

المادة: كيمياء حيوية / 1
المرحلة : الثالثة
الاستاذ الدكتور : ايداد نافع يحيى

الجامعة المستنصرية
كلية التربية الاساسية
قسم العلوم – فرع الكيمياء

الفصل الاول :

Biochemistry الكيمياء الحيوية

الكيمياء الحيوية هي احد فروع العلوم الطبيعية التي تختص بدراسة كل ما هو متعلق بحياة الكائنات الحية سواء كانت كائنات دقيقة (بكتريا ، فطريات و طحالب) او راقية كالإنسان او الحيوان والنبات.

يوصف علم الكيمياء الحيوية احيانا بانه علم كيمياء الحياة ، وذلك لارتباط الكيمياء الحيوية بالحياة فقد ركز العلماء في هذا المجال على البحث في كيمياء الكائنات الحية على اختلاف انواعها عن طريق دراسة المكونات الخلوية لهذه الكائنات من حيث التراكيب الكيميائية لهذه المكونات ومناطق تواجدها و وظائفها الحيوية فضلا عن دراسة التفاعلات الحيوية المختلفة التي تحدث داخل الخلايا الحية من حيث البناء والتخليق او من حيث الهدم والبناء.

الاتجاهات الرئيسية للكيمياء الحيوية

نظرا لتشعب فروع الكيمياء الحيوية فانه تم تقسيمها الى ثلاثة اتجاهات رئيسية وهي:

1. دراسة التركيب الكيميائي لمكونات الخلايا من حيث النوع والكم ، وسمي هذا المجال **بالكيمياء الحيوية التركيبية**.
2. دراسة فسيولوجية لمكونات الخلايا الحية والتحولات الغذائية و انتاج الطاقة ، وسمي هذا المجال **بالكيمياء الحيوية الفسيولوجية والحركية**.
3. دراسة وظيفة المركبات الحيوية داخل الخلايا والعلاقة بينها وبين وظائف الاعضاء والانسجة وسمي هذا المجال **بالكيمياء الحيوية الوظيفية**.

المواضيع التي تدرسها الكيمياء الحيوية؟

الكيمياء الحيوية تتضمن دراسة التركيب و وظيفة المكونات الخلوية مثل البروتينات Protein، كربوهيدرات Carbohydrate ، ليبيدات Lipid's ، الحمض النووي Nucleic acid و الجزيئات الحيوية الاخرى. وركزت الكيمياء الحيوية مؤخرا بشكل محدد اكثر على كيمياء الانزيمات التي تساعد في الكثير من العمليات والتفاعلات الحيوية، وعلى خواص البروتينات . وبصورة عامة تقوم الكيمياء الحيوية بدراسة المركبات الحيوية التالية:

1. الكربوهيدرات Carbohydrate
2. الأحماض الامينية والبروتينات Amino acids & Protein
3. الاحماض النووية Nucleic acids
4. الانزيمات Enzymes
5. الليبيدات Lipids
6. الايض Metabolism
7. الهرمونات Hormone

ويدرس المتخصصون في الكيمياء الحيوية الجزيئات والتفاعلات الكيميائية المحفزة من قبل الانزيمات التي تسهم في كل العمليات الحيوية ضمن الكائن الحي . ويقدم علم الاحياء الجزيئي تخطيطا ووصفا للعلاقة الداخلية بين الكيمياء الحيوية وعلم الاحياء والوراثة. والكيمياء الحيوية هو علم يدرس كافة التحولات الكيميائية والحيوية في جسم الانسان من هضم وامتصاص وتحولات الطاقة وايضا يدرس الامراض والادوية والطرق العلاجية بالإضافة الى الفيروسات والميكروبات وكيفية تفاعلها في الجسم . وبصورة ايسر هو علم واسع وشامل لكل ما تريد معرفته عن دواخل الجسم البشري بشكل خاص وللكائنات الحية عموما.

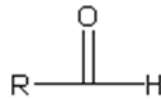
ان هذا العلم متنوع ومتفرع وله علاقة بعلوم اخرى كثيرة منها: التحاليل الطبية ، الادوية ، وهضم المواد داخل الجسم ، والانزيمات ، وكيمياء الطاقة ، وكيمياء النبات ، وعملية التمثيل الضوئي ، وسوائل الجسم ، و الهرمونات ، والفيتامينات ، والسموم والتغذية ومناعة الجسم والكيمياء الحيوية الوراثة.

الكربوهيدرات Carbohydrate

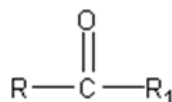
صيغتها العامة $[CH_2O]_n$ ، حيث $n = 3$ الى 7 او اكثر في السكريات المتعددة وهي مركبات كيميائية عضوية تتكون من الكربون ، والهيدروجين ، والاكسجين ، بشرط ان تكون نسبة O:H كنسبتهما في الماء 2 : 1 . وتعتبر هذه المركبات من مصادر الطاقة في جسم الكائن الحي، والمادة التركيبية لعضيات الخلية. وقد وجد هذا التعريف غير دقيق بعد كثرة التجارب لان هناك مواد لها خصائص الكربوهيدرات ولكن نسبة O:H ليس كنسبتهما في الماء مثال على ذلك :



لذلك تم تصحيح تعريف الكربوهيدرات ليصبح : هي مشتقات الدهايدية او كيتونية للكحوليات عديدة الهيدروكسيل او بانها المركبات التي تعطي هذه المشتقات عند تحللها المائي. تعتبر مجموعة الالديهيد والكيتون المجموعات الوظيفية التي تدخل في تركيب الكربوهيدرات وتعتبر الكربوهيدرات الديهيد متعدد الهيدروكسيل اذا احتوت على مجموعة الديهيد .

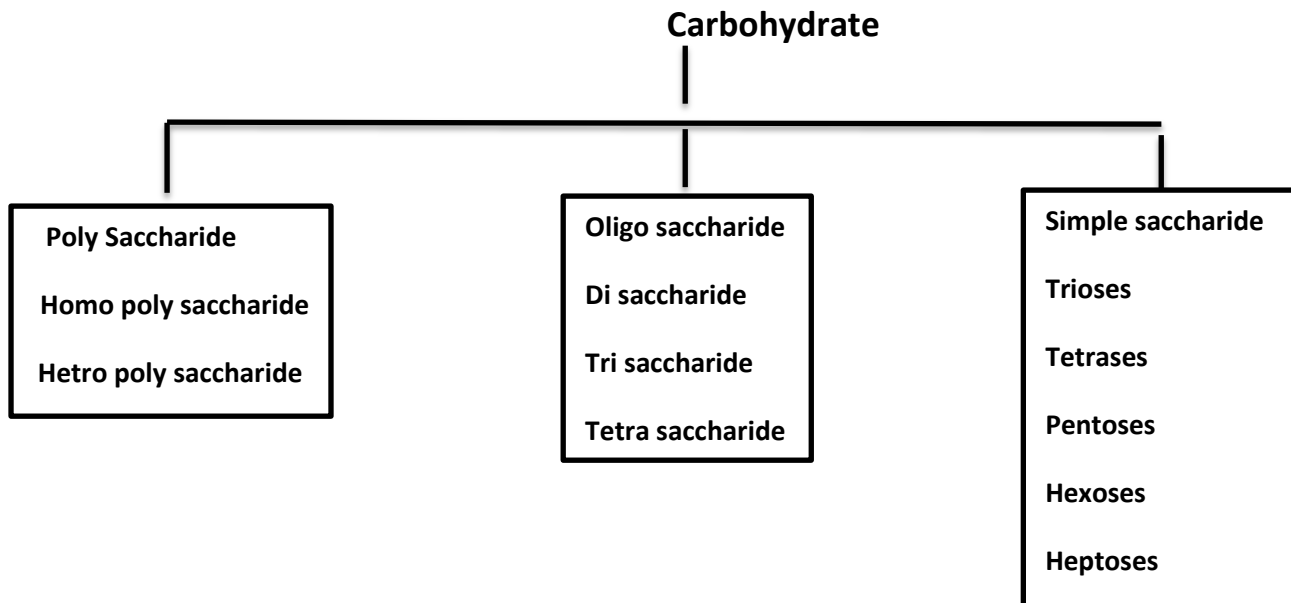


او اذا احتوت على مجموعة كيتون تعتبر كيتونات عديدة الهيدروكسيل.



بعض الكربوهيدرات تحتوي على مجموعات حرة للكيتون والالديهيد , وبعضها لا يحتوي على أي منها ولكن عند تحلله في الماء يعطي مركبات تحتوي اما على كيتون او الديهيد .
الكربوهيدرات مشتق اسمها من تعبير فرنسي Hydrete decarbon وتنتشر في الانسجة الحيوانية والنباتية فهي تحلل موقعا مهما جدا في الكيمياء الحيوية . تصنع في النباتات بعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis وتشمل السليلوز الذي يشكل هيكل النبات والنشا الذي يتم تخزينه كمصدر للطاقة عند الحاجة وعند انبات البذور .
توجد الكربوهيدرات في الحيوان على شكل كلوكوز وكلايوكوجين وتعتبر مصدر مهم للطاقة التي يحتاجها الحيوان في انشطته الحيوية . و الوظيفة الأساسية للكربوهيدرات هو توفير الطاقة لجسم الكائن الحي خاصة الدماغ والجهاز العصبي. حيث يتم تحويل الكلايوكوجين والسكريات المختلفة الى كلوكوز ومن ثم يتأكسد الكلوكوز ويتحول الى طاقة . مثلا واحد مول من الكلوكوز ينتج عند اكسدته طاقة مقدارها 673 كيلو سعرة (السعرة كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام من الماء درجة مئوية واحدة) .

و تصنف الكربوهيدرات Carbohydrate Classification اعتمادا على ما تنتجه عند تحللها المائي وكالاتي:

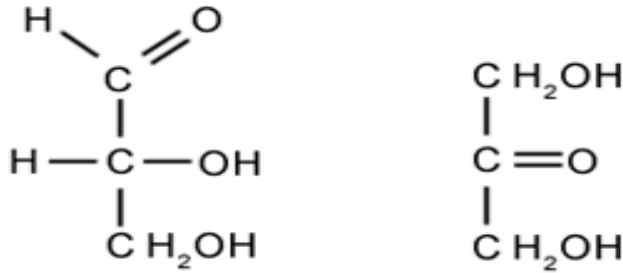


السكريات الاحادية او البسيطة Simple saccharide

تعرف على انها السكريات التي لا يمكن تحللها مائيا الى مواد ابسط منها صيغتها العامة $C_nH_{2n}O_n$ وتسمى عادة بناءً على عدد ذراتها من الكربون باللاتيني مضافاً لها المقطع (ose) .

1. Trioses

سكريات احادية تحتوي على ثلاث ذرات كربون من امثلتها Glyceraldehyde وهو من السكريات الثلاثية الالديهيدية . والـ Dihydroxyacetone وهو من السكريات الثلاثية الكيتونية .

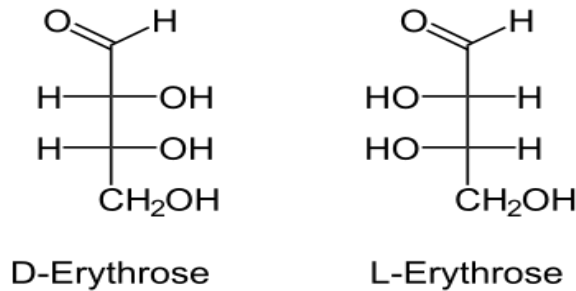


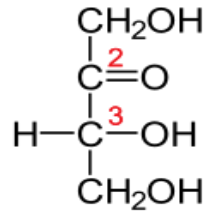
D-Glyceraldehyde Dihydroxyacetone

ويشكل الـ Glyceraldehyde الاساس لجميع المركبات العضوية مثل الاحماض الامينية والاحماض الدهنية .

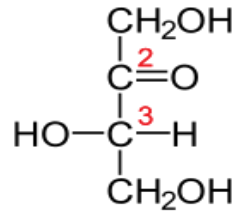
2. Tetroses

سكريات تحتوي على اربعة ذرات من الكربون ومن امثلتها سكر Erythrose . وهو سكر رباعي من الكربوهيدرات يمتلك الصيغة الجزيئية $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$. وهو يمتلك مجموعة ألددهيد واحدة ولذا فهو من عائلة السكريات الالديهيدية . سكر الإرتروز هو عامل مضاد للسرطان . وهو جزيء صغير جدا حيث أن وزنه الذري هو 120 أي ما يعادل ثلثي الوزن الذري للكلوكوز . وسكر الـ Erythrose هو سكر رباعي من الكربوهيدرات يمتلك الصيغة الجزيئية $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$. وهو يمتلك مجموعة كيتون ولذلك فهو من عائلة السكريات الكيتونية .





