

التركيب الكيميائي للخلية (1) Biochemical Construction of the Cell (1)

❖ الكيمياء الحيوية للخلية

يدخل في تركيب المادة الحية أكثر من 90 عنصراً كيميائياً، ويشكل الهيدروجين والأكسجين والكربون والآزوت أكثر من 95% من كتلتها الحية. تكون العناصر الكيميائية إما بسيطة كالماء والأملاح أو على شكل جزيئات ضخمة كالسكاكر واللبيدات والبروتينات والأحماض النووية.

تتكون الخلايا الحية من مجموعة من العناصر الكيميائية، التي تشكل بنسب مختلفة المركبات التي تؤلف المادة الأساسية للحياة ذاتها. وتشكل عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين والآزوت والكبريت والفوسفور، حوالي 99% من مكونات المادة الحية وتعرف بالعناصر الوفيرة Major elements. كما تحتوي الخلايا على عناصر معدنية أخرى بكميات زهيدة تعرف باسم العناصر النادرة مثل الكوبالت والنحاس واليود والتوتياء والمنغنيز. وهي على ندرتها تؤدي دوراً هاماً جداً، إذ تشكل غالباً تميم الأنزيمات ذات الدور الحيوي والحاسم، مثل أنزيمات التنفس والاستقلاب، أو أنها جزء من فيتامين معين. توجد العناصر الكيميائية في الخلية إما بشكل شوارد مثل Na^+ , K^+ , Cl^- .. الخ، أو على شكل جذور مثل PO_4^{3-} , SO_4^{2-} وغيرها. كما أن الأملاح التي تشكلها هذه العناصر ضمن الخلية يمكن أن توجد بالحالة الشاردية مثل ملح كلور الصوديوم.

❖ المكونات الأساسية للمادة الحية:

لقد مكنت طرق التحليل النوعي من معرفة المكونات الأساسية للمادة الحية، وهي كمايلي:

الجزيئات البسيطة (الصغيرة): وهي الماء، الأملاح والشوارد المعدنية.

الجزيئات الضخمة (الكبيرة): وهي السكريات والمواد الدسمة والبروتينات والحموض النووية والفيتامينات، إضافة إلى مركبات أخرى عضوية وغير عضوية.

أولاً: الجزيئات البسيطة (الصغيرة):

1. الماء H_2O Water: يكون الماء 50-90% من كتلة الخلايا في النسيج الحية. يوجد على شكلين: بشكل حر ويوفر الوسط الملائم لمختلف التفاعلات الحيوية الكيميائية، أو بشكل مرتبط حيث يساهم في تشكيل الروابط الهيدروجينية في الجزيئات الكبيرة. ويملك الماء العديد من الخصائص التي تجعل منه وسطاً خلوياً مناسباً أهمها:

- انه سائل و محل مناسب تنحل فيه معظم الأملاح والشوارد المعدنية و جزء من الفيتامينات، و لا تنحل فيه المواد الدسمة التي تدخل في بناء أغشية الخلية.
- حرارته النوعية عالية، كما أن درجة تبخره عالية قياساً بالمحلات الأخرى. هذه الخاصية تمكنه من امتصاص الحرارة المنتشرة عن التفاعلات الحيوية من دون أن ترتفع درجة حرارة الخلية.
- الماء وسط حيوي هام لحدوث عدد كبير من عمليات التركيب و الحلمهة ضمن الخلية.

يوجد الماء في الخلية بحالتين:

- الحالة المرتبطة: حيث ترتبط جزيئات الماء بالبروتينات والحموض النووية بروابط ضعيفة من نمط الرابطة الهيدروجينية، و معروف أن سيتوبلازما الخلايا تضم عددا من الشوارد و الجذور شديدة الكهربية، مثل الهيدروكسيل و الكربوكسيل و الكيتو و غيرها . في كل الأحوال فان الماء المرتبط لا يؤلف أكثر من 4.5 % من ماء الخلية.
- الحالة الحرة: هو الماء المتوافر دائما من أجل انجاز تفاعلات الاستقلاب الخلوي. و يشكل 95.5% من ماء الخلية.

2. الأملاح والشوارد المعدنية Salts and Ions:

تتشرد الأملاح في الماء لتعطي شرجيات (K^+ , Na^{++} , Ca^{++} , Mg^{++}) وشرسبات (Cl^- , NO_3^- , CO_3^{--} , PO_4^{---}) (الشكل 27). تلعب الأملاح دوراً هاماً في الحفاظ على حياة الخلية كونها تتوزع بشكل مختلف بين داخل وخارج الخلية. تساهم في استقرار درجة حموضة الوسط الداخلي في الخلية وذلك بعملية الانتشار والحلول لتلك الشوارد وبآليات معقدة جداً.

