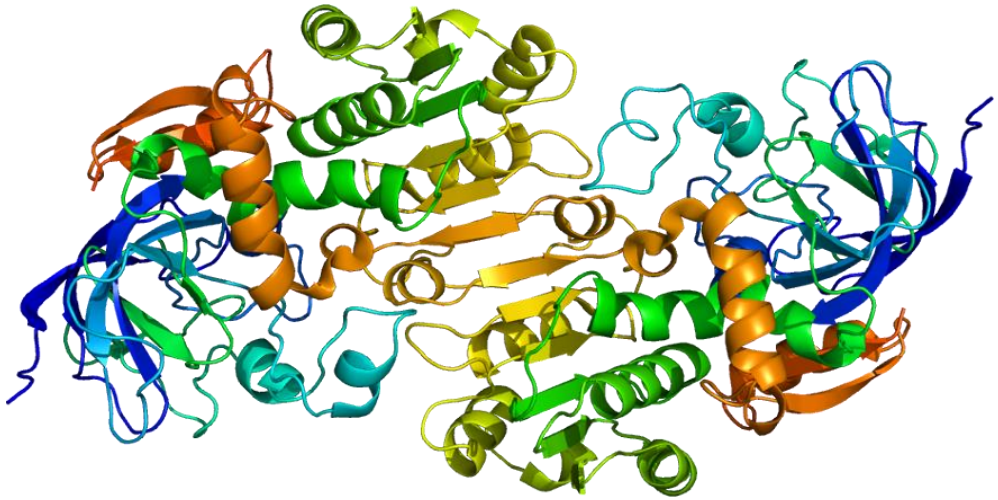
Bio-Chemistry
الكيمياء الحيوية



إعداد

د/ محمد يوسف محجوب

تدريس :ا.د مصطفي فوزي

قسم الكيمياء – كلية العلوم

العام الدراسي: ٢٠٢٤

كلية التربية

الفرقة: الثالثة احياء برنامج اللغة

مقدمة

- يهتم علم الكيمياء الحيوية بالتركيب الكيميائي لأجزاء الخلية ومعرفة مجرى التفاعلات الكيميائية الحيوية، كذلك يهتم بالطبيعة الكيميائية والفزيائية للأنواع المختلفة من المواد الغذائية والوظيفه البيولوجية لهذه المواد من الخلايا وأيضها الوسيطي.
- يهتم المقرر الخاص بنا بدراسة المركبات الكيميائية التي تعد من مقومات الخلايا الحية والمواد المقدمة التي يمكن إستخدامها في تخليقها الحيوي وتشمل **الكربوهيدرات والدهون والبروتينات**.

Bio-Chemistry

التمثيل الغذائي

Metabolism

Food

الأكل

Anabolism

بناء

Catabolism

هدم

التمثيل الغذائي هو كل العمليات الحيوية التي تتم داخل الكائن الحي من عمليات هدم وبناء

الأكل

Food

Oxidizable
قابل للأكسدة

- CHO الكربوهيدرات
- Lipids الليبيدات
- Proteins البروتينات

Non-oxidizable
غير قابل للأكسدة

- Vitamins الفيتامينات
- Minerals المعادن
- Water الماء

في هذا المقرر سوف نتطرق للدراسة الكيميائية لكلا من الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات

Carbohydrates

تعريف الكربوهيدرات:

الكربوهيدرات هي مركبات عضوية تتكون من الهيدروجين والاوكسجين والكربون وتعرف بأنها مشتقات الدهيديه او كيتونيه لكحولات عديدة الهيدروكسيل (OH)، أو بأنها المركبات التي تعطي هذه المشتقات بالتحلل المائي لها تتميز بشكل عام بطعم حلو لذلك تستخدم في الأطعمة والأشربة للتحلية.

تستخدم كلمة سكر بشكل عام في الحياة اليومية للدلالة على السكر المستخدم يوميا وهو السكروز أحد أنواع السكريات ذات الحلاوة الواضحة. وهو ما يدعى أيضا بسكر الطاولة أو سكر الطعام مشابها لاسم ملح الطعام (كلوريد الصوديوم).

الكربوهيدرات هى عبارة عن ألديهيدات أو كيتونات متعددة الهيدروكسيل لها الصيغة العامة $(CH_2O)_n$

فوائد الكربوهيدرات

١- مصدر كبير للطاقة حيث ينتج عن تحللها وأكسدتها طاقة تستخدم فى التفاعلات البيوكيميائية لجميع الكائنات الحية

٢- تخزن الطاقة الكيميائية المشتقة من الكربوهيدرات على شكل مركبات غنية بالطاقة مثل أدنوسين ثلاثي الفوسفات ATP وكوانسين ثلاثى الفوسفات GTP

٣- الكربوهيدرات فى التركيب البنائي لجدار الخلية

٤- وقود الجهاز العصبي المركزي : حيث لكي يستطيع الدماغ وبقية أجزاء الجهاز العصبي المركزي القيام بوظائفه في تنظيم الجسم، لا بد من توفر الجلوكوز لأنه مصدر الطاقة الرئيسي لهذا الجهاز الهام، وإن نقص الجلوكوز في الدم يؤدي إلى ضعف عمليات التفكير والتركيز الذهني وبالتالي تكثر الأخطاء في المواقف التي تحتاج إلى سرعة التفكير وحسن التصرف.

Carbohydrates C : (H_2O)

تقسم الكربوهيدرات حسب الوحدات البنائية التي تحتويها إلي الآتي:

Monosaccharides

Disaccharides

Oligosaccharides

Polysaccharides

السكريات الأحادية Monosaccharides

هي السكريات التي لا يمكن أن تتحلل إلى وحدات أصغر منها بواسطة التحلل المائي وتسمى السكريات البسيطة أحياناً.

تشمل السكريات الثلاثية (تحتوي على ثلاث ذرات كربون) Trioses والرباعية Tetroses والخماسية Pentoses والسداسية hexoses وسوف نتعرض لهم بشئ من التفصيل في الصفحات القادمة.

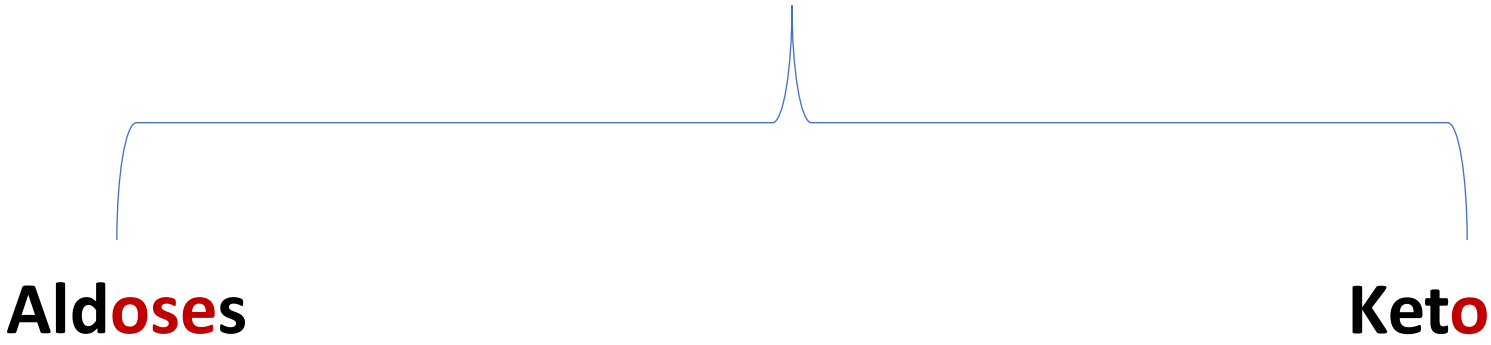
تحتوي على مجموعة كربونيل تقع على ذرة كربون مرتبطة بها رابطة مزدوجة بينما بقية ذرات الكربون المرتبطة بروابط أحادية تحمل مجموعة هيدروكسيل

يسمي السكر الأحادي عديد الهيدروكسي ألدهيدي aldose أذا وجدت ذرة الكربونيل في نهاية سلسلة ذرات الكربون، أما إذا وجدت علي إحدى ذرات الكربون الأخري فتسمي عديد الهيدروكسي كيتوني Ketose

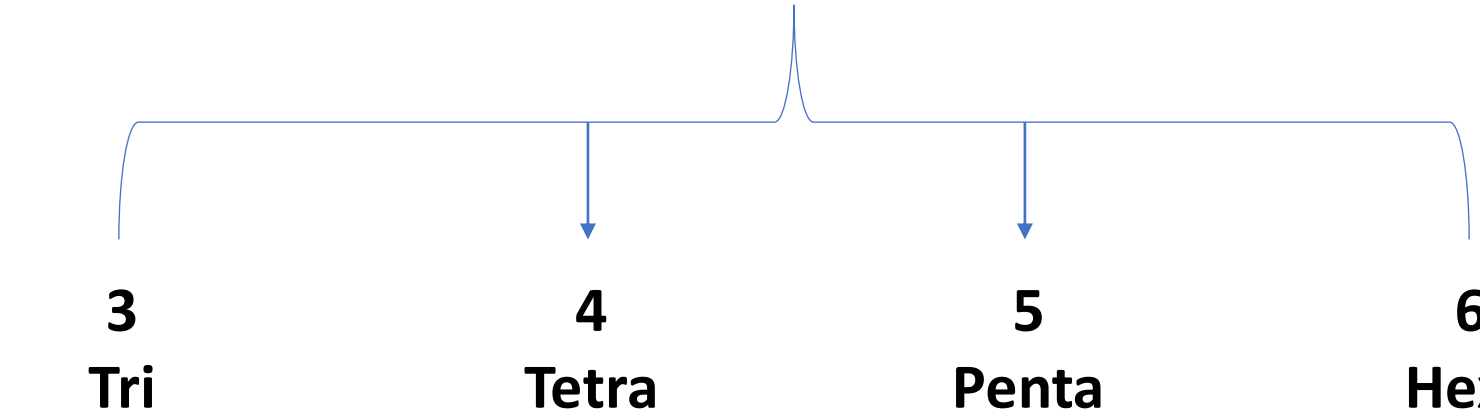
Monosaccharides

Polyhydroxy aldehyde or ketone

ose

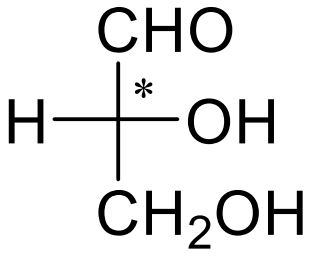


According to no. of carbon atom



Trioses

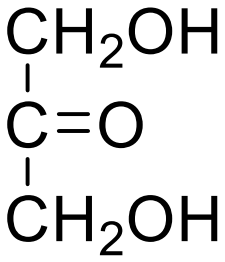
Aldotriose



Glyceraldehyde

جليسرالدهيد

Ketotriose



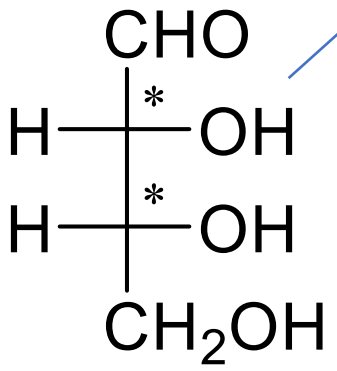
Dihydroxy acetone

ثنائي هيدروكسي أستون

Tetroses

Aldotetrose

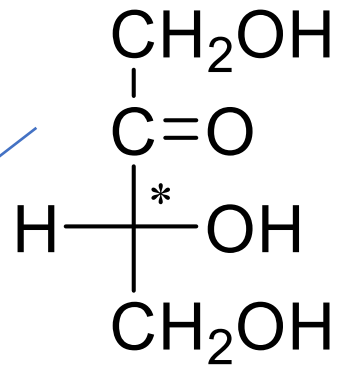
Assym. C atom = N - 2



Erythrose

Ketotetrose

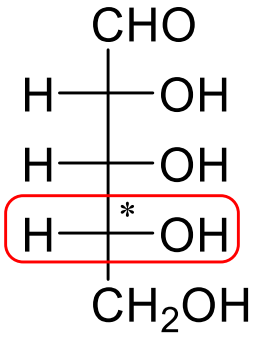
Assym. C atom = N - 3



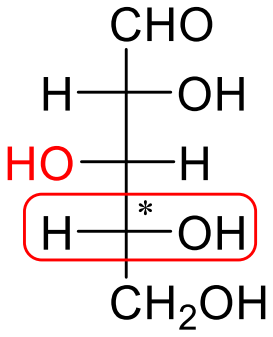
Erythrulose

Pentoses

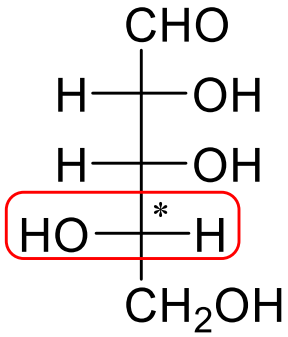
Aldopentose



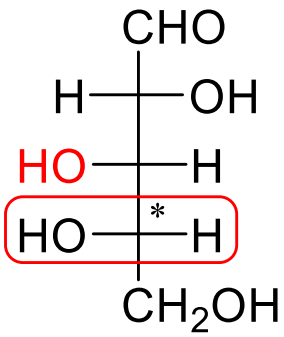
D-Ribose



D-Xylose

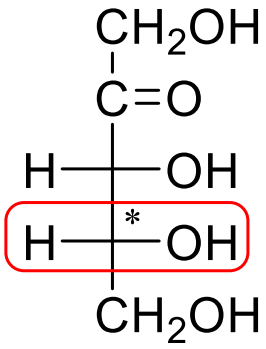


L-Ribose

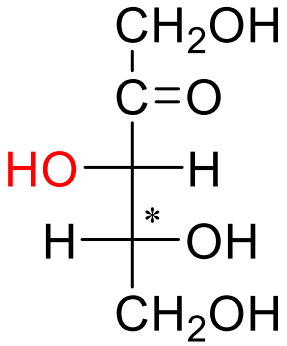


L-Xylose

Ketopentose



D-Ribulose

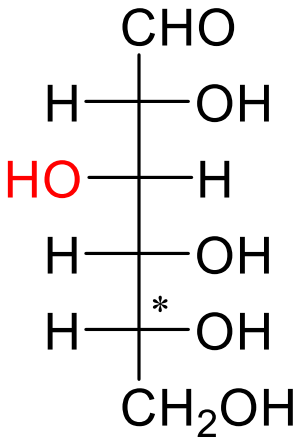


D-Xylulose

ماهو شكل اليساري لكلا من الريبوز والزيلوز؟

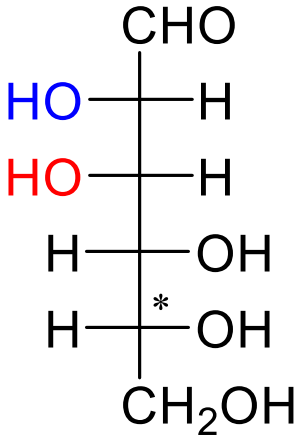
Hexoses

Aldohexose



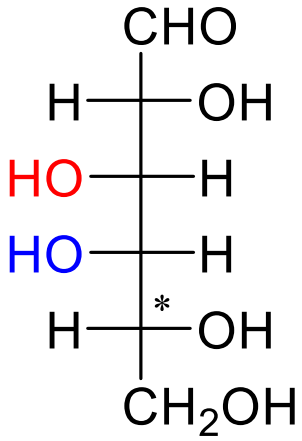
D-Glucose

D-جلوكوز



D-Mannose

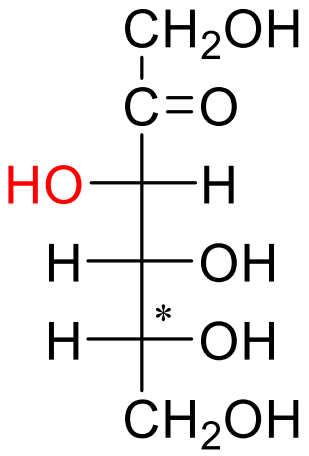
D-مانوز



D-Galactose

D-جلاكتوز

Ketohexose



D-Fructose

D-فركتوز

ماهو شكل اليساري لكلا من هذه السكريات؟

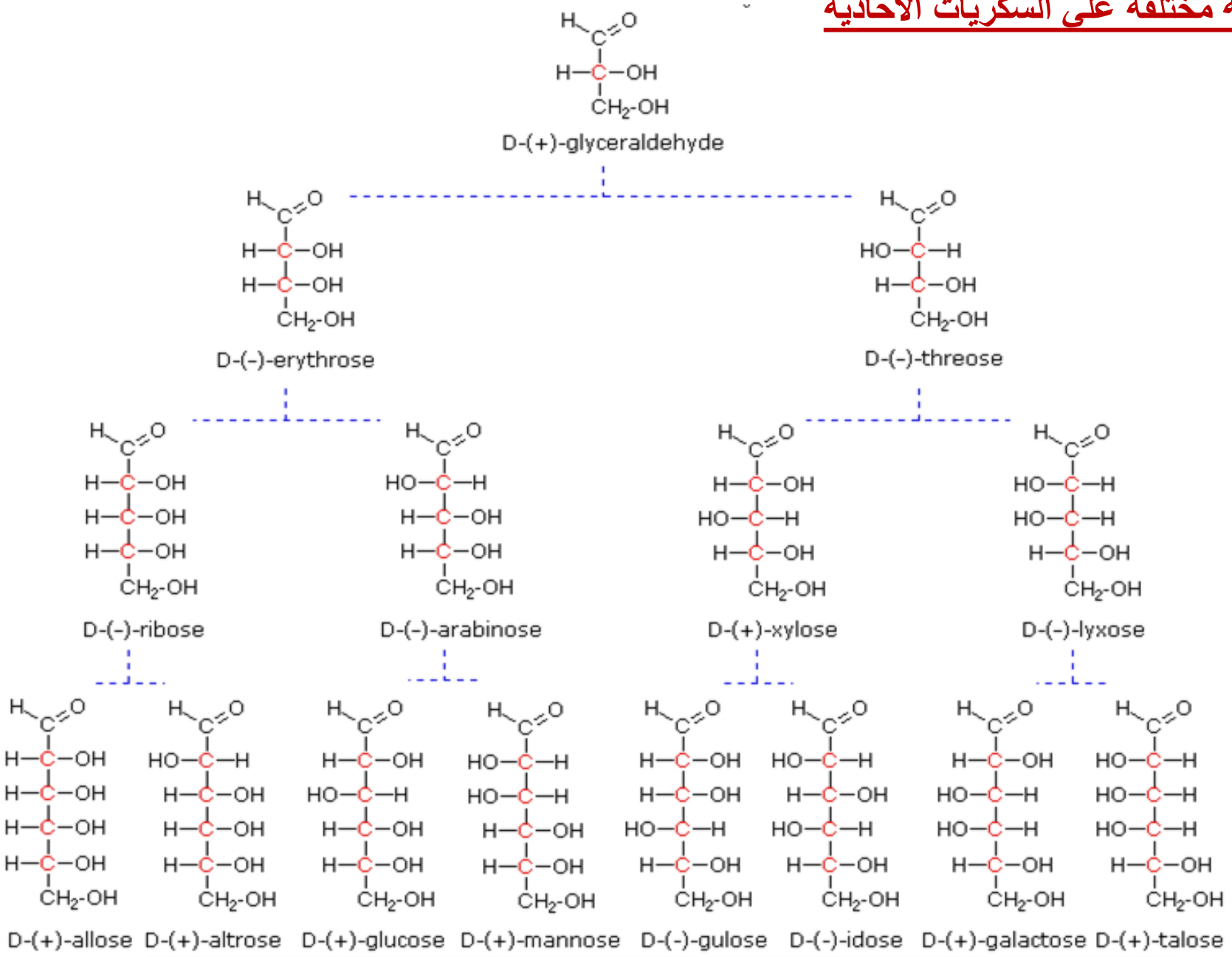
سكريات سداسية Hexoses

D-جلوكوز : مصدر عظيم للطاقة التى تحتاجها الأنسجة وهو مصدر وقود للدماغ وكريات الدم الحمراء والجلد.

D-فركتوز : يتحول فى الكبد والأمعاء إلى سكر الجلوكوز حيث يستفيد الجسم منه فى العمليات الآيضية.

D-جلاكتوز : يتحول إلى سكر الجلوكوز فى الكبد للعمليات الآيضية ويتم بناؤه فى الغدة اللبنية لصنع سكر اللاكتوز فى الحليب.

