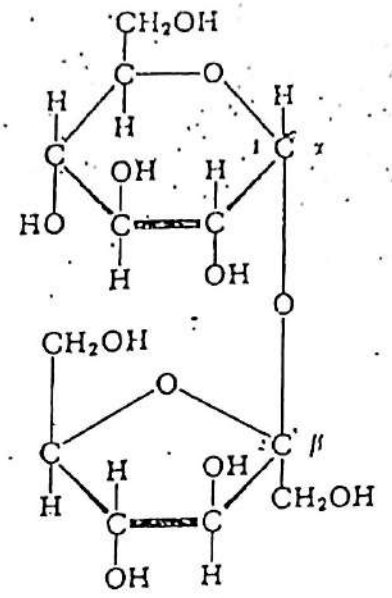


آصرة كلايكوسيدية

شكل (17-3) تركيب السكروز

α -D- كلوكوبايرانوسايل (1 ⟵ 2) -β-D- فركتوفورانوسيد (سكروز)

السكريات الثنائية
Disaccharides

تتألف السكريات الثنائية من وحدتي سكر أحادي مرتبطة بواسطة آصرة كلايكوسيدية (شكل 17-3). ويوجد صنفان من الأواصر الكلايكوسيدية α و β. وتحمل الآصرة الكلايكوسيدية رقمي ذرتي الكاربون التي تربط بينها. وتختزل السكريات الثنائية محلول بينيديكت اذا كانت تملك مجموعة الديهايد أو كيتون حرة أي غير مقيدة بالآصرة الكلايكوسيدية التي تربط بين وحدتي السكر. ومن السكريات الثنائية الشائعة :

سكروز
Sucrose

يدعى السكروز عادة بسكر القصب وهو موجود في جميع النباتات ويكثر وجوده في البنجر وقصب السكر. ويتألف من وحدتي الكلوكوز والفركتوز. حيث تربط الآصرة الكلايكوسيدية بين ذرة الكاربون - α الأنوميرية للكلوكوز وبين ذرة الكاربون β الأنوميرية 2 للفركتور (شكل 17-3). وحيث أن ذرتي الكاربون الأنوميريتين ليس لها مجموعة هيدروكسيل حرة (أي بمعنى أن مجموعتي C=O الإختزاليتين قد تقيدنا بسبب تكوين الآصرة الكلايكوسيدية) لذا فإن السكروز لايملك قابلية اختزال وليس له أيضاً ظاهرة تحول الدوران. ويتخمر السكروز الى كحول وثاني اوكسيد الكاربون بفعل أنزيمي السكريس Sucrase والزايميس Zymase الموجودين في الخميرة. حيث يعمل الأول على

تحلل السكروز الى كلوكوز وفركتوز بينما يعمل الثاني على تخمر جانبي الوحدتين من السكر ليتنج كحول وثاني اوكسيد الكاربون (انظر الفصل 11). والاسم النظامي للسكروز هو:

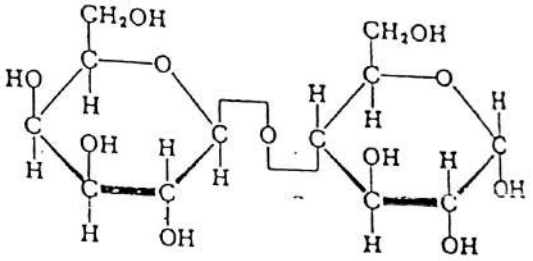
α-D كلوكوبايرانوسايل (1 ← 2)-D-β-فركتوفورانوسيد

α-D- Glucopyranosyl-β-(1 ← 2) fructofuranoside

Lactose

لاكتوز

يوجد اللاكتوز في الحليب ويتألف من وحدتي السكر β-كالاكتوز و α كلوكوز ترتبطان بآصرة كلايكوسيدية β ← 1 ← 4 (شكل 3-18).



