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 والأوكسجين 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. و تشكل عناصر الكربون و الهيدروجين و الأكسجين والآزوت و الكبريت والفوسفور، حوالي 99% من مكونات المادة الحية و تعرف بالعناصر الوفرة Major elements.كما تحتوي الخلايا على عناصر معدنية أخرى بكميات زهيدة تعرف باسم العناصر النادرة مثل الكوبالت و النحاس واليود و التوتياء و المنغنيز. و هي على ندرتها تؤدي دورا هاما جدا، إذ تشكل غالبا تميم الأنزيمات ذات الدور الحيوي و الحاسم، مثل أنزيمات التنفس والاستقلاب، أو أنها جزء من فيتامين معين.
توجد العناصر الكيميائية في الخلية إما بشكل شوارد مثل Fe^{2+}, Na^{+}, K^{+} , Cl^{-} .. الخ، أو على شكل جذور مثل Po^{-} So^{-2}_{4}, $^{3}_{4}$و غيرها. 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): و هي الماء، الأملاح و الشوارد المعدنية.

الجزيئات الضخمة (الكبيرة): و هي السكريات و المواد الدسمة و البروتينات و الحموض النووية و الفيتامينات، إضافة إلى مركبات أخرى عضوية و غير عضوية.

أولاً: الجزيئات البسيطة (الصغيرة):

1. **الماء H2o** Water: يكون الماء 50-90% من كتلة الخلايا في النسج 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 وسطا خلويا مناسبا 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 قياسا 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.

د. حسان حسن

يوجد الماء في الخلية بحالتين:

- الحالة المرتبطة: حيث ترتبط جزيئات الماء بالبروتينات والحموض النووية بروابط ضعيفة من نمط الرابطة الهيدروجينية، و معروف أن سيتوبلاسما الخلايا تضم عددا من الشوارد و الجذور شديدة الكهرسلبية، 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 شرجبات (K^+, Na^{++}, Ca^{++}, Mg^{++}) وشرسبات (Cl^-, $No3^-$, $Co3^{--}$, $Po4^{---}$) تتوزع بشكلٍ مختلف بين داخل وخارج الخلية (الشكل 27). تلعب الأملاح دوراً هاماً في الحفاظ على حياة الخلية كونها تساهم في استقرار درجة حموضة الوسط الداخلي في الخلية وذلك بعمليتي 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 المغنزيوم
Cl^-	110	4	شاردة الكلور
HCO_3^-	24	12	شاردة الكربونات
HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$	2	40	شوارد الفوسفات
$Protein^-$	15 *	50	البروتينات المتشردة (سالبة التشرد)
	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 الحلولي الخلوي بشكل متوازن مع الضغط الحلولي للسوائل خارج الخلوية، 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 تميما لعدد كبير من أنزيمات حلقة كريبس و التحلل السكري (Mn2+Mg2+).
- تعد الشوارد المعدنية أساسية لعمل المضخات الشاردية و عدد من آليات النقل عبر الغشاء السيتوبلاسمي (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 أخر 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 بنيوية متشابهة أو متماثلة تتصل معاً بروابط تساهمية على نحو أشبه ما يكون بقطار مؤلف من سلسلة مقطورات. إن هذه الوحدات المتكررة التي تفيد كوحدات بنائية للبلمرات هي جزيئات صغيرة تسمى مواحيد. ونشير إلى أن لبعض الجزيئات التي تفيد كمواحيد وظائف أخرى تخصها تحديداً.

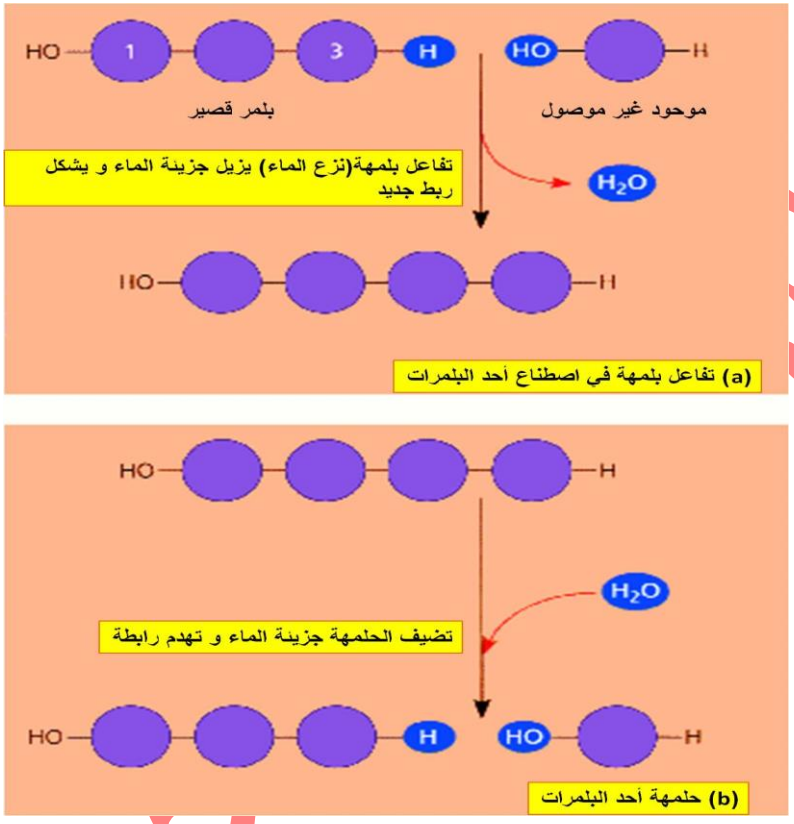
❖ **اصطناع وهدم البلمرات:**

تختلف صفوف الجزيئات الضخمة البلمريّة في طبيعة مواحيدها (الجزيئات الأحادية) ولكن الآليات الكيميائية التي تصطنع أو تهدم بها الخلية البلمرات تكون هي ذاتها في جميع الحالات من الناحية الأساسية (الشكل28). هذا وترتبط الجزيئات الأحادية (المواحيد) بتفاعل يتم فيه ارتباط جزيئتين تساهمياً إحداهما 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) بشطر 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 متخصّصة 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 وlysis يحلّ). هذا وتتفكك الروابط بين المواحيد عن طريق إضافة جزيئات الماء, عبر أخذ هيدروجين من الماء المرتبط بأحد الجزيئات (المواحيد)

وأخذ مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بالجزيئة (الموحود) المجاور. وتمثل عملية الهضم مثالاً عن الحلمهة 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 يحيث تتسرع الحلمهة. بعد ذلك يتم امتصاص المواحيد المنطلقة إلى مجرى الدم بغية توزيعها إلى جميع خلايا الجسم. ومن ثم تستطيع تلك الخلايا أن تستعمل تفاعل البلمهة في دمج المواحيد 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 المنوّعة الممكنة لا حصر لها فعلياً.

ماهو الأساس المسؤل 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 المواحيد 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:

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

أ– السكاكر الأحادية (البسيطة):

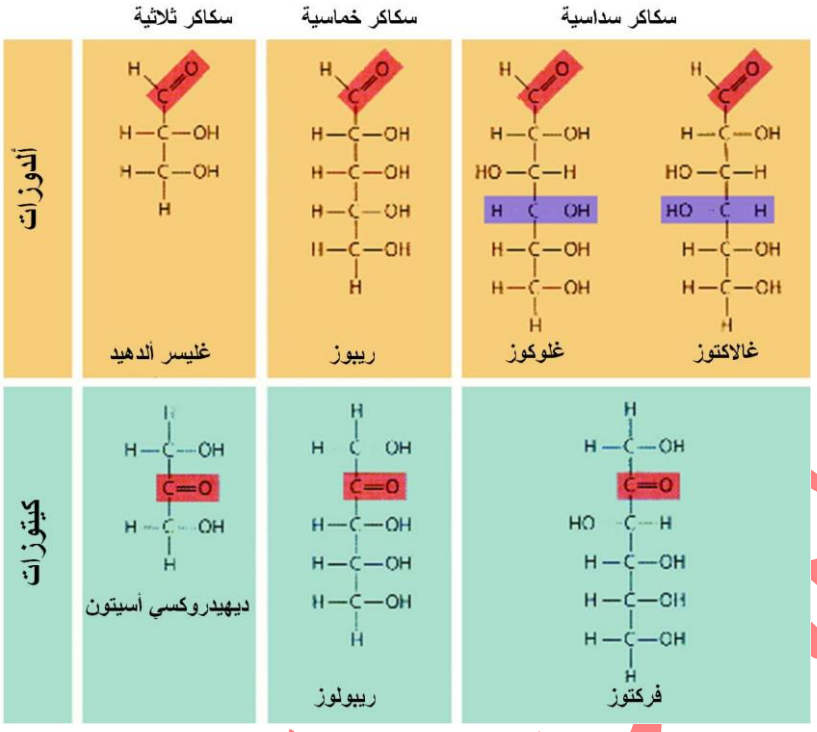
تمتلك السكريدات الأحادية (المشتقة من الكلمة اليونانية monos التي تعني أحادي mono, ومن الكلمة اليونانية sacchar التي تعني سكر) صيغاً جزيئية تمثل مضاعفات الوحدة CH_2O أي أن الصيغة العامة للسكريات هي $C_nH_{2n}O_n$ (الشكل 29). ويعدّ الغلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) السكريد الأحادي الأكثر شيوعاً ذا أهمية مركزية في كيمياء الحياة. وإننا نستطيع أن نرى في بنية الغلوكوز العلامة الدامغة للسكر: ممثلة في زمرة الكربونيل (C=O) ومجموعات مفردة من الهيدروكسيل (OH-).

