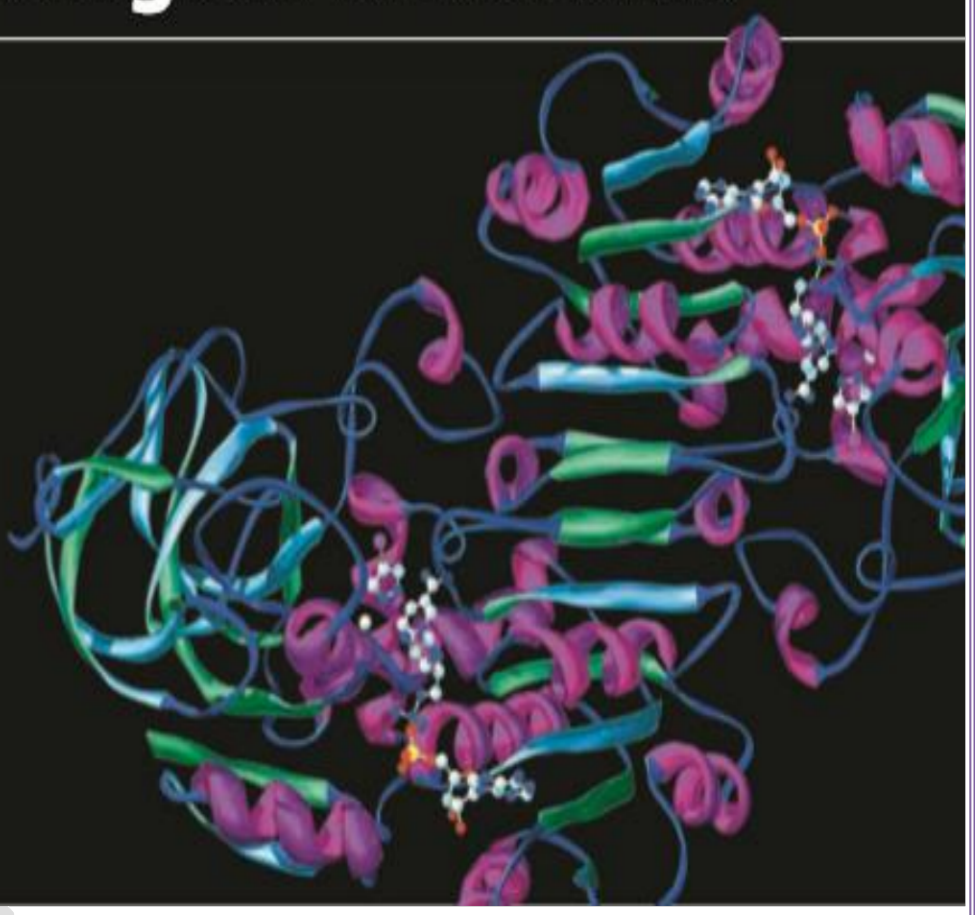
The Structure and Function of Large Biological Molecules

5



KEY CONCEPTS

5.1 Macromolecules are polymers, built from monomers

5.2 Carbohydrates serve as fuel and building material

5.3 Lipids are a diverse group of hydrophobic molecules

5.4 Proteins include a diversity of structures, resulting in a wide range of functions

5.5 Nucleic acids store, transmit, and help express hereditary information

➢ *Concept 5.1: Macromolecules are polymers, built from monomers*

- There are four main classes of large biological molecules:

هنالك 4 أنواع من المركبات البيولوجية :

1. Carbohydrates كربوهيدرات
2. Lipids ليبيدات
3. Proteins بروتينات
4. Nucleic Acids أحماض نووية

- Large carbohydrates, proteins and nucleic acids are polymers. Lipids don't classify as polymers.
- تعتبر الكبروهيدرات، البروتينات والأحماض النووية بوليمرات. بينما لا تعتبر الليبيدات بولمير.

- A polymer is a long molecule consisting of many similar or identical building blocks linked by covalent bonds.
- بوليمر : جزيء طويل يتكون من العديد من الوحدات البنائية المتطابقة التي ترتبط فيما بينها برابطة تساهمية.
- Monomers: small molecules, the repeating units that serve as the building blocks of a polymer.
- المونومرات: هي وحدات صغيرة تمثل الوحدة البنائية التي تصنع منها البوليمرات.

- A polymer consists of similar or identical monomers.
- يتكون البوليمر من مجموعة من المونمرات المتطابقة.
- In addition to forming polymers, some monomers have functions of their own.
- بالإضافة إلى تكوينهم البوليمرات، بعض المونمرات تمتلك وظائف خاصة بها.

▪ The Synthesis and Breakdown of Polymers

- Although each class of polymer is made up of a different type of monomer, the chemical mechanisms by which cells make and break down polymers are basically the same in all cases.
- على الرغم من أن كل فئة من البوليمرات تتكون من نوع مختلف من المونومر ، إلا أن الآليات الكيميائية التي تصنع الخلايا بها البوليمرات وتكسرها هي نفسها في جميع الحالات.

RAMA ABBADI

- In cells, these processes are facilitated by enzymes.
- في الخلايا ، تتم هذه العمليات بمساعدة الإنزيمات.

- Enzymes are specialized macromolecules that speed up chemical reactions.
- الإنزيمات عبارة عن جزيئات كبيرة متخصصة تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية.

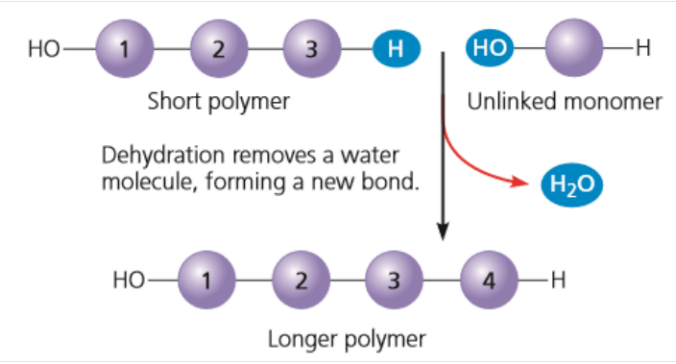
- Polymerization of a polymer occurs by a dehydration reaction.
- تكوين البولميرات (البلمرة) يحدث عن طريق تفاعل يسمى dehydration reaction.

- Dehydration reaction: a reaction in which two molecules are covalently bonded to each other with the loss of a water molecule.
- وهي عملية ربط اثنين من المونومرات بواسطة رابطة تساهمية وذلك من خلال فقدان جزيء ماء.

- A water molecule (H_2O) consists of a hydroxyl group (OH) and a hydrogen (H).
- يتكون جزيء الماء من مجموعة هيدروكسل وذرة هيدروجين.

- When a bond forms between two monomers, each monomer contributes part of the water molecule that is released during the reaction: One monomer provides a hydroxyl group (¬OH), while the other provides a hydrogen (¬H).
- عند تكوين رابطة تساهمية بين مونمرين، كل مونمر يساهم بجزء من جزيء الماء الناتج من التفاعل : أحد المونمرات يقدم مجموعة الهيدروكسل والمونمر الآخر يقدم الهيدروجين.

- This reaction is repeated as monomers are added to the chain one by one, making a polymer.
- يتكرر هذا التفاعل مع إضافة المونومرات إلى السلسلة واحدة تلو الأخرى ، مما يكون البوليمر.



RAMA ABADI

- Polymers are disassembled to monomers by hydrolysis.
- يتم تفكيك البوليمر إلى مونمرات عن طريق عملية ال hydrolysis.

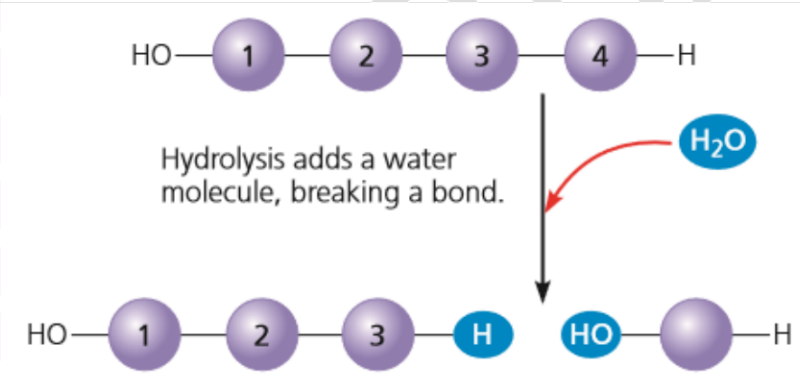
- Hydrolysis: a process that is essentially the reverse of the dehydration reaction. It means water breakage.
- عملية التحليل المائي هي عكس عملية ال dehydration reaction.

- The bond between monomers is broken by the addition of a water molecule, with a hydrogen from water attaching to one monomer and the hydroxyl group attaching to the other.

- يتم كسر الرابطة بين المونمرات عن طريق إضافة جزيء ماء، بحيث يرتبط الهيدروجين بأحد المونمرات وترتبط مجموعة الهيدروكسل بالمونمر الآخر.

How many water molecules are released during the polymerization of 10 monomers?

n-1 = 9H_2O.



How many water molecules are needed to breakdown a polymer made of 15 monomers?

n-1 = 14H_2O.

- An example of hydrolysis within our bodies is the process of digestion.
- من الأمثلة على عملية التحلل المائي في أجسامنا عملية الهضم.

- The bulk of the organic material in our food is in the form of polymers that are much too large to enter our cells. Within the digestive tract, various enzymes attack the polymers, speeding up hydrolysis.
- إن حجم المادة العضوية الموجودة في الطعام على شكل بوليمرات كبير جدا بحيث أنها لا تستطيع دخول الخلايا، لذلك يتواجد في الجهاز الهضمي مجموعة من الإنزيمات التي تعمل على مهاجمة هذه البوليمرات لتكسيرها وبالتالي تسريع عملية تحليل هذه البوليمرات.

- Released monomers are then absorbed into the bloodstream for distribution to all body cells. Those cells can then use dehydration reactions to assemble the monomers into new, different polymers that can perform specific functions required by the cell.
  - يُعاد امتصاص المونومرات الناتجة إلى الدورة الدموية ليتم توزيعها إلى خلايا الجسم ، حيث تستخدم هذه الخلايا المونومرات لتصنيع بوليمرات جديدة ذات وظائف مختلفة.

- Dehydration reactions and hydrolysis can also be involved in the formation and breakdown of molecules that are not polymers, such as some lipids.
  - تساهم عمليات ال Dehydration reaction و ال Hydrolysis في بناء وهدم الجزيئات التي لا تصنف ك (بوليمرات) مثل الليبيدات.

The Diversity of Polymers

- Although cells contain thousands of polymers, the number of monomers used to make them is limited.
  - بالرغم من أن الخلايا تحتوي على آلاف البوليمرات إلا أن عدد المونومرات التي تستخدم لتصنيعها محدود.

- For examples, proteins are polymers composed of monomers called amino acids. Although there are only 20 amino acids, they're used to synthesize thousands of proteins.
  - مثال ذلك: البروتينات ، وهي بوليمرات تصنع من مونومرات تسمى الأحماض الأمينية ، بالرغم من أن عدد هذه الأحماض فقط عشرين حمض إلا أنها تستخدم لتصنيع الالاف من البروتينات.

- Diversity of polymers is generally due to

  مصادر تنوع البوليمرات بشكل عام :

  1. Number of monomers عدد المونمرات.
  2. Type of monomers نوع المونمرات.
  3. Order or monomers ترتيب المونمرات

RANA ABBADI

➢ *Concept 5.2: Carbohydrates serve as fuel and building material*

- Carbohydrates are sugars and polymers of sugars.
  - تتضمن الكربوهيدرات السكريات وبوليمرات السكريات.

- The simplest carbohydrates are the monosaccharides.
  - أبسط أنواع الكروهيدرات هي السكريات الأحادية.

- Types of carbohydrates أنواع الكربوهيدرات

1. Monosaccharides: the monomers from which more complex carbohydrates are built.
   السكريات الأحادية : المونمرات التي يتم منها بناء الكربوهيدرات الأكثر تعقيداً.
2. Disaccharide: double sugars, consisting of two monosaccharides joined by a covalent bond.
   السكريات الثنائية : سكرين أحاديين تربط بينما رابطة تساهمية.
3. Polysaccharides (Polymer): composed of many sugar building blocks(monosaccharides).
   السكريات المتعددة : تتكون من العديد من السكريات الأحادية تربط بينهما رابطة تساهمية.

❖ Monosaccharides

- Monosaccharides generally have molecular formulas that are some multiple of the unit $(CH_2O)n$.
  - الصيغة البنائية العامة للسكريات الأحادية $(CH_2O)n$.

- Monosaccharides have a carbonyl group $>C=O$ multiple hydroxyl groups $-OH$
  - تتكون السكريات الأحادية من مجموعة كربونيل والعديد من مجموعات هيدروكسل.
- Glucose (C6H12O6), the most common monosaccharide, is of central importance in the chemistry of life.
  - يعتبر سكر الغلوكوز ذو الصيغة C6H12O6 من أشهر السكريات الأحادية إذ يملك دورا مهما في الحياة.

- Most names for sugars end in -ose.

RANA ABBADI

- Depending on the location of the carbonyl group, a sugar is either an aldose (aldehyde sugar) or a ketose (ketone sugar).

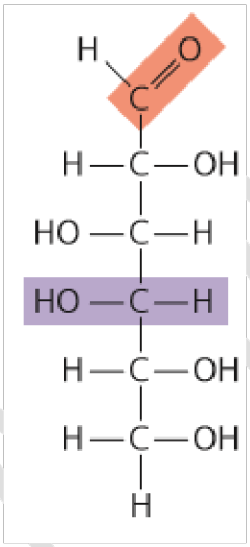
- اعتماداً على موقع مجموعة الكربونيل فإن السكر إما أن يكون سكر الدهايدي أو سكر كيتوني.

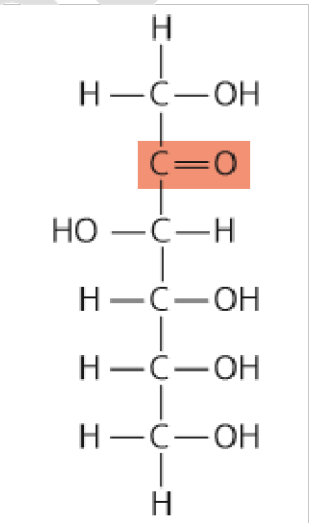
- Classification of monosaccharides — تصنيف السكريات الأحادية

1. **Location of the carbonyl group** — **موقع مجموعة الكربونيل**

- If the carbonyl group is at the end of the carbon skeleton, it's an aldose.
- إذا وقعت مجموعة الكربونيل على آخر السلسلة الكربونية يصنف السكر على أنه سكر ألدهايدي.
  - ✓ For example: Glucose, Galactose, Ribose, Glyceraldehyde.

- If the carbonyl group is within the carbon skeleton, it's a ketose.
- إذا كانت مجموعة الكربونيل ضمن السلسلة، يصنف السكر على أنه سكر كيتوني.
  - ✓ For example: Fructose, Ribulose, Dihydroxyacetone.





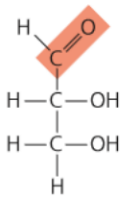
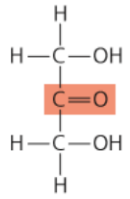
2. **The size of the carbon skeleton** — **حجم سلسلة الكربون**

- The size of the carbon skeleton ranges from three to seven carbons.
- يتراوح حجم السلسلة الكربونية من 3 إلى 7 كربونات.

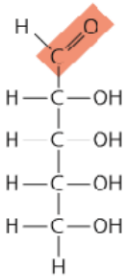
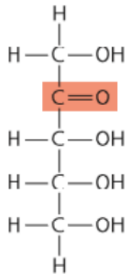
- Smallest monosaccharide → composed of 3 carbons.
- largest monosaccharide → composed of 7 carbons.

RANA ARBADI

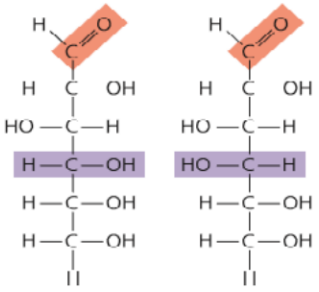
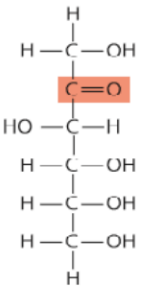
✓ Triose (three-carbon sugars): Glyceraidehyde – Dihydroxyacetone.

Aldoses (Aldehyde Sugars) Carbonyl group at end of carbon skeleton	Ketoses (Ketone Sugars) Carbonyl group within carbon skeleton
Trioses: three-carbon sugars ($C_3H_6O_3$)	
 **Glyceraldehyde** An initial breakdown product of glucose	 **Dihydroxyacetone** An initial breakdown product of glucose

✓ Pentose (five-carbon sugars): Ribose – Ribulose.

