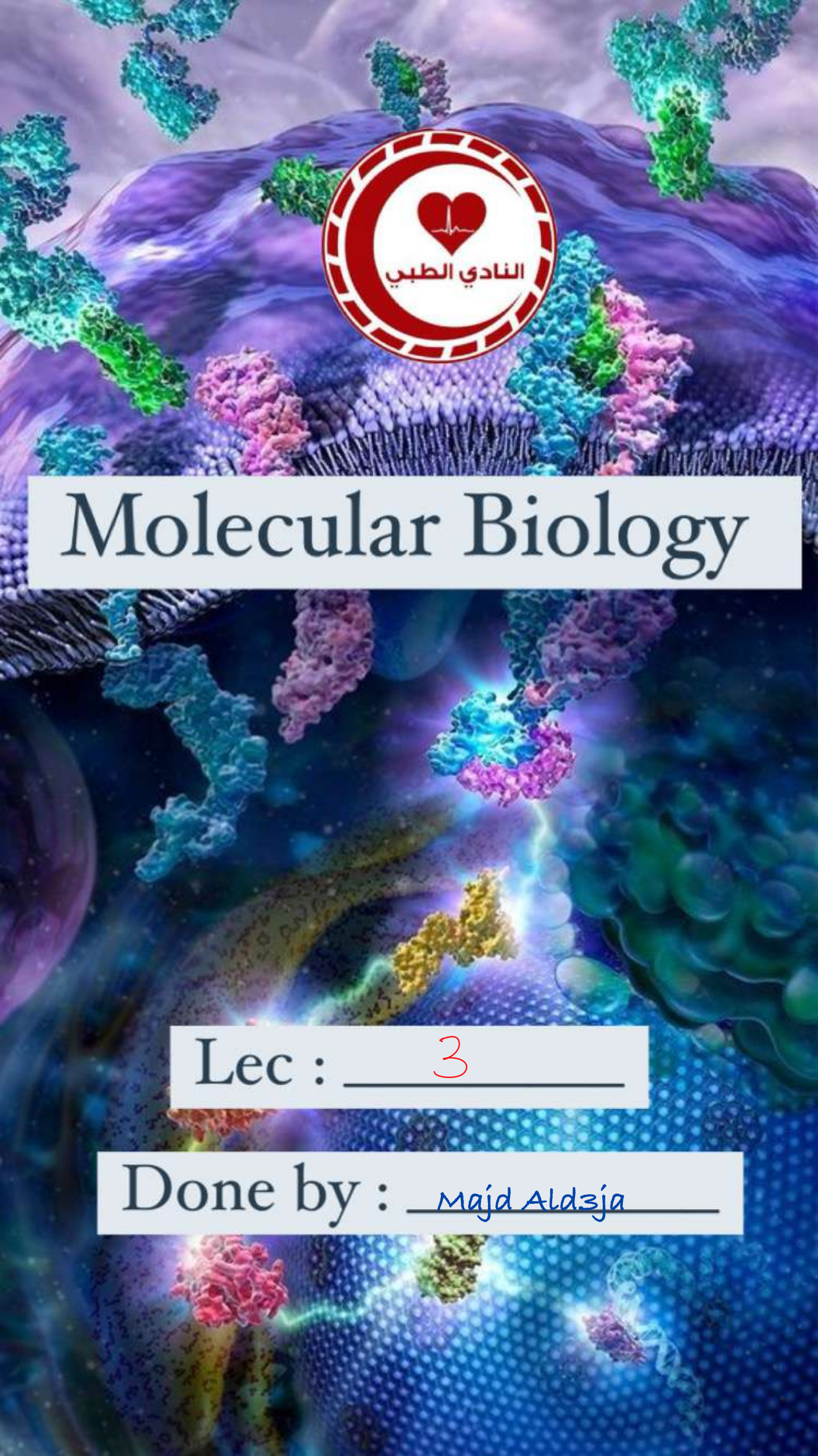


Molecular Biology

Lec : 3

Done by : Majd Aldzja

Carbohydrates of biological importance- lecture 3

Ahmed Salem, MBBCH, MSc, PhD, FRCR
asalem@hu.edu.jo

Majority of sides: Dr. Walaa Bayoumie El Gazzar

Isomerism in carbohydrates: (Summary of what we have seen) ملخص للisomers

Isomers: are compounds that have the same chemical formula (number and type of atoms) but differ in structure (three dimensional orientation of atoms). Several types of isomers exist for carbohydrates:

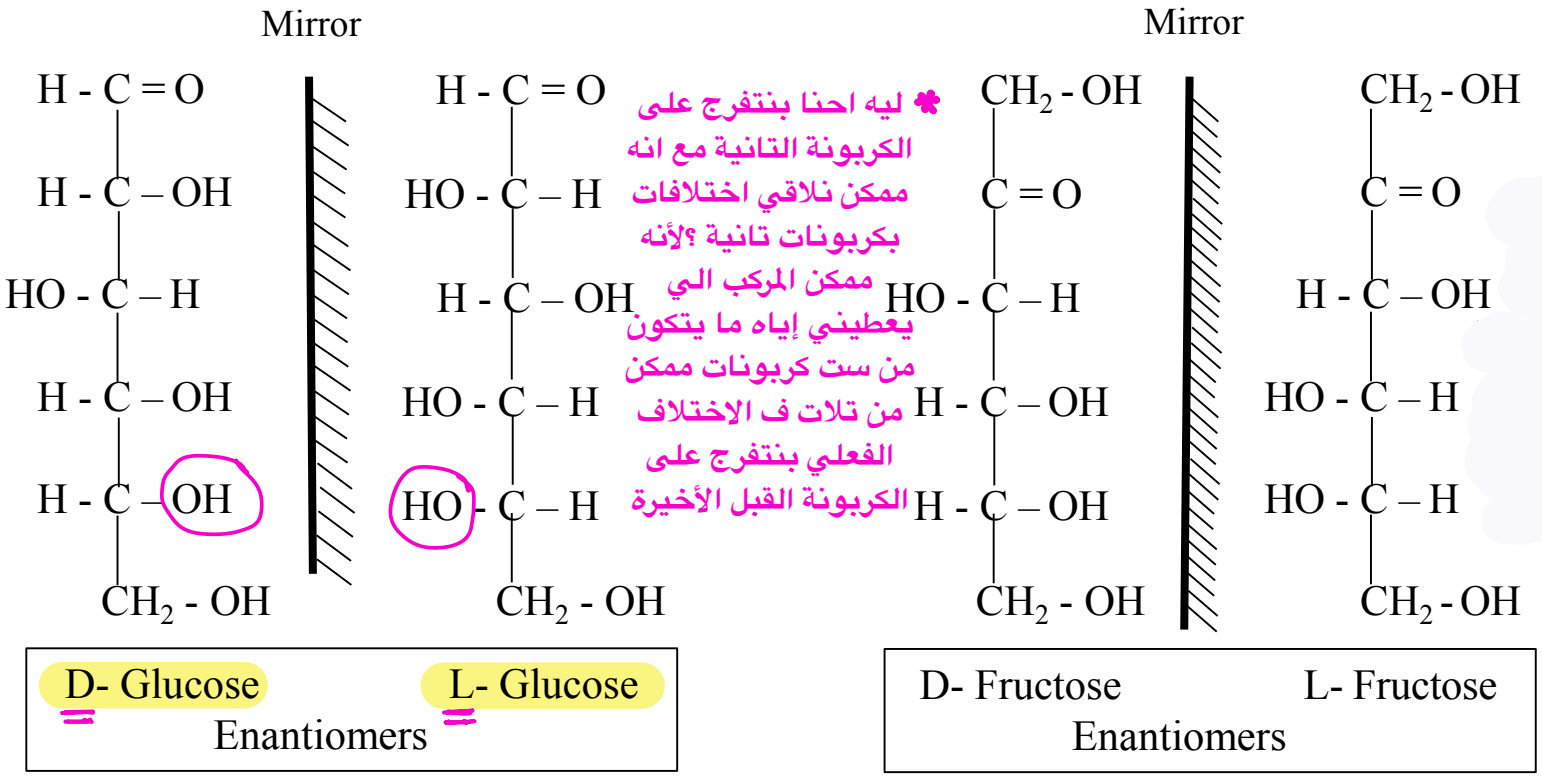
1. Aldo-keto-isomers (Function group isomers): sugars that have either an aldehyde or a ketone group, e.g., D-glucose and D-fructose are aldo-keto hexose isomers; while D-ribose and D- ribulose are aldo-keto pentose isomers, D-glyceraldehyde and di-hydroxyl-acetone are aldo-keto triose isomers. الفرق الوحيد بينهم بال active group
2. Epimers: sugars that differ in the configuration around a single carbon atom other than the aldehyde or ketone group are called epimers, e.g., D-galactose is an epimer of D-glucose (differ in configuration around carbon 4), D-mannose is an epimer of D-glucose (differ in configuration around carbon 2). However, D-galactose and D-mannose are not epimers to each other as they differ in the configuration around 2 carbon atoms.
3. Enantiomers (D and L Isomers): are mirror-image isomers and are designated as either D- or L- sugar. The vast majority of sugars in humans are D-sugars. Racemases are enzymes that can interconvert D- and L- isomers. Most enzymes are specific for either D- or L-forms. We need to have at least one asymmetric carbon atom (i.e., a carbon atom attached to 4 different groups or atoms) to have enatiomeric forms. Glucose has 4 asymmetric carbon atoms and D-glucose and L-glucose are enantiomers.

المركبات اللي الفرق الوحيد بينها انه هاي D و هاي L تعتبر Enantiomers

4. Anomers: are isomers which have different distribution of atoms or groups around the anomeric carbon atom in ring structure of sugars. The anomeric carbon atom is the one that carries an aldehyde or a ketone group in the open chain structures, and only becomes asymmetric in ring structures, e.g., α glucose and β- glucose are anomers.

في عنا بالجسم سكريات بتكون L ف عشان الجسم يستعملها بتيجي إنزيمات في الجسم الي هي Racemases بحولها من L إلى D و في سكريات بتكون D بروح هاد الأنزيم بحولها إلى L

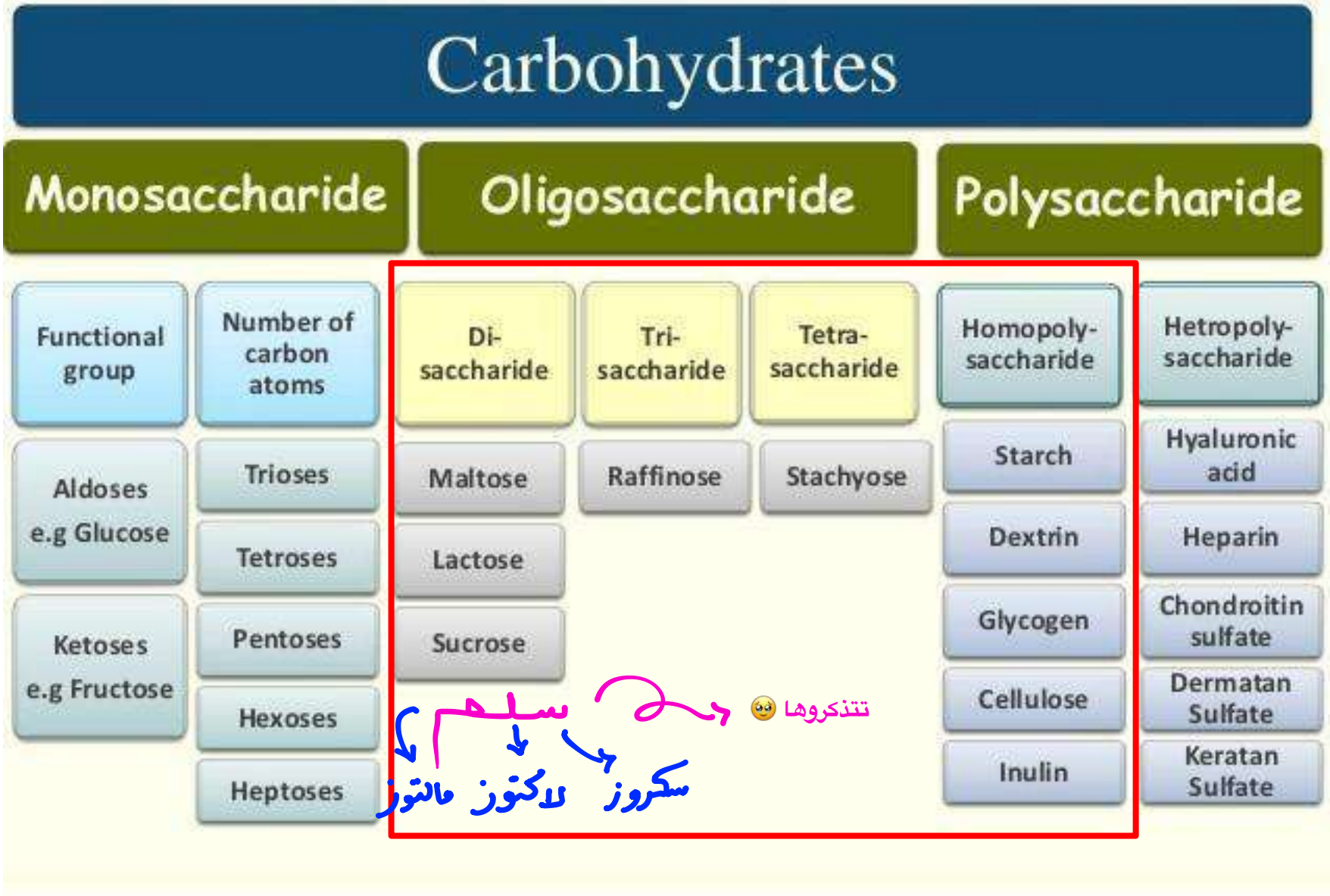
Each of D- and L-Glucose and D- and L-Fructose Are Enantiomers or mirror images to each other



D- Glucose and L-Glucose are mirror images of each other: They are Enantiomers. Both have 4 asymmetric carbon atoms. D- and L-fructose enantiomers have only 3 asymmetric carbon atoms each. Fructose: is a keto-hexose, a sugar with 6 carbon atoms that contains a ketone group. It is the fruit sugar and can be converted to glucose in the liver. It is also produced from glucose in the body during the early stages of glucose oxidation in the cytoplasm of all cells in glycolysis. It is present in the seminal fluid and is important for nourishing the sperms. Fructose is the monomer from which inulin, a homo-polysaccharide is composed. Inulin is used in renal function testing to estimate the glomerular filtration rate.

هون بس بالصورة مبين انه ال Disaccharides تابع للOligosaccharides لكن بالحقيقة
كتابنا مصنف كل وحدة لحال

Classification and Nomenclature



Reducing vs non-reducing sugars

- **Benedict's reagent:** Chemical reagent of sodium carbonate, sodium citrate, and copper(II) sulfate pentahydrate

كان في عالم اسمه Benedict صار بدو يعملنا تفريق بين الreducing sugars و الnon-Reducing sugars ف عمل Benedict's reagent عبارة عن مادة كان يضيفها على السكر تبين إذا هاد السكر reducing or non reducing

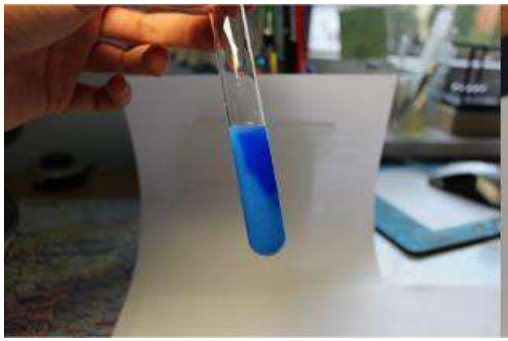
- Detects the presence of aldehydes or ketones (active & **free** carbonyl group)

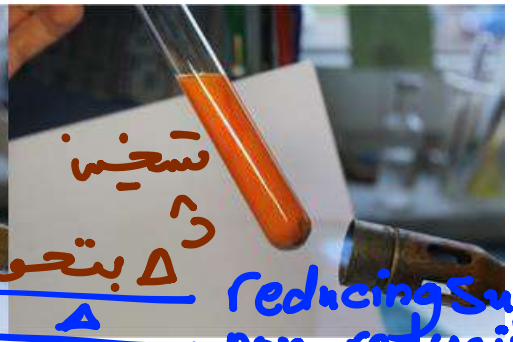
طيب ليه أنا بهمني أعرف إذا هاد المركب reducing or non reducing ؟إذا كان Reducing معناها هاد السكر بقبل يرتبط مع سكر تاني إذا كان Non reducing معناها مستحيل يرتبط مع سكر تاني ف بقدر أميز من شكل السكر

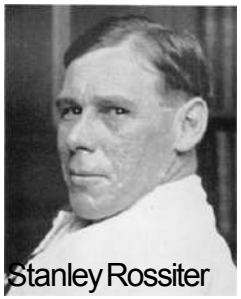
- If oxygen group on the carbonyl group is not attached to any other structure, the sugar is reducing

- Oxidation of the reducing sugar by the cupric (Cu^{2+}) complex of the reagent produces a cuprous (Cu^{+}), which precipitates as insoluble red copper(I) oxide (Cu_2O)

بستخدمهم للتفريق بين الReducing والnon-reducing, مبدأهم : اذا الO الموجودة عالcarbonyl مش متصلة بأي مركب ثاني فهو reducing (وبعطي محلول لونه أحمر عند التسخين) بس اذا كانت متصلة ف non-reducing (و اتصالها مع ذرّة الH يعني انها free برضه لانه كسر الرابطة بينهم سهل ف تعتبر reducing)






