الكيمياء الحيوية Biochemistry

هى أحد فروع العلوم الطبيعية التي تختص بدراسة كل ما هو متعلق بحياة الكائنات الحية سواء كانت كائنات دقيقة (بكتيريا ، فطريات ، طحالب) او راقية كالإنسان و الحيوان و النبات . و يوصف علم الكيمياء الحيوية احيانا بانه علم كيمياء الحياة وذلك نظرا 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 و مناطق تواجدها ,وظائفها الحيوية فضلا عن دراسة التفاعلات الحيوية المختلفة التى تحدث داخل هذه الخلايا الحية من حيث البناء والتخليق ، أو من حيث الهدم و انتاج الطاقة .

ونظرا لتشعب فروع علم الكيمياء الحيوية فانه تم تقسيمها إلى ثلاثة اتجاهات رئيسية وهى:

1.. دراسة التركيب الكيميائى لمكونات الخلايا من حيث النوع و الكم ، و سمى هذا المجال بالكيمياء الحيوية التركيبية.

2 .. دراسة فسيولوجية مكونات الخلايا الحية و التحولات الغذائية و انتاج الطاقة ، و سمى هذا المجال بالكيمياء الحيوية الفسيولوجية و الحركية.

3 .. دراسة وظيفة المركبات الحيوية داخل الخلايا و العلاقة بينها و بين وظائف الاعضاء و الانسجة ، و سمى هذا المجال بالكيمياء الحيوية الوظيفية.

الكيمياء الحيوية Biochemistry

يمكن ان نعرف الكيمياء الحيوية : على انها فرع من فروع علم الكيمياء الذي يهتم بدراسة المكونات الحيوية من حيث التركيب الكيميائي والوظيفة والتغيرات الكيميائية التي تطرء عليها خلال العمليات الحيوية المختلفة التي تحصل داخل جسم الكائن الحي .

من اهم المواد الحيوية التي نعنى بدراستها هي :١- الكاربوهيدرات ٢- الدهون ٣- البروتينات ٤- الانزيمات ٥- الاحماض النووية

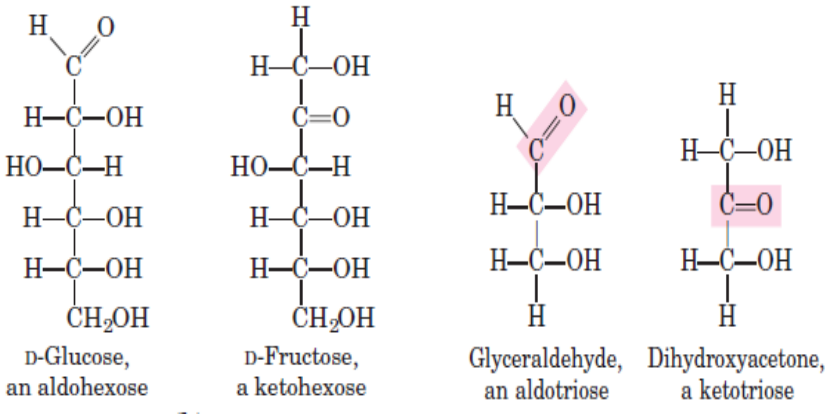
الفصـــل الاول

الكاربوهيدرات (السكريات) :Carbohydrate

هي مركبات مكونة من الكاربون والهيدروجين والاوكسجين ، وتكون نسبة وجود الهيدروجين الى الاوكسجين فيها كنسبة وجودها في الماء (H:O) (2:1) ، ومن هنا اطلق عليها اسم مركبات الكاربون المائية (Carbon hydrate) . اذ ان الكلوكوز يملك الصيغة الجزيئية ($C_6H_{12}O_6$) والتي يمكن ان تكتب بالصيغة التالية $C_6(H_20)_6$ ، لذا اعطيت هذه المركبات الصيغة العامة التالية $[C_n(H_2O)_n]$.

الا انه هناك عدد من المركبات غير السكرية يمكن ان تنطبق عليها هذه الصيغة مثل حامض الخليك CH_3COOH وحامض اللاكتيك $CH_3CH2OCOOH$ والتي يمكن ان تكتب بالصيغ التالية $C_3(H2O)_3$, $C_2(H2O)_2$ وهناك عدد من المركبات السكرية لا تنطبق عليها هذه الصيغة مثل سكر الرهامنوز $[C6H_{12}O_5]$ Rhamanose ، لذا استخدم تعريف اخر لهذه المركبات وهو :

هي عبارة عن مركبات كيتونية او الديهايدية متعددة مجاميع الهيدروكسيل .



اهمية المركبات السكرية :

١- تعتبر المركبات السكرية المصدر الرئيسي للطاقة في جسم الكائن الحي من خلال عمليات الاكسدة

٢- تمتلك المركبات السكرية وظائف تركيبية اذ تدخل في تركيب اجزاء من الغشاء الحيوي ، وتركيب جدار الخلية النباتية على هيئة سليلوز ، كذلك تكون مع المركبات الليبيدية جدار خلايا البكتريا .

تصنيف الكربوهيدرات (السكريات) :

تصنف المركبات السكرية اعتمادا على مكوناتها من الوحدات البنائية للمركب السكري ، وعلى هذا الاساس تصنف الى ثلاث اصناف رئيسية :

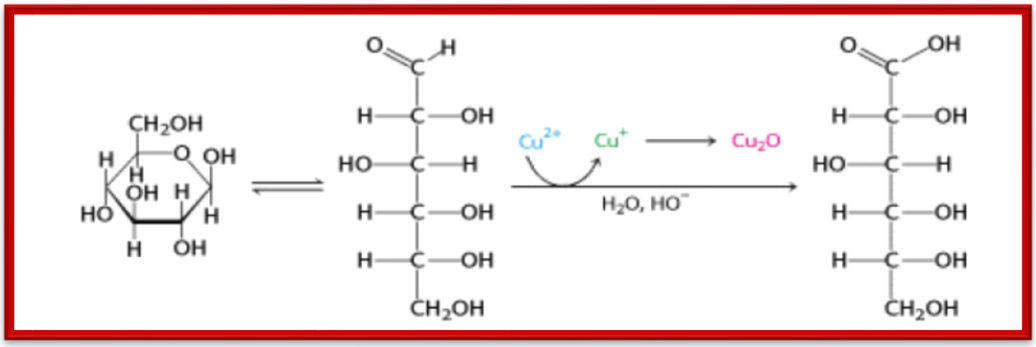
١- السكريات الاحادية Monosaccharide : وهي المركبات السكرية التي لا يمكن ان تتحلل الى صورة ابسط (اي انها مكونة من وحدة بنائية واحدة) وتسمى كذلك بالسكريات البسيطة من هذه المركبات سكر الكلوكوز والفركتوز والمانوز وغيرها .

٢- السكريات المعدودة Oligosaccharide : وهي المركبات السكرية التي تحوي على (٢-٩) من وحدات السكر الاحادي مرتبطة مع بعضها بروابط خاصة ، ويمكن ان تقسم الى اصناف متعددة حسب عدد الوحدات البنائية (ثنائية ، ثلاثية ، رباعية ،الخ ،،،،) من الامثلة عليها سكر السكروز ، المالتوز ، اللاكتوز و السكر الثلاثي الرافينوز ..

٣- السكريات المتعددة Polysaccharide : وهي المركبات السكرية التي تحوي على (١٠) فما اكثر من السكريات الاحادية مثل النشأ والسيليلوز .

ويمكن ان تصنف المركبات السكرية مختبريا الى صنفين اساسيين اعتمادا على الصفة الاختزالية لهذه المركبات
١- السكريات المختزلة Reduced sugar
٢- السكريات غير المختزلة Non-Reduced sugar

تتميز المركبات السكرية التي تملك مجاميع كيتونية او الديهايدية حرة (غير مرتبطة برابطة كلايكوسيدية) بقابليتها على اختزال ايونات النحاسوز الثنائي (Cu^{+2}) في الوسط القاعدي الى ايونات النحاسيك الاحادي (Cu^{+1}) ، وتعتبر جميع السكريات الاحادية مختزلة (لاحتوائها على مجاميع كيتونية او الديهايدية حرة) ، اما السكريات المعدودة فيمكن ان تكون مختزلة اوغير مختزلة اعتمادا على نوع الرابطة التي تربط الوحدات الاحادية (السكروز غير مختزل اما المالتوز فهو سكر مختزل علما ان كلاهما سكر ثنائي) ، وان الصفة الاختزالية للسكريات الاحادية اقوى من السكريات الثنائية المختزلة ، وذلك لصغر حجمها وقلة وزنها الجزيئي ، اما السكريات المتعددة فجميعها غير مختزل حتى وان امتلكت مجاميع حرة وذلك لوزنها الجزيئي العالي .