Aldoses (Aldehyde Sugars) Carbonyl group at end of carbon skeleton	Ketoses (Ketone Sugars) Carbonyl group within carbon skeleton
Pentoses: five-carbon sugars ($C_5H_{10}O_5$)	
 **Ribose** A component of RNA	 **Ribulose** An intermediate in photosynthesis

✓ Hexose (six-carbon sugars): Glucose – Galactose – Fructose.

Aldoses (Aldehyde Sugars) Carbonyl group at end of carbon skeleton	Ketoses (Ketone Sugars) Carbonyl group within carbon skeleton
Hexoses: six-carbon sugars ($C_6H_{12}O_6$)	
 **Glucose** **Galactose** Energy sources for organisms	 **Fructose** An energy source for organisms

- To determine the molecular formula for any monosaccharide we use this general formula $(CH_2O)n$; where n: is the number of carbons.
- لمعرفة الصيغة الكيميائية لأي سكر أحادي نستخدم الصيغة العامة $(CH_2O)n$ بحيث أن n تمثل عدد الكربونات المكونة للسكر الأحادي.
- For example, if a monosaccharide is composed of 3 carbons what's the molecular formula?

➲ Answer: $(CH_20)*3 = C_{(1*3)}\ H_{(2*3)}\ O_{(1*3)} = C_3H_6O_3$.

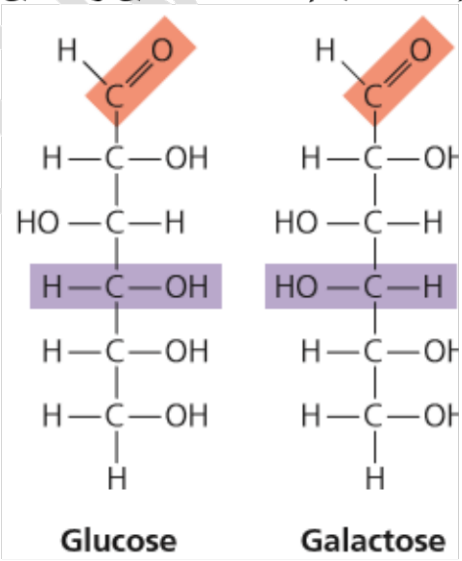
3. Arrangement around the asymmetric carbon الترتيب حول الكربونة غير المتماثلة

- another source of diversity for simple sugars is in the way their parts are arranged spatially around asymmetric carbons.
- أحد مصادر التنوع في تركيب السكريات الأحادية هو ترتيب الذرات حول أحد الكربونة غير المتماثلة.

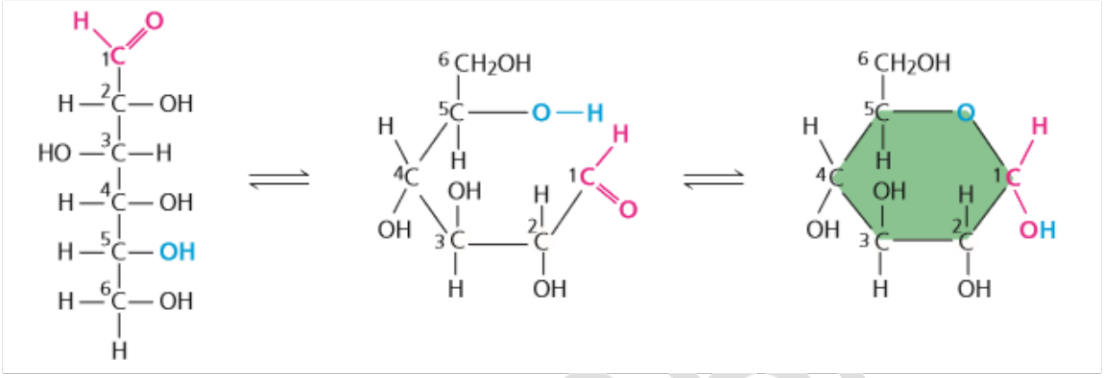
- Asymmetric carbon: the carbon that's connected to four different groups.
- الكربونة غير المتماثلة : هي الكربونة المرتبطة ب 4 مجموعات مختلفة.

- Glucose and galactose, for example, differ only in the placement of parts around one asymmetric carbon.
- الغلوكوز والغلكتوز يختلفات فقط غي ترتيب المجموعات حول الكربونة غير المتماثلة.

- What seems like a small difference is significant enough to give the two sugars distinctive shapes and binding activities, thus different behaviors.
- قد يبدو الاختلاف بين السكرين بسيطاً إلا أنه كافياً لإعطاءهما شكلين ونشاطين مختلفين وبالتالي سلوكاً مختلفاً عن بعضهما البعض.



- In aqueous solutions, glucose molecules, as well as most other five- and six-carbon sugars, form rings, because they are the most stable form of these sugars under physiological conditions.
- في المحاليل المائية، يكون الغلوكوز بالإضافة إلى معظم السكريات الخماسية و السداسية شكل حلقي وذلك لأن هذا الشكل هو الأكثر استقراراً تحت الظروف الفسيولوجية.



- The figure above illustrates the conversion of glucose from the linear form to the ring structure.
- يوضع الشكل الأعلى تحول الجلوكوز من الشكل الخطي إلى الشكل الحلقي.

- In glucose, the ring structure forms when the carbon n.1 reacts with the oxygen of carbon n.5.
- ينتج الشكل الحلقي من تكون رابطة بين ذرة الكربونة رقم 1 وذرة الأكسجين المتصلة بذرة الكربون رقم 5.

Functions of monosaccharides

1. Monosaccharides, particularly glucose, are major nutrients for cells.
تعتبر السكريات الأحادية وخاصةً الغلوكوز الغذاء الرئيسي للخلايا.

➲ Fuel for work. In the process known as cellular respiration, cells extract energy from glucose molecules by breaking them down in a series of reactions.
مصدر للوقود تستخدمه الخلايا لإنجاز وظائفها. في عملية التنفس الخلوي ، يتم استخلاص الطاقة المخزنة في الغلوكوز عن طريق تحطيمه ضمن مجموعة من التفاعلات.

2. Their carbon skeletons also serve as raw material for the synthesis of other types of small organic molecules, such as amino acids and fatty acids.

RAMA ABD

تستخدم السكريات الأحادية كمادة خام لتصنيع أنواع أخرى من المركبات العضوية الصغيرة مثل الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية.

- ✓ Sugar molecules that are not immediately used in these ways are generally incorporated as monomers into disaccharides or polysaccharides.
- ✓ السكريات الأحادية التي لم تستخدم لأي من الوظائف السابقة، يتم إدراجها كمونومرات لتصنيع سكريات ثنائية وسكريات متعددة أخرى.

❖ Disaccharides

- A disaccharide consists of two monosaccharides joined by a glycosidic linkage.
- تتألف السكريات الثنائية من سكرين أحاديين يتصلان بواسطة رابطة غلايكوسيدية.

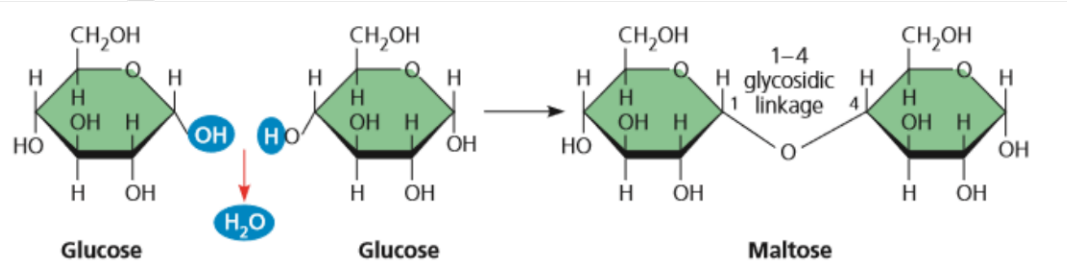
- A glycosidic linkage is a covalent bond formed between two monosaccharides by a dehydration reaction.
- الرابطة الغلايكوسيدية هي رابطة تساهمية تنشأ بين سكرين أحاديين عن طريق dehydration reaction.

- **Examples of disaccharides:**

1. Maltose (Malt Sugar) = Glucose + Glucose.

- 2 Glucose molecules are joined by 1-4 glycosidic linkage.
- المالتوز (سكر الشعير): يتكون من غلوكوز + غلوكوز يرتبطان بواسطة رابطة غلايكوسيدية (1- 4) أي بين ذرة كربون رقم 1 من المونومر الأول وذرة كربون رقم 4 من المونومر الثاني.

- Maltose is used in brewing beer.
- يُستخدم المالتوز لتخمير البيرا.



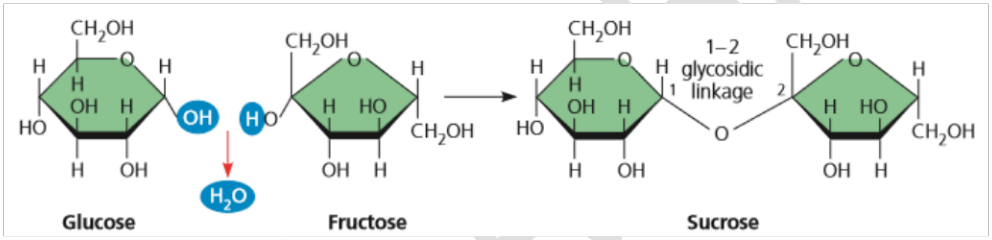
RAYA ABADI

2. Sucrose (Table Sugar) = Glucose + Fructose.

- The most prevalent disaccharide.
- السكر الثنائي الأكثر انتشاراً.

- Glucose and fructose are joined by 1-2 glycosidic linkage.
- يتكون السكروز (سكر المائدة) من غلوكوز + فركتوز يرتبطان بواسطة رابطة غلايكوسيدية (2-1) أي بين ذرة كربون رقم 1 من المونومر الأول و ذرة كربون 2 من المونومر الآخر.

- Plants generally transport carbohydrates from leaves to roots other non-photosynthetic organs in the form of sucrose.
- تنقل النباتات الكربوهيدرات من الأوراق إلى الجذور وغيرها من الأعضاء التي لا تستطيع القيام بعملية البناء الضوئي على شكل سكروز.



3. Lactose (Milk Sugar) = Glucose + Galactose.

- Disaccharides must be broken down into monosaccharides to be used for energy by organisms.
- يجب تحطيم السكريات الثنائية إلى سكريات أحادية لإستخدامها كطاقة

➲ Lactose intolerance:

- It is a common condition in humans who lack lactase, the enzyme that breaks down lactose.
- حالة شائعة عند الأشخاص الذين يفتقرون لإنزيم lactase وهو الانزيم المسؤول عن تحطيم اللاكتوز.

- The sugar is instead broken down by intestinal bacteria, causing formation of gas and subsequent cramping.
- بدلاً من تحطيم سكر اللاكتوز بواسطة هذا الانزيم ، تعمل البكتيريا الموجودة في الأمعاء على تحطيمه مما يسبب تكوين غاز وبالتالي انتفاخات.

❖ Polysaccharides

- Polysaccharides are macromolecules, polymers with a few hundred to a few thousand monosaccharides joined by glycosidic linkages.
- تعتبر السكريات المتعددة جزيئات كبيرة أي بوليمرات حيث تتكون من بضعة مئات إلى بضعة آلاف من السكريات الأحادية المرتبطة برابطة غلايكوسيدية.

- We classify polysaccharides based on their function to storage polysaccharides and structural polysaccharides.
- يتم تصنيف السكريات المتعددة بناءً على وظائفهم إلى سكريات مخزنة وسكريات بنائية.

- The architecture and function of a polysaccharide are determined by its sugar monomers and by the positions of its glycosidic linkages.
- يتحدد بناء ووظيفة السكر المتعدد من خلال مونومرات السكر المكونة لها + موقع الرابطة الغلايكوسيدية.

a) Storage Polysaccharides

- Storage polysaccharides store sugars and they get hydrolyzed to provide sugar for cells.
- تقوم السكريات المخزنة بتخزين السكر بحيث يتم تحليلها مائياً لتزويد الخلايا بالسكر اللازم.

✓ For example: Starch in plants and Glycogen in animals.

1. Starch

- Source: plants المصدر: النباتات

- Plants store starch, a polymer of glucose monomers, as granules within cellular structures known as plastids.
- تخزن النباتات النشا ، وهو بوليمر مكون من مونومرات الغلوكوز، داخل تراكيب خلوية تسمى البلاستيدات.

- Most of the glucose monomers in starch are joined by 1-4 linkages (number 1 carbon to number 4 carbon), like the glucose units in maltose.
- تتصل معظم مونومرات الغلوكوز في النشا برابطة غلايكوسيدية (1-4)، أي بين ذرة كربون رقم 1 من المونومر الأول وذرة كربون رقم 4 من المونومر الثاني ، وهي شبيهة بالرابطة في جزيئات المالتوز.

RAWA ABBADI

- Most animals, including humans, also have enzymes that can hydrolyze plant starch, making glucose available as a nutrient for cells.
- معظم الحيوانات بالإضافة إلى الإنسان تمتلك إنزيمات قادرة على هضم النشا النباتي ، مما يجعل الغلوكوز متوافراً كغذاء للخلايا.

- Potato tubers and grains—the fruits of wheat, maize (corn), rice, and other grasses—are the major sources of starch in the human diet.
- مصادر النشا في غذاء الإنسان: درنات البطاطا، القمح ، الذرة ، الأرز والعديد من الحبوب.

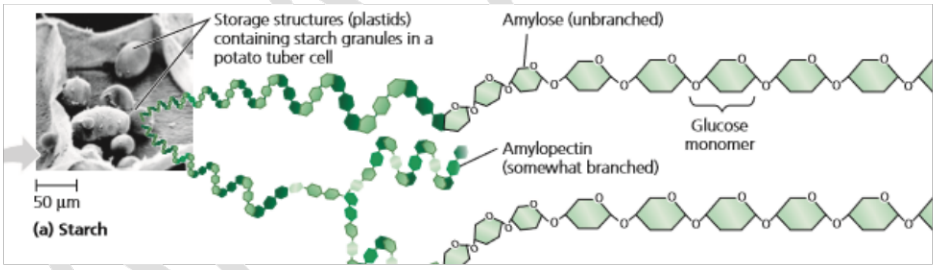
➢ Forms of starch: Amylose and Amylopectin.

a) Amylose (Simplest form): Unbranched chain of α-glucose monomers which joined by1-4 glycosidic linkage.

الأميلوز (وهو أبسط أنواع النشا): وهو بوليمر غير متفرع مكون من مونومرات الغلوكوز التي ترتبط فيما بينها برابطة غلايكوسيدية (1-4).

b) Amylopectin: a more complex starch is a branched polymer; it has 1-4 glycosidic linkage with 1-6 linkages at the branch points.

c) الأميلوبكتين: وهو شكل أكثر تعقيداً من النشا ، عبارة عن بوليمر متفرع من مونومرات الغلوكوز يحتوي على رابطة غلايكوسيدية (1-4)ويحتوي على رابطة (1-6) عند نقاط التفرع فقط.



2. Glycogen

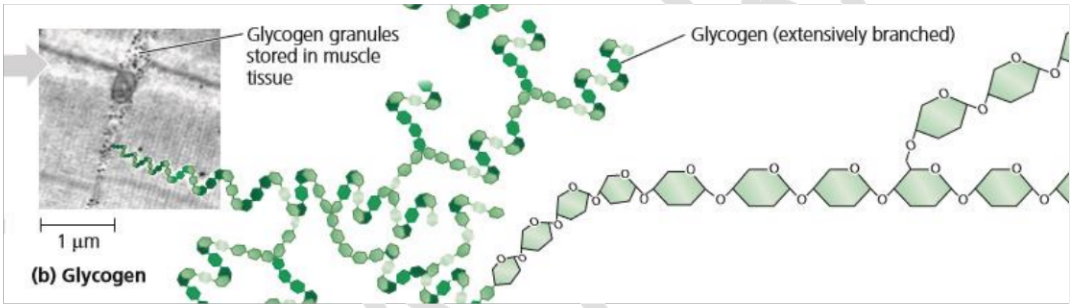
- Source: animals المصدر: الحيوانات

- Glycogen is a polymer of α -glucose that is like amylopectin but more extensively branched.
- الغلايكوجين: بوليمر مكون من مونومرات α -الغلوكوز، يشبه الأميلوبكتين لكنه أكثر تفرعاً.

- Vertebrates store glycogen mainly in liver and muscle cells.
- تستطيع الفقاريات تخزين الغلايكوجين في الكبد والعضلات.

- Hydrolysis of glycogen in these cells releases α-glucose when the demand for sugar increases.
- يتم تحليل الغلايكوجين في هذه الخلايا إلى غلوكوز عند ارتفاع الطلب على السكر.
- The extensively branched structure of glycogen fits its function: more free ends are available for hydrolysis.
- التفرعات الكثيرة لجزيء الغلايكوجين جعلت شكله مناسباً لوظيفته: حيث تعمل هذه التفرعات على توفير نهايات حرة أكثر لتحليل الغلايكوجين إلى غلوكوز.