D-Erythrulose

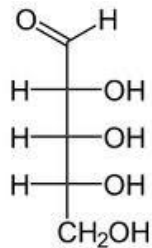


L-Erythrulose

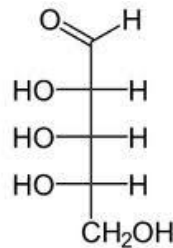
3. Pentoses

سكريات احادية تحتوي على خمسة ذرات من الكربون ومن امثلتها Ribose , Arabinose و Xylose .

- **الرايبوز Ribose** : هو سكر خماسي يحتوي على خمس ذرات كربون أدهايدي يحتوي مجموعة الأدهايد كمجموعة وظيفية في صورته الخطية. له الصيغة الكيميائية $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ وكتلته المولية 150.13 غم / مول . اكتشفه فوبس ليفين في سنة 1905.

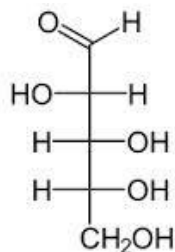


D-Ribose

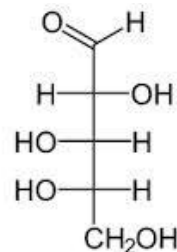


L-Ribose

- **الارابينوز Arabinose** : أو سكر البكتين عبارة عن بنتوز الدهايدي صيغته الجزيئية هي $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ و كتلته المولية 150.13غم/مول. و يوجد على شكل نظيرين ضوئيين وهما L- اربينوز (الأكثر وفرة بالطبيعة) وD- اربينوز.

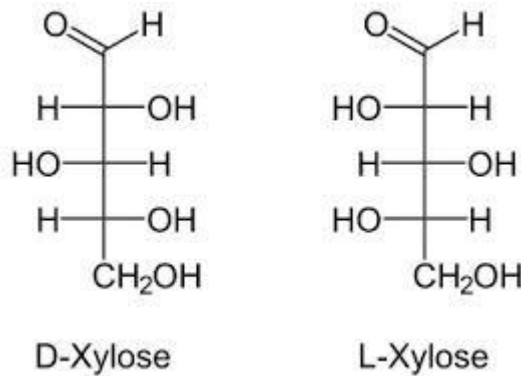


D-Arabinose



L-Arabinose

- **الزايلوز Xylose** : عزل لأول مرة من الخشب، وهو من السكريات الالديهيدية وينتج من الهيميسيلولوز Hemicellulose.



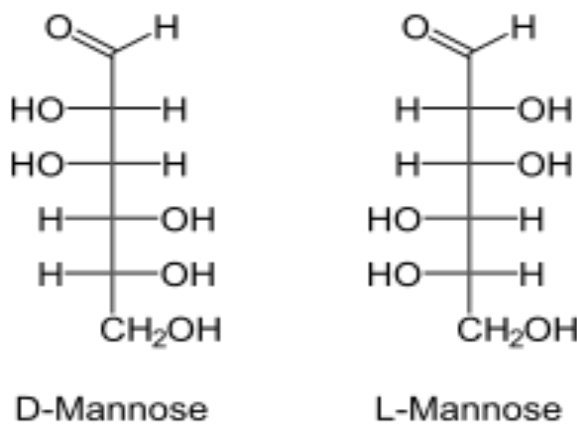
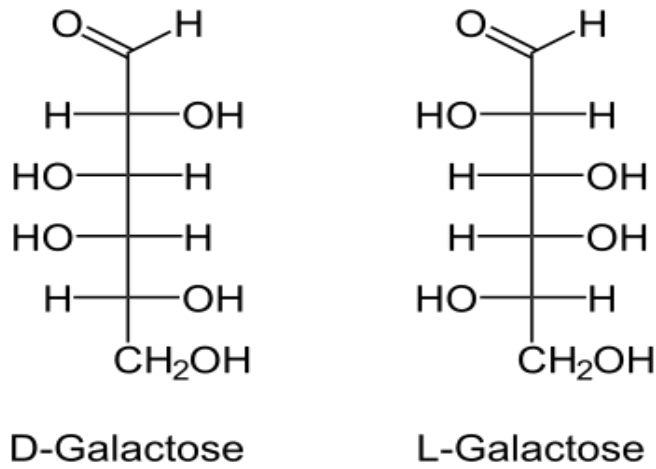
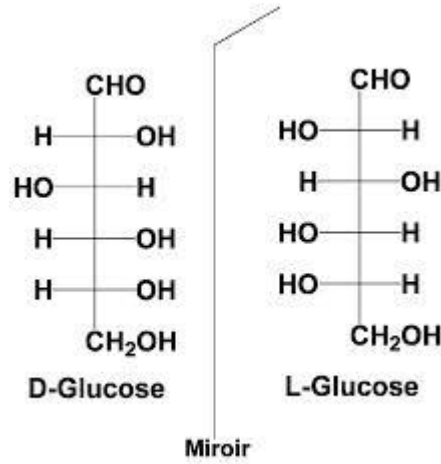
سؤال : ما هو اختبار تحمل الزايلوز Xylose Tolerance Test ؟

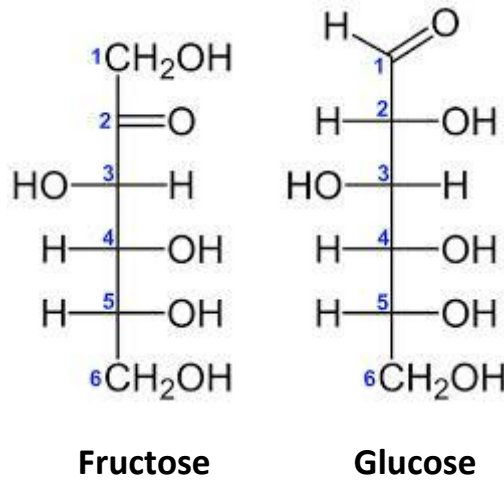
** اختبار يقيس قدرة الأمعاء على امتصاص السكريات البسيطة، مثل الزايلوز (سكر خماسي). و هذا مؤشر لما إذا كان يتم امتصاص العناصر الغذائية بشكل صحيح في الأمعاء. وكثيرا ما يستخدم هذا الاختبار لتقييم استمرار الاسهال وفقدان الوزن وسوء التغذية وحالات سوء الامتصاص المشتبه بهم. الزايلوز عادة لا يوجد في الدم أو في البول، ولا يخضع لعملية الأيض أو التحول خلال مروره عبر الكبد. وفي حيوانات التجارب يتم امتصاصه من الأمعاء بمعدل مساو للكوكوز. يتم إجراء الاختبار عن طريق إعطاء المريض جرعة فموية من الزايلوز و تقدير تركيز الزايلوز في الدم على فترات لاحقا . في نفس الوقت يتم قياس كمية الزايلوز التي تفرز في البول. فالأشخاص الذين يعانون من ذرب بطني (هو الداء البطني (او حساسية الكلوتين) Gluten-sensitive enteropathy هو الاضطراب ذاتي المناعة الذي يؤثر في الجهاز الهضمي والمرتببط بتناول بروتين الكلوتين { البروتين المركب للأغذية المُصنعة من القمح والحبوب المرتبطة به كالشعير والشوفان}) مجهول السبب دون علاج تكون مستويات منخفضة من الزايلوز في الدم بعد الجرعة عن طريق الفم وانخفاض إفراز الزايلوز في البول مقارنة مع الأشخاص الطبيعيين. و تعود هذه القيم إلى وضعها الطبيعي خلال فترة العلاج الناجح لسوء الامتصاص. ويمكن اعتبار نتائج غير طبيعية لهذا الاختبار في الحالات التالية : مرض كرون والجايرديا ، التهاب الدودة الشصية ، ذرب بطني، التهاب المعدة والأمعاء والالتهابات الفيروسية ، و داء ويبل (Whipple's disease) .

4. Hexoses

سكريات احادية تحتوي على ستة ذرات من الكربون ومن امثلتها Glucose و Mannose و Galactose وهذه السكريات تكون الدهيدية اي تحتوي على المجموعة الوظيفية الالديهيد . ومن السكريات الاحادية سداسية الكربون الكيتونية

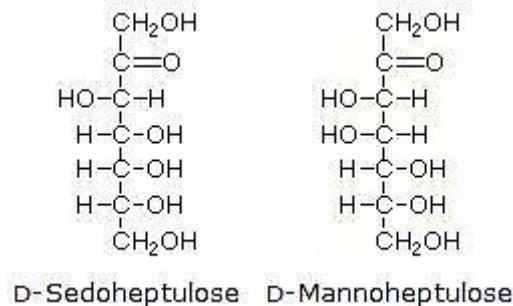
Fructose الذي يحتوي على المجموعة الوظيفية الكيتونية. وسوف نشرح لاحقا تلك السكريات لأهميتها .





Heptoses .5

سكريات احادية تحتوي على سبعة ذرات من الكربون ومن امثلتها **Sedoheptalose** وفي هذه السكريات لديهم إما مجموعة ألديهيد الوظيفية (**aldoheptoses**) أو مجموعة وظيفية كيتون (**ketoheptoses**). وهناك أمثلة قليلة من السكريات الحاوية على سبعة ذرات كربون في الطبيعة منها: سكر الـ **Sedoheptalose** وهو من المركبات الحيوية الوسطية في تخليق الدهون واهميته في المراحل الاولى من عملية التخليق , وسكر الـ **Mannoheptulose** والذي وجد في الأفوكادو , وهو من المركبات الحيوية الوسطية في تخليق الدهون واهميته في المراحل الاخيرة من عملية التخليق.

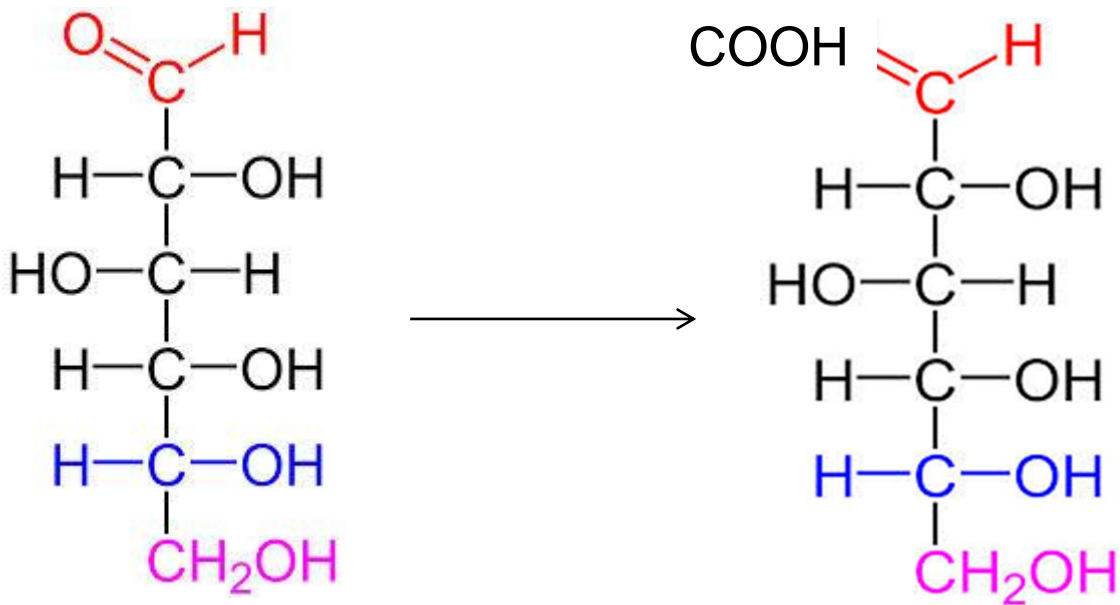


Derivatives of monosaccharide's مشتقات السكريات الاحادية

اي جزء من السكريات الاحادية يحدث فيه تحويل صغير يسمى مشتق. ومن مشتقات السكريات الاحادية:

Hexonic acid's .1

يتكون هذا المشتق عندما تتأكسد ذرة الكربون الاولى السكر الاحادي السداسي Hexoses وينتج عن ذلك التأكسد تكون حامض يأخذ نفس اسم السكر الذي تأكسد منه , فاذا اشتق من سكر الكلوكوز Glucose يسمى Gluconic acid واذا اشتق من سكر الكالاكتوز Galactose يسمى Galactonic acid وهكذا. وفيما يلي معادلة التفاعل:



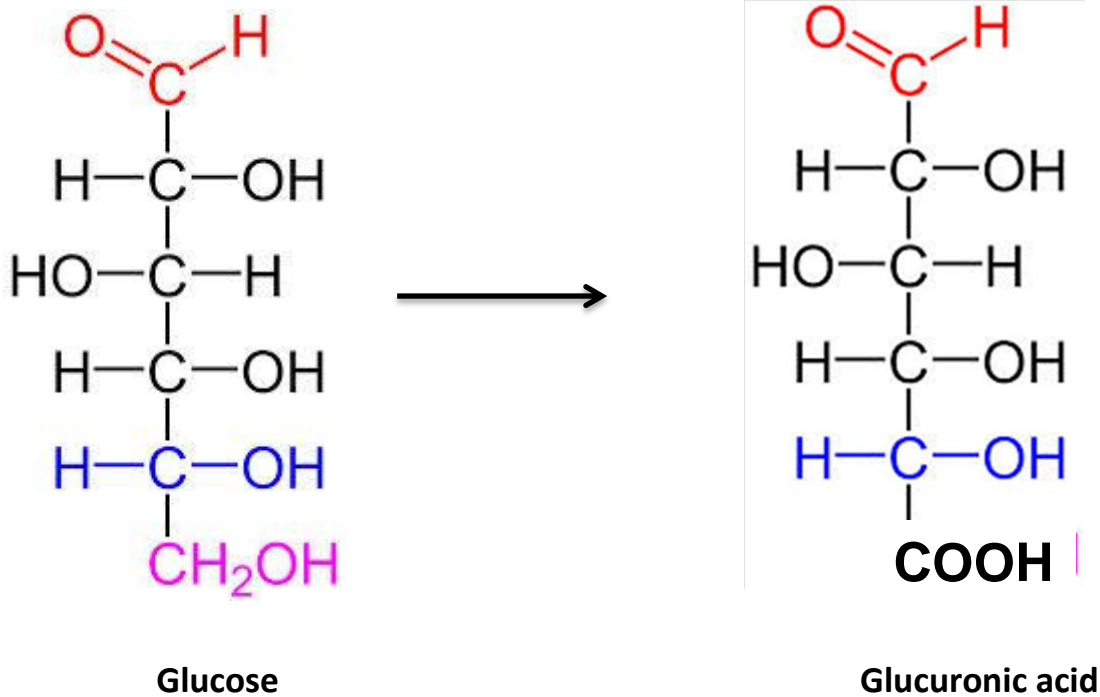
Glucose

Gluconic acid

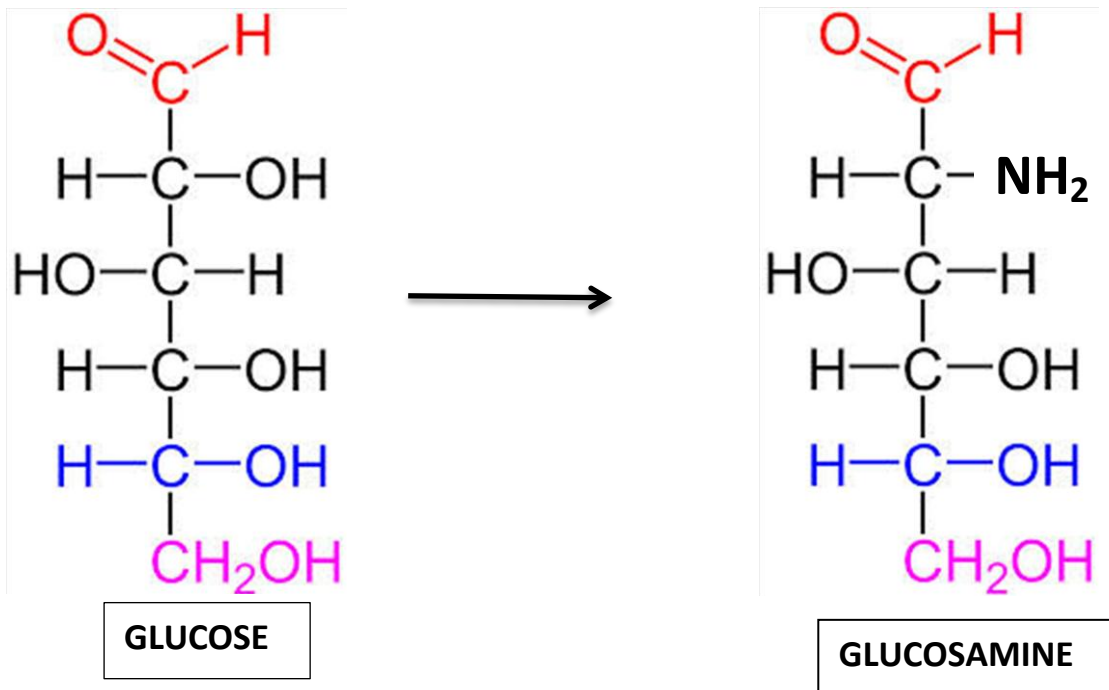
و الحوامض الكربوكسيلية المستمدة من السكريات السداسية صيغتها العامة $C_5H_{11}COOH$. وهي عديمة اللون زيتية السائل ، والـ Gluconic acid من الاحماض العضوية الخفيفة ، غير كاوية ولا تأكل ومع قوة عزل ممتازة. غير سامة وقابلة للتحلل بسهولة (98% منها يتحلل بعد يومين) ، وهي من الحوامض الدهنية بطبيعة الحال وجدت في مختلف دهون الحيوانات و الزيوت ، كما أنها واحدة من مكونات الفانيليا . الاستخدام الرئيسي للحوامض الـ Hexonic في صنع أسترات للنكهات الاصطناعية ، وفي صناعة مركبات Hexylphenols . ، و يتم تحضير حامض الكلوكونيك عن طريق التخمير من الكلوكوز .

Glucuronic acid .2

تنتج هذه الحوامض عندما تتأكسد ذرة الكربون السادسة في السكريات الأحادية السداسية Hexoses. وهو عبارة عن مركب مهم لسلفات الكوندروتين (Chondroitin sulfate) المتواجد في الغضروف، ولحمض الهيالورونيك المتواجد في السائل الزليلي (Synovial fluid). وهو من أهم الاحماض في مجموعة اليورونيك. يظهر في البول مرتبط مع الكافور، أو الفينول، أو الكحولات العالية. ولهذا يستخدم كعامل ضد التسمم. ويوجد في مجموعة البروتينات السكرية، في العادة مرتبط مع مجموعة الأمين السداسي. كما ان لهذا الحامض اهمية داخل الجسم لان معظم بقايا الهرمونات وبقايا الادوية التي نتناولها ترتبط معه وتفرز عن طريق الادرار.

**Sugar amine .3**

سكريات امينة تنشأ عندما تحل مجموعة امين (NH₂) محل مجموعة الهيدروكسيل (OH) المرتبطة بالكربون رقم 2 في السكر الاحادي السداسي Hexoses

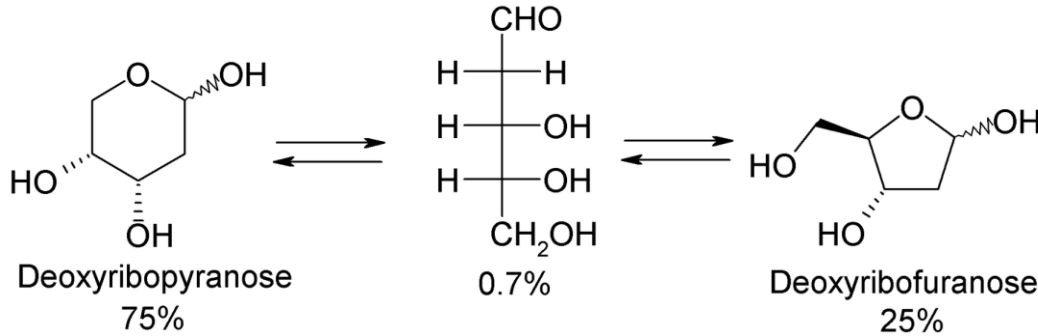


و السكر الأميني هو محرك هام في التخليق البيوكيميائي للبروتينات والليبيدات الحاوية على جزء كربوهيدراتي ، والكلوكوز أمين هو جزء من هيكل chitosan and chitin متعدد السكريات، الذي يكون الهياكل الخارجية للقشريات والمفصليات الأخرى، والجدار الخلوية في الفطريات والعديد من الكائنات الراقية. ويعتبر الكلوكوز أمين واحد من أكثر أحاديات السكريات المتوفرة. وينتج تجارياً من قبل التحلل المائي للهياكل الخارجية للقشريات، أو بطريقة أقل شيوعاً عن طريق تخمير حبوب مثل الذرة أو القمح. ويعتبر واحد من أكثر المنتجات الشائعة الاستخدام التي تكون غير فيتاميني، وغير معدنية، وطبيعية ويتم استخدامها من قبل البالغين كدواء تكميلي أو بديل في الولايات المتحدة الأمريكية. يساعد كلوكوز أمين glucosamine على تخفيف ألم المفاصل وتصلبها بمكوناته الآمنة والفعالة والسريعة الامتصاص. يعتقد بوجود دور حيوي له في تكوين وترميم الغضاريف.

4. Deoxyribose

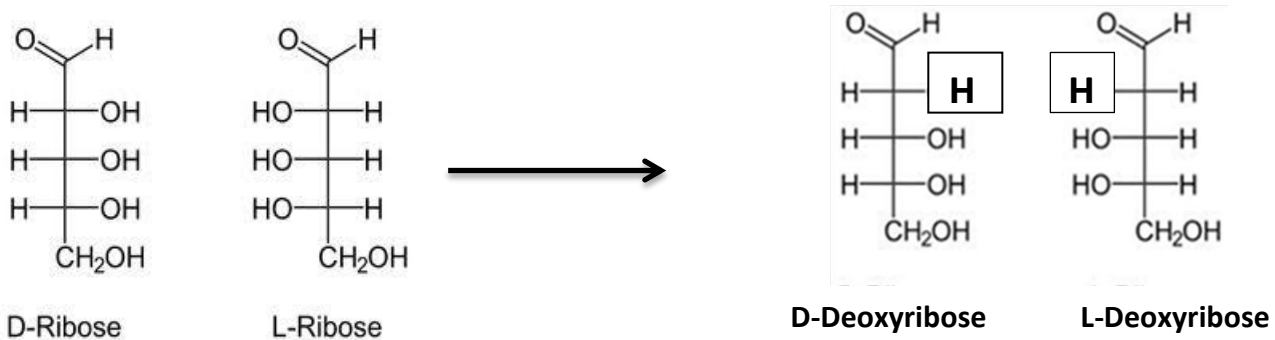
Deoxyribose او بتعبير ادق 2-Deoxyribose السكريات التي تنشأ من فقدان ذرة أوكسجين من السكريات الخماسية. توجد عدة أيزومرات للـ Deoxyribose وان 2- Deoxyribose قد تشير إلى أيزومرين متمثلين: D-2- Deoxyribose . وهذا له اهمية بيولوجية , وصورة طبق الأصل نادراً ما توجد L-2- Deoxyribose حيث ان D-2-Deoxyribose هي

الصورة التي تدخل في بناء الحامض النووي DNA. وفي المحلول المائي، للـ Deoxyribose يتواجد على شكل مزيج من ثلاثة هياكل هي:



ملاحظة : إذا كانت الحلقة سداسية تسمى Pyranose وتلحق بعد اسم السكر عند التسمية وإذا كانت الحلقة خماسية تسمى Furanose وتلحق بعد اسم السكر عند التسمية

وبصورة عامة فإن الـ Deoxyribose ينتج من فقدان السكريات الخماسية الـ Ribose لذرة اوكسجين من مجموعة الـ OH المرتبطة بالكربون 2 في هيكل الكربون الخماسي للسكر، وان الـ Ribose و الـ Deoxyribose لديهم تطابق في التركيب الكيميائي عدا النقص في ذرة اوكسجين ، والـ Ribose هو عنصر السكر في هيكل الـ RNA والـ Deoxyribose هو عنصر السكر في هيكل الـ DNA والمعادلة التالية توضح انتزاع ذرة الاوكسجين من سكر الـ Ribose.

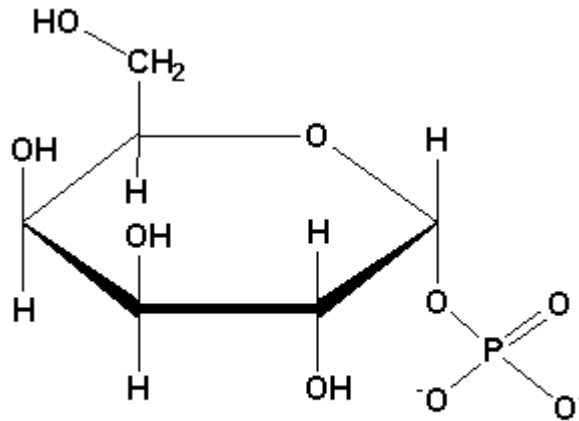


5. حامض الأسكوربيك Ascorbic Acid

من الأحماض السكرية المهمة الأخرى هو حامض الأسكوربيك Ascorbic Acid (Vitamin C) او (فيتامين ج) وهو مركب غير ثابت ويتحول بالأكسدة إلى حامض ديهيدروأسكوربيك Dehydro Ascorbic Acid. يسبب نقص فيتامين C في غذاء الإنسان مرض الإسقربوط ، ويوجد حامض الأسكوربيك بكميات كبيرة في الحمضيات.

