

هي 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 التي تحدث داخل هذه الخلايا الحية من حيث البناء و التخليق ، أو من حيث الهدم و انتاج الطاقة.

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

1.. دراسة التركيب الكيميائي لمكونات الخلايا من حيث النوع و الكم ، و سمي هذا المجال

بالكيمياء الحيوية التركيبية.

2 .. دراسة فسيولوجية مكونات الخلايا الحية و التحولات الغذائية و انتاج الطاقة ، و سمي هذا المجال

بالكيمياء الحيوية الفسيولوجية و الحركية.

3 .. دراسة وظيفة المركبات الحيوية داخل الخلايا و العلاقة بينها و بين وظائف الاعضاء و الانسجة ،

و سمي هذا المجال بالكيمياء الحيوية الوظيفية.

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 تطرأ عليها خلال العمليات الحيوية المختلفة التي تحصل داخل جسم الكائن الحي .

من اهم المواد الحيوية التي نعى بدراستها هي :

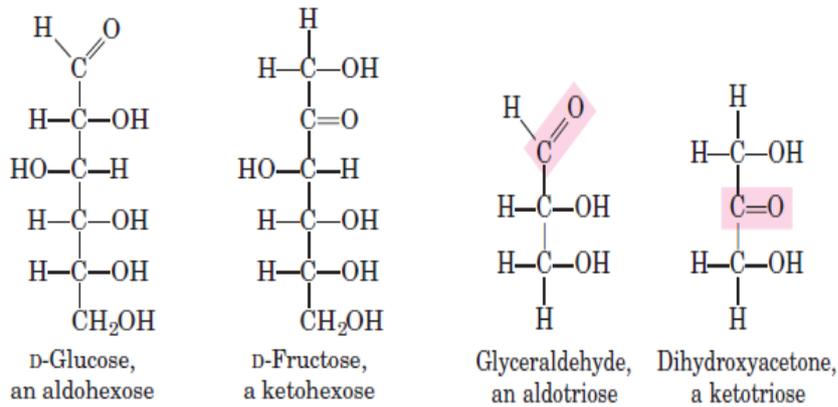
1- الكربوهيدرات 2- الدهون 3- البروتينات 4- الانزيمات 5- الاحماض النووية

الفصل الاول

الكربوهيدرات (السكريات) Carbohydrate:

هي مركبات مكونة من الكربون والهيدروجين والاكسجين , وتكون نسبة وجود الهيدروجين الى الاوكسجين فيها كنسبة وجودها في الماء (2:1) (H:O) , ومن هنا اطلق عليها اسم مركبات الكربون المائية (Carbon hydrate) . اذ ان الكلوكوز يملك الصيغة الجزيئية (C₆H₁₂O₆) والتي يمكن ان تكتب بالصيغة التالية C₆(H₂O)₆, لذا اعطيت هذه المركبات الصيغة العامة التالية [C_n(H₂O)_n] .
الا انه هناك عدد من المركبات غير السكرية يمكن ان تنطبق عليها هذه الصيغة مثل حامض الخليك وحامض اللاكتيك CH₃COOH, CH₃COCOOH والتي يمكن ان تكتب بالصيغ التالية C₂(H₂O)₂, C₃(H₂O)₃ وهناك عدد من المركبات السكرية لاتنطبق عليها هذه الصيغة مثل سكر الرهامنوز [C₆H₁₂O₅] Rhamanose لذا استخدم تعريف اخر لهذه المركبات وهو :

هي عبارة عن مركبات تكتونية والديهيدية متعددة مجاميع الهيدروكسيل.



اهمية المركبات السكرية :

- 1- تعتبر المركبات السكرية المصدر الرئيسي للطاقة في جسم الكائن الحي من خلال عمليات الاكسدة
- 2- تمتلك المركبات السكرية وظائف تركيبية اذ تدخل في تركيب اجزاء من الغشاء الحيوي , وتركيب جدار الخلية النباتية على هيئة سليولوز , 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 :

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

2-السكريات المعدودة Oligosaccharide : وهي المركبات السكرية التي تحوي على (2-9) 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 ..

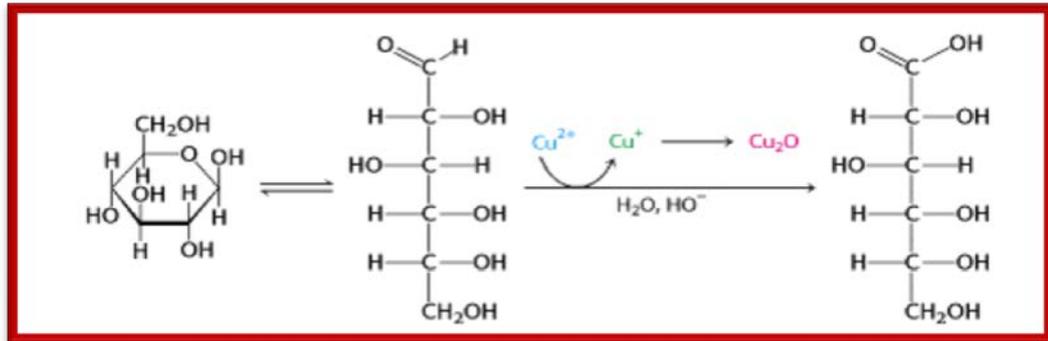
3-السكريات المتعددة Polysaccharide : وهي المركبات السكرية التي تحوي على (10) فما اكثر من السكريات الاحادية مثل النشا والسيليلوز .

ويمكن ان تصنف المركبات السكرية مختبريا الى صنفين اساسيين اعتمادا على الصفة الاختزالية لهذه المركبات

1- المركبات السكرية المختزلة Reduced sugar

2- المركبات السكرية 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 او غير 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 لايمكن ان تتحلل الى صورة ايسر , اي انها مكونة من وحدة بنائية واحدة . سميت هذه المركبات بعدة طرق , منها الطريقة التي تعتمد على عدد ذرات الكربون للمركب السكري مع اضافة المقطع (ose) الى نهاية اسم المركب وكما يلي :

Triose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كربون (ايسر مركب سكري الكليسريددهايد (Glyceraldehyde)