Extracellular fluid في السائل خارج الخلية	Intracellular fluid في السائل داخل الخلية
Na^+ 145	12 شاردة الصوديوم
K^+ 4	140 شاردة البوتاسيوم
Ca^{2+} 2.5	4 شاردة الكالسيوم
Mg^{2+} 1	34 شاردة المغنيزيوم
Cl^- 110	4 شاردة الكلور
HCO_3^- 24	12 شاردة الكربونات
PO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$ 2	40 شوارد الفوسفات
Protein ⁻ 15 *	50 البروتينات المتشردة (سالبية الشارد)
mEq/L	

*0 in interstitial fluid, 15 in plasma

الشكل (27): درجة تركيز بعض الشوارد داخل وخارج الخلية

و تأتي أهمية الشوارد و الأملاح مما يلي:

- ضرورتها للحفاظ على الضغط الحلوي الخلوي بشكل متوازن مع الضغط الحلوي للسوائل خارج الخلية، حيث توجد أيضا الشوارد المعدنية بنسب مختلفة.
- ان للتوازن الشاردي بين داخل الخلية و خارجها أهمية قصوى في الحفاظ على الاستقطاب الخلوي، أو ما يسمى كمون الغشاء، أو كمون الراحة، و هو الشرط الحيوي لاستجابة الخلية للمؤثرات و الإشارات الواردة إليها.
- تشكل الشوارد المعدنية تمينا لعدد كبير من أنزيمات حلقة كريبس و التحلل السكري ($Mn^{2+}+Mg^{2+}$).
- تعد الشوارد المعدنية أساسية لعمل المضخات الشاردية و عدد من آليات النقل عبر الغشاء السيتوبلازمي (النقل المرافق و النقل المعاكس).
- للشوارد دور هام في حدوث التقلص العضلي و الإفراز الخلوي، والتنفس و إفراز النواقل العصبية، و غير ذلك.

ثانياً: الجزيئات الضخمة (الكبيرة):

إن كل نمط من الجزيئات الصغيرة له خواص مميزة تنجم عن الانتظام المستتب لتلك الذرات. ويتأتى عن ذلك أن مستوى آخر من تراتب hierarchy التعضي البيولوجي يتحقق حينما تتشابك الجزيئات الصغيرة للعضوية داخل الخلية بعضها مع بعض. لتشكل جزيئات كبيرة. ونشير هنا إلى أن الصفوف الأربع الأساسية للجزيئات البيولوجية الكبيرة هي: الكربوهيدرات، والليبيدات، والبروتينات والحموض النووية. ويكون العديد من هذه الجزيئات الخلوية ذا مقاس scale خلوي ضخم. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يتألف البروتين من آلاف الجزيئات المتصلة المتشابكة تساهمياً التي تشكل جزيئة عملاقة ذات كتلة تفوق 100000 دالتون. ويستخدم البيولوجيون تعبير الجزيئة الضخمة (macromolecule) لمثل هكذا جزيئات عملاقة.

تكون الجزيئات الكبيرة في ثلاثة من الصفوف الأربع للمركبات العضوية للحياة (وهي الكربوهيدرات والبروتينات والحمض النووية) جزيئات سلسلية تشكل بوليمرات (من الكلمة اليونانية polys التي تعني عديد و meris التي تعني القسم). فالبلمر هو جزيئة طويلة تتألف من عدة وحدات بنوية متشابهة أو متماثلة تتصل معاً بروابط تساهمية على نحو أشبه ما يكون بقطار مؤلف من سلسلة مقطورات. إن هذه الوحدات المتكررة التي تفيد كوحادات بنائية للبلمرات هي جزيئات صغيرة تسمى مواحيد. ونشير إلى أن لبعض الجزيئات التي تفيد كمواحيد وظائف أخرى تخصها تحديداً.

