الكربوهيدرات

تتكون الكربوهيدرات من كاربون وهيدروجين وأوكسجين تكون فيها نسبة الهيدروجين إلى الأكسجين 1:2 مثال الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$.وبالرغم من استقرار هذه العلاقة لمعظم المركبات الكاربوهيدراتية، إلا إن بعضها لا يظهر هذه النسبة و بعضها يحتوي أيضا على عناصر أخرى كالنتروجين والكبريت.

تعتبر الكربوهيدرات من أكثر المركبات العضوية الموجودة في النباتات والحيوانات انتشاراً فمنها الكلوكوز، سكر القصب، السليلوز، النشا، الكلايكوجين .ولها أهمية صناعية كونها مواد أولية في صناعة الورق كالسليلوز والمنسوجات كالقطن بالإضافة إلى أهميتها في الصناعات الغذائية والطبية وبناء جسم الكائن الحي.

الكاربوهيدرات عبارة عن الديهايدات متعددة الهيدروكسيل أو كيتونات متعددة الهيدروكسيل أو مواد تعطي مثل هذه المركبات عند تحللها المائي.

المصدر الرئيسي للكاربوهيدرات هوالنباتات الخضراء فهي قادرة على تكوين السكريات بعملية البناء الضوئي.

أهمية الكاربوهيدرات الفيسيولوجية

1.تعمل كمصدر للطاقة في الخلية الحية.

2-تعمل كوحدات تركيبية لجدار و غشاء الخلية.

3-تعمل كمكونات خلوية ضرورية لعمل ونمو الخلية.

4-تدخل في تركيب الأحماض النووية.

5-تكون أحماض أمينية غير أساسية (أي تصنع أحماض أمينية يحتاجها الجسم و لا تكون متوفرة في الغذاء) و ذلك عن طريق إضافة مجموعة أمين للحامض الكيتوني.

6-تكون الكلايكوجين الموجود في الكبد و العضلات و الذي يستخدم لإنتاج الطاقة عند الحاجة.

7-الفائض منها يعمل على تكوين دهن الجسم و الذي بدوره يستخدم لإنتاج الطاقة.

أصناف الكاربوهيدرات

تصنف الكاربوهيدرات إلى ثلاثة أصناف هي: Monosaccharides(السكريات الأحادية) و Oligosaccharides (السكريات قليلة الوحدات) و Polysaccharides(سكريات متعددة).

السكريات الأحادية

تسمى أيظا السكريات البسيطة والتي تتألف من وحدة سكر واحدة ويطلق عليها .Mono saccharides.

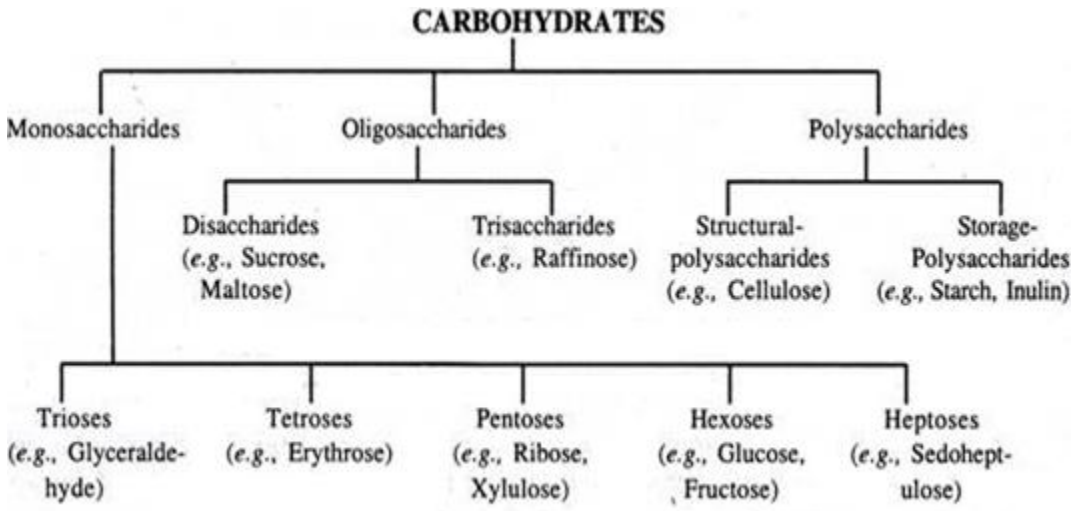
من أكثر السكريات الأحادية وفرة هو سكر الكلوكوز وهو سكر سداسي الكاربون و يعتبر أهم جزيء ينتج الطاقة في معظم الكائنات الحية. ويستخدم الكلوكوز أيضا كلبنة بناء لبعض أنواع السكريات المتعددة المتوفرة بكثرة كالنشا والسليلوز .مثال آخر الكالاكتوز والمانوز والفركتوز والرايبوز.

