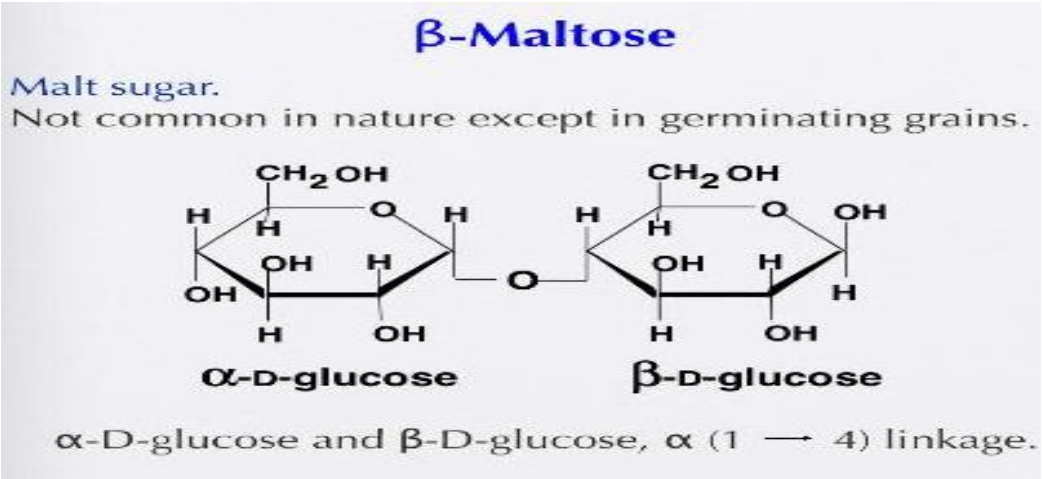
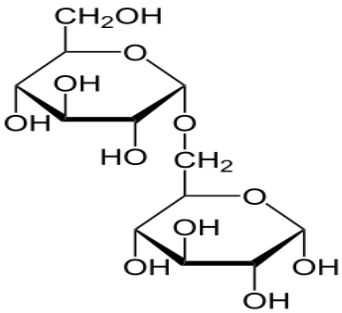
كون هذا الانزيم يعمل على الآصرة الكلايكوسيدية نوع α ولا يعمل على غيرها وهذا الكلام ينطبق على بقية السكريات حتى مع السكريات التي تتكون من نفس الوحدات السكرية ولكن بمواقع أرتباط مختلفة كما و الحال في المالتوز

α-Maltose $\xrightarrow{\beta\text{-Maltase}}$ No Hydrolysis



ب. Iso Maltose -: α - (1-6)

ويتكون من ارتباط جزيئتي الـ D-Glucose من نوع α-(1-6) ويوجد الايزومالتوز كوحدة سكرية ثنائية تربط السلاسل الجانبية للأميلوبكتين Amylopectin في النشأ والكلايكوجين . علماً إن كل من α - Maltose و Iso Maltose سكر مختزل لوجود مجموعة كاربونيل حرة و يتحلل الـ Iso Maltose (بواسطة انزيم Iso Maltase فقط دون غيره من الانزيمات) الى وحدتين من سكر الكلوكوز .



***Iso Maltose* α (1-6)**

Iso Maltose $\xrightarrow{\textit{Isomaltase}}$ 2Glucose

Iso Maltose $\xrightarrow{\beta\text{-Maltase}}$ No Hydrolysis

هنالك أكثر من نظام لتسمية هذه السكريات ، فعلى سبيل المثال يمكن تسمية الـ Iso Maltose كما يأتي إضافة الى التسمية السابقة :-

1) 6-D-Glucopyranosyl- α-1-D-Glycopyranoside .
2) O- α-D-Glucopyranosyl(1→6)- α-D-Glucopyranoside .