- In humans, glycogen stores are depleted in about a day unless they are replenished by eating carbohydrates.
- تنفذ مخازن الغلايكوجين عند الإنسان خلال يوم واحد إذا ما تم تجديدها عن طريق تناول الكربوهيدرات.



b) Structural Polysaccharides

1. Cellulose

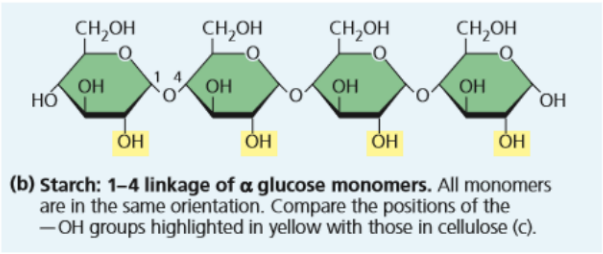
- Cellulose is a major component of the tough walls that enclose plant cells.
- يعتبر السليلوز المكون الأساسي للجدر الخلوية القوية التي تُحيط بالنباتات.

- Globally, plants produce almost 1014 kg (100 billion tons) of cellulose per year; it is the most abundant organic compound on Earth.
- عالمياً، تنتج النباتات حوالي ١٠٠ بليون طن من السليلوز سنوياً، يعتبر السيليلوز أكثر المركبات العضوية انتشاراً على سطح الأرض.

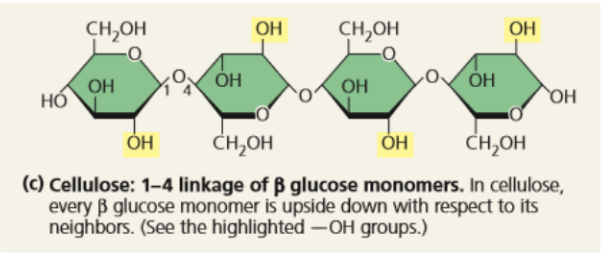
- Cellulose is an unbranched polymer of β-glucose with 1-4 glycosidic linkages
- السليلوز: بوليمر غير متفرع من مونومرات β-غلوكوز التي ترتبط فيما بينها برابطة غلايكوسيدية (4-1).

What's the difference between starch and cellulose?

- ✓ Cellulose is a polymer of β-glucose while starch is a polymer of α-glucose.
  مونومرات الغلوكوز في النشا من نوع ألفا بينما مونومرات الغلوكوز في السليلوز من نوع بيتا.



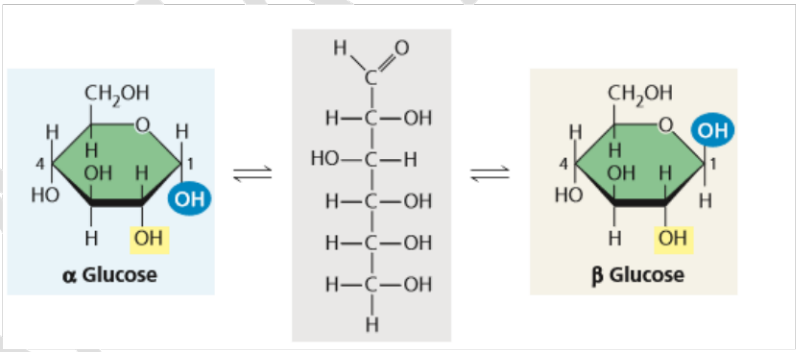
(b) Starch: 1–4 linkage of α glucose monomers. All monomers are in the same orientation. Compare the positions of the —OH groups highlighted in yellow with those in cellulose (c).



(c) Cellulose: 1–4 linkage of β glucose monomers. In cellulose, every β glucose monomer is upside down with respect to its neighbors. (See the highlighted —OH groups.)

- ✓ When glucose forms a ring, the hydroxyl group attached to the number 1 carbon is positioned either below (Which forms alpha (α) glucose) or above the plane of the ring (Which forms beta (β) glucose)

عندما يتخذ الغلوكوز الشكل الحلقي ، تكون مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بذرة كربون رقم 1 إما أسفل الحلقة (بحيث يتكون ألفا غلوكوز) أو أعلى الحلقة (بحيث يتكون بيتا غلوكوز).



- ✓ In storage polysaccharides; starch (amylose, amylopectin) and glycogen → α-glucose.
- ✓ In strcutural polysaccharides; cellulose and chitin → β- glucose.

- Main dffierences between starch and cellulose الفرق بينهم

1. The differing glycosidic linkages in starch and cellulose give the two molecules distinct three-dimensional shapes.

Starch → largely helical. **Cellulose → Straight.**

اختلاف الرابطة الغلايكوسيدية بين النشا والسليلوز يعطي كل منهما شكلاً ثلاثي الأبعاد خاص به بحيث يكون النشا لولبي الشكل والسليلوز جزيء مستقيم.

2. Cellulose is never branched, and some hydroxyl groups on its glucose monomers are free to hydrogen-bond with the hydroxyls of other cellulose molecules lying parallel to it.

من غير الممكن أن يتواجد السليلوز متفرعاً ، حيث نلاحظ فيه أن بعض مجموعات الهيدروكسيل في مونومرات الغلوكوز تكون حرة للارتباط مع غلوكوز جزيئات السليلوز الموازية لها بواسطة روابط هيدروجينية.

In plant cell walls, parallel cellulose molecules are held together and are grouped into units called microfibrils.

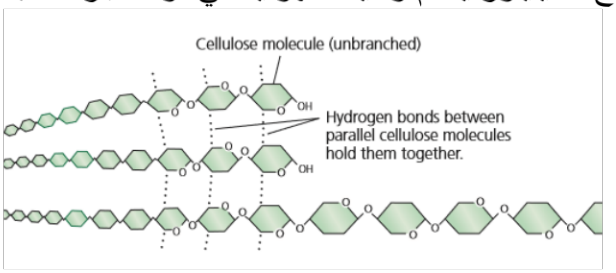
في الجدر الخلوية للخلايا النباتية ، تتجمع جزيئات السليلوز الموازية لبعضها البعض (حوالي 80 جزيء) على شكل وحدة تسمى Microfibril.

➲ These cable-like microfibrils are a strong building material for plants and an important substance for humans because cellulose is the major constituent of paper and the only component of cotton.

تعتبر ال microfibrils تراكيب شبيهة بالكيبل ، حيث تعتبر مادة بنائية قوية للنباتات كما أنها تعتبر مادة مهمة للإنسان وذلك لأن السليلوز هوالمكون الأساسي للورق والمكون الوحيد للقطن.

➲ The unbranched structure of cellulose thus fits its function: imparting strength to parts of the plant.

الشكل غير المتفرع للسيليلوز يلائم وظيفته فهو يعطي قوة لأجزاء النباتات.



RAMA ABBADI

3. Enzymes that digest starch by hydrolyzing its α linkages are unable to hydrolyze the β linkages of cellulose due to the different shapes of these two molecules.

إن الإنزيمات القادرة على هضم الرابطة ألفا في النشا غير قادرة على هضم الرابطة بيتا في السليلوز بسبب الشكل المختلف لهذين الجزيئين.

- Almost all animals, including humans, do not have enzymes that can digest cellulose; the cellulose in our food passes through the digestive tract and is eliminated with the feces.

معظم الحيوانات بالإضافة إلى الإنسان لا تستطيع هضم السليلوز ، حيث يمر السليلوز مع الطعام عبر الجهاز الهضمي ثم يخرج مع البراز.

- Along the way, the cellulose abrades the wall of the digestive tract and stimulates the lining to secrete mucus, which aids in the smooth passage of food through the tract.

أثناء مروره عبر الجهاز الهضمي ، يحتك السليلوز بجدار الجهاز الهضمي حيث يحفز البطانة على إفراز مادة مخاطية تسهل مرور جزيئات الطعام بكل سهولة.

- Most fruits, vegetables, and whole grains are rich in cellulose. On food packages, “insoluble fiber” refers mainly to cellulose.

معظم الفواكه والخضروات والحبوب الكاملة غنية بالسليلو .على العبوات الغذائية ، تشير "الألياف غير القابلة للذوبان" بشكل رئيسي إلى السليلوز.

- Some microorganisms can digest cellulose, breaking it down into glucose monomers. For example:

تستطيع بعض الكائنات الحية هضم السليلوز وتحطيمه إلى مونومرات من الغلوكوز ، من الأمثلة عليها:

1) A cow harbors cellulose digesting prokaryotes and protists in its gut. These microbes hydrolyze the cellulose of hay and grass and convert the glucose to other compounds that nourish the cow.

تملك البقرة كائنات دقيقة قادرة على هضم السيليلوز في أمعاءها.

2) Termite, which is unable to digest cellulose by itself, has prokaryotes or protists living in its gut that can make a meal of wood.

النمل الأبيض ، الذي لا يستطيع هضم السليلوز من تلقاء نفسه ، لديه كائنات دقيقة في أمعاءه قادرة على ذلك.

3) Some fungi can also digest cellulose in soil and elsewhere, thereby helping recycle chemical elements within Earth's ecosystems.

تستطيع بعض أنواع الفطريات هضم السليلوز في التربة وأماكن أخرى مما يساعد في إعادة تدوير العناصر الكيميائية في الأنظمة البيئية.

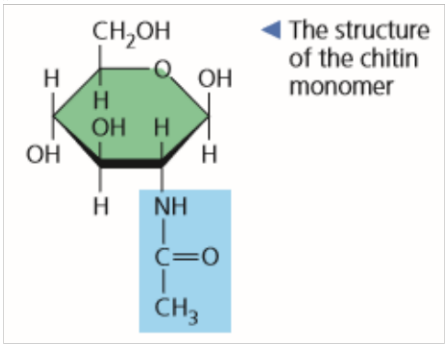
2. Chitin

- Chitin: is the carbohydrate used by arthropods (insects, spiders, crustaceans, and related animals) to build their exoskeletons" hard case that surrounds the soft parts of an animal".
- الكايتين: أحد أنواع الكربوهيدرات التي تستخدمها المفصليات (مثل الحشرات، العناكب، القشريات وغيرها من الحيوانات) لتصنيع هيكلها الخارجي وهو هيكل صلب يحيط بالأجزاء الداخلية الطرية للحيوان.

- An exoskeleton is made up of chitin embedded in a layer of proteins, the case is leathery and flexible at first, but becomes hardened when the proteins are chemically linked to each other (as in insects) or encrusted with calcium carbonate (as in crabs).
- يتكون الهيكل الخارجي من الكايتين المثبت في طبقة من البروتينات ، حيث يكون هذا الهيكل جلدية ومرنة في بداية عمر المفصليات إلا أنه يصبح صلباً وذلك عندما تتصل البروتينات ببعضها كيميائياً (كما في الحشرات) أو عندما عندا تغطى بكربونات الكساليوم كما في سرطان البحر.

- Chitin is also found in fungi, which use this polysaccharide rather than cellulose as the building material for their cell walls.
- يتواجد الكايتين في الفطريات أيضاً ، الكايتين هو المكون الأساسي لجدارها الخلوي بدلا من السليلوز.

- Chitin is similar to cellulose, with ß linkages, except that the glucose monomer of chitin has a nitrogen-containing attachment.
- يتشابه الكايتين مع السليلوز من حيث أن كلاهما مكون من بيتا غلوكوز، إلا أن مونومر الغلوكوز في الكايتين يحتوي على زوائد مكونة من النيتروجين موضحة في الشكل الآتي:



◀ The structure of the chitin monomer

➢ *Concept 5.3: Lipids are a diverse group of hydrophobic molecules*

- Lipids are the one class of large biological molecules that does not include true polymers, and they are generally not big enough to be considered macromolecules.

تعتبر الليبيدات أحد أصناف المركبات البيولوجية الكبيرة لكنها : لا تمثل بوليمرات حقيقية وليست كبيرة كفاية لاعتبارها Macromolecule.

- The compounds called lipids are grouped with each other because they share one important trait: They mix poorly, if at all, with water.

تضم الليبيدات مجموعة من المركبات التي تشترك مع بعضها بخاصية واحدة وهي خاصية الامتزاج القليل مع الماء (غير ذائبة في الماء).

- The hydrophobic behavior of lipids is based on their molecular structure. Although they may have some polar bonds associated with oxygen, lipids consist mostly of hydrocarbon regions.

يرجع السلوك الكاره للماء الذي تسلكه الليبيدات إلى تركيبها ، حيث أنه بالرغم من امتلاكها بعض الروابط القطبية المرتبطة بالأكسجين إلا أن معظم تركيبها عبارة عن مناطق هيدروكربونية غير محبة للماء.

- Lipids are varied in form and function.

تتنوع الليبيدات في تركيبها ووظائفها.

- Types of lipids:
  1. Fats.
  2. Phospholipids
  3. Steroids.

- Lipids also include waxes and certain pigment.

تضم الليبيدات أيضاً الشموع وبعض أنواع الصبغات.

• Fats

- Fats are not polymers but they are formed by dehydration reaction.
  - لا تصنف الدهون على أنها من ضمن البوليمرات، إلا أنه يتم تصنيعها عن طريق dehydration reaction.
- Fats consist of tryiglycerol and 3 fatty acids joined by an ester bond.
  - يتكون جزيء الدهون من كحول (غليسرول) و 3 أحماض دهنية ترتبط مع الغليسرول برابطة استر.

RAMA ABBADI

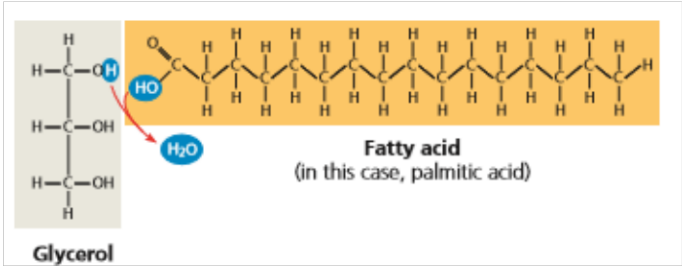
- The type of covalent bond found in fats is an ester bond.
- نوع الرابطة التساهمية الموجودة في الدهون رابطة استرية.
- Fats are also called a triacylglycerol or triglyceride.

- Glycerol is an alcohol; each of its three carbons bears a hydroxyl group.
الغليسرول: كحول مكون من ثلاث ذرات من الكربون ، تحمل كل ذرة منها مجموعة هيدروكسيل (OH).

- A fatty acid has a long carbon skeleton, usually 16 or 18 carbon atoms in length. The carbon at one end of the skeleton is part of a carboxyl group, the functional group that gives these molecules the name fatty acid (The rest of the skeleton consists of hydrocarbon chain).
الحمض الدهني: هيكل كربوني طويل مكون من 16 إلى 18 ذرة كربون ، حيث تحمل أحد نهايتي الهيكل الكربوني مجموعة كربوكسيل (COOH) وهي المجموعة الوظيفية التي تمنح هذا الجزيء اسم الحمض الدهني (في حين أن تركيب بقية الهيكل عبارة عن هيدروكربون).

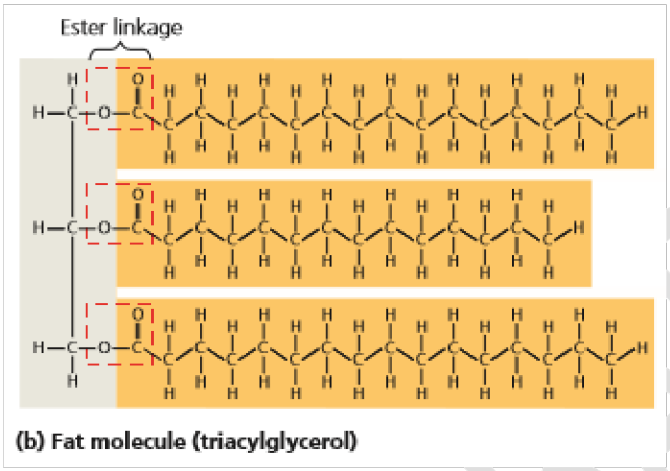
- The relatively nonpolar C-H bonds in the hydrocarbon chains of fatty acids are the reason fats are hydrophobic.
وجود الروابط غير القطبية بين الكربون والهيدروجين (H- C) ضمن السلاسل الهيدروكربونية للأحماض الدهنية هو السبب في جعل الدهون جزيئات غير محبة للماء.

- When making a fat, three fatty acid molecules are each joined to glycerol by an ester linkage, a bond formed by a dehydration reaction between a hydroxyl group and a carboxyl group.
- تتضمن عملية تصنيع جزيء واحد من الدهن حدوث Dehydration reaction (إزالة جزيء ماء) ، حيث يتم إزالة H من مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بالغليسرول و إزالة OH من مجموعة الكربوكسيل المتصلة بالحمض الدهني وتكوين رابطة إسترية بينهما.



RAYA ABBADI

- The fatty acids in a fat can all be the same, or they can be of two or three different kinds.
  - قد تكون الأحماض الدهنية التي تكون جزيء الدهن من نفس النوع أو من أنواعٍ مختلفة.



