الاساس الكيميائي للحياة:

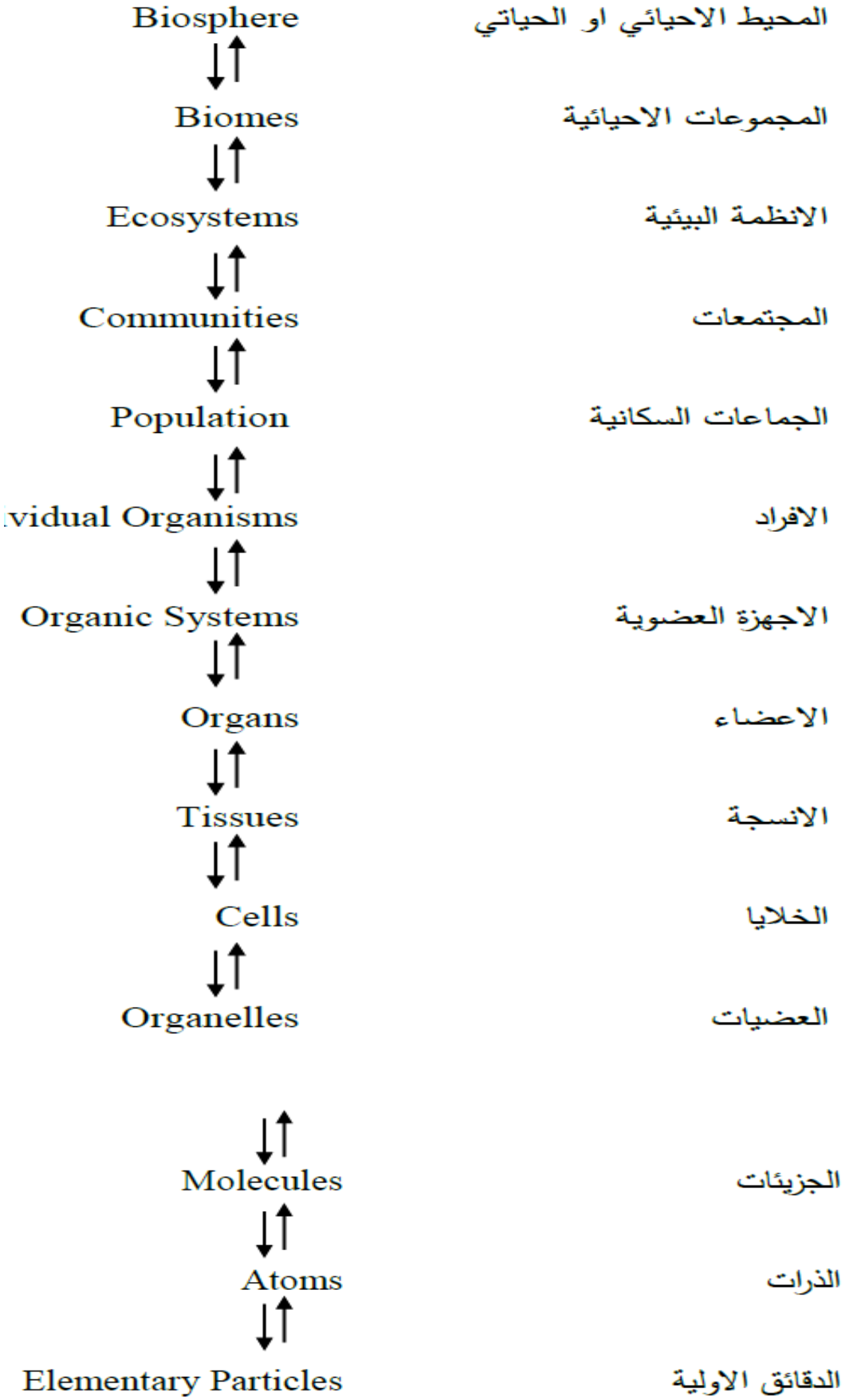
The Chemical Base of life

من المعروف ان نظرية الخلية Cell Theory لشلايدن Schleiden وشوان Schwan (1839م) قد وضعت النقاط على الحروف، فأوضحت ان الكائنات الحية الحيوانية والنباتية تتركب اجسامها من وحدات بنائية هي الخلايا. ومع تقدم العلوم وتطور وسائل البحث العلمي تم التوصل الى ان الخلايا ليست وحدات تركيبية او بنائية Structural Units فحسب بل هي وحدات وظيفية او فسلجية Physiological Unit ايضاً، وان كل خلية تقوم بأفعال حيوية ضرورية لادامة حياة الكائن الحي لذا فهي، أي الخلية، تمثل وحدة الحياة Unit of life.