Tetrose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كربون

Pentose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كربون

Hexose سكر احادي مكون من ثلاث ذرات كربون

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

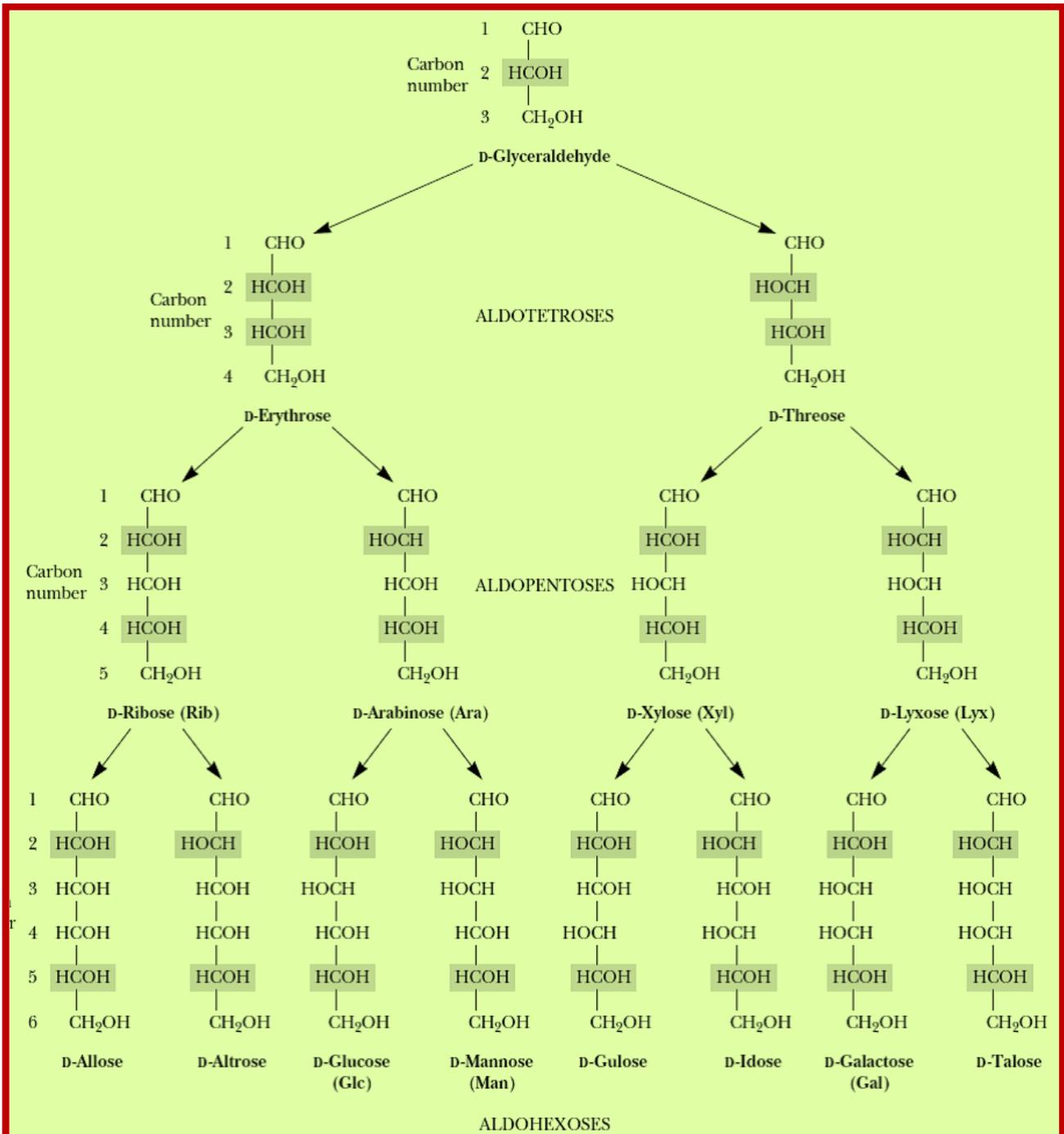
Ketose مركب سكري كيتوني

Aldose مركب سكري الدهيائي

الا ان هذه التسمية لاتدل على عدد ذرات الكربون في المركب السكري , لذا تم دمج هاتين التسميتين في
ترتيب جديد يدل على الوحدة الفعالة وعدد ذرات الكربون , وكما يلي :

Aldopentose مركب سكري مكون من خمس ذرات كربون الدهيائي

Ketohexose مركب سكري مكون من ست ذرات كربون كيتوني



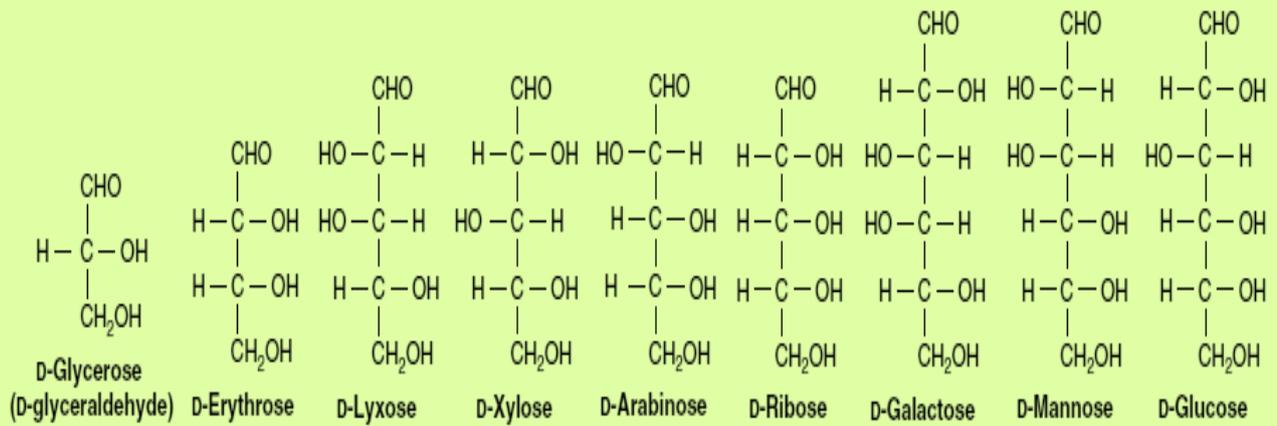
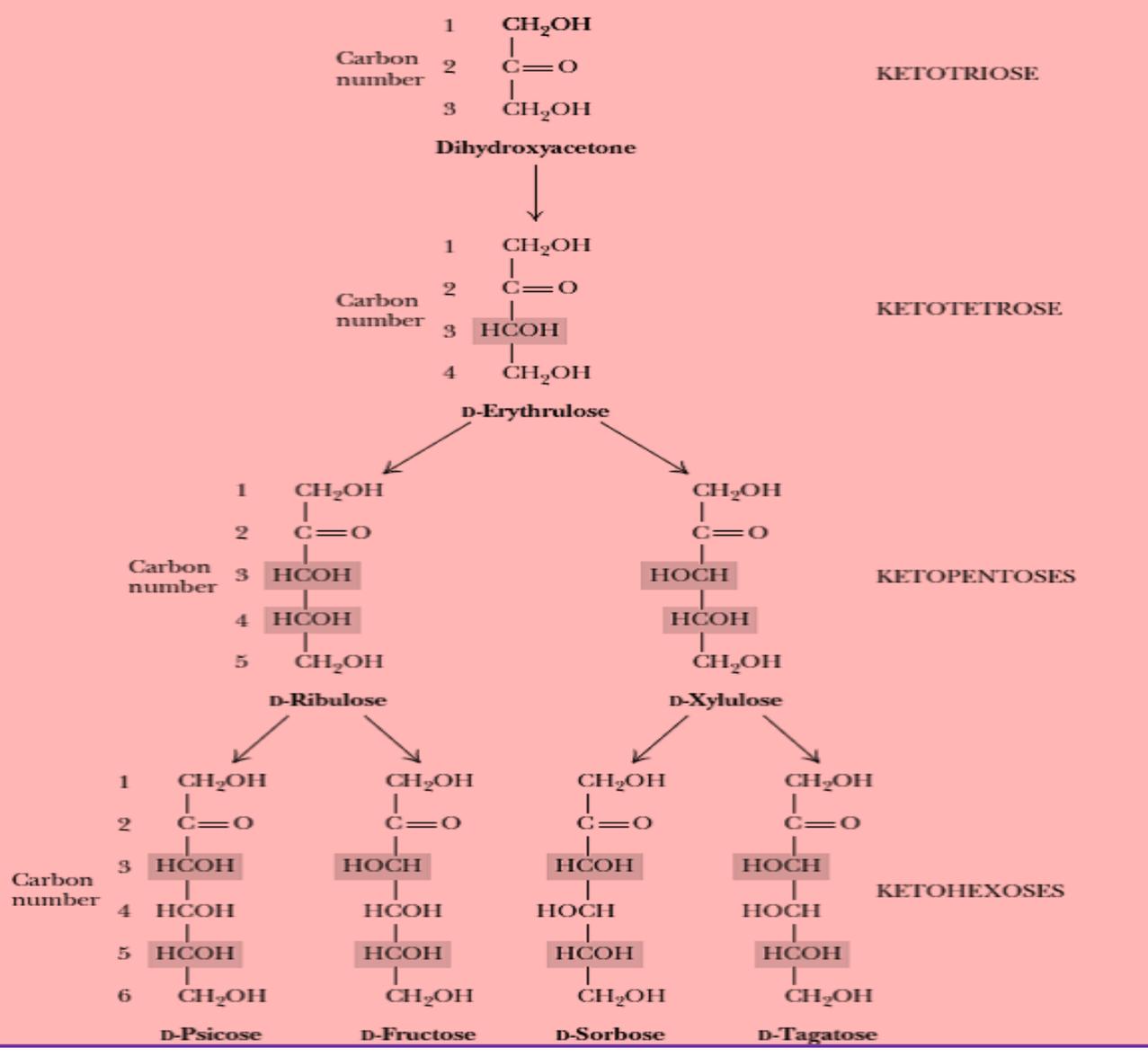


Figure 13-6. Examples of aldoses of physiologic significance.