السكريات القليلة الوحدات

تتكون هذه السكريات من 2-10 وحدة سكر مرتبطة مع بغضها ويطلق عليه ب oligosaccharides المرتبطة مع بعضها بالاواصر الكلايكوسيدية. مثل السكروز والمالتوز واللاكتوز والرافينوز (كلوكوز+فركتوز+كالاكتوز).

السكريات المتعددة

تتألف من وحدات سكر حادي متكررة وأكثر من 10 وحدات مرتبطة مع بعضها وربما تكون هذه السلاسل مستقيمة أو متفرعة كالنشا والسليولوزوالكلايكوجين. كما في الجدول:



Classification of the Carbohydrates

أصناف السكريات الأحادية

يمكن تصنيف السكريات الاحادية كما يأتي:

1-حسب عدد ذرات الكاربون في الجزيئة

Triose, Tetrose, Pentose, Hexose, Heptose (سباعي سداسي خماسي رباعي ثلاثي)

2-حسب نوع المجموعة الفعالة (الديهايدي ,كيتوني)

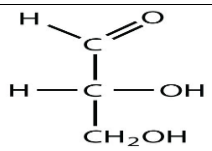
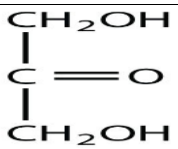
(Aldo Triose, Aldo Tetrose, Aldo Pentose Aldo Hexose)

(Keto Triose, Keto Tetrose, Keto Pentose, Keto Hexose)

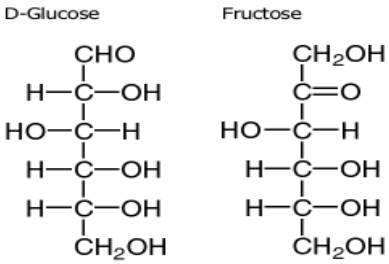
Number of Carbons	General term	Aldehyde	Ketone
3	Triose	Aldotriose	Ketotriose
4	Tetrose	Aldotetrose	Ketotetrose
5	Pentose	Aldopentose	Ketopentose
6	Hexose	Aldohexose	Ketohexose
7	Heptose	Aldoheptose	Ketoheptose

السكريات الالدوزية والسكريات الكيتوزية

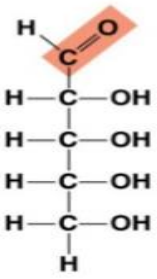
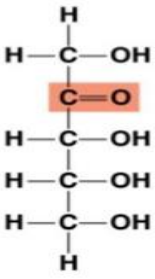
يكون السكر الأحادي ألدهيدي النوع يسمى ألدوز (Aldose)عندما يحتوي في تركيبه مجموعة كاربونيل طرفية مثال الكليسرالدهيد ويعتبر من أبسط السكريات الألدهايدية (الأحادية ثلاثية الكربون. أو يكون كيتوني النوع (Ketose)عندما يحتوي في تركيبه على مجموعة كاربونيل غير طرفية مثال ثنائي هيدروكسي الأسيتون ويعتبر من أبسط السكريات الكيتونية (الأحادية ثلاثية الكربون).

 Glyceraldehyde	 Dihydroxyacetone

الكلوكوز و الفركتوز سكريات أحادية سداسية لهما نفس عدد ذرات الكاربون والهيدروجين والاوكسجين أي أنهما يحتويان على الصيغة الجزيئي $C_6H_{12}O_6$ إلا أن المجموعة الوظيفية في الكلوكوز هي الألدهايد و في الفركتوز هي الكيتون.



