الفصـــــل الأولـــــ

المقدمـــــة:

الكيمياء الحيوية هو العلم الذي يختص بدراسة الترابط بين علوم الحياة المختلفة وعلم الكيمياء بفروعه المختلفة.

علوم الحياة هي النبات، الحيوان والأحياء المجهرية الأساس فيها هو الخلية وتتكون الخلية من مركبات كيمياوية. كما أن هناك ترابط بين أجزاء الخلية والمركبات الحيوية مثل الحامض النووي في النواة والسكريات في جدار الخلية والمعلومة الوراثية في النواة وكذلك المايتوكوندريا تحتوي على غشاء خلوي مزدوج وعاى تجاويف للتنفس وتحرير الطاقة بشكل ATP، هناك ترابط بين الوظيفة والتركيب البنائي. مثلاً الكلوروفيل يوجد في الورقة لحدوث عملية التركيب الضوئي وهي عملية فسلجية يحدث فيها تفاعل كيمياوي.

الفصـــــل الثـــاني

الكاربوهيدرات Carbohydrates

هي مركبات عضوية تعرف بالنشويات والسكريات وسميت كذلك لأحتوائها على عناصر الكاربون والهيدروجين والأوكسجين. أذ لوحظ سابقاً بأن H و O موجودان بنفس النسبة كما في الماء. تعرف الكاربوهيدرات كيميائياً بأنها الديهايدات أو كيتونات متعددة مجموعة الهيدروكسيل.

أهمية الكاربوهيدرات Importance of carbohydrates

١. أنها مصدر كبير للطاقة عند تقويض سكر الكلوكوز.
٢. تخزن الطاقة الكيمياوية المشتقة من الكاربوهيدرات على شكل مركبات غنية بالطاقة، مثل أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP.
٣. تدخل الكاربوهيدرات في عملية توليد مكونات الخلية مثل: البروتينات، الدهون، الأحماض النووية والكاربوهيدرات الأخرى.
٤. تدخل الكاربوهيدرات في التركيب البنائي لجدار الخلية.

ويطلق على السكر الذي يحوي مجموعة الديهايد، ألدوز aldose والذي يحوي مجموعة كيتون ، كيتوز ketose والكاربوهيدرات لها الصيغة $(CH_2O)_n$ و n تعني عدد ذرات الكاربون في جزيئة السكر وهي تعادل ٣ أو أكثر(عدة الآف).

أصناف الكاربوهيدرات

يتم تقسيم الكاربوهيدرات أعتماداً على عدد الجزئيات المكونة لمركب الكاربوهيدرات لتشمل:

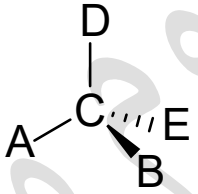
١. السكريات الأحادية Monosaccharides
أو السكر البسيط وتحتوي كل من جزيئاتها على وحدة سكر واحدة وهي التي لاتحلل الى مركبات أبسط.

٢. السكريات قليلة الوحدات Oligosaccharides
وبضمنها السكريات الثنائية وتحتوي كل من جزيئاتها على ٢-١٠ وحدات من السكر الأحادي.

٣. متعدد السكريات Polysaccharides
وهويشمل جزيئات بوليمرية كبيرة لسكريات آحادية وله أوزان جزيئية عالية.

أولاً:عدم التناظر(عدم التناسق) Asymmetry

نتيجة لوجود ذرات كاربون غير متناظرة فتكون لدينا أيزومرات فراغية للمركب. نأخذ مستوى تناسق أو تناظر لمعرفة الجزيئات هل هي متناظرة أم لا(المقصود هو صورة أحدهما للآخر بالمرآة).

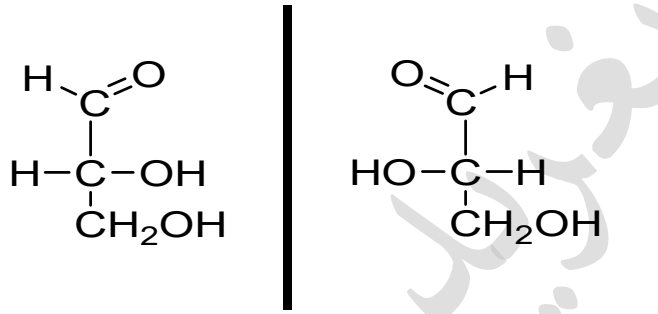


أي أن وجود ذرة كاربون تتصل بأربعة مجاميع مختلفة في مركب ما، تؤدي الى وجود ذلك المركب بشكل أيزومرات (متناظرات أو متماثلات). كما أن عدد الأيزومرات لمركب ما يعتمد على عدد ذرات الكاربون غير المتماثلة أو غير المتناظرة لذلك المركب ويحدد بالعلاقة الأتية:

قانون فانت هوف
عدد الأيزومرات = 2^n
n = عدد ذرات الكاربون غير المتناظرة

على سبيل المثال سكر ألدهكسوز $C_6H_{12}O_6$ يحتوي أربع ذرات كاربون غير متناظرة وعليه فأن لهذا السكر ١٦ شكلاً من الأيزومرات ثمانية منها توجد بشكل (L) والأخرى بشكل (D).

يلاحظ أن مجموعة (OH) الهيدروكسيل المتصلة بذرة الكاربون غير المتناظرة أما أن تكون موجودة في ناحية اليمين من المركب فيسمى (D) أو أن تكون في الناحية اليسرى من المركب عندها يسمى (L) كما في المثال الآتي:



D-glyceraldehyde L-glyceraldehyde

تسهيلاً للمركبات السكرية فلقد أبتدء بـ(ثلاث ذرات كاربون) مثل الكليسرول ويعد من السكريات نظراً لأحتوائه على أكثر من مجموعة (OH).

ثانياً: التماثل البصري للسكريات Optical isomerism of saccharides

أو تسمى ظاهرة تغيير أتجاه الضوء المستقطب ، يمكن الحصول على ضوء مستقطب وذلك بأمرار الضوء الأعتيادي متعدد الأهتزازات وبأتجاهات مختلفة خلال موشور يخرج الضوء بأتجاه واحد أي يهتز بصورة مستقيمة أما عمودي أو أفقي وبعد ذلك يمر خلال أنبوب أختبار يحتوي على مادة تحتوي على كاربون غير متناظر (مركب فيه ذرة كاربون غير متناظرة) ويعرف الأتجاه من خلال مؤشر أما يكون يمني الأستدارة أو يساري الأستدارة.

د. تغريد علوم محمد

من القانون الآتي:
يمكن أيجاد درجة التدوير النوعي

$$[\alpha]^{t}_{\lambda,D} = \frac{\text{درجة التدوير}}{\text{طول الأنبوبة(dm) x تركيز المحلول(غم/ مل)}}$$

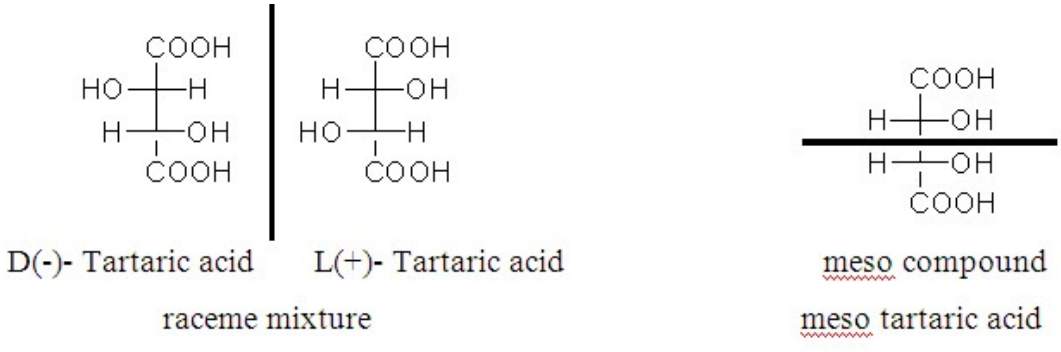
درجة التدوير : هي أحد الثوابت للمركب الكيميائي الفعال ضوئيا
D : الطول الموجي للضوء المستعمل
T: درجة الحرارة
2 dm: طول الأنبوبة

الكلوكوز : $[\alpha]_D^{20} = +52.7^{\circ}$

الفركتوز : $[\alpha]_D^{20} = -92.4^{\circ}$

وعند دوران شعاع الضوء المستقطب بأتجاه عقرب الساعة ، يطلق على المركب بأنه يميني التدوير dextorotatory ويعطى له الرمز (+ أو d) في حين يطلق على المركب يساري التدوير Levorotatory عند تدويره شعاع الضوء المستقطب عكس عقرب الساعة ويرمز له (- أو l).