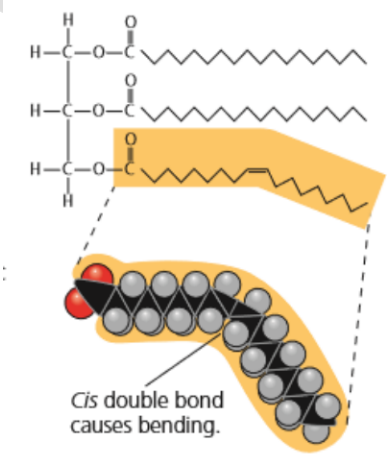
(b) Fat molecule (triacylglycerol)

- Types of fatty acids:
  1. Saturated fatty acids (saturated with hydrogen)→ no double bonds.
     حمض دهني مشبع بالهيدروجين ← لا يحتوي على روابط ثنائية.

  2. Unsaturated fatty acids: one or more double bonds with one fewer hydrogen atom on each double-bonded carbon.
     حمض دهني غير مشبع بالهيدروجين (يوجد روابط ثنائية).

- There are two types of double bonds: a cis bond and a trans bond.

- Nearly every double bond in naturally occurring fatty acids is a cis double bond, which creates a kink in the hydrocarbon chain wherever it occurs.
كل رابطة ثنائية تتشكل بشكل طبيعي هي رابطة من نوع cis ، تسبب هذه الرابطة انحناء "kink" في السلسلة الكربونية في مكان الرابطة.



RAWA ABBADI

- The kinks where the cis double bonds are located prevent the molecules from packing together closely enough to solidify at room temperature (They are liquid).
  هذه الانحناءات الموجودة مكان الرابطة الثنائية تمنع الجزيئات من الالتصاق ببعضها البعض لدرجة كافية لها لكي تتصلب عند درجة حرارة الغرفة، لذلك تبقى الجزيئات في الحالة السائلة.

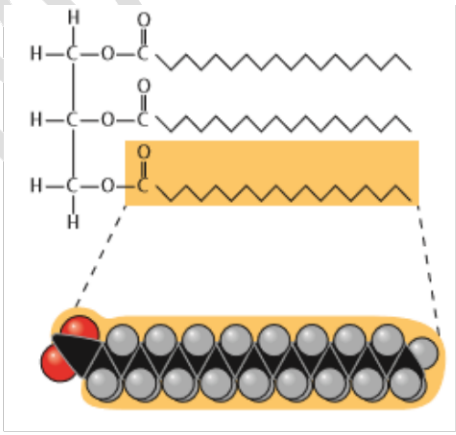
- Examples of unsaturated fats: Plant and fish fats such as Olive oil and cod liver oil. من الأمثلة على الدهون غير المشبعة الدهون النباتية.

- If there are no double bonds between carbon atoms composing a chain, then as many hydrogen atoms as possible are bonded to the carbon skeleton. Such a structure is said to be saturated with hydrogen, and the resulting fatty acid is therefore called a saturated fatty acid.
  الأحماض الدهنية المشبعة لا تمتلك أي روابط ثنائية فهي مشبعة بالهيدروجين.

- A fat made from saturated fatty acids is called a saturated fat.
  يعتر جزيء الدهون المكون من أحماض دهنية مشبعة جزيء دهني مشبع.

- Saturated fat molecules—lack double bonds, and their flexibility allows the fat molecules to pack together tightly → there are no kinks, that's why they are solid at room temperature.

الدهون المشبعة خالية من الروابط الثنائية، ومرونتها تسمح لجزيئات الدهون من الالتصاق ببعضها البعض لعدم وجود انحناءات، لهذا السبب نجد أن حالة الدهون المشبعة عند درجة حرارة الغرفة صلبة.



- Examples of saturated fats: Animal fats such as lard and butter.
  من الأمثلة على الدهون المشبعة : الدهون الحيوانية مثل الزبدة والشحم.

RAMA ABBADI

- The phrase “hydrogenated vegetable oils" on food labels means that unsaturated fats have been synthetically converted to saturated fats by adding hydrogen, allowing them to solidify.

تمثل كلمة (الزيوت النباتية المهدرجة) التي تتواجد على الأطعمة عملية تحويل الدهون غير المشبعة إلى دهون مشبعة صناعياً عن طريق إضافة الهيدروجين مما يسمح لها بالتحول إلى حالة الصلابة.

- The process of hydrogenating vegetable oils produces not only saturated fats but also unsaturated fats with trans double bonds (Trans fats coronary heart disease).

إن عملية هدرجة الزيوت النباتية لا تنتج فقط دهوناً مشبعة ، إنما تُنتج أيضا دهوناً غير مشبعة ذات روابط ثنائية من نوع Trans (حيث تساهم هذه الدهون في أمراض القلب التاجية).

- A diet rich in saturated fats is one of several factors that may contribute to the cardiovascular disease known as atherosclerosis.

تعتبر الأغذية الغنية بالدهون المشبعة واحدة من العوامل التي تساهم في أمراض القلب الوعائية مثل تصلب الشرايين.

- In this condition, deposits called plaques develop within the walls of blood vessels, causing inward bulges that impede blood flow and reduce the resilience of the vessels.

في هذه الحالة تتكون ترسبات تسمى Plaques داخل جدران الأوعية الدموية مما يكون انحناءات داخلية تعيق مرور الدم مما يقلل من مرونة هذه الأوعية.

➲ Functions of fats :

✓ The major function of fats is energy storage.

الوظيفة الأساسية للدهون هي تخزين الطاقة.

- A gram of fat stores more than twice as much energy as a gram of a polysaccharide, such as starch.

يستطيع غرام واحد من الدهن تخزين ضعف كمية الطاقة التي يستطيع غرام واحد من السكريات المتعددة تخزينها مثل النشا.

- Humans and other mammals stock their long-term food reserves in adipose cells.

يستطيع الإنسان بالإضافة إلى الثدييات الأخرى تخزين مستودعات للأطعمة طويلة الأمد في النسيج الدهني.

- ✓ Adipose tissue also cushions such vital organs as the kidneys, and a layer of fat beneath the skin insulates the body. This subcutaneous layer is especially thick in whales, seals, and most other marine mammals, insulating their bodies in cold ocean water .

يعمل النسيج الدهني كوسادة (أي طبقة تحتية) للأعضاء الحيوية مثل الكلية كما تعمل طبقات الدهون تحت الجلد على عزل الجسم.

• Phospholipids

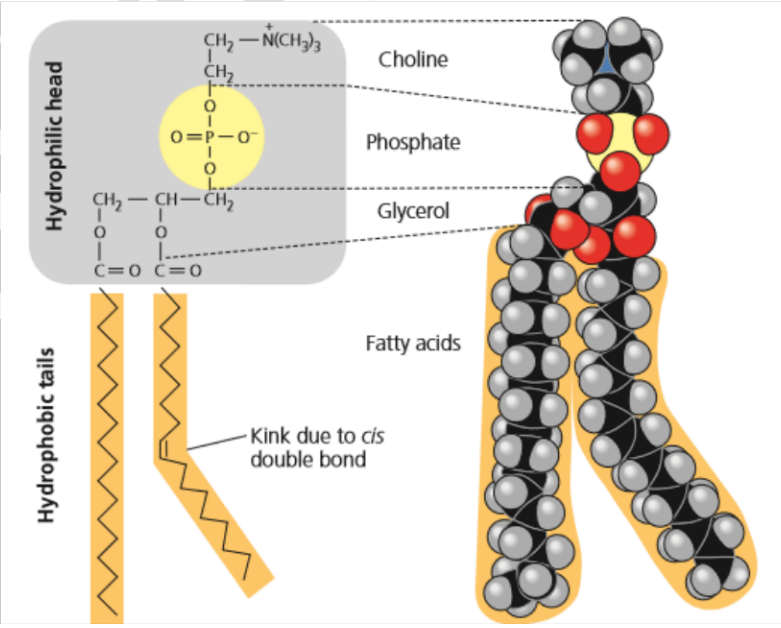
- Phospholipids are essential for cells because they are major constituents of cell membranes.

تعتبر الدهون المفسفرة من الجزيئات المهمة للخلايا وذلك لأنها المكون الأساسي للأغشية الخلوية.

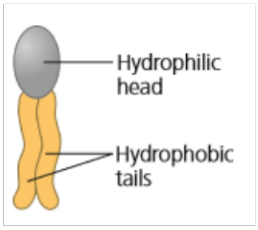
- Phospholipids consist of glycerol, two fatty acids and a phosphate group. The phosphate group has a negative electrical charge in the cell.

يتكون الدهن المفسفر من جزيء غليسرول يحتوي على 3 مجموعات هيدروكسيل، ترتبط مجموعتي هيدروكسيل مع حمضين دهنيين وترتبط مجموعة الهيدروكسل الثالثة مع مجموعة فوسفات لها شحنة سالبة.

- Typically, an additional small charged or polar molecule is also linked to the phosphate group for example, Choline.
- يرتبط جزيء صغير مشحون أو قطبي بمجموعة الفوسفات، مثل جزيء choline.

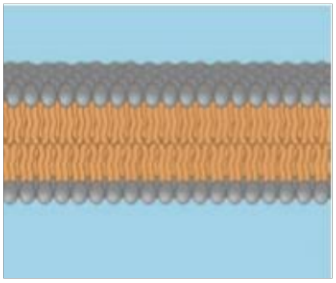


- The two ends of phospholipids show different behaviors with respect to water. The hydrocarbon tails are hydrophobic and are excluded from water. However, the phosphate group and its attachments form a hydrophilic head that has an affinity for water.



نهايتي الدهون المفسفرة لهم سلوكين مختلفين تجاه الماء. السلسلة الكربونية تمثل الذيل tail غير محبة للماء بينما مجموعة الفوسفات بالإضافة للمجموعة المرتبطة بها تمثل رأس الجزيء وهي محبة للماء.

- When phospholipids are added to water, they self-assemble into a double-layered sheet called a "bilayer" that shields their hydrophobic fatty acid tails from water.
- عند إضافة الدهون المفسفرة للماء تشكل ذاتياً طبقة ثنائية Bilayer والتي تعمل على عزل الذيول الهيدروكربونية إلى الداخل.



- At the surface of a cell, phospholipids are arranged in a similar bilayer.
- يمكن مشاهدة هذه الطبقة الثنائية على سطوح الخلايا في أغشيتها.

- The hydrophilic heads of the molecules are on the outside of the bilayer, in contact with the aqueous solutions inside and outside of the cell.
- تكون الرؤس المحبة للماء ضمن هذه الطبقة الثنائية إلى الخارج بحيث تكون على اتصال مع المحاليل المائية.
- The hydrophobic tails point toward the interior of the bilayer, away from the water.
- تكون الذيول الكارهة للماء إلى الداخل من الطبقة بعيداً عن الماء.

- The phospholipid bilayer forms a boundary between the cell and its external environment and establishes separate compartments within eukaryotic cells; in fact, the existence of cells depends on the properties of phospholipids.
- تعمل طبقة الليبيدات الثنائية كحد فاصل بين ما داخل الخلية والبيئة الخارجية إذ يعتمد وجود الخلية وبقاءها على قيد الحياة على خصائص هذه الدهون المفسفرة.

RAMA ABBADI

Steroids

- Steroids are lipids characterized by a carbon skeleton consisting of four fused rings.

تعد الستيرويدات أحد أنواع اللبيدات التي تتميز بهيكل كربوني يتكون من أربع حلقات متصلة.

- Different steroids are distinguished by the particular chemical groups attached to this ensemble of rings.
- يتم تمييز أنواع الستيرويدات المختلفة عن طريق المجموعات الكيميائية المتصلة بهذه الحلقات.

- Examples of steroids (أمثلة) :

- Cholesterol: a type of steroid which is crucial molecule in animals.

يعد الكوليسترول أحد أنواع الستيرويدات المهمة في الحيوانات .

✓ It is a common component of animal cell membranes.

أحد مكونات أغشية الخلايا الحيوانية.

✓ The precursor from which other steroids, such as the vertebrate sex hormones, are synthesized.

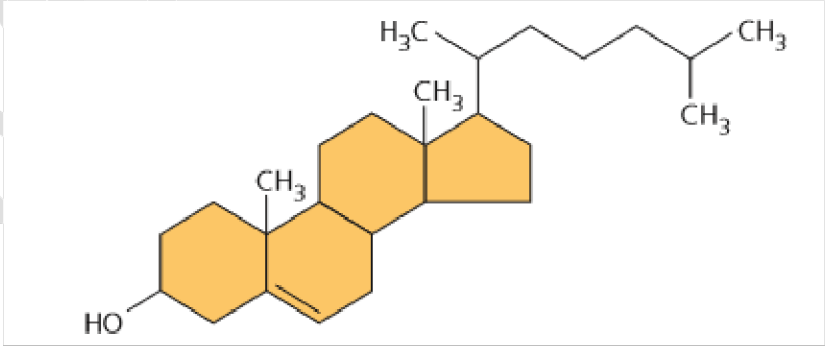
مصدر لتصنيع أنواع أخرى من الستيرويدات مثل الهرمونات الجنسية في الفقاريات.

✓ cholesterol is synthesized in the liver and is also obtained from the diet.

يتم تصنيع الكوليسترول في الكبد ويتم الحصول عليه أيضاً من الغذاء.

✓ A high level of cholesterol in the blood may contribute to atherosclerosis.

✓ قد تساهم وجود مستويات مرتفعات من الكوليسترول في الدم إلى حدوث تصلب الشرايين.



RAWA ABDADI

➢ *Concept 5.4: Proteins include a diversity of structures, resulting in a wide range of functions*

- Nearly every dynamic function of a living being depends on proteins.
- تعتمد جميع الوظائف الديناميكية لأي كائن حي على البروتينات.

- Proteins account for more than 50% of the dry mass of most cells, and they are instrumental in almost everything organisms do.
- تشكل البروتينات أكثر من 50% من مجموع الكتلة الجافة لمعظم الخلايا، حيث أنها الأداة التي يستخدمها الكائن الحي القيام بكل شيء.

- Enzymes: proteins that speed up chemical reactions.
- الإنزيمات: أحد أنواع البروتينات والتي تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية.

- Enzymatic proteins regulate metabolism by acting as catalysts, chemical agents that selectively speed up chemical reactions without being consumed in the reaction.
- تعمل الإنزيمات البروتينية على تنظيم عمليات الأيض من خلال عملها ك (محفزات)، وهي عوامل كيميائية تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك أثناء التفاعل.

- Enzymes are not consumed during the reaction. They can be used over and over again.
- لا يتم استهلاك الانزيمات خلال التفاعل. يتم استخدام الانزيم الواحد لمرات عدة.

- Polypeptide: is an unbranched polymer, it consists of a chain of amino acids linked by a peptide bond.

يعد عديد الببتيد بوليمر غير متفرع اذ يتكون من سلسلة من الأحماض الأمينية ترتبط فيما بينها برابطة ببتيدية.

- A polymer of amino acids is called a polypeptide.
- A protein is a biologically functional molecule made up of one or more polypeptides, each folded and coiled into a specific three-dimensional structure.

البروتين هو جزيء وظيفي بيولوجي يتكون من عديد ببتيد واحد أو أكثر ، بحيث تلتف وتنطوي وتتخذ شكلاً ثلاثي الأبعاد خاصاً بهذا البروتين.

- A human has tens of thousands of different proteins, each with a specific structure and function; proteins, in fact, are the most structurally sophisticated molecules known.

RAMA ABADI

• Functions of proteins

Enzymatic proteins

Function: Selective acceleration of chemical reactions

Example: Digestive enzymes catalyze the hydrolysis of bonds in food molecules.

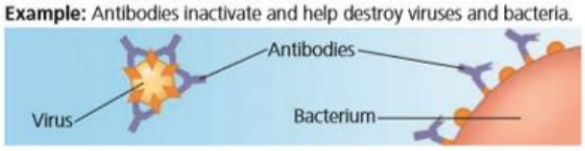
الوظيفة : تسريع تفاعلات كيميائية محددة.

مثال: تعمل الإنزيمات الهضمية على تحفيز التحلل المائي للروابط في الجزيئات الغذائية.

Defensive proteins

Function: Protection against disease

Example: Antibodies inactivate and help destroy viruses and bacteria.



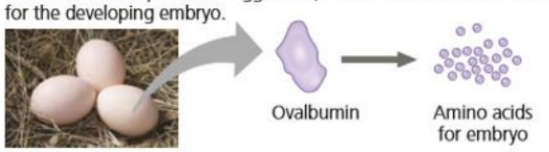
الوظيفة : الحماية ضد الأمراض.

مثال: الأجسام المضادة تعطل وتساعد على تدمير الفيروسات والبكتيريا.

Storage proteins

Function: Storage of amino acids

Examples: Casein, the protein of milk, is the major source of amino acids for baby mammals. Plants have storage proteins in their seeds. Ovalbumin is the protein of egg white, used as an amino acid source for the developing embryo.