السكريات الاحادية Monosaccharide :

وهي المركبات التي لا يمكن ان تتحلل الى صورة ابسط ، اي انها مكونة من وحدة بنائية واحدة . سميت هذه المركبات بعدة طرق ، منها الطريقة التي تعتمد على عدد ذرات الكاربون للمركب السكري مع اضافة المقطع (ose) الى نهاية اسم المركب وكما يلي :

Triose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كاربون (ابسط مركب سكري الكليسرديهايد Tetrose (Glycerdehyde
سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كاربون
Pentose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كاربون
Hexose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كاربون

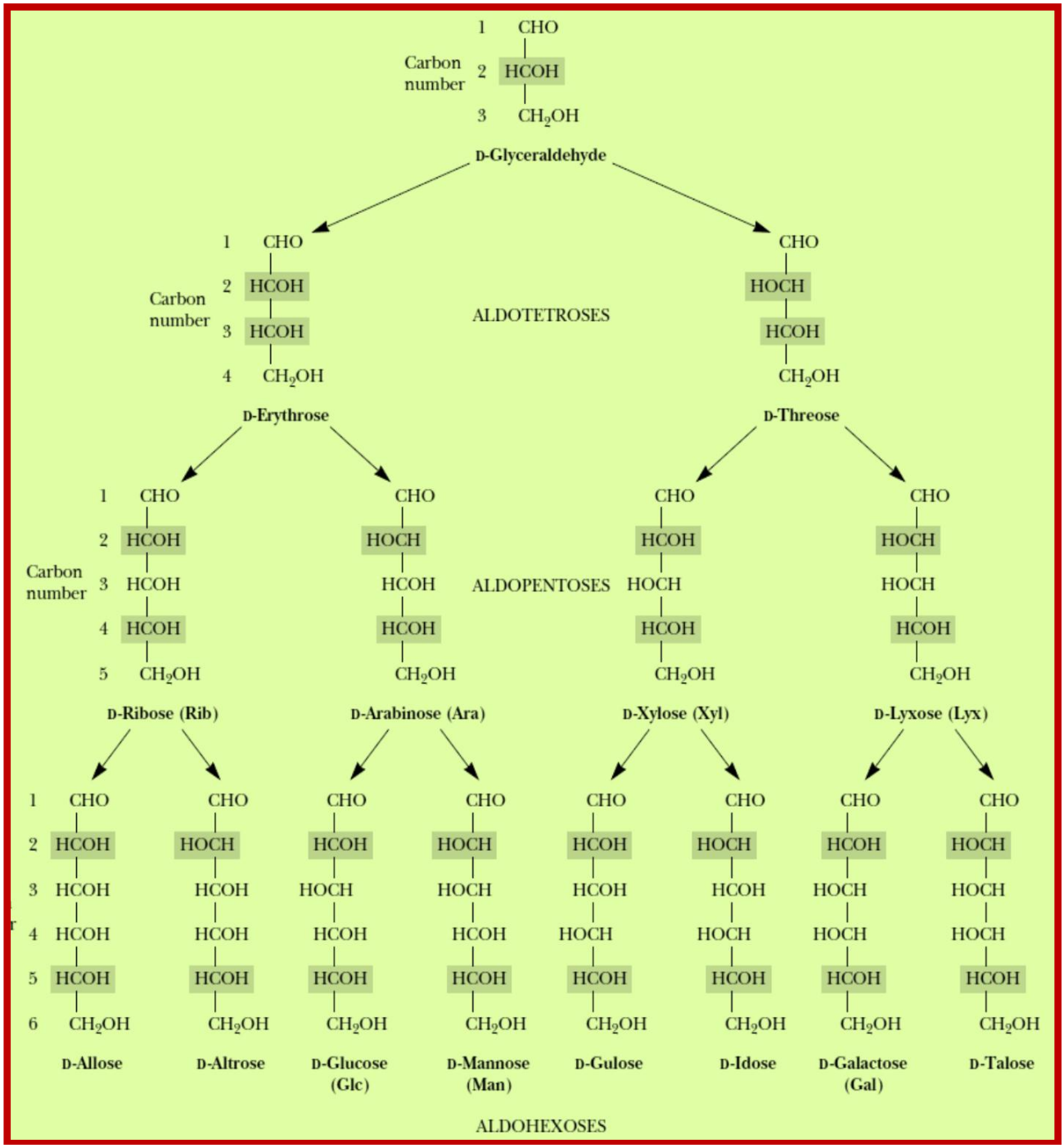
ان المقطع الاول من اسم المركب يدل على عدد ذرات الكاربون اما المقطع الاخر (ose) يدل على ان المركب سكري ، الا انه هذه التسمية لاتبين نوع المركب السكري الديهايدي او كيتوني لذا استخدمت تسمية اخرى تستخدم الاسماء التالية

Aldose مركب سكري الديهايدي **Ketose** مركب سكري كيتوني

الا ان هذه التسمية لا تدل على عدد ذرات الكاربون في المركب السكري ، لذا تم دمج هاتين التسميتين في ترتيب جديد يدل على الوحدة الفعالة وعدد ذرات الكاربون ، وكما يلي :

Aldopentose مركب سكري مكون من خمس ذرات كاربون الديهايدي

Ketohexose مركب سكري مكون من ست ذرات كاربون كيتوني



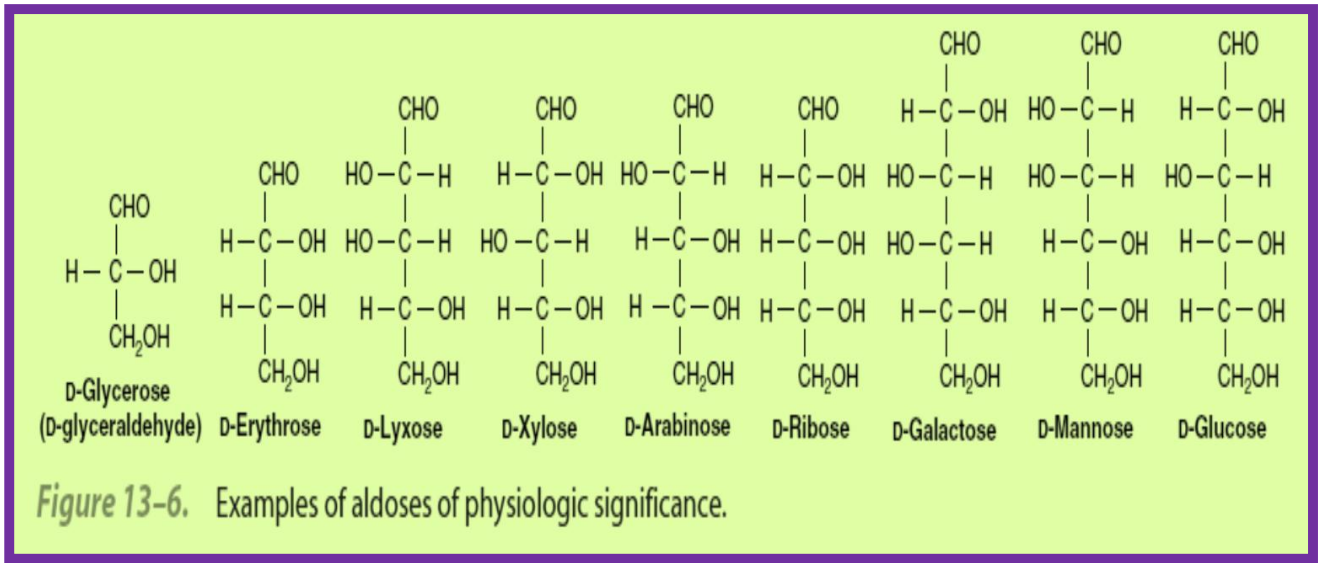
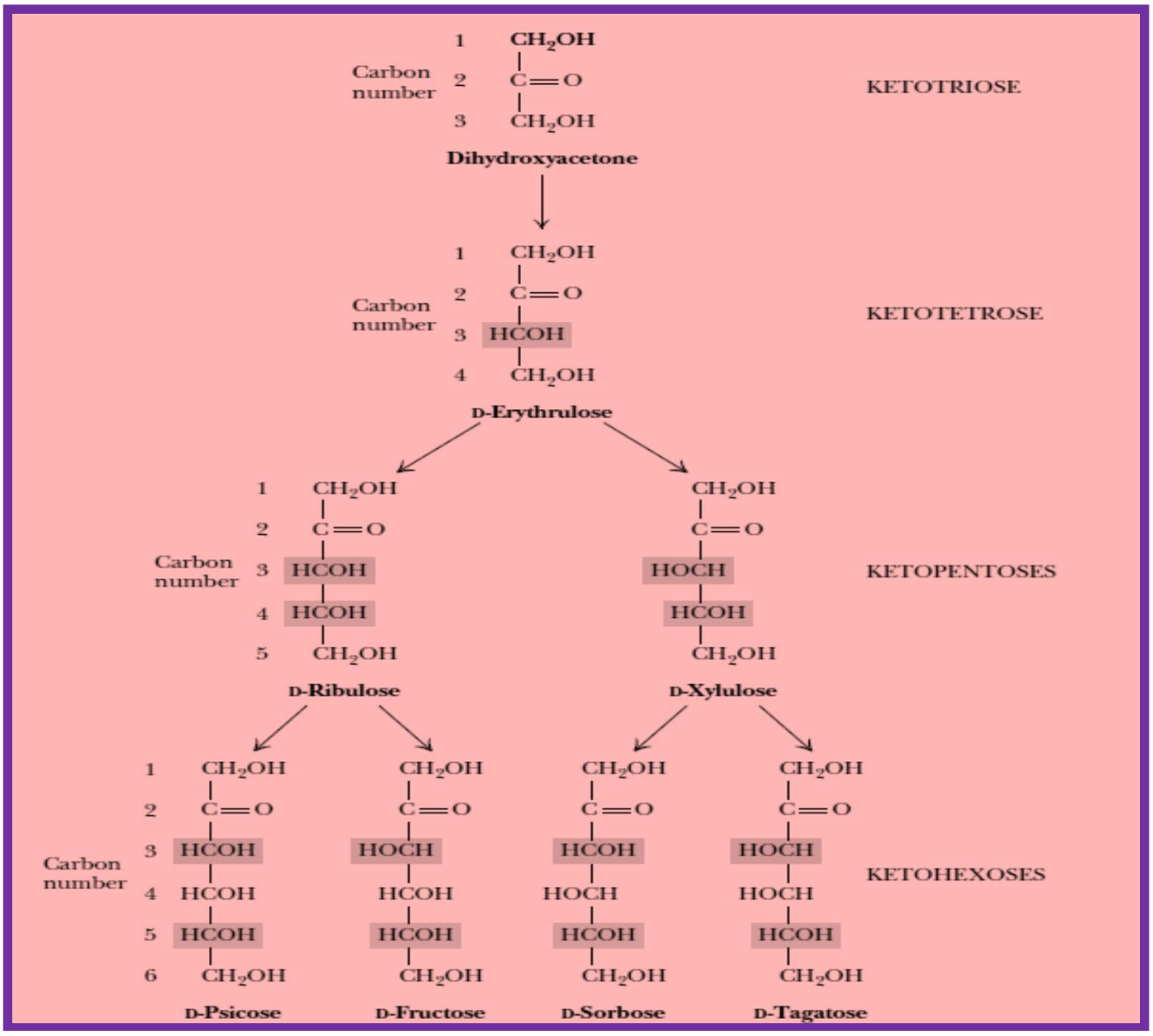


Figure 13–6. Examples of aldoses of physiologic significance.