أمثله مختلفة على السكريات الأحادية



الفعالية البصرية للسكريات الأحادية

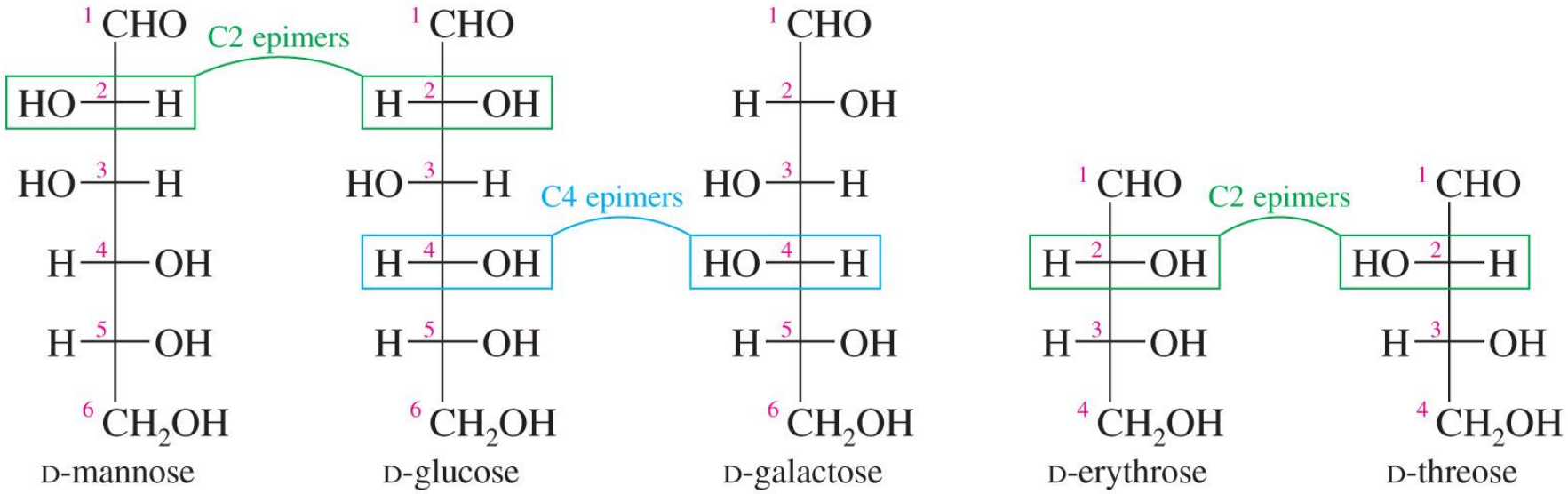
Optical activity of monosaccharides

إذا احتوى المركب على ذرة كربون أو أكثر غير متناظرة Asymmetric وتسمى أيضا كيراليه Chiral (ذرة كربون تحتوى على أربع استبدالات مختلفة) فالمركب يكون فعالاً بصرياً Optically active كما هو الحال فى السكريات الأحادية والأحماض الأمينية.

وعليه فعندما تمر حزمة لضوء مستقطب من جهاز مقياس الأستقطاب polarimeter على المحلول فإن شعاع الضوء المستقطب إما يدور يميناً فيكون المركب أيمن الدوران ويرمز له (+) أو (D) أو يدور يساراً فيكون أيسر الدوران ويرمز له (-) أو(L)

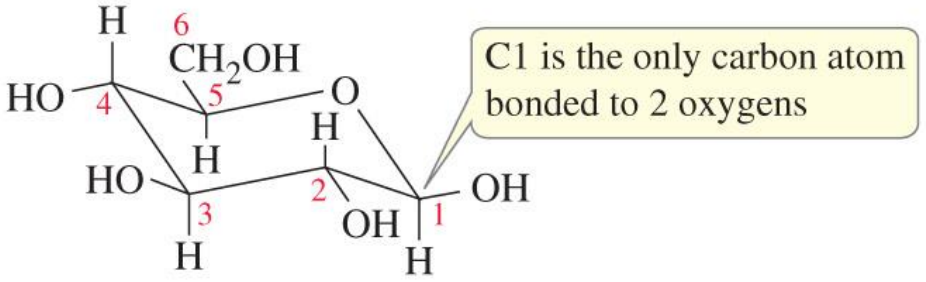
السكر الثلاثي الألدهيدي جليسرالدهيد توجد به ذرة كربون واحدة غير متماثلة أو غير متناظرة هى ذرة الكربون رقم ٢ (نجمه) والتى بإستطاعتها تدوير الضوء المستقطب لذلك يوجد هذا المركب بشكل إيزومرين Stereo isomers هما L ،D

Epimers

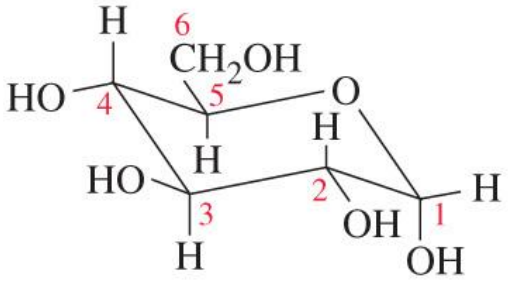


- السكريات التي تختلف في شكلها الفراغي في ذرة كربون واحدة فقط

Chair Conformation for Glucose
شكل الكرسي للجلوكوز

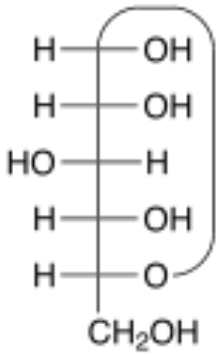


chair conformation (all substituents equatorial)

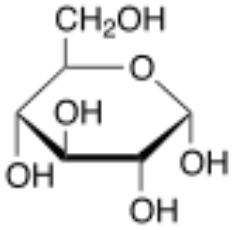


chair conformation (OH on C1 axial)

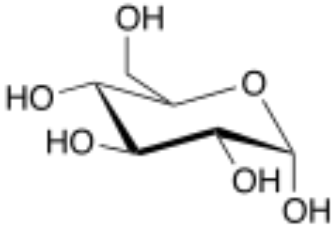
- لقد أظهرت الدراسات أن الوجود الفعلي لحلقات السكريات في الطبيعه لا تكون مستويه او حلقية مسطحه كما هي ممثله بصيغه هاورث، بل توجد في شكل حلقه البيرانوزالكرسي وشكل القارب.



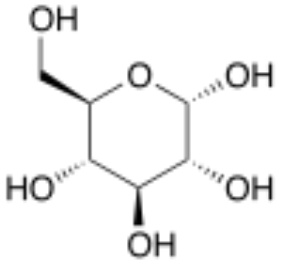
1



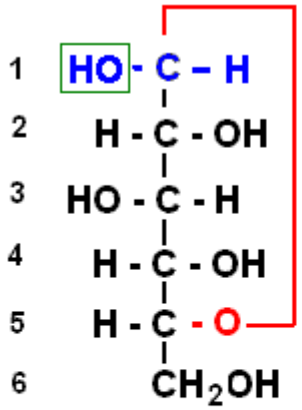
2



3



4

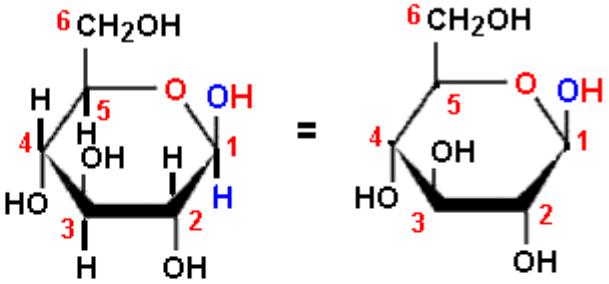


β -D-glucose كليكوز-D-β

صيغة فيشر حلقية، أنمير بيتا (β)

Représentation de Fisher cyclique, anomère béta (β)

=

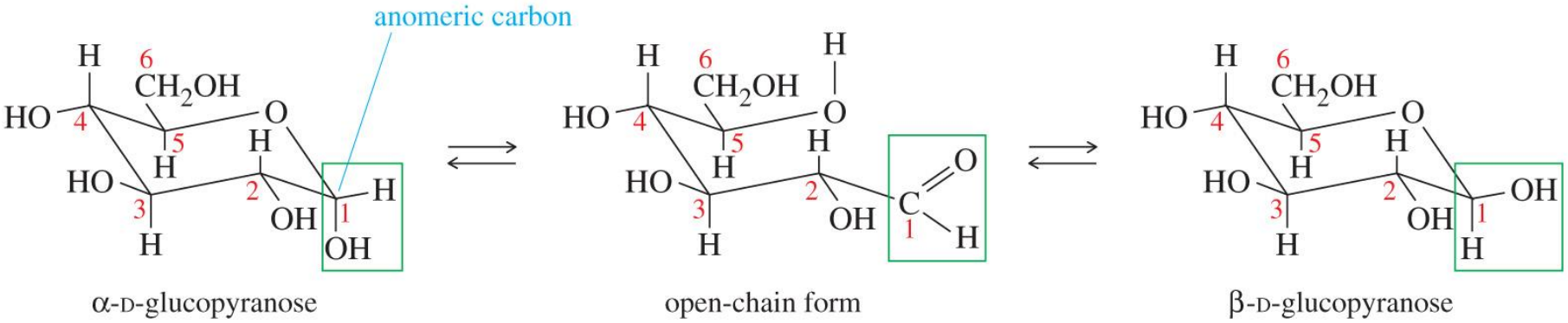


β -D-glucose كليكوز-D-β

β -D- كليكـــوبيرانـــوز في صيغة هـــاورث

β -D- glucopyranose, représentation de Haworth

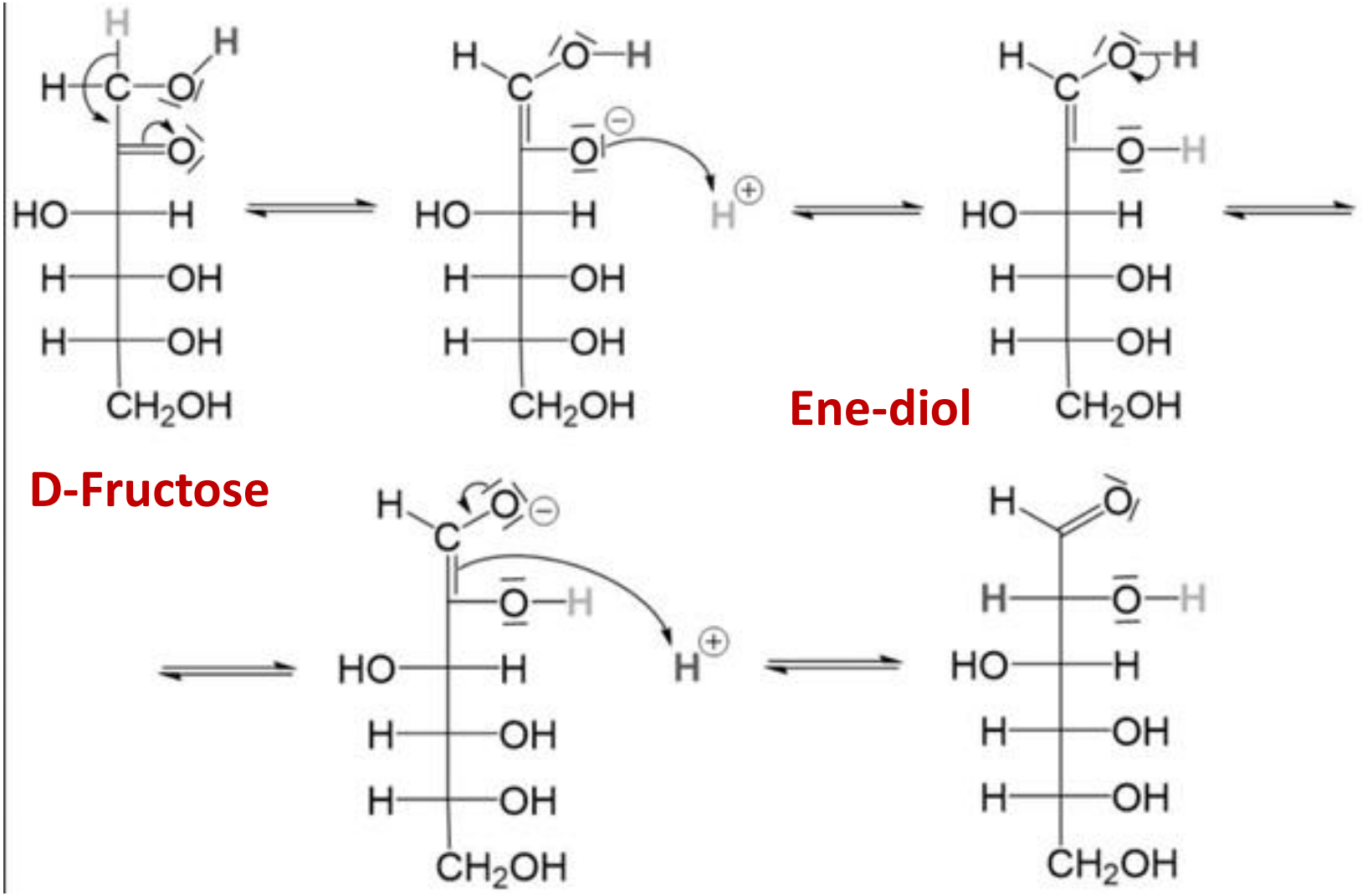
Anomers of Glucose



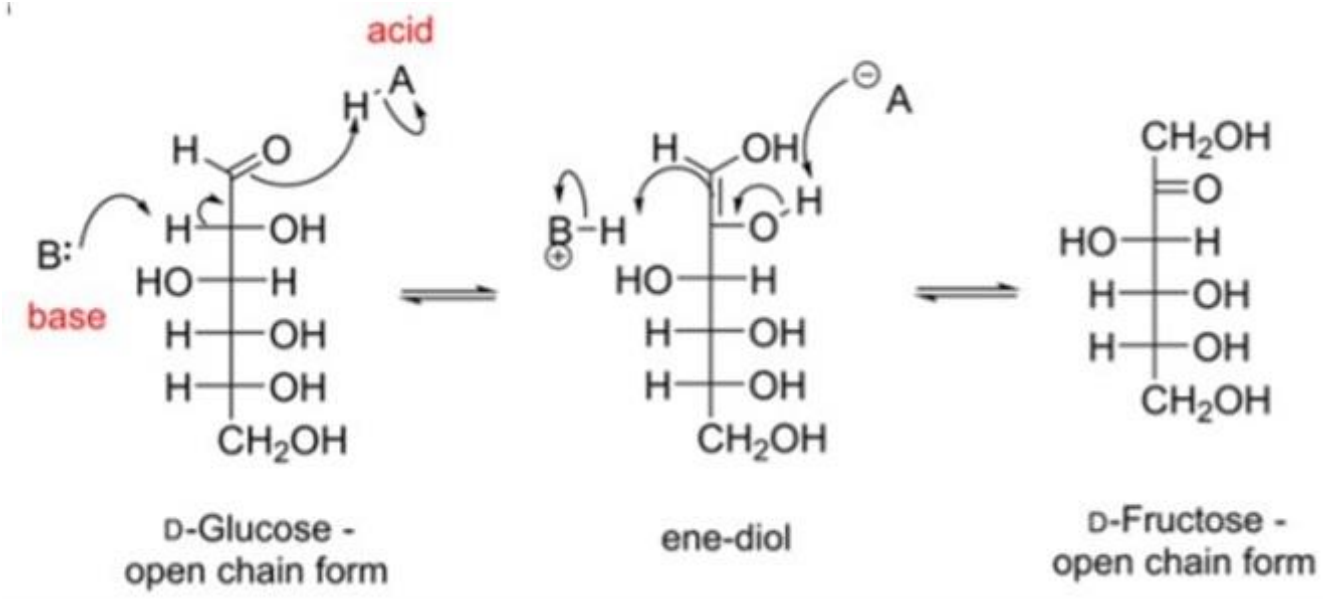
- تكون مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على الكربون غير المتماثل hemiacetal لأسفل (محوري) في انومر α وأعلى (استوائي) في β انومر.
- يحتوي β anomer للجلوكوز على جميع بدائله في المواقع الاستوائية.
- يُطلق على الكربون الهيمي أسيتال اسم الكربون الأنومريك، ويمكن التعرف عليه بسهولة على أنه ذرة الكربون الوحيدة المرتبطة باثنين من الأكسجين.

ظاهرة التغير الدوراني (Mutarotation) تعني Interconversion بين المتناظر ألفا أو أنومير ألفا Anomere α والمتناظر بيتا Anomere β بعد اكتشاف التركيب الحلقي للسكريات، أصبح بالامكان تفسير سلوك السكريات الذ كان غامضا قبل ذلك و الذي كان يتعلق بتغير تدريجي للتدوير الضوئي للجلوكوز. لقد ثبت أن الأمر يتعلق بتحول احد الشكلين الفا α او بيتا β - جلوكوز في المحلول الي الشكل الاخر حتي الوصول الي حاله الاتزان بينهما وهي تكوين مزيج من المتناظرين، أي ٣٥% تقريبا من الشكل الفا و ٦٥% من الشكل بيتا. ثبت كذلك أن التحول بين الأنومير α والأنوميرβ يمر بالنمط المفتوح الخطي.