Stanley Rossiter Benedict

2

كيف بصير الربط بيناتهم ؟

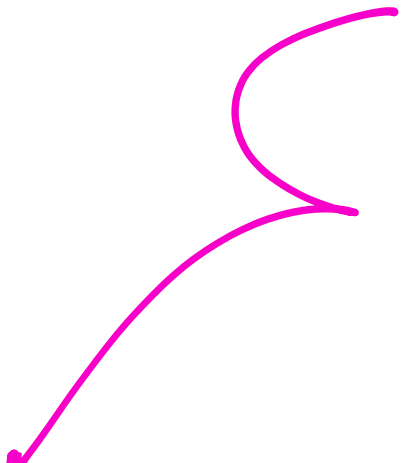
ال carbon (شرط تكون كربونة anomeric) للسكرين بكونوا حاملين ال OH ف برتبطوا مع بعض وبصير الاتي

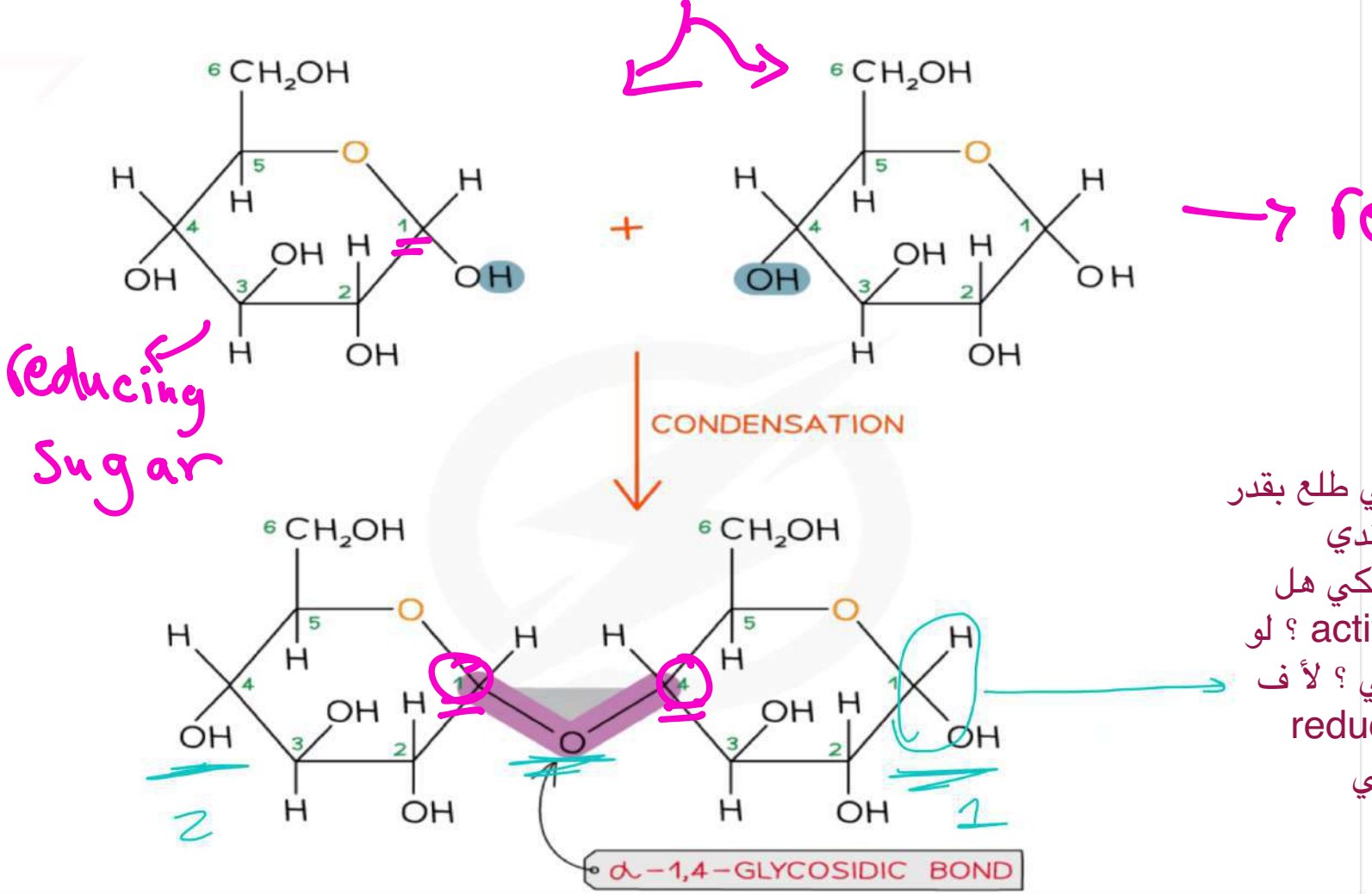
OH+H=H2O

وذرة ال O اللي ضلت بتصير بالنص بين الرابطتين

1

اول اشي بروح لل anomeric carbon /active group (كربونة رقم واحد الدو، رقم ثنين كيتو) بسأل حالي سؤال ، هل مرتبطة مع سكر ثاني ولا لأ ، هسا تحت ال active هي كربونه رقم ١ ومش مرتبطة بسكر ثاني فبحكي انه reducing sugar والثانية برضو نفس الاشي





Reducing Sugar

→ Reducing Sugar

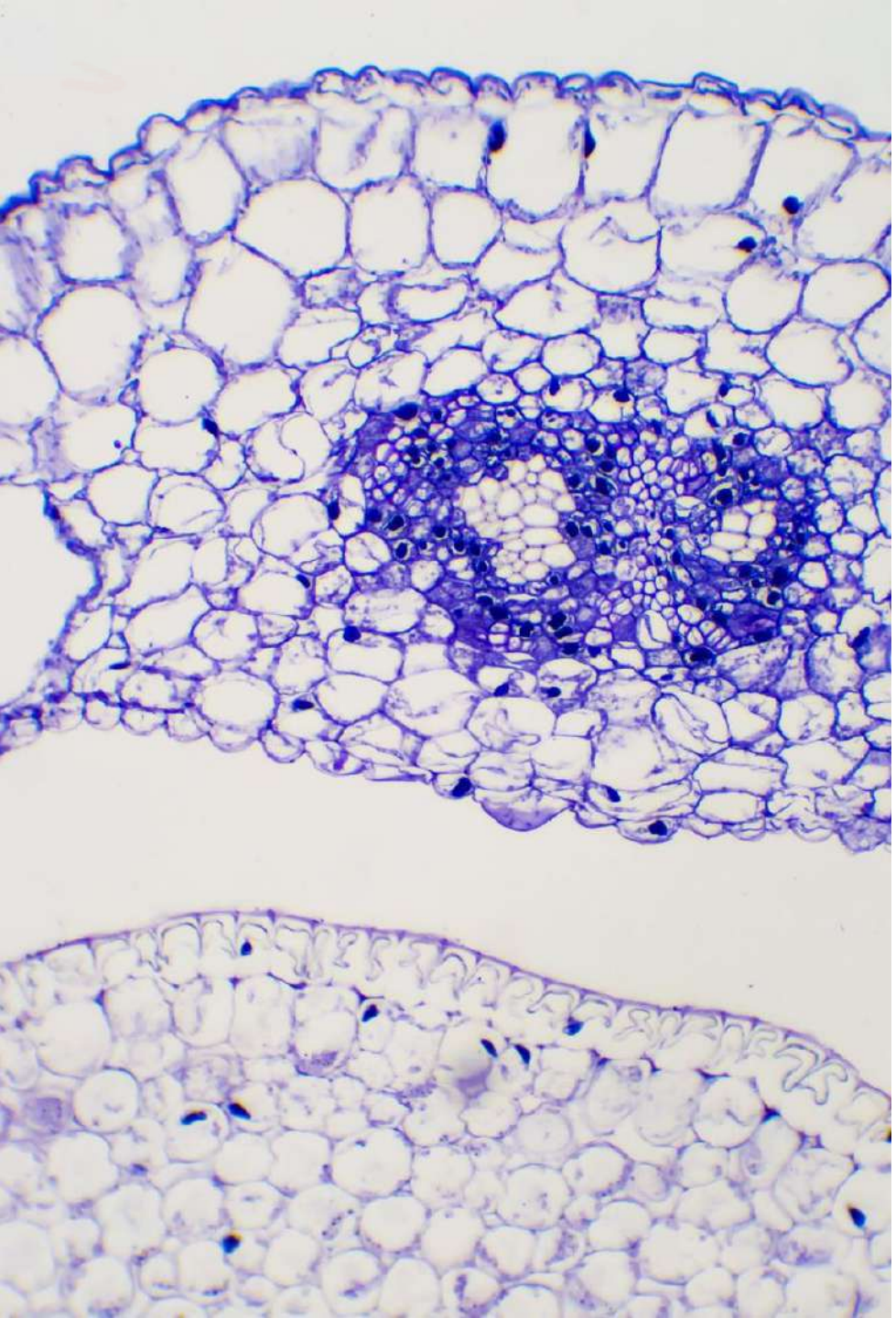
هسا هل هذا المركب الجديد اللي طلع بقدر اربطة مع مركب ثاني ؟ بكون عندي 2ends لهل مركب بشوفهم وبحكي هل هاي النهاية هي ال active group ؟ لو كان اه فهل مرتبط مع سكر ثاني ؟ لأ ف بنسمي هاي ال end ال reducing end فبتقدر ترتبط مع سكر ثاني

هسا النهاية الثانية ما بنقدر نربطها مع غلوكوز ثاني لانها مش ال active

طيب هسا الرابطة الجديدة اللي طلعت معي شو بدي اسميها ؟
بشوف ارقام الكربونات اللي كونوا الرابطة =١+٤
وقبل بشوف هل الغلوكوز الفا او بيتا ، هو الفا
وبنحط
بنشوف انه الفا او بيتا من عند ال reducing
end

α-(1-4) glycosidic bond

* هسا اي رابطة بين سكر واشي ثاني بسمّي الرابطة glycosidic bond واسمها عام ،طبعًا في اشي صح وهو انه نسمي حسب السكر المكون للرابطة ،يعني زي المركب اللي فوق السكرين كان غلوكوز ف بنسمي الرابطة اللي نشأت بيناتهم glucosidic bond وهي اسم اخص وادق ممكن السكرين يكونوا فركتوز او غلاكتوز فبصير اسم الرابطة fructosidic, galactosidic



Glycosidic bond

- The glycosidic linkage is named according to:
- – anomeric carbon to which it is attached (α or β)
- – according to the parent sugar e.g. glucosidic, galactosidic or fructosidic bond

Reducing vs non-reducing sugars

- Sugars can be classified as **reducing** or **non-reducing**; this classification is dependent on their ability to donate electrons

1. **Reducing sugars** can donate electrons (the **carbonyl group** becomes oxidized), the sugars become the reducing agent
   - Reducing sugars can be detected (نحدده) using the **Benedict's test** as they reduce the soluble **copper sulphate** to **insoluble brick-red copper oxide**. Examples: glucose, fructose, maltose

2. **Non-reducing sugars** cannot donate electrons, therefore they cannot be oxidized

To be detected, non-reducing sugars **must first be hydrolyzed** to break the disaccharide into its two monosaccharides before a Benedict's test can be carried out. Example: sucrose

Disaccharides

- Two monosaccharides can be joined by a glycosidic bond (covalent between the hydroxyl group of anomeric carbon) with the loss of a water molecule to make **disaccharides**
- The glycosidic bond always involves the anomeric carbon of one participating sugar. The 2nd sugar participates in this bond by using either:

حكينا لما بدي اعمل رابطة غلايكوسيدية لازم على الاقل واحد من السكرين يشارك بال**anomeric carbon** تبعته يعني لازم ال**anomeric carbon** وحدة على الأقل تكون موجود بالرابطة
مثلا **anomeric carbon** مع ال**C6** عادي
عادي كمان **anomeric carbon** مع **anomeric carbon**

- Its anomeric carbon: in this case, the disaccharide (as sucrose) has no free reactive group.

يعني بصير السكر الثنائي ما عندو مجموعة فعالة حرة لأني ربطتهم مع بعض
فبصير هاد السكر الثنائي عبارة عن **non reducing sugar**

- A carbon other than the anomeric one. In this case the disaccharide will have a free reactive group and shows reducing character

• reducing sugars عبارة عن كل الـ monosaccharides
• Sucrose is non reducing كلهم Disaccharides

- **Glycosidic bond:** covalent between **the hydroxyl group of anomeric carbon**

لازم يكون في anomeric C مشاركة في الbond

هاد شرحناه فوق

- The glycosidic linkage is named according to:
  - anomeric carbon to which it is attached (α or β)
  - according to the parent sugar e.g. glucosidic, galactosidic or fructosidic bond

- The most important disaccharides widely distributed in nature are:

1

Reducing disaccharides:

1. Lactose.

2. Maltose.

3. Isomaltose.

4. Cellobiose (formed of two β glucose)

2

Non-reducing disaccharides:

1. Sucrose.

- **1. Sucrose:**
- It is called cane or beet sugar سكر القصب
- It is the common sugar of the table & the kitchen so, it is called table sugar سكر الطعام
- It is formed of α-glucose & β-fructose linked together by **α-1, β-2 glucosidic linkage**

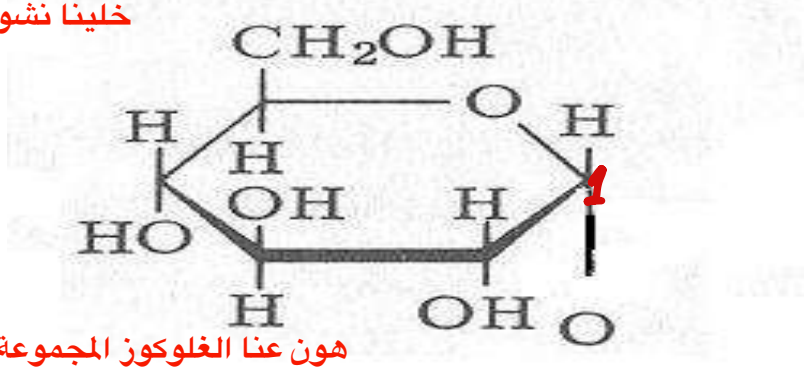
السكروز لما يوصل للأمعاء الدقيقة بنهضم و بكون شكل الغشاء للأمعاء متل الفرشاة

معلومة مهمة

Sucrose is digested by the enzyme sucrase which is present on the brush border membrane of small intestinal mucosa into glucose and fructose

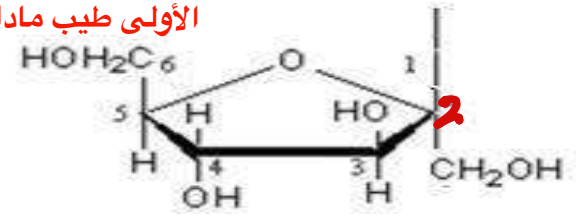
خلينا نشوف كيف سمينا الرابطة

α-D-Glucopyranose

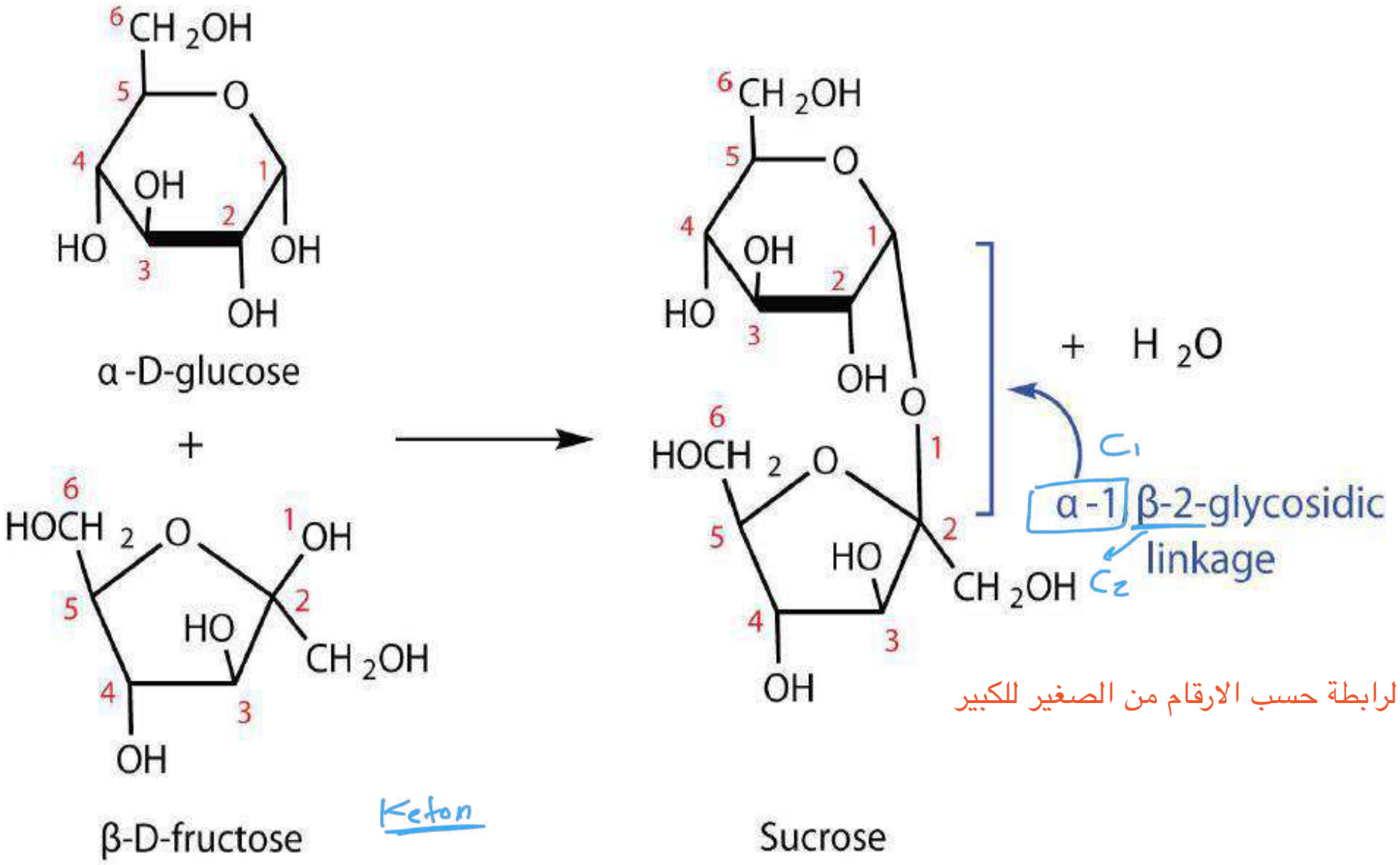


هون عنا الغلوكوز المجموعة الفعالة الديهايد بالكربون الأولى طيب مادام الH جاية لفوق معناها الOH كانت لتحت اذاً الفا

