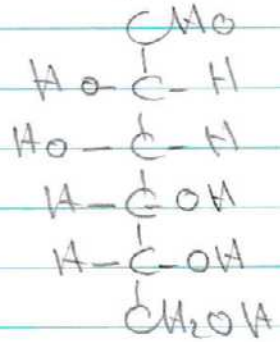
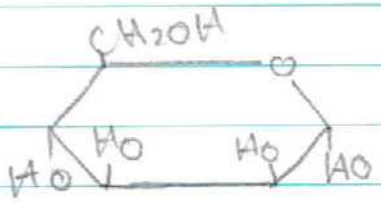
## Mannose

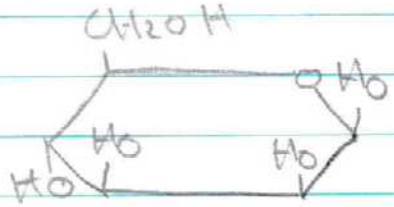
يتواجد Mannose في البرتقال والزيتون والبذور النباتية وعرائس قصب السكر وهو موجود بكثرة بصورته البكترة على شكل Mannan ، اما في الحيوانات فتكون جزء اساسي من glyco protein, glyco lipids, Serum albumin و Mannitol هو كحول سكري مشتق من Mannose ويتشر بكثرة في الطبيعة في الفاكهة والخضراوات والفطريات والطحالب والنباتات الاشجار



D(-)-Mannose



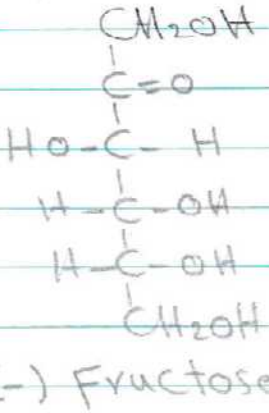
α-Mannose



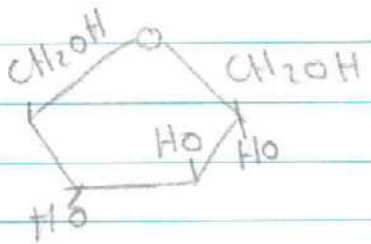
β-Mannose

## Fructose

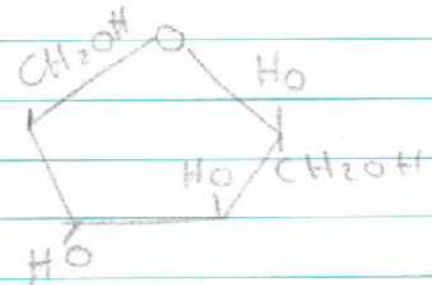
هو سكر كيتوني والذي يوجد في شهد الذرة Syrup والعسل والفاكهة الناضجة كما يوجد بكميات قليلة في اللبن ويتم الحصول عليه من التحلل المائي للسكر المتعدد Inulin وهو السكر الكيتوني الوحيد المهم في الاغذية



D(-) Fructose



α-Fructose



β-Fructose

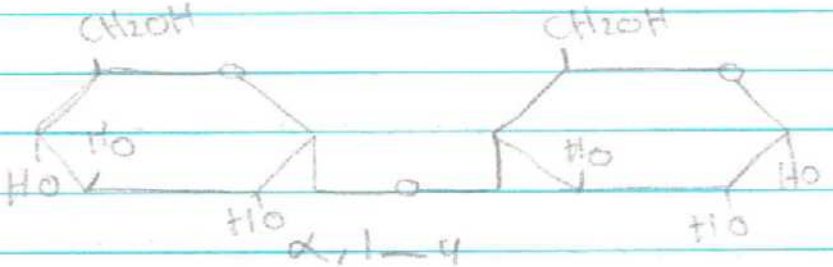
## السكريات الثنائية Disaccharides

تتكون من وحدتين من وحدات السكريات الأحادية مرتبطة بآصرة جلوكوسيدية مع فقد جزيئة ماء. تتحلل السكريات الثنائية عادة مائيا بواسطة الأحماض المخففة والإنزيمات. وتعد السكريات الثنائية مهمة كمكونات غذائية.

### ١- السكريات الثنائية المختزلة reducing disaccharides

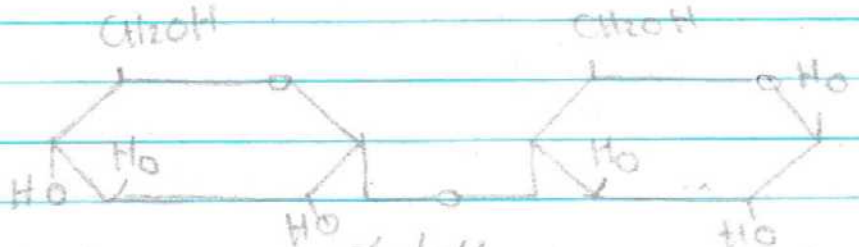
#### سكر الشعير Maltose

يوجد في الشعير المنبت أو الحبوب المنبتة ويتكون من وحدتين جلوكوز ويتم الحصول عليه أيضا من التحلل المائي للنشا بواسطة الإنزيمات amylase الموجود في اللعاب. أما الإنزيم maltase هو إنزيم يتخصص لكسر الآصرة $\beta$ إذ يكسر المالتوز إلى وحدتي جلوكوز. تستعمل محللات النشا في الكثير من التحليقات الغذائية إذ إنها تستعمل في المشروبات الغازية والخبز والحلويات والمربى والآيس كريم. سكر المالتوز سكر مختزل ويظهر ظاهرة تحول الدورة Mutarotation وذلك لوجود مجموعة OH حرة في أحد جزيئات الجلوكوز والأخرى مرتبطة لتكوين الآصرة جلوكوسيدية




$\alpha$-1-4

$\alpha$- Maltose



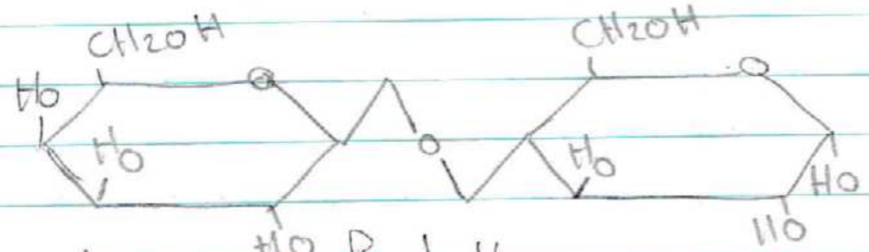

$\alpha$-1-4

$\beta$- Maltose

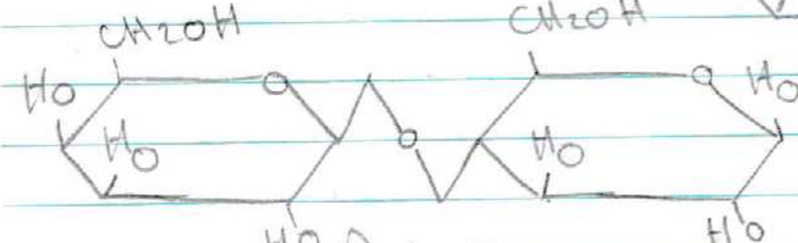
#### اللاكتوز Lactose

يتكون اللاكتوز من وحدة واحدة من الجلوكوز ووحدة واحدة من الجالاكتوز. يوجد في حليب الثدييات. ويتحلل اللاكتوز مائيا بواسطة الخمائر المخففة للأحماض وبواسطة الإنزيم lactase B-galactosidase. يوجد اللاكتوز بصورتين $\alpha, \beta$ ويظهر ظاهرة تحول الدورة نحو سكر مختزل ويتطعم بالحلويات

هو سكر حيواني وهو من أقل السكريات من حيث الحلاوة وأقل ذوباناً، وبسبب خواصه الكيميائية والفيزيائية فهو يدخل في تحسينات الأغذية إذ يتفاعل اللاكتوز في المنتجات المخبوزة مع البروتينات والأحماض الأمينية من خلال تفاعل ميلارد لإعطاء اللون الذهبي البني في القشرة الخارجية. لا يتخمر بواسطة الخمائر. يستعمل في تغذية الأطفال وكمادة حافظة.




HO β, 1-4
α-Lactose



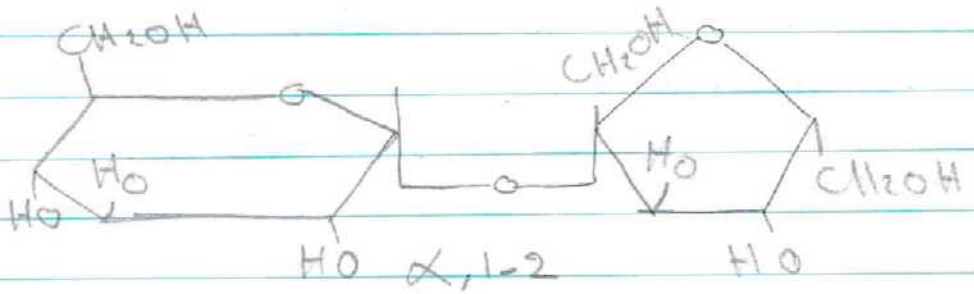

HO β, 1-4
β-Lactose

ب- السكريات الثنائية غير المختزلة Non-reducing disaccharide

Sucrose سكر القصب سكر البنجر سكر المائدة

هو من أكثر السكريات انتشاراً وتكون الفاكهة الناضجة غنية بالسكروز ويحصل عليه من القصب السكري أو البنجر السكري وينتج عن تحلل السكروز تحللاً مائياً خليط متساوي تقريباً من جزيئات الكلوكوز والفركتوز ويسمى هذه العملية بالتحول inversion وتحدث بواسطة الأحماض المخففة أو انزيمات Invertase ويسمى الخليط الناتج بالسكر المحول Invert sugar، وبما ان حلاوة الفركتوز أكثر من حلاوة السكروز والكلوكوز لذا فان الخليط الناتج (السكر المحول) تكون حلاوته أعلى من حلاوة السكروز. لذلك فهو يستعمل في صناعة الحلويات ومنتجات غذائية مختلفة ويعد السكروز هو المكون الرئيسي للعسل.

هو سكر غير مختزل لان كلا المجموعتين الاختزالية في كل من الكلوكوز والفركتوز اصبحت مرتبطة مع بعضها بآصرة كلايكوسيدية الى المجموعة الالديهايدية في الكلوكوز والكيتونية في الفركتوز. وعند تسخين السكروز الى 210°م يفقد السكروز الماء ويكون شراباً بني اللون يسمى الكراميل ويتخمر السكروز بواسطة الخمائر.



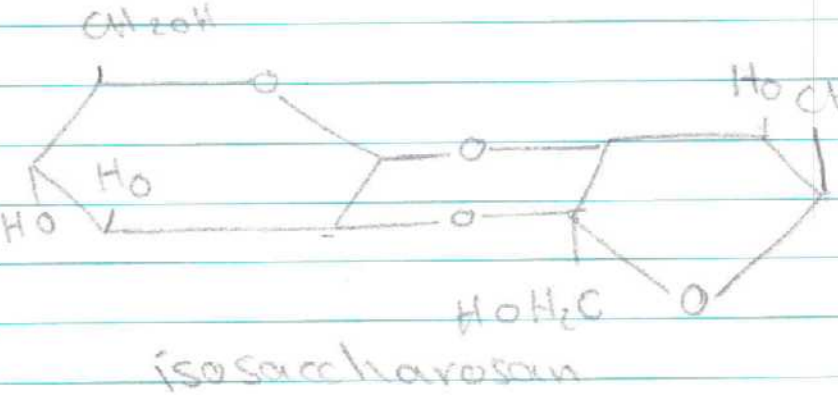

Sucrose

## الكرملة Caramelization

يعد تكوين مجموعة العناصر من الكاربوهيدرات البسيطة غير الزيتية، فعند تعرض السكريات الى الحرارة في وسط يحتوي على الماء أو عند تسخين محاليل مركزة من السكريات تحدث سلسلة من التفاعلات. تؤدي الى تكوين مجموعة العناصر.

في المرحلة الاولى لهذه السلسلة من التفاعلات يكون ما يسمى بالسكريات اللامائية anhydro sugar.

يكرمل السكروز عند درجة حرارة حوالي 200 - 210 °م، تعلى درجة حرارة 160 °م يذوب السكروز ليكون anhydrides لكل من الكلوكوز والفركتوز وعند رفع درجة الحرارة الى 200 °م تحدث سلسلة من التفاعلات تتم في ثلاث مراحل اعتمادا على الوقت. عند تسخين السكروز على 200 °م لمدة 35 دقيقة تحدث فقدان في وزن السكروز بمقدار 4.9 ٪ نتيجة فقدان جزيئة ماء لكل جزيئة سكروز ويكون مركب اسمه isosaccharosan ايزوسكاروسان




isosaccharosan

وعند تسخين لمدة 5.5 دقيقة اضافية يبلغ مقدار الفقد في الوزن 9 ٪ وتسمى المركبة المكونة كارميلين caramelan

$$2\,C_{12}H_{22}O_{11} - 4\,H_2O \longrightarrow C_{24}H_{36}O_{18}$$

تذوب سيقة الكاراميلين بالماء والإيثانول ولها طعم مر، وبعد التسخين لدرجة حرارية أعلى يبلغ فقدان الوزن 14٪ يرافقه تبدد ثمانية جزيئات ماء من كل ثلاث جزيئات سكروز مما ينتج عنه سيقة الكاراميلين caramelen

$$3C_{12}H_{22}O_{11} - 8H_2O \longrightarrow C_{36}H_{50}O_{25}$$

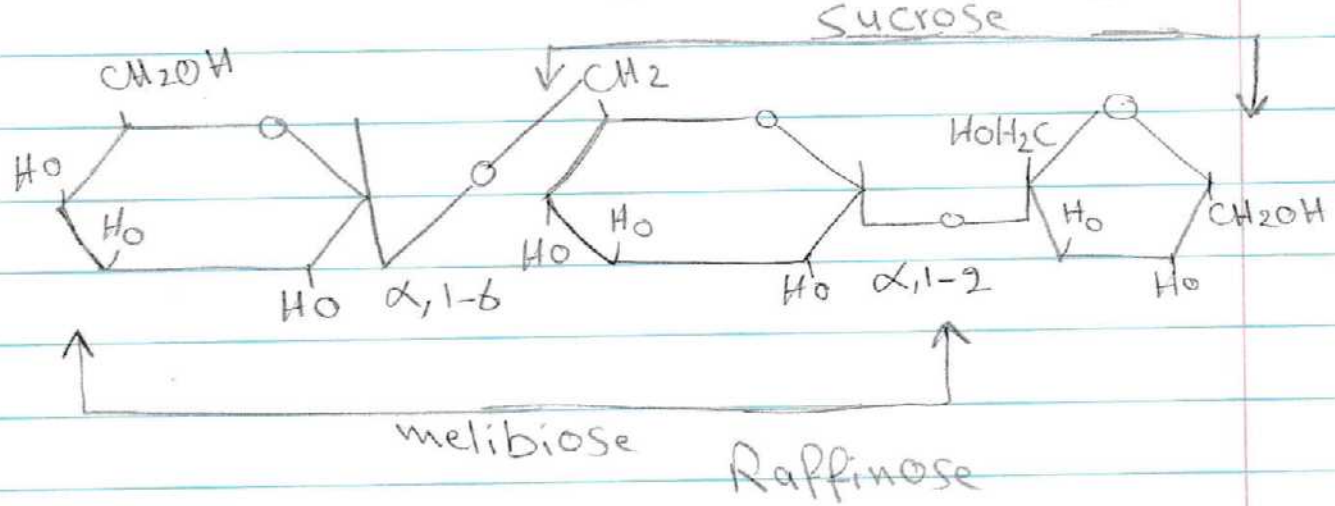
تذوب الكاراميلين في الماء قليلاً وعند التسخين بالتسخين تنتج سيقة غامقة اللون جداً لا تذوب بالماء ويكون تركيبها الكيميائي $C_{125}H_{188}O_{80}$ تسمى humin أو كاراميلين caramelin وهذه السيقة تساعد في إعطاء النكهة الخاصة.

oligosaccharides سكريات قصيرة السلسلة

Trisaccharides سكريات ثلاثية

Raffinose

يعتبر من اكثر السكريات الثلاثية اهمية، اذ يوجد بكميات صغيرة في البنجر السكري وقصب السكر وحب الهيد. سكر غير مختزل، يحتوي الرافينوز على الغلوكوز والجلوكوز والجالاكتوز. يتحلل مائياً بواسطة انزيم ألفا جالاكتوسيداز الى سكروز وسكر ثنائي melibiose (جلوكوز وجالاكتوز) ويتحلل بواسطة انزيم الإنفرتيز الى الجلوكوز والفركتوز




polysaccharides السكريات المتعددة طويلة السلسلة

هي الكاربوهيدرات المتكونة من ١٠ أو اكثر من وحدات السكريات الأحادية من مصادر هذه المواد اما غير مطبوخة وعديمة اللون بلا طعم، غالبيتها كبيرة الوزن الجزيئي مكونة من مئات او الآف من وحدات السكر الاحادي، تكون محاليل غروية، صيغتها الجزيئية $(C_6H_{10}O_5)_x$ وتقسم الى

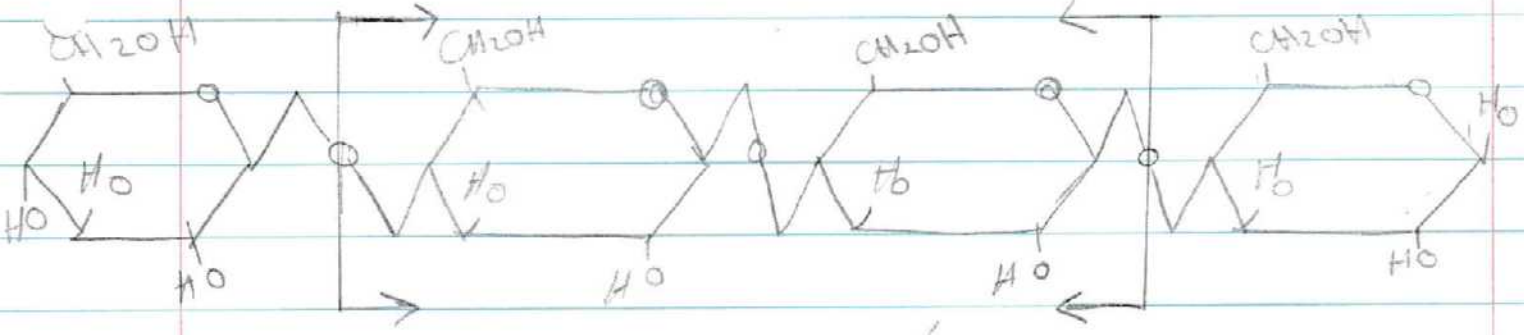
1- Homo polysaccharides

تتكون من نوع واحد من وحدات السكريات الأحادية وتضمن

Inulin، dextrin، glycogen، starch، cellulose

## cellulose

هو المكون الرئيسي للأنسجة النباتية متداخل مع lignin و xylan ، لذلك يذوب السليلوز بالماء ، ويقاوم بدرجة كبيرة فعل أغلب الإنزيمات والأحماض والقواعد الخفيفة لا يستطيع الإنسان وبقية الحيوانات من هضم السليلوز لافتقارها لإنزيم cellulase عدا الحيوانات المجترة التي تستطيع هضم السليلوز ، يتكون السليلوز من سلاسل مستقيمة غير متفرعة من وحدات الجلوكوز مرتبطة بأواصر B,1-4 مرتبة سلاسلها الطويلة بشكل حزم متوازية ، وهذه السلاسل مرتبطة مع بعضها بقوى بأواصر هيدروجينية بين مجاميع الهيدروكسيل بكتلة الوزن الجزيئي لسلاسل الجزيئي 2,000,000 - 100,000




وحدات متكررة من cellobiose

cellulose

## Starch

يوجد كمادة كاربوهيدراتية احتياطية رئيسية في معظم النباتات ، اذ توجد في الجذور والدرنات والبذور والسيقان وفي أوراق عديدة . ويوجد النشا في بلاستيدات داخل هيئة محاطة بطبقة بروتينية رقيقة . النشا هو عبارة عن بوليمر لجزيئات من الجلوكوز . وتختلف هيئات نشا في أنواع النباتات المختلفة بالحجم والشكل والصفات الفيزيائية الأخرى . لا تذوب هيئات النشا بالماء البارد . عملية إجلسة .

تحصل استحاثة بطيء لهيئات النشوية عند ارتفاع درجة حرارة الوسط المائي الى ٥٠م في هذه الأرحاة تتكون هيئات النشوية من الرجوع الى شكلها الطبيعي فيكون استحاث عكسي . وعند ارتفاع درجة الحرارة لأكثر من ٥٠م يكون للماء طاقة كافية لتكسير الأواصر الهيدروجينية الضعيفة فتحصل زيادة

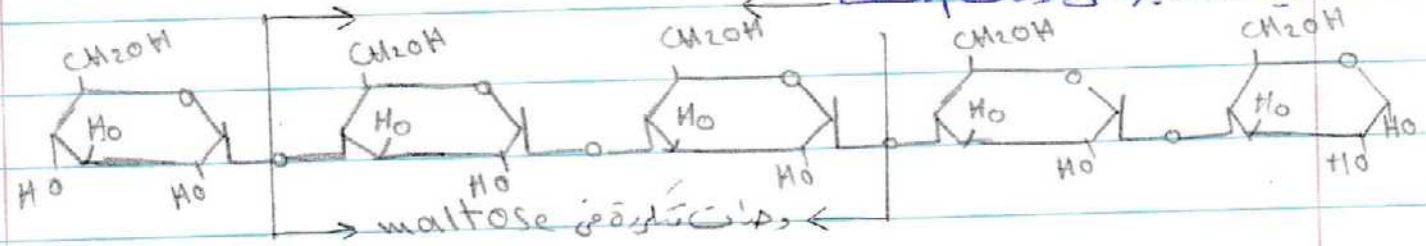
في حبوب الحبيبات النشوية. وعند وصول الحرارة إلى 60°م تبدأ الحبيبات النشوية بالانتفاخ الجزئي ويكون الانتفاخ غير عكسي. وتعرف هذه الدرجة الحرارية التي تبدأ فيها حبيبات النشا بالانتفاخ الجزئي وهي عبارة عن 60 ± 5°م وتعرف هذه الدرجة الحرارية بدرجة حرارة التهلم Starch Gelatinization temp. وتسمى هذه العملية بالجلسنة Gelatinization.

إن استمرار التسخين بعد وصول النشا الى درجة حرارة التهلم يؤدي الى انتفاخ أكثر للحبيبات ويصبح المحلول لزج وتفقد شفافيتها وتتحول الحبيبات النشوية وتتكون عجينة وفي حالة تحريك العجينة تتكسر حبيبات النشا وتقل اللزوجة. اما في حالة تبريد عجينة النشا يكون هلام وفي حالة التبريد البطيء يكون راسب غير قابل للذوبان نتيجة لارتباط سلاسل الاميلوز مع بعضها البعض عن طريق الروابط الهيدروجينية وبالتالي يقل امتزاج الماء وازدياد الحجم المتجمع ويؤدي الى تكوين راسب ويطلق على هذه الظاهرة التقهقر او النكوص او الرجوع Retrogradation. وتعتمد هذه الظاهرة على حجم وطول سلسلة الاميلوز غير المتفرعة وان تحلل سلسلة amylose الى سلاسل صغيرة عند كل منها على 20 - 30 وحدة جلوكوز يؤدي التخلص من ميل العجينة للترسب.

ويتكون النشا من نوعين من الكربوهيدرات المعقدة وهما Amylose و Amylopectin

Amylose

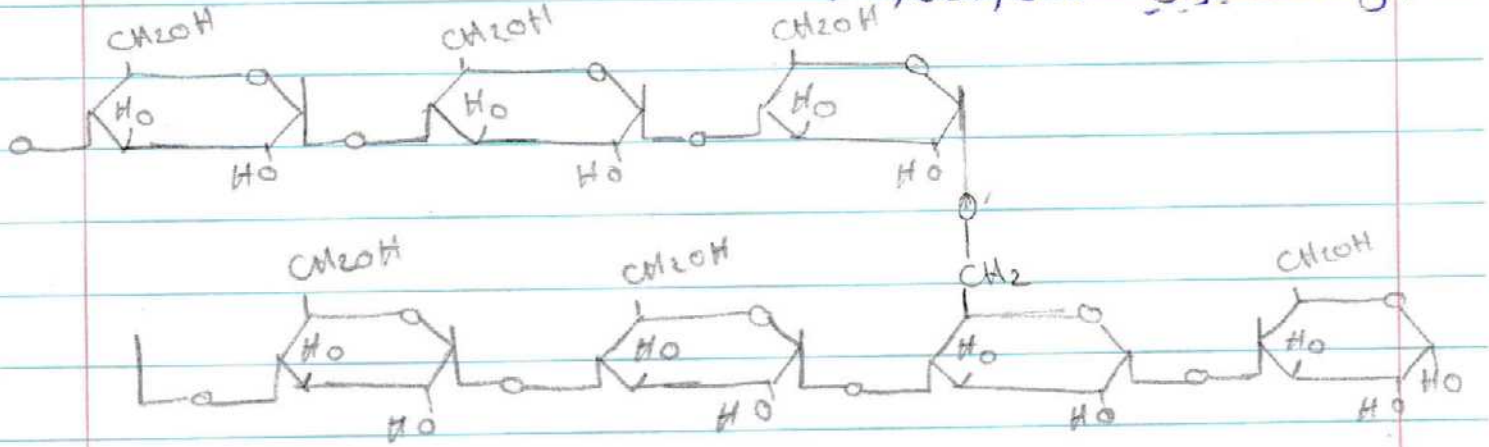
عبارة عن بوليمر مستقيم يتألف من 250 - 2000 وحدة جلوكوز مرتبطة بأواصر جلوكوسيدية من نوع α 1-4 والوحدات المتكررة هو سكر maltose ويشكل حوالي 20٪ من مكونات النشا




Amylose

Amylopectin

يشكل حوالي 75-80٪ من وزن النشا عبارة عن بوليمر متفرع كثيراً يتألف من وحدات الجلوكوز مرتبطة مع بعضها بأواصر جلوكوسيدية وتحتوي كل متفرع على حوالي 20-25 وحدة glucose. وترتبط وحدات الجلوكوز مع بعضها بأواصر من نوع α 1-4 بينما ترتبط نقاط التفرع بأواصر من نوع α 1-6 وهي عبارة عن جزيئات عالية الوزن الجزيئي وذات أكبر وزن جزيئي 1,000,000.



Amylopectin

ينتج عن التحلل الجزئي للنشا (amylose, Amylopectin) بالماء خليط من dextrins, oligosaccharides, maltose, glucose بينما ينتج عن التحلل التام للنشا بالماء الجزيئات القوي من D-glucose ويتحلل النشا بواسطة أنزيمات amylases وهي أنزيمات α-amylase وهذا الأنزيم يحلل النشا من البزاقة غير المتفرعة بصورة عشوائية لينتج أنواع مختلفة وهي dextrins, oligosaccharides, α-maltose, α-glucose وتقف فعالية الأنزيم عند نقاط التفرع. أما أنزيم β-amylase فيعمل على تحلل النشا من البزاقة غير المتفرعة لينتج وحدات متعاقبة من α-maltose والأنزيم الثالث هو glucoamylase الذي يعمل على نقاط التفرع لتحلل النشا عند الأواصر α 1-6 والأنزيم الرابع هو glucosidase (maltase) الذي يحلل الجزيئات المتبقية (α-maltose) إلى وحدات من α-glucose.

## Dextrins

هي انواع التحلل الجزيئي بفعل الانزيمات والاحماض والحرارة على النشا. وهي انواع وسطية التحلل المائي للنشا وهي قابلة للذوبان بالماء وتترسب من محاليلها المائية. توجد الديكسترينات في عصائر الفاكهة والخضر وفي اوراق العديد من النباتات يوجد في العسل، تستخدم هذه المواد كمواد لاصقة وتعتبر من المكونات المهمة لمنتجات الاغذية كشراب الذرة.

## Glycogen

يعتبر هذا السكر المتعدد هو الصورة الرئيسية للكاربوهيدرات المخزنة في الحيوانات، ويعتبر الكبد والعضلات هي المواقع المخزنة للكلايكوجين، ويشابه الكلايكوجين في تركيبه الاميلوبكتين ولكنه اكثر تفرعاً واعلى منه وزنه جزيئي يتكون الكلايكوجين من تكرار وحدات الجلوكوز المرتبطة مع بعضها بواسطة اواصر جلوكوسيدية α 1-4 وترتبط نقاط التفرع باواصر α 1-6 ويمكن الاميلوبكتين فان السلاسل الجانبية للكلايكوجين اقصر وتتكون من 12-18 وحدة مع وجود تفرعات كثيرة

وهو عبارة عن مادة بيضاء اللون غير متبلورة بلا طعم ويمكن ان يتحلل مائياً ليعطي ديكسترينات ومالتوز وسكريات قصيرة السلسلة وجلوكوز، قابل للذوبان بالماء، محلوله يمتص الدرات. وهو احد المواد الكيموحيوية المهمة الموجودة في الجسم، اذ يعتبر كلايكوجين الكبد الاحتياطي الرئيسي للحفاظ على مستوى السكر في الدم بينما يكون كلايكوجين العضلات مصدر للطاقة من اجل تقلص وانبساط الالياف العضلية.

## Inulin

عبارة عن Fructosans بوليمر متجانس يتكون من وحدات B-Fructose مرتبطة مع بعضها باواصر من β 2-1، صعب الذوبان بالماء البارد وسهل الذوبان بالماء الحار وهو مسحوق ابيض غير متبلور يتحلل بسهولة بالاحماض، لا يتحلل الانيولين بأي من انزيمات القناة الهضمية والفموية، ويمكن الاستفادة من الانيولين كمصدر لـ D-Fructose.