شكل (3-18) تركيب اللاكتوز

β-D-كالاكتوبايرانوسايل (1 ← 4) - α - D - كلوكوبايرانوسيد

ويتكون اللاكتوز في الغدد اللبنية الموجودة في الحيوان وذلك باستخدام الكلوكوز الموجود في الدم. يختزل اللاكتوز محلول بينيديكت وذلك لإحتوائه على مجموعة الديهايد كامنة (أل HO المتصلة بذرة الكاربون الأنوميرية رقم 1. الموجودة في وحدة الكلوكوز). لايتخمر اللاكتوز بواسطة الخميرة. والاسم النظامي للاكتوز هو β-D-كالاكتوبايرانوسايل (1 ← 4) - α-D-كلوكوبايرانوسيد

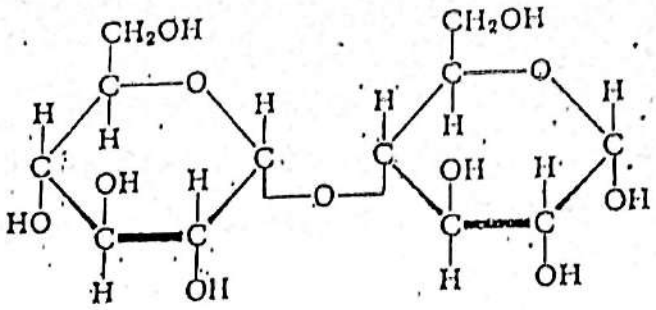
β-D- Galactopyranosyl- (1 → 4) α -D- glucopyranoside.

Maltose

مالتوز

يوجد المالتوز في الحبوب عند بداية إنباتها ويطلق عليه أحياناً بسكر الشعير وذلك لكونه ينتج من تحلل النشا بتأثير أنزيمات موجودة في الشعير. وينتج المالتوز أيضاً في جسم الحيوان من تحلل النشا بفعل انزيم الامابليس amylase. ويتكون المالتوز من وحدتي كلوكوز مرتبطتين معاً بالآصرة الكلايكوسيدية α - 1 ← 4 (شكل 3-19). والاسم النظامي للمالتوز هو α-D- كلوكوبايرانوسايل-(1 ← 4) α-D- كلوكوبايرانوسيد.

α -D- Glucopyranosyl- (1 → 4) - α -D- glucopyranoside.



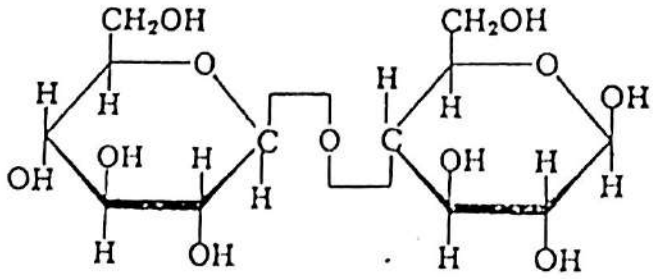
شكل (3-19) تركيب المالتوز
α-D- كلوكوبايرانوسايل (1 ← 4) α-D- كلوكوبايرانوسيد (مالتوز، بشكل α-)

وهناك تركيب مماثل للمالتوز يدعى ايزومالتوز ويختلف هذا باحتوائه على الآصرة الكلايكوسيدية α - 1← 6 التي هي في الأصل من أواصر α ـ 1 ← 6 الموجودة في النشأ والكلايكوجين. ويختزل المالتوز محلول بينيديكت، كما أنه يتخمر بوساطة الخميرة.

سيلوبايوز Cellobiose

يعد السيلوبايوز وحدة السكر الثنائي المتكررة في تركيب السيليولوز. والسيلوبايوز مشابه للمالتوز حيث يتألف من وحدتي كلوكوز غير أن كلتيهما β وترتبطان بالآصرة الكلايكوسيدية β 1 ← 4 (شكل 3-20). والاسم النظامي للسيلوبايوز هو β-D- كلوكوبايرانوسايل (1 ← 4) -β- D- كلوكوبايرانوسيد.

β-D- Glucopyranosyl- (1→ 4) -β·D- glucopyranoside.



شكل (3-20) تركيب سيلوبايوز
β-D- كلوكوبايرانوسايل -(1→4) -β-D- كلوكوبايرانوسيد

تريهالوز Trehalose

سكر ثنائي موجود في الفطريات والخمائر ويعتبر السكر الرئيسي للمف الدموي hemolynph في الحشرات. ويتكون تريهالوز من وحدتي α-D كلوكوز المرتبطتين معاً بالآصرة الكلايكوسيبية α 1 ← 1.