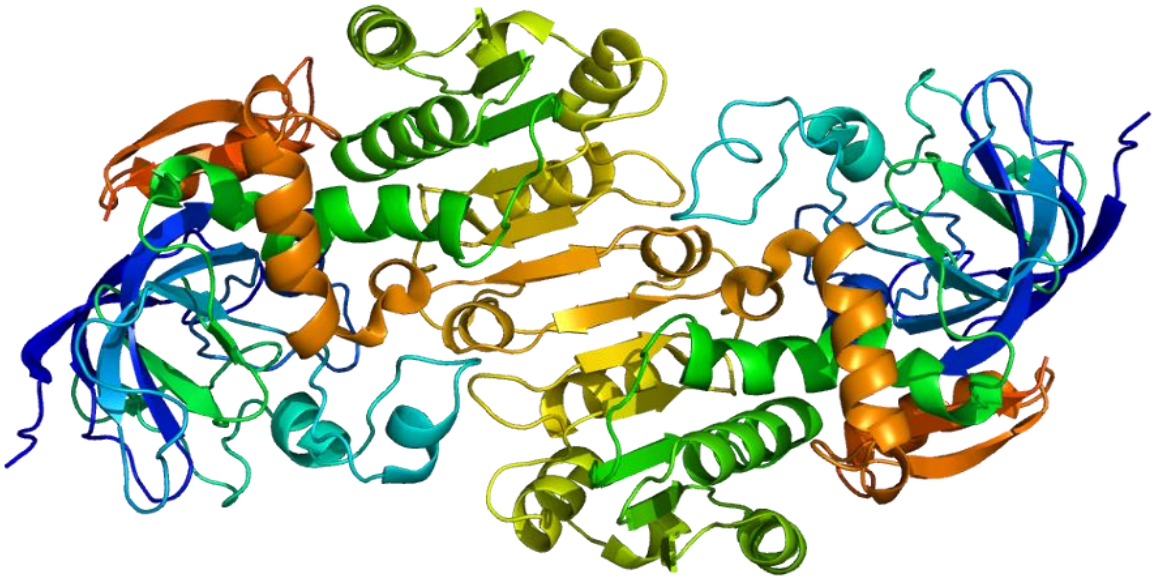
Tautomerization



Tautomerization



Bio-Chemistry



Oxidation and Reduction of monosaccharaides

أكسدة وإختزال السكريات الأحادية

Reactions of Monosaccharides

تفاعلات السكريات الأحادية

تفاعلات السكريات الأحادية

Oxidation
الأكسده

Sugar acids
الأحماض السكرية

Reduction
الإختزال

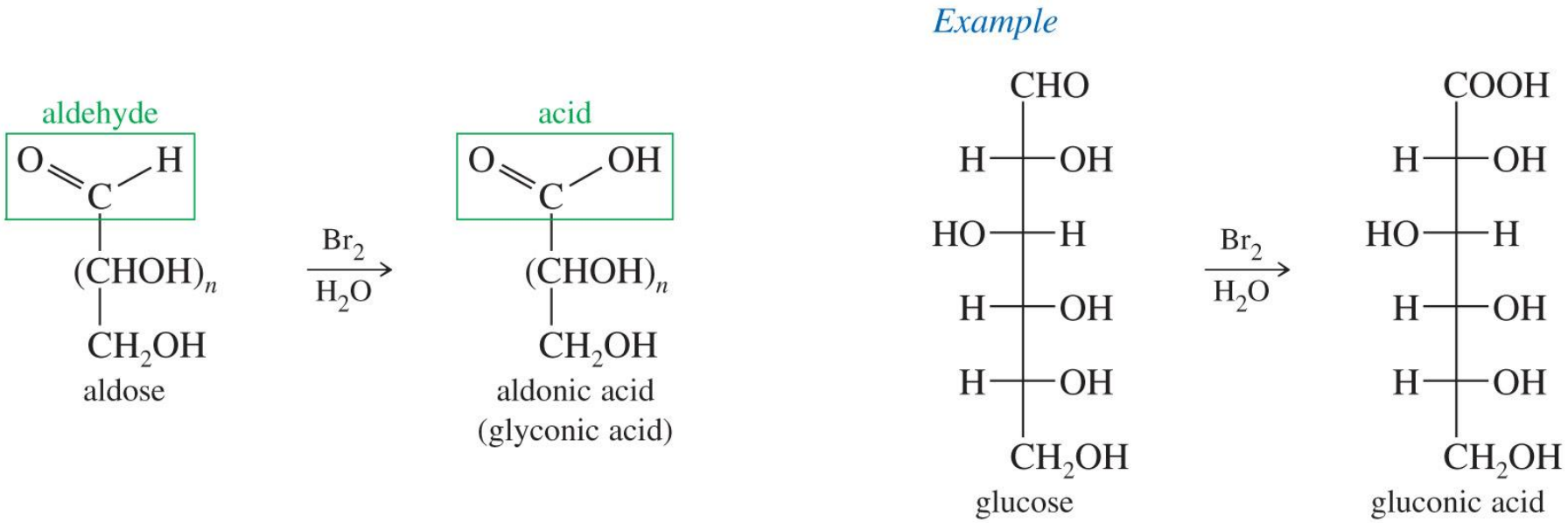
Sugar alcohols
السكريات الكحوليه

Or De-oxy sugar

Reaction with NH_3
التفاعل مع الآمونيا

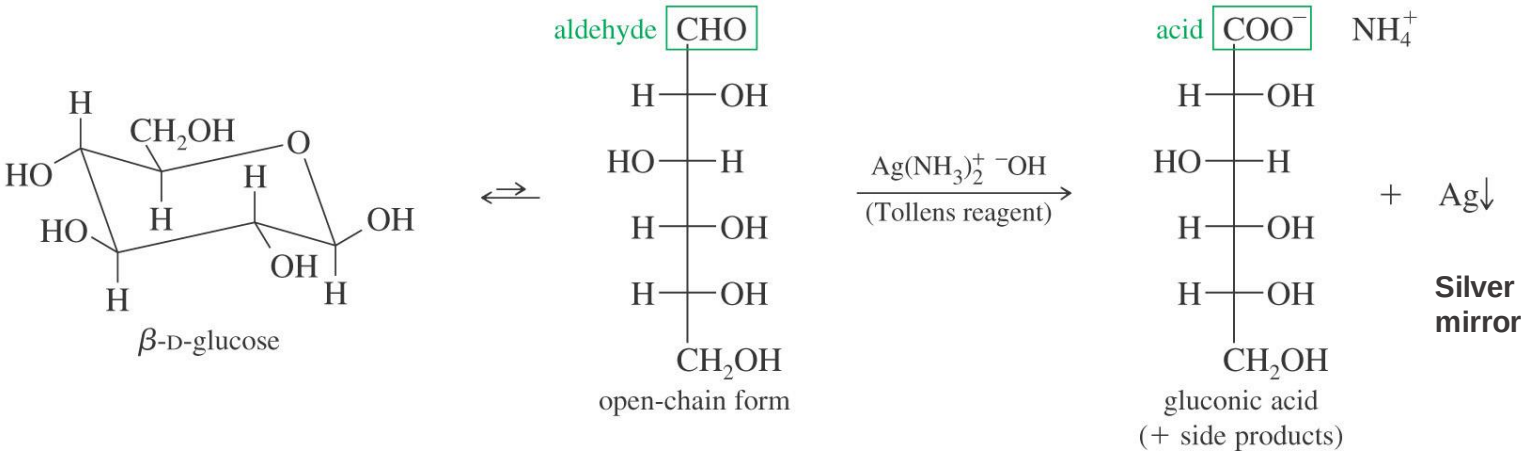
Sugar amine
السكريات الأمينية

الأكسدة بماء البروم



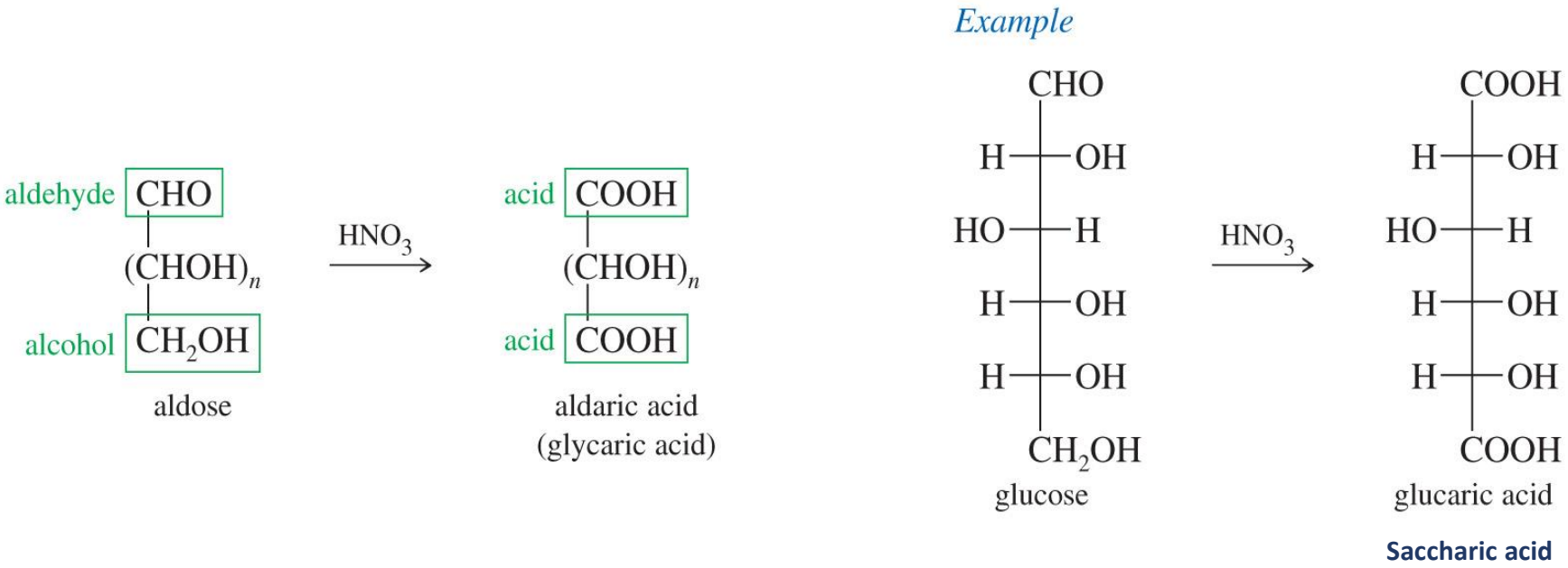
- يتم أكسدة مجموعة الألدهيد إلي مجموعة كربوكسيل بإستخدام ماء البروم.
- ماء البروم يقوم بأكسدة الألدهيد فقط ولا يستطيع أكسدة مجموعات الكحول ولا مجموعات الكيتون.

الأكسدة بإستخدام كواشف تولينز وبندكت
Tollens and Benedict's reagents



- Aldoses have an aldehyde group, which reacts with Tollens reagent to give an **aldonic acid** and a silver mirror.
- يتحول الألدوز إلي حامض الألدونيك عندما يتفاعل مع كاشف تولينز.
- Sugars that reduce Tollens reagent to give a silver mirror are called ***reducing sugars***.
- السكريات التي تختزل كاشف بندكت وتولينز تسمى سكريات مختزله.
- Tollens test is used as a qualitative test for the identification of aldehydes.
- يستخدم إختبار تولينز للتعرف علي الألدهيدات

Nitric Acid Oxidation
الأكسدة بإستخدام حامض النيتريك



- يعتبر حامض النيتريك عامل مؤكسد قوي أقوي من ماء البروم، لذا يقوم بأكسدة كلا من مجموعة الألدهيد ومجموعة الكحول الطرفية $-CH_2OH$ إلي مجموعات كربوكسيل لكي يُعطي حامض الألداريك Aldaric acid

Reactions of Monosaccharides

Oxidation → Sugar acids

Reduction → Sugar alcohols

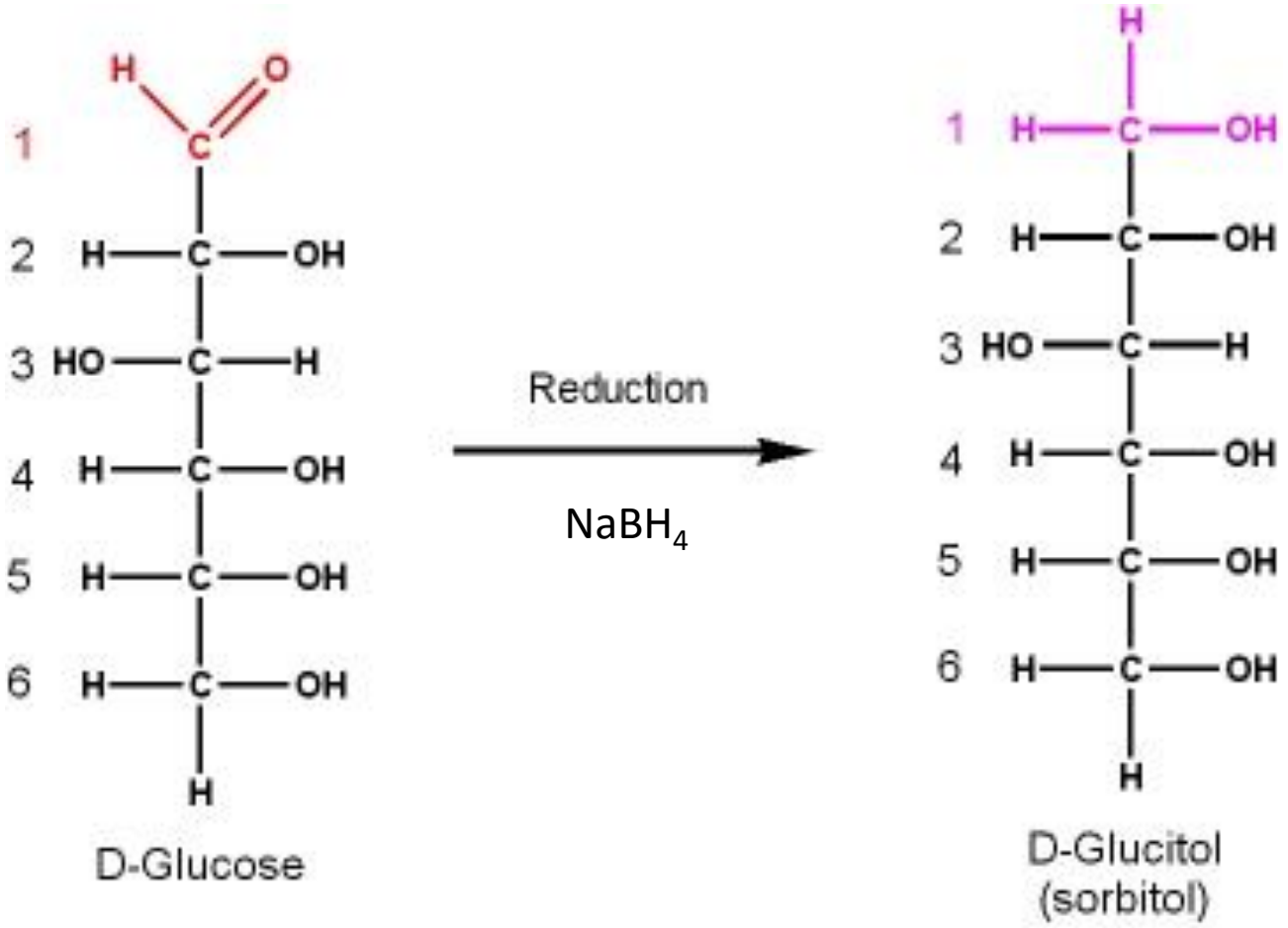
Or De-oxy sugar

Reaction with NH_3 → Sugar amine

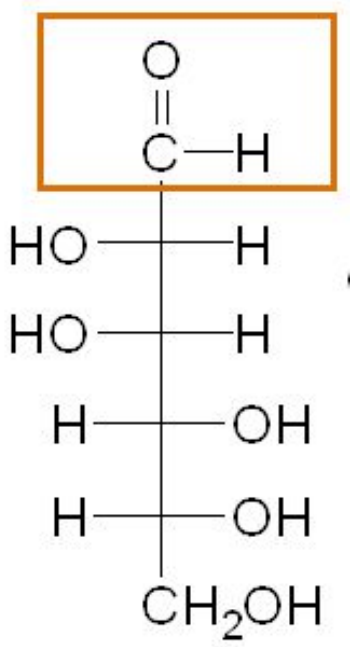
Reduction of Simple Sugars

- C═O of aldoses or ketoses can be reduced to C—OH by $NaBH_4$ or H_2/Ni.
- Name the sugar alcohol by adding -***itol*** to the root name of the sugar.
- Reduction of D-glucose produces **D-glucitol**, commonly called **D-sorbitol**.
- Reduction of D-fructose produces a mixture **of D-glucitol** and **D-mannitol**.

Reduction of Glucose

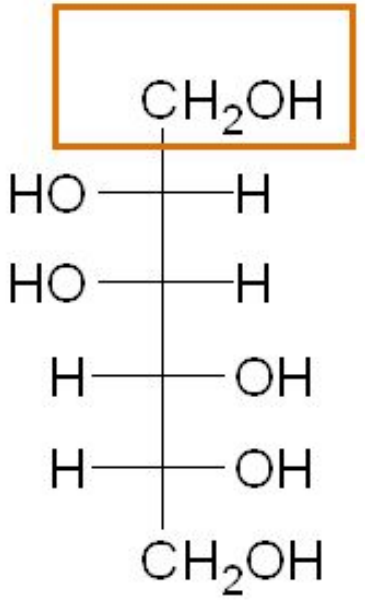


Reduction of Mannose



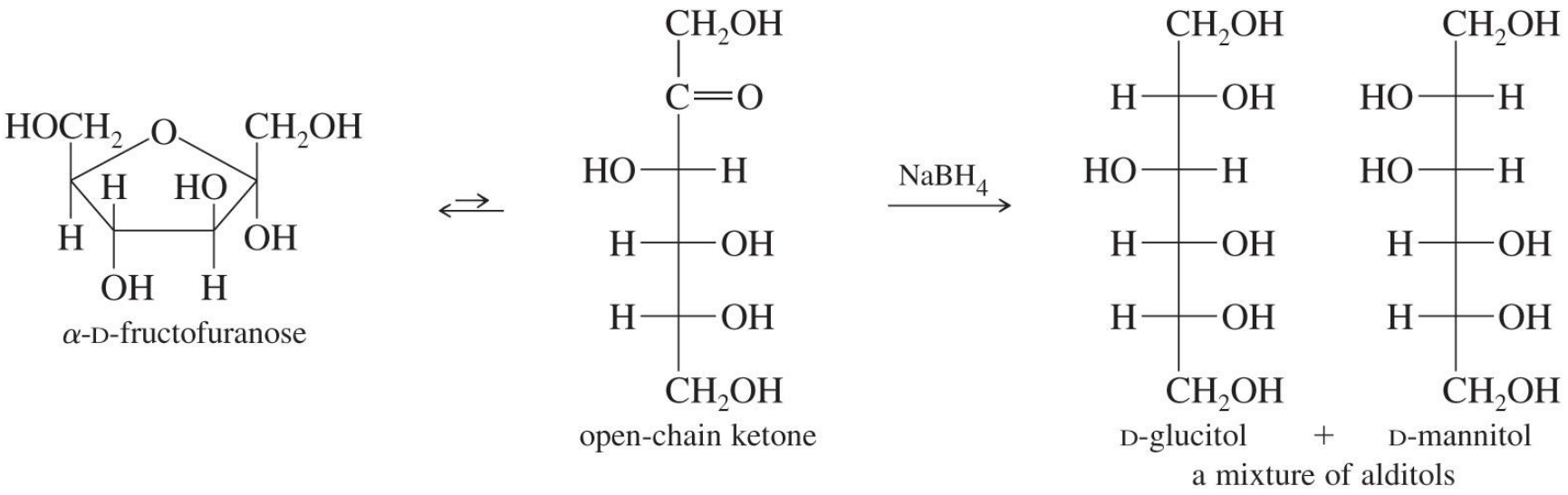
D-Mannose

Reduction



D-Mannitol

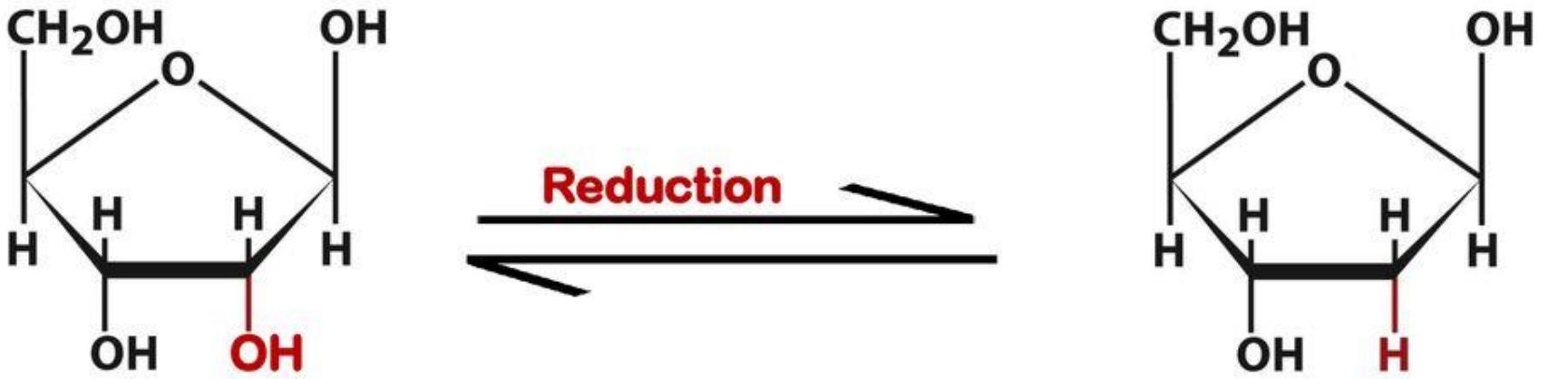
Reduction of Fructose



- Reduction of fructose creates a new asymmetric carbon atom, which can have either configuration.
- The products are **a mixture** of glucitol and mannitol.

Write the products of the reductions of **D-ribose** and ribulose?

