الكربوهيدرات

Carbohydrates

السكريات الاحادية ← هي ج
ف: مزدوج / ثنائيّ / علوكوز / غالاكتوز / ج

السكريات الثنائية سلاسل
س: سكروز ع: لاكتوز م: مالتوز

السكريات المتعددة ← simple → complex
س: سيليلوز ع: جيلاكوجين
ن ← تتألف السيلوز ← السيلوبكتين

General characteristics

المصطلح جاء من "ماء" (H2O) الكربون (C).

- The term came from the hydrate (H2O) of carbon (C)
- It has the general formula (CH2O)n — لها الصيغة العامة: n(CH2O)
- The most abundant compounds found in nature — تعد من أكثر المركبات وفرة في الطبيعة
- Used as source of energy and energy storage — تستخدم كمصدر للطاقة ولتخزين الطاقة
- Can be converted into fats and proteins — يمكن تحويلها إلى دهون وبروتينات.
- Important in the formation of genes, vitamins and drugs — مهمة في تكوين الجينات والفيتامينات والأدوية
- Participate in biological transport

Classification of carbohydrates

- **Monosaccharides**: (سكريات أحادية): ثلاثيات، رباعيات، خماسيات، سداسيات
  - **Trioses**, **tetroses**, **pentoses** and **hexoses**
  - Examples: glucose, galactose, mannose, fructose

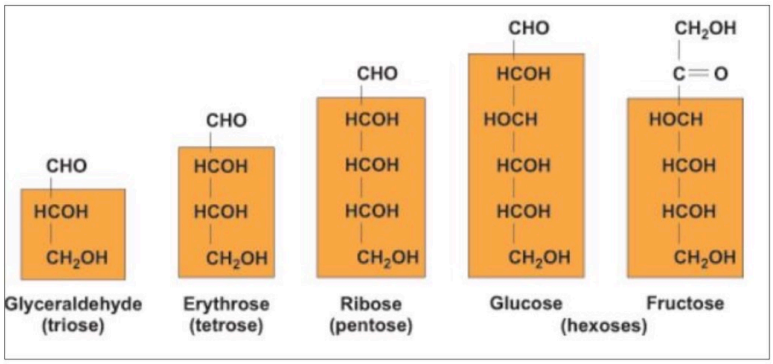
- **Disaccharides: 2** monosaccharides **covalently linked** (e.g. Sucrose, maltose, lactose) (سكريات ثنائية): 2 سكريات أحادية مرتبطة تساهميًا

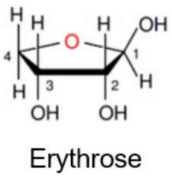
- **Oligosaccharides**: (سكريات قليلة): 3، 4، 5 إلى 9 أو 10 وحدات مرتبطة تساهميًا
  - Tri, tetra, penta up to 9 or 10 units covalently linked

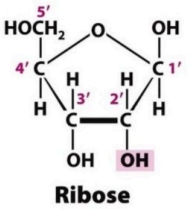
- **Polysaccharides or glycans**
  - **Simple** polysaccharides (starch, glycogen, amylopectin)
  - **Complex** carbohydrates (nucleic acid, glycoproteins, glycolipids, ...etc)

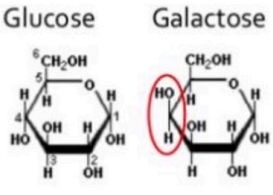
Classification of carbohydrates

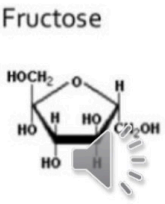
- Monosaccharides:
  - Trioses: glyceraldehyde.
  - Tetroses: erythrose.
  - Pentoses: ribose.
  - Hexoses: glucose, galactose, mannose, fructose.




Erythrose


Ribose




Fructose

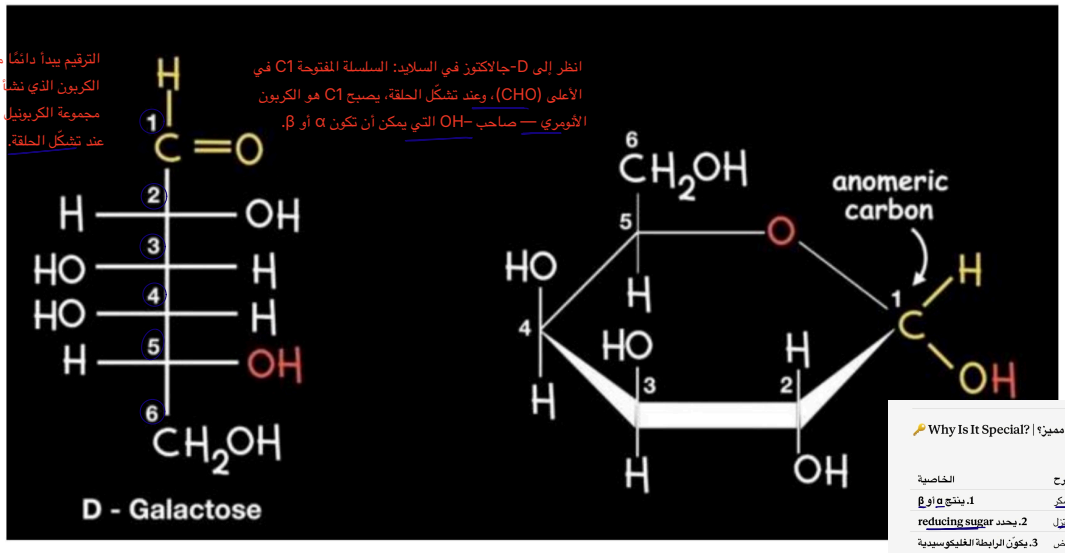
- Monosaccharide are either aldose or ketose