كما أن المركب الذي تكون فيه ذرتا الكاربون غير المتناظرة متشابهتين كما في حامض التارتاريك tartaric acid يمكن أن يكون بشكل يتمثل فيه مستوى للتماثل، أذ يكون نصف المركب صورة مرآة للنصف الثاني. مثل هذا المتناظر يسمى ميزو meso وتكون الفعالية البصرية لمركب بهذا الشكل مساوية للصفر.



D(-)- Tartaric acid L(+)- Tartaric acid

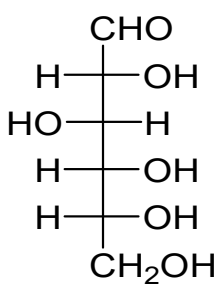
raceme mixture

meso compound

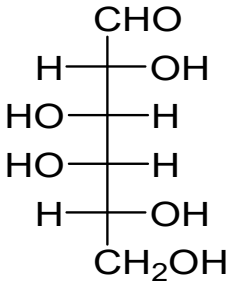
meso tartaric acid

المزيج الراسيمي: هو المزيج الذي يحوي كميات متساوية من متناظرات الصور enantiomers وهذا المزيج ليس له فعالية بصرية.

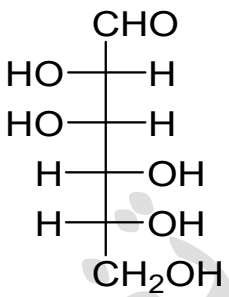
أن المتشابهات أو المتماثلات diasterisomers التي تختلف عن بعضها البعض فقط في التوزيع الفراغي حول ذرة الكاربون غير المتناظرة واحدة تسمى epimers كما في السكريات الأحادية الآتية:



D(+)-glucose



D(+)-galactose



D(+)-mannose

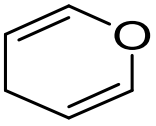
الـD-مانوز وD-كلوكوز مختلفان فقط في أتجاه مجموعة OH حول ذرة الكاربون رقم ٢ وأن الـD- كالاكتوز و—Dكلوكوز مختلفان بذرة الكاربون رقم ٤. ففي هذه الحالة فأن الـD-كلوكوز والـD-مانوز هما epimers الواحد للآخر، كما أن D-كلوكوز وD-كالاكتوز هما epimers فيما بينهما. أي أن هناك أختلاف في التوزيع الفراغي حول أكثر من ذرة كاربون واحدة غير متناظرة (غير متماثلة).

متماثلات ألدوز- كيتوز Aldose- Ketose isomers

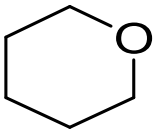
يمكن أيضاحها بالمتماثلين كلوكوز وفركتوز يمتلك الفركتوز نفس الصيغة الجزيئية للكلوكوز ، لكن يختلف عنه بالصيغة التركيبية أذ يمتلك الفركتوز مجموعة كيتون في الموقع ٢ في حين يمتلك الكلوكوز مجموعة الديهايد في الموقع ١ الصيغة الجزيئية $C_6H_{12}O_6$.

التركيب الحلقي للسكريات

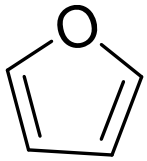
يستطيع الكلوكوز تكوين التركيبين الحلقيين المختلفين α وβ كما في الأشكال الأتية:



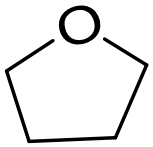
Pyran



pyranose



Furan

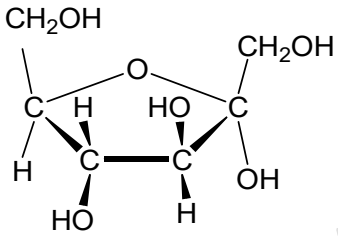


Furanose

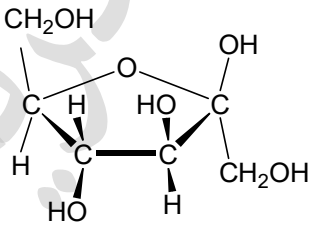
يطلق على هذه الأشكال الحلقية السداسية للسكريات، بايرانوز Pyranose وذلك لأنها من مشتقات المركب الحلقي غير المتجانس بايران Pyran ومن الممكن وجود الألدوهكسوز بشكل حلقات خماسية وهي عبارة عن مشتقات الفيوران ولذلك تسمى فيورانوز Furanose. كما توجد سكريات كيتوهكسوز بشكلين أيضاً هما α وβ.

صيغ هاورث الأسقاطية Haworth projection formula

تستعمل صيغ هاورث لتمثيل أشكال لتمثيل أشكال المتناظرات (المتماثلات) المختلفة للسكريات . أن الحلقة السداسية تكون غير مستوية وتوجد غالباً بشكل شيبه بالكرسي.



α-D-glucopyranos

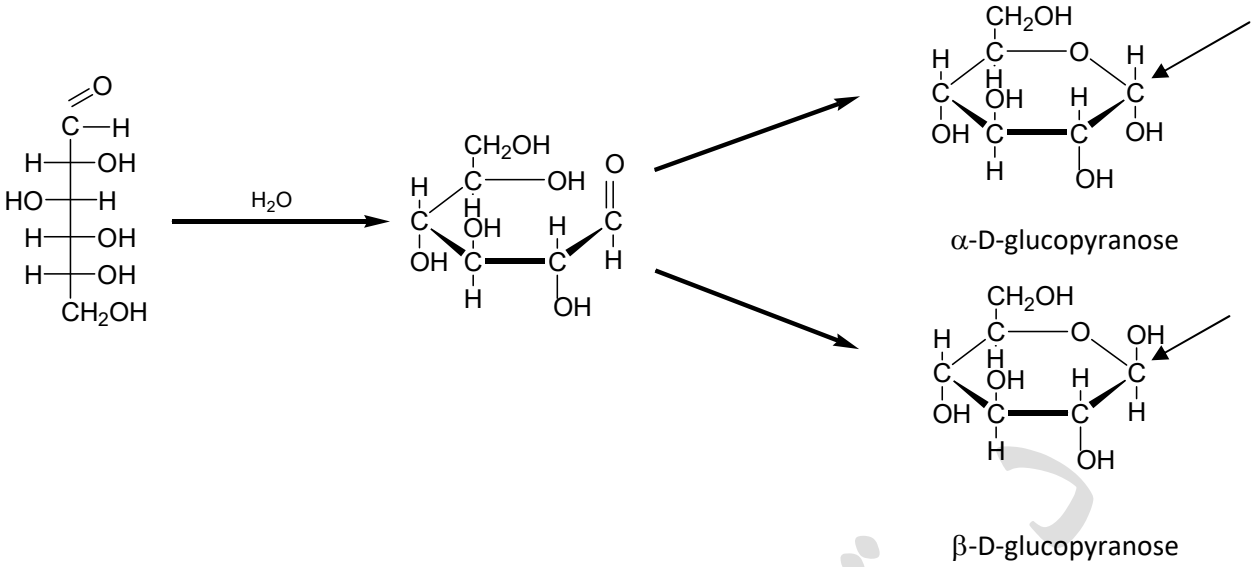


β-D-glucopyranos

تحول الدوران Mutarotation

عند أذابة α-D-كلوكوز في الماء فان التدوير البصري النوعي له يتغير تدريجيا مع الوقت حتى يصل الى قيمة ثابتة وهي 52.7° وعندما يذاب β-D- كلوكوز في الماء فأن التدوير البصري النوعي له يصل الى القيمة نفسها 52.7° أيضاً ويسمى هذا التحول بتحول الدوران الذي هو نتيجة خليط متوازن يكون ثلثه α-D-كلوكوز وثلثيه β-D-كلوكوز .