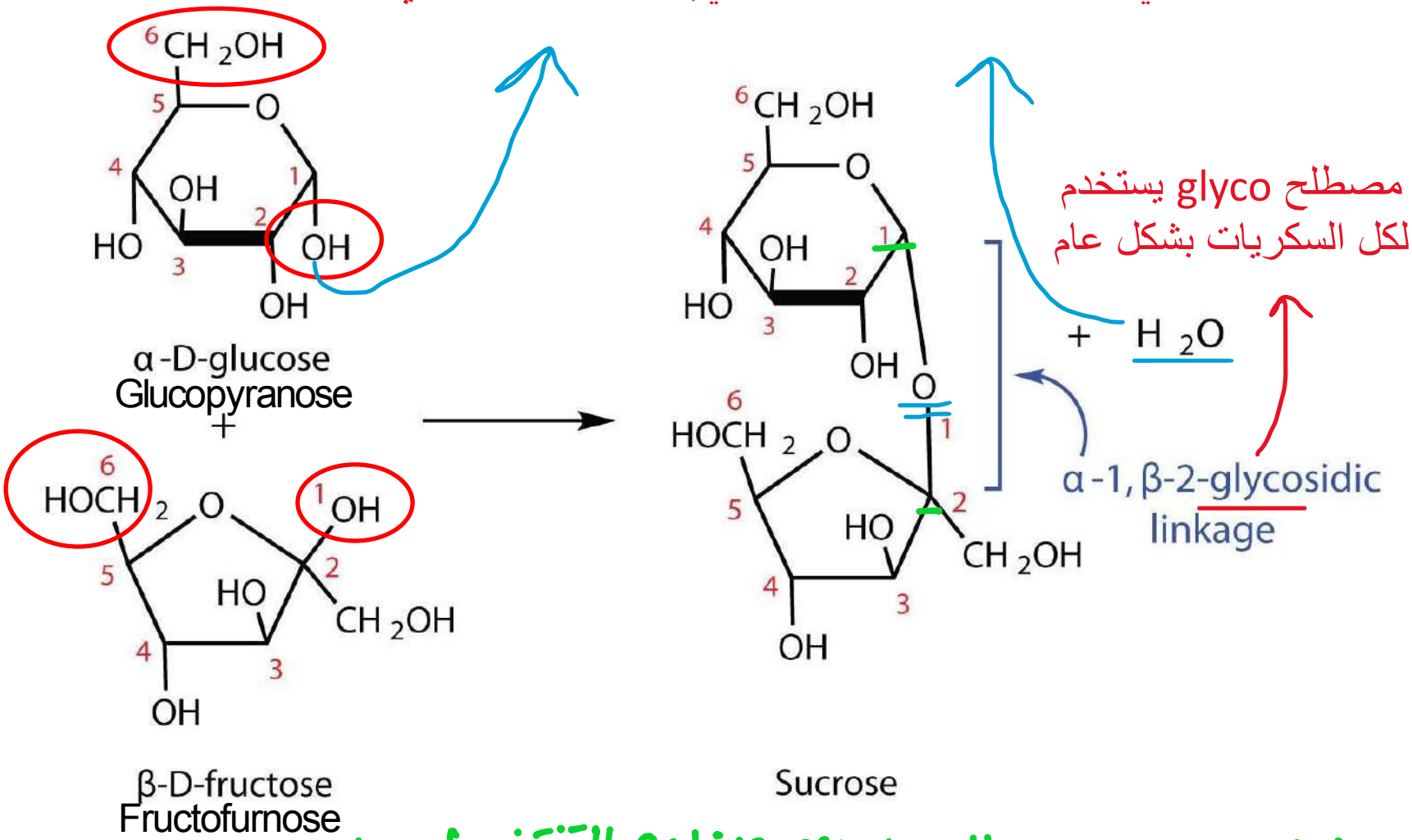
β-D-Fructofuranose



هاد عنا فركتوز المجموعة الفعالة كيتون وينها بالكربون التانية و هون بيتا و بحط ارقام الكربون


α -D-glucose
+
β-D-fructose
Keton
Sucrose
+ H 2O
α -1 β-2-glycosidic linkage
linkage
C1
C2
نبلش الرابطة حسب الارقام من الصغير للكبير

هاي الO ضلت مكانها وشكلت الرابطة, بس ضل عندي الH اللي كانت معها
والOH اللي كانت عالC2 بالمركب الثاني,اتحدوا وعملوا جزيء H2O



مصطلح glyco يستخدم لكل السكريات بشكل عام

non-reducing ← ال active group بالتستين مش حرات

- Sucrose is a **Non-reducing sugar**: because the reducing groups of both glucose & fructose are involved in the linkage between the two sugars. **So,** They cancel the action of eachother.

- **Invert sugar:** (السكر المقلوب) مهم
- Sucrose before hydrolysis is dextrorotatory

الفركتوز بلف الضوء اكتر من الغلوكوز

* After hydrolysis by ***sucrase or invertase***, It gives a mixture of D-glucose (a = +52.5°) and D-fructose (a = -92°) which is **levorotatory**.

الليمون بحتوي على citric acid لما أضيفه عال sucrose بعمله hydrolysis و برجع السكر لمكوناته,
بس ليش اسمه invert ؟ لأنه بحوله من d إلى l (لو ناسيهم ارجع للمحاضرة الماضية ادرسها كويس ☺)

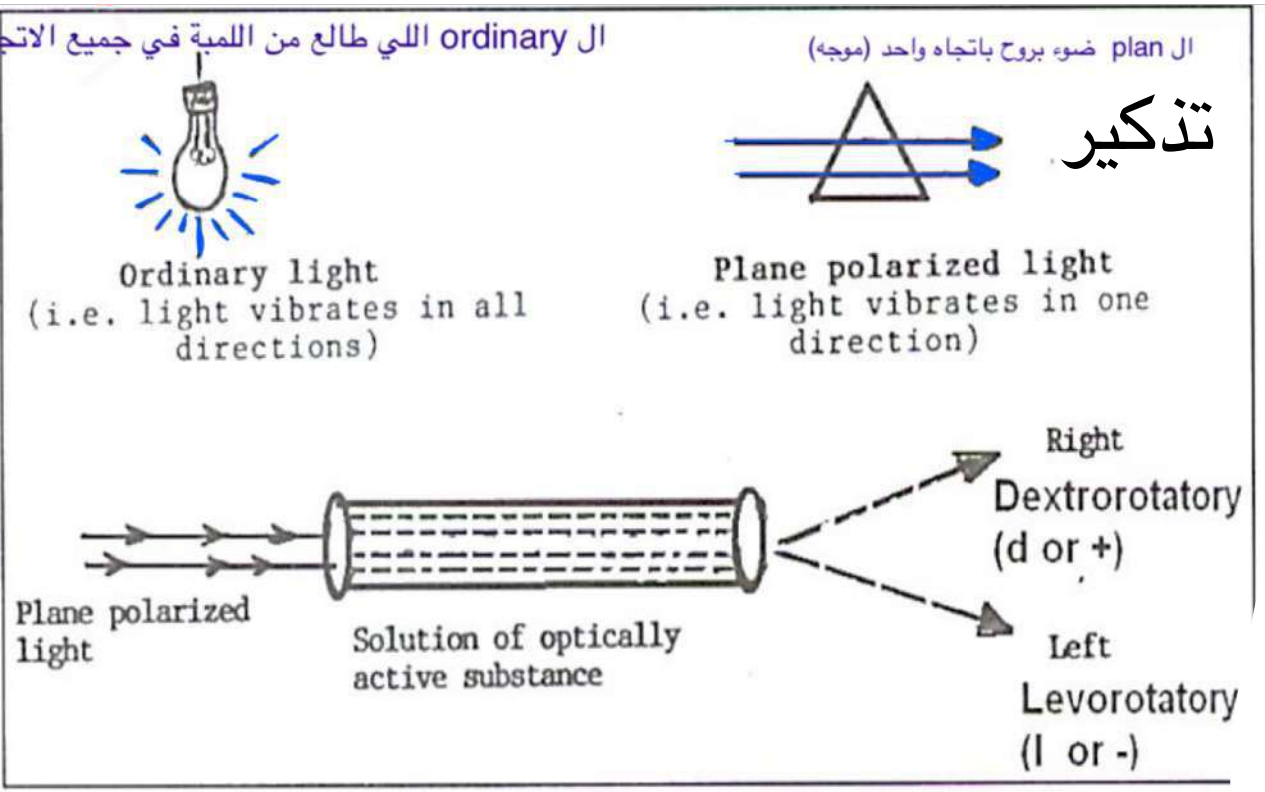
*This change from dextro (before hydrolysis) to levo- (after hydrolysis) called inversion and the sugar is called invert sugar (equimolecular mixture of glucose and fructose is called invert sugar)

يعني جزيئان للسكرين متساويين

نواتج الhydrolysis بتكون خليط من الglucose والfructose

**ليش الfructose اكثر حلاوة من الglucose؟

لإنه الH bonds في الfructose أقصر منها في الglucose

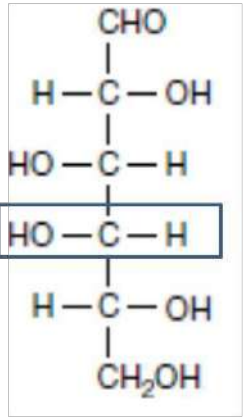


السكروز قبل ما ينعمله hydrolysis كان dextorotatory يعني كان يحرف الضوء لليمين اماً Invert sugar و بعد الhydrolysis طبعا بنستخدم ليمون فبتفكك السكر
طبعا بنعرف انه الغلوكوز بحرف الضوء لليمين بزاوية 52.5 اماً الفركتوز يحرف لليسار بزاوية -92 ف لما مسكنا الinvert sugar صار يحرف الضوء لليسار ليه ؟
-92+52 بطلع رقم بالسالب لهيك الاتجاه لليسار

بشكل عام السكروز بتحول من d ل l بعد التكسير

2. Lactose:

- It is also called milk sugar سكر الحليب
- It is formed of one glucose unit & another one galactose unit
- Usually appear in urine of pregnant female



D-Galactose

لا يمنع الشهية اللاكتوز

- Less sweaty → not block the appetite Lactose (appropriate for infants as it is less sweet and babies tolerate large volumes of milk)

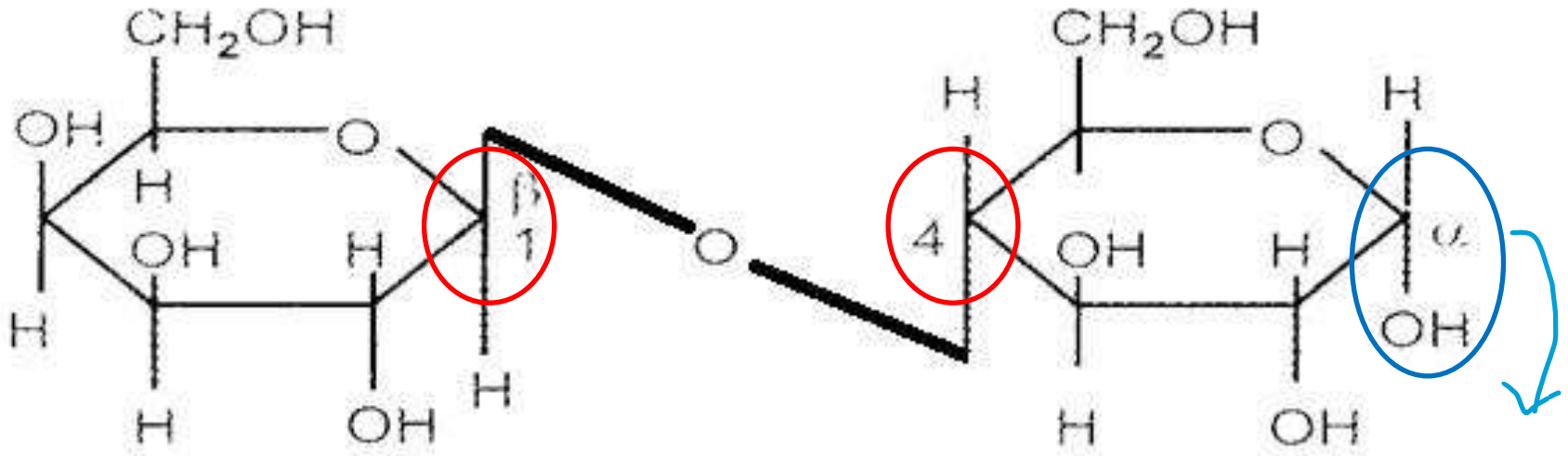
مناسب ل الرضع لأنه أقل حلاوة والأطفال يتحملون كميات كبيرة من الحليب

- It can be digested by ***lactase enzyme***
- Deficiency of this enzyme leads to **lactose intolerance** which cause distension & diarrhea.

when your body can't break down or digest lactose

þ- D-Galactopyranose

a-D-Glucopyranose



ال anomeric C قاعدة عجنب لحالها, وال O اللي عليها
مش مرتبطة بمركب آخر, عشان هيك يعتبر reducing

B-1,4 galactosidic linkage

Lactose intolerance

ممكن يجي عليه سؤال

- Lactase deficiency: خلل جيني في الإفراز يعني في عندي غياب لجين انتاج إنزيم اللاكتيز
  - Congenital: due to defect in gene producing enzyme (خلقي)
  - Acquired: after surgery in GI tract or infections (مكتسب)

حدوث التهاب في الجهاز الهضمي بعد إجراء عملية, وسبب الالتهاب هو بقاء الـ milk products لفترة طويلة في الأمعاء ف بصير إلها تخمر

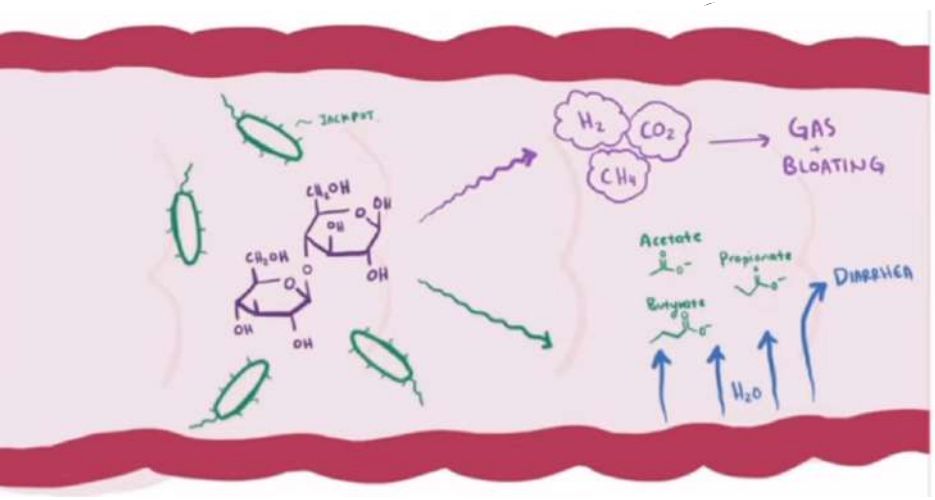
- Lactose accumulates in small bowel في الأمعاء الدقيقة