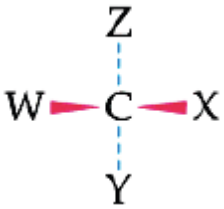


مميزات السكريات الاحادية

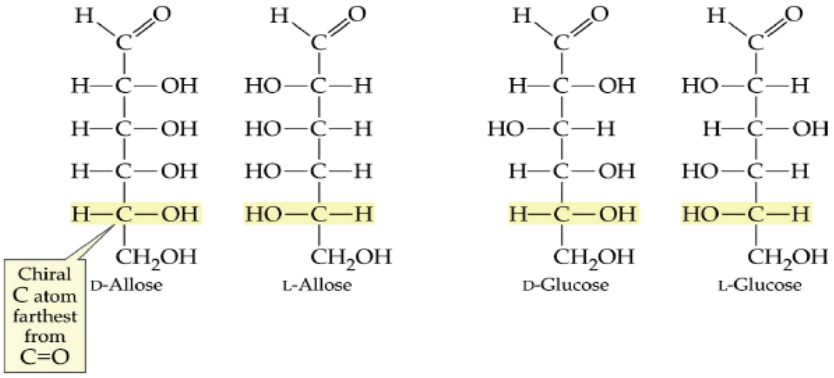
تتميز السكريات الاحادية بمميزتين اساسيتين هما :

١- النشاط الضوئي Optical activity

تتميز المركبات السكرية بقدرتها على تدوير الضوء المستقطب الى جهة اليمين او الى جهة اليسار ، وان هذا النشاط يعتمد على احتواء المركب السكري على ذرات الكاربون غير المتناسقة (Asymmetrical carbon atom) وهي ذرة الكاربون المتصلة باربع مجاميع مختلفة وتسمى كذلك (α-carbon atom)



اذ يسمى المركب السكري الذي يدور الضوء باتجاه اليمين (باتجاه عقرب الساعة) Dextrorotatary ويكتب الرمز (+) او الحرف d قبل اسم المركب السكري، اما المركب الذي يدور الضوء باتجاه اليسار (عكس عقرب الساعة) Levorotatary ويكتب الرمز (-) او الحرف l قبل اسم المركب السكري ، كذلك ان الحرف D يدل على اتجاه مجموعة الهيدروكسيل المجاورة للكحول الاولي (الذرة قبل الاخيرة) الى اليمين والحرف L يدل على اتجاهها باتجاه اليسار .



٢- الايزومرات الفراغية Stereoisomer's

ان العديد من المركبات السكرية تمتلك نفس الصيغة الجزيئية (عدد ذرات C,H,O) وكذلك عدد مجاميع الهيدروكسيل ، الاانها تختلف في الخواص والصفات ، وذلك لاختلافها في الترتيب الفراغي (توزيع مجاميع الهيدروكسيل في الفراغ) وهذا مايسمى بالايزومرات الفراغية . الصيغة الجزيئية $C_6H_{12}O_6$ تعطي ستة عشر مركب سكري مختلفة في الصفات والخواص .

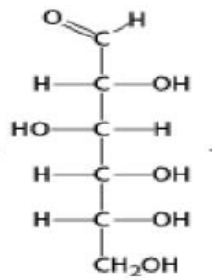
ان عدد الايزومرات الفراغية التي يعطيها المركب السكري تعتمد على عدد ذرات الكاربون غير المتناسقة ، وتوجد طريقة خاصة لحساب عدد الايزومرات وحسب القانون التالي : $\text{No. of isomer} = 2^n$

n = عدد ذرات الكاربون غير المتناسقة

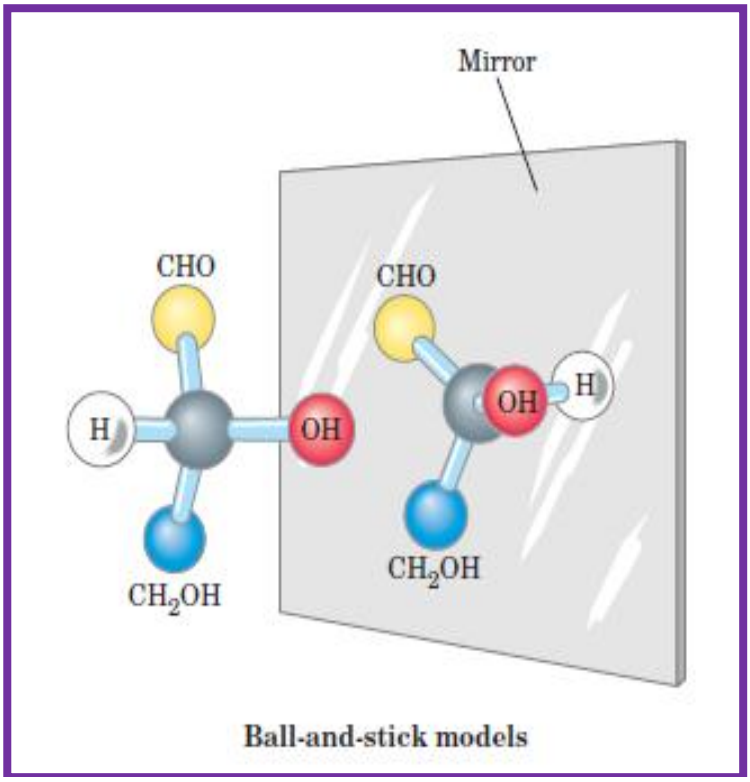
مثال : سكر الكلوكوز يحوي على اربع ذرات كاربون غير متناسقة

$$\text{No. of isomer} = 2^n$$

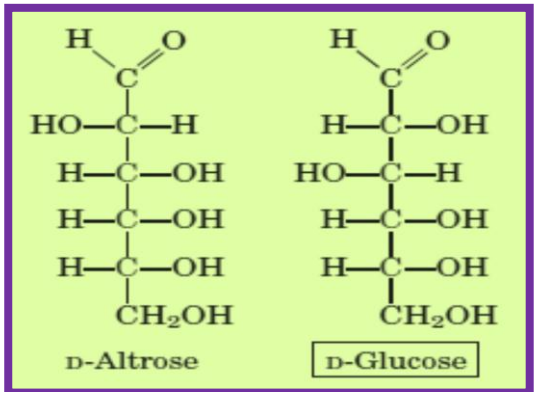
$$\text{No. of isomer} = 2^4 = 16 \text{ isomers}$$

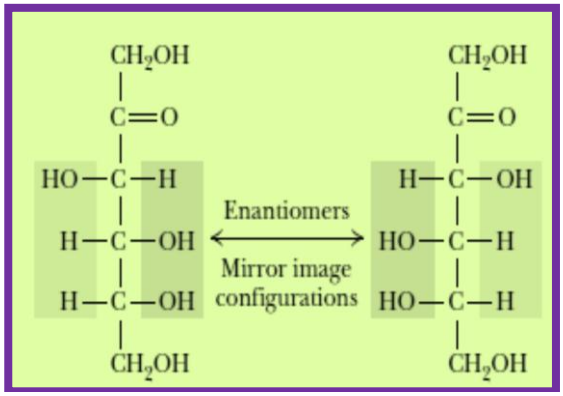


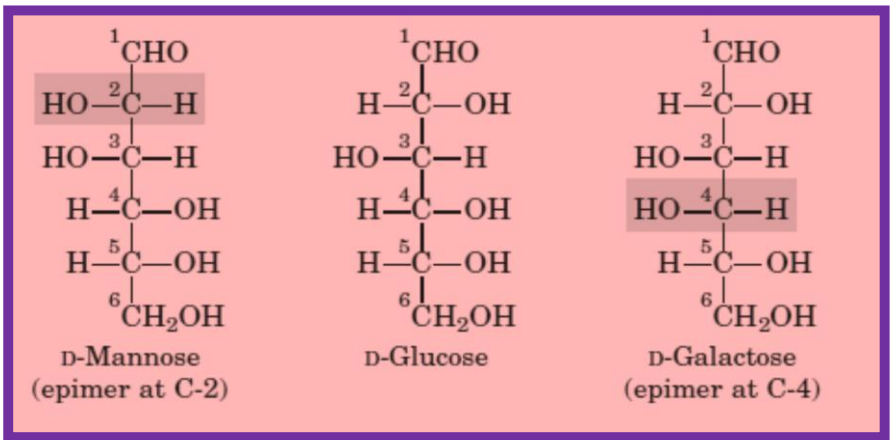
عند ملاحظة هذه الايزومرات نجد ان بعض الايزومرات تكون صورة في المرأة (Mirror image) للايزومرات الاخرى وهذه اللايزومرات تسمى الانداد Enantiomers ، اما الايزومرات التي لاتكون صورة في المرأة تسمى الاضداد Diastereomers ، وان بعض هذه الاضداد تعتبر صورة في المرأة للايزومر الاخرلكن الاختلاف يحصل بذرة واحدة فقط وتسمى هذه الايزومرات Epimers