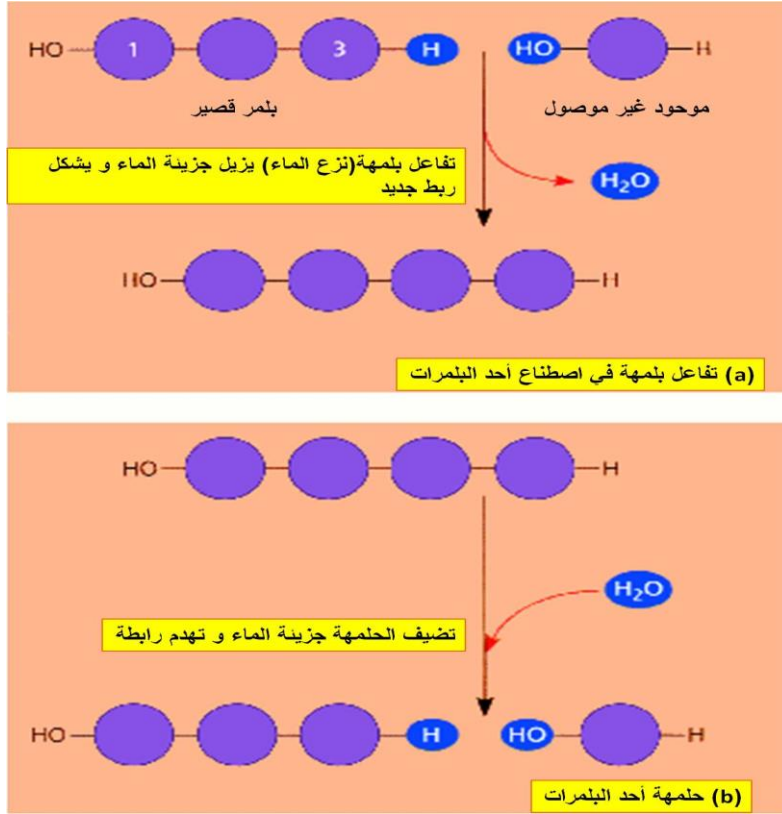
❖ اصطناع وهدم البلمرات:

تختلف صفوف الجزيئات الضخمة البلمرية في طبيعة مواحيدها (الجزيئات الأحادية) ولكن الآليات الكيميائية التي تصطنع أو تهدم بها الخلية البلمرات تكون هي ذاتها في جميع الحالات من الناحية الأساسية (الشكل 28). هذا وترتبط الجزيئات الأحادية (المواحيد) بتفاعل يتم فيه ارتباط جزيئتين تساهمياً إحداها مع الأخرى عن طريق فقدان جزيئة ماء. وهذا يسمى تفاعل تكاثف condensation reaction أو تفاعل بلمهة dehydration, لأن الجزيئة المفقودة هي ماء (الشكل 28-a).

فعندما تتشكل رابطة بين جزيئتين أحاديتين (موحودين) يسهم كل جزيئة أحادية (موحود) بشرط جزيئة الماء المفقودة: جزيئة تقدم مجموعة الهيدروكسيل (-OH) بينما تقدم الأخرى الهيدروجين (-H). يتكرر هذا التفاعل في صنع البلمر كلما أضيف جزيئة (موحود) إلى السلسلة واحد تلو الآخر. ويجب على الخلية أن تصرف طاقة لتقوم بتفاعل البلمهة، ولا تحدث هذه العملية إلا بمساعدة الأنزيمات، التي تمثل بروتينات متخصصة تسرع التفاعلات الكيميائية في الخلية.

تتفكك البلمرات إلى مواحيد (جزيئات أحادية) بواسطة الحلمهة hydrolysis وهي عملية تعاكس تفاعل البلمهة أساساً (الشكل 28-b). تعني الحلمهة استخدام الماء في تحقيق الهدم (من الكلمة اليونانية hydro, ماء و lysis يحل). هذا وتتفكك الروابط بين المواحيد عن طريق إضافة جزيئات الماء، عبر أخذ هيدروجين من الماء المرتبط بأحد الجزيئات (المواحيد)

وأخذ مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بالجزيئة (الموحد) المجاور. وتمثل عملية الهضم مثلاً عن الحلمة التي تحصل في أجسامنا.



*الشكل (28): اصطناع وتفكيك البلمرات

ونشير هنا إلى أن كمية المواد العضوية في طعامنا تكون بشكل بلمرات كبيرة جداً بحيث لا تستطيع دخول خلايانا. وفي المسلك الهضمي تقوم أنزيمات مختلفة بمهاجمة البلمرات بحيث تتسرع الحلمهة. بعد ذلك يتم امتصاص الموحيد المنطلقة إلى مجرى الدم بغية توزيعها إلى جميع خلايا الجسم. ومن ثم تستطيع تلك الخلايا أن تستعمل تفاعل البلمهة في دمج الموحيد داخل بلمرات جديدة تختلف عن تلك التي جرى هضمها. أما البلمرات الجديدة هذه فإنها تؤدي وظائف مميزة نوعية تتطلبها الخلية.