Monosaccharides

- Numbering starts from anomeric carbon

الترقيم يبدأ دائمًا من الكربون الأنومري
الكربون الذي نشأ من — (C1)
مجموعة الكربونيل (ألدهيد أو كيتون)
عند تشكّل الحلقة.

انظر إلى D-جالاكتوز في السلايد: السلسلة المفتوحة C1 في الأعلى (CHO)، وعند تشكّل الحلقة، يصبح C1 هو الكربون الأنومري — صاحب OH– التي يمكن أن تكون α أو β.



Why Is It Special? | ليش هو مميز؟

له 3 خصائص فريدة:

الخاصية	الشرح
1. ينتج α أو β	يعطي شكلين مختلفين للسكر
2. يحدد reducing sugar	او OH حرة = سكر مُختزل
3. يكوّن الرابطة الغليكوسيدية	عنده تترابط السكريات ببعض

الجلوكوز في البداية شكله سلسلة مستقيمة فيها مجموعة الدهيد (CHO) على الكربون رقم 1
عندما يذوب الجلوكوز في الماء، C1 يتفاعل مع OH الموجود على C5
لحظة إغلاق الحلقة:

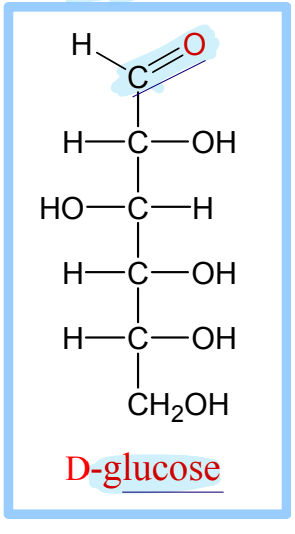
- (الدهيد) C=O كان عنده C1
- الآن أصبح عنده C-OH جديدة
- هذه الـ OH الجديدة يمكن تكون فوق أو تحت الحلقة