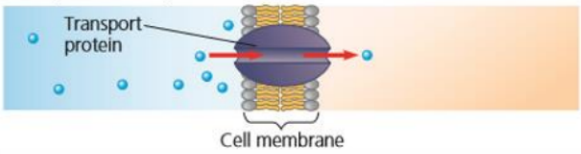
الوظيفة : تخزين الأحماض الأمينية.

مثال: يعتبر الكازين ، وهو بروتين الحليب ، المصدر الرئيسي للأحماض الأمينية لأطفال الثدييات .النباتات لها بروتينات تخزين في بذورها. Ovalbumin : هو بروتين بياض البيض ، يستخدم كمصدر للحمض الأميني للجنين النامي.

Transport proteins

Function: Transport of substances

Examples: Hemoglobin, the iron-containing protein of vertebrate blood, transports oxygen from the lungs to other parts of the body. Other proteins transport molecules across membranes, as shown here.



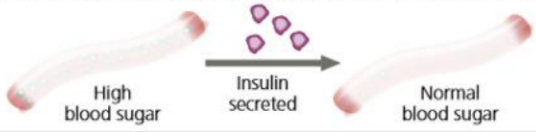
الوظيفة : نقل المواد.

مثال: ينقل الهيموغلوبين ، وهو بروتين يحتوي على الحديد يوجد في دم الفقاريات ، الأكسجين من الرئتين إلى أجزاء أخرى من الجسم .تنقل البروتينات الأخرى الجزيئات عبر غشاء الخلية.

Hormonal proteins

Function: Coordination of an organism's activities

Example: Insulin, a hormone secreted by the pancreas, causes other tissues to take up glucose, thus regulating blood sugar concentration.



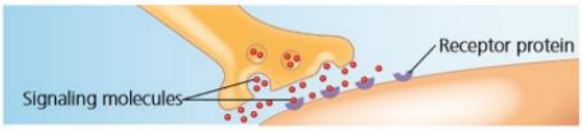
الوظيفة : تنظيم أنشطة الكائن الحي.

مثال: الأنسولين ، وهو هرمون يفرزه البنكرياس ، يؤدي افرازه إلى امتصاص الأنسجة الأخرى الجلوكوز ، وبالتالي تنظيم تركيز السكر في الدم.

Receptor proteins

Function: Response of cell to chemical stimuli

Example: Receptors built into the membrane of a nerve cell detect signaling molecules released by other nerve cells.



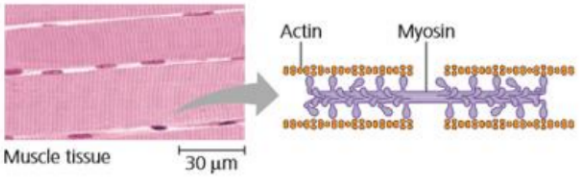
الوظيفة : استجابة الخلية لمحفز كيميائي.

مثال: المستقبلات الموجودة ضمن غشاء الخلية العصبية تكشف وجود جزيئات الإشارة الصادرة عن الخلايا العصبية الأخرى.

Contractile and motor proteins

Function: Movement

Examples: Motor proteins are responsible for the undulations of cilia and flagella. Actin and myosin proteins are responsible for the contraction of muscles.



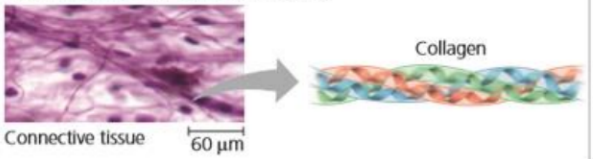
الوظيفة : الحركة.

مثال: البروتينات الحركية هي المسؤولة عن تموجات الأهداب والأسواط .بروتينات الأكتين والميوسين هي المسؤولة عن تقلص العضلات.

Structural proteins

Function: Support

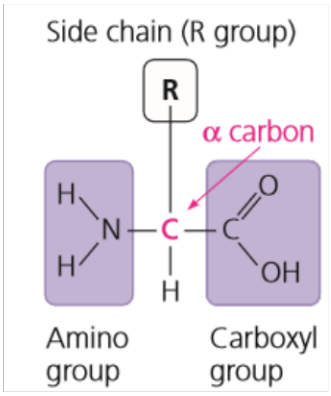
Examples: Keratin is the protein of hair, horns, feathers, and other skin appendages. Insects and spiders use silk fibers to make their cocoons and webs, respectively. Collagen and elastin proteins provide a fibrous framework in animal connective tissues.



الوظيفة : الدعم.

مثال: الكيراتين هو بروتين الشعر والقرون والريش وملحقات الجلد الأخرى .تستخدم الحشرات والعناكب ألياف الحرير لصنع شرانقها وشبكاتها ، على التوالي .توفر بروتينات الكولاجين والإيلاستين إطارًا ليفيًا في الأنسجة الضامة للحيوان.

• Amino Acids



- All amino acids share a common structure. An amino acid is an organic molecule with both an amino group and a carboxyl group.

جميع الأحماض الأمينية لها بناء مشترك .الحمض الأميني هو جزيء عضوي يحتوي على مجموعة أمينية ومجموعة كربوكسيل.

- At the center of the amino acid is an asymmetric carbon atom called the alpha (α) carbon. Its four different partners are an amino group, a carboxyl group, a hydrogen atom, and a variable group symbolized by R. The R group, also called the side chain, differs with each amino acid.

يحتوي الحمض الأميني في والوسط على ذرة كربون غير متماثلة، أي انها مرتبطة ب أربع مجموعات مختلفة : مجموعة أمينية، مجموعة كربوكسيل، ذرة هيدروجين، ومجموعة متغيرة يطلق عليها أيضاً اسم "السلسلة الجانبية" تختلف من حمض أميني الى آخر يرمز لها ب R.

- There are 20 amino acids that cells use to build their thousands of proteins. The amino groups and carboxyl groups in the figures below are all depicted in ionized form, the way they usually exist at the pH found in a cell.

عدد الحموض الأمينية 20، تستخدمها الخلايا في بناء بروتينات مختلفة. في الأشكال التالية، نجد أن مجموعات الأمين والكربوكسيل متأينة. هذه الحالة التي تتواجد فيها المجموعات في درجة الحموضة المتوافرة في الخلايا.

RAWA ABBAS

- The side chain (R group) may be as simple as a hydrogen atom, as in the amino acid glycine, or it may be a carbon skeleton with various functional groups attached, as in glutamine.

قد تكون السلسلة الطرفية بسيطة مثل حمض ال Glycine الذي يمتلك ذرة هيدروجين ضمن سلسلته الطرفية أو قد تكون على شكل هيكل كربوني ذو مجموعات وظيفية مختلفة Carbon مثل الحمض الأميني Glutamine.

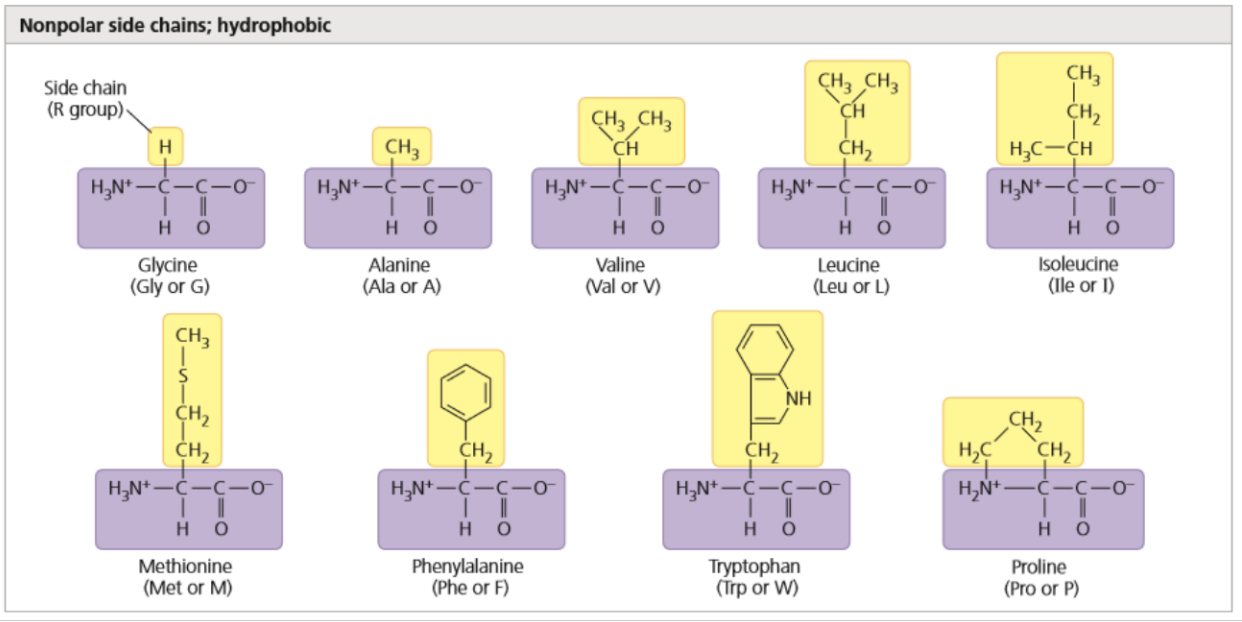
- The physical and chemical properties of the side chain determine the unique characteristics of a particular amino acid, thus affecting its functional role in a polypeptide.

تعمل الخصائص الكيميائية والفيزيائية للسلسلة الطرفية على تحديد الخصائص الفريدة التي يتميز بها الحمض الأميني عن غيره وبالتالي دوره الوظيفي في سلسلة عديد الببتيد.

- Amino Acids are grouped according to their side chains into 3 groups.

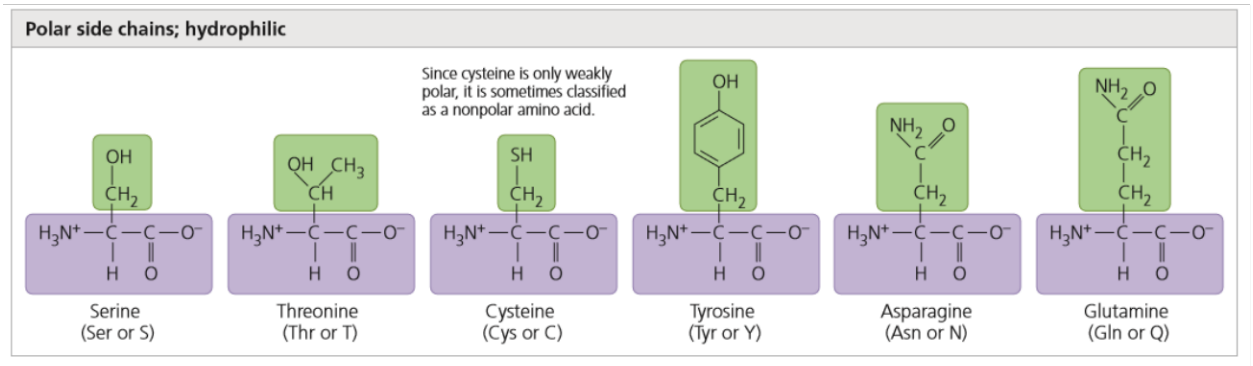
1. Group one: consists of amino acids with nonpolar side chains such: as: (hydrogen, hydrocarbons, Sulfur atom, rings), which are hydrophobic.

تحتوي المجموعة الأولى على الأحماض الأمينية التي لها سلاسل جانبية غير قطبية مثل : (هيدروجين، هيدروكربون، ذرة كبريت، حلقات) ، وهي غير محبة للماء.



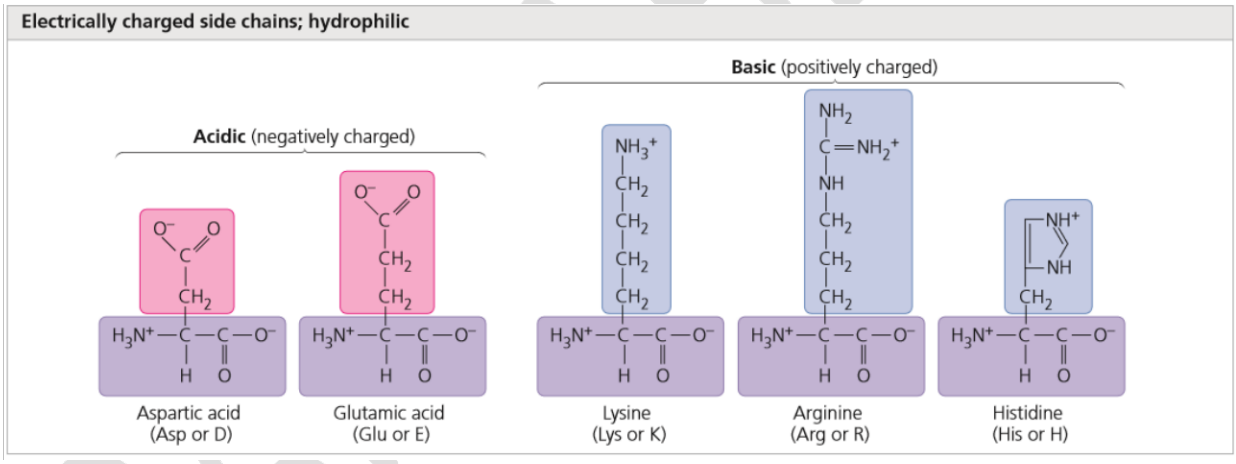
2. Group two: consists of amino acids with polar side chains such as (OH, NH2, SH), which are hydrophilic.

تتضمن المجموعة الثانية الأحماض الأمينية التي تحتوي على سلاسل جانبية قطبية مثل (OH, NH2, SH)، وهي محبة للماء.



3. Group three: consists of amino acids with charged side chains.

تتضمن المجموعة الثالثة الأحماض الأمينية التي تحتوي على سلاسل جانبية مشحونة.



✓ Charged amino acids are either acidic or basic.

الأحماض الأمينية المشحونة إما أن تكون حمضية أو قاعدية.

✓ Acidic amino acids have side chains that are generally negative in charge due to the presence of a carboxyl group, which is usually dissociated (ionized) at cellular pH.

الأحماض الأمينية الحمضية تحتوي على سلاسل جانبية مشحونة بشحنة سالبة (مجموعة كربوكسيل) وذلك لأنها تتأين عند درجة الحموضة المتوافرة في الخلايا.

- ✓ Basic amino acids have amino groups in their side chains that are generally positive in charge.
الأحماض الأمينية القاعدية تحتوي على سلاسل جانبية مشحونة بشحنة موجبة (مجموعة أمين).

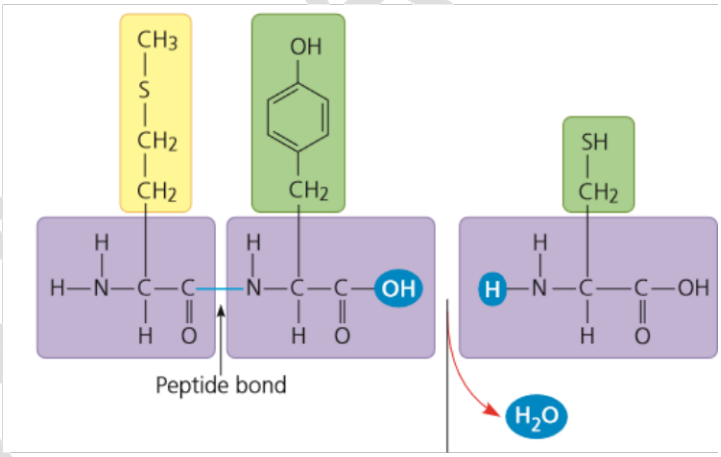
- ✓ Notice that all amino acids have carboxyl groups and amino groups; the terms acidic and basic in this context refer only to groups in the side chains.
✓ لاحظ أن جميع الأحماض الأمينية تحتوي على مجموعة كربوكسيل ومجموعة أمين. مصطلح حمضي وقاعدي يستخدم في حال كانت هذه المجموعات ضمن السلسلة الجانبية فقط.

- ✓ Because they are charged, acidic and basic side chains are also hydrophilic.
بما أن الأحماض الأمينية الحمضية والقاعدية لهم شحنة كهربائية، إذاً هم محبين للماء.

• Formation of a polypeptide تكوين سلسلة عديد الببتيد

- When two amino acids are positioned so that the carboxyl group of one is adjacent to the amino group of the other, they can become joined by a dehydration reaction, with the removal of a water molecule.

عندما يتواجد حمضين أمينيين بالقرب من بعضهما بحيث تتواجد مجموعة الكربوكسيل لأحد الحمضيين بالقرب من مجموعة الأمين للحمض الآخر، يحدث ترابط بين الحمضيين عن طريق dehydration reactionوذلك بإزالة جزيء ماء.

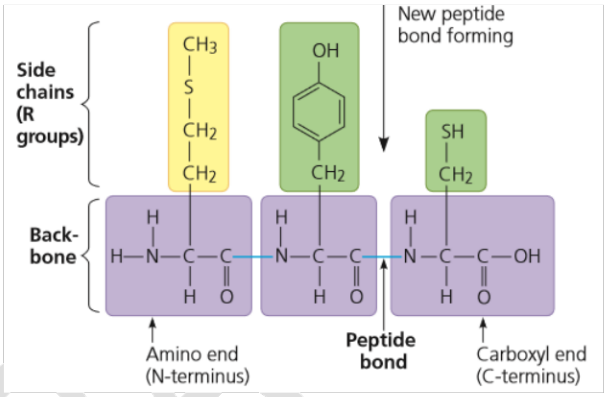


- The resulting covalent bond is called a peptide bond.
- الرابطة التساهمية الناتجة عن ذلك هي رابطة ببتيدية.

- Repeated over and over, this process yields a polypeptide, a polymer of many amino acids linked by peptide bonds.
- تتكرر هذه العملية مرارًا وتكرارًا ، وينتج عن ذلك سلسلة عديد الببتيد ، وهو بوليمر يحتوي على العديد من الأحماض الأمينية المرتبطة بروابط ببتيدية.

- Side chains aren't considered part of the polypeptide backbone because they're variable.
  - لا تعد السلاسل الجانبية جزءاً من polypeptide backbone وذلك لأنها متغيرة.

- Note that one end of the polypeptide chain has a free amino group (the N-terminus of the polypeptide), while the opposite end has a free carboxyl group (the C-terminus).
  - لاحظ أن أحد نهايتي سلسلة عديد الببتيد تحتو على مجموعة أمين حرة ويطلق عليها اسم N-terminus والنهاية المقابلة لها تحتوي على مجموعة كربوكسيل حرة ويطلق عليها اسم C-terminus.



- Chemical nature of the protein as a whole is determined by the kind and sequence of the side chains, which determine how a polypeptide folds and thus its final shape and chemical characteristics.
  - تعتمد الطبيعة الكيميائية لجزيء البروتين كاملاً على نوع وترتيب السلاسل الطرفية فيه والتي تحدد كيف ستلتف سلسلة عديد الببتيد وبالتالي يتخذ شكله النهائي وخصائصه الكيميائية.

• Protein structure and function

- The term polypeptide is not synonymous with the term protein.
  - مصطلح سلسلة عديد ببتيد ليس مرادف لمصطلح بروتين.

- A functional protein is not just a polypeptide chain, but one or more polypeptides precisely twisted, folded, and coiled into a molecule of unique shape, which can be shown in several different types of models.
  - البروتين الوظيفي لا يتكون فقط من سلسة عديد ببتيد واحدة. ممكن أن يتكون من أكثر من سلسلة عديد ببتيد ويشترط عليها أن تكون ملتفة بشكل محدد وفريد. عديد الببتيد لا يمتلك شكل ثلاثي أبعاد، ولكن كل بروتين يجب أن يكون له شكل ثلاثي أبعاد خاص به.

- When a cell synthesizes a polypeptide, the chain may fold spontaneously, assuming the functional structure for that protein. This folding is driven and reinforced by the formation of various bonds between parts of the chain, which in turn depends on the sequence of amino acids.

- عندما تصنع الخلية سلسلة عديد الببتيد فإن هذه السلسلة تلتف تلقائياً مما يعطي البروتين تركيبه الوظيفي ،تُدعّم عملية الالتفاف هذه من خلال تكوين العديد من الروابط بين أجزاء من هذه السلاسل والتي تعتمد أصلاً على تسلسل الأحماض الأمينية.

- Types of proteins based on their shape: (أنواع البروتين بناءً على شكلها)

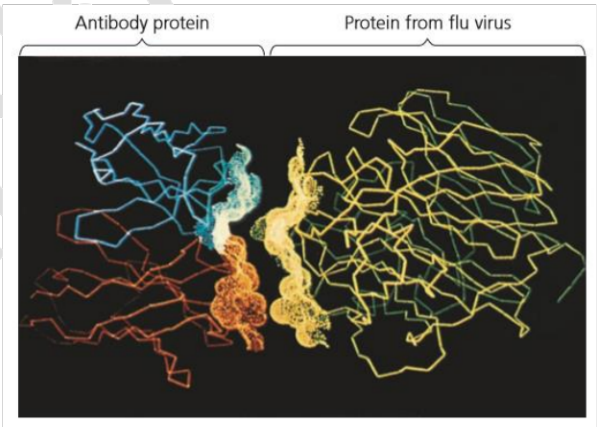
1. Globular proteins (spherical) كروي
2. Fibrous proteins (long fibers) ليفي

- A protein's specific structure determines how it works. In almost every case, the function of a protein depends on its ability to recognize and bind to some other molecule.

شكل البروتين يحدد وظيفته وكيفية عمله. وظيفة البروتين تعتد على قدرته على تمييز الجزيئات والارتباط بها.

- This figure shows the exact match of shape between an antibody (a protein in the body) and the particular foreign substance on a flu virus that the antibody binds to and marks for destruction.

يوضح الشكل التالي التطابق التام بين شكل الجسم المضاد (نوع بروتين موجود في الجسم) و جسم غريب لفيروس الانفونزا. الجسم المضاد ارتبط بالجسم الغريب وعلّمه لتدميره.



- Another example: Endorphin molecules (produced by the body) and morphine molecules (a manufactured drug), both of which fit into receptor proteins on the surface of brain cells in humans, because they have similar shape.

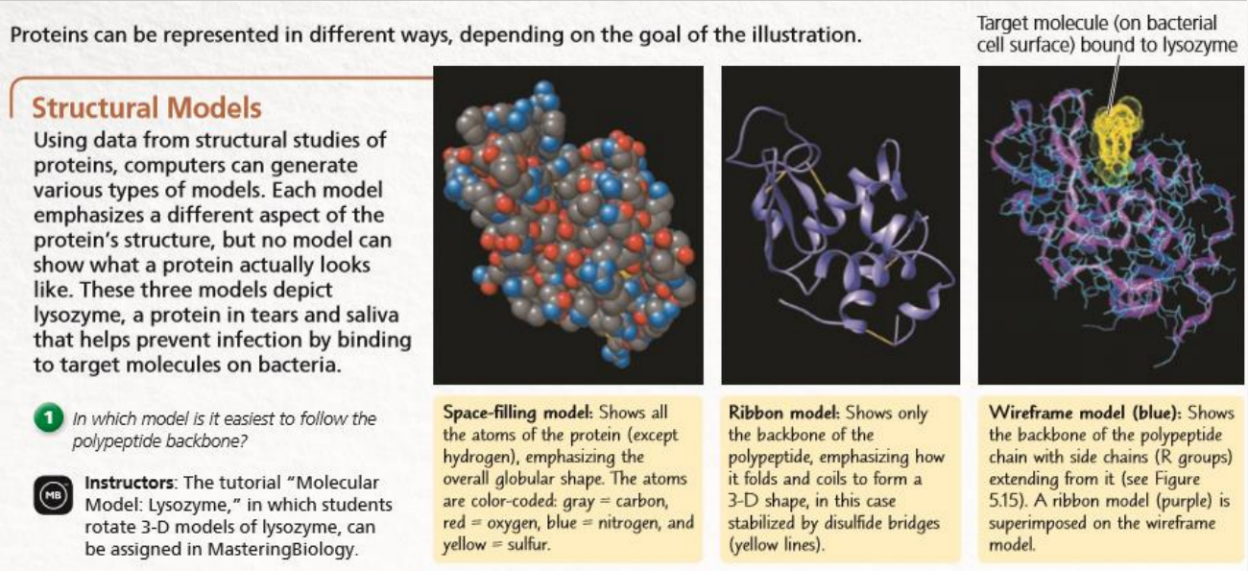
مثال آخر : تستطيع جزيئات كل من الاندورفين (مادة تنتجها الجسم) و المورفين (دواء مصنع) أن ترتبط بمستقبل بروتيني يتواجد على سطح خلايا الدماغ وذلك بسبب امتلاكهما لنفس الشكل .

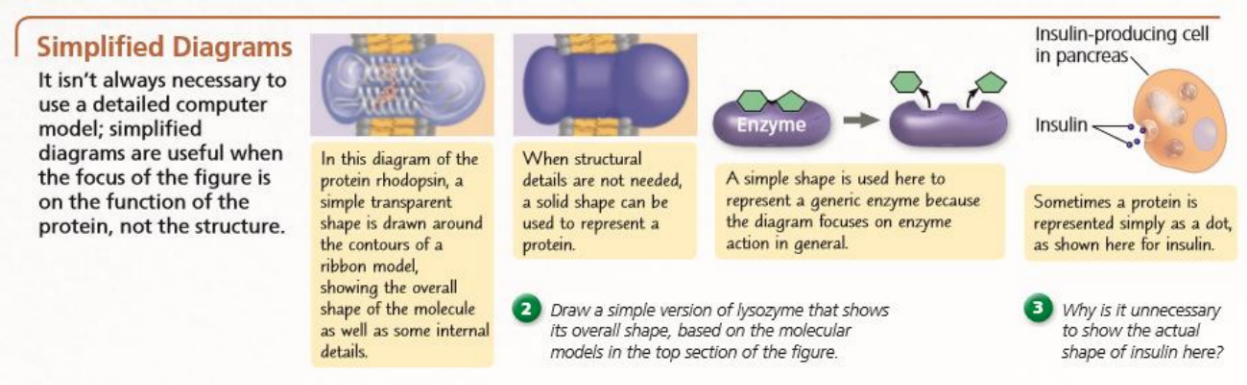
- The fit of substrate to a receptor is very specific, something like a lock and key.

التطابق بين المستقبل والجزيء أمر محدد للغاية، كآلية القفل والمفتاح .

RAMARADI

• Visualizing proteins





• Four levels of protein structure

- In spite of their great diversity, proteins share three superimposed levels of structure, known as primary, secondary, and tertiary structure.

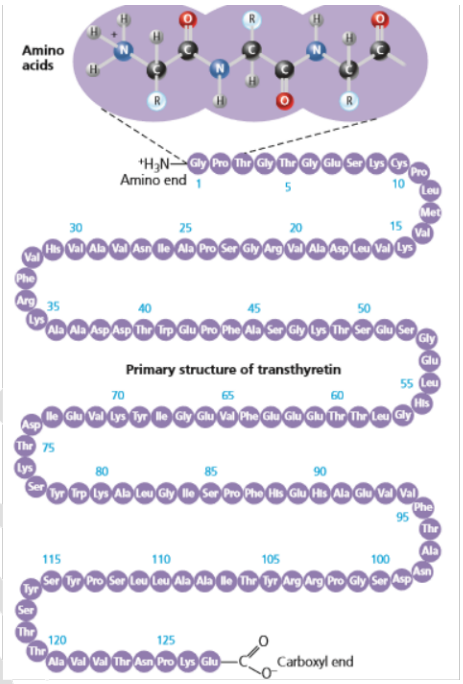
بالرغم من أن البروتينات تتنوع بشكل كبير إلا أن جميعها تتشارك من حيث امتلاكها 4 مستويات بنائية وهي المستوى الأولي ، الثانوي ، الثالثي وقد يظهر البناء الرابعي عند امتلاك البروتين سلسلتين أو أكثر من سلاسل عديد الببتيد.

1) Primary Structure

- The primary structure of a protein is its sequence of amino acids.
- مستوى البناء الأولي للبروتين هو تسلسل الأحماض الأمينية.

- For example, transthyretin, a globular blood protein that transports vitamin A and one of the thyroid hormones throughout the body. Transthyretin is made up of four identical polypeptide chains, each composed of 127 amino acids.

على سبيل المثال ، transthyretin، وهو بروتين دموي كروي ينقل فيتامين A وواحد من هرمونات الغدة الدرقية في جميع أنحاء الجسم .يتكون Transthyretinمن أربعة سلاسل متعددة من الببتيد ، كل منها يتكون من 127 من الأحماض الأمينية.



- The primary structure is like the order of letters in a very long word. If left to chance, there would be 20^{127} different ways of making a polypeptide chain 127 amino acids long.

إذا أردنا حساب كم سلسلة عديد ببتيد يمكن أن تحتوي على 127 حمض أميني سنجد أن هناك 20127 سلسلة.

- The precise primary structure of a protein is determined not by the random linking of amino acids, but by inherited genetic information.
-

لا يُحدد البناء الأولي الدقيق للبروتين من خلال الاتصال العشوائي للأحماض الأمينية ببعضها البعض ولكم من خلال المعلومات الجينية الموروثة.

- Primary structure in turn dictates secondary and tertiary structure, due to the chemical nature of the backbone and the side chains (R groups) of the amino acids along the polypeptide.

يحدد البناء الأولي للبروتين كل من بناءه الثانوي والثالثي بسبب الطبيعة الكيميائية للـ Backbone والسلاسل الطرفية للأحماض الأمينية المكونة له.

2) Secondary Structure

- Regions stabilized by hydrogen bonds between atoms of the polypeptide backbone.
- في مستوى البناء الثانوي تستقر بعض المناطق في السلسلة عن طريق تكون روابط هيدروجينية بين ذرات ال polypeptide أي دون السلاسل الجانبية.

- How do hydrogen bonds between the atoms of the polypeptide?
(كيف تتكون الروابط الهيدروجينية)
  - ✓ Within the backbone, the oxygen atoms have a partial negative charge, and the hydrogen atoms attached to the nitrogen have a partial positive so a hydrogen bond forms between them.
داخل ال Backbone ، يمتلك الأكسجين شحنة جزيئية سالبة بينما ذرات الهيدروجين التي تتصل بالنيتروجين تمتلك شحنة جزيئية موجبة وبالتالي تتكون رابطة هيدروجينية بينهما .

- Individually, these hydrogen bonds are weak, but because they are repeated many times over a relatively long region of the polypeptide chain, they can support a particular shape for that part of the protein.
تعتبر الروابط الهيدروجينية كروابط منفردة ضعيفة لكن بسبب تكرار هذه الروابط عدة مرات على طول سلسلة عديد البتيد فإنها قادرة على دعم شكل وتركيب البروتين في المكان الذي تتواجد فيه.

- Main types of secondary structures:
  - ✓ Alpha helix: a delicate coil held together by hydrogen bonding between every fourth amino acid.

التفاف دقيق مثبت بواسطة روابط هيدروجينية بعد كل أربعة أحماض أمينية.

- Some proteins contain only one alpha helix region, for example: transthyretin.

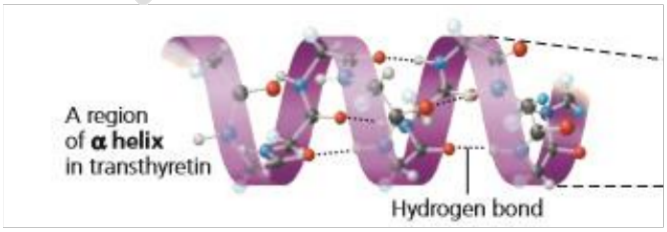
بعض البروتينات تحتوي على منطقة واحد من ال alpha helix مثل transthyretin.

- Other proteins have multiple stretches of α helix separated by non-helical regions, for example: hemoglobin.

بعض البروتينات تحتوي على أكثر من alpha helix تفصل بينهم مناطق غير حلزونية (non helical) مثل الهيموغلوبين.

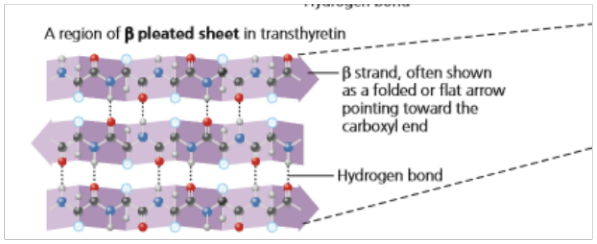
- Some fibrous proteins, such as α-keratin, the structural protein of hair, have the α helix formation over most of their length.

تمتلك بعض البروتينات الأخرى مناطق Alpha helix على معظم طول البروتين مثل بروتين الكيراتين Keratin وهو بروتين الشعر.



RAMA ABBADI

✓ Beta - pleated sheet: two or more segments of the polypeptide chain lying side by side (called strands) are connected by hydrogen bonds between parts of the two parallel segments of polypeptide backbone.

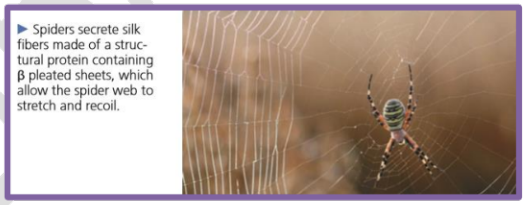


قطعتين أو أكثر من سلاسل عديد الببتيد الممتدة جنبا إلى جنب تتصل بواسطة روابط هيدروجينية بين القطع المتوازية ضمن مناطق ال backbone.

- β-pleated sheets make up the core of many globular proteins, as is the case for transthyretin.

تشكل جوهر العديد من البروتينات الكروية ، كما هو الحال بالنسبة لل transthyretin.