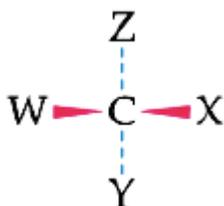


مميزات السكريات الاحادية

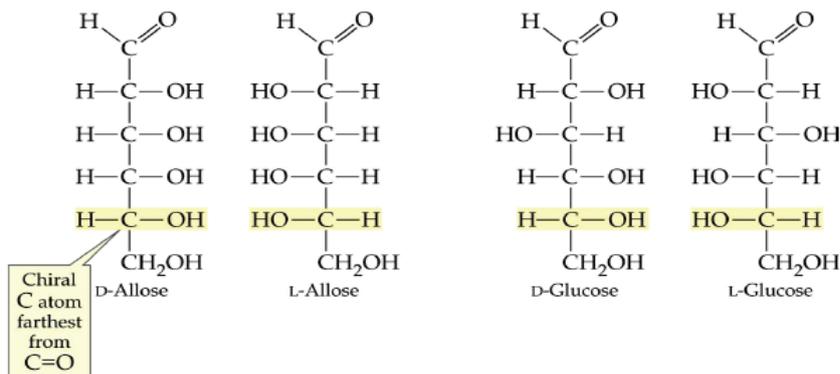
تتميز السكريات الاحادية بمميزتين اساسيتين هما :

1- 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 الكربون غير المتناسقة (Asymmetrical carbon atom) وهي ذرة الكربون المتصلة باربعة مجاميع مختلفة وتسمى كذلك (α-carbon atom)



اذ يسمى المركب السكري الذي يدور الضوء باتجاه اليمين (باتجاه عقرب الساعة) Dextrorotatory ويكتب الرمز (+) او الحرف D قبل اسم المركب السكري, اما المركب الذي يدور الضوء باتجاه اليسار (عكس عقرب الساعة) Levorotatory 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 .



2- الايزومرات الفراغية Stereoisomer's

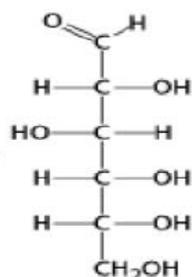
ان العديد من المركبات السكرية تمتلك نفس الصيغة الجزيئية (عدد ذرات C,H,O) وكذلك عدد مجاميع الهيدروكسيل , لانها تختلف في الخواص والصفات , وذلك لاختلافها في الترتيب الفراغي (توزيع مجاميع الهيدروكسيل في الفراغ) وهذا مايسمى بالايزومرات الفراغية . الصيغة الجزيئية C₆H₁₂O₆ تعطي ستة عشر مركب سكري مختلفة في الصفات والخواص .

ان عدد الايزومرات الفراغية التي يعطيها المركب السكري تعتمد على عدد ذرات الكربون غير المتناسقة , وتوجد طريقة خاصة لحساب عدد الايزومرات وحسب القانون التالي: No. of isomer = 2ⁿ = عدد ذرات الكربون غير المتناسقة

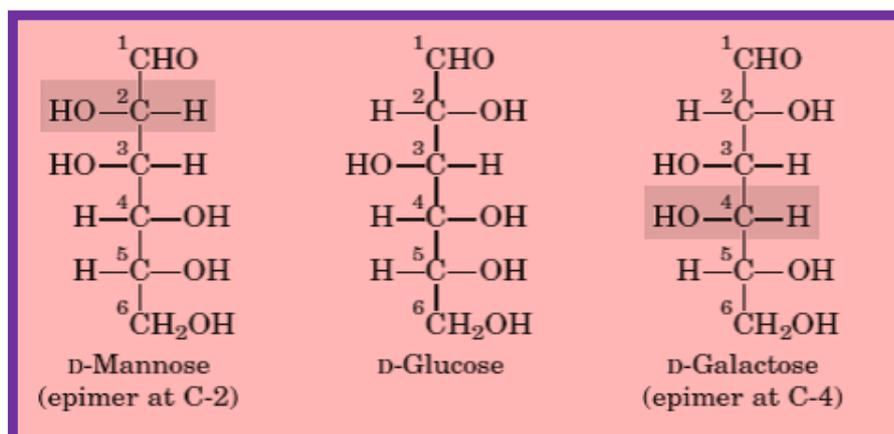
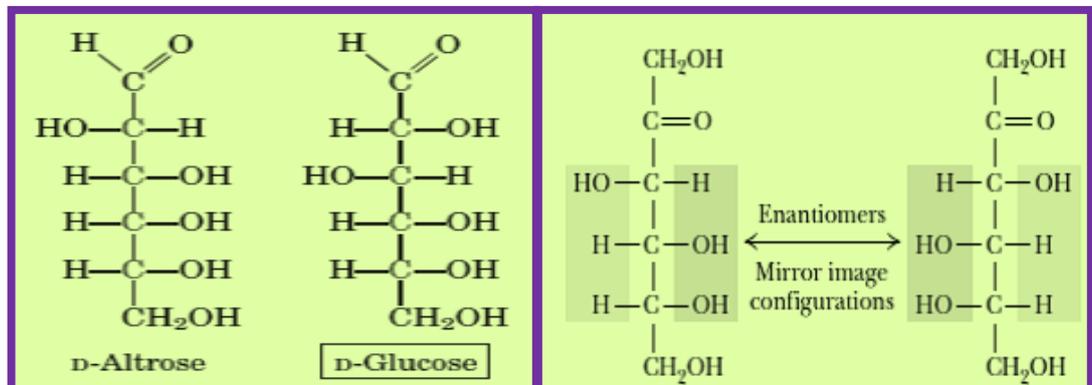
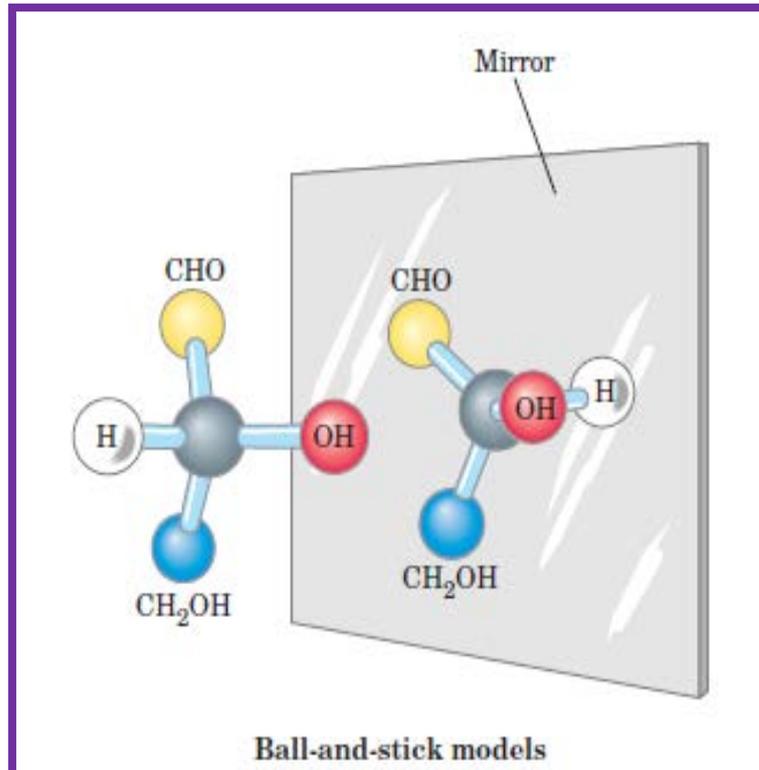
مثال : سكر الكلوكوز يحوي على اربع ذرات كربون غير متناسقة

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

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

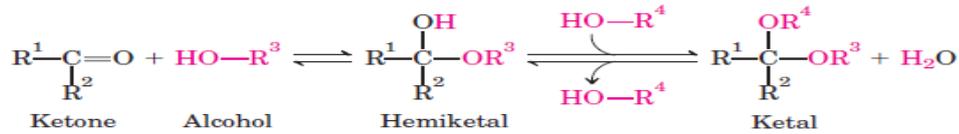
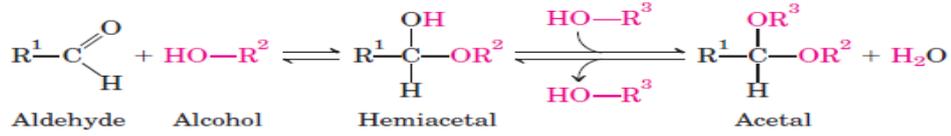


عند ملاحظة هذه الايزومرات نجد ان بعض الايزومرات تكون صورة في المرآة (Mirror image) للايزومرات الاخرى وهذه اللاييزومرات تسمى الانداد Enantiomers , اما الايزومرات التي لا تكون صورة في المرآة تسمى الاضداد Diastereomers , وان بعض هذه الاضداد تعتبر صورة في المرآة للايزومر الاخر لكن الاختلاف يحصل بذرة واحدة فقط وتسمى هذه الايزومرات Epimers