α ↙ ↘ β

Monosaccharides

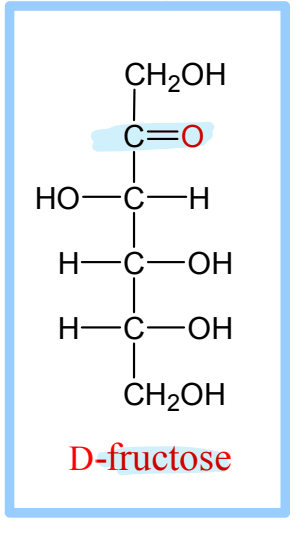
- Either aldose or ketose

Aldose

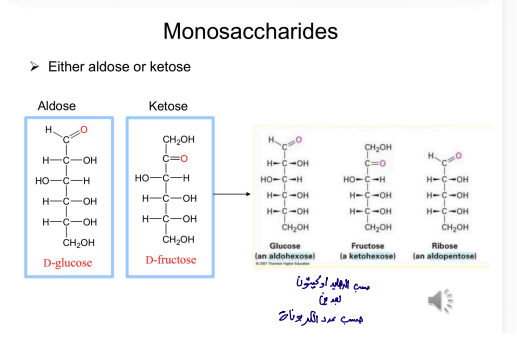


D-glucose

Ketose



D-fructose



Glycosidic bond

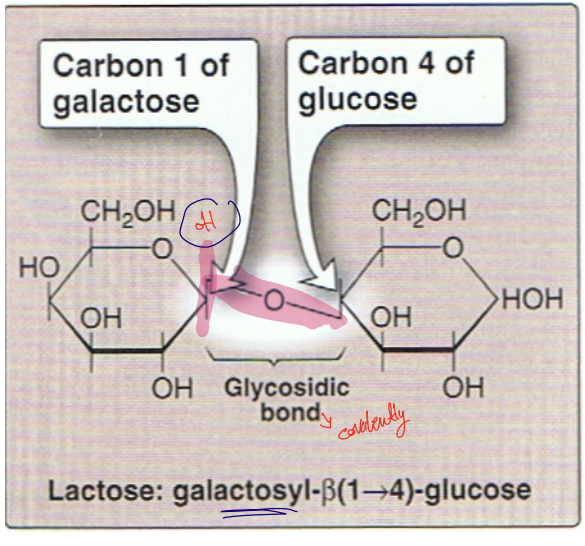
- For di- and polysaccharides

تتكون الرابطة الغليكوسيدية بين وحدتي سكر — تحديدًا بين الكربون الأنومري لسكر ما ومجموعة هيدروكسيل (–OH) لسكر آخر، مع إطلاق ماء.

- Can form O- or N-glycosidic bond

السكر ارتبط مع N بتبعت لـ A.A Terminal

anomeric carbon ↓ بين *
(OH) of another carbon sugar



-: لازم يكون —
① (b) Glycosidic bond.
② (u) Glycosidic bond.
nucleotides

β الي من فوق
α الي من تحت

Disaccharides

Maltose (مالتوز): هو سكر ثنائي
يحتوي على رابطة جليكوسيدية
α(1→4) بين C1 - C4 OH
لاثنين من جزيئات الجلوكوز.

- **Maltose**: is a disaccharide with an α(1 → 4) glycosidic link between C1 - C4 OH of 2 glucoses.

Cellobiose (سيلوبيوز): هو نفس الفكرة تقريبًا لكن من نوع
β anomer (على الأكسجين C1 الأعلى)، ومرتبط برابطة جليكوسيدية β(1→4).

- **Cellobiose**: is the otherwise equivalent **b** anomer (O on C1 points up) linked by b(1→ 4) glycosidic linkage

Sucrose (سكروز): سكر المائدة الشائع، يحتوي على رابطة جليكوسيدية تربط
الـ anomeric hydroxyls للجلوكوز والفركتوز، ونوع الربط هو α(1→2).

- **Sucrose**, common table sugar, has a glycosidic bond linking the anomeric hydroxyls of glucose & fructose. the linkage is a(1□2)

Lactose (لاكتوز): سكر الحليب، مكوّن من جالاكتوز + جلوكوز،
وبرابطة β(1→4) من الـ anomeric OH للجالاكتوز.

- **Lactose**, milk sugar, is composed of galactose & glucose, with b(1□4) linkage from the anomeric OH of galactose.

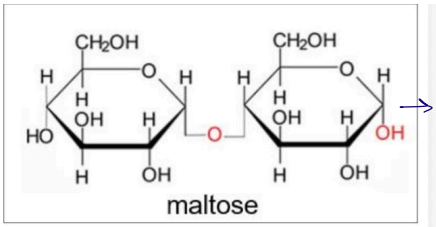
Disaccharides

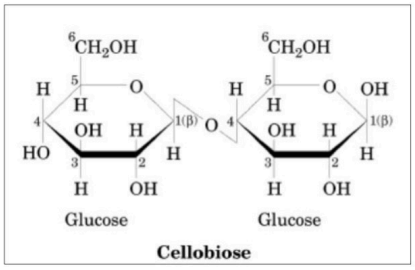
- **Maltose**: is a disaccharide with an α(1 → 4) glycosidic link between C1 - C4 OH of 2 glucoses.

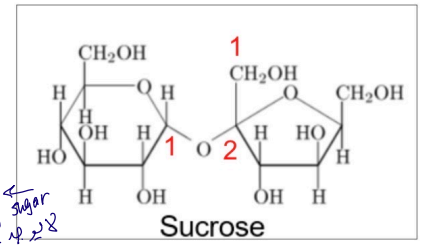
- **Cellobiose**: is the otherwise equiva anomer (O on C1 points up) linked by β(1→ 4) glycosidic linkage

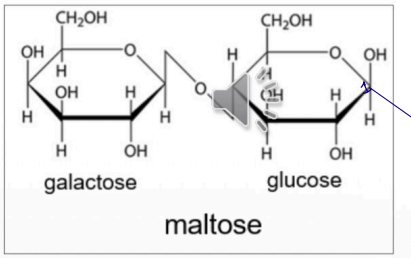
- **Sucrose**, common table sugar, has a glycosidic bond linking the anomeric hydroxyls of glucose & fructose. the linkage is α(1→2)

- **Lactose**, milk sugar, is composed of galactose & glucose, with β(1→4) linkage from the anomeric OH of galactose.