- β-pleated sheets dominate some fibrous proteins, including the silk protein of a spider's web.



تسود في بعض البروتينات الليفية ، بما في ذلك البروتين الحريري لشبكة العنكبوت.

3) Tertiary Structure

- The tertiary structure is the overall (3D) shape of a polypeptide resulting from interactions between the side chains (R groups) of the various amino acids.

البناء الثالثي : هو الشكل (ثلاثي الأبعاد) النهائي لعديد الببتيد والذي يحدد من خلال حدوث تفاعلات بين السلاسل الطرفية المكونة للأحماض الأمينية.

- Types of interactions that contribute to tertiary structure:

(أنواع التفاعلات التي تساهم في تكوين البنات الثالثي)

1. Hydrophobic interactions التفاعلات الكارهة للماء

✓ As a polypeptide folds into its functional shape, amino acids with hydrophobic (nonpolar) side chains usually end up in clusters at the core of the protein, out of contact with water.

➲ A "hydrophobic interaction" is actually caused by the exclusion of nonpolar substances by water molecules.

عندما تلتف سلسلة عديد الببتيد لتتخذ الشكل الوظيفي لها فإن السلاسل الطرفية للأحماض الأمينية غير القطبية تتجمع في مركز البروتين (إلى الداخل منه) وبالتالي فإن الروابط الكارهة للماء تتكون بسبب عزل المواد غير القطبية عن جزيئات الماء

RAMA ABRADI

2. Van der Waals: Formed between nonpolar amino acid side chains.

قوى لندن: تتكون بين السلاسل الطرفية للأحماض الأمينية غير القطبية.

3. Hydrogen bond: Formed between polar amino acid side chains.

الروابط الهيدروجينية : تتكون بين السلاسل الطرفية للأحماض الأمينية القطبية.

4. Ionic bonds between positively and negatively charged side chains.

الروابط الأيونية: تتكون بين السلاسل القطبية المشحونة بشحنة سالبة وموجبة.

5. Covalent bonds called disulfide bridges may further reinforce the shape of a protein.

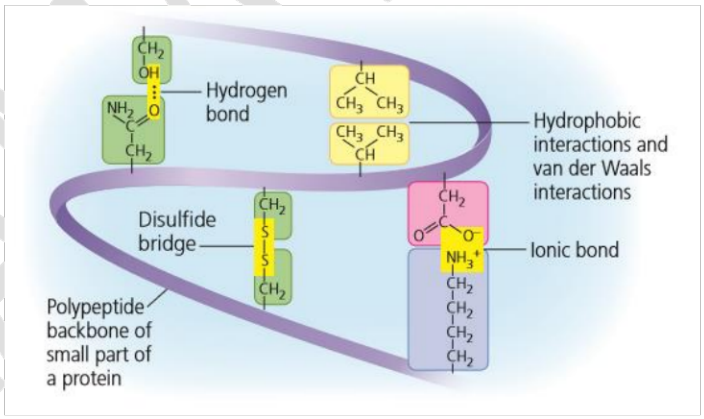
الروابط ثنائية السلفيد: وهي أحد أنواع الروابط التساهمية التي تساهم في دعم شكل البروتين.

✓ Disulfide bridges form where two cysteine monomers, which have sulfhydryl groups (SH) on their side chains, are brought close together by the folding the protein.

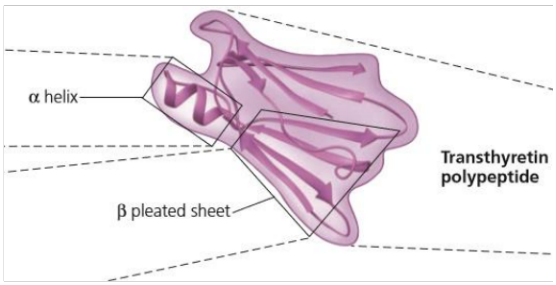
تتكون هذه الجسور من مونومرين من الحمض الأميني السيستين والذي يحتوي على مجموعة SH في سلسلته الطرفية، فعند التفاف سلسلة عديد الببتيد تتقارب هذه المجموعات.

✓ The sulfur of one cysteine bonds to the sulfur of the second and the disulfide bridge (--S--S--) rivets parts of the protein together.

ترتبط ذرة الكبريت من المونومر الأول مع ذرة الكبريت من المونومر الثاني.



➲ Tertiary Structure:



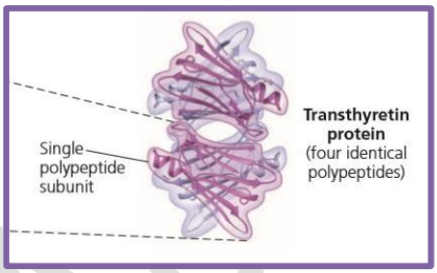
4) Quaternary Structure:

- Not all proteins have a quaternary structure.
- Quaternary structure arises from association of two or more polypeptides.

ينشأ البناء الرابعي بسبب ارتباط سلسلتين أو أكثر من سلاسل عديد البيتيد.

- For example:

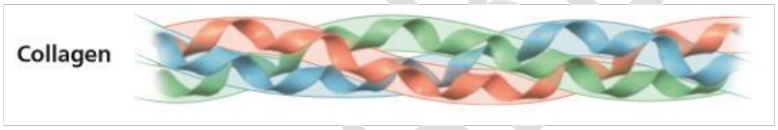
A) Transthyretin consists of four polypeptide chains.



مثال : بروتين Transthyretin : حيث يتكون من أربع سلاسل من عديد الببتيد.

B) Collagen is a fibrous protein that has three identical helical polypeptides intertwined into a larger triple helix, giving the long fibers great strength.

الكولاجين: بروتين ليفي يتكون من ثلاث من سلاسل عديد الببتيد المتطابقة والملتفة على شكل لولبي ثلاثي مما يعطيه القوة.



✓ This suits collagen fibers to their function as the girders of connective tissue in skin, bone, tendons, ligaments, and other body parts. (Collagen accounts for 40% of the protein in a human body.)

هذا الشكل يتلاءم مع وظائف الكولاجين فهو يعمل ك (عوارض) للنسيج الضام في الجلد ، العظام ، الأوتار ، الأربطة وأجزاء الجسم المختلفة. (يشكل الكولاجين حوالي 40% من مجموع البروتينات التي تتواجد في جسم الإنسان).

c) Hemoglobin, the oxygen-binding protein of red blood cells, is a globular protein.

هيموغلوبين، البروتين الذي يرتبط بالأكسجين الموجود في خلايا الدم الحمراء، له شكل كروي.

✓ It consists of four polypeptide subunits, two of one kind (Alpha) and two of another kind (Beta).

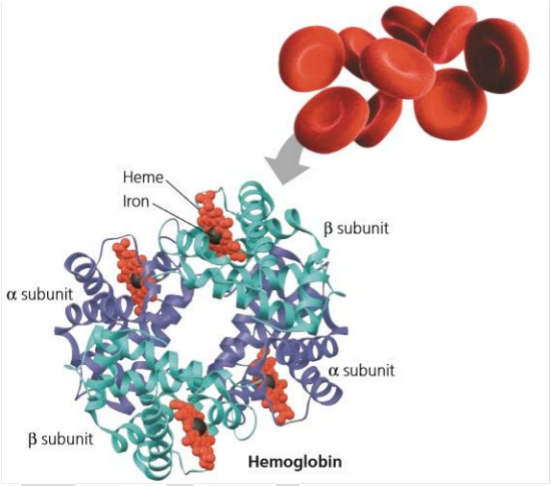
يتكون الهيموغلوبين من 4 سلاسل ببتيدية ، اثنتين من نوع ألفا واثنتين من نوع بيتا.

- ✓ Both alpha and beta subunits consist primarily of alpha-helical secondary structure.

البناء الثانوي لكل من وحدات ألفا وبيتا على شكل Alpha helix.

- ✓ Each subunit has a non-polypeptide component, called heme, with an iron atom that binds oxygen.

تتكون كل وحدة من الأربع وحدات من مكون غير ببتيدي يسمى مجموعة الهيم والتي تحتوي على ذرة حديد قادرة على الارتباط بالأكسجين.



• Sickle-Cell Disease: A Change in Primary Structure

- Even a slight change in primary structure can affect a protein's shape and ability to function.

يؤثر أي تغير طفيف على البناء الأولي للبروتين في شكله وقدرته على أداء وظيفته .

- For instance, sickle-cell disease, an inherited blood disorder, is caused by the substitution of one amino acid (valine) for the normal one (glutamic acid) at the position of the sixth amino acid in the primary structure of hemoglobin, the protein that carries oxygen in red blood cells. Due to this substitution, abnormal β subunits form.

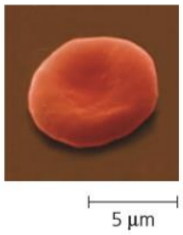
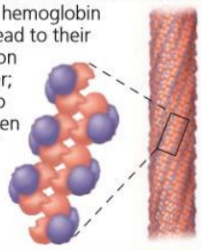
مثال ذلك : مرض الأنيميا المنجلية وهو أحد مشاكل الدم الوراثية التي تنشأ بسبب استبدال الحمض الأميني السادس (Glutamic acid) بالحمض الأميني (Valine) في البناء الأولي للهيموغلوبين وهو البروتين المسؤول عن نقل الأكسجين في خلايا الدم الحمراء. بسبب هذه التبديل تنشأ وحدات بيتا غير طبيعية.

- Normal red blood cells are disk-shaped, but in sickle-cell disease, the abnormal hemoglobin molecules tend to aggregate into chains, deforming some of the cells into a sickle shape.

يكون شكل خلايا الدم الحمراء الطبيعية (قرصية) ، لكن في مرض الخلايا المنجلية يميل الهيموغلوبين غير الطبيعي على التجمع ضمن سلاسل مما يشوه شكل بعض الخلايا وتصبح منجلية الشكل.

- A person with the disease has periodic “sickle-cell crises” when the angular cells clog tiny blood vessels, impeding blood flow.

يعاني الشخص المصاب بالمرض من "أزمات خلايا المنجل" الدورية عندما تسد الخلايا الزاويّة الأوعية الدموية الصغيرة ، مما يعيق تدفق الدم.

	Primary Structure	Secondary and Tertiary Structures	Quaternary Structure	Function	Red Blood Cell Shape
Normal hemoglobin	1 Val 2 His 3 Leu 4 Thr 5 Pro 6 Glu 7 Glu	Normal β subunit	Normal hemoglobin β α β α	Normal hemoglobin proteins do not associate with one another; each carries oxygen.	Normal red blood cells are full of individual hemoglobin proteins.  5 µm
Sickle-cell hemoglobin	1 Val 2 His 3 Leu 4 Thr 5 Pro 6 Val 7 Glu	Sickle-cell β subunit	Sickle-cell hemoglobin β α β α	Hydrophobic interactions between sickle-cell hemoglobin proteins lead to their aggregation into a fiber; capacity to carry oxygen is greatly reduced. 	Fibers of abnormal hemoglobin deform red blood cell into sickle shape. 5 µm

• Protein Denaturation

- Protein structure depends on the physical and chemical conditions of the protein's environment.

يعتمد تركيب البروتين على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبيئة المحيطة به.

- If the pH, salt concentration, temperature, or other aspects of its environment are altered, the weak chemical bonds and interactions within a protein may be destroyed, causing the protein to unravel and lose its native shape, a change called denaturation. Denatured protein is biologically inactive.

لو تغيرت أحد هذه العوامل مثل درجة الحموضة، تركيز الأملاح، درجات الحرارة وغيرها فإن الروابط الكيميائية الضعيفة والتفاعلات داخل البروتين ستتدمر مما يؤدي إلى انحلال البروتين وفقدانه لشكله الأصلي حيث يطلق على هذه الحالة Denaturation. يصبح البروتين في هذه الحالة غير مفعل أي غير قادر على القيام بوظائفه.

- Denaturation agents:
  a) Most proteins become denatured if they are transferred from an aqueous environment to a nonpolar solvent, such as ether or chloroform; the polypeptide chain refolds so that its hydrophobic regions face outward toward the solvent.

RANA ABBAS

تتعرض معظم البروتينات لحالة Denaturation عند نقلها من البيئات المائية إلى بيئات تحتوي على مذيبات غير قطبية مثل الكلوروفورم ، بحيث يعاد التفاف سلسلة عديد الببتيد لتصبح المناطق الكارهة منها مواجه لهذا المذيب (تصبح إلى الخارج).

b) chemicals that disrupt the hydrogen bonds, ionic bonds, and disulfide bridges that maintain a protein's shape.

المواد الكيميائية والتي تعمل على تدمير الروابط الهيدروجينية ، الأيونية ، الجسور ثنائية السلفيد التي تدعم شكل البروتين.

c) Excessive heat, which agitates the polypeptide chain enough to overpower the weak interactions that stabilize the structure.

الحرارة الزائدة حيث تعمل على زيادة حركة ذرات سلسلة عديد الببتيد بصورة تمكنه من التغلب على الروابط الضعيفة التي تساعد في استقرار التركيب.

➲ Why excessively high fevers can be fatal ? لماذا يمكن أن تؤدي الحمى العالية الى الموت

Answer: Proteins in the blood tend to denature at very high body temperatures.

بسبب حدوث عملية Denaturation لبروتينات الدم عند درجات الحرارة المرتفعة جدا.

- Denatured proteins can sometimes return to its functional shape when the denaturing agent is removed (Sometimes this is not possible: For example, a fried egg will not become liquefied when placed back into the refrigerator!)

من الممكن أن يعود البروتين الذي تعرض لحالة ال Denaturation إلى وضعه الطبيعي بعد إزالة العامل المسبب. لكن هذا لا يحدث دائماً ، فالبيض المقلي لا يمكن أن يعود للحالة السائلة بعد إزالة الحرارة عنه.

• Protein Folding in the Cell

- The protein-folding process is not simple. Most proteins probably go through several intermediate structures on their way to a stable shape.

إن عملية انطواء والتفاف البروتين ليست عملية سهلة ، حيث تمر معظم البروتينات عبر تراكيب وسطية أثناء التفافها للوصول إلى الشكل المستقر.

- Mis-folding of polypeptides in cells is a serious problem: cystic fibrosis, Alzheimer's, Parkinson's, and mad cow disease—are associated with an accumulation of misfolded proteins.

RAMA ABBADI

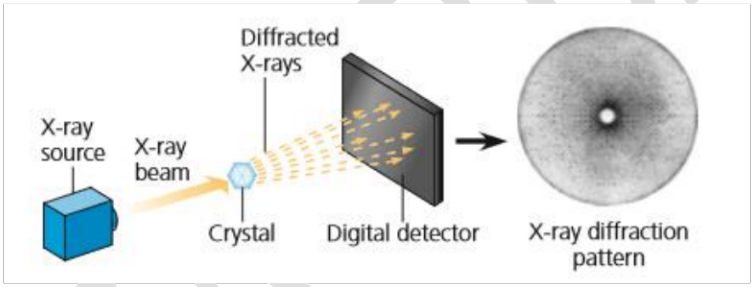
- يؤدي وجود البروتينات الملتفة بشكل خاطئ في الخلايا إلى مشاكل خطرة ، حيث ترتبط أمراض التليف الكيسي ، الزهايمر ، الشلل الرعاشي (مرض باركنسون) ، جنون البقر بتراكم البروتينات الملتفة بشكل خاطئ في الخلايا.

- Misfolded versions of the transthyretin protein have been implicated in several diseases, including one form of senile dementia.

- إن وجود عدة نسخ من بروتين Transthyretin الملتف بشكل خاطئ يدخل في العديد من الأمراض وأهمها مرض خرف الشيخوخة.

- The method most commonly used to determine the 3-D structure of a protein is X-ray crystallography, which depends on the diffraction of an X-ray beam by the atoms of a crystallized molecule. The figure below illustrates how it works.

من أشهر الطرق المستخدمة لتحديد الشكل ثلاثي الأبعاد البروتين ما: طريقة تسمى X - ray crystallography والتي تعتمد على حيود وانحراف الأشعة السينية عند مرورها عبر ذرات جزيء متبلور. حيث يوضح الشكل الآتي الآلية التي تتم بها هذه الطريقة.



- Complementary approaches to understanding protein structure and function:

من الطرق المستخدمة لدراسة شكل البروتين ووظائفه :

1) Nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy 2) Bioinformatics

- The structure of some proteins is difficult to determine for a simple reason: A significant number of proteins, or regions of proteins, do not have a distinct 3-D structure until they interact with a target protein or other molecule. Their flexibility and indefinite structure are important for their function, which may require binding with different targets at different times.

يصعب دراسة شكل بعض البروتينات للسبب الآتي : هنالك عدد من البروتينات أو مناطق من البروتينات لا تتخذ شكلا ثلاثية خاصة بها حتى تتفاعل مع بروتين أخر يسمى البروتين الهدف أو تتفاعل مع جزيئات أخرى غير بروتينية ، حيث أن مرونتها وشكلها غير المحدد يعتبر عامل مهم في أداء وظيفتها التي قد تتطلب ارتباطها مع عدة جزيئات في أوقات مختلفة.