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

ألدوزاً aldose (سكراً ألدهيدياً) مثل الغلوكوز أو

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

د. حسان حسن



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

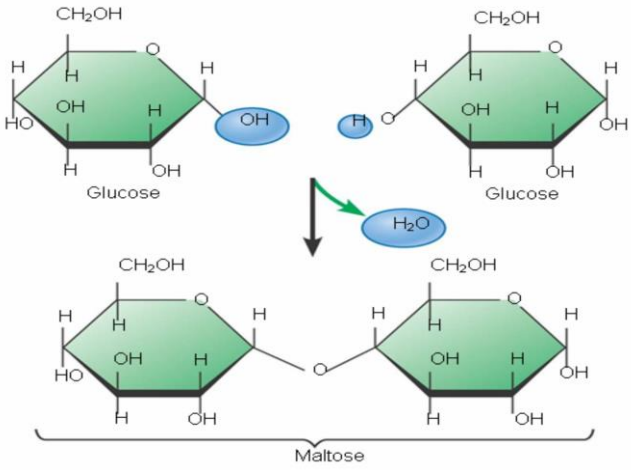
وهناك معيار أخر لتصنيف السكاكر يستند إلى عدد ذرات الكربون التي تدل في تركيب جزيئة السكر حيث تتراوح بين ثلاث وسبع ذرات كربون. ويسمى الغلوكوز والفركتوز والسكاكر الأخرى التي تمتلك ست ذرات كربون هكسوزhexoses (السكاكر السداسية). أما التروزات (السكاكر ذات ذرات الكربون الثلاث), والبنتوز (السكاكر ذات ذرات الكربون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

تعدُ السكريدات 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 كمواد 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 كمواحيد داخل ثنائيات سكريد أو عديدات سكريد.

ب–السكاكر الثنائية (قليلة التعدد):

تتألف ثنائيات السكريد من سكريدين أحاديين مرتبطين بواسطة وصلة غلوكوزيدية glycosidic linkage, تمثِل رابطة تساهمية تتشكل بين سكريدين أحاديين بواسطة تفاعل تجفاف. فعلى سبيل المثال:

يتشكل المالتوز عن طريق ارتباط جزيئتي 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 أخر, ترتبط فيه جزيئة غلوكوز بجزيئة غالاكتوز.

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:

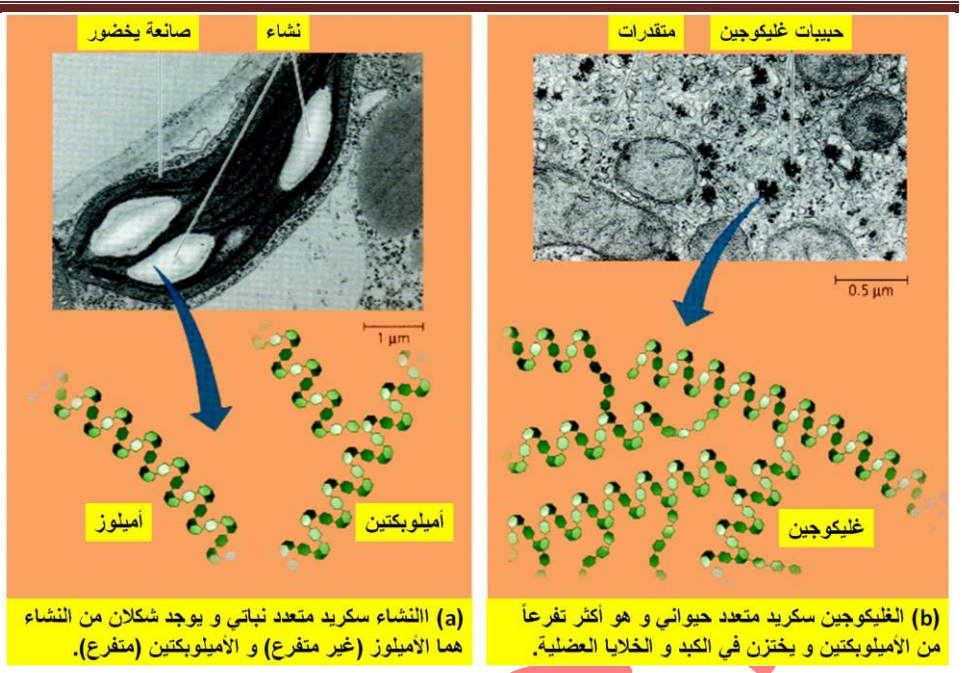
سكريات متعددة تخزينية: تتحلمه عند الحاجة لتقدم سكر للخلايا.

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

- **السكريدات المتعددة التخزينية**

يمثِل 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 تشكل أكثر تعقيداً من النشاء) هو بلمر متفرع ذو وصلات عند مواقع التفرع 1 و 6.

تختزن 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 استجرار 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.



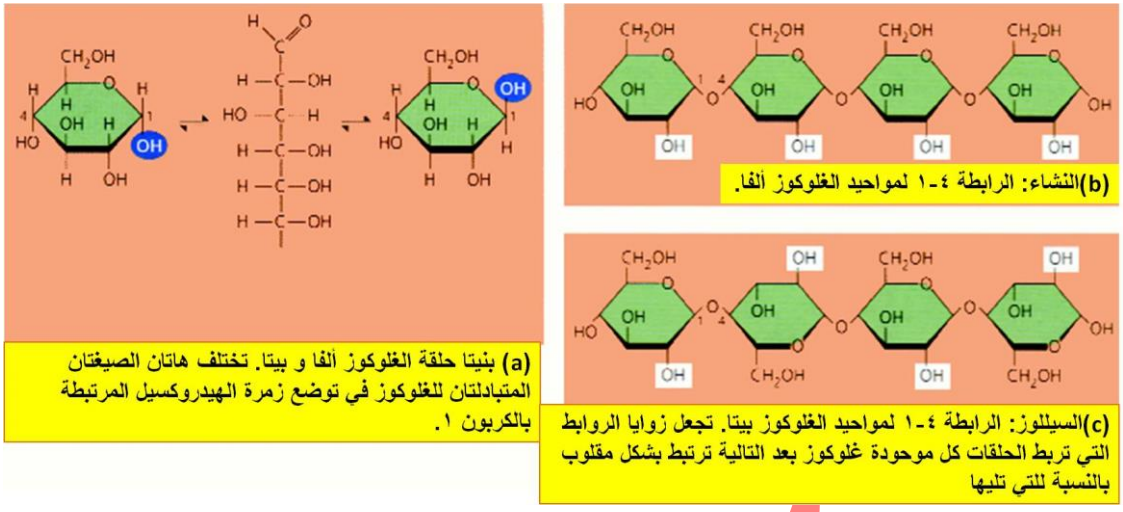
* **الشكل (31): سكريدات متعددة مختزنة في النباتات والحيوانات**. إن هذه الأمثلة من النشا والغليكوجين, تتألف كلياً من مواحيد غلوكوز ممثلة هنا بسداسيات أضلاع. ونظراً لبنيتها الجزيئية تميل السلاسل البلمرية لأن تأخذ شكل حلزونات.