تعد الخلية او وحدة الحياة نظاماً معقداً تركيبياً ووظيفياً، فهي تتكون من مكونات حية Living Components، وغير حية Non- Living Components or Inclusions ولكل منها تركيبها ووظيفتها الخاصة بها،

مع أطيب تح
.com

وتتألف هذه المكونات من مواد وتراكيب أدق فأدق. وعند امعان النظر في مستويات التنظيم Levels of Organization في الطبيعة يتضح ان التنظيم هرمي، وتنحصر مختلف مستويات فيه ما بين مستوى تنظيم الدقائق الاولية Elementary Particles التي تمثل قاعدة الهرم، ومستوى تنظيم المحيط الاحيائي او الحياتي Biosphere الذي يمثل قمة الهرم، وكما موضح في المخطط (2-1). ويتكون المحيط الاحيائي من المجموعات الاحيائية Biomes، التي هي بدورها تتكون من الانظمة البيئية Ecosystem التي تضم المجتمعات Communities المؤلفة من المجموعات السكانية Populations التي ترتكز على وجود الأفراد Individuals ويتركب جسم كل فرد من الاجهزة العضوية Organ Systems ويتألف كل عضو منها من عدد من الانسجة Tissues التي يتألف كل منها بدوره من عدد من الخلايا، أي الوحدات البنائية للكائنات الحية. وتتكون كل خلية من عدد من العضيات الخلوية Organelles الصغيرة Cell التي تتركب بدورها من جزيئات Molecules يسهم في تكوينها عدد من الذرات Atoms التي تشترك في تكوينها الدقائق الاولية Elementary Particles.



المخطط (2–1): البنية الاساسية للاحياء

❖ **مما تتركب اجسام الكائنات الحية ؟**

يتركب جسم الكائن الحي من مجموعة اجهزة – كل جهاز يتكون من مجموعة اعضاء – كل عضو يتكون من مجموعة انسجة – كل نسيج يتكون من مجموعة خلايا – وتتكون الخلايا من جزيئات عضوية وجزيئات غير عضوية .

الجزيئات العضوية	الجزيئات غير العضوية
هي جزيئات بيلوجية كبيرة الحجم تحتوي C و H بشكل اساسي	هي جزيئات يتكون كل منها من ذرات ولا يشترط احتوائها على C
مثل الكاربوهيدرات اللبيدات البروتينات الاحماض النووية	مثل الماء الاملاح

ان المواد الكيميائية الاساسية التي تكون الخلية هي الماء والاملاح والبروتينات والدهون والاحماض النووية والكاربوهيدرات فضلاً عن بعض المركبات المعقدة التركيب كالفيتامينات والهورمونات وتختلف نسبة وجود هذه المواد في الكائنات المختلفة والخلايا المختلفة.

توجد البروتينات والدهون والاحماض النووية والكاربوهيدرات على شكل جزيئات كبيرة نسبياً تدعى الجزيئات الكبيرة Macromolecules اما الماء والاملاح فتوجد على شكل ايونات ولكن الفيتامينات والهورمونات فأنها قد تندمج مع الجزيئات الكبيرة مكونة معقداً Complex او تبقى على شكل جزيئات صغيرة Micromolecules .