Ball-and-stick models

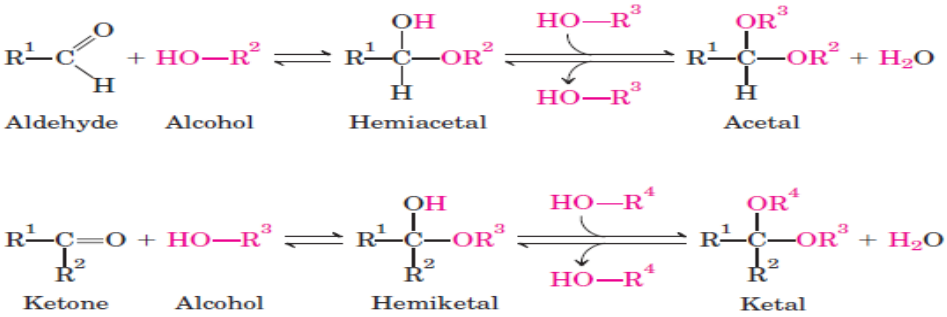




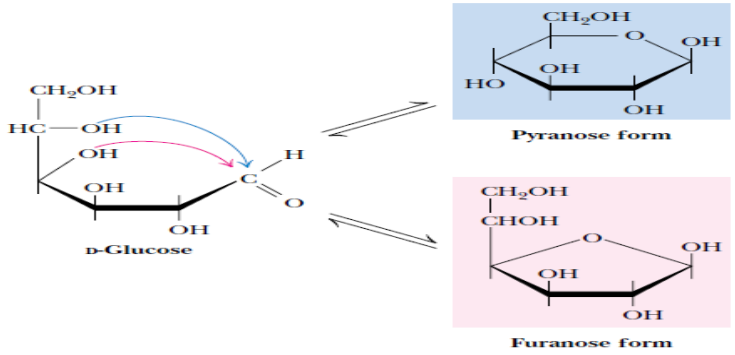


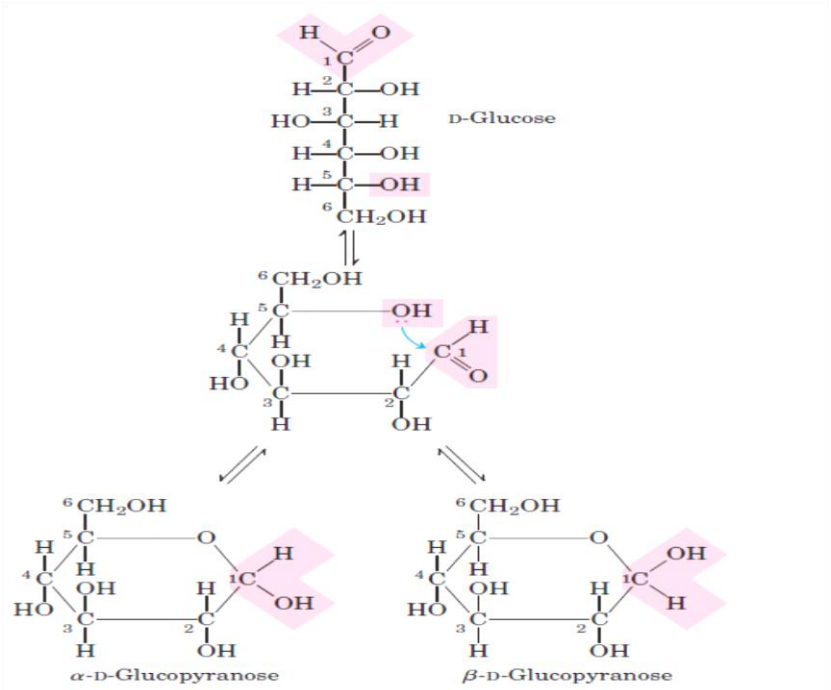
التراكيب الحلقية للسكريات الاحادية

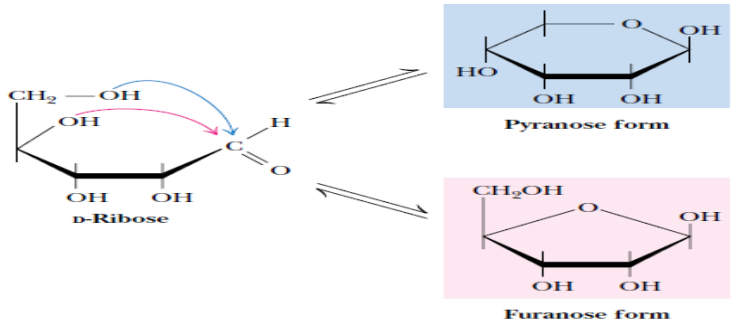
ان السكريات الاحادية لاتسلك سلوك الالديهايدات والكيتونات العضوية في جميع تفاعلاتها ، اذ تفشل في التفاعل مع قواعد شف Shiff base ولايمكنها التفاعل مع جزيئتين من الكحول المثيلي لتكوين الاسيتال Acetalاو الكيتال Ketal ، كما هو الحال في الالديهايدات او الكيتونات العضوية وكما مبين في التفاعلات التالية :

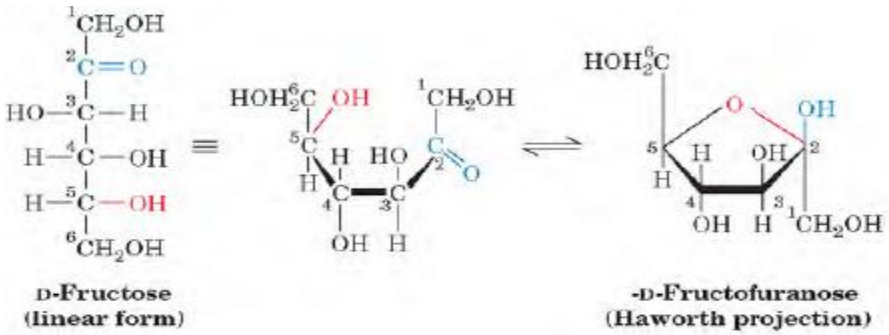


ان السبب في شذوذ السكريات الاحادية عن سلوك الالديهايدات والكيتونات العضوية هو ان مجاميع الالديهايد او الكيتون للسكريات تكون مشتركة مع ذرة كاربون اخرى لتكوين تركيب حلقي للسكر ، اذ ان مجموعة الكاربونيل يمكن ان تشارك مع ذرة كاربون (٤ او ٥) مكونة جسر اوكسجيني لتكوين تركيب حلقي خماسي او سداسي .





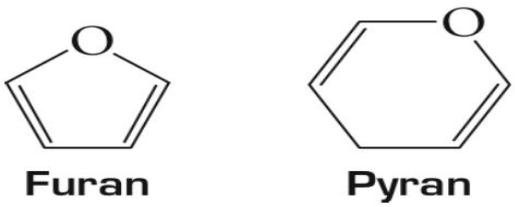


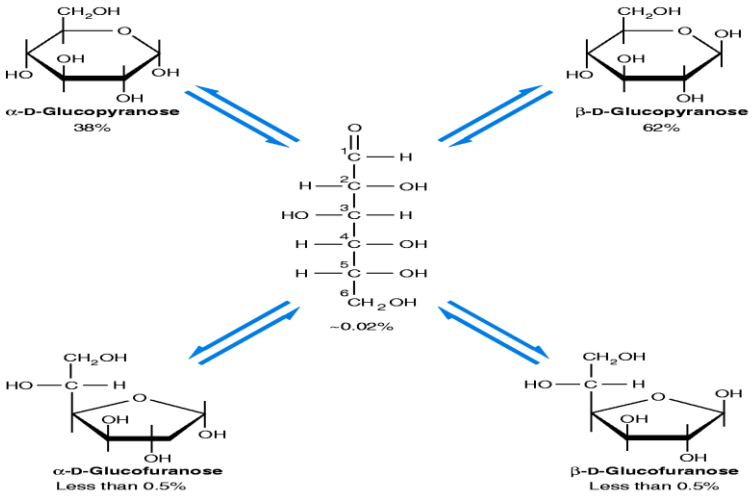


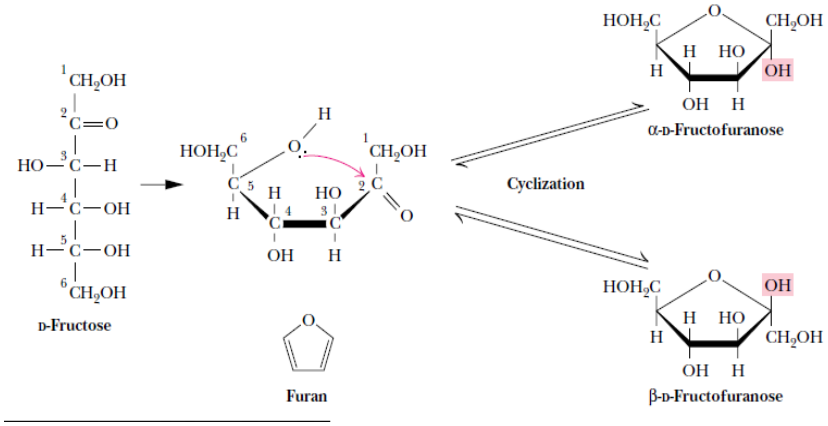
ان مجاميع الهيدروكسيل في التركيب المفتوح اذا كانت لليمين فانها ستصبح الى الاسفل في التركيب الحلقي ، واذا كانت لليسار تصبح للاعلى في التركيب الحلقي ، وعادتا يوضع الرمز (α) قبل اسم المركب السكري في التركيب الحلقي لدلالة على اتجاه مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بذرة الكاربون المكونة لجسر الاوكسجيني للاسفل والرمز (β) دلالة على اتجاهها الى الاعلى . وكما في التراكيب اعلاه .

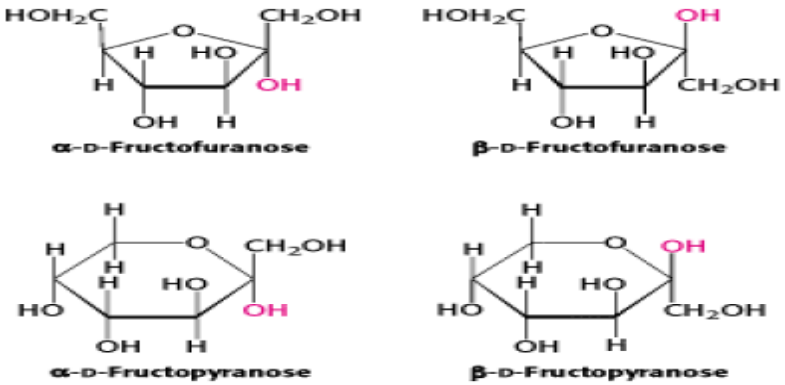
اقترح العالم هاورث تسمية السكريات الحلقية باسماء مشتقة من اسم المركبات Pyrane , Furane لذلك سميت السكريات التي تربط فيها ذرة الاوكسجين خمس ذرات كاربون مكونة التركيب الحلقي السداسي باسم pyranose اما السكريات التي تربط فيها ذرة الاوكسجين اربع ذرات كاربون مكونة التركيب الحلقي الخماسي باسم furanose ويمكن ان توجد بصيغ (α و β) ، وكما موضح بالراكيب السابقة .....

