الجامعة : جامعة تكريت

الكلية : كلية التربية للبنات

القسم :الكيمياء

المرحلة: الثالثة

المادة : كيمياء حياتية

عنوان المحاضرة: الكربوهيدرات

اسم االتدريسي : ا. د. اسماء هاشم شاكر

الايميل الجامعي للتدريسي: dr.asmaa@tu.edu.iq

السنة الدراسية: 2024/2023

الكربوهيدرات Carbohydrates

عرفت الكربوهيدرات في الطبيعة منذ عهد بعيد, وهي مواد معقدة البناء شـــائعة الانتشـــار في النباتات والحيوانات, حيث تؤلف حوالي 70% من الوزن الجاف للنبات. ومن أهم المواد الكربوهيدراتية الســـيليولوز, ويوجد في جميع النباتات بنسـب متفاوتة, وسـكر القصـب, ويوجد في قصـب السـكر والبنجر والفواكه, والنشـا ويوجد في حبوب القمح والذرة والأرز, ودرنات البطاطس والبطاطا, وســكر الفواكه (الفركتوز) وســكر العنب (الجلوكوز), ويوجدان في الفواكه.

أما في الحيوان فينحصـر وجود الكربوهيدرات في الدمّ على هيئة جلوكوز "سـكر الدم", وفي الحليب على هيئة لاكتوز"سـكر اللبن" وفي الكبد والعضـلات على هيئة جلايكوجين " نشـا حيواني ". هذا بالإضـافة إلى سـكر الرايبوز, وسكر الرايبوز منقوص الأكسجين, اللذان يدخلان في تركيب الكثير من المركبات الحيوية بالجسم , مثل الأحماض النووية وكذلك الكيتين وهو مادة تكوّن الجدار الخارجي للمفصليات أو الحشرات, والقشريات.

وبجانب الكربوهيدرات التي توجد في الطبيعة, فقد أمكن تحضير الكثير من الكربوهيدرات في المختبر.

وتعتبر الكربوهيدرات مواد خام أولية لكثيرمن الصـــناعات, مثل صـــناعة الأنســـجة, والحرير الصـــناعي, والبيروكسـيلين (نيترات السـيليلوز), ويسـتخدم محلوله في المذيبات العضـوية في صـناعة بعض اللدائن وفي صـناعة البويات سـريعة الجفاف, ومواد خام للدائن والأفلام والورق والمفرقعات, كما تسـتخدم الكربوهيدرات في تحضـــير حامض الأكزاليك والكحول وغيرها . كما أن لها أهمية كمواد غذائية , لأنها تقوم بأدوار مهمة في الكائنات الحية وأهمها :

1- تعتبر مصدراً لطاقة خلال احتراقها.
2- تعتبر مصدراً للكربون في عملية تكوين المكونات الخلوية الأخرى.
3- تعتبر مخزناً كبيراً للطاقة الكيميائية .
4- تعتبر كعناصر بنائية للخلايا والأنسجة.
5- يمنع السيليولوز – والذي يعتبر من السكريات العديدة – حدوث الإمساك .
6- يمنع الهيبارين وهو من السكريات العديدة, ومادة طبيعية تخثر الدم .

بالإضـــافة لما ذكر , فإن للكربوهيدرات صـــلة بكثير من جوانب حياتنا اليومية , فالورق الذي طبع عليه هذا الكتاب, مكوّن من السيليلوز بصورة رئيسية, ومثله في ذلك القطن الذي في أراديتنا , والخشب الذي في بيوتنا, والدقيق الذي نأكله مكون من النشـــا بشـــكل رئيســـي, ومثل ذلك, بعض الأطعمة الأخرى كالبطاطا والأرز والبقوليات والذرة كلها تحتوي على نسبة من الكربوهيدرات.

هذا , ويمكن تعريف الكربوهيدرات , على أنها ألدهيدات عديدة الهيدروكسيل أو كيتونات عديدة الهيدروكسيل, أو مركبات تعطي هذه عند التحلل المائي.

أما الاسم المعروفة به هذه المركبات, كربوهيدرات, وتعني مائيات الكربون , فيرجع إلى أنها تشتمل على الهيدروجين والأكسجين بنفس نسبة وجودهما في الماء. وللكربوهيدرات صيغة عامة هي:-

$$C_y(H_2O)_x \text{ or } C_x(H_2O)_x$$

وهذا لا يعني أن الأكسجين والهيدروجين موجودان في الجزيء على هيئة جزئيات ماء . إلاّ أنّه توجد بعض الكربوهيدرات مثل الرامنوز (Rhamnose) التي لا تتفق صيغتها الجزئية ($C_6H_{12}O_5$) مع الصيغة العامة, كما أن هناك مواد لها الصيغة العامة المشار إليها, إلا أنها ليست كربوهيدرات , مثل الفورمالدهيد (CH_2O) , وحامض أستيك ($C_2H_4O_2$) وغيرهما الكثير.