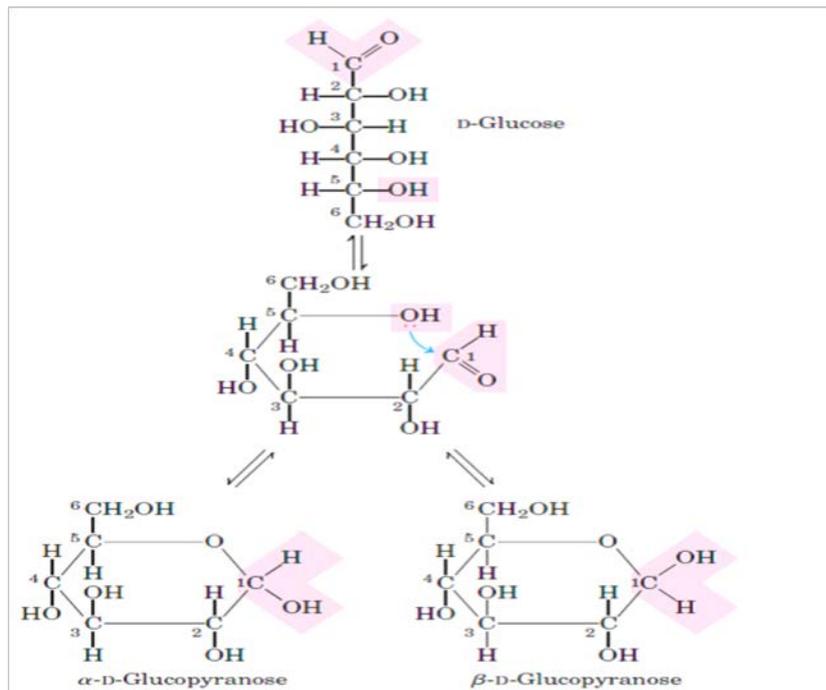
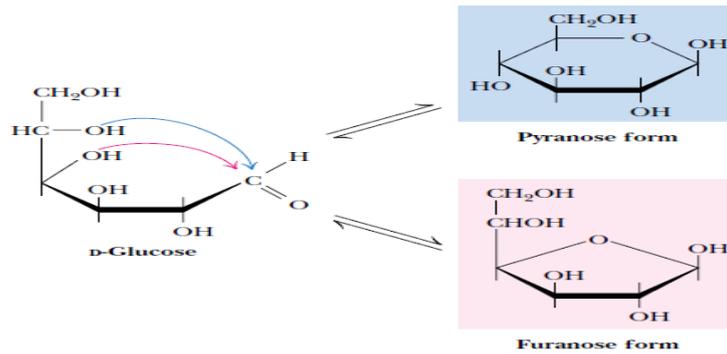


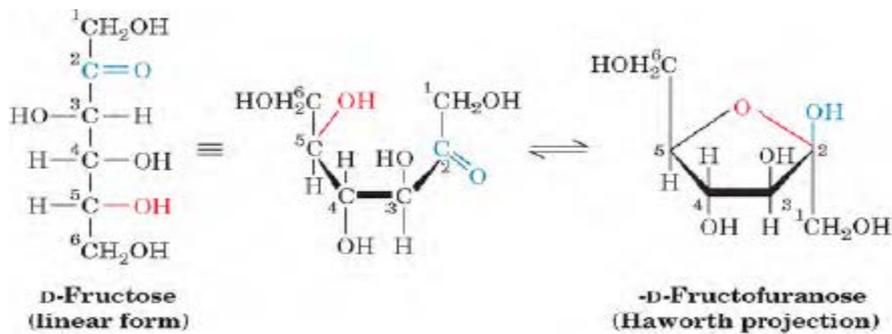
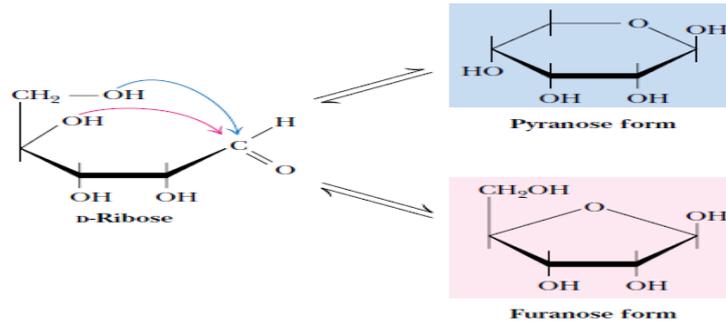
التراكيب الحلقية للسكريات الاحادية

ان السكريات الاحادية لاتسلك سلوك الالديهيدات والكيونات العضوية في جميع تفاعلاتها , اذ تفشل في التفاعل مع قواعد شف Schiff base ولايمكنها التفاعل مع جزيئين من الكحول المثيلي لتكوين الاستيتال Acetal او الكيتال Ketal , كما هو الحال في الالديهيدات او الكيونات العضوية وكما مبين في التفاعلات التالية :



ان السبب في شذوذ السكريات الاحادية عن سلوك الالديهيدات والكيونات العضوية هو ان مجاميع الالديهيد او الكيتون للسكريات تكون مشتركة مع ذرة كاربون اخرى لتكوين تركيب حلقي للسكر , اذ ان مجموعة الكاربونيل يمكن ان تشارك مع ذرة كاربون (4 او 5) مكونة جسر اوكسجيني لتكوين تركيب حلقي خماسي او سداسي .

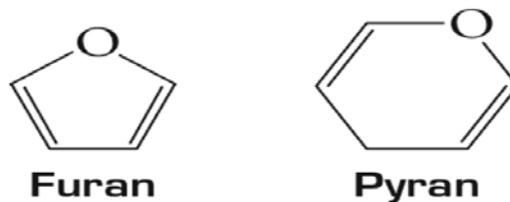


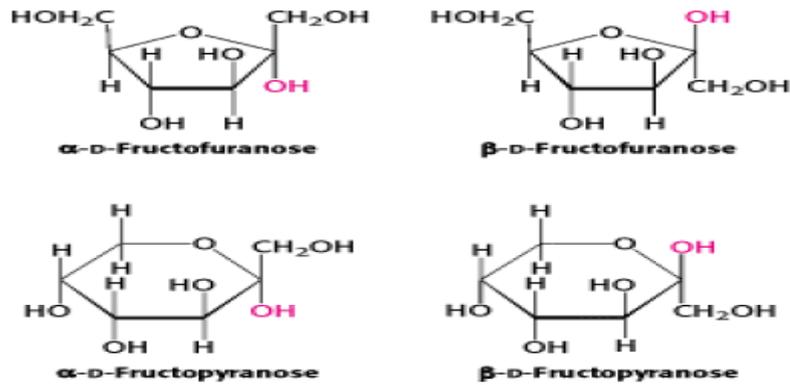
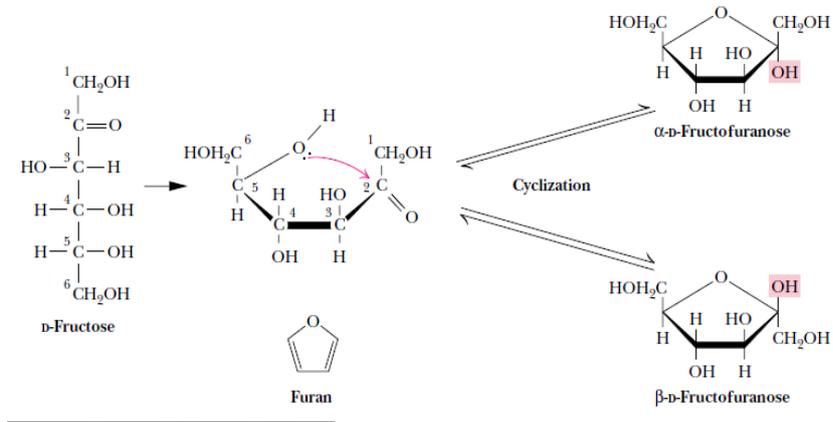
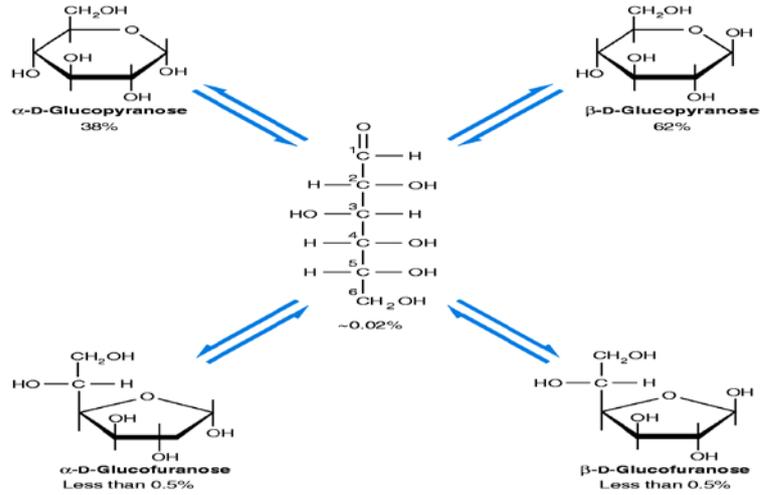


ان مجاميع الهيدروكسيل في التركيب المفتوح اذا كانت لليمين فانها ستصبح الى الاسفل في التركيب الحلقي , واذا كانت لليساار تصبح للاعلى في التركيب الحلقي , وعادتا يوضع الرمز (α) قبل اسم المركب السكري في التركيب الحلقي لدلالة على اتجاه مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بذرة الكربون المكونة لجسر الاوكسجيني للاسفل والرمز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

اقترح العالم هاورث تسمية السكريات الحلقية باسما 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 بالراكييب السابقة

Pyranoses and furanoses.



