وزارة التّعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العربي بن مهيدي ـ أمّ البواقي ـ

معهد علوم وتقنيات النّشاطات البدنيّة والرّياضيّة

المستوى: سنة أولى جذع مشترك

دروس مقياس

بيوكيمياء عامة

إعداد أستاذ المقياس:

الدّكتور عبّاس أيوب

محتويات المحور الأوّل:

مكونات الكائن الحيّ

الأوّل: المكونات المعدنية (الماء والأملاح المعدنيّة)

* تمهيد.

1. الماء:

1.1. نسبة الماء في العضوية.

2.1. أهمية الماء.

3.1. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء.

* أعمال موجهة.

2. الأملاح المعدنية:

1.2. نسبة الأملاح المعدنية في عضو ما.

2.2. أشكال تواجد الأملاح المعدنية.

3.2. أهمية الأملاح المعدنية.

* خلاصة.

* أعمال موجهة.

محتويات المحور الثاني:

الثّاني: المكونات العضويّة (الكاربوهدرات-الدّهون-البروتيدات)

★ أولاً: السكريات (الكاربوهيدرات) ★

• تمهيد:

1. التّقسيم الكيميائي للكاربوهدرات.

2.1. تسمية الصّيغ الخطيّة للكاربوهدرات الأحادية (البسيطة).

3.1. السّكّريات الأحادية (البسيطة).

1.3.1. البنتوزات.

2.3.1. الهكسوزات.

1.2.3.1. سكّر الجلوكوز (سكّر العنب).

2.2.3.1. سكّر الجلاكتـــــــــــــوز.

المحور الأوّل: المكوّنات المعدنية للكائن الحيّ (الماء والأملاح المعدنيّة).

★ تمهيـــــد:

يُعتبر علم الكيمياء الحيوية العلم الذي يُعنى بدراسة الكائن الحيّ ومختلف مكوّناته، حيث يُعطينا كلّ ما يتعلّق باستمرارية حياة الكائن الحيّ أي معرفة كلّ الوظائف الحيويّة له والتي تكون على مستوى الخلية الحيّة.

وقبل التطرّق إلى معرفة مختلف مكونات الكائن الحيّ لابدّ من التعرّف والتمييز بين المادة الحيّة والمادّة الجامدة:

* أساس البناء في المادة الحيّة هي **الخلايا والأنسجة**، في حين أساس البناء في المادّة الجامدة هي **الذرات والجزيئات**.

* وسط المادّة الحيّة **غير مستقرّ فيزيائياً ومتفاعل باستمرار كيميائياً**، أما وسط المادّة الجامدة **فمستقرّ فيزيائياً وثابت كيميائياً**.

* **لحيّة والجامدة (ادّة الحيّة والمادّة الجامدة):**

المـــادّة الحيّـــة	المـــادّة الجامـــدة
○ وجود المادّة العضوية.	○ وجود المادّة العضوية غير ضروري.
○ النموّ (تغيير الشكل).	○ محافظة على شكلها.
○ كثرة الوظائف الحيويّة.	○ إنعدام الوظائف الحيويّة.
○ تخضع للقوانين الفيزيائية والحيوية.	○ تخضع للقوانين الفيزيائية فقط.

جدول رقم (01): يوضّح أوجه الإختلاف بين المادّة الحيّة والمادّة الجامدة.

* تتشابه المادّة الحيّة والمادّة الجامدة في:

✓ أنّهما تتألّفان (تتكوّنان) من نفس العناصر الكيميائية الموجودة في الطبيعة.

✓ يخضع كلّ منهما إلى نفس القوانين الفيزيائيّة.

* التعريف العلمي للمادّة الحيّة:

﴿تنتج المادّة الحيّة من اتّحاد مجموعة مركبّات كيميائية، متفاعلة باستمرار، في إطار خلوي منظّم﴾.

3.2.3.1. سكّر الفراكتوز (سكّر الفواكه).

4.1. **السكريات الثنائيّة.**

1.4.1. سكّر المالتوز (سكّر الشّعير).

2.4.1. سكّر اللاّكتوز (سكّر اللّبن).

3.4.1. سكّر السكاروز (سكّر القصب).

5.1. **السكريات المعقّدة (المركّبة).**

1.5.1. النّشـــــاء.

2.5.1. الجليكوجين.

3.5.1. السّيليلـــوز.

★ ثانياً: **الدّسـم (الدّهـــون)** ★

1. الدّسم.
2. ميائيّة الدّسم.
3. ت الدّسم.

1.3. **الدّسم البسيطة.**

1.1.3. الغليسيريدات.

2.1.3. الستيريدات.

3.1.3. السّيريدات.

2.3. **الدّسم المعقّدة.**

1.2.3. فوسفوغليسيريد.

2.2.3. سفنغولييد.

4. والكيميائيّة للدّسم.

1.4. الذّوبان.

2.4. التّفاعل اللّوني.

3.4. الإماهة.

4.4. التصبّن.

★ ثالثاً: **البروتيدات (البروتين)** ★

★ **تمهيـــــد:**

1. **الأحماض الأمينيّة.**
2. **الببتيدات.**
3. **البروتينات.**

أوّلاً: المـــــــاء (H_2O):

تشتمل المكوّنات المعدنيّة للكائن الحيّ على كلّ من **الماء والأملاح المعدنية**، حيث تمتاز بالخصائص الكيميائية التالية:

- غير قابلة للإحتراق.
- تركيبها الكيميائي بسيط.
- لا وجود للسلاسل الفحمية بها.
- أصلها التربة.

الماء عنصر الحياة، فهو من أبسط الجزيئات على الإطلاق، نسبته في الطبيعة كبيرة، وهو بالغ الأهميّة وخواصّة متعدّدة:

1. نسبته في العضويّة:

يُمكن تحديد نسبة الماء في أيّ عضو حيواني أو نباتي كما يلي:

. وزن العضو طازج، وليكن (ك1) أي: الوزن الرّطب.

. وزن العضو بعد التجفيف، وليكن (ك2) أي: الوزن الجافّ.

. الفرق بين الوزنين (ك1 . ك2) = وزن الماء الداخل في تركيب هذا العضو.

إذن: يُمكن تحديد نسبة الماء في هذا العضو بالعلاقة التالي:

وزن الماء / وزن العضو الطازج ‹ 100 = ك1 – ك2 / ك1 × 100

* **مثال:**

عضو طازج وزنه = 800 غ، جُفّف ثمّ وُزن بعد التجفيف فكان وزنه = 50 غ، ما هي نسبة الماء في هذا العضو؟

* **الجواب:**

نسبة الماء = وزن الماء / وزن العضو الطازج × 100 = (50 – 800) × 100 / 800 = 75000 / 800 = 93,75%.

2. أهميّة الماء:

الماء مهمّ جدّاً في العضوية وذلك:

1. لكثرته (لنسبته العالية).
2. لخواصه الفيزيائية والكيميائية.

3. الخواص الفيزيائية للماء:

1.3. الحرارة النوعية:

هي كمية الحرارة اللاّزمة لرفع درجة حرارة **1** غ من المادّة درجة مئوية واحدة، وتعتبر الحرارة النوعية للماء أعلى من بقية السوائل حيث تساوي واحد حريرة (**1** حريرة)، الأمر الذي يُمكّن الأنسجة الحيّة من امتصاص أو فقد (إطراح) كميات كبيرة من الحرارة من دون تغيير كبير في درجة الحرارة.

وفيما يلي الحرارة النوعية لبعض السوائل:

المـادّة	الحرارة النّوعيـة
○ الماء.	○ **1** حريرة.
○ **الكحول الإيثيلي**.	○ **0.574** حريرة.
○ **زيت الزيتون**.	○ **0.310** حريرة.

جدول رقم (02): يوضّح الحرارة النّوعيّة لبعض السّوائل.

2.3. حرارة التبخّر: إنّ درجة غليان الماء عالية وتساوي: 100 درجة مئوية (100 ^{0}م).

وهي كمية الحرارة اللازمة لتحويل **1** غ من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية في نفس الدرجة، لذا لا يُفقد الماء بسهولة من جسم الكائن الحيّ ويُفيد ذلك في التخلّص من الحرارة الزائدة للجسم، حيث تُفقد كميات كبيرة من الحرارة تحت ظروف ملائمة (منظّمة ودقيقة) للتبخّر مُسبّبةً عملية التبريد.

وفيما يلي حرارة التبخّر لبعض الموادّ:

المـادّة	حرارة التبخّر
○ الماء.	○ **537** حريرة.
○ **الكحول الإيثيلي**.	○ **206** حريرة.
○ **الكلوروفورم**.	○ **61** حريرة.

جدول رقم (03): يوضّح حرارة التبخّر لبعض الموادّ.

3.3. النّاقليّة:

الماء موصّل جيّد للحرارة، فهو من أفضل الموادّ ناقليّةً لها عدا المعادن، وذلك ما يجعله **يُحافظ على التوازن الحراري للجسم**.

4.3. الذّوبان: الماء مذيب عام بسبب قابليته على تكوين محاليل مع عدد كبير من المركبات (تكوين الروابط الهيدروجينية)، كما له أهمية كبيرة عند النباتات الحيّة، حيث ينقل الماء العناصر الأساسية للنموّ، وكذا المركبات الضرورية لتحولات الطاقة وخزنها.

ثانياً: الأمـــــلاح المعدنيـــّـة:

إنّ الأملاع المعدنية ومختلف العناصر الكيميائية الموجودة في الطبيعة (والتي نجدها نظريّاً في الجدول الدّوري للعناصر) مهمّة جدّاً ولا غنىً للكائن الحيّ عنها، رغم نسبة تواجدها الضئيلة.