6. السكريات الفوسفاتية Phosphate Sugar

لقد تم التعرف على أنواع عديدة من أسترات حامض الفوسفوريك للسكريات الأحادية وهي تستخدم كنواتج وسطية مهمة أثناء التفاعلات الحيوية للكربوهيدرات, ومثال عليها Glucose - 1 - Phosphate الناتج من تحلل الكلايوجين.



Galactose-1-phosphate

Optical activity الفعالية الضوئية

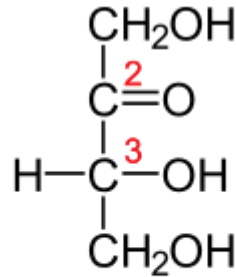
الفعالية الضوئية هي قابلية المركبات على تحريف الضوء المستقطب عندما يمر في محاليلها المائية ، اذا احتوى المركب على ذرة كربون أو أكثر غير متناظرة فالمركب يكون فعالا بصريا. فعندما تمر حزمة ل ضوء مستقطب من جهاز مقياس الاستقطاب على المحلول فإن شعاع الضوء المستقطب إما يدور يمينا فيكون المركب أيمن الدوران ويرمز له (+ أو D) ، أو يدور يسارا فيكون المركب أيسر الدوران و يرمز له (- أو L) . والسكر الثلاثي الألداهيدي كليسر الدهايد Glyceraldehyde توجد فيه ذرة الكربون 2 التي باستطاعتها تدوير الضوء المستقطب لذلك يوجد هذا المركب بشكلين أيسوميرين هما D و L. ولهذا تقسم السكريات الأحادية بحسب التوزيع الفراغي إلى :

1. D-Sugar

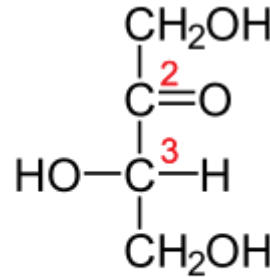
2. L-Sugar

وذلك بحسب وضع مجموعة الهيدروكسيل حول ذرة الكربون الواقعة قبل ذرة الكربون الأخيرة وهي ذرة الكربون الخامسة في السكريات السداسية Hexoses و ذرة الكربون

الرابعة في السكريات الخماسية Pentoses . فإذا كانت مجموعة الهيدروكسيل حول ذرة الكربون الواقعة قبل ذرة الكربون الأخيرة على اليمين يدعى السكر D-Sugar و اذا كانت على اليسار يدعى السكر L-Sugar وبهذا يكون المركب صورة مرآة للآخر.



D-Erythrulose



L-Erythrulose

وإذا مزجنا كميتان متساوية من محلول D و L فيتكون محلول جديد ليس له القابلية على تدوير الضوء أي يمر بشكل مستقيم ويرمز له (DL) . الـ D لوحدها لا تعني اتجاه انحراف الضوء وإنما تحدد موقع مجموعة الـ OH المرتبطة بذرة الكربون ما قبل الأخيرة في جزئية السكر الأحادي ، أما إذا أردنا تحديد انحراف الضوء فيجب استخدام الإشارات + أو - مثلًا D (+) Glucose أو L (-) Fructose وان السكريات من نوع D هي المهمة بيولوجيا والتي تستخدمها الخلية كذلك الخمائر فأنها تخمر D-Glucose لتنتج كحول ولكنها لا تخمر L - Glucose.

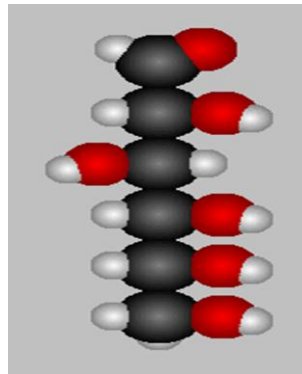
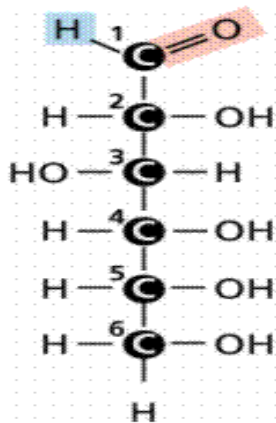
سكر الكلوكوز Glucose Sugar

من السكريات الأحادية السداسية $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ، المعروف أيضا باسم D- Glucose ، وسكر العنب ، ويسمى أيضا الـ Dextrose و Blood sugar وأحيانا Urine sugar وهو موجود في النباتات. وهو واحد من السكريات الأحادية الغذائية الثلاثة، جنبا إلى جنب مع Fructose و Galactose التي يتم امتصاصه مباشرة في مجرى الدم أثناء عملية الهضم. وهو من الكربوهيدرات المهمة في علم الأحياء وهو مخزون الطاقة المباشر للتفاعلات الخلوية الحيوية مثلا بناء الأنسجة وتقلص العضلة والارسال العصبي . الكلوكوز هو واحد من المنتجات الرئيسية لعملية التمثيل الضوئي . معظم السكريات التي تمتص من الأمعاء يتم تحويلها الى كلوكوز بالكبد أو قبل دخولها مجرى الدم من قبل انزيمات الأمعاء ، يوجد 5 - 6 عم من الكلوكوز في دم الشخص البالغ تزود هذه الكمية من الكلوكوز احتياجات الطاقة للجسم لمدة 15 دقيقة فقط وعليه يجب المحافظة على مستواه في الدم من خلال الكلايوكجين المخزون في الكبد وان مستواه لشخص اعتيادي غير مصاب بمرض السكر ، ثابت تقريبا يرتفع بعد تناول الوجبة الغذائية وينخفض بعد فترات الصيام.

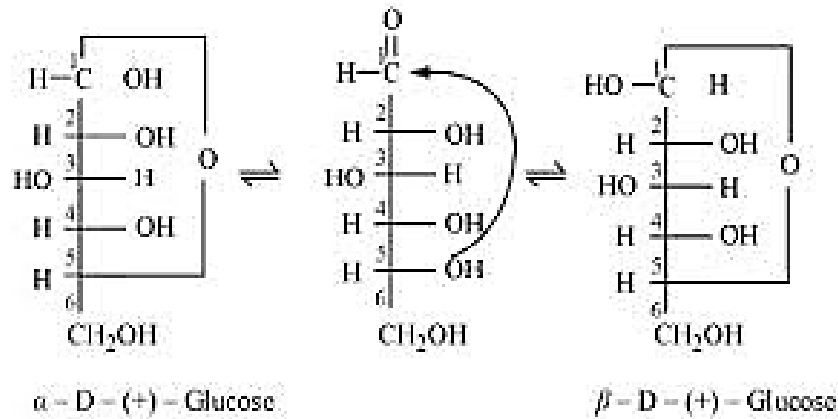
يستخدم الكلوكوز على نطاق واسع في الكائنات الحية والسبب ليس مفهوماً بشكل واضح. والسبب قد يكون أن الكلوكوز لديه ميل أقل من السكريات السداسية الأخرى للارتباط مع المجموعات الأمينية للبروتينات. هذا التفاعل أو الارتباط يقلل أو يدمر وظيفة العديد من الانزيمات فيما لو حصل. ومع ذلك، فإن العديد من المضاعفات على المدى الطويل من مرض السكري (على سبيل المثال، والعمى، والفشل الكلوي، واعتلال الأعصاب المحيطية) وربما يرجع ذلك إلى ارتباطه مع البروتينات أو الدهون. سبب آخر لماذا الكلوكوز هو السكر الأكثر شيوعاً هو أنه هو الأكثر استقراراً.

تركيب الكلوكوز Glucose Structure

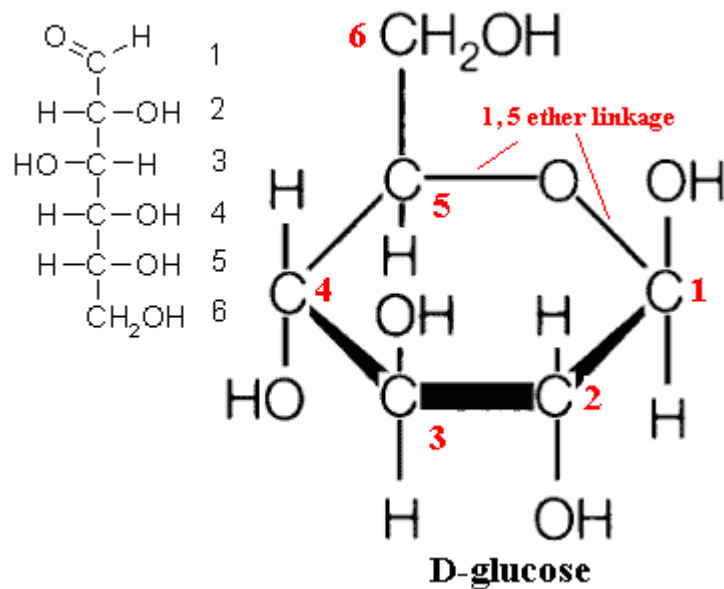
الشكل التالي يوضح تركيب الكلوكوز المفتوح Open Chain حسب تخطيط فيشر Fischer



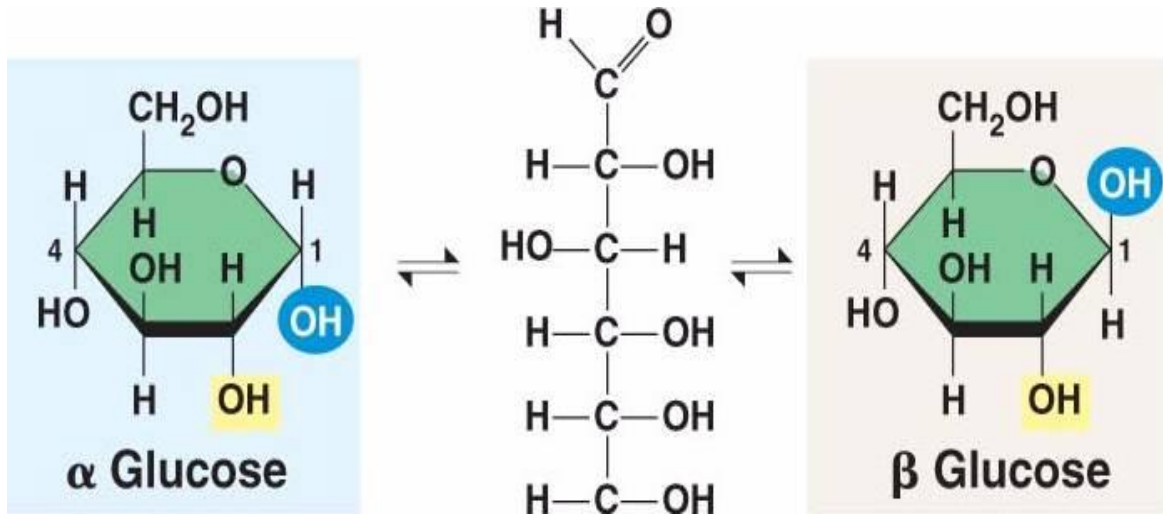
وقد وجد في محالاً جزيئاته تكون بشكل حلقي Ring Structure وبنسبه فييه (١٥ من ٥.٥ %) بشكل مفتوح. الشكل الحلقي يحصل عندما يحصل تقارب بين الكربون 1 والكربون 5 للكلوكوز وتنتقل ذرة H من الكربون 5 الى الكربون 1 وكما في الشكل التالي :



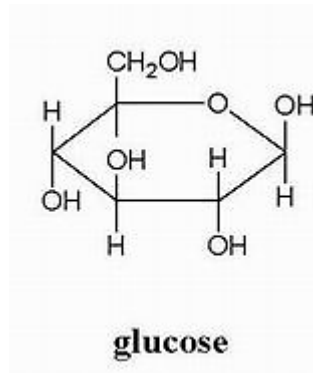
ويمكن ان يمثل التركيب الحلقي للكلوكوز تمثيلاً مختلفاً باستعمال تخطيط هوارث Haworth



في جزئية الكلوكوز الحلقية اذا كانت مجموعة الـ OH على الكربون رقم 1 الى الاسفل تسمى الفا (α) واذا كانت الى الاعلى تسمى بيتا (β) وكما موضح في ادناه



كما يمكن رسم الحلقة بالشكل التالي :



