من حوالي ٣٠-٣٥ وحدة فركتوز متكررة بشكل أساسي يوجد في الجذور والدرنات وأهميته تكمن في تقدير كفاءة الكليتين.

حمض الهيالورونيك:

- **يدخل هذا الحمض في تكوين الأنسجة الضامة وتركيب السائل ما بين الخلوي للإنسان والحيوان.**
- **إن جزيئة هذا الحمض تتألف من وحدات متكررة لكل من حمض جلوكويورونيك و أسيتيل جلوكوز أمين. والارتباط يكون بين الهيدروكسيل الجلوكوزيدي للذرة رقم واحد من حمض جلوكويورنيك والهيدروكسيل الكحولي على الذرة رقم ثلاثة من مركب أسيتيل جلوكوز أمينو كذلك ما بين الهيدروكسيل الكحولي الموجود على ذرة رقم أربعة لحمض جلوكويورونيك.**

كبريتات الكوندرويتين:

- **تدخل في تركيب السكريات العديدة المخاطية و من الناحية الكيميائية تتكون من اتحاد المركب Nأسيتيل جالاكتوز أمين-6-كبريتات مع حمض جلوكويورونيك. نوع الرابطة B ١ - ٤**

الهيبارين:

- **يوجد بأنسجة الحيوان والإنسان**
- **ويستخدم كمادة مضادة لتخثر الدم لأنه يحتوي على زمرة السلفوايترية.**
- **كيميائيا يتكون من (الحلقةA) حمض جلوكونيك و (الحلقةB) جلوكوز أمين ثنائي كبريتات و (الحلقةC) أسيتيل أمين حمض جلوكونيك و (الحلقةD) جلوكوز -6- كبريتات .**
- **الرابطة الجليكوزيدية الداخلة في تركيب الهيبارين هي من النوع ألفا-١ .٤-...**