- These proteins, which may account for 20–30% of mammalian proteins, are called intrinsically disordered proteins.

  تشكل هذه البروتينات حوالي 20-30% من مجموع البروتينات في الثدييات والتي يطلق عليها اسم Intrinsically disorder proteins.

➢ *Concept 5.5: Nucleic acids store, transmit, and help express hereditary information*

- The amino acid sequence of a polypeptide is programmed by a discrete unit of inheritance known as a gene.

  تسلسل الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد تُحدد عن طريق وحدة وراثية معدودة تعرف ب اسم الجين.

- Genes consist of DNA, which belongs to the class of compounds called nucleic acids.

  تتكون الجينات من جزيئات DNAوالتي تنتمي إلى فئة من المركبات تعرف بالأحماض النووية.

- Nucleic acids are polymers made of monomers called nucleotides.

  تعتبر الأحماض النووية بوليمرات مكونة من مونومرات يطلق عليها اسم النيوكليوتيدات.

- There are two types of nucleic acids: (أنواع الحموض النووية)

  1) DNA: deoxyribonucleic acid(DNA).

  2) Ribonucleic acid (RNA).

- DNA is the genetic material that organisms inherit from their parents.

  ال DNA هي المادة الوراثية التي يرثها الكائن الحي من أبويه.

- Functions of DNA:
  - ✓ DNA provides directions for its own replication.

    يوجه عملية تضاعفه.

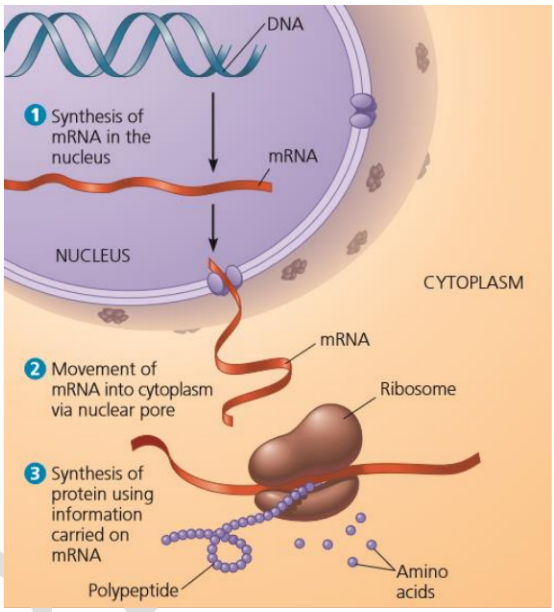
  - ✓ DNA also directs RNA synthesis and, through RNA, controls protein synthesis (this is called gene expression).

    يوجه عملية تصنيع جزيئات ال RNA وبالتالي التحكم في تصنيع البروتينات .

RANA ABADI

- Gene expression: DNA → RNA → Protein.
  1. Transcription: Synthesis of mRNA from DNA, which occur in nucleus.

النسخ : عملية تصنيع جزيئا mRNA من DNA والتي تحدث في النواة.



  2. mRNA leaves the nucleus through nuclear pores.

يغادر جزيء ال mRNA النواة عن طريق الثقوب النووية.

  3. Translation: synthesis of proteins by information carried by mRNA. This is done by ribosomes in the cytosol.

الترجمة : عملية تصنيع البروتينات بناء على المعلومات التي يحملها جزيء mRNA بواسطة الرايبوسومات في السايتوسول.

- Each chromosome contains one long DNA molecule, usually carrying several hundred or more genes.

يتكون كل كروموسوم من جزيء واحد طويل من ال DNA والذي غالبا ما يحمل عدة مئات أو أكثر من الجينات.

- Prokaryotic cells lack nuclei but still use mRNA to convey a message from the DNA to ribosomes and other cellular equipment that translate the coded information into amino acid sequences.

بالرغم من أن الخلايا بدائية النوى لا تمتلك أنوية إلا أنها لا تزال تستخدم نفس الآلية عن طريق استخدام جزيء mRNA لنقل المعلومات من ال DNA الى الرايبوسومات لترجمة المعلومات إلى سلسلة من الأحماض الأمينية.

• The components of nucleic acids

- Nucleic acids are macromolecules that exist as polymers called polynucleotides which consist of monomers called nucleotides.

تعتبر الأحماض النووية جزيئات كبيرة تتواجد على شكل بوليمر يسمي عديد النيوكليوتيدو تالذي يتكون من مونومرات تسمى النيوكليوتيدات

- Nucleotides consists of a five carbon sugar (Pentose), a nitrogenous base and one to three phosphate groups.

  يتكون النيكليوتيد الواحد من سكر خماسي و قاعدة نيتروجينية ومن 1-3 مجموعات فوسفات.

- The beginning monomer used to build a polynucleotide has three phosphate groups, but two are lost during the polymerization process.

  يتكون المونمر الذي يدخل في تركيب عديد النيوكليوتيد في البداية من 3 مجموعات فوسفات ولكن يتم ازالة مجموعتين أثناء عملية تصنيع البوليمر.

- A nucleoside consists of a five carbon sugar and a nitrogenous base.

  النيوكليوسيد يتكون من سكر خماسي و قاعدة نيتروجينية.

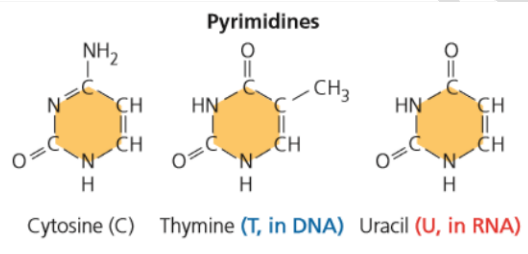
➢ Nitrogenous bases:

- They are called nitrogenous bases because the nitrogen atoms tend to take up H+ from solution, thus acting as bases.

  سميت القواعد النيتروجينية بهذا الاسم وذلك لأن ذرات النيتروجين فيها تميل إلى اكتساب +H من المحلول حيث تتصرف كقاعدة.

- There are two families of nitrogenous bases (نوعين من القواعد النيتروجينية):

a) Pyrimidine: have one six-membered ring of carbon and nitrogen atoms.



✓ Pyrimidines are cytosine (C), thymine (T), and uracil (U).

يتكون هذا من النوع من حلقة سداسية واحدة مكونة من ذرات الكربون والنيتروجين.

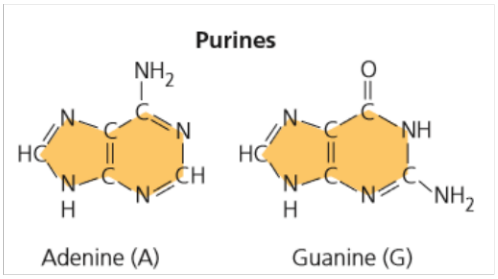
وهي: السايتوسين / الثيامين / اليوراسيل.

b) Purines: have a six-membered ring fused to a five-membered ring.

✓ Purines are: adenine (A) and guanine (G).

يتكون هذا النوع من حلقة خماسية تتصل بحلقة سداسية.

وهي: الأدنين والجوانين.



- The specific pyrimidines and purines differ in the chemical groups attached to the rings.

تختلف الأصناف فيما بينها باختلاف المجموعات الكيميائية المتصلة بالحلقات.

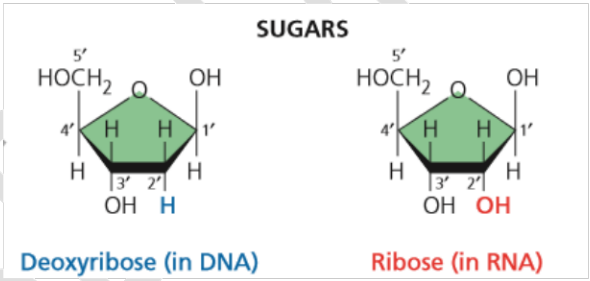
- Adenine, guanine, and cytosine are found in both DNA and RNA; thymine is found only in DNA and uracil only in RNA.

- يمكن ايجاد الادنين والجوانين والسايتوسين في كل من ال DNAوال RNA ; الثايمين موجود فقط في ال DNA ; واليوراسيل موجود فقط في ال RNA.

➢ Types of sugars

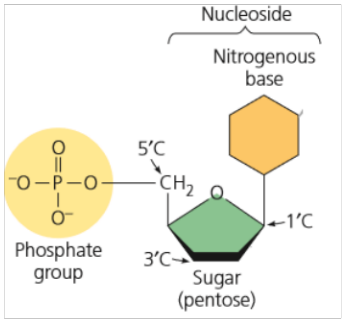
- In DNA → the sugar is deoxyribose.
- In RNA → the sugar is ribose.

➲ The difference between them → deoxyribose lacks an oxygen atom on the second carbon in the ring, hence the name deoxyribose.



الفرق الأساسي بين السكرين: أن السكر الرايبوزي منقوص الأكسجين يفتقر إلى ذرة أكسجين على ذرة الكربون رقم ٢ حيث اكتسب اسمه من هذا السبب.

- The nitrogenous base is attached to the 1'C of the sugar.
- The phosphate group is attached to the 5'C of the sugar.
- At the 3'C, an OH group is attached.



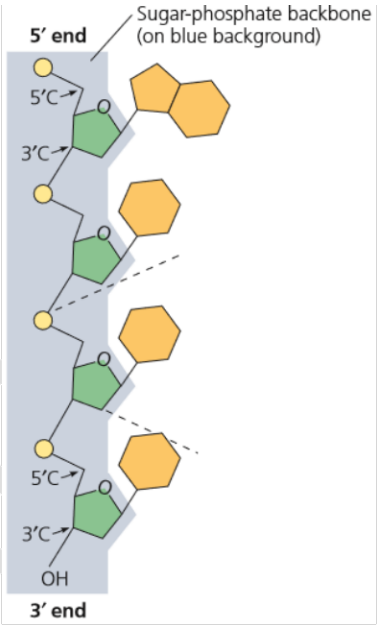
• Nucleotide polymers

- The linkage of nucleotides into a polynucleotide involves a dehydration reaction.
- Adjacent nucleotides are joined by a covalent bond called a phosphodiester bond.

تتضمن عملية تكوين عديد النيوكليوتيد تفاعلdehydration reaction بحيث يتم الربط بين النيوكليوتيدات المتجاورة عن طريق رابطة تساهمية تسمى phosphodiester bond.

- The nitrogenous bases aren't part of the polynucleotide backbone. The backbone is the repeating unit and it only includes the sugar and the phosphate groups.

القواعد النيتروجينية ليست جزءاً من ال backbone فهو الجزء المتكرر والذي يتكون فقط من السكر ومجموعات الفوسفات.



- The phosphodiester bond links between a phosphate group of one nucleotide and the 3'C of another nucleotide.

تتكون هذه الرابطة بين مجموعة الفوسفات لأحد النيوكليوتيدات وذرة الكربون رقم 3 للنيوكليوتيد الآخر.

- Notice that the two free ends of the polymer are distinctly different from each other.
  a) 5' End which consist of a phosphate group.
  b) 3' End which consist of an OH group.

لاحظ وجود نهايتين (حرة) مختلفين عن بعضهم في سلسلة عديد النيوكليوتيد، النهاية عند 5' تتضمن مجموعة فوسفات والنهاية عند 3' تتضمن مجموعة هيدروكسل OH.

- The direction of polynucleotide synthesis: from 5' → 3' end.
- A new nucleotide can be added only to the 3' end.
  - اتجاه تكوين السلسلة من النهاية 5 إلى النهاية 3، أي يمكن اضافة نيوكليوتيد جديد على النهاية 3 فقط.

• The structure of DNA and RNA molecules

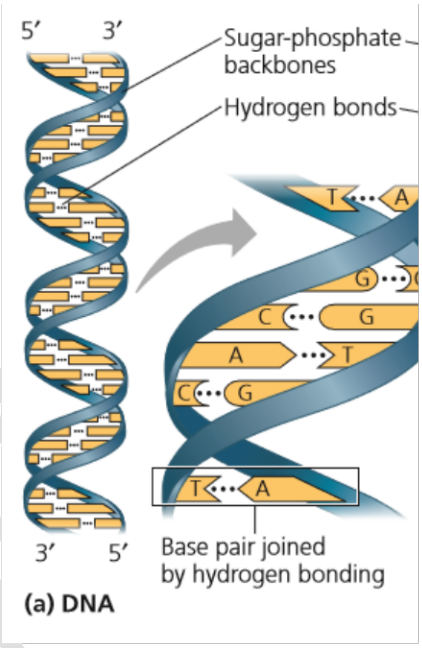
- A polynucleotide is also called a strand. DNA molecules have two polynucleotides, or "strands," that wind around an imaginary axis, forming a double helix due to hydrogen bonding.

يُطلق على كل Polynucleotide اسم Strand أي سلسلة. يتكون كل جزيء DNA من سلسلتين ترتبطان ببعضهما البعض من خلال روابط هيدروجينية.

RAMA ABBAS

- Notice how the two strands of DNA are joined together by a hydrogen bond. This hydrogen bond forms between the nitrogenous bases.

لاحظ ارتباط السلسلتان ببعضهما البعض عن طريق روابط هيدروجينية تنشأ بين القواعد النيتروجينية.



- The two strands of the double helix are complementary, each the predictable counterpart of the other.
- Adenine base pairs with thymine by two hydrogen bonds.
- Guanine base pairs with cytosine by three hydrogen bonds.
- This bonding is known as complementary base pairing.

سلسلتا ال DNA مكملتان لبعضهما البعض، إذ يمكن معرفة تسلسل النيوكليتيدات في أحد السلستين من الأخرى. القاعدة النيتروجينية أدنين يمكنها تكوين رابطتين هيدروجينية مع القاعدة النيتروجينية ثايمين. أي إذا كان على أحد السلسلتين أدنين، سنجد مقابلها على السلسلة الأخرى المكملة ثايمين.

القاعدة النيتروجينية جوانين يمكنها تكوين ثلاث روابط هيدروجينية مع القاعدة النيتروجينية سيتوسين. أي إذا كان على أحد السلسلتين سيتوسين، سنجد مقابلها على السلسلة الأخرى المكملة جوانين، وهكذا. يسمى هذا الارتباط Complementary base pair.

- The two strands run in opposite 5′ to 3′ directions from each other; this arrangement is referred to as antiparallel.
- If one strand runs from 5′ to 3′, the opposite strand runs from 3′ to 5′.

سلسلتا ال DNA معاكستان لبعضهما البعض، يطلق على هذه الخاصية مسمى antiparallel.

➲ DNA is double stranded and it forms a double helix.

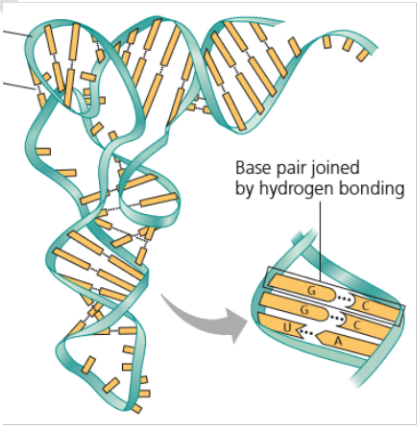
- RNA molecules exist as a single strand.

تتواجد جزيئات ال RNA على شكل سلاسل منفردة.

- Complementary base pairing can occur, however, between regions of two RNA molecules or even between two stretches of nucleotides in the same RNA molecule.
  - يحدث ارتباط بين القواعد النيتروجينية إما في مناطق على نفس السلسلة أو بين سلسلتين مختلفتين.
- base pairing within an RNA molecule allows it to take on the particular three-dimensional shape necessary for its function.

هذا الارتباط يمكّن جزيئات ال RNA من أن يكون لها شكل ثلاثي أبعاد خاص بها مهم لوظيفتها.

- For example, the type of RNA called transfer RNA (tRNA), which brings amino acids to the ribosome during the synthesis of a polypeptide. A tRNA molecule is about 80 nucleotides in length. Its functional shape results from base pairing between nucleotides where complementary stretches of the molecule can run antiparallel to each other.



- على سبيل المثال، جزيء ال RNA من نوع tRNA والذي يقوم بحمل الحموض الأمينية خلال عملية تكوين سلسلة عديد الببتيد. يتكون الجزيء من 80 نيوكليوتيد. شكل الجزيء ثلاثي الأبعاد ينشأ من ارتباط بين القواعد النيتروجينية.

- In RNA molecules, Adenine base pairs with Uracil instead of Cytosine. Remember there's no cytosine in RNA.

يحدث ارتباط الأدنين مع اليوراسيل بدلاً من السيتوسين إذ لا يوجد سيتوسين في جزيء ال RNA في جزيء ال RNA.

- RNA doesn't form a double helix like DNA, it is more variable in shape.

جزيء ال RNA لا يكوّن double helix مثل ال DNA، إذ أن شكله غير محدد ومتغير من جزيء لآخر.