السكريات الثلاثية Trisaccharides

يوجد العديد من السكريات الثلاثية بصورة حرة في الطبيعة. فسكر الرافينوز Raffinose [O-α-D- galactopyranosyl- (1⟶ 6)- O- α-D- glucopyranosyl- (1⟶ 2)-β-D- fructofuranoside]

موجود بكثرة في البنجر وفي كثير من النباتات الراقية وهو سكر غير مختزل. وسكر ميليزيتوز Melezitose أو

[O-α-D-glucopyranosyl-(1⟶ 3)-O-β-D-fructofuranosyl-(2⟶ 1)-α-D-glucopyranoside]

سكر ثلاثي أيضاً موجود في نسغ بعض الأشجار.

III متعدد السكريات Polysaccharides (Glycans)

توجد أغلب الكاربوهيدرات في الطبيعة بصيغة جزيئات متعدد سكريات ذات أوزان جزيئية عالية. وجزيئات متعدد السكريات تختلف عن بعض بنوع وحدات السكر الأحادي المكونة لها وبطول سلاسلها وكذلك بطبيعة التفرع لهذه السلاسل.

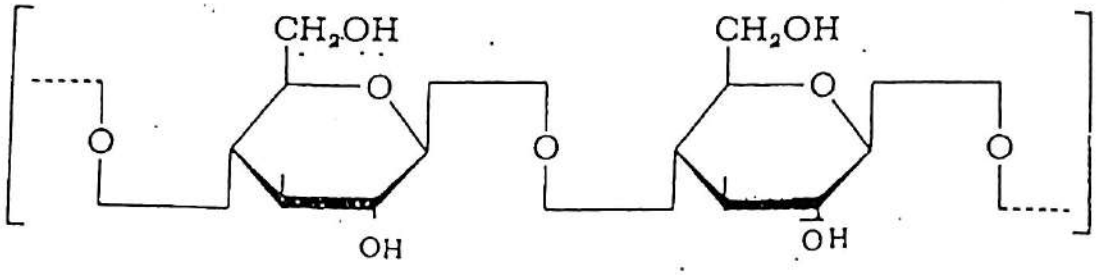
ليس للغالبية من مركبات متعدد السكريات قابلية اختزال بالرغم من احتوائها على وحدة سكر نهائية تملك مجموعة C=O كامنة غير مقيدة بآصرة كلايكوسيدية، وذلك لأن تأثير هذه الوحدة الواحدة من السكر المختزل تتضاءل خاصيتها هذه بسبب الوزن والحجم الكبيرين لجزيء متعدد السكر.

غالباً ماتعطى السكريات المتعددة المتجانسة اسماء تحدد صنفها وتدل على طبيعة وحداتها البنائية. فمثلاً يطلق على النشا والكلايكوجين اسم كلوكان glucans او كلوكوسان glucosan، لأنه يتكون من وحدات الكلوكوز فقط. ويطلق على متعدد سكر آخر اسم مانان mannans للدلالة على انه يتكون من وحدات مانوز فقط.

وهناك نوعان من مركبات متعدد السكريات، متعدد السكريات المتجانسة homopolysaccharides، حيث تحتوي جزيئاته على نوع واحد من وحدات السكر الاحادي المتكررة، مثل السيليولوز، النشا، الكلايكوجين، الإينولين والكايتين. ومتعدد السكريات غير المتجانسة heteropolysaccharides، حيث تحتوي جزيئاته على نوعين أو اكثر من وحدات السكر المتكررة، مثل السكريات المخاطية والبكتين pectins.

سيليولوز Cellulose

يعد السيليولوز المادة الأساسية المكونة للنبات ، فهو يكون على الاقل 50% من تركيب جدار الخلية النباتية . أما شعيرات القطن فتحتوي على 90-98% سيليولوز. ويتألف السيليولوز من سلسلة مستقيمة من وحدات الكلوكوز المرتبطة مع بعض بالأواصر الكلايكوسيدية β-1 ⟵ 4 (شكل 3-21) . ويتراوح الوزن الجزيئي للسيليولوز في الأنواع المختلفة من النباتات من 2,500,000-50,000 أي مايكافىء 15,000-300 من وحدات الكلوكوز المكونة . وترتبط سلاسل السيليلوز مع بعض بواسطة اواصر هيدروجينية مستعرضة .