- Osmotic effect of unabsorbed lactose leads to influx of fluid

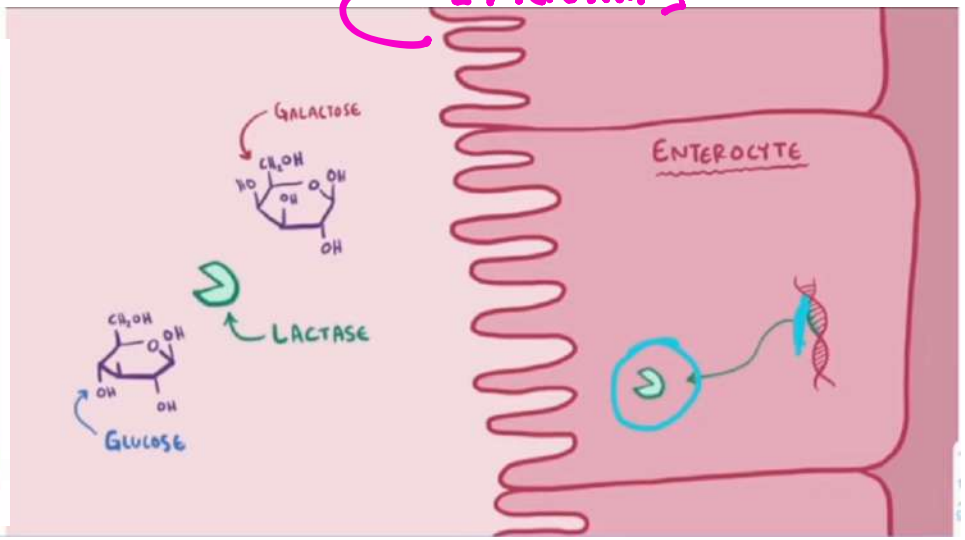
لما ما ينهضم ويتجه للأمعاء عشان يتم إخراجه والتخلص منه رح يعمل osmotic effect يسحب معه كمية من السوائل من الجسم

اسهال انتفاخ مغص غثيان

- **Symptoms: Nausea, colic, distention and diarrhoea after milk intake**

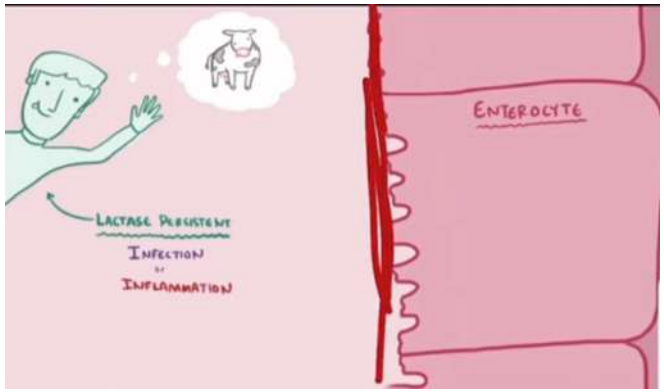


تراكم عندي الاكتوز ف البكتيريا رح تتدخل و تعمل تخمير ف رح ينتج عندي غازات و هاي الغازات رح تعمل انتفاخ و تنتج احماض امينية و رح تسحب المي من جوه الخلايا لبره و هاد الشي رح يسبب إسهال



نيجي نحكي كأنسان طبيعي عندو إنزيم انتاج اللاكتيز كيف رح يصير عندو الهضم ؟؟

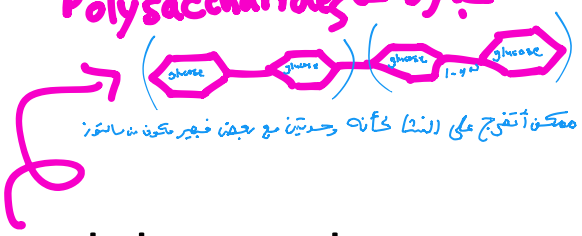
هاي الأمعاء الدقيقة و الbrush الي حكينا عنها بصير عليها هضم لاكتوز و بيجي إنزيم اللاكتيز بربط باللاكتوز بحوله ل غلوكوز وغلاكتوز امّا لو شخص غير طبيعي ما عندو الإنزيم رح يتراكم اللاكتوز في الأمعاء و يسبب أمراض



إذا كان lactose deficiency acquired بكون الشخص عامل عملية ف microvilli مش موجودة عندو يعني الوسط للتفاعل مش موجود ف بسبب كل الأعراض و لكن بكون مؤقت حتى يصير تشافي

3. Maltose:

Polysaccharides عبارة عن



ممكن أتفرج على النشا كأنه وحدتين مع بعض فبيركب ع سالتوز

-It is called malt sugar سكر الشعير

-The main product of digestion of starch by amylase.

-It is present in 2 forms :

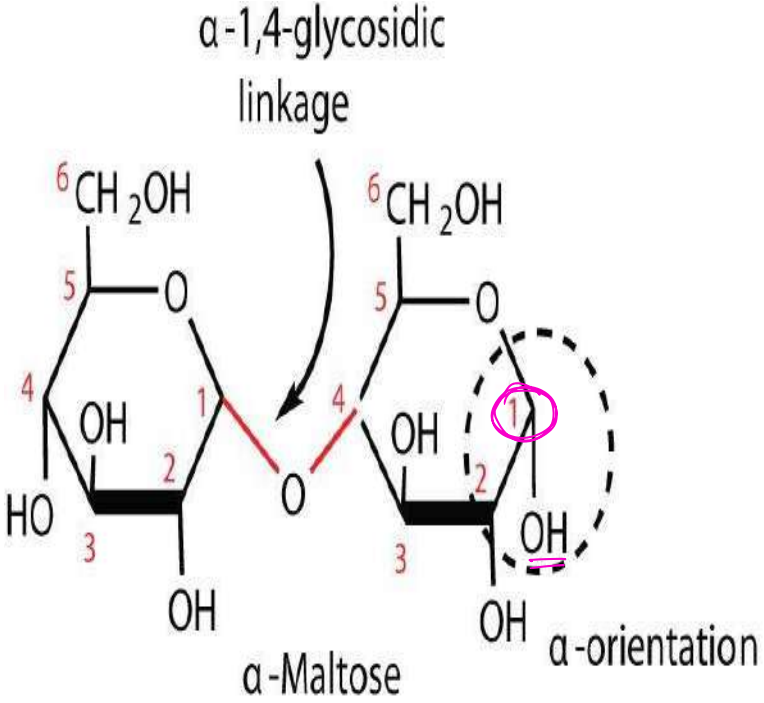
(α- maltose form) = α-glucose + α-glucose

(B-maltose form) = α-glucose + B-glucose

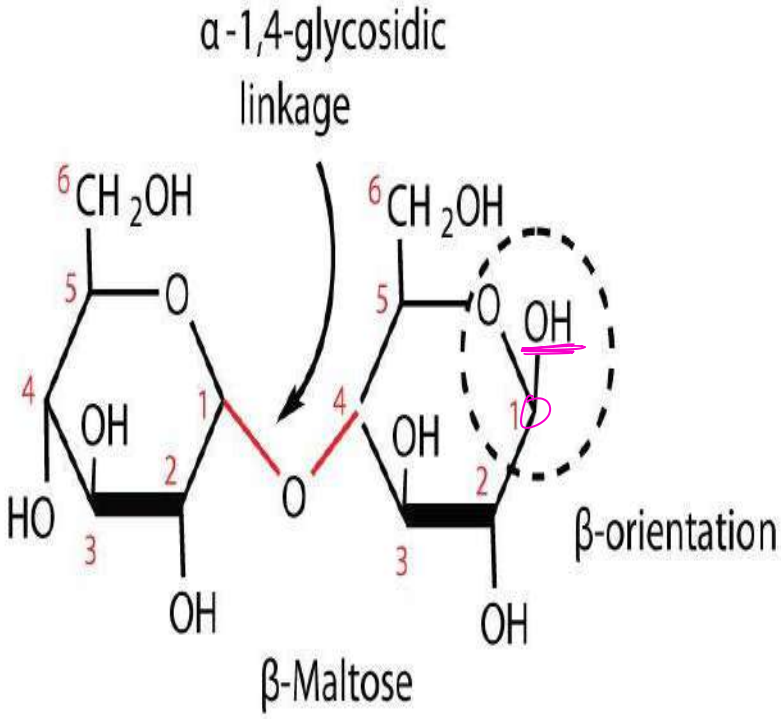
-It is a reducing sugar

Maltose gives the sweet taste that you feel if you **masticate** (chew) bread for a long time

لما تو كل الخبز النشا ح ينهضم ويتكسر لمالتوز ف تحس بطعم حلو



أنا بروح بتفرج على الreducing end الي عليها دائرة
و الOH فيها لتحت يعني الفا غلوكوز



هون نفس الشي و الOH لفوق يعني بيتا

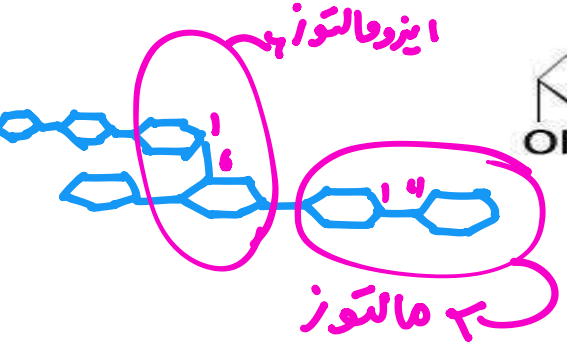
They can be present either in α– or β-form

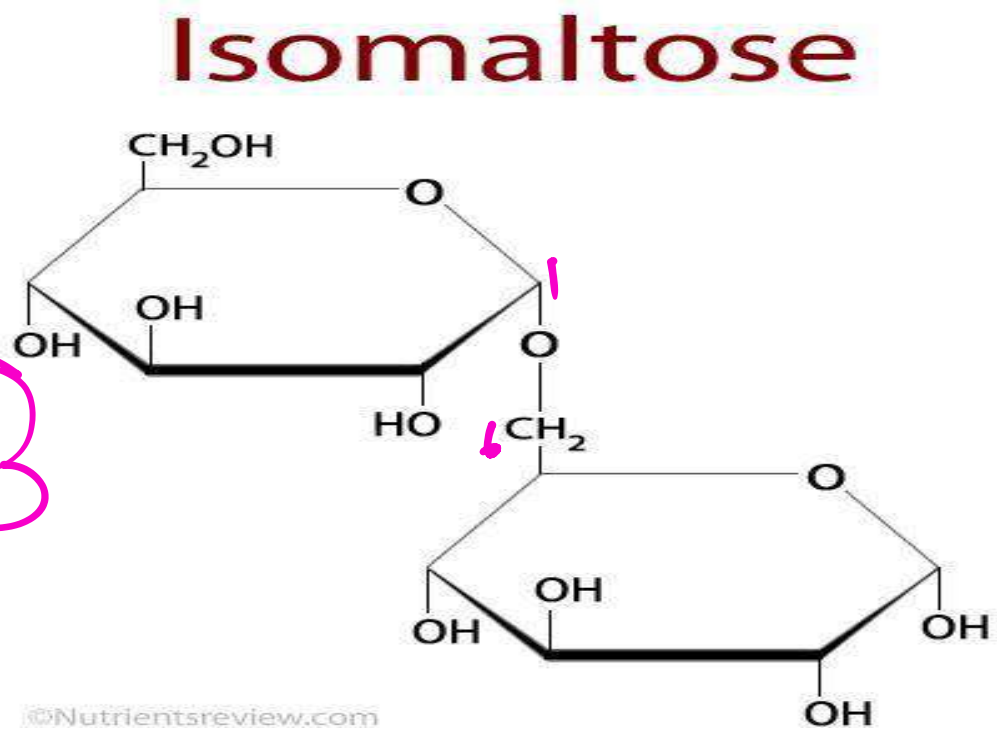
- This occurs if the second monosaccharide residue of the disaccharide contains a free anomeric carbon atom which has the ability to be present in α or β-form

❖ Isomaltose is similar to maltose but the linkage is α-1,6-glucosidic. It is **one of the hydrolysis products of starch and glycogen by amylase.**

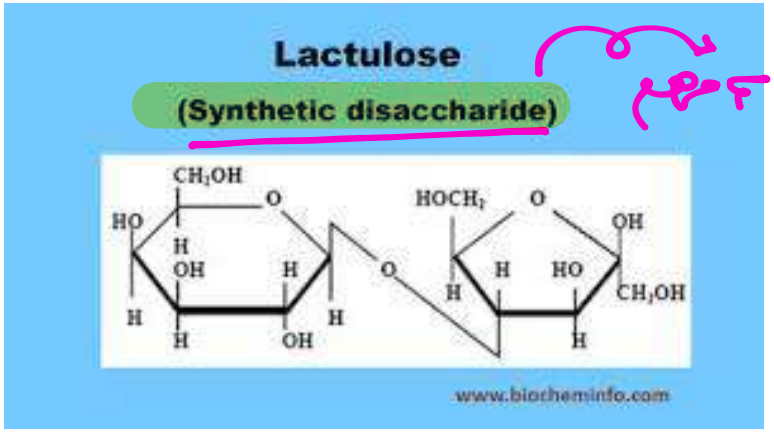
الانزيم الهاضم

كيف بنتج ؟
النشا بنعرف انه في تفرعات ف
الرابطة كانت تكون بين كل
غلوكوز 1-4
بس التفرعات 1-6
ف بيجي امليز بدو يكسر النشا
رح يعطي المالتوز و ايزومالتوز





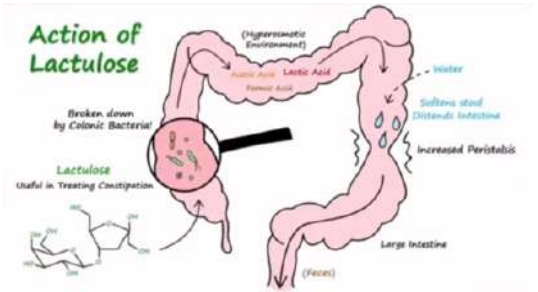
يتم صناعته, يوجد في بعض الأدوية المستخدمة
في الGI dis-orders (أمراض الجهاز الهضمي)
وتستعمل ك tool softener (مُلَيّن مواد)



Lactulose

It is a disaccharide composed of galactose and fructose linked through β1-4 - glycosidic bond, linking β-1 galctosyl carbon to carbon number 4 of fructose.

is a laxative used in treating constipation and improving ammonia and bacterial product toxic load in liver failure patients (بسحب الأمونيا من الجسم)



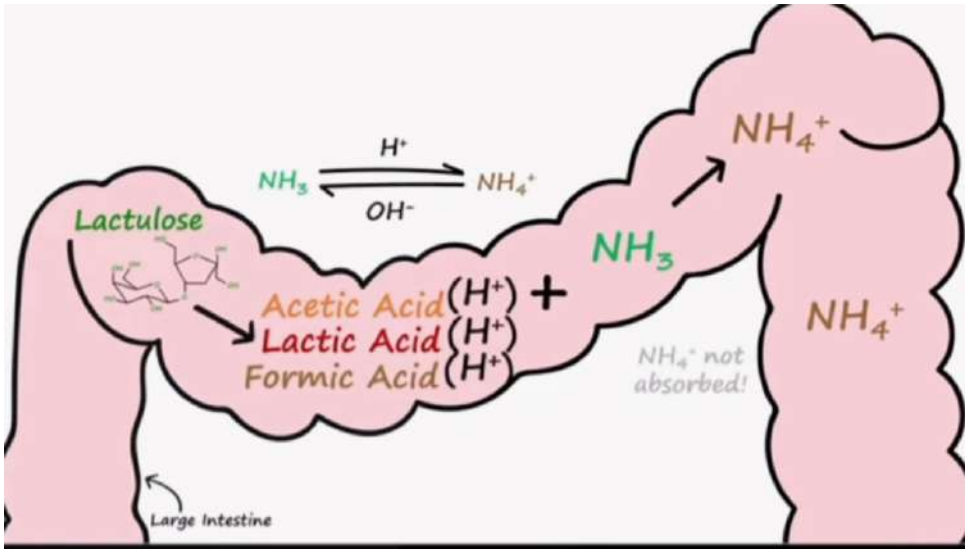
بدنا نكون عارفين انه لاكتيلوز غير قابل للامتصاص ف
بروح من الأمعاء الدقيقة للغليظة ف البكتيريا بتحاول
تفككوا لacetic acid و lactic acid و Formic acid وهي موجودة
زاد تركيز المواد في الأمعاء ف زادت الازمولارية ف رح
تسحب المي من الخلايا و بتدخلها للأمعاء مرة تانية ف
بتساعد إنها تزيل الإمساك

It works by drawing ammonia from the blood into the colon where it is removed from the body.
It is a non-digestible, and therefore non-absorbable
It produces an osmotic effect that retains water in the gut which softens stools

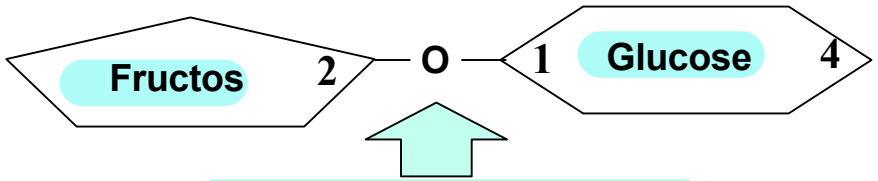
يستخدم عند الإمساك مثلا

Bacterial product toxic load in liver failure patients

هلأ ال**NH3** مادة سامة الجسم رح يحاول يتخلص منها عن طريق الكبد إذا صار فشل في الكبد كيف رح أتخلص منها لأنه إذا وصلت للدماغ رح تسبب مشاكل و أمراض ف بدخل لاكتيلوز حتى يحل هاي المشكلة ف بدخل اللاكتيلوز و بتفكك للأحماض في الأمعاء الغليظة و مادامهم احماض ف فيهم **H+** ف بتيجي على **NH3** و بتربط فيها و بتكون **NH4+** و بروح للفضلات و بخرج من الأمعاء و هاي مش مضرة لأنها أيون و الأيونات ما بتقدر تخترق غشاء الخلية ف بالتالي ما رح تدخل للخلايا ولا رح توصل الدماغ



Molecular Structures of Some Important Sugars: Disaccharides



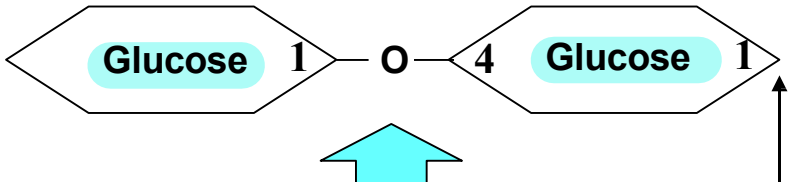
1-α, 2β-glycosidic bond

Sucrose

(table or cane sugar)

Non-reducing sugar

Bond between aldehyde group of glucose on CA No 1 and ketone group of fructose on CA No 2, blocks the two groups and hence sucrose is a non-reducing sugar.



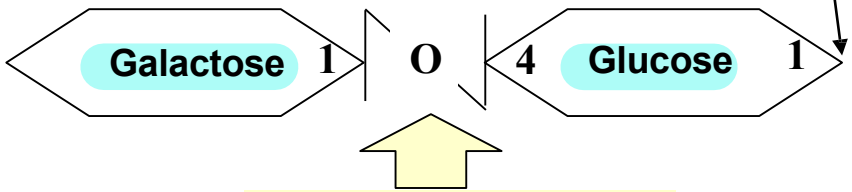
α-1,4-glucosidic bond

Maltose

(malt sugar)

Reducing sugar

Free aldehyde group



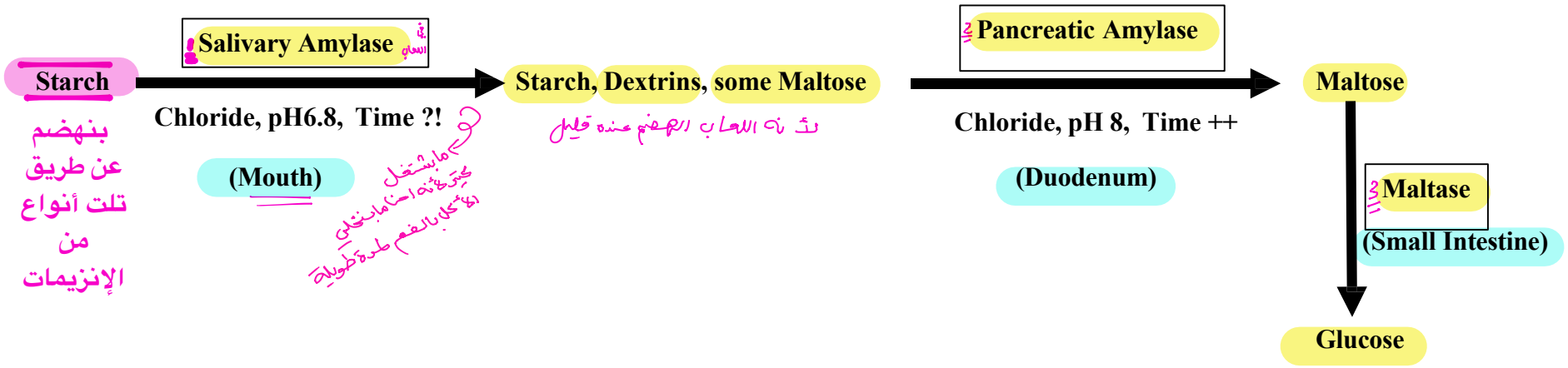
β-1,4-glycosidic bond

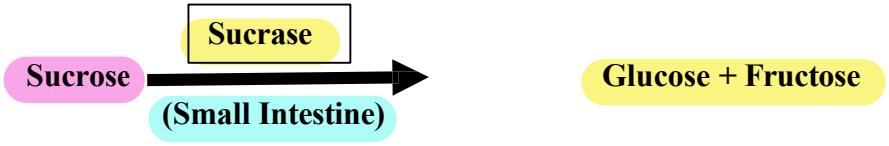
Lactose

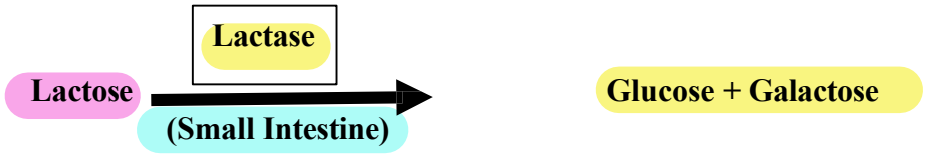
(milk sugar)

Reducing sugar

Digestion of Starch:







N.B: There is no digestion of cellulose in Man as humans lack β-1,4-glucosidase the enzyme needed to digest cellulose

لا يوجد هضم للسليلوز في الإنسان لأن البشر يفتقرون إلى β-1،4-glucosidase الإنزيم اللازم لهضم السليلوز

Sugar	Composition	Source	Clinical Significance
Sucrose	O-α-D-glucopyranosyl-(1→2)-β-D-fructofuranoside	Cane and beet sugar, sorghum and some fruits and vegetables	Rare genetic lack of sucrase leads to sucrose intolerance—diarrhea and flatulence
Lactose	O-β-D-galactopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose	Milk (and many pharmaceutical preparations as a filler)	Lack of lactase (alactasia) leads to lactose intolerance—diarrhea and flatulence; may be excreted in the urine in pregnancy
Maltose	O-α-D-glucopyranosyl-(1→4)-α-D-glucopyranose	Enzymic hydrolysis of starch (amylase); germinating cereals and malt	
Isomaltose	O-α-D-glucopyranosyl-(1→6)-α-D-glucopyranose	Enzymic hydrolysis of starch (the branch points in amylopectin)	
Lactulose	O-α-D-galactopyranosyl-(1→4)-β-D-fructofuranose	Heated milk (small amounts), mainly synthetic	Not hydrolyzed by intestinal enzymes, but fermented by intestinal bacteria; used as a mild osmotic laxative
Trehalose	O-α-D-glucopyranosyl-(1→1)-α-D-glucopyranoside	Yeasts and fungi; the main sugar of insect hemolymph	

هاي من الكتاب

في القصب

في مصنع

دامها الرابطة 1-1 اعرفوا دغري أنها non reducing sugar لأنه رابط بين الanomeric carbon التنتين

Oligosaccharides

- 3-10 monosaccharide units
- Most are indigestible
- Present in glycolipids/ glycoproteins
- Raffinose: non-reducing trisaccharide (galactose, glucose, fructose), fermented by bacteria, used for their identification

مثال عليه

الفائدة

مادامهم غير قابلين للهضم ف بتدخل البكتيريا و بتعمل تخمر

Polysaccharides

- Polysaccharides are carbohydrates of high molecular weight

لأنها مكونة من اكثر عشر وحدات سكر

- 10 or more monosaccharide units linked by glyosidic bond
- They are widely distributed in nature
- As condensation involves carbonyl group, they are non-reducing

ليش non-reducing مع انه عالطرف ممكن نلاقي free O ؟ لأنه لما تشوف سلسلة طويلة جدا ممكن توصل ل100 monosaccharide و بس بتحتوي ع free O وحدة ف فعليا ما الها أي تأثير يذكر

- Upon hydrolysis by acid or specific enzyme, monosaccharides or its derivatives are produced.

وعند الهضم بتم تكسيرهم لpolysaccharides أصغر حجما , أو لmonosaccharides

Polysaccharides

لانه اكثر من سكر مع بعض

- Polysaccharides are carbohydrates of high molecular weight.

منتشر بكثرة زي النشا

- They are widely distributed in nature.

- Upon hydrolysis by acid or specific enzyme, **monosaccharides or its derivatives are produced.**

اخذ ناهج
lecture 2

ممكن يصيرله تكسير بحمض او انزيم معين
ليصير مونو او احد مشتقاته

Type your text

- **Polysaccharides are classified chemically & functionally as follows:**

متجانس

- **1- Homogeneous polysaccharides:** These are polysaccharides which **give single type of sugar on hydrolysis** as D-glucose units or D- fructose units.

لما أكسرهم رح ينتج عندي مركب واحد فقط, زي لما أكسر الstarch بنتج عنه glucose فقط.
و مركب واحد بقصد فيها إنه كل الmonosaccharides الناتجة عن التكسير من نوع واحد

غير متجانس

- **2-Heterogeneous polysaccharides:** These are polysaccharides which **give on hydrolysis different type of sugars associated with other substances. e.g.** D-Glucosamine, D-glucuronic acid, N-acetyl neuraminic acid. etc.

التكسير بعطي أنواع مختلفة من الmonosaccharides

Different homopolysaccharides of biological importance:

- **1- Starch:**

non-reducing sugar

- It is the storage form of carbohydrates in plants (never present in animals)

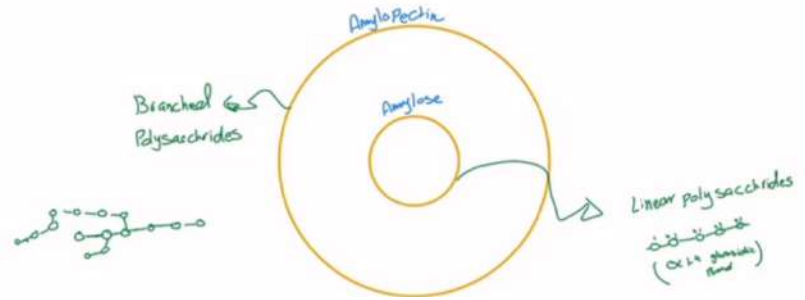
ك تخزين هون مش موجود بجسم الإنسان او الحيوان
لأنه احنا بنعرف بتخزن على شكل غلايكوجين اماً عادي
بنقدر نهضم النشا بس التخزين بختلف

- On hydrolysis, it gives only glucose and so it is called **glucosans**.

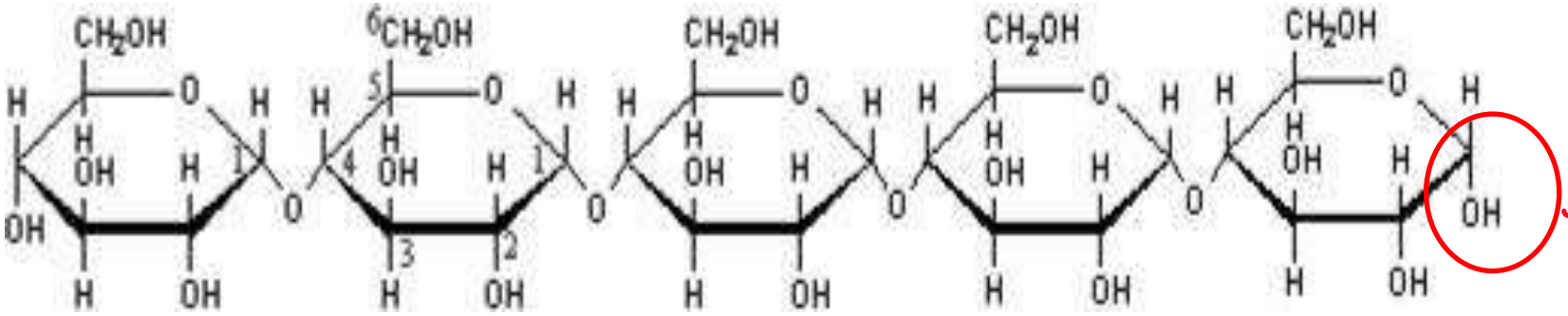
هلأ حكينا السكر الاحادي المكون للنشا هو الغلوكوز ف مادامه متجانس النشا
صرت اسميه glucosans لأنه مكون من وحدات كتيرة من الغلوكوز

- It consists of two types of molecules, **amylose** and **amylopectin**

على فرض انه هاي عبارة عن حبة بطاطا و قسمتها من النص هلأ الجزء الداخلي للحبة بالمركز بكون اميليوز و الأميليوز بكون سكر متعدد غير متفرع بس متفرع شوي بكون يادوب
الاميلوبكتين متفرع كله و هو الجزء الخارجي



Structure of amylose:



Long, **non-branched** chain of 300-400 (up to 1000)* **∝glucose units** linked together by ∝-1,4 glucosidic bond.

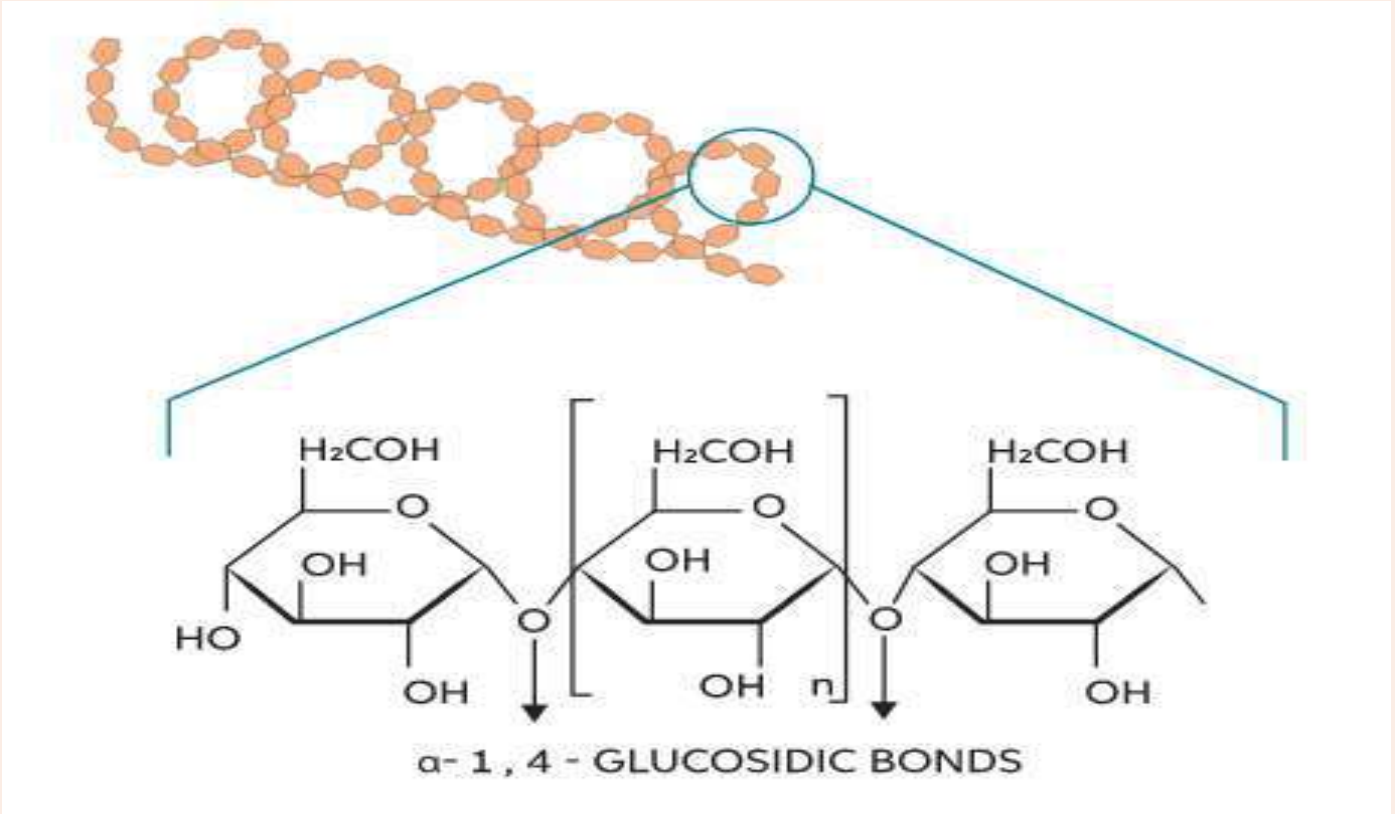
صح إنه في بنهايته free O, بس جاية بعد سلسلة مكونة من 300 unit, و زي ما قلنا سابقا ما إلها أي تأثير

Forms 15-20% of the starch granules.