لقد أستنتج أن هذين الشكلين المتناظرين α وβ عبارة عن تراكيب حلقية ذات ست ذرات كاربون تكونت نتيجة تفاعل بين مجموعة C=O و OH المتصلة بذرة C الخامسة أذ يتكون مشتق يسمى هيمي أسيتال hemiacetal يحتوي على ذرة كاربون غير متماثلة أخرى جديدة.



ذرة الكاربون الأنوميرية:

هي متماثلات السكريات الحلقية التي تختلف عن بعضها في التوزيع الفضائي للمجاميع حول ذرة الكاربون هيمي أستيال hemiacetal أو هيمي كيتال hemiketal .

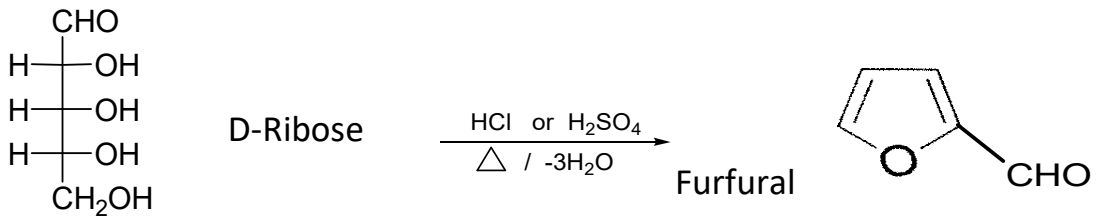
الصيغة البنائية للسكريات الأحادية:

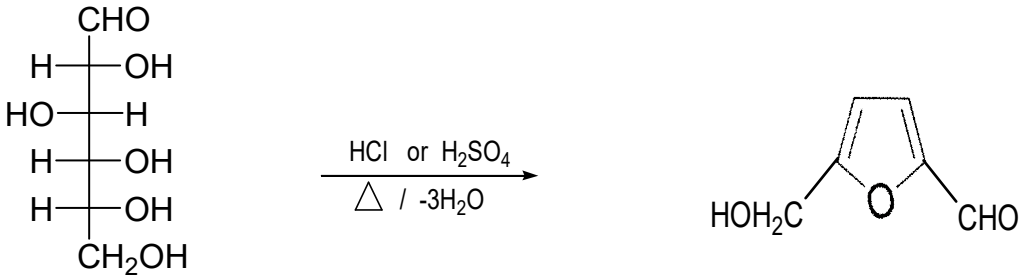
أستخدم العالم فشرFischer التراكيب ذات السلسلة المفتوحة للسكريات ولقد أثبتت الدراسات بأن هذه التراكيب تكون ملائمة بالنسبة للترايوز والتتروز ولكنها غير دقيقة للبنتوز والهكسوز وعليه فقد أقترح العالم هاورث Haworth الصيغة الأسقاطية والتي تتمثل بالأشكال الحلقية للسكريات (الخماسية والسداسية).

تفاعلات السكريات الأحادية:

١. التفاعلات اللاتميئية (فقدان الماء) Dehydration

أو تفاعلات السكريات مع الحوامض غير المؤكسدة (الحوامض المعدنية المركزة) مثل HCl أو H_2SO_4 فنعد تسخين السكريات الخماسية مع أحد الحوامض المركزة يتكون الفورفورال furfural وعند تسخين السكريات السداسية ينتج المركب 5- hydroxymethyl furfural نتيجة سحب ٣ جزيئات ماء في كلا الحالتين.





D-glucose

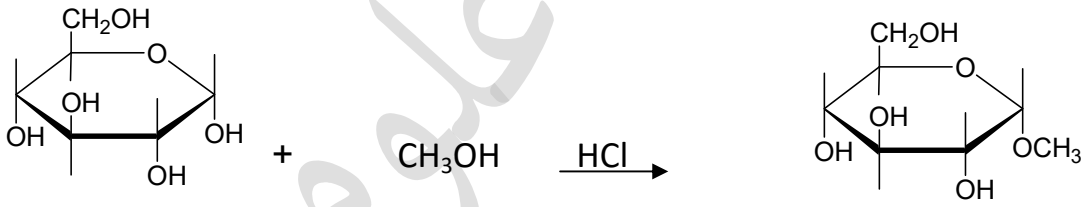
5-hydroxy methyl furfural

يعطي نفس التفاعل أعلاه D-fructose (6C)

ويعد هذا أساساً لكشف مولش Molish test وهو كشف عام للكاربوهيدرات.

٢. تكوين الكلايكوسيد أو الأسيتال Glycoside or acetal formation

عند معاملة السكريات الأحادية مع كحول في محلول حامضي، تنتج مركبات الكلايكوسيد وهذا يعود الى وجود السكر بشكل هيمي أسيتال أو هيمي كيتال الذي يتفاعل مع جزئ كحول ليعطي الكلايكوسيد أو الأسيتال .



α-D-glucopyranos

methyl α-D-glucopyranos

٣. تفاعلات التخمر Fermentation

التخمر عبارة عن تجزئة تحصل لبعض المركبات العضوية والكاربوهيدرات تتخمر بوساطة الأنزيمات التي تفرزها الكائنات الحية مع تحرير غاز CO_2 مع طاقة ATP وتتم بمعزل عن الهواء ، أو الأوكسجين لذلك تدعى بعملية التخمر اللاهوائي ، والتخمر يكون على نوعين :

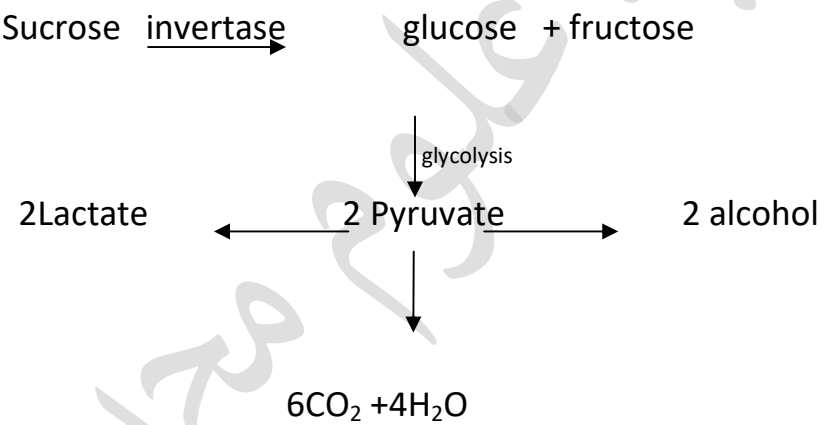
١. التحلل السكري Glycolysis
٢. التخمر الكحولي Alcohol fermentation

كلا الطريقتين تستعملان نفس الميكانيكية في حفظ الطاقة ولكن يختلفان في الخطوات النهائية.

$$\text{Glucose} + 2\text{ADP} + 2\text{Pi} \xrightarrow{\text{glycolysis}} 2\text{ Lactic acid} + 2\text{ATP} + 2H_2O$$

$$\text{Glucose} + 2\text{ADP} + 2\text{Pi} \xrightarrow[\text{fermentation}]{\text{alcohol}} 2\text{ ethanol} + 2\text{ATP} + 2H_2O + CO_2$$

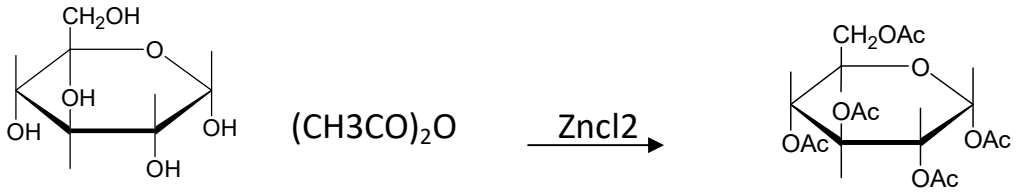
وفي حالة السكريات الثنائية مثل السكروز والمالتوز فأن الخطوة السابقة للتخمر هي عملية تحلل مائي تتم بوساطة أنزيمات مثل أنزيم الأنفرتيز Invertase يحول السكريات الثنائية الى أحادية ثم يتحول الكلوكوزالى حامض البايروفيك لتفاعلات عدة ومعقدة أما الفركتوز فلا يتخمر.



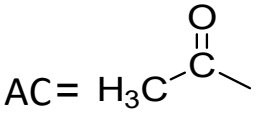
٤. تكوين الأستر Ester formation

تتفاعل السكريات الأحادية مع بعض الحوامض لتكوين أسترات مهمة وهي:

أ- التفاعل مع حامض الخليك اللامائي acetic anhydride أذ تتحول مجاميع الهيدروكسيل للسكر الى مجاميع الأستيل.

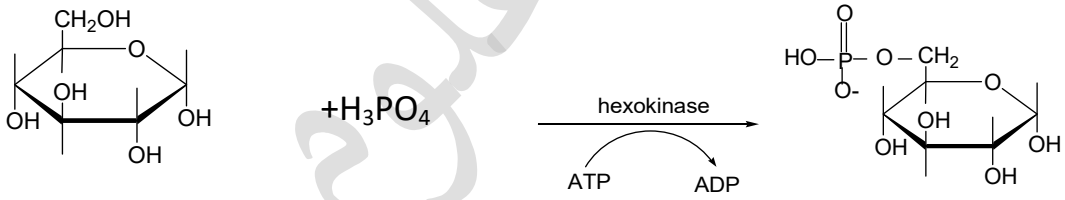


α-D-glucose acetic anhydride penta-O-acetyl-α-Dglucopyronse

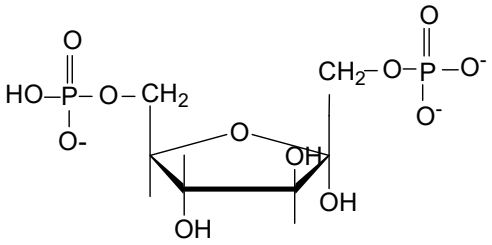


ب- التفاعل مع حامض الفسفوريك :

تتفاعل السكريات الأحادية مع حامض الفسفوريك لتعطي سكريات مفسفرة والتي تلعب دوراً مهماً في العمليات الأيضية للكابرهيدرات.



α-D-glucose α-D-glucose-6-phosphate

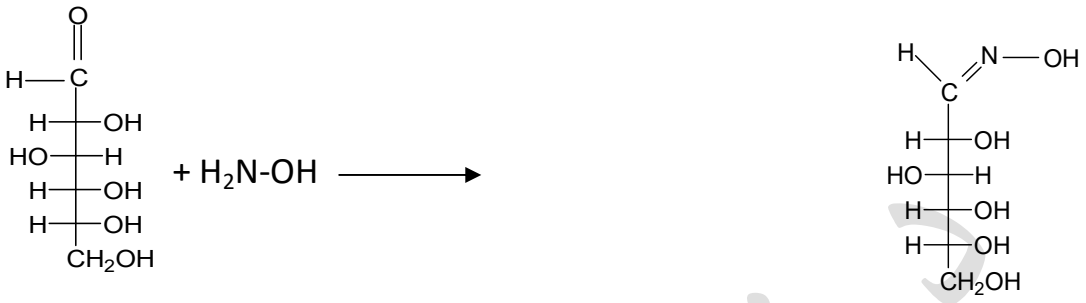


α-D-fructose-1,6-diphosphate

د. نهريد علوم محد

٥. التفاعل مع هيدروكسيل الأمين:

يندمج هيدروكسيل الأمين مع مجموعة الكاربونيل لتكوين الأوكسيم كما في الكلوكوز والفركتوز.

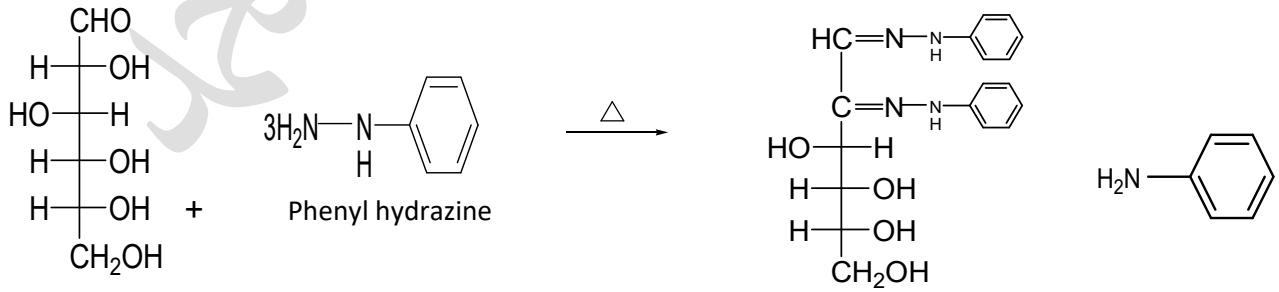


D-glucose

D-glucose oxime

٦. تفاعل تكوين الأوزازون Ozazone formation

تتفاعل السكريات الأحادية مع زيادة من مشتقات الهايدرازين (فنيل هايدرازن) $ph.NH_2NH_2$ لتعطي مركبات فينايل أوزازون الصفراء . هذه المركبات سهلة التبلور ، لها درجات أنصهار عالية ، وأشكال بلورية متميزة وتتكون كل منها بسرع محددة . أذ يستعمل هذا التفاعل للكشف عن نوعية السكر.



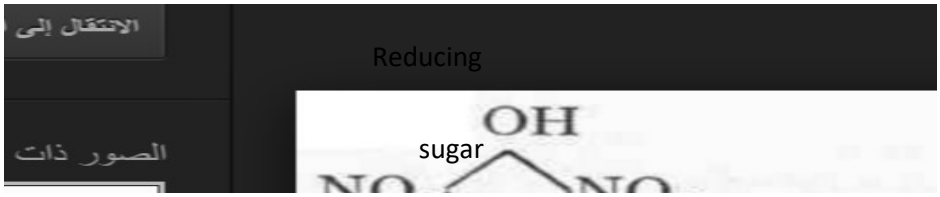
D-glucose

D-glucophenyl osazone
(yellow)

$+2H_2O +3NH_3$

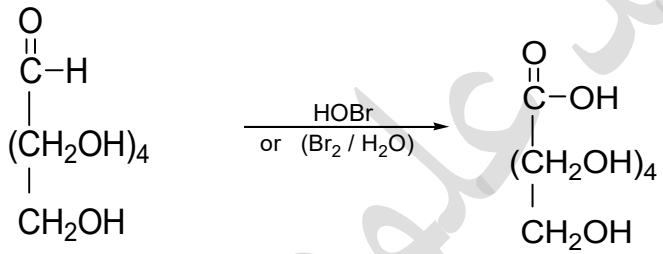
٧. **أختزال حامض البكريك Picric acid**

جميع السكريات المختزلة لها القابلية لأختزال حامض البكريك وتحويله الى حامض البكراميك (برتقالي اللون محمر).