ان احد الطرق المبتكرة لدراسة المكونات الكيميائية للخلية هي التحليل الكيميائي للأنسجة بأكملها مثل الكبد liver والدماغ Brain والجلد Skin او الخلايا المرستيمية Meristematic cells النباتية ولهذه الطريقة معاني محددة في علم الخلية Cytology وذلك لان المادة التي يجري تحليلها هي عموماً خليط من مختلف انواع الخلايا وبالإضافة الى احتوائها على مواد خارجية. وفي السنوات الاخيرة ادى تطور طرق تجزئة الخلية Fractionation وكذلك طرق

اخرى دقيقة ادت الى فصل المكونات الخلوية بشكل نقي وبالتالي الحصول على معلومات اكثر اهمية حول التركيب الكيميائي للخلية.

علم حياتية الخلية يضم ثلاثة اتجاهات: الاتجاه الاول هو علم الخلية الكلاسيكي الذي يهتم بدراسة التراكيب الخلوية المشاهدة بواسطة المجهر الضوئي **والاتجاه الثاني** هو علم وظيفة الخلية والذي يهتم بالكيمياء الحيوية والفيزياء الحيوية ووظائف الخلية، **الاتجاه الثالث** هو علم حياتية الخلية والذي يفسر الخلية على مستوى الجزيئات كالجزيئات الكبيرة مثل الاحماض النووية والبروتين. اما في الوقت الحالي فهنالك ترابط بين هذه الاتجاهات الثلاثة ولم تعد اتجاهات منفصلة .

التركيب الكيميائي للخلية Chemical Components of the Cell

المركبات اللاعضوية

1) الماء Water

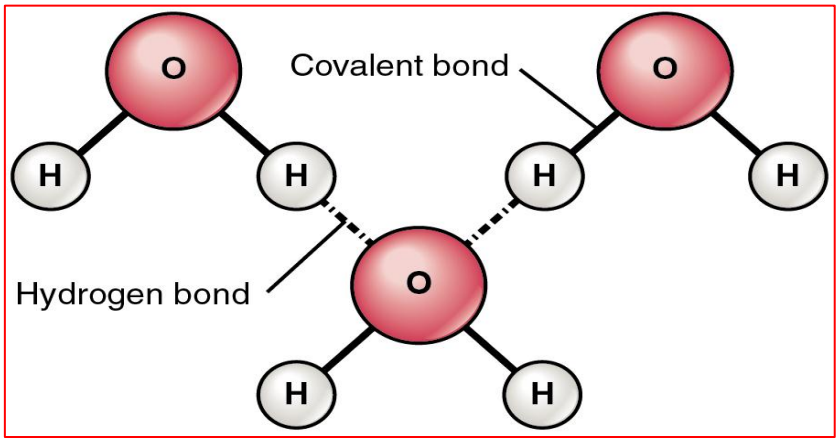
يشكل الماء اعلى نسبة بين المركبات الكيميائية الموجودة في الكائنات الحية حيث يمثل حوالي 6—95% من الوزن الكلي لمختلف الخلايا والانسجة مع بعض الاستثناءات كما في عظام الانسان والبذور وكذلك السبورات.

ان الماء مذيب طبيعي للأيونات المعدنية ولا يمكن ان يستغنى عنه في العمليات الايضية التي تتم كلياً داخل محيط مائي كما يكون الماء كوسط انتشار للنظام الغروي للبروتوبلازم حيث ان الماء يمتزج بسهولة مع البروتوبلازم فضلاً عن ان جزيئات الماء تسهم كذلك في العديد من التفاعلات الانزيمية في الخلية ويمكن ان تنشأ نتيجة العمليات الايضية. ويوجد الماء في الخلية على شكلين:

أ- ماء حر Free Water: هو الماء الذي ينتقل بحرية بين مكونات الخلية ويدخل في عمليات التحول الغذائي ((الايض)) ويعمل وسطاً للتفاعلات الكيميائية ويشكل نسبة 95% من كمية الماء الموجود في الخلية.

ب- ماء مقيد Bound Water: وهو الماء المتصل بجزيئات البروتين بروابط كيميائية أي انه يدخل ضمن تركيب مكونات الخلية وتقدر نسبته 4- 5 % من كمية الماء الموجود في الخلية.