Pyranoses and furanoses.







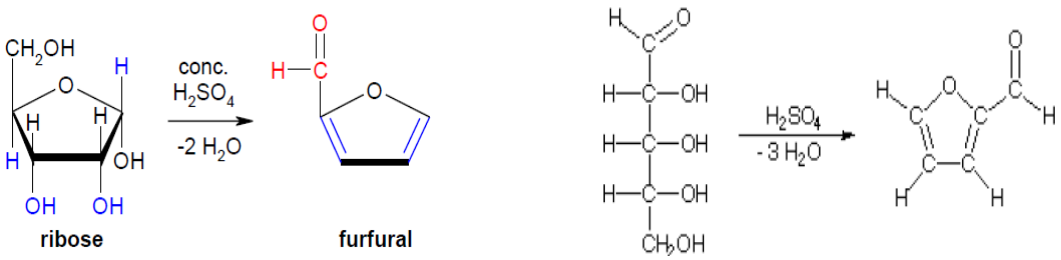


تفاعلات السكريات الاحادية

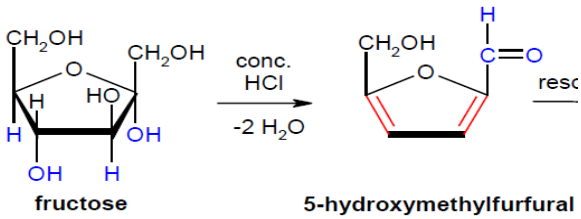
هناك عدد من التفاعلات التي تدخل بها السكريات الاحادية من أهم هذه التفاعلات :

١- التفاعل مع الحوامض المركزة Reaction with Conc. acid

تتفاعل السكريات الاحادية مع الحوامض المركزة مثل Conc. HCL , Conc.H_2SO_4 فتفقد ثلاث جزيئات ماء مكونة مركب الديهايدي حلقي خماسي يسمى الفورفرال Furfural مع السكريات الخماسية ، وتكون المركب 5-hydroxy methyl furfural مع السكريات السداسية والذي يتحول بالمزيد من التسخين الى حامض Levulinic acid وحامض الفورميك ، وكما في المعادلات التالية :



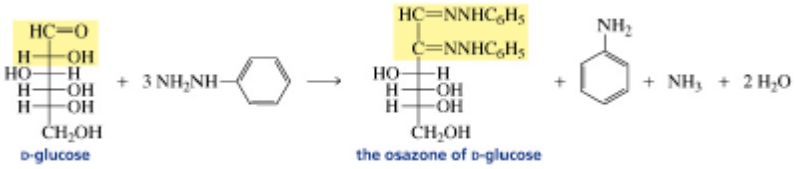
يستخدم هذا التفاعل في الكشف عن وجود السكريات وذلك من خلال تفاعل مركب الفورفرال اومشتقه مع الفينول المناسب مما يكون مركب ملون دلالة على وجود السكريات . وهذا مايسمى بكشف مولش Molish test .



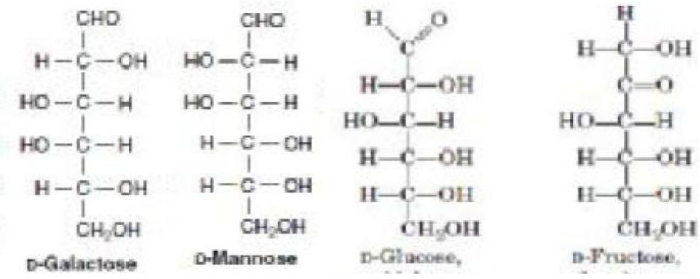
٢- التفاعل مع الهيدرازين Reaction with Hydrazine

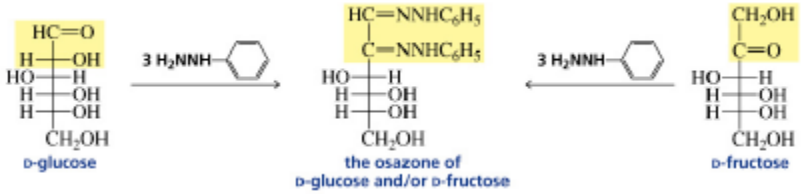
يعتبر هذا التفاعل من احدى الطرق الجيدة والمفيدة للحصول على رواسب بلورية لمشتقات السكريات والتي تتميز عن السكريات المكونة لها بشكلها البلوري ودرجة انصهارها والوقت الازم لترسيبها ، لذا يمكن ان يستخدم هذا التفاعل في تشخيص السكريات المختزلة من خلال الاشكال البلورية التي تكونها ، ويسمى هذا التفاعل بتفاعل الاوسازون Osazone reaction .

تتفاعل السكريات المختزلة (الاحادية والثنائية) مع ثلاث جزيئات من المركب phenyl hydrazine على شكل خليط مع sodium acetate وتسخن المحتويات على حمام مائي مغلي ،وتتفاعل السكريات الالديهايدية والكيتونية بنفس الطريقة ، وان ميكانيكية التفاعل تتضمن تفاعل مجموعة الكاربونيل ومجموعة الهيدروكسيل المجاورة لها وكما في التفاعل التالي :

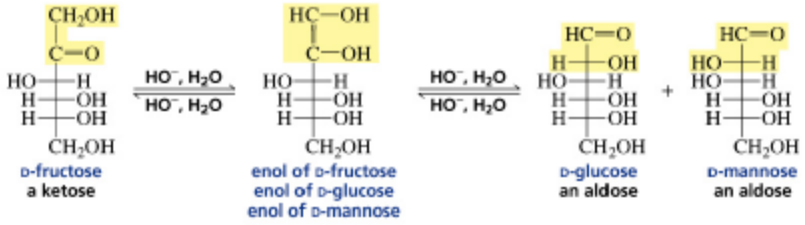


وجد ان الكلوكوز والفركتوز والمانوز يعطون نفس شكل البلورات عند تفاعلها مع الهيدرازين ، وذلك بسبب تشابه الترتيب الفراغي لذرات الكاربون الاربعة الاخيرة لهذه السكريات ، الا انه الكالكتوز يعطي بلورات ذات شكل مختلف عن هذه السكريات الثلاثة ، لاختلافه عنهم بترتيب المجاميع لذرة كاربون واحدة . وكما توضح التراكيب الفراغية لهذه السكريات .

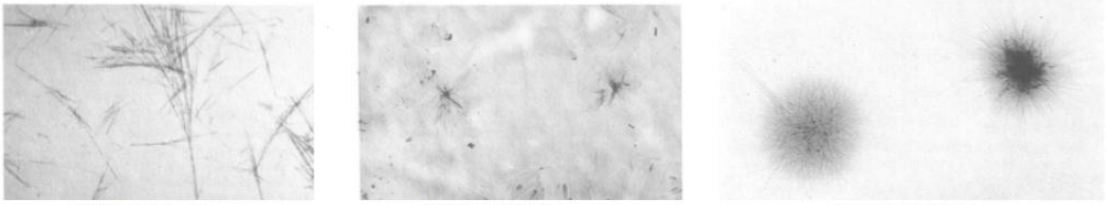




كذلك يمكن ملاحظة التداخل الحاصل بين تركيب الكلوكوز والفركتوز والمانوز من خلال المركب الوسطي (1,2-enediol) الناتج من معاملة هذه السكريات مع القواعد الضعيفة مثل Ca(OH)2 , Ba(OH)2 ، وكما موضح بالتفاعل التالي :

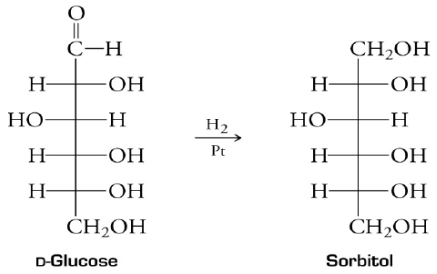


يستخدم كشف الاوسازون عمليا لتمييز بين السكريات المختزلة الاحادية والثنائية من خلال الشكل البلوري لها ، اذ تعطي الكلوكوز والمانوز والفركتوز شكل السعفة عند معاينتها تحت المجهر ، اما سكر الاكتوز فيعطي شكل ابري ، وسكر المالتوز يعطي شكل قرصي . وان السكريات الاحادية تكون البلورات اسرع من السكريات الثنائية

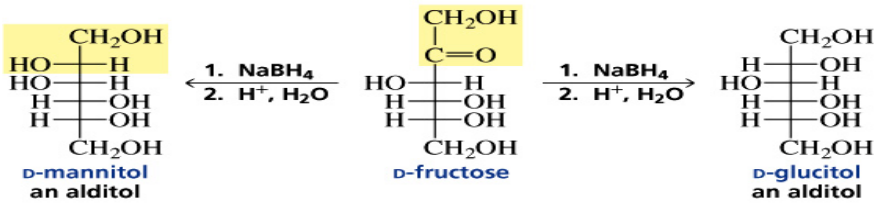


٣- اختزال السكريات الاحادية Reduction of monosaccharide

تختزل السكريات الاحادية (الالديهايدية او الكيتونية) عند معاملتها مع غاز الهيدروجين وتحت ضغط عال وبوجود عوامل مساعدة مثل (pd/C) او NaBH4 ويتحول السكر الى كحول متعدد الهيدروكسيل ، كما يلاحظ من تحول الكلوكوز الى سوربتول Sorbitol او مايمى الكلوسيتول glucitol، كما مبين بالمعادلة التالية :