والرايبوز سكر الألدهايدي والرايبولوز سكر كيتوني وكلاهما سكريات أحادية خماسية الكاربون بالصيغة الجزيئية ($C_5H_{10}O_5$).

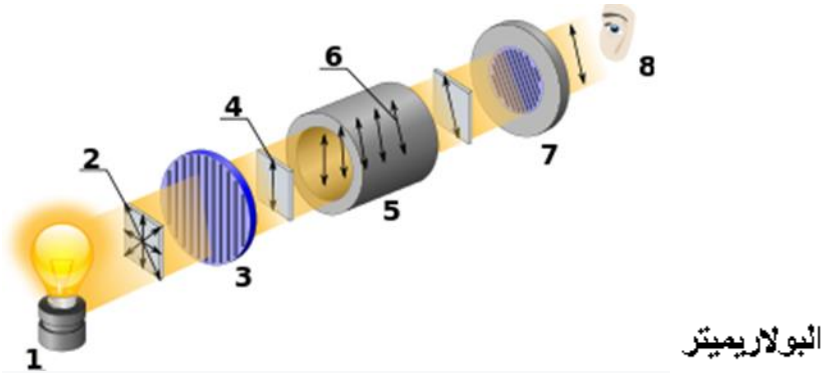
Aldose (Aldehyde Sugar)	Ketose (Ketone Sugar)
Pentoses: 5-carbon sugars ($C_5H_{10}O_5$)	
 Ribose	 Ribulose

الفعـــــالية البصرية للسكريـــات

إذا احتوى مركب على ذرة كاربون كيرالية واحدة أو أكثر(وتسمى كذلك غير متناظرة أو غير متماثلة)، فالمركب يكون فعال بصرياً(optically active) و هذا هو الحال في السكريات الأحادية والأحماض الأمينية ، وعليه فعندما تمر حزمة لضوء مستقطب من جهاز مقياس الاستقطاب Polarimeter على محلول مركب يحتوي على ذرة كاربون كيرالية واحدة أو أكثر ، فإن مستوى شعاع الضوء المستقطب إما يدور يمينا (مع اتجاه عقرب الساعة) فيكون المركب أيمن الدوران ويعطى الرمز dأو(+)(dextro) أو ان يدور الى اليسار(عكس اتجاه عقرب الساعة) فيكون المركب أيسر الدوران ويعطى الرمز l أو (-) (levo) . وتقاس زاوية الدوران بواسطة جهز المقطاب.

مثال: سكر الكلوكوز الطبيعي يكون يمين التدوير بدرجة $+52.7^{O} = [\alpha]_D^{30}$

والفركتوز الطبيعي يكون يساري التدوير بدرجة $-92.4^{O} = [\alpha]_D^{30}$



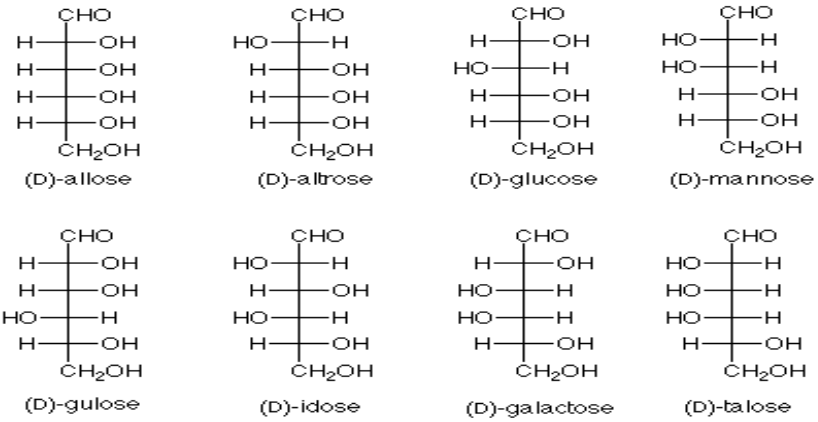
Operating principle of an polarimeter for measuring optical rotation. 1. Light source 2. Unpolarized light 3. Linear polarizer 4. Linearly polarized light 5. Sample tube containing molecules under study 6. Optical rotation due to molecules 7. Rotatable linear analyzer 8. Detector

