المحاضرة الثانية

الكاربوهيدرات

توجد السكريات في الخلايا النباتية والحيوانية وتوجد كذلك في الاحياء المجهرية وبصورة متعددة الاشكال. يعتبر الكلوكوز السكر الرئيسي في الخلايا الحيوانية ويخزن على هيئة كلايكوجين ويوجد اللاكتوز بشكل مطلق تقريبا في الحليب . تخزن السكريات في الخلايا النباتية على هيئة نشا ويطلق عل السكريات ذات الوظيفة التركيبية في النباتات اسم السليلوز ، كما تحتوي النباتات على انواع عديدة من السكريات الاحادية والمتعددة قصيرة السلسلة وانواع اخرى من السكريات المتعددة ويطلق عليها الاصماغ ، كما يمكن الحصول على الاصماغ من الاعشاب البحرية والاحياء المجهرية ، وللسكريات استعمالات عديدة في صناعة الاغذية كما انها تدخل في تركيب الكثير من الاغذية .

تصنف السكريات الى ما يلي من وجهة نظر العاملين في مجال كيمياء الاغذية :

١- السكريات البسيطة او الاحادية : وهي السكريات التي لا يمكن تحللها الى مركبات ابسط وتشمل :

أ- البنتوزات : مثل الارابينوز والزايلوز والرايبوز .

ب-الهكسوزات : تشمل

١- الهكسوزات الالديهايدية مثل الكلوكوز والكالاكتوز .

٢- الهكسوزات الكيتونية مثل الفركتوز .

٢-السكريات المتعددة قصيرة السلسلة (Oligosaccharides)

أ-السكريات الثنائية

١- المختزلة مثل المالتوز واللاكتوز

٢- غير المختزلة مثل السكروز

ب-السكريات الثلاثية مثل الرافينوز والـ gentianose

٣-السكريات المتعددة طويلة السلسلة

أ-المتجانسة (المحتوية على نوع واحد من السكريات الاحادية) وتشمل :

١-البنتوزانات مثال الزايلان xylan والارابان araban

٢-الهكسوزانات مثال

أ-كلوكوزانات مثال النشا والدكسترين والكلايكوجين والسليلوز

ب-فركتوزانات مثل الانيولين Inulin

ج- كالاكتانات

ب- غير المتجانسة (المحتوية على نوعين او اكثر من السكريات الاحادية) مثال البكتين والصمغ

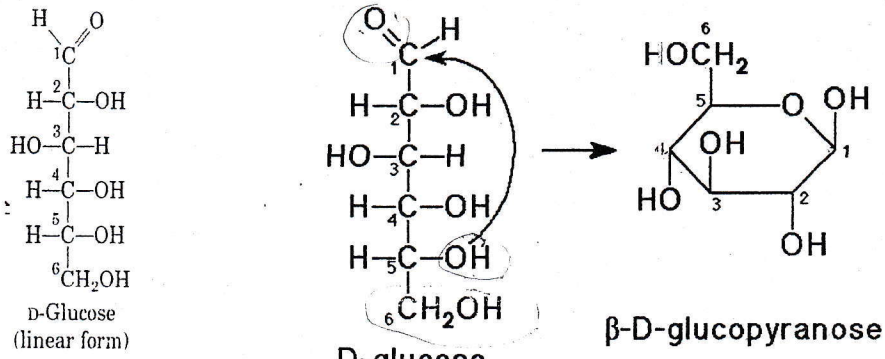
ج- المحتوية على النتروجين مثل الكايتين .

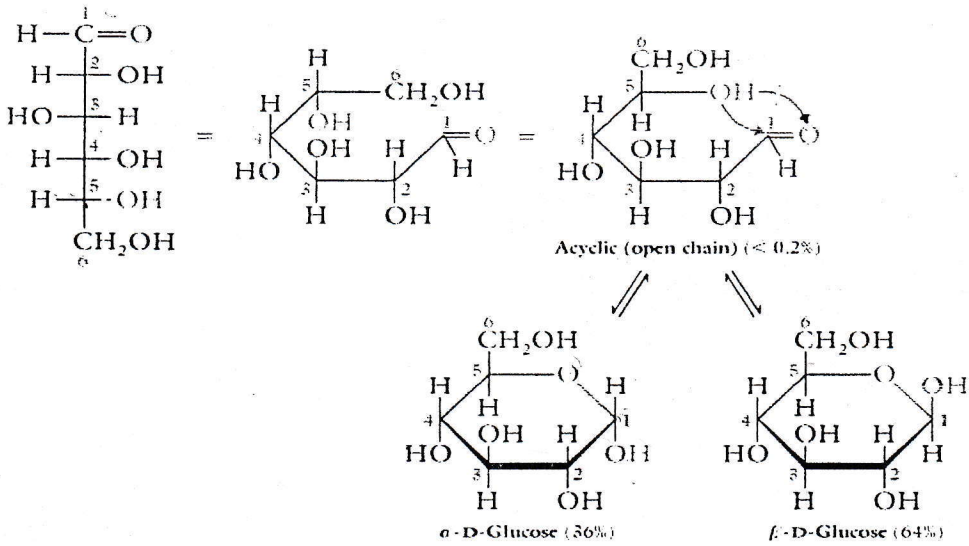
تتميز السكريات الاحادية والثنائية بحلاوة الطعم وسهولة ذوبانها في الماء وتختلف هذه السكريات في درجة حلاوتها ، ويؤخذ السكروز عادة كاساس للمقارنة ويعطي درجة حلاوة (١٠٠) وتقاس درجة حلاوة السكريات الاخرى نسبة اليه كما يلي (فركتوز ١٧٣) ، (السكر المقلوب ١٣٠) ، (الكلوكوز ٧٤)، (المالتوز ٣٢.٥) ، (الكالاكتوز ٣٢)، (اللاكتوز ١٦) وبالمقابل تكون نسبة السكريات المتعددة عديمة الطعم وتختلف كثيرا في قابلية هضمها ولا تذوب في الماء لكنها تكون محاليل غروية فيه .

السكريات الاحادية Monosaccharides

يعد الـ D-glucose (D-كلوكوز) ويسمى ايضا دكستروز من اهم السكريات الاحادية على الاطلاق وهو يشتق من ابسط السكريات الاحادية المسمى D- كليسرالديهايد والذي يحتوي على ثلاث ذرات الكاربون ومجموعة الديهايد .

تصنف السكريات الاحادية عادة الى سكريات تحتوي على مجموعة الديهايد واخرى تحتوي على مجموعة كيتون ومن صفات هذه المجاميع انها تكون مختزلة، ويكتب التركيب الكيمياوي للسكريات الاحادية اما على هيئة سلسلة بسيطة مفتوحة تدعى صيغة فشر (Fisher) او على هيئة حلقية تدعى صيغة هوارث (Howarth) .



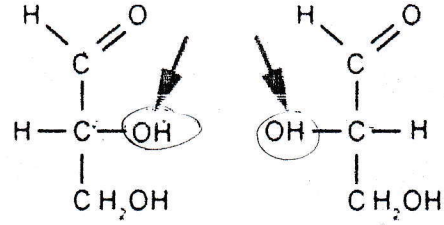


توضح صيغة فشر للكلوكوز مجموعة الالديهايد الحرة والمجاميع الهيدروكسيلية الحرة لكن الكلوكوز في المحاليل المائية يوجد عادة على شكل هيمي اسيتال (hemiacetal) والذي يتكون بين ذرتي الكاربون الاولى والخامسة واذا احتوت الهيمي اسيتال على خمس ذرات كاربون فيطلق عليه بايرينوز (pyranose) واذا احتوت على اربع ذرات كاربون فيطلق عليه فيورانوز (furanose) وبما ان الهيمي اسيتال في الكلوز يحتوي على خمسة ذرات كاربون لذا يمكن تسمية D-كلوكوز بايرانوز .

وبما ان مجموعة الهيدروكسيل الواقعة على ذرة الكاربون الاولى الى اليمين (صيغة فشر) او الى الاسفل (صيغة هوارث) عليه في هذه الحالة يسمى الفا-D-كلوكوز بايرانوز وهو انومير (anomer) للبيتا-D-كلوكوز بايرانوز والذي تقع مجموعة الهيدروكسيل الموجودة

على ذرة الكاربون الاولى الى اليسار (صيغة فشر) او الاعلى (هوارث) ، وتسمى ذرة الكاربون الاولى بذرة الكاربون الانوميرية (anomeric carbon atom) .

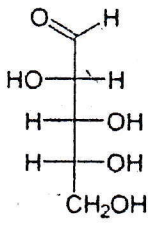
عند وضع الفا-D- كلوكوز في محلول مائي فان قسما منه يتحول الى بيتا-D- كلوكوز لحين الوصول الى حالة التعادل ، ويحتوي المحلول المتعادل على ٦٤% بيتا و ٣٦% الفا-كلوكوز . وعادة يوجد سلسلتين من السكريات هي D و L ، ومعظم السكريات الموجودة في الطبيعة تعود الى السلسلة D . تقع مجموعة الهيدروكسيل قبل الاخيرة في السكر الذي يعود الى السلسلة D الى اليمين اذا بدانا العد من مجموعة الالديهايد وبالمقابل تقع مجموعة الهيدروكسيل في السكر الذي يعود الى السلسلة L الى اليسار .بناءا عليه يمكننا القول ان السكر D هو صورة مرآة للسكر L كما موضح في الشكل التالي .



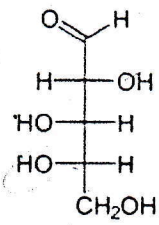
D-Glyceraldehyde L-Glyceraldehyde

لا توجد علاقة بين السكر الذي يقع ضمن السلسلة D و L وبين خاصية هذا السكر في تدوير الضوء ، والسكر الذي يدور الضوء الى اليمين يرمز له (+) او (d) والذي يدوره الى اليسار يرمز له (-) او (l) .

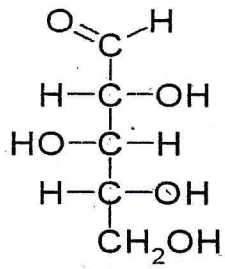
امثلة على السكريات الاحادية



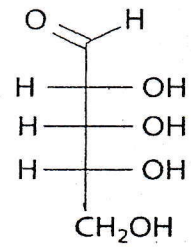
D-Arabinose



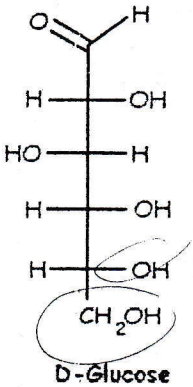
L-Arabinose



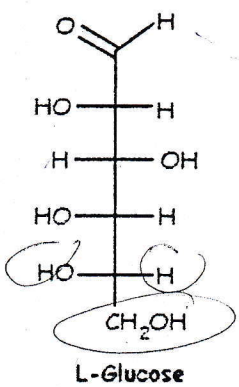
D- xylose



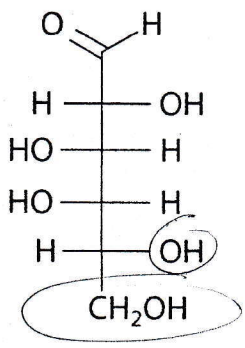
D-ribose



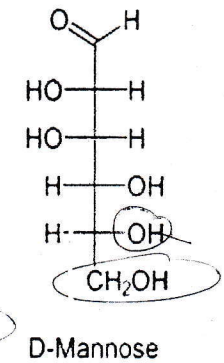
D-Glucose



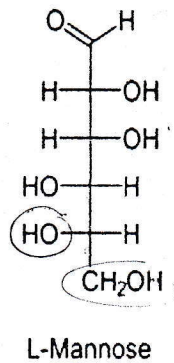
L-Glucose



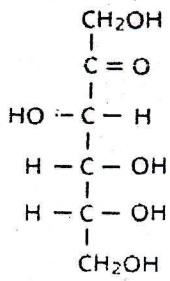
D-galactose



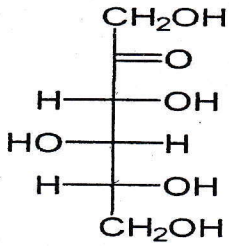
D-Mannose



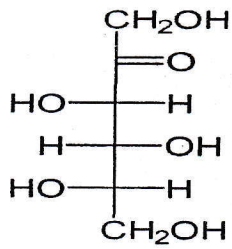
L-Mannose



D - Fructose



D-Sorbose

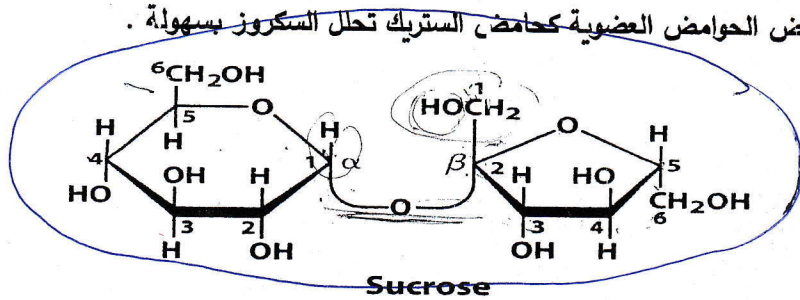


L-Sorbose

السكريات المتعددة (قصيرة السلسلة) Oligosaccharides

عند احتواء السلسلة على وحدات متشابهة فيطلق عليها متجانسة واذا كانت الوحدات غير متشابهة فيطلق عليها غير متجانسة ، ويحتوي هذا النوع عادة بين ٢-١٠ وحدات لذا تقع ضمن هذه المجموعة السكريات الثنائية .

يوجد السكروز في قصب السكر والبنجر السكري وله عدة تسميات مثل السكاروز او قصب السكر او سكر البنجر او السكر وهو سكر ثنائي يتكون من الكلوكوز والفركتوز وهو عبارة عن سكر غير مختزل لان الاصرة التي تتكون بين جزئي الكلوكوز والفركتوز تربط مجموعتي الالديهايد والكيتون مع بعضهما. وعند تسخين السكروز الى ٢٢٠°م يتكون الكراميل . وهو على درجة عالية من الذوبان على درجات حرارية مختلفة ، وهذا ما جعل للسكروز موقع خاص لاستخدامه في الشراب والاغذية المختلفة التي تحتوي على السكر كما ان بعض الحوامض العضوية كحامض الستريك تحلل السكروز بسهولة .

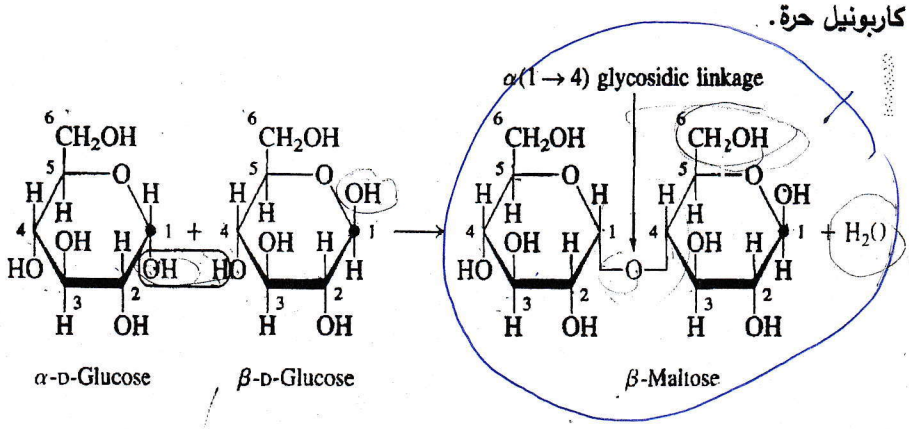


Sucrose

α-D-glucopyranosyl β-D-fructofuranoside

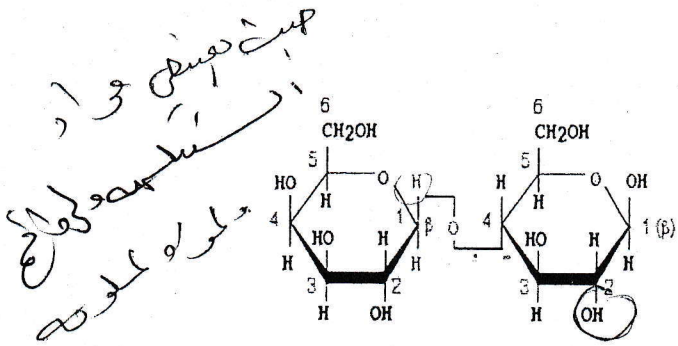
Glc(α1↔2β)Fru

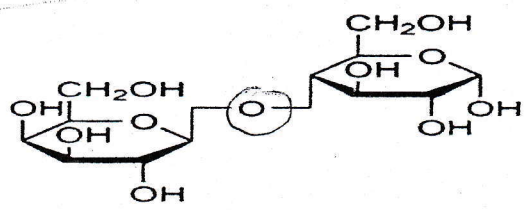
اما المالتوز فيحتوي على جزيئتي كلوكوز مرتبطة باصرة كلايكوسيدية بين ذرة الكاربون الاولى لجزيئة الكلوكوز وبين مجموعة الهيدروكسيل على ذرة الكاربون الرابعة لجزيئة الكلوكوز الثانية . الاصرة الكلايكوسيدية من نوع الفا(١ ٤) لذلك فانه سكر مختزل لاحتوائه على مجموعة كاربونيل حرة.

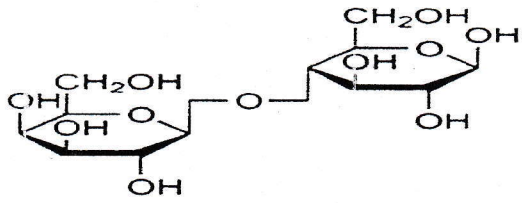


α-D-Glucose β-D-Glucose β-Maltose

اما اللاكتوز فيحتوي على الكالاكتوز والكلوكوز متصلان بواسطة اصرة كلايكوسيدية من نوع بيتا(١ ← ٤) ومصدره الوحيد الحليب وهو سكر مختزل لاحتوائه على مجموعة كاربونيل حرة .




Anhydrous α-lactose


Anhydrous β-lactose

يمتلك اللاكتوز درجة حلاوة نسبتها اقل اذا ما قورنت بالسكريات الاخرى ويكون اقل من السكريات الاخرى .وتستغل هذه الصفات في مجال التصنيع الغذائي حيث يمتص مواد النكهة والرائحة والمواد الملونة ويعمل اللاكتوز على حمل هذه المواد . ولا يتخمر اللاكتوز بفعل الخميرة ويستفاد من صفاته الاستحلابية في عمل البسكويت ، ويستعمل اللاكتوز في اغذية الاطفال المصنعة ومادة مغلفة لبعض الاغذية وفي انتاج حامض اللاكتيك .

المركبات المتعلقة بالسكريات

هنالك العديد من هذه المركبات منها :

أ- السكريات الامينية

مثل الكلوكوز امين وفيه تستبدل مجموعة الهيدروكسيل الواقعة على ذرة الكاربون الثانية بمجموعة امينية وهذا النوع من السكريات يوجد بشكل سلاسل متعددة وذات وزن جزيئي عالي منها الكايتين (chitin) وهو الغطاء الخارجي الصلب للعديد من الحشرات وتوجد ايضا في المشروم وفي بياض البيض.

ب-الكلايكوسيدات glycosides

وهي السكريات التي يتم فيها استبدال ذرة H الواقعة على ذرة الكاربون الاولى بمجموعة الكيل مثال المركب المسمى اميكدالين (amygdalin) المسؤول عن الطعم المر في اللوز ، ومن الكلايكوسيدات المهمة الاخرى مجموعة تدعى بالفلافونون (flavonone) الموجودة في الحمضيات وتشمل الهيسبريدين (hesperidin) الموجود في البرتقال والنارنجين (naringin) والمركب المسمى السينيجرين (sinigrin) الموجود في الخردل .