عند اختزال السكريات الكيتونية فانها تعطي صيغتين D , L وذلك بسبب تحول ذرة كاربون لمجموعة الكيونية الى ذرة كاربون غير متناسقة (α-Carbon atom) لذا يمكن ان يكون اتجاه مجموعة الهيدروكسيل الجديدة الى اليمين او الى اليسار ، وكما يلاحظ هذا في اختزال سكر الفركتوز فيعطي السوربتول والمانتول وكما يبين التفاعل التالي:



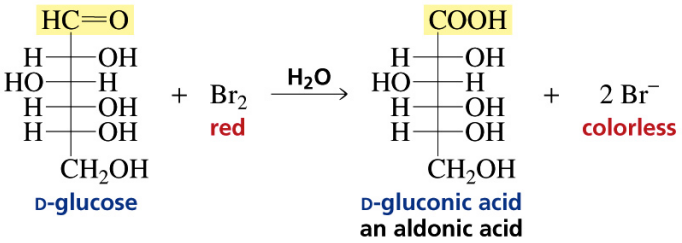
س/ اكتب ناتج اختزال سكر المانوز باستخدام العامل المختزل صوديوم بورو هيدرايد $NaBH_4$

٤- اكسدة السكريات الاحادية Oxidation of monosaccharide

تتأكسد السكريات الاحادية خصوصا الالديهايدية وتحت ظروف خاصة وتنتج حوامض سكرية (احادية الكاربوكيل ، ثنائية الكاربوكسيل ، احادية الكاربوكسيل الديهايدية) وان نوع الحامض الناتج يعتمد على العوامل المؤكسدة المستخدمة بالتفاعل ، وعلى هذا الاساس تقسم تفاعلات الاكسدة الى ثلاثة انواع وكما يلي :

A : الاكسدة البسيطة Simple oxidation

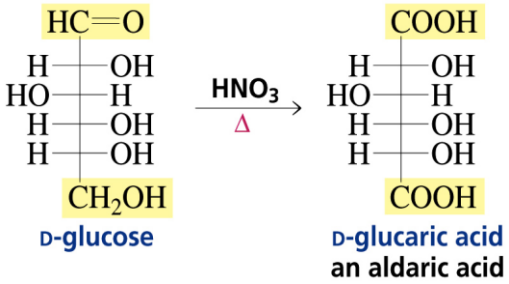
في هذا النوع من الاكسدة تتأكسد مجموعة الالديهايد وذلك باستخدام ماء البروم كعامل مؤكسد فتتحول مجموعة الالديهايد الى كاربوكسيل ، وتسمى الحوامض الناتجة بحوامض الالدونك Aldonic acid، كذلك يمكن ان يسمى الحامض الناتج بالاعتماد على اسم السكر المؤكسد بعد حذف المقطع ose واضافة المقطع onic acid الى نهاية اسم السكر .



السكريات الكيتونية تقاوم الاكسدة بواسطة ماء البروم تحت نفس الظروف التي تتأكسد بها السكريات الالديهايدية ، لذا يمكن ان يستخدم هذا التفاعل في فصل السكريات الالديهايدية عن الكيتونية من خلال تحويلها الى الحوامض المقابلة وازالتها عن وسط التفاعل .

B : الاكسدة الشديدة (الصعبة)

في هذا النوع من الاكسدة تتأكسد مجموعة الالديهايد والكحول الاولي للسكر الاحادي في نفس الوقت فتنتج حوامض ثنائية الكاربوكسيل ويتم ذلك باستخدام حامض النتريك المركز كعامل مؤكسد ، وتسمى الحوامض الناتجة بحوامض الالداريك Aldaric acid ، ويسمى الحامض الناتج بحذف المقطع ose من اسم السكر الاحادي المؤكسد ويضاف له المقطع aric acid ، وكما مبين بالتفاعل ادناه :

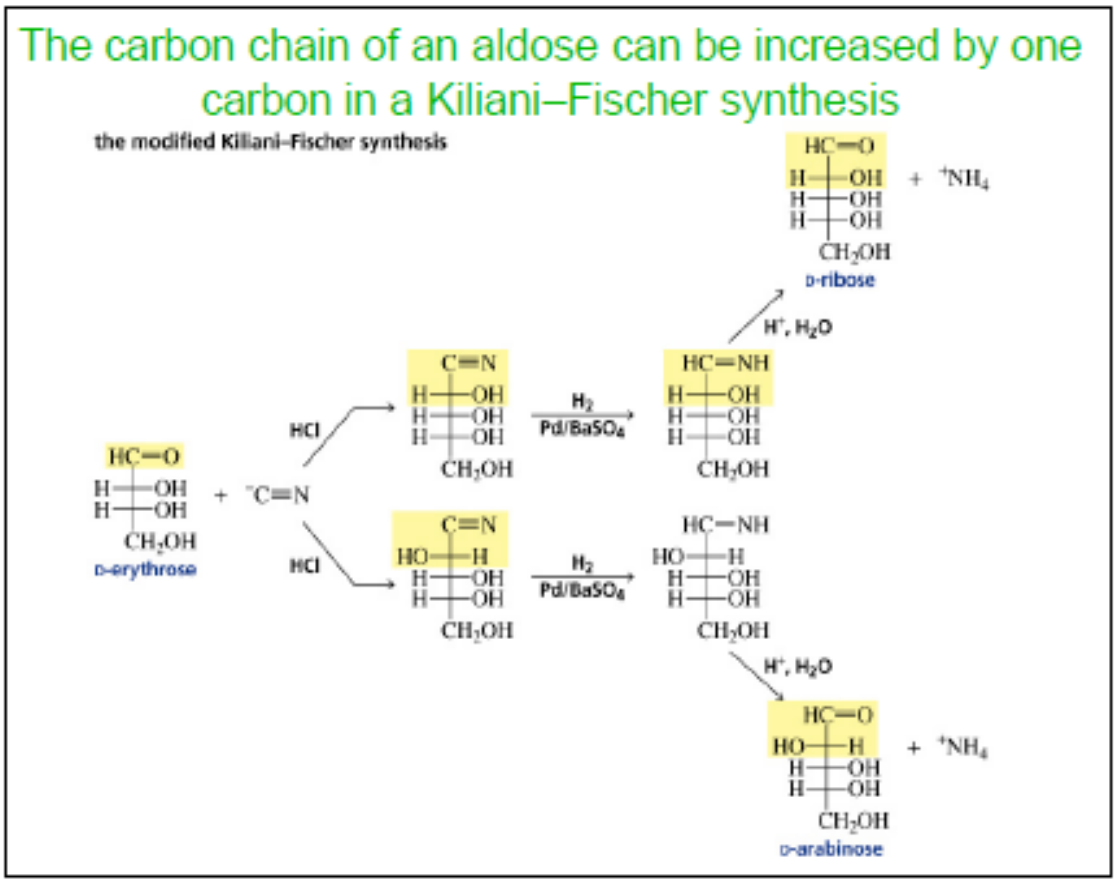


C : الاكسدة المحمية

في هذا النوع من الاكسدة تحصل في البداية حماية مجموعة الالديهايد ومن ثم اكسدة مجموعة الكحول الاولي فتنتج حوامض كاربوكسيلية حاوية على مجموعة الالديهايد ويحصل هذا النوع من الاكسدة باستخدام العامل المؤكسد الاوكسجين بوجود البلاتين او باستخدام برمنكنات البوتاسيوم ، وتسمى هذه الحوامض بازالة المقطع ose من اسم السكر واضافة المقطع uronic acid . تمتاز هذه الحوامض باهميتها خصوصا في ايض المركبات الدوائية لما تتمتع به من ذائبية عالية في الماء وقدرة كبيرة على الارتباط بالعديد من المركبات الكيميائية التي تدخل الى الجسم . وكما مبين بالتفاعل التالي :

٥- التفاعل مع سيانيد الهيدروجين Reaction with HCN

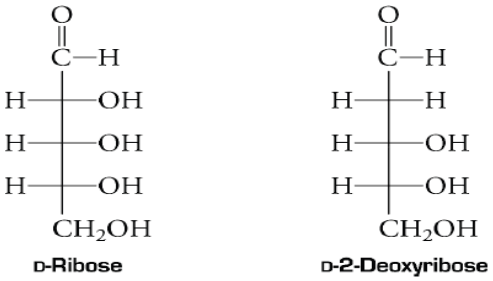
تتفاعل السكريات الالديهايدية مع سيانيد الهيدروجين من خلال مجموعة الالديهايد ، مما يؤدي الى استحداث ذرة كاربون غير متناسقة اضافية تعطي المجال لانتاج مركبين مختلفين ، كذلك يمكن انيستخدم هذا التفاعل في تحضير سكريات خماسية من السكريات الرباعية والسداسية من الخماسية من خلال اختزال مجموعة السيانيد وتحولها الى مجموعة الديهايد جديدة ، كما يبين التفاعل ادناه عملية تحضير Arabinose , Ribose من Erythrose ، وتسمى هذه الطريقة لتحضير السكريات Kiliani – Fischer Synthesis .



المشتقات الحيوية للسكريات الاحادية Bio-derivative of monosaccharide

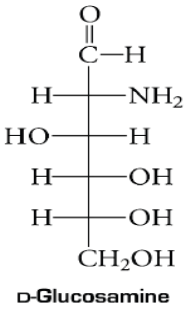
١- مشتقات الديوكسي Deoxy sugar

يمثل هذا النوع من السكريات الاحادية التي تستبدل فيها واحدة او اكثر من مجاميع الهيدروكسيلOH بذرة هيدروجين H ، ويدل الرقم الذي يوضع قبل اسم هذا النوع من السكريات على رقم ذرة الكاربون التي حصل فيها الاستبدال ، والاسم Deoxy يدل على ان هذه المركبات منقوصة الاوكسجين . من اهم الامثلة على هذه المركبات (2-deoxy-D-Ribose) الذي يمثل الجزء السكري للحامض النووي DNA . وان هذا النوع من السكريات تعطي جميع انواع تفاعلات السكريات الاحادية عدا تفاعل الاوسازون .