التماثل المجسامي للسكريات

ان المركبات التي تمتلك صيغة تركيبية واحدة ولكنها تختلف عن بعض في التوزيع الفضائي للذرات تسمى بالمتماثلات المجسامية (stereoisomers) وان وجود ذرة كاربون كيرالية في مركب ما تؤدي الى تواجد ذلك المركب بشكل متماثلات مجسامية. كما ان عدد المتماثلات المجسامية لمركب ما يعتمد على عدد ذرات الكاربون الكيرالية لذلك المركب ويحدد بالعلاقة الآتية:

عدد المتماثلات المجسامية لمركب = 2^n (n = عدد ذرات الكربون الكيرالية)

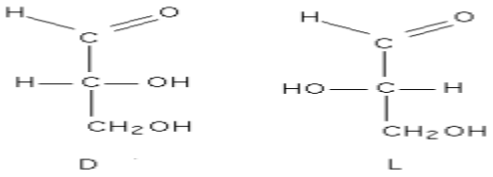
مثال: عدد المتماثلات المجسامية للكلوكوز= 2^4= 16 متماثل مجسامي ويكون الكلوكوز أحدهم وكالاتي:



هذه ثمان متماثلات ومثلها من نوع L. والمجموع يكون 16 متماثل مجسامي

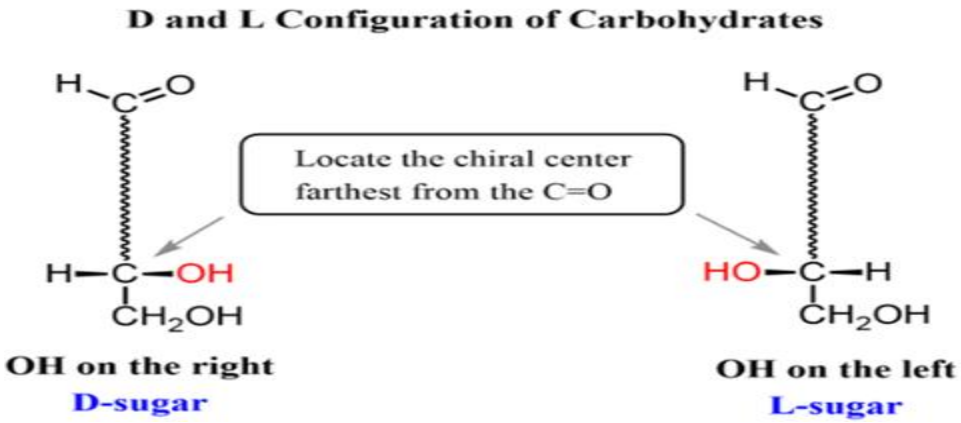
الصيغ التركيبية للمتماثلات المجسامية

ان الصيغ (+) و(-) تشير الى المتماثلات البصرية في المركب فقط ولكنها لاتشير الى طبيعة الشكل المجسامي للمركب. ان طبيعة الشكل الفضائي للكربوهيدرات يمكن تعيينها اعتماداً على السكر البسيط الكليسيرالديهايد، هو سكر أحادي ثلاثي ألدهايدي ويعتبر أبسط السكريات الألديهايدية ولديه ذرة كاربون واحدة فقط كيرالية غير متناظرة أو غير متماثلة هي (ذرة الكربون رقم 2)، لذلك فهو موجود على هيئة أيزومرين مجساميين مختلفين في التركيب الفراغي و لكن لهما نفس الصيغة الكيميائية، Stereo Isomers هما :D - كليسرالدهيد و L - كليسرالدهيد.