❖ تنوع البلمرات:

تمتلك كل خلية آلاف الأنواع المختلفة من الجزيئات الضخمة، وتختلف هذه الجزيئات من نمط من الخلايا إلى نمط آخر وحتى في الكائن الحي نفسه، وبشكل خاص ال (DNA) والبروتينات. ويكون التنوع في الجزيئات الكبيرة في العالم الحي كبيراً، كما تكون التشكيلة المتنوعة الممكنة لا حصر لها فعلياً.

ما هو الأساس المسؤول عن مثل هذا التنوع في بلمرات الحياة؟

تُبنى هذه الجزيئات من 40-50 موحوداً شائعاً فقط بالإضافة إلى أخرى غيرها نادر الوجود. إن بناء تشكيلة هائلة من البلمرات انطلاقاً من قائمة محدودة من الموحيد يشبه بناء مئات آلاف الكلمات انطلاقاً من 26 حرفاً أبجدياً فقط. أما المفتاح فإنه يكمن في الترتيب وفقاً للتتالي الخطي الذي تتبعه الوحدات units. فعلى سبيل المثال تُبنى البروتينات من 20 حمضاً أمينياً تترتب بشكل سلاسل تبلغ أطوالها عادة مئات الحموض الأمينية.

1- الكربوهيدرات:

تضم الكربوهيدرات كلا من السكاكر وبلمرات من السكاكر. و يمكن تقسيم السكريات حسب عدد الوحدات المكونة لها إلى:

- السكريات الأحادية أبسط الكربوهيدرات, وتعرف أيضاً باسم السكاكر البسيطة.
- السكريات الثنائية فهي سكاكر مضاعفة, تتألف من اثنين من السكريات الأحادية ترتبطان بواسطة تفاعل تكاثف.
- السكريات المتعددة: تعدّ الكربوهيدرات التي هي جزيئات ضخمة متعددة سكر, بمعنى أنها بلمرات مؤلفة من عدة وحدات بنائية سكرية.

أ- السكاكر الأحادية (البسيطة):

تمتلك السكريات الأحادية (المشتقة من الكلمة اليونانية monos التي تعني أحادي mono, ومن الكلمة اليونانية sacchar التي تعني سكر) صيغاً جزيئية تمثل مضاعفات الوحدة CH_2O أي أن الصيغة العامة للسكريات هي $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ (الشكل 29). ويعدّ الجلوكوز ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) السكر الأحادي الأكثر شيوعاً ذا أهمية مركزية في كيمياء الحياة. وإننا نستطيع أن نرى في بنية الجلوكوز العلامة الدامعة للسكر: ممثلة في زمرة الكربونيل ($\text{C}=\text{O}$) ومجموعات مفردة من الهيدروكسيل ($-\text{OH}$).

تصنف السكريات البسيطة اعتماداً على موقع زمرة الكربونيل إلى مجموعتين، فإما أن يكون السكر:

ألدوزاً (سكر ألدهيدياً) مثل الجلوكوز أو

كيتوزاً ketose (سكر كيتونياً) مثل الفركتوز. (معظم أسماء السكاكر تنتهي بالمقطع أوز= ose).

	سكاكر ثلاثية	سكاكر خماسية	سكاكر سداسية	
ألدوزات				
	غليسر ألدهيد	ريبوز	غلوكوز	غالاكتوز
كيتوزات				
	ديهيدروكسي أسيتون	ريبولوز	فركتوز	

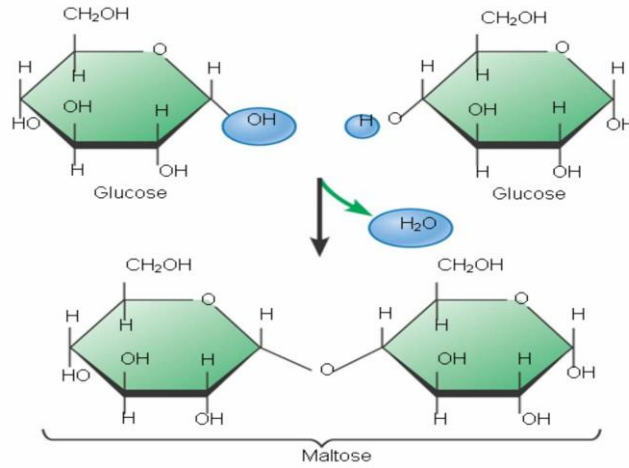
*** الشكل (29): بنية وتصنيف بعض السكريات الأحادية.** يمكن أن تكون السكاكر ألدوزات (سكاكر ألدهيدية في الصف الأعلى) أو كيتونات (سكاكر كيتونية في الصف الأسفل) وذلك استناداً إلى موقع مجموعة الكربونيل (باللون البرتقالي). وكذلك تُصنف السكاكر استناداً إلى أطوال هياكلها الكربونية. وثمة نقطة اختلاف ثالثة تتمثل في الانتظام الحيوي حول الكربون غير المتناظر. (قارن على سبيل المثال الأجزاء الأرجوانية للغلوكوز والغالاكتوز).

وهناك معيار آخر لتصنيف السكاكر يستند إلى عدد ذرات الكربون التي تدل في تركيب جزيئة السكر حيث تتراوح بين ثلاث وسبع ذرات كربون. ويسمى الغلوكوز والفركتوز والسكاكر الأخرى التي تمتلك ست ذرات كربون هكسوز hexoses (السكاكر السداسية). أما التروزات (السكاكر ذات ذرات الكربون الثلاث)، والبنوز (السكاكر ذات ذرات الكربون الخمس) فهي أيضاً شائعة.

تعدّ السكريات الأحادية ولا سيما الغلوكوز، مغذيات رئيسة للخلايا. ففي العملية المعروفة بالتنفس الخلوي، تستخلص الخلايا الطاقة المخزنة في جزيئات الغلوكوز. هذا وإن السكاكر البسيطة ليست فقط وقوداً رئيسياً لعمل الخلايا، بل وأيضاً تفيد هياكلها الكربونية كمادة أولية لاصطناع أنماط أخرى من الجزيئات العضوية الصغيرة، مثل الحموض الأمينية والحموض الدسمة. فجزيئات السكر التي لا تستخدم مباشرة في هذه الطرق تندمج على العموم كمواحد داخل ثنائيات سكرية أو عديدات سكرية.

ب- السكاكر الثنائية (قليلة التعدد):

تتألف ثنائيات السكر من سكرين أحاديين مرتبطين بواسطة وصلة غلوكوزيدية glycosidic linkage، تمثل رابطة تساهمية تتشكل بين سكرين أحاديين بواسطة تفاعل تجفاف. فعلى سبيل المثال: يتشكل المالتوز عن طريق ارتباط جزيئي غلوكوز (الشكل 30). وهو يعرف كذلك بسكر الشعير، ويشتهر بكونه أحد المكونات المستخدمة في صنع (تخمير) البيرة.



الشكل (30): ارتباط جزيئتي غلوكوز لتشكيل سكر المالتوز

أما السكروز فهو السكر الثنائي الأكثر شيوعاً، ويعتبر سكر المائدة. أما مواحيده فهي الغلوكوز والفركتوز. ويشار إلى أن النباتات تنقل عادة الكربوهيدرات من الأوراق إلى الجذور والأعضاء غير القادرة على التركيب الضوئي على شكل سكروز. وأما اللاكتوز، وهو السكر الموجود في الحليب، فإنه سكر ثنائي آخر، ترتبط فيه جزيئة غلوكوز بجزيئة غالكتوز.

ت- السكاكر المتعددة:

السكريات المتعددة هي جزيئات ضخمة، تتألف من بلمرات ذات بضع مئات وحتى بضعة آلاف من السكاكر الأحادية المترابطة بروابط غليكوزيدية. تقسم السكريات المتعددة حسب الوظيفة التي تقوم بها إلى مجموعتين هما:

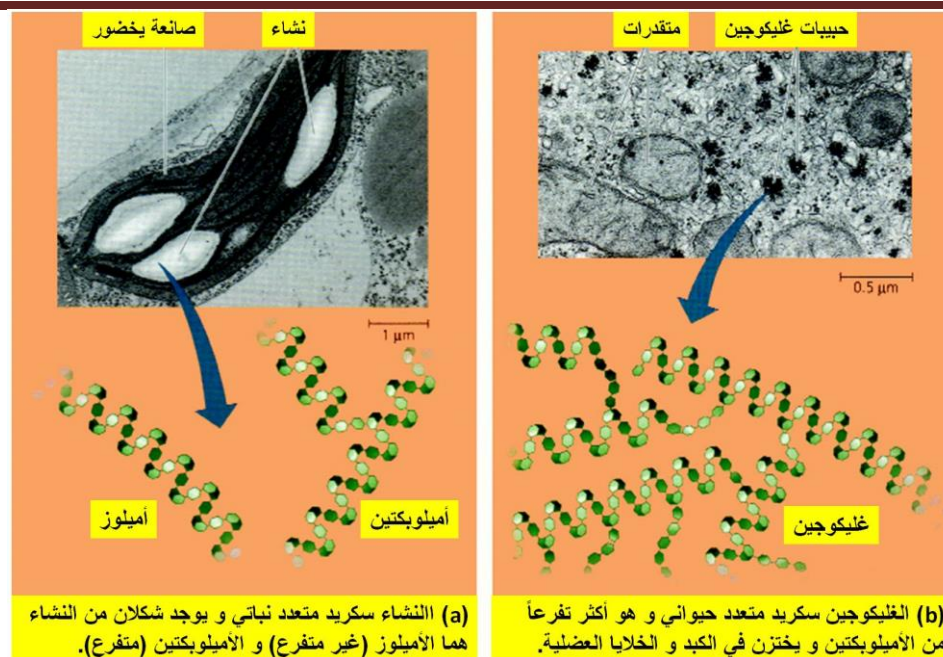
سكريات متعددة تخزينية: تتحلله عند الحاجة لتقدم سكر للخلايا.

سكريات متعددة بنوية: التي تحمي الخلية أو الكائن الحي ككل. هذا وتحدد معمارية ووظيفة السكريد المتعدد عبر مواحيده السكرية ومواقع الروابط الغليكوزيدية فيها.

• السكريدات المتعددة التخزينية

يمثل النشاء (وهو سكريد متعدد تخزيني لدى النباتات) بلمراً polymer يتألف كلياً من مواحيد الغلوكوز الغلوكوز. وتترابط معظم هذه المواحيد بواسطة الروابط على (الكربون رقم 1 إلى الكربون رقم 4)، على غرار وحدات الغلوكوز في المالتوز. هذا وإن الزاوية في هذه الروابط تجعل البلمر حلزونياً. ونشير هنا إلى أن الشكل الأبسط من النشاء، (وهو الأميلوز) غير متفرع، في حين أن الأميلوبكتين، (هو تشكّل أكثر تعقيداً من النشاء) هو بلمر متفرع ذو وصلات عند مواقع التفرع 1 و 6.

تخزن النباتات النشاء في حويصلات داخل بنى خلوية تسمى صانعات plastids. وهذه الأخيرة تتضمن صانعات اليخضور (الشكل 31-a). إن اصطناع النشاء يمكن النبات من تخزين الفائض من الغلوكوز. وبما أن الغلوكوز هو الوقود الخلوي الأساسي، فإن النشاء يمثل الطاقة المختزنة. ويمكن استرجار السكر لاحقاً من هذا المخزن bank الكربوهيدراتي بواسطة الحلمهة التي تحطم الروابط بين مواحيد الغلوكوز. وتمتلك معظم الحيوانات (وكذلك الإنسان) أنزيمات يمكنها حلمهة نشاء النبات، مما يجعل الغلوكوز متوافراً كمغذٍ للخلايا. وتؤلف درنات البطاطا والحبوب التي هي ثمار الحنطة والذرة والأرز وحشائش أخرى المصادر الأساسية للنشاء في قوت الإنسان.



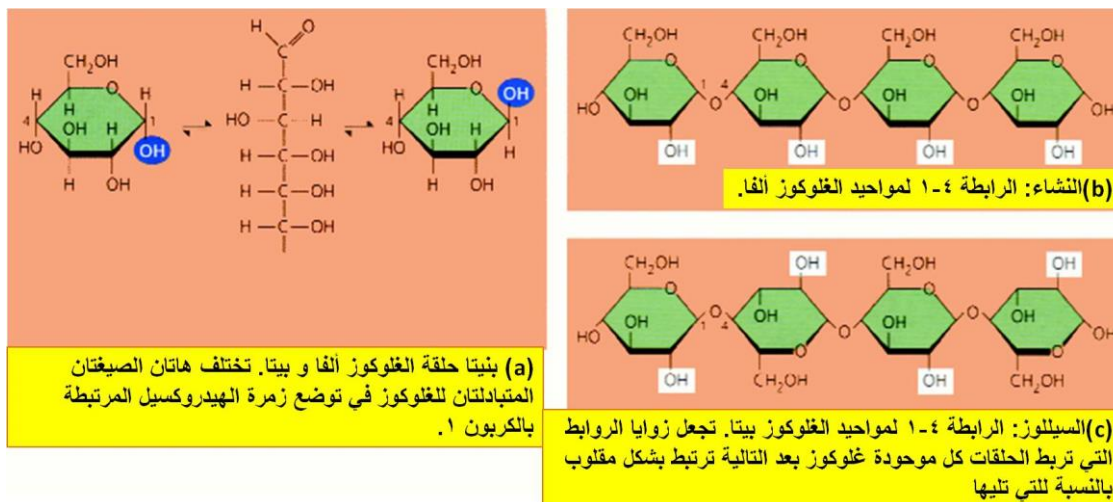
* **الشكل (31): سكريدات متعددة مخزنة في النباتات والحيوانات.** إن هذه الأمثلة من النشا والجليكوجين، تتألف كلياً من مواحيد غلوكوز ممثلة هنا بـسداسيات أضلاع. ونظراً لبنيتها الجزئية تميل السلاسل البلمرية لأن تأخذ شكل حلزونات.