Deoxy Sugars: OH → H



β-D-Ribose (RNA)

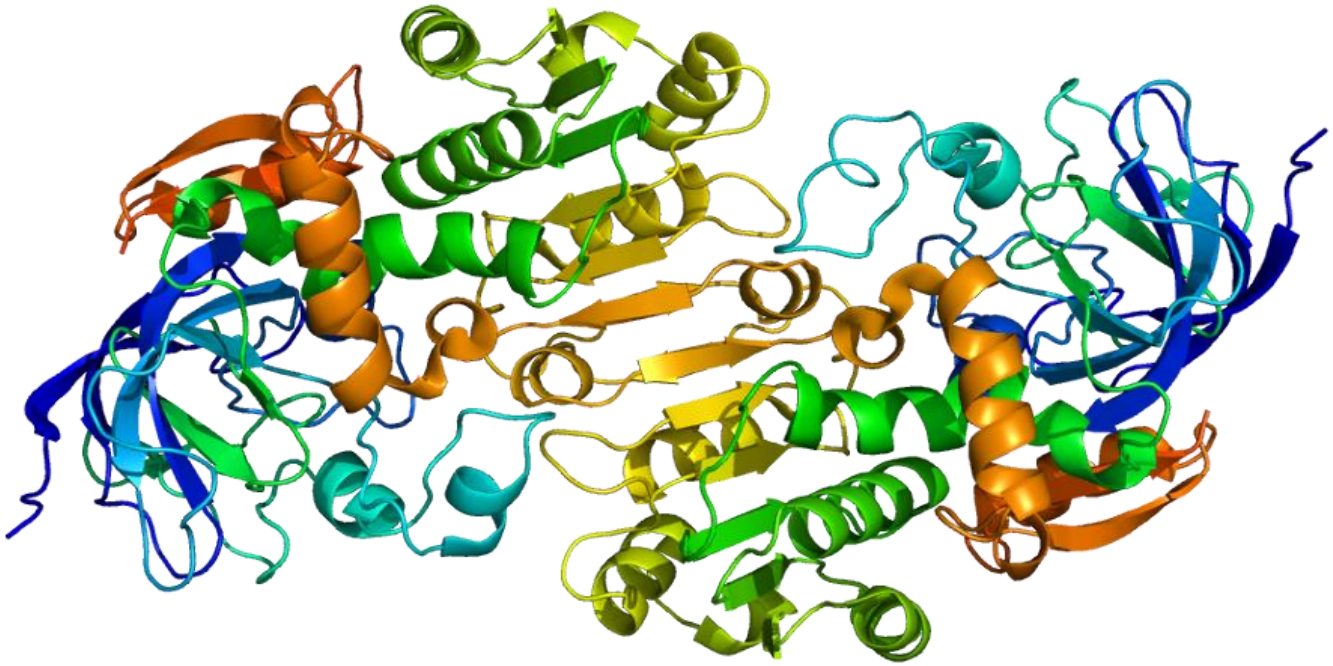
β-D-2-Deoxyribose (DNA)

- Reduction (via reductases) of an OH group to H generates the corresponding deoxy sugar

- Nomenclature based on simply prefixing the sugar with n-deoxy-, where n is the position of OH reduced or replaced

- For example, reduction of the OH group at C2 of ribose generates 2-deoxyribose—a component of DNA

Bio-Chemistry



Reactions of monosaccharaides – Part-2

Reactions of Monosaccharides

Oxidation → Sugar acids

Reduction → Sugar alcohols

Or De-oxy sugar

Reaction with NH_3 → Sugar amine

Ruff Degradation → aldose with one less carbon atom

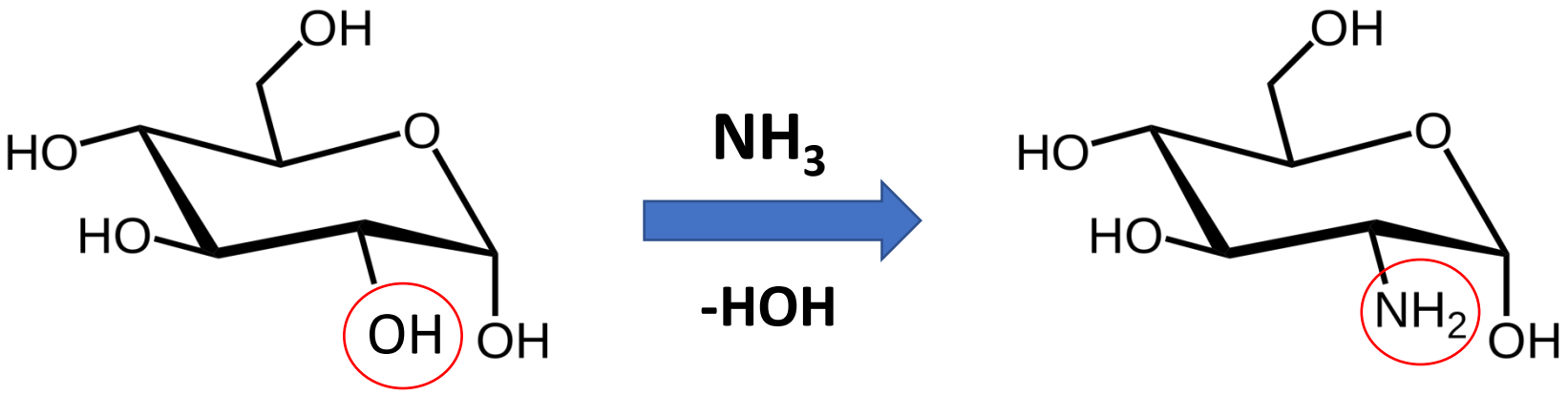
Kiliani–Fischer Synthesis → aldose with one more carbon atom

Reaction with phenylhydrazine → Osazone

Esterification and etherification

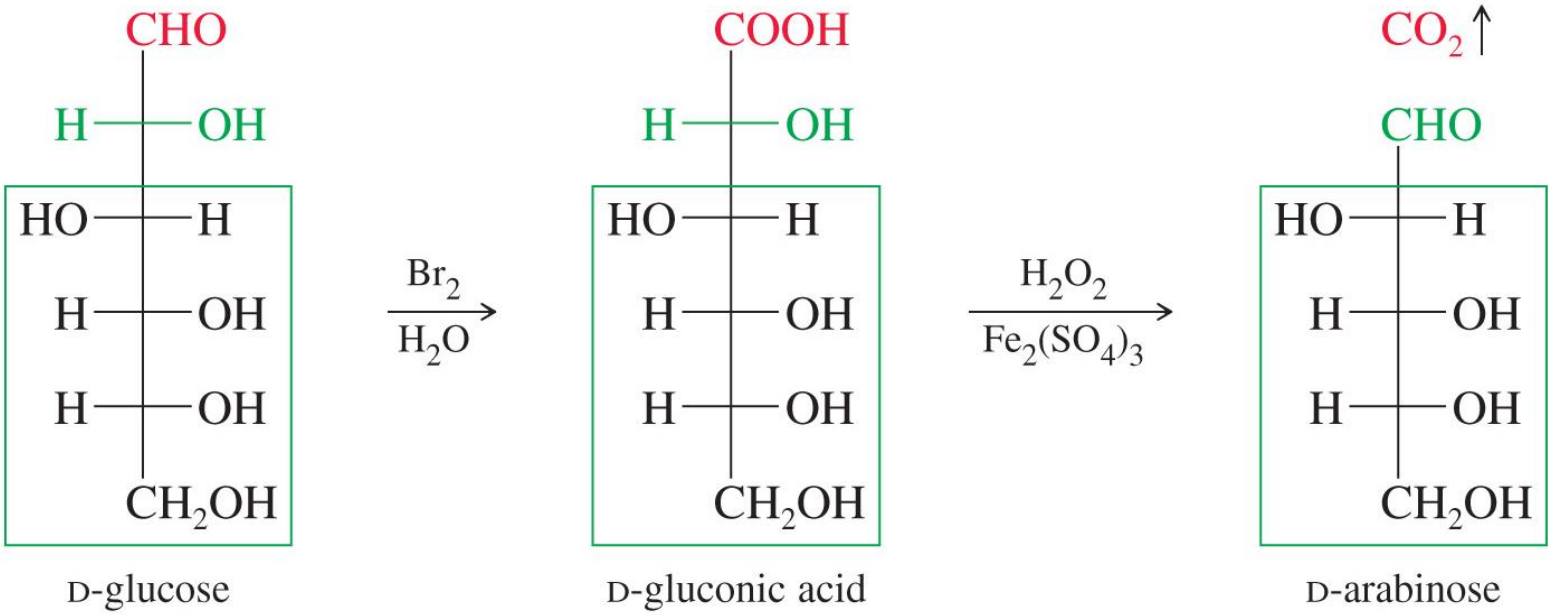
Formation of Glycosides

Reaction with NH_3



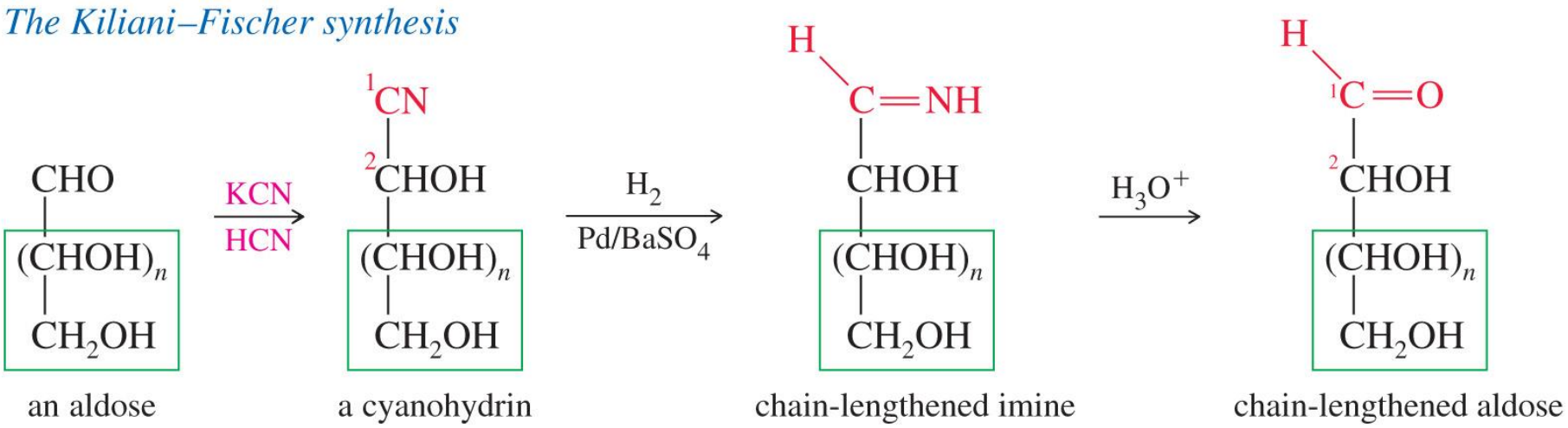
Glucose **Glucosamine**

Ruff Degradation



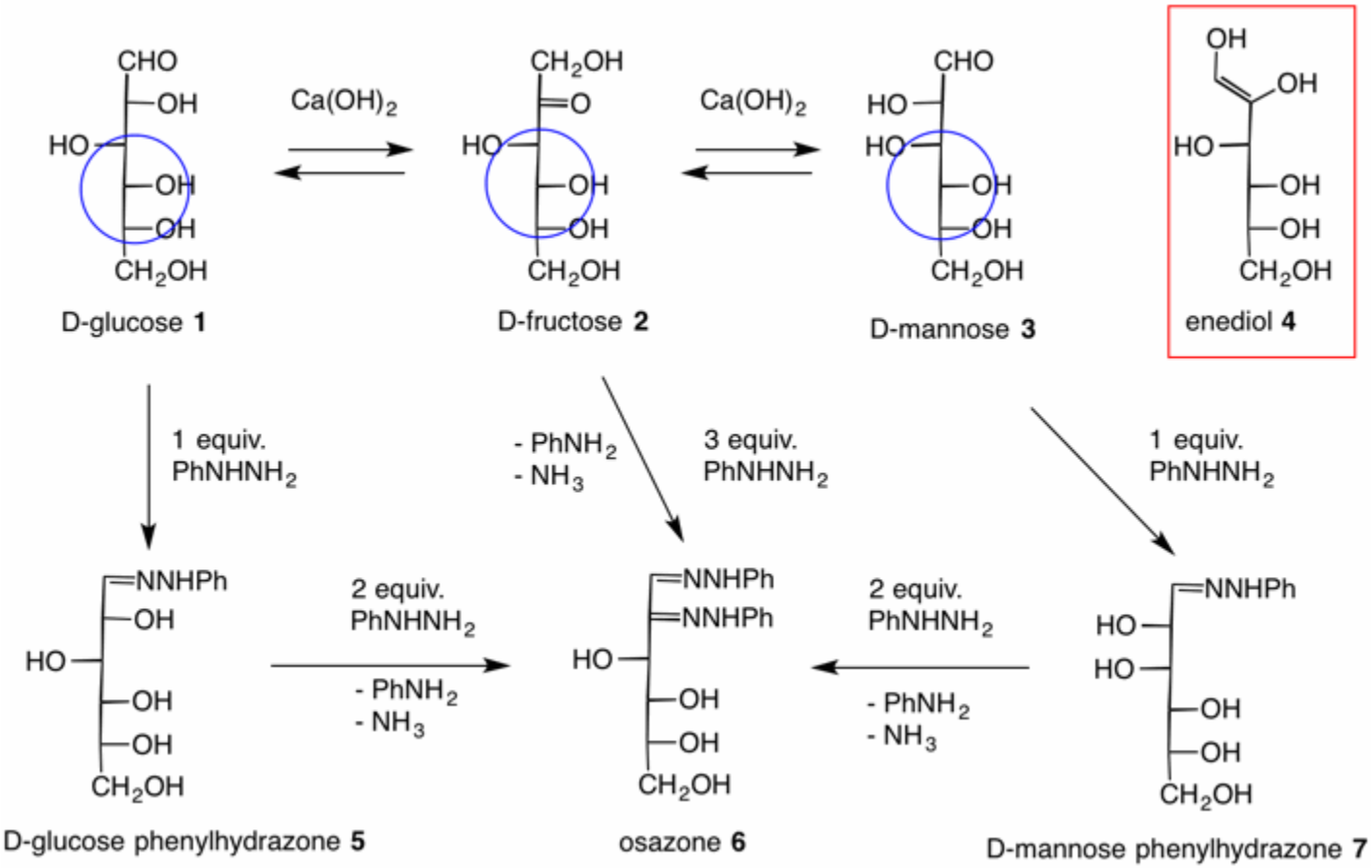
- The Ruff degradation is a two-step process that begins with the bromine water oxidation of the aldose to its aldonic acid.
- Treatment of the aldonic acid with hydrogen peroxide and ferric sulfate oxidizes the carboxyl group to CO_2 and gives an aldose with one less carbon atom.

Kiliani–Fischer Synthesis

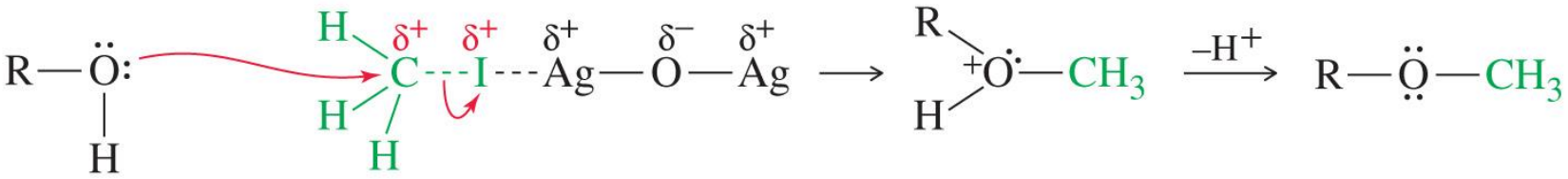


- The **Kiliani–Fischer synthesis** lengthens an aldose carbon chain by adding one carbon atom to the aldehyde end of the aldose.
- This synthesis is useful both for determining the structure of existing sugars and for synthesizing new sugars.

Formation of Osazone
تكوين الأوزازون

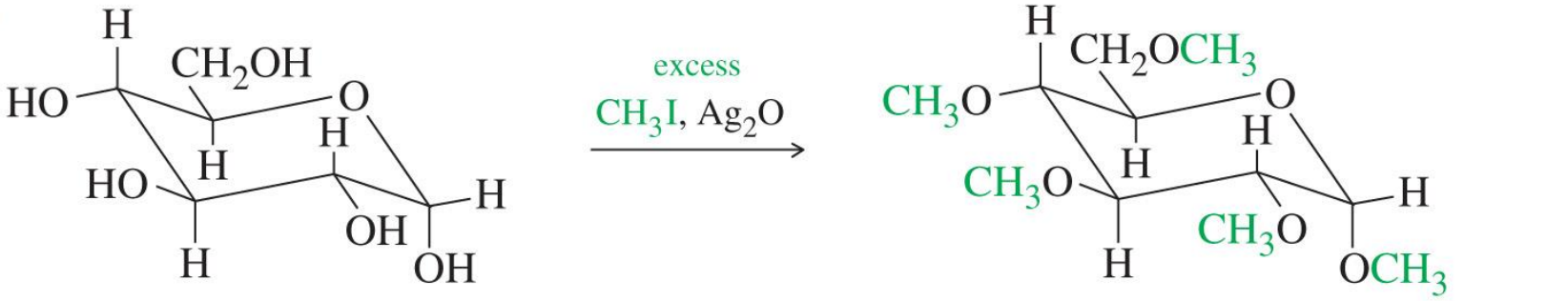


Methyl Ether Formation



sugar hydroxyl group polarized CH_3I ether

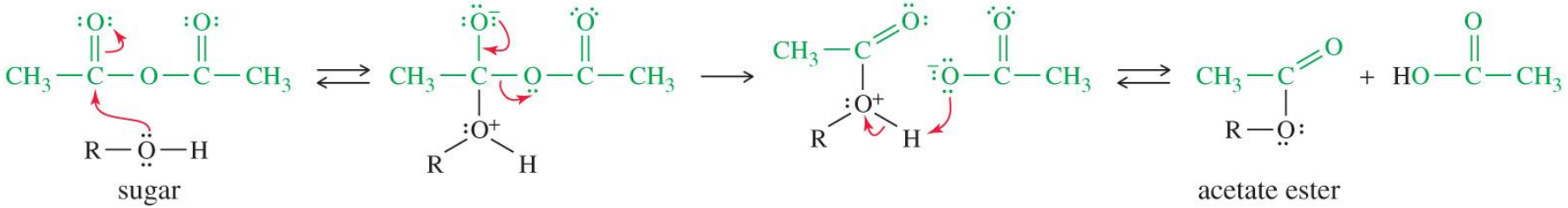
Example



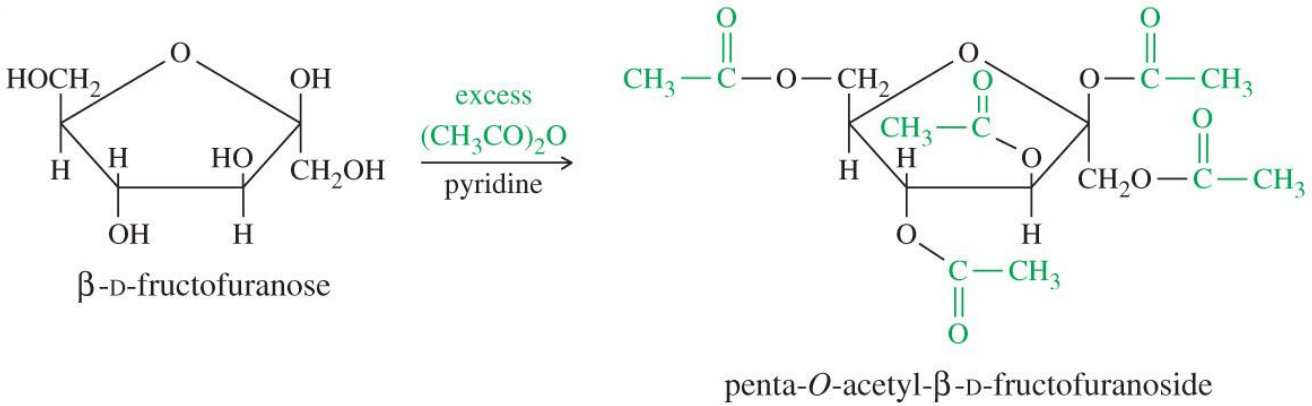
α-D-glucopyranose methyl 2,3,4,6-tetra-*O*-methyl-α-D-glucopyranoside

- Reaction of the sugar with methyl iodide and silver oxide will convert the hydroxides to methyl ethers.
- The methylated sugar is stable in base.

Acetate Ester Formation

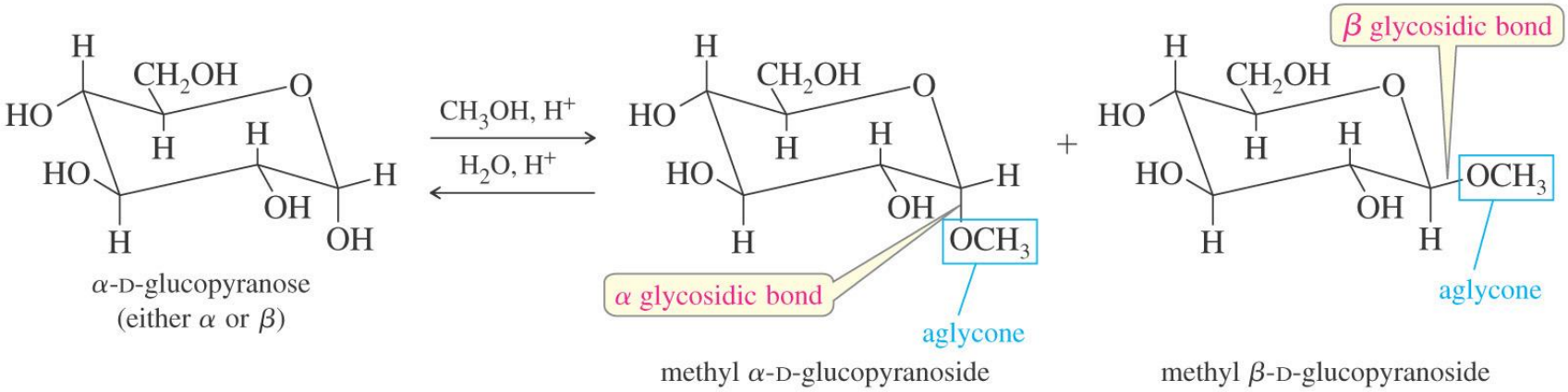


Example



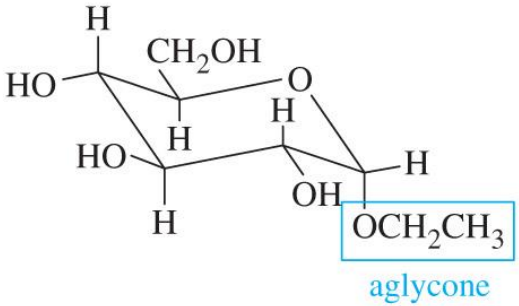
- Acetic anhydride with pyridine catalyst converts all the oxygens to acetate esters.
- Esters are readily crystallized and purified.

Formation of Glycosides

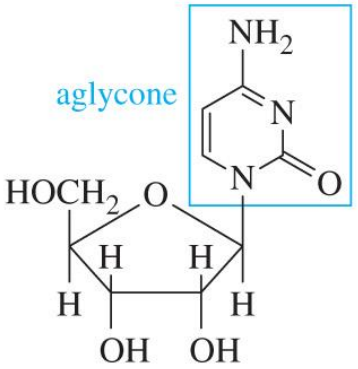


- React the sugar with alcohol in acid.
- Since the open-chain sugar is in equilibrium with its α- and β-hemiacetal, both anomers of the acetal are formed.
- ***Aglycone*** is the term used for the group bonded to the anomeric carbon.

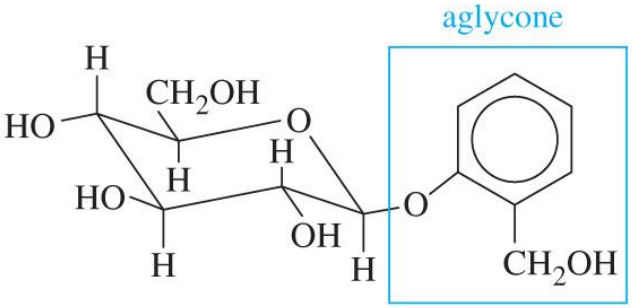
Aglycones



ethyl α-D-glucopyranoside



cytidine, a nucleoside

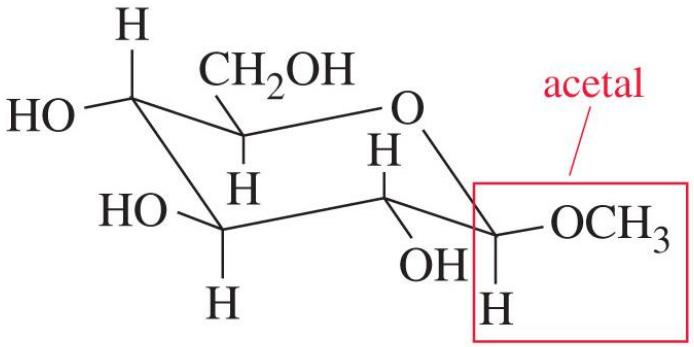


salicin, from willow bark

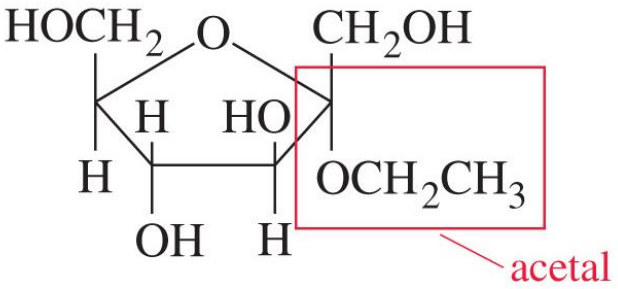
- The group bonded to the anomeric carbon of a glycoside is called an ***aglycone***.
- Some aglycones are bonded through an oxygen atom (a true acetal), and others are bonded through other atoms such as nitrogen.

Nonreducing Sugars

Examples of nonreducing sugars



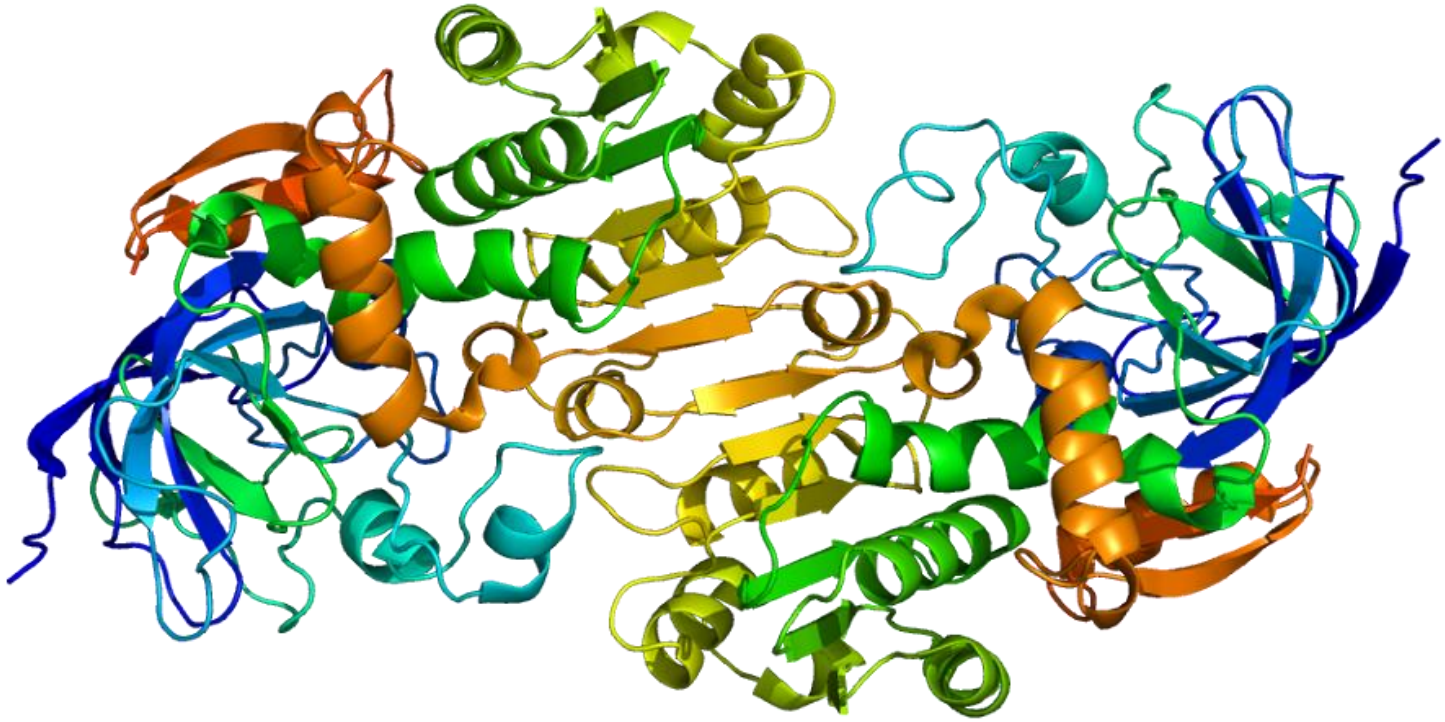
methyl β-D-glucopyranoside
(or methyl β-D-glucoside)



ethyl α-D-fructofuranoside
(or ethyl α-D-fructoside)

- Glycosides are acetals, stable in base, so they do not react with Tollens reagent.
- Disaccharides and polysaccharides are also acetals, nonreducing sugars.

Bio-Chemistry



Di- and polysaccharides

السكريات الثنائية Disaccharides

هي السكريات الناتجة من اتحاد جزأين من السكريات الاحادية.

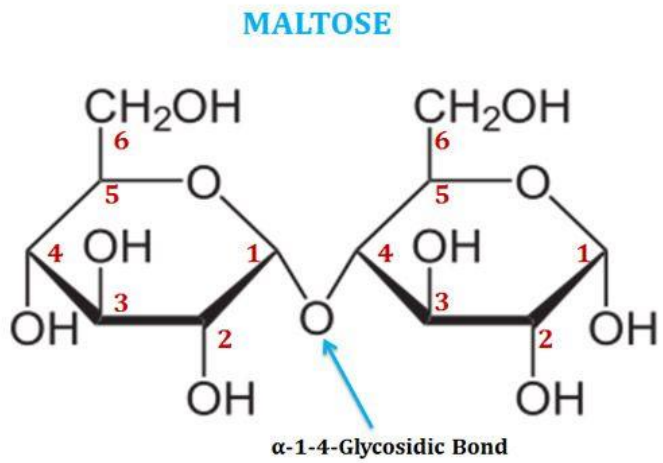
الرمز العام لها $C_{12}H_{22}O_{11}$ وأهمها السكروز والمالتوز واللاكتوز، حيث تتحلل مائياً إلى وحدتين من السكريات الأحادية.

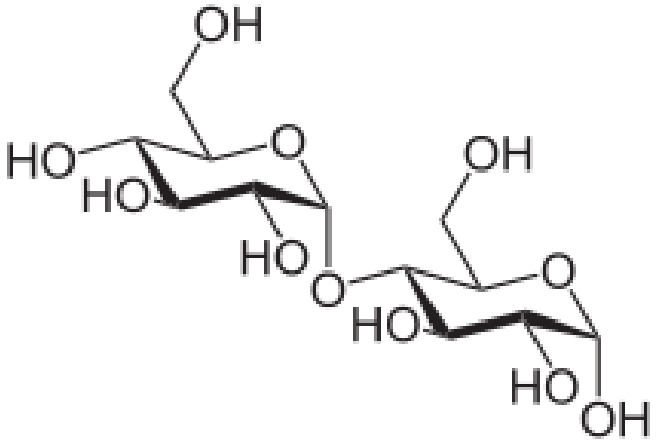
-هي من السكريات الشائعة فى المملكة النباتية مثل سكر القصب والعنب كما أنها توجد فى الحليب.

Important Disaccharides

- Maltose
- Lactose
- Sucrose

المالتوز (سكر العنب) : maltose





- يتكون المالتوز من جزئيتين من الجلوكوز مرتبطين بواسطة رابطة جليكوسيدية ناتجة من ترابط ذرة الكربون رقم (١) مع ذرة الكربون رقم (٤) فى الجزئ الآخر وينتج عن هذا الترابط فقد جزئ ماء.

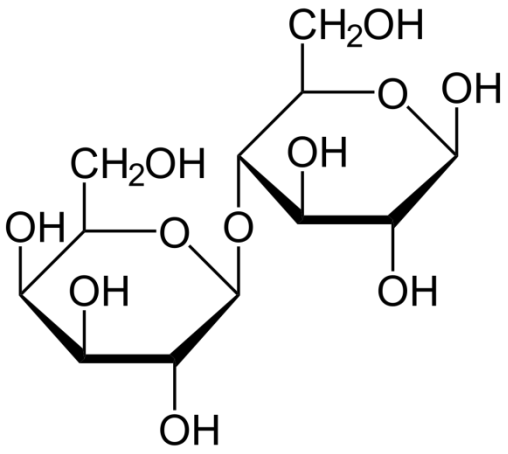
- ينتج المالتوز من هضم النشا النباتي والحيوانى بواسطة إنزيم الأميليز الموجود فى اللعاب والأمعاء ليعطي جزيئين من الجلوكوز.

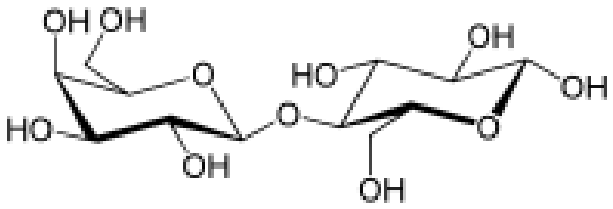
- يعتبر المالتوز سكر مختزل لإحتوائه علي ذرة هيمي أستال حره.

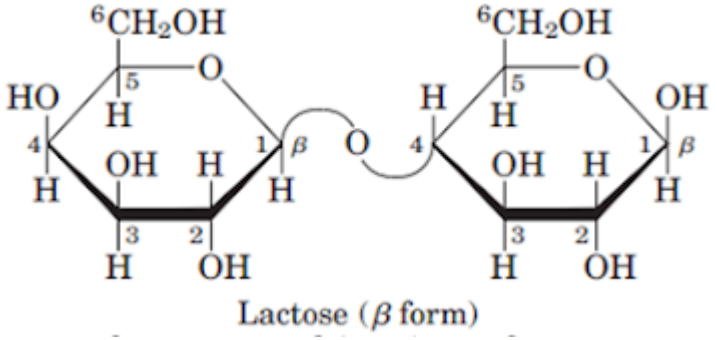
اللاكتوز (سكر الحليب) : Lactose

- يوجد فقط فى الحليب ويمكن تحلله إلى جزئ جلوكوز وآخر جلاكتوز بواسطة إنزيم اللأكتيز الموجود فى الأمعاء وهو أنزيم نشط لدي الأطفال الرضع.

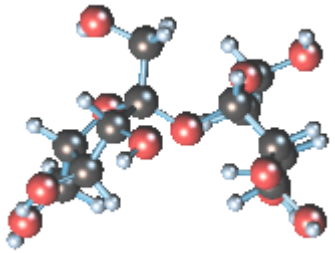
- يعتبر اللاكتوز من السكريات المختزلة.



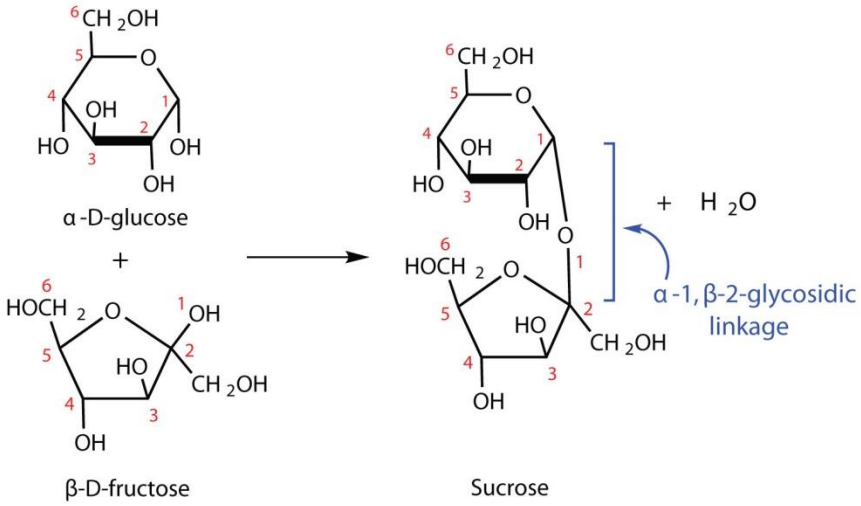


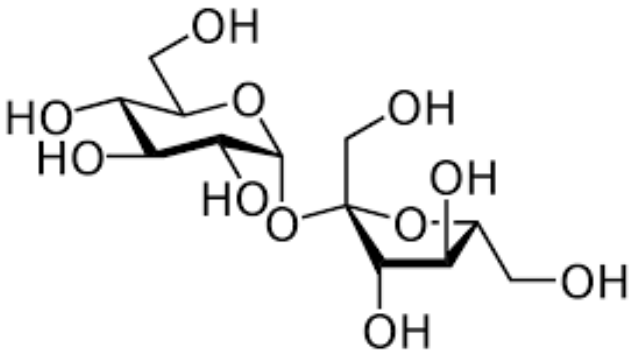


Lactose (β form)



السكروز (سكر القصب/ المائده) : Sucrose





- يتحلل إلى جزئ جلوكوز وآخر فركتوز بواسطة إنزيم السكريز ويطلق عليه أحياناً إنزيم إنفرتيز، ويوجد إنزيم الانفرتيز فى الأمعاء.
- السكروز حلو المذاق ويذوب في الماء بسرعه جدا
- يعتبر سكر السكروز من السكريات الغير مختزلة.

السكريات العديدة polysaccharides

هى عبارة عن سلاسل طويلة مستقيمة أو متشعبة polymer ناتجة عن ترابط نوع واحد من وحدات سكر أحادي متكرر أو أكثر بواسطة رابطة جلايكوسيدية glycosidic bond مع حذف جزئية ماء.

تقسم السكريات العديدة إلى قسمين بناءاً على تركيبها الكيميائي إلي:

(١) السكريات العديدة المتجانسة Homopolysaccarides

هى سلاسل طويلة مكونة من نوع واحد من السكريات الأحادية.

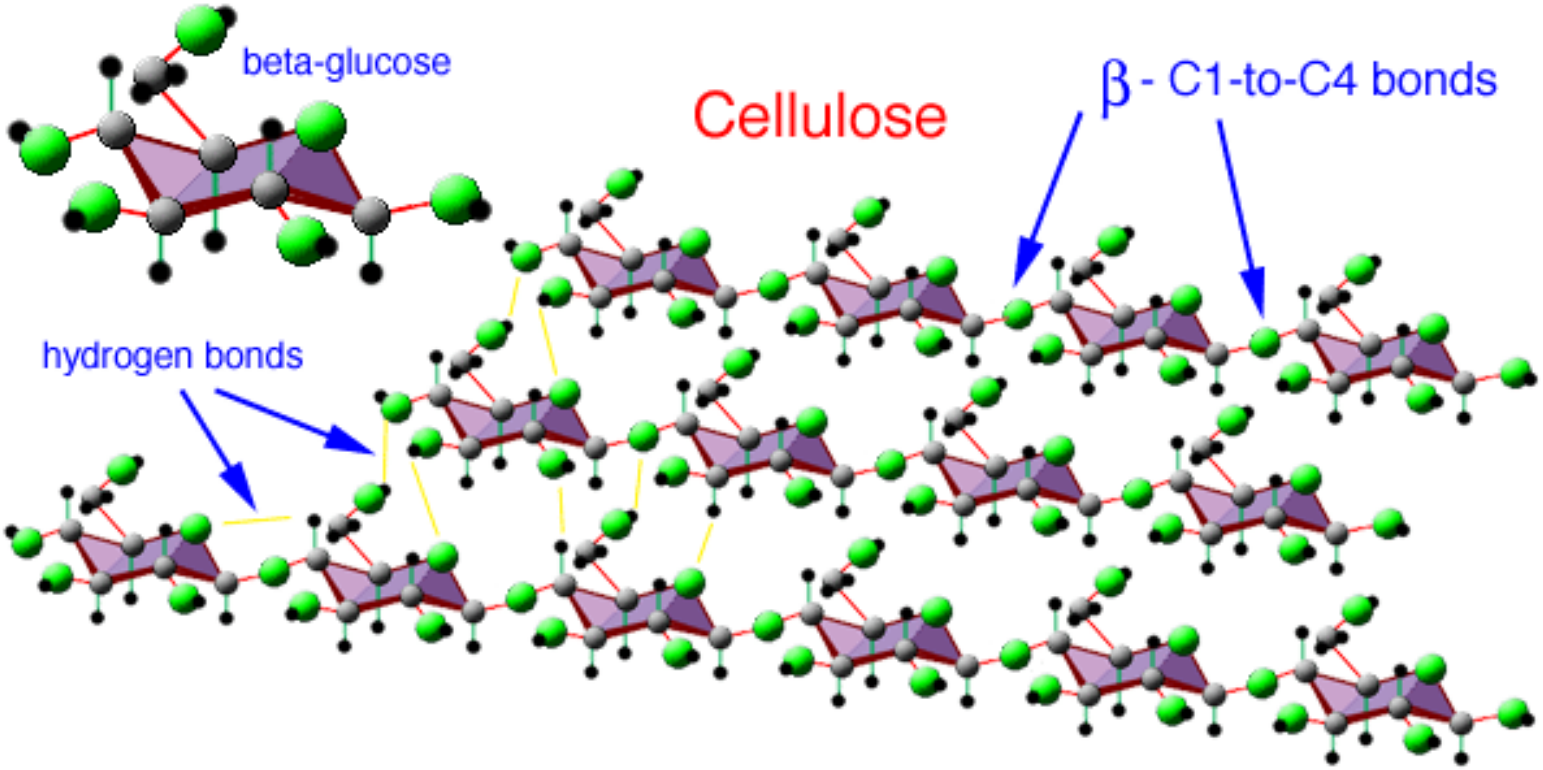
من أمثلتها النشا النباتى (وحدات متكررة من الجلوكوز) والجلايكوجين (النشا الحيواني)

(٢) السكريات العديدة غير المتجانسة Heteropolysaccarides

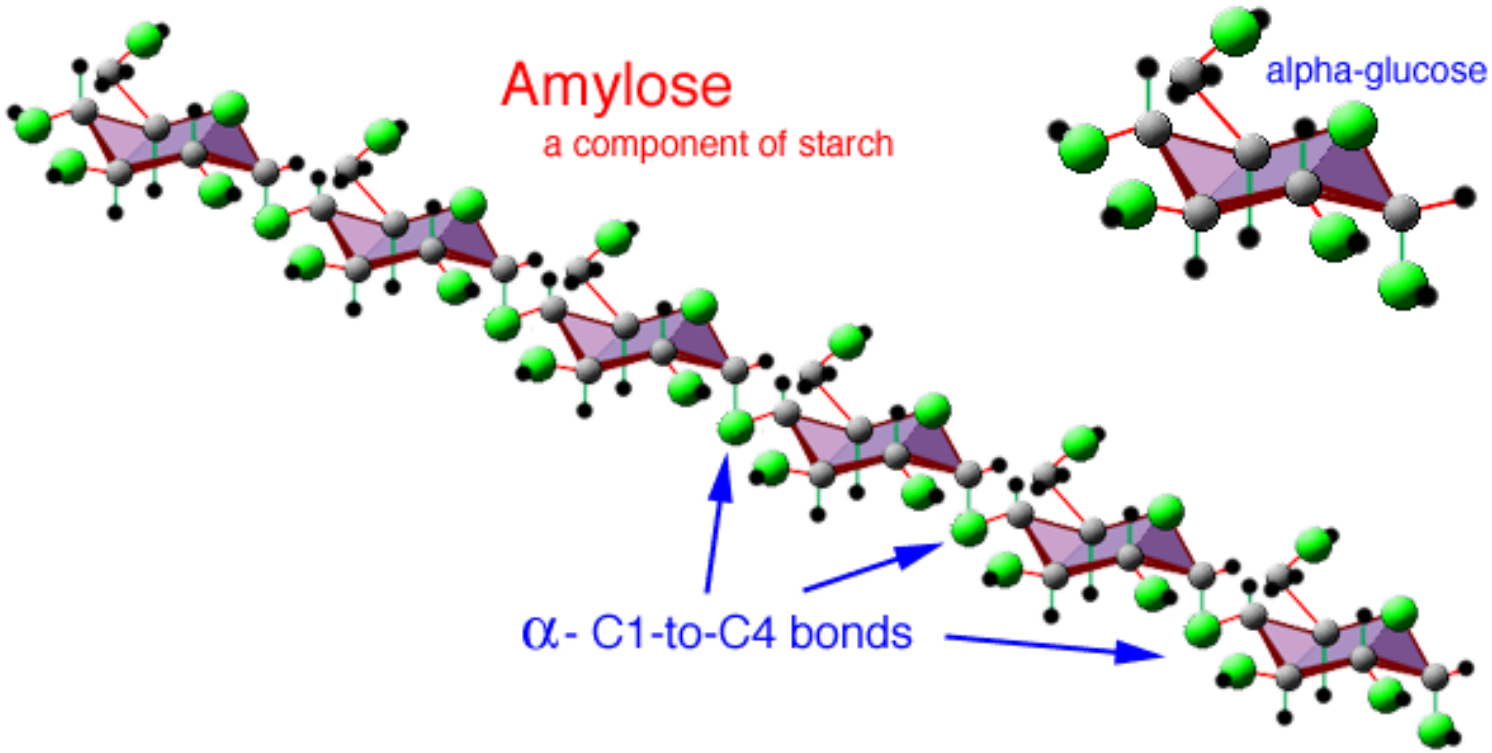
هي سلاسل طويلة تحتوي على أكثر من نوع من وحدات السكر المتعدد.

مثل حامض الهايليورونيك Hyaluronic والهيبارين Heparin

Polysaccharides



Polysaccharides



الليبيدات
Lipids

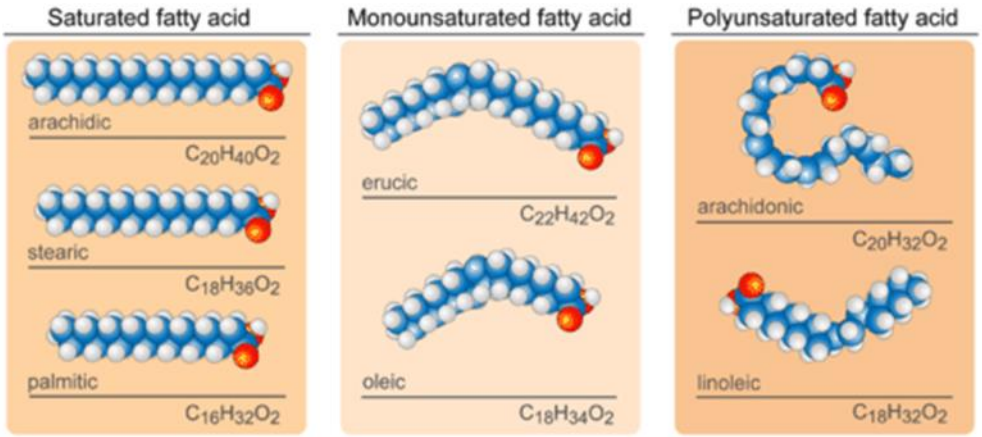
الحمض الدهنى:

الليبيد مركب عضوي مثل الدهون أو الزيت. تستخدم الكائنات الحية الدهون لتخزين الطاقة ، ولكن للدهون أدوار مهمة أخرى أيضًا. تتكون الدهون من وحدات متكررة تسمى الأحماض الدهنية. الأحماض الدهنية عبارة عن مركبات عضوية لها الصيغة العامة $CH_3\ (CH_2)_nCOOH$، حيث يتراوح n عادةً من ٢ إلى ٢٨ ويكون دائمًا رقمًا زوجيًا.

هناك نوعان من الأحماض الدهنية: الأحماض الدهنية المشبعة والأحماض الدهنية غير المشبعة.

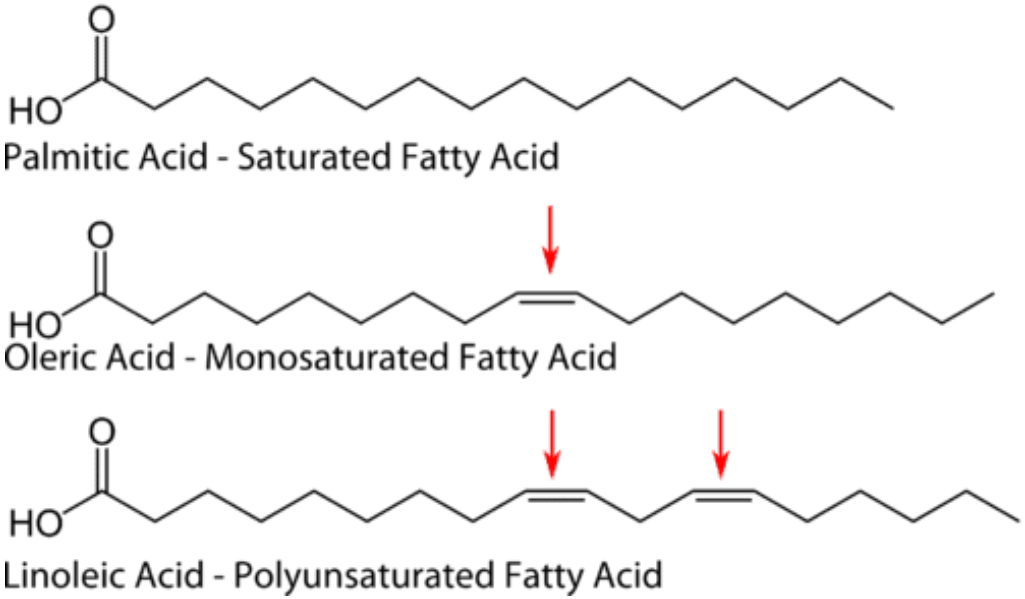
الأحماض الدهنية المشبعة

ترتبط ذرات الكربون بأكبر عدد ممكن من ذرات الهيدروجين. يؤدي هذا إلى تشكيل الجزيئات سلاسل مستقيمة ، كما هو موضح في الشكل أدناه. يمكن تجميع السلاسل المستقيمة معًا بإحكام شديد ، مما يسمح لها بتخزين الطاقة في شكل مضغوط. وهذا يفسر سبب كون الأحماض الدهنية المشبعة صلبة في درجة حرارة الغرفة. تستخدم الحيوانات الأحماض الدهنية المشبعة لتخزين الطاقة.



الأحماض الدهنية غير المشبعة

لا ترتبط بعض ذرات الكربون بأكبر عدد ممكن من ذرات الهيدروجين بسبب وجود واحد أو أكثر من الروابط المزدوجة في سلسلة الكربون. بدلاً من ذلك ، يتم ربطهم بمجموعات أخرى من الذرات. وحيثما يرتبط الكربون بهذه المجموعات الأخرى من الذرات ، فإنه يتسبب في ثني السلاسل (انظر الشكل). لا يمكن تجميع السلاسل المثنية معًا بإحكام شديد ، لذا فإن الأحماض الدهنية غير المشبعة عبارة عن سوائل في درجة حرارة الغرفة. تستخدم النباتات الأحماض الدهنية غير المشبعة لتخزين الطاقة.



أنواع الليبيدات

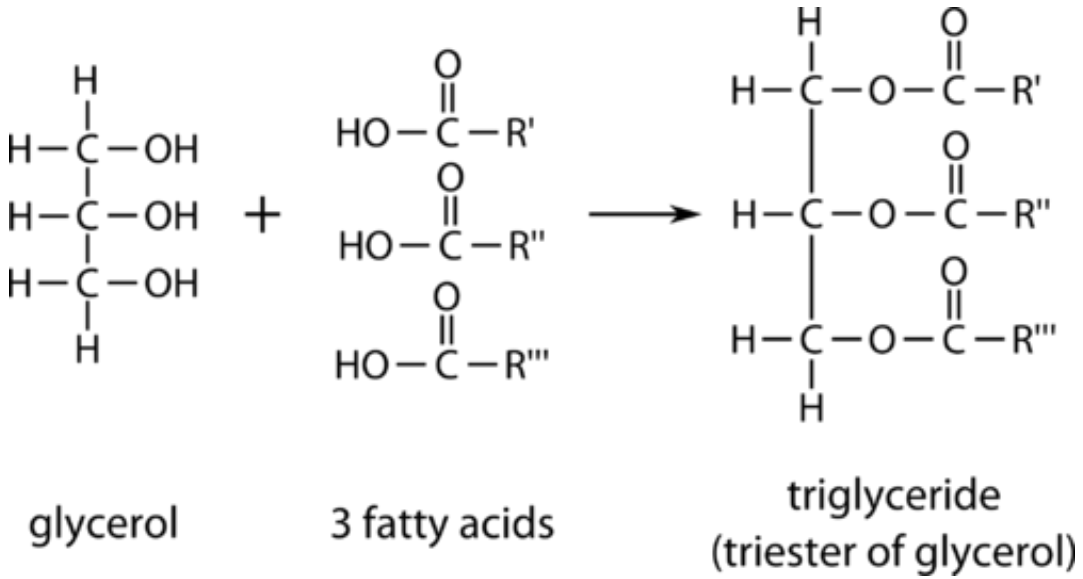
قد تتكون الدهون من الأحماض الدهنية وحدها ، أو قد تحتوي على جزيئات أخرى أيضًا. على سبيل المثال ، تحتوي بعض الدهون على مجموعات كحول أو فوسفات. يشملوا:

١- الدهون الثلاثية (الدهون البسيطة) ثلاثي جليسريد: الشكل الرئيسي للطاقة المخزنة في الحيوانات.

٢- الفسفوليبيدات: المكونات الرئيسية لأغشية الخلايا.

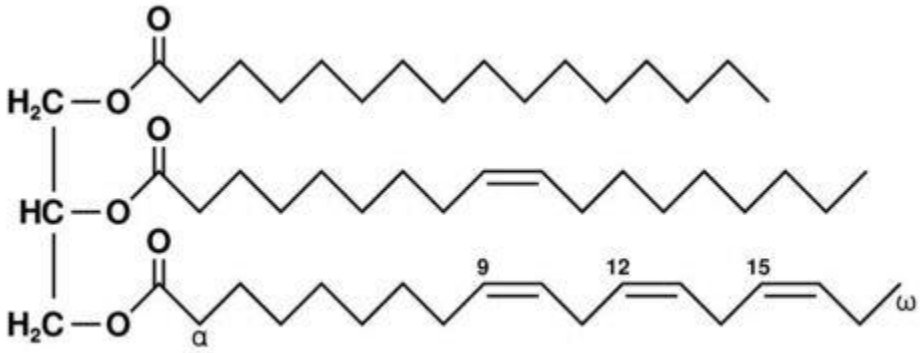
٣- استرويدات (المنشطات).

أحد أنواع الدهون يسمى ثلاثي الجليسريد ، وهو استر مشتق من الجلسرين مع ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية.



ثلاثي جليسريد

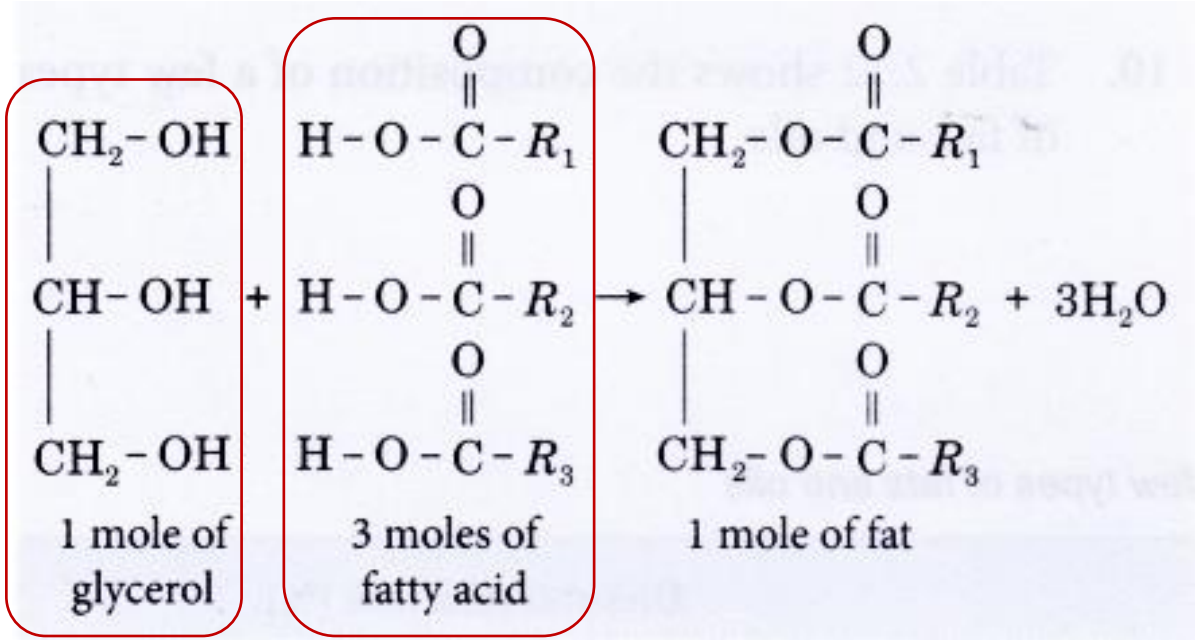
الجلسرين هو تريول ، وهو كحول يحتوي على ثلاث مجموعات وظيفية من الهيدروكسيل. الأحماض الدهنية عبارة عن سلسلة طويلة من الكربون ، يتراوح طولها عمومًا من ١٢ إلى ٢٤ كربونًا ، مع مجموعة كربوكسيل متصلة. يخضع كل جزيء من جزيئات الأحماض الدهنية الثلاثة لأسترة بإحدى مجموعات الهيدروكسيل في جزيء الجلسرين. والنتيجة هي جزيء كبير ثلاثي الجليسريد يشار إليه باسم الدهون الثلاثية.

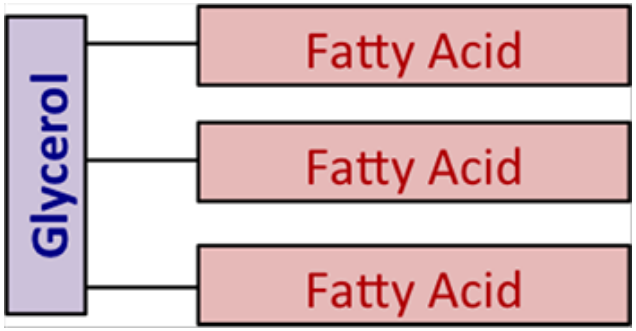


A triglyceride molecule can be formed from any combination of fatty acids.