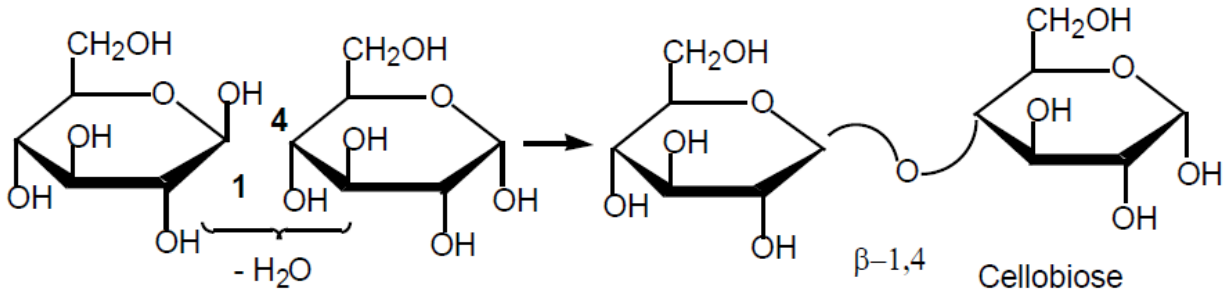
وأن الانزيم المتخصص بتحليل الـ Isomaltose يسمى بـ Isomaltase أو α(1→6)Glycosidase إعتماداً على نوع الآصرة الكلايكوسيدية التي يعمل أو يتخصص بتحليلها .

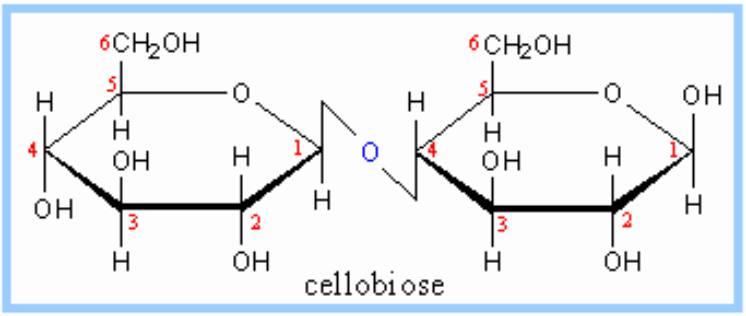
جـ. السيلوبايوز β(1→4) Cellobiose

يعتبر السيلوبايوز هو الشكل الثالث للسكر المتكون من وحدتي سكر الكلوكوز وهو الوحدة البنائية الثنائية المتكررة للسليلوز Cellulose . ويتكون من التحلل المائي (الحامضي) للسليلوز بعدة مراحل وله الصيغة الجزيئية $C_{12}H_{22}O_{11}$ وهو سكر مختزل ويعاني من ظاهرة الدوران التلقائي Mutarotation ليتحول من شكل α الى شكل β الانوميرية كما انه يمكن ان يتحلل مائياً ليعطي مولان من D-Glucose كما في المالتوز .

في جزيئة السيلوبايوز يكون الارتباط عبر الآصرة β(1→4) بين جزيئتي الكلوكوز . وهو يحرف الضوء المستقطب لليمين dextro ويختلف السيلوبايوز عن المالتوز بالأنزيم الخاص بتحليله الأنزيمي وهو الـ β-Glucosidase ويعرف بـ Emulsin وهو مختص بتحليل الآصرة الكلايكوسيدية نوع β(1→4) فقط (ويستخلص من اللوز المر bitter almond) .

علل: لا يمكن هضم السليلوز داخل جسم الانسان .





4-D-Glucopyranosyl-β-1-D-Glucopyranoside (**Cellobiose**)

α(1-4) ⟶ α-Maltose —*α-Maltase*→ 2Glucose

α(1-6) ⟶ Iso Maltose —*Iso Maltase*→ 2Glucose

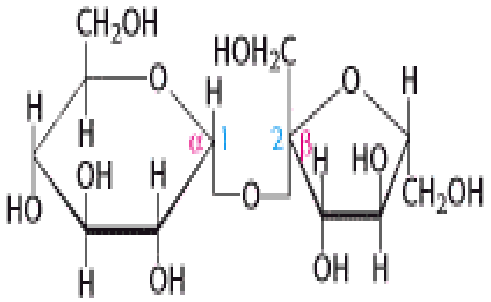
β(1-4) ⟶ Cellobiose —*Emulsin* (β-Maltase)→ 2Glucose