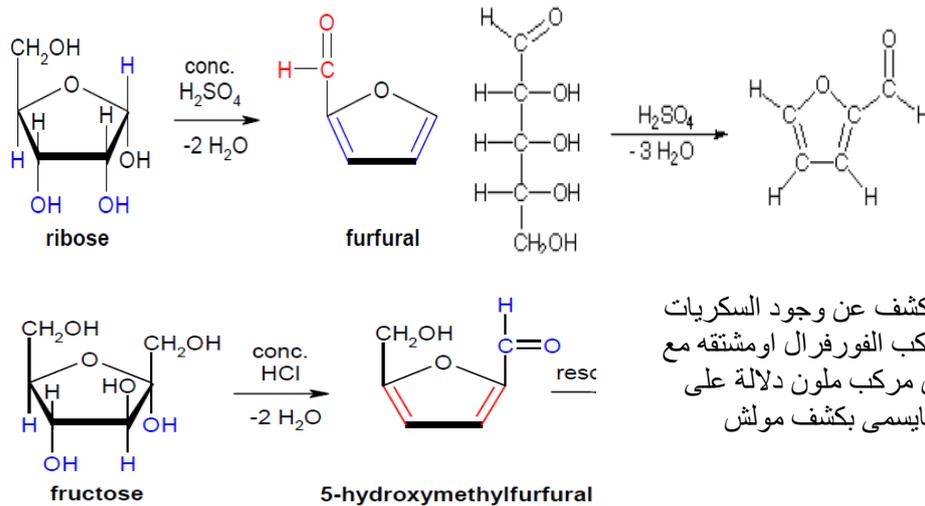


تفاعلات السكريات الاحادية

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

1- التفاعل مع الحوامض المركزة Reaction with Conc. acid

تتفاعل السكريات الاحادية مع الحوامض المركزة مثل $\text{Conc. H}_2\text{SO}_4$, Conc. HCl فتتفقد 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 وحمض الفورميك , وكما في المعادلات التالية :

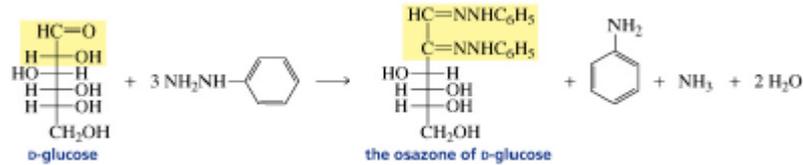


يستخدم هذا التفاعل في الكشف عن وجود السكريات وذلك من خلال تفاعل مركب الفورفرال او مشتقه مع الفينول المناسب مما يكون مركب ملون دلالة على وجود السكريات . وهذا ما يسمى بكشف مولش . Molish test

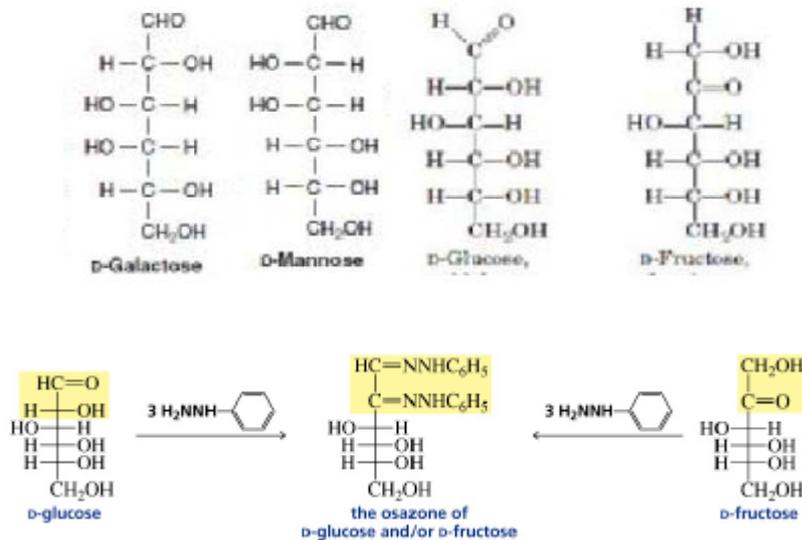
2- التفاعل مع الهيدرازين Reaction with Hydrazine

يعتبر هذا التفاعل من احدى الطرق الجيدة والمفيدة للحصول على راسب 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

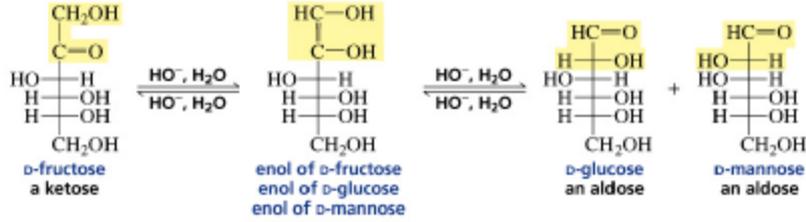
تتفاعل السكريات المختزلة (الاحادية والثنائية) مع ثلاث جزيئات من المركب phenyl hydrazine على شكل خليط مع sodium acetate وتسخن المحتويات على حمام مائي مغلي , وتتفاعل السكريات الالديهيدية والكتونية بنفس الطريقة , وان ميكانيكية التفاعل تتضمن تفاعل مجموعة الكربونيل ومجموعة الهيدروكسيل المجاورة لها وكما في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



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



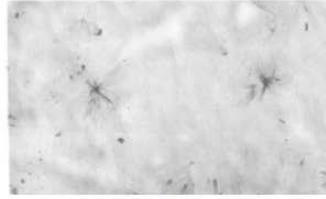
كذلك يمكن ملاحظة التداخل الحاصل بين تركيب الكلوكوز والفركتوز والمانوز من خلال المركب الوسطي (1,2-enediol) الناتج من معاملة هذه السكريات مع القواعد الضعيفة مثل Ca(OH)_2 , Ba(OH)_2 , وكما موضح بالتفاعل التالي :



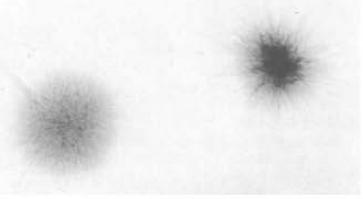
يستخدم كشف الاوسازون عمليا لتمييز بين السكريات المختزلة الاحادية والثنائية من خلال الشكل البلوري لها , اذ تعطي الكلوكوز والمانوز والفركتوز شكل السعفة عند معاينتها تحت المجهر , اما سكر الاكتوز فيعطي شكل ابري , وسكر المالتوز يعطي شكل قرصي . وان السكريات الاحادية تكون البلورات اسرع من السكريات الثنائية