تخزن الحيوانات سكريداً متعدداً يسمى الجليكوجين، وهو بلمر من الغلوكوز يشبه الأميلوبكتين ولكنه أشد تفرعاً إلى حد كبير (الشكل 31-b). هذا ويخزن الإنسان والفقاريات الأخرى الجليكوجين بشكل رئيسي في الكبد والخلايا العضلية. ويشار إلى حلمهة الجليكوجين في هذه الخلايا تحرر الغلوكوز عندما تزداد الحاجة للسكر، بيد أن هذا الوقود المخزن لا يكفي الحيوان طويلاً. فعلى سبيل المثال، ينضب الجليكوجين المخزن لدى الإنسان في حوالي يوم واحد ما لم يتم سد النقص عن طريق الطعام.

• السكريدات المتعددة البنيوية structural polysaccharides

تقوم الكائنات الحية ببناء مواد قوية انطلاقاً من السكريدات المتعددة البنيوية. فعلى سبيل المثال، يؤلف السكريد المتعدد المعروف باسم السيللوز cellulose مكوناً رئيسياً للجدران المتينة التي تحيط بالخلايا النباتية. وعلى مستوى الكرة الأرضية تنتج النباتات 10^{11} (100 مليار) طن من السيللوز بالسنة، فهو المركب الكيميائي الأكثر وفرة على كوكب الأرض. فالسيللوز (كما هو الحال النشاء) بلمر من الغلوكوز، بيد أن الوصلات الجليكوزيدية في هذين البلمرين تختلف. ويرتكز الاختلاف بينهما على حقيقة وجود بنيتين مختلفتين قليلاً لحلقتي الغلوكوز (الشكل 32-a). فحينما يشكل الغلوكوز حلقة، تتوضع زمرة الهيدروكسيل المرتبطة بالكربون رقم 1 في مكان ما إما تحت أو فوق مستوى الحلقة. ويدعى هذان الشكلان لحلقة الغلوكوز ألفا (a) وبيتا (B)، على التوالي.

ففي النشاء، تأخذ كل مواحيد الغلوكوز الهيئة ألفا (الشكل 32-b). وعلى العكس من ذلك، تأخذ جميع مواحيد الغلوكوز في السيللوز الهيئة B، الأمر الذي يجعل كل ثالث اثنين من مواحيد الغلوكوز مقلوباً رأساً على عقب بالنسبة لمجاوراتها (الشكل 32-c).

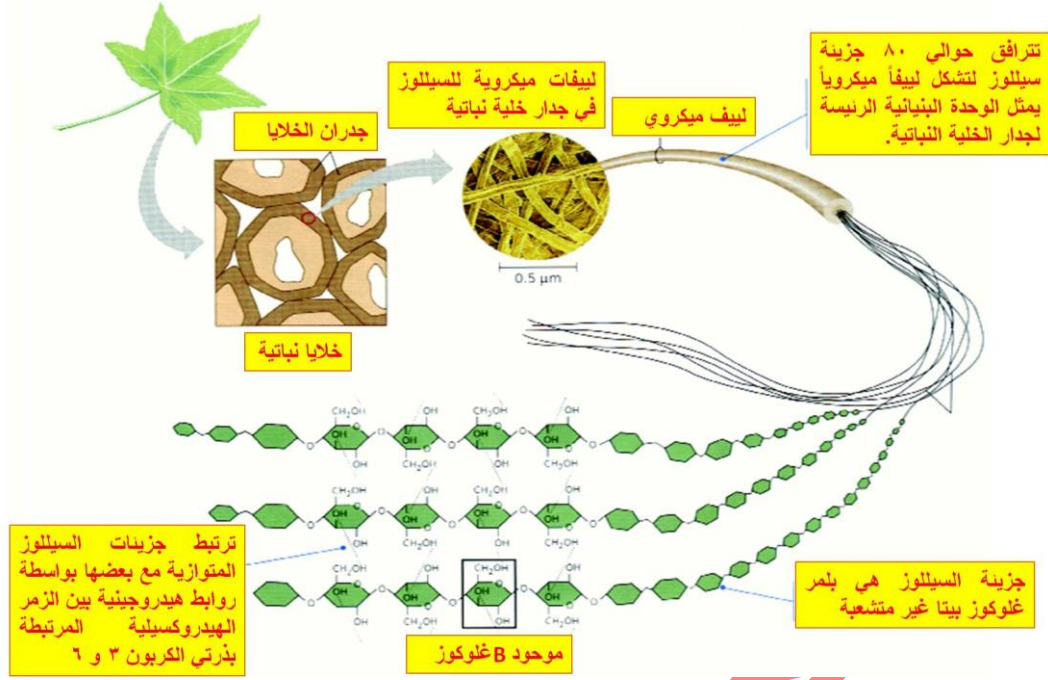


* الشكل (32): بنيتا النشاء والسيللوز ألفا وبيتا.