جدول المقارنة النهائي

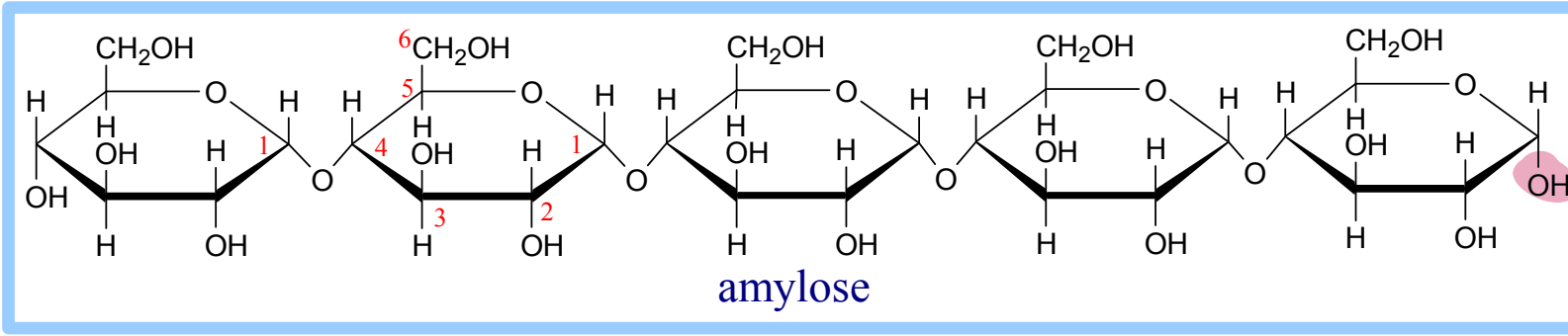
السكر	المكونات	الرابطة	Reducing?	مصدره
Maltose	Glc+Glc	α(1→4)	نعم ✅	هضم النشا
Cellobiose	Glc+Glc	β(1→4)	نعم ✅	السليولوز
Sucrose	Glc+Fru	α(1→2)	لا ❌	سكر المائدة
Lactose	Gal+Glc	β(1→4)	نعم ✅	الحليب

حيلة الحفظ

"سكروز مو مُختزِل لأنه ربط الاثنين من أنومريهم"

Polysaccharides

- **Plants** store glucose as **amylose** or **amylopectin**, glucose polymers collectively called starch.
- Glucose storage in **polymeric** form **minimizes osmotic effects**.
- **Amylose** is a glucose polymer with **a(1→4)** linkages.
- The end of the polysaccharide with an anomeric C1 not involved in a glycosidic bond is called the **reducing end**.



Sugar isomers

المركبات التي لها نفس الصيغة الكيميائية

- Compounds with the same chemical formula are called isomers.

إذا اختلف متماكبان من السكريات الأحادية في الترتيب (configuration) حول ذرة كربون واحدة محددة (ما عدا كربون مجموعة الكربونيل)، فانهما يُعتبران Epimers ليبعضهما

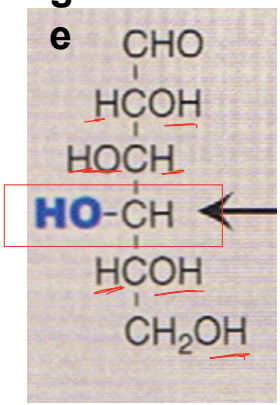
- **Epimers**: If two monosaccharide isomers differ in configuration around one specific carbon atom (with the exception of the carbonyl carbon), they are defined as epimers of each other.

إذا كان زوج من السكريات عبارة عن صور مرآة لبعضهما (enantiomers)، فإن كل واحد منهما يُسمّى D-sugar و L-sugar

- If a pair of sugars are mirror images of each other (enantiomers), the two members of the pair are designated as D- and L-sugars.

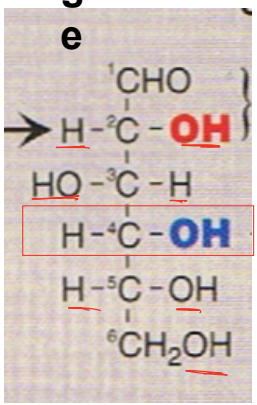
All amino acids found in proteins are of the L-configuration

galactose



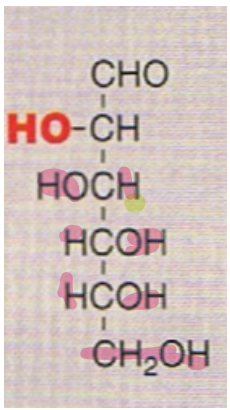
epimer

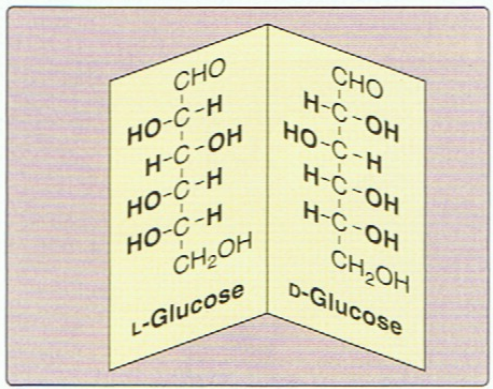
glucose

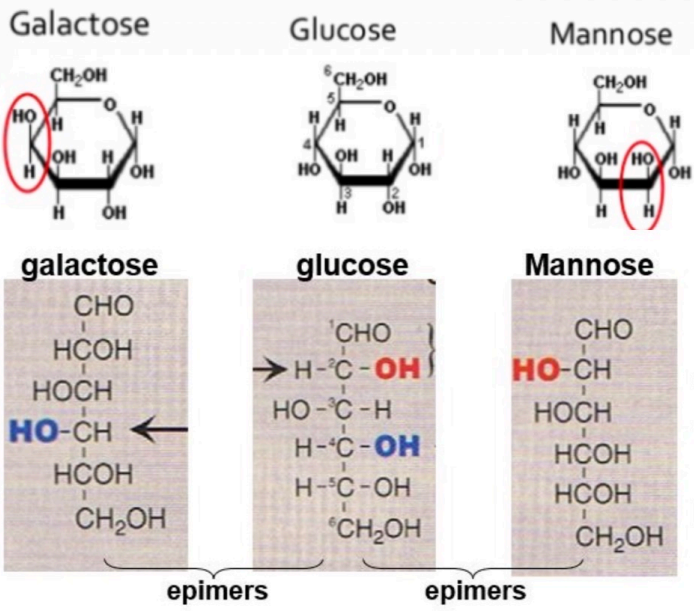


epimer

Mannose



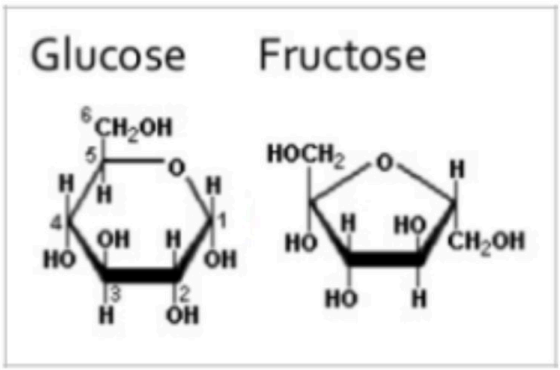




Glucose and galactose are C4 -epimers.
Glucose and mannose are C2-epimers.

Mannose and Galactose are not epimers.

لي لانو أكثر من كربون فيها الاختلاف



Glucose and fructose are isomers, but not epimers

نفس الصيغة الجزيئية
لكن التركيب مختلف للذرات

السكر في الطبيعة ما يبقى سلسلة مستقيمة يتحول لـ حلقة
وعند تكوين الحلقة، ينشأ الكربون الأنومري ويعطينا α أو β
الـ C1 يتحول من C=O إلى C-OH
هذه الـ OH الجديدة تقدر تكون في اتجاهين:

القاعدة البسيطة

الاسم	موضع OH على C1
α-glucose	تحت الحلقة (below)
β-glucose	فوق الحلقة (above)

سكريات أحادية

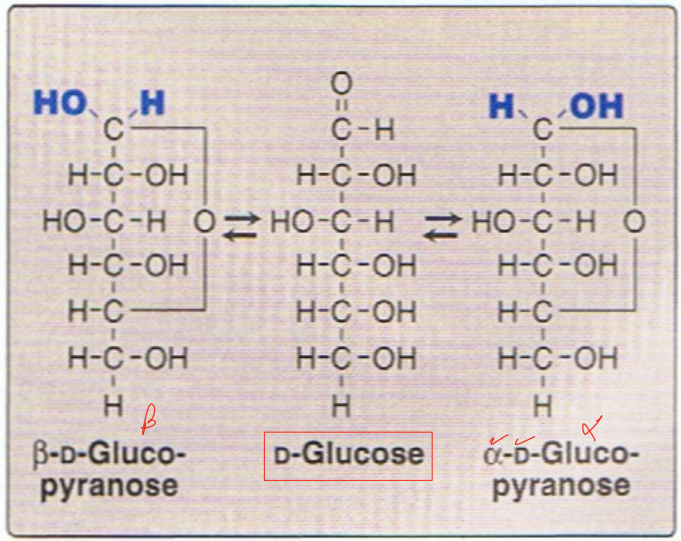
α and β sugars

عندما تتحول السكر إلى شكل حلقي (cyclizes)، يتكوّن كربون أنوميري (anomeric carbon) من مجموعة الألدهيد في الألدوز (aldose) أو مجموعة الكيتون في الكيتوز (ketose).

- When a sugar cyclizes, an anomeric carbon is created from the aldehyde group of an aldose or keto group of a ketose.

الجلوكوز يُكوّن هيمي أسيتال داخل الجزيء (intra-molecular hemiacetal)، حيث تتفاعل مجموعة الألدهيد عند C1 مع مجموعة OH عند C5 لتكوين حلقة بيرانوز (pyranose) مكوّنة من 6 أعضاء، وسُمّيت نسبةً إلى pyran

- Glucose forms an intra-molecular hemiacetal, as the C1 aldehyde & C5 OH react, to form a 6-member pyranose ring, named after pyran

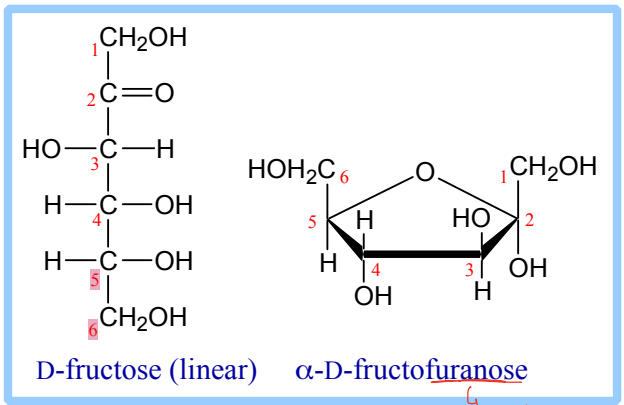


هذا الكربون يمكن أن يكون له شكلان: α أو β. وإذا كان الأكسجين على الكربون الأنوميري غير مرتبط بأي تركيب آخر، فإن هذا السكر يُسمّى سكر مختزل (reducing sugar).

- This carbon can have two configuation, α or β. If the oxygen on the anomeric carbon is not attached to any other structure, that sugar is a reducing sugar
  - a (OH below the ring)
  - b (OH above the ring).

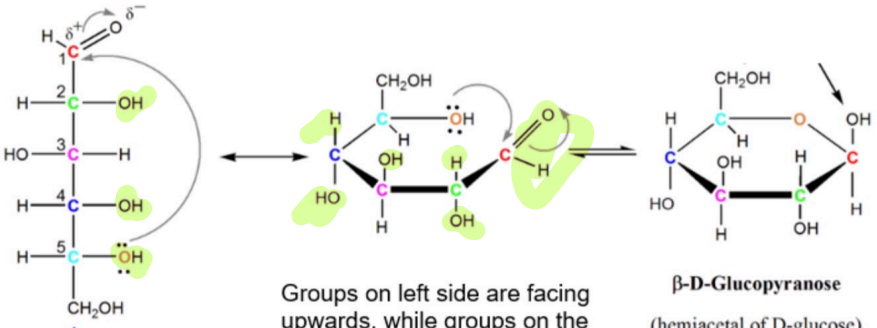
مجموعة الـ OH تكون تحت الحلقة

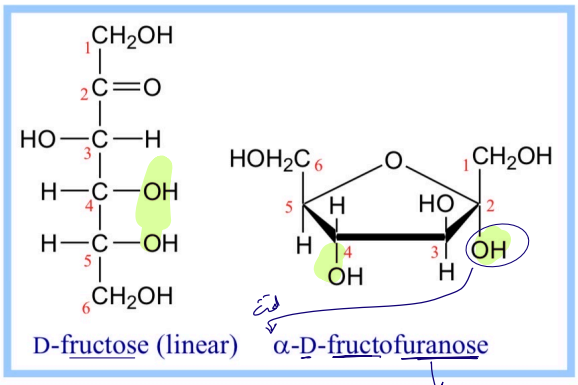
مجموعة الـ OH تكون فوق الحلقة

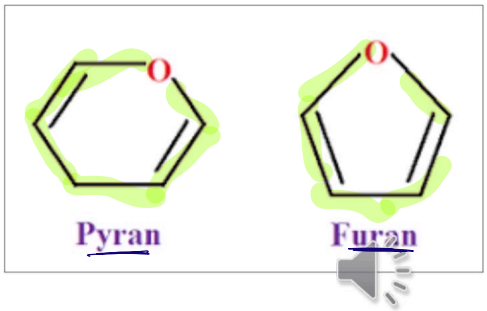


الـ Furan خماسي والـ Pyran سداسي

α and β sugars







السليلوز (Cellulose):
هو عبارة عن بوليمر مكوّن من وحدات غلوكوز مرتبطة بروابط β (بيتا).
الجهاز الهضمي عند الإنسان ما فيه إنزيمات قادرة على تكسير روابط البيتا (مثل إنزيم cellulase)، لذلك السليلوز لا يتم هضمه.
وبما أنه ما بينهضم، فهو ما يتحول إلى monosaccharides (سكريات أحادية)، وبالتالي لا يمكن امتصاصه من الأمعاء

هضم الكربوهيدرات

Digestion of carbohydrates

يبدأ هضم الكربوهيدرات في الفم بواسطة إنزيم α-amylase اللعابي الذي يكسر الرابطة الجليكوسيدية α-1,4

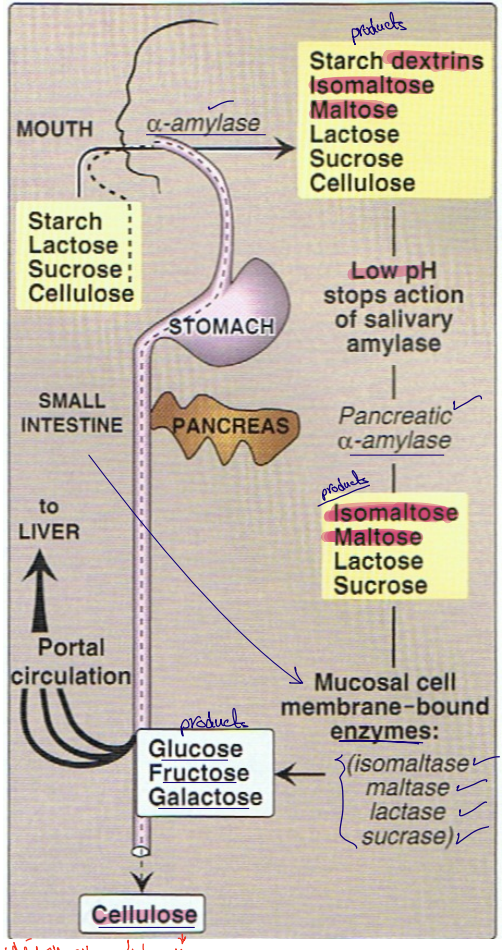
- Digestion of carbohydrates begins in the mouth by salivary α-amylase enzyme which breaks α-1,4 glycosidic bond

يتوقف الهضم في المعدة لأن إنزيم الأميليز يتعطل بسبب الحموضة العالية

- The digestion stops in the stomach because the amylase is inactivated by the high acidity

- further digestion of carbohydrates by pancreatic enzymes occurs in the small intestine by pancreatic amylase

يحدث المزيد من هضم الكربوهيدرات بواسطة إنزيمات البنكرياس في الأمعاء الدقيقة بواسطة الأميليز البنكرياسي



امتصاص السكريات الأحادية

Absorption of monosaccharides

small intestine

يقوم الاثنا عشر (duodenum) والجزء العلوي من الصائم (upper jejunum) بامتصاص معظم السكريات

- The duodenum and upper jejunum absorb the bulk of the sugars.

السكر	طريقة الدخول	يحتاج صوديوم؟	يحتاج طاقة؟	الناقل
Glucose	Active transport	✅	✅	SGLT-1
Galactose	Active transport	✅	✅	SGLT-1
Fructose	Facilitated diffusion	✗	✗	GLUT-5

ملاحظة ذهبية

بعد ما يدخلوا الخلايا:
يطلعوا للدم عن طريق GLUT-2 من الجهة الثانية للخلية

الإنسولين غير ضروري لامتصاص الجلوكوز بواسطة خلايا الأمعاء.

- Insulin is not required for the uptake of glucose by intestinal cells.

يتم نقل الجالاكتوز والجلوكوز إلى خلايا الغشاء المخاطي بعملية نشطة تحتاج طاقة، وتشمل بروتين ناقل محدد، وتتطلب دخول أيونات الصوديوم في نفس الوقت

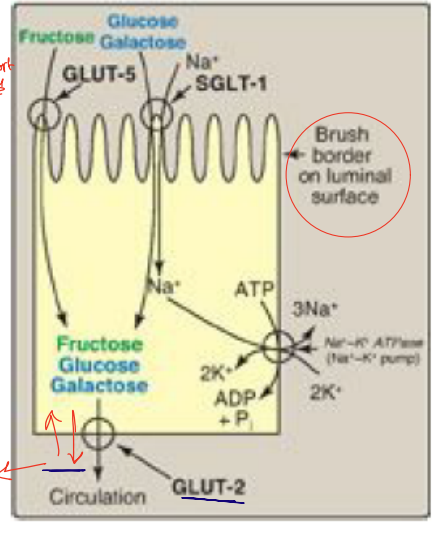
- galactose and glucose are transported to the mucosal cells by an active, energy-requiring process that involves a specific transport protein and requires a concurrent uptake of sodium ions.

active transport ATP لها 2 نوع

SGLT-1

امتصاص الفركتوز يحتاج ناقل سكريات أحادية غير معتمد على الصوديوم وهو GLUT-5

- Fructose uptake requires a sodium-independent monosaccharide transporter (GLUT-5) for its absorption



هاد الناقل يطلع السكر من الخلايا ويدخلها على الخلايا

التحلل غير الطبيعي للسكريات الثنائية

Abnormal degradation of disaccharides

لأن الامتصاص يكون غالبًا للسكريات الأحادية، فإن أي خلل في نشاط إنزيم معين من إنزيمات هضم السكريات الثنائية (disaccharidase) في الغشاء المخاطي للأمعاء يؤدي إلى مرور كربوهيدرات غير مهضومة إلى الأمعاء الغليظة

- Because predominantly monosaccharides are absorbed, any defect in a specific disaccharidase activity of the intestinal mucosa causes the passage of undigested carbohydrates into the large intestine.