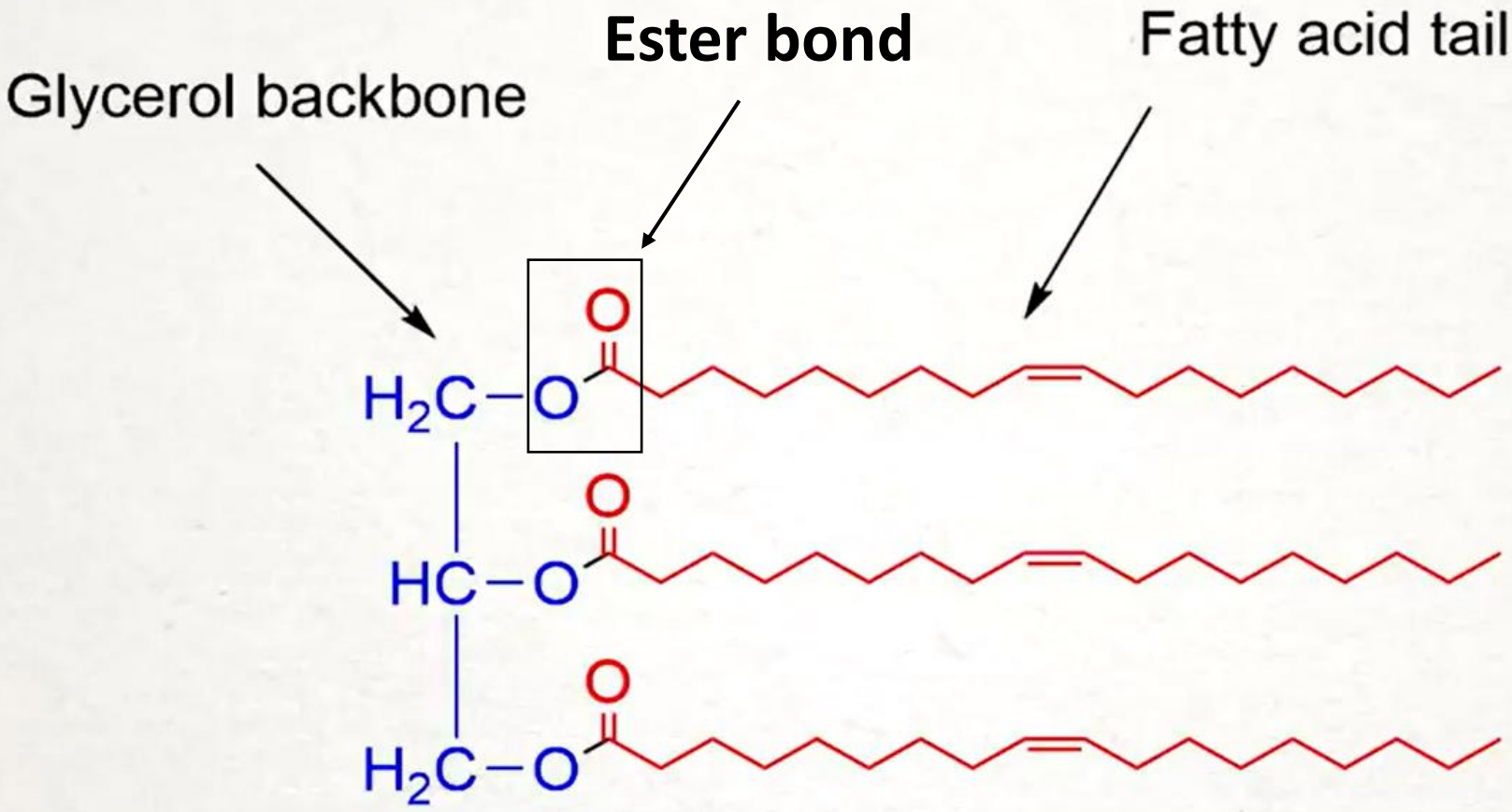
تطبيقات علي الزيوت والدهون

Esterification : الأستره



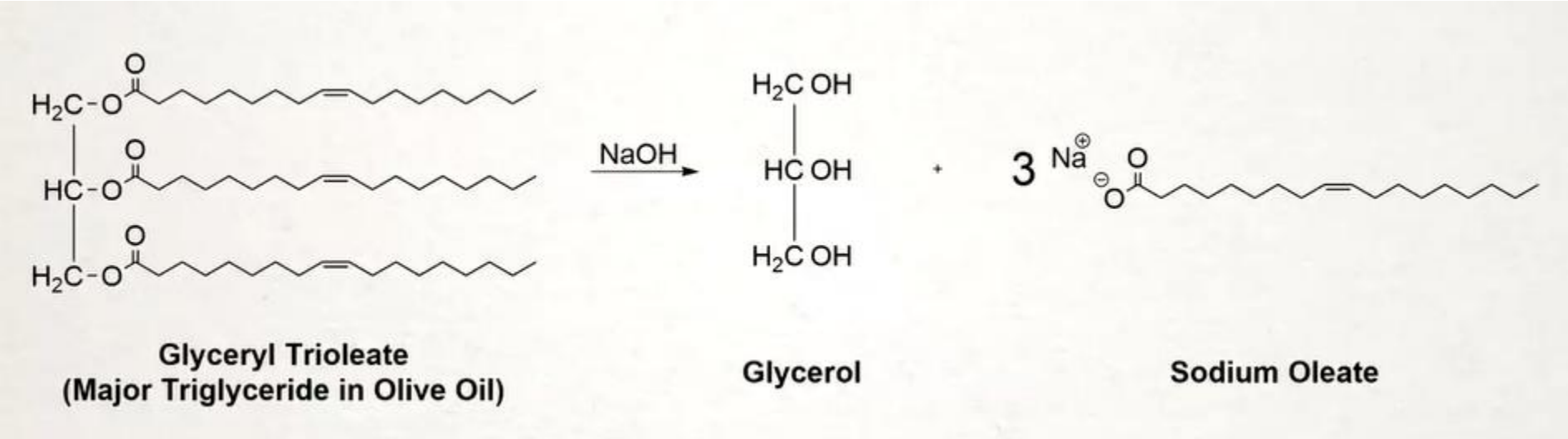


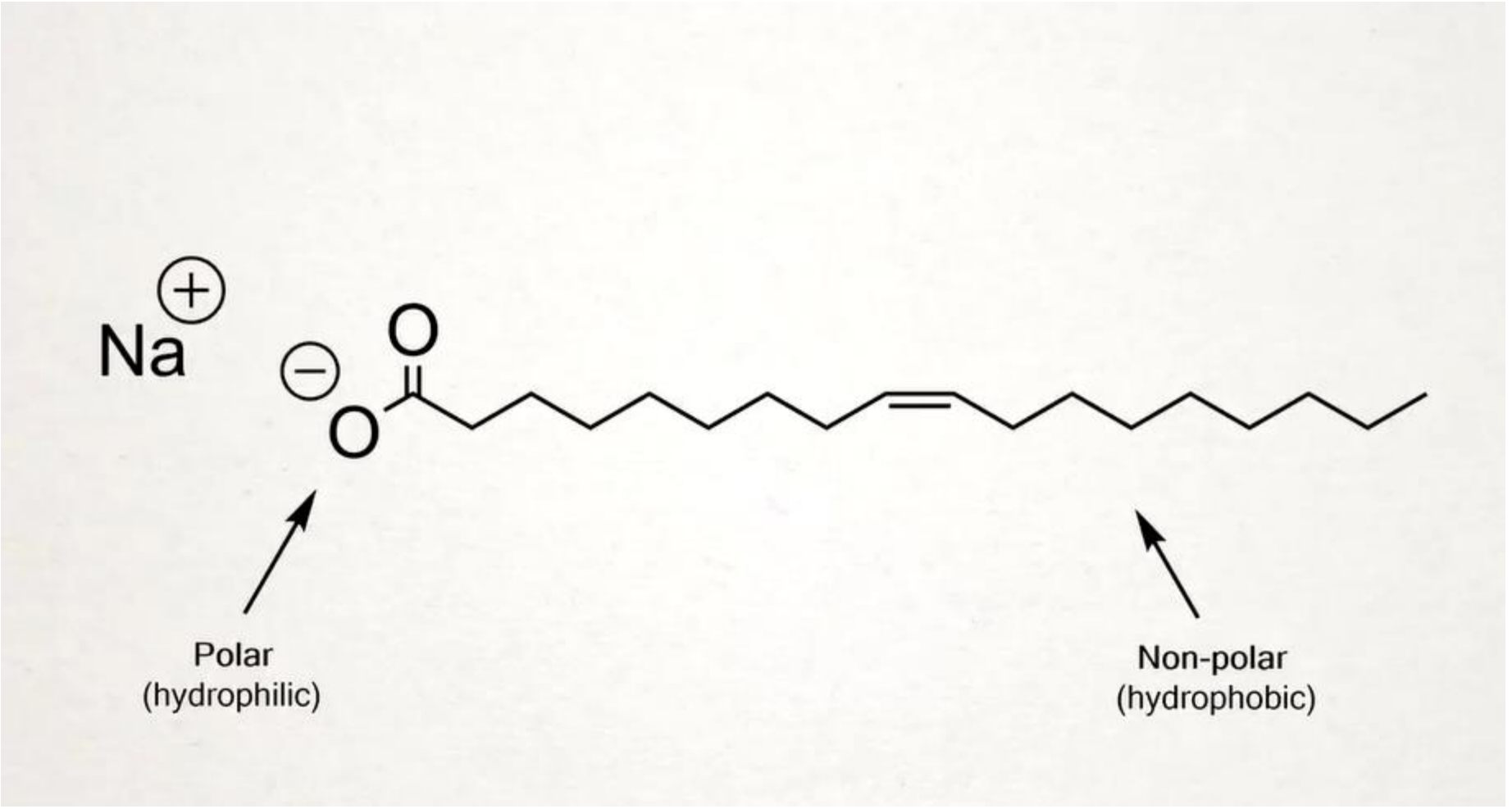
دهن او زيت

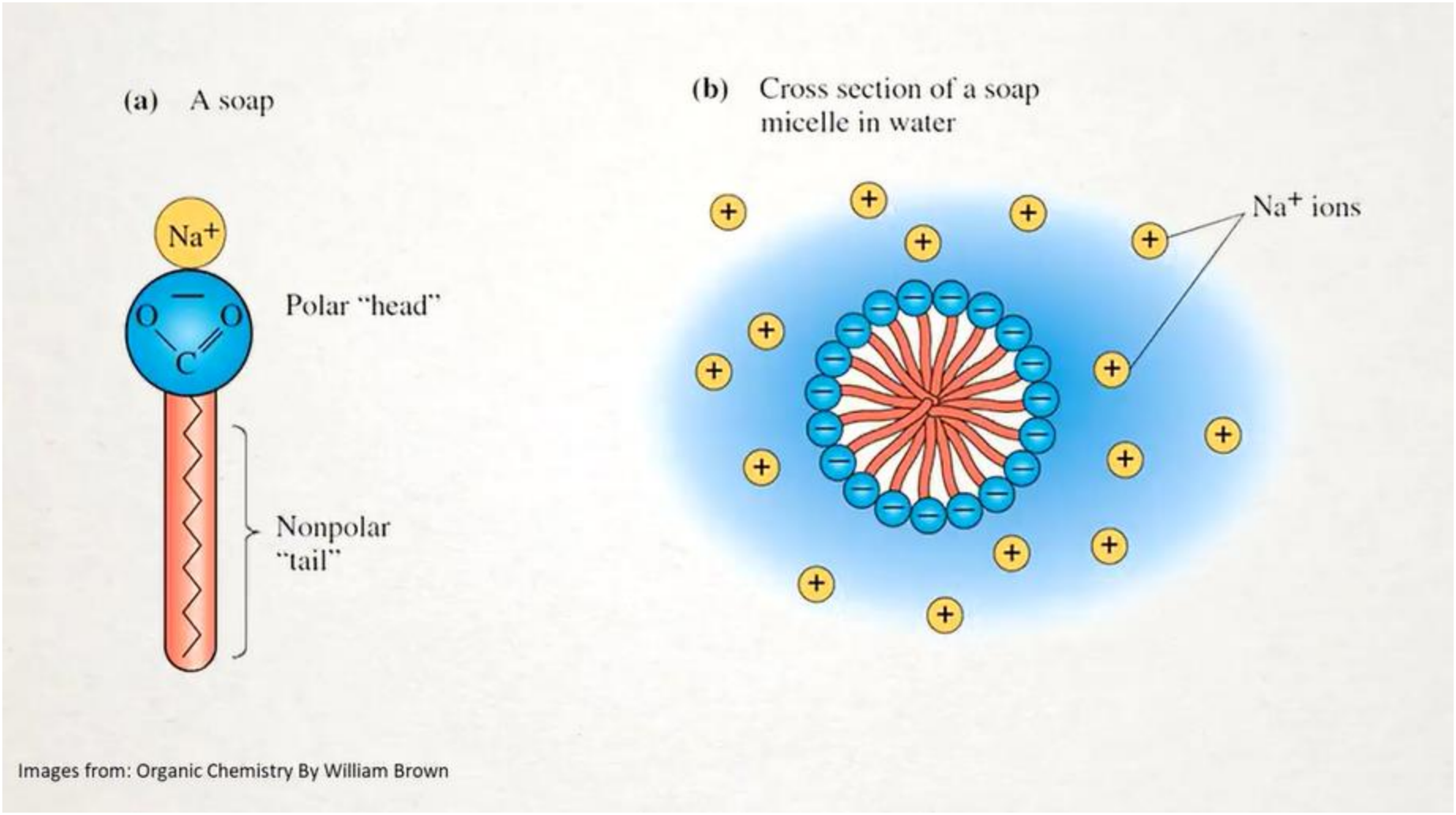


Glyceryl Trioleate
(Major Triglyceride in Olive Oil)

Saponification reaction : تفاعل التصبن




Na
O
O
Polar
(hydrophilic)
Non-polar
(hydrophobic)



Images from: Organic Chemistry By William Brown

Soap micelle with
"dissolved" grease

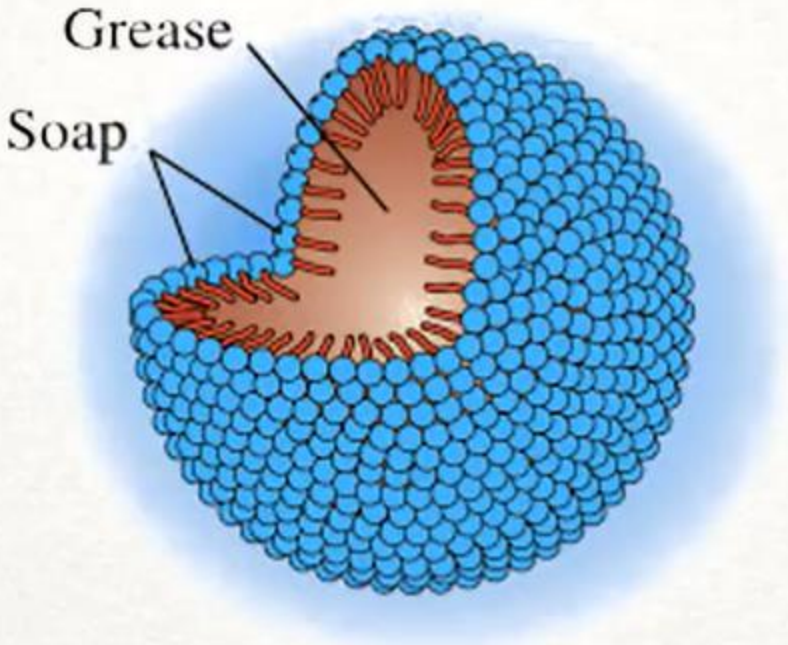
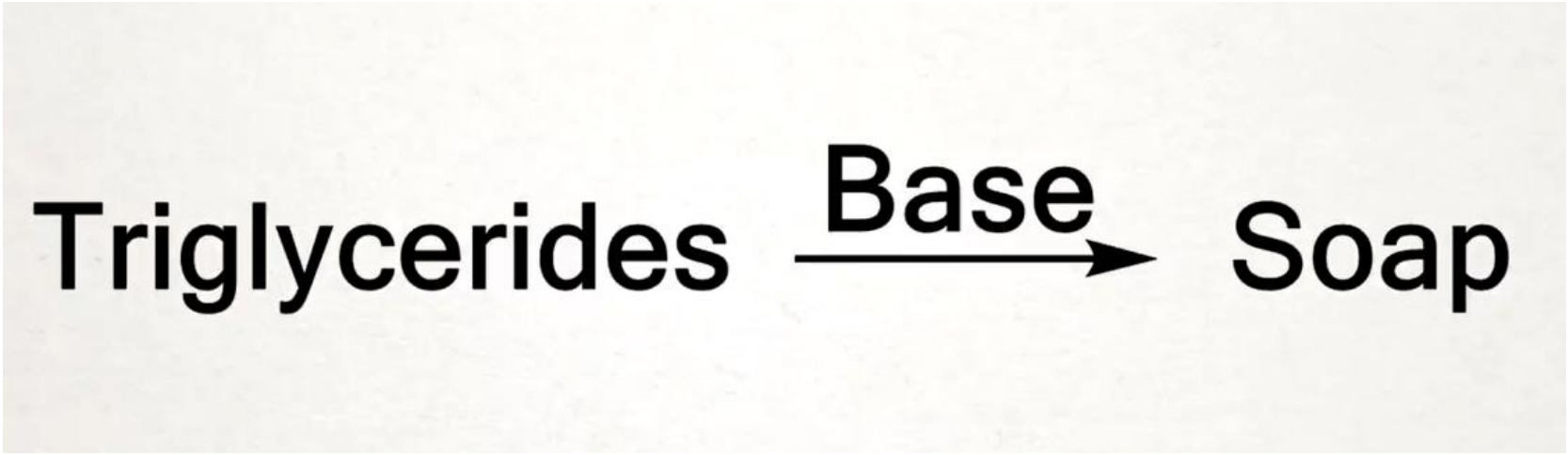
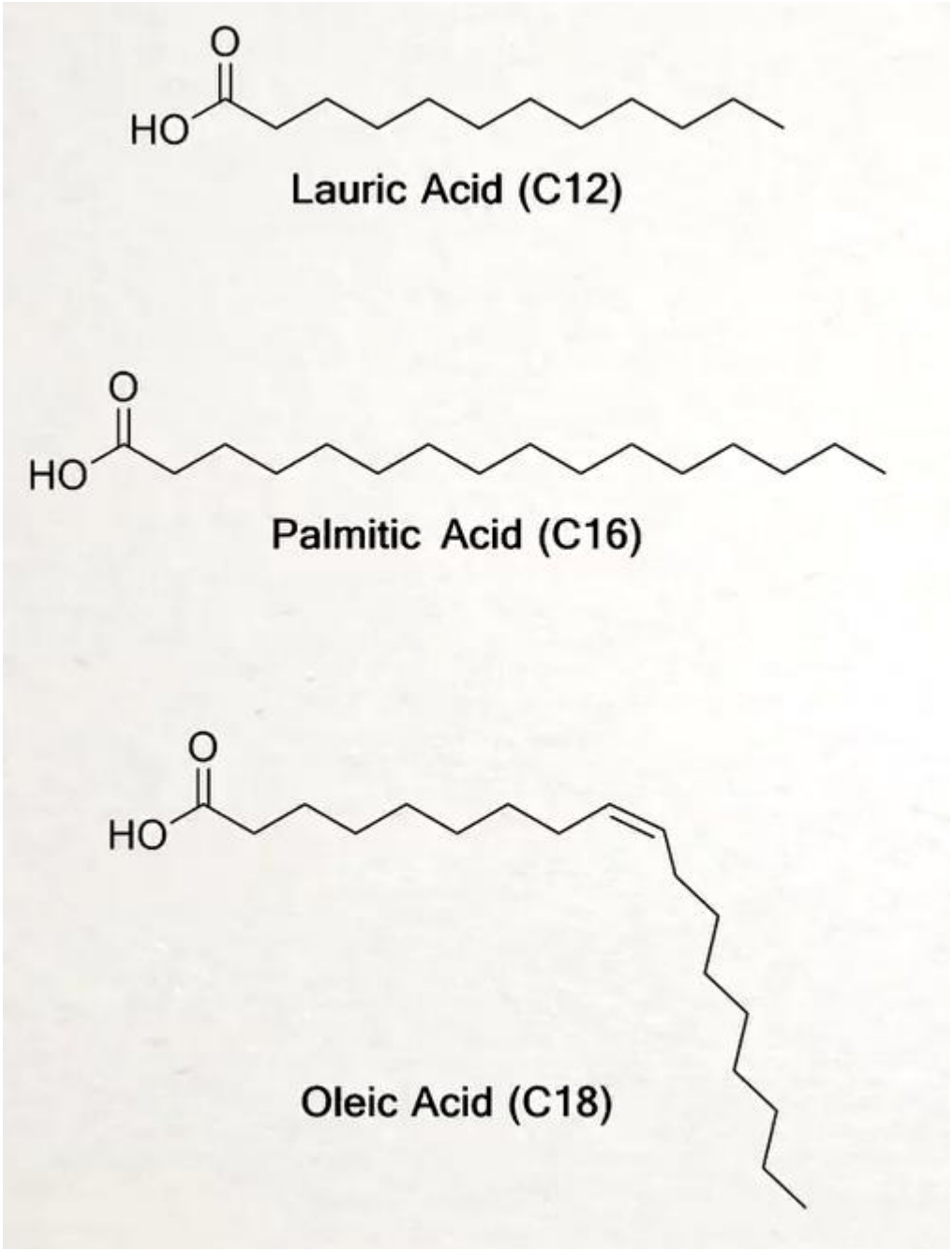


Image from: Organic Chemistry By William Brown



Depending on the base that is used and the source of triglycerides, the final soap can have very different Properties.



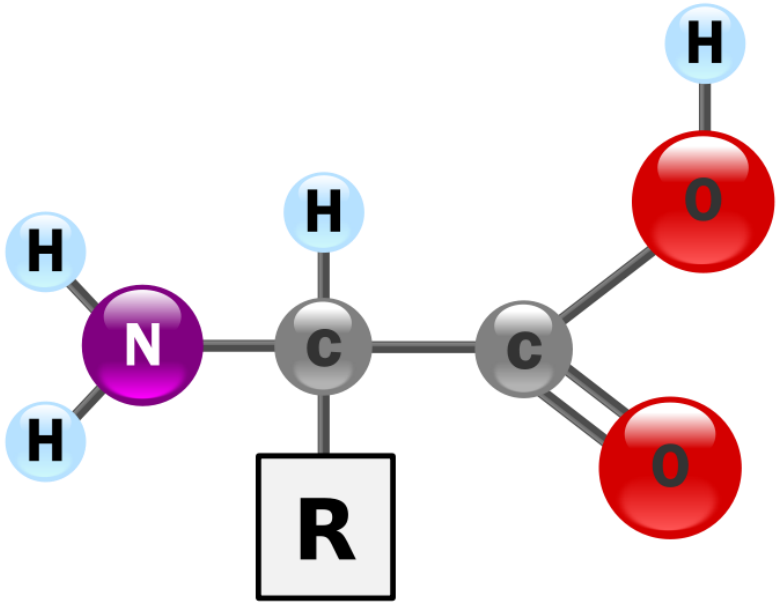
Fatty acid

The most important characteristic is the chain length

Soap with long chain fatty acid is more harder and less soluble in water

الأحماض الأمينية

Amino Acids



الأحماض الأمينية Amino acid:

هي لبنات البناء الرئيسية لبناء البروتين والببتيد. فالأحماض الأمينية هي مجموعة من المركبات العضوية متكونة من مجموعة أمين (NH_2)على الأقل مرتبطة مع مجموعة كربوكسيل (COOH).

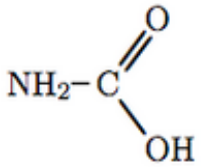
ينتج التمثيل الغذائي في جسم الإنسان عدداً كبيراً من الاحماض الأمينية المختلفة - وجميعها يتبع التقسيم المذكور أعلاه من جهة تكوينها من طرف أميني وطرف كربوكسيلي. ولكن توجد ١٠ أحماض أمينية لا يستطيع جسم الإنسان تصنيعها ولابد من أن يتناولها الشخص من غذائه؛ تلك العشرة احماض أمينية الأساسية تسمى الأحماض الأمينية الضرورية.

لكي يقوم الجسم بإنتاج ما يحتاجه من أحماض أمينية فهو يقوم بهضم الغذاء - وهنا على الأخص هضم البروتينات - فيحلل البروتين إلى أجزائه الصغرى وهي أحماض أمينية. عشرة أحماض أمينية أساسية مهمة جدا (لا يمكن للجسم البشري أن يصنعها بنفسه) والباقي غير أساسية (يمكن الجسم صنعها داخل الجسم البشري، بشرط التغذية السليمة). على الرغم من قدرة الجسم على تصنيع الأحماض الأمينية غير الأساسية، إلا أنه يحتاج الأحماض الأمينية الضرورية لكي يكون سليما معافيا. توجد ال ١٠ أحماض أمينية الضرورية في العديد من المواد الغذائية : في اللحوم والأسماك والبيض والحليب والبقوليات. وعادة لا يحدث خلل في الناس لأن غذاء الأنسان متنوع ويحمل في مجموعه الأحماض الأمينية الضرورية، وهي متنوعة وفي المتناول. كما يمكن الحصول على الأحماض الأمينية الضرورية إذا تم اتباع نظام نباتي كامل بشكل مناسب.