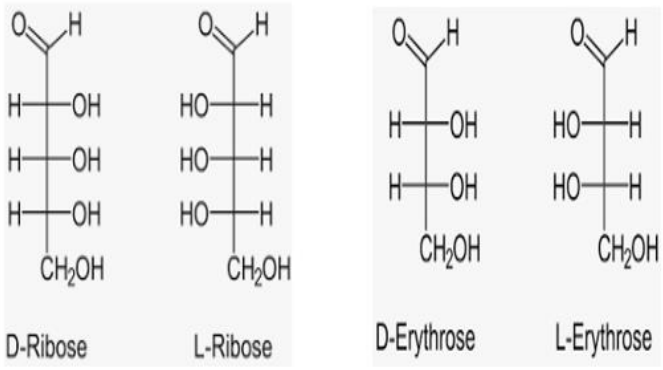


أما بالنسبة للسكريات المحتوية على ذرتين أو أكثر من ذرات الكاربون غيرالمتماثلة فإنه بالإتفاق العام المعتمد بأن تعود الرموز L و D إلى ذرة الكربون الكيرالية الأبعد مسافة أو إزاحة عن ذرة كاربون الكاربونيل.

1. فإذا كانت مجموعة الهيدروكسيل على يمين ذرة الكاربون الكيرالية الأبعد عن مجموعة الكاربونيل يسمى هذا الشكل بالنظير D (D-isomer).
2. أما إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل على يسار ذرة الكاربون الكيرالية عن مجموعة الكاربونيل يسمى هذا الشكل بالنظيرL (L-isomer).



مثال على ذلك:

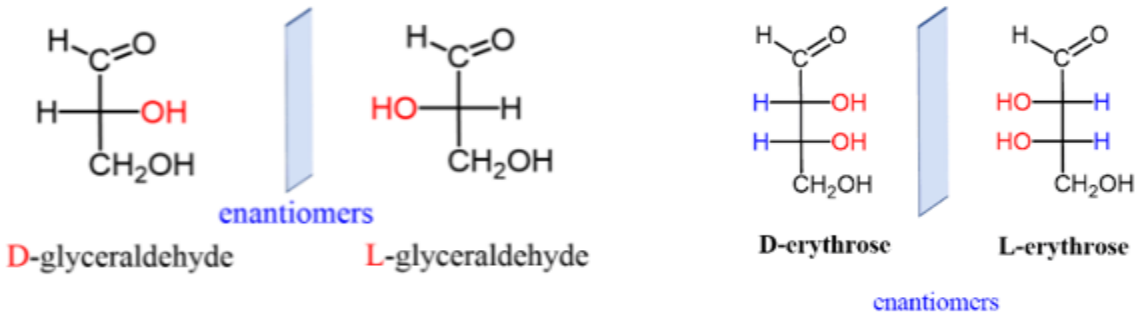


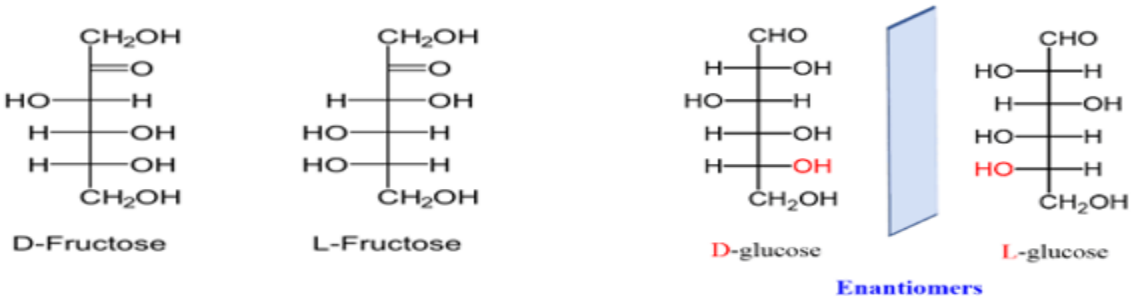
ان سكر معين في المجموعة D أو L لا يشير الى طبيعة الفعالية البصرية لذلك المركب وانما الى الطبيعة الفراغية فقط، فبعض السكريات لها تركيب فضائي D ولها فعالية بصرية (-) في الوقت نفسه.

ان المتماثلات المجسامية التي يكون أحدها صورة مرآة الأخر تسمى متماثلات صورية (enantiomers)، وان المزيج الذي يحتوي على كميات متساوية من المتماثلات الصورية يعرف بالمزيج الراسيمي (racemic mixture) وهذا المزيج ليس له فعالية بصرية.