*

It is found in the inner part of the molecule

Amylose

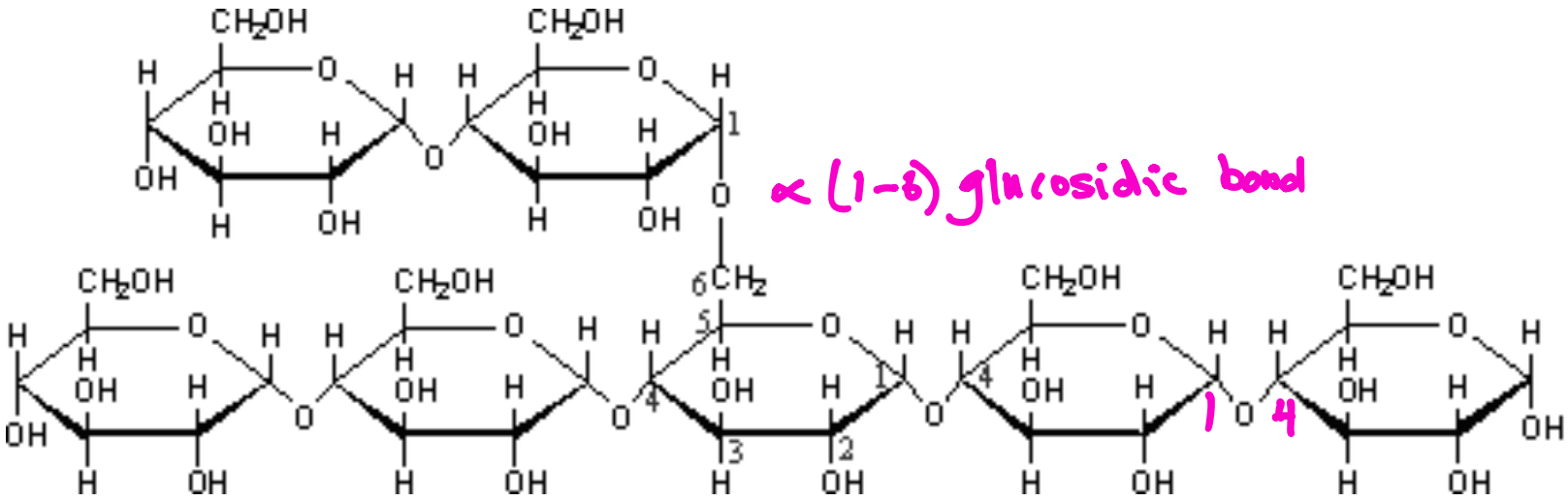


- Long, non branched chain of α glucose units linked together by α-1,4 glucosidic bond.
- Forms 15-20% of the starch granules. حبيبات

نسبته بال starch وبتكون بالجزء الداخلي للمركب

بنطلع منه maltose فقط بس يتكسر

Structure of amylopectin



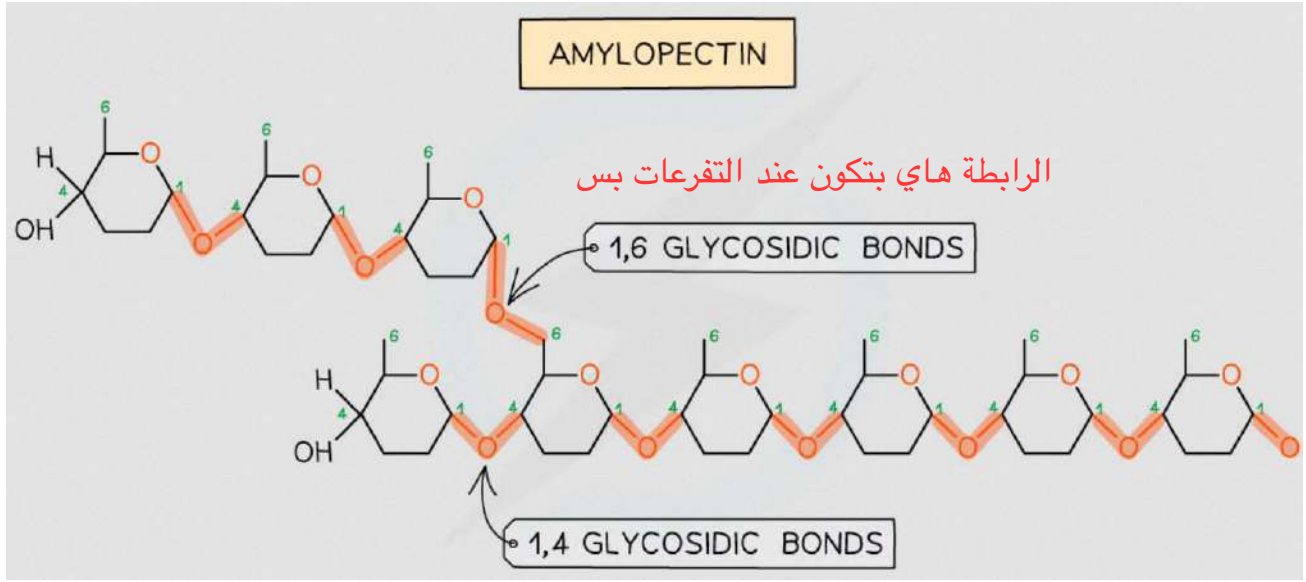
Branched chain of α glucose units linked together by α-1,4 glucosidic bond while at the branching point, it forms α- 1, 6 glucosidic bond

Forms 80-85% of the starch granules.

*

It is found in the outer part of the starch molecule

Amylopectin



- Branched chain of α glucose units linked together by **α-1,4 glucosidic bond** while at the branching point, it forms **α-1,6 glucosidic bond**.

- Forms 80-85% of the starch granules.

نسبته بالمركب + بكون بالجزء الخارجي ونسبته اكثر من ال amylose

بنطلع منه maltose + iso

- **Hydrolysis of starch occurs either by:**

1 – Dilute mineral acids and called acid hydrolysis which results in complete hydrolysis to α glucose units .

احماض مخففة بتعمل complete hydrolysis بتحطمه إلى monosaccharides هو الغلوكوز امّا الإنزيمات ما بتعمل تحطيم كامل

2 – Enzymes as **α-amylase** (salivary & pancreatic) which results in partial hydrolysis producing smaller molecules called dextrins and maltose.

Salivary amylase	Pancreatic amylase
ركزوا هون التنين بعملوا partial بس hydrolysis بالهضم بختلف	
Incomplete digestion of starch (Dextrin mainly)	Complete digestion (Maltose)

- The products of starch hydrolysis occur according to the following sequence:

- **Starch → Amylodextrin (the earliest dextrin produced; blue with iodine) → Erythrodextrin (red) → Achrodextrin (no colour) → Isomaltose & Maltose → Glucose.**

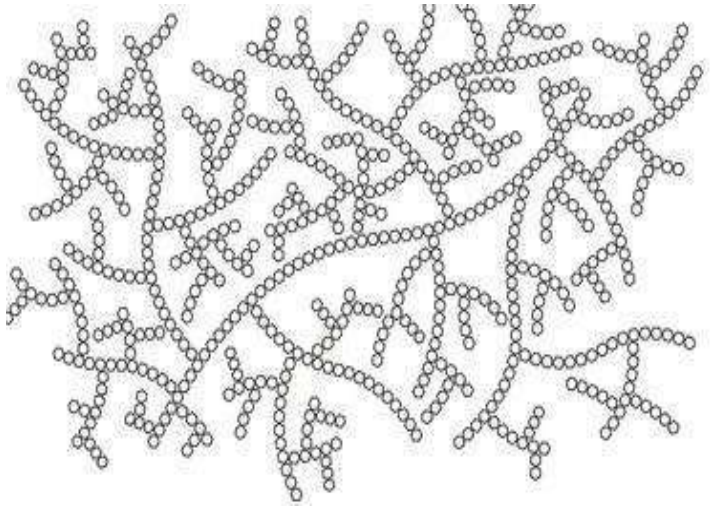
- Dextrins are a group of low-molecular-weight polysaccharides produced by the hydrolysis of starch or glycogen

- **Question: which is produced more, isomaltose or maltose?**

- **(N.B.)**: The difference between maltose and isomaltose in the bond position as it is α-1, 4 in maltose but α-1, 6 in isomaltose (i.e. at the point of branching of starch).

- It is to be noted that hydrolysis of starch by boiling with dilute acids ends in the formation of glucose.

2. Glycogen Animal Starch



يخزن السكر داخلنا على هيئة glycogen

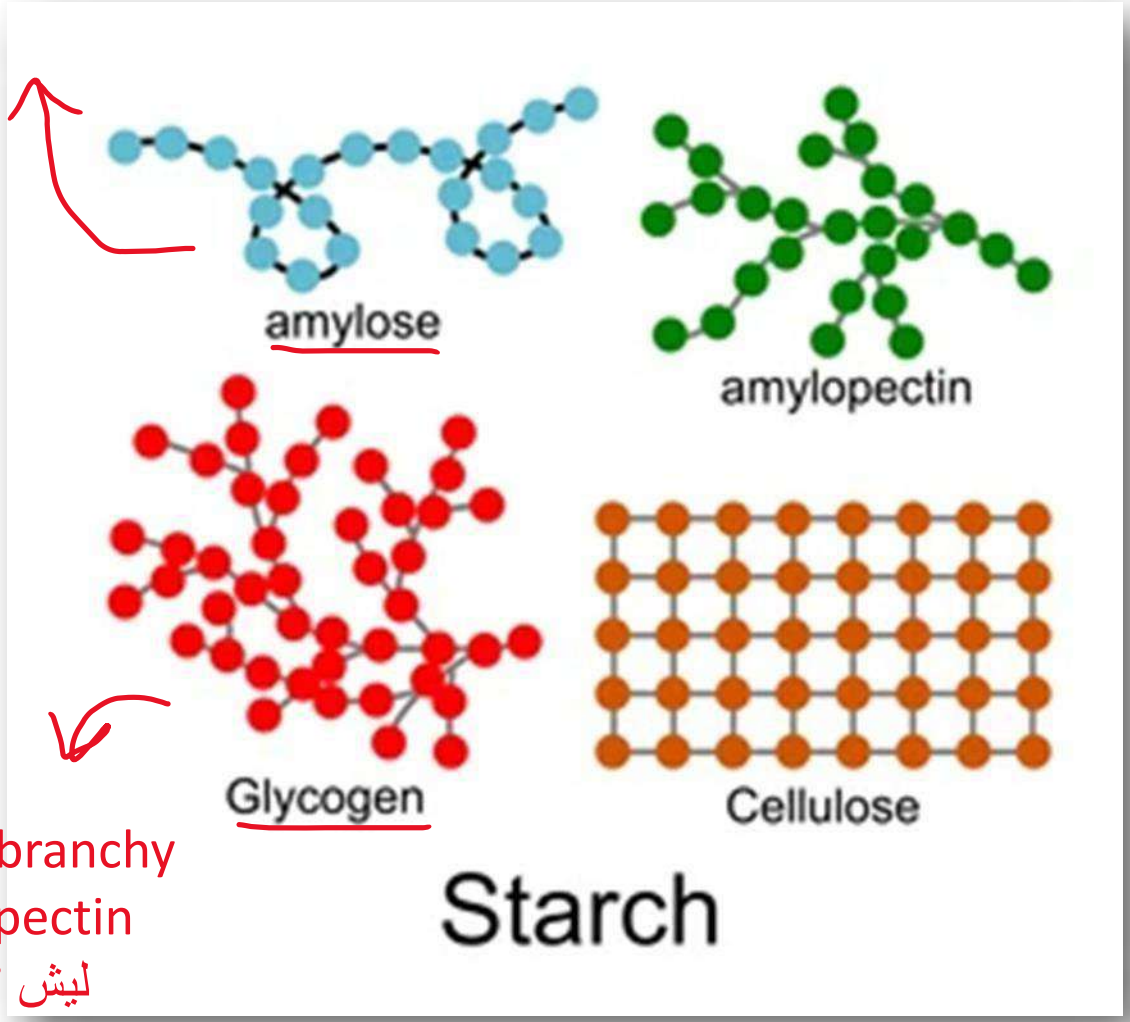
- It is the reserve carbohydrate of animals, and hence the name **animal starch.**
- It is similar in its structure to amylopectin. يعني فيها تفرعات كتيرة
- **Highly branched** formed of **α-1,4** link and 1,6 at the site of branching.

بين كل ١٢-١٤ حبه غلوكوز بكون عندي تفرّع

Each branch is made of **12-14 glucose units**. It has shorter and more numerous chains. سلاسل قصيرة وكثيرة التفرعات

It is stored in liver & muscle.

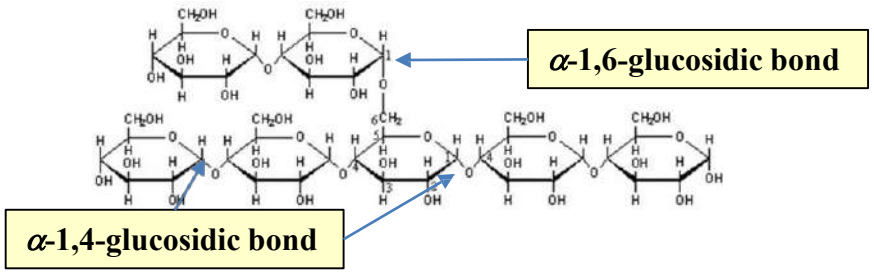
كان يُعتقد سابقا إنه خالي من الbranches تماما,
لكن حديثا اكتشفوا وجود branches بسيطة جدا جدا جدا



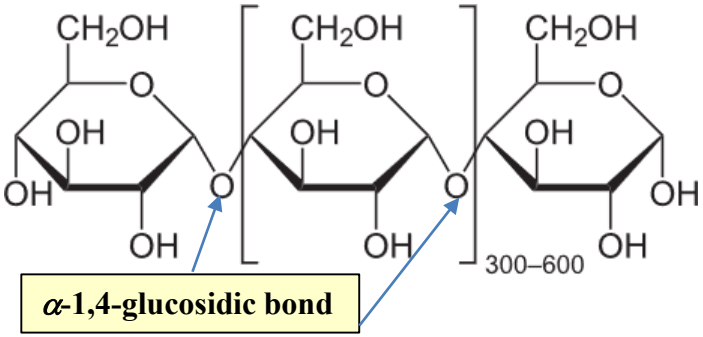
It looks more branchy
than amylopectin
ليش ؟ لأنه أقصر
والunits حجمها أصغر

ليه في branches ؟ عشان التخزين لوقت اكتر في الجسم

Starch (amylopectin form)



Starch (amylose form)



Glycogen in animals is a more branched version of amylopectin.

Amylose was traditionally thought to be completely unbranched, but it is now known that some of its molecules contain a few branch points.

متل ما قلنا

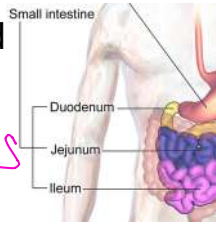
Although only about one quarter of the starch granules in plants consists of amylose, there are about 150

times more amylose molecules than amylopectin molecules because they have smaller masses.

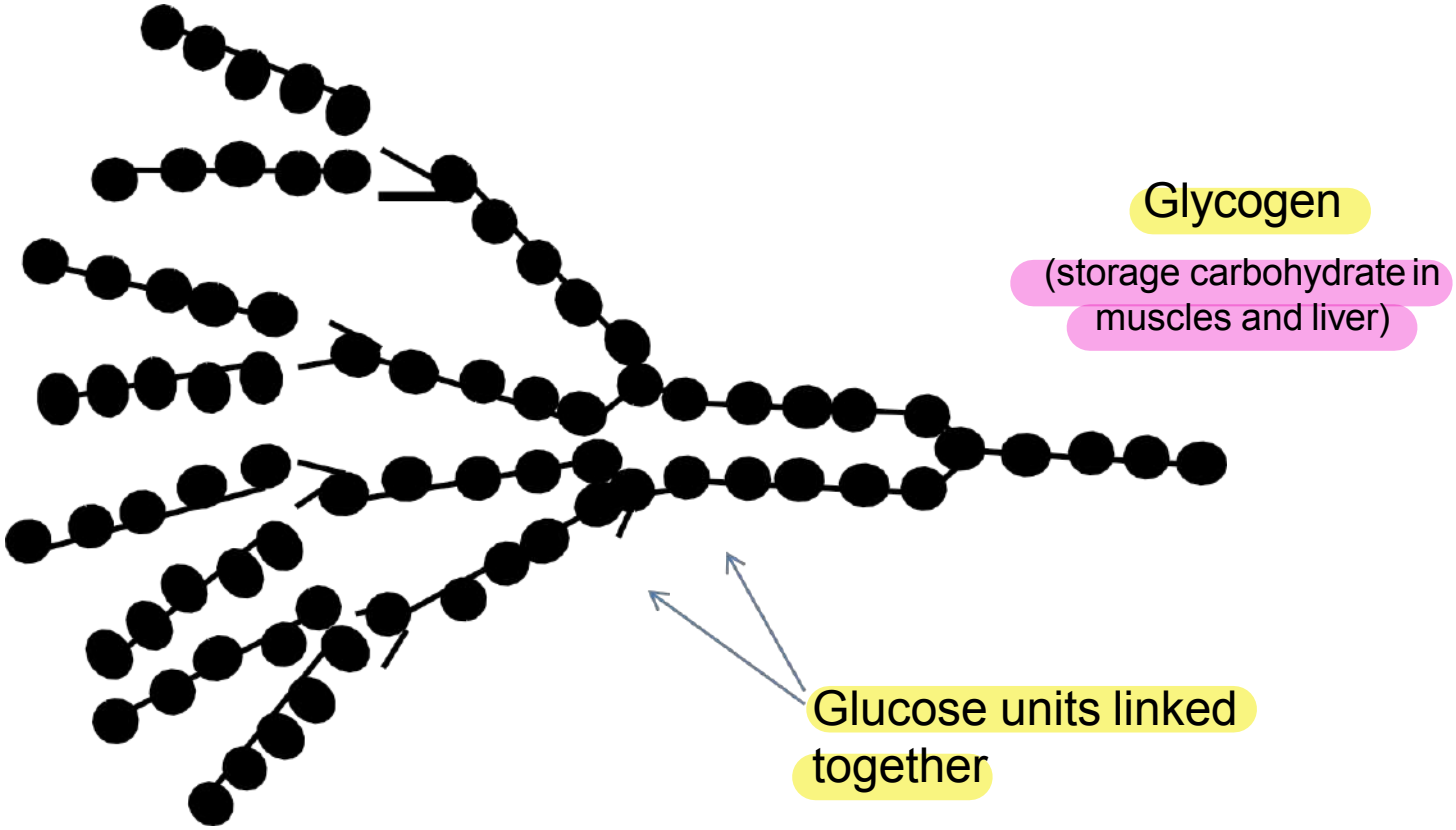
بالرغم إنه نسبة الamylose في الstarch أقل لكن عدد جزيئاته أكبر بسبب حجمها الصغير جدا

Starch is digested briefly by salivary amylase in the mouth but is mainly digested in the duodenum and jejunum by pancreatic amylase in alkaline medium in the presence of chloride ions to gradually break into dextrins and finally producesmaltose

في وسط قاعدي



اعرفوا مواقع الهضم

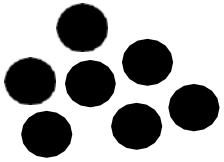


بشبه الAmylopectin لكنه اكثر تفرعات و أقصر

The Homo-polysaccharides glycogen (in animals) and starch (in plants) are made of repeated α-D glucose residues linked by α-1,4-glucosidic bonds except at branch points where α-1,6-glucosidic bonds are found.

الهدف من هضمهم الحصول على الglucose

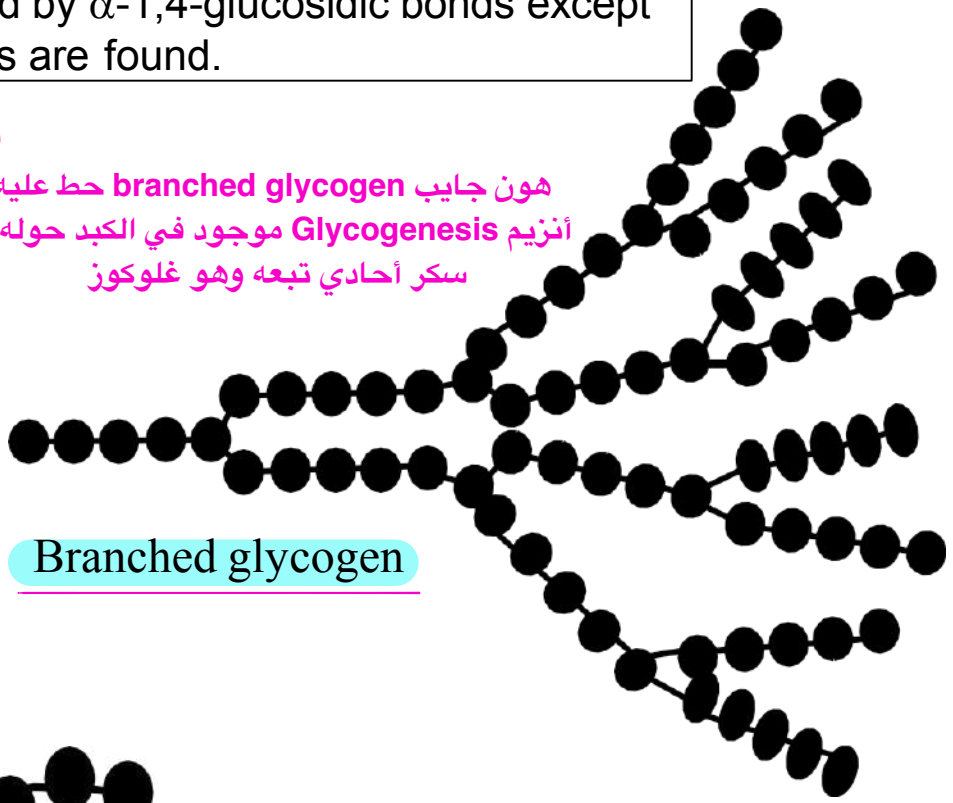
هون جايب branched glycogen حط عليه
أنزيم Glycogenesis موجود في الكبد حوله ل
سكر أحادي تبعه وهو غلوكوز



Separate α-D-glucose monomers

Glycogenesis in liver and muscles

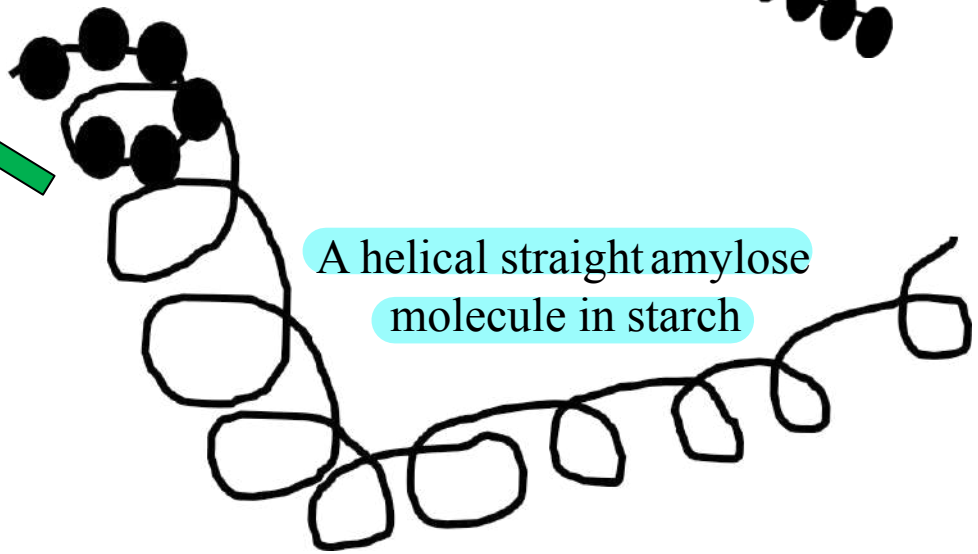
Glycogenolysis in liver (muscles produce lactate)



Branched glycogen

او العكس بيجي الكبد بدو يبني غلوكوز بحط عليه
glycogenolysis بحول الغلوكوز إلى غلايكوجين

Salivary and pancreatic amylase followed by intestinal maltase Digestion



A helical straight amylose molecule in starch

هون الأنزيم الأميليز كان يفكك الاميلوز حوله لغلوكوز

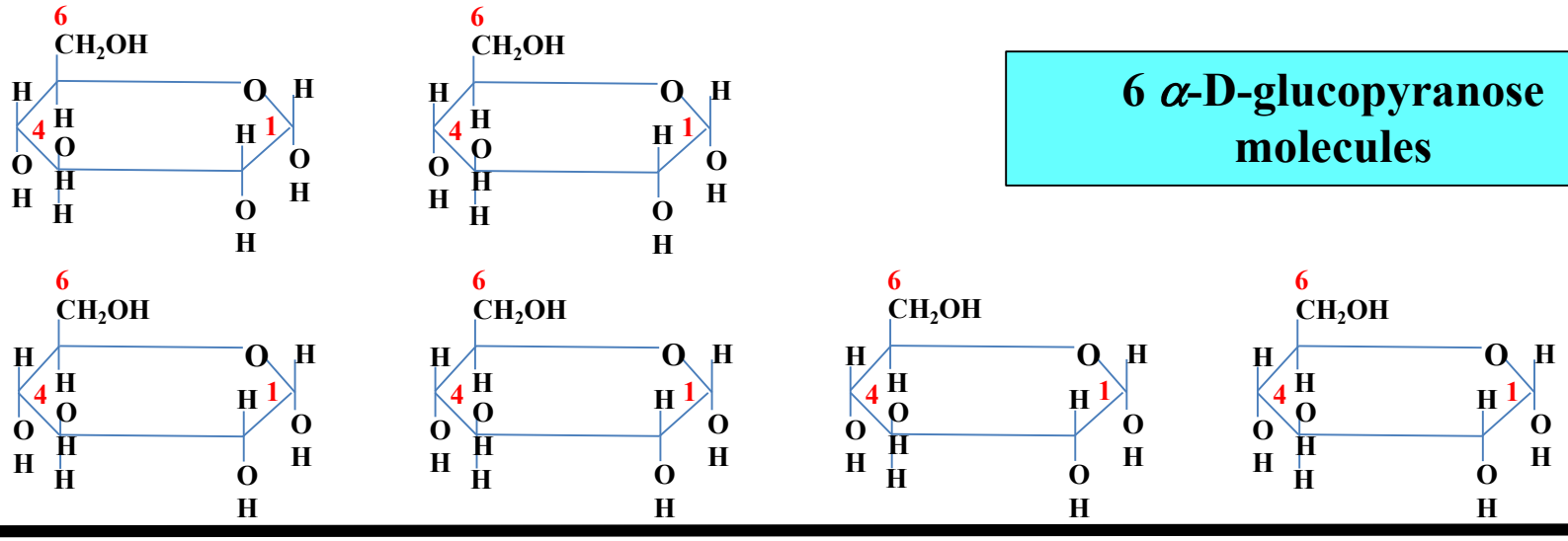
AMYLOPECTIN VERSUS GLYCOGEN

مقارنة بين الamylopectin و glycogen

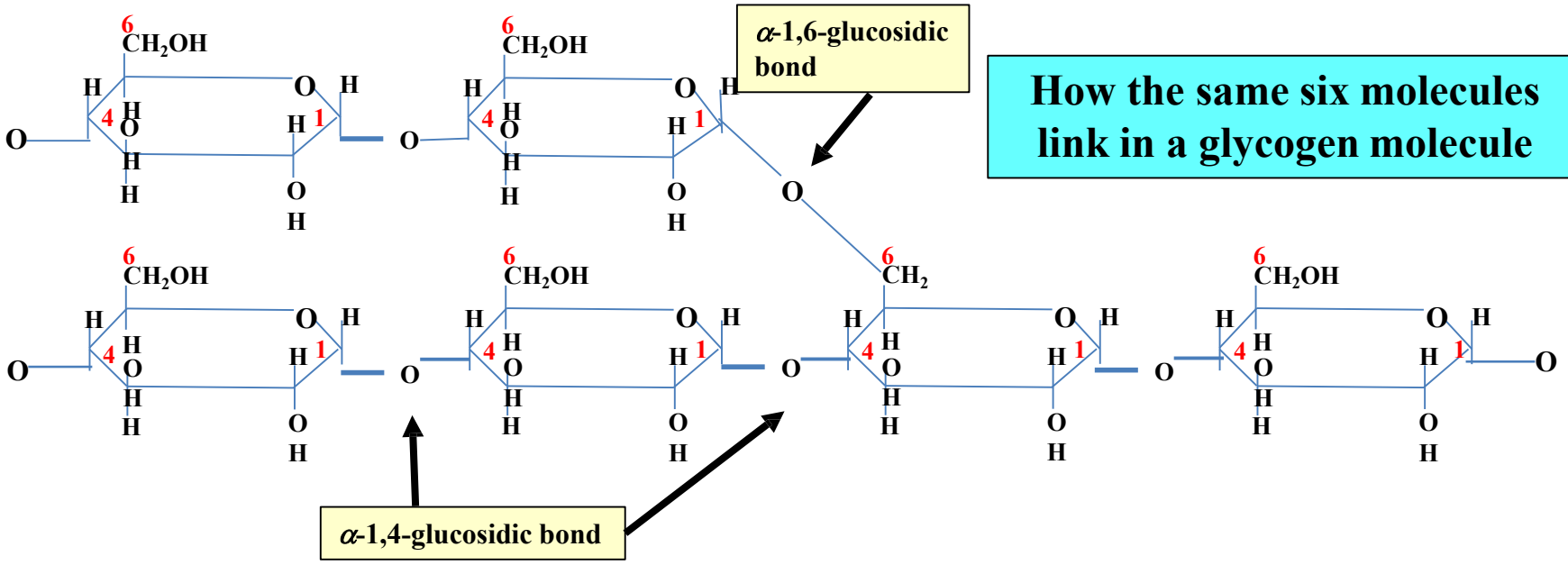
AMYLOPECTIN	GLYCOGEN
Amylopectin is a branched-chain polysaccharide, which is found in plants	Glycogen is the storage polysaccharide of animals and fungi
Storage polysaccharide in plants	Storage polysaccharide in animals
Formed by the polymerization of glucose	Formed by a combination of amylose and amylopectin
A branched polymer	Highly branched when compared to amylopectin
Can be broken down by amylase	Hydrolyzed when it is dissolved in water

glycogenolysis

Basic Structure for Glycogen and Starch (Amylopectin)



6 α-D-glucopyranose molecules



How the same six molecules link in a glycogen molecule

Glycogen

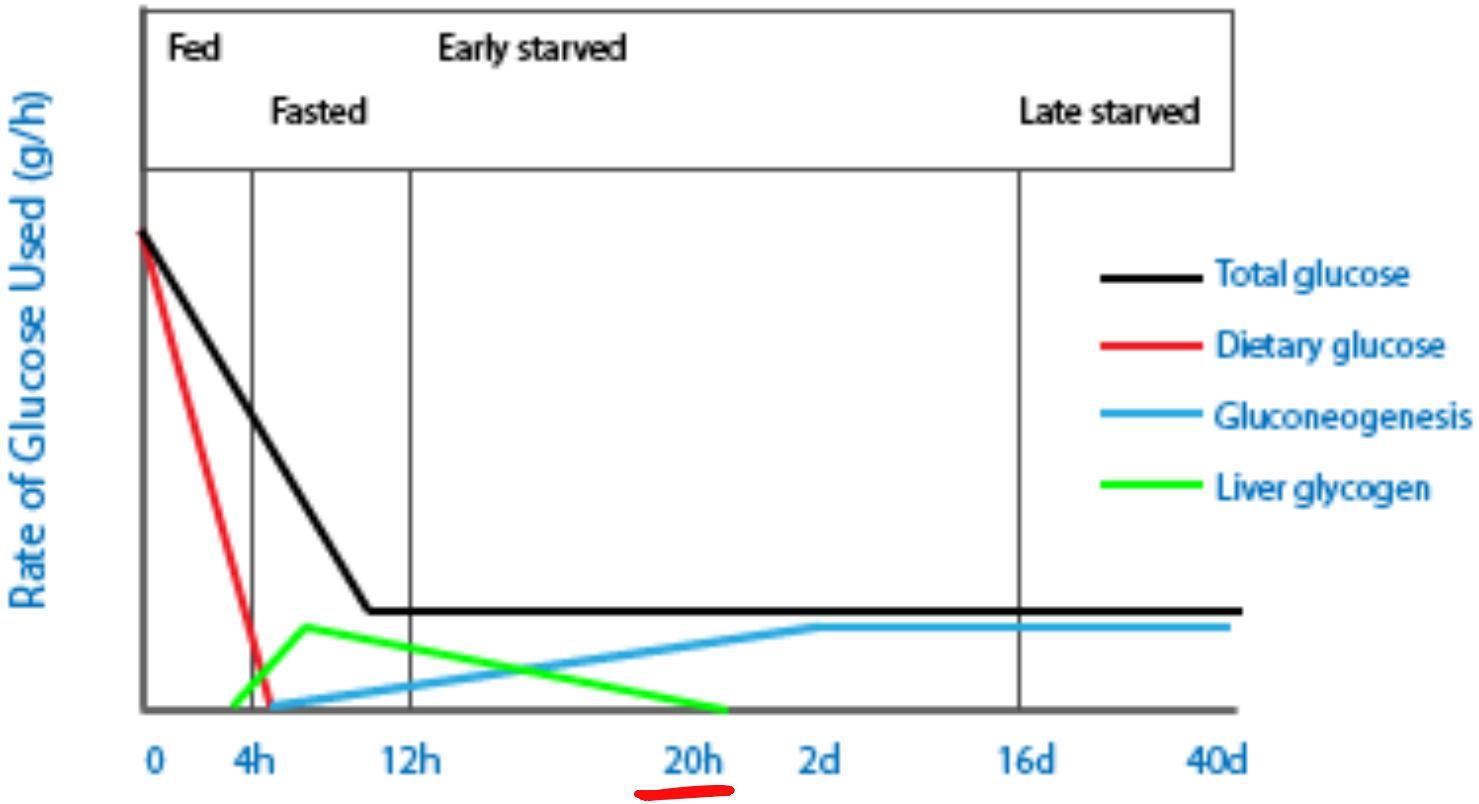
Functions of glycogen

يحافظ على تركيز السكر بالدم ، عشان ما ندوخ والسكر مصدر الطاقةاثناء الصيام ،١٢-٨ ساعات بعد هالوقت بخلص ال glycogen من الكبد والعضلات بتتدخل

- Liver glycogen maintains normal blood glucose concentration especially during the early stage of fasting (between meals). After 12-18 hours fasting, liver glycogen is depleted. بخلص

- Muscle glycogen acts as a source of energy within the muscle itself especially during muscle contraction.

عشان ترجع مستوى السكر بالدم وبتشتغل لما يصير عندي حركة للعضلات



بعد ما يبلش الصيام بتبلش نسبة الglucose اللي تم الحصول عليها من الغذاء بالإنخفاض,
ف ببلش الglycogen الموجود في الliver شغله بالتعويض بس بعدين المخزون هاض رح يخلص,
ف بتبدأ الgluconeogenesis بالتعويض,
للمحافظة على ثبات نسبة الglucose

*كل لون يمثل مرحلة

3- Cellulose:

Starch ≠ (1-4) glucosidic Bond

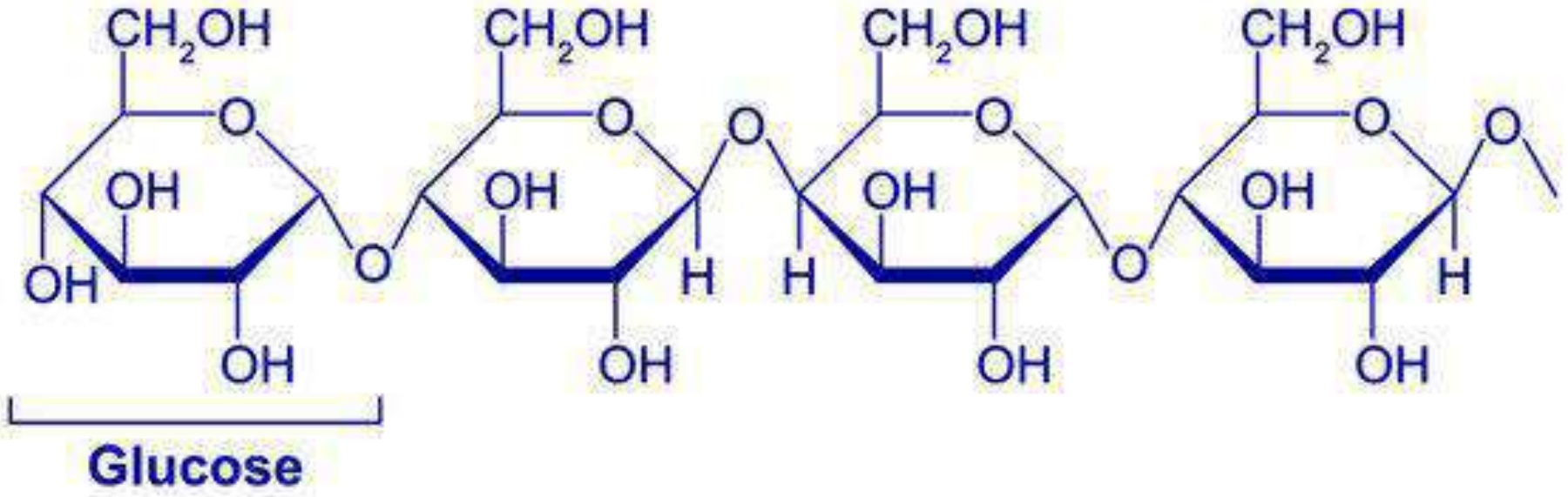
- It is long **unbranched** polysaccharide of **β-glucose units** linked together by **β 1,4glucosidic bond**

- It is the main structural molecules in cell walls of plants. Cotton is almost pure cellulose

- Many mammals including humans cannot digest cellulose of diet because of the **absence of digestive enzyme that attacks β-linkage.**

(β 1,4 linkages are not hydrolized by **α amylase**)

Cellulose Structure



- The presence of cellulose in diet is important because it increases the bulk of stool

احنا حكينا الإنزيم الي بهضم السيليوز مو موجود بالجسم ف مثلا بالقولون دخل فيه سيليلوز ما رح ينهضم ف رح يسحب الH2O و بتزيد حجم السيليوز و زي الإسفنج ف هاد أشي كويس ف صار متل حجم الفضلات و هيك بتصير تضغط على جدار القولون ف بدفعه للاسفل و يخرج من الجسم

- This stimulate intestinal peristalses & prevent constipation (laxative)

بحفز حركة الأمعاء و بالتالي stool ما بضل فترة طويلة بالأمعاء و هيك كمية المواد السامة ورمسببات الأمراض اللي كان ممكن اعادة امتصاصها رح يتم التخلص منها بشكل اسرع

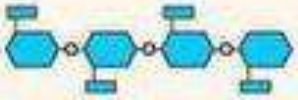
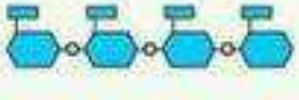
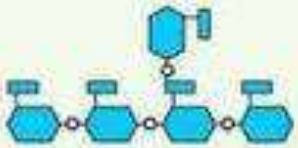
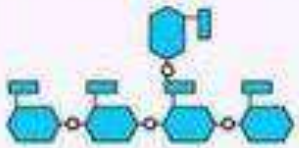
- Cellulose is a constituent of dietary fibers. These fibers help in decreasing absorption of toxic compounds and reduce the incidence of cancer colon

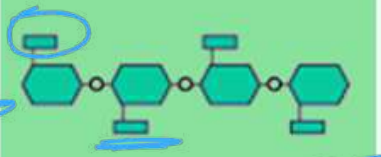
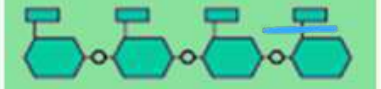
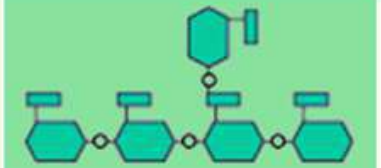
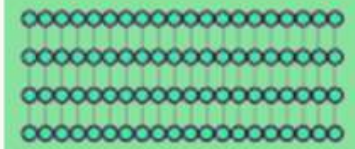
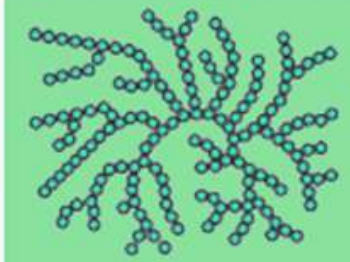
سرطان القولون مرتبط بالأطعمة الي فيها قلة بالسيليلوز يعني بحمي من سرطان القولون لأنه بتخلص من المواد السامة زي ما قلنا الي ممكن الجسم يرجع يمتصها

- Cellulose can be utilized & serve as a source of energy in herbivores because their gut contains bacterial enzyme that can attack β-linkage.

هاد الحكي بالنسبة لأكلات الأعشاب

الإختلاف الجوهري الوحيد بينهم هو عدد الunits

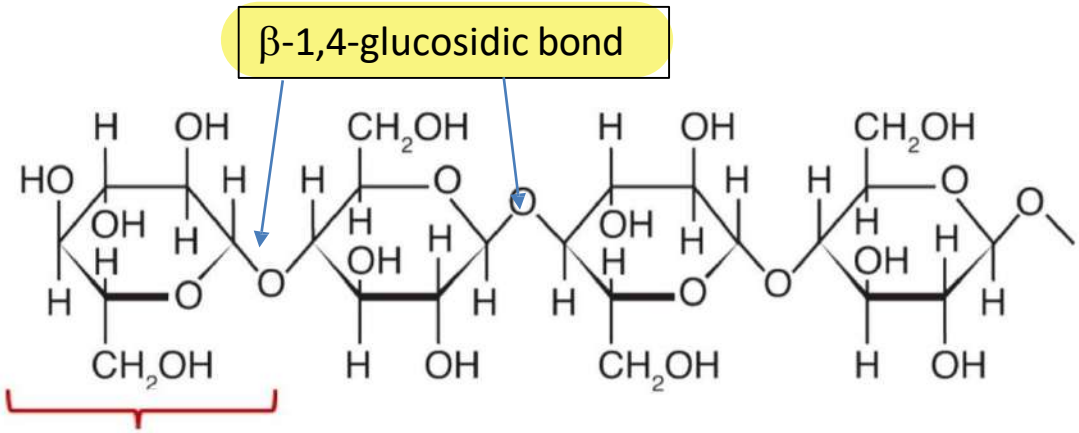
	Cellulose	Starch		Glycogen
		Amylose	Amylopectin	
Source	Plant	Plant	Plant	Animal
Subunit	β-glucose	α-glucose	α-glucose	α-glucose
Bonds	1-4	1-4	1-4 and 1-6	1-4 and 1-6
Branches	No	No	Yes (~per 20 subunits)	Yes (~per 10 subunits)
Diagram				
Shape				

	Cellulose	Starch		Glycogen
		Amylose	Amylopectin	
Source	Plant	Plant	Plant	Animal
Subunit	-glucose	-glucose	-glucose	-glucose
Bonds	1-4	1-4	1-4 and 1-6	1-4 and 1-6
Branches	No	No	Yes (~per 20 subunits)	Yes (~per 10 subunits)
Diagram				
Shape				

الرابطة بين سيليلوز بتكون بين بيتا وبيتا اما ال amylose بين الفا والفا

سبب الاختلاف في تركيبهم

Cellulose Structural Units: the units for cellulose are made of β-D-Glucopyranose molecules linked by β-1,4-glucosidic bonds.



Cellulose is a scaffolding polysaccharide found in plants as microfibrils (2-20 nm diameter and 100 - 40 000 nm long)

These form the structurally strong framework in the cell walls

* هو الي يعطي القوة لجدار الخلية

Due to extensive inter-chain and intra-chain hydrogen bonding cellulose is not water soluble

why ??

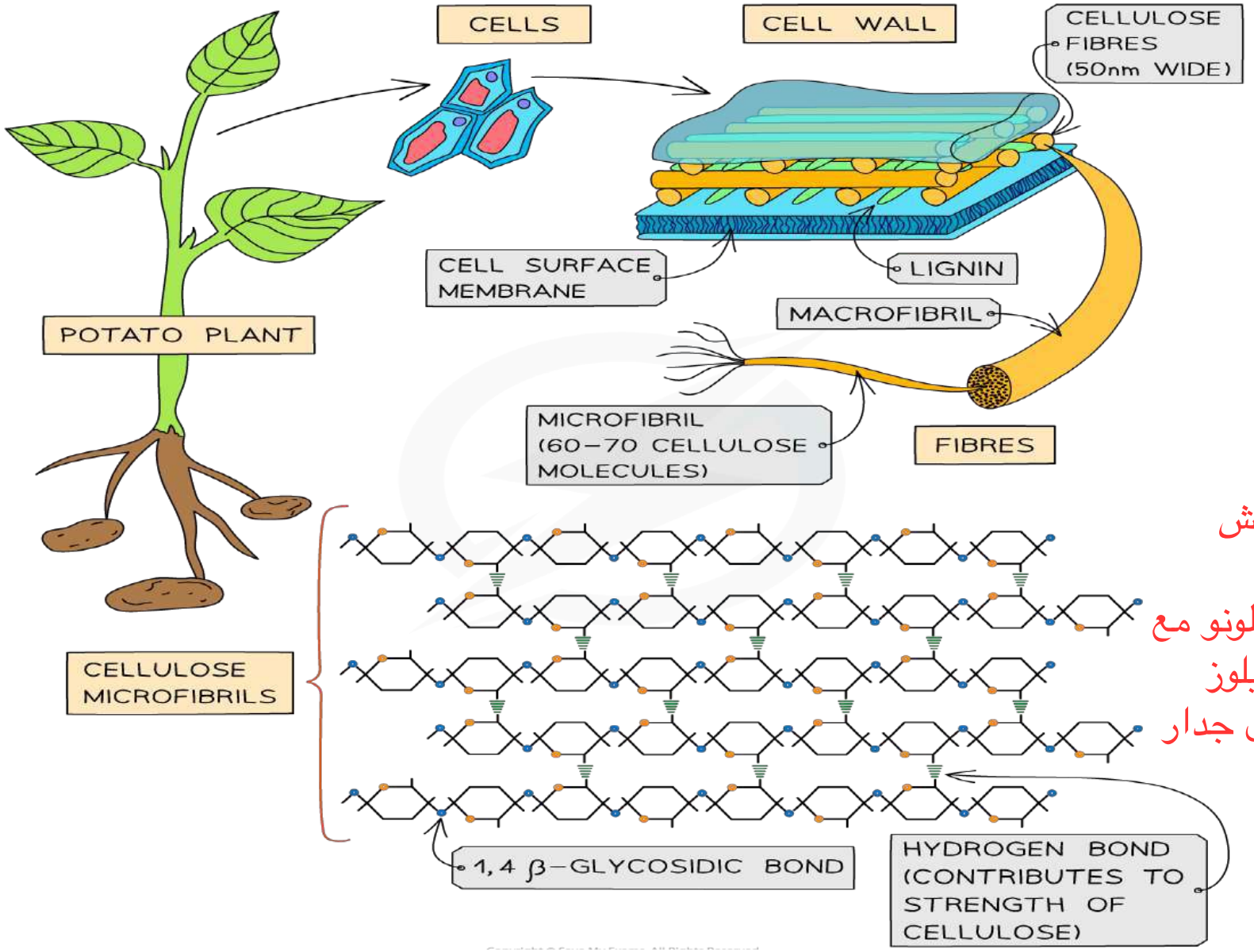
It is a straight chain polymer: unlike starch, no coiling or branching occurs, and the molecule adopts an extended stiff rod-like conformation. with high tensile strength.

بدون تفاف

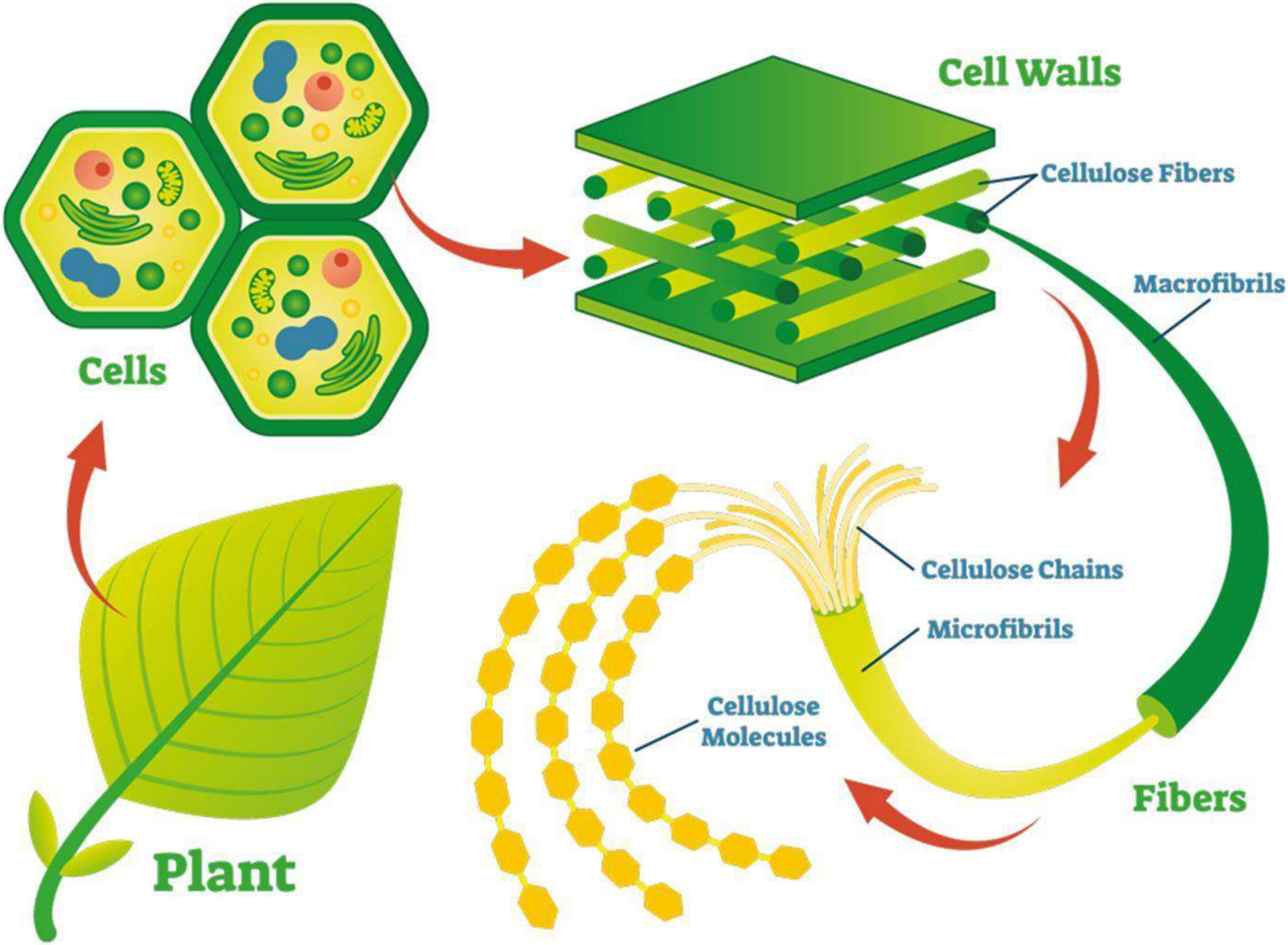
مثل حبل القطب الممتد

مع قوة شد عالية .

Inulin is a polysaccharide of fructose (a fructosan) found in tubers and roots of dahlias, artichokes, and dandelions. It is readily soluble in water and is used to determine the glomerular filtration rate, but it is not hydrolyzed by intestinal enzymes, so has no nutritional value. **Dextrins** are intermediates in the hydrolysis of starch. **Cellulose** is the chief constituent of plant cell walls. It is insoluble and consists of β-D-glucopyranose units linked by β1 → 4 bonds to form long, straight chains strengthened by cross-linking hydrogen bonds. Mammals lack any enzyme that hydrolyzes the β1 → 4 bonds, and so cannot digest cellulose. It is the major component of dietary fiber. Microorganisms in the gut of ruminants and other herbivores can hydrolyze the linkage and ferment the products to short-chain fatty acids as a major energy source. There is some bacterial metabolism of cellulose in the human colon. **Chitin** is a structural polysaccharide in the exoskeleton of crustaceans and insects, and also in mushrooms. It consists of *N*-acetyl-D-glucosamine units joined by β1 → 4 glycosidic bonds. **Pectin** occurs in fruits; it is a polymer of galacturonic acid linked α1 → 4, with some galactose an/or arabinose branches, and is partially methylated (**Figure 15–13**).



اللي لونه اخضر مش
تفرعات هي روابط
هيروجينيه بتربط المونو مع
بعض ليكون السيليلوز
قويويعطي دعامه ل جدار
الخلية


Cell Walls
Cellulose Fibers
Macrofibrils
Cells
Cellulose Chains
Microfibrils
Cellulose
Molecules
Fibers
Plant