يمتلك الماء بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية الفريدة والتي جعلته ملائماً جداً للأنظمة البايولوجية ومن اهم الخواص البايولوجية المهمة للماء هي القطبية Polarity والآصرة الهيدروجينية Hydrogen Bond فيما يتعلق بقطبية جزيئة الماء فأن من صفات الماء امتلاكه قوة تجاذب وتماسك كبيرتين اذ ان كل ذرة من ذرتي الهيدروجين تشترك بزوج من الالكترونات مع ذرة الاوكسجين والابعاد الهندسية للزوج الالكتروني المشترك والذي يوجد في الغلاف الخارجي لذرة الاوكسجين مما يجعل الجزيئة بشكل حرف V كما ان قابلية السحب الكبيرة لإلكترون ذرة الاوكسجين يكسبها شحنة سالبة عند الحرف V معطية شحنتيّن لنواتي الهيدروجين المكشوفة كما في الشكل ادناه ونظراً لان جزيئة الماء متعادلة كهربائياً فان الشحنات الموجبة والسالبة بعيدة جداً بعضها عن البعض كما ان جزيئة الماء تعد ثنائية القطبية وهذه الحقيقة هي السبب الرئيس المسؤول عن قوة التجاذب بين جزيئات الماء ونظراً للكهربائية السالبة لذرة الاوكسجين ومقدار الزاوية التي ترتبط بين ذرتي الهيدروجين اصبحت جزئية الماء قطبية فذرة الاوكسجين تحمل شحنة سالبة جزئياً ويحمل كل من ذرتي الهيدروجين شحنة موجبة جزئياً ولكون الماء مركباً قطبياً لذلك يعد مذيباً جيداً للمركبات القطبية ولكنه غير قابل للامتزاج بالمركبات غير القطبية الحاوية على مجاميع كارهة للماء Hydrophobic groups.



شكل يوضح الرابطة الهيدروجينية لجزيئة الماء Hydrogen Bonds of Water Molecule

الاواصر الهيدروجينية هي قوى جذب ضعيفة بين ذرة سالبة الالكترونات (N او O) وبين ذرة هيدروجين (O-H او N-H) فجزيئة الماء في الحالة السائلة لها القابلية على تكوين اواصر هيدروجينية مع جزيئة ماء اخرى فضلاً عن ذلك تستطيع تكوين اواصر هيدروجينية مع مركبات (الهيدروكسيل والفوسفات والامين) .

2) الاملاح والايونات Salt & Ions

تعد الاملاح ضرورية للمحافظة على الضغط الازموزي Osmotic Pressure والتوازن الحامضي القاعدي للخلية حيث يزداد الضغط الازموزي داخل الخلية بزيادة تراكيز الايونات مما يؤدي الى دخول الماء الى داخل الخلية.

ان تراكيز الايونات في السائل الخلوي تختلف حسب نوعية الايونات فمثلاً تكون تراكيز ايونات البوتاسيوم والمغنسيوم داخل الخلية عالية في حين ان ايونات الصوديوم والكلوريد توجد بشكل رئيسي خارج الخلية كما يعد الفوسفات المصدر الرئيسي داخل الخلية كما تحتوي الخلية على ايون البيكاربونات. اما ايونات الكالسيوم فهي موجودة في كل من الخلايا ومجرى الدم، أما في العظام فأن ايونات الكالسيوم ترتبط مع ايونات الفوسفات والكاربونات لتكون ترتيبات بلورية وتوجد الفوسفات في الدم والسوائل النسيجية على شكل أيون حر ولكن اكثر الفوسفات يكون مرتبطاً على شكل دهون مفسفرة Phospholipids ونيوكليوتيدات Nucleotides وبروتينات مفسفرة Phosphoproteins وسكريات مفسفرة Phosphates Sugar وهناك الفوسفات الاحادية H_3PO_4 والفوسفات الثنائية H_2PO_4 تلعب دوراً في تثبيت pH الدم وسوائل الانسجة وهناك ايونات موجودة في الانسجة كالكبريتات والكاربونات والبيكاربونات والمغنيسيوم والاحماض الامينية وهنالك معادن توجد بأشكال غير متأينة كالحديد الذي يوجد في جزيئة الفيريتين Ferritin والسايتوكرومات Cytochromes وبعض الانزيمات مثل الكتاليز Catalase وسايتوكروم اوكسيديز Cytochrome Oxidase كما ان هناك اثار قليلة من المعادن منها المنغنيز والنحاس والكوبلت واليود والسلينيوم والنيكل والمولبدنيوم والخارصين وهي ضرورية لإدامة فعالية الخلية.