يُمكن تقسيم العناصر المعدنية الموجودة في الكائن الحيّ إلى ثلاث مجموعات كما يلي:

- ✓ هناك عناصر أساسية أربعة هي: **N,H,C,O** توجد بكثرة في المادّة الحيّة وفي مقدّمتها عنصر الكاربون (**C**) حيث يُعتبر أساس البناء الحيوي فهو العنصر الوحيد الذي يستطيع أن يُشكّل في الشروط العادية موادّ عُضويّة.
- ✓ هناك عناصر أخرى تتواجد على الدوامّ في المادّة الحيّة وهي: **Mg,K,Na,Cl,P,S,Ca.**
- ✓ العناصر الأخرى توجد بكميّات صغيرة جدّاً تسمّى "العناصر الزّهيدة"، ورغم قلّتها فهي مهمّة جدّاً في المادّة الحيّة حيث تلعب دور الوسيط في التفاعلات الكيميائية.

1. نسبة الأملاح المعدنية في عضو ما:

يُمكن حساب نسبة الأملاح المعدنية بحرق العضو حتّى التّرميد، حيث:

وزن الرّماد = وزن الأملاح المعدنية (هي الموادّ الغير قابلة للاحتراق).

نسبة الأملاح المعدنيّة = وزن الاملاح المعدنيّة / الوزن الرّطب × 100

* حيث لوحظ أنّ هذه النّسبة لا تزيد غالباً عن **5%**، بحيث:

- تبلغ نسبة الأملاح المعدنيّة في جسم الإنسان **3.4%**.
- تبلغ نسبة الأملاح المعدنيّة في جسم الحيوان **4.3%**.
- تبلغ نسبة الأملاح المعدنيّة عند النباتات **2.5%**.

* **كما تمتاز مختلف الأملاح المعدنيّة أيضاً بأنّها:**

- تنحلّ في الماء وتُشكّل محاليل حقيقيّة.
- تمرّ خلال ورق التّرشيح.

4. الخواص الكيميائية للماء:

1. يدخل في تفاعلات الإماهة. (بروتين + ماء ⟵ حموض أمينية).
2. يدخل في تفاعلات الأكسدة والإرجاع، والتي تتمّ في المستوى الخلوي.
3. يتميّز بدرجة حموضة معتدلة، وبالتالي فهو الوسط الأمثل لحدوث التفاعلات الحيوية (الهدم والبناء).

5. حالات (أشكال) تواجد الماء في العضوية:

أ. الماء الحرّ أو الماء السائل Eau Libre:

والذي يلعب دور مادّة حالّة للأجسام الثابة والشاردية، وتتمّ في داخله تفاعلات كيميائية مختلفة، ويوجد هذا الشكل من الماء على الخصوص في: الدمّ، اللّمف، الفجوات والسوائل الخلالية.

ب. ماء التشرّب أو ماء الإنفتاح Eau D'imbibition:

والذي يرتبط بالمواد الكبيرة الجزيئات بصورة خاصة بروابط فيزيائية كيميائية، ويُعتقد أنّ ماء التشرّب هذا يتألّف من تكاثف جزيئات الماء العادي، ويتّصف هذا الماء بصفات خاصّة منها:

- تجمّده بدرجة حرارة تقع تحت الصّفر.
- ويخضع لضغط كبير (حوالي 9 آلاف ضغط جوّي).
- ولا يُمكن فصله عن الجزيئات الضّخمة إلاّ تحت تاثير قوى كبيرة.

ج. الماء المتحّد أو ماء التّركيب Eau Synthetique:

وهو الذي لا يُمكن فصله عن الأجسام التي يدخل في تركيبها دون تخريب الجزيئات نفسها، فمثلاً يلعب دوراً رئيسياً في اتّحاد سلاسل البيبتيدات المتعدّدة والليسيثين لتكوين البروتينات الشّحميّة، وكذا الحال في ارتباط البيبتيدات والبروتينات ببعضها في السيتوبلازم.

ورد في: نبات سوية والحي

أولا: السُكريّـات (الكاربوهيدرات) Les Oses

☆ **تمهيـــد:**

تُعتبر الكاربوهدرات أكبر مصدر للحصول على الطّاقة بسرعة، وهي تتكوّن من عناصر الكاربون (C)، والهيدروجين (H) والأكسجين (O)، حيث تُساعد الكاربوهدرات الجسم على الاحتفاظ بدرجة حرارته الثابتة، وعلى توفير الطاقة اللازمة لعمل العضلات الإرادية واللاإرادية، كما تُساعد بدرجة كبيرة في دقّة بدء وانتهاء المثيرات العصبية، ويُساعد كذلك على امتصاص وترشيح بعض مكوّنات سوائل الجسم، ومن الوظائف الهامّة أيضاً للكاربوهدرات أنّها تحمي بروتينات الجسم من أن تُستغلّ كمصدر للطاقة.

يحتوي جسم الإنسان على ما يقارب 300غ على الأكثر، وتكون الكاربوهدرات موجودة بعضها في الدمّ ومُعضمها يكون مخزّن في الكبد والعضلات على صورة "جلايكوجين" (النشاء الحيواني)، كما أنّها تتحوّل إلى دهون إذا زادت كميّتها عن احتياجات الفرد اليوميّة.

ومن الأفضل استعمال مصطلح "الغلوسيدات" أو الكاربوهدرات، وليس السكريات، وذلك لأنّ كلمة سكّر تشير غالباً إلى الموادّ التي لها طُعم حلو، ولكن في الواقع أنّ بعض الكاربوهدرات ليس لها طعم حلو، وكذلك فإنّ بعض الموادّ الحلوة ليست كاربوهدرات.

الكربوهيدرات Carbohydrate

الكربو Carbo		هيدرات Hydrate
عنصر الكربون	ولذلك فهي تسمّى مائيات الكربون.	مائي
كربوهيدرات	←	كربون + ماء.

إذن: فالكربوهيدرات هي ألدهايدات (CHO) أو كيتونات (C=O) عديدة الهيدروكسيل (OH) أو المواد التي تنتج عن تميؤها إحدى هذه المركبات، حيث يسمح وجود مجموعة الهيدروكسيل في المواد الكربوهيدراتية بالتفاعل مع البيئة المائية والمشاركة في الرابطة الهيدروجينية داخل وبين السلاسل مع المركبات الحيوية مثل الدهون والبروتينات.

2. أشكال تواجد الأملاح المعدنيّة:

توجد الأملاح المعدية على شكلين:

1. منحلّة في السّوائل العضويّة على شكل شوارد.
2. غير منحلّة: حيث توجد بشكل مركّبات مرتبطة بموادّ أخرى مثل الحديد في خضاب الدمّ والمغنيزيوم في اليخضور ...إلخ، أو توجد مترسّبة كالفحمات والكالسيوم في الهيكل العضمي.

3. أهميّة الأملاح المعدنيّة عند الكائن الحيّ:

إنّ الأملاح المعدنيّة مهمّة جدّاً في العضويّة رغم نسبتها الضّئيلة، وتتلخّص أهمّيّتها فيما يلي:

1. إنّ نقص عنصر الحديد يؤدّي إلى ظهور أعراض مرض فقر الدمّ لأنّه يدخل في تركيب الهيموغلوبين، وعند النباتات الخضراء مثلاً فإنّ نقص المغنيزيوم يؤدّي إلى إصفرار الأوراق لأنّه يدخل في تركيب اليخضور.
2. تدخل الأملاح المعدنية كذلك في تركيب العظام كالكالسيوم والفوسفور بشكل فحمات الكالسيوم.
3. مُعظمها يتواجد بشكل منحلّ حيث تساعد على توازن الضّغط الحلولي كما تُساهم في التّوازن الحمضي القاعدي (PH).
4. تُعتبر كوسائط في بعض التفاعلات الكيميائيّة الأنزيميّة مثل: Mg,Zn,Mn.
5. المساهمة في نقل السيالة العصبيّة لعدم تساوي تركيزها على جانبي الغشاء الخلوي فهو المسبّب في استقطابها، حيث أنّ: (حركتها تسبّب زوال الاستقطاب).
6. ضروريّ لعمل مختلف أعضا ء الكائن الحيّ مثل: القلب، العضلات والنّقل المشبكي ... الخ.

* **أعمـال موجّهـة:**

★ الواجب الأوّل:

1. لخّص في جدول (نظريّاً) كلّ العناصر المعدنية المتواجدة في الطبيعة؟.
2. أعط مثالين عن كيفيّة حساب نسبة الماء والأملاح المعدنيّة في عضو ما؟.

★ الواجب الثّاني:

- مواضيع مقترحة للبحث.