2. السكروز :- (سكر القصب ، الطعام) $C_{12}H_{22}O_{11}$ **Sucrose**

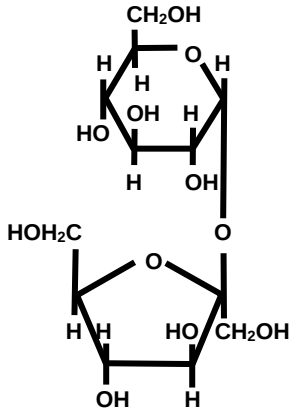
تتألف جزيئة السكروز من اتحاد سكري الكلوكوز والفركتوز ولذلك فإن التحلل المائي للسكروز يعطي هذين السكرين

$$\text{Sucrose} \longrightarrow \text{Glucose} + \text{Fructose}$$

يتكون سكر الـSucrose الثنائي من ارتباط جزيئة من السكر الأحادي الـGlucose مع جزيئة من السكر الأحادي الـFructose ويكون هذا الإرتباط بين مجموعة الألديهايد في الكلوكوز (C_1) مع مجموعة الكيتون في الفركتوز (C_2) ولذلك فإن هذا الارتباط يكون من نوع α(1-2) لهذا لا تبقى أية مجموعة كاربونيل حرة فعالة لذلك يفقد السكروز الصفة الإختزالية أي إنه سكر غير مختزل



Sucrose



α-D-Glucopyranose

β-D-Fructofuranose

* 1- α-D-Glucosyl-2-β-D-Fructoside
* α-D-Glucopyranosyl-β-D-Fructofuranoside
* 2-β-D-Fructosyl-1- α-D-Glucoside

يوجد السكروز بكميات كبيرة في عصير النباتات مخلوطاً مع الكلوكوز والفركتوز والمصدر الرئيسي للسكروز هو قصب السكر والبنجر والسكروز أكثر حلاوة من الكلوكوز وأقل حلاوة من الفركتوز .

في بعض الأحيان يكون السكروز مضراً بالصحة عندما يكون بتركيز عالي وكذلك فإنه يسد الشهية و يهضم السكروز في الأمعاء بفعل إنزيم السكريز Sucrase حيث يتحول الى كلوكوز وفركتوز وبعدها يمتصان في الدم . أما إذا حقن السكروز مباشرة في الدم فإنه يطرح (كما هو دون تحلل) خارج الجسم مع الإدرار ؟ لعدم وجود إنزيم الـ Sucrase في الدم .

ومن خواص السكروز إنه يحرف الضوء المستقطب لليمين Dextro بزاوية +66.5° ولكن الخليط الناتج عن عملية التحلل المائي له (والتي تدعى بعملية Inversion) الحاوي على كل من الكلوكوز والفركتوز يحرف الضوء المستقطب لليسار Levo -28.8 درجة ويدعى هذا الخليط بالسكر المنقلب invert Sugar ولذلك يسمى انزيم التحليل بـ Invertase

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow[\text{or (Invertase)}]{H^+/H_2O \text{ or Sucrase}} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

Sucrose		Glucose	Fructose
+66.5°	(*Invertase*)	+52.7°	-92°

$$+66.5^\circ \xrightarrow{\text{Inversion}} -28.2^\circ \quad \text{Invert Sugar}$$

الخليط الناتج (السكر المنقلب) لانقلاب الدوران النوعي

وللدلالة على إثبات التركيب البنائي للسكروز (ككلايكوسيد Glycoside) وذلك من خلال تجارب الإنزيمات ، حيث يتميأ السكروز بفعل انزيم الـ α-Glycosidase وهذه تشير الى التركيب الـ α في ارتباط الكلايكوسيد ، كما إن السكروز يتميأ بفعل انزيم الـSucrase (وهو انزيم مختص بـ β-Fructofuranoside) وهذا يدل على وجود ترتيب β في شطر الفركتوز .

السكروز لا يتخمر ولكنه في بعض الأحيان يتخمر نتيجة تحلله مائياً أولاً ، ثم تتخمر السكريات الأحادية (Invert Sugar) الناتجة عن التحلل .

يوجد السكروز في المحلول بشكل واحد ولهذا فإنه يتبلور بسرعة (علل ذلك) أما بقية السكريات مثل الكلوكوز فإنه لا يتبلور بسرعة مثل السكروز وذلك لأنه يوجد في المحلول بشكلين α ، β (إضافة الى الشكل المفتوح) .

*يمكن أن يتم منع تبلور السكروز وذلك بإضافة سكر آخر أو حامض يعمل على تحلل قسم من السكروز وبذلك يصبح على شكل خليط سائل وبذلك يصبح من الصعب بلورته .

السكروز (Sucrose (Saccharose سكر غير مختزل وذلك لعدم وجود مجموعة كاربونيل حرة ولذلك فهو :-

أ. لا يعطي كشف موجب لفهلنك ، كولن ، بندكت .

ب. لا يكون بلورات الأوسازون Osazone عند تفاعله مع فنيل هيدرازين .

جـ. يوجد بشكل واحد وليس له انوميرات α ، β .

د. لا يعاني ظاهرة الدوران التلقائي Mutarotation في محلوله .

إن الكشوفات أعلاه والتي لا يعطيها السكروز كونه سكر غير مختزل ولذلك فإن السكريات الثنائية المختزلة مثل (المالتوز ، Lactose) تعطي كشف موجب لكل الفقرات أعلاه لوجود مجموعة كاربونيل حرة .

(السكروز هو Glucoside وكذلك Fructoside) لكون الآصرة الكلايكوسيدية بين كاربونيل الكلوكوز وكاربونيل الفركتوز) .

$$\alpha(1-2) \xrightarrow{G\ F} \text{Sucrose}$$

$$\alpha(1-4) \xrightarrow{G\ G} \text{Maltose}$$

$$\alpha(1-6) \xrightarrow{G\ G} \text{Iso Maltose}$$

$$\beta(1-4) \xrightarrow{G\ G} \text{Cellobiose}$$

$$\beta(1-4) \xrightarrow{Ga\ G} \text{Lactose}$$

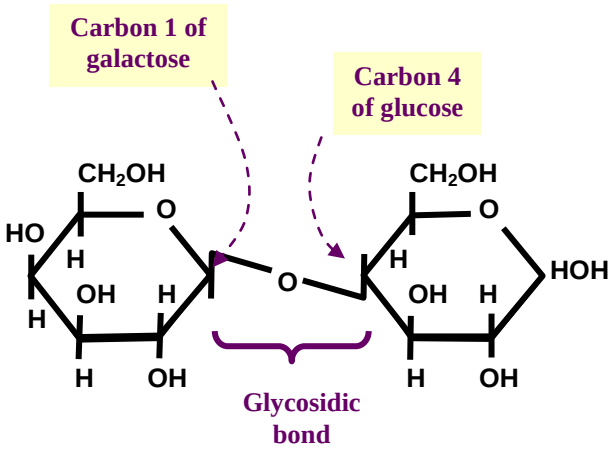
$$\alpha(1-6) \xrightarrow{Ga\ G} \text{Melibiose}$$

3. اللاكتوز β (1-4) Lactose

وصيغته الجزيئية $C_{12}H_{22}O_{11}$ ويسمى بسكر الحليب ويمثل حوالي 5% من حليب الإنسان والبقر (اللبائن) .

يتكون اللاكتوز من إرتباط β –OH في C_1 للكالكتوز مع OH في C_4 للكلوكوز فتتكون آصرة كلايكوسيدية من نوع β (1-4) ولذلك فإن اللاكتوز عبارة عن كالكتوسايد Galactoside وليس كلوكوسايد Glucoside (فسر ذلك)أي إن الآصرة الكلايكوسيدية هي في جزيئة (شطر) الكالكتوز بينما يبقى الكلوكوز عبارة عن Hemiacetal يحتوي على كاربونيل حرة . (ناقش وبرهن ذلك ؟) .

ولذلك يعتبر اللاكتوز سكر مختزل Reducing Sugar ويعطي كشوفات فهلنك ، كولن ، بندكت ، الاوسازون بالإضافة الى وجود انوميرات α ، β ويعاني من ظاهرة الدوران التلقائي .



Lactose: galactosyl-β (1 → 4) - glucose

4-D-Glucopyranosyl-β-1-D-Galactopyranoside

ويمكن ان يتأكسد سكر اللاكتوز المختزل بواسطة ماء البروم $Br_2\backslash H_2O$ فتتحول مجموعة الألديهايد الحرة في الكلوكوز الى مجموعة كاربوكسيل COOH– مكونة حامض اللاكتونيك Lactobionic الذي عند تحلله مائياً يعطي Gluconic acid و Galactose وليس العكس وهذا أحد اثباتات إن اللاكتوز هو Galactoside وليس Glucoside .

الأثبات الآخر هو تفاعله مع الفنيل هيدرازين مكوناً Lactosazone والتي عند تحللها بخطوة تعطي بلورات Glucosazone + كالكتوز وليس العكس .

سكر اللاكتوز قليل الحلاوة يكاد يكون عديم الطعم وأقل ذوباناً بكثير من السكروز ، الا إن النوع المحضر صناعياً وهو β –Lactose أكثر ذوباناً وحلاوة من اللاكتوز الأعتيادي α-Lactose .

يتكون سكر اللاكتوز داخل الغدة اللبنية من سكر الكلوكوز الموجود في الدم ويختلف حليب الإنسان عن حليب البقر باحتوائه على Fucosyl Lactose بالإضافة الى اللاكتوز .

يهضم سكر اللاكتوز في الأمعاء بواسطة انزيم الـLactase او Galactose-1-phosphate Transferase الى كلوكوز وكالكتوز . وفي حالة انعدام او ضعف هذا الانزيم يحدث مرض Galactosemia وهو مرض وراثي خطير يسبب عدم نمو الطفل مصحوباً التقيؤ ، الإسهال ، تضخم الكبد واليرقان .

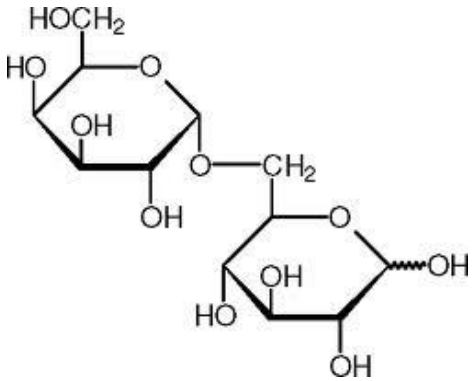
وفي أكثر الحالات يسبب تخلف عقلي ،وفي هذه الحالة يزداد الكالكتوز في الدم ويظهر في الإدرار. ومن أهم تشخيصات هذا المرض انعدام انزيم الـ *Transferase* في كريات الدم الحمراء .

يعالج هذا المرض بعدم تناول الكالكتوز (الموجود في سكر اللاكتوز) في الغذاء وفي حالة الاستمرار بتناول اللاكتوز من قبل المريض يحدث تسمم ومن ثم الموت . والسبب يعود الى تراكم مواد سامة منها الـ *Galactitol* الذي يتكون من اختزال الكالكتوز وعند ارتفاع مستوى الـ *Galactitol* يحصل مرض مزمن في عدسات العين وهو مرض الـ *Cataracts* . وعليه فإن سكر الكالكتوز له مفعول سام جداً في حالة انعدام انزيم الـ *Transferase* .

$$\text{Lactose} \xrightarrow{\textit{Lactase}} \text{Ga} + \text{G}$$

س// ماهو السكر الأحادي المختزل في جزيئة سكر اللاكتوز الثنائي هل هو Ga , G وكيف تبرهن ذلك ؟

*** من المفيد ذكره إنه هنالك سكر ثنائي مكون من الكلوكوز والكالكتوز (نفس مكونات اللاكتوز) ولكن بصيغة أواصر كلايكوسيدية α(1-6) وهو سكر المليبايوز Melibiose ويحضر من تحلل سكر الرافينوز الثلاثي .**



Melibiose Ga-G α(1-6)

6-D-Glucopyranosyl- α-1-d-Galactopyranoside

السكريات الثلاثية Trisaccharides

وهي سكريات تتكون من (3) وحدات بنائية من السكر الاحادي ترتبط باواصر كلايكوسيدية ويمكن ان تكون مختزلة او غير مختزلة ومن أكثر السكريات الثلاثية إنتشاراً في الطبيعة مذكورة في الجدول التالي :-

السكريات الثلاثية	المكونات
1. السكريات المختزلة :-	
المانوترايوز Mannotriose	كالكتوز + كالكتوز + كلوكوز
الروبينوز Robinose	كالكتوز + رامنوز + رامنوز
الرامينوز Rhaminose	كالكتوز + رامنوز + رامنوز
2. السكريات غير المختزلة :-	
الرافينوز Raffinose	فركتوز + كلوكوز + كالكتوز
الجنتيانوز Gentianose	فركتوز + كلوكوز +كلوكوز
المليزايتوز Melezitose	كلوكوز + فركتوز + كلوكوز