Glucosazone



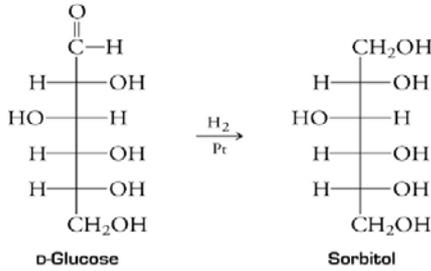
Maltosazone



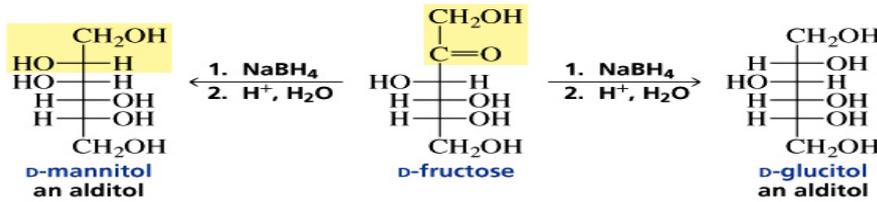
Lactosazone

3- اختزال السكريات الاحادية Reduction of monosaccharide

تختزل السكريات الاحادية (الالديهيدية او الكيتونية) عند معاملةها مع غاز الهيدروجين وتحت ضغط عال وبوجود عوامل مساعدة مثل (pd/C) او NaBH_4 وينحول السكر الى كحول متعدد الهيدروكسيل , كما يلاحظ من تحول الكلوكوز الى سوربتول Sorbitol او مايمي الكلوسيتول glucitol , كما مبين بالمعادلة التالية :



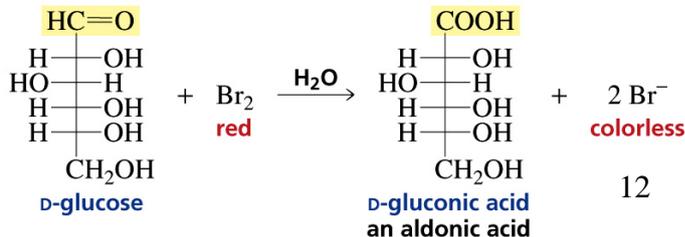
عند اختزال السكريات الكيتونية فانها تعطي صيغتين D , L وذلك بسبب تحول ذرة كاربون لمجموعة الكيتونية الى ذرة كاربون غير متناسقة (α -Carbon atom) لذا يمكن ان يكون اتجاه مجموعة الهيدروكسيل الجديدة الى اليمين او الى اليسار , وكما يلاحظ هذا في اختزال سكر الفركتوز فيعطي السوربتول والمالتول وكما مبين بالتفاعل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



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

4- اكسدة السكريات الاحادية Oxidation of monosaccharide

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



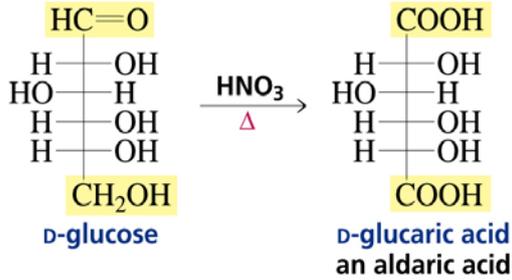
A : الاكسدة البسيطة Simple oxidation

في هذا النوع من الاكسدة تتأكسد مجموعة الالدهيد وذلك باستخدام ماء البروم كعامل مؤكسد فتتحول

مجموعة الالديهيد الى كاربوكسيل , وتسمى الحوامض الناتجة بحوامض الالدونك Aldonic acid, كذلك يمكن ان يسمى الحامض الناتج بالاعتماد على اسم السكر المؤكسد بعد حذف المقطع ose واطافة المقطع onic acid الى نهاية اسم السكر.

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

B : الاكسدة الشديدة (الصعبة)



في هذا النوع من الاكسدة تتأكسد مجموعة الالديهيد والكحول الاولي للسكر الاحادي في نفس الوقت فتنتج حوامض ثنائية الكربوكسيل 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 :

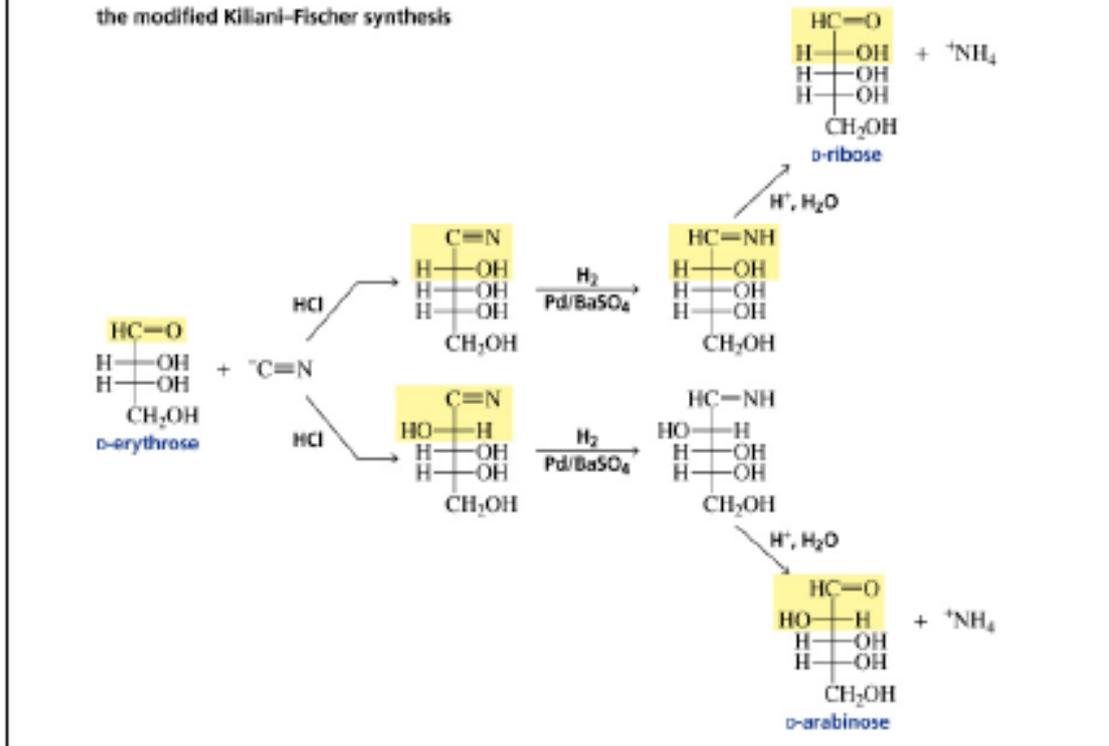
C : الاكسدة المحمية

في هذا النوع من الاكسدة تحصل في البداية حماية مجموعة الالديهيد ومن ثم اكسدة مجموعة الكحول الاولي فتنتج حوامض كربوكسيلية حاوية على مجموعة الالديهيد ويحصل هذا النوع من الاكسدة باستخدام العامل المؤكسد الاوكسجين بوجود البلاتين او باستخدام برمنكنات البوتاسيوم , وتسمى هذه الحوامض بازالة المقطع ose من اسم السكر واطافة المقطع uronic acid . تمتاز هذه الحوامض باهميتها خصوصا في ابيض 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 :

5- التفاعل مع سيانيد الهيدروجين Reaction with HCN

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

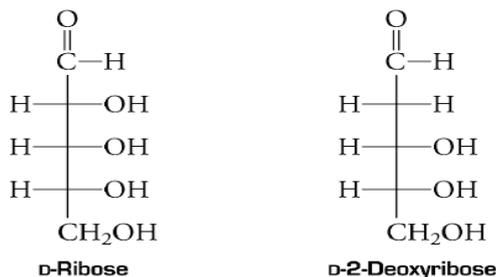
The carbon chain of an aldose can be increased by one carbon in a Kiliani–Fischer synthesis



المشتقات الحيوية للسكريات الاحادية Bio-derivative of monosaccharide

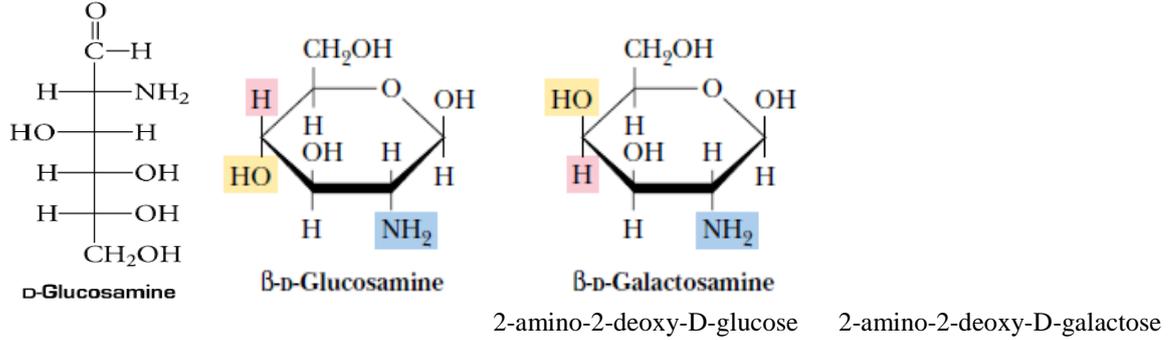
1- مشتقات الديوكسي Deoxy sugar

يمثل هذا النوع من السكريات الاحادية التي تستبدل فيها واحدة او اكثر من مجاميع الهيدروكسيل OH بذرة هيدروجين H , ويدل الرقم الذي يوضع قبل اسم هذا النوع من السكريات على رقم ذرة الكربون 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 للحمض النووي DNA . وان هذا النوع من السكريات تعطي جميع انواع تفاعلات السكريات الاحادية عدا تفاعل الاوسازون .