1. التّقسيم الكيميائي للكاربوهيدرات:

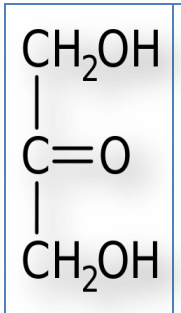
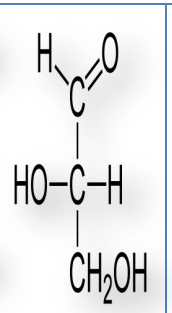
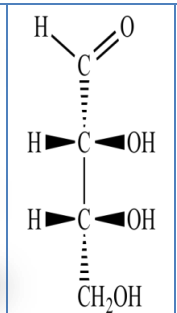
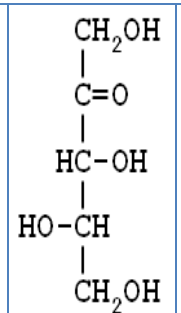
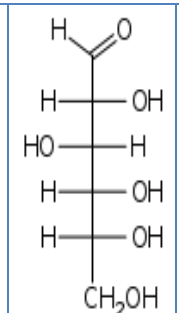
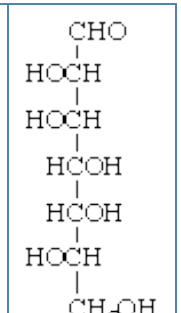
تقسّم الموادّ الكاربوهدراتية وفقاً لتركيبها الكيميائي إلى ثلاث أنواع أساسية:

1. الغلوسيدات الأحادية (*Les Monosaccaharides*) أو: ***Les Oses***
2. الغلوسيدات الثنائية (*Les Disaccharides*) أو: ***Les Oligosides***
3. الغلوسيدات المتعدّدة (*Les Polysaccharides*) أو: ***Polysides***

2.1. تسمية الصّيغ الخطيّة للكاربوهيدرات البسيطة (البسيطة):

تعدّ الغلوسيدات (السكريات) الأحادية من أبسط صور الكاربوهدرات في تركيبها الكيميائي، حيث لا يُمكن تحليلها مائياً إلى أنواع أبسط، لذا لا تحتاج إلى الهضم قبل امتصاصها من قبل الجسم، كما تعدّ مصدراً أساسياً للطاقة بحيث تسهل عمليّة أكسدتها في خلايا الكائن الحيّ.

إليك الصّيغ الخطيّة والحلقيّة لمجموعة من الكاربوهدرات (السكريّات)، لاحظ بدقّة وحدّد المقاييس المستعملة في تصنيفها:

					
1. كيتو تريوز	2. ألدو تريوز	3. ألدو تتروز	4. كيتو بنتوز	5. ألدو هيكسوز	6. كيتو هبتوز

نلاحظ أنّ السكّر الأوّل والثاني يحتويان على **03** ذرات كاربون (**C**) أي: (**تريوز**) في حين أنّ السكّر رقم **03** يحتوي أربعة ذرات من الكاربون (**تتروز**) وقم **04** يحتوي على **05** ذرات كاربون (**بنتوز**) في حين السكّر رقم **05** يحتوي ستّ ذرات من الكاربون (**هكسوز**)، أمّا رقم **06** فيحتوي سبع ذرات كاربون (**هبتوز**).

كما نلاحظ أنّ بعض السكريّات تحمل وظيفة ألديهية (**CHO**) على ذرة الكاربون رقم **1**، كما هو مبيّن في النّماذج: **2، 3، 5** والبعض الآخر تحمل وظيفة كيتونية (**CO**) علة ذرّة الكاربون رقم **2**، كما في النماذج: **1، 4، 6.**

إذن فهذه الكاربوهدرات (السكريات البسيطة) وبناءً على هاته الخواصّ تُصنّف كما هو موضّح في الجدول:

رقم السكّر	عدد ذرات C	التّسمية	نوع الوظيفة	التّسمية	التّسمية الكيميائية
1	3	تريوز	كيتونية	كيتو	كيتو تريوز
2	3	تريوز	ألديهيدية	ألدو	ألدو تريوز
3	4	تتروز	ألديهيدية	ألدو	ألدو تتروز
4	5	بنتوز	كيتونية	كيتو	كيتو بنتوز
5	6	هيكسوز	ألديهيدية	ألدو	ألدو هيكسوز
6	7	هبتوز	كيتونية	كيتو	كيتو هبتوز

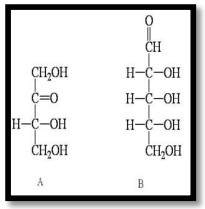
جدول رقم (02): يوضّح كيفيّة تسمية السكريات البسيطة (حالة الصيغة الخطيّة).

* **نتيجة:** تختلف السكريّات حسب:

1. عدد ذرات الكاربون التي تحتويها.
2. وعلى الوظيفة التي تحملها ألهيدية (**CHO**) أو كيتونية(**CO**) .

. مثال:

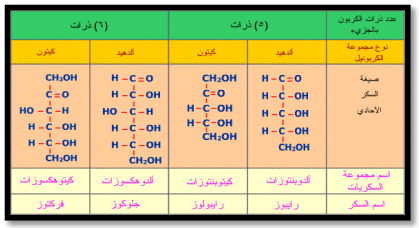
- ✓ السكر البسيط **A**: ألدو هيكسوز
- ✓ السكر البسيط **B**: كيتو بنتوز



شكل رقم (02): يمثّل مثالين عن صيغة خطية نصف مفصّلة لسكرين بسيطين.

. **تمرين موجّه:** أرسم الصيغ الخطيّة للسكريات البسيطة التالية، وابحث عن التسمية الكيميائية العامّة لها:

1. ألدو تريوز.4. كيتو تريوز.
2. ألدو تتروز.5. كيتو تتروز.
3. ألدو بنتوز.6. كيتو بنتوز.



* الجدول المقابل: يُبيّن التسميّة العلميّة والعامّة لبعض السكريّات البسيطة.

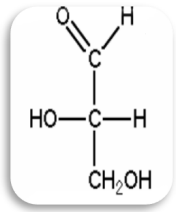
أوّلاً: السّكريات الأحاديّة (السّكريات البسيطة) $C_nH_{2n}O_n$ Monosaccharides:

هي أبسط أنواع الكربوهيدرات (لا تنحل مائياً إلى وحدات أصغر تحت ظروف معتدلة) حيث تكون عبارة عن "**ألدهيدات**" أو "**كيتونات**" مع مجموعتين أو أكثر من "**الهيدروكسيل**" (مجموعة الـ: **OH**).

- ✓ الصيغة الجزيئية الشائعة للسكريات الأحادية هي: أو $(CH_2O)_nH$ حيث $n \geq 3$.
- ✓ تعتبر السكريات الأحادية جزيئات وقود هامّة (مصدر للطاقة) ووحدات بنائية في الأحماض النووية.

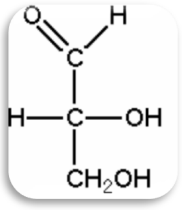
أبسط السكريات الأحادية هي التي تحتوي على ثلاث ذرات كربون (**n = 3**) وهي قليلة الانتشار في الطبيعة، كما هي موضّحة في الأشكال المواليّة:

ألدو تريوز



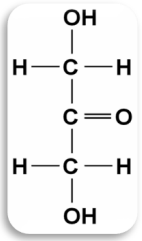
L- Glyceraldhyde
(AldoTriose)

ألدو تريوز



D- Glyceraldhyde
(AldoTriose)

كيتو تريوز

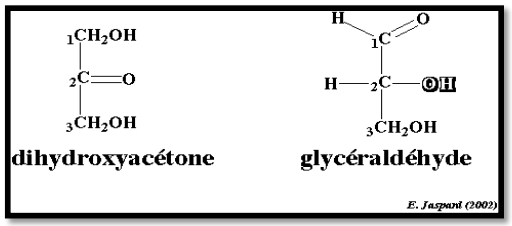


Dihydroxiacétone
(kétoTriose)

كل: ة لأبسط السكريّات.

تقسم السكريات الأحادية بناءاً علي عدد ذرات الكربون في جزئ السكر، ويشتق الاسم العام للسكر بذكر المقطع اللاتيني الدال علي عدد ذرات الكربون في الجزئ **3 Tri** ويضاف له في النهاية المقطع **ose** فيسمّى: " **يوز" Triose** ..

حيث تعتبر السكريات سداسية ذرات الكربون ($C_6H_{12}O_6$) هي أكثر السكريات الأحادية إنتشاراً في الطبيعة.

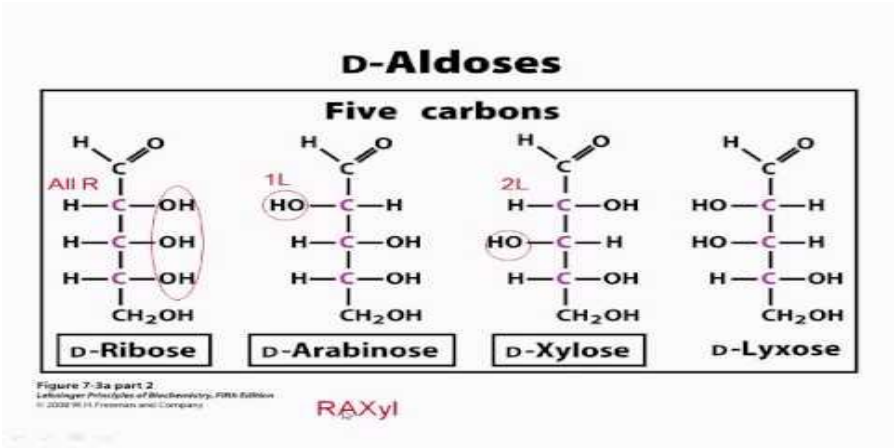


كربات الألدحيّة والكيتونيّة ( ) انيي هيدرو أسيتون)

إنّ من أهمّ الكاربوهدرات الموجودة في الكائن الحيّ هي: البنتوزات والهيكسوزات:

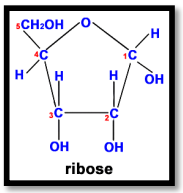
1. البنتوزات (*Pentoses*):

البنتوز هو سكر بسيط يحتوي على **05** ذرات كربون، صيغته الكيميائية العامّة هي: $C_5H_{10}O_5$، حيث ينقسم إلى موادّ ألدهيديّة (**AldoPentoses**) وأخرى كيتونيّة (**CétoPentoses**)، ومن أهمّ البنتوزات ما يلي:

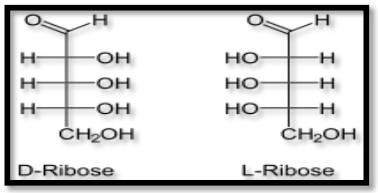


شكل: البنتوزات الألدحيّة.