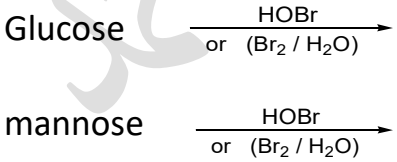


٨. **تأثير العوامل المؤكسدة :**

أ- **ماء البروم**: تتفاعل السكريات الأحادية مع ماء البروم (pH=6) لتعطي حوامض متعددة الهيدروكسيل أذ تتأكسد فقط مجموعة الكاربونيل ، فتسمى الحوامض الناتجة (aldonic acid). أما السكريات الكيتونية فأنها لاتتأثر تحت نفس الظروف ولاتتعرض السكريات الكيتونية للتحول أو السكر في المحاليل الحامضية المطلقة.



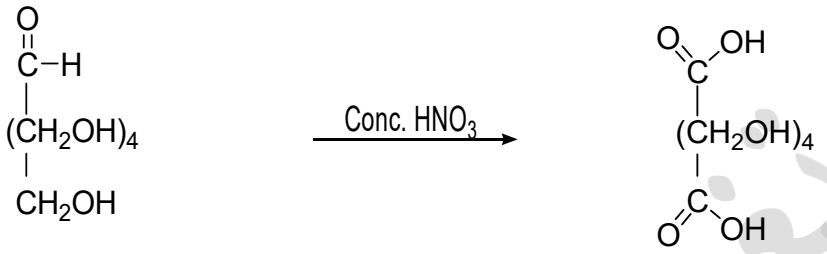
α- D- glucose Aldonic acid(gluconic acid)



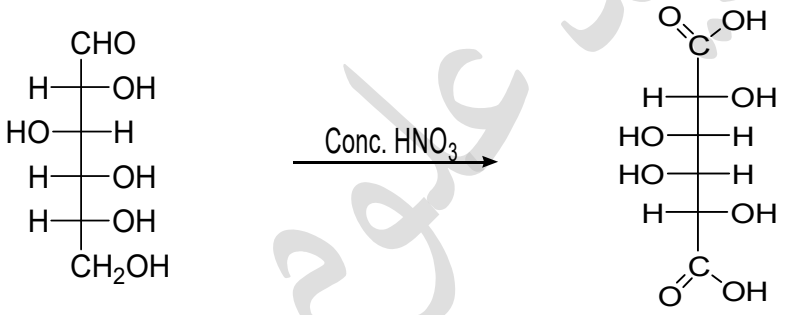
الألدوزات تتفاعل بسهولة مع ماء البروم في حين الكيتوزات تتفاعل بصعوبة وبالتالي يمكن التمييز بينهما بأستعمال ماء البروم وذلك لأن الكيتوزات تكون فيها مجموعة الكاربونيل محمية من الأكسدة.

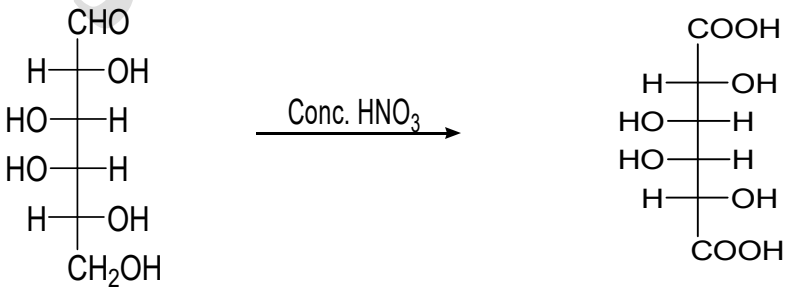
ب- حامض النتريك (HNO_3):

تتفاعل السكريات الأحادية مع عامل مؤكسد قوي مثل HNO_3 المركز لتعطي حوامض ثنائية الكاربوكسيل متعددة الهايدروكسيل هذه الحوامض تسمى (aldaric acid) أذ تتأكسد مجموعة الكاربونيل وكاربون الذرة الأخيرة للسكر الى مجاميع كاربوكسيلية.



aldose **aldaric acid**



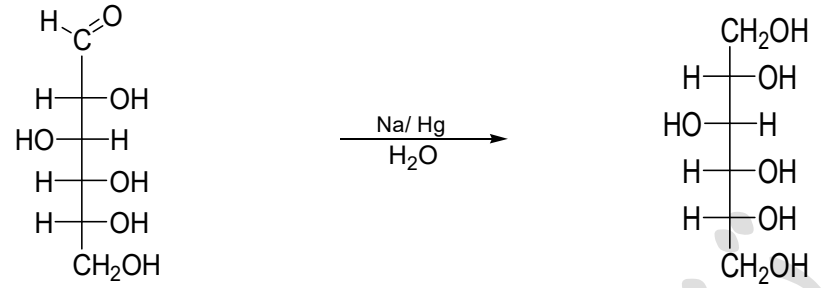


D-galactose D-galactaric acid

(D-mucic acid)

٩. تفاعلات الأختزال وتكوين السكريات الكحولية:

تختزل مجموعة الكاربونيل الحرة العائدة للسكريات الأحادية بوساطة الأنزيمات أو بوساطة غاز الهيدروجين وبوجود عامل مساعد معدني في الماء لتكون الكحولات السكرية.



D-glucose D-sorbitol

D-mannose $\xrightarrow[\text{or red.}]{\text{reduction}}$ D-mannitol

D-fructose $\xrightarrow[\text{or red.}]{\text{reduction}}$ D-sorbitol + mannitol

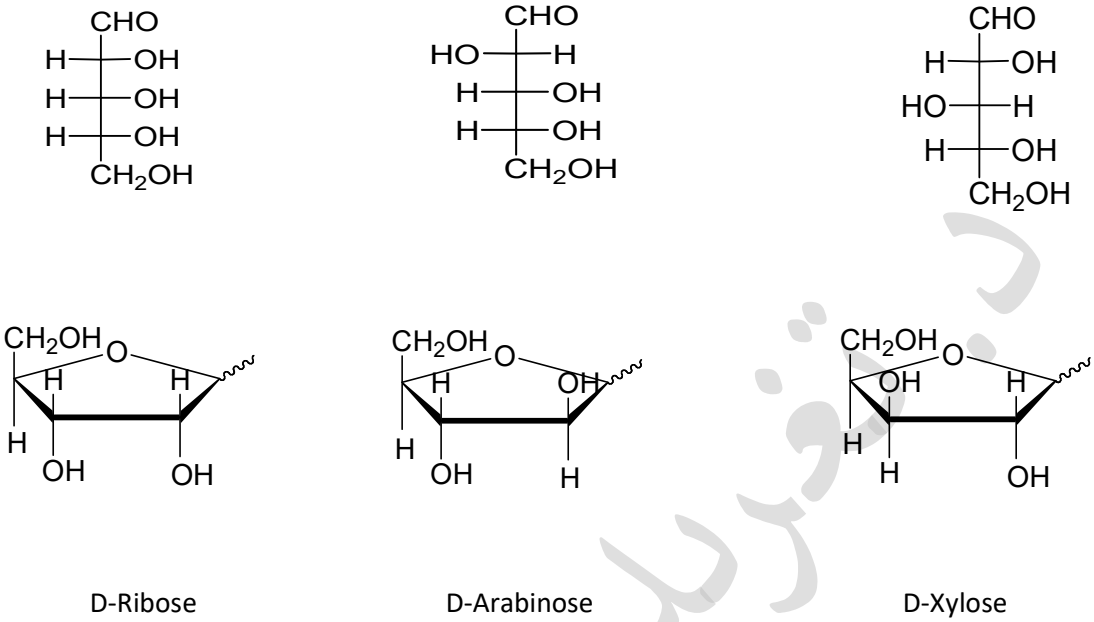
D-galactose $\xrightarrow[\text{or red.}]{\text{reduction}}$ D-galactitol

السكريات الأحادية Mono saccharides

هي أبسط أنواع السكريات وتدعى أحياناً السكريات البسيطة وتذوب في الماء ولها القابلية التنافذية ولاتتأثر بالأنزيمات المعدية ولها القابلية الأختزالية ويمكن تصنيف السكريات الأحادية طبقاً لعدد ذرات الكاربون الموجودة في جزئ من السكر الأحادي فالسكر الذي يحوي سلسلة مكونة من ثلاث ذرات كاربون يدعى triose والمكون من أربع ذرات كاربون أو خمس أو ست أو سبع يدعى على التتالي tetrose,pentose, hexose, heptose كما أن كلاً منها موجود بصيغة ألدوز وكيتوز.