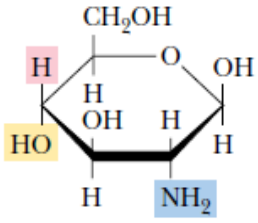


٢- السكريات الامينية Amino sugar

في هذا النوع من السكريات الاحادية تستبدل مجموعة الهيدروكسيلOH بمجموعة الامين NH2 وان هذا النوع من السكريات موجود بصورة محدودة في الطبيعة ، ويمكن ان يصنع مختبريا . من اهم هذه المركبات هي الكلوكوز امين والكالكتوز امين ، وتكون موجودة بتراكيب حلقية تشبه التراكيب الحلقية للكلوكوز والكالكتوز . كما مبين بالاشكال التالية :

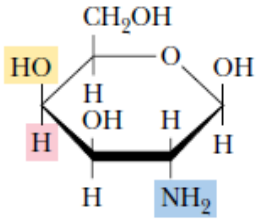


D-Glucosamine



β-D-Glucosamine

2-amino-2-deoxy-D-glucose



β-D-Galactosamine

2-amino-2-deoxy-D-galactose

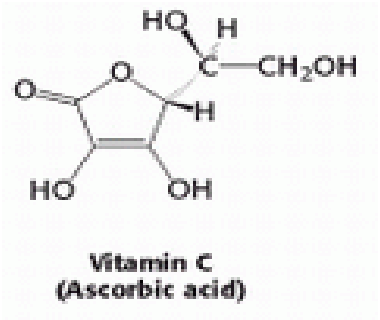
يفشل هذا النوع من المركبات في التفاعل مع الهيدرازين(تفاعل الاوسازون) يتواجد glucoseamine في صدف الحشرات والسرطان البحري ، ويعتبر الناتج النهائي لتحلل الكايتين chitin ، اما galactoseamine فيدخل في تركيب الغضروف chondritin ويدخل في تركيب المضادات الحيوية Antibiotic .

٣- الحوامض السكرية Acid sugar

تنتج السكريات الاحادية ثلاث انواع مختلفة من الحوامض اعتمادا على المجموعة الفعالة المتأكسدة من السكر الاحادي الالديهايدي (مجموعة الالديهايد او الكحول الاولي) وكما يلي :

A : حوامض الالدونك Aldonic acid : ناتجة من اكسدة مجموعة الالديهايد فقط
B : حوامض الالداريك Aldaric acid : ناتجة من اكسدة مجموعتي الالديهايد والكحول الاولي
C : حوامض اليورونيك uronic acid : ناتجة من اكسدة مجموعة الكحول الاولي فقط

من اهم المركبات الحيوية للحوامض السكرية هو فيتامين سي (Vitamine –C (Ascorbic acid



Vitamin C
(Ascorbic acid)

السكريات المعدودة Oligosaccharide

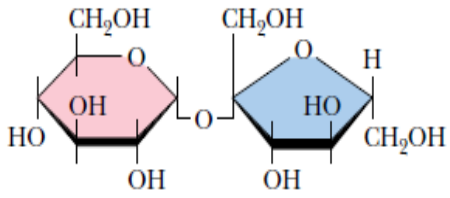
وهي المركبات السكرية التي تتكون كيميائيا من ارتباط (٢-٩) وحدات من السكر الاحادي والتي ترتبط مع بعضها بروابط اوكسجينية تسمى بالرابطة الكلايكوسسيدية (Glycoside bond) . ان هذه الرابطة تنشأ بين اي جزيئتين من السكر الاحادي من خلال مشاركة مجموعة هيدروكسلية من ذرة كاربون مختزلة (في الاصل كانت مجموعة الديهايد اوكيتون) من احد السكرين مع اي مجموعة هيدروكسيلية من جزيئة السكر الثاني ، مع فقدان جزيئة ماء ، وقد تنشأ هذه الرابطة بين مجموعتي هيدروكسيل لذرات الكاربون المختزلة مما يؤدي الى ان يكون المركب السكري الناتج غير مختزل ، كما في السكروز . ان عدد جزيئات الناتجة من تكون الروابط الكلايكوسيدية = (n-1)، n = عدد وحدات السكر الاحادي الداخلة في تركيب السكر المعدود ،ان اكثر السكريات المعدودة انتشارا في الطبيعة وذات قيمة غذائية هي الثنائية Disaccharide والثلاثية Trisaccharide .

١ـ السكريات الثنائية Disaccharide

وهي المركبات السكرية التي تتكون من ارتباط وحدتين من السكر الاحادي برابطة كلايكوسيدية واحدة بعد فقدان جزيئة ماء ، وهذه المركبات قد تكون مختزلة كما في المالتوز والاكتوز ، او غير مختزلة كما في السكروز وهذا يعتمد على الرابطة الكلايكوسيدية بين وحدات السكر الاحادي ، من اهم السكريات الثنائية :

A: السكروز (سكر المائدة) Sucrose

يطلق عليه بسكر القصب لانه يتواجد بكميات كبيرة في القصب السكري وكذلك في البنجر السكري ، يتكون من ارتباط جزيئة كلوكوز مع جزيئة فركتوز برابطة كلايكوسيدية تنشأ بين مجموعة هيدروكسيل لذرة كاربون رقم ١ للكلوكوز (مجموعة OH مختزلة) مع مجموعة هيدروكسيل لذرة كاربون رقم ٢ للفركتوز (مجموعة OH مختزلة) مع فقدان جزيئة ماء واحدة ، المركب الناتج يكون غير مختزل لكون ذرتي الكاربون المرتبطتين بالجسر الاوكسجيني سوف تكون غير حاوية على مجموعة هيدروكسيلية حرة . وكما يوضح التركيب الكيميائي لهذا السكر .



Sucrose (glucose-α-1,2-fructose)

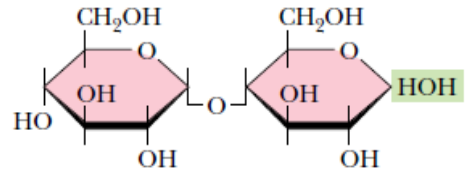
ان الرابطة هي α(1,2) والتي تربط جزيئة α-D-Glucose مع جزيئة β-D-Fructose ، وان هذا السكر يوجد بصورة واحدة فقط (لايملك صيغ α,β) لعدم احتوائه على مجموعة OH حرة .

B : المالتوز (سكر الشعير) Maltose

يتواجد هذا المركب السكري بكميات كبيرة في الشعير والحبوب ، ويوجد بصورة طبيعية في جسم الانسان نتيجة تحلل النشأ بفعل انزيم الامايليز

Starch + Amaylase → Maltose

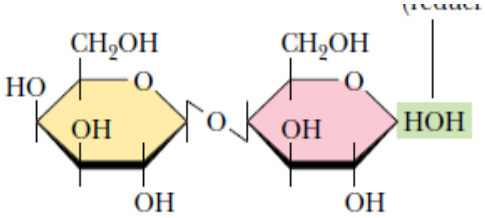
يتكون هذا المركب السكري من ارتباط وحدتين من الكلوكوز-α D-Glucose بالرابطة الكلايكوسيدية α(1,4) ، وهو سكر مختزل لامتلاكه لمجموعة هيدروكسيل مرتبطة بذرة الكاربون رقم ١ لجزيئة الكلوكوز الثانية ، ويمكن ان يوجد هذا المركب بالصيغتين α , β .



Maltose (glucose-α-1,4-glucose)

C : اللاكتوز (سكر الحليب) Lactose

يسمى هذا السكر بسكر الحليب اذ يمثل (٨٠%) من مكونات الحليب ، يتكون من ارتباط جزيئة من الكلوكوز α-D-Glucose مع جزيئة من الكالكتوز β-D-Galactose برابطة الكلايكوسيدية β(1,4) ، وهذا المركب السكري مختزل لاحتوائه على مجموعة هيدروكسيل حرة ، ويمكن ان يوجد بالصيغتين α , β .

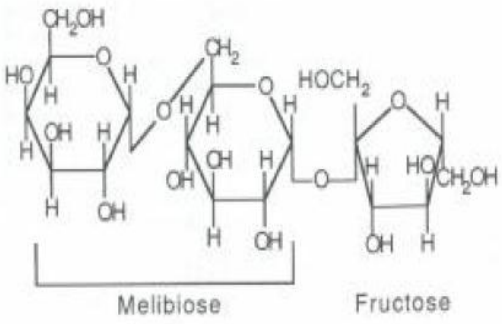


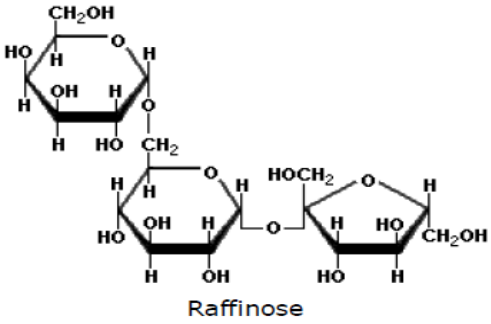
Lactose (galactose-β-1,4-glucose)

ان هذا المركب السكري يمكن ان يتحلل بفعل الانزيم Lactase محرر مكوناته من الكلوكوز والكالكتوز ، او يمكن ان يتحلل مائيا في محيط حامضي محرر مكوناته من السكريات الاحادية .

٢ـ السكريات الثلاثية Trisaccharide

وهي المركبات السكرية المتكونة من ارتباط ثلاث وحدات من السكر الاحادي ، من اهم السكريات الثلاثية المعروفة هو سكر الرافينوز Raffinose الذي يتكون من ارتباط الكلوكوز والفركتوز والكالكتوز ، وان ارتباط الكلوكوز والفركتوز مشابه لارتباطهم في السكروز ، وهو سكر غير مختزل لعدم احتوائه على مجموعة هيدروكسيل لذرات الكاربون المتصلة بالجسور الاوكسجينية . ولايملك صيغ α , β ، ويوجد في الطبيعة بصيغة واحدة ..اذ يرتبط الكالكتوز مع الكلوكوز بالرابطة α(1,6) ، وهذه الجزيئة من السكر الثنائي تسمى Melibiose والتي ترتبط مع الفركتوز بالرابطة α(1,2) مكونة السكر الثلاثي ، وكما مبين بالتراكيب الكيميائية التالية .