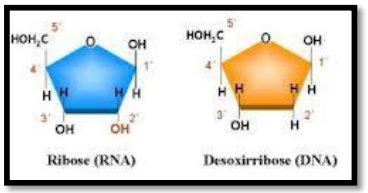
ومن أهمّ أشكال البنتوزات نجد كلّ من: "الريبوز" **Ribose** و"الديزوكسي ريبزو" **Désoxyribose**، حيث يشكّل "الريبوز"الذي صيغته: $C_5H_{10}O_5$ جزءاً أساسياً في تكزين الأحماض النوويّة (الحمض النّووي الرّيبي **ARN**)، كما أنّ له علاقة بتكوين سكّر "الديزوكسي ريبوز" الذي صيغته: $C_5H_{10}O_4$ والذي يدخل في تشكيل الهيكل الجانبي للحمض النّووي الريبي منقوص الأوكسجين (**ADN**). كما هو موضّح في الأشكال التالية:



لقية للريبوز.



وز اليميني واليساري



كل: الجزئية للريبو كسي ريبوز

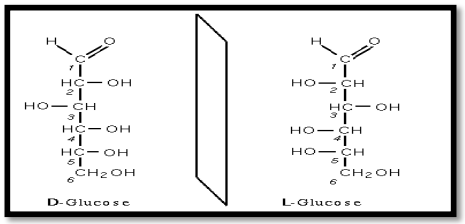
2. الهيكسوزات (*Hexoses*):

الهيكسوز سكّر أحادي (بسيط) يحتوي على **06** ذرات كربون، وصيغته العامّة (تركيبه الكيميائي) هو: ($C_6H_{12}O_6$) وهو إمّا أن يكون من عائلة الألدهيدات وهي: الجلوكوز **Glucose**، الجلاكتوز **Galactose**، المانوز **Manose** أو من عائلة الكيتونات وهي عبارة عن الكسّر البسيط: الفركتوز **Fructose**.

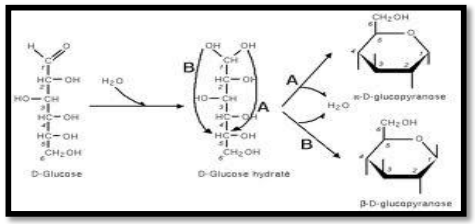
أ. الجلوكـوز: (Glucose)

يُعرف الجلوكوز بسكّر الدمّ أو الدّكستروز (**Dextrose**) أو سكّر العنب، يوجد في الدمّ والفواكه والخلايا الحيّة للجسم، وفي جميع السكريات الثنائيّة المعروفة، وكذا يتواجد في السكّر النباتي **Amidon** والسيليلوز **Cellulose** والدكسترين **Dexstrine**.

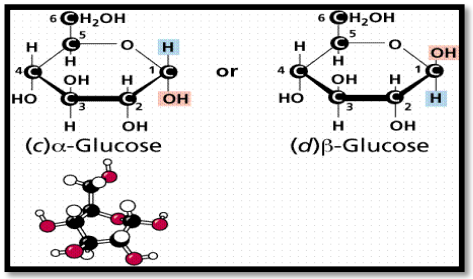
يتبلور الجلوكوز مع جزيء الماء وينصهر عند درجة 146°م، والجلوكوز سهل الذوبان في الماء وأقلّ حلاوةً من السكّر العادي وعند اختزال الجلوكوز يُعطي الجلوكونيك ثمّ حمض D السكاريك ($C_6H_{10}O_8$) وأيضاً عند اختزاله يُعطي السربيتول ($C_6H_{14}O_6$).



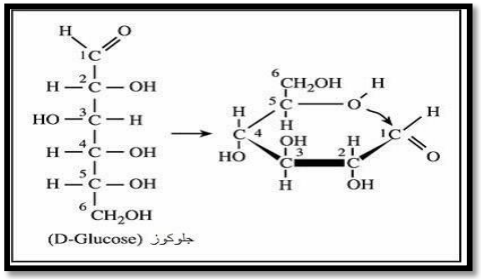
1. الشكل التناظري المحوري للصيغة الخطيّة لجزيئة "الجلوكوز"



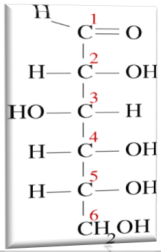
2. تحوّل "الجلوكوز" من الصيغة الخطيّة إلى الصّيغة الحلقيّة

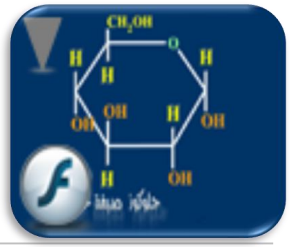


3. الشكلين الحلقيين لجزيئة الجلوز (ألفا و بيتا D جلوكوز)



4. الصغتين الخطيّة والحلقية لـ: D جلوكوز

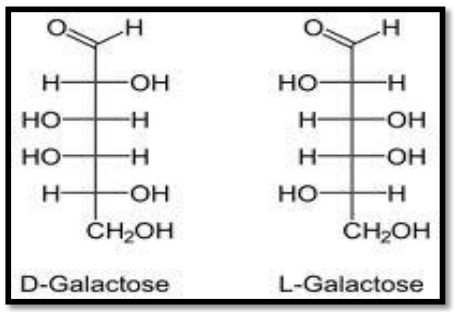




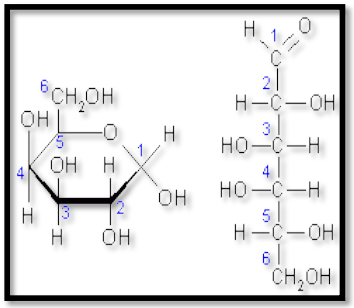
5. لجلوكوز
ا) ة على اليسار"D" كوز'
لقية اليسار)

ب. الجلاكتـوز: (Galactose)

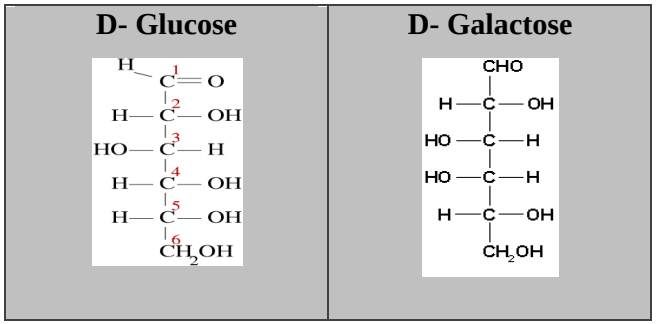
لا يوجد هذا النّوع من السكريات الأحادية في الطبيعة في صورة حرّة ولكنّه يوجد في صورة متّحدة مع السكريات الأخرى سواء موادّ في النباتات أو الحيوانات، وهو مادّة متبلورة حُلوة المذاق، ينصهر عند درجة **165** ^{0}م، وهو سهل الذّوبان في الماء، كما يوجد بكثرة في حليب الأمّهات، يُعطي عند أكسدته حمض **D** الجلوكتونيك ($C_6H_{12}O_7$) والمونيك ($C_6H_{10}O_8$).



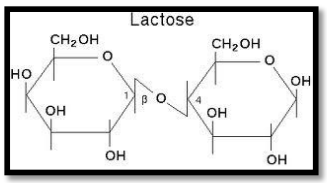
الخطيّة لـ: D يوز و D كتوز

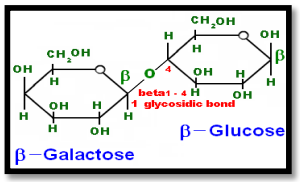


لّية والحلقية كر كتوز



تين الخطيّتين لـ D يوز و D كتوز يوضّح:



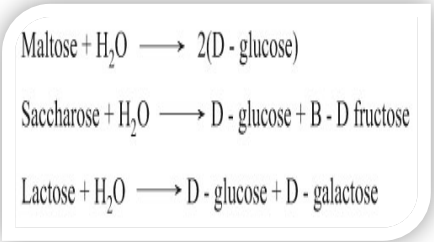


ثانياً: السكريات الثنائيّة ($C_{12}H_{22}O_{11}$) Disaccharides:

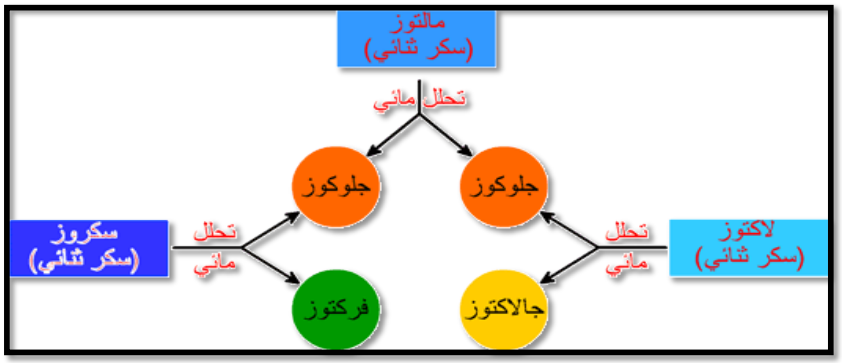
☆ تعريف الكاربوهدرات (السكريات) الثنائيّة:

هي توجد في النباتات والحيوانات عدد من المركبات الكربوهيدراتية المكونة من جزيئين من السكر الأحادي و ترتبط هذة الجزيئات البنائية مع بعضها عن طريق الروابط الجليكوسيدية *Glycosidic Linkage*

حيث يؤدي تحلل السكريات الثنائية مائياً بالأحماض أو الإنزيمات إلي إنتاج جزيئين من السكر الأحادي سداسي الكربون (الهيكسوز، **Hexsose**) وذلك عن طريق كسر الرابطة الجليكوسيدسة. لذلك فالصيغة الكيميائية للسكريات الثنائية $C_{12}H_{22}O_{11}$، حسب المعادلات المبيّنة كما يلي: 2 مح ← 1 ثنائي + ماء.



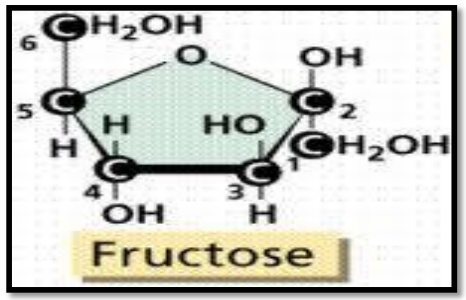
تتركّب السّكريات الثّنائيّة من وحدتين من السكّريّات الأحاديّة، ومن أهمّها السكروز (سكّر الفواكه) والمالتوز (سكّر الشعير) واللاكتوز (سكّر اللّبن)، حيث تتحلّل هاته السكريات الثنائيّة مائياً في وسط حمضي أو بفعل الإنزيمات الهضميّة إلى نواتجها من السكريات الأحاديّة.

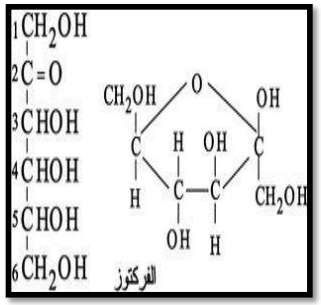


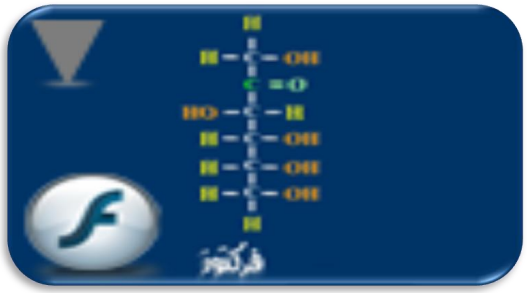
يوضّح: المائي ، الثنائيّة المعروفة.

● الفركتـوز: (Fructose)

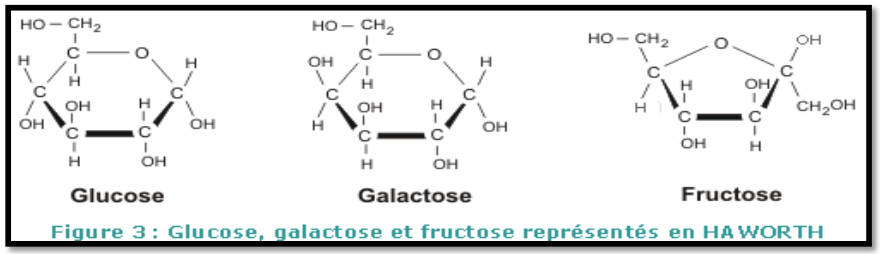
يُعرف بسكّر الفواكه وهو السكّر الذي يتكوّن داخل كلّ أنواع الفواكه تقريباً وبعض الخضروات، ودرجة تحليله ضعف درجة السّكروز في إنتاج السعرات الحراريّة، كما أنّه يعتبر مصدر حلاوة العسل، ويتواجد في الدمّ والسّائل المنوي، إذ يُعدّ الغذاء الوحيد للحيوانات المنويّة وضروري لنشاطها.







صّلة لسكّر الفركتوز



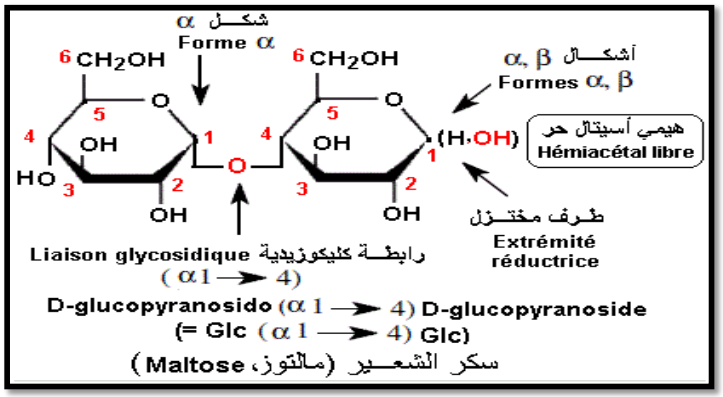
* شكل يوضّح: مختلف الصّيغ الحلقيّة لكلّ من الفركتوز (فيرانوز) والجلاكتوز والجلوكوز (بيرانوز).

1. سكّر المالتوز (Maltose)

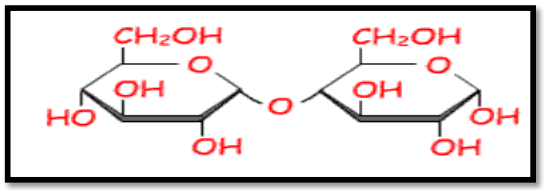
- ✓ أبسط السكريات الثنائية.
- ✓ يتألف من وحدتين من **D** جلوكوز يرتبطان بواسطة رابطة جليكوسيدية (**1-4 ألفا**).
- ✓ نظراً لأن المالتوز يحتوي علي مجموعة هيمي أسيتال حرة في حالة إتزان مع البناء المفتوح فإنة **سكر مختزل**.
- ✓ تتميأ الروابط الجلايكوسيدية بسهولة بواسطة الأحماض و لكنها تقاوم التفكك بالقواعد لذا يمكن تفكيك السكريات الأحادية بالغليان مع الأحماض المخففة.

فالماتوز إذن هو: سكّر ثنائي صيغته الجزئية هي: $C_{12}H_{22}O_{11}$ يُعرف بسكّر الشّعير، ويتكوّن من وحدتين من السكريات البسيطة من نوع "الجلوكوز" ينتج المالتوز من تحلّل النّشاء النّباتي بواسطة أنزيم الأميلاز (Amilase) ويوجد بكميات قليلة في مركّبات الجذوز والحبوب النباتيّة.

يعتبر سكّر "المالتوز" ثاني مركّب من سلسلة بيوكيميائيّة مهمّة من "الجلوكوز"، حيث عند إضافة وحدة "جلوكوز" إلى جزيئة "المالتوز" يُصبح: "مالتريوز" ثمّ "مالتتروز" ... وهكذا، كما تُسمّى أحياناً الجزيئات ذات السلسلة الطويلة من "الجلوكوز" بمتعدّدة المالتوز.



يوضّح لسكّر المالتوز " الشّعير " Malt العلميّة والعامّة.

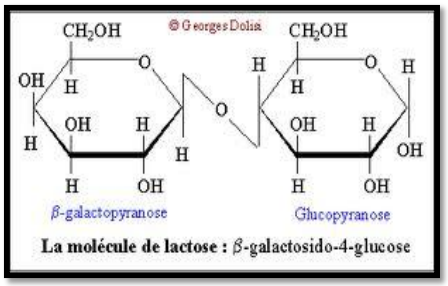


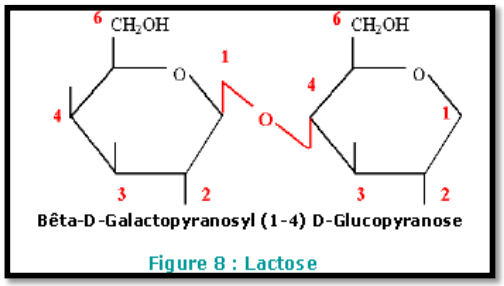
التسميّة العلميّة لسكر المالتوز: D جلوكو بيرانوزيد ألفا (1,4) D جلوكو بيرانوزيد.

2. سكّر اللاكتوز (Lacltose)

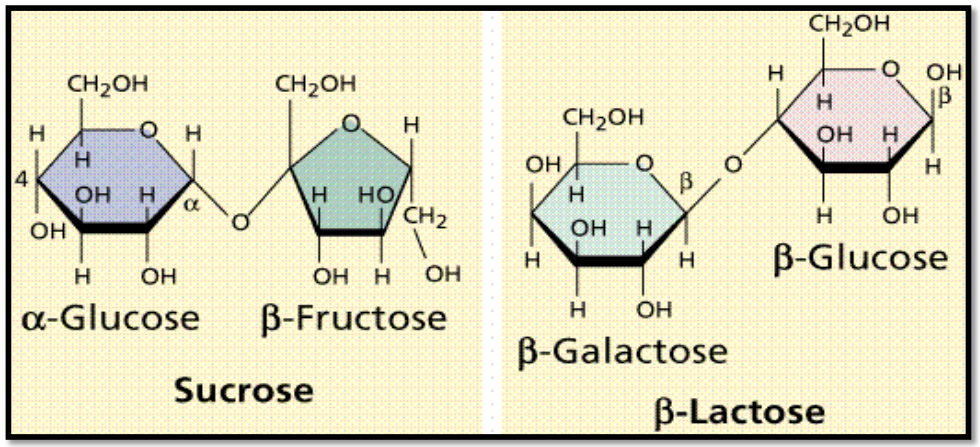
يعرف سكّر "اللاكتوز" بسكّر اللبن (الحليب)، ويحتوي على وحدتين من السّكريّات الأحادية وهما: "الجلوكوز" و"الجلاكتوز" يتمّ تحليله في المعدّة بواسطة أنزيم "اللاكتاز" أو "جلاكتوسيداز" *B- Galactosidase* إلى مكوّناته من السكريات الأحاديّة حيث صيغته الجزيّة هي: $C_{12}H_{22}O_{11}$

لسكّر اللاكتوز أهميّة كبيرة بحيث أنّه لا تحدث له عمليّة تخثّر حمضي في المعدّة، ويساعد على نموّ البكتيريا النّافعة في الأمعاء كما أنّ له دورٌ في امتصاص عنصر الكالسيوم والفوسفور داخل جسم الكائن الحيّ. ويعدّ كذلك الغذاء الرئيسي للطّفل الرّضيع.





يوضّحين: زنية لسكّر " لحتوز (اللّبن).

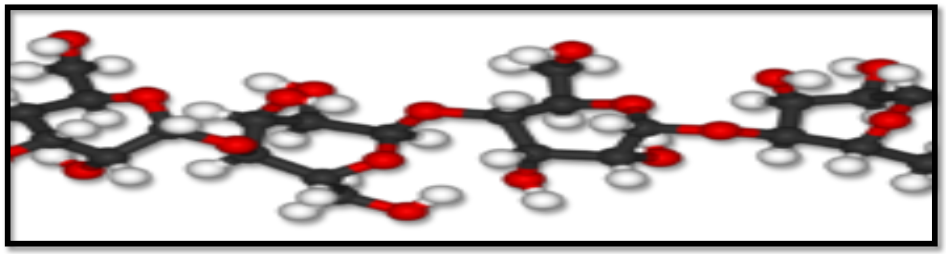


يوضّح لجزيئي لكلّ من جزئتي " للاكتوز ' و " ساكروز"

ثالثاً: السكريّات المعقّدة (المتعدّدة) Polysaccharides

تعدّ **السكّريّات المعقّدة أو المركّبة** من أكثر الموادّ الكاربوهدراتيّة تعقيداً في تركيبها الكيميائي وذلك لاحتوائها على اكثر من عشر وحدات من السكّريّات الأحاديّة، كما تعدّ من أكثر السكّريّات انتشاراً في الطبيعة من حيث كميّتها.

والشكل الموالي يبيّن درجة تعقيد السكريات المركّبة من حيث التركيب الجزئي.



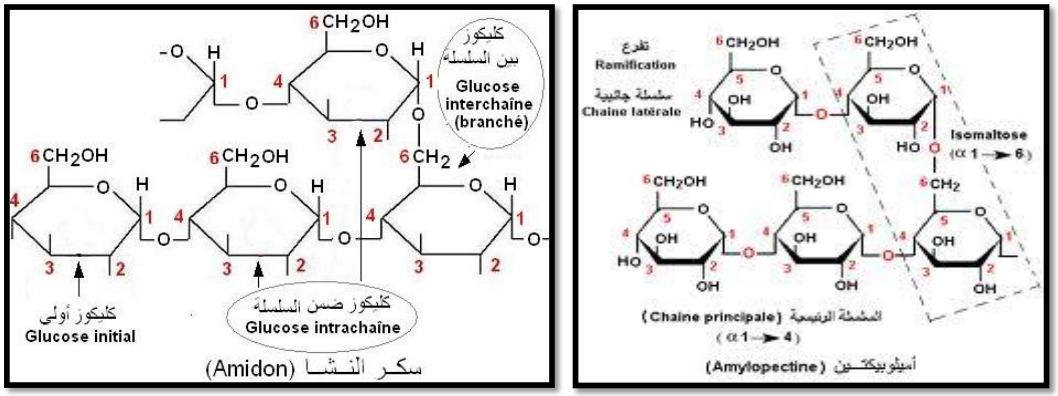
ويُعتبر **النّشاء والجليكوجين والسيليلوز** من أهمّ الكاربوهدرات العديدة التسكّر ذات الوزن الجزئي العالي.

1. النّشاء: Amidon

يعتبر **"النّشاء"** مادّة غذائيّة رئيسيّة للإنسان والحيوان (آكلات الأعشاب)، ويُخزّن النّشاء في الغالب في صورة حُبيبات مختلفة الأحجام، يوجد بكثرة في الدّرنات والحبوب والبذور والأرز ... وغيرها، والصيغة الجزيئيّة للنشاء هي: $(C_{12}H_{22}O_{11})_n$

حيث يوجد نوعان من النّشاء النّباتي وهما: **"الأميلوز"** (Amilose) و**"الأميلوبيكتين"** (Amylopectine) حيث يتكوّن جزيء النّشاء من 100 إلى 20 000 جزيء جلوكوز، بحيث يتكوّن كلّ منهما كما يلي:

الأميلوز: بناء خطي بشكل D غلوكيرانوز بروبط ألفا (4.1) أما الأميلوبيكتين: بناء خطي شديد التفرّع ألفا (6.1) إضافةً إلى ألفا (4.1).



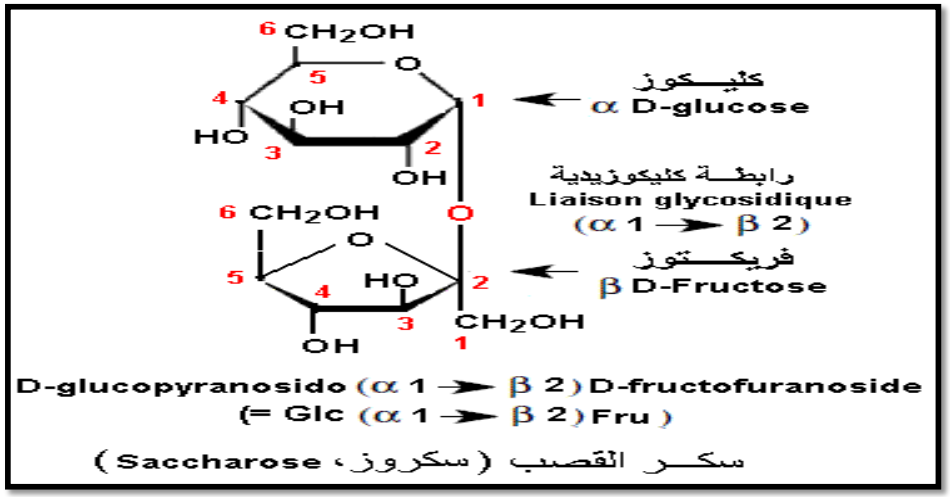
كما أنّ النشاء النّباتي يتحوّل إلى مكوّناته من السكريّات الأحادية وفقاً للمراحل التالية للتحلّل:

نشاء ← دكسترين ← مالتوز ← جلوكوز

3. سكّر السّاكروز: (Saccharose)

هو سكّر ثنائي يتكوّن من اتّحاد سكّرين أُحاديين من عائلتين مختلفتين وهم "سكّر الجلوكوز" و "سكر الفركتوز" حيث أنّ صيغته الجزئيّة هي: $C_{12}H_{22}O_{11}$

يتحلّل في المعدّة بأنزيم " السّكاريز" أو أنزيم "الأنفرتاز" *Invertase*، وهو كذلك أنزيم يستعمله النّحل في عمليّة تحويل الرّحيق إلى عسل.



شكل يوضح: الصيّغة الجزئيّة لسكّر "الساكاروز" مع التسمية العلميّة والعامّة.

يوضّح الصيّغة الجزئيّة لسكّر الساكاروز (القصب).

المحور الثالث: الدّسم (الدّهون) *Les Lipides*

1. تعريف الدّسم:

الدّسم هي مواد عضوية يدخل في تركيبها الكربون (**C**) والهيدروجين (**H**) والأكسجين(**O**)،كما نجد فيها عناصر أخرى مثل: الكبريت (**S**) الفوسفور (**P**)، و الآزوت (**N**)، وبذلك تقسم إلى دسُم بسيطة وأخرى مركبة.

ويتواجد الدّسم في ثلاث حالات فيزيائية: **سائلة**: مثل الزيوت، **نصف صلبة:** مثل الزبدة، **صلبة**: مثل الشحوم والشموع.

2. الطبيعة الكيميائيّة الدّسم:

إنّ الدّسم تُعطي بوجود وسيط وحرارة (تجريبياً): حموض دسمة وكحول، أي أنّها أسترات لأحماض دسمة + كحول.

مـاء + دسم ⟺ **حموض دسمة + كحول**

حيث يتمّ تكوين الدّسم (الأستر) وفق المعادلة الكيميائيّة التالية:

$$R_1 - COOH + R_2 - OH \Longleftrightarrow R_1 - COO - R_2 + H_2O$$

حمض دسم — (ستر) سم

3. تصنيف الدّسم:

تصنّف الدّسم تبعاً لدرجة تعقيدها إلى: دسم **بسيطة** ودسم **معقّدة** (مركبّة)، كما يلي:

1.3. الدّسم البسيطة (C, H, O):

يدخل في تركيبها عناصر الكاربون والهيدروجين والأوكسجين فقط، حيث تُصنّف حسن **نوع الكحول** الداخل في تركيبها إلى ثلاث أنواع رئيسيّة: غليسيريدات، ستيريدات وسيريدات، وهي كمايلي:

أ. الغليسيريدات:

هي الدّسم البسيطة التي يدخل في تركيبها كحول "**الغليسيرول**" وهو كحول ثلاثي الغليسيرول صيغته الكيميائية كما يلي:

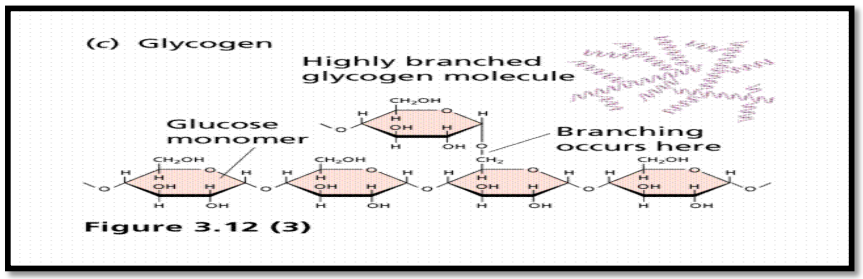
$$\begin{array}{l} CH_2\text{-}OH \\ | \\ CH\text{-}OH \\ | \\ CH_2\text{-}OH \end{array}$$

ائيّة للغليسيرول (— بدروكسيد)

2. الجليكوجين: (Glycogéne)

يُعرف "**الجليكوجين**" باسم النّشاء الحيواني، ويوجد في جسم الإنسان والحيوان، من ناتج الفائض عن احتياجاته من الجلوكوز ويُخزّن في الكبد والعضلات بكميّات تصلّ إلى 600 غرام بواسطة إنزيم "جليكو جينو سانتيطاز" Glycogénosynthétase.

صيغتة الجزيئيّة هي: $(C_6H_{10}O_5)_n$، يتحوّل جليكوجين الكبد إلى جلوكوز في الدمّ لتغذية الخلايا والأنسجة المختلفة في الجسم، وتزويدها بالطاقّة عند نقصها في الجسم، بينما "**جليكوجين**" العضلات يُستفاد منه في توليد الطاقّة اللازمة لانقباضها.

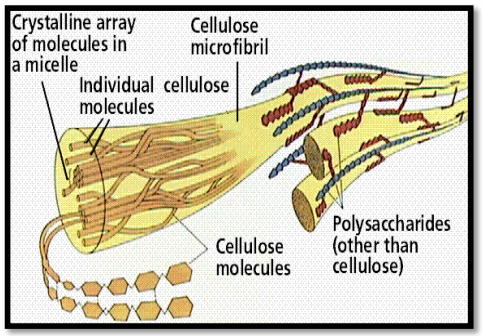


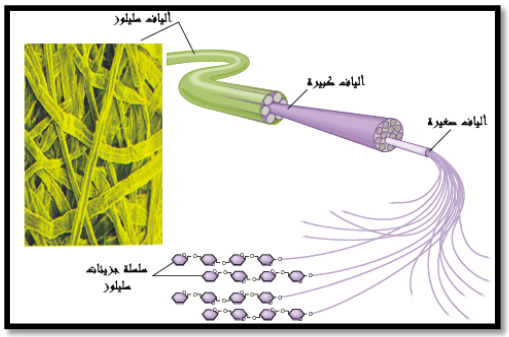
يتكوّن الجليكوجين من وحدات ألفا D غلوكو بيرانوز مرتبط بروابط ألفا (4،1) في السلسلة الخطيّة ، أما على مستوى التفرّع فهو ألفا (6،1).

3. السيليلوز (Cellulose)

يمثّل "السيليلوز" الدّعامة الأساسيّة للنباتات حيث يكوّن جدار خلاياها ويشكّل بُنيتَها، ويعدّ "السيليلوز" المكوّن الأساسي للأجزاء اللّيفيّة في النباتات، إلاّ أنّه غير قابل للهضم بالأنزيمات أو العصارات التّي يفرزها الجهاز الهضمي، لذا لا يتمّ الاستفادة منها في إنتاج الطاقّة، ولكنّها تعدّ ذات أهميّة في منع حدوث الإمساك.

والسيليلوز هو مجموعة من وحدات "الجلوكوز" في تشكيلة خطيّة وفق الصّيغة الجزيئيّة $(C_6H_{10}O_5)_n$ حيث أنّ "n" يكون ما بين 200 و 14 000، والسيليلوز يُشبه كثيراً الصيغة الجزيئيّة للنشاء النّباتي إلاّ أنّه يختلف عنه في نوعيّة الارتباط حيث يكون تارة الارتباط بشكل "ألفا" للأسفل وتارة بشكل"بيتا" للأعلى على التوالي، وذلك ما يفسّر قوّة الروابط بين جزيئات "السيليلوز" وذلك ما نشاهده مثلاً في الجدار السيليلوزي للنباتات الخضراء. والأشكال الموالية تبيّن التركيب الجزئي لسكّر "السيليلوز":





☆ **الحموض (الأحماض) الدسمة:**

إنّ الصيغة الكيميائيّة للأحماض الدّسمة هي عبارة عن سلاسل فحميّة تنتهي بمجموعة حمضيّة **(-COOH)** حيث يكون فيها عدد ذرات الكاربون زوجي وتقسّم الأحماض إلى قسمين:

. أحماض دسمة مُشبّعة:

لا تحتوي على روابط مزدوجة وتكون في حالة صلابة بدرجة الحرارة العادية، صيغتها العامّة: $C_nH_{2n}O_2$

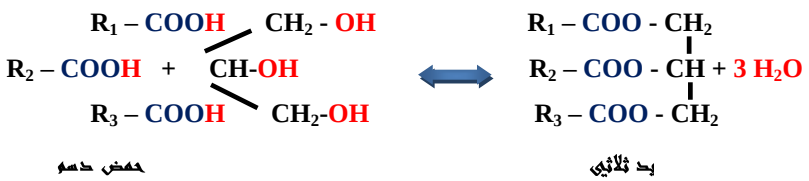
مثل: حمض الزبدة $C_4H_8O_2$ ، وحمض الشمع $C_{18}H_{36}O_2$

. أحماض دسمة غير مُشبّعة:

تحتوي على رابطة مزدوجة واحدة أو أكثر، وتوجد بحالة سائلة في درجة الحرارة العادية، صيغتها العامّة: $C_nH_{2n-2}O_2$

مثل: حمض الزّيت $C_{18}H_{34}O_2$

إذن: يتمّ ارتباط كحول "**الغليسيرول**" مع "**الأحماض الدّسمة**" لتشكيل "**الغليسيريد**"، كما يلي:



حمض دسم — بد ثلاثي

فإذا كان $R_1 = R_2 = R_3$ (أي نفس الحمض الدّسم) فالغليسيريد متجانس، أمّا إذا كانت مختلفة (أي ليست نفس الحمض) فالغليسيريد غير متجانس، ومن أمثلة الغليسيريدات: الزّيتين، النّخلين، الشمعين ... الخ.

والغليسيريدات تشكّل الأغذية الخلوية الادّخاريّة، وهي تكثر في المادّة الحيّة ومنها: الزّيوت النّباتيّة.

ب. الستيريدات:

تنشأ الدّسم البسيطة من نوع "**الستيريدات**" من اتّحاد حموض دسمة مع كحول من نوع "**الستيرول**" مثل: الكوليستيرول وهي مركّبات حلقيّة معقّدة.

والستيريدات كثيرة الانتشار في المادّة الحيّة، وهي تؤلّف القسم الأساسي لعدد من الفيتامينات مثل: فيتامين D وكذا الهرمونات الجنسيّة.

ج. السّيريدات:

تنشأ الدّسم البسيطة من نوع "**السّيريدات**" من اتّحاد حموض دسمة مع كحول من نوع "**السّيرول**"، وهي مركبات صلبة عديمة اللّون، تشكّل الشّموع النباتيّة والحيوانيّة كشمع النّحل والكيوتين في بشرة الأوراق والسّيقان وأغلفة البكتيريا .. وهي تلعب دوراً واقياً وتمتاز بحالة الصّلابة في درجة الحرارة العادية.

2.3. الدّسم المعقّدة:

هي أسترات لأحماض دسمة مع كحول مرتبطة مع مركّبات أخرى كحمض الفوسفور أو مركّب آزوتي أو كبريتي أو مركّبات أخرى كالسكّريّات مثلاً، ومن أهمّ الدّسم المعقّدة المعروفة ما يلي:

أ. فوسفو غليسيريد:

يتكوّن من: **حموض دسمة + غليسيرول + حمض الفوسفور + قاعدة آزوتية.**

ومن أمثلة الدّسم المعقّدة من نوع "الفوسفو ليبيد": الكولين واللّيسيثين، وتدخل هذه المركّبات المعقّدة في بنية العُضيّات الخلويّة كالميتوكوندري والصانعات والأغشية الهيوليّة.

ب. سفنغو ليبيد:

يتكوّن من: **سفنغوزين + حموض دسمة + غليسيرول + حمض الفوسفور + قاعدة آزوتية.**

ومن الدّسم المعقّدة من نوع "السفنغو ليبيد":النّخاعين الذي يُحيط بالمحاور الأسطوانيّة، أي يدخل في تركيب المادّة البيضاء.

4. الخواصّ الفيزيائيّة والكيميائيّة للدّسم:

1.4. الذّوبان:

أ. **في الماء:** لا ينحلّ الدّسم (الزّيت مثلاً) في الماء بل يطفو فوقه، لأنّ كثافته أقلّ من كثافة الماء.

ب. **في المذيبات العضويّة:** ينحلّ الدّسم في المذيبات العضويّة.

2.4. التفاعل اللّوني:

يتلوّن الدّسم بالأحمر مع محلول "**أحمر السودان III**".

3.4. الإماهـــة:

يتفكّك الدّسم بوجود الماء ووسيط مثل: H_2SO_4 وحرارة (150^0م) إلى: كحول وأحماض دسمة.

$$\text{دسم + ماء} \xrightarrow[150^0\text{م}]{H_2SO} \text{كحول + أحماض دسمة.}$$

4.4. التصبّن:

يشكّل الدّسم مع القواعد أملاحاً للأحماض الدّسمة تسمّى: الصّابون، وفقاً للمعادلة التالية:

* **تمرين موجّه:** إليك الصّيغة الكيميائيّة لحمض الستياريك: $CH_3\ (CH_2)_{16}\ COOH$ وهو حمض دسم.

1. ما هي الصيغة الكيميائيّة لغلسيريد هذا الحمض.
2. أكتب معادلة إماهة الغلسيريد الناتج في وسط قاعدي (Na OH).

المحور الرّابع: البروتيـدات (البروتينات) *Les Protéines*

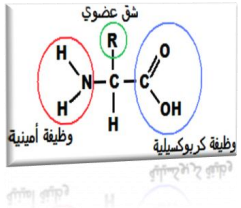
★ تمهيـــد:

جميع الكائنات الحيّة تحتوي على " **البروتيدات**" دون استثناء ممّا يُعطي لهذه المركّبات أهميّة خاصّة، حيث تؤلّف نسبةً عاليةً تتراوح ما بين **60 - 70 %** من الوزن الجافّ للكائنات الحيّة، وهي مركّبات رباعيّة العناصر (**C, H, O, N**) تُدعى بالمركّبات الآزوتيّة، وتُقسّم إلى ثلاث مجموعات كبيرة هي: **1. الحموض الأمينيّة**. **2. البيبتيدات**. **3. البروتينات**.

أولاً: الحُموض (الأحماض) الأمينيّة

أبسط البروتيدات على الإطلاق، تدخل في تركيب جميع البرتيدات الأخرى فهي الوحدات البنائيّة لها.

أ. الصيغـة العامّـة:



تحتوي جميع الأحماض الأمينيّة وظيفتين (جزء ثابت):

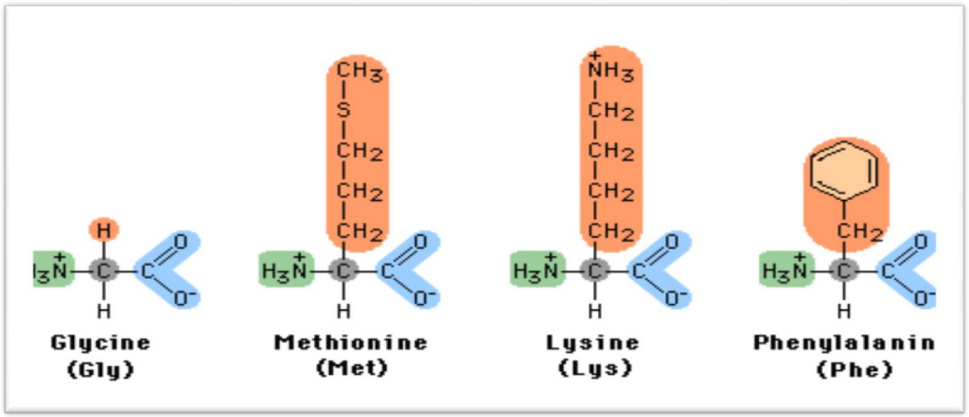
- ✓ وظيفة حمضيّة أو كاربوكسيليّة (**COOH**).
- ✓ وظيفة قاعديّة أو أمينيّة (NH_2).

أمّا **R** فيُمثّل: جذر الحمض الأميني، ويختلف من حمض أميني لآخر (جزء متغيّر).

فمثلاً: **H = R** الحمض هو: الغليكوكول (**الغليسين**).

CH_3 = R الحمض هو: **الآلالين**.

CH_2OH = R الحمض هو **السيرين**.



ب. الخاصيّة الكيميائيّة المميّزة للأحماض الأمينيّة:

تحتوي الأحماض الأمينيّة مجموعتين متناقضتين تماماً في الخواصّ، الكاربوكسيل (**COOH**) وهي وظيفة حمضيّة، والأمين (NH_2) وهي وظيفة قاعديّة، لذا فهي "مركّبات حمقليّة" أو "أمفوتوريّة".

يُعتبر الحمض الأميني المتبلور الذّائب في الماء "أيون ثنائي القطب" ويُدعى "أيون زويتر"، في وسط متعادل الـ: **PH**

حيث يسلك هذا الحمض تارةً سلوك الحمض (معطي أو مانح للبروتينات) ، وتارةً أخرى سلوك القواعد (مستقبل للبروتونات) وذلك حسب الوسط، فهو إذن: يسلك سلوك الحمض في وسط قاعدي وسلوك القاعدة في وسط حمضي.

ج. أسترة الاحماض الأمينيّة:

نظراً لوجوج الوظيفة الحمضيّة في الاحماض الأمينيّة فإنّها تتفاعل مع الكحولات لتُعطي أسترات، ففي وسط حمضي وبوجود كحول يتمّ ما يلي:

د. تصنيف الأحماض الأمينيّة (أنواعها):

1. **أحماض أمينيّة متعادلة:** وهي الأحماض الأمينيّة وحيدة الأمين وحيدة الحمض.
   - **مثلاً:** حمض الآلالين.
   - حمض الفالين.
   - حمض الغليسين.
2. **أحماض أمينيّة حمضيّة:** ثنائيّة الحمض وحيدة الأمين.
   - **مثلاً:** حمض السبارتيك.
   - حمض الجلوتاميك.
3. **أحماض أمينيّة قاعديّة:** ثنائيّة الأمين وحيدة الحمض.
   - **مثلاً:** حمض الليسيثين.
   - حمض الأرجنين.
   - حمض الهيستيدين.

قائمة المراجع المعتمدة في تحضير مقياس: "الكيمياء الحيويّة":

. أولاً: المراجع باللغة العربيّة:

1. نوال الحسن: **مبادئ في الكيمياء العضوية**، مكتبة الهدى، القاهرة، 2008.
2. نوال الحسن: **الكيمياء الحيوية**، مكتبة الهدى، القاهرة، 2009.
3. واضحة أبو ذهبي: **الكيمياء العامة**، دار الكتاب للنّشر والتّوزيع، ج1 و ج2، الأردن، 2011.

. ثانياً: المراجع باللغة الأجنبيّة:

4. **Noual Elhasen ; biochemistry (Theory and Practice), 2009.**
5. **Manel. R ; Introduction To Biochemistry, 2010.**
6. **Fatma. N : Biochemistry (a short Course), 2011.**
7. **Mialaret G. (1984). Les sciences de l'éducation. Paris : Puf.**
8. **Plaisance, E. Vergnaud, G. (1993). Les sciences de l'éducation. Paris : La Découverte.**
9. **Reboul O. (1995). La philosophie de l'éducation. Paris : Puf.**
10. **Mauco G. (1993). Psychanalyse et éducation. Paris : 2008.**
11. **www.badnia.com.**

ثانياً: البيبتيدات:

تتميّز بوجود روابط بيبتيديّة (**CO - NH**) وذلك نتيجة اتّحاد الأحماض الأمينيّة مع بعضها، فإذا كان عدد الاحماض الأمينيّة المتّحدة مع بعضها من **10 – 99** فيُطلق على المركّب النّاتج بمتعدّد البيبتيد، أمّا إذا كان حامضان فيسمّى "ثنائي البيبتيد" وفي حالة ثلاثة احماض امينيّة فيسمّى "ثلاثي البيبتيد" ... وهكذا.

ونظراً لوجود الوظيفتين الحمضيّة والأمينيّة في الأحماض الأمينيّة، يُمكن لهذه الأحماض أن تتّحد مع بعضها مع فقدان جزيئة ماء، وذلك باتّحاد المجموعة الأمينيّة لحمض أميني مع المجموعة الحمضيّة للحمض الأميني الآخر مشكّلةً "رابطة بيبتيديّة"، كما يلي:

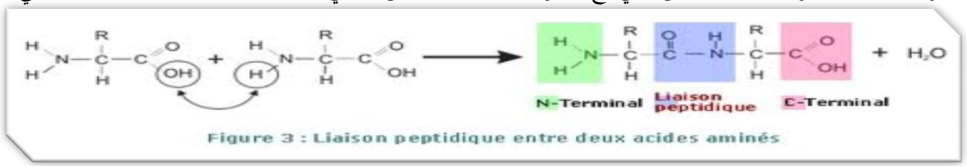


Figure 3 : Liaison peptidique entre deux acides aminés

المركّب النّاتج يدعى: "ثنائي البيبتيد، يحتوي كذلك على وظيفة حمضيّة وأخرى أمينيّة ممّا يسمح له بالاتّحاد مع حمض أميني ثالثا برابطة بيبتيديّة ثانية فيشكّل "ثلاثي البيبتيد" ... وهكذا، يتشكّل متعدّد البيبتيد.

ثالثاً: البروتينات:

البروتينات هي المركّبات التي لا يقلّ عدد الأحماض الأمينيّة فيها عن "المائة"، فهي ذات أوزان جزيئية عالية، حيث تختلف عن بعضها من حيث:

- ✓ عدد الأحماض الأمينيّة الداخلة في تركيبها.
- ✓ انواع الاحماض الأمينيّة الداخلة في تركيبها.
- ✓ ترتيب الاحماض الامينيّة داخل الجُزيئة.
- ✓ التّركيب البنائي لها.

شكل (١٢): التركيب الأولي للبروتين الذي يوضح كيفية تتابع الأحماض الأمينية في سلسلة أفقية.

وهذا ما يُفسّر وجود عدد هائل (لا نهائي) من البروتينات، بحيث أنّه لكلّ نوع حيواني أو نباتي بروتيناته الخاصّة به (بروتينات نوعيّة)، أي أنّها: اللغة البروتينيّة التي تُكتب بـ: **20** حمض أميني، كاللّغة العربيّة التي تُكتب بـ: **28** حرفاً.