المركبات العضوية في الخلية:

1- الكاربوهيدرات Carbohydrates

وهي تمثل مركبات عضوية حاوية على ذرات الكربون والهيدروجين والأوكسجين، وتكون ذات صيغة $(CH_2O)n$ تشكل السكريات الجزء الاكبر من مكونات جدار الخلية (السيللولوز) وهي تشكل مجموعة أنواع هامة من المواد المغذية (السكريات والنشويات) وتشكل السكريات مجموعة واسعة من المركبات العضوية التي تتراوح من السكريات البسيطة إلى السكريات المعقدة.

السكريات بصورة عامة لها وظائف ابتنائية قليلة في الخلية، فيما عدا كونه جزء من جزيئة البروتين السكري Glycoprotein ولكنها تقوم بدور رئيسي في تغذية الخلية. ومعظم خلايا الجسم في الإنسان لا تحتفظ بمخزون كبير من السكريات، فقد يصل مخزون السكريات فيها إلى 1 % فقط من مجموع كتلتها، ولكن هذا المخزون يزداد إلى 3 % في خلايا العضلات، واحيانًا يصل هذا المخزون إلى 6 % في خلايا الكبد. ومع ذلك توجد السكريات دائمًا بصورة كلوكوز في السائل خارج الخلايا المحيط بالخلايا وبصورة ميسرة لاستعمالها في الخلايا. وفي العادة تخزن كمية صغيرة من السكريات في الخلايا بشكل جليكوجين Glycogen .

تصنف الكاربوهيدرات الى ثلاثة مجاميع هي : -

1) السكريات الأحادية Monosaccharide's

وهي سكريات بسيطة ذات الصيغة الوضعية (التجريبية) Cn $(H_2O)n$ Empirical Formula. وهذه السكريات عبارة عن وحدات بنائية Monomers لا يمكن تجزئتها او تحليلها الى مركبات سكر أكثر بساطة، وتمتاز بذوبانها في الماء، ويمتصها الجسم من دون تغيير ، وتقسم عادة على عدة مجموعات، وذلك بحسب عدد ذرات الكاربون في جزيئاتها، ونوع الجذر المرتبط بهذه الذرات، فيما اذا كان الديهايداً Aldehyde فتسمى عندئذ الدوزات Aldoses، واذا ما كان كيتوناً Ketone فتسمى كيتوزات Ketoses، وهذه الاقسام هي:

1. **الثلاثيات Trioses**: وتحوي جزيئاتها ثلاث ذرات من الكاربون $C_3H_6O_3$، مثل: كليسر الديهايد Glyceraldehydes، ودايهايدروكسي اسيتون Dihydroxy Acetone.
2. **الرباعيات Tetroses**: وتحوي جزيئاتها اربع ذرات كاربون $C_4H_8O_4$، مثل: إيرثريولوز Erythrulose.

3. **الخماسيات Pentoses**: وتحوي جزيئاتها خمس ذرات من الكاربون $C_5H_{10}O_5$، مثل: الرايبوز Ribose ودي اوكسي رايبوز Deoxyribose (رايبوز منقوص الاوكسجين) وارابينوز Arabinose.
4. **السداسيات Hexoses**: وتحوي جزيئاتها ست ذرات من الكاربون $C_6H_{12}O_6$، مثل: كلوكوز (سكر العنب) Glucose، وفركتوز (سكر الفاكهة) Fructose، وكالكتوز (سكر اللبن) Galactose.
5. **السباعيات Heptoses**: وتحوي جزيئاتها سبع ذرات من الكاربون $C_7H_{14}O_7$، مثل: سيدوهيبتيولوز Sedoheptulose. وفيما يلي بعض التراكيب الكيميائية لعدد من السكريات الاحادية.

يعد السكر الخماسي رايبوز Ribose، مهماً لانه يدخل في تركيب الحامض النووي الرايبوزي(رنا) Ribonucleic Acid (RNA) وفي بعض المرافقات الانزيمية Coenzymes مثل Coenzyme A (CoA) وادينوسين ثلاثي الفوسفات Adenosine Triphosphate (ATP). ويعد السكر الخماسي الرايبوز منقوص الاوكسجين Deoxyribose مهماً للغاية كونه يدخل في تركيب الحامض النووي الرايبوزي الـلا أوكسجين أومنقوص الاوكسجين (المتخزل) دنا Deoxeyribonucleic acid (DNA) المسؤول عن نقل الصفات الوراثية وعن استنساخ الـRNA. فضلاً عن ان السكر الخماسي رايبولوز Ribulose ضروري لآلية البناء الضوئي Photosynthesis Mechanism، اما السكر السداسي كلوكوز Glucose (سكر العنب) فانه يعدّ المصدر الاساسي للطاقة في الخلايا الجسمية.

السكريات القليلة Oligosaccharides:

وتحوي من 2–10 سكريات احادية Monosaccharides، أو مونومرات Monomers (الوحدات البنائية Structural Units) في جزيئاتها. تبقى المونومرات مرتبطة مع بعضها بأواصر كلايكوسايدية Glycosidic Linkages ومن أهم السكريات القليلة، وهي:

1. **السكريات الثنائية Disaccharides**: وتحوي وحدتين بنائيتين، أو مونومرين اثنين، مثل سكروز (سكر القصب، المائدة) Sucrose، ومالتوز (سكر الشعير) Maltose، ولاكتوز (سكر الحليب) Lactose وغيرها، وتنشأ من اتحاد جزيئتين من السكر الاحادي، وتوجد هذه السكريات في البنجر والحليب والعسل.
2. **السكريات الثلاثية Trisaccharides**: وتحوي ثلاثة مونومرات، مثل: رافينوز Raffinose، ورابينوز Rabinose، ومانوترايوز Mannotrisos.
3. **السكريات الرباعية Tetrasaccharides**: وتحوي اربعة مونومرات، مثل: ستاشيوز Stachyose، وسكردوز Scordose.
4. **السكريات الخماسية Pentasaccharides**: وتحوي خمسة مونومرات، مثل: فيرباسكوز Verbascose.

وعلى الرغم من ان السكريات الثنائية تذوب في الماء، الا ان حجم جزيئاتها كبير وغير قادر على النفاذ من خلال الغشاء الخلوي ما لم تتكسر جزيئاتها في عملية التحلل المائي Hydrolysis.

وتتم عملية تفكيك جزيئات السكر الثنائي وتحللها الى سكريات احادية في داخل الامعاء، ثم تمتص عن طريق الزغبيات Microvilli وتدخل الدورة الدموية لتستفيد منها الخلايا المختلفة، ويشاهد كل من سكري القصب Sucrose والشعير Maltose بشكل رئيس في الخلايا النباتية، وعلى العكس من ذلك تماماً، فان سكر الحليب Lactose يقتصر وجوده على الخلايا الحيوانية وما يجدر ذكره أنّ جزيئة سكروز تتألف من مونومرين، D-glucose و D-fructose، في حين تتركب جزيئة مالتوز Maltose من جزيئتين من سكر D-glucose، أما جزيئة سكر الحليب Lactose فتتألف من مونومرين، هما D-glucose (لاحظ الصيغ الكيميائية لهذه السكريات).

3) السكريات المتعددة Polysaccharide's

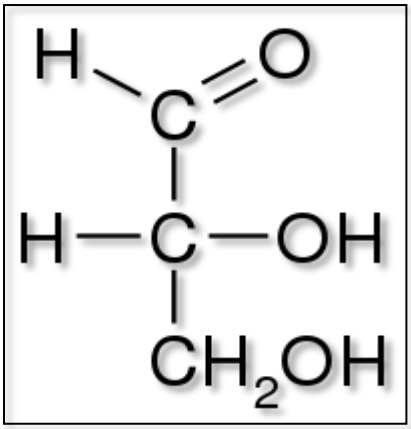
وتتألف هذه السكريات من عشرة الى عدة آلاف من السكريات الاحادية كوحدات بنائية في جزيئاتها الكبيرة Macromolecules والصيغة الوضعية لها هي $(C_6H_{10}O_5)n$، فضلاً عن جزيئات السكريات المتعددة لها أوزان جزيئية عالية، وعند التسخين تصبح غروية. ويمكن تحليل السكريات الى سكريات بسيطة. ويمكن تقسيم هذه السكريات الى مجموعتين، هما: السكريات المتعددة المتجانسة Homopoly Saccharides، والسكريات المتعددة المتباينة Hetreropoly Saccharides. ويحوي النوع الاول سكريات احادية من نوع واحد، أي انها متشابهة، مثل النشأ النباتي Starch والكلايكوجين Glycogen (النشأ الحيواني) والسليلوز Cellulose. وتصنع الخلية هذه السكريات بطريقة التكثيف Condensation، أي البناء بإزالة الماء. ويعد

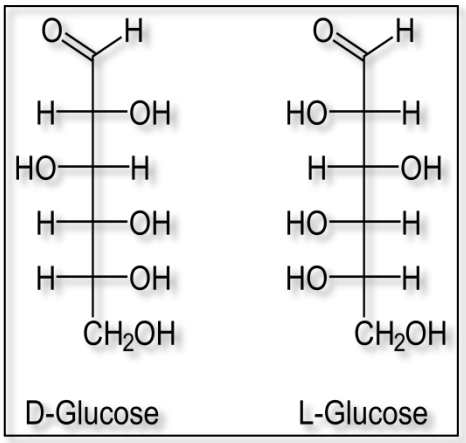
النشأ Starch والسيليلوز سكريات نباتية، في حين يعد الكلايكوجين، أو ما يعرف بالنشأ الحيواني، من السكريات الحيوانية. وتنشا جزيئات السليلوز من اتحاد جزيئات سيلوبايوز Cellobiose $C_{12}H_{22}O_{11}$ الذي تتركب جزيئاته بدورها من عدد من جزيئات الكلوكوز Glucose. ويكوّن السيليلوز جدار الخلايا النباتية، ويهيء الاسناد الميكانيكي والحماية Mechanical Support and Protection للخلية. ولا يهضم السيليلوز بسهولة عادة، الا ان بعض الحيوانات كالمواشي والارضة Termites تحوي قنواتها الهضمية ابتدائيات سوطية Flagellate Protozoans أو احياء مجهرية تعيش معيشة تكافلية، وتحوي أو تمتلك انزيمات هاضمة للسيليلوز، فتستفيد منها وظائفها في هذا العمل. اما النشأ فهو عبارة عن مادة غذائية مخزونة في الخلايا النباتية، في حين يمثل الكلايكوجين (النشأ الحيواني) مادة غذائية مخزونة في الخلايا الحيوانية، وبشكل خاص في خلايا الكبد Liver والعضلات، ويتم ذلك بمساعدة هرمون الانسولين الذي تفرزه خلايا بيتا Beta Cells في جزيرات لانكرهانز Islets of Langerhans في البنكرياس Pancreas، إذ يتحول الكلوكوز الى الكلايكوجين في عملية تسمى تكوين الكلايوجين Glycogenesis. وعلى العكس من ذلك، يعود الكلايكوجين فيتحلل بوساطة هرمون الكلوكاكون Glucagon الذي تفرزه الخلايا الفا Alpha Cells للبنكرياس (جزيرات لانكرهانز) وهرمونات لب الكظرية مثل الادرينالين Adrenaline (ابينفرين Epinephrine) الى وحدات من سكر الكلوكوز في عملية تسمى تحلل الكلايكوجين Glycolysis.

يمثل النوع الثاني من السكريات المتعددة، أي السكريات المتعددة المتباينة، وسكريات متعددة مركبة من أنواع من السكريات الاحادية ومن نيتروجين أميني Amino nitrogen أو حامض الكبريتيك أو حامض الفسفوريك، ومن أهمها:

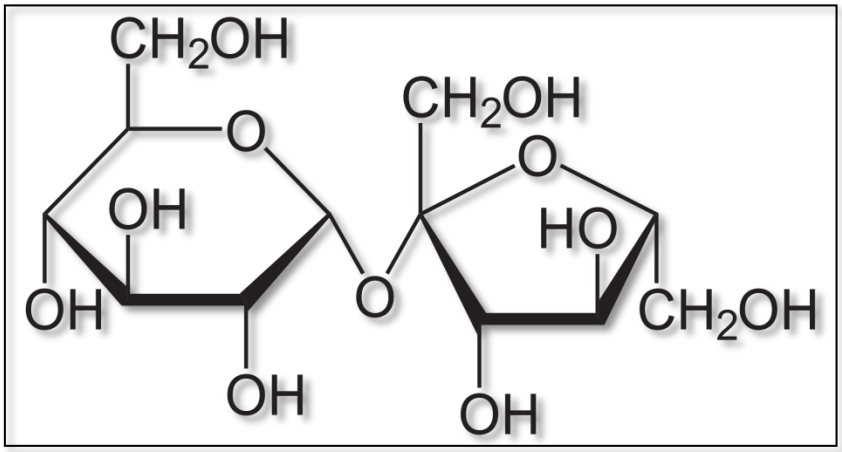
1. **السكريات المتعددة المتباينة المتعادلة Neutral Heteropolysaccharides**: وتحوي سكريات احادية ونيتروجيناً أمينياً Acetylated Amino Nitrogen في جزيئاتها، وتسمى Acetyl Glucoses Amines مثل الكايتين Chitin، وهو من أهم ما تكونه الخلايا في القشريات والحشرات ويفيد في الاسناد والوقاية.
2. **السكريات المتعددة المتباينة الحامضية Acidic Heterpolysaccharides**: وهي تحتوي أنواعاً مختلفة من سكريات احادية وحامض الكبريتيك أو حوامض اخرى جزيئاتها، ومن أهمها في الخلايا الحيوانية حامض الهيالورونيك Hyaluronic Acid، وكبريتات الكوندرويتين Chondroitin Sulphate، والهيبارين Heparin. يشكل حامض الهيالورونيك المادة الملاطية (السمنتية) Cementing Material للانسجة الرابطة. أما الهيبارين فيعمل كمادة مانعة لتخثر الدم، وتوجد في الكبد والرئتين والطحال والدم، في حين توجد كبريتات الكوندرويتين في الخلايا الغضاريف والجلد والقرنية والحبل السري كمادة بينية لتكوين العظام.

3. **برتينات مخاطية Mucoproteins وبروتينات سكرية Glycoproteins**: عندما تتحد Acetyl Glucose amines والسكريات الاحادية والبروتينات، تتكون بروتينات مخاطية سكرية، وهذه تضم السكريات المتعددة لمجموعات الدم، وتوجد في كريات الدم الحمر Red Blood Corpuscles او RBC، واللعاب، والمخاطين المعدي ومخاطيات بيضية، والمصل والالبومين.

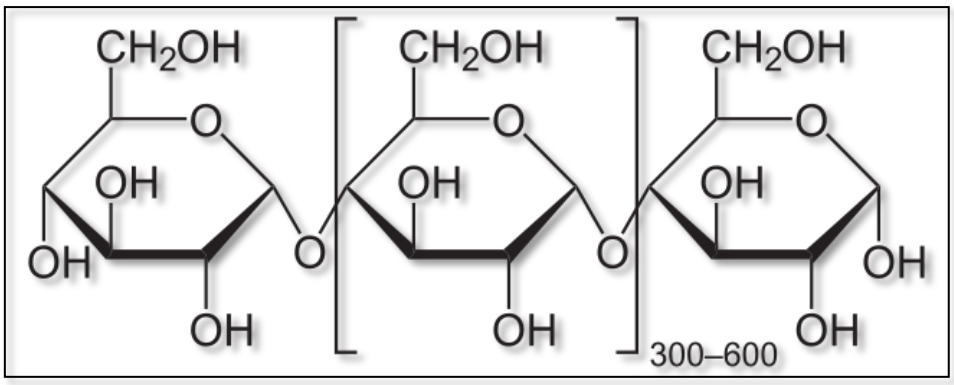




Glyceraldehyde



Sucrose



Glycogen Structure