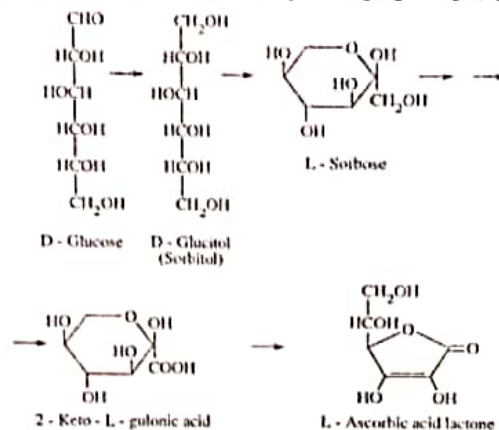




ساکاریدهای اینولین و لوآن وجود دارد. قند فروکتوز شیرین ترین قند طبیعی است و حلالیت آن بالاست. حضور آن در محلول‌های قندی موجب جلوگیری از کریستالیزاسیون قندهای دیگر می‌شود. میزان فروکتوز بیشتر در عسل موجب می‌شود که عسل کریستالی نگردد (در عمل حدود ۳۵-۳۱٪ گلوکز و ۴۰-۳۸٪ فروکتوز وجود دارد). در میان کتوزها فروکتوز فراوان‌ترین مونوساکارید موجود در طبیعت است.

سوربوز: در مواد غذایی به ندرت دیده می‌شود و بیشتر شکل الکلی آن (سوربیتول) دیده می‌شود. در صنعت جهت تولید ویتامین C از سوربیتول، سوربوز به عنوان یک ترکیب واسطه تشکیل می‌شود.



### اولیگو ساکاریدها

این ترکیبات از ۲-۱۰ واحد قندی تشکیل شده‌اند و مهمترین آن‌ها دی ساکاریدها هستند. اولیگو ساکاریدها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- الف- اولیگو ساکاریدهای احیاء کننده: دارای OH آنومری آزاد هستند.
- ب- اولیگو ساکاریدهای غیر احیاء کننده: دارای OH آنومری درگیر در پیوند گلیکوزیدی هستند.

مهمترین دی ساکارید غیر احیاء کننده ساکارز است. ساکارز: ساکارز یا قند معمولی دی ساکاریدی است که از یک ملکول گلوکز و یک ملکول فروکتوز تشکیل شده است. هر دوی این قندها دارای خاصیت احیاء کنندگی هستند اما هنگام ترکیب جهت تولید ساکارز، به دلیل اتصال کربونیل-کربونیل، این خاصیت از بین می‌رود. ساکارز فراوان‌ترین دی ساکارید موجود در طبیعت است. اصلی‌ترین منبع آن ریشه چغندر قند با ۱۷٪ قند و ساقه نیشکر با ۱۵٪ قند می‌باشد. این قند از اتصال کربونیل-کربونیل یک ملکول گلوکز و یک ملکول فروکتوز تهیه می‌شود:

# در شکر شیرین کننده طبیعی OH کربن آنزیمی شرکت دارد

(1:0.2:0.1)

دکتر صادقی

شیمی مواد غذایی: بخش کربونیدرات ها

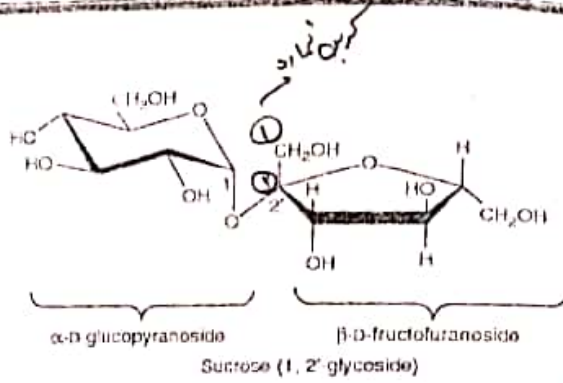


FIGURE 1.22  
Structure of sucrose.

$\beta$ -D-fructofuranosyl(2-1)- $\alpha$ -D-glucopyranoside

از مهمترین ویژگیهای ساکارز می توان موارد زیر را نام برد:

۱- عدم موتاروتاسیون در محلول ها **کربن آنزیمی شرکت ندارد**

۲- حلالیت بالا در گستره دمایی وسیع **حلالیت بیشتر و بالاتر**

۳- عدم احیاء محلول فهلینگ و بندیکت

۴- عدم شرکت در واکنش میلارد

۵- اوسازون تشکیل نمی دهد.

۶- پیوند میان گلوکز و فروکتوز پیوند ضعیفی است و تحت شرایط اسیدی ضعیف یا حرارت بالا شکسته می شود و دو مونوساکارید مزبور آزاد می گردند که در چنین صورتی خاصیت احیاء کنندگی خود را باز خواهند یافت. سهولت شکسته شدن ملکول ساکارز می تواند ناشی از شکل و ساختمان پنج ضلعی یا فورانوزی فروکتوز باشد که نسبت به حالتی که قند به صورت شش ضلعی یا پیرانوزی است، ناپایداری است. به طور کلی دی ساکاریدی که در ساختمان آن فورانوز بکار رفته در برابر اسید ناپایداری است که در ساختمان آن پیرانوز بکار رفته است. این امر موجب می شود که ساکارز نسبت به سایر قندها هیدرولیز اسیدی سریعتری داشته باشد که به عنوان یک مشکل در صنعت قند عنوان می شود.

در حضور اسید یا آنزیم اینورتاز ساکارز به قندهای سازنده خود می شکند که به مجموع این دو قند (گلوکز و فروکتوز) قند اینورت **Invert sugar** و به این عمل اینورتسیون (معکوس شدن) گفته می شود. دلیل نامگذاری آن این است که ساکارز دارای چرخش مخصوص  $+66.5^\circ$  است و پس از هیدرولیز چرخش مخصوص آن به  $-22^\circ$  کاهش می یابد. (ساکارز راست گردان نور پلازیزم است در حالیکه قند انورت چپ گردان نور پلازیزم است).

Sucrose  $\rightarrow$  D Glucose + D Fructose

Invert sugar

$[\alpha]_D +66^\circ$

$[\alpha]_D -22^\circ$

پس از هیدرولیز ساکارز، فروکتوفورانوز حاصله به دلیل ناپایداری، سریعاً به فروکتوپیرانوز که فرم پایدارتر است تبدیل می شود و بنابراین در قند انورت هر دو قند به فرم پیرانوزی هستند.

برای پختن ماکز نیازمند اسید معدنی ترکی هستیم

2:0.5:0.1  
در قند و شکر حاصل OH

1:0.2:0.1  
کربن آنزیمی شرکت دارد

کربن آنزیمی شرکت دارد - شماره 1

ساکارز خود را قابل تخمیر نیست ولی در اثر هیدرولیز ابتدا شکسته شده و سپس شروع به تخمیر می کند.

قدر اینورت شیرین تر از ساکارز است

اثرات اینورسیون ساکارز

۱- شیرین تر شدن محلول ساکارز: شیرینی ساکارز را مبنای شیرینی قندهای دیگر در نظر می گیرند به طوری که شیرینی ساکارز ۱۰۰، فروکتوز ۱۷۰ و گلوکز ۵۰-۷۰ می باشد. بنابراین در اثر اینورسیون مخلوط قندی حاصل شیرین تر از ساکارز خواهد بود.

۲- جلوگیری از بلوری شدن سریع ساکارز: این امر موجب جلوگیری از شنی شدن بافت در برخی مواد غذایی نظیر مرباجات می شود. قند اینورت محلول ترین قند طبیعی است. لازم به ذکر است که بین شیرینی و حلاطیت قندها رابطه مستقیم وجود دارد.

۳- قند اینورت قدرت حفظ رطوبت بالاتری دارد (فروکتوز نم گیرترین قندها است).

۴- در واکنش میلارد شرکت می کند.

از خواص مهم دیگر ساکارز ترکیب شدن آن با کلسیم و تشکیل ساکارات کلسیم است. مونو و دی کلسیم ساکارات در آب محلول هستند ولی فرم تری کلسیم ساکارات نامحلول است، پس در قند گیری از ملاس به دوش استغن از این فرم ساکارز استفاده می شود.

ترهالوز: یک دی ساکارید غیر احیاء کننده است که در جلبک ها و قارچ ها وجود دارد. آنزیم تجزیه کننده آن (ترهالاز) در انسان و پستانداران وجود ندارد. این ترکیب از اتصال دو ملکول گلوکز با اتصال ۱ به ۱ به وجود می آید. با توجه به اینکه هر یک از این گلوکز ها می توانند به فرم آلفا یا بتا وجود داشته باشند می توان سه نوع مختلف از این ترکیب به وجود آید (شکل):

ترهالوز  
۱-۱  
۱-۲  
۲-۲



# شیمی مواد غذایی: بخش کربوهیدرات‌ها دکتر صادقی

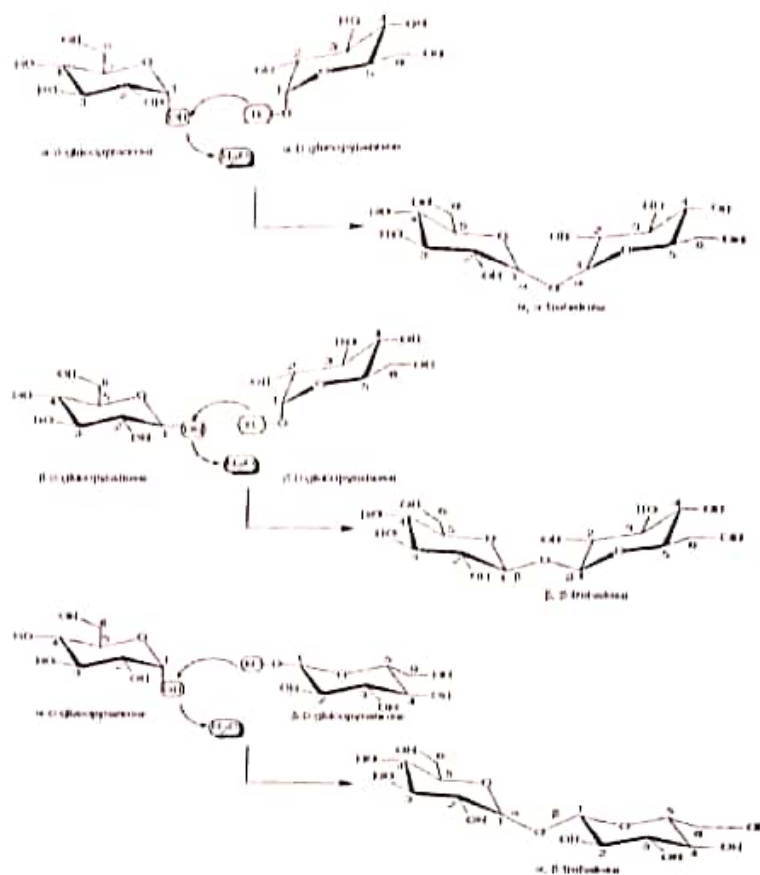


FIGURE 1.22  
Formation of nonreducing 1,1'-glucose disaccharides.

شیر (Wed-05+23)

دی ساکاریدهای احیاء کننده

۱- لاکتوز: دی ساکارید احیاء کننده‌ای است که به فرم آزاد تنها در شیر یافت می‌شود. فراوان‌ترین ماده خشک شیر است. به طور متوسط میزان آن در شیر ۴/۸٪ بوده و حدود ۵۰٪ ماده جامد شیر را شامل می‌شود.

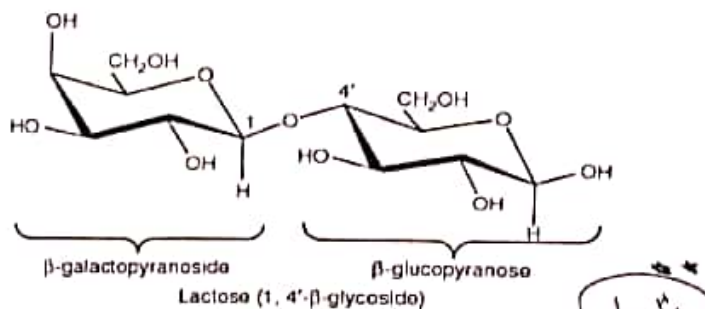


FIGURE 1.23  
Structure of lactose.

$\beta$ -D-galactopyranosyl-( $\beta$  or  $\alpha$ )-D glucopyranose

لبنیات  
محلی

فند لاکتوز منشا تولید اسید لاکتیک در فرآورده های لبنی است. در جریان تولید پنیر بخش اعظم آن از لخته پنیر جدا شده و وارد سرم شیر یا آب پنیر (Whey) می شود. در ساختمان لاکتوز، گالاکتوز همواره به فرم  $\beta$  است در حالی که گلوکز می تواند به فرم  $\alpha$  یا  $\beta$  باشد و به این ترتیب لاکتوز  $\alpha$  یا  $\beta$  تولید می شود.

هیدرولیز لاکتوز می تواند توسط آنزیم لاکتاز ( $\beta$ -D- گالاکتوزیداز) یا توسط محلول های رقیق اسیدهای قوی صورت می گیرد، اما اسیدهای آلی ضعیف مثل اسید سیتریک که به سادگی ساکارز را هیدرولیز می کنند، قادر به هیدرولیز لاکتوز نمی باشند. از همین خاصیت جهت تعیین مقدار این دو قند در مخلوط ها استفاده می شود. لاکتوز نسبت به ساکارز و گلوکز حلالیت کمتری دارد و بنابراین سریع تر بلوری می شود. علاوه بر این شیرینی لاکتوز  $1/6$  (یک ششم) شیرینی ساکارز است.

برخی افراد به دلیل فقدان آنزیم لاکتاز در بدن خود قادر به تجزیه لاکتوز در بدن خود نیستند، خصوصاً بعضی گروه های نژادی نظیر بومیان آمریکا. در این افراد لاکتوز بدون تجزیه وارد روده بزرگ شده و توسط میکروارگانیسم های روده بزرگ تخمیر شده و موجب بروز نفخ (به سبب تولید گاز) می شود که این وضعیت به عنوان عدم تحمل لاکتوز (Lactose intolerance) شناخته می شود. در چنین حالتی چنانچه بتوان شیر را قبلاً تحت اثر آنزیم لاکتاز قرار داد تا ملکول لاکتوز شکسته شود، در این صورت می توان از بروز این مشکل جلوگیری نمود (شیرهای حاوی لاکتوز هیدرولیز شده).

اساساً لاکتوز در مقایسه با اکثر قندهای دیگر از حلالیت خوبی برخوردار نیست و این مساله موجب بروز مسائلی در فرآورده های تغلیظ شده حاوی آن در حرارت پایین می شود. مثلاً در بستنی کریستال های درشتی از آن تشکیل می گردند. این کریستال ها اثر و احساس نامطلوبی در دهان ایجاد می کنند که به آن حالت شنی شدن Sandiness گفته می شود. دلیل این حالت این است که کریستال های  $\alpha$  لاکتوز درشت و خشن هستند و وجود مقادیر زیادی از آن ها در محصولی مثل بستنی و شیر تغلیظ شده موجب بروز حالت شنی در محصول می شود. توضیح اینکه لاکتوز به دو فرم کریستالی اصلی وجود دارد که عبارتند از  $\alpha$  (آلفا) مونوهیدرات و  $\beta$  (بتا) انهیدرید. فرم  $\alpha$  رایج ترین فرم کریستالی لاکتوز است که سایر اشکال لاکتوز به آن تبدیل می شوند. همچنین این فرم پایدارترین فرم کریستالی لاکتوز نیز است. لاکتوز  $\beta$  حلالیت بیشتری از فرم  $\alpha$  دارد و به همین دلیل قابلیت کریستالیزاسیون آن کمتر است. در طی کریستالیزاسیون، چون لاکتوز  $\alpha$  سریع تر کریستال می شود، به این ترتیب تعادل بین این دو فرم از بین می رود. پس مجدداً برای جبران این تعادل لاکتوز  $\beta$  بیشتری به فرم  $\alpha$  تبدیل می شود و این حالت تا جایی ادامه می یابد که تمام لاکتوز  $\beta$  به  $\alpha$  تبدیل شود. زمانی که محلول حاوی لاکتوز به سرعت خشک شود (مثلاً در جریان خشک کردن پاشی Spray drying شیر) لاکتوز آمورف یا بی شکل تشکیل می شود که در آن میزان لاکتوز به فرم های  $\alpha$  و  $\beta$  نظیر مقدار این دو در محصول اولیه می باشد. یک ویژگی خاص لاکتوز آمورف این است که شدیداً جاذب الرطوبه است و رطوبت محیط را سریعاً جذب می کند. طبیعتاً این ویژگی در مواردی می تواند مشکل آفرین باشد، چون زمانی که میزان رطوبت جذب شده به  $8\%$  برسد، لاکتوز مجدداً حالت کریستالی به خود می گیرد و به صورت کریستال های  $\alpha$

این میوه ها لاکتوز به علت کربناتی شدن میوه

۱۴:۰۰

تخمیر نشده

condensed  
evaporated

شراب شاداب تر حاصل می باشد

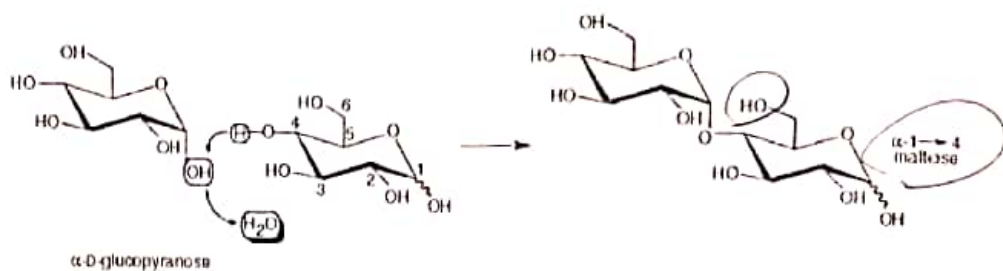
شکل فرم  $\alpha$  کریستال های درشت و خشن و بلورهای

تست انجام دادیم که سیرانه است  
تست در دست حامل

سیر بیوت کربن های  
که به طور طبیعی در کتک زده می شود  
لاکتوز حلالیت پایین دارد

ظاهر می شود. با رشد این کریستال ها در فرآورده های پودری، چنین فرآورده هایی حالت کلوخه ای پیدا می کنند.

۲- مالتوز: دی ساکارید احیا کننده ای است که از هیدرولیز نشاسته توسط آنزیم های دیاستاز ( $\alpha$  یا  $\beta$  آمیلاز) تولید می شود. ساختار مالتوز شامل دو ملکول گلوکز با پیوند  $\alpha$  ۱ به ۴ است.

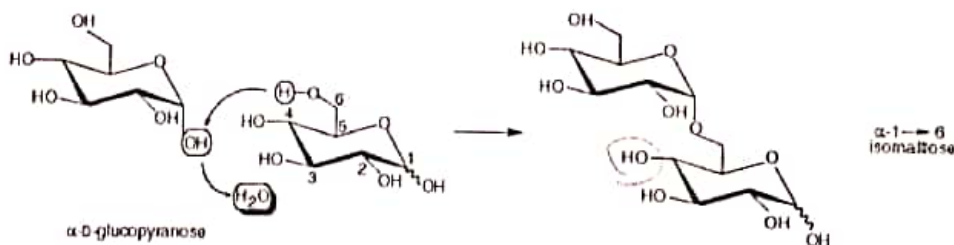


$\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1-4) ( $\beta$  or  $\alpha$ )-D glucopyranose

مالتوز دارای طعم خاص مالت است. مالتوز حاصل از نشاسته در صنایع تخمیری و مشروبات الکلی کاربرد دارد. به دلیل خاصیت احیا کنندگی این قند در فرآیند قهوه ای شدن میلارد شرکت می کند.

(۱ → ۴)

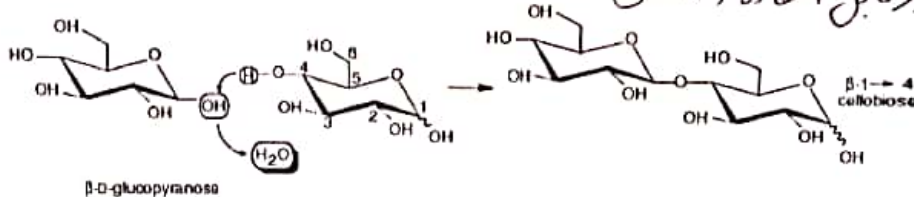
۳- ایزومالتوز: دی ساکارید احیا کننده ای است که از هیدرولیز آمیلوپکتین یا گلیکوزن به دست می آید. ساختار آن از دو ملکول گلوکز با پیوند  $\alpha$  ۱ به ۶ تشکیل شده است.



$\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1-6) ( $\beta$  or  $\alpha$ )-D glucopyranose

۴- سلوبیوز: از هیدرولیز سلولز بدست می آید و واحد ساختاری سازنده سلولز است. ساختار آن از دو ملکول گلوکز با پیوند  $\beta$  ۱ به ۴ تشکیل شده است.

فرآیند کربوهیدرات در صنعت  
به غیر قابل استفاده توسط انسان



$\beta$ -D-glucopyranosyl-(1-4) ( $\beta$  or  $\alpha$ )-D glucopyranose

بغیر با کتری  
بغیر از کتری  
۱۳۱۰۲۰

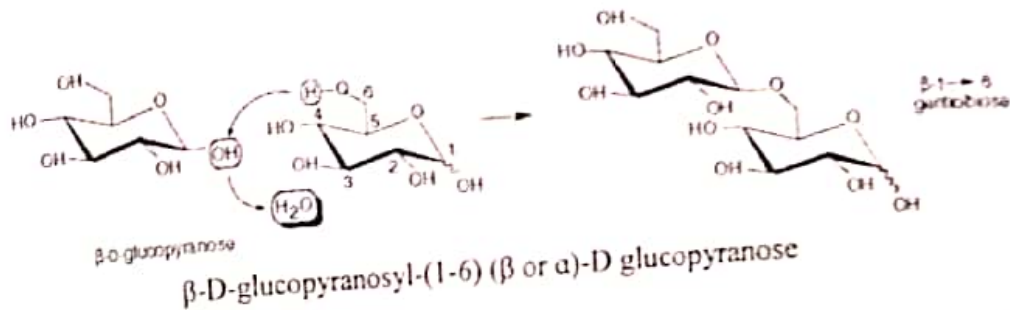


اسم خود، نوع پیوند و به یاد داشتن

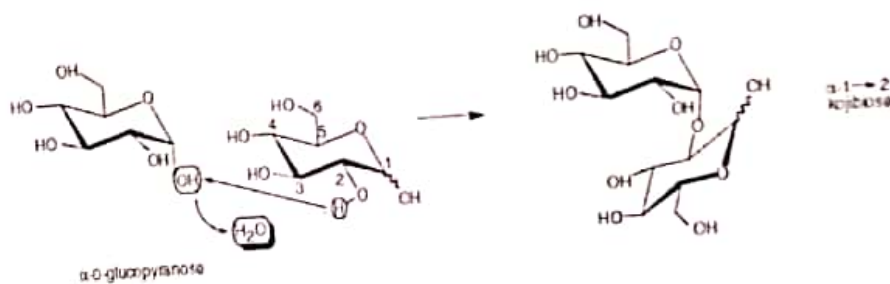
کجای زنجیر غلظت کمترین (۳، ۴، ۶)



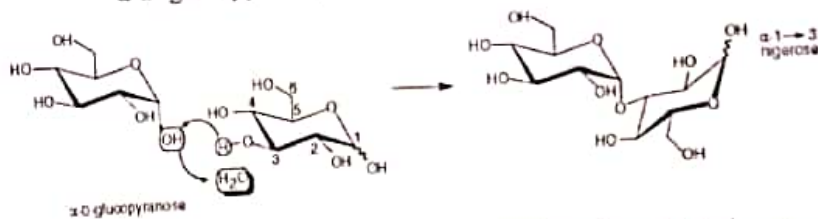
۵- زیتوبیوز: در ساختار آمیگدالین و کروسین وجود دارد. ساختار آن شامل دو ملکول گلوکز با پیوند  $\beta$  ۱ به ۶ است.



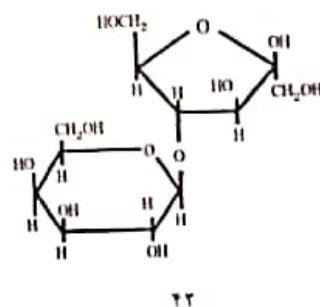
۶- کورجیوز: ساختار آن از دو ملکول گلوکز با پیوند  $\alpha$  ۱ به ۲ تشکیل شده است.



۷- نیجروز: ساختار آن از دو ملکول گلوکز با پیوند  $\alpha$  ۱ به ۳ تشکیل شده است.



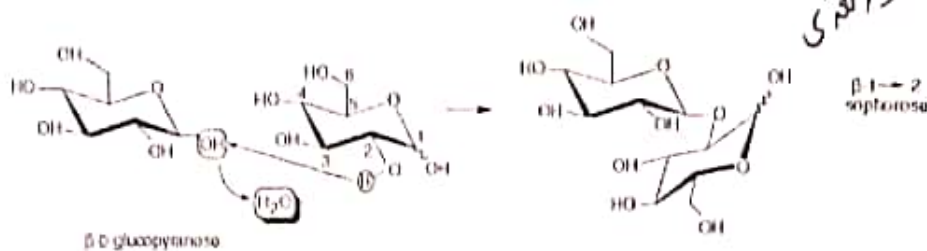
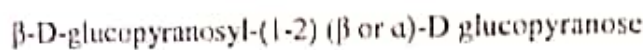
۸- لاکتولوز: ساختار آن شامل دو ملکول گالاکتوز و فروکتوز با پیوند  $\beta$  ۱ به ۴ است.



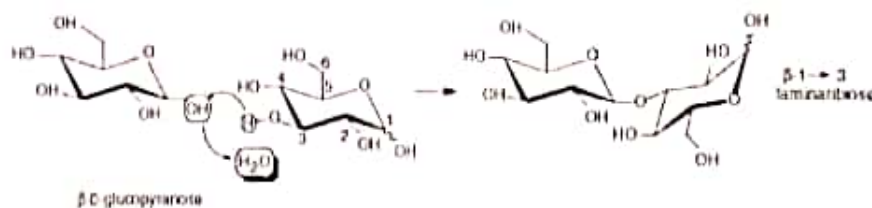
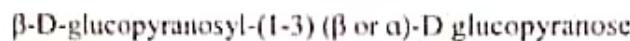
بانی کربوهیدراتی  
لاکتولوز



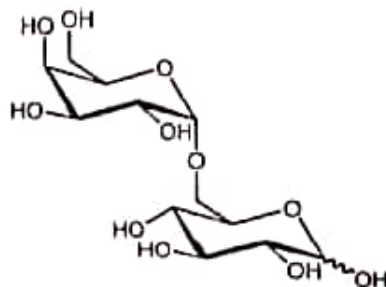
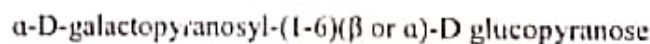
۹- سوفروز: دی ساکارید احیاء کننده‌ای است که در ساختار شیرین کننده غیر مغذی استویا Stevia حضور دارد که قدرت شیرین کنندگی آن ۲۵۰-۳۰۰ برابر ساکارز است. استویا شامل سوفروز + بخش استرولی است. ساختار سوفروز شامل دو ملکول گلوکز با پیوند  $\beta$  ۱ به ۲ است.



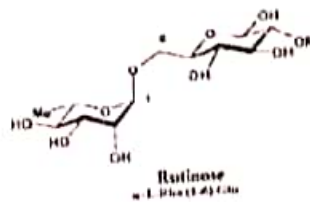
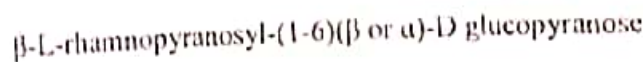
۱۰- لامیناریبوز: ساختار آن از دو ملکول گلوکز با پیوند  $\beta$  ۱ به ۳ تشکیل شده است.



۱۱- ملیبیوز: ساختار آن شامل دو ملکول گالاکتوز و گلوکز با پیوند  $\alpha$  ۱ به ۶ می باشد. این قند از تجزیه قندهای خانواده رافینوز بدست می آید و در اثر جدا شدن فروکتوز از رافینوز بدست می آید.



۱۲- روتینوز: ساختار آن به صورت زیر است:



در جدول زیر ساختار برخی از دی ساکاریدهای موجود در سیستم های بیولوژیکی به طور خلاصه آورده شده است.

Structure and Occurrence of Some Natural Disaccharides in Biological Systems

Name	Structure	Occurrence
Cellobiose	O $\beta$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 4)-D-Glc	Unit of cellulose
Gentobiose	O $\beta$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 6)-D-Glc	Sugar component in glycosides such as amygdalin
Iso maltose	O $\alpha$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 6)-D-Glc	Unit of amylopectin and glycogen
Maltose	O $\alpha$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 4)-D-Glc	Free compound in malt, beer; small amounts in some fruits and vegetables; main unit of starch
Nigerose	O $\alpha$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 3)-D-Glc	Free compound in honey; unit of polysaccharide nigeran
Lamnaribiose	O $\beta$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 3)-D-Glc	Free compound in honey; unit of lamnaran and of the glucan in yeasts
Kojibiose	O $\alpha$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 3)-D-Glc	Free compound in honey
Trehalose	O $\alpha$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 1)-D-Glc	Free compound in mushrooms; in the blood of insects and grasshoppers
Sucrose	O $\beta$ -D-Fruf-(2 $\rightarrow$ 1)-D-Glc	Free compound in sugar cane, sugar beets, in many plants and fruits
Maltulose	O $\alpha$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 4)-D-Fruf	Conversion product of maltose; free compound in malt, beer, and honey
Lactose	O $\beta$ -D-Galp-(1 $\rightarrow$ 4)-D-Glc	Free compound in milk and milk products
Melibiose	O $\alpha$ -D-Galp-(1 $\rightarrow$ 6)-D-Glc	Degradation product of raffinose by yeast fermentation; free compound in cocoa beans
Mannobiose	O $\beta$ -D-Manp-(1 $\rightarrow$ 3)-D-Manp	Unit of polysaccharide guaran
Primverose	O $\beta$ -D-Xylp-(1 $\rightarrow$ 6)-D-Glc	Free compound in carob tree fruits

اولیگوساکاریدهای مهم با بیش از دو واحد قندی

۱- رافینوز: یک تری ساکارید است که در چغندر قند و حبوبات وجود دارد. از سه ملکول گالاکتوز + گلوکز + فروکتوز تشکیل شده است. ساختار آن طوری است که فاقد خاصیت احیاء کنندگی است. ساختار آن شامل D-a - گالاکتوپیرانوزیل (۶-۱) ساکارز است.

خصوصیات رافینوز: ۱- قدرت چرخش نوری آن ۱/۸۵ برابر بیشتر از ساکارز بوده و بنابراین موجب اشتباه در اندازه گیری ساکارز چغندر قند در کارخانجات می شود. ۲- از بلوری شدن ساکارز در مرحله تولید شکر جلوگیری می کند.

۳- عدم وجود آنزیم های تجزیه کننده رافینوز در بدن موجب ایجاد نفخ می شود.

ساختار رافینوز به صورت ذیل است:

