Carbohydrate

Introduction

- **Carbohydrates** are group of naturally occurring carbonyl compounds (aldehydes and ketone) that contain several hydroxyl groups. The general molecular formula of carbohydrate is $Cn(H_2O)n$. For example, glucose has the molecular formula $C_6H_{12}O_6$.

•الكربوهيدرات هي مجموعة من مركبات الكربونيل التي نوجد بشكل طبيعي (الألدهيدات والكيتون) والتي تحتوي على عدة مجموعات هيدروكسيل. الصيغة الجزيئية العامة للكربوهيدرات هي Cn (H2O) n. على سبيل المثال ، يحتوي الجلوكوز على الصيغة الجزيئية.C6H12O6

- **Monosaccharides** are molecules having only one sugar group. (Greek, mono = one; saccharide = sugar). They cannot be further hydrolysed into smaller units

•السكريات الأحادية هي جزيئات تحتوي على مجموعة سكر واحدة. (الترجمه من اليونانيه mono=واحد،saccaride=سكر). لا يمكن تحللها بالماء إلى وحدات أصغر

- **Disaccharide**s are two monosaccharides combined together with elimination of a water molecule.

ثنائي السكارايد هما مجموعتان من السكريات الأحادية مجتمعة مع خساره جزيء الماء.

- **Trisaccharides** are molecules contain three sugar groups.

هي جزيئات تحتوي على ثلاث مجموعات سكر.

- **Oligosaccharides** are molecules having more than three but less than ten sugar groups (Greek, oligo = a few).
- هي جزيئات تحتوي على أكثر من ثلاث او أقل من عشرة مجموعات سكر (الترجمه من يوناني oligo= قليل)
- **Polysaccharides** are molecules having more than 10 sugar units, (Greek, poly = many).

هي جزيئات تحتوي على أكثر من ١٠ وحدات سكر ، (الترجمه من يونانية poly = كثير)

- **Homopolysaccharides** are polysaccharides having only one type of monosaccharide units

هي السكريات تحتوي على نوع واحد فقط من السكريات الاحادية

- **Heteropolysaccharides** are polysaccharides having different monosaccharide units.

هي السكريات تحتوي على انواع مختلفة من السكريات الاحادية

- **Aldoses** are sugars having aldehyde group.

هي السكريات التي تحتوي على مجموعة الألدهيد

- **Ketoses** are sugars with ketone group.

هي السكريات مع مجموعة الكيتون

Functions of Carbohydrates

وظائف الكربوهيدرات

1. Carbohydrates are the main sources of energy in the body. Brain cells and RBCs are almost wholly dependent on carbohydrates as the energy source.

١. الكربوهيدرات هي المصادر الرئيسية للطاقة في الجسم. تعتمد خلايا الدماغ و كرات الدم الحمراء بشكل شبه كلي على الكربوهيدرات كمصدر للطاقة

2. Storage form of energy (starch and glycogen).

تخزين الطاقة (النشا والجليكوجين).

3. Excess carbohydrate is converted to fat.

يتم تحويل الكربوهيدرات الزائدة إلى الدهون.

4. Glycoproteins and glycolipids are components of cell membranes and receptors.

جليكوبروتينات و جليكوليبيدات هي مكونات أغشية الخلايا والمستقبلات.

5. Structural basis of many organisms: Cellulose of plants; exoskeleton of insects and cell wall of microorganisms,

الأساس الهيكلي لكثير من الكائنات الحية: السليلوز من النباتات. الهيكل الخارجي للحشرات و جدار الخلية من الكائنات الحية الدقيقة

Monosaccharides

Monosaccharides are also called ***simple sugars.*** The term sugar is applied to carbohydrates that are soluble in water and sweet to taste. They consist of a single polyhydroxy aldehyde or ketone unit, and thus cannot be hydrolyzed into a simpler form. They may be subdivided into two groups as follows:

وتسمى أيضا السكريات البسيطة. يتم تطبيق مصطلح السكر على الكربوهيدرات القابلة للذوبان في الماء وحلوة حسب الذوق. وهي تتكون من متعدد الهايدروكسي الالدهيادي أو الكيتوني ، وبالتالي لا يمكن تحللها إلى شكل أبسط. يمكن تقسيمها إلى مجموعتين على النحو التالي:

1. Depending upon the number of carbon atoms they possess, e.g.

اعتمادا على عدد ذرات الكربون التي يمتلكونها

– Trioses
– Tetroses
– Pentoses
– Hexoses
– Heptoses.

2. Depending upon the functional aldehyde (CHO) or ketone (C=O) group present:

اعتمادا على مجموعة الألدهيد (CHO) أو كيتون (C = O) الوظيفية الموجودة.

– Aldoses

– Ketoses.

3. Classification of monosaccharides based on the number of carbon and the type of functional group present with examples is given in **Table 2.1.**

Table 2.1: Classification of monosaccharides and their examples

No.of Carbon	*Empirical formula*	*Type of sugar*	*Aldoses*	*Ketoses*
3	$C_3H_6O_3$	Trioses	Glyceraldehyde	Dihydroxyacetone
4	$C_4H_8O_4$	Tetroses	Erythrose	Erythrulose
5	$C_5H_{10}O_5$	Pentoses	Ribose, Xylose	Ribulose, Xylulose
6	$C_6H_{12}O_6$	Hexoses	Glucose, Galactose and Mannose	Fructose
7	$C_7H_{14}O_7$	Heptoses	Glucoheptose	Sedoheptulose

ويبين الجدول ٢-١ تصنيف السكريات الأحادية على أساس عدد الكربون ونوع المجموعة الوظيفية الموجودة مع الأمثلة.

Structure of glucose

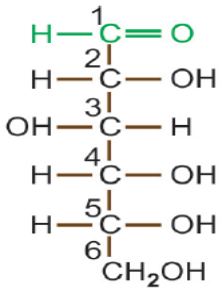
Physiologically and bio-medically, glucose is the most important monosaccharide. The structure of glucose can be represented in the following ways (Figure 2.1):

1. The straight chain structural formula (Fisher projection).
2. Cyclic formula (Ring structure or Haworth projection)

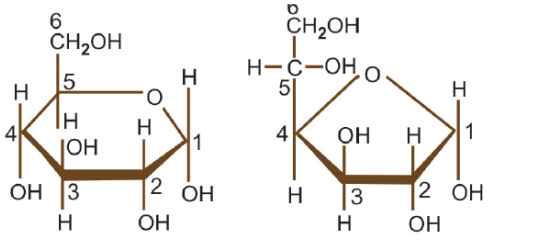
هيكل الجلوكوز

فيزيولوجيًا وبيولوجيًا ، يعتبر الجلوكوز أهم السكريات الأحادية. يمكن تمثيل هيكل الجلوكوز بالطرق التالية (الشكل ٢.١)

1. الصيغة الهيكلية سلسلة مستقيم (فيشر)
2. الصيغة الحلزونية (هيكل الحلقة أو هاوورث)



Straight chain structure of D-glucose
(Fisher projection formula)



Ring structure or Haworth projection formula of glucose

Isomerism

The compounds possessing identical molecular formula but different structures are referred to as ***isomers.*** The phenomenon of existence of isomers is called ***isomerism.*** (Greek 'isos' means *equal*, 'meros' means parts). The important types of isomerism exhibited by sugar are as follows:

التزامر

يشار إلى المركبات التي تمتلك صيغة جزيئية متطابقة ولكن بنيات مختلفة باسم أيزومرات. ظاهرة وجود الايزومرات تسمى (التزامر).(الترجمه من اليونانيه isos=متشابة، meros= اجزاء). الأنواع المهمه من الأيزومرية الموجوده بالسكر هي كما يلي

1. Ketose-aldose isomerism
2. D and L isomerism

Ketose-Aldose isomerism

Glucose and fructose are isomers of each other having the same chemical (molecular) formula $C_6H_{12}O_6$, but they differ in structural formula with respect to their functional groups. There is a ***keto*** group in position two of fructose and an ***aldehyde*** group in position one of glucose **(Figure 2.2).** This type of isomerism is known as ***ketose-aldose isomerism.***

تزامر الكيتوز-ألدوز

الجلوكوز والفركتوز عبارة عن أيزومرات من بعضها البعض لها نفس الصيغة الكيميائية الجزيئية $C_6H_{12}O_6$ ، ولكنها تختلف في الصيغة البنائية بالنسبة لمجموعاتها الوظيفية. هناك مجموعة keto في الموضع الثاني للفركتوز ومجموعة aldehydeفي موضع واحد من الجلوكوز (الشكل ٢.٢). يعرف هذا النوع من الأيزومريوم باسم متزامرة الكيتوز-ألدوز

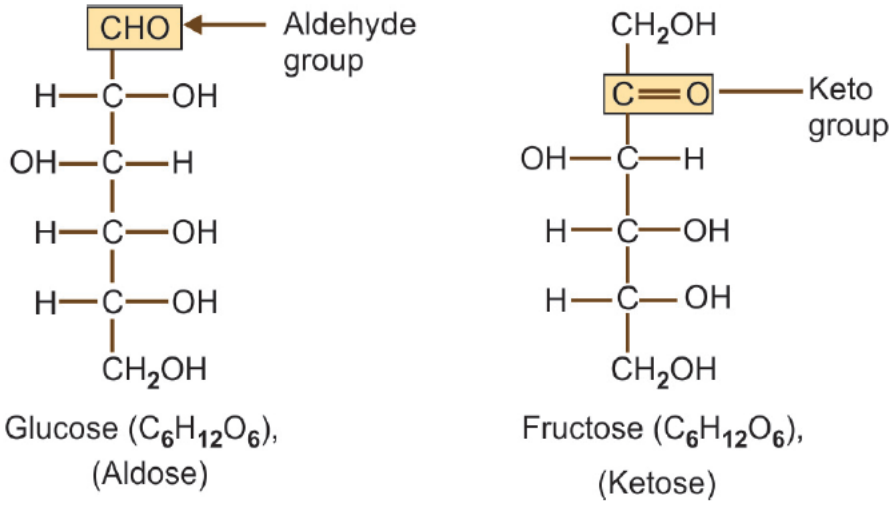


Figure 2.2: Ketose-Aldose isomerism

D and L isomerism

• D and L isomerism depends on the orientation of the H and OH groups around the asymmetric carbon atom adjacent to the terminal primary alcohol carbon, e.g. carbon atom number 5 in glucose determines whether the sugar belongs to D or L isomer.

• When OH group on this carbon atom is on the right, it belongs to **D-series,** when it is on the left; it is the member of the **L-series. (Figure 2.3).**

يعتمد التداخل من D و L على اتجاه المجموعتين H و OH حول ذرة الكربون غير المتناظرة المتاخمة لكربون الكحول الأساسي المطلق ، على سبيل المثال. تحدد ذرة الكربون رقم ٥ في الجلوكوز ما إذا كان السكر ينتمي إلى D أو L أيزومر.

• عندما تكون مجموعة OH على ذرة الكربون هذه على اليمين ، فإنها تنتمي إلى سلسلة D ، عندما تكون على اليسار ، فهي عضو في السلسلة L.