السكريات المتعددة Polysaccharide

وهي المركبات الكربوهيدراتية التي تتكون من ١٠ وحدات فما اكثر من السكر الاحادي ، لذا تعتبر مركبات بوليمرية ، وهي ذات اوزان جزيئية عالية ، وتعتبر مصادر جيدة للطاقة لسهولة تحللها وتحرير وحدات السكر الاحادي عند الحاجة اليها .

تضم السكريات المتعددة نوعين متميزين من المركبات ، السكريات المتعددة التي تتكون من ارتباط وحدات متشابهة من السكر الاحادي بروابط كلايكوسيدية والتي تسمى بالسكريات المتعددة المتجانسة Homoglycan ، اما النوع الاخر والذي يتكون من ارتباط نوعين او اكثر من وحدات السكر الاحادي ويسمى هذا النوع بالسكريات المتعددة غير المتجانسة Heteroglycan . والسكريات المتعددة يمكن ان تكون على شكل سلاسل مستقيمة كما في النشأ والسليلوز، او على شكل سلاسل متفرعة كما في الكلايكوجين . تمتاز السكريات المتعددة باوزانها الجزيئية العالية ، مما يجعلها مركبات غير مختزلة ، وكذلك تتميز بكونها معتدلة الذوبان في الماء وتكوين المحاليل الغروية ، يمكن ان تقسم السكريات المتعددة الى صنفين رئيسين هما :

١- السكريات المتعددة الخازنة للطاقة : مثل النشأ والكلايكوجين
٢- السكريات المتعددة التركيبية (البنائية) : مثل السليلوز و الكايتين

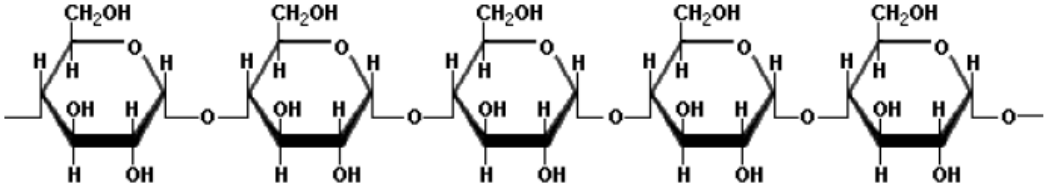
هذه المركبات من السكريات المتعددة تملك نوعين من الروابط الكلايكوسيدية
١- α-Glycoside bond : تمتاز هذه الرابطة بسهولة ذوبانها في الماء وسهولة هضمها داخل الجسم ، وهذه الرابطة موجودة في النشأ والكلايكوجين .
٢- β- Glycoside bond : وهي رابطة صعبة الذوبان والهضم ، وصعوبة كسرها بفعل الانزيمات ، وهذه الرابطة موجودة في السليلوز و الكايتين .

من اهم السكريات المتعددة مايأتي :

A : النشأ Starch

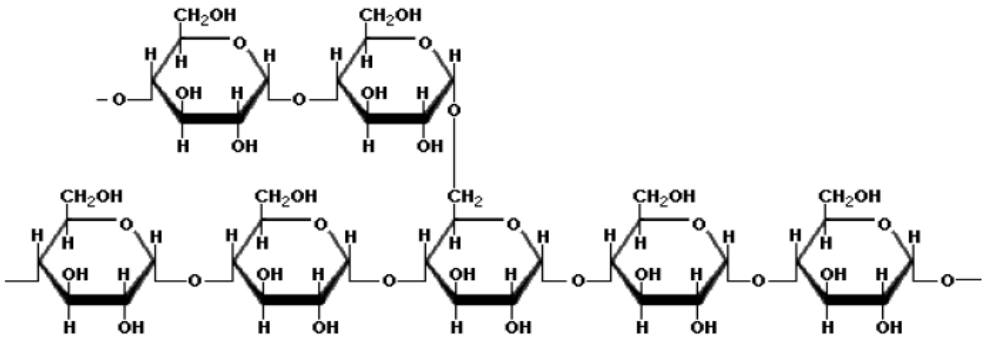
وهو سكر متعدد غير مختزل يصنع في النباتات بعملية البناء الضوئي ، اذ يعتبر خزين الطاقة في النباتات وكما يعتبر مصدر للطاقة للانسان عندما يتغذى على هذه النباتات ، ويتواجد بتراكيز عالية في الحبوب وجذور النباتات خصوصا البطاطا . يتكون النشأ كيميائيا من تركيبين اساسيين هما :

I . الامايلوز Amylose: وهو التركيب المستقيم للنشأ ، اذ يضم سلاسل مستقيمة من الكلوكوز مرتبطة مع بعضها بروابط كلايكوسيدية من نوع α (1,4) كما يبين التركيب الكيميائي التالي ، ويؤلف هذا التركيب (٢٠-٢٥%) من تركيب النشأ الكلي .



II : الامايلوبكتين Amylopectin : وهوالتركيب المتفرع للنشأ ويكون مشابه للامايلوز في تركيبه الا انه يكون حاوي على تفرعات ضمن السلاسل المستقيمة وتكون الرابطة الكلايكوسيدية عند التفرع من نوع α(1,6) ، وتحصل التفرعات

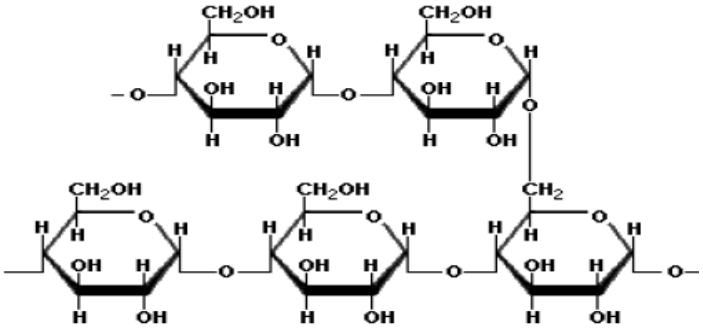
عند كل (٢٠-٣٠) وحدة من سكر الكلوكوز ، كما يبين التركيب الكيميائي التالي ، ويؤلف هذا التركيب (٧٥-٨٠%) من تركيب النشأ الكلي .



التحلل الجزئي للنشأ يعطي جزيئات السكر الثنائي المالتوز ، الا انه في حالة التحلل التام يعطي الكلوكوز ، ويمكن متابعةعملية تحلل النشأ من خلال استخدام كاشف اليود الذي يمتز على سطح السكر المتعدد ويتغير لون الكاشف ، ففي حالة ظهور اللون الازرق دلالة على وجود النشأ في النموذج ، الا انه في حالة عدم ظهور اللون الازرق (عدم تغير لون الكاشف الاصفر) فهذا يدل على تحلل جميع النشأ الموجود في النموذج ، وتحوله الى مالتوز او كلوكوز .

B : الكلايكوجين Glycogen

يسمى هذا السكر المتعدد بالنشأ الحيواني لانه يمثل الصيغة المخزونة لسكر الكلوكوز في جسم الكائن الحي (الانسان والحيوان) اذ يتواجد بتراكيز عالية في الكبد (للحفاظ على مستوى سكرالكلوكوز في الدم) والعضلات (لتزويد الجسم بالطاقة الازمة لغرض القيام بالافعال الحيوية) .

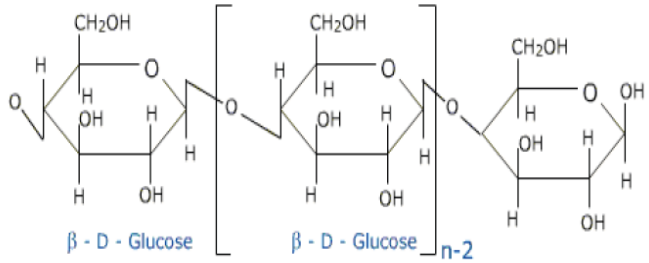


ان تركيب الكلايكوجين يكون مشابه لتركيب الامايلوبكتين الا انه يكون اكثر تفرع ، حيث تحصل التفرعات عند كل (٨-١٢) وحدة من الكلوكوز .

C : السليلوز Cellulose

سكر متعدد متجانس ، يعتبر من صنف السكريات المتعددة التركيبية ، اذ يدخل في تركيب جدار الخلايا النباتية . يعتبر السليلوز من اكثر المركبات السكرية انتشارا في الطبيعة ، وكذلك يعتبر اكثر المركبات العضويةوجودا في الطبيعة .

التركيب الكيميائي للسليلوز عبارة عن وحدات متكررة من β-D-Glucose مرتبطة مع بعضها بالرابطة β (1,4) وكماهو مبين بالتركيب الكيميائي التالي . لايستطيع جسم الانسان الاستفادة من السليلوز كمصدر للكلوكوز وتحرير الطاقة لانه لايملك الانزيم المحلل للسليلوز cellulase الذي يحلل السليلوز الى مالتوز وكلوكوز ، الا انه هذا الانزيم موجود عند الحيوانات وبعض انواع والبكتريا والفطريات .



Cellulose

الكايتين Chitin :

يعتبر هذا السكر من السكريات المتعددة المتجانس التركيبية ، اذ يدخل في تركيب وقوام الكائنات الحية ، وهو سكر متعدد اميني يتركب من وحدات متكرر من الكلوكوز امين مرتبطة مع بعضها بالرابطة β (1,4) ، يتواجد هذا السكر بصورة رئيسية في قشور الحيوانات الصدفية مثل الروبيان وسرطان البحر. وفيما يأتي التركيب الكيميائي لهذا السكر .