2- السكريات الامينية Amino sugar

في هذا النوع من السكريات الاحادية تستبدل مجموعة الهيدروكسيل OH 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 بتركيب حلقية تشبه التراكيب الحلقية للكلوكوز والكالكتوز . كما مبين بالاشكال التالية :



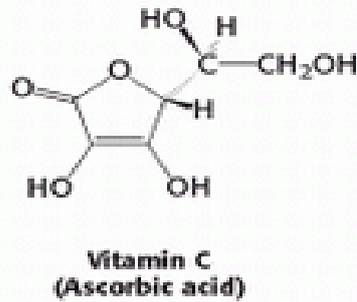
يفشل هذا النوع من المركبات في التفاعل مع الهيدرازين (تفاعل الالوسازون) يتواجد glucoseamine في صدف الحشرات والسرطان البحري , ويعتبر الناتج النهائي لتحلل الكايتين chitin , اما galactoseamine فيدخل في تركيب الغضروف chondritin ويدخل في تركيب المضادات الحيوية Antibiotic .

3- الحوامض السكرية Acid sugar

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

- A : حوامض الالدونك Aldonic acid : ناتجة من اكسدة مجموعة الالديهيد فقط
 B : حوامض الالداريك Aldaric acid : ناتجة من اكسدة مجموعتي الالديهيد 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)



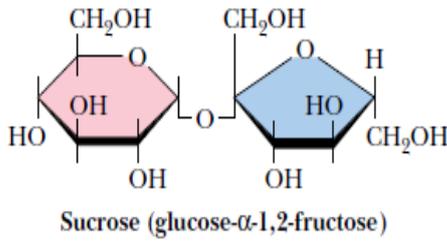
السكريات المعدودة Oligosaccharide

وهي المركبات السكرية التي تتكون كيميائيا من ارتباط (2-9) وحدات من السكر الاحادي والتي ترتبط مع بعضها بروابط اوكسجينية تسمى بالرابط الكلايكوسيدية (Glycoside bond) . ان هذه الرابطة تنشأ بين اي جزيئين من السكر الاحادي من خلال مشاركة مجموعة هيدروكسيلية من ذرة كاربون مختزلة (في الاصل كانت مجموعة الديهايد اوكيتون) من احد السكريين 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 .

1- 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 واللاكتوز , او غير مختزلة كما في السكروز وهذا يعتمد على الرابطة الكلايكوسيدية بين وحدات السكر الاحادي , من اهم السكريات الثنائية :

A: السكروز (سكر الماندة) Sucrose



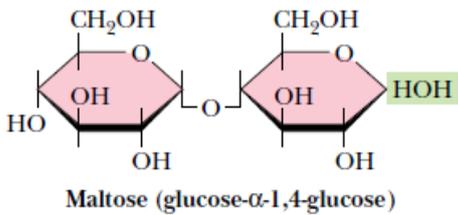
يطلق عليه بسكر القصب لانه يتواجد بكميات كبيرة في القصب السكري وكذلك في البنجر السكري . يتكون من ارتباط جزيئة كلوكوز مع جزيئة فركتوز برابطة كلايكوسيدية تنشأ بين مجموعة هيدروكسيل لذرة كاربون رقم 1 للكلوكوز (مجموعة OH مختزلة) مع مجموعة هيدروكسيل لذرة كاربون رقم 2 للفركتوز (مجموعة OH مختزلة) مع فقدان جزيئة 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 .

ان الرابطة هي $\alpha(1,2)$ 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 النشا بفعل انزيم الامايليز

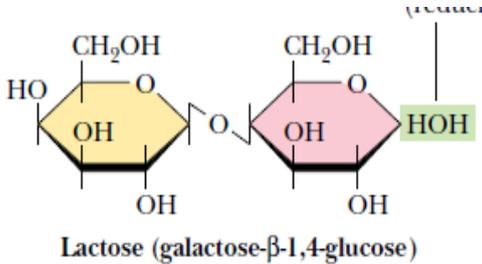
Starch + Amaylase \rightarrow Maltose



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

C : اللاكتوز (سكر الحليب) Lactose

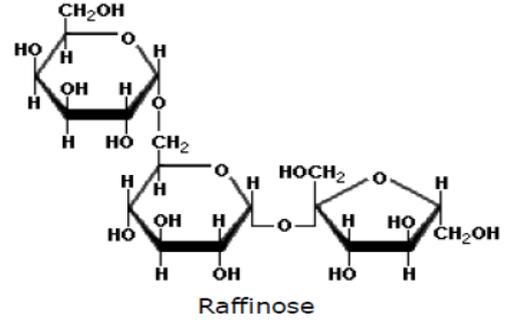
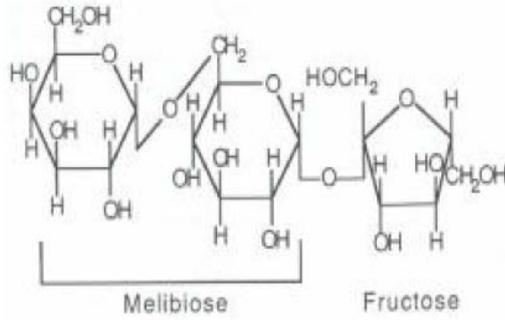
يسمى هذا السكر بسكر الحليب اذ يمثل (80 %) من مكونات الحليب , يتكون من ارتباط جزيئة من الكلوكوز α -D-Glucose مع جزيئة من الكالكتوز β -D-Galactose برابطة الكلايكوسيدية $\beta(1,4)$, وهذا المركب السكري مختزل لاحتوائه على مجموعة هيدروكسيل حرة , ويمكن ان يوجد بالصيغتين α , β .



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 .

2- 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 بالجسر الاوكسجينية . ولايملك صيغ α , β , ويوجد في الطبيعة بصيغة واحدة . اذ يرتبط الكالكتوز مع الكلوكوز بالرابطة $\alpha(1,6)$, وهذه الجزيئة من السكر الثنائي تسمى Melibiose والتي ترتبط مع الفركتوز بالرابطة $\alpha(1,2)$ مكونة السكر الثلاثي , وكما مبين بالتراكيب الكيميائية التالية .



السكريات المتعددة Polysaccharide

وهي المركبات الكربوهيدراتية التي تتكون من 10 وحدات فما أكثر 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 النشا والسيلولوز , او على شكل سلاسل متفرعة كما في الكلايوجين . 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 رئيسيين هما :

- 1 - السكريات المتعددة الخازنة للطاقة : مثل النشا والكلايوجين
- 2 - السكريات المتعددة التركيبية (البنائية) : مثل السيلولوز و الكايتين

هذه المركبات من السكريات المتعددة تملك نوعين من الروابط الكلايكوسيدية

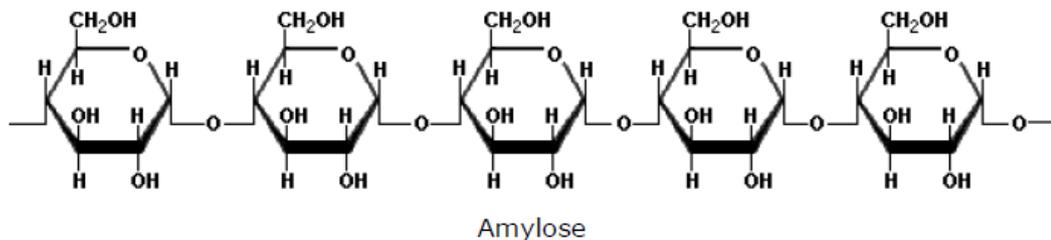
- 1- α -Glycoside bond : تمتاز هذه الرابطة بسهولة ذوبانها في الماء وسهولة هضمها داخل الجسم , وهذه الرابطة موجودة في النشا والكلايوجين .
- 2- β -Glycoside bond : وهي رابطة صعبة الذوبان والهضم , وصعوبة كسرها بفعل الانزيمات , وهذه الرابطة موجودة في السيلولوز و الكايتين .