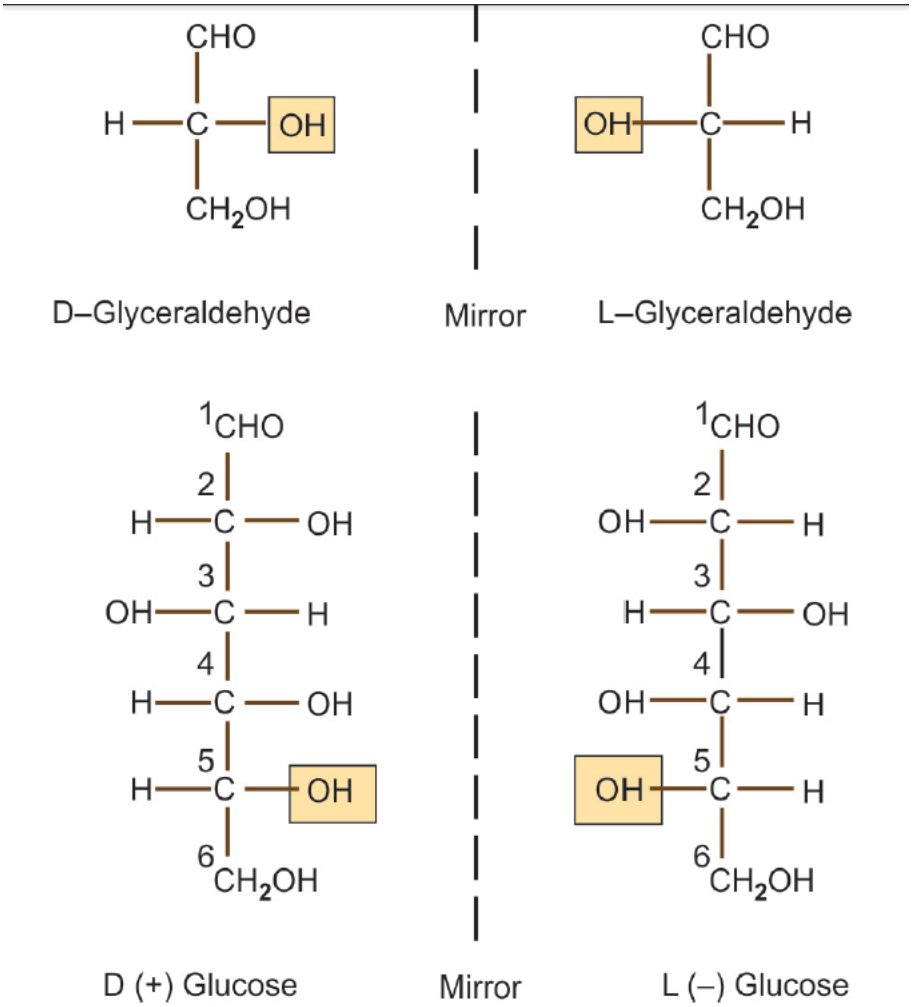


Figure 2.3: D and L isomers (enantiomeric pairs) of glyceraldehyde and glucose

Chemical properties of monosaccharide الصفات الكيمائية

Some of the important chemical properties of monosaccharide are:

1. Action of Strong Acids: Furfural formation
2. Action of Alkalies: Enolization
3. Oxidation: Sugar acid formation
4. Reduction: Sugar alcohol formation

5. Action of phenylhydrazine: Osazone formation.

بعض الخصائص الكيميائية الهامة للسكر الأحادي هي 1. :عمل الأحماض القوية: تشكيل فورفورال .2عمل القلويات: إننينج .3الأكسدة: تكوين حامض السكر .4الأختزال: تكوين السكر الكحول .5عمل فينيل هيدرازين: تشكيل اوزازون.

1. Action of Strong Acids (Furfural Formation)

On heating a sugar with mineral acids (H_2SO_4 or HCI), the sugar loses water and forms furfural derivatives. These may condense with á certain chemicals to produce colored complexes. This is the basis of the Molisch's test, Seliwanoff's test and Bial's test.

. عمل الأحماض القوية (تشكيل فورفورال)

عند تسخين السكر بالأحماض المعدنية (H_2SO_4 أو HCl) ، يفقد السكر الماء ويشكل مشتقات فوروفورال. هذه قد تتكثف مع مواد كيميائية معينة لإنتاج مجمعات ملونة. هذا هو أساس اختبار Molisch واختبار Seliwanoff واختبار بيال.

2. Action of Alkalies (Enolization)

On treatment with dilute aqueous alkalies, both aldoses and ketoses are changed to **enediols.** Enediol is the enol form of sugar because two OH groups are attached to the double bonded carbon. Enediols are good reducing agents and form basis of the Benedict's test and Fehling's test**.**

عند المعامله مع القلويات المائية المخففة ، يتم تغيير كل من aldoses و ketoses إلى enediols. Enediolهو شكل السكر في enol لأن مجموعتين OH ترتبط بالكربون المزدوج المستعبدين Enediols .هي عوامل اختزال جيدة وتشكل أساسًا لاختبار Benedictواختبار.Fehling

3. Oxidation الاكسدة(Sugar Acid Formation)

When aldoses oxidize under proper conditions they may form: Aldonic acid, Saccharic acids or Uronic acid.

عندما يتأكسد aldoses تحت الظروف المناسبة فإنها قد تشكل: حمض Aldonic ، الأحماض السكرية أو حمض الأورونيك

4. Reduction to Form Sugar Alcohol

Both aldoses and ketoses may be reduced by enzymes or non-enzymatically to the corresponding polyhydroxy alcohols.

قد يتم اختزال كل من aldoses و ketoses بواسطة مختزلات إنزيميه أو غير إنزيمية إلى كحول polyhydroxy المطابق

5. Action of Phenylhydrazine

(Osazone Formation) Osazones are yellow or orange crystalline derivatives of reducing sugars with phenylhydrazine and have a characteristic crystal structure, which can be used for identification and characterization of different sugars having closely similar properties (like maltose and lactose).

Osazone (Osazone Formation)هي مشتقات بلورية صفراء أو برتقالية للسكريات المختزلة مع phenylhydrazine ولها بنية بلورية مميزة ، والتي يمكن استخدامها لتحديد وتوصيف السكريات المختلفة التي لها خصائص مشابهة قريبة (مثل المالتوز واللاكتوز)

ملاحظة:لفهم هذه التفاعلات يرجى مراجعه ملزمه العملي.

Disaccharides

• Disaccharides consist of two monosaccharide units.

تتكون السكريات الثنائية من وحدتين أحاديات السكريد

• They are crystalline, water soluble and sweet to taste.

هي بلورية ، قابلة للذوبان في الماء وحلوة المذاق.

• They are subclassified on the basis of the presence or absence of free reducing (aldehyde or ketone)group **(Table 2.5).**

1. Reducing disaccharides with free aldehyde or keto group, e.g. maltose, lactose

2. Non-reducing disaccharides with no free aldehyde or keto group, e.g. sucrose

يتم تصنيفها على أساس وجود أو غياب المجموعة المختزلة (ألدهيد أو كيتون) (الجدول ٢.٥).
١. السكريات الثنائية المختزلة مع مجموعة ألدهيد الحرة أو كيتو ، على سبيل المثال. المالتوز واللاكتوز
٢. السكريات غير المختزلة مع عدم وجود مجموعة ألدهيد الحرة أو كيتو ، على سبيل المثال. سكر القصب

Table 2.5: Classification of disaccharides

Disaccharides

Reducing (with free aldehyde or ketone group)		*Non-reducing (absence of free aldehyde or ketone group)*	
Example	*Constituent*	*Example*	*Constituent*
Maltose	Glucose + Glucose	Sucrose	Glucose + Fructose
Lactose	Galactose + Glucose	Trehalose	Glucose + Glucose
Isomaltose	Glucose + Glucose		

Maltose

• Maltose contains two glucose residues, and it is a *reducing disaccharide*.