بالإضافة إلى ذلك هناك بعض الكربوهيدرات التي تحتوي بالإضافة إلى عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين الرئيسية, عناصر أخري, مثل النيتروجين , والفوسفور والكبريت.

تصنيف الكربوهيدرات :

تصنف الكربوهيدرات تبعاً لنواتج تحلّلها المائى إلى ثلاثة أصناف رئيسية هي :

أ – السكريات الأحادية Monosaccharides :-

وهي سكريات بسيطة لا تتحّلل إلى مواد أبسط منها , ويحتوي الجزيء فيها عادة على ثلاث إلى ثماني ذرات كربون, وأهم أنواعها, السكريات الخماسية, وتعرف بالبنتوزات (Pentoses), وصيغتها الجزئية $C_5H_{10}O_5$, مثل سكر الرايبوز, والأرابينوز, والسداسية , وتعرف بالهكسوزات,Hexoses, وصيغتها الجزئية $C_6H_{12}O_6$, ومن أمتلثها الهامة الجلوكوز (سكر العنب) والفركتوز (سكر الفواكه).

ب- سكريات قليلة التسكر (Oligosaccharides) :-

وهي السكريات التي يتحلل الجزيء فيها تحللاً مائياً في وجود حامض مخفف أو بفعل إنزيمات خاصّة ليعطي (2- 10) جزئيات من سكر أحادي . وهذه تشمل :

1- السكريات الثنائية : (Disaccharides) وصيغتها $C_{12}H_{22}O_{11}$. وهذه تعطي جزئين من السكريات الأحادية عند تحللها مائيا , مثل السكروز (Sucrose) والمالتوز (Maltose) ,واللاكتوز (Lactose), والسيللوبيوز (Cellobiose).

$$\mathbf{C_{12}H_{22}O_{11}} + \mathbf{H_2O} \longrightarrow \mathbf{2C_6H_{12}O_6}$$

سكر ثنائي — سكر أحادي

2- السكريات الثلاثية(Trisaccharides) وصيغتها $C_{18}H_{32}O_{16}$. وهذه تعطي ثلاثة جزئيات من السكريات الأحادية عند تحللها مائيا . مثل الرافينوز (Raffinose).

$$C_{18}H_{32}O_{16} + 2\,H_2O \longrightarrow 3C_6H_{12}O_6$$

3- السكريات الرباعية (Tetrasaccharides) وصيغتها $C_{24}H_{42}O_{21}$, وهذه تعطي أربعة جزئيات من السكريات الأحادية عند تحللها مائياً, مثل ستاكيوز (Stachyose).

وتشتق أسماء السكريات القليلة التسكر في أغلب الأحيان من الأصل النباتي الموجود به, بإضافة المقطع "وز" في نهاية الكلمة .

جـ- السكريات العديدة (Polysaccharides):

وهي المواد الكربوهيدراتية التي يتحلل الجزيء فيها تحللاً مائياً ليعطى عدداً كبيراً من جزئيات السكريات الأحادية (>10). ومن أمثلتها الهامة النشا, والسيليلوز , والجلايكوجين التي تتكون من إتحاد عدد كبير من جزئيات الجلوكوز, قد يصل إلى 3000 في بعض الأنواع , وإلى أكبر من ذلك في أنواع أخري, وهذه السكريات العديدة تتحلل مائياً بفعل الأحماض أو الأنزيمات إلى جلوكوز.

مول سكر عديد(سيليلوز, نشا أو جلايكوجين) $\xleftarrow[H^+]{H_2O}$ د كبير من مولات D – جلوكوز .

مثال 1-17 أكتب الصيغة الجزيئية لكل من : (أ) سكر خماسي هكسوز , (ب) سكر عديد بنتوز .

الحل : نظراً لأن n مول من سكر أحادي = 1 مول من سكر عديد + (n -1) مول H_2O , فإننا نحصل على :

(أ) $n = 5$, $C_{30}H_{32}O_{26}$. (ب) $(C_5H_8O_4)n$

السكريات الأحادية (Monosaccharides):

وهي عبارة عن ألدهيدات أو كيتونات عديدة الهيدروكسيل , تحتوي على مجموعة كربونيلية واحدة, وتحمل كل ذرة كربون من الذرات الباقية عادة مجموعة هيدروكسيل, وتقع المجموعة الكيتونية في الكيتوزات الطبيعية في الكربون الثاني. وأشهر السكريات الأحادية هي تلك التي تحتوي على خمس أو ست ذرات كربون, والتي تدعي بنتوزات وهكسوزات على الترتيب.

تصنيف السكريات الأحادية :

تصنف السكريات الأحادية إما طبقا لعدد ذرات الكربون في جزىء السكر, أو تبعاً لعدد ذرات الكربون.