سكر الفركتوز Fructose sugar

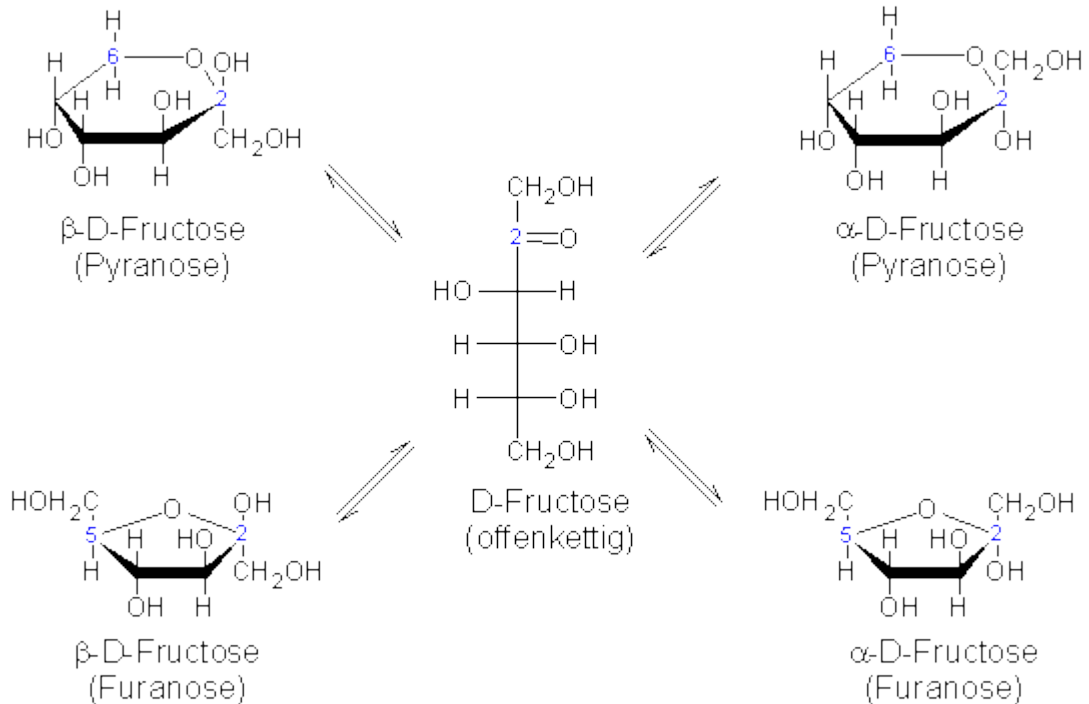
الفركتوز أو سكر الفاكهة هو السكر الذي يتكون داخل كل أنواع الفواكه تقريباً وبعض الخضروات. ودرجة تحلته ضعف درجة السكر الـ Sucrose أو سكر القصب ، ويستخدم في تحلية الحلويات والمرببات والعصائر، كما أنه مصدر حلاوة العسل، ويعطي المذاق نفسه الذي يعطيه السكر، ولكن الفركتوز أقل من السكر في إنتاج السعرات الحرارية؛ ولذلك يستخدم في تحلية أطعمة النظام المستخدم لإنقاص الوزن. والفركتوز هو الذي يعطي الأيس كريم والحلوى الملمس الناعم، كما أنه يمتص الرطوبة بسهولة فيساعد على أن تكون المخبوزات طازجة فلا يتغير طعمها بمرور الوقت. وللأغراض التجارية، ينتج الفركتوز على هيئة سائل أو بودرة أو أقراص. ويستخدم صانعو الأطعمة الفركتوز المستخرج من الذرة، بصفة أساسية، وفي صورة شراب. وجوده بجسم الحيوان : يوجد في الأماكن التالية : 1- في السائل المنوي. 2- في دم أجنة الحيوانات المجترة. 3- قد يوجد نادراً في البول وإن وجد يكون بسبب عيب في التمثيل الغذائي للكبد.

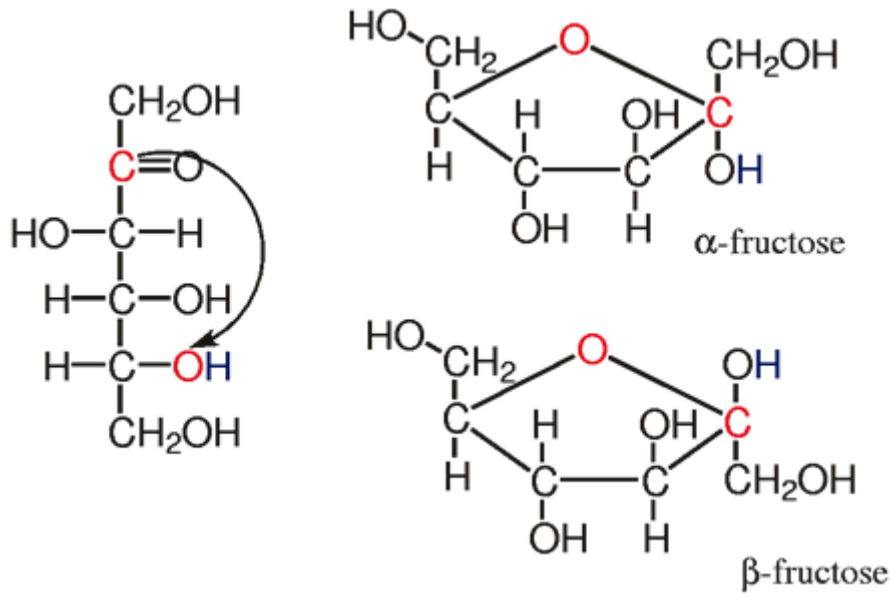
ان عصائر التفاح والإجاص تحتوي على نسبة عالية من الفركتوز ممّا قد يسبّب الإسهال عند الأطفال. إن الخلايا التي تحيط الأمعاء عند الأطفال لديها قدرة أقل لامتصاص الفركتوز من الكلوكوز أو السكروز. إن الفركتوز غير الممتصّ يخلّق أزموزية أعلى في الأمعاء مما يزيد من توجّه المياه داخل القناة الهضمية وذلك يؤدي إلى الإسهال التناضجي.

سؤال : هل سكر الفركتوز مضر لجسم الانسان؟

** ان تناول كمية قليلة منه من خلال الخضر والفواكه لا تضر وتحسن من عملية اكسدة الكلوكوز , ولكن معظم الكربوهيدرات التي نتناولها تتكون من سلاسل من الكلوكوز . عندما يدخل الكلوكوز إلى مجرى الدم، فإن الجسم يطلق الأنسولين للمساعدة في تنظيم ذلك. الفركتوز، من ناحية أخرى، تتم معالجته في الكبد عن طريق تحويله الى سكر الكلوكوز. عندما يدخل الكثير من الفركتوز في الكبد، لا يمكن معالجة تلك الكمية الكبيرة بسرعة , و يبدأ الكبد بصنع الدهون من سكر الفواكه وتوجيهه إلى مجرى الدم بشكل دهون ثلاثية Triglycerides. وان تناول كميه كبيرة من الفواكه او المواد الغذائية الحاوية على نسبة عالية من الفركتوز تكون سيئة للأسباب التالية :

1. الدهون الثلاثية في الدم هي عامل خطر للإصابة بأمراض القلب.
2. الفركتوز يعرقل الى حد ما عمل الهرمونات التي تسبب تنظم الشهية , وعلى الأقل هو جزءا من السبب الذي يرتبط فيه استهلاك الفركتوز الزائد مع زيادة الوزن.
3. هناك أدلة متزايدة على أن استهلاك الفركتوز الزائد قد يسهل مقاومة الانسولين في مرض السكري من النوع الثاني.

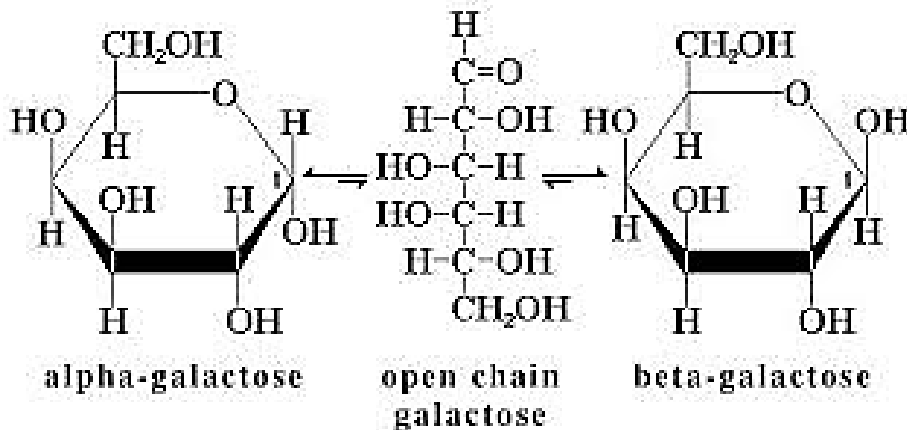




سكر الكالكتوز Galactose Sugar

هو من السكريات الاحادية سداسية الكربون وهو اقل حلاوة من الكلوكوز ولا يذوب في الماء بصورة جيدة . لا يوجد في الطبيعة بشكل سكر احادي حر ولكن يمكن الحصول عليه من التحلل المائي لسكريات اكبر , فمثلا الـ Galactan هو بوليمر Polymer لسكر الـ Galactose وجد في الهيميسليلوز Hemicellulose والذي يمكن تحلله مائيا الى سكر الكالكتوز.

سكر الكالكتوز هو من مكونات سكر الحليب , حيث يتم تغيير سكر الكلوكوز إلى سكر الكالكتوز عبر Hexoneogenesis لتمكين الغدة الثديية لإفراز سكر اللاكتوز Lactose. ومع ذلك، يتم الحصول على معظم اللاكتوز في حليب الغدة الثديية من الحليب المتناول والذي يأتي الى الغدة الثديية من الدم، ويتكون $35 \pm 6\%$ من الكالكتوز من التخليق الحيوي , ويوجد ايضا سكر الكالكتوز في مكونات الدماغ والنظام العصبي بشكل سكر مرتبط بالدهون Galacto - Lipid او مرتبط مع البروتينات Galacto- protein. كما يوجد في البنجر السكري وفي المواد المخاطية للثة . وهو منتج ثانوي من عملية إنتاج الإيثانول الجيل الثالث (من الطحالب الكبيرة).

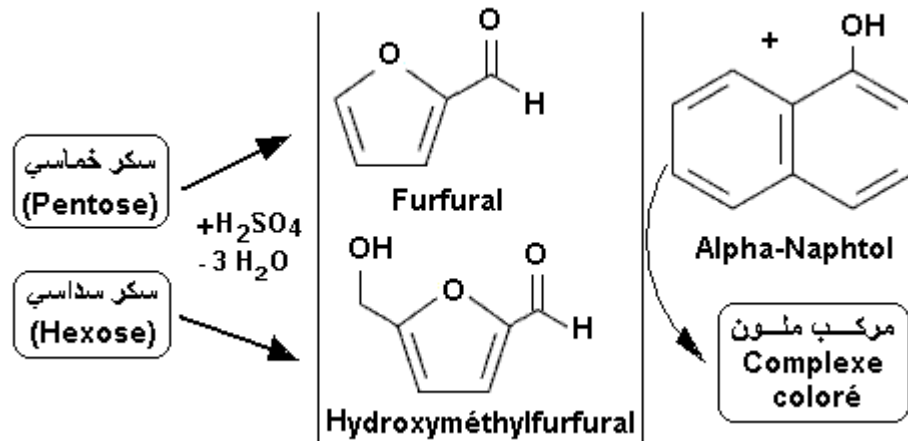


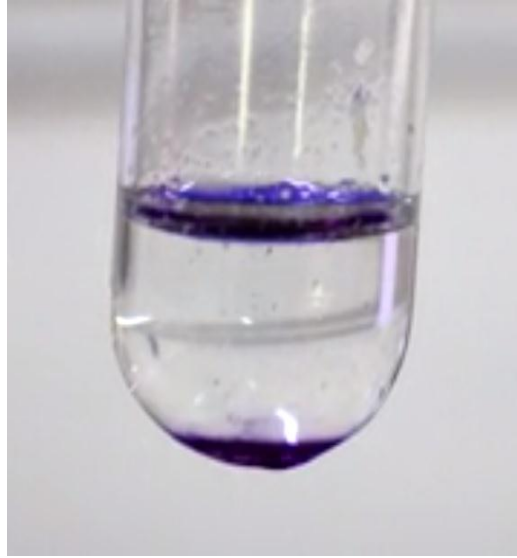
اختبارات للكشف عن السكريات

1. اختبار موليشن Molisch's test

سمي على اسم عالم النبات النمساوي هانز موليش , وهو اختبار عام للكشف عن وجود الكربوهيدرات بصفة عامة وبعض المركبات العضوية الأخرى التي ينتج عنها مركبات الفورفورال Furfural عند تفاعلها مع حمض الكبريتيك المركز . حيث يمزج محلول α -naphthol الكحولي مع محلول مجهول في انبوبة اختبار وتحمل الانبوبة بزاوية ويصب فيها حامض الكبريتيك المركز البارد فاذا تكونت حلقة حمراء بنفسجية عند منطقة التقاء المحلولين , فان ذلك يدل على وجود السكريات في المحلول المجهول.

الاساس العلمي للاختبار , ان جميع الكربوهيدرات (السكريات الأحادية , المركبات السكرية الثنائية , والسكريات المتعددة) , تعطي نتيجة فعل إيجابي , كذلك الأحماض النووية والبروتينات السكرية أيضا تعطي نتيجة فعل إيجابي , حيث يتم تحلل كل هذه المركبات في نهاية المطاف إلى السكريات الأحادية يعمل حامض الكبريتيك المركز على عمل تحلل مائي للروابط الكلايكوسيدية Glycosidic bond , مما ينتج عنه انتاج السكريات الأحادية التي بعد ذلك يتم تحفيفها عن طريق نزع الماء منها للحصول على مركبات الفورفورال ومشتقاتها , في حين Hexoses يسحب منها الماء وتتحول إلى 5 - Hydroxymethylfurfural , فان أي من هذه السكريات الألديهيدية , إذا كان موجودا , سوف تتكثف مع جزيئين من الفا النفثول α -naphthol لتشكيل المنتج كما هو موضح أدناه من مثال وتعطي معقد ذو لون قرمزي او بنفسجي مما يعطي دلالة على وجود الكربوهيدرات .





النتيجة الموجبة لاختبار مولشن وتكون الحلقة البنفسجية

2. اختبار سلفانوف Seliwanoff's test

التمييز بين السكريات الأحادية الالديهيدية (الكلوكوز) والسكريات الأحادية الكيتونية (الفركتوز) أو على السكريات التي تعطي سكريات كيتونية بالتحلل المائي مثل السكروز. أساس الاختبار تختلف الكيتونية عن السكريات الالديهيدية في أنها تفقد الماء وتكون فيرفيرال بسهولة أكثر. و يتكثف الفيرفيرال مع الريسوسينول يتكون مركب أحمر اللون. وعلى ذلك يجب ألا يسخن المحلول لمدة طويلة وإلا فإن السكريات الالديهيدية تعطي اختباراً موجباً أيضاً , وعادة يستعمل هذا الاختبار للكشف عن سكر الفركتوز .

3. اختبار بندكت Benedict's reagent

التمييز بين السكريات المختزلة (الكلوكوز- الفركتوز- المالتوز-اللاكتوز - الرايبوز -الارابينوز) وغير المختزلة (السكروز).

أساس الاختبار:

يتكون محلول بندكت من كبريتات النحاس وقلوي ضعيف هو كربونات الصوديوم حيث يتكون راسب أزرق من هيدروكسيد النحاس، لذلك يضاف محلول سترات الصوديوم التي تذيب الراسب ويتكون محلول رائق هو مركب النحاس الثنائي Cu^{+2} . ويختزل هذا المركب في وجود سكر مختزل إلى أكسيد النحاسوز الأحمر Cu_2O , حيث يظهر بشكل راسب أحمر أو برتقالي. وكما في المعادلة التالية:



والسكريات المختزلة هي تلك التي تحتوي على مجموعة حرة من الألدهايد CHO أو الكربونيل C=O وتوجد هاتان المجموعتان في الصيغ ذات السلسلة المفتوحة أما في الصيغ الحلقية فإن هذه المجموعات المختزلة تظهر بتحول التركيب الحلقي إلى التركيب ذات السلسلة المفتوحة أثناء التفاعل. تتناسب كمية الراسب المتكون مع كمية السكر المختزل الموجود في وسط الاختبار, وتعطي كل السكريات الاحادية اختبار بندكت موجياً. الاختبار السريري لفحص سكر الادرار يعتمد على مبدأ اختبار بندكت نفسه, وفي هذه الحالة يدل اللون الاخضر على وجود كمية قليلة جداً من السكر في الادرار بينما اللون الاحمر القرمزي يدل على وجود اكثر من 2 غم من السكر المختزل في كل 100 مل من الادرار.



وهناك اختبار بندكت الموجب الكاذب للكلوكوز يمكن ان يؤدي الى الخطأ بتشخيص مرض السكري, الى مرض نادر يدعى البنتوز يوريا Pentose Urea, حيث يحتوي الادرار عند هؤلاء المرضى على السكر الخماسي الزايلوز Xylose ولكن المرضى لا يعانون من تأثيرات مرضية منه, لذلك يستخدم اختبار تولن Toleen test لتحديد ما اذا كان السكر الموجود في الادرار كلوكوز او زايلوز.

السكريات المضاعفة Oligosaccharides

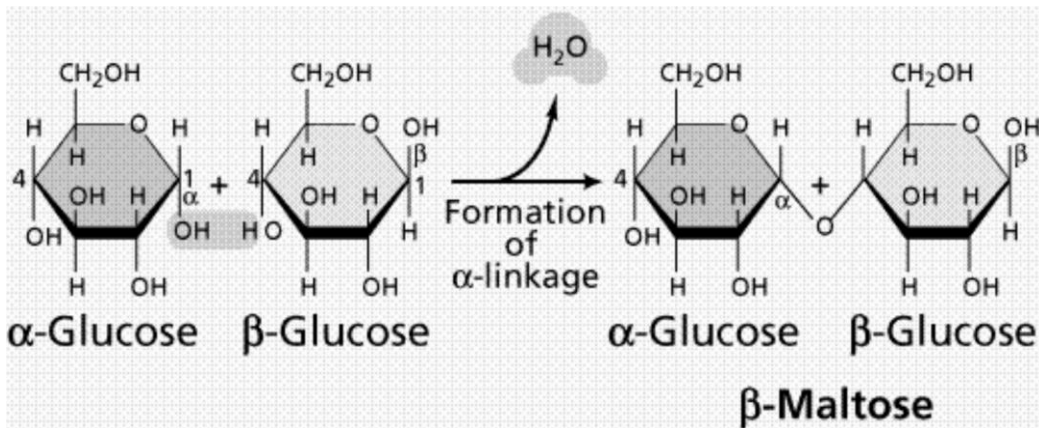
هي السكريات التي تتكون من ارتباط 2 – 9 او 10 من جزيئات السكر الاحادي ,
واثر انواعها انتشارا في الطبيعة السكريات الثنائية Disaccharide وتقسم الى
قسمين:

1. السكريات الثنائية المختزلة Reducing disaccharide

وتشمل سكر المالتوز Maltose وسكر اللاكتوز Lactose

A. سكر المالتوز Maltose Sugar

سكر ثنائي يتكون من وحدتين من الكلوكوز , وهو ينتج بالتحلل المائي
غير الكامل للنشا او الكلايوجين او الديكسترين. صيغته الجزيئية
هي $C_{12}H_{22}O_{11}$ وكتلته المولية هي 342.296 غ/مول. يتكون
المالتوز بعد اتحاد وحدتين من الكلوكوز باصرة من نوع $\alpha (1 \rightarrow 4)$
لذا فقد يطلق عليه أحيانا اسم ثنائي الكلوكوز. حلاوته نصف حلاوة
الكلوكوز وخمس حلاوة الفركتوز , ويسمى بسكر الشعير وعادة تتكون
السكريات الثنائية من تفاعل ازالة الماء بين سكريين احاديين وكما في
المعادلة الاتية:

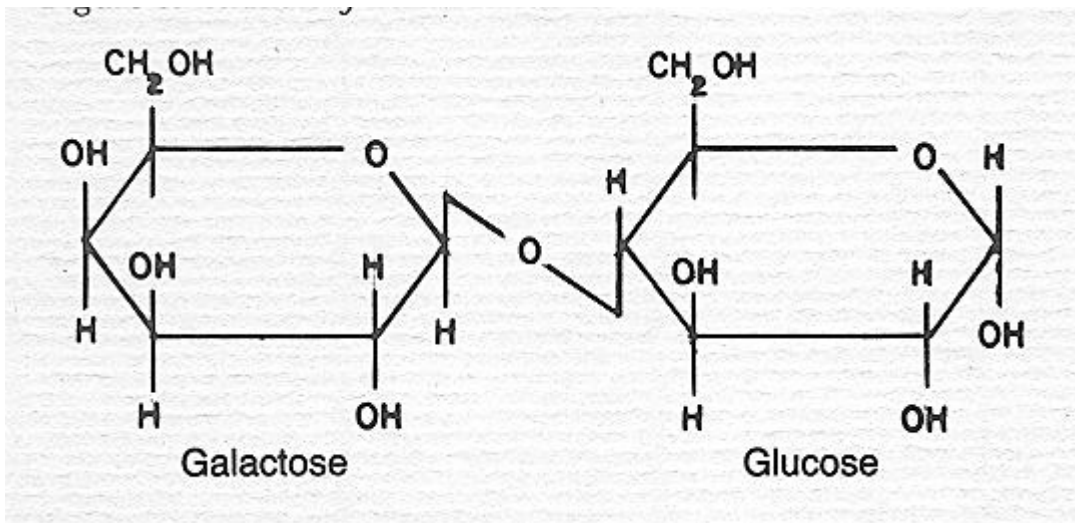


B. سكر اللاكتوز (سكر الحليب) Lactose (Milk Sugar)

يوجد اللاكتوز في حليب اللبائن ويحضر من قبل الغدد اللبنية من
كلوكوز الدم , ويشكل نسبة 4 – 5 % من حليب البقر , ونسبة 6 – 8
% في حليب الانسان.

واللاكتوز مسحوق عديم اللون وعديم المذاق تقريبا , وبذلك يمكن
استخدامه بكميات كبيرة في الاغذية الخاصة العالية السعرات. صيغته

الجزئية هي $C_{12}H_{22}O_{11}$ وكتلتها المولية هي 342.30 غ/مول. يتكون اللاكتوز بعد اتحاد وحدة من سكر الكاللاكتوز (Galactose) ووحدة من سكر الكلوكوز (Glucose) باصرة من نوع $\beta (1 \rightarrow 4)$. يمكن استخراج اللاكتوز بواسطة تبخير شرش الحليب الذي يتم الحصول عليه عن طريق فصل المواد الدهنية وترسيب الكازين. فنحصل على حبيبات اللاكتوز المائية ($C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$) تلك الحبيبات تفقد ماءها بعد تسخينها عند 140 م°.

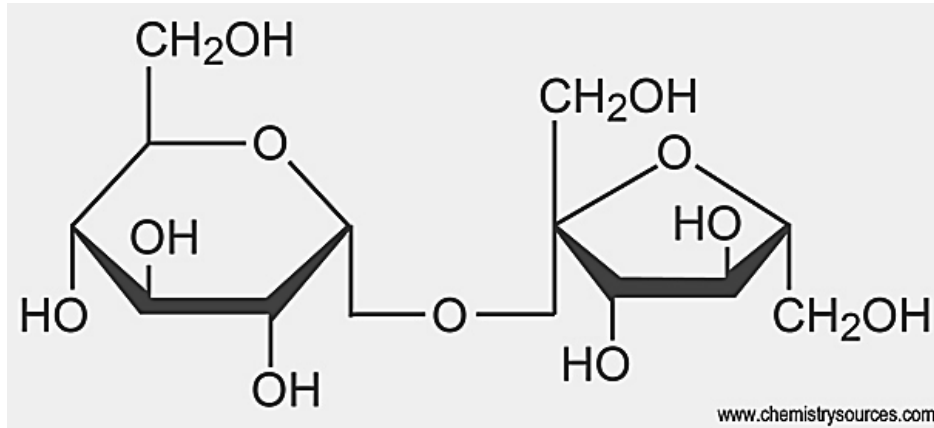


شكل يوضح تركيب سكر الحليب اللاكتوز Lactose

2. السكريات المضاعفة غير المختزلة No Reducing Disaccharide

سكر السكروز Sucrose Sugar

هو من السكريات المضاعفة غير المختزلة ويسمى بسكر القصب و سكر الطعام وسكر البنجر , يوجد في عصير الفاكهة والخضروات وفي العسل . وهو سكر ثنائي يتكون من ارتباط سكر الكلوكوز وسكر الفركتوز باصرة من نوع $\alpha (1 \rightarrow 4)$ بعد انتزاع جزئية ماء . السكروز الاحلى من بين كل السكريات الطبيعية. زيادة استهلاك السكروز مرتبطة بزيادة حدوث تسوس الاسنان، مرض السكري، مرض القلب التاجي والبدانة.



السكروز وكباقي السكريات الاخرى , يحترق إلى ثاني أكسيد الكربون والماء. وان خلط السكروز مع مادة مؤكسدة مثل نترات البوتاسيوم ينتج عن ذلك الوقود المعروف باسم حوى الصاروخية التي تستخدم لدفع المحركات الصاروخية للهواة.