إن الوصلات الغليكوزيدية في جزيئة النشاء والسيللوز تعطي هاتين الجزيئتين أشكالاً ثلاثية الأبعاد متميَّزة. فبينما تكون جزيئة النشاء حلزونية على الأغلب فإن جزيئة السيللوز تكون مستقيمة وليست متشعبة، وتكون مجموعاتها الهيدروكسيلية حرة لتحقيق الروابط الهيدروجينية مع هيدروكسيالات جزيئات السيللوز الأخرى المتوضعة بشكل متوازي معها. أما في جدار الخلية النباتية، فإن جزيئات السيللوز المتوازية المتماسكة بعضها مع بعض بهذه الطريقة تتجمع بشكل وحدات تسمى ليفيات ميكروية microfibrils (الشكل 33). إن هذه الليفات الميكروية التي تشبه الكبل cable هي مواد بناءية قوية للنباتات

إن الأنزيمات التي تهضم النشاء بواسطة حلمهة الوصلات ألفا (a) لا تقوى على حلمهة الوصلات بيتا (B) للسيللوز وذلك بسبب الاختلاف الكبير في شكل هاتين الجزيئتين. وفي الحقيقة تمتلك كائنات قليلة أنزيمات يمكنها أن تهضم السيللوز، وهو ما لا تستطيع الإنسان فعله. فالسيللوز في غذائنا يمر عبر المسلك الهضمي وينطرح مع البراز. و أثناء مروره عبر الأمعاء يحرض البطانة على إفراز المخاط، الأمر الذي يساعد على المرور السلس للطعام عبر المجرى الهضمي.

وبالتالي فإن السيللوز مع كونه ليس مغذياً للبشر إنما يشكل جزءاً مهماً من النظام الغذائي المفيد. فمعظم الفواكه الطازجة والخضار والحبوب الكاملة مع قشورها تكون غنية بالسيللوز. وتشير عبارة "الألياف غير المنحلة" المكتوبة على الأطعمة المعلبة إلى السيللوز بشكل رئيسي.



*الشكل (33): انتظام السيللوز في جدران الخلية النباتية.

يمكن لبعض الكائنات الدقيقة أن تهضم السيللوز، وأن تحوله إلى جزيئات غلوكوز. فالبقرة تؤوي في كرشها الذي يؤلف المقصورة الأولى للمعدة (الشكل 34) بكتيريا هاضمة للسيللوز، وهنا تحلله البكتيريا سيللوز القش والعشب وتحول الغلوكوز إلى مغذيات أخرى تغذي البقرة. وعلى نحو مشابه، يمتلك النمل الأبيض (الأرضة termite) الذي لا يستطيع هضم السيللوز بنفسه ميكروبات حيّة في قناته الهضمية تقوى على هضم وجبة طعام من الخشب. كما يمكن لبعض الفطور أن تهضم السيللوز أيضاً، وبالتالي تساعد على إعادة تدوير recycle العناصر الكيميائية ضمن المنظومة البيئية لكوكب الأرض.



الشكل (34): توجد البكتيريا الهاضمة للسيللوز لدى حيوانات الرعي مثل هذه البقرة.

ثمة سكريد متعدد بنيوي آخر هام هو الكيتين chitin. وهو الكربوهيدرات الذي تستخدمه المفصليات (الحشرات والعناكب والقشريات والحيوانات ذات القرابة معها) من أجل بناء هيكلها الخارجية (الشكل 35).



* الشكل (35): الكيتين، سكريد متعدد بنيوي.

فالهيكل الخارجي هو صندوق قاسٍ يحيط بالجزء اللين للحيوان. إن الكيتين النقي هو متين ومرن، ولكنه يصبح قاسياً عندما يتشرب كربونات الكالسيوم، وهو ملح. هذا ويوجد الكيتين أيضاً في العديد من الفطور التي تستخدم هذا السكريد المتعدد بدلاً من السيللوز كمادة لبناء جدران خلاياها. إن الكيتين يشبه السيللوز فيما عدا احتواء الغلوكوز في الكيتين على لاحقة تضم نيتروجيناً (الشكل 35-a).