وتحسب عدد المتماثلات الصورية لأي مركب = 2^{n-1}

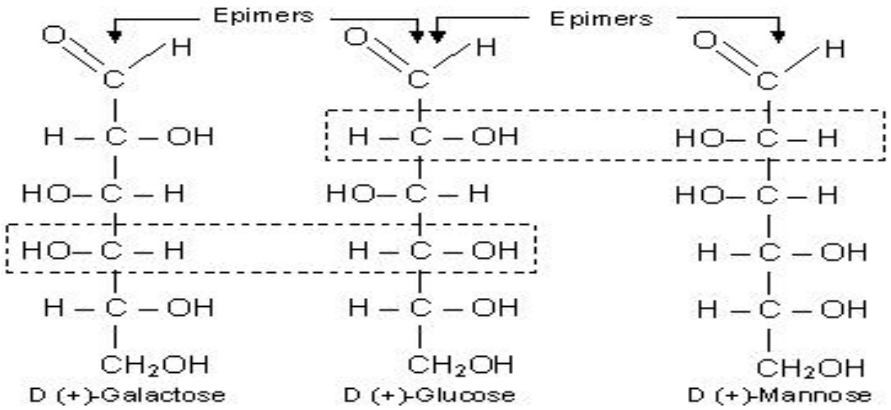
مثل D و L كلوكوز. و D و L فركتوز





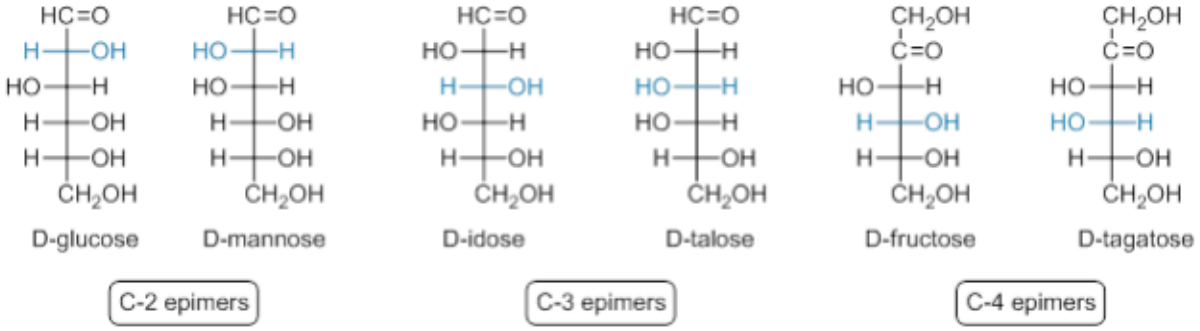
الابيمرات Epimers

اذا كان هناك جزيئتي سكر متشابهين بكل شيء بما فيها بالصيغة الجزيئية و الصيغة التركيبية ويحتويان على أكثر من ذرة كاربون كيرالية ولكن يختلفان بالترتيب الفراغي حول ذرة كربون واحدة فقط فيسميان Epimers مثال D- مانوز و D – كلوكوز(يختلفان بالترتيب الفراغي حول ذرة الكربون رقم (2) أو D – كالاكتوز وD- كلوكوز (يختلفان بالترتيب الفراغي حول ذرة الكربون رقم 4).



نلاحظ من تركيب السكريات السداسية أعلاه – أن السكرين الكلوكوزوالمانوز مختلفان في اتجاه مجموعةOH حول ذرة كاربون رقم 2 فقط. وفي هذه الحالة يعتبران Epimers. وكذلك الحال للعلاقة بينD-Glucose، D-Galactoseبخصوص الاختلاف في اتجاه مجموعةOH حول ذرة كاربون رقم 4 فقط. وفي هذه الحالة يعتبران Epimers أيضا.ولا تعتبر جزيئتا D-Galactose وD-Mannose من نوع Epimers.

مثال آخر:



سؤال: حدد الابيمرات من بين المركبات الكيتوهكسوزية الآتية: