الفصل الثالث

العناصر الغذائية (المغذيات)

Nutrients

Nutrients

العناصر الغذائية

عادة نتناول الغذاء مثل الحليب واللحم والبيض والخبز والفواكه والخضراوات وغيرها من الأغذية المختلفة على وجبات ولفترات مختلفة وعلى الرغم من كثرة هذه الاغذية بانواعها المختلفة التي نتناولها فان جميعها تحتوي على عدد محدود من المكونات لاتتجاوز عدد أنواع الأغذية الموجودة في الطبيعة فقد لايتكرر وجودها في أكثر من نوع واحد من الاغذية. إن هذه المكونات تدعى العناصر الغذائية او المغذيات Nutrients وهذه العناصر وحدها التي تجعل اجسامنا والكائنات الحية الأخرى تنمو وتعيش وتتكاثر تؤدي وظائفها بصورة صحيحة بالظروف الصحية بشكل ضرورة من ضروريات الحياة. ومقابل وجودها في الأغذية عادة فان هذه العناصر المختلفة وجودا في اجسامنا واجسام الكائنات الحية الاخرى برغم ان هذا الوجود قد يختلف بالكميات لكن بصورة غير كبيرة وهذه العناصر هي الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والعناصر المعدنية فضلاً عن الماء يمكن تصنيف هذه العناصر الغذائية Nutrients الى الأقسام الآتية حسب الوظيفة الرئيسة التي تؤديها في الجسم برغم أن لكل منها عدة وظائف :

١ – مجموعة الطاقة — Supplier of Energy

٢ – مواد النمو والمحافظة على الجسم — Nutrients of growth and maintenance

٣ – مجموعة المواد المنظمة — Regulatory Nutrients

يمكن تصنيف العناصر الغذائية نفسها على اساس احتوائها على الكاربون العضوي وبهذا يكون هناك عناصر غذائية عضوية Organic nutrients وتمثل هذه المجموعة الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات على حين تمثل المجموعة الثانية غير العضوية Inorganic nutrients وهي الماء والعناصر الغذائية المعدنية .

إن عملية تقسيم العناصر الغذائية الى عناصر طاقة ومواد النمو والتجديد ومجموعة منظمة ليست ثابتة بل تتغير حسب المجتمعات والدول. فالدول الصناعية والغنية مثلاً تعتمد على نسبة عالية من الطاقة تأتي من مصادر بروتينية حيوانية المصدر مقارنة بالدول الفقيرة والتي تعتمد بصورة رئيسة على الكاربوهيدرات في تحرير الطاقة. وفي الدول الغنية نفسها نجد انها تتفاوت بالاعتماد على مصادر الطاقة فبعض الدول نجد انها تحصل على حوالي ١٠٪ من الطاقة من المواد البروتينية في حين نجد ان بعض المجتمعات مثل سكان الاسكا وشمال اوربا والاسكيمو يزداد حصولهم على الطاقة من المواد البروتينية حيث يحصلون على حوال نصف الطاقة الكلية من المواد البروتينية وبشكل رئيس من مصادر حيوانية وهي عناصر بناء وتجديد.

الفصل الرابع

الكاربوهيدرات Carbohydrates

الكاربوهيدرات Carbohydrates

الكاربوهيدرات عنصر مهم من العناصر الرئيسة Major Nutrients في التغذية البشرية في جميع انحاء العالم لكونها تتميز بأنها الاكثر انتشاراً في الطبيعة والمتمثلة بالنشويات والسكريات فمصادرها النباتية سهلة الزراعة والانتاج ، كما انها تعتبر من ارخص مصادر الغذاء وأنها سهلة التخزين اذ يمكن خزنها لفترات طويلة وفي ظروف أقل عنايه واهتماماً موازنة بالاغذية الأخرى مثل الدهون والمواد البروتينية فضلاً عن ذلك فأنها من الناحية الغذائية تعد سهلة الهضم موازنة بغيرها من العناصر الغذائية الرئيسة . كل هذه الاسباب تجعل من الكاربوهيدرات ذات اهمية كبيرة كغذاء متوفر للدول الفقيرة التي تتميز عادة بمناخ وظروف جوية قاسية وسيئة . يصعب فيها خزن المواد الغذائية بصورة عامة .

تعريف الكاربوهيدرات

هناك ثلاثة عناصر رئيسة تكون الكاربوهيدرات هي الكاربون والاوكسجين والهيدروجين CHO ويوجد الهيدروجين والاوكسجين في تركيبها عادة بنسبة وجودهما في الماء أي ٢ هيدروجين الى ١ اوكسجين اي H_2O عدا عدد من الشواذ مثل السكريات التي ينقصها الاوكسجين Deoxysugar حيث يكون نسبة وجود الاوكسجين أقل من واحد

وكذلك وجود عدد من المركبات غير الكاربوهيدراتية التي تنطبق عليها هذه النسبة مثل حامض الخليك والصيغة التركيبية الجزئية لهذه المركبات توجد بصورة $C_x(H_2O)y$ وعلى أساسها سميت الكاربوهيدرات اي هيدرات الكاربون او الكاربون المميأ. ومن الناحية الكيمياوية فالجزيئات البنائية الصغيرة للكاربوهيدرات وهي السكريات البسيطة هي مركبات الديهايد Aldehydes اوكيتون Ketones تحوي عدداً من مجاميع الهيدروكسيل وكثيراً من المشتقات.

تصنيف الكاربوهيدرات

يمكن تصنيف الكاربوهيدرات على مجموعتين رئيستين هما :

آ- السكريات البسيطة Simple Sugars

وتقسم الى مجموعتين :

١- السكريات الاحادية Monosaccharides

٢- السكريات الاوليكومرية (عدد قليل من الوحدات البنائية) Oligosaccharides (٢-١٠ وحدات)

ب- السكريات المتعددة Polysaccharides

وهي بدورها تنقسم على مجموعتين هما :

١- السكريات المتعددة المتجانسة Homopolysaccharides

٢- السكريات المتعددة غير المتجانسة Heteropolysaccharides

السكريات الاحادية Monosaccharides

هي أبسط أنواع المواد الكاربوهيدراتية وهي أصغر الوحدات البنائية في السكريات وتتكون عادة من هيكل كاربوني بين ٣ و ٧ ذرات كاربون ونسبة لذلك يمكن تسميتها بالترايوز Triose اذا كانت مكونة من ٣ ذرات كاربون وهكذا تسمى بالتتروز Tetrose والبنتوز Pentose والهكسوز Hexose والهبتوز Heptose اذا كانت مكونة من ٤ و ٥ و ٦ و ٧ ذرات كاربون على التوالي. وتوجد سكريات الترايوز والتتروز والهبتوز على شكل مركبات وسطية Intermediate compounds في عمليات الهدم والبناء الـ Metabolism ، اما السكريات البنتوز والهكسوز فهي الاكثر شيوعاً في الطبيعة وهي موجودة في الخلايا

والانسجة الحيوانية والنباتية بصورة سائدة وبكميات كبيرة وذات دور فسيولوجي مهم ومن هذه السكريات مايأتي :

Pentoses

السكريات الخماسية

والصيغة التركيبية لها $C_5H_{10}O_5$

اهم مايمثل هذه المجموعة ثلاثة سكريات هي زايلوز D – Xylose والارابينوز L – Arabinose والرايبوز D – ribose ونادراً ماتوجد بشكل حر في الطبيعة لكن توجد في النباتات خاصة بشكل سكريات متعددة على صورة بنتوزان Pentosan .

D – Xylose

١ – الزايلوز

ويسمى سكر الخشب وهو احد السكريات الخماسية المكونة لمعقد الـ Xylan والجزء الداعم في انسجة النباتات بصورة عامة وهو مكون للهيمسللوز Hemicellulose وهو سكر غير قابل للتخمر على حين تستطيع الحيوانات المجترة من الاستفادة منه بوساطة تحلله بالبكتيريا التي تعيش في الجهاز الهضمي لها .

L – Arabinose

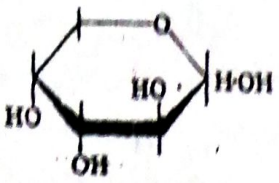
٢ – الارابينوز

يوجد في المملكة النباتية ومنها الكرز Cherry على شكل معقد الـ Araban وهو جزء من تركيب الهيميسللوز Hemicellulose ايضاً وموجود في البكتين والمواد البكتينية بصورة عامة .

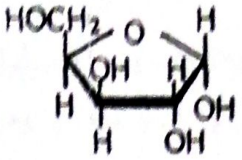
D – Ribose

٣ – الرايبوز

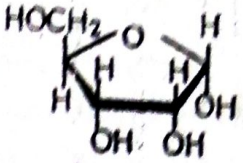
وهو احد السكريات الخماسية المهمة حيوياً الموجودة في الطبيعة ويدخل في تركيب الاحماض النووية مثل حامض الرايبونكليك Ribonucleic acid (RNA) وعند استبدال او احلال الهيدروجين محل مجموعة الهيدروكسيل في هذه السكر ينتج سكر ديوكسي رايبوز Deoxyribose وهو يدخل في تركيب الاحماض النووية من نوع حامض ديوكسي رايبونكليك Deoxyribonucleic Acid (DNA) وهي التي تحمل الصفات الوراثية ويدخل الرايبوز ايضاً في تركيب مركبات مهمة ومختلفة مثل النيوكليوتايدات التي تكون الكثير من التراكيب المهمة مثل AdienosineTriphosphate (ATP) ومرافقات الانزيمات المختلفة الـ Conzymes .



L-Arabinose



D-Xylose



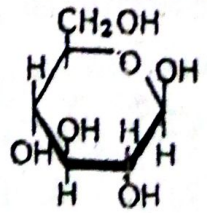
D-Ribose

السكريات السداسية Hexoses

الصيغة التركيبية البنائية لهذه المجموعة هي $C_6H_{12}O_6$ وهي الأكثر اهمية بين السكريات ان معظم السكريات الـ Oligo saccharides وكذلك المتعددة مكونة منها وهي موجودة في الخلايا والأنسجة النباتية والحيوانية وهي شائعة في الطبيعة على شكل حر ومن هذه السكريات :-

الكلوكوز Glucose

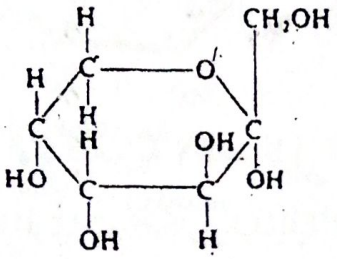
يطلق على هذا السكر سكر العنب grape sugar وسكر الدم واحياناً سكر الذرة . وهو سكر سداسي الديهايد Aldose ويعد من اهم السكريات الأحادية فهو موجود بشكل حر ومرتبط بالسكريات الأخرى مثل الفركتوز والكالكتوز، يوجد في الدم بشكل حر وينتج من تحلل السكريات الثنائية المتعددة المهضومة وكذلك من تحلل الكليكوجين المخزن في الكبد ويعد حلقة الوصل في تمثيل المواد الكاربوهيدراتية حيث تستخدمه الخلايا في تحرير الطاقة والعناصر الغذائية الاخرى . موجود في الثمار الحلوة المذاق ولاسيما الفواكه مثلالعنب والتمر والكرز والحمضيات وغيرها من الفواكه . ويوجد مرتبط في سكر البنجر والقصب مع سكر الفركتوز كجزء من تركيب سكر السكروز وكذلك مرتبط مع الكالكتوز في سكر الحليب اللاكتوز وهو جزء من السكريات الثلاثية والرباعية مثل الرافينوز Raffinose والستاكيوز Stachyose وايضاً جزء من السكريات المتعددة مثل النشا والسللوز والكليكوجين. ويمكن انتاجه تجارياً اما بوساطة الحامض او الانزيمات من مصادر النشا مثل البطاطا والذرة . يعد الكلوكوز من اهم السكريات المتخمرة fermentable sugars .



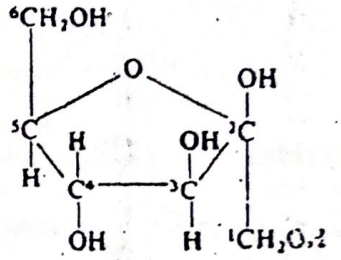
D-Glucos

الفركتوز: Fructose

يسمى سكر الفواكه fruit sugar او الليفيولوز Levulose وهو سكر عالي الذوبان ومن الصعوبة تبلوره وهو اكثر السكريات حلاوة وهو سكر سداسي كيتوني Ketose يوجد بشكل حر في الفواكه وكذلك في العسل والسكر المحول Invert sugar واذا وجد في الطبيعة فانه عادة يصاحب سكر الكلوكوز ولاسيما سكر السبكروز Sucrose وهو مكون لعدد من السكريات الثلاثية والرباعية مثل الرافينوز والستاكيوز ومكون للسكريات المتعددة الـ Fructan ومثال عليها هو الانيولين Inulin وهو النشا الموجود في نبات الخرشوف Jerusalem artichokes وكذلك درنات الداليا Dahlia tubers.



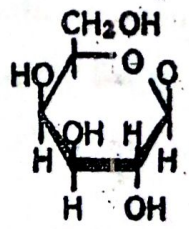
α-D-Fructose
(pyranose form)



β-D-Fructose
(furanose form)

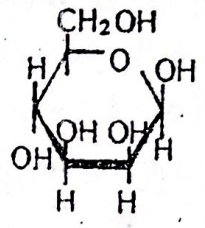
الكالاكتوز Galactose

سكر سداسي الديهايد Aldose وهو احد السكريات السداسية موجودة في الطبيعة بصورة مرتبط عادة بالكلوكوز مثل سكر الحليب اللاكتوز Lactose ويندر وجوده بشكل حر مثل الكلوكوز والفركتوز. يوجد كذلك في سكر الرافينوز والستاكيوز وكذلك السكريات المتعددة في الصمغ العربي gum Arabic ويمكن تحويل الكالاكتوز الى الكلوكوز في الكبد.



β-D-Galactose

هناك سكريات أقل اهمية من الناحية الحيوية مثل سكر المانوز D – mannose مكون للسكريات المتعددة mannan في تركيب النباتات وهو مكون للنوى في كثير من الفواكه وموجود كذلك في الخميرة ويدخل في تركيب الميوكويدات Mucoids وهي مواد كليكوبروتينات glycoproteins شبيه بالمواد المخاطية.



β-D-Mannose

السكريات الاليكوميرية (عدد قليل من الوحدات البنائية) Oligosaccharides

وتشمل المركبات الكاربوهيدراتية او السكريات التي تتكون من وحدتين الى ١٠ وحدات من السكريات الأحادية ترتبط بعضها مع بعض بالآصرة الكليكوسيدية Glycosidic linkage او مايسمى بالآصرة Ketal or acetal linkage وهذه الكاربوهيدرات تتحلل الى وحدات صغيرة من السكريات التي تتكون منها ومن هذه المركبات :

آ– السكريات الثنائية : Disaccharides مكونة من وحدتين من السكريات الاحادية.

ب– السكريات الثلاثية : Trisaccharides مكونة من ثلاث وحدات من السكريات الاحادية.

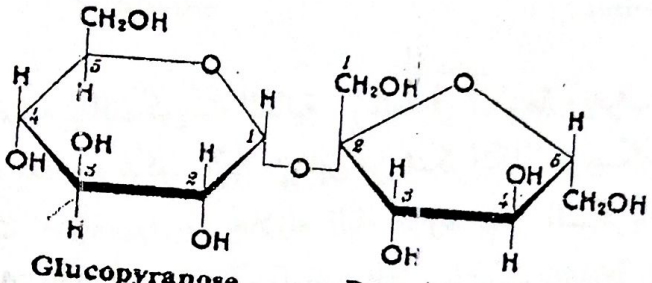
جـ– السكريات الرباعية :Tetrasaccharides مكونة من أربع وحدات من السكريات الاحادية.

ومن السكريات الشائعة الموجودة في الطبيعة من هذه المجاميع مايأتي :

السكروز Sucrose

يعد من اهم السكريات الموجودة والشائعة في الطبيعة. يعرف بسكر المائدة Table sugar او السكر الاعتيادي وهو سكر ثنائي مكون من جزأين من الكلوكوز والفركتوز، (انظر تركيبه). يوجد بشكل طبيعي في ثمار النباتات والمصدر الطبيعي له هو البنجر

السكري Sugar beet وكذلك قصب السكر Sugar cane وهو سكر غير مختزل لارتباط المجاميع المسؤولة عن ذلك وهي مجموعة الالديهايد في الكلوكوز مع مجموعة الكيتون الموجودة في الفركتوز. وعند تحليله بوساطة الحامض أو الانزيمات ينتج كميات متساوية من الكلوكوز والفركتوز وهو مايسمى بسكر المحول Invert sugar وهو موجود بشكل طبيعي في العسل ويتحلل هذا السكر في الامعاء بوساطة انزيم السكريز Sucrase الى مكوناته من الكلوكوز والفركتوز.



Sucrose

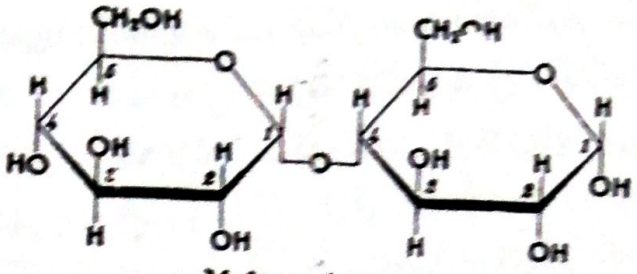
α-D-glucopyranosyl-β-D-fructofuranoside

Maltose

المالتوز

او سكر الشعير وهو من السكريات الثنائية مكون من وحدتين او جزأين من سكر الكلوكوز وهو من السكريات المختزلة. ويتج عند تحلل النشا بوساطة انزيم الاميليز - amylase الموجود مثلاً في الشعير المنبت malt وكذلك يوجد مثل هذا الانزيم ايضاً في اللعاب Saliva وعصارة البنكرياس. سكر المالتوز هو جزء من النشا في السلاسل المستقيمة له (الاميلوز Amylose) ويرمز للآصرة الكليكوسيدية من جزيئة الكلوكوز 4 – 1α أي بين ذرة الكاربون الأولى من جزيئة وذرة الكاربون الرابعة من جزيئة السكر الثاني. اما السكر الموجود عند التفرعات خاصة في جزء الاميلوبكتين Amylopectin من النشا فيسمى سكر الايزومالتوز Isomaltose فتكون الآصرة الموجودة بين جزيأتي الكلوكوز هي 6 – 1 α اي بين ذرة الكاربون الأولى من جزيئة الكلوكوز مع ذرة الكاربون المرقم ٦ من جزيئة الكلوكوز الثانية. وهو أيضاً سكر مختزل.

اما عندما تكون الآصرة بين جزيأتي الكلوكوز من نوع 4 – 1 β فيتكون لدينا سكر ثنائي آخر هو سكر السليبايوز Cellobiose وهو جزء من تركيب السللوز Cellulose وهو لايتحلل بوساطة العصارات الجهاز العضمي للانسان لافتقارها لانزيم السليوليز Cellulase.

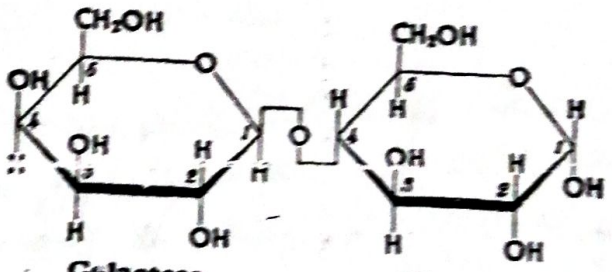


Maltose (α form)
D-glucose 4-(α-D-glucoside)

Lactose

اللاكتوز

هو أيضاً من السكريات الثنائية الشائعة في الطبيعة ويعرف بسكر الحليب لانه يوجد في الحليب فقط. ويتكون من جزيأتين من سكر الكلوكوز وسكر الكالاكتوز وهو أيضاً من السكريات المختزلة. ودرجة حلاوته قليلة موازنة بباقي السكريات. يمكن تخمره بوساطة لاحياء المجهرية مثل بكتريا حامض اللاكتيك Lactic acid bacteria الى حامض للاكتيك وذلك عند تخميض الحليب وتحويله الى اللبن Yogurt.



Galactose **Glucose**

Lactose (α form)
D-glucose 4-(β-D-galactoside)

Trisaccharides

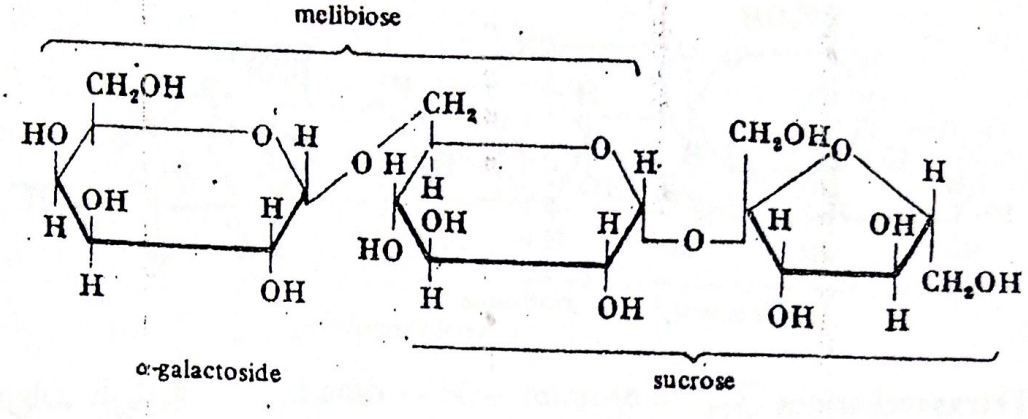
السكريات الثلاثية

وهي السكريات التي تحتوي على ثلاثة وحدات او جزيئات من السكريات الأحادية. ومن الامثلة لهذه المجموعة هي:

Raffinose

الرافينوز

يوجد في النباتات في البنجر السكري وكذلك بذور القطن وفول الصويا. ويتكون من سكر الكلوكوز والفركتوز والكالاكتوز (انظر التركيب).

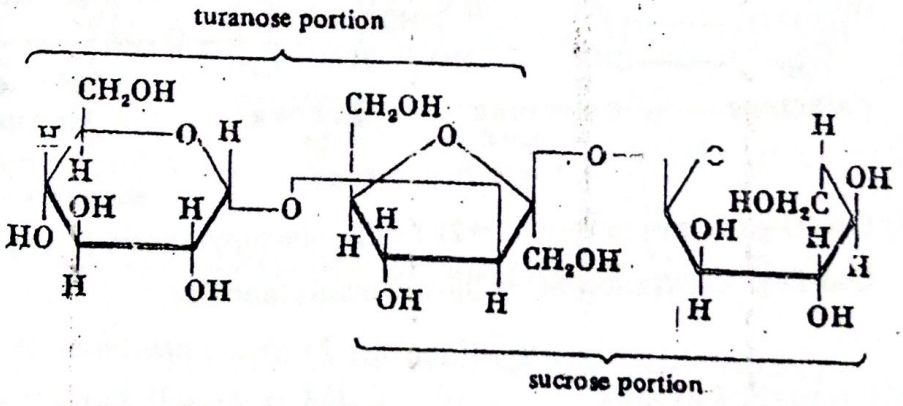


raffinose

Melezitose

الملزيتوز

وهو أحد السكريات الثلاثية المكون من وحدتي كلوكوز ووحدة فركتوز ويوجد في المملكة النباتية، ومنها الأشجار الصنوبرية وشجرة الليمون.

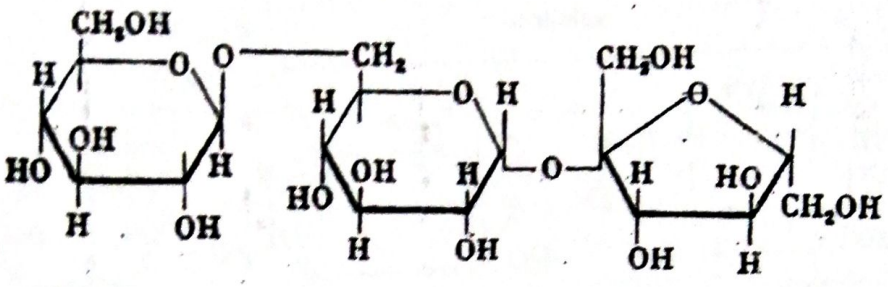


melezitose

Gentianose

جنتيانوز

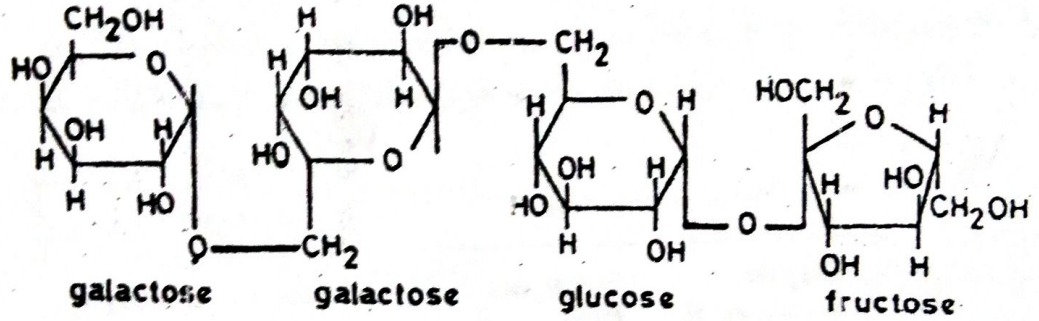
وهو ايضا من السكريات الثلاثية المتكون من وحدتي كلوكوز ووحدة فركتوز فهو شبيه بالمليزيتوز بمكوناته لكن تختلف فيه الروابط بين السكريات الأحادية انظر التركيب. يوجد ايضا في المملكة النباتية ولاسيما في جذور نبات الجنتيانا Gentian خاصة في جذورها.



gentianose

السكريات الرباعية Tetrasaccharides

خير مثال لهذه المجموعة والموجودة في الطبيعة هو سكر الستاكيوز Stachyose وهو مكون من وحدتين من سكر الكالاكتوز ووحدة من كل من الكلوكوز والفركتوز. يوجد في المملكة النباتية بصورة واسعة. وهو سكر غير مختزل.



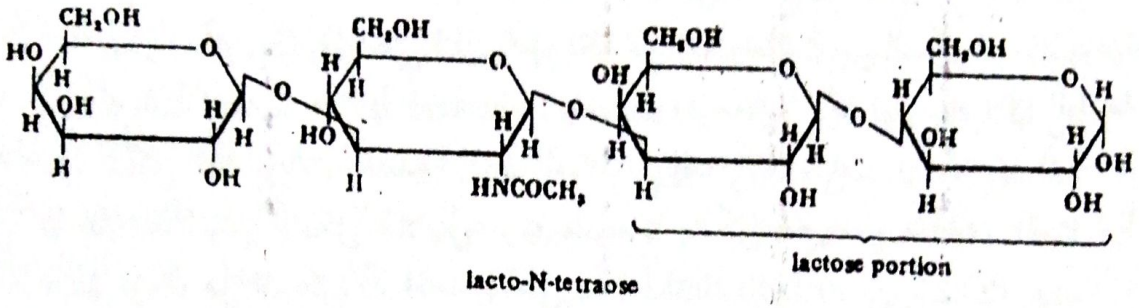
galactose galactose glucose fructose

stachyose

O-α-D-galactopyranosyl-(1→2)O-α-D-galactopyranosyl-(1→6)
O-α-D-glucopyranosyl-(1→2)β-D-fructofuranoside

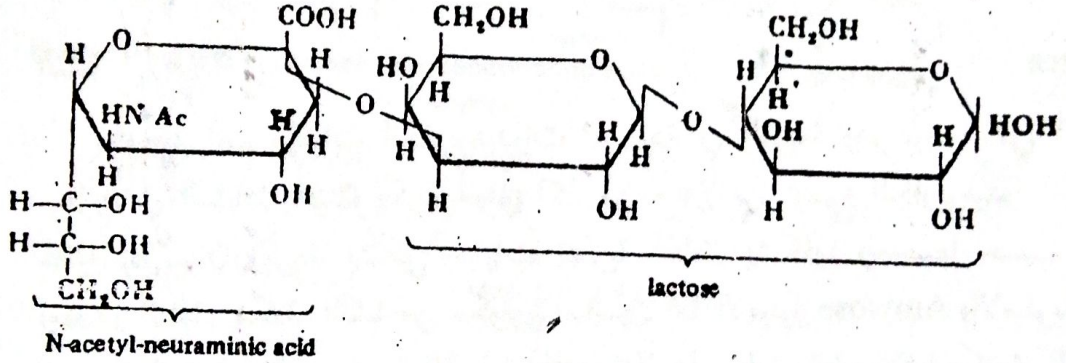
السكريات المتعددة الموجودة في الحليب Oligosaccharides of milk

حليب اللبائن وخاصة حليب الانسان يحتوي عدا اللاكتوز على عدد من السكريات المختزلة والتي تتكون من عدد قليل من وحدات السكر. القليل من هذا السكر يمكن الحصول عليه بشكل نقي او امكانية الحصول على تركيبة بشكل واضح. السكريات التي تم تشخيصها هي الثلاثية والرباعية والخماسية والسداسية اي Tri و tetra و hexasac-charides, penta وهي مشتقة عادة من السكريات الاحادية الكلوكوز والفركتوز ومشتقاتهم مثل ال N – acetyl – D – glucosamine و N – acetylneuraminic acid. احد هذه السكريات المشخصة والمفصولة من حليب الانسان هو لاكتوتراووز Lacto – N – tetraose لاحظ التركيب :



تركيب الـ Lacto – N – tetraose

وقد تم تشخيص سكر ثلاثي اخر يدعى استيل لاكتامينك لاكتوز – N – acetyl lactaminic acid lactose في لبأ colostrom حليب الابقار وحليب الانسان لاحظ التركيب .



تركيب الـ N – acetyl-neuraminosyl-lactose.

ان حامض استيل نيورامنك N – acetyl – neuraminic acid (Sialic acid) المرتبط مع اللاكتوز يوجد بصورة واسعة في الطبيعة وعادة مايكون مرتبط او حر ضمن تركيب الكليكو بروتين glycoproteins سواءً في الدم او المخاط وغيرها . وهو مكون لبعض تراكيب السكريات الدهنية glycolipids ومنها المركبات المهمة الكنكليوسايد gangliosides وهي مكونات مهمة تدخل في تركيب خلايا الجهاز العصبي وموجودة في خلايا الطحال وكريات الدم .

وبصورة عامة فان السكريات المتعددة القصيرة السلسلة هذه تظهر بنشاط وبعض خصائص مجاميع الدم وكذلك مستقبلات receptors لعدد من الخلايا ضمن تركيب الغشاء الخلوي .

السكريات المتعددة Polysaccharides

تعرف الكاربوهيدرات التي تحتوي على اكثر من ١٠ وحدات من السكريات الاحادية بالسكريات المتعددة Polysaccharides وعادة توجد معظم الكاربوهيدرات في الطبيعة على شكل السكريات المتعددة ذات اوزان جزئية عالية تختلف في طبيعتها البلمرية Polymeric ومنها بشكل سلاسل مستقيمة ومنها بشكل متفرعات معقدة. وكما ذكرنا هناك نوعان من السكريات المتعددة هي :

السكريات المتعددة المتجانسة Homopolysaccharides التي تنتج نوعاً واحداً من السكريات الأحادية عند تحليلها. اما النوع الثاني فهو السكريات المتعددة غير المتجانسة Heteroplysaccharides الذي ينتج اكثر من نوع واحد من السكريات الاحادية عند تحليلها. ومن هذه السكريات المتجانسة مايأتي :

النشا Starch

يعد من أهم مركبات الكاربوهيدرات الموجودة في الطبيعة وهو موجود على شكل مخزون في النباتات حيث يكون حوالي اكثر من ٥٠٪ من مجموع الكاربوهيدرات التي يتناولها الانسان ويوجد بشكل حبيبات نشوية تختلف بشكلها وحجمها حسب نوع ومصدر النشا. يتكون النشا من مكونين أساسين هما الاميلوز Amylose والاميلوبكتين Amylopectin. تتراوح نسبة الاميلوز ١٠-٣٠٪ على حين يؤلف الاميلوبكتين النسبة الباقية (٧٠-٩٠٪). يكون كلا المكونين من وحدات بنائية من الكلوكوز لكن يختلفان في التركيب. حيث يتكون الاميلوز من سلاسل مستقيمة من وحدات الكلوكوز المرتبط بعضها مع بعض بأواصر كليكوسيدية من نوع الفا ١ – ٤. وتتراوح عدد وحدات الكلوكوز بين ١٠٠ – ٢٠٠ وحدة بنائية. أما الاميلوبكتين فانه يتكون من سلاسل متفرعة من وحدات الكلوكوز مرتبطة بعضها مع بعض بأواصر من نوع ألفا ١ – ٤ لتكون السلاسل المستقيمة منه ثم ارتباط هذه السلاسل بآصرة أخرى من نوع الفا ١ – ٦ بحيث يتكون التفرع مابين ٢٤ – ٣٠ وحدة كلوكوز، ويتكون التفرع ايضا لكل حوالي ٢٤ وحدة كلوكوز على السلسلة الرئيسة للاميلوبكتين يكون الوزن الجزيئي للأميلوز قليلاً قد لايتجاوز ال ٤٠٠,٠٠٠ على حين يكون الوزن الجزيئي للاميلوبكتين على أقل تقدير المليون. انظر الشكل وتركيب النشا.