هذا التفاعل اعلاه هو بصيغته المبسطة إلى حد ما على الرغم من ان بعض من الكربون لا تحصل له أكسدة تامة لثاني اوكسيد الكربون .

السكريات المتعددة Polysaccharide

هي أحد أنواع السكريات المعقدة. وهي سلسلة مكونة من اتحاد أعداد كبيرة من السكريات الأحادية برابطة كلايكوسيدية. وسلسلة السكريات المتعددة كبيرة جدا، وغالبا ما تكون من جزيئات ضخمة. وعادة ما تكون غير متبلورة وغير ذائبة في الماء، وليس لها طعم حلو. تحتوي على أكثر من 10 جزيئات من سكر احادي وتقسم الى :

1. السكريات المتعددة المتجانسة Homo polysaccharide

حيث تكون الوحدة البنائية للسكر المتعدد من نوع واحد مثل النشا والذي يتكون من سلسلة من سكر الكلوكوز فقط

2. السكريات المتعددة غير المتجانسة Hetero polysaccharide

حيث تكون الوحدة البنائية للسكر المتعدد من اثن من نوع واحد من السكر مثل الهيميسليلوز Hemicellulose.

أن وحدات التكرار في السكريات المتعددة , والتي غالبا ما تكون السكريات الأحادية في السلسلة متكونة من السكريات الاحادية سداسية الكربون, ويتراوح عددها بين 200 – 2500 جزيئة من السكر الاحادي ، الصيغة العامة يمكن أيضا أن تكون ممثلة على النحو $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ حيث ان $(40 \leq n \leq 3000)$.

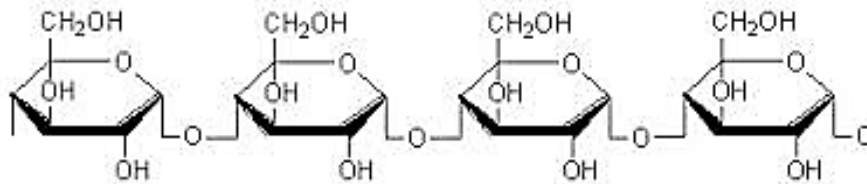
النشأ Starch

هو الشكل المخزون للكلوكوز في النباتات . ويوجد على شكل حبيبات في اوراق وجذور وبنور النباتات , وهذه الحبيبات لا تذوب في الماء , لذلك يجب ان يمزق غلافها حتى يمكن للنشأ ان يمتزج مع الماء , حيث تمزق الحرارة الحبيبات منتجة معلقاً غروباً يزداد سمكه مع الحرارة.

النشأ النقي هو مسحوق أبيض، عديم الرائحة والطعم , غير قابل للذوبان في الماء البارد أو الكحول. والنشويات الطبيعية هي خليط من نوعين من السكريات المتعددة المتجانسة هما :

1. الاميلوز Amylose

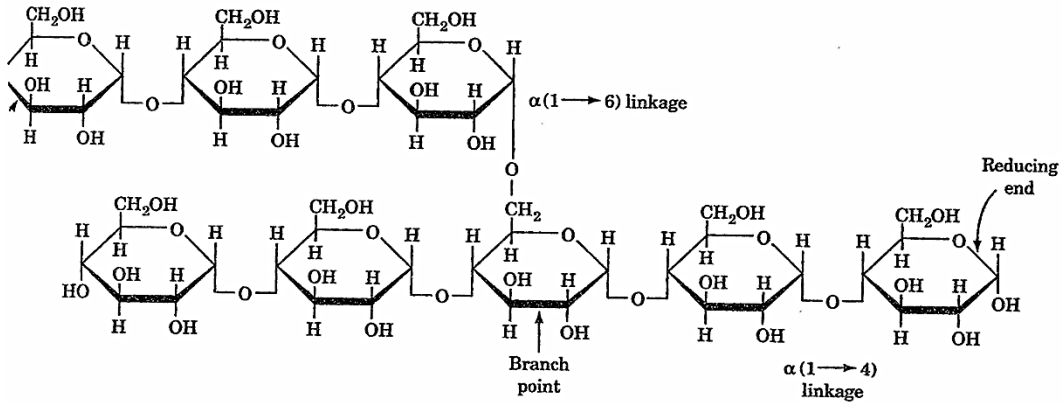
عبارة عن سلسلة مستقيمة غير متفرعة تحتوي 300 – 400 جزيئة من سكر الكلوكوز مرتبطة مع بعضها باصرة من نوع $(4 \rightarrow 1) \alpha$ ويشكل 20 – 30% من النشأ المخزون في النباتات , وبسبب هيكل الاميلوز، فهو يكون أكثر مقاومة للهضم الأنزيمي من جزيئات النشأ الأخرى وبالتالي هو شكل مهم من النشأ المقاوم. ولأنه هو أكثر خطية من الأميلوبكتين، فإنه يأخذ مساحة أقل. ونتيجة لذلك، فإنه من النشأ المفضل للتخزين في النباتات.



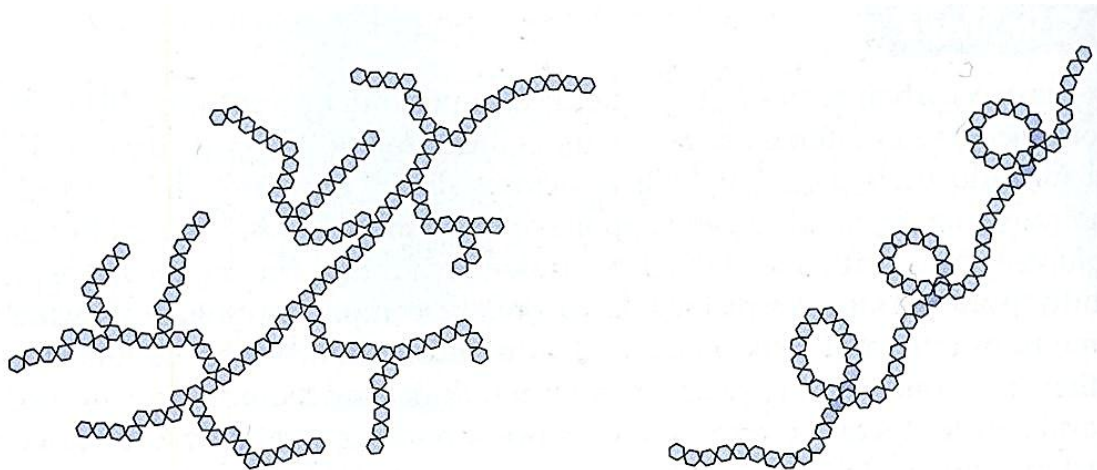
من صفات الاميلوز يعطي اللون الازرق الغامق Deep Blue عند تفاعلها مع اليود .والدراسات الحديثة اشارت الى ان صنف من اصناف الارز ذي الحبة الطويلة يحتوي على نسبة عالية من الأميلوز ويكون أقل لزوجة، لديه تحلل أقل بكثير من باقي الاصناف مما لا يؤثر كثيرا على نسبة السكر في الدم ، والتي يمكن أن يكون مفيداً لمرضى السكر .

2. الاميلوبكتين Amylopectin

هذه الجزيئة اكبر من الاميلوز تحتوي على 1000 جزيئة من الكلوكوز وهي كثيره التفرع وكل فرع يحتوي 24 – 30 جزيئة من الكلوكوز . ترتبط بأواصر كلايكوسيدية من نوع $(4 \rightarrow 1) \alpha$ في الجزء المستقيم (الخطي) من الجزيئة , وبأواصر كلايكوسيدية من نوع $(6 \rightarrow 1) \alpha$ في نقاط التفرع فقط وكم ا في الشكل التالي :



وللمقارنة بيت الاميلوز والاميلوبكتين يلاحظ الفرق في الشكل الاتي :



Starch (amylopectin)

Starch (amylose)

A starch molecule contains hundreds of glucose molecules in either occasionally branched chains (amylopectin) or unbranched chains (amylose).

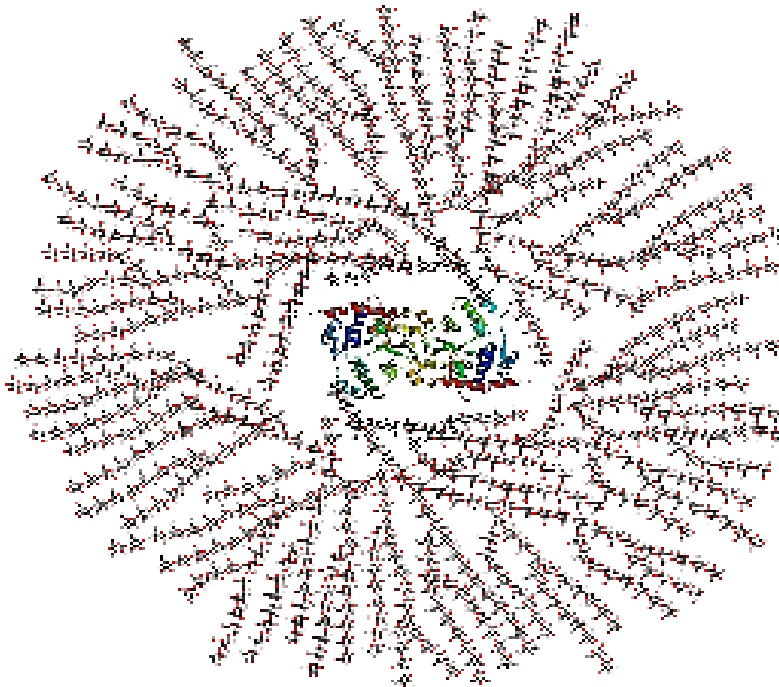
يعطي الاميلوبكتين اللون القرمزي الى الاحمر عند تفاعله مع اليود وهو اكثر نوبانا في الماء من الاميلوز نسبته في النباتات تتراوح بين 70 - 80 % ونسبة الاميلوز الى الاميلوبكتين تتباين وحسب نوع النبات وبصورة عامة تكون 4 / 1 اميلوز الى 4 / 3 اميلوبكتين.

وعلى الرغم من ان البشر يمكن هضم النشا غير المطبوخ، لكن الطبخ يجعل عملية الهضم أسهل كثيرا. ويحتوي لعاب الإنسان على انزيم الأميليز Amylase ، وهو الانزيم المعروف أيضا باسم تياالين Ptyalin.

الكلايوجين Glycogen

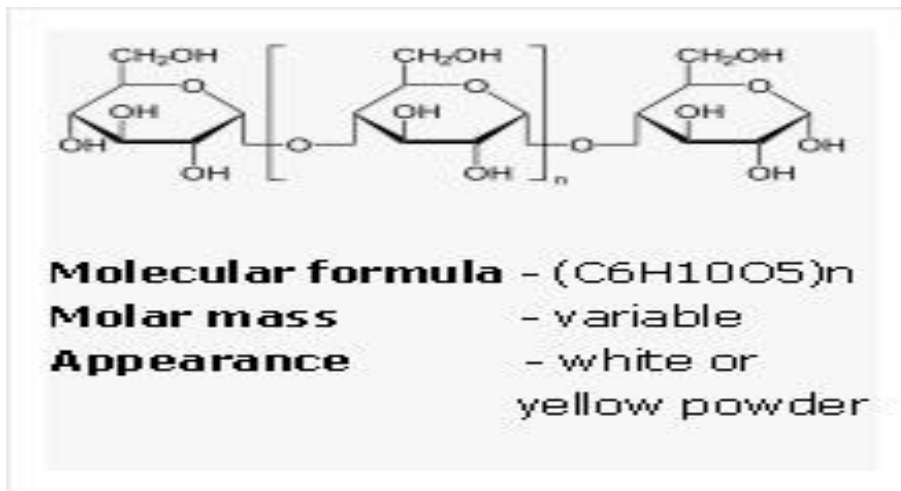
جزيئة كثيرة التفرع وهي الشكل المخزون للكلوكوز في الحيوانات والفطريات ويشكل حوالي 8 % من وزن الكبد تقريبا بعد تناول وجبة الطعام (ما يعادل 100 - 120 غم من وزن الكبد البالغ) و 1 - 2 % من وزن العضلات في جسم الإنسان . الكلايوجين أو الكليوجين سلسلة متعددة الوحدات متجانسة , يشكل الكلوكوز وحدة البناء الأساسية في هذا الجزيء .

ترتبط كل وحدة كلوكوز مع الوحدة التي تليها بأواصر من نوع (1 , 4) α ، في حين نقاط التفرع ترتبط بأواصر من نوع (1 , 6) α . ويعتمد كمية خزن الكلايوجين على التدريب البدني، و معدل الايض الأساسي ، وعادات الأكل مثل الصوم المتقطع . تم العثور على كميات صغيرة من الكليوجين في الكلى ، وكميات أصغر في بعض الخلايا الدبقية في الدماغ و خلايا الدم البيضاء . أيضا يخزن الكليوجين في الرحم أثناء الحمل لتغذية الجنين. بسبب الطريقة التي يتم تصنيعه الكليوجين، كل الكليوجين لها في داخلها بروتين glycogenin ويمثل البادئ الذي تبنى عليه جزيئة الكلايوجين. والشكل التالي يوضح بناء جزيئة الكلايوجين.



الديكستريانات Dextrin's

سكريات متعددة متجانسة ذو وزن جزيئي منخفض , تتكون خلال التحلل المائي الجزئي للنشأ بالحوامض او الانزيمات او الحرارة الجافة . يوجد الديكستريانات بشكل مساحيق بيضاء، صفراء أو بنية اللون التي تذوب جزئياً او كلياً في الماء، وهي فعالة ضوئياً و محلولها المائي منخفض اللزوجة وعليه تستعمل كمواد لاصقة على الطوابق والمظاريف. وينتج اللون الذهبي للخبز المحمص من تكوين الديكستريانات . والشكل التالي يوضح تركيب الاميلوبكتين.

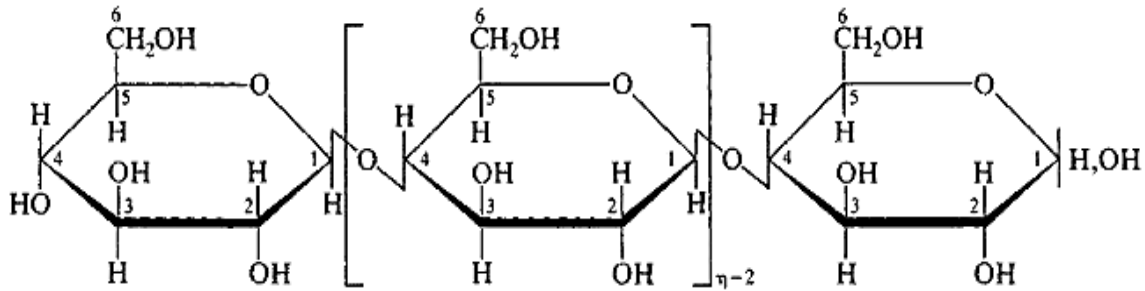


السليولوز Cellulose

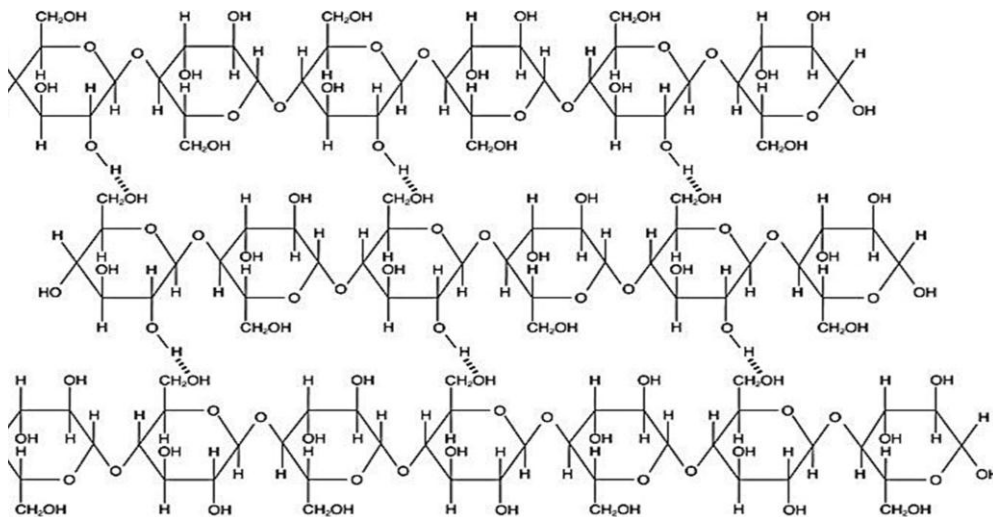
هو سلسلة متعددة للكلوكوز (الوزن الجزيئي من 50000 الى 1000000) ينتج من قبل النباتات وهو المكون التركيبي الرئيس للنباتات التي تحرر خلاياها هذا المركب ليكون جدار الخلية الخارجي. هو مركب عضوي مع الصيغة $(C_6H_{10}O_5)_n$. ترتبط جزيئات السكر مع بعضها بأواصر من نوع $\beta (1 \rightarrow 4)$, السليولوز هو عنصر هيكلية هام وأساسي لجدار الخلية من النباتات الخضراء، والكثير من أشكال الطحالب و الفطريات . السليولوز هو البوليمر العضوي الأكثر وفرة على الأرض. محتوى السليولوز في الياف القطن 90%، وفي الخشب هو 40-50% . ويستخدم السليولوز أساساً لإنتاج الورق .

بعض الحيوانات، وبخاصة الحيوانات المجترة و النمل الأبيض يمكن، هضم السليولوز بمساعدة الكائنات الحية في الامعاء الدقيقة والغليظة التي تعيش في أحشائهم . يمكن للإنسان ان يهضم السليولوز إلى حد ما عن طريق الكائنات الحية في داخل امعائه ايضا . السليولوز ليس له طعم، عديم الرائحة، غير قابل للذوبان في الماء ومعظم المذيبات العضوية، وغير قابل للتحلل . ويمكن تقسيمها تحليله إلى وحدات

الكلوكوز كيميائياً من خلال تعريضه الى الأحماض المركزة في درجة حرارة عالية. والشكل التالي يوضح تركيب السليلوز .



لا تذوب جزيئات السليلوز في الماء بسبب حجمها وكبرها . والقوة والصلابة التي يعطيها للنباتات هي نتيجة للترابط الهيدروجيني بين جزيئات السليلوز وكما في الشكل التالي:



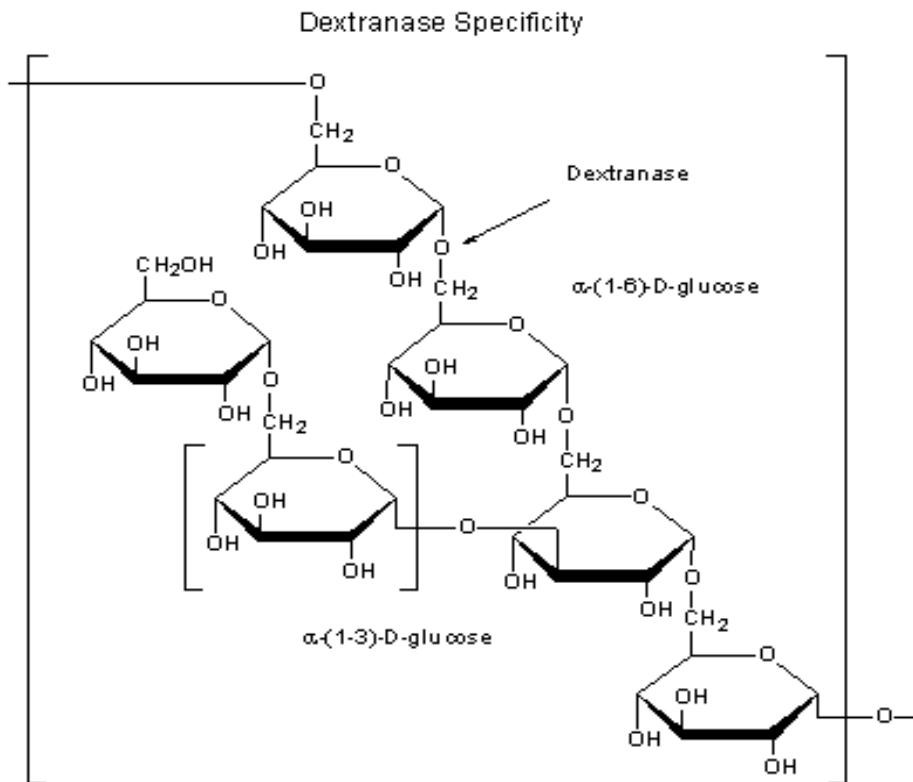
التحلل الجزئي للسليلوز ينتج عنه اطلاق جزيئات Cellulose الذي يتكون كم جزيئين من الكلوكوز مرتبطة مع بعضها باصرة من نوع (1 , 6) - β . والسليلوز ذو الياف مستقيمة ومتوازية لذلك يستخدم في ورق الترشيح .

الديكستران Dextran

الديكستران هو مركب، فرعي من الكلوكان Glucan (من السكريات المتعددة) ومؤلف من سلسلة من أطوال مختلفة. يستخدم طبيياً كمضاد تخثر ولخفض لزوجة الدم وكموسع في فقر الدم. ويتم تصنيع الديكستران من السكروز بواسطة بعض البكتيريا

مثل بكتريا حامض اللاكتيك السلسلة المستقيمة للديكستران تتألف من جزيئات الكلوكوز مرتبطة مع بعضها بأواصر من نوع (1,6) - α بين جزيئات الكلوكوز، بينما في نقاط الفروع تكون جزيئات الكلوكوز مرتبطة مع بعضها باصرة من نوع (1,3) - α .

الوزن الجزيئي له اكثر من 1000000 ويستعمل الديكستران المتحلل جزئيا بالماء (الوزن الجزيئي للمتحلل 70000) كمعوضات لبلازما الدم في معالجة الصدمة من حجم بلازما الدم الواطي. 40% من الديكستران المحقن عن طريق الوريد يفرز في البول خلال ال 24 ساعة الأولى بعد الحقن في الوريد في حين سيتم الاحتفاظ 30% المتبقية لعدة ايام اخرى حتى يتم تأيضة. كما ويستخدم في بعض قطرات العين، وفي بعض السوائل الوريدية لذوبان عوامل أخرى، مثل الحديد. والشكل التالي يوضح التركيب الكيميائي للديكستران.



السكريات المتعددة غير المتجانسة Heteropolysaccharide

بشكل عام فان الـ Heteropolysaccharide تحتوي على اثنين أو أكثر من جزيئات سكريات احادية تختلف عن الجزيئات الاخرى في السلسلة , على الرغم من أن عدد قليل منها على ثلاثة أو أكثر من السكريات الأحادية مختلفة، ولكن بشكل طبيعي تحتوي على اثنين منها فقط مختلفة وترتبط ارتباطا وثيقا مع الدهون أو البروتين. ان الطبيعة المعقدة لهيكل هذه المواد جعلت الدراسة المفصلة لها في غاية الصعوبة.

والجدول التالي يوضح بعض انواع السكريات المتعددة غير المتجانسة واماكن تواجدها :

النوع	السكريات المكونة له	الوظائف	اماكن التواجد
حامض الهيالورونيك Hyaluronic Acid	حامض كلوكورونيك و N-D-Acetyl-Glucose amine	امتصاص الصدمات وفي زيت المفاصل	النسيج الضام والجلد
كوندروتن-4-كبريتات Chondroitin-4 sulfate	حامض كلوكورونيك و N-D-O-acetyl-4-galactosamine - sulfate	تراكم الكالسيوم وتكوين العظام والغضاريف	الغضروف
الهبارين Heparin	حامض كلوكورونيك وحامض L-Iduronic N-D-Sulfo Glucosamine	تخثر	الخلايا البدينة والدم
كاما كلوبولين gamma globulin	D-mannose & d- Galactose N-acetyl hexose amine	الاجسام المضادة	الدم

ومن انواعها Mucopolysaccharide وهو السكريات المتعددة غير المتجانسة المخاطية , وهو عبارة عن سلسلة طويلة من السكريات التي هي اساس لبناء معقد الكربوهيدرات جنبا إلى جنب مع البروتينات والدهون، وأنها تشكل مادة هلامية بين الجلد والعظام والغضاريف وخلايا النسيج الضام. وتعمل كمزيت للمفاصل. وهومن المواد المساعدة في النقل بين الخلايا، وتساعد على تماسك بنية الخلية من الأنسجة الضامة. ويساعد في السلامة الهيكلية للعظام والغضاريف والجلد والأغشية المرنة الأخرى في الجسم عن طريق عمله كحماض للصدمات . العيوب الخلقية في إنتاج السكريات المتعددة المخاطية يمكن أن يؤدي مجموعة متنوعة الامراض . وتوجد مركبات السكريات المتعددة المخاطية على سطح الخلايا وبين الخلايا. وهي ضرورية جدا للحفاظ على بنية الخلايا ونقل المواد الغذائية , وأن أي نقص يمكن أن يسبب عواقب صحية خطيرة. الوحدة البنائية Mucopolysaccharide هي

و ترتبط الجزيئات N- acetyl- D- glucosamine و Glucuronic acid
 بأواصر من نوع $\beta - (1, 3)$ و اواصر من نوع $\beta - (1, 4)$.