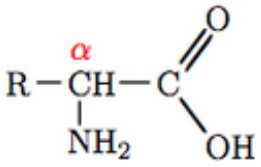
تُرقم ذرات الكربون عادة بالأحرف الإغريقية، وتنتمي الحموض الأمينية المكونة للبروتينات إلى فئة ألفا α-Amino Acids وذلك لأن جذري الأمين والهيدروكسيل يرتبطان بذرة الكربون الأولى في السلسلة. وتوجد كذلك حموض أمينية أحيائية من فئة بيتا مثل البيتا-ألانين (بالإنجليزية: β-Alanine) وأخرى من فئة غاما مثل حمض الغاما-أمينوبيوتيريك (بالإنجليزية: γ-Aminobutyric acid) أو بالإنجليزية: (GABA). ورغم وجود عدد كبير من الحموض الألفا-الأمينية في الطبيعة إلا أن السلاسل البروتينية لا تحتوي سوى ٢٠ نوعاً منها فقط. وتضطلع الحموض الأمينية بمهام أخرى كلعبها دور نواقل عصبية ومواد أولية لبعض الهرمونات، كما تتكون جزيئات المناعة منها أو كمصدر للطاقة في حالات قصوى. وتتوفر أيضا مجموعة من الحموض الأمينية المصطنعة كيميائيا ولها عدة استعمالات في مجال الصناعة الكيميائية والصيدلية والغذائية. إذا تنوع غذاء الإنسان من لحوم واسماك وبيض وحليب وخضروات وفاكهة يضمن حصوله على كل المواد الغذائية الضرورية لجسمه وسلامة صحته.

الحمض الأميني هو أحد مركبات عضوية تحمل نوعين من الجذور الكيميائية، وهي طرف قاعدي أميني (نشادري) وطرف حمضي كربوكسيل متحدتين مع ذرة كربون مرتبطة بدورها ببقية عضوية جانبية Side chain R تكون مختلفة من حمض أميني إلى آخر. تُعتبر الأحماض الأمينية وحدات التركيب الأساسي للبروتينات في الكائنات الحية، فهي تكون العضلات والأنسجة والأعضاء والجلد، وتدخل في تركيب الهرمونات والإنزيمات، وكذلك في تركيب خلايا المناعة.

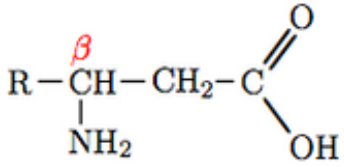
يعتبر هيدروكسي كرب أميد بالإنجليزية: (Hydroxycarbamide) الحمض الأميني الأبسط من حيث التركيب فهو متكون من جذر أميني متصل مباشرة بكربون جذر الهيدروكسيل COOH . وهذا المركب غير أحيائي. أما في بقية الأحماض الأمينية فتدخل ذرة أو أكثر من الكربون بين هذين الجذرين. ويحدد موقع الأمين في السلسلة الكربونية الفئة (أحمر : ألفا، بيتا، جاما) التي ينتمي إليها الحمض الأميني كما يلي:



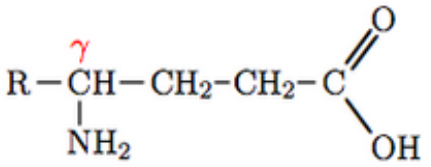
هيدروكسيكربامين



حمض ألفا-أميني



حمض بيتا-أميني



حمض جاما-أميني

حموض ألفا-أمينية

يتصل جذر الأمين بالكربون رقم ٢ بعد كربون جذر الهيدروكسيل ويرقم بألفا Alpha

يسمى المركب بالحمض ٢-أمينوإيثانويك Aminoethanoic acid، أو ما يعرف بالجلايسين Glycine، أبسط الحموض الأمينية لدى الكائنات الحية. أما بقية الأحماض الألفا-أمينية فلها نفس البنية مع اختلاف في السلسلة الجانبية R، فعوضا عن ذرة الهيدروجين المرتبطة بالكربون ألفا في الجلايسين، تتخذ أنواع مختلفة، على سبيل المثال، جذر الميثيل Methyl في حالة الألانين Alanine أو جذر مختلف الحلقة Heterocyclic بالنسبة للتريبتوفانTryptophan. والدور الأساسي للأحماض الألفا-أمينية هو بناء مختلف البروتينات.

حموض بيتا-أمينية

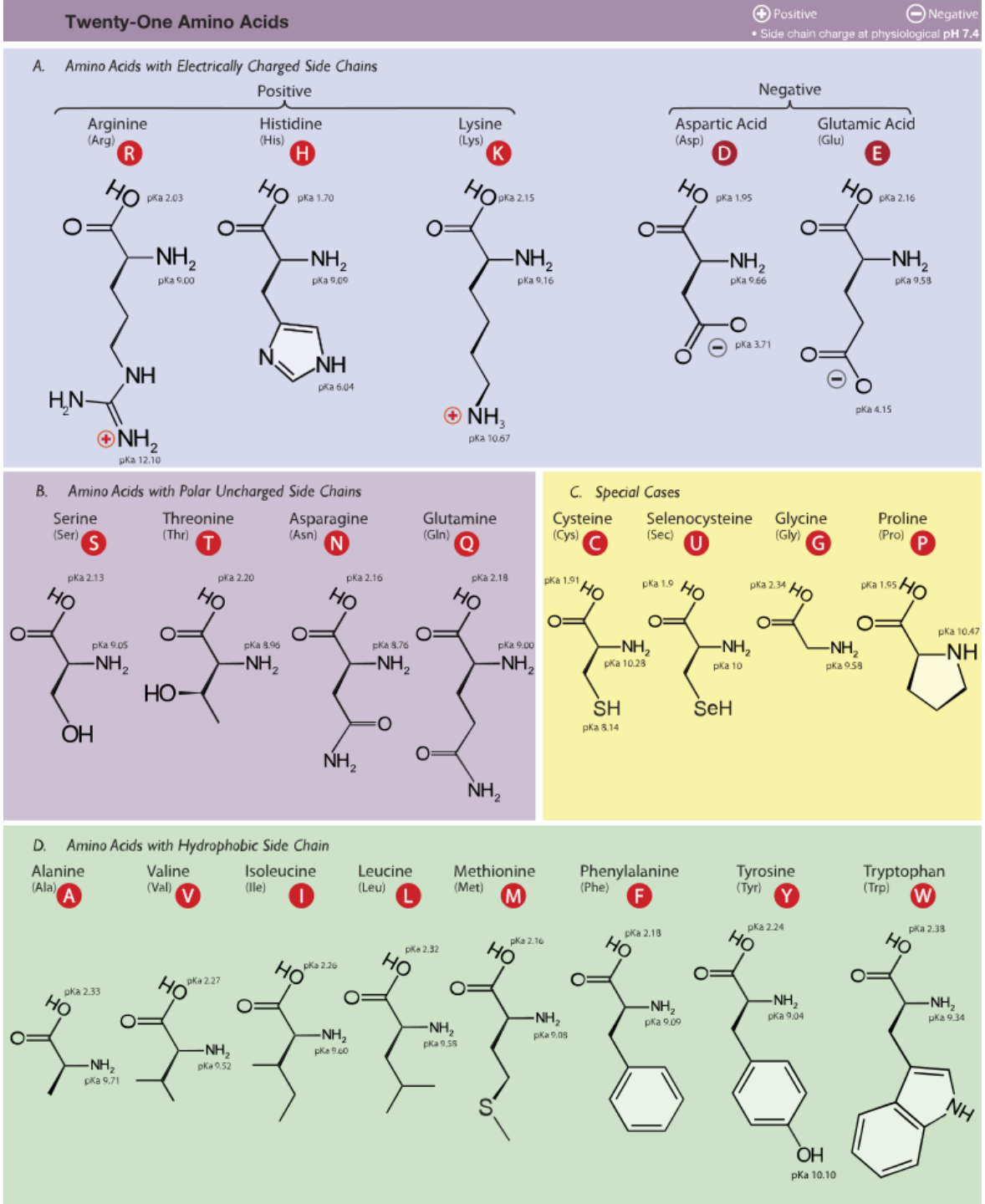
يرتبط جذر الأمين بالكربون الثالث بداية من كربون جذر الهيدروكسيل beta وأبسط ممثل أحيائي لهذه الفئة هو البيتا-ألانين.

حموض جاما-أمينية

يتحد جذر الأمين بالكربون الرابع بعد كربون جذر الهيدروكسيل gamma، المثال المعروف في هذه الفئة هو حامض الجاما-بيتيريك GABA، وهو ناقل عصبي مثبط.

التماثلية البصرية (التناظر)

لدى جميع الأحماض الألفا-أمينية، باستثناء الجلايسين، يكون الكربون-ألفا مرتبطاً بجذور مختلفة ومجموعة جانبية *R* مميزة لذا نقول أنه كايرالي Chiral أو مركز ناشط بصريا. ونتيجة لهذه الخاصية، فان كل حمض ألفا-أميني متواجد في الطبيعة على شكل نظيرتين بصريتين Stereoisomers، يمينية Dextrogyre ويرمز لها، في الكيمياء الحيوية، بـ D، أو يسارية Levogyre ويرمز لها بـ L. معنى ذلك فيزيائيا أنها تقوم بازاحة الضوء المستقطب بزاوية معينة اما باتجاه عقارب الساعة بنسبة للنظير D، وهو الاتجاه الموجب (+)، أو ضد اتجاه عقارب الساعة بنسبة للنظير L، وهو الاتجاه السالب (-). وبالنسبة لنظام التسمية R / S، الأكثر استعمالاً في الكيمياء العضوية، فان نفس المبدأ يتبع حسب قاعدة "كان إنجولد بريلوج" فـ D == R و S == L.


Twenty-One Amino Acids
Positive
Negative
• Side chain charge at physiological pH 7.4
A. Amino Acids with Electrically Charged Side Chains
Positive
Arginine (Arg) R
Histidine (His) H
Lysine (Lys) K
Negative
Aspartic Acid (Asp) D
Glutamic Acid (Glu) E
B. Amino Acids with Polar Uncharged Side Chains
Serine (Ser) S
Threonine (Thr) T
Asparagine (Asn) N
Glutamine (Gln) Q
C. Special Cases
Cysteine (Cys) C
Selenocysteine (Sec) U
Glycine (Gly) G
Proline (Pro) P
D. Amino Acids with Hydrophobic Side Chain
Alanine (Ala) A
Valine (Val) V
Isoleucine (Ile) I
Leucine (Leu) L
Methionine (Met) M
Phenylalanine (Phe) F
Tyrosine (Tyr) Y
Tryptophan (Trp) W

تصنيف الأحماض الأمينية

تقسم الأحماض الألفا-أمينية العشرون الموجودة في البروتينات، والمشفرة في الشفرة الوراثية، إلى مجموعات حسب عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والأحيائية :

الطبيعة الكيميائية للسلسلة الجانبية : بما أن المجموعة الجانبية R هي التي تحدد هوية الحمض الأميني، يمكن إذن تقسيم الأحماض الأمينية إلى ذات سلسلة هيدروكاربونية، اما أليفاتية Aliphatic أو أروماتية Aromatic أو مختلفة الحلقة Heterocyclic.

القطبية الكهربائية : تقسم الأحماض الأمينية حسب قطبيتها الكهربائية، وذلك حسب حالة التأين، إلى قطبية Polar سالبة أو موجبة الشحنة أو غير قطبية Nonpolar عديمة الشحنة. تحدد هذه الخاصية المهمة قابلية الأحماض الأمينية للانحلال في الماء، فتكون الأحماض الأمينية ذات المجموعات الجانبية R القطبية متجاذبة مع الماء Hydrophilic، وهي عادة ما تكون على الجزء الخارجي للبروتينات. بينما الأحماض الأمينية ذات السلاسل الجانبية غير القطبية، وغير المتجاذبة مع الماء Hydrophobic، تميل إلى التجمع للداخل.

القاعديـة\الحمضيـة :

السلسلة الجانبية R من الممكن أن تكون قاعدية، مثل حمض الليسين Lysine أو الأرجنين Arginine وهو شديد القاعدية، أو حمضية، مثل الجلوتميك Glutamic acid والأسبارتيت Aspartic acid، أو متعادلة مثل الجليسين والليوسين Leucine. وعادة ما تكون الأحماض الأمينية ذات المجاميع الجانبية القاعدية والحمضية قطبية جداً وهي توجد بصورة كبيرة على سطح البروتينات المماس للماء.

يمكن أيضاً أن نقسم الأحماض الأمينية حسب أهميتها الغذائية وتوفرها الأحيائي إلى :

أحماض أمينية ضرورية Essential لا يصنعها الجسم، ويجب تناولها في الغذاء. مثال، الليوسين والليسين.

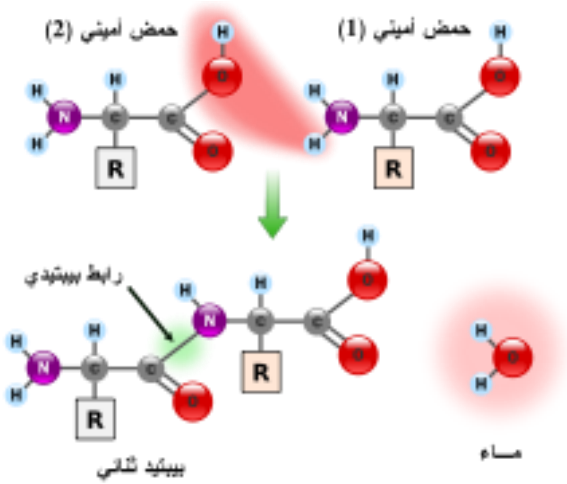
أحماض أمينية شبه أساسية Semi-essential يستطيع الجسم تخليقها ولكن ليس بكميات كافية، خاصة في مرحلة النمو؛ ويحبذ أن تتوفر في الغذاء. مثال: الأرجنين والهستيدين .Histidine

أحماض أمينية غير أساسية Nonessential متوفرة في الجسم السليم بكميات دائمة، ويمكن للجسم تصنيعها، ولا تستلزم حضورها في الغذاء. مثال، الجليسين والبرولين .Proline

الخواص الكيميائية العامة

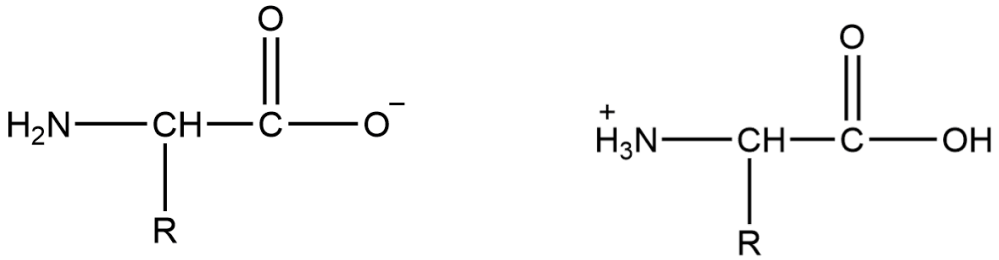
تكون الرابطة البيبتيدية

الروابط البيبتيدية : وهي الروابط التي تتشكل بين جزيئتين عندما تتفاعل مجموعة الكربوكسيل للجزيئة الأولى مع مجموعة الأمينو للجزيئة الثانية محررة جزيئة الماء H_2O ويدعى هذا التفاعل بالتآلف الجاف وكذلك يسمى (تفاعل التكثيف) ويحدث بين الأحماض الأمينية. إن الرابطه الناتجة من هذا التفاعل وهي CO-NH تسمى الرابطة البيبتيدية وتدعى الجزيئة الناتجة بالأميد، وألاميدات مركبات عضوية تحتوي مجموعة وظيفية تدعى الاميد وهي عبارة عن مجموعة كربونيل متصلة مجموعة أمين.



التفاعلات الكيميائية

١- الخواص الأيونية للحوامض الامينية: بالنظر لاحتواء الحوامض الامينية على مجموعتين الأمين والكاربوكسيل لذا فأنها تعتبر ثنائية القطب أي تعمل كحامض أو كقاعدة وتسمى امفوتيرية أي تفقد وتكتسب بروتون لذلك تكون على صورة ما يسمى بالأيون المزدوج وهو أيون ناتج عن منح مجموعة الكربوكسيل بروتونها لمجموعة الأمين لهذا فانها إذا وضعت في محاليل حامضية قوية PH = 1 تتقبل بروتون وتشحن (+) وإذا وضعت في محاليل قاعدية قوية تفقد بروتون وتنشحن (-) اما في نقطة التعادل الكهربائي هي النقطة التي تتساوى فيها عدد (+) مع (-) وتكون PH معينة لكل حامض أميني.



2- نزع الكربوكسيل تجرد الحامض الاميني من مجموعة الكربوكسيل Decarboxylation عند تجريد المجموعة الكربوكسيلية من الحوامض الأمينية فأنها تتحول إلى الأمينات الأولية وذلك بمساعدة الأنزيمات من نوع Decarboxylation

٣- نزع الأمين تجريد المجموعة الأمينية بالإنجليزية: (Deamination عند تجريد الحوامض الأمينية من مجموعة الأمين تتحول إلى حوامض كربوكسيلية وأمونيا والحوامض الكربوكسيلية تتمثل في الجسم إلى مركبات تستفيد منها الخلية أما الامونيا فأنها تطرح في البول على شكل يوريا بواسطة دورة تسمى بدورة اليوريا والتي تحدث في الكبد وذلك بتخليص الجسم من النتروجين أو من الامونيا السامة

٤ - نقل الأمين تفاعل نقل مجموعة الأمين (بالإنجليزية: (Transmination ويتم في هذا التفاعل انتزاع مجموعة الامين بواسطة الاكسدة ونقلها من مركب إلى أخر من المركبات المتفاعلة، يتم هذا التفاعل بمساعدة انزيمات ((Transminaseحيث تتحول الحوامض الأمينية إلى حوامض كيتونية والتي بدروها تتحول إلى مشتقات كاربوهيدراتية تستفيد منها الخلية

٥- نترزة التفاعل مع حامض النتروز يستعمل هذا التفاعل لغرض قياس كمية الحامض الاميني في محلول معين حيث يتفاعل حامض النتروز مع الحامض الاميني محرراً النتروجين الذي يكمل جمعه وحساب حجمه يمكن تصنيف كمية الحامض الاميني

٦- التفاعل: (بالإنجليزية: (Nihydrin: Nihydrin مادة مؤكسدة قوية تتفاعل مع الحوامض الأمينية لتعطي مركب أزرق اللون يعتمد هذا التفاعل على وجود مجموعتي الأمين والكاربوكسيل بشكل حر وهذا التفاعل يكون حساساً للكشف عن مركبات قليلة من الحوامض الامينية

٧- تفاعل سانكر (بالإنجليزية: (Sanger (يستعمل هذا التفاعل لتشخيص الحامض الأميني الموجود في بداية السلسلة الببتيدية (النهاية النتروجينية) يستعمل كاشف (2,4- Dinitre fluro Benzen (D.VFBحيث يتفاعل هذا المركب مع الحامض الأميني الأول في النهاية النتروجينية من السلسلة الببتيدية مكونا مركب أصفر اللون حيث يشخص الحامض الأميني المرتبط به بواسطة Chromatogralplyفي هذا التفاعل تتحرر الأحماض الامينية من السلسلة الببتيدية بشكل حر ويعتبر هذا التفاعل مدمراً للسلسلة الببتيدية وذلك بتحرير الحوامض الأمينية بشكل حر.

٨- تفاعل إيدمان (بالإنجليزية: (Edman reaction يستعمل هذا التفاعل لمعرفة تتابع ((Sequenceفي السلسلة الببتيدية ويعتبر هذا التفاعل مهماً لأنه يحطم السلسلة الببتيدية ويمكن تكراره مع السلسلة الناتجة لحد عشرين حامض أميني أو أكثر يستعمل في هذا التفاعل الكاشف .Phenyl iso thioCyngtac

الخواص العامة للأحماض الأمينية

كاربونات ثنائية القطب الحوامض الأمينية مركبات مشابهة للأملاح مثل الأملاح كلها مركبات صلبة ذات درجة انصهار عالية لدرجة انها تحترق بصورة عامة قبل تحولها إلى الحالة المنصهرة انها مركبات غير ذائبة في المذيبات الغير المستقطبة وتذوب في الماء.

المراجع

- مقدمات في كيمياء الحياة، ترجمة الدكتور أحمد سلمان الجنابي.
- أسس الكيمياء العامة والعضوية والحياتية/ تأليف. جون ر.هرار ترجمة الدكتور عبد ناجي
- هربت ما يسليش/ تاليف هوارد بنجامكين/ جاكوب شارفكين
- هابر "الكيمياء الحيوية" ترجمة وأشراف أ.د. رويدة أبو سمرة د. نزار حمود / د. عماد أبو علي .

Maitland J Jr (1998). Organic Chemistry. W W Norton & Co Inc (Np). p. 139. ISBN 978-0-393-97378-5.

Stryer L, Berg JM, Tymoczko JL (2007). Biochemistry (6th ed.). San Francisco: W.H. Freeman. ISBN 978-0-7167-8724-2.