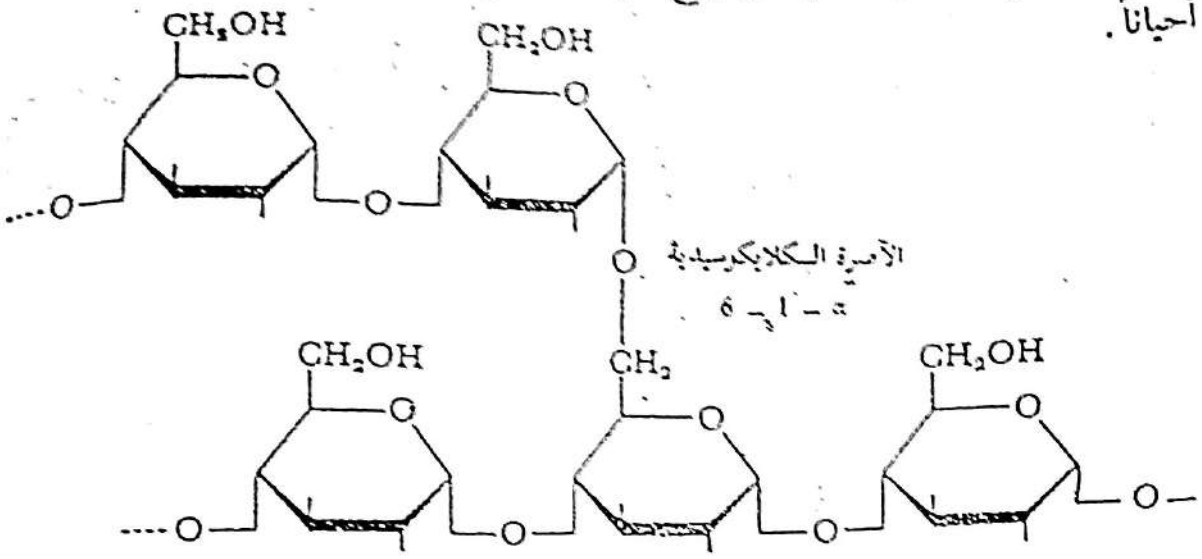
شكل (3-21) تركيب السيليولوز

هناك نوع خاص من البكتريا تمتلك انزيم سيليوليس Cellulase التي تعمل على شطر الأواصر الكلايكوسيدية β-1 ⟵ 4 لينتج مالتوز وكلوكوز. وتعتمد الحيوانات المجترة في هظم السيليولوز على هذه البكتريا الموجودة في جهازها الهظمي . وتحتوي الحشرات المختلفة والقواقع والفطريات والطحالب والعث على انزيم سيليوليس ، وهذا يفسر أكل العث قطع الملابس القطنية وتلف الاخشاب المصابة بالعفن .

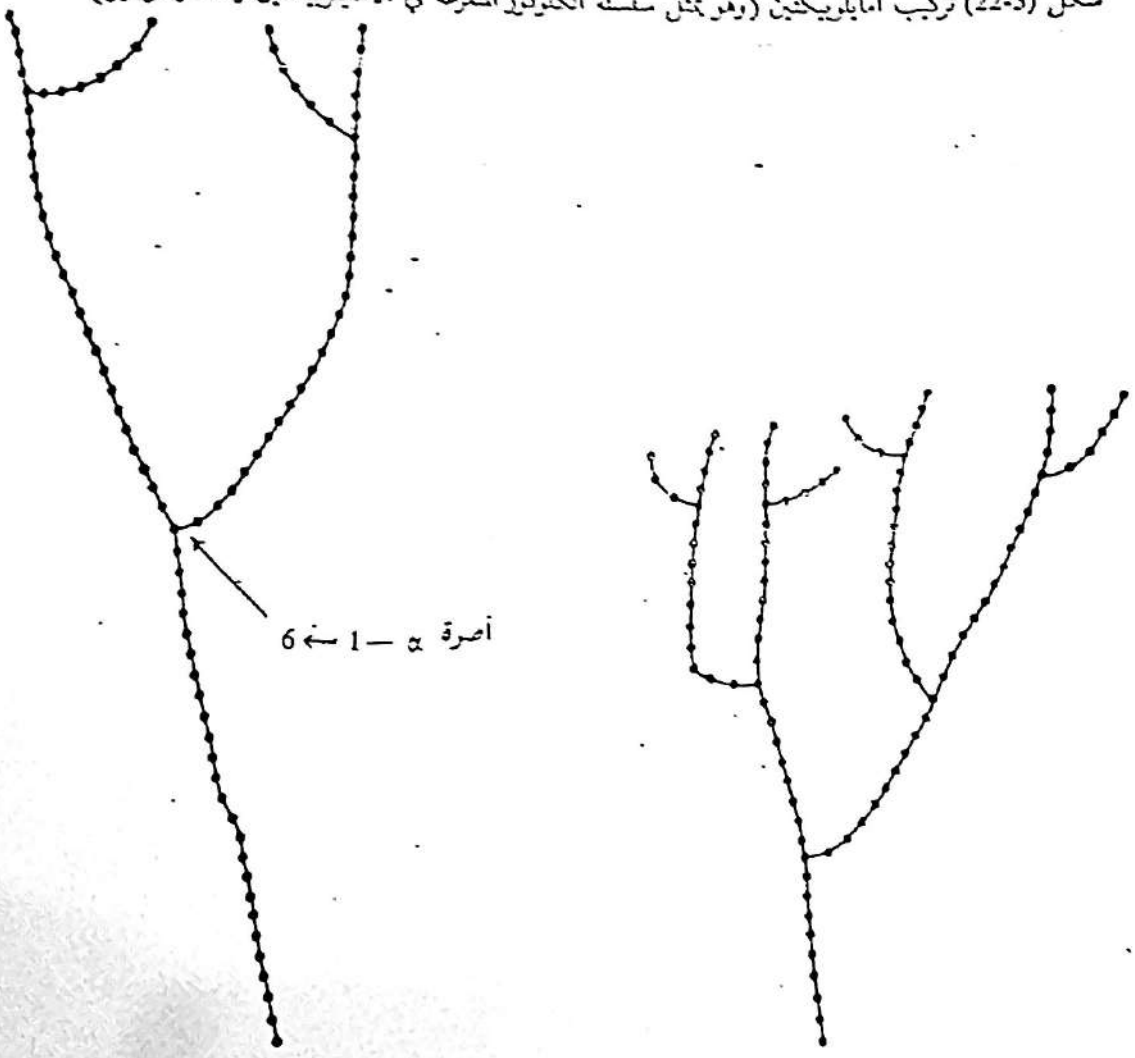
نشا Starch

يعد النشا متعدد السكر خازناً للطاقة في النبات كما أنه مصدر غذائي مهم . ويتألف النشا من نوعين من سلاسل متعدد السكريات وهما أمايلوز amylose 15-20% . وأمايلوبكتين amylopectin 80-85% . الأمايلوز هو سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات الكلوكوز المرتبطة معاً عبر الأواصر α - 1 ⟵ 4 وتتواجد بشكل حلزوني ويتراوح الوزن الجزيئي للامايلوزبين بضعة آلاف الى 50,000 . أما أمايلوبيكتين فهو سلسلة متفرعة تتألف من وحدات الكلوكوز التي ترتبط مع بعض عبر الأواصر α - 1 ⟵ 4 و α-1 ⟵ 6 ويكون التفرع في سلسلة امايلوبكتين عبر الأواصر α - 1 ⟵ 6 ويتراوح عدد وحدات

الكلوكوز لكل تفرع بـ 12 وحدة كما يحدث التفرع كذلك عند حوالي كل 24-30 وحدة كلوكوز (شكل 3-23 و 3-22) . ويتراوح الوزن الجزيئي للأمايلوبيكتين من مئة الى مليون أحياناً .



شكل (3-22) تركيب أمايلوبيكتين (وهو يمثل سلسلة الكلوكوز المتفرعة في الأمايلوبيكتين والكلايكوجين)



أمايلوبيكتين.

كلايكوجين

شكل (3-23) السلاسل المتفرعة للكلايكوجين والأمايلوبيكتين

يتحلل النشا بتأثير الأنزيمات مثل أمايليس amylase أو بتأثير الأحماض ، الى مجموعة من سلاسل الكلوكوز القصيرة اولاً ثم الى وحدات كلوكوز جرة . وان التفاعل المميز للنشا هو تكوينه مركباً ذا لون أزرق عند معاملته مع محلول اليود . وغالباً مايستعمل هذا الكشف لمتابعة عملية تحلل النشا .

Glycogen

كلايكوجين

يعد الكلايكوجين متعدد السكر. خازناً للكلوكوز وبالتالي فهو مخ[illegible]ة في جسم الحيوان ، وهو موجود في الكبد والعضلات . وتركيب جزيء الكلايكوجين مشابه للأمايلوبيكتين (انظر شكل 3-22 ، 3-23) من حيث امتلاكه سلاسل كلوكوز α – 1 ← 4 متفرعة بوساطة الأواصر α – 1← 6. غير أن سلاسل الكلايكوجين أكثر تفرعاً . وتحدث التفرعات في السلاسل غالباً عند كل 8 الى 12 وحدة كلوكوز (شكل 3-23) وتبلغ الكتلة الجزيئية للكلايكوجين 10^7 دالتون . وتتحلل الأواصر α –1← 4 للكلايكوجين كغيرها من متعدد السكريات بواسطة أنزيم α- امايليس الناتج من الغدد اللعابية والبنكرياس . بينما تتحلل الأواصر α–1← 6 - بوساطة الأنزيم مزيل التفرع debranching enzyme والذي يدعى أمايلو-1 ⟵ 6-كلوكوسيديس 6-glucosidase ⟶ Amylo-1، وهكذا بالفعل المتبادل لهذين الأنزيمين يكون الناتج النهائي للتحلل مزيجاً من المالتوز والكلوكوز. ويكون الوزن الجزيئي للكلايكوجين عالياً وغالباً مايزيد على 5,000,000 . ويعطى الكلايكوجين مع محلول اليود لوناً احمراً– بنفسجياً .

Dextrins

ديكسترينس

توجد مركبات الديكسترين في البذور النامية للحبوب . غير أنها تنتج أيضاً بوساطة التحلل الجزئي لمتعدد السكر (النشا والكلايكوجين) وغالباً ماتستعمل مركبات الدكسترين مواد لاصقة . وتعطي مركبات امايلوديكسترينس amylodextrins لوناً أزرقاً مع محلول اليود بينما تعطى ايرايثروديكسترينس erythrodextrins لوناً احمراً .

Inulin

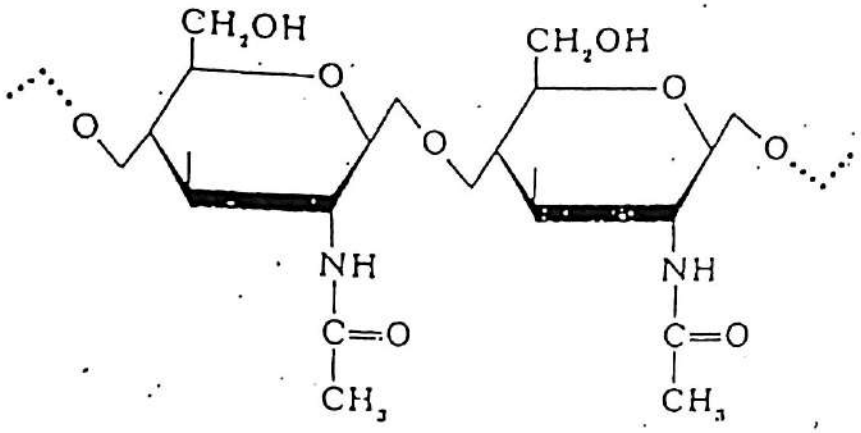
إنيولين

الانيولين متعدد سكر يتألف من وحدات D- فركتوز المرتبطة مع بعض عبر الأواصر الكلايكوسيدية β- 1 ⟵ 2 ، ويمكن ان يطلق عليه فركتوسان fructosan وهو من السكريات المتعددة الخازنة للطاقة ، ويذوب في الماء الدافيء ، ولهذا يستخدم فسلجياً في تحديد سرعة الترشيح في الكلية . ويوجد الإنيولين في نبات الخرشوف artichoke .

Chitin

كايتين

الكايتين هو متعدد سكر يحتوي على وحدات متكررة من سكر N- أسيتايل -D- كلوكوز أمين N-acetyl-D-glucosamine مرتبطة معاً عبر الأواصر β- 1 ⟵ 4 الكلايكوسيدية (شكل 3-24). وتعد الهياكل الخارجية للحشرات مكونة من مادة الكايتين ذات القوام الصلب لحماية الحشرات من المؤثرات الخارجية.



شكل (3-24) جزء من جزيئة الكايتين

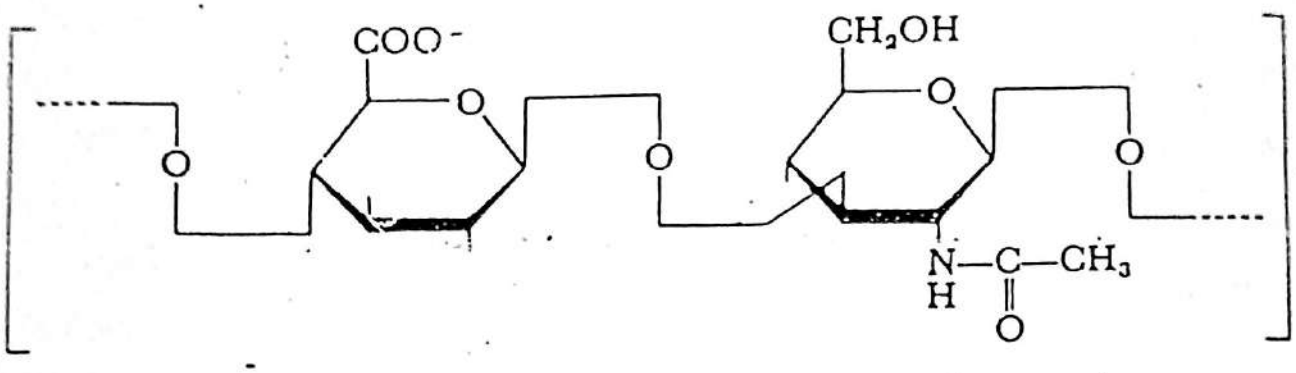
Dextrans

ديكسترانس

الديكسترانس dextrans مركبات لمتعدد سكر متفرع، يتكون من وحدات α-D- كلوكوز فقط. إلاّ انه يختلف عن النشا والكلايكوجين في كون الأواصر الكلايكوسيدية الرئيسية التي تؤلف العمود الفقري للسلاسل ليست α- 1 ⟵ 4. ويعد متعدد سكر الديكستران خازناً للكلوكوز. ويوجد في الخمائر والبكتريا. وتختلف مواقع التشعب في الديكستران تبعاً لمصدر الكائن الحي الذي اخذت منه. فقد تكون هذه؛ 1 ⟵ 2، 1 ⟵ 3 1 ⟵ 4 ، 1 ⟵ 6. تكون محاليل الديكستران على درجة عالية من اللزوجة وتكون نزقة (دبقة) Slimy. ومتعدد السكر ديكستران التي تكون فيه الأواصر الكلايكوسيدية من نوع α - 1 ⟵ 6، يستخدم للعلاج كعامل للاحلال محل بلازما الدم. ويتراوح الوزن الجزيئي للديكسترانس 10000000-50000.

يختلف متعدد السكريات المخاطية عن النشا والكلايكوجين بكونه يتألف من بوليمرات تحوي أكثر من نوع واحد من وحدات كاربوهيدراتية. فهو قد يحتوي على سكريات ذات مجموعة أمين أو سلفات (كبريتات) او N- اسيتايل. وتركيبات متعدد السكريات المخاطية وظائف تركيبية كما هو الحال من وجودها في الأنسجة الرابطة.

وهناك مركبات متعدد السكريات المخاطية الحامضية والتي تحتوي على أحماض سكرية، مثل حامض هيالورونيك hyaluronic acid الذي يتألف من وحدتي سكر متكررة، هما وحدة حامض كلوكورونيك glucuronic acid المرتبطة مع وحدة N-اسيتايل كلوكوز أمين N-acetylglucose amine عبر الآصرة β- 1 ⟵ 3 (شكل 3-25).

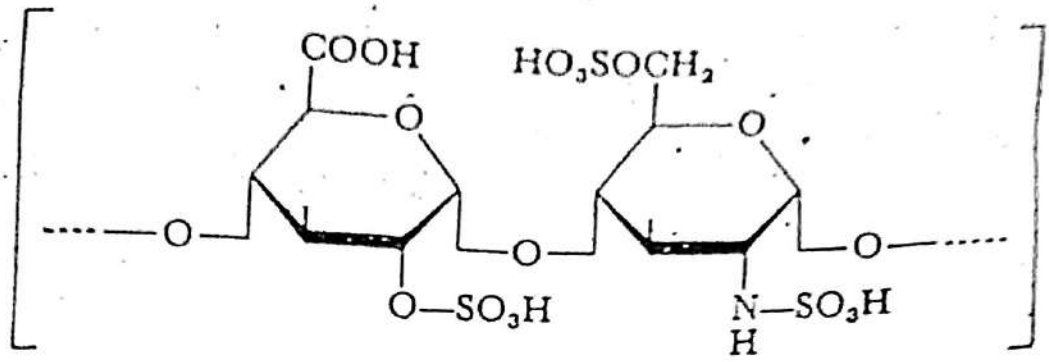


N . أسيتيل كلوكوزأمين حامض كلوكورونيك

شكل (3-25) وحدتي السكر المتكررة في تركيب جزيء حامض هيالورونيك

ويكون حامض هيالورونيك ذا لزوجة عالية بسبب وزنه الجزيئي العالي والذي يقدر بالملايين، ويعمل كمادة لصاق (اسمنت) مابين الخلايا في الأنسجة الرابطة.

هيبارين Heparin هو متعدد سكر مخاطي حامضي ايضاً ويحوي مجموعات كبريتات. ويوجد عادة في معظم الخلايا ويعمل مادة مضادة لتخثر الدم. ويتألف من وحدتي سكر متكررة، هما حامض كلوكورونيك -2- كبريتات glucuronic acid -2- sulphate وكلوكوز أمين -6- كبريتات -N-2- كبريتات glucose amine -6- sulphate -2-N- sulphate، المرتبطتين عبر الآصرة α- 1 ⟵ 4 (شكل 3-26).



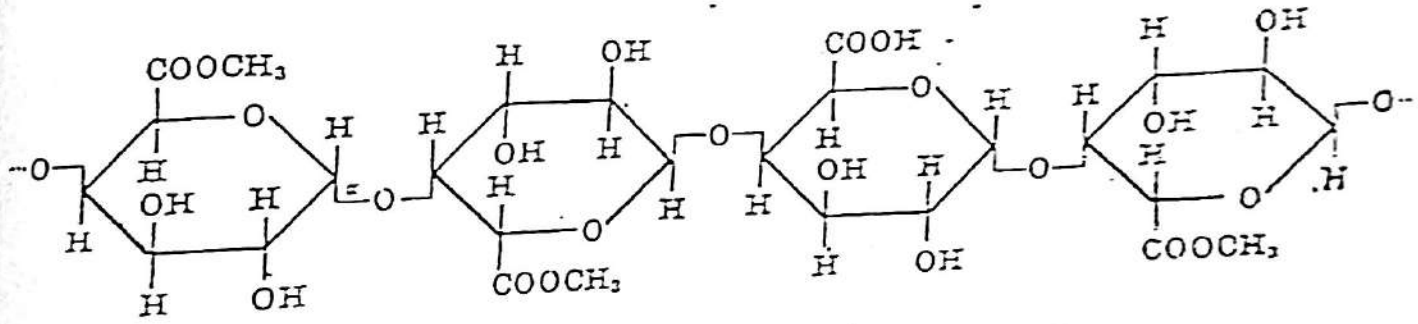
كلوكوز أمين 6- كبريتات-2 ـ N ـ كبريتات حامض كلوكورونيك -2 ـ كبريتات

• شكل (3-26) وحدتا السكر المتكررة في تركيب جزيء الهيارين

بيكتين

Pectin

إن البيكتين Pectin (حامض بيكتيك Pectic acid) هو متعدد سكر غير متجانس، يتواجد مع السيليولوز. ويتألف من وحدات حامض مثيل D-كالاكتويورونك (methyl-D- galacturonic acid)- α و حامض كالاكتويورونك. (1 ← 4) ويعمل كدعامة تركيبية للنبات. شكل (3 – 27).



شكل (3-27) تركيب البيكتين