د. نهريد علوم محد

ومن أهم السكريات الأحادية حياتياً هي الخماسية والسداسية. توجد السكريات الحماسية مثل D-أرابينوز في الصمغ العربي وفي جدران الخلايا النباتية كما يوجد D- زايلوز في الخشب وعرانيص الذرة كما يوجد D-لايزوز في العضلات القلبية.



D-Ribose D-Arabinose D-Xylose

السكريات السداسية Hexoses

هي السكريات الأحادية الأكثر أنتشاراً ولها أهمية غذائية وفسيولوجية مثل:

سكر الكلوكوز: هو سكر الدم والسائل الخلوي وتستخدمه الخلية كمصدر للطاقة نسبة الكلوكوز الطبيعية في الدم (٨٠-١٢٠)ملغم/ ١٠٠مل .

سكر الفركتوز:هو أكثر السكريات حلاوة في المذاق ويتحول في الكبد والأمعاء الى سكر الكلوكوز أذ يستفاد منه في الجسم في العمليات الحياتية ويوجد الفركتوز في عصير الفاكهة والعسل ويوجد في السائل المنوي ويعد مصدراً للطاقة في الحيامن.

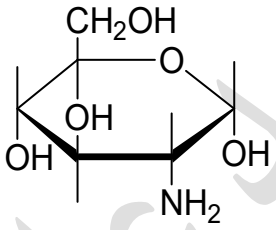
سكر الكالاكتوز: وهو من مكونات اللاكتوز (سكر الحليب) والسكريات الدهنية glycolipids والسكريات البروتينية الموجودة في الأنسجة المختلفة مثل الدماغ والأعصاب.

سكر المانوز: يدخل في تركيب السكريات البروتينية glycoproteins وينتج من تحلل الصموغ ومن تحلل السكر المتعدد مانان mannan.

السكريات الأمينية Amino sugars

تتكون السكريات الأمينية بأستبدال مجموعة OH الواقعة على ذرة الكاربون الثانية في الألدوهكسوز بمجموعة أمين. من السكريات الأمينية:

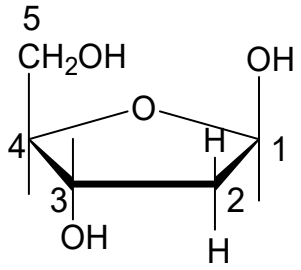
D كلوكوز أمين - D-glucoseamine الذي يدخل في تركيب متعدد السكر الكايتين Chitin الموجود في القشريات وكذلك يوجد في الهالورونك أسد والهيبارين ومجاميع الدم. كما أن السكريات الأمينية لاتعطي الصفة الأختزالية ولاتنتج الأوزازون.



α-D-glucose amine

سكريات الدي أوكسي Deoxy sugars وهي السكريات التي تكون فيها مجموعة الهيدروكسيل المعوضة في الحلقة فاقدة ذرة أوكسجين وتعد هذه السكريات مهمة جداً في التراكيب الحياتية مثل الحوامض النووية DNA على سبيل المثال:

١. الرايبوز منقوص الأوكسجين 2- deoxy-D- ribose يدخل في تركيب DNA وRNA سكريات الديوكسي لاتعطي الصفة الأختزالية ولابلورات الأوزازون.



2-deoxy-D-ribose

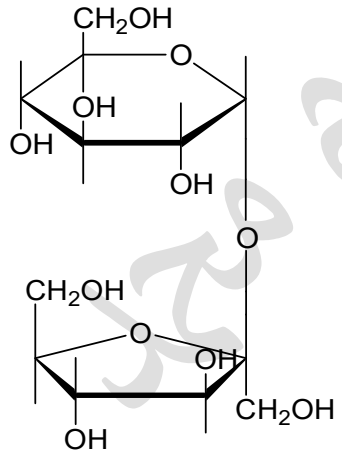
٢. فوكوزL- fucose وهو سكر كالاكتوز منقوص ذرة الأوكسجين عند ذرة الكاربون السادسة 6-deoxy-L-galactose يوجد في مجاميع الدم وبعض الكلايكوبروتينات وحليب الأنسان.
٣. رامنوزL-Rhamnose وهو عبارة عن 6-deoxy-L-mannose موجود في الصمغ النباتي وبعض المضادات الحيوية.

السكريات الثنائية Disacchrides

تتألف السكريات الثنائية من وحدتي سكر أحادي مرتبطة بوساطة آصرة كلايكوسيدية ، تختزل السكريات الثنائية محلول بندكت أذا كانت تملك مجموعة الديهايد أو كيتون حرة أي غير مقيدة بالأصرة الكلايكوسيدية ومن السكريات الثنائية الشائعة:

السكروز Sucrose

ويدعى بسكر القصب وهو موجود في جميع النباتات ويكثر وجوده في البنجر وقصب السكر ويتألف من وحدتي كلوكوز وفركتوزويلاحظ من التركيب الكيمياوي للسكروز أتصال الكلوكوز والفركتوز بين المجاميع المختزلة في ذرتي الكاربون الأولى والثانية الأنومريتين وبهذا تكون كل منهما مرتبطة وغير حرة لذلك لايمتلك السكروز قابلية الأختزال وليس له ظاهرة تحول الدوران ولايكون بلورات الأوزازون.

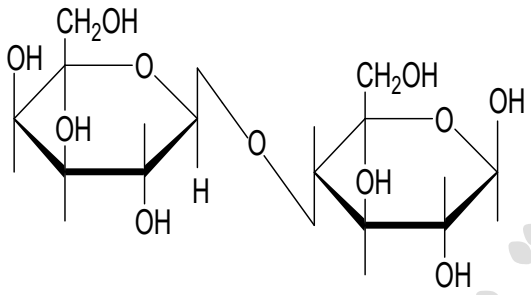


1-α-D-glucosyl-2-β-D-fructosides

α-D-glucopyranosyl-β-D-fructofuranosides (2-β-D-fructosyl-1-α-D-glucosides)

اللاكتوزLactose

يوجد في الحليب ويتألف من وحدتي سكر β-كالاكتوز وα-كلوكوز يرتبطان بآصرة كلايكوسيدية (β-1 ⟵ 4).

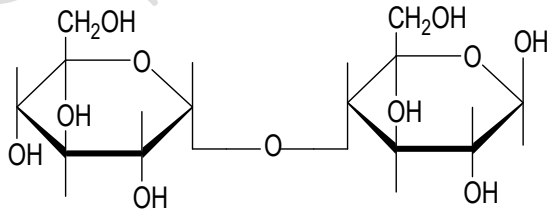


β-D-galactopyronaosyl-β-(1→4)-β-D-glucopyranoside (Lactose)

يتكون اللاكتوز في الغدد اللبنية الموجودة في الحيوان وذلك بأستعمال الكلوكوز الموجود في الدم. يختزل اللاكتوز محلول بندكت وذلك لأحتوائه مجموعة الديهايد كامنة (OH المتصلة بذرة الكاربون الأولى الأنوميرية) الموجودة في وحدة الكلوكوز.

المالتوزMaltose

يطلق عليه أسم سكر الشعير وذلك لكونه ينتج من تحلل النشا بتأثير أنزيمات موجودة في الشعير وينتج المالتوز من تحلل النشا أيضاً بتأثير فعل أنزيم الأمايليز amylase. يتكون المالتوز من وحدتي كلوكوز مرتبطتين معاً بالأصرة الكلايكوسيدية α-(1⟵4).



4D-glucosy-l-α-Dglucoside (β-maltose)

α-D-glucopyranosyl-(1→4)-D-glucopyranosides

وهنالك تركيب مماثل للمالتوز يدعى أيزومالتوز يختلف بأحتوائه على الأصرة الكلايكوسيدية α-1 ⟵ 6 التي هي في الأصل من أواصر α-1 ⟵ 6 الموجودة في النشا والكلايكوجين ويختزل المالتوز محلول بندكت.

السكريات الثلاثية Trisacchrides

سكر الرافينوز وهو موجود بكثرة في البنجر وفي كثير من النباتات الراقية وهو سكر غير مختزل . يتألف من كالاكتوز وكلوكوز وفركتوز.

السكريات المتعددة Poly saccharides

هي بوليمرات Polymers ناتجة عن ترابط نوع واحد من وحدات السكر الأحادي المتكرر أو أكثر بوساطة الآصرة الكلايكوسيدية مع حذف جزيئة ماء وعند التحلل الكامل للسكريات المتعددة بوساطة أحماض أو أنزيمات معينة تتولد سكريات أحادية أو مشتقاتها.

تقسم السكريات المتعددة الى نوعين:

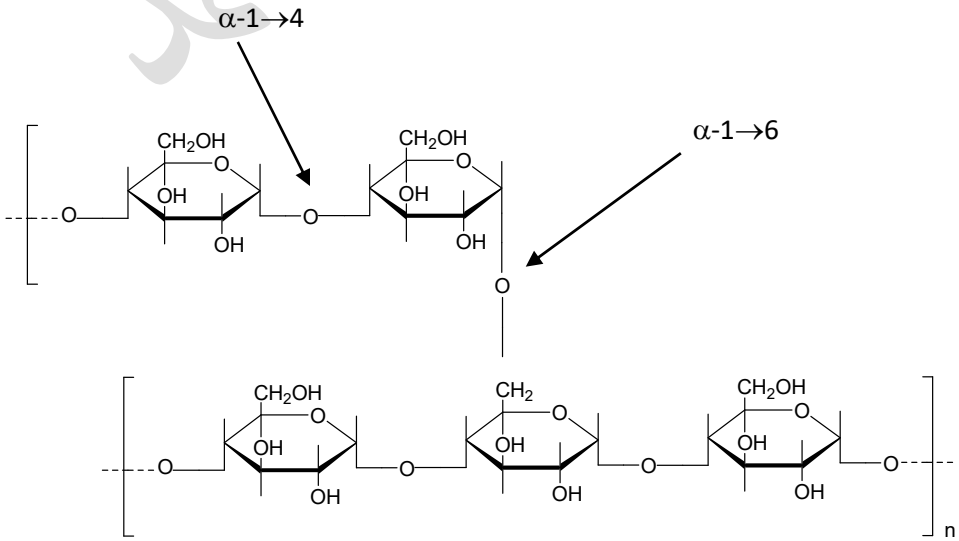
١. السكريات المتعددة المتجانسة Homopolysacchrides

وهي السكريات التي تحتوي على نوع واحد من الوحدات المتكررة عند تحللها مائياً ومن الأمثلة على ذلك:

أ- النشا Starch

يعد النشا خازناً للطاقة في النبات كما أنه مصدر غذائي مهم ويتألف النشا من نوعين من سلاسل متعدد السكريات وهما:

- الأميلوز Amylose ويؤلف نسبة ٢٠% من النشا وهو عبارة عن سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات الكلوكوز المرتبطة معاً عبر الأواصر (α-1 ⟵ 4) وتوجد بشكل حلزوني ويعطي الأميلوزاللون الأزرق- الحبري مع اليود عند مزجه في الماء. يترواح الوزن الجزيئي من بضعة الآف الى ٥٠٠٠٠ .
- الأمايلوبكتين Amylopectin ويشكل حوالي ٦٠% من النشا وهو سلسلة متفرعة تتألف من وحدات الكلوكوز التي ترتبط مع بعض عبر الأواصر (α-1⟵4) و (α-1⟵ 6) ويكون التفرع عبر الأواصر (α-1 ⟵6) ويترواح عدد وحدات الكلوكوز لكل تفرع بـ١٢ وحدة كما يحدث التفرع عند حوالي كل (٣٠-٢٤) وحدة كلوكوز ويترواح الوزن الجزيئي للأمايلوبكتين (١٠٠-١٠٠٠٠٠٠) أحياناً.



تركيب الأمايلوبكتين (يمثل سلسلة الكلوكوز المتفرعة في الأمايلوبكتين والكلايكوجين).

يتحلل النشا بتأثير الأنزيمات مثل amylase أو بتأثير الأحماض الى مجموعة من سلاسل الكلوكوز القصيرة أولاً ثم الى وحدات كلوكوز حرة.

Starch $\xrightarrow{\text{amylase}}$ Dextrins $\xrightarrow{\text{amylase}}$ Maltose $\xrightarrow{\text{amylase}}$ Glucose

ب- الكلايكوجين Glycogen

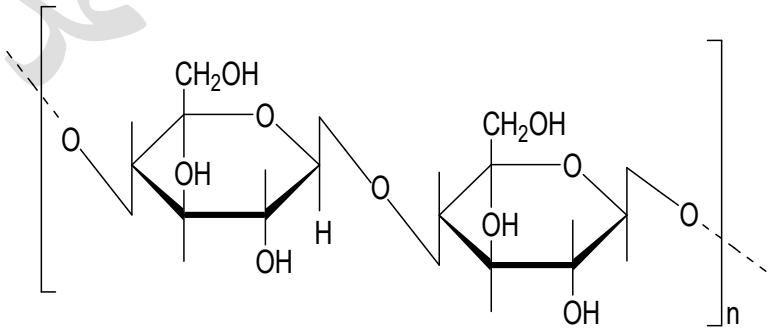
يعد الكلايكوجين متعدد السكر للكلوكوز وبالتالي فهو مخزن للطاقة في جسم الحيوان ، وهو موجود في الكبد والعضلات . كما يوجد في الذرة الحلوة ، الخمائر وبعض أنواع الفطريات . تركيب جزئ الكلايكوجين مشابه للأمايلوبكتين من حيث أمتلاكه سلاسل كلوكوز (1-α ⟵ 4) متفرعة بوساطة الأواصر (1-α ⟵ 6) غير أن الكلايكوجين أكثر تفرعاً وأقصر. تحدث التفرعات عند كل (٨-١٢) وحدة كلوكوز.

تتحلل الأواصر (1-α ⟵ 4) للكلايكوجين كغيرها من متعدد السكريات بوساطة أنزيم α-amylase الناتج من الغدد اللعـابية والبنكرياس . في حين تتحلل الأواصر (1-α ⟵ 6) بوساطة الأنزيم مزيل التفرع debranching enzyme والذي يدعى amylo-1 ⟶ glucosidase وهكذا بالفعل المتبادل لهذين الأنزيمين يكون الناتج النهائي للتحلل مزيج من المالتوز والكلوكوز . الوزن الجزيئي للكلايكوجين غالباً مايزيد على ٥٠٠٠٠٠٠ ويعطي الكلايكوجين مع محلول اليود لون أحمر – بنفسجي أو قهوائي أحمر غامق.

ج- السليلوزCellulose

يعد السليلوز المادة الأساسية المكونة للنبات فهو يكون على الأقل ٥٠% من تركيب جدار الخلية النباتية . أما شعيرات القطن فتحتوي على (٩٠-٩٨)% سليلوز.

ويتألف السليلوز من سلسلة مستقيمة من وحدات الكلوكوز المرتبطة مع بعض بالأواصر الكلايكوسيدية (1-β ⟵ 4) ويترواح الوزن الجزيئي للسليلوز(٢٥٠٠٠-٥٠٠٠٠) وترتبط سلاسل السليلوز مع بعض بوساطة أواصر هايدروجينية مستعرضة.



β-(1→4) Cellulose

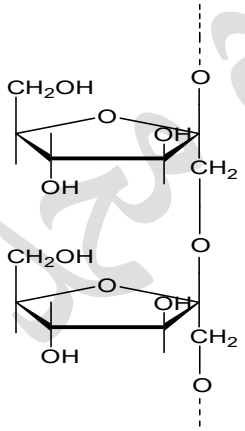
هناك نوع خاص من البكتريا تمتلك أنزيم Cellulase التي تعمل على شطر الأواصر الكلايكوسيدية (β-1 ⟵ 4) لينتج المالتوز والكلوكوز. تعتمد الحيوانات المجترة في هضم السليلوز على هذه البكتريا الموجودة في جهازها الهضمي. تحتوي الحشرات المختلفة والقواقع والفطريات والطحالب والعث على أنزيم Cellulase وهذا يفسر أكل العث قطع الملابس القطنية وتلف الأخشاب المصابة بالعفن.

د- دكسترين Dextrine

توجد مركبات الدكسترين في البذور النامية للحبوب . غير أنها تنتج أيضاً بوساطة التحلل الجزئي لمتعدد السكر (النشا والكلايكوجين) وغالباً ما تستعمل مركبات الدكسترين كمواد لاصقة تعطي مركبات أمايلودكسترين لون بنفسجي أو أزرق مع محلول اليود في حين يعطي أيريثرودكسترين لون أحمر. الدكسترين يشبه اللاكتوز في كونه يساعد على نمو بعض البكتريا النافعة في القناة الهضمية لذلك يستعمل بخلطه مع اللاكتوز كغذاء جيد لصحة الأمعاء.

ه- الأنيولين Inuline

هو متعدد سكر يتألف من وحدات D-فركتوز المرتبطة مع بعض عبر الأواصر الكلايكوسيدية (β-1 ⟵ 2) ويمكن أن يطلق عليه فركتوزان fructosan وهو من السكريات المتعددة الخازنة للطاقة ويذوب في الماء الدافئ ، لهذا يستعمل فسلجياً في تحديد سرعة الترشيح في الكلية أذ أن طرح الأنيولين في الأدرار يعود فقط الى الترشيح الكلوي . لايستعمل كغذاء أذ أنه لايهضم ولايتأثر بأي من أنزيمات الجهاز الهضمي.



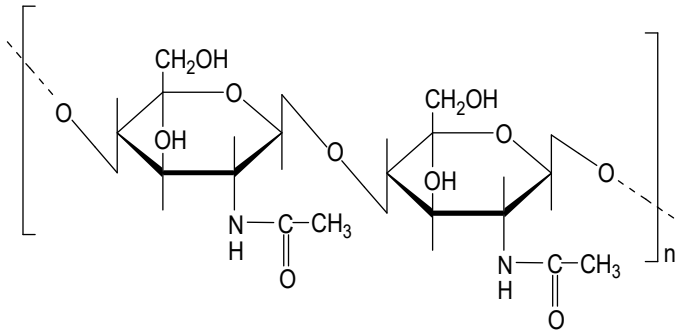
Inulin

β-(1→2)

و- الكايتين Chitin

هو متعدد سكر يحتوي على وحدات متكررة من N-acetyl-D- glucosamine مرتبطة معاً عبر الأواصر (β-1⟵ 4) الكلايكوسيدية وتعد الهياكل الخارجية للحشرات مكونة

من مادة الكايتين ذات القوام الصلب لحماية الحشرات من المؤثرات الخارجية. ويعد أيضاً من المكونات المهمة لعدسة العين ، بطانة الجهاز الهضمي وقنوات التنفس.



Chitin β-(1→4)

٢. السكريات المتعددة غير المتجانسة Heteropolysacchride

وهي السكريات المتعددة التي تحتوي على نوعين أو أكثر من وحدات السكر المتعدد. من الأمثلة على ذلك:

أ- الصمغ النباتي Vegetable gum
ب- الهلام النباتي Vegetable mucilage
ج- أنصاف السليلوز Hemi cellulose
د- البكتين Pectin

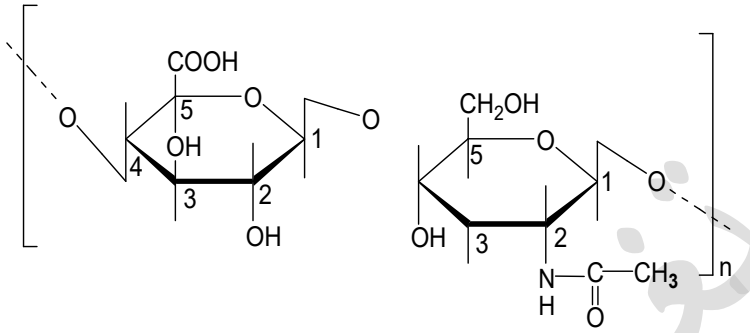
هو حامض البكتيك Pectic acid هو متعدد سكر غير متجانس يتواجد مع السليلوز ويتألف من وحدات حامض مثيل D- كالاكتويورونك -α) (methyl D-galacturonic acid) كما يوجد البكتين في عصير الحمضيات ، التفاح ، الجزر، البنجر.

ه- متعدد السكريات المخاطية Mucopoly saccharides

هو من السكريات المهمة للأنسان والحيوان لأنها تدخل في تكوين الأنسجة الرابطة والسوائل المفصلية والزجاجية في العين والمادة مـــا بين الخلايا والأنسجة وقد تكون مرتبطة مع بعض البروتينات فتدعى بالبروتينات المخاطية وهي على أنواع:

١. حامض الهالورونك Hyaluronic acid

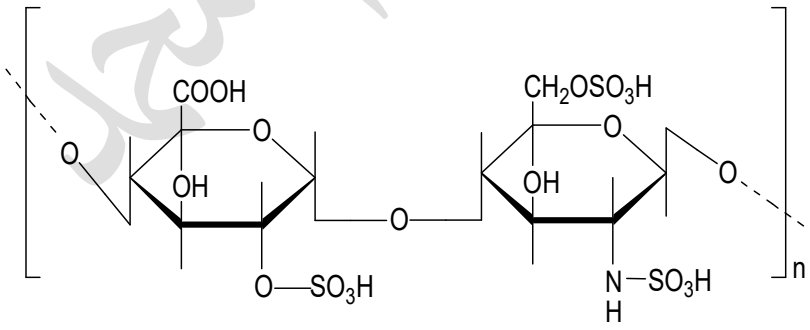
الذي يتألف من وحدتي سكر متكررة ، وهما وحدة حامض glucouronic acidالمرتبطة مع وحـــــدة N-acetyl glucose amine عبر الأصـــــرة (β-1⟵ 3) ، يكون حامض الهالورونك ذا لزوجة عالية بسبب وزنه الجزيئي العالي الذي يقدر بالملايين ، يعمل كمادة لاصقة (كالأسمنت) مابين الخلايا في الأنسجة الرابطة.



β-(1→3)

٢. **الهيبارين Heparin**

هو متعدد سكر مخاطي حامضي يحوي مجموعات كبريتات ويوجد عادة في معظم الخلايا ويعمل كمادة مضادة لتخثر الدم. ويتألف من وحدتي سكر متكررة هما glucouronic acid-2-sulphate و glucose amine-6-sulphate-2-N sulphate المرتبطتين عبر الأصرة (α-1⟵4) .



Glucouronic acid-2-sulphate glucoseamine-6-sulphate-2-N-sulphate

Heparin (α1→4)

٣)كبريتـات كونـدرويتين Chondroitin Sulphate : يوجـد فـي الغضـاريف والأنسـجة الرابطة.

٤)حامض السيالك Sialic acid: يوجد في مجاميع الدم.

د. تغريد علوم محد