تختزن الحيوانات سكريداً متعدداً يسمى الغليكوجين, وهو بلمر من الغلوكوز يشبه الأميلوبكتين ولكنه أشد تفرُعاً إلى حد كبير (الشكل 31–b). هذا ويختزن الإنسان والفقاريات الأخرى الغليكوجين بشكل رئيسي في الكبد والخلايا العضلية. ويشار إلى حلمهة الغليكوجين في هذه الخلايا تحرر الغلوكوز عندما تزداد الحاجة للسكر, بيد أن هذا الوقود المختزن لا يكفي الحيوان طويلاً. فعلى سبيل المثال, ينضب الغليكوجين المختزن 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 الغليكوزيدية 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 مستوي 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 (الشكل32c).

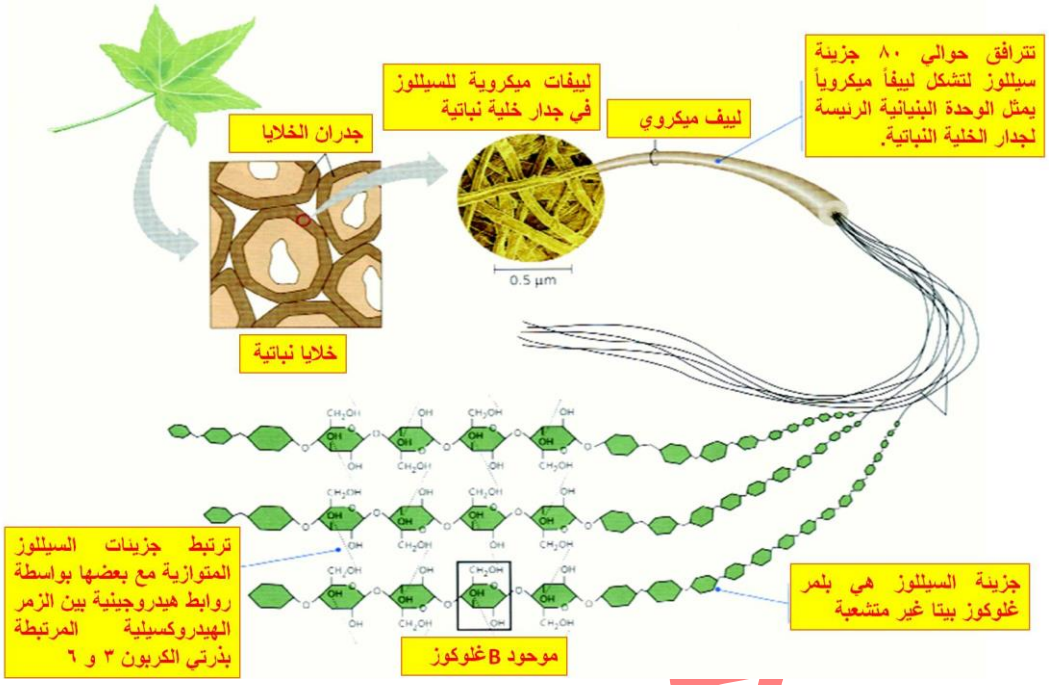


*الشكل (32): بنيتا النشاء والسيللوز ألفا وبيتا.

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 هيدروكسيلات 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 ليفات ميكروية microfibrils (الشكل 33). إن هذه الليفات الميكروية التي تشبه الكبل cable هي مواد بنائية 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 يؤلّف المقصورة الأولى للمعدة (الشكل 34) بكتيريا هاضمة للسيللوز, وهنا تحلمه 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.

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

(a) بنية موحود الكيتين

(b) يشكل الكيتين الهيكل الخارجي للمفصليات. فهذا الزيز ينسلخ، بمعنى أن يطرح هيكله الأخيرو يخرج بشكل فرد بالغ.

(c) يستخدم الكيتين لصنع خيوط جراحية قوية و مرنة تتفكك بعد أن تشفى الجروح أو تلتئم.

الشكل (35): الكيتين, سكريد متعدد بنيويّ.

فالهيكل الخارجي هو صندوق قاسٍ يحيط بالجزء اللين للحيوان. إن الكيتين النقي هو متين ومرن, ولكنه يصبح قاسياً عندما يتشرَّب 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).

حسان حسن