من اهم السكريات المتعددة ما يأتي :

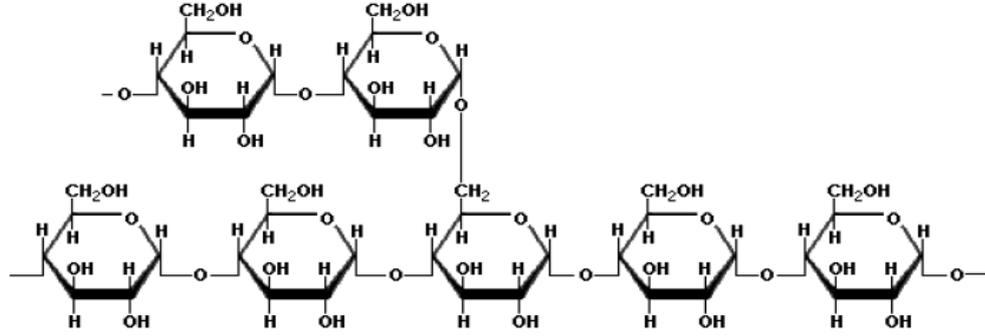
A : النشا Starch

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 بتركيز عالية في الحبوب وجذور النباتات خصوصا البطاطا . يتكون النشا كيميائيا من تركيبين اساسيين هما :

I . الاميلوز Amylose : وهو التركيب المستقيم للنشا , اذ يضم سلاسل مستقيمة من الكلوكوز مرتبطة مع بعضها بروابط كلايكوسيدية من نوع $\alpha(1,4)$ كما يبين التركيب الكيميائي التالي , ويؤلف هذا التركيب (20-25%) من تركيب النشا الكلي.



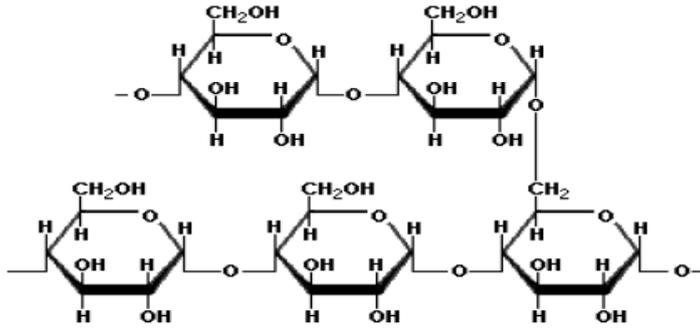
II : الامايوليكتين Amylopectin : وهو التركيب المتفرع للنشأ ويكون مشابه للامايولوز في تركيبه الا انه يكون حاوي على تفرعات ضمن السلاسل المستقيمة وتكون الرابطة الكلايكوسيدية عند التفرع من نوع $\alpha(1,6)$, وتحصل التفرعات عند كل (20-30) وحدة من سكر الكلوكوز , كما يبين التركيب الكيميائي التالي , ويؤلف هذا التركيب (75-80%) من تركيب النشأ الكلي .



التحلل الجزئي للنشأ يعطي جزئيات السكر الثنائي المالتوز , الا انه في حالة التحلل التام يعطي الكلوكوز , ويمكن متابعة عملية تحلل النشأ من خلال استخدام كاشف اليود الذي يمتاز 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

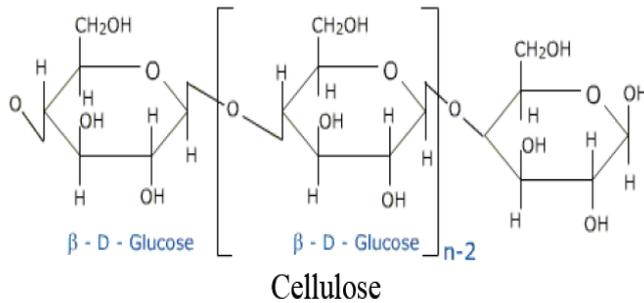
يسمى هذا السكر المتعدد بالنشأ الحيواني لانه يمثل الصيغة المخزونة لسكر الكلوكوز في جسم الكائن الحي (الانسان والحيوان) اذ يتواجد بتراكيز عالية في الكبد (للحفاظ على مستوى سكر الكلوكوز في الدم) والعضلات (لتزويد الجسم بالطاقة اللازمة لغرض القيام بالافعال الحيوية) .



ان تركيب الكلايكوجين يكون مشابه لتركيب الامايوليكتين الا انه يكون اكثر تفرع , حيث تحصل التفرعات عند كل (8-12) 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 العضوية وجودا في الطبيعة .

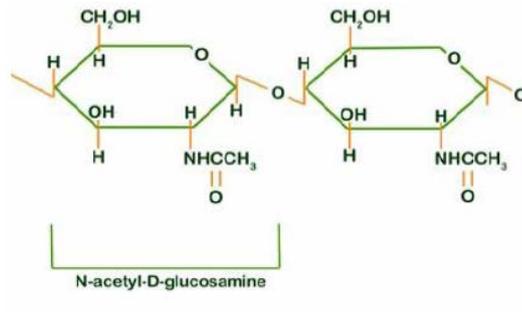
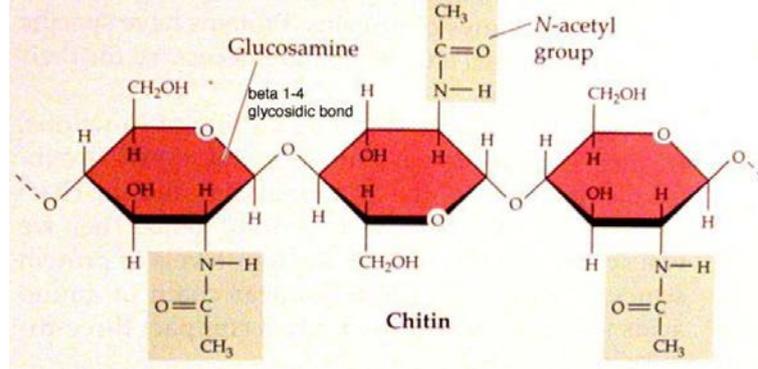


التركيب الكيميائي للسليلوز عبارة عن وحدات متكررة من β -D-Glucose مرتبطة مع بعضها بالرابطة

$\beta(1,4)$ وكما هو مبين بالتركيب الكيميائي التالي . لا يستطيع جسم الانسان الاستفادة من السليلوز كمصدر للكلوكوز وتحرير الطاقة لانه لا يملك الانزيم المحلل للسليلوز cellulose الذي يحلل السليلوز الى مالتوز وكلوكوز , الا انه هذا الانزيم موجود عند الحيوانات وبعض انواع والبكتريا والفطريات .

الكيتين 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 و سرطان البحر . وفيما يأتي التركيب الكيميائي لهذا السكر .



تتكون الكيمياء الحيوية عامة من المواضيع الاتية:-

. الكربوهيدرات .

. الاحماض الامينية و البروتينات .

. الاحماض النووية .

. الانزيمات .

. الليبيدات .

. الايض .

. الهرمونات .

. الفيتامينات .

يدرس المتخصصون في الكيمياء الحيوية الجزيئات والتفاعلات الكيميائية المُحفَّزة من قبل الإنزيمات التي تسهم في كل العمليات الحوية ضمن الكائن الحي . يقدم علم الأحياء الجزيئي تخطيطاً و وصفاً للعلاقة الداخلية

بين الكيمياء الحيوية، و علم الأحياء، و علم الوراثة.

الكيمياء الحيوية تتضمن دراسة التركيب و وظيفة المكونات الخلوية، مثل البروتينات ، كربوهيدرات ، ليبيدات ، حمض نووي ، و الجزيئات الحوية الأخرى. ركزت كيمياء حيوية مؤخراً بشكل مُحدد أكثر على كيمياء الأنزيمات التي تَوسِّطُ الكثير من العمليات و التفاعلات الحوية ، وعلى خواص البروتينات.

تصف الكيمياء الحيوية العمليات الايضية داخل الخلية (الهدم و البناء) لها على نطاق واسع. كما تتضمن فروع أخرى من الكيمياء الحيوية دراسة الشفرة الجينية (دنا، رنا)، تركيب البروتين الحيوي، تركيب غشاء خلية ، ونقل الإشارة ضمن و بين الخلايا الحية.