Maltose is produced as an intermediate product in the digestion of starch and glycogen by the action of the enzyme α-amylase.

•يحتوي المالتوز على بقايا غلوكوز ، وهو ثنائي السكاريد المختزل .ينتج المالتوز كمنتج وسيط في عملية هضم النشا والجليكوجين عن طريق عمل إنزيم ألفا أميليز.

Lactose (Milk sugar)

• It is present in milk. Lactose contains one unit of β-galactose and one unit of β-glucose that are linked by a β (1 → 4) glycosidic linkage (Figure 2.٢).

وهو موجود في الحليب. يحتوي اللاكتوز على وحدة واحدة من الجالاكتوز ووحدة واحدة من الجلوكوز التي ترتبط بعلاقة (4 → 1) β glycosidic الشكل ٢.٢)

• The anomeric carbon of the glucose unit is available for oxidation and thus lactose is a reducing disaccharide.

• Lactose is hydrolyzed to glucose and galactose by *lactase* enzyme in human beings.

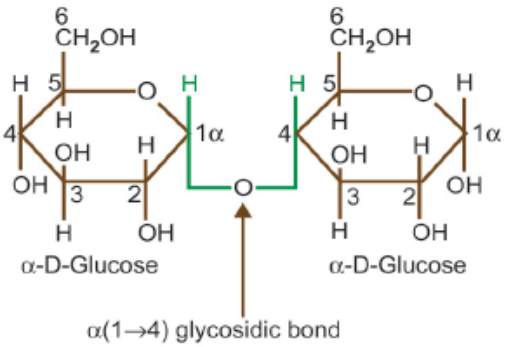
Sucrose (Common Table Sugar)

• Sucrose is a disaccharide of glucose and fructose. It is formed by plant but not by human beings. Sucrose is an intermediate product of photosynthesis. Sucrose is the commonly used table sugar.

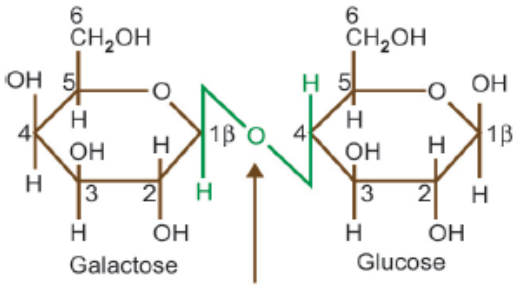
• Sucrose is hydrolyzed to fructose and glucose by an enzyme *sucrase* which is also called *invertase.*

السكروز هو سكر ثنائي من الجلوكوز والفركتوز. يتم تشكيلها من قبل النبات ولكن ليس من قبل البشر. السكروز هو منتج وسيط لعملية التمثيل الضوئي. السكروز هو سكر المائده السكر المستخدم..

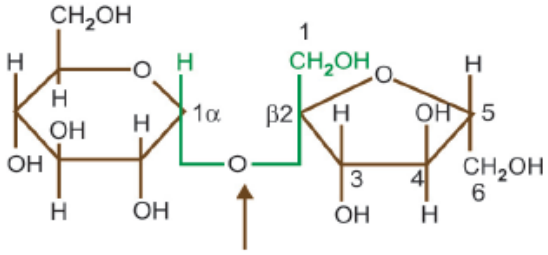
- .يتحلل السكروز إلى الفركتوز والجلوكوز بواسطة انزيم السكريز الذي يسمى أيضًا إنفيرتاز.