نتيجة وجود هذه المواد النشطة أسموزيًا، يتم سحب الماء من الغشاء المخاطي إلى الأمعاء الغليظة، مما يسبب إسهالاً أسموزيًا

- As a consequence of the presence of this osmotically active material, water is drawn from the mucosa into the large intestine, causing osmotic diarrhea.

ويزداد ذلك بسبب تخمير البكتيريا لما تبقى من الكربوهيدرات إلى مركبات تحتوي على ذرتين أو ثلاث ذرات كربون (وهي أيضًا نشطة أسموزيًا)، مما ينتج كميات كبيرة من غازي CO_2 و H_2، وبسبب مغص بطني، إسهال، وغازات (انتفاخ)

- This is reinforced by the bacterial fermentation of the remaining carbohydrate to two- and three-carbon compounds (which are also osmotically active) producing large volumes of CO_2 and H_2 gas, causing abdominal cramps, diarrhea, and flatulence,

التحلل غير الطبيعي للسكريات الثنائية

Abnormal degradation of disaccharides

نقص الإنزيمات الهاضمة

- Digestive enzyme deficiency

عدم تحمل اللاكتوز نقص إنزيم اللاكتاز

- Lactose intolerance: lactase deficiency

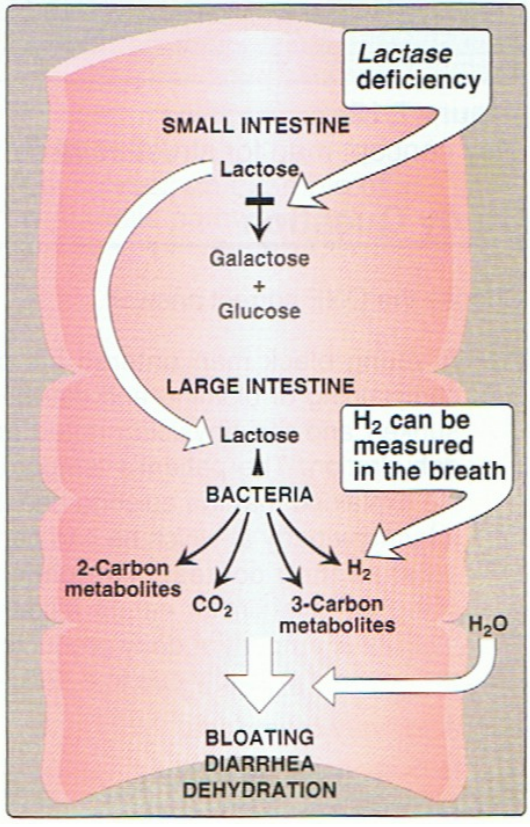
نقص إنزيم Isomaltase-sucrase: خلل في تكسير السكروز (10% من الإسكيمو)

- Isomaltase-sucrase deficiency: defect in sucrose degradation (10% of eskimos)

- Measurement of hydrogen gas in the breath is a reliable test for determining the amount of ingested carbohydrate not absorbed by the body

قياس غاز الهيدروجين في النفس هو اختبار موثوق لتحديد كمية الكربوهيدرات المتناولة التي لم يتم امتصاصها في الجسم

* جسم الانسان لا يستطيع إنتاج غاز H_2 إطلاقاً
إذن لو ظهر H_2 في زفيرك ← جاء من البكتيريا
يعني كربوهيدرات تعفنت بمعدة وهلة القولون.



Deficiency	Disease	symptoms
Lactase	Lactose intolerance	Diarrhea / Bloating → after milk
Isomaltase-sucrase	sucrose intolerance	Diarrhea → after sugar (not eskimos)

Topic	Key Point
General formula	$(CH_2O)n$
Aldose vs Ketose	C=O at C1 vs C2
Anomeric carbon	New chiral center when ring forms
α vs β	–OH down vs up
Reducing sugar	Free anomeric –OH
Sucrose	NON-reducing (α1→β2)
Epimers	Differ at ONE carbon only
Glucose/Galactose	C4 epimers
Glucose/Mannose	C2 epimers
Starch vs Cellulose	α(1→4) vs β(1→4)
Glucose absorption	SGLT-1 (active + Na^+)
Fructose absorption	GLUT-5 (facilitated)
Lactose intolerance	Lactase deficiency → H_2 breath test