تبعاً لعدد ذرات الكربون:

حيث يشتق الاسم العام للسكر الأحادي بذكر مقطع يشتق من الاسم الإغريقي الدال على عدد ذرات الكربون الموجودة بالجزىء, مع إضافة المقطع "وز , ose – ," في نهاية الكلمة .

الأمثلة :

$C_3H_6O_3$, ترايوز , triose , للسكر الذي يحتوي على ثلاث ذرات كربون.

$C_4H_{10}O_5$, تيتروز , tetrose , للسكر الذي يحتوي على أربع ذرات كربون.

$C_5H_{10}O_5$، بنتوز، Pentose، للسكر الذي يحتوي على خمس ذرات كربون.

$C_6H_{12}O_6$، هكسوز، hexose، للسكر الذي يحتوي على ست ذرات كربون.

ب- تبعاً لنوع مجموعة الكربونيل في الجزيء :-

إذا احتوى الجزيء على مجموعة ألدهيد، يسمى الدوز،Aldose، ويضاف المقطع ألدو, -Aldo، قبل الاسم الإغريقي الّدال على عدد ذرات الكربون، مثل الدوهكسوز، يطلق على السكر الالدهيدي الذي يحتوي على ست ذرات كربون .

أما إذا أحتوى على مجموعة كيتونية، فيسمى كيتوز، Ketose، ويضاف المقطع، كيتو، -Keto، قبل الاسم الإغريقي الّدال على عدد ذرات الكربون، مثل كيتوهكسوز، يطلق على السكر الكيتوني الذي يحتوي على ست ذرات كربون. وموضح في جدول (1-17) الصيغ البنائية والتسمية العامة للسكريات الأحادية التي تتكّون من ثلاث إلى ست ذرات كربون، حسب عدد ذرات الكربون، ونوع مجموعة الكربونيل الموجودة في الجزيء.

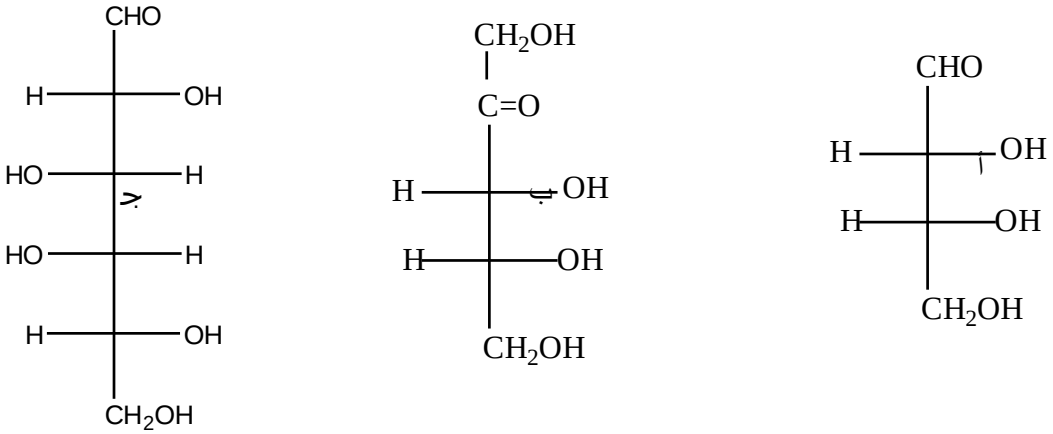
جدول (1-17)

السكر	الالدوزات	الكيتوزات
ترايوز	$HOCH_2(CHOH) CHO$	$HOCH_2COCH_2OH$
	الدوترايوز، جليسرالدهيد	كيتوترايوز، ثنائي هيدروكسي أسيتون
تيتروز	$HOCH_2(CHOH)_2CHO$	$HOCH_2(CHOH)COCH_2OH$
	الدوتيتروز	كيتو تيتروز
بنتوز	$HOCH_2(CHOH)_3CHO$	$HOCH_2(CHOH)_2COCH2OH$

	الدوبنتوز	كيتو بنتوز
هكسوز	$HOCH_2(CHOH)_4CHO$	$HOCH_2(CHOH)_3COCH_2OH$
	الدوهكسوز	كيتوهكسوز

أما السكريات الأحادية التي توجد في الطبيعة فهي البنتوزات، Pentoses، والهكسوزات Hexoses فقط .

مثال 2–17 صنف السكريات الأحادية التالية طبقاً للنظام المذكور أعلاه .



إريتروز **ريبيولوز** **جلاكتوز**

الحل :

(أ) **ألدوتيتروز** , لأنه سكر الدهيدي يحتوي على أربعة ذرات من الكربون .

(ب) **كيتوبنتوز** ؛ لأنه سكر كيتوني يحتوي على خمس ذرات من الكربون .

(جـ) **ألدوهكسوز** ؛ لأنه سكر ألدهيدي يحتوي على ست ذرات من الكربون .