Maltose



Lactose



Sucrose

Polysaccharides

Polysaccharides are polymers consisting of hundreds or thousands of monosaccharide units. They are also called ***glycans*** or ***complex carbohydrates.*** They may be either ***linear,*** (e.g. cellulose) or ***branched,*** (e.g. glycogen) in structure. Polysaccharides are of two types:

السكريات المتعدده هي البوليمرات التي تتكون من مئات أو آلاف الوحدات أحادية السكاريد. وتسمى أيضا glycans أو الكربوهيدرات المعقدة. قد تكون إما خطية (مثل السليلوز) أو متفرعة (مثل الجليكوجين السكريات المنعدده هي من نوعين:

i. Homopolysaccharides (homoglycans)

When a polysaccharide is made up of several units of one and the same type of monosaccharide unit, it is called homopolysaccharide (e.g. Starch, Dextrin, Glycogen, Inulin, and Cellulose)

عندما يتكون عديد السكاريد من عدة وحدات من نفس النوع من وحدة أحادي السكاريد ، يطلق عليه السكريات المتعدده المتجانسه على سبيل المثال ، النشا ، الدكسترين ، الجليكوجين ، الأنولين ، والسليلوز

ii. Heteropolysaccharides (heteroglycans).

They contain two or more different types of monosaccharide units or their derivatives. Heteropolysaccharide present in human beings is glycosaminoglycans (mucopolysaccharides), e.g. (e.g. Heparin, Chondritin sulfate, Hyaluronic acid).

تحتوي على نوعين أو أكثر من وحدات أحادي السكاريد أو مشتقاتها. السكريات المتعدده الغير المتجانسة الموجود في البشر هو glycosaminoglycans (عديدات السكاريد المخاطية) ، على سبيل المثال. (مثل الهيبارين ، كبريتات الكوندريت ، حمض الهيالورونيك)

- **Starch النشاء**

It is the storage form of glucose in plants. Starch is composed of two constituents (***amylose*** and ***amylopectin).*** Amylose is a linear polymer of D-glucose units, while Amylopectin is structurally identical to those of amylose but with branched chains.

هوشكل تخزين الجلوكوز في النباتات. يتكون النشا من مكونين (أميلوز وأميلوبكتين). الأميلوز هو بوليمر خطي من وحدات D-glucose ، في حين أن Amylopectin متطابق بنيوياً مع الأميلوز ولكن مع سلاسل متفرعة

- **Glycogen (Animal Starch) النشاء الحيواني**

Glycogen is the major storage form of carbohydrate (glucose) in animals, found mostly in liver and muscle. It is often called ***animal starch***.

The structure of glycogen is similar to that of amylopectin, except that it is more highly branched,

الجليكوجين هو شكل التخزين الرئيسي للكربوهيدرات (الجلوكوز) في الحيوانات ، ويوجد في الغالب في الكبد والعضلات. وغالبا ما يطلق عليه النشا الحيواني.
يشبه هيكل الجليكوجين تشابه هيكل الأميلوبكتين ، إلا أنه أكثر تشعبًا

Table 2.3 Structure and functions of glycosaminoglycans (GAGs)

GAG	*Disaccharide unit*	*Function*
Hyaluronic acid	N-Acetyl glucosamine -Glucuronic acid	Serves as lubricant and shock absorber, facilitates cell migration in embryogenesis, morphogenesis, wound healing
Condroitin sulfate	N-Acetyl-galactosamine-Glucuronic acid	Provides an endoskeletal structure helping to maintain their shape. Has a role in compressibility of cartilage in weight bearing
Keratan sulfate	N-Acetyl-glucosamine-Galactose (no uronic acid)	Transparency of cornea
Dermatan sulfate	N-Acetyl-galactosamine-L-Iduronic acid	Transparency of cornea and maintains the overall shape of the eye
Heparin	Glucosamine-Glucuronic acid or Iduronic acid	Serves as an anticoagulant, causes release of lipoprotein lipase from capillary walls
Heparan sulfate	Same as heparin except that some glucosamine are acetylated	Component of plasma membrane where it may act as receptor and may also participate in the mediation of cell growth, cell-to-cell communication

➢ Glycosaminoglycans (GAGs)

Examples and function of glycosaminoglycans are listed in table 2.3 (للاطلاع